



---

## LA CONTRIBUCIÓN DEL CAPITAL HUMANO Y LA I+D EN EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN ANÁLISIS DE DATOS DE PANEL DINÁMICO

Marcos Gregorio Sánchez Calderón \*

M<sup>a</sup> Covadonga de la Iglesia Villasol \*

Joost Heijs\*

### ABSTRACTO

En este estudio se parte de los modelos de crecimiento económico de Mankiw, Romer y Weil (1992) y Bassanini y Scarpeta (2001) y se analiza los vínculos al largo plazo entre los determinantes del crecimiento considerados como básicos, y ciertos factores institucionales, representados por las actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D). Para el análisis empírico se utiliza datos de panel, y la técnica econométrica Promedio de Grupos Agrupado (PMG) en una muestra de 23 países de la Unión Europea durante el período 1995-2008. Los resultados confirman lo que se conoce de la teoría económica del crecimiento, es decir, que la acumulación de capital físico y humano son los principales motores del crecimiento, mientras que las actividades de I+D contribuyen positivamente al crecimiento, pero de manera selectiva según el sector y nivel de desarrollo tecnológico de cada país.

**PALABRAS CLAVE:** Crecimiento. Investigación y Desarrollo. Promedio de Grupos Agrupado.

---

\* MsSc. Economía Aplicada, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador), C. P. 180150, Tel: 00593+32416019, E-mail: [marcos.sanchezc@edu.uah.es](mailto:marcos.sanchezc@edu.uah.es)

\*\* Ph.D. Economía Aplicada, Universidad Complutense de Madrid (España), C. P. 28223, Tel: 0034+91 394 2456, E-mail: [civ@ccee.ucm.es](mailto:civ@ccee.ucm.es)

\*\*\* Ph.D. Economía Aplicada, Universidad Complutense de Madrid (España), C. P. 28223, Tel: 0034+91 394 2456, E-mail: [joost@ccee.ucm.es](mailto:joost@ccee.ucm.es)

## 1 INTRODUCCIÓN

La ciencia económica siempre ha sido consciente de la importancia de la actividad innovadora, si bien hasta finales de los ochentas del siglo XX no se han dado las condiciones para profundizar en su conocimiento. Así, los estudios empíricos incluyen cada vez con mayor frecuencia al capital humano y la actividad innovadora como factores explicativos fundamentales de la competitividad y el crecimiento sostenido de una economía.

Un análisis de los agregados, como el que se realiza en este estudio, sólo arroja algo de luz, y debe considerarse como parcial, complementario y evolutivo, en un tema tan complejo como es el de establecer los diferentes factores que explican el proceso de crecimiento económico.

El presente estudio en su parte empírica se inicia con un análisis de los determinantes básicos del crecimiento económico –la acumulación de capital físico y el crecimiento demográfico-, que se amplía al incorporar el capital humano y la convergencia condicional, siguiendo el modelo de Mankiw, Romer y Weil (1992), para posteriormente añadir las políticas e instituciones, específicamente, las variables que representan la intensidad del gasto en investigación y desarrollo tecnológico (en adelante I+D), según el modelo propuesto por Bassanini y Scarpeta (2001).

La metodología utilizada en el desarrollo empírico de este trabajo -tal como se expondrá posteriormente con más detalle- consiste en aplicar el estimador econométrico denominado “Promedio de Grupos Agrupado” (en adelante PMG) desarrollado por Pesaran *et al.* (1999), por adaptarse mejor a los propósitos fijados, ya que permite a los coeficientes al corto plazo a ser diferentes entre los países, y al mismo tiempo impone restricciones sobre los coeficientes al largo plazo para que sean en todos los países iguales.

Las ecuaciones de crecimiento han sido estimadas con un panel dinámico para 23 países pertenecientes a la Unión Europea, durante el período 1995-2008. La principal fuente de datos utilizada es la base de datos para el análisis de campo a través de los sistemas nacionales, crecimiento y desarrollo (CANA) elaborada en la Universidad Complutense de Madrid por Castellacci *et al.* (2011), complementada con información recopilada al efecto de las fuentes estadísticas del Banco Mundial y Eurostat.

El trabajo se articula de la siguiente forma: inicia con una breve introducción, seguida -en el segundo apartado- de la especificación econométrica, el método de estimación, y los datos y variables utilizadas en el trabajo empírico, en el tercer apartado se muestran y valoran

los resultados obtenidos, para finalizar -en el cuarto y último apartado- con la presentación de las conclusiones y reflexiones del estudio.

## 2 ESPECIFICACIÓN ECONOMÉTRICA Y MÉTODO DE ESTIMACIÓN

### 2.1 ESPECIFICACIÓN ECONOMÉTRICA

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{a) } \dot{k}_t &= s_k y_t - (n + g + \delta) k_t \\ \text{b) } \dot{h}_t &= s_h y_t - (n + g + \delta) h_t \\ \text{c) } A_t &= A(0)e^{\xi t} \\ \text{d) } L_t &= L(0)e^{nt} \\ \text{e) } y &= k^\alpha h^\beta \end{aligned} \quad (2)$$

donde  $y=Y/AL$ ,  $k=K/AL$ , y  $h=H/AL$  son cantidades por unidad de trabajo eficiente. Además considera los siguientes supuestos: i) los consumidores ahorran (invierten<sup>1</sup>) una fracción constante de la producción en capital físico y humano que denotamos por  $s_k$  y  $s_h$ , respetivamente; ii) el stock de capital se deprecia a una tasa constante identificada como  $\delta$ ; iii) el nivel de desarrollo tecnológico ( $A_t$ ) crece a una tasa constante denotada por  $g$ ; iv) la fuerza laboral ( $L_t$ ) crece a una tasa constante que se expresa como  $n$ ; y, v) el número eficiente de unidades de trabajo ( $A_t L_t$ ) crece a una tasa constante que denotamos por  $n+g$ .

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

Es así, que al formar un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden en  $k$  y  $h$  mediante las ecuaciones 2a) y 2b), y al descifrarlo se obtienen los valores en el estado estacionario, es decir, la economía converge hacia  $k^*$  y  $h^*$ , que definen un equilibrio estable mediante las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \text{a) } k^* &= \left[ \frac{s_K^{1-\beta} * s_H^\beta}{n + g + \delta_K} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \\ \text{b) } h^* &= \left[ \frac{s_K^\alpha * s_H^{1-\alpha}}{n + g + \delta_H} \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} \end{aligned} \quad (3)$$

Así, al reemplazar (3) en 2c) se obtiene el producto por unidad de trabajo eficiente en el estado estacionario, y tomando logaritmos y expresando en función de  $s_h$  (inversión en capital humano) y el resto de variables, se tiene:

$$\ln \left[ \frac{Y_t}{L_t} \right] = \ln A(0) + g_t - \underbrace{\frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta} \ln(n + g + \delta)}_{\text{Dependencia negativa}} + \underbrace{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \ln(s_h)}_{\text{Dependencia positiva}} \quad (4)$$

<sup>1</sup> El modelo clásico Solow y Swan (1956) en su primer supuesto básico “Economía cerrada y sin sector público” considera que la producción (Y) se iguala a la demanda de bienes que es la suma del consumo (C) y la inversión (I). Como además, la producción o renta se dedica únicamente a consumir o ahorrar (S),  $Y=C+S$ , resulta entonces que el ahorro es igual a la inversión  $S=I$ .

