

Eficiencia de los sistemas regionales de innovación en España[♦]

Mikel Buesa*, Joost Heijs*, Thomas Baumert** y Cristian Gutiérrez Rojas***

Existe un amplio consenso en que la innovación es un elemento esencial para el desarrollo económico y el bienestar social de un país o de una región, y de hecho en España hay cierto acuerdo entre economistas y políticos acerca de que la salida de la crisis pasa por un modelo de crecimiento basado en la innovación (ERA-watch, 2012), requiriendo un mayor empuje innovador para mejorar el nivel de competitividad mediante la búsqueda de nuevos productos y, a la vez, de una mejora del nivel general de productividad. Pero no cabe duda que en épocas de crisis se debe mejorar la asignación de los recursos a fin de optimizar los resultados mientras se minimizan los costes (eficiencia).

La economía de la innovación, principalmente impulsada por su corriente evolucionista, ha dedicado un importante esfuerzo al análisis de los procesos de asignación de recursos a las actividades de creación del conocimiento científico y tecnológico, teniendo en cuenta las relaciones que se establecen entre los actores de esos procesos, las instituciones en las que se ubican, así como las políticas que tratan de impulsarlas. Pero han sido pocas las ocasiones en las que los economistas de la

innovación o los gestores de la política científica y tecnológica se han preguntado acerca de los límites máximos o mínimos en los que ha de desenvolverse el empleo de recursos para la creación de conocimiento. En general, se ha supuesto que cualquier nivel de gasto en I+D es pertinente y que sus resultados serán en todo caso positivos para el desarrollo de las economías, sin preocuparse apenas por los posibles problemas de eficiencia que subyacen a la utilización de esos recursos. La cuestión de la eficiencia lejos de ser novedosa, forma parte esencial de la reflexión de los economistas acerca de la innovación. De este modo, Schumpeter (1942, capítulos 7 y 8) se refirió a ella al destacar el papel que juega la innovación en el logro de la expansión de la economía a largo plazo, al multiplicar su producto partiendo de un limitado volumen de recursos. A su vez, en el ámbito neoclásico, los autores que podemos considerar pioneros en la economía de la innovación, también incidieron en las cuestiones relativas a la eficiencia. Nelson (1959)¹, por ejemplo, se preocupaba por el análisis del empleo de recursos en la investigación científica básica; un análisis en el que se concluye que, al estar ésta sujeta a economías externas, para el logro de la eficiencia

[♦] Este artículo es un resumen muy breve de los resultados de una investigación promovida y financiada por Funcas, a la que agradecemos su implicación y esfuerzo. Todos los detalles de los resultados, las explicaciones metodológicas y justificaciones teóricas se puede consultar en Buesa *et al.* (2015).

^{*} Universidad Complutense de Madrid e Instituto de Análisis Industrial y Financiero (IAIF).

^{**} C.U. Cardenal Cisneros e Instituto de Análisis Industrial y Financiero (IAIF).

^{***} Instituto de Análisis Industrial y Financiero (IAIF).

¹ En la época que sus escritos fueron todavía de carácter neoclásico

la mejor opción es que su realización tenga lugar en las universidades, pues “un dólar gastado en investigación básica en un laboratorio universitario vale más para la sociedad que un dólar gastado en un laboratorio industrial” (p. 306). Por otra parte, Arrow (1962) situó el problema de la asignación óptima de recursos a la invención en las características del mercado de conocimientos; un mercado sujeto a indivisibilidades, inapropiabilidad e incertidumbre, fallos todos ellos que conducen a la necesidad de que, para lograr la eficiencia, sea necesario “que el gobierno, o alguna otra entidad no gobernada por criterios de pérdidas y ganancias, financie la investigación y la invención” (p. 623), aunque no en una cuantía ilimitada, sino teniendo en cuenta el límite que se establece cuando “el beneficio social esperado se iguala con el beneficio social marginal en usos alternativos” (*ibid*). Y en el mismo sentido, Griliches (1958), en su estudio sobre los costes y rendimientos sociales de la investigación del maíz híbrido, concluye que, aunque los rendimientos de la investigación “en general han sido muy elevados, ... eso no significa que debamos gastar cualquier cantidad de dinero en cualquier cosa llamada ‘investigación’” (p. 431).

Existen diferentes trabajos que analizan la eficiencia de las actividades de los sistemas nacionales o regionales de innovación, teniendo objetivos y utilizando metodologías y variables de *output* muy heterogéneas². Con alguna excepción, todos los estudios empíricos son de carácter descriptivo, calculan un índice de eficiencia (IE) y relatan las diferencias del mismo sin debatir las causas de las ineficiencias. Otros trabajos científicos como Fritsch y Slavtchev (2008) y Fritsch (2004) también han utilizado patentes como *output*, aunque el estudio de la eficiencia se ha abordado con una metodología basada en la estimación econométrica de una función de producción de conocimiento. Además, solo el trabajo de Fritsch y Slavtchev (2008) estudia con cierto nivel de profundidad las causas de las (in)eficiencias para el caso de las regiones alemanas. Los restantes estudios que analizan la eficiencia técnica en el ámbito de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) utilizan variables

de *output* que se pueden considerar más bien indirectas. Como se puede derivar de los antecedentes mencionados, el análisis de la eficiencia y de sus determinantes en temas de innovación está, incluso a escala internacional, poco desarrollado y, en todo caso, por medio de estudios muy heterogéneos. Por lo tanto, el trabajo sobre el caso español y sus regiones, aquí presentado, se puede definir como novedoso, no ya para España, sino incluso en el ámbito internacional. Por otro lado, no cabe duda de que la asignación de los recursos y la eficiencia es un tema central de la teoría económica, con un interés creciente en esta época de crisis, cuando los fondos públicos y privados se han visto muy mermados. Por todo ello, este artículo tiene como objetivo analizar la eficiencia de los SRI y las posibles causas de la ineficiencia como el papel de las ventajas de escala. A continuación se explican los aspectos metodológicos de este trabajo y sus resultados. Se comienza con una referencia al concepto y medida de la eficiencia y al enfoque sistémico del estudio, y se sigue con la descripción de la muestra, las variables utilizadas y el uso del análisis factorial para crear variables sintéticas o factores. A continuación se presentan los resultados del análisis estático y después se ofrece un enfoque dinámico. Finalmente, en la última sección se establecen las principales conclusiones del estudio.

Concepto y medida de la eficiencia y del enfoque sistémico

Son varios los autores que han tratado de definir y medir la eficiencia de las actividades de producción de bienes y servicios (como Koopmans, 1951; Debreu, 1951 y Farrel, 1957). De acuerdo con Farrel, la *eficiencia económica* alude a la maximización de la función de beneficios o a la minimización de la función de costes. Esa eficiencia económica se desglosa en dos componentes, uno de *eficiencia técnica global* y otro de *eficiencia asignativa*; el primero refleja la capacidad de una unidad de decisión (DMU) –en nuestro caso los sistemas regionales de innovación– para obtener la máxima cantidad posible de *output* dado

² En Buesa *et al.* (2015) puede consultarse la bibliografía más relevante.

un determinado nivel de *inputs*; o bien para minimizar la utilización de los *inputs* dada la cantidad de *output*; y el segundo, refleja la capacidad de la unidad de decisión para utilizar los *inputs* en proporciones óptimas teniendo en cuenta sus respectivos precios. A su vez, la *eficiencia técnica global*, que es el concepto válido si el instrumento microeconómico de referencia es la función de producción, está compuesta por la *eficiencia técnica pura*, que alude a la utilización óptima de los *inputs* en relación con la producción del *output*, y la *eficiencia de escala*, que señala si la unidad de decisión opera en la escala o dimensión óptima.

Resumiendo, para abordar el problema de la eficiencia en los sistemas regionales de innovación españoles se utiliza una técnica de optimización matemática basada en programación lineal (análisis envolvente de datos – DEA), que nos permite situar la posición de cada uno de dichos sistemas con respecto a esta frontera “óptima” a lo largo del período comprendido entre los años 2000 y 2012.

