

LAS ACTIVIDADES DE I+D EN LA UNIÓN EUROPEA: UN ANÁLISIS DE EFICIENCIA

María del Pilar Quindós Morán

Departamento de Economía Aplicada

Universidad de Oviedo

e-mail: quindosmaria@uniovi.es

María Rosalía Vicente Cuervo

Departamento de Economía Aplicada

Universidad de Oviedo

e-mail: mrosalia@uniovi.es

Fernando Rubiera Morollón

Departamento de Economía Aplicada

Universidad de Oviedo

e-mail: frubiera@uniovi.es

Resumen

En el Consejo Europeo de Lisboa (2000) los Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea fijaron como objetivo conseguir que la economía europea se convirtiese en la más competitiva y dinámica del mundo para el año 2010. De este modo las actividades de investigación y desarrollo (I+D) se convierten en uno de los principales instrumentos para la consecución de dicho objetivo.

En este contexto, el objetivo de este trabajo consiste en realizar un análisis de la eficiencia de las actividades de I+D desarrolladas por los Estados Miembros (UE-15), incluyendo asimismo a Islandia y Noruega.

Palabras clave: I+D, Eficiencia, Análisis Envolvente de Datos (DEA), Estrategia de Lisboa.

Área temática: Economía Industrial y de Servicios (4).

1. Introducción.

En el Consejo de Lisboa (2000) la Unión Europea realiza una decidida apuesta por el conocimiento y, consecuentemente, por las actividades de investigación y desarrollo (I+D en adelante) como fórmulas de éxito para el crecimiento y desarrollo económico. Así, se establece como objetivo general para la primera década del nuevo milenio “*convertir a Europa en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de crecer económicamente de manera sostenible con más y mejores empleos y con mayor cohesión social*”. Para ello se precisa “*reforzar cohesión regional*” a través de las siguientes cuatro acciones: la difusión de la sociedad del conocimiento, la estimulación de las actividades de I+D, la mejora del empleo y la formación, así como la coordinación de las políticas macroeconómicas nacionales.

Los Consejos de Barcelona (2002) y Bruselas (2003), refuerzan esta estrategia. En Barcelona se concretan los objetivos de Lisboa, instando la puesta en marcha del *VI Programa Marco de Investigación*, así como la revisión del marco jurídico para el impulso de las actividades vinculadas a la I+D. Al mismo tiempo se solicitan mayores esfuerzos en I+D a los Estados Miembros, con la meta de alcanzar un gasto global en estas actividades del 3 por ciento del PIB antes de 2010. Estas ideas son retomadas y ampliadas en el Consejo Europeo de Bruselas donde se especifica la necesidad de avanzar a un ritmo superior en la creación de un Espacio Europeo del Conocimiento y mantener el “*objetivo global para Europa de poseer una sólida capacidad científica y de investigación y una aceleración de la inversión en los sectores público y privado en I+D*”.

Recientemente, en el Consejo Europeo de Bruselas (2005) se ha procedido a una revisión de la estrategia de Lisboa, en la que se ha destacado el papel del conocimiento y la innovación como motores para el crecimiento sostenible. En este contexto se mantiene el objetivo de Barcelona de un nivel de inversión en I+D del 3 por ciento del PIB, con un adecuado reparto entre inversiones privadas y públicas. Para su logro se especifican tres líneas de acción fundamentales: los incentivos fiscales a la inversión privada; el impulso de la inversión pública para potenciar sus efectos de palanca y arrastre; además de la modernización de la gestión de las instituciones de investigación y las universidades.

