

ESTUDIOS  
DE LA FUNDACIÓN

SERIE ANÁLISIS

## ■ EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA

---

Mikel Buesa (director)  
Joost Heijs  
Thomas Baumert  
Cristian Gutiérrez Rojas







ESTUDIOS  
DE LA FUNDACIÓN

SERIE **ANÁLISIS**





ESTUDIOS  
DE LA FUNDACIÓN

SERIE ANÁLISIS

# EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA

---

Mikel Buesa (director)  
Joost Heijs  
Thomas Baumert  
Cristian Gutiérrez Rojas

## FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS

## PATRONATO

ISIDRO FAINÉ CASAS  
JOSÉ MARÍA MÉNDEZ ÁLVAREZ-CEDRÓN  
FERNANDO CONLLEDO LANTERO  
MIGUEL ÁNGEL ESCOTET ÁLVAREZ  
AMADO FRANCO LAHOZ  
MANUEL MENÉNDEZ MENÉNDEZ  
PEDRO ANTONIO MERINO GARCÍA  
ANTONIO PULIDO GUTIÉRREZ  
VICTORIO VALLE SÁNCHEZ  
GREGORIO VILLALABEITIA GALARRAGA

## DIRECTOR GENERAL

CARLOS OCAÑA PÉREZ DE TUDELA

Printed in Spain

Edita: FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS (Funcas)

Caballero de Gracia, 28, 28013 - Madrid

© FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS (Funcas)

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita del editor.

ISBN: 978-84-15722-41-0

ISBN: 978-84-15722-42-7

Depósito legal: M-34429-2015

Maquetación: Funcas

Imprime: Cecabank



## **RESUMEN EJECUTIVO**



El presente documento tiene por objeto llevar a cabo una estimación –y posterior análisis– del nivel de eficiencia relativa de los sistemas regionales de innovación españoles para el período comprendido entre 2000 y 2012. Dada la singular importancia que a la I+D y a la innovación le corresponden como elementos centrales de la competitividad, productividad y, por ende, del crecimiento económico y del nivel de empleo de una economía, resulta crucial estudiar en qué medida los recursos empleados por los agentes que configuran estos sistemas son aprovechados de forma óptima o si, por el contrario, intervienen en los procesos de producción con despilfarros.

El procedimiento de análisis empleado para alcanzar este fin, es el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por su acrónimo inglés) combinado con el método econométrico conocido como análisis factorial. El DEA es una técnica de estimación no paramétrica –es decir, basada en métodos de programación lineal– que permite evaluar la eficiencia de cada sujeto o Unidad Tomadora de Decisiones (DMU, por su acrónimo inglés) de un conjunto de datos con respecto a la frontera determinada por el conjunto de DMU. Este procedimiento, a pesar de presentar algunas limitaciones en lo referente a su capacidad inferencial, ha mostrado ser extraordinariamente útil como herramienta de evaluación no ya de la eficiencia empresarial sino también –con las correspondientes precauciones– de los sistemas de I+D y de innovación, habida cuenta su gran flexibilidad funcional y la robustez de sus resultados.

Como paso previo al propio análisis DEA, se ha llevado a cabo un análisis factorial a fin de reducir el número original de variables regionales referidas a la I+D y a la innovación, a cuatro “variables sintéticas” (factores) que retienen el 84% de la varianza total contenida en los datos originales. De esta forma se obtienen –por métodos econométricos objetivos– cuatro factores fácilmente interpretables y que encajan adecuadamente con los elementos esenciales configuradores de los sistemas de innovación descritos por la literatura teórica y empírica, a saber: las *empresas innovadoras*, las *administraciones públicas* como agentes del sistema regional de I+D, las *universidades* como agentes del sistema regional de I+D así como un cuarto factor referido a las políticas científicas y tecnológicas, englobadas bajo el *Plan Nacional de I+D+i*. Estos cuatro factores son los empleados en el presente estudio como insumos a la hora de analizar el grado de eficiencia de las comunidades autónomas en materia de I+D, contraponiéndolas a los resultados científicos y de innovación, medidas en términos del número de *patentes*, número de *modelos de utilidad* y de número de *publicaciones científicas* de la región (todos ellos en términos per cápita).

El análisis de la eficiencia por medio del procedimiento DEA tal y como se emplea en el presente documento, permite desglosar la eficiencia técnica global en la *eficiencia técnica pura* –que alude a la utilización óptima de los *inputs* en relación a los *outputs*– y la *eficiencia técnica de escala* –que refleja si la unidad de decisión opera en los tramos de escala o dimensión óptima–; simultáneamente, se puede optar por analizar todos las DMU como un único conjunto de datos –*modelo de frontera intertemporal única*–, o calculando una frontera de eficiencia nueva por cada año de la serie –*modelo de frontera intertemporal múltiple*– en cuyo caso se podrá diferenciar, a su vez, en qué medida la variación interanual de la eficiencia relativa de una región se debe a un cambio de la *eficiencia técnica propia*, o a un *desplazamiento de la frontera general de eficiencia*.

Los resultados obtenidos indican que existen aún importantes diferencias entre los grados de eficiencia de los sistemas regionales de innovación españoles, y apuntan a que la principal causa de esa ineficiencia radica en variables englobadas en los factores *Plan Nacional de I+D y administraciones públicas*. No obstante, y desde una perspectiva dinámica ha de destacarse la evidencia de una clara convergencia entre los niveles de eficiencia regional en materia de I+D e innovación, debida tanto a una mejora relativa de las regiones más atrasadas, como de un desplazamiento –sobre todo a partir de la crisis económica– de la propia frontera. A su vez el análisis desglosado de la eficiencia científica y tecnológica, demuestra, en media, niveles de eficiencia muy superiores en el primer caso frente al segundo, poniendo así nuevamente de relieve, la falta de articulación entre I+D y ciencia básica y la transformación de los frutos de estas investigaciones en productos comercializables.

A partir de los resultados obtenidos se derivan una serie de importantes conclusiones y recomendaciones de cara al diseño e implementación de una política científica y tecnológica que optimice el empleo de los recursos disponibles de cara a una mejora de los rendimientos globales de los sistemas regionales de innovación españoles.

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>7</b>
--------------------------	----------

**PARTE I**

<b>INTRODUCCIÓN, CONCEPTOS BÁSICOS, REVISIÓN DE LA LITERATURA Y EXPLICACIONES METODOLÓGICAS</b>	<b>15</b>
---	-----------

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>17</b>
---	-----------

1.1. LA EFICIENCIA EN LAS ACTIVIDADES INNOVADORAS EN LA TEORÍA ECONÓMICA	20
--	----

1.2. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE MIDEN LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS (REGIONALES) DE INNOVACIÓN	21
---	----

<b>CAPÍTULO 2. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN</b>	<b>29</b>
--	-----------

2.1. INTRODUCCIÓN	31
-------------------	----

2.2. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS: GÉNESIS Y PRIMER DESARROLLO	32
---	----

2.3. DESARROLLOS MODERNOS DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS	33
--	----

2.4. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN Y EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS	38
---	----

2.5. ANÁLISIS DINÁMICO: EL ÍNDICE DE MALMQUIST	44
--	----

2.6. ¿PUEDE CONSIDERARSE EL DEA UNA TÉCNICA ESTADÍSTICA?	49
--	----

<b>CAPÍTULO 3. MEDICIÓN DE SISTEMAS DE INNOVACIÓN: INDICADORES COMPUESTOS</b>	<b>53</b>
---	-----------

3.1. SISTEMAS DE INNOVACIÓN: CONCEPTOS TEÓRICOS	55
---	----

3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN Y SU INTERACCIÓN	56
--	----

3.2.1. Las empresas, relaciones interempresariales y estructuras del mercado	58
--	----

3.2.2. Infraestructura de soporte a la innovación	59
---	----

3.2.3. Actuaciones públicas en relación con la innovación y el desarrollo tecnológico	63
---	----

3.2.4. Entorno global	64
-----------------------	----

3.3. EL USO DE INDICADORES COMPUESTOS O SINTÉTICOS COMO UNA APROXIMACIÓN HOLÍSTICA PARA MEDIR SISTEMAS DE INNOVACIÓN	66
<b>CAPÍTULO 4. BASES DE DATOS Y MODELO FACTORIAL</b>	<b>75</b>
4.1. METODOLOGÍA, BASE DE DATOS Y VARIABLES UTILIZADAS	77
4.2. VARIABLES DEL <i>INPUT</i> DE PROCESOS DE INNOVACIÓN	78
4.2.1. Medición del esfuerzo o “ <i>input</i> ” de los sistemas de innovación	78
4.2.2. Variables del contexto socioeconómico del SRI	80
4.2.3. Indicadores del capital humano	81
4.2.4. La política de I+D e innovación tecnológica	82
4.3. RESULTADOS <i>OUTPUT</i> DEL PROCESO DE INNOVACIÓN	84
4.3.1. La propiedad intelectual básicamente empresarial (Patentes y modelos de utilidad)	85
4.3.2. Resultados de indole más bien científica (publicaciones)	88
4.4. REPRESENTACIÓN DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN (SRI) ESPAÑOLES: APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL	89
4.4.1. Resultados del análisis factorial: las variables sintéticas o abstractas que caracterizan los SRI	90
4.4.2. Desarrollo y validación “estadística” de modelo factorial	92
APÉNDICE: MÉTODO DEL INVENTARIO PERPETUO PARA LA ESTIMACIÓN DEL <i>STOCK</i> DE CAPITAL TECNOLÓGICO	97

## PARTE II

<b>ANÁLISIS EMPÍRICOS RESPECTO A LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS ESPAÑOLAS</b>	<b>99</b>
<b>CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA</b>	<b>101</b>
5.1. FACTOR 1: LAS EMPRESAS INNOVADORAS	103
5.2. FACTOR 2: ADMINISTRACIONES PÚBLICAS	111
5.3. FACTOR 3: UNIVERSIDAD	116
5.4. FACTOR 4: PLAN NACIONAL DE I+D+i	122
5.5. EL <i>OUTPUT</i> CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO	124

5.6. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES: CONCLUSIONES	128
<b>CAPÍTULO 6. EL NIVEL DE EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA: UN ANÁLISIS ESTÁTICO</b>	<b>129</b>
6.1. NIVEL DE EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES ESPAÑOLES DE INNOVACIÓN	133
6.1.1. El nivel de eficiencia global: resultados del análisis estático	133
6.1.2. Índice de Eficiencia del Sector Productivo (eficiencia tecnológica)	137
6.1.3. Índice de Eficiencia del sector científico o investigador	140
6.1.4. Comparación del índice global con los índices parciales	142
6.2. CAUSAS DE LAS (IN) EFICIENCIAS: VENTAJAS DE ESCALA <i>VERSUS</i> LA EFICIENCIA TÉCNICA PURA	149
<b>CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DINÁMICO: EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA CON UNA FRONTERA DE EFICIENCIA VARIABLE</b>	<b>161</b>
7.1. COMENTARIOS METODOLÓGICOS	163
7.2. ANÁLISIS DINÁMICO PARA LAS REGIONES “SEGUIDORAS” EN EFICIENCIA	165
7.3. ANÁLISIS DINÁMICO PARA LAS REGIONES LÍDERES EN EFICIENCIA	169
7.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO <i>VERSUS</i> DINÁMICO	171
<b>CAPÍTULO 8. PAUTAS EN LA EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN ESPAÑOLES</b>	<b>173</b>
8.1. INTRODUCCIÓN	175
8.2. EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN, 2000-2006-2012	177
8.3. CAUSAS Y MEJORAS POTENCIALES DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN	186
8.4. TIPOLOGÍA DE LAS INEFICIENCIAS EN LOS SISTEMAS REGIONALES DE I+D	191
<b>CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES</b>	<b>195</b>
<b>CAPÍTULO 10. ANEXOS</b>	<b>203</b>

A5. ANEXO CAPÍTULO 5	205
A6. ANEXO CAPÍTULO 6	237
A7. ANEXO CAPÍTULO 7	251
A8. ANEXO CAPÍTULO 8	259
<b>CAPÍTULO 11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>263</b>



## **PARTE I**

**INTRODUCCIÓN, CONCEPTOS BÁSICOS,  
REVISIÓN DE LA LITERATURA  
Y EXPLICACIONES METODOLÓGICAS**





**1**

# **INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS**



Existe un amplio consenso en que la innovación es un elemento esencial para el crecimiento económico y el bienestar social de un país o de una región, pues de ella se derivan los impulsos que propician la aparición y difusión de las nuevas actividades de producción y los nuevos procesos que posibilitan las combinaciones de factores productivos de manera más eficiente (Schumpeter; 1911; Mansfield, 1968; Griliches/Lichtenberg, 1984; Fagerberg, 1994; Aghion/Griffith, 2009). Reconocida la importancia de la innovación, en la sociedad existe la convicción de la pertinencia del apoyo público a la ciencia y la tecnología; y por parte de los gobiernos, la convicción de mantener un cierto abanico de instrumentos de política económica destinados a favorecer las actividades de I+D. 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) y, a pesar de la evidencia de una reducción en el número de empresas que realizan innovación, no podemos negar que también en las empresas españolas existe una creciente conciencia sobre la necesidad de innovar (Heijs, 2012; ERA-watch, 2012; COTEC, 2013). En nuestra opinión, para salir de la crisis económica, España requiere de forma simultánea una mejor asignación de los recursos a fin de optimizar los resultados mientras se minimizan los costes (eficiencia) incidiendo simultáneamente en un mayor empuje innovador para mejorar el nivel de competitividad mediante la búsqueda de nuevos productos y, simultáneamente, de una mejora del nivel general de productividad.

El trabajo aquí presentado tiene como objetivo analizar la eficiencia de los sistemas regionales de innovación. La forma de elaborar los índices de eficiencia que se presentan en el esquema 1.1 señalan en qué medida se maximiza –a nivel regional– la relación entre el esfuerzo y los resultados en I+D+i, y se descomponen en tres posibles causas los posibles determinantes del nivel de estos índices así como de su evolución temporal: (1) el papel de las ventajas de escala, (2) la mejora técnica real de la eficiencia y (3) su mejora nominal basada en un cambio de la frontera tecnológica. El estudio incluye el análisis del impacto de la crisis sobre la eficiencia innovadora, ya que el gasto en I+D+i y la producción de conocimiento, se comparan para dos períodos: antes (período expansivo: 2000-2007) y durante la crisis (período recesivo: 2008-2014).

### ■ 1.1. LA EFICIENCIA EN LAS ACTIVIDADES INNOVADORAS EN LA TEORÍA ECONÓMICA

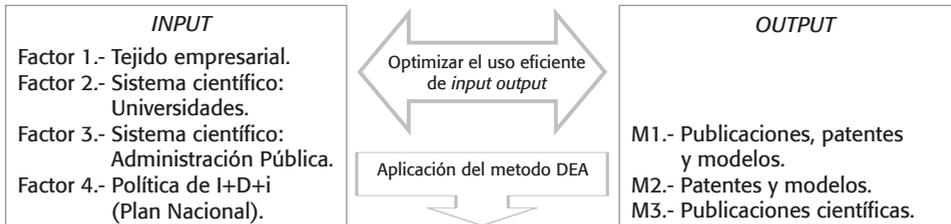
La economía de la innovación, principalmente impulsada por su corriente evolucionista, ha dedicado un importante esfuerzo al análisis de los procesos de asignación de recursos a las actividades de creación del conocimiento científico y tecnológico, teniendo en cuenta las relaciones que se establecen 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.

Dicho de otra manera, ni los estudiosos de la disciplina, ni los administradores de la I+D, se han preocupado apenas por los posibles problemas de eficiencia que subyacen a la utilización de esos recursos. Es en los años de crisis actual cuando el tema ha obtenido una atención creciente, y aunque se han detectado en los últimos años diversos estudios eso sí, meramente descriptivos (véase sección 1.2) que miden la eficiencia en innovación a escala nacional y regional y solo en algún caso aislado han intentado el análisis de los determinantes de la eficiencia.

Sin embargo, 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), 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 esta sujeta a economías externas, para el logro de la eficiencia 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” (p. 623). 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

Esquema 1.1

## EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN INNOVACIÓN EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE ESPAÑA



### Medición de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA)

- **Análisis estático (modelo de frontera única): Índice de eficiencia relativa (IE) respecto a la DMU más eficiente** –cuyo IE máximo es igual a 100– (Capítulo 6).
- **El IE global (IEG):** el *output* se refleja mediante una variable compuesta de patentes, modelos y las publicaciones.
- **El IE del sector productivo (IESP):** el *output* recoge de forma simultanea diversos resultados de la I+D+i del tejido productivo y/o empresarial (patentes y modelos).
- **El IE del sector científico (IESC):** el *output* recoge las publicaciones científicas como resultados de la investigación del mundo científico.
- **Respecto a estos modelos se analiza las causas de los bajos niveles de eficiencia e ineficiencia entre la “Eficiencia técnica pura” y la “Eficiencia de escala”** (Capítulo 6).
- **Análisis dinámico (modelo de frontera anual): Variación o evolución de la eficiencia (Índice de Malmquist)** (Capítulo 7).
  - Cambio debido a un cambio de la frontera.
  - Cambio de la eficiencia real o técnica
- Mejoras potenciales de la utilización o asignación de los “inputs” (Capítulo 8).

Fuente: Elaboración propia.

side muy elevados, ... eso no significa que debamos gastar cualquier cantidad de dinero en cualquier cosa llamada ‘investigación’” (p. 431).

## 1.2. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE MIDEN LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS (REGIONALES) DE INNOVACIÓN

El concepto de sistema de innovación –que es un producto genuino 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 (Freeman,

1987, 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997; Buesa, 2003; Aghion y Griffith 2009; Aghion *et al.*, 2013). Este concepto, que inicialmente hizo referencia al ámbito nacional, ha tenido una proyección importante con referencia a los espacios regionales, sobre todo al constatarse en los estudios empíricos la gran heterogeneidad existente entre estos, dentro de un mismo país, en lo que atañe a la asignación de recursos a la innovación, a la organización de las actividades innovadoras y a sus resultados (Lundvall y Borrás, 1997; Edquist, 1997 y 2005; Cooke *et al.*, 1997; Doloreux, 2002; Asheim y Gertler, 2005; Buesa y Heijs, 2007; Doloreux, 2002; Asheim y Gertler, 2005; Rodríguez-Pose y Comptour, 2012; Rodríguez-Pose y Crecenczi, 2008). Es precisamente esa heterogeneidad la que 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, seguramente relevante, de ellos se utilicen con un rendimiento muy bajo con respecto al nivel que establece la frontera de la eficiencia. Dicho de otra manera, podemos encontrarnos con la existencia de despilfarros en la utilización de los escasos recursos que las regiones y los países destinan a la innovación.

En una revisión de los estudios en el ámbito geográfico se han detectado diversos trabajos recientes que analizan la eficiencia de las actividades de los sistemas nacionales o regionales de innovación (véanse los cuadros 1.1 y 1.2 y el recuadro 3.1 al final del capítulo 3). Como se puede observar en dichos cuadros sinópticos, estos estudios tienen objetivos y utilizan metodologías y variables de *output* muy heterogéneos. Además, la finalidad de estos estudios es muy distinta al planteamiento del estudio aquí presentado. Así, la mayoría de los análisis empíricos proponen y estiman una medida de la eficiencia, pero sin medir de forma directa y minuciosa las causas de estas. En general, no se analiza el nivel de la eficiencia sino que elaboran un “índice de eficiencia” que se utiliza como una variable “*input*” para análisis posteriores. Con alguna excepción, todos los estudios empíricos son de carácter descriptivo, calculando un índice de eficiencia y relatando las diferencias del mismo sin debatir las causas de las ineficiencias. Solo el trabajo de Fritsch y Slavtchev (2007) estudia con cierto nivel de profundidad las causas de las (in)eficiencias para el caso de las regiones alemanas.

De los estudios que utilizan la misma metodología que nosotros para medir la eficiencia (el Análisis de Datos Envolventes – DEA) se puede destacar la tesis doctoral de Martínez Pellitero (2009) donde se calculó un índice de eficiencia para determinar las regiones de la Unión Europea más o menos eficientes, más sin entrar de forma directa en un análisis de los determinantes o factores que explicaran estas ineficiencias. Otros trabajos que utilizan el DEA como metodología son los estudios de Chen y Guan (2012) y Nui *et al.* (2013). Estos autores también analizan la eficiencia de los SRIs –en este caso de China–, pero utilizan este índice como variable explicativa del éxito comercial. De hecho, sus estudios constan de dos fases o etapas. En la primera de ellas se calcula la “eficiencia técnica” del *output* del proceso innovador. En el caso de Chen y Guan, el *output* elegido son las patentes, los modelos de utilidad y los diseños “externos”, mientras que Nui *et al.*, utilizan como

*output* las patentes, las publicaciones y el valor de los servicios en I+D ofrecidos por la empresa. En la segunda etapa, del estudio, ambos emplean el “índice de eficiencia” anteriormente obtenido como una variable *input* explicativa del “éxito comercial” (PIB, Exportaciones, ventas de nuevos productos). También en otras investigaciones (a escala industrial) se han dedicado a la creación de un índice de eficiencia para utilizarlo como una variable explicativa en el estudio de otros aspectos. Por ejemplo Gumbau (1998), Franco *et al.* (2012) y Schmidt y Zloczystin (2011) estudian el efecto de la eficiencia sobre el crecimiento de los sectores industriales en los países de la OCDE. Otros trabajos científicos como Fritsch y Slavtchev (2010) y Fritsch (2004) también han utilizado patentes como *output*, aunque el estudio de la eficiencia se ha abordado con una metodología basada en modelos no paramétricos.

Los restantes estudios que analizan la eficiencia técnica en el ámbito de los Sistemas Regionales de Innovación utilizan variables o combinaciones de *output* que se pueden considerar más bien indirectas. Por ejemplo, el trabajo de Zabala *et al.* (2007) ha usado como *output* de la innovación el PIB regional per cápita; y Bosco y Brugnoli (2010) una combinación del valor añadido, patentes y empleo regional en sectores de alta tecnología.

Resumiendo, aunque existen numerosos estudios que calculan la eficiencia de los sistemas regionales o nacionales de innovación, la revisión de la literatura empírica (véase cuadros 1.1 y 1.2) refleja que solo uno de ellos aborda realmente el análisis de los determinantes de las (posibles) ineficiencias. 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 los escasos estudios existentes tienen objetivos y utilizan metodologías muy heterogéneas. Por lo tanto, el trabajo sobre el caso español y sus regiones, aquí presentado, se puede definir como novedoso, no solo 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. Con este trasfondo, la identificación de las causas y factores determinantes de la eficiencia permite ofrecer pautas para el diseño de las políticas de I+D+i a la vez que para las estrategias empresariales respecto a esta materia.



Cuadro 1.1 (continuación)

## ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE MIDEN LA EFICIENCIA DE SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN

Realiza un análisis de los determinantes (No, Sí, Marg = Solo Marginal)

Fritsch (2004) Fritsch/ Slavtchev (2007) Tong y Liping (2009) Martínez y Buesa et al. (2008) y Buesa et al. (2007) Roman (2010) Y Chen (2012) Guan y Chen (2007) Zabala Brugnoli (2011) Bosco y Broekel et al. (2013) Niu et al. (2013) Guan et al. (2006) Schmidt et al. (2011)

	Fritsch (2004)		Fritsch/ Slavtchev (2007)		Tong y Liping (2009)		Martínez y Buesa et al. (2008) y Buesa et al. (2007)		Roman (2010) Y Chen (2012)		Guan y Chen (2007)		Zabala Brugnoli (2011)		Bosco y Broekel et al. (2013)		Niu et al. (2013)		Guan et al. (2006)		Schmidt et al. (2011)	
	Reg	Sí	Reg	No	Reg	No	Reg	No	Reg	No	Reg	No	Reg	No	Reg	Marginal (*)	Reg	No	Reg	Indust.	Indust.	
Nivel de análisis: Industria (Ind) versus región (Reg)	Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg		Reg	
PIB per cápita															+++							
Empleo total																						
IDE (Inversiones directas extranjeras)															+++							
Importaciones																						
Población																						
IPR: Patentes																						
IPR: Patentes per cápita																						
IPR: Ingresos de royalties y licencias																						
IPR: Diseños																						
IPR: Utilidades (Utilities)																						
Publicaciones																						
Numero de innovaciones																						
% de exportaciones alta tecnología																						
PIB/Valor añadido alta tecnología																						
Valor de servicios/contratos en I+D																						
Utilización de las TIC																						

Notas: (\*) Broekel et al. (2013). Análisis de forma marginal el papel de especialización industrial. (\*\*) Martínez (2008); Buesa et al. (2008); Buesa et al. (2014). Son tres estudios elaborados y/o dirigidos por miembros del equipo de investigación de este proyecto y que utilizaron 28 variables de input y 4 de output (patentes y patentes per cápita tanto en EE.UU., como en Europa).

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 1.2. (continuación)

## ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE MIDEN LA EFICIENCIA DE SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

## ESTUDIOS NACIONALES (PAÍSES)

	Rousseau et al. (1997)	Nasirowski (2003)	Lee y Park (2005)	Hui y Chee (2007)	Wang y Huang (2007)	Sharma y Thomas (2008)	Cullman et al. (2009)	Schmidt et al. (2009)	Cullman et al. (2009)	Roman et al. (2010)	Abbasi Pan et al. (2010)	Xinghai Pan et al. (2010)	El Fattah (2011)	Cai (2011)	Chen et al. (2011)	Guan y Chen (2011)	Matei y Aldea (2012)	Guan y Chen (2012)	Azfal y Lawrey (2014)
Nivel de análisis - Número de países	18	46	28	28	30	22	30	17	28	42	33	22	24	22	24	22	27	22	6
Analiza los determinantes de la ineficiencia	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Ventas o PIB	+++			+++															
Valor Añadido Bruto																			
OUTPUT económicos y/o comerciales		+++													+++				
Aumento del empleo			+++																
Crecimiento PIB o ventas													+++						+++
Exportaciones en manufacturas										+++									
Metodología	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA	DEA
EPI - EG del INPUT		EG			EG						EG				EG				
EPI - EG del OUTPUT		EG	EG							EG			EG		EG				EG
EPI - EG del TOTAL		EG	EG		EG					EG			EG		EG				EG

Notas: Eficiencia puramente innovador (EPI) versus la Eficiencia general (EG - innovador y económica). La clasificación se basa en las características del *input* y *output*. Donde se distinguen el *input/output* directamente relacionado con la I+D e innovación mientras que en otros estudios se mezclan estos indicadores con aquellos puramente: Se ha excluido de este cuadro el estudio de Hollander y Esser (2007) y Hsu (2011).

Fuente: Elaboración propia.





**2**

**EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS  
COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN  
DE LA EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS  
DE INNOVACIÓN**



## 2.1. INTRODUCCIÓN

El Análisis Envolvente de Datos –en adelante DEA por su acrónimo inglés– (para una revisión general véanse Sexton (1986), Lennart *et al.* (1996), Seiford (1996), Lewin y Seiford (1997), Sarafoglou (1998) y Salinas (1999), así como los trabajos incluidos en Cooper, Seiford y Zhu (2004)), se ha convertido a lo largo de los últimos lustros en una potente herramienta analítica de medida y evaluación de la eficiencia que ha sido aplicada con éxito a una amplia variedad de campos<sup>1</sup>. El interés en estudiar la eficiencia relativa entre diferentes agentes que configuran un sistema, se justifica por doble motivo (cf. Fried *et al.*, 1993): en primer lugar, porque la eficiencia es un indicador del éxito de las unidades de producción, aspecto fundamental en un sistema económico competitivo; y, en segundo lugar, porque la posibilidad de medir la productividad y la eficiencia –debidamente aislada de las características específicas del entorno– permite diferenciar pautas de ineficiencia cuya identificación posibilitará (re)diseñar las correspondientes políticas públicas y privadas a fin de optimizar el funcionamiento del sistema, evitando así desempeños superfluos.

En el caso que centra nuestra atención en el presente trabajo –a saber, la evaluación de la eficiencia de las comunidades autónomas que vienen a configurar el sistema regional de I+D español– la metodología DEA resulta especialmente apropiada por los motivos que se esbozan a continuación:

- Admite evaluar conjuntamente una serie de variables insumo con una o más variables *output*, permitiendo así reflejar de forma más completa la complejidad intrínseca de los sistemas regionales de I+D, en el que no solo inciden e interactúan una amplia gama de *inputs* que configuran el sistema como tal, sino que, a su vez, ve plasmado sus resultados en una multiplicidad de *outputs*, tales como innovaciones, publicaciones científicas, etcétera.
- La flexibilidad de la técnica DEA permite aplicarla a un sistema de interacción tan complejo como el de I+D sin necesidad de que las relaciones entre las diferentes variables (en nuestro caso, factores) tengan que estar explícitamente modelizadas y parametrizadas, más allá de poder adjudicarles una clara relación *input/output*.

<sup>1</sup> La rápida diseminación del DEA como herramienta de análisis de la eficiencia puede concluirse del hecho de que Seiford (1994) recogiera en su bibliografía DEA 472 monografías que emplean esta técnica publicadas hasta 1992, en tanto que Tavares (2002), una década después ya enumera 3.183 títulos de 2.152 autores. A su vez, los *proceedings* de la reciente 12<sup>th</sup> *International Conference of DEA "Recent Developments in Data Envelopment Analysis and its Applications"* celebrada en abril de 2014 en Kuala Lumpur (Malaysia), presenta el nada desdeñable volumen de 437 páginas. Cf. Emrouznejad, Banker, Doraisamy y Arabi (2014).

- Finalmente, la evaluación de SRI desde un enfoque de eficiencia, permite soslayar uno de los graves errores en la política española de innovación, que gusta referirse a la equivocada suma “I+D+i” –término que no deja de enmascarar uno de los principales problemas del que adolece el sistema regional de innovación: a saber, la notoria desarticulación entre I+D e innovación, es decir, la escasa transformación del esfuerzo en Investigación y Desarrollo en nuevos productos comercializables– en lugar de la mucho más acertada ecuación “I+D=i” (cf. Baumert, 2013) sobre la que se construye nuestro modelo DEA<sup>2</sup>.

En consecuencia, y habida cuenta de estas características, la evaluación del sistema regional español de ciencia y tecnología por medio de un análisis DEA, resulta un enfoque singularmente apropiado, tanto en términos del procedimiento, como por la relevancia de las conclusiones a alcanzar.

## ■ 2.2. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS: GÉNESIS Y PRIMER DESARROLLO

Aunque el Análisis Envolvente de Datos (DEA) suele considerarse una herramienta de análisis relativamente novedosa, cuya presentación primigenia se sitúa en el artículo publicado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, la génesis del planteamiento subyacente –es decir, la conveniencia de desarrollar un procedimiento que permita obtener un cálculo global de la eficiencia a partir de una variedad de insumos– puede datarse dos décadas antes. Concretamente, fue Farrell (1957) quien apuntó la necesidad de desarrollar mejores métodos para evaluar la productividad, señalando que, al margen de otras imprecisiones, los procedimientos entonces en uso, no permitían combinar diferentes medidas de insumo en una medición agregada de la eficiencia de un sistema<sup>3</sup>. Frente a ello, Farrell propuso un análisis que enfocara los rendimientos conjuntos de las diferentes actividades y que fuera lo suficientemente generalista, como para poder ser aplicable a cualquier tipo de organización o evento. En palabras del propio autor, “se han llevado a cabo una serie de intentos para resolver este problema, permitiendo obtener una cuidada medida de algunos o todos los *inputs* y *outputs* de una industria; sin embargo, se ha fallado a la hora de combinar ambos en una satisfactoria medida de la eficiencia [...] y ello a pesar de los recientes intentos de construir »índices de eficiencia« que, obviamente, se estrellan contra las habituales limitaciones de los números índice” (Farrell, 1957: 253; Coelli *et al.*, 2005: 85-95). Frente a ello, y enlazando explícitamente su propuesta con los anteriores trabajos de Debreu (1951) y Koopman (1951), Farrell propone un modelo cuya aplicación sea válida para cualquier tipo de organización o sistema, “[...] desde un taller a una economía en su conjunto” (Farrell, 1957: 254)<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Si bien en el presente caso ampliando el *output* al ámbito científico (publicaciones) además del tecnológico (patentes).

<sup>3</sup> Es decir, estudiando por separado la productividad del capital, del trabajo, etcétera.

<sup>4</sup> Valga señalar que Farrell emplea en su artículo, para ilustrar su propuesta, una comparativa de la eficiencia agraria de veinte países, entre ellos España.

El siguiente jalón importante en este desarrollo vino dado por el trabajo de Charnes y Cooper (1962) quienes expusieron un método de transformación lineal que permitiera convertir el programa fraccional original en uno (lineal) resoluble. Por su parte, Aigner y Chu (1968) ampliaron el trabajo de Farrell (1957) por medio de métodos de programación matemática, a fin de generalizarlo a supuestos como los de proporciones variables, si bien simultáneamente lo restringieron imponiendo concreciones predeterminadas a las funciones de producción (contraviniendo así un de los principios impuestos por Farrell)<sup>5</sup>. Posteriormente, Afriat (1972) presentó un modelo más complejo basado en una serie de restricciones (no-decrecimiento de la función de producción, concavidad, etc.) que robustecían la validez estadística de los resultados de los cálculos, dentro del cual el modelo original de Farrell se convertía en un caso particular.