Medición de los sistemas de innovación: un enfoque sistémico

El concepto de sistema de innovación –un producto de la mencionada corriente evolucionista– alude al conjunto de los actores que desarrollan las actividades de creación y difusión de nuevos conocimientos, y a las relaciones que se establecen entre ellos, dentro de un marco institucional y geográfico determinado, para dar lugar a las innovaciones, principalmente tecnológicas, sobre las que se asienta, en un sentido schumpeteriano, el desarrollo económico. La teoría evolucionista subraya la heterogeneidad del comportamiento innovador como una actividad multidimensional que está afectada directamente por su entorno económico y social, en el que participa un gran número de agentes, instituciones y factores que

interactúan en un marco de interdependencia, lo que se confiere al carácter sistémico difícilmente reducible relaciones causales unidireccionales. Además, estas interacciones entre agentes y otro gran número de aspectos del entorno –no directamente relacionado con la I+D+i– tiene un impacto directo sobre las actividades innovadoras y su *output* y, por lo tanto, sobre la eficiencia. Esta heterogeneidad e interdependencia justifica la necesidad de considerar el problema de la eficiencia en el empleo de medios materiales, humanos e institucionales para la obtención de innovaciones a nivel regional, pues bien pudiera ocurrir que una parte de ellos se utilicen de forma ineficiente generando despilfarros en su utilización precisamente cuando los recursos de las regiones destinados a la innovación son cada vez más escasos.

Las interdependencias y el enfoque holísticos³ implica la necesidad y las ventajas de usar variables compuestas o sintéticas para medir los sistemas de innovación (SI). Tal necesidad se justifica por distintas razones complementarias, tanto de carácter teórico o conceptual, como por los requerimientos de la modelización econométrica y de medición⁴. Desde un punto de vista conceptual, las variables sintéticas son importantes porque existen dudas acerca de si el uso de variables individuales del *input* refleja de forma correcta las características de un sistema de innovación y su potencial. Durante el proceso de innovación existen flujos continuos, interacciones y retroalimentaciones que solo son aprehensibles en un modelo interactivo, no lineal ni secuencial, cuyas fases están intensamente interrelacionadas (Kline y Rosenberg, 1986). A su vez, existe una amplia heterogeneidad en la experiencia y en las competencias de distintos agentes, países y sistemas de innovación. Por lo tanto, sería un error utilizar indicadores (individuales) para medir la capacidad tecnológica o el nivel de eficiencia solamente de una de estas fases. Todo ello implica que el concepto de los “sistemas regionales de innovación” es abstracto y difícil de medir de forma directa, solo a base de variables

³ Donde la suma final es más que la suma de sus partes.

⁴ Los indicadores compuestos resuelven problemas econométricos (entre otros, la multicolinealidad y la falta de grados de libertad en los modelos de regresión) y suavizan los errores de medición o transcripción de los datos, los *outliers* y las fluctuaciones bruscas de variables concretas.

individuales que reflejan el *input* en el sentido estricto (gasto y personal). Por ello, en este trabajo se analiza el nivel de eficiencia definiendo el *input* en un sentido más amplio, donde la configuración del sistema regional de innovación se considera como un elemento de *input* igual que las variables que reflejan el esfuerzo innovador. De esta forma, se tiene en cuenta la simultaneidad o el carácter holístico del comportamiento innovador y las sinergias que se generan en los SRI debido a la interacción entre los distintos agentes. De hecho –como indican Makkonen y Have (2013:251)– “un indicador individual es solo un indicación parcial del esfuerzo innovador total realizado por un sujeto”, por lo que el uso de indicadores compuestos reflejaría mejor la realidad de cada uno de ellos de forma individual.

Concluyendo, para el estudio de la eficiencia de los sistemas regionales de innovación en España

se aplicará una metodología que permite la reducción de la información de un conjunto amplio de variables de distinta índole a unas pocas *variables hipotéticas o no-observables* (factores). Cada uno de los factores refleja los aspectos esenciales (referidos a los distintos componentes o subsistemas) del SRI recogiendo casi toda la información del conjunto original de variables. Las variables sintéticas así obtenidas (reflejadas en la puntuación de los factores obtenidos) se utilizarán para los análisis posteriores –en nuestro caso– la elaboración de un índice de eficiencia a nivel regional.

Para crear la base de datos se realizó un escrutinio exhaustivo de todas las fuentes de información públicamente disponibles que recogen de alguna forma el *input* o el *output* de los sistemas de innovación de las comunidades autónomas españolas. De esta manera, se utilizó básicamente la información estadística de: Instituto Nacional de

Cuadro 1

El *input* de los sistemas regionales de innovación: las variables compuestas (factores)

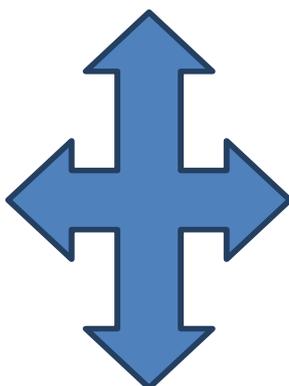
Factor 1.- EMPRESAS INNOVADORAS

- Personal en I+D de las empresas (equivalencia a dedicación plena) sobre el empleo (‰)
- Personal en I+D de las empresas (número de personas) sobre el empleo (‰)
- *Stock* capital tecnológico empresarial per cápita (miles de euros 2008)
- Gasto en I+D de las empresas sobre el PIB (‰)
- Exportaciones como porcentaje del PIB (%)
- PIB per cápita (euros 2008)
- Productividad (euros 2008)

SISTEMA CIENTÍFICO

Factor 2.- Recursos y resultados de la Administración Pública

- Personal en I+D de las AA.PP. (equivalencia a dedicación plena) sobre el empleo (‰)
- *Stock* capital tecnológico AA.PP. per cápita (miles de euros 2008)
- Gasto en I+D de las AA.PP. sobre el PIB (‰)
- Personal en I+D de las AA.PP. (número de personas) sobre el empleo (‰)



SISTEMA CIENTÍFICO

Factor 3.- Recursos y resultados de la Universidad

- Personal universitario en I+D sobre el empleo (‰) (número de personas)
- Personal universitario en I+D sobre el empleo (‰) (equivalencia a dedicación plena)
- *Stock* capital tecnológico universidades per cápita (miles de euros 2008)
- Gasto en I+D de las universidades sobre el PIB (‰)
- Número de alumnos de tercer ciclo (% población)

Factor 4- POLITICA DE I+D E INNOVACIÓN

(Plan Nacional (PN) de Apoyo a la Investigación y el Desarrollo)

- PN proyectos de I+D respecto al gasto total en I+D (%)
- PN en RR.HH. respecto al gasto total en I+D (%)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2

Variables Output

Variables	Promedio	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
Patentes EPO por millón de habitantes	22,60	22,48	0,74	108,27
Patentes nacionales por millón de habitantes	68,22	41,72	14,66	214,57
Modelos de utilidad por millón de habitantes	57,20	32,77	7,24	146,09
Publicaciones científicas universitarias por miles de habitantes	0,92	0,52	0,20	2,95
Publicaciones científicas de las OPI y otros organismos de investigación científica por miles de habitantes	0,32	0,21	0,02	1,15

Fuente: Elaboración propia

Estadística; Oficina Española de Patentes y Marcas; Ministerio de Economía y Competitividad; Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y la Oficina Europea de Estadística. Se elaboró una amplia base de datos incluyendo unas 120 variables para el período 2000-2012. Después de analizar los datos y mediante un proceso de prueba y error, el propio análisis factorial conduce a estudiar la eficiencia con 23 variables (18 *inputs* y 5 *outputs*), las que se reflejan en los cuadros 1 y 2. La aplicación del análisis factorial ha reducido el conjunto amplio de variables iniciales a cuatro factores o variables sintéticas tal como se refleja en el cuadro 1⁵. Este modelo factorial proporciona una representación adecuada de los SRI en España, al cumplirse todos los requisitos estadísticos y conceptuales que son exigibles para ello. Por tanto, se pueden emplear los factores resultantes en ese modelo –expresivos de los recursos, organización e interrelaciones que describen a los sistemas de innovación– para abordar el análisis de la eficiencia innovadora de las regiones españolas. Respecto al *output* se tiene en cuenta tanto la producción científica (básicamente las publicaciones) como el *output* del sistema productivo (básicamente patentes y modelos de utilidad). El cuadro 2 indica las variables del *output* o de resultados de las actividades de I+D e innovación que se han utilizado en los análisis que se presentan en este artículo.

