

El papel del sector público en la generación de innovación en la UE (2003-2010)

Manuel Agüeros

Avda. de los Castros, s/n; C.P.: 39005. Universidad de Cantabria

Santander- Cantabria (España). E-mail: aguerosm@unican.es

Pedro Casares

Avda. de los Castros, s/n; C.P.: 39005. Universidad de Cantabria

Santander- Cantabria (España). E-mail: casaresp@unican.es

Pablo Coto- Millán

Avda. de los Castros, s/n; C.P.: 39005. Universidad de Cantabria

Santander- Cantabria (España). E-mail: cotop@unican.es

RESUMEN

La innovación en Europa tiene numerosos componentes o determinantes. En este trabajo, se han detectado tres de sus determinantes, como son la plataforma tecnológica, el capital humano y los factores colaborativos entre empresas, que denominamos capital relacional. Además, hemos identificado el grado de eficiencia de cada país en la producción de innovación en la Europa Comunitaria utilizando fronteras de producción estocásticas. Los resultados muestran que el determinante más influyente sobre la innovación europea es el capital tecnológico, compuesto por gastos en I+D de origen tanto público como privado, seguido del capital humano –que también está formado por recursos mixtos- y en tercer lugar, el capital relacional, cuya variable solamente considera PYMES de capital privado. En todos ellos, el sector público juega, directa o indirectamente, un papel relevante en su desarrollo. Además, Suecia, Finlandia y Alemania los países generadores de innovación más eficientes, mientras que Bulgaria, Lituania y Rumanía presentan los peores resultados.

PALABRAS CLAVE: Unión Europea, capital tecnológico, capital humano, capital relacional, eficiencia técnica, fronteras estocásticas, translog.

1. Introducción

En el proceso innovador desarrollado dentro de los países de la actual Unión Europea, vamos a considerar la posibilidad de que la eficiencia técnica de tales actividades de innovación sea distinta dentro del conjunto de países que vamos a considerar. Con ello, se logra una modelización de la producción de innovación lo suficientemente sólida como para valorar qué países son punteros en la utilización de los inputs para generar innovación, y cuáles de aquéllos tendrían que considerar la posibilidad de modificar su estrategia innovadora, básicamente definida por la combinación de los inputs que, conjuntamente, generan innovación, como son el capital tecnológico, el capital humano y los factores colaborativos entre empresas e instituciones que –suponemos, *a priori*– facilitan la producción de innovación en cada uno de los países, a lo que denominaremos capital relacional. Para ello, partiremos de un panel de datos obtenido a partir del *European Innovation Scoreboard*, informe publicado anualmente por la Comisión Europea desde 2003 inclusive, para el conjunto de los 27 países de la Unión Europea.

En general, existen diferentes puntos de vista que intentan abordar la cuestión de la eficiencia; sin embargo, tal es su complejidad que dicho concepto ha sido desagregado por la teoría económica en dos componentes, cuya multiplicación ortogonal da lugar a la *eficiencia económica*. El primero de ellos, denominado *eficiencia asignativa*, trata de averiguar en qué medida se contratan inputs de modo más o menos eficiente. Esto es se paga por los mismos precios competitivos. Por su parte, el segundo componente de la eficiencia económica se denomina *eficiencia técnica*, que se define como la maximización del output, considerando unas cantidades de inputs determinadas, y una tecnología o forma determinada de combinar tales inputs.

En nuestro caso, nos centraremos en cuantificar el grado de eficiencia técnica existente en cada país, en comparación, con el resto, para así elaborar un ranking, y mostrar qué países son los que maximizan la eficiencia técnica en innovación que generan, considerando los inputs que poseen.

También consideraremos el papel del sector público como un ente que fomenta las actividades de innovación, por el hecho de influir significativamente en el capital tecnológico a través del gasto público en I+D, así como su presencia en la educación

universitaria oficial, que contribuye a consolidar una fuente de generación de innovación como es el capital humano.

La estructura de éste artículo será la siguiente. En el siguiente apartado se presentará una breve revisión de literatura. En el tercer apartado se abordará el marco teórico, para ello, nos apoyaremos en la estimación de las funciones de producción translog, y dentro de ellas, se modelizará la eficiencia técnica a través de la frontera de producción estocástica, que será planteada en el apartado tercero. En el apartado cuarto, se presentan los datos y las variables empleadas en el modelo; posteriormente, valoraremos los resultados econométricos obtenidos, y en último lugar, destacaremos una serie de conclusiones.

