

## Configuración de los sistemas nacionales de innovación y su impacto sobre el crecimiento económico

Cristián Gutiérrez\*, Joost Heijs\*\*,  
Mikel Buesa\*\*\* y Thomas Baumert\*\*\*\*

### RESUMEN

En este trabajo se analiza de forma cuantitativa el aporte de la innovación al crecimiento de las economías europeas y el posible efecto que tienen en éstas las distintas características de los Sistemas Nacionales de Innovación. Se parte del marco conceptual neoclásico de crecimiento económico, revitalizado por Mankiw et al. en 1992, y se complementa con las nuevas teorías del cambio tecnológico y la economía de la innovación, considerando en especial el aporte de la teoría de Sistemas de Innovación. En el análisis empírico se aplica el estimador “Promedio de Grupos Agrupado”, para datos de panel dinámico, a una muestra de 23 países europeos durante el período 1995-2012, confirmándose la hipótesis sobre el impacto positivo de la innovación –medida a través de un Índice de Capacidad Innovadora Nacional– en la tasa de crecimiento económico de los países. Además, se demuestra implícitamente que las distintas configuraciones de los Sistemas Nacionales de Innovación tienen efectos diversos sobre las tasas de crecimiento económico de cada economía europea.

**PALABRAS CLAVE:** Sistemas Nacionales de Innovación, Crecimiento Económico, Unión Europea, I+D, Datos de Panel.

### Configuration of National Innovation Systems and their Effects on Economic Growth

### ABSTRACT

This paper quantitatively analyses the contribution of innovation to economic growth and the effect of the different configurations of National Innovation Systems on European economies. It starts from the neoclassical framework of economic growth, revitalized by Mankiw et al. in 1992, and supplements it with new theories of technological change and the economy of innovation, in particular the contribution of the Innovation Systems Theory. In the empirical estimation, the article applies the estimator “Pooled Mean Group” for dynamic panel data on a sample of 23 European countries in the period 1995-2012, confirming the hypothesis on the positive impact

---

\* Doctorando en Economía U. Complutense de Madrid, Magíster en Economía y Políticas Públicas Universidad Adolfo Ibáñez, investigador Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

✉ criguto1@ucm.es.

\*\* Profesor Universidad Complutense de Madrid, Director Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

✉ joost@ccee.ucm.es.

\*\*\* Catedrático Universidad Complutense de Madrid, investigador Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

✉ mbuesa@ccee.ucm.es.

\*\*\*\* Investigador Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

✉ tbaumert@ccee.ucm.es.

Recibido agosto 2016 / Aceptado octubre 2016

Disponible en: [www.economiaypolitica.cl](http://www.economiaypolitica.cl)

of innovation –measured by a National Innovation Index– on the rate of the countries’ economic growth. These pages also demonstrate that different configurations of NSI’s have different effects on the economic growth rates of European economies.

KEYWORDS: National Innovation Systems, Economic Growth, European Union, R&D, Panel Data.

## I. Introducción

Diversos autores señalan que la obtención de nuevas y avanzadas tecnologías es un determinante importante de la posición competitiva de un país o una región, siendo la innovación en consecuencia la única forma de generar, a largo plazo, una mejor posición competitiva y un crecimiento económico sostenible.

Tratándose de un tema tan complejo como es establecer los determinantes del proceso de crecimiento económico, el presente estudio busca complementar y validar resultados empíricos previos poniendo especial hincapié en el papel de la innovación. Esta se mide de forma alternativa, a base de variables compuestas, en vez de utilizar 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 el enfoque sistémico (Sistemas Nacionales de Innovación). La Técnica de Análisis Factorial nos permite trabajar con un extenso número de variables, como requiere la heterogeneidad de dichos sistemas, reduciendo su información y convirtiéndola 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 un Índice de Capacidad Innovadora para los Sistemas de Innovación Nacional europeos. Este índice –calculado para 23 países– refleja la capacidad o el potencial innovador y nos permite no sólo comparar las capacidades tecnológicas de las diferentes economías, sino también hacer un análisis dinámico de esa capacidad en el tiempo.

Una vez desarrollado nuestro “indicador de innovación” se estudian, en la segunda parte, los determinantes básicos del crecimiento económico –acumulación de capital físico y tasa de crecimiento de la población–, que se amplían al incorporar el capital humano y la convergencia condicional, siguiendo el modelo de Mankiw et al. (1992),

para añadir posteriormente las políticas e instituciones (Bassanini y Scarpetta 2001a, 2001b). En este caso, consideraremos la variable “institucional”, que representa el proceso innovador –el Índice de Capacidad Innovadora Nacional–. Los resultados son comparados con aquellos que se obtienen al utilizar variables alternativas acerca del proceso innovador, como lo es, por ejemplo, el Stock de Conocimiento Tecnológico Acumulado, medido a través de las solicitudes de patentes acumuladas (Fagerberg 1987, 1988, Jungmitage 2004).

La metodología utilizada en el desarrollo empírico de la segunda parte de este trabajo consiste en aplicar el estimador econométrico denominado “Promedio de Grupos Agrupado” (en adelante PMG), desarrollado por Pesaran et al. (1999). EL PMG se adapta mejor a los propósitos fijados, ya que permite que los coeficientes de corto plazo sean 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 pertenecientes a la Unión Europea (UE) durante el período 1995-2012.

Además de esta breve introducción, en el segundo apartado se presenta una revisión de la literatura 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 y el cálculo del Índice de Capacidad Innovadora Nacional a nivel europeo, mostrándose además los resultados obtenidos. El cuarto apartado desarrolla las especificaciones del modelo de crecimiento, las variables, el análisis econométrico y sus resultados. Para terminar, en el quinto y último apartado se presentan las conclusiones y reflexiones finales del estudio.

## **2. Marco teórico y revisión de la literatura**

### **2.1 Breve revisión de la literatura empírica sobre la innovación y los determinantes del crecimiento.**

Si bien la pregunta sobre el por qué del crecimiento económico ha preocupado a los economistas desde Adam Smith, no fue sino hasta

mediados del siglo XX que la teoría moderna de Harrod-Domar formalizó los supuestos acerca de las condiciones iniciales que predicen los patrones de crecimiento, analizando los factores o razones que influyen en su velocidad, 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, este modelo era inconsistente con la teoría de la productividad marginal, lo que dio lugar a los modelos neoclásicos de crecimiento.