⁵ Por razones de espacio no se explica el proceso del análisis factorial y la razón de la selección e inclusión de cada una de los variables. Para estos aspectos véase Buesa *et al.* (2015).

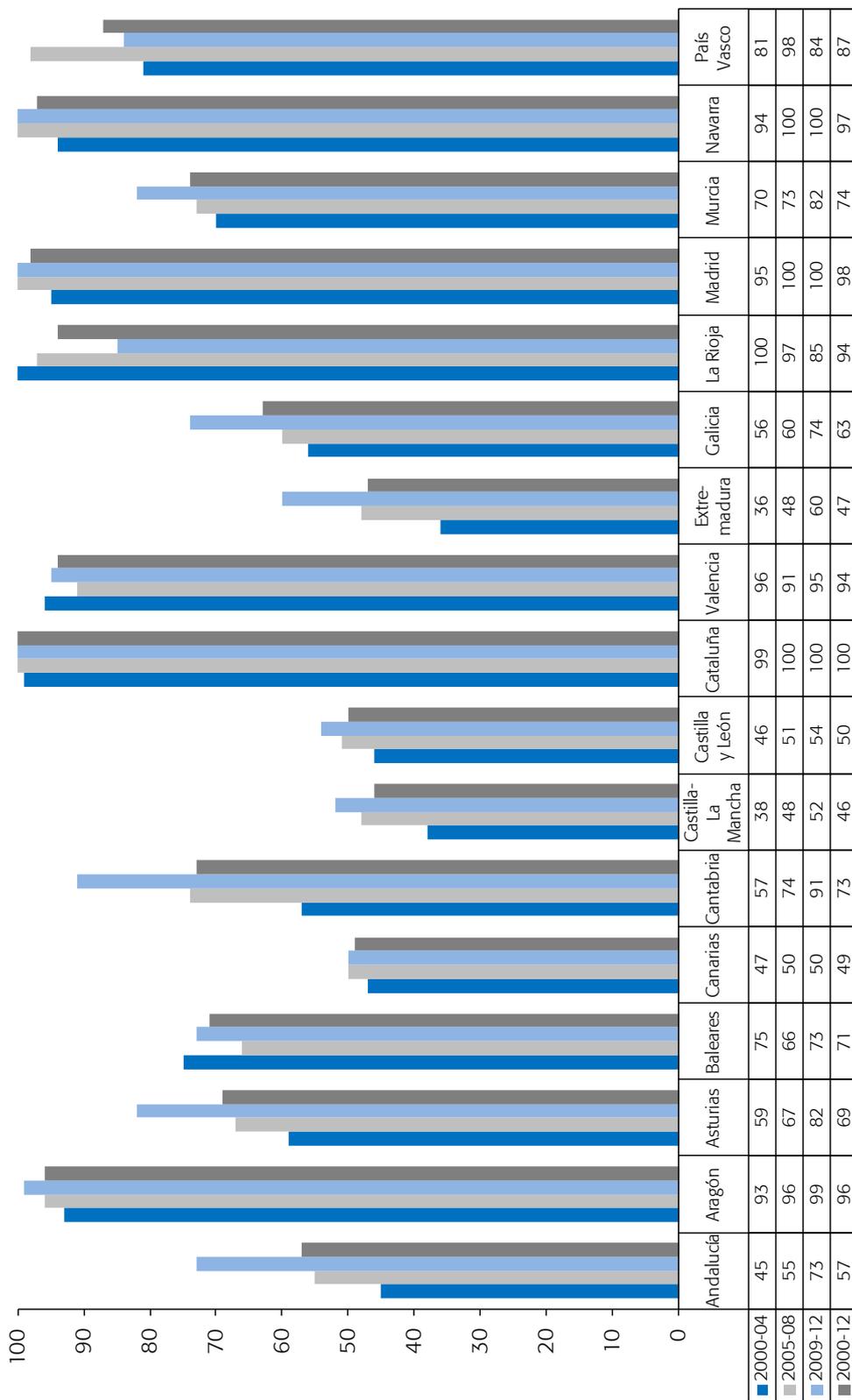
⁶ En el libro de Buesa *et al.* (2015) se ofrecen además de este índice global también dos índices parciales. El *IE del sector productivo* (IESP) donde el *output* son los patentes y modelos. Y el *IE del sector científico* (IESC) que recoge como *output* las publicaciones científicas. En este texto solo se expongan los resultados globales con alguna referencia a los índices parciales.

Un análisis estático de la eficiencia de los sistemas regionales de innovación (SRI) en España

El DEA se aplica a los factores obtenidos para establecer la frontera de eficiencia tomando como referencia los SRI españoles que utilizan la menor cantidad de *inputs* por unidad de *output* obtenida. Se trata de una frontera única para todo el período (enfoque estático) donde los índices en el tiempo son comparables entre sí y donde cada región en un año particular se considera como una unidad de análisis particular (DMU). Las regiones líderes, situadas sobre la frontera alcanzarán un índice de eficiencia relativa (IER) del cien por cien, mientras que el resto obtendrán un nivel de eficiencia que será una fracción expresada en porcentajes del nivel de la frontera. Además, se calcula la *eficiencia técnica pura versus la eficiencia de escala*, para analizar si las ineficiencias se deben a una mala asignación de recursos o a un problema de tamaño o masa crítica en la configuración del sistema regional de innovación (SRI). A continuación, se presenta el índice de eficiencia innovadora relativa global (IER)⁶ de las comunidades autónomas de España y su evolución en el tiempo, donde el *output* es una variable compuesta que recoge de forma simultánea el número de patentes, modelos y publicaciones (véase el gráfico 1).

Gráfico 1

Índice de eficiencia relativa global (IER)



Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia innovadora desde un enfoque estático

Los datos más recientes (2009-2012) indican que Cataluña, Madrid y Navarra están en la frontera de eficiencia global (gráfico 2) de los SRI en España, reflejando el máximo índice de eficiencia (IER=100). Otras dos regiones tienen un nivel de eficiencia cercano a la frontera (Aragón, 99 y la Comunidad Valenciana, 95). Estas cinco regiones han estado durante todo el período analizado (2000-2012) en o cerca de la frontera. Otro grupo con un nivel de eficiencia relativamente alto (un 10-20% por debajo de la frontera): Cantabria, 91; La Rioja, 85; País Vasco, 84; Asturias, 82; Murcia, 82. Y un cuarto grupo –con un nivel del 73-74%– consta de Galicia, Andalucía y Baleares. En el otro extremo, se encuentran los SRI menos eficientes: las dos Castillas y Canarias, donde la IER está en el 40-50 por ciento de la frontera configurada por las regiones líderes.