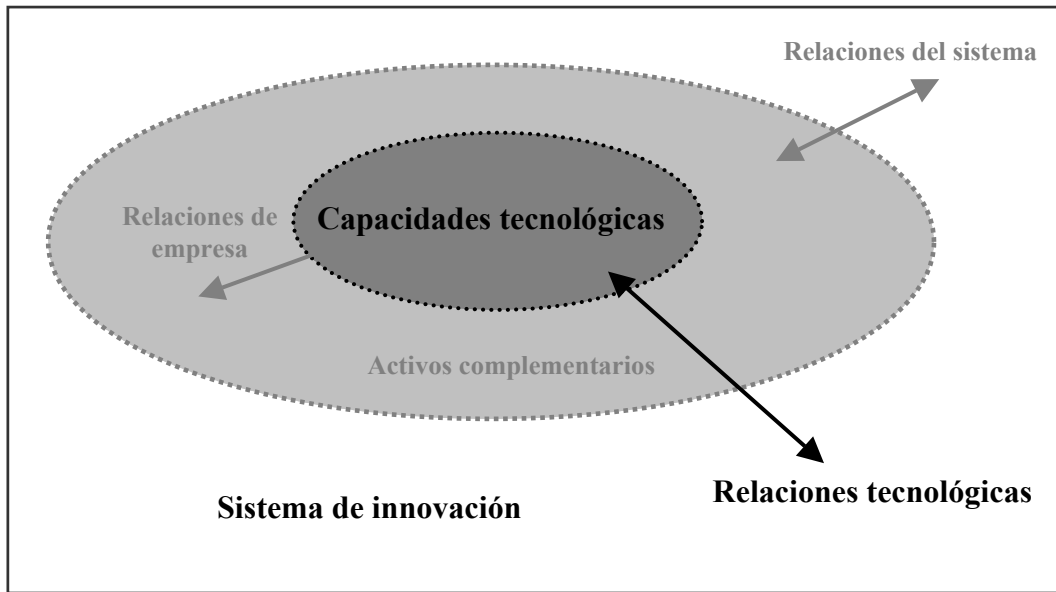
Pese a tales esfuerzos, la realidad de la Unión Europea muestra que las actividades de I+D están fuertemente concentradas. Así, en el área delimitada por North Yorkshire en Inglaterra, Franché-Comté en Francia, Hamburgo en el norte de Alemania y Milán en el norte de Italia, que supone tan sólo el 18 por ciento de la superficie, se concentra el 48 por ciento del PIB y el 75 por ciento del gasto en I+D.

Dada la creciente importancia que actualmente tienen las actividades de I+D, en este trabajo se propone un análisis de la eficiencia de dichas actividades, utilizando para ello la técnica del Análisis Envolvente de Datos (DEA en adelante), análisis que se ha realizado para los países pertenecientes a la EU-15, Islandia y Noruega. Para ello, en el siguiente apartado se describe brevemente la situación de las actividad de I+D en Europa. A continuación se especifica la metodología utilizada en el análisis de eficiencia y se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, se extraen las conclusiones más relevantes del trabajo.

2. Situación de las actividades de I+D en Europa.

La capacidad de innovación de un territorio se puede esquematizar en un conjunto de entes públicos y privados, relacionados entre sí, que realizan actividades de I+D a distintos niveles en un determinado espacio geográfico. Así, en primer lugar se precisa la existencia de empresas con capacidades tecnológicas, en las que la I+D se configura como un elemento esencial para su crecimiento y competitividad. En segundo lugar, debe existir un amplio sistema de innovación compuesto tanto por entidades públicas como privadas (universidades y centros de investigación, entre otros) que esté capacitado para liderar una investigación de carácter más básico de tal forma que las empresas puedan aprovechar sus resultados. Para el correcto funcionamiento del sistema es vital que existan relaciones de carácter tecnológico, es decir, que exista una comunicación fluida entre los investigadores del sistema de innovación y el personal del núcleo tecnológico de las empresas.