Solow (1956) configuró el primer modelo neoclásico de crecimiento empíricamente contrastado. Este modelo –basado en tiempo continuo– presupone que: todos los factores de producción están plenamente empleados, la población activa crece a una tasa constante, las dotaciones de factores están dadas en el momento inicial ( $K_0$ ,  $L_0$ ), existe una tasa de ahorro exógena sobre la renta  $Y$ , y la tasa de depreciación del capital es constante. Dados los supuestos y la dinámica de este modelo, se concluye que en este modelo no hay crecimiento endógeno: el PIB por habitante crece 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 la población y la tecnología, 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 que el crecimiento debido a la acumulación de capital a largo plazo es insostenible, llegando un momento en que se ralentiza y puede detenerse por completo. Así pues, 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 sólo puede darse mediante el progreso técnico.

De acuerdo con Solow, el crecimiento de la productividad global explica la mayor parte del crecimiento a largo plazo de la economía norteamericana, y muchas investigaciones empíricas han estimado que el “cambio técnico” es responsable de casi el 80% del aumento 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 tendría limitaciones importantes para explicar debidamente los determinantes del crecimiento.

A partir de los años 80 del siglo pasado, se cuestionó seriamente el modelo neoclásico y surgieron una serie de trabajos, liderados por Romer (1986), Lucas (1990) y Rebelo (1991), que plantearon ajustes al enfoque, centrándose de manera especial en el crecimiento a largo plazo. Estos autores estudian las deficiencias identificadas en el modelo 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 la introducción no sólo de capital físico, sino de formas alternativas de capital, como capital humano, capital público, progreso tecnológico, etcétera. Esto permitió avanzar en la comprensión de la economía de las ideas. Es lo que se denomina el marco teórico del ‘crecimiento endógeno’, el cual, pese a seguir siendo una aproximación al modelo neoclásico, generó importantes mejoras en el análisis y el estudio del crecimiento económico.

Por otra parte, nuevos trabajos<sup>1</sup> rescatan y mejoran el modelo neoclásico tradicional al introducir el progreso tecnológico exógeno, el que se convierte 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 et al. (1992). La concordancia de los resultados del modelo de Mankiw et al con los hechos estilizados –el crecimiento y convergencia económica– valida la inclusión del capital humano en la función de producción agregada (Bassanini y Scarpetta 2001a, 2001b).

Pese a la mejora del poder predictivo de los modelos durante los años noventa las sofisticaciones en las técnicas econométricas de los últimos veinte años (Caselli et al. 1996, Agiomirgianakis et al. 2002), y la discusión teórica sobre una mirada más sistemática de los temas económicos en general –particularmente la innovación (Nelson y Winter 1974, 1976, 1982)–, muchas preguntas siguen abiertas en cuanto a la velocidad de convergencia y al 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>2</sup> De este modo, los últimos treinta años de discusión en la

<sup>1</sup> Ver Young 1994, Barro 1991, Mankiw et al. 1992 y Barro y Sala-i-Martin 1995.

<sup>2</sup> Ver Arrow 1962, Rosenberg 1969, Evenson y Kislev 1976, Nelson y Winter 1974, Binswanger y Ruttan 1976, Jones y Romer 2009.

economía de la innovación han sido entre el enfoque neoclásico, que ve al proceso innovador como producto del esfuerzo que realizan empresas maximizadoras de los beneficios, y el enfoque sistémico, que entiende la innovación como un proceso en que las empresas no sólo optimizan una función de beneficios, sino que establecen patrones de búsqueda y selección de tecnologías en ambientes de interacción dinámicos, en sinergia con los agentes públicos que influyen sobre la capacidad y el éxito de la innovación empresarial.

Entre los trabajos empíricos que se enmarcan en esta etapa de la discusión encontramos:

- Romer (1986) desarrolla un modelo según el cual el sector de la I+D juega un rol importante en el crecimiento económico. Establece que el crecimiento es conducido por el cambio tecnológico que surge de decisiones de inversión intencional hechas por agentes que maximizan beneficios en un entorno de competencia imperfecta.
- Howitt y Aghion (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 “hacia adelante”, de acuerdo a la cual la cantidad de I+D en cualquier período depende de la cantidad esperada de I+D del siguiente período. Un fundamento de esta relación intertemporal es el proceso schumpeteriano de “destrucción creativa”.
- Fagerberg (1994) y Verspagen (2001) analizan el impacto del cambio tecnológico sobre el crecimiento económico y las diferencias en las tasas de crecimiento de distintos países. Sus enfoques se enfocan en entender la innovación como resultado de las actividades en I+D intencionadas y desarrolladas por las empresas. Además, Verspagen distingue 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.

- Bassanini y Scarpetta (2001a, 2001b), 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.
- 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 UE 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.

## 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 una síntesis entre el uso de técnicas econométricas avanzadas, 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 marco, el concepto de innovación se analiza desde una perspectiva más amplia y diversa, que incluye entre otras cosas los *outputs* (productos) empresariales y 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).<sup>3</sup>

<sup>3</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.

En este contexto, podemos intentar definir el concepto de Sistema Nacional de Innovación analizando, por separado, cada uno de sus elementos. Así se constata que, independientemente de si se está definiendo el sistema nacional o regional, ambos conceptos parten de un determinado “enfoque geográfico”, coincidiendo con ello de manera implícita una relación con el entorno económico, político y sociocultural. De la misma forma, en este proceso la innovación es una mezcla entre fin y medio, ya que podemos definirla como un “proceso” que se caracteriza por ser interactivo, específico e institucionalizado en las empresas, en las cuales 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 –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 considerar el gasto en I+D como inversión en innovación, la inclusión de un Índice de Capacidad Innovadora en la ecuación de crecimiento sería del todo procedente para estudiar 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 sus conexiones o relaciones (Freeman 1995). Este índice es construido a partir de factores que sintetizan los componentes de los Sistemas de Innovación y sus relaciones, así como su grado de interacción y cooperación.

El concepto de Sistema de Innovación alude al conjunto de los actores que desarrollan las actividades de creación y difusión de nuevos conocimientos, además de 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 el desarrollo económico en un sentido schumpeteriano. El enfoque de los Sistemas de Innovación subraya la heterogeneidad

del comportamiento innovador como una actividad multidimensional, que está afectada directamente por su entorno económico y social. En este último participan un gran número de agentes e instituciones, que interactúan en un marco sistémico basado en diversas relaciones interdependientes,<sup>4</sup> dificultando el establecimiento de relaciones causales unidireccionales. Además, estas interacciones entre agentes y otro gran número de aspectos del entorno –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 que influye sobre el crecimiento de un país o región.