En resumen, partiendo del trabajo seminal de Farrell a quien le corresponde el mérito de haber propuesto una generalización de la medición conjunta de la productividad a partir de varios insumos y resultados, y el de haber sustituido el término productividad por el más específico eficiencia, se asentaron las bases de lo que se conoce actualmente como Análisis Envolverte de Datos, un procedimiento no paramétrico<sup>6</sup> que permite la evaluación, sobre un conjunto de unidades homogéneas, de la eficiencia relativa de cada una de ellas, tomando como referencia la(s) unidad(es) más eficiente(s), en lugar de la media del conjunto.

### ■ 2.3. DESARROLLOS MODERNOS DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS<sup>7</sup>

Tal y como ya hemos indicado, suele situarse el inicio del modelo de análisis DEA, en el trabajo de Charnes *et al.* (1978). No obstante, el propio Charnes precisa que el origen de esta técnica se encuentra en la tesis doctoral presentada aquel mismo año por Rhodes (que dirigió otro de los autores ya citados, W. W. Cooper), en la que se aplicaba el análisis DEA a la evaluación de la eficiencia de un determinado programa educacional de las escuelas públicas estadounidenses (Cooper *et al.* 2004: 4-5). Charnes *et al.* (1978: 430-431), definen el DEA como “un modelo de programación matemática aplicado a datos observados que permiten una nueva vía

<sup>5</sup> Se inicia así un proceso de *trade-off* entre un procedimiento DEA lo más generalista posible u otro más complejo pero más restrictivo en su ámbito de aplicación.

<sup>6</sup> Entendemos por modelo no paramétrico aquel que cuya distribución subyacente no puede ser asumida a priori, sino que viene determinada por los propios datos que lo configuran (frontera determinística).

<sup>7</sup> Al margen de los trabajos explícitamente señalados en el texto, deben resaltarse las siguientes contribuciones notables en el desarrollo y presentación –por su extensión dejamos de lado las múltiples aplicaciones prácticas– del análisis DEA: Banker *et al.* (1984 y 1993), Banker y Morey (1986a y b), Boussofiane *et al.* (1991), Charnes *et al.* (1978, 1981, 1983, 1986, 1989 y 1997a), Doyle y Green (1994), Färe y Lowell (1978), Färe *et al.* (1985, 1988, 1989 y 1994), Golany y Roll (1989), Green y Doyle (1987), Gstach (1998), Lovell y Pastor (1995), Norman y Stoker (1991), Nunamaker (1985), Olesen y Petersen (1985), Pastor (1996), Post y Spronk (1999), Ray (1988), Seiford y Thrall (1990), Sengupta (1987), Sexton *et al.* (1986), Simar (1996) y Timmer (1971), entre otros.

de obtener estimaciones empíricas de relaciones [tales como funciones de producción y/o fronteras de posibilidad de producción eficiente] que puedan aplicarse al ámbito de la economía”<sup>8</sup>. Desde la publicación de este artículo, han sido numerosos los campos a los que se ha aplicado el DEA, entre otros, a hospitales, universidades (y departamentos universitarios), unidades de ejércitos, tribunales, equipos deportivos, así como a países, regiones y ciudades, por nombrar tan solo algunos. La amplia gama de casos a los que se ha venido –y se continúa– aplicando el DEA, demuestra la flexibilidad y adaptabilidad del modelo. Básicamente, podemos resumir en dos las cualidades que han contribuido al éxito y consolidación del DEA como herramienta de análisis (Cooper *et al.*, 2004: 2-3):

- Primeramente, el hecho de que el DEA sea una metodología de proyección a la frontera y no de medida de tendencia central: en lugar de ajustar un (híper) plano de regresión a través de la “media” del conjunto de datos a analizar, se hace “pivotar” el plano sobre el valor (o valores) más extremo(s)<sup>9</sup>.
- En segundo lugar, el DEA se beneficia de descansar sobre supuestos teóricos muy sencillos, pudiendo prescindir de prácticamente cualquier supuesto *a priori*. Esta simplicidad de requisitos, convierte el DEA en una herramienta muy flexible y aplicable a una amplia variedad de planteamientos, incluso a casos en los que la relación entre múltiples *inputs* y *outputs* no ha sido explícitamente modelizada<sup>10</sup>.

A lo anterior ha de sumarse otra característica –fundamental de cara al análisis que vamos a llevar a cabo en el presente estudio– a saber, que el DEA calcula para cada unidad de análisis siempre la eficiencia más ventajosa, es decir, que aplica los criterios menos conservadores en la estimación. En consecuencia, los niveles de eficiencia calculados han de considerarse lo más optimistas posible (Cooper *et al.*, 2004:3), y el potencial de incremento de la eficiencia, se obtendrá por la proyección de la actual situación de la unidad de análisis sobre la frontera de eficiencia (Cooper *et al.*, 2004:19; cf. también Banker 1993a)<sup>11</sup>.

Como resultado de las características señaladas, que redundan todas en la flexibilidad del modelo DEA, esta técnica ha permitido la evaluación de programas y la valoración del rendimiento de entes que anteriormente, dada su complejidad, habían quedado al margen de cualquier valoración (y eso cuando no habían sido analizados de forma errónea) así como su clasificación en forma de *ranking* (Andersen y

<sup>8</sup> Debe tenerse en cuenta que esta “aplicación al ámbito de la economía” se explica por el hecho de que los autores derivan el concepto de eficiencia del campo de la ingeniería.

<sup>9</sup> Obviamente, esto implica que el modelo resulta especialmente sensible a los valores extremos puesto que determinarán la posición de la frontera (cf. Wilson, 2005 y, de forma más general, al tamaño muestral Zhang y Bartels, 1998).

<sup>10</sup> Salvedad hecha de dos requisitos: la relación funcional entre *input(s)* y *output(s)* debe ser (1) convexa y (2) continua.

<sup>11</sup> Para un análisis de la sensibilidad de estos modelos, véanse los trabajos Hibiki y Sueyoshi (1999), así como Valdemanis (1992).

Petersen, 1993; Charnes *et al.*, 1986; Sinvany y Friedman, 1999). En concreto, se ha dado el caso en el que estudios *benchmarking* tomaron como referencias unidades que, si bien eran las que presentaban mayores beneficios, finalmente no resultaron ser las más eficientes (cf. Cooper, Seiford y Tone, 2000) por lo que resultaban inadecuadas como referentes comparativos.

La flexibilidad de supuestos apriorísticos anteriormente comentada, se ve reflejada también en las dos definiciones de “eficiencia” sobre las que se articula el DEA (Coopers *et al.*, 2004:3)<sup>12</sup>:

- **Eficiencia absoluta (definición ampliada de Pareto-Koopmans):** La plena eficiencia (100%) es alcanzada por una unidad de análisis si –y solo si– ninguno de los insumos o resultados pueden mejorarse sin empeorar otro de sus *inputs* u *outputs*. No obstante, y puesto en que en la mayoría de situaciones económicas el valor de la eficiencia teórica posible no es conocida, se suele recurrir a una definición de eficiencia relativa<sup>13</sup>.
- **Eficiencia relativa:** Una unidad de análisis podrá considerarse plenamente eficiente (100%) sobre la base de las evidencias disponibles, si –y solo si– el desempeño de las restantes unidades no evidencia que alguno de sus insumos o resultados pueda verse mejorado sin empeorar alguno de sus *inputs* u *outputs*.

El hecho de que el concepto de eficiencia absoluta se denomine también de Pareto-Koopmans, se debe a la utilización que del “Óptimo de Pareto” hiciera en su artículo Koopmans en 1951. Pareto había expuesto en 1906 su principio justificativo de la intervención pública “en aquellos casos en los que permite mejorar a algunos sin empeorar a ningún otro”, asentando así los principios de la Economía del bienestar. Por su parte Koopmans, aplicó este mismo concepto a los bienes finales, de modo que el óptimo de una combinación de bienes intermedios se alcanza cuando no se puede incrementar la producción de ningún bien final sin mermar a la par la de otro<sup>14</sup>. Puesto que tanto Pareto como Koopmans formularon sus modelos para una economía agregada, tenían que tener en cuenta los precios de los *inputs* de cara a satisfacer las demandas finales. Sin embargo, Farrell (con la vista puesta también en el ya mencionado trabajo de Debreu, 1951), al presentar su propuesta de análisis de la eficiencia –y este paso supone un radical giro en el análisis hasta entonces imperante– generalizó su modelo a *inputs* y *outputs* prescindiendo de toda referencia al precio o a cualquier otro “mecanismo de intercambio”, permitiendo así que la eficiencia relativa dependiera únicamente de la relación entre insumos y

<sup>12</sup> Debe añadirse, que las definiciones de eficiencia relativa y de eficiencia (ampliada) de Pareto-Koopmans, fueron perfeccionadas por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), de forma que, aunque derivan de las presentadas originalmente por Farrell, las empleadas actualmente se deben a estos autores.

<sup>13</sup> Para la aplicación de la eficiencia paretiana al DEA véanse, entre otros, Charnes *et al.* (1985), Pitanktong *et al.* (1998) y Fung (1995).

<sup>14</sup> Koopmans (1951) estableció que una producción podía considerarse técnicamente eficiente, si no es posible incrementar uno o varios *outputs* sin (1) disminuir la cantidad de alguno de los otros *outputs*, o (2) incrementar alguno de los *inputs* empleados en la producción.

Recuadro 2.1

## SINOPSIS DE LOS TIPOS DE EFICIENCIA

A escala microeconómica podemos distinguir tres tipos de eficiencia que, en la práctica, se combinan entre sí:

- 1.- *Eficiencia técnica*: se da cuando la empresa obtiene un nivel dado de *output* con la mínima cantidad de *inputs* con la que es posible producir.
- 2.- *Eficiencia asignativa*: se produce cuando la empresa selecciona los *inputs* de modo que minimicen sus costes de producción (es decir, cuando la productividad marginal de cada *input* iguala a su precio).
- 3.- *Eficiencia de escala*: la cumple una empresa cuando produce en la escala de tamaño óptimo en la que es posible obtener el *output* con el que se maximiza el beneficio.

resultados de cada unidad de análisis con respecto a las de todas las unidades de análisis restantes.

La eficiencia así obtenida por Farrell equivale a la *eficiencia técnica* —entendida como aquella cantidad de insumo que puede ser suprimida sin minimizar el *output* (si se aplica un enfoque *input*)—, a la que habría que sumar la *eficiencia asignativa* y la *eficiencia de escala* (cf. el recuadro 2.1). Más concretamente, Debreu y Farrell en sus ya mencionados trabajos, propusieron una medida radial de la eficiencia técnica que detecta la ineficiencia existente a lo largo de un radio vector. En ese radio vector se encuentran situadas todas las empresas que utilizan los factores productivos en la misma proporción (medición *input*) o, análogamente, si se sigue una orientación *output*, se emplean todos los *outputs* en la misma proporción (cf. Murillo, Melchor, 2002: 21)<sup>15</sup>.

Como ya indicado, las unidades eficientes en el modelo de Debreu y Farrell configuran la correspondiente isocuanta de máxima eficiencia (para un nivel tecnológico dado). El inconveniente de las isocuantas es que admiten como empresa unidades situadas en la región no-económica del conjunto de producción. No obstante, este inconveniente puede soslayarse por medio de medidas de la eficiencia alternativas —eso sí, de tipo no-radial—, tales como la denominada medida de la ineficiencia de Russell (Färe y Lovell, 1978)<sup>16</sup>. Aunque en principio resultaría más adecuado

<sup>15</sup> La ineficiencia técnica radial se obtiene como la inversa de las funciones distancia, siendo el conjunto de unidades eficientes que sirven de referencia a las empresas ineficientes, las isocuantas. Es, por lo tanto, posible obtener medidas de la eficiencia tanto en el sentido de los *inputs*, como del de los *outputs*.

<sup>16</sup> La ineficiencia de Russell se calcula obteniendo las medias de la ineficiencia para cada uno de los *inputs*, eligiendo el menor valor de sus medias aritméticas (en un modelo de orientación *input*). Esta medida no sería radial, en tanto que las reducciones del *output* no tienen por qué serlo todos ellos en la misma proporción. Otras medidas de eficiencia no-radiales habituales son las propuestas respectivamente por Zieschang (1984) y Färe (1975).

desde un punto de vista teórico emplear medidas de la ineficiencias no-radiales, en la práctica la mayoría de estudios optan por las radiales, concretamente por la medida de Debreu-Farrell, habida cuenta de que estas últimas sí son sensibles a cambios de las unidades de medida.

A partir de esta noción teórica basada en la optimalidad paretiana, propuesta por Debreu y Farrell, puede formularse un esquema general de la eficiencia con objeto de situar el problema que se aborda en esta investigación (véase el gráfico 2.1). De acuerdo con él, 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 –en nuestro caso los sistemas regionales de I+D– para obtener la máxima cantidad posible de *output* dado un determinado nivel de *input*; o bien de 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.

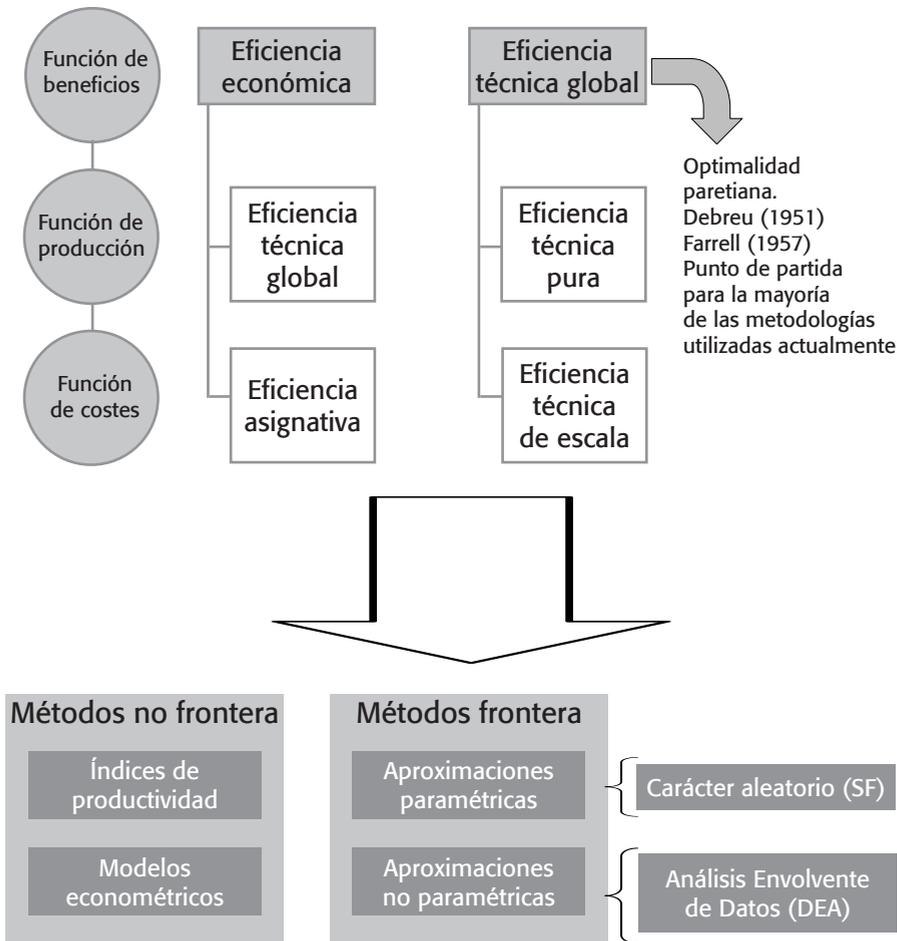
A su vez, la *eficiencia técnica global*, que es el concepto válido si el instrumento microeconómico de referencia es la función de producción, está compuesta de:

- La *eficiencia técnica pura*, que alude a la utilización óptima de los *inputs* en relación con la producción del *output*. Si se elige una orientación *output*, se refiere a la máxima cantidad de *output* que se puede obtener a partir de un determinado el nivel de *inputs*. Mientras que si se elige una orientación *input*, apunta al mínimo empleo de *inputs* dada la cantidad de *output*.
- Y la *eficiencia de escala*, que señala si la unidad de decisión opera en la escala o dimensión óptima. Se considerará que una unidad presenta eficiencia de escala, si no es posible obtener los mismos rendimientos, con una dotación inferior de factores.

Llegados a este punto, Cooper y Rhodes hubieron de enfrentarse a otro problema que no había sido convenientemente resuelto ni por Farrell ni por ninguno de los restantes autores que hasta entonces se habían dedicado a la cuestión, a saber, el hecho de que pudieran darse diferentes óptimos alternativos que cumplieran con la definición de Farrell, unos con holguras y otros sin ella. Fue a raíz de este problema que Cooper invitó a Charnes a sumarse a su equipo de investigación. Así ocurrió, y Charnes, basándose en un trabajo previo de ambos (Charnes y Cooper, 1962; Joro, 1998), consiguió transformar la original formulación lineal dual en términos de ratios, superando así el obstáculo anteriormente mencionado. Quedaba así establecido el modelo base de DEA sobre el que se construyen y sustentan todos los posteriores.

Gráfico 2.1

ESQUEMA CONCEPTUAL DE LA EFICIENCIA



Fuente: Álvarez González, 2013.

■ 2.4. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN Y EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Una vez repasadas la génesis y desarrollo de la técnica DEA, procedemos a esbozar sucintamente las características específicas del modelo que se va a emplear en el presente documento de cara a estudiar la eficiencia de los sistemas regionales de innovación. El punto de partida viene dado por la aplicación del Análisis Envolvente de Datos a la función de producción (Afriat, 1972; Bardam *et al.*, 1998 y Charnes *et al.*, 1985).

Tal y como ya ha quedado dicho, lo que se va a tratar de medir en primer lugar es la eficiencia técnica global por medio de un análisis no-paramétrico<sup>17</sup>, de manera que, en nuestro caso, el/los sistema(s) establecido(s) como referencia por ser óptimo(s) se situarán sobre la frontera, mientras que los sistema ineficientes no

Recuadro 2.2

### PROPIEDADES NECESARIAS PARA EL ANÁLISIS DEA

En los análisis de eficiencia se establece habitualmente que los conjuntos de producción satisfagan las siguientes propiedades, (Kumbhakar y Lovell, 2000:19; González Fidalgo, 2001; Murillo Melchor, 2002:10-12):

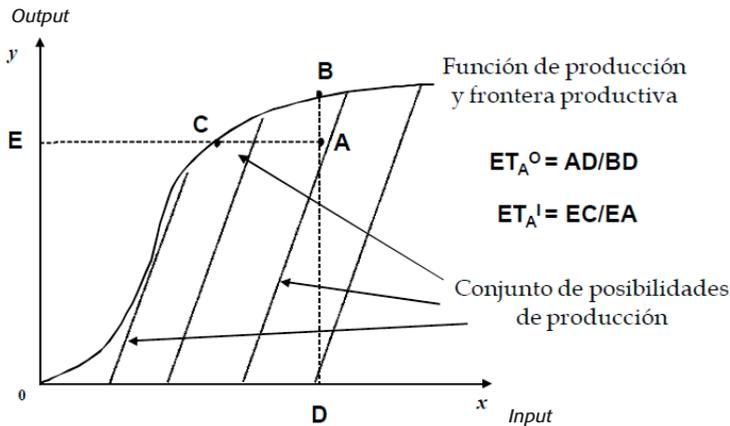
- 1.- El conjunto de producción siempre es cerrado y acotado superiormente para que los procesos productivos de la frontera sean técnicamente factibles. Es decir, existe el límite para toda secuencia de vectores factibles de *inputs* y *outputs* y este límite es siempre posible. En la mayoría de los análisis se añade, también, la propiedad de convexidad. Este último supuesto implica que si hay dos empresas produciendo viablemente, debe de ser posible también la producción con cualquier combinación lineal de esos procesos productivos
- 2.- Ninguna empresa puede producir sin utilizar alguno de los *inputs*. Se permite, sin embargo, producir cero *output* con cantidades positivas de *inputs*. En algunos casos se permite la inactividad. La combinación de este supuesto con el de convexidad implica rendimientos no crecientes de escala. Es decir, cualquier proceso productivo observado puede ser repetido a una escala inferior.
- 3.- Esta propiedad permite la producción con despilfarro de factores o, lo que es lo mismo, las contracciones monotónicas de los *outputs* (eliminación gratuita de *outputs*) ya que es posible producir menores cantidades de *outputs* con los mismos *inputs*.
- 4.- Son posibles las expansiones monotónicas de los *inputs* (eliminación gratuita de *inputs*) puesto que se puede producir el mismo *output* con cantidades superiores de *inputs*.
- 5.- Se permiten expansiones de *inputs* y contracciones de *outputs* en cualquier dirección.

Fuentes: (Kumbhakar y Lovell, 2000:19; González Fidalgo, 2001; Murillo Melchor, 2002:10-12).

<sup>17</sup> Recordemos que la estimación de la frontera puede realizarse bajo un enfoque paramétrico –que explicita cómo es la tecnología utilizada en la función de producción y se fundamenta en la aplicación de técnicas estadísticas y econométricas–, o bajo un enfoque no paramétrico, que no requiere concretar una forma funcional dada y utiliza técnicas de programación lineal. Dentro del primero sobresalen las funciones de producción de carácter aleatorio, con estimación de Fronteras Estocásticas (SF); dentro del segundo la metodología más utilizada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Gráfico 2.2

## CONCEPTO Y MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN TÉRMINOS DE *INPUT* Y DE *OUTPUT*



Fuente: Santín (2009: 4).

la alcanzarán; o, lo que es lo mismo, el nivel eficiente lo marca(n) el/los sistema(s) de referencia, a los que se les asigna una puntuación igual a 100. El resto obtienen una puntuación de eficiencia en relación con el/los primero(s), expresándose así su nivel de eficiencia como un porcentaje del correspondiente a la frontera.

El primero de esos componentes de la eficiencia técnica se ha reflejado en el gráfico 2.2, donde  $ET_A^O$  mide la ineficiencia técnica de la unidad A desde una orientación *output*, y  $ET_A^I$  desde una orientación *input*<sup>18</sup>. Las unidades C y B son eficientes, al situarse sobre la función de producción, que a su vez es también la frontera de la eficiencia.

El modelo planteado por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) para  $n$  unidades productivas que generan  $s$  *outputs* a partir de  $m$  *inputs*, matemáticamente se podrá ver tanto desde la óptica de maximización de los *outputs* ( $ET_A^O$ ) como de la minimización de los *inputs* ( $ET_A^I$ )<sup>19</sup>.

En la versión fraccional de tipo *output*, la eficiencia de una unidad se corresponde con la ratio de la suma ponderada de los *outputs* con respecto a la suma

<sup>18</sup> Donde los superíndices *I* y *O* designan, respectivamente, *Input* y *Output*.

<sup>19</sup> En el presente estudio hemos optado por esta última opción, es decir, por aplicar un enfoque *input*, al entender que las variables sobre las que puede ejercer una influencia directa la política económica y científico-tecnológica son los insumos, y no los *outputs*.

ponderada<sup>20</sup> de los *inputs*. En consecuencia, y siguiendo lo expuesto por Cooper, Seiford y Zhu (2004: 8-19), Martínez Cabrera (2003: 40-43) y Martínez Pellitero (2009), podemos resumir el modelo básico de acuerdo con las siguientes funciones:

### **Orientación output**

$$\text{Maximizar } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_{i0} Y_{i0}} \quad \text{Sujeto a } \frac{\sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_{i0} Y_{ij}} \leq 1; j = 1, 2, \dots$$

$$U_{r0} \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$V_{i0} \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, m$$

Donde:

La unidad productiva cuya eficiencia se va a evaluar se denota con el subíndice 0

$Y_{rj}$  = Cantidad de *output*  $r$  producido por la unidad  $j$

$X_{ij}$  = Cantidad de *input*  $i$  consumido por la unidad  $j$

$U_r$  = Ponderación asignada al *output*  $r$

$V_i$  = Ponderación asignada al *input*  $i$

Con la resolución de este programa matemático se obtienen los valores  $U_{r0}$  y  $V_{r0}$  y por lo tanto, el índice de eficiencia relativa  $h_0$  asignado a cada una de las  $n$  unidades evaluadas. Las ponderaciones obtenidas representan los valores atribuidos a cada *input* y *output*, que generan el mayor índice de eficiencia posible en cada entidad. El mismo problema puede plantearse de forma lineal de la siguiente manera<sup>21</sup>.

### **Orientación output**

$$\text{Maximizar } \phi_0 = \sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{r0} \quad \text{sujeto a } \sum_{r=1}^s U_{r0} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{ij} \leq 0; j = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m V_{i0} X_{i0} = 1$$

$$U_{r0} \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad U_{i0} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, s$$

<sup>20</sup> Una pregunta recurrente en este tipo de análisis es la opción de asignar *a priori* determinadas ponderaciones a las variables de acuerdo con los resultados de estudios empíricos previos, o de acuerdo a la teoría económica. No obstante, y habida cuenta de las dificultades que entraña establecer los pesos correctos de dichas ponderaciones –y dados los inconvenientes que ello puede conllevar de cara a la interpretación de los resultados– en el presente documento hemos renunciado a imponer ponderación “exógena” a las variables de la función de producción.

<sup>21</sup> En 1979 Charnes, Cooper y Rhodes introducen una rectificación en el programa fraccional original. Las ponderaciones deberán ser estrictamente positivas,  $U_{r0} \geq \varepsilon$  y  $V_{i0} \geq \varepsilon$ , donde  $\varepsilon$  es un número suficientemente pequeño y positivo.

### Orientación input

$$\text{Maximizar } \varphi_0 = \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{i0} \quad \text{Sujeto a } \sum_{i=1}^s U_{r0} Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_{i0} X_{ij} \leq 0; j = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m U_{r0} Y_{r0} = 1$$

$$U_{r0} \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad U_{i0} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Las variables  $\Phi_0$  y  $\varphi_0$  representan los índices de eficiencia obtenidos desde ambas perspectivas y satisfacen la relación  $\varphi_0 = 1/\Phi_0$  debido al supuesto de rendimientos constantes a escala.

Existen dos modelos diferentes que pueden implementarse para aplicar la técnica: el modelo propuesto originalmente por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978 (Modelo CCR), que asume rendimientos constantes a escala de la función de producción; y la modificación que plantean Banker, Charnes y Cooper en 1984 (Modelo BCC) –al entender que el hecho de que todas las empresas estén operando en una escala óptima (rendimientos constantes a escala) puede ser un supuesto demasiado restrictivo en situaciones de competencia imperfecta–, que permite la existencia de rendimientos variables a escala.

Debe observarse, sin embargo, que la comparativa entre resultados por uno y otro procedimiento son idénticas. Es decir, las mismas DMU en un entorno de rendimientos variables serán siempre igual o más eficientes que con rendimientos constantes a escala. Como indica Murillo Melchor (2002: 94), “esto se debe a que la introducción de una nueva restricción afecta al proceso de comparación entre empresas. Con rendimientos variables, las empresas ineficientes se comparan solo con las empresas de un tamaño similar; sin embargo, con rendimientos constantes, la comparación entre empresas se produce independientemente de su tamaño, de modo que al contar con empresas de referencia menos similares a las analizadas, es posible que en rendimientos constantes se presenten reducciones de *inputs* superiores (empresas menos eficientes) a los que se generarían con rendimientos variables”.

El modelo aplicado en este trabajo es el modelo CCR, ya que la finalidad es realizar un estudio comparativo de todas las regiones y no solo de aquellas con una escala similar en sus sistemas de innovación. Sin embargo, también se ha utilizado el modelo BCC como herramienta para conseguir una medida de la eficiencia de escala: el cociente entre los índices obtenidos bajo el modelo CCR y los obtenidos bajo el BCC, multiplicado por 100, nos ofrece una medida que indica si una región está operando o no en su escala óptima; las ineficiencias de escala vendrían dadas bien porque la región esté ya en el tramo de rendimientos decrecientes de la función de producción, o bien porque se sitúe aún en el tramo de rendimientos crecientes<sup>22</sup>. Otra manera de entender la diferencia

<sup>22</sup> Banker (1994), Banker *et al.* (1984), Appa y Yue (1999), Seiford y Zhu (1998b y 1999) y Zhu y Shen (1995). Algo más complejo resulta el análisis y la interpretación de aquellas DMU que se sitúan en los tramos de la frontera que discurren paralelos a los ejes.

entre el modelo de rendimientos variables a escala y el de rendimientos constantes, es que el primero representa la frontera presente o a corto plazo, en tanto que el segundo viene a reflejar la frontera de eficiencia sobre la que aspira situarse la DMU a largo plazo (Murillo Melchor, 2002: 96)<sup>23</sup>.

La formulación del DEA establece un problema de programación matemática para cada DMU –en este caso los sistemas de innovación– y puede realizarse, como ya he comentado, desde una perspectiva de reducción de *inputs* o desde otra de incremento de *outputs*. A partir de la resolución del problema se obtiene un índice de eficiencia referido a la eficiencia técnica pura. Aquí se ha optado por una orientación *input*.

Estos índices reflejan el porcentaje de incremento de *outputs* o de reducción de *inputs* necesarios para que una región sea eficiente, pero el DEA, además, permite detectar una información relevante adicional: la cantidad de determinados *inputs* que se podría ahorrar esta región o la cantidad en que podría incrementar el/ los *output(s)* una vez que ya se haya situado sobre la frontera eficiente. Los índices de eficiencia proporcionan una medida de eficiencia radial, mientras que estas informaciones adicionales, denominadas holguras o *slacks*, aportan una medida de eficiencia no radial.

Todos estos conceptos quedan recogidos en el gráfico 2.3, que ilustra las diferentes fronteras que pueden ser estimadas bajo rendimientos constantes y variables a escala, y que corresponden a las formulaciones matemáticas arriba presentadas.

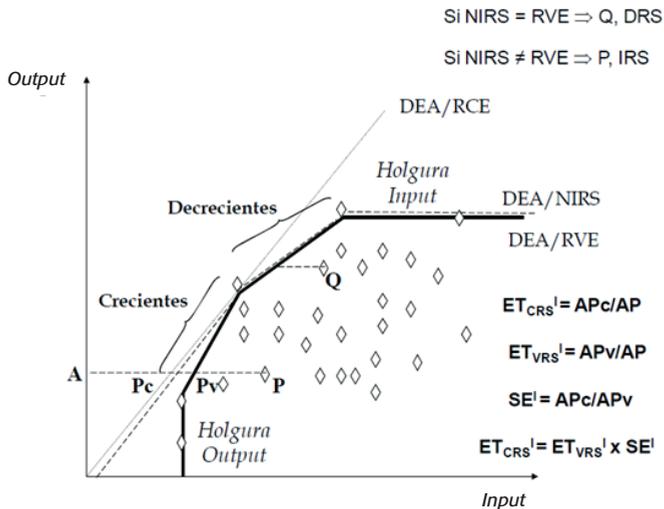
En el gráfico 2.3 vemos cómo la eficiencia en orientación *input* de la unidad productiva P bajo rendimientos constantes a escala equivale a  $ET_{CRS}^I = AP_c/AP$ ; en tanto que, de darse rendimientos variables a escala es  $ET_{VRS}^I = AP_v/AP$ . A partir de ambas medidas se puede calcular la eficiencia de escala (SE) como  $SEI = AP_c/AP_v$ . Computacionalmente, para saber si una unidad ineficiente de escala como P o Q se encuentra en un tramo con rendimientos crecientes (P) o decrecientes a escala (Q), se debe calcular un programa matemático adicional asumiendo rendimientos no crecientes a escala (NIRS). De esta forma si  $NIRS = RVE$  se dan rendimientos decrecientes a escala mientras que si  $NIRS \neq RVE$  la DMU se halla en el tramo de rendimientos constantes a escala.

En la práctica, hay diferentes criterios para identificar los rendimientos de escala y los resultados obtenidos pueden diferir dependiendo de que se haya elegido una orientación *input* o *output* (Färe *et al.*, 1994:122-123), si bien lo más habitual es aplicar el criterio de Färe, Lovell y Grosskopf (1985), ya que tiene la ventaja de que la solución óptima es única (véase al respecto Murillo Melchor, 2002: 99).

<sup>23</sup> En palabras de esta autora: "La estimación con rendimientos variables supone una tecnología más flexible al permitir, en la frontera, tramos con diferentes rendimientos y, en general, se la presupone como la frontera presente a corto plazo. Sin embargo, la estimación con rendimientos constantes se considera generalmente como la frontera de referencia en la que las empresas intentan situarse a largo plazo" (Murillo Melchor, 2002: 96).

Gráfico 2.3

## RENDIMIENTOS CONSTANTES Y VARIABLES A ESCALA



Fuente: Santín (2009).