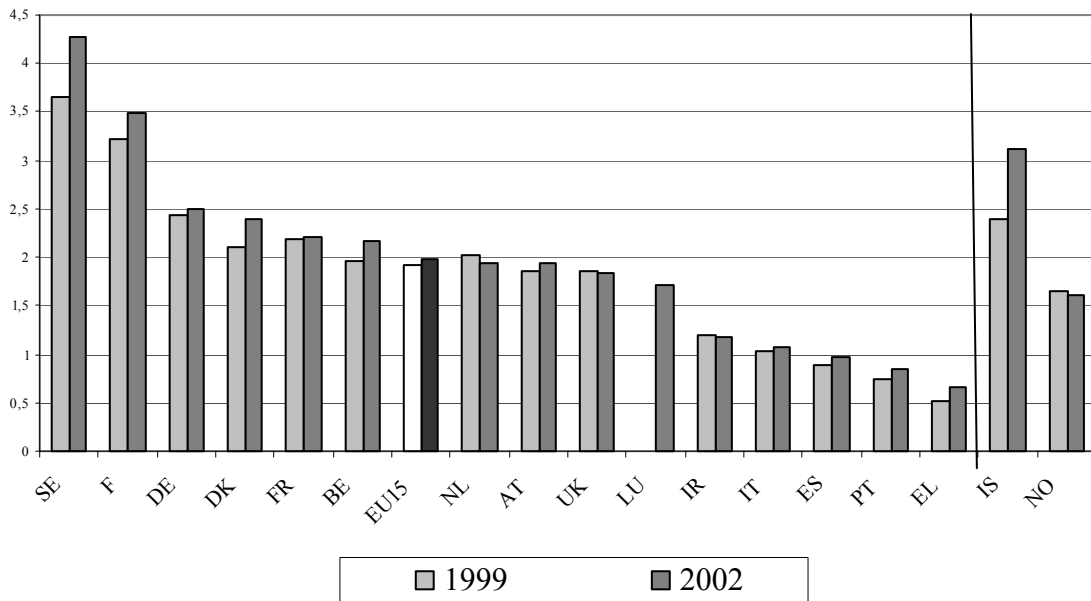
Figura 1. Esquema simplificador de la actividad de investigación, desarrollo e innovación en un territorio.



Esta visión simplificada de las actividades de I+D en un territorio evidencia el hecho de que la capacidad de innovar, entendida como la generación de conocimientos de utilidad para la sociedad, depende de tres factores esenciales: la financiación del sistema de innovación; la existencia de empresas con capacidad tecnológica; y las relaciones de tipo tecnológico entre los actores del territorio. De esta forma es posible que territorios que realizan un considerable esfuerzo inversor en I+D obtengan resultados poco satisfactorios al fallar alguno de los otros dos mencionados factores.

En el contexto de la Unión Europea, los datos relativos a las actividades de I+D evidencian niveles de gasto muy diferentes. Así en el año 2002, Suecia y Finlandia superaban ampliamente el objetivo fijado en el Consejo Europeo de Barcelona (2002) de alcanzar un gasto en I+D superior al 3 por ciento del PIB para el año 2010. Por su parte Alemania, Dinamarca, Francia y Bélgica se encontraban en niveles inferiores, entre el 2 y el 2,5 por ciento. Por el contrario países como Grecia, Portugal, España, Italia e Irlanda, presentaban niveles de gasto claramente inferiores a la media europea, que estaba situada en el 2 por ciento del PIB en el año 2002 (gráfico 1).