Las interdependencias y el enfoque holístico implican la necesidad y las ventajas de usar variables compuestas o sintéticas para medir los Sistemas de Innovación. Tal necesidad se justifica por distintas razones complementarias, tanto de carácter teórico o conceptual como por los requerimientos de medición y de modelización econométrica. Desde un punto de vista conceptual, las variables sintéticas son importantes, pues 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; 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 o sólo a partir de variables individuales que reflejen 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 la interacción de los distintos agentes. De hecho –como indican Makkonen y Have–, “un indicador individual es sólo una indicación

<sup>4</sup> Confirmado en los estudios empíricos: Lundvall y Borrás 1997, Edquist 1997, 2005, Cooke et al. 1997, Doloreux 2002, Asheim y Gertler 2005, Rodríguez y Comptour 2012, Rodríguez y Crecenczi 2008.

parcial del esfuerzo innovador total realizado por un sujeto” (Makkonen y Have 2013: 251). Por lo tanto, el uso de indicadores compuestos reflejaría mejor la realidad que el uso de indicadores individuales.

Desde el punto de vista práctico, los indicadores compuestos resuelven problemas econométricos: entre otros, la multicolinealidad y la falta de grados de libertad en los modelos de regresión. También suavizan los errores de medición o transcripción de los datos, los *outliers* y las fluctuaciones bruscas de variables concretas.

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 (los distintos componentes o subsistemas) del Sistema Nacional de Innovación, recogiendo prácticamente 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; en nuestro caso, la elaboración de un Índice de Capacidad Innovadora a nivel nacional.

### 3. El Índice de Capacidad Innovadora Nacional a Nivel Europeo

Como se explicó en el apartado 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. Por ejemplo, el nivel tecnológico de España, en términos de los gastos brutos en I+D per cápita, está situado en el 91% de la UE15, pero cae al 67% en términos del PIB y a sólo el 15% en términos de gastos en I+D corporativos como porcentaje del PIB (Buesa et al. 2015).

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, construidas mediante

un análisis multivariante del factor y partiendo de un amplio conjunto de variables estadísticas iniciales que corresponderían a cada uno de los componentes del Sistema. 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.

### 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 cuyos datos estuvieran disponibles además de ser homogéneos y comparables entre los países.<sup>5</sup> Los datos elegidos pueden clasificarse de acuerdo a ciertos componentes de los Sistemas de Innovación, tales como el de empresas innovadoras, resultados (*output*) de los Sistemas de Innovación (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.

---

<sup>5</sup> Los Estados miembros de la UE en el año 2015 son 28: 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.

● TABLA N° 1: ESTADÍSTICAS VARIABLES INICIALES

	VARIABLES	N	MEDIA	DES. TÍP	MÍNIMO	MÁXIMO
1	Empleo (miles de personas)	414	8.614,0	9.814,2	161,0	39.255,9
2	Capital Humano de Alta Calificación en Sector Servicios, Totales (miles de personas)	414	2.379,4	2.966,9	40,0	13.593,3
3	Capital Humano de Alta Calificación en Sector Intensivo en Conocimiento, Totales (miles de personas)	414	1.607,1	1.993,0	26,0	8.986,0
4	PIB millones de euros 2005	414	451.149,2	636.630,8	5.725,0	2.471.308,4
5	Formación Bruta de Capital Fijo millones de euros 2005	414	89.022,1	120.315,4	1.537,8	463.678,0
6	Población Total (15-64 años)	414	13.831.329,4	15.574.082,0	274.768,0	55.992.553,0
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	179.407,6	259.603,5	2.990,0	1.054.154,1
10	Personal en I+D Sector Privado (Full Time) %o Empleo	414	5,8	4,4	0,0	19,4
11	Personal en I+D Sector Privado (número de personas) %o 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 cápita (patentes/millón de personas)	414	88,9	91,5	0,1	303,2
14	Gasto de I+D Sector Privado %o 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	48.337,6	32.001,6	2.517,4	167.035,1
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 cápita (patentes/millón de personas)	414	19,2	25,4	0,0	127,3
19	Copatentes per cápita (copatentes/millón de personas)	414	8,3	9,7	0,0	61,1
20	Salario Promedio en euros 2005	414	26.186,9	18.533,8	1.438,8	83.298,4

(Continuación Tabla N° 1)

	VARIABLES	N	MEDIA	DESV. TÍP	MÍNIMO	MÁXIMO
21	Personal en I+D Universidades (Full Time) %o Empleo	414	3,3	1,6	0,0	7,5
22	Personal en I+D Universidades (número de personas) %o 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 %o PIB	414	3,6	2,2	0,0	9,5
25	Personal en I+D AAPP (Full Time) %o Empleo	414	1,7	0,9	0,5	5,2
26	Personal en I+D AAPP (número de personas) %o Empleo	414	2,2	1,0	0,4	5,5
27	Gastos en I+D AAPP %o 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 %o PIB	414	18,6	25,7	0,0	210,0
30	Gastos en I+D Sector Privado financiado por AAPP (% Total)	414	9,1	7,9	0,0	48,6
31	Gastos en I+D Universidades y AAPP financiado por el Sector Privado (% Total)	414	7,4	4,3	0,7	28,6

Fuente: elaboración propia.

### 3.2 Análisis Factorial

Los resultados del análisis factorial, en sí mismos, no son el objeto de este trabajo, pero una vez que se obtengan los factores y sus puntuaciones factoriales para cada país, siendo asignados ‘valores estandarizados’, serán utilizados 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. Si alguno de estos factores incluye variables estadísticamente relacionadas con otro no podría interpretarse adecuadamente este factor y su uso no tendría sentido, ya que incorporaría información de difícil interpretación. Además, las variables con un poder explicativo demasiado bajo deberían excluirse.

La validación o calidad del análisis factorial está basada en los tests estadísticos y la lógica inherente a los factores encontrados. Los

diferentes tests confirman la calidad del análisis. El test de Kaiser-Meyer-Olkin entrega un valor de 0,746 y la hipótesis nula del test de esfericidad de Barlett puede ser rechazado con un 99% de confianza.<sup>6</sup> Muchas de las comunalidades (correlación de cada variable con su factor) son relativamente altas. Más aún, el modelo retiene sobre un 86% de la varianza original perdiendo menos del 14% de la información original.<sup>7</sup> Se usó la rotación tipo Varimax para asegurar la máxima ortogonalidad entre los factores, lo cual es importante para nuestros modelos de regresión (Anexo 1).