2. Revisión de literatura

La cuestión de la eficiencia técnica ha sido planteada en las últimas décadas por numerosos autores, adquiriendo especial relevancia al aplicarse a la estimación de funciones de producción agregada; de este modo, la mayoría de los trabajos en este campo se han enfocado hacia el estudio de la eficiencia técnica en la generación de valor añadido y de la productividad total de los factores.

En primer lugar, Afriat (1972) analizó los principales estudios previos que se habían publicado, relativos al análisis de la eficiencia técnica de las funciones de producción de valor añadido, y expone –a modo de crítica- que las técnicas econométricas de estimación que se empleaban eran notablemente sencillas y predecibles, en la mayoría de los casos, aferradas al modelo clásico de regresión. De esta manera, realizó una extensión de dicho modelo teórico, introduciendo en la función de producción la posibilidad de que existiese ineficiencia en el proceso productivo, incluyendo un término de error que contenía dos componentes: uno fijo y otro que podía oscilar; dicho término adoptaba una forma exponencial, y supuso que su densidad se distribuía en base a la conocida función de densidad gamma. En el mismo trabajo, propuso el método de estimación econométrica de la máxima verosimilitud.

Posteriormente, Aigner, D., Lovell, C.A. y Schmidt, P. (1977) también realizaron aportaciones interesantes en el campo de la estimación empírica de la eficiencia técnica recogida en las distintas formas funcionales que pueden tomar las funciones de

producción. Al igual que Afriat (1972), sitúan la referencia inicial de la consideración de la eficiencia técnica, en el contexto del análisis económico aplicado, en el trabajo de Farrel (1957). Sin embargo, lo novedoso de estos autores radica en presentar una estimación de una función de producción estocástica, cuando los trabajos anteriores habían centrado el análisis alrededor de una frontera de producción determinística, aunque éste último método se ha seguido empleando. Dentro de la contrastación empírica, emplean numerosos modelos de frontera de producción, y demuestran que las estimaciones de la frontera de producción estocástica no difieren sustancialmente de las conocidas hasta ese momento, aunque los valores de máxima verosimilitud apuntan hacia una mejor aproximación de la eficiencia técnica respecto de la metodología determinística.

Por su parte, Meeusen, W. y Van Den Broeck, J. (1977) analizaron la eficiencia técnica en el sector manufacturero francés de 1962, y elaboraron un ranking de la eficiencia técnica existente en todos los sectores productivos de aquel momento, analizando dicho concepto considerando la mayor parte de las metodologías de estimación de la eficiencia técnica propuestas hasta el momento; como principal resultado obtuvieron que los sectores productivos más eficientes eran las industrias del calzado, el azúcar y las bebidas; en el grupo de industrias que encabezaban la ineficiencia se situaron las industrias del vidrio y los productos lácteos.

Una gran aportación a la especificación de la ineficiencia técnica se efectuó por Schmidt, P. y Sickles, R. C. (1984), quienes estudiaron la ineficiencia considerando una función de producción dentro del sector aéreo estadounidense, empleando la metodología de los datos de panel, para un período que abarcaba desde 1970 hasta 1978, siendo las diferentes líneas aéreas los elementos observados trimestralmente durante esos ocho años. Además, plantearon una especificación novedosa del intercepto común, dentro de la estimación de las fronteras de las funciones de producción estocásticas, que consistía en asignar una variable dicotómica para cada una de las líneas aéreas, recogiendo de este modo el efecto individual que tenía cada una de ellas sobre la eficiencia del sector en su conjunto, y por otra parte, incluyeron el componente aleatorio de la perturbación, variable para cada empresa y en cada momento del tiempo. Del mismo modo, Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1992 y 1995) continuaron analizando la eficiencia técnica en la función de producción para las empresas agrícolas de La India, y también consideraron la frontera de producción estocástica, y comprobaron que las

empresas consideradas apenas variaban la eficiencia a lo largo del tiempo, por lo que el componente asociado a cada empresa en particular era irrelevante estadísticamente; esto es, que los cambios en la tecnología que se fueron produciendo a lo largo del período de estudio no redundaron en un incremento de la eficiencia técnica.