Esta ecuación muestra que el nivel de la productividad en el sendero de crecimiento equilibrado depende: i) negativamente de las tasas de crecimiento de la población, del progreso técnico y de la depreciación; y ii) positivamente de las tasas de inversión de capital humano, del capital físico y del stock de conocimientos científicos básicos que existe. Cabe destacar, que el término  $A(0)$  no solo representa la tecnología, sino también las dotaciones de recursos, el clima, las instituciones, etc., por lo cual podría diferir en los países. Por tanto, se asume que:  $\ln A(0) = a + \epsilon$ , donde  $a$  es una constante y  $\epsilon$  es un shock -acontecimiento que invierte o altera la tendencia de una serie de forma significativa y permanente- entre los países. Así la expresión del Producto Interno Bruto per cápita (en adelante PIBpc) en un tiempo dado -que para simplificar se considera el tiempo de inicio de un proceso como “0”-, es:

$$\ln \left[ \frac{Y_t}{L_t} \right] = a - \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n + g + \delta) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_h) + \epsilon \quad (5)$$

Una forma alternativa de expresar el papel del capital humano en la determinación del ingreso per cápita se obtiene al combinar (5) con la ecuación que establece el nivel de estado estacionario del capital humano dada en 3b), siendo:

$$\ln \left[ \frac{Y_t}{L_t} \right] = a - \frac{\alpha + \beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(n + g + \delta) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \beta} \ln(s_k) + \frac{\beta}{1 - \alpha - \beta} \ln(h^*) + \epsilon \quad (6)$$

Esta expresión, indica que la tasa de crecimiento en el sendero hacia el estado estacionario depende de: i) un índice de la productividad total de los factores (denotado por  $a$ ); ii) un efecto negativo, debido a las tasas de crecimiento de la población, del progreso técnico y de la depreciación (tasas expresadas en el término:  $(n+g+\delta)$ ); y iii) un efecto positivo, debido a las tasas de inversión de capital físico ( $s_k$ ) y nivel (stock) de capital humano ( $h^*$ ).

Como una segunda etapa, se analiza el modelo desarrollado por *Bassanini y Scarpeta (2001)*, que toma como punto de partida el modelo de MRW (1992) y al ser una ampliación del modelo Solow y Swan (1956) hace suya también la hipótesis de rendimientos constantes a escala, así como todos los supuestos de referencia, e incluso hace uso de la función de producción Cobb-Douglas. Los factores de producción son el capital (físico y humano), el trabajo, la eficiencia con la que actúan juntos, y el nivel de tecnología; su evolución en el tiempo determina el nivel de la producción per cápita en el estado estacionario, que depende

de la propensión a la acumulación de capital físico<sup>2</sup>, del stock de capital humano, de la tasa de crecimiento de la población, del nivel y la tasa de crecimiento de la tecnológica, y de la tasa de depreciación del capital.

En este contexto, el crecimiento de la producción de cada país en un período determinado según Bassanini y Scarpetta (2001, pp.21-22), haciendo abstracción de la fluctuación cíclica, puede analizarse como la combinación de tres fuerzas diferentes: i) el progreso tecnológico subyacente -que se supone es exógeno-; ii) un proceso de convergencia de la producción per cápita en el transición al estado estacionario; y, iii) las modificaciones en el estado estacionario (crecimiento o nivel del PIBpc) que pueden surgir por cambios en la política y las instituciones, así como en las tasas de inversión y los cambios en las tasas de crecimiento de la población.

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

En los primeros estudios se evidenció que sólo si los países están en sus estados estacionarios o si las desviaciones del estado estacionario son independientes e idénticamente distribuidas, las ecuaciones de crecimiento presentaban una relación simple entre sus determinantes y la transición a los nuevos estados de equilibrio. Esto implica la necesidad de diseñar una estimación que sea capaz de dar cuenta de la dinámica del PIBpc fuera del equilibrio, que incluya las variables explicativas en niveles y en primeras diferencias para controlar los componentes cíclicos, además de la variable dependiente rezagada en niveles. Por esta razón, una opción atractiva es utilizar los datos anuales en una estructura de panel de efectos fijos y modelar la dinámica de transición de manera explícita.

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

---

<sup>2</sup> Cuando se utiliza la expresión “propensión a la acumulación de capital físico” se está implícitamente refiriéndose a la acción conjunta mediante la cual una economía realiza *inversión efectiva* (fracción de la producción que se ahorra) e *inversión requerida* (volumen de inversión necesaria para mantener el stock de capital). Este tratamiento consta en estudios como los de Bassanini y Scarpetta (2001), Arnold (2008) y Romain *et al.* (2011), por mencionar algunos.

$$\Delta \ln y_{i,t} = a_{0,i} - \phi_i \ln y_{i,t-1} + a_{1,i} \ln sk_{i,t} + a_{2,i} \ln h_{i,t} - a_{3,i} \ln n_{i,t} + \sum_{j=4}^m a_{j,i} \ln V_{i,t}^j + a_{m+1,i} t + b_{1,i} \Delta \ln sk_{i,t} + b_{2,i} \Delta \ln h_{i,t} + b_{3,i} \Delta \ln n_{i,t} + \sum_{j=4}^m b_{j,i} \Delta \ln V_{i,t}^j + \epsilon_{i,t} \quad (7)$$

donde  $y$  es la producción per cápita (es decir, el PIBpc);  $\phi$  es la velocidad de ajuste;  $sk$  es la propensión a la acumulación de capital físico;  $h$  es el stock de capital humano;  $n$  es el crecimiento demográfico;  $t$  es una tendencia en el tiempo;  $\epsilon$  es el término de error habitual; y el nivel de progreso tecnológico puro "exógeno" esta denotado por  $\alpha$ . La  $V_j$  es un vector de variables influenciadas por las instituciones y las políticas públicas, que en este estudio representan las actividades innovadoras. Los  $b$ -regresores capturan la dinámica al corto plazo.

Es importante indicar aquí, mientras que en MRW (1992) se asume una tasa de progreso tecnológico común para todos los países de la muestra ( $g + \delta = 0.05$ ), en este estudio, al no ser posible obtener observaciones específicas para la tasa de tecnología y la depreciación, se considera que el coeficiente asociado a este término no tiene incidencia en los objetivos de la investigación, y por este motivo a partir del modelo (7) solo se incluye la tasa de crecimiento de la población denotada por  $n$ .