Comparando los IE globales con los dos índices parciales –del sector productivo (IESP) y del sistema científico (IESC, véase Buesa *et al.*, 2015)– se observan importantes diferencias. Primero, existe una clara convergencia en el tiempo de los índices de eficiencia global y el IESC, donde la gran mayoría de las regiones seguidoras mejoran su eficiencia media, acercándose al nivel de las líderes. Esta convergencia del IER global se debe exclusivamente a los resultados científicos ya que en el ámbito tecnológico se observa una tendencia de continua divergencia, de manera que trece regiones han disminuido sus IESP con respecto a la frontera. Y en segundo lugar el hecho que la distancia –en términos de eficiencia– entre los líderes en eficiencia y las regiones seguidoras es

mucho menor en el caso del índice global y del sistema científico que en el sistema productivo (eficiencia tecnológica)⁷. Es decir, en el ámbito productivo existe un mayor nivel de heterogeneidad y dispersión entre los niveles de eficiencia innovadora regional, mientras que para el sector científico (y para el índice global) se detecta mayor homogeneidad⁸, con muchas DMU con un IE en el intervalo de eficiencia intermedia (entre 50 y 80%).

Causas de las (in)eficiencias: ventajas de escala versus eficiencia técnica pura

En la sección anterior se ha analizado el nivel de eficiencia basado en el supuesto de rendimientos constantes de escala en la producción de *outputs* científicos y tecnológicos, sin tener en cuenta el tamaño óptimo en que operan las DMU o bien suponiendo que todas producen en una dimensión óptima de escala⁹. Este supuesto es difícil de sostener en una economía que funciona a base de la competencia imperfecta y la existencia de la necesidad de una masa crítica en combinación con ventajas de escala que pueden generar rendimientos marginales crecientes o decrecientes¹⁰. Los SRI pueden ubicarse en dos posiciones respecto al nivel óptimo de eficiencia (TOPS). Aquellas que están por debajo del TOPS (con una intensidad en I+D demasiado baja) tendrían rendimientos marginales (RM) crecientes ya que mejorarían su eficiencia al aumentar su tamaño –definido como intensidad innovadora–, o mejor dicho, su escala operativa. Los agentes en una escala operativa mayor al TOPS presentan rendimientos marginales decrecientes ya que, a medida que se aumenta su tamaño operativo, disminuirá su nivel de eficiencia.

⁷ En el caso de la eficiencia tecnológica el 27% de las DMU tiene un IER menor al 35%, mientras que para el caso global y científica los porcentajes de DMU con un IE muy bajo son el 1% y el 10%, respectivamente.

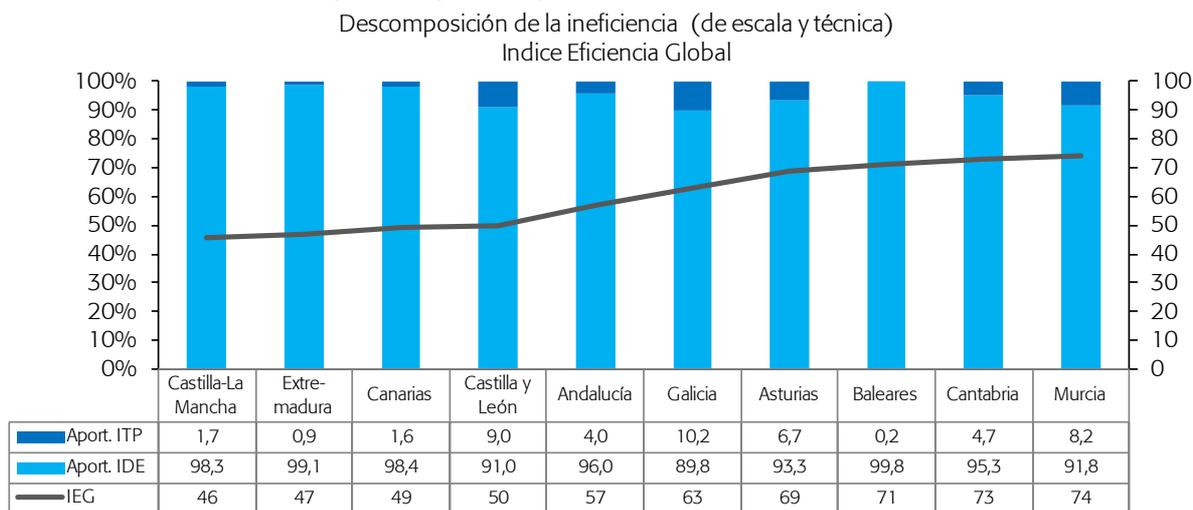
⁸ La desviación típica de los IER del sector productivo es mucho mayor (26,2) que en el ámbito científico (20,9) o del índice de eficiencia global (21,2).

⁹ Modelo CCR; Charnes, Cooper y Rhodes (1978).

¹⁰ Además, para una correcta interpretación de la aportación de la falta de ventajas de escala a la ineficiencia se debe tener en cuenta, en primer lugar, que nuestro estudio no analiza su existencia a nivel micro, o sea a nivel de empresas u otros agentes individuales del sistema de innovación (universidades, centros tecnológicos, etc...), sino a escala agregado regional. Un segundo aspecto que afecta a la interpretación de la eficiencia y de las ventajas de escala es el uso de variables relativas de *input* y *output*. El mero hecho de que en este estudio no se incluya ninguna variable que refleje de alguna forma el tamaño absoluto del SRI complica o dificulta todavía más el entendimiento directo del concepto “ventajas de escala” y convierte los resultados de nuestro estudio en hechos empíricos de carácter tácito o abstracto.

Gráfico 2

Descomposición de la eficiencia global: regiones seguidoras en eficiencia



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se aplica el DEA para analizar las posibles causas de la ineficiencia distinguiendo entre, por un lado, las (des)ventajas de escala y, por otro, el uso técnicamente eficiente de los recursos dentro de los parámetros de la escala en los que se encuentra la DMU. Para poder medir y/o aislar la aportación de ambas causas se calculan primero las *(in)eficiencias de escala usando el Modelo BCC* (véase Banker, Charnes y Cooper, 1984), en cuyo caso no se mide la (in)eficiencia real en el uso de los *inputs*, sino el efecto de la dimensión o tamaño no-óptimo de la región sobre la eficiencia. Es decir, en qué medida problemas de escala o tamaño relativo provocan que las regiones no puedan aprovecharse –o no– de las

ventajas de escala relativas existentes. Luego, por diferencia, se calcula *la ineficiencia técnica pura*, estableciendo en qué medida una región será técnicamente capaz de producir más con el mismo nivel de *input* operando a la misma escala que las regiones de control.

Para evitar errores en la interpretación¹¹ se presentan a continuación únicamente los resultados promedio de las regiones no-líderes (con unos IER por debajo del 70-80%)¹². Casi todas ellas reflejan en el modelo BCC valores próximos a 100. Lo cual significa¹³ que casi todas las ineficiencias se derivan de un problema de escala¹⁴. Dicho de otra forma, su ineficiencia se debe mayoritariamente

¹¹ Si se comparan las diferencias en la aportación de las dos causas de ineficiencia (problema de escala *versus* técnico) de las regiones líderes *versus* las seguidoras en eficiencia, se podría concluir intuitivamente que los líderes tienen un problema de escala mayor que sus seguidoras, pero no es así. Tal conclusión sería errónea, por un lado, porque en el caso de los líderes, la interpretación debe tener en cuenta que son regiones muy eficientes, lo que implica que una aportación aparentemente alta (por razones matemáticas la suma total de las aportaciones de ambas causas es el 100%) se refiere en realidad a problemas de escala o técnicos puros más reducidos. Es decir, en el caso de las regiones líderes un porcentaje alto no implica una desventaja de escala grande.

¹² Para los detalles en el caso de las regiones líderes véase Buesa *et al.* (2015).

¹³ Recuérdese que la aportación a la ineficiencia de los retornos a escala y de la ineficiencia técnica pura, se desagrega a partir del cociente entre los resultados del Modelo CCR y los del Modelo BCC. Por lo tanto el hecho que los valores BCC así obtenidos sean en general iguales o muy próximos a los que corresponden con los modelos CCR, implica que la ineficiencia se debe básicamente a desventajas de escala con un papel marginal de la ineficiencia técnica pura.