Por otro lado, Coto-Millán, P., Baños-Pino, J. y Rodríguez- Álvarez, A. (1999 y 2000) realizaron diversas estimaciones de eficiencia asignativa y económica respectivamente, dentro de las industrias del transporte portuario y aeroportuario en España comprobando que los métodos paramétricos determinísticos y estocásticos difieren significativamente en los resultados de eficiencia.

Más recientemente, Pires, J. O. y García, F. (2004) comprobaron, con un panel de 35 países desarrollados en el período 1970-2000, que la mayor parte del progreso técnico observado queda explicado por el buen comportamiento de la eficiencia técnica, a pesar de que la eficiencia asignativa sufrió un empeoramiento moderado, aunque también concluyen que una parte del progreso tecnológico no queda del todo explicado por la eficiencia, ni siquiera al incorporar los gastos tecnológicos en innovación.

Por su parte, Álvarez, A. et al. (2007) centran su análisis sobre la evolución de la eficiencia económica del sector lácteo en la provincia de Asturias, estimando la correspondiente función de costes, y demuestran que la producción extensiva es menos costosa que la intensiva en términos de los inputs empleados, aunque también resulta más ineficiente la producción extensiva en términos de la eficiencia técnica.

También pretendemos incorporar en nuestro análisis aspectos como la capacidad innovadora y los valores humanos. En esta línea la teoría institucional propuesta por Olson (1982) y North (1990) concibe el término instituciones en un sentido amplio. Incorporan tanto relaciones informales (valores culturales, principios éticos o principios ideológicos) como relaciones formales, tales como la forma de gobierno, el Estado de derecho, el sistema judicial y las libertades económicas y civiles. Los estudios empíricos muestran que la incorporación de dichos factores institucionales mejoran sustancialmente la capacidad explicativa de los modelos, y señalan a las instituciones como un elemento clave del crecimiento económico y de otras variables indicativas del grado de desarrollo de los países (Aron, 2000; Platteau, 2000; Williamson, 2000; Olson, Sarna and Swamy, 2000; Justesen, 2008; Fabro and Aixalá, 2009).

Por último, Andrés, J. y Hueth, D. (2010) han realizado uno de los trabajos más recientes que versan sobre eficiencia técnica, estimando fronteras estocásticas de producción de café en Colombia, quienes seccionaron el sector por el lado de la oferta, y observaron que las explotaciones cafeteras más eficientes eran las mayores en tamaño (con niveles de producción eficiente de café entorno al 90%), mientras que las pequeñas y medianas apenas llegaban al 70% de eficiencia técnica.

3. Marco teórico del análisis de la eficiencia técnica en la innovación

A continuación, vamos a desarrollar el proceso analítico descrito en la introducción, especificando las ecuaciones necesarias que dan lugar al marco de análisis que se pretende desarrollar.

La primera consideración a tener en cuenta es que, el análisis de eficiencia lo podemos enfocar desde dos perspectivas: la primera de ellas consiste en utilizar herramientas de estimación no paramétricas, como el análisis envolvente de datos (DEA), técnicas semiparamétricas y paramétricas, siendo éstas últimas las más comunes dentro de los estudios que incorporan en sus modelos algún tipo de frontera de producción, bien de tipo estocástico o bien determinístico.

De este modo, se modelizará la frontera de producción de innovación inspirada en la función de producción translog, obteniendo resultados econométricos de la ineficiencia técnica en la innovación de los países europeos.

En primer lugar, Wold (1938) desarrolló el teorema del que parten todos los fundamentos econométricos de este modelo en el ámbito de las series temporales; estableció que toda variable a explicar siempre se podría dividir en dos procesos, uno determinístico, que no varía con el paso del tiempo, y otro estocástico, que nace fruto de la imperfección de la regresión planteada, y tenderá a reducirse cuanto mejor explicada quede la variable dependiente (la innovación, en nuestro caso). Posteriormente, los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meussen y Van Den Broeck (1977) consideran que el proceso de producción está sujeto a dos tipos de perturbaciones aleatorias distintas: un vector de interceptos invariante a lo largo del tiempo, para cada una de las unidades de sección cruzada (países, en nuestro caso), y un componente aleatorio, que varía en función de cada país y en cada período de tiempo.