Considerando lo comentado anteriormente, la aplicación empírica de este estudio consiste en la estimación del *Modelo de Crecimiento Aumentado con Políticas* de Bassanini y Scarpeta (2001), para una muestra de 23 países de la Unión Europea<sup>3</sup> con datos anuales para el periodo 1995-2008, y se utiliza el estimador PMG por cuanto que permite estimar una relación común a largo plazo entre los países al mismo tiempo permite heterogeneidad sin restricciones en el corto plazo. Tiene como ventaja, frente a otros estimadores de paneles computacionales de corrección de errores, la ganancia en coherencia y eficacia, además de la "sencillez".

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 a largo plazo* que permite identificar directamente los parámetros que afectan la dinámica de transición al estado de equilibrio, denotada por  $a_{s,i} / \phi_i = \theta$ .

Con el procedimiento PMG se obtiene la versión restringida de la ecuación de corrección de errores (7) que permite estimar datos de series de tiempo agrupados por cada país:

<sup>3</sup> Los estados miembros de la Unión Europea a partir del 1 de enero del 2007 son veintisiete: [Alemania](#), [Austria](#), [Bélgica](#), [Bulgaria](#), [Chipre](#), [Dinamarca](#), [Eslovaquia](#), [Eslovenia](#), [España](#), [Estonia](#), [Finlandia](#), [Francia](#), [Grecia](#), [Hungria](#), [Irlanda](#), [Italia](#), [Letonia](#), [Lituania](#), [Luxemburgo](#), [Malta](#), [Países Bajos](#), [Polonia](#), [Portugal](#), [Reino Unido](#), [República Checa](#), Rumania y [Suecia](#). En nuestro estudio, debido a la falta de información específica, especialmente en I+D, no se incluyo a los países: Chipre, Eslovenia, Luxemburgo y Malta.

$$\Delta \ln y_{i,t} = -\phi_i \{ \ln y_{i,t-1} - \theta_1 \ln sk_{i,t} - \theta_2 \ln h_{i,t} + \theta_3 \ln n_{i,t} - \sum_{j=4}^m \theta_j \ln V_{i,t}^j - a_{m+1,i} t - \theta_{0,i} \} + b_{1,i} \Delta \ln sk_{i,t} + b_{2,i} \Delta \ln sh_{i,t} + b_{3,i} \Delta \ln n_{i,t} + \sum_{j=4}^m b_{j,i} \Delta \ln V_{i,t}^j + \epsilon_{i,t}$$

(8)

En esta expresión, se supone que la tasa de crecimiento del PIBpc va a depender de su nivel inicial, de la acumulación de capital físico, del stock de capital humano, del crecimiento demográfico y un conjunto de factores normativos e institucionales, que en nuestro caso representan las actividades innovadoras. Los *b-regresores* controlan los componentes cíclicos al corto plazo.

La hipótesis de homogeneidad a largo plazo de los parámetros del modelo no se puede suponer a priori, siendo necesario probarlo empíricamente en todas las especificaciones a través de la prueba de Hausman<sup>4</sup>. Por otra parte, dada la limitación de grados de libertad en las regresiones de crecimiento específicas de cada país, en este trabajo no se ha incluido la tendencia en el tiempo.

## 2.2 MÉTODO DE ESTIMACIÓN

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

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

---

<sup>4</sup> Prueba de Hausman.- Se puede 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. Se esperaría un parámetro negativo (significativo) en la estimación. Caso contrario, si la  $H_0$  *se rechaza*, entonces no habría ninguna evidencia de una relación de largo plazo, y los coeficientes obtenidos en las regresiones son el promedio simple de los coeficientes específicos de cada país.

Desde mediados de los noventa del siglo XX, la literatura sobre modelos dinámicos de datos de panel empezó a centrarse en paneles donde el número de observaciones de sección cruzada (N) y el número de series de tiempo observados (T) son grandes en ambos casos. En este contexto, uno de los hallazgos centrales de la literatura para este tipo de paneles es que la suposición de homogeneidad de los parámetros es a menudo inadecuada en modelos dinámicos, porque normalmente conducen a estimaciones sesgadas a una lenta velocidad de ajuste. Ver Loayza y Ranciere (2005, p.8).

Por este motivo considerar heterogeneidad, no solo de los parámetros de la función de producción sino además de la tasa de convergencia se convirtió en un supuesto necesario, que permitió evidenciar cambios importantes en las estimaciones una vez que se relajó el supuesto de homogeneidad en la tasa de crecimiento al estado estacionario, ver Pesaran *et al.* (1997, pp.2-3).

La literatura sobre la estimación de modelos dinámicos, inherentes a grandes paneles no estacionarios en que ambos N y T son grandes, sugiere varios métodos para su aplicación. 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, a todos los coeficientes de la pendiente se restringe a ser iguales entre los distintos grupos, es otras palabras, comparten la misma tasa de crecimiento hacia el estado estacionario, sin embargo, los coeficientes de la pendiente son de hecho no idénticos, lo que ocasiona que el enfoque de DFE genere resultados inconsistentes y potencialmente engañosos.

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, en el difieren entre los grupos las constantes, los coeficientes de la pendiente, y las varianzas de error. Según la metodología se estima regresiones separadas para cada grupo y se calcula los promedios no ponderados de los coeficientes específicos de corto y largo plazo en todos los grupos, obteniéndose estimaciones consistentes de los parámetros sin imponer restricciones de homogeneidad para ninguno de ellos. Sin embargo, cuando existe homogeneidad en las pendientes este estimador deja de ser eficiente, otra desventaja de este método, es que puede ser afectado por valores atípicos de la muestra, especialmente cuando N es pequeño, esto puede influir gravemente en los promedios de los coeficientes, lo que sesgaría los estimadores.

Posteriormente, Pesaran, Shin, y Smith (1997, 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 constantes, coeficientes al

corto plazo, y varianzas de error difieran entre los grupos (al igual que el estimador MG), pero restringe a los coeficientes al largo plazo para que sean igual en todos los grupos (al igual que el estimador DFE).

Blackburne, E. y Frank, M. (2007, pp.198-199) comenta, el estimador PMG procede de la siguiente manera: en primer lugar, la estimación de los coeficientes de la pendiente al largo plazo se lleva a cabo de manera conjunta para todos los países a través de un procedimiento (concentrado) de máxima verosimilitud desarrollado por Pesaran, Shin y Smith (1999); y en segundo lugar, la estimación de los coeficientes al corto plazo (incluyendo la velocidad de ajuste), la intersección específica de cada país, y la varianza de error para cada país, se realizan tomando el promedio simple de los coeficientes país por país, también a través de máxima verosimilitud y el uso de las estimaciones de los coeficientes de la pendiente al largo plazo previamente obtenidos.