¹⁴ Para los dos índices parciales se han encontrado resultados muy similares.

al tamaño subóptimo del esfuerzo que se realizó al asignar recursos a sus sistemas innovadores, y solo en menor medida están causados por aspectos de carácter técnico. Esto es esperable ya que las regiones españolas comparten una base de conocimientos, procedimientos y técnicas comunes, así como el mismo “estado del arte tecnológico”. De hecho, en el grupo de las regiones de menor nivel de eficiencia, la ineficiencia de escala explica entre el 90-99% de la ineficiencia.

Se detectan cuatro regiones donde la aportación de la ineficiencia técnica pura (ITP) al nivel de ineficiencia global es menor al 2%, o sea, casi toda su ineficiencia se debe a su desviación de la escala operativa óptima (gráfico 2). Este grupo incluye cuatro regiones: Baleares (0,2%), Canarias (1,6%); Extremadura (0,9) y Castilla-La Mancha (1,7%). En otras tres regiones la ineficiencia técnica explica solo el 4-7% de la ineficiencia global (Andalucía, Asturias y Cantabria). El tercer grupo incluye otras tres regiones (Castilla y León, Galicia y Murcia) donde la aportación de la ITP es pequeña, aunque en este caso algo mayor (entre 8-10%). Resumiendo, las diez regiones aquí mencionados son técnicamente capaces de transformar sus recursos en I+D e innovación en un nivel aceptable de resultados y su ineficiencia se debe a la falta de escala o al tamaño operativo no óptimo de sus sistemas de innovación, medido por el nivel del esfuerzo relativo que realizan al dedicar recursos a la innovación.

Análisis dinámico: evolución de la eficiencia con una frontera de eficiencia variable

Comentarios metodológicos

Después de estimar los IER fijando una única frontera tecnológica para todo el período (enfoque estático) se presentan en esta sección los índices de eficiencia de cada año, de manera que la frontera de eficiencia —y la forma de la misma— cambia a lo largo del tiempo. Se empleará así, en esta sección una frontera intertemporal múltiple. Tal análisis dinámico diferencia si una mejora de eficiencia se debe a un cambio de la frontera o,

por el contrario, a un cambio en la relación insumos/resultados de esta región, o sea, su eficiencia técnica real. La interpretación de este cambio se debe realizar con cautela ya que para su correcta comprensión hay que tener en cuenta que se trata de una mejora relativa y no absoluta. Cabe recordar que, en la aproximación dinámica, el nivel de eficiencia relativa (o sea, el IER) puede mejorar bien porque la región asigna sus recursos de manera más eficiente (mejora técnica real) o bien porque las regiones ubicadas en la frontera han perdido eficiencia (o sea, una mejora aparente o solo nominal causada por un cambio de frontera). Otro problema es que se espera —intuitivamente— que una mejora del nivel de eficiencia de los líderes (con IER 100), *ceteris paribus*, implique para todas las demás DMU una pérdida de eficiencia relativa (disminuyendo su IE). Sin embargo, para una correcta interpretación, se debe tener en cuenta que la frontera tecnológica es una curva que no solamente se desplaza de forma paralela sino también puede bascular alrededor de un cierto punto e incluso cambiar de forma. Tales modificaciones implican que el cambio de frontera no tiene el mismo efecto para todas las DMU. La basculación y/o cambio de forma puede implicar que algunas DMU mejoren su IE, mientras que simultáneamente, otras empeoren su nivel de eficiencia (sin que ninguna de ellas se mueva). Esto implica que el análisis de los IE, y especialmente su cambio en el tiempo, es un asunto complejo que puede reflejar cambios aparentes o intuitivamente contradictorios, y por ello la interpretación de los resultados se debe realizar de forma cautelosa.

Los instrumentos analíticos del DEA permiten descomponer en qué medida la mejora o el empeoramiento se debe a un aumento de la eficiencia, o bien, a una pérdida de eficiencia de los líderes (cambio en la frontera) mediante el cálculo del índice de Malmquist (basado en la técnica propuesta por Färe *et. al.*, 1989). De acuerdo con este enfoque, el cambio de la eficiencia puede explicarse por el efecto de dos componentes. Primero un cambio de la *eficiencia técnica pura o real* o efecto *catching-up*, que recoge la variación de *eficiencia real* que un SRI experimenta en relación a las mejoras de su propio sistema innova-

dor¹⁵. Y segundo un cambio de la frontera o efecto *frontier shift*¹⁶, que refleja un cambio nominal o una *mejora aparente de la eficiencia*¹⁷ debido al desplazamiento experimentado por la frontera eficiente entre dos períodos consecutivos de tiempo.

El producto de ambos nos proporciona el cambio de índice de eficiencia (IMQ)¹⁸. Se debe destacar que estos cambios se basan en indicadores relativos y, por lo tanto, no siempre varían en el mismo sentido. Un análisis de la descomposición del índice Malmquist es muy importante porque nos permite explicar la evolución y las causas del cambio de la productividad o eficiencia del SRI a lo largo del tiempo. La interpretación del valor de los tres elementos o índices de cambio se aplica, como es de costumbre en el caso de números índices, a partir del valor de la unidad. *Un índice de Malmquist (IMQ) mayor o superior a la unidad* significa que el índice de eficiencia relativa (IER) ha mejorado respecto al año anterior; de lo contrario, un IMQ menor que uno se identifica con un empeoramiento del nivel de eficiencia. Por último, si el IMQ es igual a la unidad significa que el IER se ha mantenido constante de un año a otro.

Análisis dinámico para las regiones “seguidoras” en eficiencia

El gráfico 3 refleja los resultados del análisis dinámico resumiendo el número de años del período 2000-2012 en los que el valor de los índi-

ces fue mayor o menor a uno. Como en el caso del análisis estático, los datos de los líderes son difíciles de interpretar por lo que solo se explica la evolución de los Índices de Malmquist para las diez regiones de menor nivel de eficiencia¹⁹. El gráfico 3 comprueba que para cada región la mayoría de sus doce IMQ tienen valores mayores a uno. Es decir, las regiones seguidoras han mejorado sus IER respecto a las líderes confirmando el proceso de convergencia señalado por los resultados del análisis estático. Las regiones con un mayor nivel de convergencia son Cantabria (10-2), Asturias (10-2) y Andalucía (12-0)²⁰ mientras que la convergencia ha sido menor en Canarias (8-4), Murcia (8-4) y especialmente reducida en Baleares (7-5) y Castilla-La Mancha (7-4).

Para aclarar si la causa de la convergencia se debe a un efecto estadístico (efecto frontera) o se basa en una mejora técnica real se analizan los dos índices correspondientes. En el caso de dos regiones, la mejora de su eficiencia se debe a ambas causas. Andalucía y Asturias aumentan con cierta frecuencia su eficiencia técnica pura (ICETP) pero simultáneamente su ICETP empeora en 4-5 de los años observados, lo que indicaría solamente una mejora –aunque quizás limitada– de su eficiencia real. Por otro lado, el aumento de los IE de estas regiones se ha visto claramente beneficiado por el retroceso de la frontera eficiente²¹. Es decir, los aumentos de la eficiencia innovadora relativa de las dos regiones ha sido impulsada por ambos

¹⁵ Reflejado mediante el índice del cambio de eficiencia técnica pura (ICETP). Cuyos valores mayores a la unidad implican un efecto positivo de la eficiencia real sobre la eficiencia, mientras que los valores menores a uno implican un empeoramiento de la eficiencia técnica pura y, por ende, del IER. Si el ICETP es igual a uno el IER de la región no se altera.

¹⁶ Reflejado mediante el índice de cambio de la frontera tecnológica (ICFT). Un valor mayor a uno, implica que el cambio de la frontera eficiente tiene un efecto positivo sobre el IE relativo, mientras que un índice CFT menor a la unidad perjudicaría al IER de las regiones. Si el ICFT es igual a la unidad, el cambio de la frontera de eficiencia no afecta al IER de la región.