El primer vector recoge los efectos aleatorios que pueden registrarse en la producción y no están bajo el control de la unidad de decisión, pero que son inherentes al país, mientras que el segundo de ellos incluye factores puramente estocásticos y que no son observables dentro de nuestro modelo.

Para desarrollar el proceso de estimación econométrica de la frontera de producción estocástica, partiremos de la ecuación (1):

$$y_{it} = f(x_{it}, \beta) e^{-v_{it}} \quad (1)$$

Donde:

$e^{-v_{it}}$ representa la totalidad de la perturbación aleatoria, y que se descompone, a su vez, en la expresión (2):

$$e^{-v_{it}} = e^{-(\psi_{it} + \lambda_i \sum_{i=1}^{25} D_i)} \quad (2)$$

Al mismo tiempo, supondremos que ψ_{it} es una perturbación aleatoria que cumple las hipótesis de un ruido blanco descritas por el teorema de Gauss-Markov.

Por último, hay que tener en cuenta que la frontera de producción estocástica va a ser planteada en base a la forma funcional translog aproximada. Por ello, la forma ecuacional a estimar resulta ser, en este caso, la ecuación (3).

$$\begin{aligned} \text{Ln}l_{it} = & \alpha_0 + \beta_1(\text{Ln}K_{it} - \text{Ln}\bar{K}_1) + \beta_2(\text{Ln}H_{it} - \text{Ln}\bar{H}_1) + \beta_3(\text{Ln}R_{it} - \text{Ln}\bar{R}_1) + \\ & \frac{1}{2}\gamma_1(\text{Ln}K_{it} - \text{Ln}\bar{K}_1)^2 + \frac{1}{2}\gamma_2(\text{Ln}H_{it} - \text{Ln}\bar{H}_1)^2 + \frac{1}{2}\gamma_3(\text{Ln}R_{it} - \text{Ln}\bar{R}_1)^2 + \gamma_{11}(\text{Ln}K_{it} - \\ & \text{Ln}\bar{K}_1)(\text{Ln}H_{it} - \text{Ln}\bar{H}_1) + \gamma_{12}(\text{Ln}K_{it} - \text{Ln}\bar{K}_1)(\text{Ln}R_{it} - \text{Ln}\bar{R}_1) + \gamma_{13}(\text{Ln}R_{it} - \\ & \text{Ln}\bar{R}_1)(\text{Ln}H_{it} - \text{Ln}\bar{H}_1) - \psi_{it} - \lambda_i \sum_{i=1}^{25} D_i \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

“K” representa el índice de capital tecnológico, “H” denota el índice de capital humano y “R” hace referencia a la variable input denominada capital o factor relacional; por ello, presuponemos que la innovación se produce a partir de los inputs mencionados. Teniendo presente la ecuación (6), el proceso de estimación se ejecutará con los logaritmos de las variables explicativas en desviaciones respecto de la media aritmética de éstas, para obtener directamente las elasticidades de los inputs a cada output.

Además, la ecuación (3) se estimará con una perturbación distribuida en dos componentes. Un primer componente será, ψ_{it} , que representa la desviación aleatoria del modelo y –suponemos- se ajusta a las hipótesis de un ruido blanco. Un segundo componente será, $\lambda_i \sum_{i=1}^{25} D_i$, que representará la parte de ineficiencia técnica del modelo y se estima incluyendo veinticinco variables ficticias, agrupadas en el sumatorio $\sum_{i=1}^{25} D_i$ de la ecuación (3); donde D_i tomará el valor 1 cuando, en toda la largura del panel, nos refiramos al país “i”, y será 0 en el resto de casos; estas variables dummy nos informarán sobre la influencia que posee cada país sobre la eficiencia técnica en el proceso de producción de innovación.

Así, la ecuación (4) define el indicador de eficiencia técnica para el país “i”.

$$ET_i = e^{-(\psi_{it} + \lambda_i \sum_{i=1}^{25} D_i)} = \frac{1}{e^{\psi_{it} + \lambda_i \sum_{i=1}^{25} D_i}} \quad (4)$$

Por la propia composición metodológica del indicador, se deduce que la eficiencia técnica oscilará entre cero (inexistencia de eficiencia o máxima ineficiencia) y la unidad (la máxima eficiencia en la producción de innovación). Mientras las estimaciones de los parámetros residuales que recogen el efecto individual de cada país sean significativamente diferentes de cero, la eficiencia técnica aumentará, en la medida en que la estimación λ_i tienda a aumentar, y viceversa.