Para los 23 países analizados, las 31 variables iniciales se resumen en seis ‘variables sintéticas no observables’, 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, además de dos factores que reflejan el subsistema científico: Universidades y las Administraciones Públicas (AAPP).

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 (en términos absolutos). 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 *startups* a nivel nacional y 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.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Cf. anexo 1: 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 de identidad, debe rechazar esta hipótesis nula.

<sup>7</sup> Cf. anexo 1: 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% (Hair, et al. 2009).

<sup>8</sup> El cálculo de esta contribución y las siguientes puede encontrarse en el anexo 1.

● TABLA N° 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		
	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	31,9	27,66
	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 ‰ PIB	9,96	
Personal I+D Empresas HC ‰ Empleo		10,50		
Personal I+D Empresas FT ‰ Empleo		11,08		
Patentes EPO per cápita (patentes/millón personas)		9,89		
Patentes EPO sobre la fuerza laboral (patentes/millón personas)		10,01		
Patentes Alta tecnología EPO per cápita (patentes/millón personas)		8,83	31,0	26,83
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			

(Continuación Tabla N° 2)

FACTORES	VARIABLES	PONDERACIÓN DE CADA VARIABLE %	PONDERACIÓN DEL FACTOR EN EL ÍNDICE %	% VARIANZA EXPLICADA
Universidades	Personal I+D Universidades FT % Empleo	26,32	13,5	11,67
	Gasto I+D Universidades % PIB	20,54		
	Personal I+D Universidades HC % Empleo	25,78		
	Porcentaje de la población total en nivel de Educación 5 y 6	27,36		
Administraciones Públicas	Personal I+D AAPP HC % Empleo	34,30	10,7	9,26
	Personal I+D AAPP FT % Empleo	34,56		
	Gasto I+D AAPP % PIB	31,13		
Entorno Nacional a la Innovación y Competitividad	Venture Capital % 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		
Total varianza explicada			86,58%	

Fuente: elaboración propia.

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 empresarial. 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, aportan 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, aportan 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, específicamente 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.

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 (cuestión relevante para la configuración del Índice). Es decir, no se han agrupado los datos a priori, sino que es el propio análisis factorial el que determina la agrupación a partir 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 variables con el fin de estandarizarlos o normalizarlos para calcular el Índice. Para calcular las ponderaciones y mantener la objetividad estadística se utilizaron los resultados del análisis factorial realizado previamente. Así, 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 explicada por el factor respecto a la varianza total, que a su vez se explica por el modelo factorial. Esto implica que algunas variables –y, por ende, los factores con mayor variabilidad– tendrán una mayor influencia o peso en comparación con 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. De ese modo, el cálculo del Índice se obtiene de:

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

Dónde:  $x_{r,j}^*$ : valor estandarizado del país r, en el año j.

$x_{r,j}$ : valor observado del país r, en el año j.

$x_j^{\max}$ : valor máximo observado en el año j.

$x_j^{\min}$ : valor mínimo observado en el año j.

La suma de las variables estandarizadas por las ponderaciones dentro de cada factor y multiplicado por 100 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.

● TABLA N° 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
República Checa	22,5
Hungría	22,5
Lituania	21,3
Estonia	19,7
Portugal	18,9
Eslovaquia	18,4
Rumanía	18,0
Bulgaria	17,4

Fuente: 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 Scarpetta (2001a, 2001b) para la misma muestra de 23 países de la UE, con datos anuales para el periodo 1995-2012, utilizando el estimador PMG por adaptarse mejor a nuestros propósitos en esta sección, ya que no sólo permite estimar una relación de largo plazo común entre los países, sino también la heterogeneidad de la muestra sin restricciones en

el corto plazo. 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  $a_{s,i}/\vartheta_i = \theta$  (ver Apéndice técnico).

Con el procedimiento PMG obtenemos una versión restringida de la ecuación de corrección de errores presentada en Bassanini y Scarpetta (2001a, 2001b), que permite estimar datos de series de tiempo agrupados por cada país:

$$\begin{aligned} \Delta \ln y_{i,t} = & -\phi_i \left\{ \ln y_{i,t-1} - \theta_1 \ln Sk_{i,t} - \theta_2 \ln Kh_{i,t} + \theta_3 n_{i,t} \right. \\ & \left. - \sum_{j=4}^m \theta_j \ln V_{i,t}^j - a_{m+1,i} t - \theta_{0,i} \right\} + b_{1,i} \Delta \ln Sk_{i,t} \\ & + b_{2,i} \Delta \ln Kh_{i,t} + b_{3,i} \Delta 2n_{i,t} + \sum_{j=4}^m b_{j,i} \Delta \ln V_{i,t}^j + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (I)$$

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 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,  $\vartheta_i$ , y los coeficientes de largo plazo,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  y  $\theta_j$ , son de interés primario. Con la inclusión de  $\theta_{0,i}$  se permite una media distinta de cero de la relación de cointegración (Blackburne, y Frank 2007). Por lo tanto, esperamos que  $\vartheta_i$  sea negativa, bajo el supuesto previo de que las variables muestran un retorno al equilibrio de largo plazo.

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>9</sup> Por otra parte, dada la limitación de grados de libertad en

<sup>9</sup> La Prueba de Hausman consiste en probar la hipótesis nula –homogeneidad de coeficientes a largo plazo– 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. En el caso contrario,

las regresiones de crecimiento específicas de cada país, en este trabajo se ha optado por no incluir la tendencia en el tiempo (ver Apéndice técnico).

## 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 UE 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, se especifican todas las variables de control utilizadas en la regresión en logaritmos naturales:

- Variable dependiente ( $f(\ln Y)$ ): El crecimiento del PIB per cápita, a precios constantes, de la población entre los 15 y 64 años.
- Variable de convergencia ( $\ln Y_{t-1}$ ): El PIB per cápita a precios constantes rezagado de la población entre los 15 y 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 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, en cuyo caso habría divergencia. Por último, si el coeficiente se presenta no significativo, quiere decir que todos los países crecen igual.
- Acumulación de capital físico ( $\ln Sk$ ): 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.