¹⁷ Los términos “nominal” o “efecto estadístico” indican, en este texto, una variación (mejora o empeoramiento) del nivel de eficiencia relativa que se debe a un cambio de frontera sin que la región altere su eficiencia técnica real. Incluso las mejoras real y nominal pueden aparecer de forma simultánea provocando una mejora del IE relativo de manera conjunta.

¹⁸ El cálculo del índice de Malmquist (IMQ) se basa en el producto del índice de “Catching Up (ICUP)” por el índice “Frontier Shift (IFS)” ($ICUP * IFS = IMQ$).

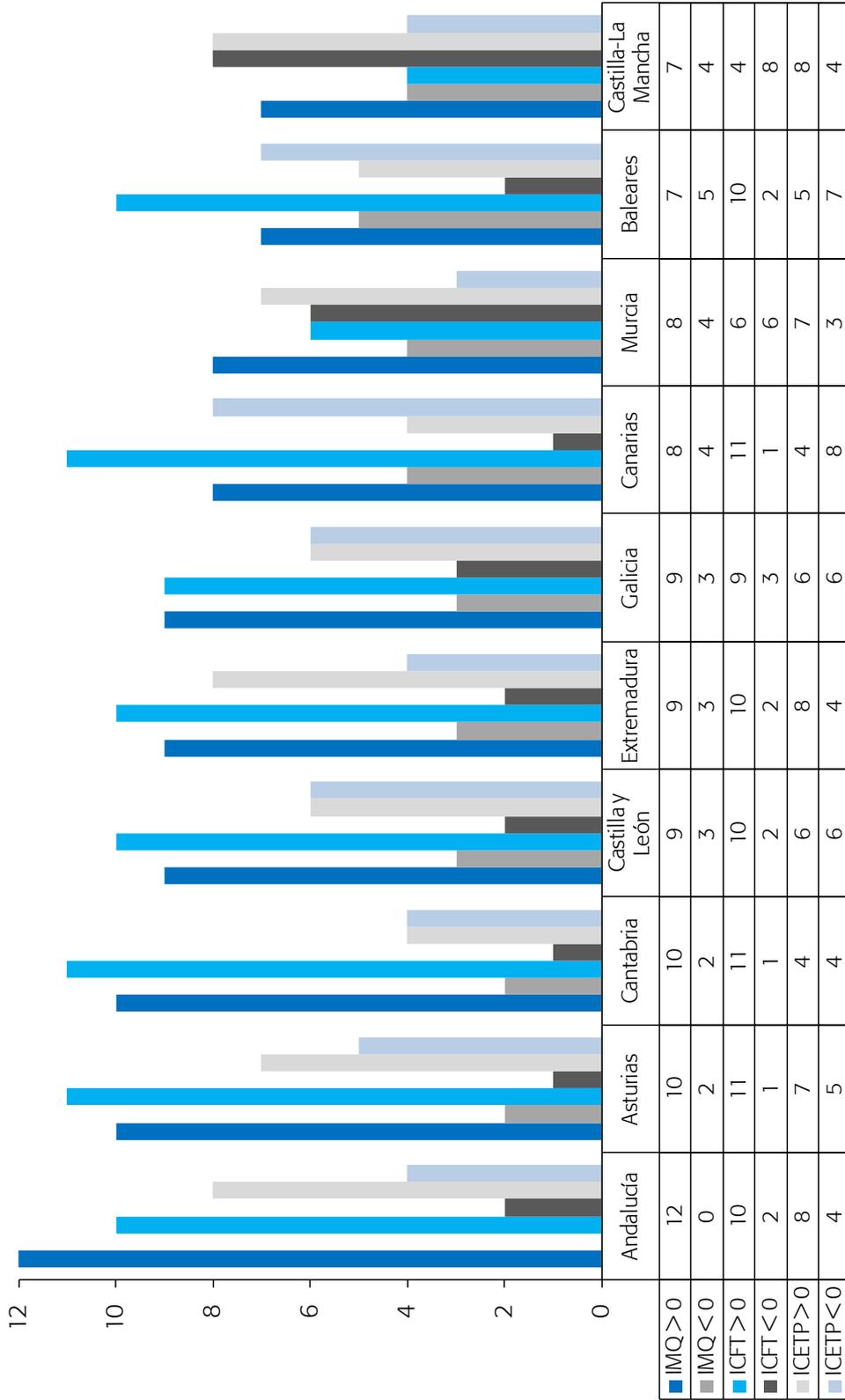
¹⁹ Véase Buesa *et al.* (2015) para la visión completa

²⁰ En esta sección se indica entre paréntesis primero el número de años que el índice correspondiente (en este caso IMQ) fue mayor a uno (o sea, el índice correspondiente refleja una mejora del índice de eficiencia IMQ o tiene un efecto positivo sobre el IE, como en el caso del ICETP o ICFT), seguido del número de años con valores menor a uno, indicando un empeoramiento.

²¹ Éstas reflejan unos ICFT mayor a uno en 10-11 años del período analizado

Gráfico 3

Un análisis dinámico: los índices de Malmquist, los ICETP y los ICFT



Nota: Número de años que mejora o empeora el índice de eficiencia relativa o que el ICETP o el ICFT tiene un impacto positivo o negativo sobre el IE.
Fuente: Elaboración propia.

efectos. En el caso de Cantabria parece que su nivel de eficiencia técnica pura apenas se modificó y que se mantuvo más bien constante²².

Existen otras tres regiones que han mejorado, aunque de forma menos frecuente, su índice de eficiencia relativa (Extremadura, 9-3; Castilla y León, 9-3; y Galicia, 9-3). En estos casos es difícil discernir si mejoran su eficiencia técnica pura o bien se benefician de un desplazamiento de la frontera. Las IER de estas tres regiones se han beneficiado con mucha frecuencia (en 9-10 de los doce años)²³ del acercamiento de la frontera mientras que el número de años que refleja una mejora real de su eficiencia técnica pura es menor²⁴. Es decir, a pesar de la progresión de su eficiencia técnica real, parece que el aumento de su IE relativo es, sobre todo, un efecto basado en el desplazamiento de frontera.

Hay asimismo otras cuatro comunidades autónomas cuyo nivel de eficiencia era claramente menor al nivel de las regiones líderes (véase el gráfico 2). Se puede constatar que también en estas regiones aparece con mayor frecuencia una mejora de sus IE relativos (Castilla La Mancha, 7-4; Canarias, 8-4; Baleares, 7-5; y Murcia, 8-4)²⁵. En el caso de los dos archipiélagos (Baleares y Canarias) la mejora en el IMQ se debe sobre todo a un efecto aparente, ya que para estas regiones los índices ICFT son mayores a uno en casi todos los años (11 y 10 años respectivamente), mientras que sus índices de eficiencia técnica pura o real solo superan la unidad en 5 y 4 años, siendo menor que uno en 7 y 8 años, respectivamente. Es decir, estas regiones han visto empeorada su capacidad técnica pura en estos 7-8 años. Por otro lado, las regiones de Murcia y Castilla-La Mancha han mejorado respectivamente su eficiencia técnica real en 7 y 8 años del período analizado y, por el contrario, su IE relativa se ha visto perjudicado por el cambio de la frontera en 8 y 6

años respectivamente. Es decir, en el caso de los archipiélagos se aprecia que la mejora de su IE relativa depende de forma casi exclusiva de los cambios de la frontera tecnológica, en combinación con una pérdida de eficiencia técnica pura, mientras que, por el contrario, Murcia y Castilla-La Mancha han mejorado su eficiencia técnica pura, viéndose frecuentemente perjudicadas por los cambios de frontera. Respecto a las siete regiones líderes en eficiencia innovadora, aparentemente la Comunidad Valenciana, Cataluña, La Rioja, y en menor medida Aragón han visto disminuir su nivel de eficiencia real respecto a otras regiones, mientras que Navarra mantiene el liderazgo y un nivel de eficiencia muy alto y Madrid incluso ha mejorado su eficiencia técnica pura. Cabe recordar que estos cambios de "frontera" se refieren a alteraciones pequeñas entre las propias regiones líderes (con IE que oscilan entre 90 y 100), aunque en su conjunto, el nivel de eficiencia global de este grupo de regiones se ha acercado al nivel de las regiones seguidoras.