4. Variables y datos utilizados

Con el objetivo de realizar un seguimiento de la innovación en Europa desde el año 2001, la Comisión Europea se propuso publicar anualmente un informe (*European Innovation Scoreboard*) con indicadores sobre la innovación, sus determinantes y sus efectos económicos. Así, este organismo emite informes anuales con treinta indicadores por cada país miembro, por lo que la disponibilidad de datos abarca desde el año 2003 hasta 2010. En estos informes de la Unión Europea se realiza una comparación entre los diferentes países comunitarios, para tener una información básica sobre los niveles de innovación, creatividad y progreso tecnológico existentes en cada uno de los países. Utilizando los indicadores de estos informes realizaremos un análisis aplicado de los determinantes de la innovación en la Unión Europea actual (con 27 países), cuantificando la eficiencia de la innovación registrada en cada país.

También hay que añadir que carecemos de gran parte de los datos relativos a Malta para el conjunto de indicadores y años que conforman el panel utilizado, por lo que dicho país se ha excluido del análisis empírico; por lo tanto, este artículo pasa a incorporar datos de los 26 países restantes de la Unión Europea.

En el Cuadro 1, se desglosan metodológicamente cada una de las variables que se van a emplear en esta investigación.

Cuadro 1. Estructura de los indicadores utilizados

Indicador	Definición	Fuente (año)
Innovación	Número de patentes por cada millón de habitantes que registra anualmente la Oficina Europea de Patentes (EPO)	Comisión Europea (2003 a 2010)
Capital tecnológico	Media aritmética de los porcentajes de gasto en I+D de origen público y privado en relación al PIB de cada país.	Comisión Europea (2003 a 2010)
Capital humano	Media aritmética entre el porcentaje de graduados sobre la población activa y el tanto por mil de ocupados que reciben formación continua en su puesto de trabajo.	Comisión Europea (2003 a 2010)
Capital relacional	Media aritmética entre el porcentaje de PYMES que desarrollan innovación con sus propios recursos y el porcentaje de PYMES que innovan en colaboración con otras empresas	Comisión Europea (2003 a 2010)

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Estadísticos principales de las variables empleadas en el análisis empírico.

	Output	Inputs		
	Innovación	C. Tecnológico	C. Humano	C. Relacional
Media	93,73	0,73	3,22	10,82
Mediana	32,80	0,63	16,10	19,85
Máximo	366,60	2,14	32,35	34,20
Mínimo	0,70	0,14	3,25	5,85
Desv. Típica	103,96	0,47	6,80	6,92
C. Pearson	1,11	0,02	2,11	0,64

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 2, podemos apreciar la gran variabilidad relativa que existe dentro de la innovación –medida a través del coeficiente de Pearson-, y dicha variación se ve superada únicamente por el índice de capital humano. En segundo lugar, cabe destacar que el valor medio del índice de capital tecnológico no llega al 1%, que era una de las metas marcadas por la Comisión Europea para el año 2010 cuando se comenzaron a construir estos informes. Del capital relacional hay que resaltar que presenta una dispersión moderada, junto con un valor medio más cercano al mínimo que al máximo valor de este indicador, lo que apunta a que las actividades colaborativas interempresariales son, en la mayor parte de la Unión Europea, escasas.

5. Resultados: análisis empírico de la eficiencia técnica de la innovación europea

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la estimación del planteamiento teórico del análisis de la eficiencia técnica en los procesos de generación de innovación que se han planteado anteriormente.

Como ya anticipamos en el apartado 3, vamos a realizar un estudio empírico, estimando una función de producción translog, desde el enfoque de la eficiencia técnica con fronteras de producción estocásticas. Este modelo presenta una desventaja metodológica, ya que no admite variabilidad temporal de la eficiencia técnica de cada país, pues se centra en captar el impacto de cada Estado miembro sobre la innovación en el conjunto del período que abarca el panel.