Si los coeficientes al largo plazo son de hecho iguales entre los países, entonces las estimaciones PMG serán consistentes y eficientes, mientras que las estimaciones de MG sólo serán consistentes. Por otro lado, si los coeficientes al largo plazo no son iguales en todos los países, la ecuación fue incorrectamente especificada, entonces las estimaciones PMG serán incompatibles, mientras que el estimador MG todavía proporciona una estimación consistente de la media de los coeficientes al largo plazo entre países, tal como señala Loayza *et al.* (2005, p.9).

Considerando el objetivo de la investigación y en virtud de la muestra con la que se trabaja, parece posible asumir que los 23 países de la UE tienen características, si no comunes, por lo menos semejantes como acceso a tecnologías, intensivo comercio intrarregional, inversión extranjera directa, restricciones presupuestarias o de liquidez, por mencionar algunas, todos estos factores contribuyen con parámetros similares a la función de producción, por lo que pareciera lógico considerar la homogeneidad entre países por lo menos en el *largo plazo*. Mientras que este supuesto no resulta tan atractivo para la dinámica de *corto plazo*, ya que cada economía muestra diferente grado de flexibilidad a temas como la vulnerabilidad de los choques internos y externos, los mecanismos de ajuste monetario y fiscal, las imperfecciones de los mercados financieros, y la flexibilidad salarial.

### 2.3 VARIABLES Y DATOS DESCRIPTIVOS

La muestra ha sido ampliamente trabajada y depurada con el objetivo principal de capturar dentro de un enfoque econométrico las interacciones que existen entre los

determinantes de crecimiento que conforman la expresión (8) vista anteriormente, poniendo especial atención en las variables que definen el capital humano y las instituciones. Además, los resultados de las estimaciones permiten interpretar y medir el efecto de cada variable en el crecimiento económico de los países analizados. Estos países presentan series anuales continuas originarias o parcialmente estimadas para el total de las variables utilizadas en el estudio.

Para comprobar la estacionariedad de los determinantes del crecimiento, se realiza de forma individual la prueba de raíz unitaria para datos de panel propuesto por Choi (2001), que toma de referencia los test tipo Fisher (1932) para construir una prueba que combina los p-valores obtenidos a partir de los test aumentados de Dickey-Fuller de raíz unitaria. El resultado muestra que la hipótesis nula no se rechaza, concluyendo que las series presentan raíz unitaria. La no estacionariedad de cada variable se rechaza al nivel del 1%.

La fuente primaria de información utilizada es la base de datos CANA<sup>5</sup>, complementada con ciertas estadísticas de Eurostat y del Banco Mundial. Las ecuaciones de crecimiento se han estimado sobre una matriz de datos de panel, para una muestra de 23 países pertenecientes a la UE y con datos anuales durante el período 1995-2008.

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

- *Variable dependiente* ( $\Delta \ln Y$ ).- El crecimiento del PIB per cápita a precios constantes de la población entre los 15-64 años expresados en 2005 paridades de poder adquisitivo (en adelante PPA).
- *Variable de Convergencia* ( $\ln Y_{-1}$ ).- El PIB per cápita a precios constantes rezagado de la población entre los 15-64 años, en 2005 PPA.
- *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.

---

<sup>5</sup> CANA.- Es un conjunto de datos de panel para el análisis de campo a través de los sistemas nacionales, crecimiento y desarrollo. Fue elaborado en la Universidad Complutense de Madrid por Castellacci Fulvio y Natera José Miguel (2011). Las variables se encuentran agrupadas en seis temas: Innovación y capacidad tecnológica; Competitividad económica; Sistema educativo y capital humano; Infraestructura; Políticas y sistema institucional; y Capital social.

- *Stock de capital humano* ( $\ln h$ ).- Está representada por el número promedio de años de escolaridad de la población mayor de 14 años de edad que completó la escuela<sup>6</sup>.
- *Crecimiento de la población* ( $\Delta \ln P$ ).- Es el crecimiento de la población de 15 a 64 años.
- *Medidas de intensidad de I+D*: i) el gasto bruto total en I+D como porcentaje del PIB ( $\ln I+D^{\text{tot}}$ ); ii) el gasto en I+D del sector empresas como porcentaje del PIB ( $\ln I+D^{\text{emp}}$ ); iii) el gasto en I+D del sector enseñanza superior como porcentaje del PIB ( $\ln I+D^{\text{ensup}}$ ); y, iv) la diferencia entre el gasto bruto total y los gastos de los sectores empresas y enseñanza superior, se registra como el gasto del sector administración pública en I+D como porcentaje del PIB ( $\ln I+D^{\text{adpub}}$ ).
- *Apertura comercial* ( $\ln A_{\text{pcom}}$ ).- Es el residuo de la regresión sobre las exportaciones e importaciones de bienes y servicios como porcentaje del PIB, expresados en  $\ln$ . Esta medida fue ajustada al incluir el tamaño del país mediante el  $\ln$  del tamaño de la población. Según Arnold (2008, p.21) esta variable resultante mide la parte de la apertura del comercio que no se explica por simples diferencias de tamaño entre los países.

### 3 APLICACIÓN EMPÍRICA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN CON LAS VARIABLES BÁSICAS AÑADIENDO EL CAPITAL HUMANO

En la Tabla 1 se presenta dos 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 stock de capital humano en la segunda especificación tiene un efecto sustancial en el coeficiente del crecimiento de la población de 15-64 años (pasa de -1,88 a -2,20), mientras el coeficiente estimado al largo plazo para la acumulación de capital físico se mantiene prácticamente

---

<sup>6</sup> Permite dar cuenta de los años de escolaridad promedio que efectivamente posee una población en un territorio en el sistema educativo formal, y así poder caracterizar el capital humano de un territorio que condiciona la inserción al mercado laboral y las potencialidades de desarrollo social y económico. En la muestra se tiene que el número promedio de años cursados para culminar la educación básica por la población de 14 años y más es de 9,98 años.

constante en 0,92. Por lo tanto, se concluye que estas variables pueden explicar la mayor parte de las diferencias observadas en los niveles del PIB per cápita entre países.

Tabla 1. Regresiones añadido capital humano<sup>1</sup>  
(Estimador Promedio de Grupos Agrupado, PMG)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$	Ecuación Estándar (1)	Añadido Capital Humano (2)
Lnsk	0.929 *** 0.163	0.923 *** 0.123
LnPA	-1.882 *** 0.225	-2.206 *** 0.189
Ln <sub>h</sub>		1.094 *** 0.176
Coeficiente convergencia		
Lny <sub>-1</sub>	-0.685 *** 0.143	-0.639 *** 0.099
No. de países	23	23
No. de observaciones	299	299
Log máxima verosimilitud	194	234

1. Todas las ecuaciones incluyen la dinámica de corto plazo y las condiciones específicas 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.