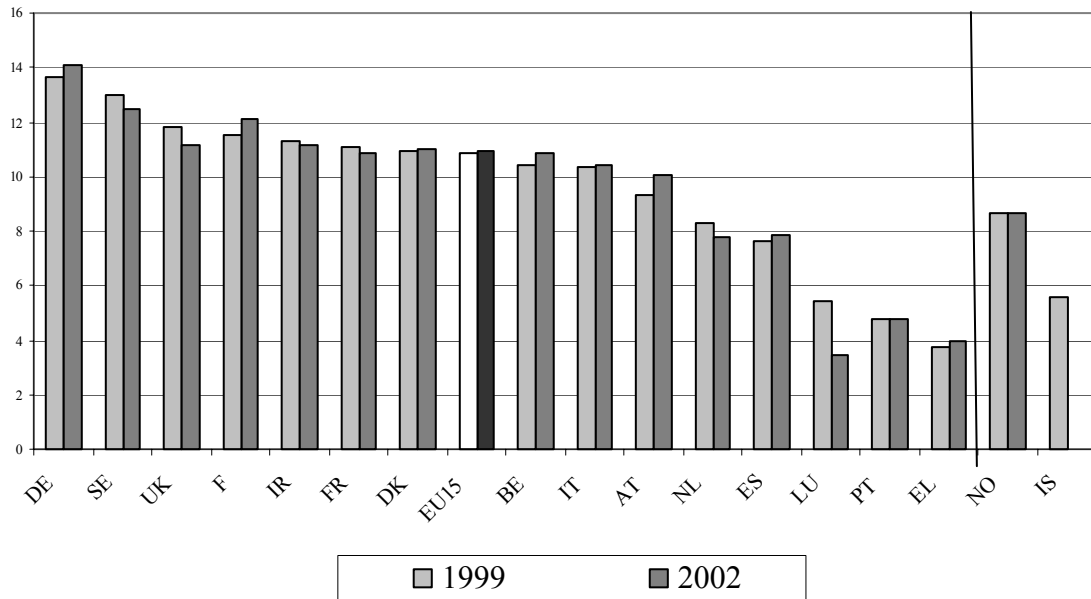
Gráfico 1. Gasto en I+D como porcentaje del PIB en los países de la EU-15, Islandia y Noruega (1999 y 2002).



Fuente: Eurostat.

Las cifras relativas al personal dedicado a actividades de I+D (gráfico 2) presentan un patrón similar al del gasto realizado en dichas actividades. Así los países nórdicos se encuentran a la cabeza de la Unión, mientras que países como Grecia, Portugal y España, se encuentran en la parte baja de la distribución. A este grupo retrasado se añade Holanda, que realizando un gasto ligeramente inferior a la media europea tiene un volumen de personal dedicado a actividades de I+D claramente más reducido. Asimismo cabe destacar el hecho de que varios países que presentaban niveles de gasto en actividades de I+D reducidos muestran ahora cifras superiores de personal dedicado a tales actividades, son los casos de Reino Unido, Irlanda e Italia.

Gráfico 2. Empleo en I+D como porcentaje del empleo total en los países de la EU-15, Islandia y Noruega (1999 y 2002).



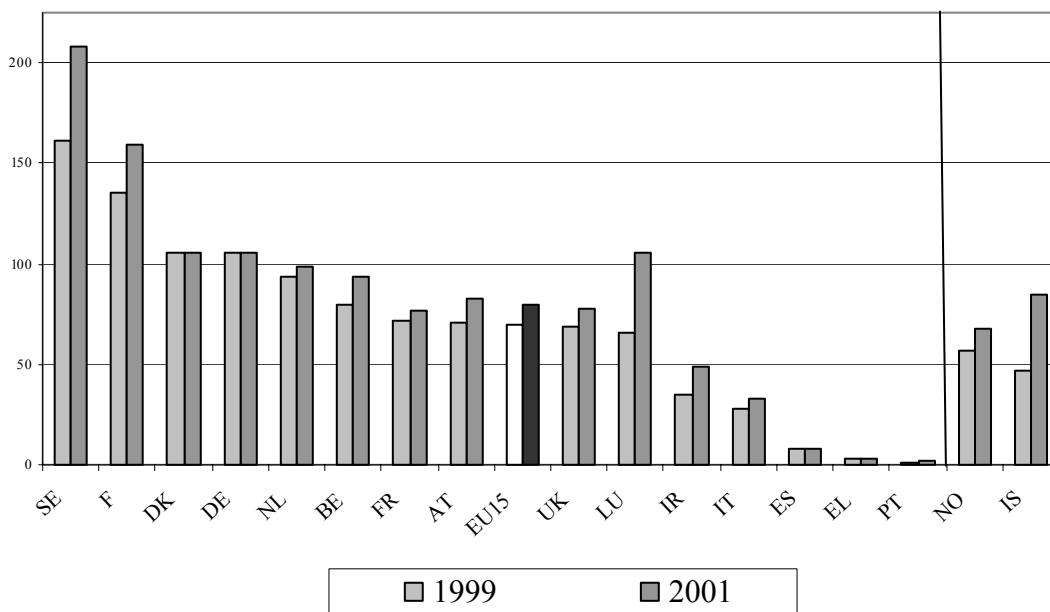
Fuente: Eurostat.