El Cuadro 3 refleja las estimaciones obtenidas de la función de producción de innovación translog.

Cuadro 3. Resultados econométricos de la estimación de la frontera determinística translog de la producción de innovación en la UE.

Estimaciones	Coef.	t-ratio	
Constante	3,128	20,231	***
K	2,173	22,594	***
H	0,458	2,733	***
R	0,366	2,30	**

K²	0,429	2,987	***
H²	0,0937	0,359	
R²	0,767	2,639	***
K*H	-1,006	-2,60	**
K*R	-0,777	-3,038	***
H*R	-0,226	-0,652	
Tendencia	0,275	4,134	***
Tendencia²	-0,034	-4,488	***
Estadísticos	N= 208		
F	338,46	Valor p = 0	***
R² corregido	0,945		
Akaike	911,83		
Schwarz	951,88		
Hannan-Quinn	928,02		

Fuente: Elaboración propia. Los símbolos (*), (**) y (***) hacen referencia a la significatividad de las variables al 10%, 5% y 1%, respectivamente.

En primer lugar, del Cuadro 3 cabe destacar las elasticidades de primer orden de los inputs al output relativamente elevadas que se han obtenido; por este orden, el capital tecnológico es el factor que mayor influencia ejerce sobre la innovación, superando la unidad (2,17); continuando el análisis por magnitud de la elasticidad de primer orden, observamos que el capital humano se sitúa en segundo lugar, con una elasticidad (0,46) sensiblemente inferior a la que se obtiene del capital tecnológico; en tercer lugar se sitúa el capital relacional, que tiene menor impacto sobre la innovación (0,37), aunque resulta ser un factor significativo a la hora de explicar el comportamiento de la innovación.

También procede analizar las estimaciones de los regresores al cuadrado, cuyo signo nos informará sobre el tipo de rendimiento marginal que se obtiene al incrementar las unidades de cada input. En el caso del capital tecnológico, resulta ser significativamente positivo, por lo que el incremento del gasto público y privado en I+D dará lugar a incrementos de la innovación en una proporción mayor, algo que coincide con la elasticidad superior a la unidad. Lo mismo ocurre con el capital relacional, cuya estimación cuadrática es positiva y estadísticamente relevante; ello implica que unidades adicionales de inputs colaborativos entre empresas e instituciones aportan al

output más de lo que cuesta adquirirlos en el mercado (a partir de cierto nivel de capital relacional), por lo que se recomienda fomentar la utilización de dicho input.

En relación con la tendencia, podemos afirmar que influye positivamente sobre la innovación, pero hay que añadir que el cuadrado de la tendencia es significativamente menor que cero, luego se intuye que el incremento de la innovación con el paso del tiempo posee un punto máximo, a partir del cual, la tendencia temporal influirá negativamente sobre la producción de innovación.

En el Cuadro 4 se presentan las estimaciones de los coeficientes asociados a las variables dummies correspondientes a la función de producción de innovación translog, de acuerdo a la formulación de la expresión (6), aplicando la metodología de White (1980) de corrección de heterocedasticidad.

Cuadro 4. Contribución individual de cada país a la producción de innovación.