Llegados a este punto, cabe señalar que la mayoría de las aplicaciones que utilizan al DEA como la técnica de estimación de la eficiencia técnica, no realizan ningún tipo de análisis estadístico en sus resultados basándose en la naturaleza determinística del modelo. Sin embargo, no se debe olvidar que la eficiencia se mide en relación con los valores de una estimación de la desconocida frontera de producción y puesto que esta estimación se obtiene de una muestra finita, las correspondientes medidas de eficiencia son, de hecho, sensibles a la variabilidad de la muestra utilizada para la estimación (Bojanic *et al.*, 1998)<sup>24</sup>.

En conclusión, la finalidad del DEA es trazar una envolvente que incluya las regiones eficientes y sus combinaciones lineales, quedando por debajo de esta las regiones ineficientes. Dado que la envolvente representa la frontera eficiente, la distancia de cada región a la envolvente nos proporciona una medida de su eficiencia, que toma el valor 100 si se encuentra justo sobre ella, o de su ineficiencia en caso contrario, tomando un valor inferior a 100 que es magnitud relativa obtenida por comparación con las regiones eficientes.

## 2.5. ANÁLISIS DINÁMICO: EL ÍNDICE DE MALMQUIST

Si en lugar de comparar unidades de análisis para un mismo período de tiempo se analiza una situación dinámica, es decir, si se comparan la eficiencia de unida-

<sup>24</sup> En el último epígrafe de este apartado se detallará esta cuestión.

des en momentos temporales diferentes, surge una complicación: en tanto que las eficiencias calculadas para cada unidad lo son con respecto a la frontera, una variación de la eficiencia pudiera deberse bien a un cambio del rendimiento de la propia unidad, bien a un desplazamiento intertemporal de la frontera de eficiencia que sirve de referencia, o bien resultar de una combinación de ambas (Banker y Morey, 1994).

En consecuencia, surge la necesidad de disponer de una herramienta que permita discriminar en qué medida una modificación temporal de la eficiencia de una unidad de análisis se deba a lo uno, a lo otro o a ambos. Para ello se recurre al Índice de Malmquist (IM), presentado originalmente por el economista y estadístico sueco Sten Malmquist (1917-2004) en 1953. En realidad, el IM permite medir niveles de productividad en lugar de niveles de eficiencia. Sin embargo, la ampliación del concepto por parte de autores como entre otros, Caves *et al.* (1982), Färe y Grosskopf (1992), Färe *et al.* (1989, 1994) y Thrall (2000)<sup>25</sup>, permite reflejar la mejora (o empeoramiento) de la eficiencia de una unidad de análisis juntamente con la mejora (o empeoramiento) de la frontera de eficiencia (cambio tecnológico) en un contexto de análisis de la relación productiva entre múltiples *inputs* y *outputs*.

Las ventajas del Índice de Malmquist frente a otros números índices son múltiples y justifican que este índice se haya empleado en muchos de los trabajos de análisis productivo. De acuerdo con Murillo Melchor (2002: 159) cabe destacar las siguientes: En primer lugar, en la construcción del Índice de Malmquist, no es necesario disponer de datos de precios, por lo que es muy apropiado para sectores en los que no hay precios o cuyos costes están muy distorsionados. No se necesitan tampoco suposiciones acerca de la maximización de beneficios o la minimización de costes, por lo que es muy conveniente en los análisis en los que se desconocen los objetivos de los productores. Son muy fáciles de computar y además pueden descomponerse en otros índices que indican las fuentes originarias del cambio productivo.

Esta estimación parte de la definición del índice de Malmquist basado en el *output*, en el que se supone que en cada período  $t=1, \dots, T$ , la tecnología en producción  $S^t$  modela la transformación de *inputs*,  $X^t \in \mathfrak{R}_+^N$  en *outputs*,  $Y^t \in \mathfrak{R}_+^M$ .

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\}$$

Para elaborar el Índice de Malmquist es preciso definir funciones de distancia con respecto a dos períodos diferentes. La función de distancia del *output* en  $t$  se especifica como<sup>26</sup>:

$$D_0^t(X^t, Y^t) = \inf \left\{ \phi : (X^t, Y^t / \phi) \in S^t \right\} = \left( \sup \left\{ \phi : (X^t, \phi Y^t) \in S^t \right\} \right)^{-1}$$

Esta función se define como el recíproco de la máxima expansión proporcional del vector de *output*  $Y^t$ , dados los *inputs*  $X^t$ , y caracteriza completamente

<sup>25</sup> Cf. Tone (2004: 203).

<sup>26</sup> Las funciones de distancia se calculan utilizando la técnica de frontera no paramétrica DEA que se desarrolla en el artículo de Seiford y Thrall (1990).

la tecnología. En particular,  $D_0^t(X^t, Y^t) \leq 1$  si y solo si  $(X^t, Y^t) \in S^t$ . Adicionalmente,  $D_0^t(X^t, Y^t) = 1$  si y solo si  $(X^t, Y^t)$  está en la frontera tecnológica. En la terminología de Farell (1957) este último caso ocurre cuando la producción es técnicamente eficiente.

La función de distancia correspondiente a (1) mide el máximo cambio proporcional en *outputs* requerido para conseguir que  $(X^{t+1}, Y^{t+1})$  sea factible en relación con la tecnología en  $t$ . De forma similar, se puede definir la función de distancia que mida la máxima proporción de cambio en *output* necesaria para que la combinación  $(X^t, Y^t)$  sea factible con relación a la tecnología en  $t+1$ , que se denomina  $D_0^{t+1}(X^t, Y^t)$ . Así pues, el índice de productividad en *output* de Malmquist se define como:

$$M^t = \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)}$$

en el que la tecnología en  $t$  es la de referencia. Alternativamente, es posible definir un índice de Malmquist basado en el período  $t+1$ :

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)}$$

La elección de una u otra tecnología de referencia resulta una cuestión relevante. Por este motivo, para resolver el problema que puede representar la consideración de una tecnología fija, Fare, Grosskopf, Norris y Zhang (1994) definen el Índice de Malmquist de cambio en productividad basado en el *output* como la media geométrica de los índices de Malmquist (2) y (3), especificados con anterioridad:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[ \left( \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \right) \left( \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2}$$

O equivalentemente:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \times$$

$$\times \left[ \left( \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right) \left( \frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2}$$

Esta última expresión permite dividir la evolución que sigue la productividad en dos componentes. El primero de ellos hace referencia al cambio en la eficiencia, cuyas mejoras se consideran evidencia de *catching-up*, es decir, de acercamiento de cada uno de los países a la frontera eficiente. Por su parte, el segundo componente indica cómo varía el cambio técnico, y por tanto, si el desplazamiento de la frontera eficiente hacia el *input* de cada país está generando una innovación en esta última.

A fin de poder interpretar correctamente el Índice Malmquist, habremos, pues, de descomponerlo en los dos elementos que lo configuran, a saber, el efecto *catch-*

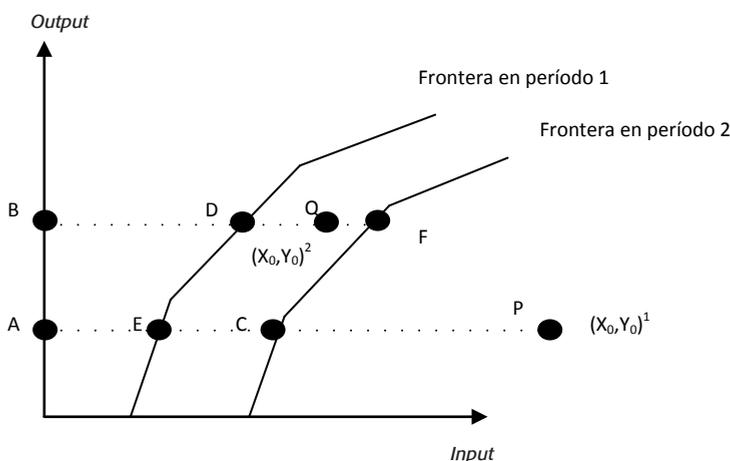
*up* (una mejora o empeora del rendimiento técnico) y el efecto *frontier-shift* (cambio de la frontera tecnológica).

El efecto *catch-up* de la fórmula (X) puede reescribirse como:

$$\text{Efecto catch-up} = \frac{\text{eficiencia de } (x_0, y_0)^2 \text{ con respecto a la frontera del periodo 2}}{\text{eficiencia de } (x_0, y_0)^2 \text{ con respecto a la frontera del periodo 1}}$$

Gráfico 2.4

**EL EFECTO CATCH-UP (EN UN MODELO DE ORIENTACIÓN INPUT, CON UN ÚNICO INSUMO Y UN OUTPUT)**



Fuente: Elaboración propia en base a Tone, 2004, en Cooper et al., 2004.

El gráfico 2.4 (que sigue el ejemplo presentado por Tone, 2004: 204-206) permite computar el efecto *catch-up* (en un modelo de orientación *input*, con un único insumo y un *output*) como

$$\text{catch-up} = \frac{\frac{BD}{BQ}}{\frac{AC}{AP}} \quad \text{donde un valor mayor que 1 indica una mejora de la eficiencia}$$

relativa del período 1 al período 2, en tanto que un valor menor de 1, indica una regresión de la eficiencia relativa del período 1 con respecto al período 2<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> A pesar que los autores usan el término “efecto *catching up*” se debe subrayar que el resultado también podría reflejar un proceso de divergencia donde las DMU menos eficientes se alejan todavía más de la frontera tecnológica o de las DMU más eficientes.

A su vez, debemos completar el anterior considerando los posibles desplazamientos de la frontera –en este caso un avance (teóricamente también un retroceso) de la frontera tecnológica– en tanto que la eficiencia de cada unidad de análisis se observa en relación precisamente c su distancia con respecto a esa frontera. En el caso del anterior gráfico, el punto C de  $(x_0, y_0)^1$  se desplazó junto con la frontera a E en el período 2. De este modo, el efecto de desplazamiento de frontera en  $(x_0, y_0)^1$  vendría definido por  $\varphi_1 = \frac{AC}{AE}$ . Esto equivale a:

$$\varphi_1 = \frac{\frac{AC}{AP}}{\frac{AE}{AP}} = \frac{\text{eficiencia de}(x_0, y_0)^1 \text{ con respecto a la frontera del periodo 1}}{\text{eficiencia de}(x_0, y_0)^1 \text{ con respecto a la frontera del periodo 2}}$$

Y, análogamente:

$$\varphi_2 = \frac{\frac{BF}{BQ}}{\frac{BD}{BQ}} = \frac{\text{eficiencia de}(x_0, y_0)^2 \text{ con respecto a la frontera del periodo 1}}{\text{eficiencia de}(x_0, y_0)^2 \text{ con respecto a la frontera del periodo 2}}$$

Consecuentemente, calculamos el desplazamiento de la frontera como media geométrica  $\varphi = \sqrt{\varphi_1 \varphi_2}$ . Nuevamente, un valor mayor que 1 indica una mejora de la frontera de eficiencia del período 1 al período 2, en tanto que un valor menor de 1, indica una retracción de la frontera de eficiencia relativa del período 1 con respecto al período 2.

Por su parte, el Índice de Malmquist se calcula como el producto de los efectos *catch-up* (C) y *frontier-shift* (F). Si definimos el nivel de eficiencia de una unidad de análisis con respecto a la frontera tecnológica como  $\delta^{t1}((X_0, Y_0)^{t1})$ , y  $t_1=1,2$  y  $t_2=1,2$  podemos expresar

$$\text{Donde: } C = \frac{\delta^2((X_0, Y_0)^1)}{\delta^1((X_0, Y_0)^1)}$$

$$F = \left[ \frac{\delta^1((X_0, Y_0)^1)}{\delta^2((X_0, Y_0)^1)} \times \frac{\delta^1((X_0, Y_0)^2)}{\delta^2((X_0, Y_0)^2)} \right]^{1/2}$$

Y

$$IM = \left[ \frac{\delta^1((X_0, Y_0)^2)}{\delta^1((X_0, Y_0)^1)} \times \frac{\delta^2((X_0, Y_0)^2)}{\delta^2((X_0, Y_0)^1)} \right]^{1/2}$$

Los dos numeradores corresponden a medidas referidas al mismo período y ambos denominadores a la comparación intertemporal.

Debe observarse, que la interpretación del resultado del IM depende del tipo de orientación (*input* o *output*) del modelo DEA subyacente. Así, en el caso de la orientación *input*, un resultado menor que uno implica una mejora de la productividad en el tiempo, en tanto que si se tratara de una orientación *output*, la interpretación sería la contraria. Sin embargo, es frecuente que incluso al emplear la orientación *output*, se inviertan los datos del IM, a fin de permitir una interpretación más intuitiva, de modo que una mejora de la productividad se presentaría con un valor mayor que uno. Obviamente, una puntuación igual a uno, indica –independientemente de la orientación– que la eficiencia permanece constante.

A su vez, no debe perderse de vista que un criterio fundamental en la estimación del índice de productividad de Malmquist, es que este índice solo mide el cambio productivo si la tecnología verdadera presenta rendimientos constantes de escala en todos sus puntos. Es decir, para medir correctamente los cambios productivos, las distancias que componen el índice deben de obtenerse en referencia a un conjunto de posibilidades de producción definido bajo rendimientos constantes de escala (Grifell-Tatje y Lovell, 1995; Murillo Melchor, 2002: 157). La estimación de la eficiencia técnica siempre va a ser consistente bajo rendimientos variables de escala y es la estimación más adecuada si no se conoce con seguridad la tecnología verdadera. Sin embargo el Índice de Malmquist se debe de construir bajo rendimientos constantes de escala porque esas medidas de eficiencia son la única referencia óptima con la que es posible medir las fuentes del cambio productivo.

## ■ 2.6. ¿PUEDE CONSIDERARSE EL DEA UNA TÉCNICA ESTADÍSTICA?

Una última cuestión a ser comentada se refiere a la validez del DEA como técnica estadística, cuestión subyacente a la discusión acerca de si se pueden considerar los niveles de eficiencia obtenidos por el DEA como estimados o como calculados. Recordemos que el proceso de estimación de la eficiencia se realiza tradicionalmente empleando dos tipos de técnicas: la estimación paramétrica y la no-paramétrica. Los métodos paramétricos consisten en estimar la función de producción a través de procedimientos econométricos y los no-paramétricos –como ha quedado explicado a lo largo de los epígrafes anteriores– en calcular la frontera mediante métodos de programación lineal. Tradicionalmente se ha señalado que la ventaja de los métodos paramétricos, a pesar de la rigidez de sus supuestos, consiste en que sus estimaciones tienen buenas propiedades desde el punto de vista de la inferencia estadística (frente a los métodos no paramétricos que compensan la ventaja de su flexibilidad funcional con la falta de un análisis de inferencia)<sup>28</sup>. Esta estimación paramétrica especifica la tecnología mediante una forma funcional

<sup>28</sup> La justificación de esta ventaja se fundamentaba en que, durante mucho tiempo, el único método no paramétrico de estimación fue el DEA, que en sus orígenes se planteó como una técnica determinística, y en base a esa característica sus aplicaciones han carecido, en la mayoría de los casos, de un análisis estadístico de las estimaciones.

conocida y según se modelice la naturaleza de la perturbación aleatoria, la frontera tendrá un carácter determinístico o estocástico. Si la perturbación aleatoria del modelo incorpora únicamente las desviaciones de la ineficiencia se estarían dejando de lado los posibles *shocks* exógenos no controlables por las unidades de análisis (carácter determinístico). Si, por el contrario, la perturbación incluyera esa aleatoriedad además de las posibles ineficiencias de las unidades de análisis, la frontera estimada sería estocástica (Murillo Melchor, 2002: 29-30).

En cambio, las técnicas no paramétricas, como ya ha sido explicado, no definen la frontera mediante una forma funcional conocida, sino a partir del propio conjunto de producción. En la mayoría de estos modelos, la estimación de la frontera es determinística, considerándose las desviaciones de la frontera debidas exclusivamente a las ineficiencias técnicas), empleándose técnicas de programación lineal para su cálculo. ¿Conlleva esto que no sea posible llevar a cabo un análisis estadístico de las estimaciones? Al contrario, es posible hacerlo y, en consecuencia, es viable realizar inferencias y construirles intervalos de confianza<sup>29</sup> (cf. al respecto Banker y Natarajan, 2004). Sin embargo, las estimaciones serán inconsistentes debido al hecho de que no es posible identificar, en el residuo del modelo, la parte de la ineficiencia debida al ruido estocástico. No obstante, un avance importante, en lo que se refiere a eliminar esta desventaja, ha sido el método desarrollado por Korostelev *et al.* (1995) en el caso de un solo *input*, así como el de Hall y Simar y Wilson (2000) con el que sí es posible estimar consistentemente una frontera estocástica sin necesidad de especificar la función de producción mediante una forma funcional conocida. Otras aportaciones significativas en este proceso fueron los trabajos de Simar y Wilson (2002), Banker (1993) y Kneip y Simar (1996), este último con un modelo semiparamétrico de dos datos para datos de panel<sup>30</sup>. Singularmente importante resultan los trabajos de Banker (1993 y 1996), quien vino a demostrar que para muestras grandes, los estimadores de ineficiencia obtenidos por DEA, siguen la misma distribución probabilística que las variable de ineficiencia real, aportando así las asunciones estadísticas bajo las que los estimadores DEA resultan consistentes y maximizan la verosimilitud (Banker y Natarajan, 2004: 300-301 y cf. también Baker, 1983 y 1996). Los estimadores serán segados en muestras finitas, pero los valores de ineficiencia estimados coincidirán con una alta probabilidad con los reales en el caso de muestras grandes. Ahora bien, la distribución asintótica de la eficiencia técnica del DEA, sigue siendo desconocida en el caso en el que la producción se efectúe con múltiples *inputs* y *outputs* (Murillo Melchor, 2002: 55), y la única manera de analizar estadísticamente las estimaciones de eficiencia es la construcción de intervalos de confianza mediante un *bootstrap* (Simar y Wilson, 2000; Kneip, Simar y Wilson, 2007).

En consecuencia, podemos resumir que, a pesar de ciertas limitaciones desde el punto de vista econométrico, el modelo DEA original ha evolucionado lo sufi-

<sup>29</sup> Esta consideración del modelo como determinístico, provocó que durante mucho tiempo no se realizara ningún tipo de inferencia estadística.

<sup>30</sup> En el primer paso se elimina el ruido mediante un suavizado no paramétrico y en el segundo, se estima la frontera mediante el DEA.

ciente como para poder considerarse –aunque con matices– un método estadístico riguroso y robusto (Zhu, 1996). Si a esto se le añaden las múltiples ventajas que presenta el análisis DEA (que han sido destalladas en el epígrafe 2.3), podemos concluir que se trata de un procedimiento singularmente apropiado para evaluar la eficiencia científica y tecnológica de los sistemas regionales de I+D en España.





**3**

**MEDICIÓN DE SISTEMAS  
DE INNOVACIÓN: INDICADORES  
COMPUESTOS**



### ■ 3.1. SISTEMAS DE INNOVACIÓN: CONCEPTOS TEÓRICOS

El Sistema Nacional de Innovación (SNI) es uno de los conceptos que ha visto muy revalorizada su importancia lo que se refleja en las numerosas aportaciones académicas publicadas al respecto (Véanse, entre otros: Freeman (1987), Dosi (1988), Porter (1990), Lundvall (1993), Nelson (1993), Edquist (1997), Koschatzky (1997) y Porter (2000)). Tal sistema se puede definir como “[...] el conjunto de instituciones distintivas que de forma conjunta e individual contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías y que proveen un marco en el que los gobiernos formulan e implementan políticas con el propósito de influir en el proceso de innovación. Se trata, por tanto, de un sistema de instituciones interconectadas destinadas a crear, guardar y transferir conocimientos, aptitudes, y artefactos que definen nuevas tecnologías” (Metcalfe, 1995). El concepto de SNI refleja el proceso de la división del trabajo en el campo de la innovación con la participación correspondiente de un amplio conjunto de agentes e instituciones interrelacionados entre sí, cuyas actividades deberían generar sinergias o ahorrar costes. De hecho, la innovación es una actividad cada vez más compleja e interdisciplinaria y su desarrollo exige la interacción de un elevado número de instituciones, organismos y empresas. Las actividades de estos agentes del sistema de innovación son en muchas ocasiones complementarias, basadas en una división de trabajo, donde los grandes centros públicos de investigación (incluidas las universidades) se dedican a la investigación básica que, a menudo, no resulta económicamente explotable de forma directa, en tanto que las empresas se dedican a desarrollar nuevos productos o procesos mediante la investigación aplicada<sup>31</sup>. En el intermedio existe un amplio conjunto de organismos e instituciones que se ocupan de la transformación de los conocimientos científicos a productos comerciables y en la transferencia, difusión y adaptación de las nuevas tecnologías.

La rápida difusión del concepto de SNI tanto a nivel académico como a nivel gubernamental se debe a las definiciones relativamente abiertas del mismo concepto que resultó compatible con y permitió la incorporación de toda una serie de corrientes (teóricas) que, a pesar de partir de postulados distintos a los de la economía de la innovación, encajaban en ella y acabaron completando y ampliando el concepto original, entre otros, hacia un ámbito de análisis subnacional, no solo regional, sino también local y sectorial. El concepto del sistema nacional y regional

<sup>31</sup> Se asume que la “ciencia se dedica al análisis de leyes generales y la comprobación de tales teorías, mientras que la investigación aplicada se enfoca a la transformación de los conocimientos hacia transformaciones productivas que pueden ser o no verificables por la ciencia”.

de innovación es resultado de la fusión de diversos enfoques teóricos. Se basa, por un lado, en los conceptos de distrito industrial (Marshall, 1919), y polos de crecimiento (Perroux, 1955) y en la teoría de los clúster (Porter, 1990). Estos enfoques tienen en común la importancia que adjudican a la proximidad espacial, las externalidades, la cultura e identidad regional y el proceso de aprendizaje colectivo o regional (Koschatzky, 2000) y, por otro, en los resultados de la teoría del crecimiento que subrayan la importancia de la innovación para tales áreas geográficas.

No cabe duda ninguna de que existen diferencias claras entre los sistemas de innovación de distintos países, pero hablando de SNI se supone, de forma implícita, que existe una cierta homogeneidad interna entre las regiones que lo forman, aunque ello constituya una abstracción poco realista (Lundvall, 1992). El sistema nacional de innovación de un país dado no refleja un panorama global que, a su vez, caracteriza la realidad de cada una de sus regiones sino que más bien resulta casi imposible equiparar un sistema nacional de innovación a los sistemas regionales. De hecho, en ocasiones cuando se habla del sistema de innovación japonés o alemán a lo que se está haciendo referencia en realidad es al sistema innovador de sus regiones tecnológicamente más avanzadas.

La parte “sistémica” del SNI se revela debido a que muchos aspectos distintos en diferentes partes de la economía y la sociedad en general parecían comportarse de acuerdo a las necesidades de otras partes, como si muchos circuitos de retroalimentación positiva estuvieran operando de forma más o menos sincronizada. La OCDE (1994b: 4) afirma al respecto, que “los resultados innovadores globales de una economía no depende tanto del desempeño específico llevado a cabo por parte de las instituciones formales (empresas, centros de investigación, universidades, etc.), sino de la forma en la que interactúan entre ellas, como elementos de un sistema colectivo de creación y uso de conocimiento, y del grado de interacción con las infraestructuras sociales (valores, normas y el marco jurídico)”. En consecuencia, el SNI es un sistema heterogéneo, dinámico y abierto, caracterizado por la retroalimentación positiva y por la reproducción. Como afirma Lundvall, “con frecuencia, los elementos del sistema de innovación se refuerzan mutuamente en la promoción de procesos de aprendizaje e innovación o, a la inversa, se combinan en grupos, bloqueando dichos procesos”. La causalidad acumulativa, y los círculos virtuosos o viciosos, son características de los sistemas y subsistemas de innovación. Respecto a ello, la transferencia tecnológica y el aprendizaje son aspectos importantes de los procesos de interacción y las actividades innovadoras requieren un ambiente innovador donde es importante el intercambio recíproco de personal, conocimientos científicos y tecnológicos, servicios especializados e impulsos innovadores (Aydalot y Keeble, 1988; Stöhr, 1987; Perrin, 1986 y 1988; Koschatzky, 1997).

### ■ 3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN Y SU INTERACCIÓN

Nosotros proponemos dividir el SNI en cuatro subsistemas (véase esquema 3.1): las empresas con sus relaciones interempresariales y las estructuras del mercado; las

Esquema 3.1

**LOS DISTINTOS COMPONENTES TEÓRICOS DE UN SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN**



actuaciones públicas en relación con la innovación y el desarrollo tecnológico (incluido el marco legal e institucional y la política tecnológica); la infraestructura pública y privada de soporte a la innovación; y el entorno nacional y regional. Las diferencias entre los países en cuanto a la configuración de estos elementos son importantes y resultan decisivas para el funcionamiento del sistema nacional en su conjunto. El esquema 3.1 indica los principales componentes de estos cuatro subsistemas. En realidad, la frontera entre ellos es a veces difusa y existe cierto solapamiento entre los distintos ámbitos; por ejemplo, la infraestructura pública de soporte a la innovación forma, a su vez, parte de la política tecnológica. Es decir, no siempre resulta fácil clasificar cada uno de los factores o actores exclusivamente en función de los cuatro subsistemas aquí utilizados; no obstante, tal clasificación –igual que el concepto del sistema nacional y regional de innovación– resulta muy útil como esquema analítico para estudiar un tema tan complejo como la innovación.

Cabe resaltar que aquí manejamos un concepto de innovación muy amplio, lo que implica que el sistema no incluye solo los agentes y factores directamente ligados a las actividades de investigación y desarrollo, sino también otros agentes o factores que influye de forma indirecta sobre las actividades innovadoras. Estos aspectos –que forman en general parte del entorno global– son, entre otros, el sistema financiero y el capital riesgo, el sistema de educación o la demanda.

### ■ 3.2.1. Las empresas, relaciones interempresariales y estructuras del mercado

La parte fundamental del sistema de innovación son las empresas, quienes son las responsables de la difusión última de las nuevas tecnologías en la sociedad. Ellas convierten las invenciones o innovaciones en productos comercializados en el mercado, mientras que otros agentes solo pueden facilitar o catalizar tal proceso. Las empresas están obligadas a innovar para poder resistir la presión competitiva y mantenerse operativas dentro del sistema. Las innovaciones pueden ser el resultado de la adquisición de tecnologías a otros agentes mediante la compra de maquinaria, de derechos de explotación de patentes y de la contratación de servicios técnicos, o bien del desarrollo interno de actividades de creación de conocimiento. Por ello, para aproximarse al comportamiento general de este segmento del sistema de innovación, ha de aludirse a las variables que recogen las actividades empresariales de I+D, por una parte, y al gasto en innovación, por otra. Algunos de los principales aspectos que caracterizan el sistema de innovación empresarial son el porcentaje de empresas innovadoras que hay en el sistema productivo, su esfuerzo en I+D, su cultura innovadora y emprendedora así como su especialización sectorial –especialmente respecto a los sectores de alta tecnología–.

Se puede destacar que la naturaleza de la investigación en las empresas difiere sensiblemente de la que se aborda desde las instituciones científicas (recogidas en este nuestro marco conceptual en el subsistema de infraestructura de soporte a la innovación), pues mientras esta se refiere al conocimiento abstracto, aquella se centra en la obtención de conocimientos concretos ligados a la producción. Como destacó Pavitt, la empresa combina “investigación y, más importante, desarrollo, pruebas, ingeniería de producción y experiencias operativas, acumula conocimientos sobre las diversas variables de un producto, y genera un conocimiento que no solo es específico, sino en parte tácito, incodificable, y por tanto de difícil y costosa reproducción” (Pavitt, 1991: 37).

Aun así, las tecnologías en las que ese conocimiento se plasma se comportan, al menos en parte, como bienes públicos susceptibles de generar externalidades, lo que supone un problema de incentivos para la asignación de recursos a su obtención (vid. Cohendet *et al.* (1998) y Foray (1991)). Por ello, la investigación tecnológica suele estar sujeta a las condiciones de(¿?) los otros subsistemas, ya que exige mantener el secreto en cuanto a la difusión de sus resultados; requiere asimismo la

existencia de instituciones –como el sistema de patentes o las leyes de protección de la propiedad intelectual– que preserven su apropiación por quienes los obtienen; y necesita de la existencia de programas de ayudas públicas que complementen la financiación privada que las empresas destinan a su sostenimiento, lo que vincula esta parte del sistema con los demás elementos del sistema nacional de innovación.

También otros aspectos del sistema empresarial tienen una influencia importante sobre las estrategias y el esfuerzo en innovación. Por ejemplo, el nivel competitivo, pues las empresas resultan ser más innovadoras si están bajo la presión de competencia (Porter, 1990, 2000). Esta presión no solo depende del nivel de rivalidad interna en el mercado nacional sino también, en gran medida, de la apertura de ese mercado a la competencia exterior y del nivel de internacionalización de las empresas. Resulta que las empresas que compiten en los mercados mundiales con rivales poderosos están obligadas a mejorar de forma continua sus productos o procesos de producción. El tamaño de las empresas y el nivel de concentración –o, dicho de otro modo, la estructura del mercado– están directamente relacionados con la rivalidad. La competencia también está afectada por la cooperación entre las empresas. Incluso se podrían indicar que, en muchos casos, la cooperación es contraproducente porque evita la rivalidad entre las empresas para ser las mejores (Porter, 1990).

Otro aspecto de este subsistema es que alude el papel de los clientes y proveedores. Clientes locales sofisticados y exigentes con necesidades que se anticipan a las de otras regiones promueven que las empresas busquen soluciones basadas en la innovación, creando así ventajas comparativas para el futuro. Respecto a los proveedores, las presiones para que compitan con otros en el mercado nacional y mundial son también factores inductores de conductas innovadoras. Por ello es contraproducente para una empresa crear proveedores “cautivos” que sean totalmente dependientes de la industria nacional y se les impida servir a competidores extranjeros (Porter, 1990) y las empresas no tienen que limitarse a buscar proveedores solamente en su propio país. La existencia de sectores afines y proveedores nacionales que sean internacionalmente competitivos, ofrece muchas ventajas comparativas. Primero, debido a la obtención de *inputs* de forma temprana, rápida y algunas veces preferente, así como por el acceso fácil y la comunicación directa. Segundo, debido a la posible influencia sobre la dirección de la innovación mediante el intercambio continuo de ideas y de información privilegiada sobre los últimos desarrollos y las próximas innovaciones. Además, el desarrollo de los proveedores y empresas puede suponer un refuerzo mutuo si se busca la cooperación.

### ■ 3.2.2. Infraestructura de soporte a la innovación

Por infraestructuras de soporte a la innovación se entiende el conjunto de entidades de muy diversa titularidad concebidas para realizar actividades de creación, desarrollo y difusión de la I+D+i. Facilitan, además, la actividad innovadora de todos los agentes del sistema, proporcionándoles medios materiales y humanos

para su I+D, tanto propios como de terceros, expertos en tecnología, soluciones a problemas técnicos y de gestión, así como información y toda una gran variedad de servicios de naturaleza tecnológica. No resulta fácil dividir los agentes de este subsistema porque la mayoría de los agentes incluidos tiene en general dos funciones: realización de I+D+i y facilitar servicios avanzados de innovación.

La infraestructura de soporte a la innovación recoge el papel fundamental de la investigación científica, pues de ella depende en buena medida la delimitación de las fronteras del conocimiento y, con ellas, la gestación de las oportunidades tecnológicas que alumbran las posibilidades de la innovación en los sectores productivos. Asimismo, la investigación científica determina el horizonte de las ideas y teorías que, a través de la enseñanza superior, se transmiten a los profesionales formados por las universidades, configurando así el segmento más valioso del capital humano disponible en la sociedad. La investigación científica tiene por finalidad la obtención de un conocimiento general, abstracto y no específicamente asociado a los problemas de la producción de bienes y servicios<sup>32</sup>. La validación de ese conocimiento se sujeta a dos reglas básicas<sup>33</sup>: por una parte, la difusión pública y completa de sus resultados, de manera que puedan ser replicados y discutidos por la comunidad científica (vid. principalmente, Nelson, 1959); y, por otra, la concesión a sus autores de la prioridad en el reconocimiento social de sus logros y, también, en la asignación de los derechos de propiedad intelectual que pudieran corresponderles (vid. Foray, 1991). Desde la perspectiva económica, el respeto a estas reglas –que, en lo fundamental, garantizan el libre acceso a su contenido– es estrictamente necesario para asegurar la eficiencia estática (vid. Nelson, 1959: 149-150), así como para favorecer el aprovechamiento de las externalidades ligadas a la ciencia<sup>34</sup>. Pero ello implica que los incentivos para que el sector privado destine recursos a este tipo de investigación serán mínimos y que, en consecuencia, deba ser el gobierno quien se ocupe de su financiación (vid. Nelson, 1959; Arrow, 1962 y, para una revisión de los argumentos, Foray, 1991).