Fuente: Base de datos CANA (2014)

Asimismo, se puede sugerir que un incremento del 1% en el *capital físico* (columna (2)) representaría un aumento del 0,92% en la tasa de crecimiento del PIBpc, mejorando su productividad, mientras que un incremento similar en el crecimiento demográfico daría lugar a una disminución del 2,20%.

En lo relacionado al *stock de capital humano*, un año adicional en el sentido del promedio de años de escolaridad le corresponde un aumento estimado en la tasa de crecimiento del PIBpc de 1,09%. Este dato podría implicar importantes externalidades positivas de conocimiento al orientar la senda de la estructura política, y al mismo tiempo se maximizarían los beneficios de la inversión en educación. Estos valores difieren con algunos estudios de crecimiento que no han encontrado ningún o muy limitados efectos del capital humano sobre el crecimiento (véase, por ejemplo; Easterly y Levine (2001); y Kauffman (2002), trabajos citados en Gérald (2005)).

Bassanini y Scarpetta (2001, p.26) manifiestan que “... en la medida en que la política afecta a la acumulación de capital humano (lo más importante a través de políticas de educación), y los efectos colaterales son lo suficientemente grandes como para dar a entender en general rendimientos no decrecientes durante algún intervalo, su efecto sobre el crecimiento no puede limitarse a un cambio en el nivel de salida del estado estacionario sino posiblemente conduzca a efectos más persistentes (aunque no necesariamente irreversible).”

### 3.2 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN CON LAS VARIABLES BÁSICAS AÑADIENDO EL CAPITAL HUMANO Y LA INTENSIDAD EN I+D

El análisis de los determinantes del crecimiento puede ampliarse para incluir actividades de I+D. Los indicadores de la actividad de I+D utilizados en este estudio son los gastos que se recogen en las cuentas nacionales, expresados en porcentajes del PIB, y son por lo tanto, los indicadores de la "intensidad" de la I+D dentro de cada país.

Los resultados de la Tabla 2 muestran que al añadir la variable I+D total (columna (1)), esta se presenta positiva pero no es estadísticamente significativa, mientras que la regresión que incluye las variables de los gastos de I+D por sectores (columna (2)) sugiere que la I+D del sector Administración Pública es la que impulsa la asociación positiva entre la investigación tecnológica y el crecimiento económico. Pero distinguir con detalle el papel real de la I+D pública versus la privada en una economía no es una tarea fácil, por un lado no cabe duda que en casi todos los países con un mayor nivel en términos de PIBpc las empresas tienen un mayor peso en la I+D, ejecutando entre el 60 y 80 por ciento del gasto total en I+D. Mientras que en los países más pobres son justamente las administraciones públicas y las instituciones de enseñanza superior las que tienen un papel más relevante debido a la falta de empresas innovadoras. Teniendo en cuenta esta tendencia parece contradictorio que el gasto en I+D del sector Administración Pública es significativo mientras que el gasto en I+D del sector empresas no sale significativo, más adelante se examina con mayor detalle este tema.

En las siguientes estimaciones (columnas (3) y (4)) se añade la apertura comercial y se muestra como un factor determinante del crecimiento, regulando los coeficientes que representan la intensidad del gasto en I+D, efecto que se hace más evidente cuando se incluye variables como exportaciones de alta tecnología o patentes concedidas, lo que insinúa posibles interacciones entre la I+D y el comercio internacional.

Tabla 2. Regresiones añadido la intensidad en I+D<sup>1</sup>  
(Estimador Promedio de Grupos Agrupado, PMG)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$	(1) <sup>2</sup>		(2)		(3)		(4)	
Lnsk	0.849	***	0.804	***	1.288	***	0.817	***
	0.117		0.062		0.096		0.103	
LnPA	-1.990	***	-2.730	***	-3.316	***	-2.211	***
	0.179		0.123		0.178		0.203	
Lnh	0.755	***	1.237	***	1.019	***	0.579	***
	0.200		0.069		0.170		0.209	
LnI+D <sup>tot</sup>	0.025							
	0.090							
LnI+D <sup>emp</sup>			-0.719	***	0.671	***		
			0.094		0.063			
LnI+D <sup>adpub</sup>			2.847	***	2.326	***	0.721	***
			0.223		0.326		0.219	
LnI+D <sup>ensup</sup>			-1.966	***			0.042	
			0.126				0.092	
LnApcom	0.197	**			0.650	***	0.448	***
	0.092				0.087		0.106	
Coeficiente convergencia								
Lny <sub>-1</sub>	-0.726	***	-1.027	***	-3.306	***	-0.662	***
	0.115		0.107		0.243		0.100	
No. de países	23		23		23		23	
No. de observaciones	299		299		299		299	
Log máxima verosimilitud	264		322		287		275	

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

2. Ecuación añadido I+D total, que incluye gastos realizados por los sectores: empresas, administración pública, enseñanza superior y organizaciones sin fines de lucro.

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

Fuente: Base de datos CANA (2014)

Al comparar los coeficientes de las columnas (2) y (3) se observa un leve ajuste positivo en todas las variables básicas cuando se incluye únicamente la I+D de los sectores Empresas y Administración Pública, un efecto contrario se aprecia cuando se añade exclusivamente la I+D de los sectores Administración Pública y Enseñanza Superior y se confrontan los coeficientes de las columnas (2) y (4). Esta disminución en los coeficientes de la última estimación sugiere que los centros de nivel universitario, institutos tecnológicos y otros centros post-secundarios, están financiados, en lo esencial, por la Administración Pública, evidenciando un debilitamiento en las políticas tecnológicas relacionadas con la inversión en conocimiento.

Para complementar el estudio, se realiza el mismo análisis pero esta vez dividiendo a los países que conforman la muestra, en aquellos que están por encima y por debajo del

percentil 75 (P75)<sup>7</sup>, utilizando la variable gasto total en I+D total como indicador de desarrollo innovador. El resultado de este cálculo determina que los países que realizan un gasto en I+D superior al 2% del PIB son: Alemania, Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia y Suecia, mientras que los diecisiete países restantes gastan menos del nivel señalado.

En la Tabla 3 se presentan las estimaciones para los dos grupos de países, donde se aprecia claramente que para los países que se posicionan por debajo del P75 (menos desarrollados en sentido tecnológico) el gasto en I+D del sector Administración Pública es positivo y muy significativo (columna (3)), mientras que para los países que se ubican por encima del P75 (desarrollados en sentido tecnológico) el gasto en I+D del sector Empresas es el significativo (columna (6)). Los coeficientes de las variables capital físico y stock de capital humano, en el segundo grupo de países, sugieren una mayor contribución a los incrementos de la productividad, que los del primero grupo. Además, se puede apreciar que la I+D del sector Enseñanza Superior para el primer grupo de países no es significativo y para el segundo grupo de países tiene un coeficiente negativo y significativo. Posiblemente las causas de este comportamiento se deba a que la I+D del sector Administración Pública financia buena parte de sus proyectos, y que la contribución (promedio) de esta variable en el gasto total de la I+D total es apenas del 0,36% del PIB.