Conclusiones y comentarios finales

Los resultados obtenidos indican que los sistemas regionales de innovación más eficientes en relación al trienio más reciente de la serie —que equivalen al inicio de la crisis—, son los de Cataluña, Madrid, y Navarra seguidos por otras dos regiones muy próximas a la frontera (Aragón, y la Comunidad Valenciana). El grupo de regiones con una eficiencia relativa intermedia o alta vendría constituido por Cantabria, La Rioja, el País Vasco, Asturias y Murcia. Los sistemas de I+D de Galicia, Andalucía y Baleares se sitúan en un nivel de eficiencia relativa media-baja, en tanto que los más alejados de la frontera corresponden a Canarias, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Extremadura. Respecto a la eficiencia tecnológica referida al sector productivo (patentes y modelos por cápita) La

²² En cuatro de los doce años su ICEP mejoró, en otros cuatro años su eficiencia técnica puro retrocedió y en los restantes años analizados se mantuvo constante.

²³ En dos o tres años su ICETP ha sido menor a uno.

²⁴ El número de años con un ICETP mayor a uno fueron 6 en el caso de Castilla y León y Galicia y 8 en Extremadura.

²⁵ Como muestran el hecho que en 7-8 de los 12 años analizados sus IMQ fueron mayores a uno aunque a la vez en 4-5 años estos índices fueron menores a la unidad.

Rioja y el País Vasco se incorporan al grupo de líderes. Por su parte, en el caso de la frontera científica (publicaciones científicas per cápita), se observan únicamente tres regiones líderes: Cataluña, Madrid y Navarra. Si se analiza la posición de cada una de las regiones en el *ranking* de eficiencia según la media de su índice de eficiencia de los trece años analizados, no se observan grandes diferencias, y las dos formas de análisis –estática y dinámica– llegan, como no puede ser de otra forma, a conclusiones muy parecidas.

Se ha detectado una dispersión regional mucho mayor en la eficiencia del sector productivo que en el sector científico. De hecho en este último se ha observado una convergencia continua y clara, mientras que en el sector productivo los índices muestran una divergencia en el tiempo donde las regiones menos eficientes han perdido eficiencia en términos relativos (respecto a la frontera de eficiencia determinada por las regiones líderes).

A su vez, un estudio más pormenorizado apunta a que –sobre todo en el caso de los sistemas más alejados de la frontera de eficiencia–, el grueso de las ineficiencias deriva de que las DMU están operando en una escala subóptima. Es decir, que en las regiones menos eficientes, es la dimensión operativa –que, en nuestro caso, hay que interpretarlo no como un valor absoluto (tamaño) sino más bien en términos del esfuerzo de asignación de recursos a las actividades de creación de conocimiento en cada región– la que conduce a la obtención de *outputs* que, en vista de la combinación de *inputs* que presentan, se sitúa por debajo del nivel que, objetivamente, cabría esperar en función de los insumos que consumen. En este sentido, al componente debido a la eficiencia técnica pura le corresponde, en las regiones menos eficientes, un papel insignificante, y que solamente adquiere mayor relevancia a medida que nos acercamos más a la frontera de eficiencia. Esto es esperable ya que las regiones españolas comparten una base de conocimientos, procedimientos y técnicas comunes, así como el mismo “estado del arte tecnológico”. Conviene recordar, que tal y como está planteado el modelo DEA, el nivel de eficiencia/ineficiencia de cada DMU está

calculado con respecto al de otra DMU que, por su tamaño y configuración de los factores, resulte comparable; y, además, que la estimación siempre se realiza aplicando un criterio de máximo beneficio para la región analizada. Es decir, que los niveles de ineficiencia serán en todo caso los más optimistas desde el punto de vista de la región analizada.

Por otra parte, la investigación ha puesto de relieve que, dentro del modelo de frontera intertemporal única, se ha ido produciendo un cierto proceso de convergencia, a lo largo del período de análisis, con respecto al nivel de eficiencia de las regiones más aventajadas. Esta aproximación entre los SRI menos eficientes y los más eficientes, ha gravitado principalmente sobre las actividades de investigación científica. Los resultados muestran que, con respecto a los *inputs* utilizados, el *output* de publicaciones académicas es cada vez más homogéneo. Es muy probable que este resultado sea una consecuencia favorable de los incentivos introducidos por la legislación universitaria y la política científica para estimular la producción académica de los profesores en la enseñanza superior, al hacer depender su carrera de sus resultados de investigación bajo la forma de publicaciones.

Sin embargo, esa convergencia no se constata por lo que concierne a los resultados en forma de patentes y modelos de utilidad que se desprenden, sobre todo, de las actividades de creación de conocimiento en las empresas innovadoras. Los sistemas de innovación regionales adolecen en muchos casos, dentro de España, de una importante debilidad del segmento de empresas innovadoras. Una debilidad que, además, se ha acentuado en los últimos años, pues la crisis financiera ha ocasionado la desaparición de una parte muy importante de estas empresas, con la consiguiente pérdida de capital tecnológico y de capacidad de innovación. La política económica no ha sido capaz de detener ese deterioro y tampoco ha sabido estimular la aparición de empresas innovadoras, en especial en las regiones que han resultado ser poco eficientes en la asignación de recursos a la innovación.

Tal y como ha quedado expuesto a lo largo de este artículo, en este tipo de estudio conviene complementar el análisis estático con otro de corte dinámico. Este se lleva a cabo calculando el índice de Malmquist, que viene a evidenciar una clara convergencia a lo largo del período estudiado entre los sistemas regionales de innovación más eficientes y los más rezagados, si bien los datos obtenidos parecen apuntar, en principio, a que esta convergencia pudiera ser consecuencia de un efecto aparente de desplazamiento de frontera. Sin embargo, en regiones como Andalucía, Murcia, Extremadura y, en menor medida, también Asturias, esta convergencia fruto del cambio de la frontera, se ve simultáneamente reforzada por una mejora de su eficiencia técnica pura. Se confirman así, a partir del modelo frontera intertemporal múltiple, las conclusiones antes apuntadas acerca de la convergencia que han experimentado, en cuanto a la eficiencia de sus sistemas de innovación, las regiones españolas.

La evaluación de la eficiencia científico-tecnológica de los sistemas regionales de innovación españoles se puede enfocar también desde la perspectiva opuesta a la anterior, es decir, desde el análisis de sus niveles de ineficiencia. Esta perspectiva de análisis se ha efectuado paralelamente para el modelo de frontera intertemporal única y para el de fronteras intertemporales múltiples. Los resultados así obtenidos, además de volver a constatar el ya señalado hecho de la convergencia en la eficiencia entre regiones, permiten desglosar el peso relativo de la ineficiencia regional debido a cada uno de los factores, así como establecer una tipología de las ineficiencias que agrupe aquellas regiones que presenten pautas de ineficiencias similares. Se pone así de relieve, que el mayor potencial de mejora lo presenta en todos los casos el factor *Plan Nacional de I+D* –hasta el punto de poder afirmar que este instrumento, lejos de ser un elemento de cohesión se erige en un ente distorsionador de la eficiencia científico-tecnológica regional–, seguido de las *Universidades*, las *Empresas innovadoras* y la *Administración Pública*, todas ellas con niveles potenciales de mejora muy

similares. No obstante, si tratamos por separado el modelo del sector productivo (patentes y modelos de utilidad per cápita), el segundo factor de ineficiencia detrás del *Plan Nacional de I+D* resulta ser la *Administración Pública*. Por el contrario, en el caso del modelo científico-tecnológico (publicaciones per cápita), la segunda causa de ineficiencia son las *empresas* y las *universidades* (si bien con niveles muy similares a los de la *Administración Pública*).