Para valorar el resultado de los esfuerzos realizados en materia de I+D se puede recurrir, como aproximación, al número de patentes obtenidas. Esta es una variable ampliamente utilizada en la literatura al uso, ya que representa la parte de I+D que se convierte en ideas susceptibles de ser comercializadas y por lo tanto patentables. Tal como señala Griliches (1996) este indicador no está exento de limitaciones ya que no todas las innovaciones tienen como resultado una patente y además su valor puede diferir notablemente de tal forma que un número pequeño de patentes puede tener un gran valor económico. No obstante, no hay un método generalmente reconocido para medir el valor de las patentes y además su aplicación resulta bastante complicada.

En este contexto es preciso matizar además que el resultado de los esfuerzos realizados en actividades de I+D por un país en un momento del tiempo t no han de materializarse necesariamente en ese mismo periodo. En este sentido conviene tener en cuenta que muchos de los proyectos de investigación desarrollados tienen un periodo de duración superior al año.

En el gráfico 3 se pueden observar las importantes diferencias existentes, respecto a esta variable, en los países europeos. Como cabría esperar aquellos países que destacaban en esfuerzo en actividades de I+D obtienen resultados mejores, como sucede en los casos de Alemania y Suecia, entre otros. Sin embargo, se observan varios casos de países, como Bélgica, que realizando importantes esfuerzos en I+D ocupan posiciones incluso inferiores a la media de la EU15.

Gráfico 3. Patentes europeas por millón de habitantes en los países de la EU-15, Islandia y Noruega (1999 y 2001).



Fuente: Eurostat.

3. Metodología y fuentes.

3.1. Metodología

De una forma muy sencilla la eficiencia puede definirse como la correcta distribución de los medios empleados en relación con los fines obtenidos.

En este trabajo se plantea un análisis de la eficiencia de los países europeos en relación con sus actividades de I+D. Para ello se evalúa la actuación real de cada país con respecto a un óptimo, comparando lo que hace cada país respecto a lo que hacen otros países parecidos.

Entre las posibles técnicas para el análisis de la eficiencia, se ha utilizado método, no paramétrico, del análisis envolvente de datos (DEA). Este método, originalmente propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, se caracteriza por su estandarización así como por permitir la posibilidad de considerar múltiples inputs y outputs.

En este contexto el análisis de la eficiencia puede plantearse desde dos enfoques distintos: bien, como la maximización del output dado un nivel de inputs (orientación output) o bien como la minimización del input para un nivel de outputs (orientación input). Para resolver tales problemas de optimización es preciso asumir una serie de postulados, definiendo asimismo el tipo de rendimientos a escala considerados.

De este modo, asumiendo la existencia de rendimientos constantes a escala (modelo CCR; Charnes, Cooper y Rhodes, 1978) el problema de maximización, a resolver para cada una de las unidades de análisis consideradas, se formaliza del siguiente modo,

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\theta, \lambda_1, \dots, \lambda_n} \quad & \phi + \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \\ \text{s.a.} \quad & x_{i0} - s_i^- = \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}; \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & \phi y_{r0} + s_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}; \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

siendo ϕ el coeficiente de eficiencia, y $(\phi-1)*100$ el porcentaje en el que se puede incrementar el output dado el nivel de inputs de cada una de las unidades evaluadas. Es decir, cuando $\phi^* = 1$, $s_i^{-*} = 0$ y $s_r^{+*} = 0$, la unidad evaluada será eficiente al cien por cien.