En ambos casos, los coeficientes son algo menores cuando las estimaciones incluyen el indicador de apertura comercial (columnas (5) y (9)), estas posibles interacciones entre la I+D y el comercio internacional deben tomarse en cuenta para evitar sobreestimar el impacto estimado de la I+D sobre el crecimiento.

---

<sup>7</sup> Primero, se calculo el promedio de la variable gasto en I+D total realizado durante el período de observación (1995-2008) por cada país, luego se calculo el percentil 75 para identificar cómo están posicionados respecto al total de una muestra. Se escogió esta medida estadística porque consideramos que los países “ricos” son los disponen más recursos para invertir en innovación.

Tabla 3. Regresiones añadido la intensidad en I+D<sup>1</sup>  
(Estimador Promedio de Grupos Agrupado, PMG)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$	(1) <sup>2</sup>	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Paises	Todos	Menos desarrollados				Desarrollados			
Lnsk	0.804 *** 0.062	1.069 *** 0.158	1.117 *** 0.127	0.906 *** 0.147	0.966 *** 0.12	1.401 *** 0.301	0.971 *** 0.332	0.657 ** 0.327	1.370 *** 0.406
LnPA	-2.730 *** 0.123	-2.310 *** 0.194	-2.449 *** 0.171	-2.042 *** 0.222	-2.222 *** 0.176	-2.074 *** 0.740	-2.998 *** 0.965	-1.160 0.786	-2.054 *** 0.760
Lnh	1.237 *** 0.069	0.740 * 0.445	0.424 0.359	0.734 * 0.403	-0.177 0.381	2.109 *** 0.358	1.831 *** 0.431	1.338 *** 0.303	2.037 *** 0.684
LnI+D <sup>emp</sup>	-0.719 *** 0.094	-0.197 0.132				0.717 *** 0.138			0.698 *** 0.202
LnI+D <sup>adpub</sup>	2.847 *** 0.223		2.081 *** 0.441		1.681 *** 0.396		-0.107 0.521		
LnI+D <sup>ensup</sup>	-1.966 *** 0.126			-0.110 0.103				-1.328 *** 0.255	
LnApcom					0.361 *** 0.119				0.034 0.293
Coeficiente convergencia									
Lny <sub>-1</sub>	-1.027 *** 0.107	-0.423 *** 0.124	-0.382 *** 0.103	-0.478 *** 0.111	-0.315 *** 0.099	-4.342 *** 0.753	-1.919 *** 0.614	-3.270 *** 0.737	-4.288 *** 0.797
No. de paises	23	17	17	17	17	6	6	6	6
No. de observaciones	299	221	221	221	221	78	78	78	78
Log máxima verosimilitud	322	149	154	145	156	117	108	113	117

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

2. Ecuación añadido I+D total, que incluye gastos realizados por los sectores: empresas, administración pública, enseñanza superior y organizaciones sin fines de lucro.

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

Fuente: Base de datos CANA (2014)

Como conclusión se observa que para los **países desarrollados** la influencia de la I+D está liderada por la tecnología del *sector empresarial*, orientada principalmente al desarrollo de nuevos procesos innovadores, mientras que para los **países menos desarrollados** la influencia de la I+D está liderada por la investigación científica del sector Administración Pública, enfocada a proyectos que por su elevado riesgo y/o costo, o porque las externalidades existentes desincentivan la actividad privada, por ejemplo: la investigación militar, así como también, proyectos denominados de *investigación básica* (incluye áreas como energía y salud) que contribuyen a elevar los niveles tecnológicos de manera significativa en el corto plazo.

### 3.3 RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN RESTRINGIDA CON LAS VARIABLES BÁSICAS AÑADIENDO EL CAPITAL HUMANO Y LA INTENSIDAD EN I+D

A continuación, se presentan y evalúan las pruebas de robustez realizadas a la especificación adoptada en la ecuación (8), así como la solidez de los resultados obtenidos al aplicar el estimador de corrección de errores PMG:

- Se comprueba para los residuos de la ecuación al largo plazo la estacionariedad para evitar regresiones incorrectas, para lo cual, se utiliza la prueba de raíz unitaria para paneles de Im, Pesaran y Shin (2003). No se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que la serie presenta raíz unitaria. La no estacionariedad de los residuos se rechaza al nivel del 1%.
- Con el propósito de asegurar que los resultados son robustos a la exclusión de las observaciones atípicas y dinámicamente inestables (es decir, no cumplen las condiciones de homogeneidad al largo plazo), se realizan dos pruebas:
  - Determinar en qué medida los coeficientes al largo plazo y, especialmente, el promedio de los coeficientes al corto plazo son sensibles a la exclusión de países cuyos coeficientes estimados al corto plazo son considerablemente más grandes (en valor absoluto a dos desviaciones estándar de la media, Loayza *et al.* 2005, p.12) que la media de los coeficientes de la muestra.

Tabla 4. Regresiones restringida añadido la intensidad en I+D<sup>1</sup>  
(Estimador Promedio de Grupos Agrupado, PMG)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$	(1) <sup>2</sup>		(2)		(3)		(4)	
LnSk	0.878	***	0.795	***	0.867	***	0.805	***
	0.117		0.064		0.117		0.103	
LnPA	-2.055	***	-2.715	***	-2.451	***	-2.231	***
	0.172		0.125		0.210		0.203	
LnH	0.781	***	1.227	***	0.588	***	0.562	***
	0.200		0.069		0.223		0.210	
LnI+D <sup>tot</sup>	-0.003							
	0.089							
LnI+D <sup>emp</sup>			-0.733	***	0.065			
			0.096		0.060			
LnI+D <sup>adpub</sup>			2.845	***	1.399	***	0.769	***
			0.226		0.325		0.217	
LnI+D <sup>ensup</sup>			-1.980	***			0.082	
			0.130				0.091	
LnApcom	0.181	**			0.310	***	0.499	***
	0.090				0.108		0.106	
Coeficiente convergencia								
Ln $y_{-1}$	-0.652	***	-1.000	***	-0.563	***	-0.627	***
	0.112		0.105		0.109		0.098	
No. de países	22		22		22		22	
No. de observaciones	286		286		286		286	
Log máxima verosimilitud	285		349		308		307	

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

2. Ecuación añadido I+D total, que incluye gastos realizados por los sectores: empresas, administración pública, enseñanza superior y organizaciones sin fines de lucro.