---

si la  $H_0$  se rechaza, entonces no habría ninguna evidencia de una relación de largo plazo y los coeficientes obtenidos en las regresiones serán el promedio simple de los coeficientes específicos de cada país.

- 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 Mankiw et al. (1992), Bassanini y Scarpetta (2001a, 2001b), Arnold (2008) y Romain et al. (2001), 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. 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, o bien un rápido crecimiento demográfico es la causa de que un país sea pobre, de que hay algo en el hecho de ser pobre que provoca un rápido crecimiento de la población o, finalmente, 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>10</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*

<sup>10</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 Bassanini y Scarpetta, 2001a, 2001b.

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 ( $\ln\text{-GID}$ ) y luego con un retardo ( $\ln\text{GID}_{-1}$ ).

- Comercio Exterior ( $\ln\text{Exports}_1$ ): Se utiliza la proporción de las exportaciones del país correspondiente respecto a las exportaciones totales mundiales, corregida por la población (en millones de personas). Este enfoque neomercantilista se sostiene en el contexto global, en el 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, corregida por la población, entendiendo que la mayor capacidad exportadora de un país es un reflejo de su mayor competitividad, considerada como la capacidad de poner en los mercados internacionales más bienes y servicios en una mejor relación precio-calidad respecto a otros países. Avondet y Pinero (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 (Cf. Dosi y Soete 1988, Peretto et al. 1997, 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 –capital físico y humano– 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 a 64 años también disminuye. Esto es esperable de acuerdo a Mankiw et al., 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 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.

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

● TABLA N° 4: REGRESIONES AÑADIENDO CAPITAL HUMANO Y EXPORTACIONES

VARIABLE DEPENDIENTE: $\Delta \text{LN}Y$	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)
LnExports <sub>t</sub>			0,012** (0,006)
Coefficiente de convergencia LnY-1	-0,133*** (0,010)	-0,134*** (0,006)	-0,137*** (0,007)
N° de países	23	23	23
N° de observaciones	345	345	345
Log máxima verosimilitud	961	998	1.030

Fuente: elaboración propia.

Notas: 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

#### 4.3.2 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 utiliza 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)–, la innovación es positiva y estadísticamente significativa. Este hecho se encuentra en línea con otros estudios que incluyen esta variable como reflejo de la actividad innovadora (Fagerberg 1987, 1988, 1994). 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.

● TABLA N° 5: REGRESIONES AÑADIENDO LA INNOVACIÓN

VARIABLE DEPENDIENTE: $\Delta \text{LN}Y$	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)
LnExports <sub>t</sub>	0,020*** (0,005)	0,016*** (0,005)	0,020*** (0,006)	0,018*** (0,005)	0,020*** (0,006)
LnPat <sub>t-1</sub>	0,012*** (0,003)				
LnPat <sub>t-3</sub>		0,017*** (0,004)			
LnGID			0,020*** (0,006)		
LnGID <sub>t-1</sub>				0,018*** (0,005)	
LnIndex					0,031** (0,013)
Coefficiente de convergencia LnY <sub>t-1</sub>	-0,177*** (0,011)	-0,197*** (0,015)	-0,166*** (0,011)	-0,164*** (0,010)	-0,155*** (0,010)
N° de países	23	23	23	23	23
N° de observaciones	345	345	345	345	345
Log máxima verosimilitud	1.061	1.061	1.071	1.062	1.052

Fuente: elaboración propia.

Notas: 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

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, haciendo aumentar los coeficientes del resto de variables (salvo la convergencia) y explicando mejor el crecimiento que las variables anteriores, pues su coeficiente prácticamente las duplica. Sin embargo, se pierde algo de ajuste global en el 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>11</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).

#### 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. Con el fin de evitar regresiones incorrectas, se comprueba que los residuos de la ecuación de largo plazo sean estacionarios, para lo cual se utiliza la prueba de raíz unitaria para paneles de Levin-Lin-Shu (2002)<sup>12</sup> y se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la serie es estacionaria. La no estacionariedad de los residuos se rechaza al nivel del 1% (p valor < 0,01). En la Tabla 6 se presenta el resultado del test.

● TABLA N° 6: TEST DE RAÍZ UNITARIA PARA MODELO DE CRECIMIENTO CON ÍNDICE DE INNOVACIÓN

TEST DE RAÍCES UNITARIAS DE LEVIN-LIN-CHU		
Ho= Paneles contienen raíces unitarias	Número de paneles = 23	
H1 = Paneles son estacionarios	Número de períodos = 17	
Regresiones ADF: 1 rezago	Estadístico	p-valor
t no ajustado	-5,9889	
t*ajustado	-2,7825	0,0027

Fuente: elaboración propia.

<sup>11</sup> Se realizaron estimaciones con la variable LnIndex con un retardo, no cambiando significativamente los resultados.

<sup>12</sup> Levin, Lin y Chu (2002) contrastan la hipótesis nula de  $\alpha = 0$  (raíz unitaria común) frente a la alternativa de estacionariedad en varianza para todas las unidades económicas ( $\alpha < 0$ ) a partir de una ecuación base del tipo:

$$\Delta y_{it} = \alpha y_{it-1} + \sum_{j=1}^{\rho_j} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + x_{it} \delta_i + \epsilon_{it}$$

Siendo  $\alpha = \rho - 1$  en la que se utilizan *proxies* para la variable dependiente de la ecuación y para  $y_{it}$ , que están estandarizadas y libres de autocorrelación y componentes deterministas.

Con el propósito de asegurar que los resultados son robustos a la exclusión de las observaciones atípicas y dinámicamente inestables (es decir, no se cumplen las condiciones de homogeneidad a largo plazo), se verifica para qué países las estimaciones no cumplen la condición econométrica de estabilidad dinámica (coeficiente de corrección de errores agrupado, EC, no inferior a -2). Las estimaciones específicas para cada país muestran que ninguno tiene un EC que esté fuera del rango establecido.

Por último, el principal supuesto del enfoque PMG –la homogeneidad de coeficientes de largo plazo– se prueba mediante el estadístico de Hausman y sus correspondientes p-valores de los coeficientes. Los resultados, presentados en la Tabla 7, columna (5) y (6), no rechazan la homogeneidad conjunta de todos los parámetros de largo plazo. Del mismo modo, no rechazan la homogeneidad de los parámetros de largo plazo individuales.<sup>13</sup>

Comparando simultáneamente las regresiones obtenidas con los estimadores PMG, Media de grupos (MG) y Efectos Fijos (DFE), y valiéndonos de la prueba estadística de Hausman, 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 (ver Anexo 4).