En el caso de que se asuma la existencia de rendimientos a escala variables (modelo BCC; Banker, Charnes y Cooper, 1984) se tendría,

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \phi + \varepsilon(1S_r^+ + 1S_i^-) \\
 \text{s.a.} \quad & X_0 - S_i^- = \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \\
 & \phi Y_0 + S_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n,
 \end{aligned}$$

El modelo BCC al postular rendimientos a escala variables resulta más flexible que el modelo CCR. En consecuencia las unidades que son eficientes bajo el modelo CCR lo son también bajo el BCC pero no al contrario.

A partir de la resolución de los problemas de optimización planteados es posible estimar la eficiencia de las unidades analizadas. Para ello pueden construirse distintos índices de eficiencia. Por un lado, el índice de eficiencia técnica global (*ETG*) se calcula utilizando el modelo CCR. Este índice permite determinar las ineficiencias técnicas (aquellas derivadas de la gestión productiva) así como aquellas provocadas por el hecho de que la unidad de análisis opere con rendimientos a escala no constantes. Por el otro lado, el índice de eficiencia técnica (*ET*) se calcula utilizando el modelo BCC, mediante el cual se elimina el componente derivado de una escala de producción inadecuada, centrándose propiamente en la eficiencia técnica. A partir de los índices anteriores puede construirse un tercero, índice de eficiencia a escala (*ES*), obtenido como el siguiente cociente,

$$ES = \frac{ETG}{ET} \tag{3}$$

En este trabajo el análisis de eficiencia se ha llevado cabo utilizando los dos modelos planteados, CCR y BCC, de tal forma que se puedan evaluar tanto las ineficiencias derivadas de la gestión como aquellas de las escalas de producción, calculando para ello los tres índices mencionados anteriormente.

3.2. Fuentes y variables

La información utilizada para realizar el análisis de eficiencia planteado procede de Eurostat y corresponde a la Unión Europea de los quince, Islandia y Noruega. No se han incluido en el análisis los países de la ampliación y los países candidatos como consecuencia de limitaciones en los datos.

El análisis de eficiencia se ha especificado como un problema de maximización del output resultante de las actividades de I+D sujeto a los inputs disponibles, es decir, se ha utilizado la orientación output. En concreto se han considerado un output y dos input.

El indicador del output utilizado ha sido el número de patentes por millón de habitantes, como variable *proxy* de la capacidad de convertir el esfuerzo en I+D de un país en avances susceptibles de explotación empresarial.

Por el lado de los inputs se consideran un input de capital y otro de trabajo. En concreto se recurre al gasto en I+D como porcentaje del PIB del país y al porcentaje de personal dedicado a estas actividades sobre el empleo total del país.

Asimismo es preciso tener en cuenta según Banker *et al.* (1989) la obtención de resultados fiables en análisis del tipo DEA requiere que el número de unidades analizadas sea igual o superior al triple de las variables incluidas en el modelo. Este criterio se cumple en el trabajo dado el número de países considerado (17 países > 3*3 variables).

Finalmente, conviene señalar que el periodo de análisis corresponde a los años 1998-2001. En este sentido, en primer lugar se han estimado los modelos considerando como referencia el año 2001 para todas las variables. En segundo lugar, se han retardado los inputs, tomando el valor en el año 1998, al asumir que los resultados derivados de los

esfuerzos realizados en I+D de un momento t no se producen en ese mismo periodo, sino que se materializan en un momento posterior, $t+x$ (siendo $x \geq 1$).