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

Fuente: Base de datos CANA (2014)

- Se comprueba mediante estimaciones individuales<sup>8</sup> que ningún país tiene coeficientes al corto plazo que queden fuera del rango impuesto, a excepción de Rumanía, cuyos parámetros son varias veces mayor a los obtenidos de manera agrupada, por lo que se procedió a excluirlo de la muestra. En la Tabla 4 se presenta los resultados de la muestra restringida, estos son cualitativamente similares a las de la muestra completa. Los signos y la significación estadística de los coeficientes de largo y corto plazo se mantienen sin cambios. La única variable que se exhibe sensible es el gasto en I+D del sector Empresas

<sup>8</sup> La opción “full” del estimador *xtpmg* en Stata permite generar una regresión cuya primera ecuación (largo plazo) se presenta en forma agrupada (etiquetada por ec) y la segunda ecuación (corto plazo) presenta un listado individual por los grupos específicos, en nuestro caso por cada país.

que pasa a ser *no significativa* (en la muestra restringida) cuando se la incluye de manera individual (columna (3)) en las estimaciones, este efecto debe ser evaluado para evitar sobreestimar el impacto de la I+D sobre el crecimiento.

Tabla 5. El efecto de largo y corto plazo en la tasa de crecimiento del PIB per cápita<sup>1</sup>  
(Comparación estimadores PMG-MG-DFE)

Variable dependiente: $\Delta \ln Y$	Promedio de Grupos Agrupado (1)	Promedio de Grupos (2)	Prueba de Hausman		Efectos Fijos (5)
			Prueba-H	P-Valor	
			(3)	(4)	
Coeficientes Largo Plazo					
Lnsk	0.924 *** 0.12	0.507 1.08	1.42	<b>0.233</b>	0.342 0.32
LnPA	-2.47 *** 0.14	-6.35 * 3.82	2.33	<b>0.126</b>	-0.53 0.81
Lnh	0.32 * 0.19	-2.77 4.48	0.01	<b>0.908</b>	-1.69 * 0.94
LnI+D <sup>tot</sup>	-0.30 *** 0.07	0.73 1.52	2.07	<b>0.150</b>	0.75 *** 0.28
<b>Prueba de Hausman Agrupado:</b>			0.33	<b>0.988</b>	
Coeficiente de corrección de errores agrupado <sup>2</sup>	-0.72 *** 0.10	-0.71 *** 0.11			-1.15 *** 0.06
Coeficientes Corto Plazo					
$\Delta \text{Lnsk}$	0.05 *** 0.01	0.04 *** 0.01			0.34 0.32
$\Delta \text{LnPA}$	-1.01 *** 0.19	-1.29 *** 0.20			-0.53 0.81
$\Delta \text{Lh}$	-0.02 0.16	-0.02 0.01			-1.69 * 0.94
$\Delta \text{LnI+D}^{\text{tot}}$	0.00 0.01	0.00 ** 0.01			0.75 *** 0.28
No. de países	23	23			23
No. de observaciones	299	299			299
Log máxima verosimilitud	250				

1. Los errores estándar están en las segundas líneas.

2. 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.

Fuente: Base de datos CANA (2014)

- Se verifica para qué países las estimaciones no cumplen la condición econométrica de estabilidad dinámica (no inferior a -2). Se comprueba mediante estimaciones específicas para cada país que ninguno tiene un *coeficiente de corrección de errores agrupado* que caigan fuera del rango estable.

- Por último, el principal supuesto del enfoque PMG -la homogeneidad de coeficientes al largo plazo- se prueba mediante el *estadístico de Hausman* y sus correspondientes p-valores de los coeficientes. Los resultados de la Tabla 5, columna (5) y (6) no rechazan la homogeneidad conjunta de todos los parámetros al largo plazo, del mismo modo no rechazan la homogeneidad de los parámetros al largo plazo individuales (es decir, todos los p-valores son  $> 0.05$ ).

### 3.4 EL PAPEL DE LA CONVERGENCIA

La velocidad de convergencia varía en la literatura empírica, pues mientras la mayoría de estudios sugieren que a una economía le tomaría entre 20 y 30 años cubrir la mitad de la distancia entre los niveles iniciales y su estado de equilibrio (Mankiw *et al.*, 1992; Barro y Sala-i-Martin, 1995), otros pocos refieren que sería necesario menos de 9 años para cubrir la mitad de la distancia (Caselli *et al.*, 1996). Según Bassanini y Scarpeta (2001, p.23) identificar y diferenciar el efecto de crecimiento temporal o permanente puede parecer un tanto semántico si la velocidad de convergencia al estado estacionario es muy lenta o relativamente rápida, y por tanto, la elección entre las dos interpretaciones alternativas puede conducir a diferentes conclusiones políticas. En este estudio se interpreta que los coeficientes aumentan las tasas de crecimiento, pero sólo en forma temporal, a lo largo de la transición al nuevo estado estacionario, y pueden tener impactos permanentes -aumentando o disminuyendo- los niveles de PIB per cápita entre países.

En todas las especificaciones el parámetro estimado de convergencia es negativo y significativo, lo que sugiere que los países menos desarrollados en sentido tecnológico crecen más rápido y por lo tanto el proceso de convergencia condicional se producirá más rápidamente que en los países desarrollados. En el Tabla 1 (columna (2)) se aprecia que la especificación donde se añade el stock de capital humano, la velocidad con que los países convergen a sus respectivos estados estacionarios de PIBpc es sumamente rápida (-0,63), de manera similar, cuando se incluye en la especificación las políticas macroeconómicas, especialmente las relacionadas con la I+D y la apertura comercial, Tabla 2 (columna (1)), la tasa a la cual ocurre la convergencia es aún más rápida (-0,72). Estos resultados validan el supuesto teórico planteado

anteriormente que sugiere que un cambio de política sólo tendrá un impacto en forma temporal en el crecimiento y el potencial efecto sobre los niveles de vida se sentirá rápidamente.

#### 4 CONCLUSIONES

En este estudio se analiza la relación entre las variables básicas, el capital humano, las políticas e instituciones y el crecimiento en un conjunto de regresiones de crecimiento de panel para 23 países de la UE. El análisis se basa en datos anuales para el período 1995-2008, utilizando la especificación de corrección de errores PMG para modelar las dinámicas de largo y corto plazo de forma explícita.

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

- Los coeficientes de las variables capital físico y humano se presentan con signo positivo y significativo en todas las especificaciones en este estudio, lo que sugiere que son factores clave detrás del proceso de crecimiento en el 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, aunque no estén reflejados directamente en los gastos en I+D.
- Las políticas e instituciones, específicamente los gastos en I+D, contribuyen positivamente al crecimiento, pero de manera selectiva según el sector y nivel de desarrollo tecnológico de cada país. Por esto, se realizó estimaciones según el tipo de país, donde se aprecia que para los países menos desarrollados la I+D pública resulta muy importante, mientras que en los países desarrollados la I+D empresarial es la que promueve el crecimiento. Esto lleva a la conclusión que en los países menos desarrollados en sentido tecnológico es fundamental incentivar la I+D empresarial, lo que permitirá -entre otras cosas- modernizar el sistema productivo, que se muestra limitado debido a la falta de cultura innovadora de las empresas. En el caso del gasto en I+D del sector enseñanza superior parece tener efectos menos significativos en el crecimiento económico para ambos grupos de países.