Desde una perspectiva institucional, la investigación científica se organiza en torno a ciertas instituciones dependientes de la Administración Pública –los Organismos Públicos de Investigación (OPI) entre los que se cuentan grandes organizaciones con unidades dedicadas al cultivo de las diferentes ramas de la ciencia, y pequeños o medianos institutos especializados, así como grupos de investigadores que compatibilizan sus tareas profesionales con las de carácter científico dentro de instituciones principalmente orientadas a los servicios públicos– y a las Universidades. Estas últimas forman parte del sistema científico, de manera que juegan un papel muy relevante en la indagación acerca de los nuevos conocimientos de naturaleza abstracta. Sin embargo, son también instituciones de enseñanza superior que desempeñan un papel esencial para la difusión de esos conocimientos

<sup>32</sup> Para una discusión acerca de la caracterización del conocimiento científico, su diferenciación con respecto a la tecnología y su valor económico, vid Pavitt (1991).

<sup>33</sup> Una consideración histórico-institucional acerca de estas reglas de funcionamiento de la investigación científica, puede consultarse en Dasgupta y David (1987).

<sup>34</sup> Una discusión sobre este último punto se desarrolla en Pavitt (1991).

entre los estudiantes y, por tanto, para la formación del capital humano que, una vez graduados aquellos, será empleado en las actividades de producción. Asimismo, las universidades asumen la reproducción del sistema científico por medio de la formación de doctores en las diferentes ramas de la ciencia.

La segunda vertiente de la infraestructura de soporte a la innovación son los servicios avanzados a la innovación incluyendo los centros de formación, centros tecnológicos, servicios de información y consulta, centros de innovación, parques tecnológicos, los centros de transferencia tecnológica. Aquí también se incluyen los servicios avanzados relacionados con la innovación ofrecidos por los organismos públicos de investigación, universidades y escuelas politécnicas. Unas cuantas iniciativas han sido desarrolladas por la Administración Pública en cooperación con las empresas, como por ejemplo los parques o centros tecnológicos.

La existencia de una buena infraestructura de soporte a la innovación resalta la importancia de la división del trabajo en este campo, lo que la convierte en un factor clave para poder atraer inversiones en I+D de otros países. La división del trabajo permite obtener ventajas de escala respecto a ciertas actividades de I+D cuyas instalaciones son caras (laboratorios, grandes instalaciones) y se utilizan poco por cada una de las empresas individuales especialmente en el caso de las pymes. Además, permiten a las empresas disponer de especialistas en ciertos campos donde falta capacidad tecnológica interna o son de alta complejidad. Por lo tanto, las empresas ubican sus actividades innovadoras en aquellas regiones donde pueden aprovecharse de una oferta de servicios relacionados con la innovación que complementan sus propios conocimientos y necesidades.

Como ya se ha indicado, en un sistema de innovación la interacción entre distintos agentes y factores es muy importante. La fuerza de las relaciones determina en qué medida el conocimiento generado por la parte común de la infraestructura se convierte en innovaciones aplicadas en el sistema productivo nacional o regional. La existencia de instituciones de transferencia tecnológica tiene que asegurar la difusión de innovaciones en el sistema. Por eso, la creación de instituciones *punte* que faciliten la interacción entre los distintos elementos del SNI resulta muy importante (Carlson, 1994). La ausencia de tales instituciones de interacción puede implicar que empresas de otros países o regiones puedan aprovecharse más rápidamente de las externalidades generadas que las empresas domésticas (Stern *et al.*, 2000)<sup>35</sup>. Por otro lado, la creación de tales infraestructuras no se puede forzar en una región donde no existe una demanda de servicios avanzados de innovación.

Barge (2006) resume el papel de las “organizaciones intensivas en conocimientos” en los sistemas de innovación. Primero forman por sí mismas una parte creciente de un sector económico de servicios avanzados, generando innovacio-

<sup>35</sup> Por ejemplo, las empresas de Alemania se aprovecharon de innovaciones químicas generadas por empresas inglesas; empresas japonesas han introducido el “fax” originalmente desarrollado en Alemania y han comercializado la tecnología VCR generada en EE.UU. (Rosenbloom y Cusumano, 1987).

nes, una demanda de empleo cualificado y ellos mismos se conviertan en demandantes de servicios avanzados de conocimientos. Además, su existencia sirve como polo de atracción para nuevas inversiones –o su permanencia– en sectores avanzados. Un segundo papel de las organizaciones intensivas en conocimientos es su capacidad de agilizar la transferencia tecnológica y el aprendizaje del sistema en su conjunto. Los centros tecnológicos interactúan con un amplio abanico de agentes de forma simultánea (empresas, universidades etc...) lo que les convierte en un núcleo de aprendizaje del sistema de innovación absorbiendo las *best practices* de los agentes y transfiriéndolas a nuevos clientes. En consecuencia, las organizaciones intensivas en conocimientos: (1) reducen para sus clientes los costes y el riesgo de sus proyectos de innovación; (2) mejoran las habilidades y capacidades tecnológicas de sus clientes; (3) permiten a sus clientes conocer su posición en relación con otras organizaciones; (4) difunden los conocimientos de sus clientes al resto del sistema de innovación aumentando el poder distributivo del conocimiento (diseminación de conocimientos e información); (5) transforman las demandas y necesidades latentes en actividades explícitas traduciendo los problemas de las empresas en soluciones técnicas y favoreciendo de esta forma la innovación; (6) realizan una labor de intermediación entre oferta y demanda en el mercado de conocimientos; (7) contribuyen a la formación de capital humano tanto a través de su propio personal como mediante los cursos de formación que imparten; (8) y debido a sus posibles actividades internacionales de creación, difusión y búsqueda de tecnologías contribuyen al acceso a fuentes externas al sistema nacional de innovación.

En definitiva, las organizaciones intensivas en conocimientos son, debido al alto nivel de conectividad con los demás agentes del sistema de innovación, catalizadores que contribuyen a poner en funcionamiento e incrementar las potencialidades de innovación existentes en el territorio (Barge, 2006). Por todo ello, la infraestructura tecnológica resulta ser muy importante y la Administración pública debería enfocar parte de sus actuaciones hacia la mejora de su articulación (véanse, entre otros, Reich, 1991; Fransman, 1997; Metcalfe, 1997).

El enfoque geográfico del concepto de Sistema Nacional de Innovación se observa muy bien en el papel de la infraestructura tecnológica. La región y la proximidad resultan ser factores fundamentales para las actividades innovadoras. La concentración regional de las actividades innovadoras genera sinergias y un proceso de aprendizaje colectivo. La presencia de instituciones que apoyan tales actividades (como centros tecnológicos, instituciones públicas de I+D, consultores técnicos, parques tecnológicos, agentes financieros con capital riesgo) y permite la división del trabajo resulta ser una condición elemental para asegurar la aceleración de la transferencia tecnológica y la interacción entre los distintos agentes del sistema. Todo eso indica que un aspecto muy importante de la intervención pública es la creación o la mejora de la infraestructura tecnológica pública.

### ■ 3.2.3. Actuaciones públicas en relación con la innovación y el desarrollo tecnológico

Quizá la influencia más directa de la Administración pública sobre el sistema de innovación se deriva de la política de I+D+i. Esta política se puede definir como “*la intervención gubernamental en el proceso económico con la intención de afectar al proceso de innovación tecnológica*” (Stoneman, 1987: 4). Tal definición excluye aquellas medidas públicas que afectan al proceso de innovación pero no de forma intencionada. No habría que olvidar que existe un gran solapamiento entre la política industrial y la política tecnológica, pues esta última forma parte muchas veces de la primera aunque en otras ocasiones tiene un ámbito mucho más amplio.

El difícil equilibrio entre los incentivos para invertir en la innovación (basados por un lado, en los beneficios a partir de monopolios temporales obtenidos debido a la innovación, y por otro, a la presión por la competencia fruto de la imitación) es un aspecto muy significativo que, junto con otros fallos del mercado, son determinantes importantes del nivel innovador de un país. Especialmente, en este aspecto, el Estado puede jugar un papel importante mediante normas legales y apoyo adicional (financiero) a la I+D.

Aunque existen muchos estudios sobre la eficacia de las políticas basadas en ayudas financieras y sobre su justificación teórica, no se entrará aquí en este debate<sup>36</sup>. No obstante conviene destacar el papel subsidiario que tiene la Administración pública respecto al desarrollo tecnológico. Como ya se ha mencionado, la característica principal del sistema de innovación es la interdependencia entre sus elementos y ello implica que la intervención pública solamente puede ejercer una influencia determinada por la contingencia de los demás elementos del sistema. Por ejemplo, la política tecnológica ha sido relevante en el desarrollo del sistema regional de innovación en Baden-Württemberg, pero su papel es de orden subsidiario. Este hecho simple, pero fundamental tendría que inyectar una nota de realismo en el debate sobre la transferibilidad del modelo de Baden-Württemberg hacia otras regiones (Cooke y Morgan, 1994). Los políticos tienen que tener muy claro que los límites y posibilidades para la política tecnológica se determinan por las capacidades y el nivel tecnológico y empresarial actuales de las empresas, regiones o estados. Una región de alta tecnología no se puede crear sin la participación de las empresas que, de hecho, forman el núcleo central del sistema productivo y del sistema de innovación por ser los agentes que generan o aplican las innovaciones económicamente útiles.

La Administración juega –de forma directa e indirecta– un papel no despreciable en el desarrollo del sistema de innovación. El sector público como agente financiero y propietario de una parte del sistema científico, ejerce su influencia sobre la dirección y amplitud de las actividades de innovación. Además, dispone de dos vías adicionales para influir en el sistema. Por una parte, como usuario de

<sup>36</sup> Para una revisión de esta literatura, véase Heijs, 2001.

las tecnologías –mediante la demanda pública– puede imponer ciertas actividades innovadoras exigiendo productos de alto nivel de prestaciones y de calidad. Y, por otra, mediante la regulación y la adaptación del marco jurídico a las necesidades y particularidades de las actividades innovadoras y del sistema. Así el Gobierno puede regular las características de los productos que se venden en el mercado imponiendo o incitando de esta forma ciertas actividades innovadoras. Tal es el caso de las normas de seguridad, calidad, y estandarización de productos, la regulación de la protección del medioambiente y la política de competencia. Igualmente el Estado asegura a las empresas el aprovechamiento de sus esfuerzos en I+D protegiendo los resultados de las actividades innovadoras. Tal protección jurídica, como puede ser la legislación respecto a la propiedad industrial e intelectual (patentes, marcas, derechos de autor etc...), es sobre todo importante si las innovaciones corresponden a las características del modelo lineal de innovación, o dicho de otro modo, si el resultado de la innovación se corresponde sobre todo al concepto de “información”.

Otro aspecto del sistema nacional y regional de innovación, donde la Administración pública tiene un papel central, es la educación y formación, siendo este un elemento extremadamente importante (Lundvall, 1992; Romer, 2000; Porter, 1990, 2000) que se analiza en el siguiente epígrafe.

Un último aspecto respecto a las actuaciones públicas en relación con la innovación y el desarrollo tecnológico sería el apoyo financiero a las actividades innovadoras empresariales. El alto riesgo relacionado con las actividades innovadoras y con la comercialización de sus resultados, junto a la escasez de capital riesgo en la mayoría de los países europeos, implica que la financiación de la innovación es un problema generalizado. Debido a ello, todos los Estados de los países económicamente más avanzados han adoptado medidas destinadas a proveer recursos financieros a las empresas innovadoras.

#### ■ 3.2.4. Entorno global

Bajo la noción de entorno global se incluyen aquellos aspectos que de forma indirecta influyen sobre la capacidad tecnológica de una empresa o región. Se trata, entre otros, del sistema educativo y de las cualidades del capital humano, el sistema financiero (capital riesgo), el grado de exigencia de los demandantes de bienes y servicios, la cultura y el nivel de vida.

El capital humano y, por lo tanto, el sistema de educación y su adecuación al sistema productivo, resulta un factor muy importante respecto a la capacidad innovadora de una región (OECD-TEP, 1988; Lucas, 1988; Romer, 1990; Porter, 1990, 2000). El nivel de actividad innovadora desarrollado por una economía dependerá en última instancia del número de personas cualificadas que se pueden dedicar a la producción de nuevas tecnologías (Porter, 2000). La educación resulta ser un mecanismo importante para la transferencia tecnológica e influye de forma decisiva sobre las cualidades del capital humano. No hay que olvidar que la innovación está

basada en la acumulación de conocimientos tácitos incorporados en las personas y difícilmente codificables. Si no existe una oferta de investigadores e ingenieros bien cualificados será difícil atraer a las actividades innovadoras y, por lo tanto habrá que promover su formación (Romer, 2000). La educación, como forma de creación de competencias, no solo se realiza en escuelas y universidades, sino también incluye la formación de los empleados en las empresas tanto mediante los cursos específicos como mediante la acumulación de experiencias durante su trabajo cotidiano como investigador.

Como ya se ha comentado, un aspecto importante del proceso de interacción entre los elementos del sistema nacional y regional de innovación es la integración entre la ciencia, las instituciones de enseñanza superior y la industria. A pesar de que la contribución más importante de estas instituciones para el desarrollo tecnológico es tradicionalmente la preparación de capital humano, tienen también un papel fundamental en la transferencia de tecnología.

Otro componente del entorno del sistema de innovación es el sistema financiero. La capacidad de innovación de un país o región depende en gran medida de la financiación de la innovación. La carencia de recursos financieros es el obstáculo a la innovación más citado por las empresas, independiente de su tamaño, en todos los países europeos y prácticamente en todos los sectores (CE, 1995). Los riesgos, los altos costes y la difícil apropiabilidad de los resultados relacionados con las actividades innovadoras conviertan su financiación en un problema relevante. En muchos casos un proyecto fallido puede poner en peligro la supervivencia de una empresa. El éxito de un proyecto no depende solo de su acierto tecnológico —especialmente en el caso de la I+D básica difícil de asegurar— sino también de su comercialización en el mercado<sup>37</sup>.

Parece que el sistema estadounidense ofrece un entorno financiero con mayor accesibilidad a capital riesgo que en los países europeos, donde las entidades financieras son más conservadoras y exigen más seguridad a largo plazo. Con relación a este asunto debe aludirse también a la estructura de la propiedad de las empresas. Por ejemplo, en Alemania y Suiza las empresas grandes son, en muchos de los casos, propiedad de los bancos y fondos de pensiones que persiguen beneficios a largo plazo, apostando por sectores maduros donde el desarrollo se basa en una I+D permanente y de carácter incremental, aceptando una esperanza de rentabilidad menor. En EE.UU. las empresas son propiedad de inversores privados y existe mucho capital riesgo. Estos inversores exigen beneficios altos y a corto plazo apostando más bien en sectores nuevos como la biotecnología (Porter, 1990).

Finalmente en los mercados interiores de bienes y servicios, la demanda puede ejercer un efecto dinamizador en el sistema de innovación, de manera que sus exigencias influyen de forma directa sobre el comportamiento innovador de las empre-

<sup>37</sup> Por ejemplo, en ciertos casos dos o más empresas persiguen un mismo producto y solamente quien lo desarrolla primero obtiene la patente y se lleva el total de los beneficios, los demás tendrán pérdidas (sobre la carrera por los patentes, véanse Barzel, 1968; Dasgupta y Stiglitz, 1980; Dixit, 1988).

sas (Abernathy y Chakravarty; 1979; Von Hippel, 1988; Rosenberg, 1993; Porter, 1990). Por un lado, la demanda de los consumidores puede ser sofisticada y exigir productos de alto nivel tecnológico, por otro lado, la demanda pública también ha sido utilizada como un instrumento para promover la innovación en las empresas.

Solo se han destacado alguno de los aspectos del entorno considerados como los más importantes. Existen más aspectos no tratados aquí. Incluso existen actividades o elementos fuera del sistema de innovación que interactúa con el y que influyen sobre sus componentes, como podrían ser algunos aspectos del marco legal de un país. No se trata de aquellas medidas legales específicamente diseñadas para promover la innovación sino leyes generales. Por ejemplo, las normas y la regulación respecto a la calidad y seguridad de los productos o sobre la protección medioambiental, pueden obligar o presionar a las empresas a iniciar una actividad continuada de innovación y mejora de su oferta.

### ■ 3.3. EL USO DE INDICADORES COMPUESTOS O SINTÉTICOS COMO UNA APROXIMACIÓN HOLÍSTICA PARA MEDIR SISTEMAS DE INNOVACIÓN<sup>38</sup>

Como se ha argumentado en la sección 3.1, los sistemas regionales de innovación —y cada uno de sus subsistemas— son realidades complejas en las que participan múltiples agentes y cuya configuración institucional puede ser muy variada. Ello hace que, para la representación de esos sistemas, sea imprescindible recurrir al empleo de múltiples variables (muchas de ellas altamente correlacionadas). Para poder trabajar con tal cantidad de variables o indicadores correlacionados, la información contenida en las variables originales se debe resumir, obteniéndose un número menor de variables sintéticas de carácter abstracto —a las que denominaremos factores<sup>39</sup>—, aunque identificables con respecto a los elementos que conforman los subsistemas de innovación reflejado en el esquema 3.1.

En esta sección se discutirá la necesidad y las ventajas de usar variables compuestas o sintéticas, cuya justificación viene dada por distintas razones complementarias, tanto de carácter teórico o conceptual, como por los requerimientos de la modelización econométrica. Desde un punto conceptual, las variables sintéticas son importantes porque existen dudas si ciertas variables individuales reflejan de forma correcta las características de un sistema de innovación y su potencial. Por otro lado, los indicadores compuestos resuelven problemas econométricos (como, entre otros, la multicolinealidad y la falta de grados de libertad en los modelos de regresión) y metodológicos (suavizan la existencia de *outliers* o errores en las estadísticas). En esta sección se presentan primero las razones conceptuales, seguidas

<sup>38</sup> Para un debate más amplio sobre indicadores compuestos para medir los sistemas de innovación véanse entre otros: Hagedoorn y Cloudt, 2003; Grupp y Moguee, 2003; Grupp y Schubert, 2010 y, especialmente, OCDE, 2008 y 2011.

<sup>39</sup> Ya que la reducción de la información se realiza en este estudio mediante la aplicación de un análisis factorial.

por las ventajas metodológicas, y finalmente, se discuten las fortalezas y debilidades de las variables compuestas.

Desde el punto de vista conceptual, la teoría evolucionista subraya la heterogeneidad del comportamiento innovador como una actividad multidimensional que está afectada directamente por su entorno económico y social donde participa un gran número de agentes, instituciones y factores que interactúan en un marco sistémico basado en un gran número de relaciones interdependientes, que su vez dificultan el establecimiento de relaciones causales unidireccionales. Además, un gran número de aspectos del entorno –no directamente relacionado con la I+D+i– tiene un impacto directo sobre las actividades innovadoras. Todo ello implica que un Sistema Regional de Innovación (SRI) es un concepto abstracto difícil de medir de forma directa a base de variables individuales.

De hecho, muchos indicadores individuales reflejan conceptos muy parecidos y pueden ser sustituidos entre sí. La gran mayoría de estas variables están altamente correlacionadas, pero resulta que cada uno de los indicadores individuales que –aparentemente– refleja el mismo aspecto del SRI, refleja en realidad un panorama a veces muy distinto (véase gráfico 3.1). Por ejemplo, al determinar el nivel tecnológico de España respecto a la Unión Europea, el uso de diferentes indicadores individuales conduce a conclusiones muy dispersas. El gráfico 3.1 refleja el nivel comparativo de diversos indicadores individuales que se utilizan con frecuencia como sustitutos en la literatura e informes políticos a la hora de determinar el nivel tecnológico de un país.

En el gráfico, el nivel europeo se refleja para todos los indicadores<sup>40</sup> con el valor 100 por lo que el dato para España refleja su retraso en porcentaje. Resulta que España tiene un PIB per cápita un 10% por debajo del de los países de la Unión Europea, lo que implica un nivel de bienestar relativamente alto. En el caso del nivel tecnológico los distintos indicadores apuntan, en general, a un retraso mucho más elevado. Para dos de los indicadores, el retraso del nivel tecnológico es aparentemente menor, ya que utilizando el empleo en I+D o las publicaciones per cápita, España está un 11-17% por debajo de la media europea. Pero en el caso del gasto en I+D per cápita, España refleja un retraso del 33%. Si limitamos los análisis al sistema de innovación empresarial se observa un retraso todavía mucho más acentuado ya que en el gasto en I+D empresarial (per cápita), España está solo al 51% del nivel europeo y en patentes per cápita, el nivel español sucumbe hasta un 24% del nivel europeo.

Es decir, la convergencia económica (PIBpc) ha sido mucho más evidente que la convergencia tecnológica o en conocimientos. Observando las diferencias en las conclusiones a partir de estos indicadores individuales sobre el nivel tecnológico español reflejado en cada uno de ellos, no cabe duda que su uso por separado marginalizaría la simultaneidad o el carácter holístico del comportamiento innova-

<sup>40</sup> Se emplean todos los indicadores en términos relativos (per cápita y como porcentaje del PIB) a fin de que sean comparables.

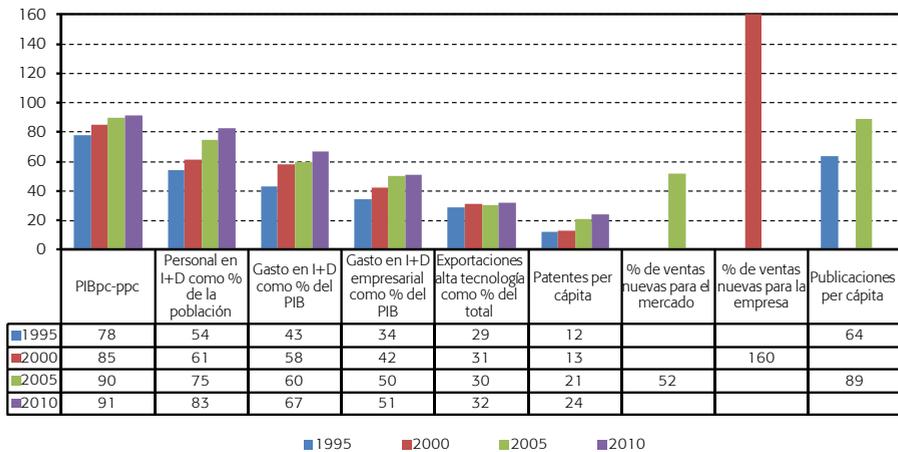
dor. O, como indican Makkonen y Have (2013): “un indicador individual es solo un indicación parcial del esfuerzo innovador total realizado por un sujeto” (p. 251). Por lo que el uso de indicadores compuestos reflejaría mejor la realidad que cada uno de ellos de forma individual.

En la mayoría de los estudios que utilizan indicadores compuestos, su creación es un paso intermedio y los indicadores sintéticos obtenidos se utilizan para análisis posteriores<sup>41</sup>. En nuestro caso se utilizarán los indicadores compuestos para la medición de la eficiencia.

Para la elaboración de modelos econométricos en estudios posteriores, el uso de variables compuestas cuenta con ventajas metodológicas muy importantes sobre todo desde una perspectiva estadística. Como ya se ha indicado, muchas de las variables individuales que miden los sistemas de innovación están altamente correlacionadas, lo que genera problemas de multicolinealidad para la gran mayoría de los modelos econométricos. La aplicación de un análisis factorial soluciona este problema y al mismo tiempo evita limitaciones por requisitos de normalidad, homoscedasticidad y linealidad (o se aplican de forma menos restrictiva).

Gráfico 3.1

### EL RETRASO TECNOLÓGICO DE ESPAÑA COMPARADO CON LA UNIÓN EUROPEA<sup>42</sup>



**Notas:** PC= per cápita; PPC=*p urchasing power parity*. (Los valores de España reflejan su nivel respecto a la media europea (las UE-15= 100)).

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>41</sup> Como el desarrollo de una función de producción de ideas (Buesa, Heijis y Baumert, 2010) .

<sup>42</sup> Para las variables de *output* (patentes, publicaciones ventas nuevas para el mercado) solo están disponibles los datos para la Unión Europea 27.

La multicolinealidad (o sea, la existencia de correlaciones entre las variables) incluso es un requerimiento necesario para poder realizar el análisis, ya que el objetivo es identificar un conjunto de variables relacionadas que reflejan distintos rasgos para que su información se sintetice o combine en unas pocas variables. Además, se puede destacar que el análisis factorial permite el uso de una aplicación estadística –la rotación Varimax–, que maximiza la ortogonalidad de los factores (Hartung y Elpelt, 1999: 515) –o minimiza su correlación–, con lo que se soluciona los problemas de multicolinealidad en el momento de estimar modelos econométricos.

Por otro lado, la utilización de un análisis factorial resuelve parcialmente los problemas relacionados con errores de medición y procesamiento de los datos (como los errores en el momento de registrar los datos etc.) o la existencia *outliers* en ciertas variables. Además evitan en cierto modo el problema que ocasionan las fluctuaciones temporales atípicas de las variables individuales, debido a que cada factor se basa en una media ponderada de diversas variables, lo que amortigua el impacto de los “errores” o valores atípicos de cada variable individual. No se debe olvidar que los datos estadísticos no siempre son correctos y a veces ofrecen fluctuaciones extraordinarias o anormales causadas entre otros por (1) errores en la recolección de los datos por parte de los investigadores; (2) errores en los datos estadísticos ofrecidos por las propias oficinas estadísticas; (3) fluctuaciones inesperadas y bruscas debidas a situaciones excepcionales, como cambios en la regulación o en la aplicación de las normas que retrasa la asignación en el tiempo de ciertos hechos en términos estadísticos. En el caso que solo una de las variables de un índice compuesto se haya visto afectada por tal cambio regulatorio o error de medición, su comportamiento atípico se verá parcialmente corregido o “suavizado” por las demás variables (altamente correlacionadas) incluidas en el indicador sintético del cual forma parte.

A pesar de las ventajas de usar indicadores compuestos existen también críticas respecto a su uso, su utilidad y calidad respecto a su elaboración o confección (Hollenstein 1996; Buesa *et al.*, 2006; Grupp y Schubert, 2010; OCDE 2008; Makkonen y Have, 2013). El primer problema sería la forma de ponderación o el peso de cada variable individual en el proceso de su agregación al indicador compuesto (Grupp y Schubert, 2010<sup>43</sup>; Cerulli y Filipetty, 2012<sup>44</sup>). Estos autores indican que especialmente en el caso de una correlación muy alta entre las variables, el uso de un indicador compuesto no siempre será superior al uso de variables individuales, ya que posiblemente llegarían a conclusiones muy parecidas. Aunque es verdad que en este caso los indicadores compuestos no solucionan un problema real, tampoco sería peor que las variables individuales. Además, aunque no sería

<sup>43</sup> Grupp y Schubert comparan el usos de métodos que se utilizan frecuentemente en la literatura: las medias simples no ponderadas, *the benefit of the doubt method*, métodos basados en DEA y los métodos basados en análisis factoriales y componentes principales.

<sup>44</sup> Cerulli y Filippetti (2012) ofrecen un método interesante de normalización (*conceive mean approach*) que suaviza de forma indirecta la existencia de valores extremos o atípicos y que corrige los valores “no balanceados” en las distintas variables. Ellos generan un indicador más robusto dando más importancia a países con sistemas muy balanceados y menos importancia a países con sistemas muy desiguales.

superior en la mayoría de los casos, posiblemente corrige el problema de valores atípicos o extremos (los denominados *outliers*).

También Makkonen y Have (2013) reflejan que las distintas formas de ponderación es una de las desventajas o problemas metodológicos más importantes a los que se afrontan los indicadores compuestos. Las decisiones subjetivas sobre la ponderación o el peso exacto de cada variable, influyen claramente sobre el resultado o puntuación final del indicador sintético compuesto. A pesar de ello, estos autores defienden el uso de indicadores compuestos subrayando que la innovación es un proceso interactivo donde interviene un amplio número de actores y que consiste en diversas fases como la creación de nuevas ideas y conocimientos científicos, el proceso de innovación que convierte las ideas en productos en combinación con las actividades de diseño de los productos y desarrollo de los innovaciones de proceso. También la industrialización, comercialización, transmisión y difusión son parte del proceso de innovación. Durante este proceso interactivo existen flujos continuos –interacciones y retroalimentaciones–. Es decir, se trata de un modelo interactivo –no lineal ni secuencial– en el que las fases están intensamente interrelacionadas (Kline y Rosenberg, 1986). Además existe una amplia heterogeneidad en la experiencia y 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 de solo una de estas fases.

Por ejemplo, la literatura ha debatido ampliamente la denominada “paradoja europea” que señala que los países europeos son muy buenos en la investigación básica pero no son capaces de aplicar los resultados científicos en productos o innovaciones e introducirlos en el mercado<sup>45</sup>, mientras que Japón, China y los tigres asiáticos se han especializado en la comercialización de innovaciones sin tener un alto nivel en I+D básica. Otro ejemplo, que reflejan los problemas de seleccionar el mejor indicador individual para medir la capacidad y/o la eficiencia innovadora, es la importancia de la adquisición de tecnologías en países y regiones poco desarrollados mientras que en estas zonas geográficas el gasto en I+D y el número de patentes no reflejan bien su nivel innovador. Incluso el papel de patentes es muy distinto entre los países desarrollados como entre, por ejemplo, los países de la Unión Europea o incluso entre regiones de un solo país. Las diferencias dependen entre otros de: (1) la especialización sectorial del sistema productivo de las regiones o al nivel nacional; (2) las diferencias en la cultura empresarial como la propensión de patentar o la cultura innovadora, (3) el nivel de vida o el tamaño del mercado en combinación con (4) los costes en tiempo y en términos monetarios de solicitar una patente, el coste de mantenerlas vigentes, los costes de hacer cumplir la protección real de la patente en el mercado, etc. Es decir, el debate sobre la idoneidad de diversos indicadores individuales o su peso en variables compuestas se dificulta si se comparan distintos tipos de países o regiones.

Los contrastes acerca de la importancia de los distintos tipos de indicadores de la innovación para diferentes países se han reflejado en el desarrollo de manuales

<sup>45</sup> Véase el trabajo *Myths and realities of the so-called 'European Paradox'* (Dosi et al., 2006).

que ofrecen las indicaciones para la recogida e interpretación de los datos que reflejan la I+D y la innovación. El primero de ellos, el *Oslo Manual* (OCDE, 1992), ha sido criticado ya que sus indicaciones estaban sesgadas a los sistemas de innovación de los países más avanzados. Por ello, la Red Iberoamericana de Indicadores para la Ciencia y Tecnología (RICYT), ha elaborado el llamado *Bogotá Manual* (2001), que tiene en cuenta las particularidades de los sistemas nacionales de innovación de los países en desarrollo<sup>46</sup>. En otras palabras, existen grandes diferencias en las realidades de distintos países e incluso entre las regiones de un mismo país lo que genera desacuerdos importantes en el momento de elegir los indicadores individuales más representativos o –en el caso de crear indicadores compuestos– sobre la ponderación exacta de cada variable individual incluida en el indicador sintético

La creación de indicadores compuestos y la ponderación del peso de las variables incluidas deben hacerse por parte de los organismos internacionales. Aunque, como se acaba de indicar, sería difícil sino imposible llegar a consensos en este tema que satisfagan todos los argumentos teóricos, políticos y estadísticos. Sin embargo, esta misma imposibilidad de consenso también existe –e incluso podría ser peor– en el momento de decidir cuál de las variables individuales representan mejor cierta actividad o elemento de un sistema nacional o regional de innovación.

Aunque la literatura subraya diversas objeciones a las variables compuestas, estas se comparan de forma implícita con un indicador individual global e idóneo sin entrar en un debate sobre cómo seleccionar tal variable individual si se rechaza el uso de un indicador compuesto. Esto se podría considerar una comparación infructuosa o superflua porque todos los inconvenientes del indicador compuesto (y el problema de la ponderación de sus componentes) son aplicables también a las variables individuales ya que ninguna de ellas refleja de forma inequívoca la complejidad y la multidimensionalidad de los sistemas (regionales) de innovación y la selección de cada uno de las variables individuales se puede criticar de forma clara.

En nuestra opinión los problemas mencionados en esta sección están lejos de resolverse de forma unánime y consensuada. La creación de indicadores compuestos en el campo de los sistemas de innovación es un fenómeno todavía novedoso y se requiere la construcción de un consenso y la estandarización del modelo metodológico para elaborar los índices sintéticos y la ponderación de las variables incluidas en ellos. En palabras de Grupp y Schubert (2010: 68): “Resumiendo un debate que viene prolongándose desde hace décadas, la medición de la ciencia y tecnología requiere seguir una aproximación multidimensional. Hasta ahora no se desarrollado una variable “*catch-all*” que recoja de forma satisfactoria todas las facetas de la ciencia e innovación”.

Concluyendo, para el estudio de la eficiencia de los sistemas regionales de innovación en España se aplicará –por las razones mencionadas en esta sección–

<sup>46</sup> La tercera edición del *Manual de Oslo* añade un anexo para corregir la medición de la I+D e innovación en países en desarrollo.

una metodología que permite la reducción de la información de un conjunto amplio de variables a unas pocas *variables hipotéticas o no-observables* (factores). Cada uno de los factores refleja los aspectos esenciales (siendo los distintos componentes o subsistemas) del SRI y estas *variables hipotéticas* recogen casi toda la información del conjunto original de variables. Además, como se argumentará, estas *variables sintéticas* reflejan mejor la realidad de cada componente del SRI que podría hacer cada una de las variables individuales. Esta metodología se podría considerar holística ya que trabaja con un gran número de variables muy heterogéneas. Las variables sintéticas así obtenidas (reflejadas en la puntuación factorial de los factores obtenidos) se utilizarán para los análisis posteriores como la elaboración de un índice de eficiencia a nivel regional.