En función de las pautas de estas ineficiencias presentadas por las comunidades autónomas, se puede establecer una clasificación de los sistemas regionales de I+D, formada por cinco categorías: (a) Los *sistemas ineficientes* estancados y sin una dinámica clara, a saber: Canarias y Murcia²⁶; (b) los *sistemas ineficientes pero convergentes*, tal que son: Andalucía, Galicia, Asturias, Baleares, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Extremadura; (c) los *sistemas parcialmente eficientes*, que incluyen a la Comunidad Valenciana, el País Vasco así como Cantabria; (d) los *sistemas eficientes*, formados por Navarra, Aragón y La Rioja; (e) los *sistemas altamente eficientes*, que incluyen la Comunidad de Madrid y Cataluña.

En resumen, el estudio viene a demostrar sendas conclusiones relevantes de cara al diseño e implementación de políticas científico-tecnológicas. En primer lugar, pone de manifiesto la conveniencia –cuando no necesidad– de llevar a cabo estudios como el aquí planteado, que no solo analicen el rendimiento de la I+D y de la innovación en una perspectiva comparativa internacional de las macromagnitudes relevantes (tales como el gasto en I+D sobre el PIB), estableciendo como objetivo prioritario el de lograr determinadas metas en estas variables –que, además, con frecuencia resultan ser inalcanzables en la práctica–, sino el de garantizar que el empleo que se hace de los recursos disponibles se lleve a cabo de la manera más óptima posible (idéntica situación se da en el caso del mero análisis de ratios *input/output*). Esto conlleva evitar cualquier tipo de “despilfarro” de recursos, es decir, la voluntad de asumir la decisión política de retraer los recursos de aque-

²⁶ Lo anterior pese a que se observa una mejora en el nivel de eficiencia de esta región a lo largo del período bajo estudio (véase gráfico 2).

llos agentes que resultan menos eficientes y más distorsionadores del sistema, a favor de aquellos otros en los que un aumento de los medios asignados sí ha de plasmarse de forma directa en un mayor *output*. Es decir, implica abandonar la castiza política del “café para todos” por una distribución más eficiente de los recursos, que la aleje de los fines redistributivos y de convergencia (óptimo social) a favor de una optimización estrictamente económica.

De forma más general, podemos concluir la conveniencia de revisar el enfoque original de la evaluación de política tecnológica y del rendimiento de los SRI por medio de herramientas matemáticas como el análisis DEA que permitan plasmar adecuadamente la articulación entre insumos y resultados de los sistemas, más allá del mero cálculo de ratios, habida cuenta de la fuerte desarticulación entre I+D e innovación —es decir, entre la investigación y desarrollo básico y la aplicación a productos novedosos comercializables— de la que adolecen los sistemas regionales de innovación de España en general.

Para esta revisión del enfoque de la política científica y tecnológica —que, en definitiva, debe conducir a reasignar los recursos que las administraciones públicas destinan a la promoción de las actividades e infraestructuras de investigación— los resultados globales de nuestro análisis pueden ser relevantes. En ellos se muestra que, sobre el nivel de eficiencia regional, actualmente influyen positivamente los factores *empresas y universidades*, lo que señala que, en los casos de los SRI ineficientes, es sobre las variables incluidas en esos factores, sobre las que habría que incidir con más intensidad y de manera simultánea. La política de innovación no debe resolverse asignando más recursos únicamente a las universidades o a las empresas innovadoras, sino que debe encontrar en su instrumentación un tratamiento equilibrado de ambos tipos de actores del sistema de innovación.

A su vez, de esos resultados se desprende también la influencia negativa que tiene el factor *administraciones públicas* sobre la eficiencia. La creación de organismos o unidades públicas de investigación es, como señaló tempranamente

Arrow (1962), una mala solución institucional para la asignación de recursos a la investigación, básicamente porque no resuelve el problema de incentivos derivado de la incertidumbre, que afecta a la actividad investigadora. Arrow señaló que solo si esos organismos dependen, de una u otra forma, de la demanda de sus productos científicos o tecnológicos, no existiría dicho problema de incentivos, como ocurre por ejemplo con las unidades de investigación dedicadas a la agricultura, los problemas biosanitarios y el sector aeroespacial. Fuera de esos campos, no debería haber organismos públicos de investigación. Pero en España los hay y en gran cantidad. No olvidemos que, en el período que se ha analizado en este trabajo, las comunidades autónomas han creado casi tres centenares de unidades de esa naturaleza, que se suman al centenar sobrado que ya existía. Por ello, no sorprende que el factor *administraciones públicas*, tenga la señalada influencia negativa sobre la eficiencia regional en innovación. En consecuencia, una revisión completa de esos organismos, de su papel real y de su eventual integración en las universidades, podría ser aconsejable.

Por último, cabe indicar la importancia de que estudios similares al aquí presentado, se generalicen a otros ámbitos y sectores. Así, sería plausible plantear un análisis de la eficiencia de los diferentes órganos que configuran la Administración Pública, del sistema universitario, de la gestión sanitaria, etc. Pero, centrándonos nuevamente en el objeto de nuestro estudio, los sistemas regionales de innovación, sería conveniente realizar una comparativa de la eficiencia con otras regiones de la Unión Europea, tanto en su conjunto, como específicamente para aquellas de la costa Mediterránea. Las conclusiones así obtenidas permitirán avanzar aún más en el principio de que no solo es conveniente gastar más —si se hace de forma ineficiente, todo esfuerzo resultará neutralizado, al menos fuertemente mermado, desde su resultado económico— sino mejor.

Referencias

ARROW, K. (1962), “Economic welfare and the allocation of resources for invention,” *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press: 609-625.

- BANKER, R.; CHARNES, A., y W. W. COOPER (1984), "Some models for estimating technical and scale efficiencies in DEA," *Management Sciences*, 30(9): 1078-1092.
- BUESA, M.; HEIJS, J.; BAUMERT, T. H., y C. GUTIERREZ-ROJAS (2015), *Eficiencia de los Sistemas Regionales de Innovación en España*, Funcas, Estudios de la Fundación, Madrid.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W., y E. RHODES (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- DEBREU, G. (1951), "The coefficient of resource utilization," *Econometrica*, 19(3): 273-292.
- ERA-WATCH (2012), Country report for Spain. Editor ERA-watch Network. ERA-watch strategic intelligence service – operational phase <http://cordis.europa.eu/erawatch/index.cfm?fuseaction=reports.content&topicID=600&parentID=592>
- FÁRE, R.; GROSSKOPF, S.; LINDGREN, B., y P. ROSS (1989), "Measuring School District Performance," *Public Finance Quarterly*, 17(4): 409-428.
- FARRELL, M. J. (1957), "The measurement of productive efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, vol. 120(III): 253-266.
- FRITSCH, M. (2004), "Cooperation and the efficiency of regional R&D activities," *Journal of Economics*, 28: 829-846.
- FRITSCH M., y V. SLAVTICHEV (2010), "How does industry specialization affect the efficiency of regional innovation systems? [J]," *The Annals of Regional Science*, 45(1): 87-108.
- GRILICHES, Z. (1958), "Research cost and social returns: hybrid corn and related innovations," *Journal of Political Economy*, vol. 66: 419-431.
- KLINE, S., y N. ROSENBERG (1986), "An Overview of Innovation," en: Landau / Rosenberg (1986), National Academy Press.
- KOOPMANS, T. C. (1951), "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities," en: KOOPMANS (ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation*, Monografía nº 13, Cowles Commission for Research in Economics, New York, John. Lassibille.
- MAKKONEN, T., y R. HAVE (2013), *Benchmarking regional innovative performance: composite measures and direct innovation counts* *Scientometrics*, 94: 247-262.
- NELSON, R. (1959), "The Simple Economics of Basic Scientific Research," *Journal of Political Economy*, 67.
- SCHUMPETER, J. A. (1942), *Capitalism, socialism and democracy*, Harper and Brothers, Nueva York.