- 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 PIBpc puede ser en gran parte el resultado de las diferencias en los niveles de estado estacionario en lugar de distintas posiciones de los países a lo largo de sendas de transición hacia los nuevos estados de equilibrio, este resultado es similar al obtenido por Bassanini y Scarpeta (2001).

Dos advertencias se aplican al extraer conclusiones de políticas científicas y tecnológicas a partir del análisis en este estudio: En primer lugar, identificar entre países “desarrollados y menos desarrollados” en sentido tecnológico es de crucial importancia a la hora de desarrollar políticas tecnológicas, que debieran tener un tratamiento claramente diferenciado. En segundo lugar, como comenta Arnold (2008), cualquier visión empírica generada a partir de datos macroeconómicos entre países sólo revela una imagen que es cierta en promedio. Bajo circunstancias específicas, puede haber razones para esperar desviaciones en los patrones generales presentados aquí, y asumir diferentes efectos en casos específicos de países. Una mirada más cercana a la situación específica de un país determinado, es por lo tanto, necesaria antes de hacer recomendaciones de política sobre la base del análisis empírico presentado en este estudio. Dicho todo esto, la mayoría de países que invierten recursos en actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico es muy probable que mejoren sus perspectivas de crecimiento económico, siendo esta una condición previa para mejorar el nivel de vida material.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a los evaluadores anónimos por sus comentarios y sugerencias, a los profesores de la Universidad de Alcalá, Diego Azqueta y Eva Serna, y al Instituto de Análisis Industrial y Financiero de la Universidad Complutense de Madrid por su apoyo, facilidad de acceso a los datos y revisión de versiones previas.

*Artigo recebido em 30/11/2014 e aceito para publicação em 25/02/2015.*

# **THE CONTRIBUTION OF HUMAN CAPITAL AND R & D ON ECONOMIC GROWTH: AN ANALYSIS OF DYNAMIC PANEL DATA**

## **ABSTRACT**

*The study starts as an economic growth models of Mankiw, Romer and Weil (1992) and Bassanini and Scarpeta (2001). It analyzes long-term links between the growing determinants which are considered basic and institutional factors represented by the activities of Research and Development (R&D). The empirical analysis uses panel data and econometric technique Pooled Mean Group (PMG) in an example of 23 countries within the European Union during the period 1995-2008. The results corroborate what is known as a growth theory, ie, the accumulation of physical and human capital are the main drivers of economic growth, while the R&D contributes to a positive growth but greatly selective according to the zone and level of technological development of each country.*

**KEYWORDS:** *Growth, Research and Development, Pooled Mean Group.*

# **A CONTRIBUIÇÃO DO CAPITAL HUMANO E P&D NO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE DE DADOS DE PAINEL DINÂMICO**

## **RESUMO**

*Este estudo faz parte dos modelos de crescimento econômico de Mankiw, Romer e Weil (1992) e Bassanini e Scarpeta (2001) e se analisa os vínculos de longo prazo entre os determinantes do crescimento considerados como básicos e os fatores institucionais, representados pelas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Para a análise empírica se utiliza dados de painel e a técnica econométrica Pooled Mean Group (PMG) em uma amostra de 23 países da União Europeia durante o período 1995-2008. Os resultados confirmam que se conhece na teoria do crescimento econômico, ou seja, a acumulação de capital físico e humano são principais motores do crescimento, enquanto que as atividades de P&D contribuem positivamente para o crescimento, mas de maneira seletiva segundo o setor e nível de desenvolvimento tecnológico de cada país.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Crescimento. Pesquisa e Desenvolvimento. Pooled Mean Group.*

## REFERENCIAS

- ARNOLD, Jens. **Do Tax Structures Affect Aggregate Economic Growth? Empirical evidence from a panel of OECD countries**, OCDE Economics Department Working Papers, No. 643, OCDE Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/236001777843>, 2008.
- BARRO, Robert. **El crecimiento económico en una muestra de países**, Documentos de Trabajo del NBER 3120, National Bureau of Economic Research, Inc, 1991.
- BARRO, Robert; SALA-i-MARTIN, Xavier. **Economic Growth**, McGrawHill, 1995.
- BASSANINI, Andrea; SCARPETTA, Stefano. **The driving forces of economic growth: panel data evidence for the OCDE countries**, OCDE Economic Studies No. 33, 2001/II, 2001.
- CHOI, In. **Unit root tests for panel data**, Journal of International Money and Finance, 20, pp. 249-272, 2001.
- BLACKBURNE, Edward; FRANK, Mark. **Estimation of nonstationary heterogeneous panels**, The Stata Journal, Number 2, pp. 197-208, 2007.
- CASELLI *et al.* **Reopening the convergence debate: a new look at cross-country growth empirics**. Journal of Economic Growth, 1996.
- CHARLES, Jones. **Introducción al Crecimiento Económico**, Pearson Educación, México, pp. 18-87, 2000.
- GERALD, André. **El Modelo de Mankiw, Romer y Weil (1992) en el programa de investigación neoclásico**, Revista de la Facultad de Economía, BUAP, Año X, Número 30, 2005.
- IM, Kyung; PESARAN, Hashem; SHIN, Yongcheol. **Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels**. Journal of Econometrics 115: 53-74, 2003.
- JUNGMITTAGE, Andre. **Innovations, Technological Specialisation and Economic Growth in the EU**, Economic and Financial Affairs, Publications No. 199, 2003.
- LOAYZA, Norman; RANCIERE, Romain. **Financial Development, Financial Fragility, and Growth**, IMF Working Paper, 2005.
- MANKIW, N. Gregory; ROMER, David; WEIL, David. **A Contribution to the empirics of Economic Growth**, the Quarterly Journal of Economics, Vol. 107, No. 2, 1992.
- MONTERO, Roberto. **Test de Hausman**, Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España, 2005.
- PESARAN, M. Hashem; SMITH, Ron. **Estimating Log-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels**. Journal of Econometrics 68: 79-113, 1995.

PESARAN, M. Hashem; SHIN, Yongcheol; SMITH, Ron. **Estimating Long-Run Relationships in Dynamic Heterogeneous Panels**. DAE Working Papers Amalgamated Series 9721, 1997.

PESARAN, M. Hashem; SHIN, Yongcheol; SMITH, Ron. **Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels**. Journal of the American Statistical Association 94: 621-634, 1997.

ROMAIN *et al.* **The Policy and Institutional Drivers of Economic Growth: new evidence form growth regressions**, Economics Department Working, papers No. 843, 2011.

SALA-i-MARTIN, Xavier. **Apuntes sobre el Crecimiento Económico**, Antonio Bosch, 1994.

SOLOW, Robert. **A Contribution to the Theory of Economic Growth**, Quaterly Journal of Economics Vol. 70, No. 1, pp. 65-94, 1956.