El problema de subjetividad en la ponderación de las distintas variables se ha solucionado –como se explica en detalle en el siguiente capítulo– mediante el uso del método del “análisis factorial”, donde la ponderación no depende del investigador y sus argumentos objetivos o subjetivos, sino del propio método factorial.

#### Recuadro 3.1

### SINOPSIS DE ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE ANALIZAN LA EFICIENCIA A NIVEL REGIONAL

Fritsch, M. (2004), investiga la conducta innovadora para empresas de once regiones europeas<sup>47</sup>, en el período 1995-1998. Demuestra diferencias en los procesos de innovación tanto de producto como de proceso, considerando la productividad de las actividades de innovación como una medida de la calidad y eficiencia de los SRI. A partir de un análisis multivariante, utiliza una Función de Producción de Conocimiento y realiza una regresión binomial negativa con el *output* innovador como variable dependiente (patentes) y con las siguientes variables explicativas (*inputs*): gasto en I+D, empleo en I+D y variables *dummies* para capturar diferencias estructurales entre las regiones. Observa diferencias en la conducta a cooperar en materia de I+D entre las regiones, existiendo importantes diferencias en las actividades de innovación entre estas. Preliminarmente se confirmaría la hipótesis centro-periferia, sin embargo, el análisis no es concluyente respecto a que las diferencias sean explicadas por la actitud cooperadora y la localización.

Fritsch, M., y Slavtchev, V. (2007), estudian el efecto de la aglomeración geográfica y la concentración industrial en el fomento de las actividades de innovación. Se hace una estimación de la eficiencia regional con datos regionales de Alemania, estudiando la distribución de la eficiencia de los SRI, analizando la relación entre la concentración sectorial y la eficiencia de los SRI. Consideran una muestra de 97 regiones alemanas, usan datos de solicitudes de patentes y de asalariados en el sector empresarial de I+D. Demuestran que la especialización de la región en ciertas industrias conduce a la eficiencia de los SRI pero solo hasta cierto punto, es decir, existiría una relación en forma de U invertida.

<sup>47</sup> Barcelona, Eslovenia, Viena, Sajonia, Alsacia, Gironde, Holanda del Sur, Gales del Sur, Hannover, Baden y Estocolmo.

Recuadro 3.1 (continuación)

## SINOPSIS DE ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE ANALIZAN LA EFICIENCIA A NIVEL REGIONAL

Zabala-Iturriagagoitia *et al.* (2007), miden la eficiencia de los SRI europeos usando DEA. Usan datos de la EIS (Encuesta Europea de Innovación), considerando como variables *input*: porcentaje población con educación superior, porcentaje de la población en actividades de aprendizaje a lo largo de la vida, empleo en manufacturas de alta tecnología (porcentaje de la fuerza laboral), empleo en servicios de alta tecnología (porcentaje de la fuerza laboral), gasto público en I+D (porcentaje del PIB), gasto privado en I+D (porcentaje del PIB), patentes solicitadas de alta tecnología (por millón de habitantes); y como medida *output* el PIB per cápita regional. Observan que los puntajes de eficiencia obtenidos por DEA difieren de los obtenidos por el *ranking* europeo de innovación y aquellas regiones que más gastan e invierten no son necesariamente las más eficientes.

Martínez-Pellitero, M.; Buesa, M.; Heijs, J., y Baumert, T. (2008), ofrecen nuevas técnicas para medir los SRI. En el marco de la teoría evolutiva del cambio tecnológico trabajan con la técnica de análisis del factor para usar variables sintéticas más que individuales, ya que de acuerdo a los autores, los SRI son mucho mejor descritos por pocas variables sintéticas e hipotéticas más que por variables individuales. Usan datos de 146 regiones en 15 países europeos para el período 1995-2001, obteniendo del análisis factorial seis factores que explican los SRI: Factor Entorno Económico y Productivo Regional; Factor de Empresas Innovadoras; Factor de Universidades; Factor Entorno de Innovación Nacional; Factor AA.PP., y Factor del Grado de Sofisticación de la Demanda.

Tong, L., y Liping, C. (2009), analizan la eficiencia de la innovación de los SRI chinos para 31 provincias utilizando DEA con retornos constantes de escala (CCC) y retornos variables de escala (BCC). Observan importantes avances de los SRI en China en los últimos años, demostrando además, que la eficiencia en la innovación regional juega un rol importante en la eficiencia de la innovación nacional. No encuentran una relación entre la eficiencia de la innovación en los SRI y el nivel de desarrollo económico de las regiones.

CE (2010), mide la eficiencia en los gastos de I+D para las regiones de Rumanía y Bulgaria usando el marco de análisis del DEA. El objetivo es comparar la eficiencia de la innovación de los SRI en dos países similares. Calcula la eficiencia para ocho regiones de Rumanía y seis regiones de Bulgaria. Los datos son obtenidos desde Eurostat, y usa 23 indicadores clasificados en siete grupos en el período 2003-2005. Como variable *output* utiliza las patentes y como variables *inputs* los *stocks* de conocimiento por gastos en I+D y la fuerza de trabajo en I+D como el número de investigadores empleados en trabajo de alta y media calificación. De las tres regiones más eficientes una es rumana y las otras dos son pequeñas regiones búlgaras, lo que implica que para este país, las regiones más pequeñas y con menos recursos son más eficientes que las más grandes. Esto se explicaría por el alto grado de especialización de las regiones pequeñas, donde además, es más fácil establecer relaciones entre las universidades y las grandes empresas. Concluye que ambos países se caracterizan por una baja tasa de producción de conocimiento lo que sugiere que ambos aún se encuentran en una etapa de seguimiento e imitación de tecnologías existentes.

Bosco, M.G., y Brugnoli, A. (2011), miden la eficiencia de los SRI en términos de la innovación, el crecimiento de la productividad y el desempeño económico global, consi-

Recuadro 3.1 (continuación)

## SINOPSIS DE ESTUDIOS EMPÍRICOS QUE ANALIZAN LA EFICIENCIA A NIVEL REGIONAL

derando todas las regiones europeas según NUTS2 para el período 2005-2007. Usan la técnica del DEA y del valor agregado regional como *proxy* de la productividad. Encuentran que las regiones relativamente más eficientes son heterogéneas en tamaño y riqueza, y además, descubren una correlación positiva entre la innovación y la productividad, siendo una relación no lineal para el caso de los *inputs* (gasto en I+D y educación terciaria).

Guan, J., y Chen, K. (2012), descomponen el proceso de innovación en dos subetapas: de producción de conocimiento y de comercialización de conocimiento, con el objetivo de analizar las implicancias de distintos arreglos institucionales sobre la eficiencia de la innovación de los SRI chinos. Usan el DEA considerando 30 regiones chinas en tres subperíodos: 1995-1999, 1999-2003 y 2003-2007. Utilizan el método del inventario perpetuo para calcular el *stock* de capital regional y uso del método *bootstrap* de Wilson y Simar (1998) para evitar sesgos por *outliers* y ruido estadístico. Encuentran que solamente una quinta parte de los SRI operan en la frontera empírica de las mejores prácticas durante el proceso de desarrollo tecnológico hasta la comercialización. Se observa que existen considerables incoherencias entre la capacidad de desarrollo tecnológico y la capacidad de comercialización en la mayoría de los SRI, y que este último desempeña un rol más importante en el rendimiento global.

Alberdi, *et al.* (2013), mapean las 17 comunidades autónomas españolas de acuerdo a 4 *gaps* de ineficiencia: “estructural”, “gerencial”, “coordinación público-privada para el emprendimiento” y “de innovación”. Generan una nueva taxonomía para clasificar los sistemas regionales de innovación eficientes. Utilizan la Encuesta de Innovación del INE, y a través del Análisis Factorial y Cluster, identifican 3 grupos de regiones: las eficientes, las *catch-up* y las rezagadas.

Niu, *et al.* (2013), estudian el grado de sinergia de las etapas de I+D tecnológica inicial y la etapa comercializadora tecnológica final sobre la base de la discusión de los SRI. Se usa el DEA de “súper eficiencia” en 27 provincias chinas en el período de 1998 al 2010. Se crea un modelo de medida de la cooperación entre las dos etapas, se clasifican las provincias en cuatro niveles de sinergia y se calcula la correlación entre la medida de sinergia y el proceso de innovación total. Dividen el período total en tres subperíodos: 1998-2002, 2002-2006 y 2006-2010, encontrando que muchas regiones chinas están con baja eficiencia y el nivel de cooperación entre cada etapa es relativamente bajo.

Broekel, *et al.* (2013), analizan la eficiencia en los SRI en Alemania usando el enfoque del DEA contrastando medidas de eficiencia de la innovación con enfoques globales, desde aquellos enfocados a las industrias específicas. Utilizan 150 mercados laborales alemanes como DMU en el período 1999-2008, y trabajan con dos subperíodos; 1999-2003 y 2004 -2008. Encuentran que las regiones sesgadas a estructuras industriales concentradas muestran altas y bajas intensidades de innovación.

Finalmente, Duvdier (2013), estudia el impacto de la proximidad urbana sobre la eficiencia técnica de los sectores agrícolas chinos, encontrando que los resultados difieren entre las distintas macrorregiones de este país.



**4**

## **BASE DE DATOS Y MODELO FACTORIAL**



#### ■ 4.1. METODOLOGÍA, BASE DE DATOS Y VARIABLES UTILIZADAS

Una vez explicado el concepto teórico de “sistemas de innovación” y la necesidad de su medición en base a indicadores compuestos, se entra en este capítulo a la parte aplicada del estudio, puntualizando primero el conjunto de variables acerca del esfuerzo y de los resultados innovadores de nuestra base de datos y sus limitaciones. Además, en este capítulo se especifica la metodología utilizada en este estudio para crear las variables sintéticas o hipotéticas (generadas por un análisis factorial) que reflejan las diferentes características del *input* o el esfuerzo de estos sistemas.

Como en todos los estudios empíricos, la identificación y selección de las variables es de especial trascendencia para asegurar la calidad de los resultados y para su correcta interpretación. Para crear la base de datos utilizada se ha realizado un escrutinio exhaustivo de todas las bases de datos públicamente disponibles que recogen información que reflejan de alguna forma el *input* o el *output* de los sistemas de innovación de las comunidades autónomas españolas. Una vez detectadas las fuentes potenciales se creó, con los datos disponibles en estas fuentes, una base propia utilizando básicamente la información estadística del:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Oficina Española de Patentes y Marcas.
- Ministerio de Economía y Competitividad.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt).
- Oficina Europea de Estadística (Eurostat).

Como se ha explicado en el capítulo 3, el enfoque sistémico –que está implícito en todos los análisis de este libro– asume que un amplio número de variables influye de forma directa o indirecta sobre el sistema de innovación y posiblemente sobre su eficiencia. Por esto, se elaboró una base de datos con un amplio número de variables (120 aprox.). De estas, se seleccionaron en un segundo paso una cincuentena, las que se han utilizado en el posterior análisis factorial con el objetivo de generar los indicadores compuestos o variables abstractas no observables. Finalmente, el propio análisis factorial conduce a estudiar la eficiencia con 23 variables (entre *inputs* y *outputs*). No se debe olvidar que el primer paso del estudio consiste

justamente en un análisis factorial con el objetivo de reducir el conjunto de variables iniciales a unas pocas variables sintéticas no observables que reflejen los aspectos esenciales de los sistemas regionales de innovación en España. De esta manera, la aplicación del análisis factorial ha reducido el conjunto amplio de variables iniciales en cuatro factores o variables sintéticas, las cuales a su vez incluyen las 18 variables más relevantes del *input* de los sistemas de innovación<sup>48</sup>. A continuación (sección 4.2) se describirán aquellas variables –que miden el *input* o el esfuerzo de los sistemas de innovación– que tuvieron cabida en este análisis<sup>49</sup>, debatiendo su importancia conceptual y sus limitaciones. De esta manera, en las próximas páginas se comenta la idoneidad de las variables utilizadas siguiendo el orden sucesivo: (1) El esfuerzo o “*input*” innovador, (2) el capital humano, (3) el contexto socioeconómico y (4) la política de I+D e innovación tecnológica. Una descripción básica de los valores de las variables se encuentra en los cuadros 4.2 a 4.6 y un análisis detallado de estos indicadores y su evolución en el tiempo se ofrece en el capítulo 5. Por otro lado, en la sección (4.3) se debate la idoneidad de las variables relacionadas a los resultados (el *output* de los sistemas regionales de innovación) y en la última sección se describe el proceso del análisis factorial como forma de sintetizar la información, sus resultados y su interpretación.

## ■ 4.2. VARIABLES DEL *INPUT* DE PROCESOS DE INNOVACIÓN

### ■ 4.2.1. Medición del esfuerzo o “*input*” de los sistemas de innovación

El insumo de mayor incidencia de acuerdo a distintos enfoques teóricos es el que representa el esfuerzo innovador (Baumert, 2006) que se mide tradicionalmente por el gasto en I+D y el personal en I+D<sup>50</sup>. Por un lado, el gasto en I+D recoge todos los medios financieros destinados a la I+D, e incluye tanto los gastos corrientes como los de capital y ha sido calculado como tanto por mil sobre el Producto Interior Bruto. Cabe mencionar aquí, que en gran parte de la literatura acerca de las funciones de producción de conocimiento se ha distinguido entre el uso de los gastos en I+D y el *stock* de I+D, o *stock* de capital tecnológico. Desde un punto de vista teórico, esta última variable es preferible ya que abarca el *stock* de cono-

<sup>48</sup> Muchas de las variables incluidas en este estudio recogen la información más relevante referida a los sistemas regionales de innovación y muchas ya han sido utilizadas en estudios previos (Buesa *et al.*, 2006, 2007 y 2010; Martínez Pellitero, 2009).

<sup>49</sup> El capítulo cinco ofrece una descripción cuantitativa y cualitativa de cada una de las variables utilizadas en este trabajo y de su evolución en el tiempo.

<sup>50</sup> Denominamos “Investigación y Desarrollo” al conjunto de trabajos creativos que se emprenden de modo sistemático a fin de aumentar el volumen de conocimientos del hombre, la cultura y la sociedad, así como la utilización de esos conocimientos para la concepción de nuevas aplicaciones.

cimiento disponible en una economía (Cullman *et al.*, 2009). Sin embargo, en la práctica muchos supuestos deben hacerse para su cálculo, por lo que no es ampliamente usado. En este estudio se incorpora esta variable de *stock*, previo cálculo en base a la metodología de Soete y Patel, 1985<sup>51</sup>. Por su parte, el personal en I+D, engloba a todas las personas dedicadas directamente a la I+D así como a aquellas cuyo rendimiento contribuye de forma inmediata a la misma (directivos, personal administrativo, etc.). Disponemos de dos unidades de medida para el personal en I+D: el número de personas empleadas en términos absolutos (*head count*) y en equivalencia a dedicación plena (*full time equivalent*) calculadas como tanto por mil sobre el número de empleados de la región. Estos indicadores –aunque altamente correlacionados– son complementarios y miden conceptualmente aspectos diferentes. Por supuesto el número de personas empleadas en equivalencia a dedicación plena nos indica, de forma estandarizada, el total de las horas dedicadas a la I+D. Por otro lado, el *head count* también aporta un aspecto importante. El concepto del capital humano implica que cada persona tiene una acumulación de experiencia y conocimientos, pero sobre todo, aporta su propio talento único proporcionando nuevas ideas. Si dos personas trabajaran a tiempo parcial (50% cada uno) se generarían más nuevas ideas que en el caso que una sola persona trabajase a tiempo completo. Es más, la implicación de un especialista u experto –aunque sea por unas pocas horas– puede aumentar enormemente la eficiencia. Por lo tanto, la creación de ideas aumenta según aumenta el número de personas a pesar de que ellas se dediquen poco tiempo.

Las cuatro variables del esfuerzo de I+D, a su vez, se desglosan en este estudio para cada uno de los tres tipos de agentes principales del sistema de I+D siendo, de acuerdo con las recomendaciones del *Manual de Frascati*: las empresas, la enseñanza superior (Universidad) y la Administración pública.

- El sector *empresas* incluye a las empresas, organismos e instituciones cuya actividad principal es la producción de bienes y servicios destinados a la venta a un precio que corresponda a la realidad económica. Se entiende por empresa toda unidad jurídica que constituye una unidad organizativa de producción de bienes y servicios, y que disfruta de una cierta autonomía de decisión, principalmente a la hora de emplear los recursos corrientes de que dispone.
- El sector *Administración pública* (en adelante AA.PP.) comprende los organismos que suministran a la comunidad, gratuitamente o a precios tasados, servicios de interés público que no sería económico ni fácil de suministrar de otro modo, administran los asuntos públicos y se ocupan de llevar a cabo la política económica y social de la colectividad.
- Finalmente, el sector *enseñanza superior* (en adelante Universidad), está formado por todas las universidades (facultades, escuelas técnicas superiores y escuelas universitarias), institutos tecnológicos y otros establecimientos

<sup>51</sup> Ver el apéndice al final del capítulo para los detalles acerca del cálculo del *stock* de capital tecnológico.

postsecundarios, cualquiera que sea el origen de sus recursos financieros y su situación jurídica. Comprende igualmente todos los institutos de investigación, estaciones de ensayo, observatorios astronómicos, y clínicas que estén bajo el control directo de los establecimientos de enseñanza superior, son administrados por ellos o están asociados a estos últimos. Disponemos, pues, de un total de doce variables para medir el esfuerzo en I+D.

#### ■ 4.2.2. Variables del contexto socioeconómico del SRI

Como se ha indicado en el capítulo 3, la noción de entorno global incluye diversos aspectos que de forma indirecta influyen sobre la capacidad tecnológica de la región, como podría ser el sistema educativo, el nivel del capital humano, el sistema financiero (capital riesgo), el grado de exigencia de los demandantes de bienes y servicios, la cultura y el nivel de vida. Así se han introducido diversas variables que reflejan el contexto socioeconómico.

La primera de ellas –que se incluye de forma indirecta– es el tamaño. A la hora de trabajar con regiones muy heterogéneas debemos tomar en consideración el tamaño de las mismas. Respecto al tamaño de las regiones en España, nos encontramos con regiones de gran extensión pero muy poco pobladas (como Castilla-La Mancha) *versus* regiones pequeñas desde el punto de vista poblacional, pero con un fuerte desarrollo económico (como podría ser Navarra o el País Vasco). Por lo que es aconsejable corregir las distintas variables por el tamaño poblacional o económico, lo que se ha hecho oportunamente a través del número de habitantes medio anual o el Producto Interior Bruto (PIB). Además, se han incorporado variables que describan la realidad económica de las CC.AA. Para lo anterior se han agregado variables como el PIB per cápita (en euros del 2008), la productividad aparente (en euros del 2008) y las exportaciones como porcentaje del PIB.

Otro aspecto importante del entorno sería el nivel de riqueza y la capacidad productiva de la región en términos relativos, la que se ha introducido mediante dos variables. El PIB per cápita que indicaría el nivel de vida y de forma indirecta el nivel tecnológico de la demanda de los consumidores, como se ha indicado en la sección 3.2.4. (Entorno global). En el caso de un alto nivel de PIB per cápita, los consumidores exigirían productos de un mayor nivel de calidad y prestaciones, lo que a su vez induciría a las empresas a aumentar su esfuerzo innovador. Por otro lado, un mayor nivel de vida y salarios altos sirven para atraer a nuevos talentos y a los mejores investigadores y/o inventores. La otra variable, correlacionada de forma directa al PIB per cápita y ligada al nivel innovador de una región o industria es la productividad aparente. Estas magnitudes suelen incrementarse según se acrecienta el nivel tecnológico de la región o de una industria en concreto, siendo mucho mayor en industrias de media y alta tecnología que en las industrias más tradicionales.

Como último aspecto del entorno socioeconómico se incluyó la intensidad de exportar (montante de exportaciones como porcentaje del PIB). Esta variable del

entorno económico nos indica el tipo de mercado donde compiten las empresas de una región. No hay que olvidar que el mercado internacional es mucho más exigente en lo que respecta al tema de la calidad-precio, por lo que una mayor intensidad exportadora implica una mayor exigencia respecto al nivel tecnológico y/o innovador de las empresas de la región. Ya que, en este estudio se comparan comunidades autónomas españolas cuyos salarios medios están relativamente cercanos, el mayor nivel de exportaciones se debe posiblemente a un mayor nivel innovador y no a las diferencias salariales.

Otras variables del entorno con cierta importancia que no se han podido incluir por falta de datos estadísticos disponibles públicamente, como, la calidad de las universidades, el nivel de cooperación, etc. Por otro lado, algunos aspectos indicados como importantes (véase esquema 3.1) para analizar y comparar los sistemas nacionales de innovación, pierden relevancia si se comparan regiones de un solo país, ya estas variables se hacen más homogéneas como es el caso del sistema bancario o la calidad institucional.

#### ■ 4.2.3. Indicadores del capital humano

Otro aspecto muy importante para la innovación es el capital humano. Son los investigadores e ingenieros –con su talento y calidad– los que lideran el proceso de innovación y determinan en gran parte su nivel de éxito y eficiencia. La medición del capital humano no es fácil y los datos son más bien aproximaciones aunque, por otro lado, los indicadores disponibles son generalmente aceptados y se pueden considerar bastante acertados. Como afirma la OCDE en el *Manual de Frascati*, el personal en I+D no resulta suficiente para medir el rendimiento tecnológico de una región, pues solo representa una parte del *input* humano de un sistema de innovación. El personal científico y técnico contribuye igualmente al avance tecnológico a través de su participación en la producción, el control de calidad, la dirección o la educación. La medición de estos recursos humanos dedicados a la ciencia y tecnología es objeto del *Manual de Canberra*, cuyas recomendaciones y definiciones son las aplicadas por Eurostat. De acuerdo con el citado manual, los recursos humanos en ciencia y tecnología se definen como aquellas personas que cumplen *uno* de los siguientes dos criterios:

- a.- Haber completado estudios de tercer nivel (equivalente al segundo ciclo español, es decir, al título de licenciado o equivalente) en un campo de estudio científico-tecnológico.
- b.- No haber cumplido este requisito, pero estar empleado en un campo científico-tecnológico para el que se exige habitualmente la anterior cualificación.

Para la OCDE, los recursos humanos contabilizados según el primer criterio (*nivel educativo*) reflejan el lado de la oferta, mientras que los medidos por el

segundo (*ocupación*) reflejan el lado de la demanda. Un tercer criterio vendría dado por aquellas personas que han completado estudios de tercer nivel y están empleadas en un campo científico tecnológico. Es decir, excluye a aquellas personas, que estando empleadas en un sector científico-tecnológico no cuentan con estudios de tercer nivel, y a aquellos que, si bien cumplen el requisito académico, no están empleados en un sector científico tecnológico. Estas personas son consideradas el “núcleo” (*core*) de los recursos humanos en ciencia y tecnología. Finalmente, una cuarta medida de los recursos humanos en ciencia y tecnología, el *total*, vendría dada por la suma de aquellas personas que cumplen bien el uno, bien el otro requisito.

Sin embargo, en nuestro modelo factorial la única variable que se incorpora adecuadamente, es el número de alumnos de tercer *ciclo* (no confundir con el tercer *nivel* empleado por la OCDE que, recordémoslo, equivale al segundo *ciclo*), es decir, de aquellos que están llevando a cabo estudios de postgrado. Esta variable si bien no mide directamente los recursos humanos en ciencia y tecnología, sí permite reflejar el *output* en la formación de investigadores de las universidades.

El número de alumnos de tercer ciclo, además del *output* humano de las universidades, nos reflejaría la oferta de investigadores altamente cualificados<sup>52</sup>. La variable ha sido medida con respecto a la población para cada CC.AA.

#### ■ 4.2.4. La política de I+D e innovación tecnológica

En la sociedad moderna la política de I+D y de innovación es un aspecto importante de los sistemas nacionales o regionales de innovación y aporta una parte sustancial de los gastos en I+D (el 56% del gasto en I+D español se financia con dinero público). Incluso respecto a la I+D privada la aportación de fondos públicos tiene mucha importancia, teniendo en cuenta que casi el 17% del gasto privado en I+D ha sido financiado mediante ayudas públicas (Buesa, 2012; ERA-watch, 2012).

Quizás la parte donde más se haya modernizado el sistema español de innovación (SEI) es respecto a sus políticas de I+D+i (Heijs, 2012). En la década anterior a la crisis se desarrolló un amplio conjunto de instrumentos nuevos para promover la I+D+i con un aumento sustancial de los presupuestos para esta política (especialmente en el período 2006-2009)<sup>53</sup>. Tal desarrollo de la política se realizó mediante un amplio conjunto de instrumentos complementarios que afrontan los problemas del

<sup>52</sup> Sin embargo, no podríamos hablar propiamente de recursos humanos de ciencia y tecnología (como en el caso de las anteriores variables) por incluir también los alumnos de tercer ciclo del área de Humanidades. Además, conviene tener en cuenta, que se parte del supuesto de inmovilidad, es decir, que el alumno de tercer ciclo, una vez acabada su formación, estará disponible para trabajar en la misma región en la que estudió, lo cual no siempre tiene que ser el caso, al poder existir, por ejemplo, un elevado número de estudiantes extranjeros. En cualquier caso la movilidad será mayor en los científicos altamente cualificados. Véase al respecto, Nelson (1999).

<sup>53</sup> Este trabajo se concentra en las políticas a nivel nacional. Las distintas comunidades autónomas tienen sus propios planes de I+D+i. En algunas, tal política regional ha tenido mucho éxito como en el País Vasco, y en otras comunidades autónomas, como Madrid, tiene un papel más bien marginal.

SEI mencionados en diversos estudios (OCDE, 2006; COSCE, 2005; ERA-watch 2010). A pesar de estas mejoras evidentes coexisten fallos de funcionamiento del SEI que impiden conseguir los objetivos básicos e inherentes de esta política: conseguir un sistema de I+D que permita a las empresas españolas competir con éxito en los mercados internacionales (Heijs, 2012). Un primer problema que disminuye el efecto potencial debido al diseño de las políticas y su aplicación, sería su uso –de forma parcial y/o informal– como instrumento de política de cohesión<sup>54</sup>, que implica la dispersión de los esfuerzos (café para todos) y dificulta la creación de una masa crítica. Es decir, la opción de contentar al mayor número de políticos, universidades, regiones y agentes genera una dispersión de las ayudas que afecta negativamente su eficiencia y eficacia. El efecto negativo sobre la eficacia se debe al hecho de que se financian proyectos y/o unidades individuales pequeñas y fragmentadas. Esto impide crear una masa crítica potente donde un grupo amplio de investigadores creen sinergias y complementariedades. Estos grupos grandes tendrían una mayor productividad y por lo tanto una mayor eficiencia. Esta última también quedaría mermada debido a las duplicaciones donde distintos equipos realizan trabajos parecidos. El segundo problema sería la falta de eficacia y eficiencia en el sistema público de I+D que afecta de forma directa la eficiencia, impacto y eficacia de los instrumentos de la política de I+D+i. Este problema está directamente relacionado con la excelencia y, todavía más importante, con la relevancia de la I+D financiada con fondos públicos. En la última década se han incorporado en los instrumentos de la política de I+D+i mecanismos para asegurar esto último pero resulta que no funcionan satisfactoriamente y son –a menudo– eludibles<sup>55</sup>. Además se incentiva más la excelencia reflejada en publicaciones mientras que la relevancia para el sistema productivo tiene un papel marginal en los baremos y criterios utilizados para asignar las ayudas públicas a la I+D+i. En nuestra opinión, la política de I+D+i actual no es capaz de superar por sí misma los fallos del mercado y/o del sistema. Es decir, el aumento del esfuerzo en I+D y la mejor configuración de las políticas –mencionados como puntos fuertes del sistema español de innovación– deben ir acompañados necesariamente de cambios estructurales que aseguren el funcionamiento correcto (eficiencia y eficacia) del sistema de I+D público (universidades y organismos públicos de investigación) para poder paliar así el retraso tecnológico español. La modernización del sistema público de I+D sería un prerrequisito para poder asegurar un impacto adecuado y óptimo de las políticas de I+D+i (Heijs, 2012; ERA-watch, 2013).

<sup>54</sup> Este comentario no se debe interpretar como una aversión a una política de cohesión sino a la consideración de que tal política debe tener sus propios instrumentos. Este es el caso de la Unión Europea, donde la política de cohesión se implementa mediante fondos estructurales y el fondo tecnológico mientras que la política de I+D+i –el programa MARCO– se basa en la excelencia y en objetivos estratégicos generales. Además, una política de cohesión debe asegurar, hasta cierto nivel, mecanismos de eficiencia y de control de costes.

<sup>55</sup> Por ejemplo, hace algunos años se incluyeron en la convocatoria de los proyectos de I+D+i de investigación como único criterio de evaluación (además excluyente) para obtener “proyectos de excelencia” el hecho de que se hayan obtenido proyectos en las convocatorias precedentes, lo que generó por definición un “clientelismo” que solo permitía la participación de participantes en convocatorias anteriores sin haber evaluado el éxito de estos proyectos y sin comparar su nivel de excelencia con los no participantes.

Respecto a las políticas, se han recogido básicamente los datos de los planes nacionales de apoyo a la investigación y el desarrollo y del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) basándose en sus memorias anuales que reflejan el gasto real por comunidades autónomas. Los datos de la política de I+D+i a nivel regional no han sido utilizados ya que resultan ser –sobre todo respecto a la primera parte del período aquí estudiado– poco homogéneos. Además reflejan básicamente la inversión prevista en los presupuestos, los cuales, especialmente en los últimos años de crisis, difieren mucho de los gastos reales.

Por lo tanto, este grupo de variables está compuesto por aquellas variables que reflejan el apoyo del Estado a la innovación a través de los planes nacionales de apoyo a la investigación y el desarrollo. Los planes nacionales de I+D+i, son aprobados por el Consejo de Ministros, tienen un alcance de cuatro años, y constituyen el eje estratégico de la política española de I+D+i para su período de aplicación. Las estadísticas respecto a los montos de las ayudas se obtuvieron a partir de las memorias de los planes nacionales de I+D, las que clasifican las ayudas en cuatro tipos: apoyo a proyectos de I+D, apoyo a generación de infraestructura para la I+D, ayudas a los recursos humanos en I+D y apoyo a la transferencia tecnológica. De estas variables, solo los proyectos de I+D y los recursos humanos tuvieron cabida en el análisis factorial. Ambas variables fueron incorporadas en términos relativos como porcentaje del gasto total de la región en I+D. Los otros componentes de la ayudas nacionales y las ayudas del CDTI no estaban correlacionados de forma clara con ninguno de los otros factores por lo que han quedado excluidos del análisis.

En el caso de la política de I+D+i y del sistema público de investigación, se dispone en realidad de pocos datos homogenizados y que además se publiquen o elaboren para todo el período analizado. Como ya se ha mencionado, los datos de la política de I+D+i regional no son del todo coherentes ni comparables, tampoco hay datos fiables sobre la existencia y el funcionamiento de la infraestructura pública de I+D como los parques tecnológicos, oficinas de transferencia tecnológica o los centros tecnológicos<sup>56</sup>, etcétera.

### ■ 4.3. RESULTADOS U *OUTPUT* DEL PROCESO DE INNOVACIÓN

Las variables utilizadas como *output* fueron las patentes solicitadas ante la Oficina de Patentes Europea (EPO, por sus siglas en inglés), las patentes solicitadas en el ámbito nacional a través de la Oficina Española de Patentes y Marcas, los modelos de utilidad solicitados en el ámbito nacional a través de la Oficina Española de Patentes y Marcas, las publicaciones realizadas por la universidades y los organismos públicos de investigación (OPI) en España y registradas según la base Scopus/Thomson en la Fecyt.

<sup>56</sup> Este tipo de centros se han creado bajo diversas formas jurídicas lo que dificulta la elaboración de indicadores homogéneos e impide *de facto* su comparación interregional.

### ■ 4.3.1. La propiedad intelectual básicamente empresarial (Patentes y modelos de utilidad)

La utilización de las patentes como medida del *output* tiene su justificación en una extensa literatura sobre el tema (véanse: Scherer, 1965; Schmookler, 1966; Pavitt, 1985, 1988; Mansfield, 1986; Griliches, 1990; Trajtenberg, 1990; Archibugi, 1992; European Commission, 2001, p.38; Smith, 2005, pp. 158-160; Rondé y Hussler, 2005:1156; Hu y Mathews, 2008:1470; y Li, 2009:345), en la que se destacan sus ventajas e inconvenientes (véase cuadro 4.1), estableciéndose un balance a favor de las primeras, por lo que las patentes son por el momento la mejor medida de la capacidad innovadora regional de la que disponemos.