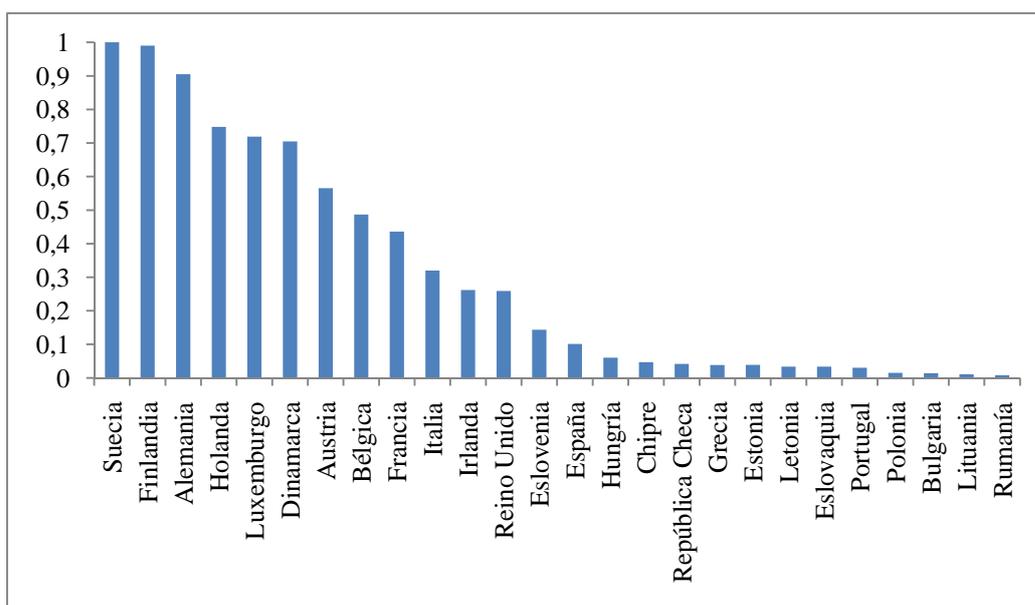
País	Estimación		País	Estimación	
Bélgica	0,231	*	Lituania	-3,554	***
Bulgaria	-3,456	***	Luxemburgo	0,57	***
República Checa	-2,313	***	Hungría	-1,941	***
Dinamarca	0,705	***	Holanda	0,687	***
Alemania	0,865	***	Austria	0,372	***
Estonia	-2,351	***	Polonia	-3,367	***
Irlanda	-0,381	***	Portugal	-2,74	***
España	-1,392	***	Rumanía	-4,147	***
Francia	0,106		Eslovenia	-1,06	***
Italia	-0,312	**	Eslovaquia	-2,615	***
Chipre	-2,146	***	Finlandia	1,048	***
Letonia	-2,587	***	Suecia	1,006	***
Grecia	-2,46	***	Reino Unido	0,20	**

Fuente: Elaboración propia. Los símbolos (*), (**) y (***) hacen referencia a la significatividad de las variables al 10%, 5% y 1% respectivamente.

En el Cuadro 4 podemos apreciar que el efecto individual de cada país en relación con la innovación es muy diferente por países, por lo que se puede afirmar que el impacto individual de cada país sobre la innovación europea es un determinante relevante a la hora de medir la eficiencia técnica de la innovación europea.

La Figura 2 ilustra el ranking de eficiencia técnica en la innovación europea, estimada a través de la frontera estocástica planteada en la ecuación (3).

Figura 1. Eficiencia técnica europea: la frontera de producción estocástica.



Fuente: Elaboración propia.

Observando la Figura 1, podemos afirmar que el indicador de eficiencia técnica de la innovación lo encabezan Suecia, Finlandia, Alemania, Holanda, Luxemburgo y Dinamarca, superando todos ellos el 70% de eficiencia técnica. En la zona media se sitúan el Reino Unido, Eslovenia, España y Hungría, y cierran la clasificación Polonia, Bulgaria, Lituania y Rumanía, por este orden.

Por ello, los países nórdicos tienen un patrón generador de innovación que debe servir como referencia para el resto de países, pues la mayoría de Estados europeos se encuentran por debajo del 50% de eficiencia innovadora. De la UE-15, cabe destacar los malos resultados de Irlanda, Reino Unido, España, Grecia y Portugal, todos ellos situados por debajo del 30% de aprovechamiento eficiente de la innovación generada durante el período 2003-2010.

6. Conclusiones

De la investigación realizada, concluimos que es importante analizar la composición y los determinantes de la innovación como el grado de eficiencia técnica a la hora de generar dicha innovación.

En lo que respecta a los resultados, hemos comprobado que las funciones de producción arrojan unas elasticidades de primer orden significativas, teniendo mayor importancia el capital tecnológico en dicha función, seguido del capital humano (que ocupa el segundo lugar) y el factor que menos influye sobre la producción de innovación resulta ser el capital relacional, aunque en los tres casos, influyen de forma significativa.

Además, sumando las estimaciones de los parámetros de primer orden de los inputs con respecto al output, se deduce que existen economías de escala en la producción de innovación, y existen economías de escala en la incorporación de capital tecnológico a la innovación europea, ya que dicho input presenta una elasticidad mayor que la unidad.