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). Estos valores caen dentro del rango de una dinámica estable,<sup>14</sup> lo que revela un fuerte proceso de convergencia condicional de los países de la UE 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].

<sup>13</sup> Todos los p-valores son  $> 0,05$ . En Stata, cuando se utiliza el estimador *xtpmg*, las salidas de las regresiones presentan en el segundo panel el coeficiente de corrección de errores agrupado (etiquetada por EC) y su correspondiente error estándar. Además, se realizaron estimaciones con cada variable explicativa individual para obtener cada uno de los p-valores de la prueba de Hausman.

<sup>14</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. En 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 N° 7: EL EFECTO DE LARGO Y CORTO PLAZO EN LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB PER CÁPITA**  
(Comparación estimadores PMG-MG-DFE)

VARIABLE DEPENDIENTE: $\Delta \text{LN}Y$	PROMEDIO DE GRUPOS AGRUPADO		PROMEDIO DE GRUPOS		PRUEBA DE HAUSMAN		EFECTOS FIJOS	
	COEFICIENTE E.E. (1)	COEFICIENTE E.E. (2)	COEFICIENTE E.E. (3)	COEFICIENTE E.E. (4)	PRUEBA H P-VALOR (5)	PRUEBA H P-VALOR (6)	COEFICIENTE E.E. (7)	COEFICIENTE E.E. (8)
Coeficientes de Largo Plazo								
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
LnExports <sub>t</sub>	0,020**	0,006	-0,009	0,047	0,25	0,614	0,051***	0,010
Prueba de Hausman agrupada:					0,51	0,99		
Coeficiente de corrección de errores agrupado <sup>1</sup>								
	-0,71***	0,059	-1,080***	0,118			-0,804***	0,052
Coeficientes de Corto Plazo								
$\Delta \text{LnSk}$	0,187***	0,029	0,117***	0,040			0,131***	0,016
$n^2$	1,351***	0,424	-0,562	0,753			-0,033	0,148
$\Delta \text{LnKh}$	0,022	0,064	0,020	0,095			-0,006	0,007
$\Delta \text{LnExports}_t$	-0,014	0,019	0,013	0,022			-0,005	0,013
$\Delta \text{LnIndex}$	-0,042	0,061	-0,066	0,043			0,006	0,022
N° de países	23		23				23	
N° de obs.	345		345				345	
Log max. verosimilitud	1.052							

Fuente: elaboración propia.

Notas: 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 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 sugiere 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 serían necesarios menos de 9 años para cubrir la mitad de la distancia (Caselli et al. 1996). Según Bassanini y Scarpetta (2001b: 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, pudiendo tener impactos permanentes en los niveles de PIB per cápita entre países (Bassanini y Scarpetta 2001b, Sánchez et al. 2015).

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 ende, 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 ‘*catch up*’ 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 más avanzados y los del antiguo este de Europa, cuya convergencia es muy rápida debido a las ayudas europeas para que puedan crear infraestructuras y mejorar sus instituciones, a lo que se suma su integración en el mercado único europeo. Pero una vez llegado a un cierto nivel de desarrollo, la velocidad de convergencia de estos países debería ralentizarse.

## 5. Conclusiones

En este estudio se ha analizado 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 Mankiw et al. 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 los siguientes:

- 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 Scarpetta (2001a, 2001b). 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 ‘*catch up*’ 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, así como el Grado de Interrelaciones entre los Componentes del Sistema de Innovación. Los resultados del análisis factorial y el 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 –así como sus interacciones– en el crecimiento económico de los países.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agiomirgianakis, G., Asteriou, D. y Monastiriotes, V. 2002. Human Capital and Economic Growth Revisited: A Dynamic Panel Data Study. *International Advances in Economic Research* 8 (3), 177-87.
- Arnold, J. 2008. Do Tax Structures Affect Aggregate Economic Growth? Empirical Evidence from a Panel of OCDE Countries. Working Papers 643, OCDE Economics Department.
- Arrow, K. 1962. Economic Welfare and Allocation of Resources for Invention. En R. Nelson (eds.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: Princeton University Press.
- Asheim, B. y Gertler, M. 2005. The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems (291-317). En Fagerberg, J., Mowery, D. y Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
- Avondet, L. y Pineró, F. 2007. Comercio internacional y competitividad en la sociedad del conocimiento. *Revista Digital de Contribuciones a la Economía*. Disponible en: <http://www.eumed.net/ce/2007c/lafp.htm> [15 de julio de 2016].
- Bassanini, A. y Scarpetta, S. 2001a. Does Human Capital Matter for Growth in OCDE Countries?: Evidence from Pooled Mean-Group Estimates. Working Papers 282, OCDE Economics Department.
- Bassanini, A. y Scarpetta, S. 2001b. The Driving Forces of Economic Growth: Panel Data Evidence for the OCDE Countries. *Economic Studies* 33, 2001/II, OCDE.
- Barro, R. 1991. El crecimiento económico en una muestra de países. Documentos de Trabajo del NBER 3120. National Bureau of Economic Research.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. 1995. *Economic Growth*. New York: McGrawHill.
- Bebczuk, R. y Garegnani, L. 2007. Autofinanciamiento empresario y crecimiento económico. Investigaciones Económicas N° 47, Banco Central de la República Argentina.
- Benhabib, J. y Spiegel, M. 1994. The Role of Human Capital in Economic Development Evidence from Aggregate Cross-country. *Journal of Monetary Economics* 34 (2), 143-73.
- Binswanger, H. D. y Ruttan, V. N. 1976. *The Theory of Induced Innovation and Agricultural Development*. Baltimore: John Hopkins Press.
- Blackburne, E., y Frank, M. 2007. Estimation of Nonstationary Heterogeneous Panels. *The Stata Journal* 7 (2), 197-208.
- Buesa, M., Heijts, J., Baumert, T. y Gutiérrez, C. 2015. Eficiencia de los sistemas regionales de innovación en España. Serie Análisis Fundación de las Cajas de Ahorro, FUNCAS. 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* 1, 363-89.
- Cooke, Ph., Uranga, M. y Etzebarria, G. 1997. Regional Systems of Innovation: Institutional and Organizational Dimensions. *Research Policy* 26 (2), 475-491.
- Doloreux, D. 2002. What we Should Know about Regional Systems of Innovation. *Technology and Society* 24 (3), 243-263.
- Domar, E. 1946. Capital Expansion, Rate of Growth and Employment. *Econometrica* XVI (2), 137-47.