Comenzando por la definición del término, la palabra *patente* define un derecho de la propiedad industrial relativo a una invención en el campo tecnológico. Puede ser otorgada a personas físicas o jurídicas, debiendo cumplir los siguientes requisitos: “la invención debe ser novedosa, implicar un avance sustancial y ser apli-

Cuadro 4.1

#### VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS PATENTES COMO INDICADOR DE LA INNOVACIÓN

##### Ventajas

- Garantizan un nivel mínimo de originalidad.
- Presentan una elevada probabilidad de convertirse en producto innovador dado el alto coste que entraña el proceso de patentar.
- Disponibilidad de datos (series temporales largas).
- Detalle por agentes, campos tecnológicos y a distintos niveles de desagregación territorial.
- Reflejo de la obtención de tecnologías nuevas y de las innovaciones incrementales.
- Comparabilidad internacional.
- Cubren prácticamente todos los campos tecnológicos.
- Mantienen un estrecho vínculo con las invenciones.
- Se producen en las fases iniciales del proceso de innovación, presentando una relación más contemporánea con el esfuerzo en I+D.
- En comparación con las innovaciones, resultan “objetivas”, al tener que pasar por un proceso de evaluación neutral.

##### Inconvenientes

- No todas las innovaciones son patentadas. Reflejan el éxito tecnológico pero no necesariamente un éxito o impacto económico.
- No se recogen las diferencias en la calidad individual de cada patente.
- Distinta propensión a patentar entre países, regiones, sectores y empresas.
- Su significatividad es menor en los ámbitos territoriales en los que el número de patentes es bajo y las variaciones relativas resultan más bruscas.

Fuente: Tomado de Baumert, 2006.

cable industrialmente”. La legislación prevé, que la protección de las patentes (normalmente por un período de veinte años) tenga su contrapartida en la publicidad de la misma. Subyace aquí la convicción de que la publicación de la patente servirá como incentivo a nuevas investigaciones, impulsando así el progreso tecnológico. De hecho, etimológicamente, la palabra patente hace referencia a la publicidad y no a la protección, dado que esta solo se consideraría un incentivo a la primera, siendo así que el término patente proviene del latín *patens*, *patensis*, que tiene su origen en *patere*, y significa “estar descubierto, o manifiesto” (Baumert, 2006).

Usar las patentes como medida del *output* innovador presenta una serie de notables ventajas. En primer lugar, las patentes garantizan un nivel mínimo de originalidad, y tienen, debido a su coste relativamente elevado, una alta probabilidad de convertirse en innovación. A estas se le suma el hecho, de que las patentes mantienen un estrecho –aunque no perfecto– vínculo con las invenciones –muy pocos grandes inventos de los dos últimos siglos no han sido objeto de una patente– (OCDE, 2001a: 136). Un cuarto factor a tener en cuenta es que las patentes cubren prácticamente todos los campos tecnológicos –salvedad hecha del *software*, que generalmente está amparado por las leyes del copyright, y que solo puede ser objeto de patente si es integrado en un producto o proceso productivo– (OCDE, 1994a: 16). Finalmente, una nada desdeñable ventaja de las patentes frente a otras medidas del *output* innovador radica en la disponibilidad de datos para distintos planos de desagregación territorial y sectorial (OCDE, 2004a: 136). Respecto a esta última ventaja, disponemos de información regionalmente desagregada tanto por la Oficina Española de Patentes y Marcas, como así también de la Oficina Estadística de la Unión Europea, con criterios de imputación espacial que dan primacía al espacio geográfico en el que han tenido lugar las actividades de I+D, diseño e ingeniería que están en las tecnologías protegidas por las patentes (Eurostat, 2011: capítulo 2). A su vez, cabe señalar, que en los pocos estudios empíricos conocidos hasta el momento en los que han trabajado alternativamente con patentes y otras medidas, no se han detectado grandes diferencias en los resultados al utilizar como *output* distintas variables (véanse: Jaffe, 1989; Acs, Audretsch y Feldman, 1992 y Acs, Anselin y Varga, 2002). En Anselin y Vargas, 2002, los autores concluyen al respecto, que “la evidencia empírica indica que las patentes proporcionan una medida bastante fiable de la actividad innovadora. Con respecto al grado de regresión, la sensibilidad de los parámetros ante cambios en la estructura de variables o al tipo de dependencia espacial, las medidas de tanto patentes como de invenciones proporcionan resultados muy similares” (Acs, Anselin y Varga, 2002: 1080).

No obstante, la utilización de patentes como medida de la innovación también presenta algunos inconvenientes: en primer lugar, no todas las innovaciones encuentran su reflejo en forma de patente, ya que las empresas pueden optar por otras formas de protección de sus descubrimientos como, por ejemplo, el secreto industrial, un pronto lanzamiento al mercado, o un precio bajo (OCDE, 1994a: 15). Sin embargo, muchos de estos mecanismos de protección –a excepción del primero– se emplean de forma complementaria y no alternativa a la patente (Schmoch, 1999: 114). En segundo lugar, aunque las patentes –por su propia definición– garan-

ticen un determinado nivel de novedad y originalidad, también es cierto, que ese valor es heterogéneo, no quedando reflejadas las diferencias de calidad existentes entre ellas (Kleinkecht, van Montfort y Brower, 2002: 112). Ahora bien, “se trata de una restricción a tener en cuenta, pero con matices: el primero se refiere a que el mismo problema se presenta con cualquier otra forma de medir la actividad tecnológica; el segundo tiene que ver con la ley de los grandes números, pues si las patentes, como ocurre en la práctica, se emplean datos de miles de ellas, es posible suponer que su calidad se distribuye de una manera similar para cualquier tipo de agregación, probablemente siguiendo una curva normal” (Buesa, Navarro, *et al.*, 2001: 16-17, y Griliches, 1990: 1669)<sup>57</sup>. A esto se añade, que no todas las patentes reflejan una tecnología utilizada en la actividad productiva, solo recogen elementos parciales de una innovación, o simplemente implican conocimientos que abren la posibilidad a innovaciones futuras (Buesa, Navarro, *et al.*, 2001: 18). Otra importante restricción a tener en cuenta, es la distinta propensión a patentar que presentan distintos países, sectores y empresas (OCDE, 1994a: 15; 2001: 136-137 y 2004a: 7). En cuanto a la disparidad en las propensiones a patentar entre empresas y sectores, se trata nuevamente de un factor a tener cuenta a la hora de interpretar los resultados por regiones, especialmente en aquellos casos en los que la región presenta una concentración sectorial destacada.

En definitiva, las patentes, lejos de ser una medida perfecta del *output* tecnológico son, por el momento, la mejor y más completa medida de la que disponemos. Los inconvenientes que presentan, únicamente conllevan una serie de restricciones que deberán ser tenidas en cuenta a la hora de interpretar los resultados de nuestro modelo.

La variable de patentes ha sido incorporada al estudio de dos maneras: por un lado, las solicitudes de patentes nacionales vía Oficina Española de Patentes y Marcas, y por otro, las solicitudes de patentes a nivel europeo vía EPO a través de las estadísticas de Eurostat. Ambas variables son corregidas por millón de habitantes, de tal manera de expresarlas en términos per cápita.

A las anteriores variables se ha agregado la variable modelos de utilidad (también corregida por millón de habitantes) cuya información es provista por la Oficina Española de Patentes y Marcas. De acuerdo a la Ley 11/1986, el *modelo de utilidad* protege invenciones con menor rango inventivo que las protegidas por patentes, consistentes, por ejemplo, en dar a un objeto una configuración o estructura de la que se derive alguna utilidad o ventaja práctica. El dispositivo, instrumento o herramienta protegible por el *modelo de utilidad* se caracteriza por su “utilidad” y “practicidad” y no por su “estética” como ocurre en el diseño industrial. El alcance de la protección de un *modelo de utilidad* es similar al conferido por la patente. La

---

<sup>57</sup> Señalemos al respecto, que este inconveniente se está soslayando en gran medida gracias a la utilización de las citas de patentes como medio de representar la calidad de las mismas, aunque este procedimiento no está exento de críticas, máxime cuando se emplea como mecanismo para determinar los flujos de conocimiento. Cf. al respecto Bottazzi y Peri, 2003: 689.

duración del *modelo de utilidad* es de diez años desde la presentación de la solicitud. Para el mantenimiento del derecho es preciso el pago de tasas anuales.

Estas tres variables: patentes nacionales, patentes EPO y modelos de utilidad –en términos per cápita– describen la parte que corresponde a la propiedad industrial (sector empresarial) del *output* innovador.

#### ■ 4.3.2. Resultados de índole más bien científica (publicaciones)

Por otro lado, para subsanar el problema de estudios previos respecto al desconocimiento de que una parte relevante del *output* lo componen las actividades de investigación científica, en este estudio se han incorporado las estadísticas de publicaciones en revistas académicas, diferenciando aquellas generadas en las universidades de las generadas en organismos públicos de investigación (OPI) y otros (empresas, organismos sin ánimos de lucro). La literatura también reconoce ciertos problemas asociados al uso de publicaciones como variable del *output*. Por un lado está el sesgo del lenguaje, en el sentido de que gran parte de las publicaciones en las revistas científicas más prestigiosas se publican en el idioma inglés, generándose un sesgo hacia investigadores cuya lengua nativa sea esta. Otra crítica es que muchas publicaciones son escritas por múltiples autores, muchas veces desde regiones o países diferentes, siendo casi imposible distinguir la contribución individual a la publicación. Sin embargo, ambos problemas pierden fuerza a nivel regional, ya que el sesgo idiomático afecta por igual a todas las regiones españolas, lo mismo que el problema de la coautoría. Por lo tanto, hemos optado por usar esta variable en el estudio.

Los datos de estas variables fueron obtenidos desde el sitio web de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Fecyt), y también se corrigieron por

Cuadro 4.2

#### 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 de las universidades 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

la población (miles de habitantes) para expresarlas en términos per cápita. Así estas variables constituyen el aporte del sector científico al *output* innovador. El cuadro 4.2 resume las estadísticas básicas de las variables elegidas para conformar el *output* del proceso de optimización de la eficiencia de los sistemas regionales de innovación de cada una de las CC.AA. durante el período de estudio.

#### ■ 4.4. REPRESENTACIÓN DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN (SRI) ESPAÑOLES: APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL

Como ya se ha anunciado, los sistemas regionales de innovación son realidades complejas en las que participan múltiples agentes y cuya configuración institucional puede ser muy variada. Ello hace que, para la representación de esos sistemas, sea imprescindible recurrir al empleo de múltiples variables. Así, partiendo de una base de datos con un amplio número de variables (120 aprox.)<sup>58</sup>, en un segundo paso se seleccionaron una cincuentena, las que se utilizaron en el análisis factorial con el objetivo de crear los indicadores compuestos o variables abstractas no observables. En concreto, se trata de cinco variables del *output* del sistema y, a través de un proceso de *prueba y error* se han incluido finalmente 18 variables *input* en el análisis factorial<sup>59</sup>, las que ya fueron descritas en el epígrafe anterior.

Estos 18 indicadores, a su vez, pueden ser sintetizados, por medio del análisis factorial de componentes principales, en un número menor de variables sintéticas –a las que denominaremos factores– de carácter abstracto, aunque identificables con respecto a los elementos que conforman el sistema de innovación, que tienen la capacidad de resumir la mayor parte de la información contenida en las variables originales. El empleo de la técnica estadística del análisis factorial resulta muy apropiado para hacer operativa la información de los indicadores del sistema de innovación, dadas las características de este como realidad multidimensional, al representarlo en un limitado número de elementos abstractos. Desde una perspectiva estadística, esta técnica cuenta, para el tipo de investigación que aquí se realiza, con las siguientes ventajas:

- Los requisitos de normalidad, homoscedasticidad y linealidad no se exigen o se aplican de forma menos restrictiva.
- La multicolinealidad resulta un requerimiento para poder realizar el análisis, ya que el objetivo es identificar un conjunto de variables relacionadas que reflejan distintos rasgos de un solo aspecto.

<sup>58</sup> La exclusión de las demás variables se debe a múltiples razones como el hecho que el panel de datos fuera incompleto y la correcta estimación de los datos ausentes fuera dudosa; la irrelevancia de algunos de los indicadores; el hecho que solo trabajamos con datos relativos implica la exclusión de los datos en términos absolutos (aunque estos si han sido utilizados para calcular las muchas de las variables relativas).

<sup>59</sup> Hay que considerar, eso sí, que muchas de las 120 variables son combinaciones o transformaciones de otras, las que no añaden un valor significativo al modelo.

- Los “factores” evitan en cierto modo el problema que ocasionan, cuando existen, las fluctuaciones temporales de las variables individuales, ya que cada factor se basa en una media ponderada de diversas variables.
- El trabajo con factores ofrece modelos más robustos porque permite incluir de forma simultánea variables alternativas altamente correlacionadas.
- Todas las variables sintéticas generadas, al no estar correlacionadas entre ellas, pueden ser utilizadas sin problemas como *inputs* en el análisis DEA, obteniéndose un modelo final cualitativa y cuantitativamente completo.

#### ■ 4.4.1. Resultados del análisis factorial: las variables sintéticas o abstractas que caracterizan los SRI

En cuanto a su viabilidad, se puede decir que, en el análisis factorial, las variables no se asignan *a priori* a un factor, sino que es el propio procesamiento estadístico el que las agrupa. En este sentido, un análisis factorial solo es útil si los resultados son interpretables, de manera inequívoca, a partir del marco conceptual que proporciona la teoría. Esta interpretación será posible si de forma simultánea se cumple que:

- Las variables incluidas en un factor pertenecen al mismo componente o subsistema del Sistema Regional de Innovación.
- Las variables pertenecientes a un cierto subsistema se agrupan en un solo factor.
- Se puede asignar a cada factor o variable hipotética no observable un «nombre» que, sin ninguna ambigüedad, exprese claramente un concepto ajustado a la teoría.
- Los test estadísticos y las medidas de adecuación validen el modelo factorial obtenido (véase la siguiente subsección).

Las variables, cuyos conceptos se han descrito en la sección 4.2, se han introducido en el análisis factorial que sirvió para configurar el Sistema Regional de Innovación de cada una de las comunidades autónomas, así como para obtener los *inputs* del proceso de optimización durante el período de estudio se reflejan en los cuadros 4.3 a 4.6 que, además incluye las estadísticas básicas de cada una de ellas<sup>60</sup>. En estos cuadros se observa el uso de 18 variables relativas para configurar 4 factores que representan cada uno de ellos algún componente *input* o esfuerzo del Sistema Regional de Innovación: entorno empresarial, administraciones públicas, universidades y Plan Nacional de apoyo a la I+D.

<sup>60</sup> Un análisis pormenorizado de cada una de las variables se ofrece en el capítulo cinco.

Cuadro 4.3

## FACTOR 1 - EMPRESAS INNOVADORAS

Variables	Promedio	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
Personal en I+D de las empresas (equivalencia a dedicación plena) sobre el empleo (‰)	3,57	2,97	0,14	14,80
Personal en I+D de las empresas (número de personas) sobre el empleo (‰)	5,26	4,31	0,19	21,3
Stock capital tecnológico empresarial per cápita (miles de euros 2008)	0.56	0.58	0.02	2.65
Gasto en I+D de las empresas sobre el PIB (‰)	5,01	3,87	0,23	17,07
Exportaciones como porcentaje del PIB (%)	17,62	9,19	2,27	45,76
PIB per cápita (euros 2008)	22.459,71	4.372,83	13.079,17	31.196,12
Productividad (euros 2008)	52.524,58	4.829,22	41.317,85	68.618,71

Cuadro 4.4

## FACTOR 2 - ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Variables	Promedio	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
Personal en I+D de las AA.PP. (equivalencia a dedicación plena) sobre el empleo (‰)	1,38	,03	0,2	5,5
Stock capital tecnológico AA.PP. per cápita (miles de euros 2008)	0.17	0.18	0.04	0.95
Gasto en I+D de las AA.PP. sobre el PIB (‰)	1,58	1,04	0,08	5,67
Personal en I+D de las AA.PP. (número de personas) sobre el empleo (‰)	2,06	1,24	0,4	6,1

Cuadro 4.5

## FACTOR 3 – UNIVERSIDADES

Variables	Promedio	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
Personal en I+D de las universidades (número de personas) sobre el empleo (‰)	7,10	2,41	1,6	13,3
Personal en I+D de las universidades (equivalencia a dedicación plena) sobre el empleo (‰)	3,60	1,41	0,9	8,00
Stock capital tecnológico universidades per cápita (miles de euros 2008)	0.34	0.13	0.07	0.79
Gasto en I+D de las universidades sobre el PIB (‰)	3,13	1,05	1,42	5,88
Número de alumnos de tercer ciclo (% población)	3,57	0,83	1,67	5,83

Cuadro 4.6

### FACTOR 4 - PLAN NACIONAL (PN) DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO

Variables	Promedio	Desviación Típica	Mínimo	Máximo
PN proyectos de I+D respecto al gasto total en I+D (%)	0,08	0,04	0,00	0,24
PN en RR.HH. respecto al gasto total en I+D (%)	0,02	0,01	0,00	0,12

#### 4.4.2. Desarrollo y validación “estadística” de modelo factorial

Respecto a los tests estadísticos y las medidas de adecuación validen el modelo factorial obtenido los cuatro aspectos fundamentales que debe cumplir el modelo factorial son los siguientes:

- La medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que se basa en el estudio de los coeficientes de correlación parcial, debe adoptar un valor entre 0,6 y 0,8.
- El test de esfericidad de Barlett, que contrasta la hipótesis nula que identifica la matriz de correlaciones con la matriz identidad, debe rechazar esa hipótesis nula.
- La varianza total explicada por los factores, que refleja el porcentaje de la varianza inicial (anterior al análisis factorial) explicada por los factores, debe ser superior al 75%.
- Las comunalidades, que son las variables encargadas de medir la variabilidad de cada uno de los indicadores reales utilizados que se conserva en los factores, deben estar por encima del 50%.

Cuadro 4.7

### COMUNALIDADES<sup>A</sup>

Indicadores	Inicial	Extracción
Personal en I+D de las empresas (e.d.p.) ‰ sobre el empleo	1	0,954
Personal en I+D de las empresas (personas) ‰ sobre el empleo	1	0,879
Gasto en I+D de las empresas (‰ sobre el PIB)	1	0,926
PIB per cápita (€)	1	0,839
Stock capital tecnológico empresa per cápita	1	0,931
PIB por trabajador (€)	1	0,772
Exportaciones de bienes (% del PIB)	1	0,731

Cuadro 4.7 (continuación)

COMUNALIDADES<sup>A</sup>

Indicadores	Inicial	Extracción
Personal en I+D de las AA.PP. (e.d.p.) ‰ sobre el empleo	1	0,976
Stock capital tecnológico AA.PP. per cápita	1	0,946
Gasto en I+D de las AA.PP. (‰ sobre el PIB)	1	0,918
Personal en I+D de las AA.PP. (personas) ‰ sobre el empleo	1	0,831
Gasto en I+D de las universidades (‰ sobre el PIB)	1	0,741
Personal en I+D de las universidades (e.d.p.) ‰ sobre el empleo	1	0,804
Personal en I+D de las universidades (personas) ‰ sobre el empleo	1	0,861
Stock capital tecnológico universidades per cápita	1	0,850
Número de alumnos de tercer ciclo (% población)	1	0,706
Plan Nacional Proyectos I+D (% gasto total I+D)	1	0,800
Plan Nacional Recursos Humanos en I+D (% gasto total en I+D)	1	0,606

Nota: <sup>A</sup>Método de extracción: análisis de componentes principales.

Por otra parte, interesa que las variables se saturen en los distintos factores de manera que estos puedan interpretarse sencilla y claramente. Esta es la finalidad que persigue la *rotación varimax*, que además maximiza la ortogonalidad de los factores —o minimiza su correlación—, con lo que se evitan los problemas de multicolinealidad cuando se utilizan en la estimación de modelos econométricos.

El modelo factorial resultante de la aplicación de esta técnica multivariante<sup>61</sup> a la batería de los indicadores disponibles para describir los SRI españoles, es el que se refleja en el cuadro 4.9. La solución adoptada incluye cuatro factores cuya denominación y participación en la varianza explicada por el modelo se han representado en el gráfico 4.1. Los aspectos estadísticos relevantes que validan ese modelo se señalan a continuación:

- La medida KMO es igual a 0,843.
- Se rechaza la hipótesis nula del test de esfericidad de Barlett con un nivel de confianza del 99%.
- Se conserva un porcentaje del 83,72% de la varianza total de la muestra.
- Todas las comunialidades son superiores al 85%, excepto siete de ellas que, en cualquier caso, están por encima del 60% (ver cuadro 4.7).

El cuadro 4.7 muestra la salida ofrecida por el SPSS extrayendo cuatro factores de acuerdo con el método de *componentes principales*. El método de componentes principales es un procedimiento para la extracción del espacio factorial cuyo

<sup>61</sup> Se ha utilizado el programa informático *IBM SPSS Statistics 21*.

objetivo es obtener proyecciones de las nubes de puntos sobre un número de ejes de manera tal que los factores resultantes sean perpendiculares entre sí. Es decir, se trata de pasar de un conjunto de variables correlacionadas entre sí, a un nuevo conjunto de variables, combinaciones lineales de las originales, que estén incorrelacionadas.

Como se puede apreciar, las comunalidades (correlación de cada variable con respecto al conjunto de las demás variables que forman ese factor) de las variables son relativamente altas, la mayoría de ellas superiores a 0,75, a excepción *del gasto en I+D de las universidades (0,741)*, *las exportaciones de bienes con respecto al PIB (0,731)*, *el número de alumnos del tercer ciclo con respecto a la población (0,706)* y *el Plan Nacional en recursos humanos respecto al gasto total en I+D (0,606)*, lo que garantiza la fiabilidad de los resultados e indica el alto grado de conservación de la varianza de las mismas.

Cuadro 4.8

## VARIANZA TOTAL EXPLICADA

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	8,324	46,243	46,243	8,324	46,243	46,243	5,684	31,578	31,578
2	3,023	16,796	63,039	3,023	16,796	63,039	4,169	23,163	54,741
3	2,247	12,481	75,520	2,247	12,481	75,520	3,658	20,321	75,062
4	1,475	8,197	83,717	1,475	8,197	83,717	1,558	8,655	83,717
5	0,736	4,086	87,803						
6	0,491	2,730	90,533						
7	0,393	2,185	92,718						
8	0,342	1,899	94,617						
9	0,302	1,679	96,296						
10	0,189	1,048	97,344						
11	0,131	0,729	98,072						
12	0,111	0,619	98,691						
13	0,083	0,464	99,155						
14	0,064	0,354	99,509						
15	0,042	0,233	99,741						
16	0,019	0,105	99,846						
17	0,018	0,099	99,945						
18	0,010	0,055	100,000						

Consideramos, por tanto, que el modelo con cuatro factores viene avalado por dos hechos: en primer lugar, resulta de un procesamiento objetivo (el análisis de componentes principales). A esto se suma, como veremos a continuación, que el modelo permite una fácil interpretación (al no estar las variables saturadas más que en un factor), los factores obtenidos encajan con la teoría de los sistemas regionales de innovación, y que el modelo resulta sumamente robusto, además de mantener un elevado porcentaje de la varianza original, como se puede apreciar en el cuadro 4.8. Este nos muestra la varianza total explicada, en tres apartados: el primero señala los autovalores iniciales, el segundo indica la suma de las saturaciones al cuadrado de la extracción, y el tercero presenta la suma de las saturaciones al cuadrado tras rotar los factores.

Los autovalores iniciales reflejan el porcentaje de la varianza explicado por cada variable, y es por este valor por el que el sistema se rige al incorporar variables en el modelo. Obviamente, al incluir todas las variables (cada variable sería un factor) se explica el 100% de la varianza, pero con ello no habríamos alcanzado nuestro objetivo de reducir el número de datos con el que trabajamos. El segundo apartado, nos muestra el porcentaje de la varianza explicado por cada uno de los cuatro factores extraídos con acuerdo a las especificaciones anteriores, así como el porcentaje acumulado, antes de la rotación. Como podemos apreciar, con cuatro factores el modelo mantiene el 83,72% de la varianza, es decir, que al pasar de 18 variables a cuatro factores, solo perdemos el 16% de la información.

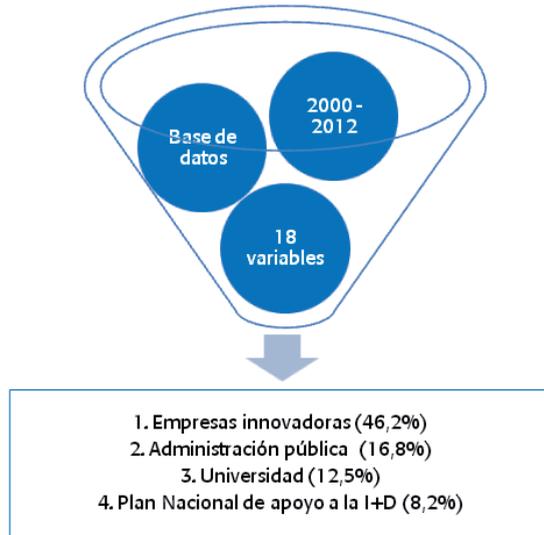
Sin embargo, a nuestros efectos resultan más interesantes los porcentajes de la varianza explicados por los factores tras la rotación. Como podemos apreciar, el porcentaje de la varianza acumulada por el conjunto de factores, resulta el mismo en uno u otro caso. Sin embargo, lo que se ve alterado es la contribución específica de cada factor al total. La rotación consiste en girar los ejes en el origen hasta alcanzar una determinada posición, de manera que se maximice la carga o saturación de las variables en *un* factor, minimizándolas simultáneamente en los restantes, permitiendo así una solución más interpretable. Existen distintos procedimientos de rotación –los de rotación ortogonal y los de rotación oblicua– aunque para nuestro caso solo tomamos en consideración los primeros, ya que mantienen un ángulo de 90 grados entre los ejes, garantizando así la ortogonalidad entre los factores. En concreto hemos llevado a cabo una rotación de tipo varimax, ya que el patrón factorial obtenido por este procedimiento tiende a ser más robusto al obtenido por métodos alternativos.

Como podemos apreciar en el cuadro 4.9, la adscripción de cada variable a un único factor resulta ahora inequívoca, pudiendo distinguirse cuatro factores claramente interpretables, y que equivalen a las *empresas (innovadoras)* –que recoge la actividad específica de creación de conocimiento tecnológico–, las *instituciones de enseñanza superior (Universidad)*, la *Administración pública* –ambas reflejan la generación específica de conocimiento científico– y el *Apoyo nacional a la I+D* –que aglomera a las variables referidas al Plan Nacional–. Los resultados obtenidos a través del análisis factorial coinciden por tanto básicamente con los determinantes

apuntados por la teoría. Nuestro modelo queda, por tanto, definido por el siguiente conjunto de factores (gráfico 4.1).

Gráfico 4.1

## EL MODELO FACTORIAL



En resumen, el modelo factorial que hemos estimado 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 con la que se desarrollan las actividades de creación y difusión del conocimiento tecnológico en las regiones españolas.

Cuadro 4.9

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS<sup>A</sup>

Indicadores	Componentes			
	1	2	3	4
Personal en I+D de las empresas (e.d.p.) ‰ sobre el empleo	0,926			
Personal en I+D de las empresas (personas) ‰ sobre el empleo	0,897			
Gasto en I+D de las empresas (‰ sobre el PIB)	0,884			

Cuadro 4.9 (continuación)

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS<sup>A</sup>

Indicadores	Componentes			
	1	2	3	4
PIB per cápita (€)	0,883			
Stock capital tecnológico empresa per cápita	0,867			
PIB por trabajador (€)	0,838			
Exportaciones de bienes (% del PIB)	0,584			
Personal en I+D de las AA.PP. (e.d.p.) ‰ sobre el empleo		0,957		
Stock capital tecnológico AA.PP. per cápita		0,947		
Gasto en I+D de las AA.PP. (‰ sobre el PIB)		0,930		
Personal en I+D de las AA.PP. (personas) ‰ sobre el empleo		0,866		
Gasto en I+D de las universidades (‰ sobre el PIB)			0,854	
Personal en I+D de las universidades (e.d.p.) ‰ sobre el empleo			0,848	
Personal en I+D de las universidades (personas) ‰ sobre el empleo			0,814	
Stock capital tecnológico universidades per cápita			0,745	
Número de alumnos de tercer ciclo (% población)			0,545	
Plan Nacional Proyectos I+D (% gasto total I+D)				0,861
Plan Nacional Recursos Humanos en I+D(% gasto total en I+D)				0,708

Notas: Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización varimax con Kaiser. <sup>A</sup> La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

## ■ APÉNDICE: MÉTODO DEL INVENTARIO PERPETUO PARA LA ESTIMACIÓN DEL STOCK DE CAPITAL TECNOLÓGICO

La idea que subyace en el concepto de *stock* de capital tecnológico es la de representar el conjunto de conocimientos que se han venido obteniendo a lo largo del tiempo, agregando en él la experiencia adquirida en la realización de actividades de I+D, por una parte, y restando a su composición los elementos que van quedando obsoletos o que carecen de posibilidades para su aplicación. Tal representación puede realizarse mediante una función que recoja acumulativamente a lo largo del tiempo los gastos que tienen lugar para financiar dichas actividades –sujetando a un cierto retardo su incorporación al *stock*, pues puede suponerse que los resultados de estas no son inmediatos–, a la vez que descuenta una parte de los realizados en el pasado debido a su depreciación.

Una función de este tipo, de acuerdo con la propuesta de Soete y Patel (1985), es la siguiente:

$$T_t = \sum w_i * GID_{t-1}$$

En la que  $T$  designa el *stock* de capital tecnológico en un momento determinado ( $t$ ), y  $w_i$  refleja la estructura de retardos temporales con que se incorpora el gasto en I+D (GID) a dicho *stock*, así como la tasa de depreciación a la que se ha sometido este.

Para especificar la estructura de retardos es preciso adoptar ciertos criterios convencionales, pues se carece de evidencias empíricas que pudieran orientar este asunto. Para el caso de este estudio, se siguió la pauta marcada por el trabajo de Soete y Patel (1985) y Buesa *et al.* (2002) en su estimación de los *stocks* de capital tecnológico de Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania y el Reino Unido para el período 1956-82, y España en el período 198-2000, respectivamente. Se supuso que el gasto en I+D de un año determinado tarda cinco en integrarse plenamente dentro del *stock*, de manera que lo hace en un 20% a partir del año posterior a su realización, en otro 30% durante cada uno de los años siguientes y en el 20% restante un año después de estos últimos. Y, en cuanto al segundo, se fija una desvalorización del 15% anual para el *stock* preexistente (Griliches, 1986).

En consecuencia, la función empleada en la estimación del *stock* de capital tecnológico queda especificada como sigue:

$$T_t = (1-0,15)T_{t-1} + (0,20GID_{t-1} + 0,30GID_{t-2} + 0,30GID_{t-3} + 0,20GID_{t-4})$$

Para fijar la cuantía en el año inicial de la serie se ha supuesto que su valor en ese momento sea equivalente a siete veces el monto de los gastos en I+D del año correspondiente. Si la serie de datos es suficientemente larga y el crecimiento del gasto en I+D resulta ser bastante acelerado, esta decisión, debido a la alta tasa de depreciación que se está manejando, apenas influye sobre los valores del *stock* al cabo de siete años.



## **PARTE II**

**ANÁLISIS EMPÍRICOS RESPECTO  
A LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS  
DE INNOVACIÓN DE LAS COMUNIDADES  
AUTÓNOMAS ESPAÑOLAS**





**5**

## **DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA**



El modelo factorial que se ha presentado en el capítulo anterior permite establecer una imagen sintética de los sistemas regionales de innovación (SRI) sin perder apenas la información contenida en las variables seleccionadas para establecerlo. Los factores resultantes serán empleados más adelante para adentrarnos en el objeto central de este estudio; es decir, para el análisis de la eficiencia con la que se asignan los recursos destinados a la innovación en las distintas comunidades autónomas. Sin embargo, antes de emprender ese análisis nos ha parecido conveniente efectuar una descripción de los SRI teniendo en cuenta, de manera desagregada, las mencionadas variables, pues de este modo los lectores se harán una mejor idea de la heterogeneidad que caracteriza a las regiones españolas en lo que se refiere a los recursos utilizados en las actividades de generación de conocimiento y a sus resultados. En consecuencia, en las páginas que siguen mostraremos las puntuaciones obtenidas para cada uno de los factores en cada una de esas regiones, así como los valores de las variables que se integran en ellos.