En relación con la eficiencia técnica de la innovación por países, hay que destacar que Suecia, Finlandia, Alemania, Holanda, Luxemburgo y Dinamarca se sitúan a la cabeza de la eficiencia innovadora en Europa; por otra parte, Rumanía, Lituania, Bulgaria y Polonia se sitúan entre los menos eficientes.

También hay que destacar el papel del sector público en la generación eficiente de innovación dentro de los países europeos. Por un lado, las administraciones públicas participan al dedicar una partida de gastos a I+D como parte del potencial tecnológico de los países -que es el input que más influye sobre la innovación-. Por otra parte, la consecución de unos niveles adecuados de capital humano hace imprescindible la presencia de organismos públicos, como centros formativos e investigadores, para facilitar el acceso de los individuos a la educación; en el Cuadro 3 observamos la importancia que tiene este factor sobre el progreso de la innovación europea. Todo ello hace pensar que la calidad de las instituciones relacionadas directa o indirectamente con las actividades de innovación de los países europeos repercute positivamente sobre la innovación.

Además, hay que destacar la contribución heterogénea de los distintos países a la eficiencia de la innovación, cuyas estimaciones se encuentran en el Cuadro 4. Como era de esperar en comparación con los índices de eficiencia técnica, Suecia (1,01), Finlandia (1,05) y Alemania (0,88) presentan unas estimaciones de sus efectos individuales significativamente positivas, en contraposición con Bulgaria (-3,46), Lituania (-3,55) y Rumanía (-4,15), que presentan los menores efectos fijos de cada país.

7. Referencias

- Afriat, S. (1972): "Efficiency estimation of production functions". *International Economic Review*. N° 13, 3: 568-598.
- Aigner, D., Lowell, C. y Schmidt, P. (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*. N° 6: 21-37.
- Álvarez-Pinilla, A., del Corral, J., Pérez, J.A. y Solís, D. (2007): "Efecto de la intensificación sobre la eficiencia de las explotaciones lecheras". *Economía agraria y recursos naturales*. N° 7, 13: 91-106.
- Andrés, J. y Hueth, D. (2010): "Funciones de producción y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica". *Centro de Estudios sobre desarrollo económico*. N° 21.
- Baños-Pino, J., Coto-Millán, P. y Rodríguez-Álvarez, A. (1999): "Allocative Efficiency and Overcapitalization: an Application". *International Journal of Transport Economics*. N° XXVI (2): 181-199.
- Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1992): "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India". *Department of Econometrics, University of New England*. 1- 34.
- Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1995): "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. 20: 325-332.
- Coto-Millán, P., Baños-Pino, J. y Rodríguez-Álvarez, A. (2000): "Economic Efficiency in Spanish Ports: some Empirical Evidence", *Maritime Policy and Management*. N° 27 (2): 169-174.
- Fabro, G. y Aixalá, J. (2009): "Economic Growth and Institutional Quality: Global and Income-Level Analyses", *Journal of Economic Issues*, XLIII,4: 997-1023.
- Farrel, M.J. (1957): "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*. N° 120, 3: 253-290.
- Justesen, M. (2008): "The effect of economic freedom on growth revisited: New evidence on causality from a panel of countries 1970-1990", *European Journal of Political Economy*, 24: 642-660.
- Meeusen, W. y Van Den Broeck, J. (1977): "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error". *International Economic Review*. N° 18, 2: 435- 444.
- North, D.C. (1990): "Institutions, Institutional Change and Economic Performance", *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Olson, M. (1982): "The Rise and Decline of Nations", *Yale University Press*, New Haven.

Pires, J. y García, F. (2004): "Productivity of nations: a stochastic frontier approach to TPF decomposition". *Escola de Economia de Sao Paulo, da Fundação Getulio Vargas*. Nº 143: 1-39.

Rodríguez-Álvarez, A., Tovar B, Trujillo, L. (2007): "Firm and time varying technical and allocative efficiency: An application to port cargo handling firms". *International Journal of Production Economics*. Nº 109: 146-161.

Schmidt, P. y Sickles, R. (1984): "Production frontiers and panel data". *Journal of Business and Economic Statistics*. 2, 4: 367-374.

White, H. (1980): "A heteroskedasticity- consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity". *Econometrica*. Nº 48.4: 817-838.

Wold, H. (1938): "A Study in the analysis of stationary time series". *Almqvist and Wiksell*. Sweden.