- Dosi, G. y Soete, L. 1988. Technical Change and International Trade. En Dosi, G., Freeman, R., Nelson, R., Silverberg, G. y Soete L. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers.
- Dosi, G. 1991. Perspectives on Evolutionary Theory. *Science and Public Policy* 18 (6), 353-61.
- 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* 15 (2), 177-219.
- Edquist, Ch. 1997. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. Londres: Pinter Publishers.
- Edquist, Ch. 2005. Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. En Fagerberg, J., Mowery, D. y Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
- Evenson, R. y Kislav, Y. 1976. A Stochastic Model of Applied R&D. *Journal of Political Economy* 84, 265-81.
- Fagerberg, J. 1987. A Technological Gap Approach to why Growth Rates Differ. *Research Policy* 16 (2-4), 87-99.
- Fagerberg, J. 1988. Why Growth Rates Differ. En Fagerberg, J., Mowery, D. y Nelson, R. (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
- Fagerberg, J. 1994. Technology and International Differences in Growth Rates. *Journal of Economic Literature* 32, 1147-75.
- Freeman, Ch. 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Londres: Frances Printer.
- Freeman, Ch. 1994. Innovation and Growth. En Dodgson, M. y Rothwell, R. (eds.). *The handbook of industrial innovation*. Aldershot: Edward Elgar
- Freeman, Ch. 1995. The National System of Innovation, in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics* 19, 5-24.
- Griliches, Z. 1990. Patent Statistics as Economic Indicators: a Survey. *Journal of Economic Literature* vol. 28 (4), 1661-1707.
- Hair, J., Black, W., Babin, B. y Anderson, R. 2009. *Multivariate Data Analysis*. 7th Edition. Pearson Education Limited.
- Harrod, R. 1939. An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journal* 49 (193), 14-33.
- Howitt, P. y Aghion P. 1998. Capital Accumulation and Innovation as Complementary Factors in Long-run Growth. *Journal of Economic Growth* 3 (2), 111-30.
- Jones, Ch. y Romer, P. 2009. The New Kaldor Facts: Ideas, Institutions, Population, and Human Capital. Working paper 15049, The National Bureau of Economic Research.
- Jungmitage, A. 2004. Innovations, Technological Specialization and Economic Growth in the EU. Economic and Financial Affairs, Economic Papers 199, European Economy.
- Kline, S. y Rosenberg, N. 1986. An Overview of Innovation (275-305). En Landau, R. y Rosenberg, N. (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington DC: National Academy Press.
- Levin, A., Lin, C. F. y Chu, C. 2002. Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-sample Properties. *Journal of Econometrics* 108 (1), 1-24.
- Loayza, N. y Ranciere, R. 2005. Financial Development, Financial Fragility, and Growth. Working Paper 05/170, International Monetary Fund.

- Lucas, R. 1990. Why doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries? *American Economic Review* 80 (2), 92-96.
- Lundvall, B. 1994. *National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Frances Pinter.
- Lundvall, B. y Borrás, S. 1997. The Globalizing Learning Economy: Implications for Technology Policy at the Regional, National and European Level. Paper for the TSER workshop *Globalization and the Learning Economy. Implications for Technology Policy*. Bruselas, Abril 1997.
- Makkonen, T. y Have, R. 2013. Benchmarking Regional Innovative Performance: Composite Measures and Direct Innovation Counts. *Journal Scientometrics* 94 (1), 247-262.
- Mankiw, N., Romer, D. y Weil, D. 1992. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics* 107 (2), 407-437.
- Mazzucato, M. 2014. *El estado emprendedor, mitos del sector público frente al privado*. Barcelona: Editorial Rba.
- Nelson, R. R. y Winter, S. 1974. Neoclassical vs Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus. *Economic Journal*, 84 (336), 886-905.
- Nelson, R. R., Winter, S. y Schuette H. 1976. Technical Change in an Evolutionary Model. *Quarterly Journal of Economics* 90 (1), 90-118.
- Nelson, R. R. y Winter, S. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nelson, R. R. (ed.) 1993. *National Systems of Innovation: A Comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.
- 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* 15 (6), 801-826.
- Pesaran, M. y Smith, R. 1995. Estimating Long-run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics* 68 (1), 79-113.
- Pesaran, M., Shin, Y. y Smith, R. 1999. Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association* 94 (446), 621-634.
- Porter, M. 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. Londres: MacMillan.
- Rebelo, S. 1991. Long Run Policy Analysis and Long Run Growth. *Journal of Political Economy* 99 (3), 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. y Comptour, F. 2012. Do Clusters Generate Greater Innovation and Growth? An Analysis of European Regions. *The Professional Geographer* 64 (2), 211-31.
- Romain, B., Romain, D. y Murin, F. 2001. The Policy and Institutional Drivers of Economic Growth: New Evidence from Growth Regressions. Working papers 843, Economics Department, OECD.
- Romer, P. 1986. Increasing Returns and Long-run Growth. *Journal of Political Economy* 94 (5), 1002-1037.
- Rosenberg, N. 1969. The Direction of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices, *Economic Development and Cultural Change*, 18 (1), 1-24.

- 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* 4 (8), 110-135.
- Schumpeter, J. A. 1944. *Teoría del Desarrollo Económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. A. 1939. *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York y London: McGraw-Hill.
- Solow, R. 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics* 70 (1), 65-94.
- Smith, A. 1776. *La riqueza de las naciones*. Madrid: Alianza Editorial.
- Verspagen, B. 2001. Economic Growth and Technological Change: An Evolutionary Interpretation. STI Working Papers 1, OECD.
- Weil, D. 2006. *Crecimiento económico*. Madrid: Addison-Wesley.
- Young, A. 1994. Lessons from East Asian NICS: A Contrarian View. *European Economic Review* 38 (3-4), 964-73.