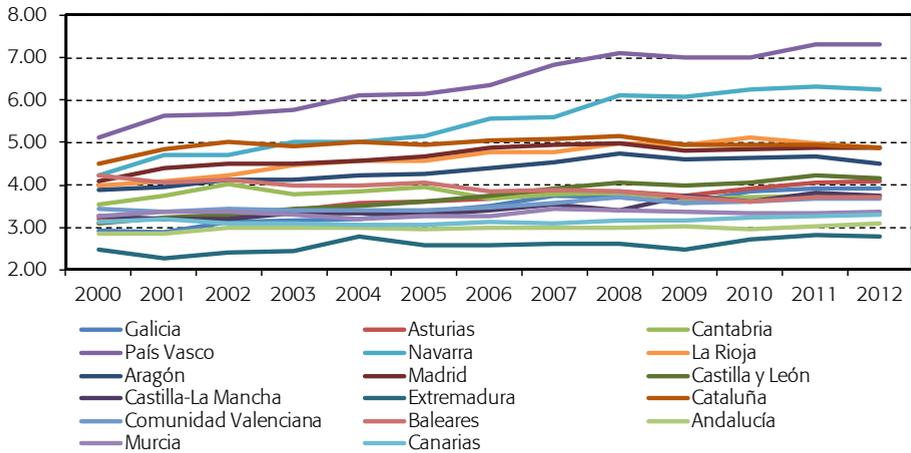
## ■ 5.1. FACTOR 1: LAS EMPRESAS INNOVADORAS

El primero de los factores de nuestro modelo recoge la información referente a las empresas innovadoras –en concreto, a los recursos que emplean en sus actividades de I+D y a la acumulación de capital tecnológico–, así como a algunos aspectos del entorno económico en el que operan –como son el tamaño relativo del mercado, representado por el PIB per cápita; el nivel global de eficiencia, indicado por la productividad del trabajo; y la competitividad internacional, aproximada por la fracción del PIB destinada a las exportaciones–.

En el gráfico 5.1 se ha representado la evolución temporal de las puntuaciones que obtienen las comunidades autónomas en este primer factor. Como se puede comprobar, el País Vasco sobresale sobre las demás regiones con valores netamente superiores a los de todas ellas que siguen una trayectoria creciente. Puede decirse que esta región, con respecto a su tamaño, pues los indicadores que empleamos son siempre relativos, es la que cuenta con un tejido de empresas innovadoras más potente dentro de España. También es destacable la posición de Navarra, sobre una vez mediada la primera década del siglo, dado que en el comienzo del período se alineaba más bien con el grupo de segundo nivel que se menciona a continuación. Este se encuentra formado por cuatro regiones: Cataluña –cuyas puntuaciones factoriales apenas han crecido en el conjunto del período– Madrid –que avanzó moderadamente en la etapa expansiva de la economía, pero que con el desencadenamiento de la Gran Recesión se ha estancado–, La Rioja y

Gráfico 5.1

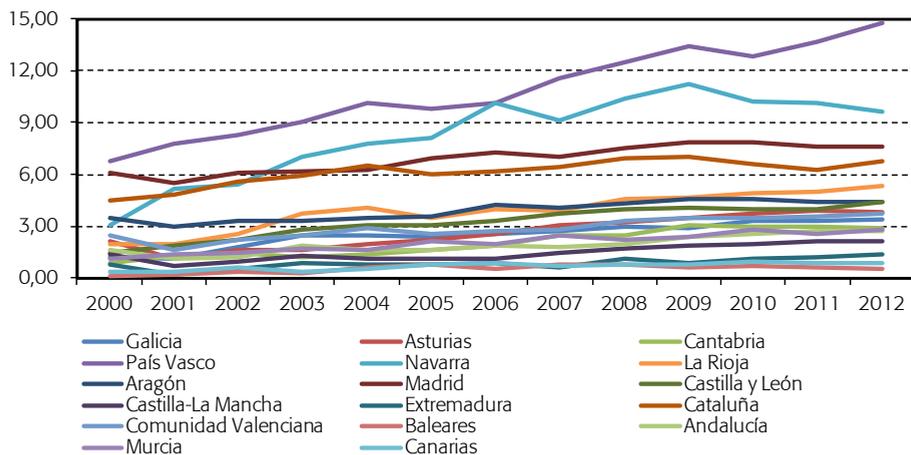
### PUNTUACIONES REGIONALES DEL FACTOR 1 EMPRESAS



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.2

### PERSONAL DE LAS EMPRESAS EN I+D (EN EDP) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



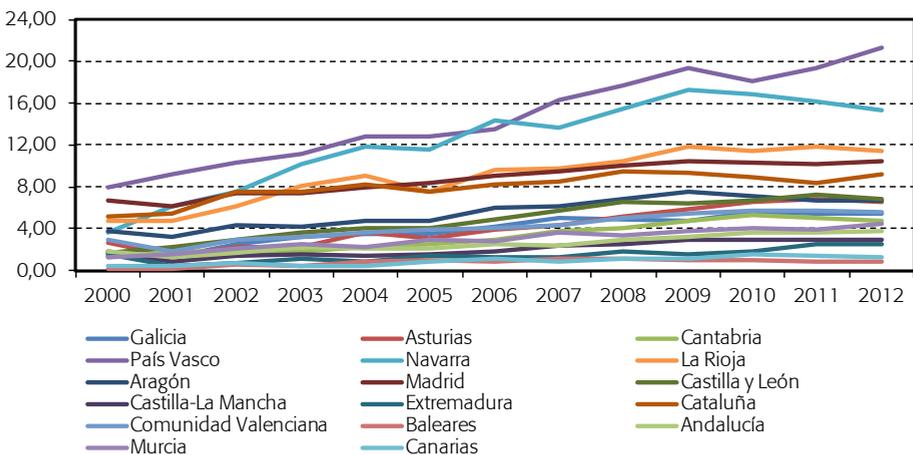
Fuente: Elaboración propia.

Aragón –que muestran un mayor dinamismo que las anteriores, aunque también ven agotado su impulso con la crisis–. En un tercer escalón se ubican los demás SRI españoles, con la única excepción de Extremadura que aparece claramente separada de ellos por sus bajas puntuaciones factoriales. Dentro de ese grupo sí deben destacarse los casos de Castilla y León, Galicia y Asturias, donde se ha registrado la ganancia de alrededor de una unidad en la puntuación factorial, por una parte, y el de Baleares, donde ha ocurrido todo lo contrario. En el cuadro A5.1 del Anexo se expone el detalle de estas puntuaciones para que se pueda observar la evolución de cada una de las regiones.

Las variables que se integran en este factor son siete, cuatro de las cuales, como ya se ha indicado, se refieren a los recursos empleados por las empresas innovadoras en las actividades de generación del conocimiento tecnológico y las otras tres a los aspectos más relevantes del entorno económico regional. Comenzando por las primeras, en los gráficos 5.2 y 5.3 (cuadros A5.2 y A5.3 del Anexo), se han representado los datos alusivos al personal de las empresas que se ocupa en los departamentos de I+D. Esta variable se ha medido en términos de equivalencia a dedicación plena (EDP), por una parte, y en número de ocupados, por otra, expresados en ambos casos como tanto por mil del empleo regional. Si se alude a la primera de esas formas de medición, los resultados muestran que, como cabía esperar, la posición más destacada corresponde al País Vasco, región esta en la que los recursos humanos de las empresas en I+D han sido fuertemente crecientes en casi todos los años del período, de manera que pasaron desde un 6,8 por mil en 2000 a un 14,8 por mil en 2012. Esta dinámica vasca de continuo reforzamiento del

Gráfico 5.3

### PERSONAL DE LAS EMPRESAS EN I+D (Nº DE PERSONAS) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



Fuente: Elaboración propia.

capital humano dedicado a la investigación tecnológica en el sistema productivo, ha sido claramente excepcional, de manera que no se registra ningún otro caso que la emule.

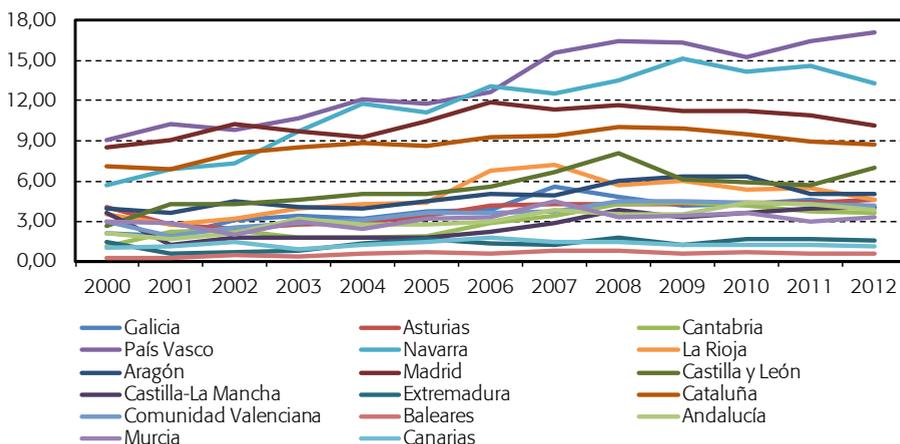
En consonancia con lo observado para el factor, la segunda región que destaca en esta variable es Navarra. En esta Comunidad Autónoma el empleo en I+D de las empresas era relativamente mediocre al comienzo del período. Sin embargo, un fuerte dinamismo le permitió alcanzar el nivel del País Vasco en 2006, aunque desde ese año la progresión se frenó para revertir ya desde 2009, seguramente por el efecto de la Gran Recesión sobre todas las variables empresariales, quedándose en el 9,6 por mil el empleo regional en el último año del período.

En un nivel ya inferior al de los dos SRI que se acaban de mencionar, pero con una clara separación con respecto a los demás, se observan los casos de Madrid y Cataluña, donde en 2012 el empleo de las empresas en I+D llegó al 7,6 y 6,8 por mil de la ocupación regional, respectivamente. En ambas comunidades autónomas se observa una progresión moderada de este indicador hasta el año 2009, momento a partir del cual la crisis impuso su estancamiento. Las demás comunidades autónomas aparecen ya muy agrupadas entre sí con valores relativamente bajos del indicador. Entre ellas, solo en los casos de La Rioja, Aragón, Castilla y León, Asturias, la Comunidad Valenciana y Galicia se supera en los años recientes el 3 por mil.

Una distribución similar aparece al medir el empleo relativo en I+D de las empresas innovadoras por medio de la contabilización del número de trabajadores implicados, aunque se registren algunas diferencias debido a que el nivel de dedi-

Gráfico 5.4

### GASTO DE LAS EMPRESAS EN I+D EN ‰ SOBRE EL PIB



Fuente: Elaboración propia.

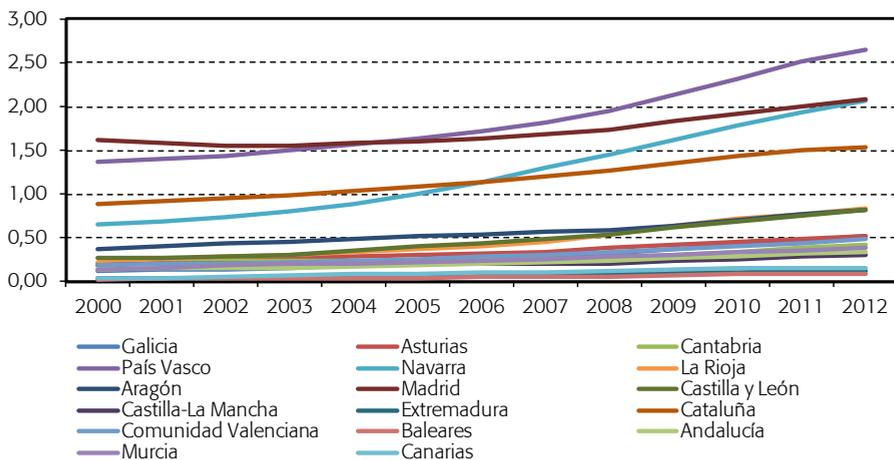
cación de los investigadores y del personal que les apoya no es homogéneo desde el puntos de vista territorial (gráfico 5.3). El caso más llamativo a este respecto es el de La Rioja, que ahora se ubica por encima de Madrid y Cataluña.

La tercera de las variables que se integran en el primer factor es la que mide, en términos de gasto, el esfuerzo de las empresas en I+D. Sus valores se han reflejado en el gráfico 5.4 (cuadro A5.4 del Anexo) donde se vuelven a encontrar unas posiciones relativas de las regiones muy similares a las descritas en los párrafos anteriores, pues no en vano el principal capítulo del gasto en I+D es el referido al personal. Las dos primeras posiciones corresponden así al País Vasco y a Navarra, ocupando el segundo escalón Madrid y Cataluña, y apareciendo el agrupamiento de los demás casos de una manera parecida a la ya anotada. Sin embargo, merece ser destacado, dentro de este último conjunto, el caso de Castilla y León, cuyo gasto al final del período logra superar la frontera del seis por mil del PIB.

Partiendo de las cifras de gasto en I+D, como se ha explicado en la primera parte de este trabajo, hemos estimado el *stock* de capital tecnológico mediante su acumulación a lo largo del tiempo, sometida a un esquema constante de depreciación. De esta manera, la cuantía de ese *stock* depende principalmente, en cada región, del esfuerzo de asignación de recursos realizado en el pasado, siendo más moderada la influencia que sobre ella ejerce el gasto actual. Ello hace que la distribución de los SRI según esta variable –que se mide con respecto a la población– difiera de la que se ha observado anteriormente.

Gráfico 5.5

### CAPITAL TECNOLÓGICO EMPRESARIAL POR HABITANTE EN MILES DE €



Fuente: Elaboración propia.

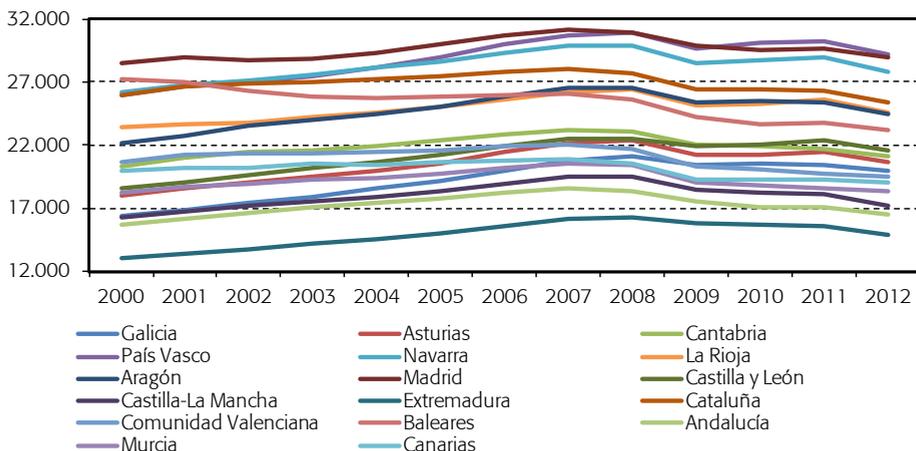
En efecto, como se muestra en el gráfico 5.5 (cuadro A5.5 del anexo), Madrid aparece al comienzo del período en la primera posición como la más destacada de las comunidades autónomas, aunque la pierde desde 2005 en favor del País Vasco debido al menor empuje de su gasto en I+D –que, de hecho, decrece durante la segunda mitad del período que aquí se estudia–. Aun así, el efecto acumulativo de ese gasto a lo largo del tiempo ha permitido que la Comunidad de Madrid ocupe la segunda posición hasta el año 2012, en el que Navarra casi se iguala con ella.

El caso de Navarra con respecto al de Cataluña señala otra situación similar a la que se acaba de describir. La segunda de estas regiones aparecía al comienzo del período en una posición superior a la de la primera. Pero el moderado crecimiento de su gasto –y su posterior reducción– le condujo a perderla, de manera que desde 2007 Navarra se aupó sobre ella. Y vuelve a repetirse la misma dinámica –aunque ya en un tercer nivel y con cifras más modestas– en la confluencia de La Rioja y Castilla y León con Aragón, regiones estas que se destacan del grupo de las más rezagadas.

Las demás variables de este factor son alusivas al entorno económico regional dentro del cual se desenvuelven las actividades de las empresas. La primera de ellas –el PIB per cápita– es un indicador del nivel de desarrollo y bienestar; y puede tomarse también como una aproximación al grado de sofisticación de la demanda, un elemento este que incentiva la innovación. Los valores de esta variable se representan en el gráfico 5.6 (cuadro A5.6 del Anexo). Su trayectoria a lo largo del período muestra, para todas las regiones menos las dos insulares, una

Gráfico 5.6

### PIB PER CÁPITA EN € A PRECIOS DE 2008



Fuente: Elaboración propia.

etapa de crecimiento, de distinta intensidad en cada caso, que se trunca con la Gran Recesión, de manera que desde 2008 o 2009 su valor retrocede. En el caso de Baleares, sin embargo, la decadencia es permanente durante todo el período, aunque se intensifica en su etapa final. Y en el de Canarias, a una fase inicial de estancamiento le sucede, con la crisis, otra de caída.

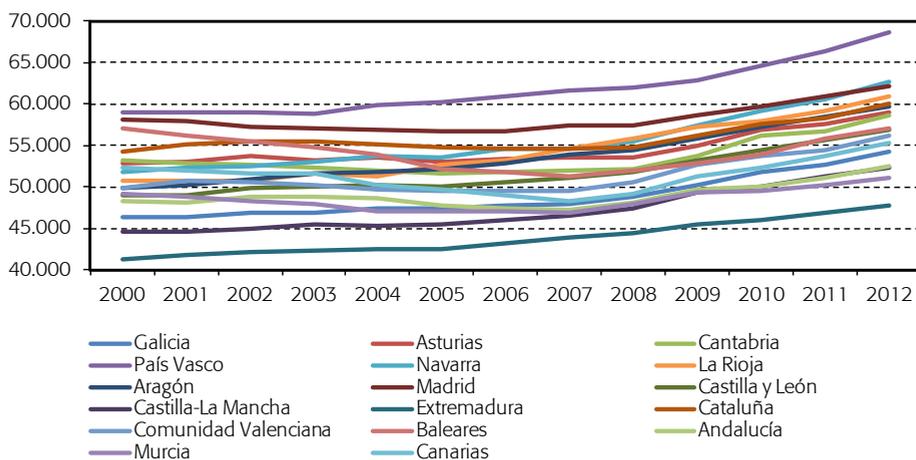
No obstante más allá de su trayectoria común, con las dos excepciones señaladas, las diferencias regionales en el PIB per cápita son muy notorias. La posición más destacada la ha ocupado Madrid hasta la entrada en la Gran Recesión, etapa en la que cedió su preeminencia al País Vasco, aunque con cifras muy próximas entre sí. Cerca de ambas se ubica también Navarra, que convergió con la Comunidad de Madrid hasta el desencadenamiento de la crisis para mantener después su distancia con respecto a ella.

El segundo escalón lo forman cuatro comunidades autónomas, dos de las cuales registran un PIB por habitante menor al final del período que en su comienzo. Son Cataluña, donde las débiles ganancias de la etapa expansiva se han volatilizado durante la Gran Recesión, y Baleares, en la que se ha registrado, como se ha dicho ya, una importante decadencia a lo largo de todo el período. Las otras dos regiones, La Rioja y Aragón, muestran en cambio un comportamiento más dinámico aunque sujeto a la pauta general de pérdidas derivadas de la crisis.

Y se colocan después las demás regiones cuyo PIB per cápita se ubica por debajo de la media nacional, estando más cercanas a ella, al finalizar el período de

Gráfico 5.7

### PRODUCTIVIDAD POR EMPLEADO EN € A PRECIOS DE 2008



Fuente: Elaboración propia.

análisis, Castilla y León, Cantabria, Asturias y Galicia, y más alejadas la Comunidad Valenciana, Canarias, Murcia, Castilla-La Mancha, Andalucía y Extremadura.

El segundo indicador del entorno económico regional es la productividad por ocupado. En él se sintetizan las condiciones de producción, entre ellas las tecnológicas, del conjunto de las actividades económicas que dan lugar a un mayor o menor rendimiento en el uso de los factores productivos. El perfil evolutivo de esta variable ha sido, en aproximadamente la mitad de las comunidades autónomas, el de un cierto decaimiento —o, en el mejor de los casos, un claro estancamiento— durante la etapa expansiva de la economía, para dar paso después, durante la Gran Recesión, a unas importantes ganancias, pues las pérdidas de empleo han sido más intensas que las de producción. Y en los demás casos —País Vasco, Navarra, Galicia, La Rioja, Castilla y León, Castilla-La Mancha, Aragón y Extremadura— se ha registrado un incremento continuado de la productividad, más intenso durante la crisis reciente que durante la expansión de los siete primeros años del siglo (véanse el gráfico 5.7 y el cuadro A5.7 del Anexo).

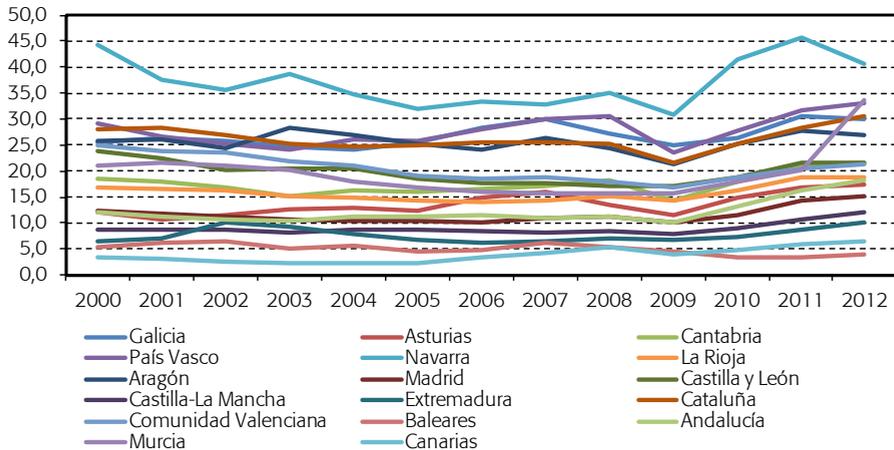
En referencia a los resultados obtenidos, lo primero que cabe destacar es la adelantada posición del País Vasco, que durante todo el período se ha ubicado por encima de las demás regiones, especialmente en los años más recientes. Madrid, en un segundo lugar, también ha sobresalido, aunque al finalizar el período ha sido sobrepasada por Navarra. Por otra parte, siguen cinco casos inmediatamente después: La Rioja, Cataluña, Aragón, Asturias y Cantabria; y el cuarto escalón lo forman, ya con cifras inferiores, Baleares —que al inicio del siglo estaba entre las regiones de mayor productividad—, Castilla y León, la Comunidad Valenciana, Canarias y Galicia. En las posiciones menos aventajadas quedan Andalucía, Castilla-La Mancha, Murcia y Extremadura, esta última muy por debajo de las anteriores.

Finalmente, la variable que cierra esta descripción del primer factor resultante de nuestro análisis se refiere a la apertura exterior a través de la exportación de bienes, pudiéndose tomar como un indicador de la capacidad competitiva internacional de las regiones. No obstante, debe señalarse su carácter limitado para expresar esa capacidad en el caso de las comunidades autónomas volcadas sobre la exportación de servicios, singularmente en el caso de los archipiélagos y, en menor medida por su mayor diversificación productiva, las regiones mediterráneas, todas las cuales cuentan con un sector turístico muy importante. Tal limitación no ha podido ser corregida en este trabajo debido a la inexistencia de estimaciones regionalizadas de la exportación de servicios.

Las cifras correspondientes, que se muestran en toda su extensión en el cuadro A5.8 del Anexo, se han representado en el gráfico 5.8. Por lo general, este indicador experimentó un decaimiento durante la etapa expansiva del comienzo del siglo —aunque hay algunos casos de estancamiento—, lo que se asocia con pérdidas de competitividad derivadas de la caída en la productividad. Sin embargo, la crisis de los últimos años ha propiciado su recuperación más o menos intensa en todas las regiones, con la única excepción de Baleares.

Gráfico 5.8

### APERTURA INTERNACIONAL EXPORTACIÓN DE BIENES COMO % DEL PIB



Fuente: Elaboración propia.

La Comunidad Autónoma con mayor nivel de apertura internacional es Navarra, superando su propensión exportadora en varios puntos porcentuales a todos los demás casos. El segundo escalón lo forman cuatro regiones –País Vasco, Galicia, Cataluña y Aragón–, a las que en el último año se añade Murcia. Esta última, además de Castilla y León y la Comunidad Valenciana, se ubicaba al comienzo del siglo bastante cerca de las del escalón anterior, pero su menor dinamismo exportador la alejó de ellas, abriéndose así una brecha que no se ha cerrado con la crisis.

En el caso de Cantabria ocurrió lo contrario, lo que permitió que esta región convergiera con las precedentes. Algo similar tuvo lugar con Andalucía y Asturias, que se aproximaron a la posición de La Rioja, región esta en la que las ganancias exportadoras han sido menores. Y quedan finalmente los casos de Madrid, Castilla-La Mancha, Extremadura, Canarias y Baleares, que por ese orden se sitúan en los lugares de menor ventaja.

## 5.2. FACTOR 2: ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

El segundo de los factores resultantes de nuestro análisis es el que aglutina el conjunto de la información referida a las actividades de investigación científica que se realizan por las administraciones públicas. Se trata de los Organismos Públicos de Investigación (OPI) o, en su caso, de otras instituciones, que se adscriben al Estado, las comunidades autónomas y las corporaciones locales. Se trata de un sector muy amplio que ha experimentado un intenso proceso de creación institu-

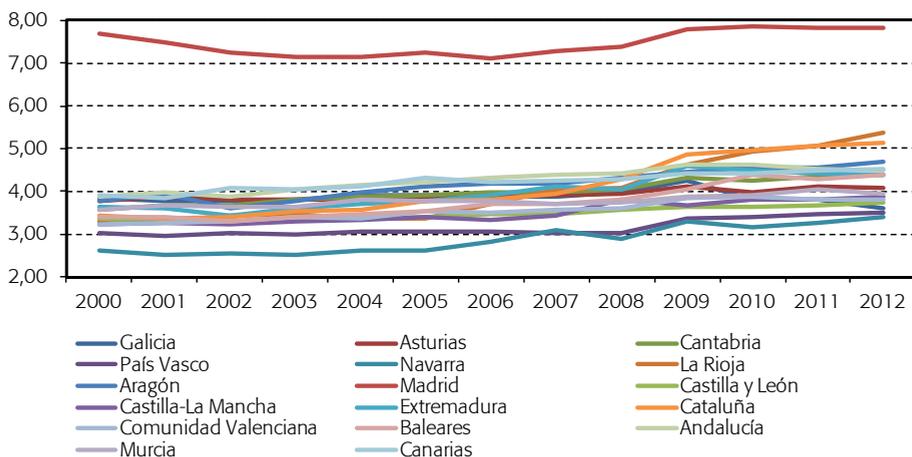
cional a lo largo del período de análisis, de manera que, según los últimos datos disponibles, correspondientes a la *Estadística de I+D* que elabora el INE, en 2013 se contabilizaban 515 organismos, de los que 80 pertenecían al Estado, 377 a las administraciones autonómicas y locales, y los 68 restantes se adscribían a una categoría residual de otros organismos.

El factor se construye a partir de los datos disponibles acerca de los recursos que se utilizan por estos organismos en cada una de las regiones españolas, con independencia de cuál sea la Administración a la que se encuentren adscritos. Los resultados obtenidos se han representado en el gráfico 5.9 (cuadro A5.9 del Anexo) donde se comprueba la destacadísima posición que ocupa la Comunidad de Madrid, cuya puntuación factorial duplica, por lo general, a la de los demás SRI. Ello se explica, sin duda, por la elevada concentración de los grandes OPI y de una buena parte de los demás organismos estatales en esta región, donde coexisten además con un número no despreciable de organismos autonómicos. El valor del factor 2 en Madrid experimentó un moderado descenso hasta traspasar el ecuador de la primera década del siglo, para crecer en los años finales del período.

Esta trayectoria madrileña se aparta de la que registran las demás regiones, en las que las puntuaciones factoriales han sido paulatinamente crecientes con las únicas salvedades del País Vasco y Castilla y León donde ha habido que esperar a los años más recientes para observar su apartamiento de una senda de estabilidad. En casi todos los casos esas puntuaciones se han ubicado en el intervalo 3-5, según los años, pudiéndose destacar como excepciones, por una parte, los casos de La Rioja y Cataluña –que al final del período han superado el límite superior de

Gráfico 5.9

## PUNTUACIONES REGIONALES DEL FACTOR 2 - AA.PP.

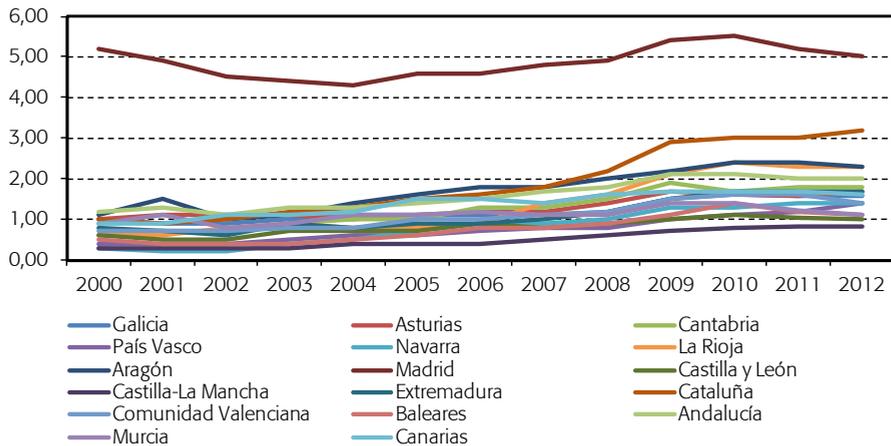


Fuente: Elaboración propia.

ese intervalo—, y por otra, el de Canarias —donde solo durante la Gran Recesión se ha superado el límite inferior del mismo—.

Gráfico 5.10

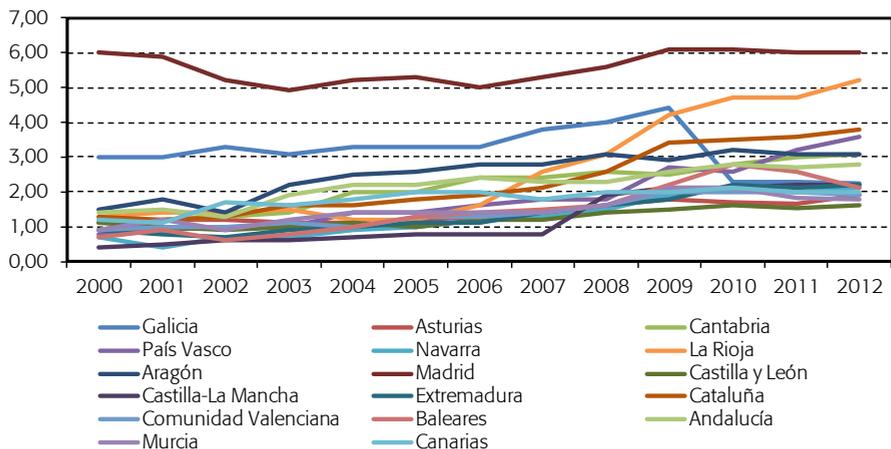
### PERSONAL DE LAS AA.PP. EN I+D (EN EDP) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.11

### PERSONAL DE LAS AA.PP. EN I+D (Nº DE PERSONAS) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



Fuente: Elaboración propia.

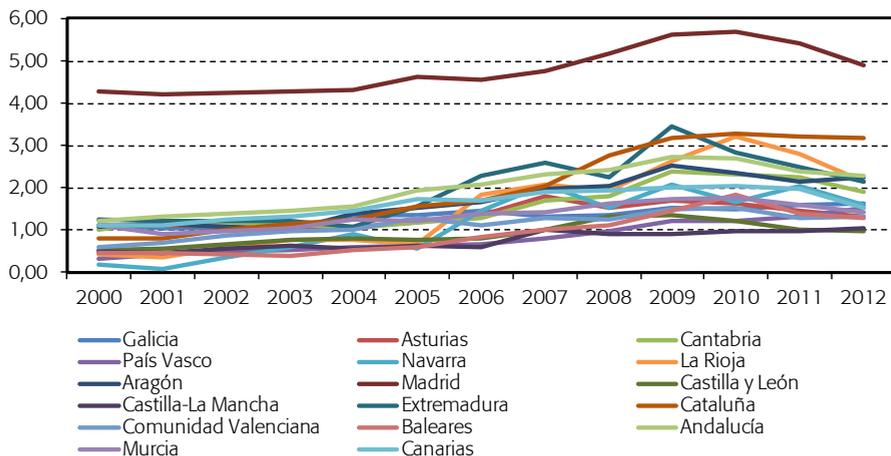
Entrando en las variables que se agrupan en el factor, comenzaremos por las que se refieren al personal ocupado en las actividades de I+D que, como en el factor anterior, se mide tanto en términos de equivalencia a dedicación plena (gráfico 5.10 y cuadro A5.10 del Anexo) como en número de personas (gráfico 5.11 y cuadro A5.11 del Anexo).