4. Análisis de la eficiencia de las actividades de I+D en la UE.

Los resultados del análisis de eficiencia se recogen en las Tablas 1 y 2. Así, en la Tabla 1 se presentan los índices de eficiencia obtenidos para los países de la UE-15, Islandia y Noruega para el año 2001. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para el output del año 2001 a partir de los inputs empleados en el año 1998. En este caso se asume por tanto la hipótesis de las inversiones en I+D no obtienen resultados inmediatos sino en un plazo superior al año.

Como se puede observar comparando los niveles de eficiencia obtenidos en el cuadro 1 y en el 2 los resultados son similares. En consecuencia el retardo de los inputs no parece afectar a los niveles de eficiencia, obteniéndose el mismo ranking de países.

Se aprecia que Luxemburgo es el único de los países analizados en el que todos los índices de eficiencia calculados (*ETG*, *ET* y *ES*) dan como resultado niveles de eficiencia del cien por cien. Por tanto este país es globalmente eficiente, es decir, es eficiente en cuanto a la gestión y al mismo tiempo está operando en la escala de producción adecuada.

Asimismo, y como cabría esperar, se reproduce la conocida brecha Norte-Sur en términos de eficiencia. De este modo se observa que Italia, España y Portugal presentan una eficiencia técnica media de 29,41 por ciento (y sólo de 15,95 por ciento si se excluye Italia) frente a la eficiencia técnica media de 88,94 por ciento que presentan Alemania, Suecia, Finlandia, Dinamarca y Holanda.

Cuadro 1. Análisis de eficiencia en las actividades de I+D en los países de la UE-15, Islandia y Noruega (2001).

	<i>ETG (%)</i> Modelo CCR	<i>ET (%)</i> Modelo BCC	<i>ES</i> Eficiencia a escala
Alemania (DE)	86,91	100	0,87
Austria (AT)	64,34	67,1	0,96
Bélgica (BE)	63,65	69,72	0,91
Dinamarca (DK)	65,35	74,19	0,88
España (ES)	13,69	24,3	0,56
Finlandia (F)	67,75	86,26	0,79
Francia (FR)	50,78	56,16	0,90
Grecia (EL)	7,87	100	0,08
Holanda (NL)	77,08	80,22	0,96
Irlanda (IR)	62,14	83,33	0,75
Islandia (IS)	43,02	56,66	0,76
Italia (IT)	43,65	62,16	0,70
Luxemburgo (LU)	100	100	1,00
Noruega (NO)	62,84	65,31	0,96
Portugal (PT)	3,39	7,67	0,44
Reino Unido (UK)	60,47	62,93	0,96
Suecia (SE)	74,04	100	0,74

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

Cuadro 2. Análisis de eficiencia en las actividades de I+D en los países de la UE-15, Islandia y Noruega (output-2001, inputs-1998).

	<i>ETG (%)</i> Modelo CCR	<i>ET (%)</i> Modelo BCC	<i>ES</i> Eficiencia a escala
Alemania (DE)	93,62	100	0,94
Austria (AT)	67,92	68,74	0,99
Bélgica (BE)	72,31	74,17	0,97
Dinamarca (DK)	76,14	79,37	0,96
España (ES)	14,34	20,34	0,71
Finlandia (F)	79,67	88,37	0,90
Francia (FR)	51,94	54,77	0,95
Grecia (EL)	10,95	100	0,11
Holanda (NL)	74,71	76,98	0,97
Irlanda (IR)	58,16	66,14	0,88
Islandia (IS)	60,54	63,18	0,96
Italia (IT)	45,28	56,32	0,80
Luxemburgo (LU)	100	100	1,00
Noruega (NO)	61,3	62,17	0,99
Portugal (PT)	4,73	11,56	0,41
Reino Unido (UK)	63,15	63,99	0,99
Suecia (SE)	87,34	100	0,87

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

Entre los países del Sur de Europa, Grecia es un caso particular. Este país presenta un índice de eficiencia técnica global de tan solo el 10,95 por ciento; mientras que para la eficiencia técnica pura el índice toma un valor del cien por cien. Esto supone que, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (ETG) se incluiría entre el grupo de países menos eficientes, mientras que bajo el supuesto más flexible de rendimientos a escala variables (ET) resultaría totalmente eficiente. Tales resultados indican que Grecia es un país eficiente desde el punto de vista técnico pero no en cuanto a la escala de producción; es decir, su gestión productiva resulta eficiente aunque no está operando en una escala productiva adecuada, como indica su índice de eficiencia a escala del 0,11.