## Anexo I

### Análisis factorial

Respecto a la viabilidad del análisis factorial realizado, se puede decir que las variables no se asignan a priori a un factor, sino que es el propio procesamiento estadístico el que las agrupa. En ese 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%.
- Las comunalidades, 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 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 –o minimiza su correlación–, 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.		0,746
	Chi-cuadrado aproximado	31.390,829
Prueba de esfericidad de Bartlett	gl	465
	Sig.	0,000

## ● 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 cápita (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 cápita (patentes/millón de personas)	1,000	0,861
Copatentes per cápita (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			SUMAS DE LAS SATURACIONES AL CUADRADO DE LA EXTRACCIÓN			SUMA DE LAS SATURACIONES AL 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	0,866	2,793	89,369				86,58		
8	0,687	2,216	91,585						
9	0,597	1,927	93,511						
10	0,453	1,460	94,972						
11	0,350	1,128	96,099						
12	0,323	1,041	97,141						
13	0,212	0,682	97,823						
14	0,157	0,505	98,328						
15	0,128	0,414	98,742						
16	0,091	0,294	99,036						
17	0,064	0,207	99,243						
18	0,061	0,197	99,439						
19	0,039	0,127	99,566						
20	0,033	0,105	99,672						
21	0,029	0,092	99,764						
22	0,024	0,079	99,843						
23	0,021	0,067	99,909						
24	0,009	0,030	99,939						
25	0,008	0,024	99,964						
26	0,004	0,014	99,978						
27	0,003	0,010	99,988						
28	0,002	0,005	99,994						
29	0,001	0,004	99,997						
30	0,001	0,002	100,000						
31	0,000	0,000	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)	0,985					
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Servicios, Totales (miles de personas)	0,980					
Capital Humano de Alta Calificación en Sector Intensivo en Conocimiento, Totales (miles de personas)	0,980					
PIB millones de euros 2005	0,980					
Formación Bruta de Capital Fijo millones de euros 2005	0,974					
Población Total (15-64 años)	0,973					
Importaciones respecto al total Mundial %	0,932					
Exportaciones respecto al total Mundial %	0,881					
Salarios millones de euros 2005	0,727				0,608	
Personal en I+D Sector Privado (Full Time) % Empleo		0,937				
Personal en I+D Sector Privado (número de personas) % Empleo		0,926				
Patentes EPO sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)		0,916				
Patentes EPO per cápita (patentes/millón de personas)		0,905				
Gasto de I+D Sector Privado % PIB		0,885				
Relevancia del Sector Privado en el gasto total en I+D		0,801				
Productividad		0,783				0,417
Patentes Alta Tecnología sobre la Fuerza de Trabajo (patentes/millón de personas)		0,780	0,458			
Patentes Alta Tecnología EPO per cápita (patentes/millón de personas)		0,772	0,475			
Copatentes per cápita (copatentes/millón de personas)		0,709				
Salario Promedio en euros 2005		0,688			0,525	0,402
Personal en I+D Universidades (Full Time) % Empleo			0,862			
Personal en I+D Universidades (número de personas) % Empleo			0,846			
Población en Educación nivel 5-6 como % del total de la población			0,809			
Gastos en I+D Universidades % PIB		0,506	0,747			
Personal en I+D AAPP (Full Time) % Empleo				0,952		
Personal en I+D AAPP (número de personas) % Empleo				0,940		
Gastos en I+D AAPP % PIB				0,867		
Costos Laborales Unitarios	-0,405				0,777	
Capital de Riesgo % PIB					0,496	
Gastos en I+D Sector Privado financiado por AAPP (% Total)						-0,715
Gastos en I+D Universidades y AAPP financiado por el Sector Privado (% Total)						-0,711

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

<sup>a</sup> La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

## Anexo 2

## ● ÍNDICE DE CAPACIDAD INNOVADORA NACIONAL PARA PAÍSES 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
República 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	23.2	24.7	23.4	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	23.8	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
Países Bajos	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	23.4	25.6	26.9	28.2	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	43.7	45.9	44.3	43.7	43.0	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

Fuente: 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 cápita (euros 2005)	414	31.213	21.053	1.675	105.070
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 cápita (patentes/millón de personas)	414	88,9	91,52	0,12	303,23

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 4

### Comparación estimadores PMG, MG, DFE

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 –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 (Bebczuk y Garegnani 2006).
- 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. 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).

**TABLA 1. PRUEBA DE HAUSMAN**

*Comparación MG - PMG*

. hausman mg pmg, sigmamore

COEFFICIENTS	(B)	(B)	(B-B)	SQRT(DIAG(V.B-V.B))
	MG	PMG	DIFFERENCE	S.E.
LnY_I	-0,6504661	-0,1552237	-0,4952424	1,042495
LnSk	0,0685982	0,1200975	-0,0514993	0,8970906
LnKh	0,2596213	0,0359504	0,2236709	0,5152271
LnExportsI	-0,009537	0,0201955	-0,0297325	0,2556364
LnIndex	0,1110229	0,0310997	0,0799232	1,112872
n	-1,00952	-1,654509	0,644989	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

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

$$= 0.51$$

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

*Comparación MG - DFE*

. hausman mg DFE, sigmamore

COEFFICIENTS	(B)	(B)	(B-B)	SQRT(DIAG(V_B-V_B))
	MG	DFE	DIFFERENCE	S.E.
LnY_I	-0,6504661	-0,17592	-0,4745461	472,6446
LnSk	0,0685982	0,1107935	-0,0421953	406,7137
LnKh	0,2596213	0,0260156	0,2336057	233,6104
LnExportsI	-0,009537	0,0513577	-0,0608947	115,9283
LnIndex	0,1110229	0,0191132	0,0919097	504,5606
n	-1,00952	-1,789819	0,7802987	5,461,974

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

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

$$= 0.00$$

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

## Apéndice técnico

### El método de estimación econométrico PMG

La literatura sobre la estimación de modelos dinámicos de paneles heterogéneos, en el que tanto los datos de sección cruzada como los de series de tiempo 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 iguales entre los distintos grupos. En otras palabras, comparten la misma tasa de crecimiento hacia el estado estacionario; sin embargo, los coeficientes de la pendiente no son idénticos, lo que ocasiona que el enfoque de DFE genere resultados inconsistentes y potencialmente engañosos.

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 estiman regresiones separadas para cada grupo y se calculan 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 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 ha sido incorrectamente especificada; entonces las estimaciones PMG serán incompatibles, mientras que el estimador MG todavía proporcionará una estimación consistente de la media de los coeficientes a largo plazo entre países (Loayza y Ranciere 2005).