5. Conclusiones.

La Unión Europea se ha propuesto como objetivo estratégico de medio-largo plazo el lograr ser la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo. Para ello es necesario realizar un mayor esfuerzo en actividades de I+D tanto en términos de gasto como en términos de empleo. Sin embargo, esta propuesta genérica debe ser matizada por países. En la UE-15 conviven naciones que presentan niveles de gasto y empleo relativo a actividades de I+D muy elevados junto con otros que se encuentran en estadios mucho menos avanzados en esta materia. Estas diferencias se han acrecentado tras la ampliación de mayo de 2004 al conformarse una nueva UE-25 mucho más heterogénea y compleja.

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de los distintos niveles de esfuerzo en materia de empleo y gasto sobre la capacidad de innovar. Para ello se ha realizado un análisis de la eficiencia mediante la aplicación del método Análisis Envoltante de Datos (DEA).

Los resultados obtenidos confirman la brecha existente entre los países nórdicos y los países de la cohesión. Estos últimos presentan un nivel de eficiencia casi tres veces inferior al de los primeros. Llama la atención el caso de Grecia, país que siendo eficiente desde una perspectiva de gestión es ineficiente en cuanto a la escala utilizada.

Como se ha indicado, el análisis efectuado se ha realizado para los países de la UE-15, Islandia y Noruega. Ante la ausencia de datos comparables no se ha podido extender a los 10 países de la ampliación de mayo de 2004 (UE-25). La atención de este aspecto así como la formulación del análisis en unidades regionales son futuras líneas de trabajo abiertas a partir de los resultados obtenidos en esta primera aproximación.

Bibliografía.

1. Banker, R.D.; Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol 30 No 9, pp. 1,078-1,092.
2. Banker, R.D.; Charnes, A.; Cooper, W.W.; Swarts, J. and Thomas, D.A. (1989), “An introduction to Data Envelopment analysis with some of their models and its uses”, *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, No 5, pp. 125-163.
3. Charnes, A.; Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978), “Measuring the Efficiency on Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, No 2, pp. 429-444.
4. Farrell, M.J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistics Society, A series*, Vol 120 No 3, pp. 253-281.
5. González, E. (2001): “La estimación de la eficiencia con métodos no paramétricos” capítulo nº 7 en Álvarez, A. (Coor.): *La medición de la eficiencia y la productividad*. Pirámide. Madrid.
6. Comisión Europea (2002): *More research for Europe. Towards 3% of GDP*, COM(2002) 499 final, www.europa.eu.int.
7. Comisión Europea (2003): *Investing in research. An action plan for Europe. Towards 3% of GDP*, COM(2003) 226 final, www.europa.eu.int.

8. Consejo de la Unión Europea (2000): *Conclusiones de la Presidencia del Consejo Europeo de Lisboa*, www.europarl.eu.int.
9. Consejo de la Unión Europea (2002): *Conclusiones de la Presidencia del Consejo Europeo de Barcelona*, www.europarl.eu.int.
10. Consejo de la Unión Europea (2005): *Conclusiones de la Presidencia del Consejo Europeo de Bruselas*, www.europa.eu.int.
11. Eurostat (2003): *Statistics on Science and Technology in Europe*, www.europa.eu.int/comm/eurostat.
12. Griliches, Z. (1996): "R&D and productivity: Econometric results and measurement results", Handbook of *Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, Oxford, pp. 52-89.