Como cabe esperar, la posición preeminente de Madrid destaca sobre la de las demás comunidades autónomas, al oscilar su empleo en I+D para este sector en torno al 5 o 6 por mil de la población ocupada de la región, según sea la forma de medición empleada. En todos los demás casos, esta ratio es notoriamente más reducida, siendo destacables algunos casos singulares como el de Cataluña –que durante la Gran Recesión se ha apartado claramente de las otras regiones al experimentar un importante aumento del indicador– y los de Aragón, La Rioja y Andalucía –que también presentan una evolución similar, aunque con menos intensidad–. Es asimismo reseñable la importante diferencia que existe entre los dos resultados de la medida de este indicador en los casos de La Rioja, Galicia y el País Vasco, regiones en las que parece estar muy extendida la dedicación parcial del personal ocupado en los organismos públicos de investigación.

Por otra parte, la consideración del gasto en I+D por parte de los organismos de investigación dependientes de las administraciones públicas, medido en términos de esfuerzo con relación al PIB, ofrece la distribución que se refleja en el gráfico 5.12 (cuadro A5.12 del Anexo). Ahí se puede apreciar la trayectoria creciente de este indicador que, con mayor o menor intensidad, aumentó en todas las regiones durante la etapa expansiva de la economía. Una trayectoria que se vio truncada

Gráfico 5.12

### GASTO DE LAS AA.PP. EN I+D EN ‰ SOBRE EL PIB



Fuente: Elaboración propia.

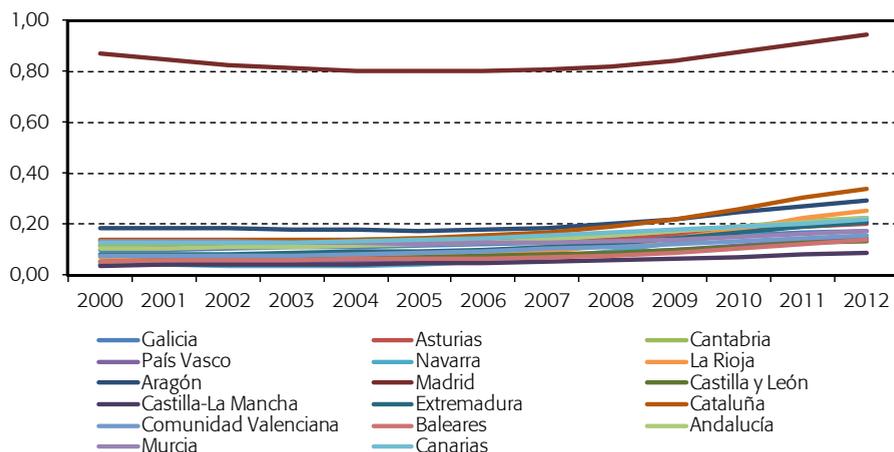
por la Gran Recesión a partir de los años 2009 o 2010, según los casos, siendo las únicas excepciones las de Galicia, el País Vasco y Castilla-La Mancha, entre las regiones con un menor esfuerzo en este sector, así como Cataluña, donde el indicador quedó estabilizado.

De nuevo, al considerar los valores obtenidos, ha de señalarse la posición destacadísima de Madrid, por las razones ya apuntadas, y dentro del resto de las regiones, el mayor nivel de Cataluña y, con cierta separación, los de La Rioja, Andalucía y Aragón, así como el de Extremadura –cuya ubicación relativa se separa en este indicador de la registrada en los referidos al personal ocupado en I+D–.

Finalmente, se toma en consideración la constitución de un capital científico a partir de la acumulación del gasto en I+D a lo largo del tiempo. También en este indicador la Comunidad de Madrid registra una posición muy destacada sobre las demás, tal como refleja el gráfico 5.13 (cuadro A5-13 del Anexo), con valores del *stock* de capital científico en los OPI de entre 800 y 1.000 euros por habitante a lo largo del período analizado. En las demás regiones la cifra correspondiente es notoriamente más baja, lo que se compadece con el hecho de que en ellas se han ubicado, en general, pocos organismos estatales y, por otra parte, los de carácter regional son relativamente recientes, con lo que su acumulación de gasto es necesariamente modesta. Con todo, hay algunos casos que despuntan en este conjunto, como son los de Cataluña, Aragón y La Rioja; y también, pero con cifras algo inferiores en los años finales del período de análisis, Andalucía, Cantabria, Navarra, Canarias y Extremadura.

Gráfico 5.13

### STOCK DE CAPITAL CIENTÍFICO DE LAS AA.PP. POR HABITANTE EN MILES DE €



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. FACTOR 3: UNIVERSIDAD

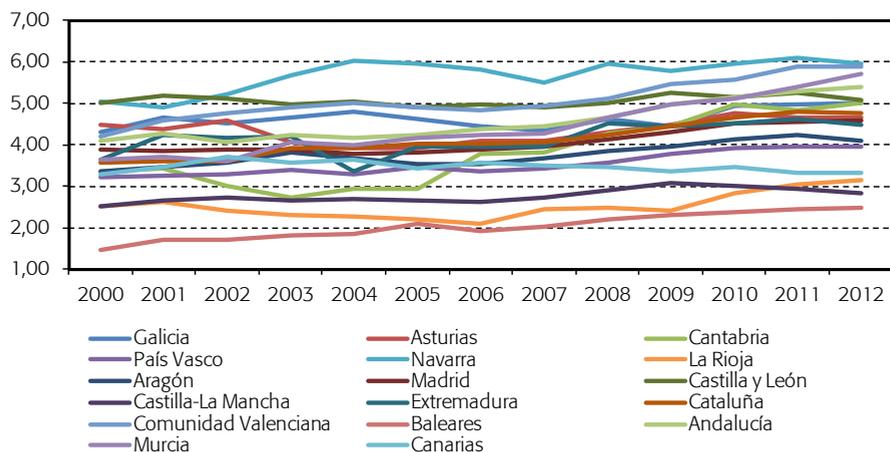
Los organismos de investigación de las administraciones públicas no son las únicas instituciones dedicadas a la generación del conocimiento científico. Las universidades juegan en este terreno un papel muy relevante que, desde un punto de vista cuantitativo, es mayor que el de los OPI. En nuestro análisis, las variables referidas a los recursos que movilizan las universidades para dedicarlos a la I+D, así como la acumulación de capital científico en ellas y la formación de doctores, se agrupan en un solo factor. Las puntuaciones correspondientes a cada una de las regiones se han reflejado en el gráfico 5.14 (cuadro A5.14 del Anexo). En él se muestran cambios de bastante relieve a lo largo del período estudiado, lo que se explica fundamentalmente por las diferencias interregionales en cuanto a la dinámica de crecimiento en la asignación de recursos en el sector.

Para empezar, el gráfico muestra que, al comienzo del período, la posición de cabeza la ocupaba Castilla y León, compartida con Navarra. Sin embargo, la estabilidad de las puntuaciones factoriales de la primera de esas regiones, unida al mayor dinamismo de la segunda –sobre todo durante la primera mitad de los años 2000– y muy especialmente de la Comunidad Valenciana, Murcia y Andalucía, ha hecho que, al finalizar el período, sean estos tres SRI, precedidos por el de Navarra, los que sobresalgan sobre todos los demás en el factor que estamos analizando.

Por debajo de las regiones que se acaban de mencionar, en los años finales de nuestro análisis, se sitúan en un segundo grupo Castilla y León –al descender de

Gráfico 5.14

#### PUNTUACIONES REGIONALES DEL FACTOR 3 UNIVERSIDAD



Fuente: Elaboración propia.

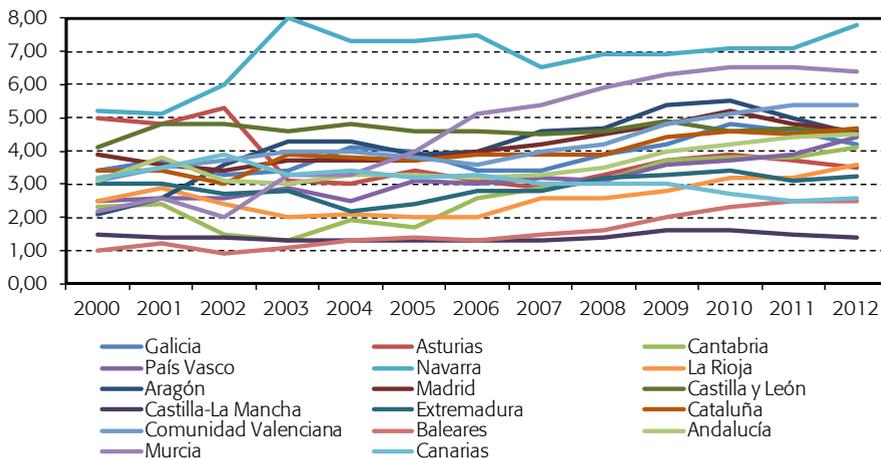
las posiciones de cabeza–, Galicia –cuyas puntuaciones se han incrementado muy moderadamente a lo largo del tiempo– y Cantabria –que, por el contrario, ha visto aumentarlas con cierta intensidad–.

El tercer escalón, próximo al anterior, lo ocupan los SRI de Cataluña, Madrid y Extremadura –regiones en las que las puntuaciones han seguido un curso moderadamente ascendente–, así como Asturias –en la que se nota un retroceso de las puntuaciones durante la primera mitad del período y una corrección posterior–. Los demás casos, con distancias visibles entre ellos, son, en orden descendente en cuanto al nivel de las puntuaciones, los de Aragón, País Vasco, Canarias, La Rioja, Castilla-La Mancha y Baleares –regiones todas ellas en las que las ganancias en la puntuación factorial han sido moderadas y a veces irregulares–.

En cuanto a las variables integradas en el factor, las dos primeras son las que se refieren al personal ocupado en I+D, que como en los apartados anteriores se ha medido en equivalencia a tiempo completo y en número de personas. Conviene señalar que, en esta ocasión, las diferencias entre ambas formas de valoración son bastante notables, pues la política de las universidades en materia de contratación de personal a tiempo parcial es muy variada. La comparación de los datos que se contienen en los gráficos 5.15 y 5.16 (cuadros A5.15 y A5.16 del Anexo) permite comprobarlo con facilidad. De esta manera, se constata que, por ejemplo, en el primero las posiciones más aventajadas corresponden a Navarra y Murcia, mientras que en segundo aparecen Madrid y Castilla y León –esta última casi en el mismo nivel que Navarra–. Y si se observan los lugares de cola, contrastan los de Castilla-

Gráfico 5.15

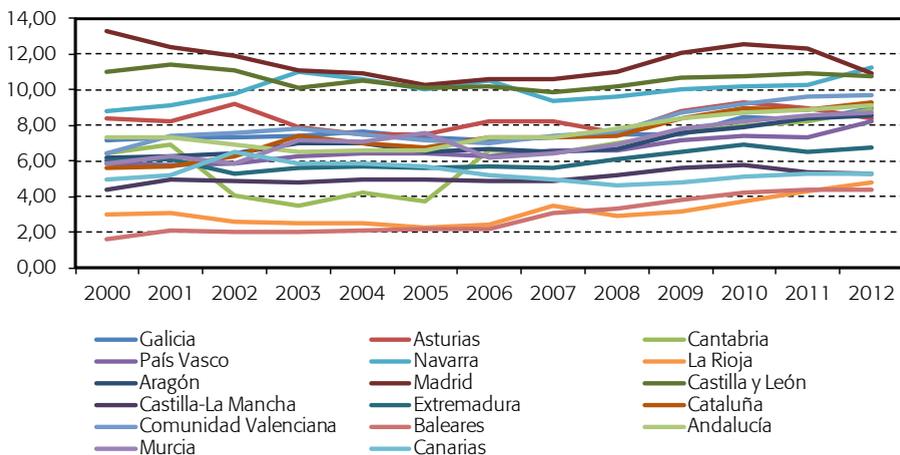
### PERSONAL DE LAS UNIVERSIDADES EN I+D (EN EDP) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.16

### PERSONAL DE LAS UNIVERSIDADES EN I+D (Nº DE PERSONAS) EN ‰ SOBRE EL EMPLEO



Fuente: Elaboración propia.

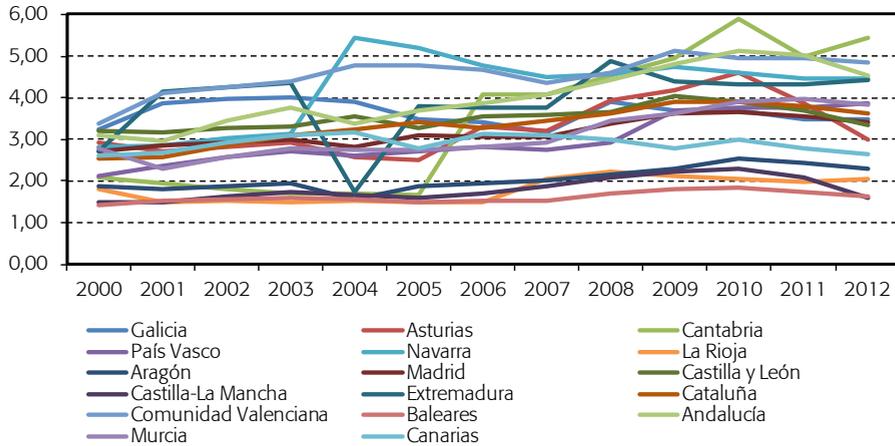
La Mancha y Baleares con los de esta última región y La Rioja en uno y otros gráficos. Por tal motivo, en el comentario que sigue nos ceñiremos a la información que, por su carácter homogéneo, proporcionan los datos en los que se refleja la equivalencia a tiempo completo.

Como ya se ha indicado, la región que en términos relativos emplea más personal en las actividades investigadoras de las universidades es Navarra, donde tras un fuerte empuje al inicio del período se alcanza un nivel de entre el 7 y el 8 por mil de la ocupación regional. El segundo puesto, que también sobresale, es el de Murcia, con alrededor del 6,5 por mil. Es destacable que en esta última región el punto de partida, al comienzo del período, era muy bajo, ubicándose más de cuatro puntos por debajo de los valores finales, lo que denota un importante esfuerzo para dotarla de una base científica en su sistema de innovación. Otro caso de progresión notable en este indicador es el de la Comunidad Valenciana, que en los años finales del período se encontraba en la tercera posición, después de haber escalado media docena de puestos con respecto al año 2000.

El escalón siguiente lo ocupan en los años recientes los SRI de Cataluña, Madrid, Andalucía, Aragón, País Vasco, Galicia y Cantabria –todas ellas con ganancias más bien moderadas en el indicador que les han permitido situarse entre el 4 y el 5 por mil del empleo regional–, así como Castilla y León –en la que esa proporción se ha mantenido más bien estable–. Y a partir de ahí se desgranar los puestos de cola en los que se ubican, por una parte, el trío que forman, al cerrarse el período, La Rioja, Extremadura y Asturias –las dos primeras con mejoras moderadas en su

Gráfico 5.17

### GASTO DE LAS UNIVERSIDADES EN I+D EN ‰ SOBRE EL PIB



Fuente: Elaboración propia.

indicador, y la última con un fuerte retroceso—, por otra, el dúo en el que se agrupan Canarias y Baleares —ambas con dinámicas opuestas, descendente la primera y ascendente la segunda— y, finalmente, Castilla-La Mancha —en la que el indicador apenas ha variado con el tiempo—.

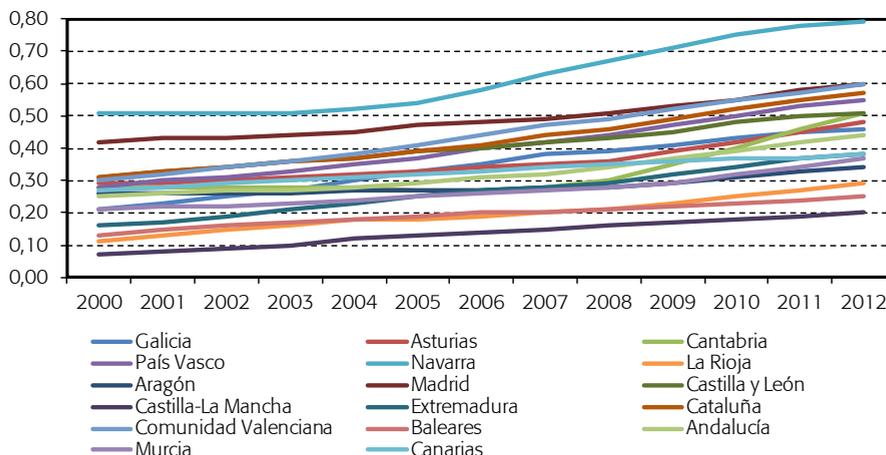
Otro indicador de recursos que aparece dentro de este factor es el que recoge el esfuerzo financiero en I+D de las universidades, medido con respecto al PIB. El gráfico 5.17 (cuadro A5.17 del Anexo) reúne la información correspondiente; una información que muestra unas trayectorias generalmente ascendentes en el período —a veces con fuertes acelerones o en ocasiones con un comportamiento errático—, lo que no obsta para que haya casos de gran estabilidad o para que los años de la Gran Recesión se vean reflejados en una restricción de recursos.

La región que al final del período aparece con un mayor valor del indicador es Cantabria. Esta Comunidad Autónoma estuvo entre las de menor gasto hasta 2005, pero posteriormente imprimió un fuerte incremento a su esfuerzo en la investigación universitaria al triplicar la parte del PIB dedicada a ella, superando ampliamente el 5 por mil en los años recientes. Algo por debajo de Cantabria, con cifras de entre el 4,5 y el 5 por mil del PIB, aparecen la Comunidad Valenciana, Andalucía, Navarra y Extremadura, regiones todas ellas en las que la dinámica de esos recursos ha sido creciente con mayor o menor intensidad hasta que la crisis ha impuesto una cierta restricción.

En un tercer escalón, con valores del indicador entre el 3 y el 4 por mil, están el País Vasco, Murcia, Cataluña y Madrid, por un lado, con una senda moderada-

Gráfico 5.18

### STOCK DE CAPITAL CIENTÍFICO DE LAS UNIVERSIDADES POR HABITANTE EN MILES DE €



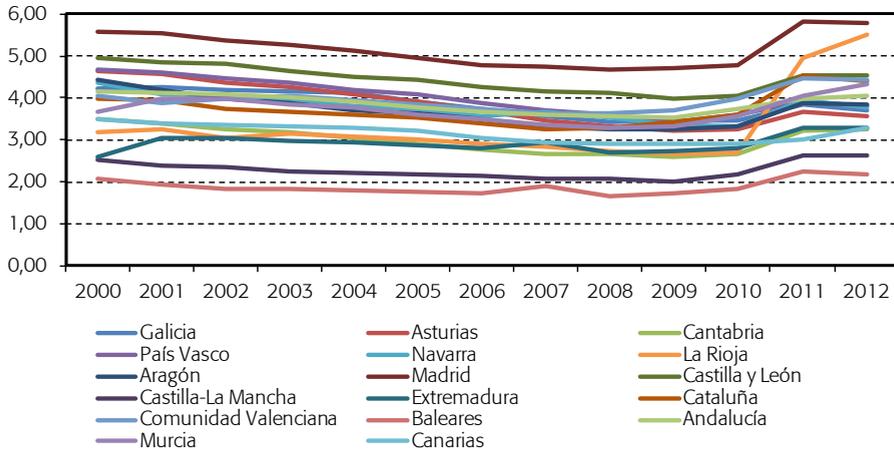
Fuente: Elaboración propia.

mente creciente en sus recursos, y Galicia, Castilla y León y Asturias, por otro, en las que el indicador ha experimentado pocas variaciones a lo largo del tiempo. Finalmente, en las posiciones menos aventajadas aparecen Canarias, Aragón, La Rioja, Castilla-La Mancha y Baleares.

La senda que dibujan las cifras acumulativas del gasto en I+D al integrarse en la estimación del capital científico por habitante de las universidades es mucho más regular, en un sentido creciente, tal como se observa en el gráfico 5.18 (cuadro A5.18 del Anexo). En el volumen de ese *stock* la trayectoria experimentada en el pasado por el esfuerzo en la asignación de recursos financieros a la investigación es muy determinante, lo que explica que los resultados obtenidos se aparten en buena medida de los que se acaban de presentar, singularmente por lo que se refiere a las regiones líderes. De esta manera, ahora es Navarra la Comunidad Autónoma que muestra los mayores valores, neta y crecientemente separada del resto. En 2012, el *stock* de capital científico universitario llegó en dicha región a los 790 euros por habitante, multiplicando por 1,3 la cifra de sus inmediatas seguidoras y casi por cuatro la de la más rezagada. Con valores de entre 500 y 600 euros por habitante se anotan los casos de la Comunidad Valenciana, Madrid, Cataluña, País Vasco, Castilla y León y Cantabria. Más abajo, con cantidades de 400 a 500 euros por habitante aparecen Asturias, Galicia y Andalucía. El siguiente escalón, en el que el *stock* oscila entre los 300 y 400 euros, lo constituyen Canarias, Extremadura, Murcia y Aragón. Y por último, con menos de 300 euros están La Rioja, Baleares y Castilla-La Mancha.

Gráfico 5.19

### NÚMERO DE ALUMNOS DE TERCER CICLO EN ‰ SOBRE LA POBLACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

El último de los indicadores que se asocian al factor de universidades es el que recoge la información sobre el número de estudiantes de doctorado en cada región con respecto a su población. La formación de doctores es crucial para asegurar la reproducción u ampliación del capital humano empleado en la investigación científica y tecnológica, estando encomendada a las instituciones de educación superior. Los datos que corresponden a los SRI se representan en el gráfico 5.19 (cuadro A5.19 del Anexo). En ellos se puede observar que, siguiendo un ciclo típico de la enseñanza universitaria española, por lo general la cantidad relativa de estudiantes en programas de tercer ciclo siguió una senda decreciente mientras la economía se comportó de manera expansiva. Ello se debe a que las expectativas de empleo a corto plazo de los graduados universitarios eran elevadas, haciendo así menos atractivos los doctorados –que requieren un importante esfuerzo de recursos, no siempre cubierto por los programas de becas, y solo ofrecen perspectivas de empleos bien retribuidos a largo plazo–. Sin embargo, cuando se asentó la crisis asociada a la Gran Recesión, esa tendencia revirtió y las cifras experimentaron un aumento muy notable para empezar a estabilizarse con posterioridad.

De acuerdo con los datos disponibles, la región en la que se forman más doctores es Madrid, donde casi seis de cada mil habitantes son estudiantes de tercer ciclo. Cerca de ese nivel, en el final del período se sitúa La Rioja, región en la que el indicador era más bien mediocre hasta el año 2010. A partir de ahí, hay un segundo escalón en el que se ubican Castilla y León, la Comunidad Valenciana, Cataluña, Murcia y Andalucía. El tercer nivel lo integran Aragón, Navarra, Galicia, Asturias, Extremadura, Cantabria y Canarias. Y por último, con valores bastante bajos, se anotan los casos de Castilla-La Mancha y Baleares.

#### 5.4. FACTOR 4: PLAN NACIONAL DE I+D+i

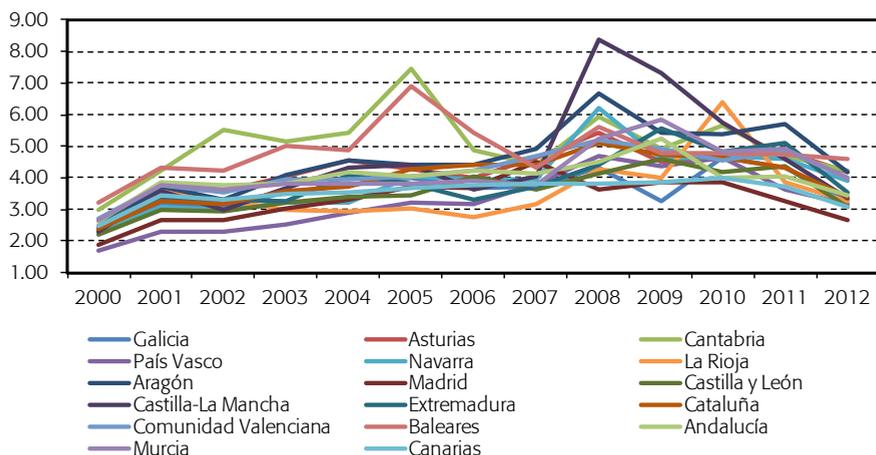
El cuarto y último de los factores resultantes en nuestro análisis es el que reúne las variables relativas a la política científica y tecnológica, en concreto a los programas del Plan nacional de I+D+i que financian los proyectos de investigación y la formación y contratación de recursos humanos. Las puntuaciones factoriales obtenidas se han representado en el gráfico 5.20 (cuadro A5.20 del Anexo), donde se puede observar que, dentro de una tendencia general de crecimiento con el tiempo hasta el desencadenamiento de la Gran Recesión, momento a partir del cual se aprecia un descenso generalizado, su trayectoria es irregular. Con pocas excepciones –como las de Cantabria y Baleares durante la primera mitad del período, o las de Castilla-La Mancha, La Rioja y Aragón, en algunas fechas de la segunda–, las puntuaciones aparecen muy agrupadas y su distribución registra cambios continuos de ordenación. Tal vez solo se pueda anotar a este respecto las bajas puntuaciones que, durante casi todo el período registran Madrid y Canarias, así como, en los primeros años, el País Vasco y La Rioja.

Esta imagen irregular se reproduce en las dos variables que agrega el factor. En el caso de la financiación de proyectos de investigación (gráfico 5.21 y cuadro A5.21 del Anexo), se observa, de este modo, cómo por los valores máximos del indicador pasan de manera sucesiva los SRI de Cantabria, Baleares, Madrid, Aragón, Navarra, Castilla-La Mancha, La Rioja y, de nuevo, Aragón.

Y lo mismo ocurre con los valores mínimos, que se anotan en La Rioja, Extremadura, País Vasco, otra vez, y durante varios años, La Rioja, Galicia, Baleares

Gráfico 5.20

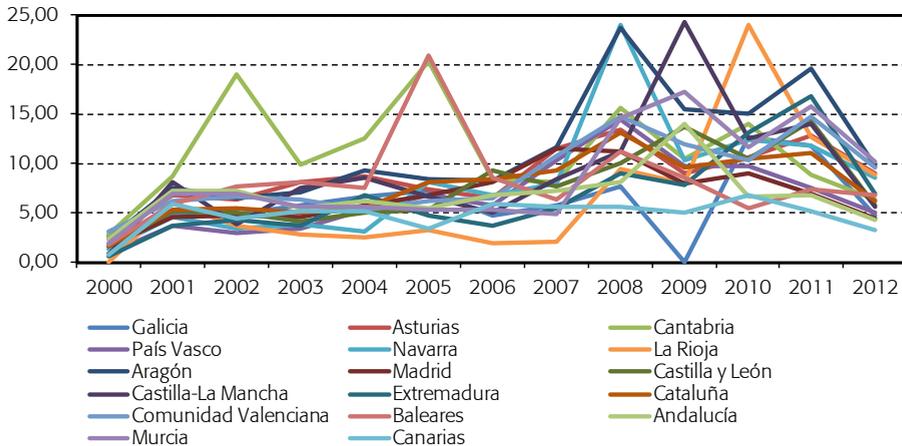
#### PUNTUACIONES REGIONALES DEL FACTOR 4 - PLAN NACIONAL DE I+D+i



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.21

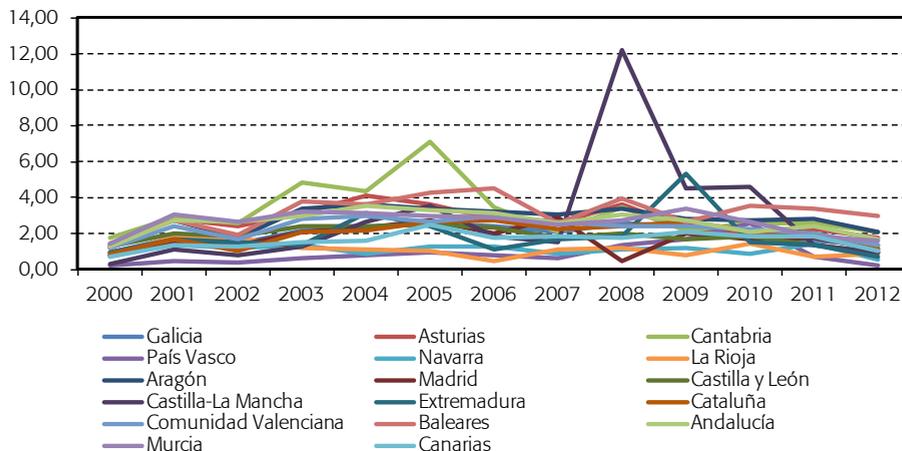
### PLAN NACIONAL DE I+D+i: FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE I+D % DEL GASTO REGIONAL EN I+D



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.22

### PLAN NACIONAL DE I+D+i: FINANCIACIÓN DE RECURSOS HUMANOS % DEL GASTO REGIONAL EN I+D



Fuente: Elaboración propia.

y Canarias. Se evidencia así la irregularidad con la que la política científica y tecnológica vierte especialmente sus recursos hacia la financiación de los proyectos que desarrollan las empresas innovadoras y las instituciones académicas.

Esa irregularidad se aprecia también, aunque se una manera menos acusada (gráfico 5.22), en la variable que recoge la financiación de los recursos humanos. En este caso, por las posiciones de liderazgo pasa un menor número de regiones: Murcia, Cantabria, Baleares, Castilla-La Mancha y Extremadura. Y lo mismo se observa por lo que respecta a los puestos de cola: País Vasco, La Rioja, Madrid y Navarra. En definitiva, no parece que la política de I+D+i haya propiciado un marco regular y estable de financiación –principal o complementaria– para los sistemas regionales de innovación en España.

## ■ 5.5. EL *OUTPUT* CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

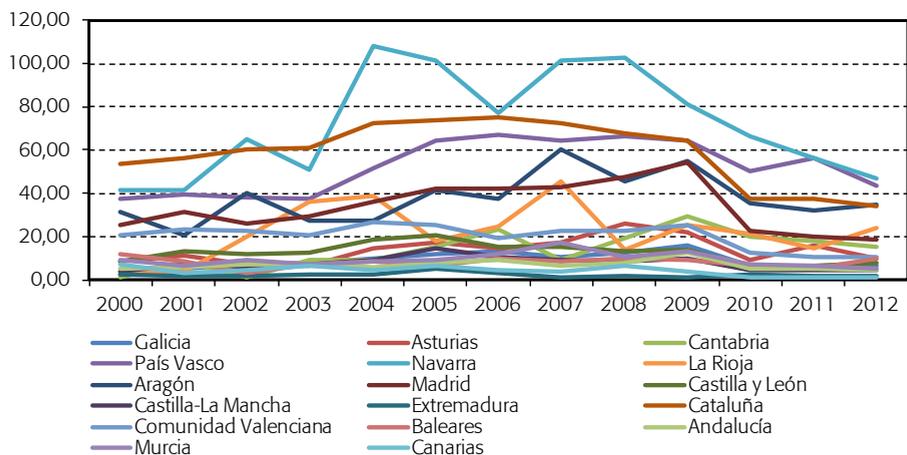
Los productos o resultados de las actividades de creación de conocimiento que desarrollan las empresas e instituciones que se integran el sistema regional de innovación pueden ser muy diversos: artefactos, procedimientos, procesos, documentos, patentes, modelos, capacidades de ingeniería, algoritmos, teorías, etcétera. No todos ellos pueden explicitarse o expresarse de manera codificada; y menos aún pueden clasificarse bajo conceptos susceptibles de medición o valoración. Ello introduce una limitación relevante cuando, como es nuestro caso, se pretende cuantificar los fenómenos y emplear en su análisis técnicas estadísticas; una limitación a la que, además se añade la derivada del hecho de que las fuentes de información regionalizadas son menos extensas o complejas que las que reúnen datos de carácter nacional. Por este motivo, cuando buscamos medir el *output* científico y tecnológico de los SRI hemos de ceñirnos a las pocas variables para las que se dispone de datos completos. Son, en este caso, cinco; tres de las cuales recogen cifras relativas a distintas formas de la propiedad industrial, y las otras dos aluden a las publicaciones académicas de los dos grandes tipos de instituciones dedicadas a la investigación científica.

La primera de esas variables es el número de patentes solicitadas en la Oficina Europea de Patentes (EPO), que aquí consideramos con relación a la población. El indicador correspondiente, que se refleja en el gráfico 5.23 (cuadro A5.23 del Anexo), ha seguido una senda por lo general creciente, en especial en las regiones más destacadas. Desde 2009 las cifras retroceden, aunque ello puede no estar reflejando un fenómeno real, puesto que la incorporación completa de los datos sobre estas patentes a la estadística que publica Eurostat suele producirse con mucho retraso.

Entrando en el contenido del gráfico, destaca la posición que ocupan, con algunas variaciones temporales en cuanto a su orden, tres regiones: Navarra, Cataluña y el País Vasco. Las tres se caracterizan por su amplio desarrollo industrial, aspecto este que es relevante puesto que un requisito exigido a las patentes por la legislación es su aplicabilidad a la producción de bienes u objetos materiales. En un segundo escalón se ubican los casos de Aragón, Madrid y, algo más abajo, La Rioja. Los demás SRI se ubican, próximos entre sí, en la parte inferior de la representación.

Gráfico 5.23

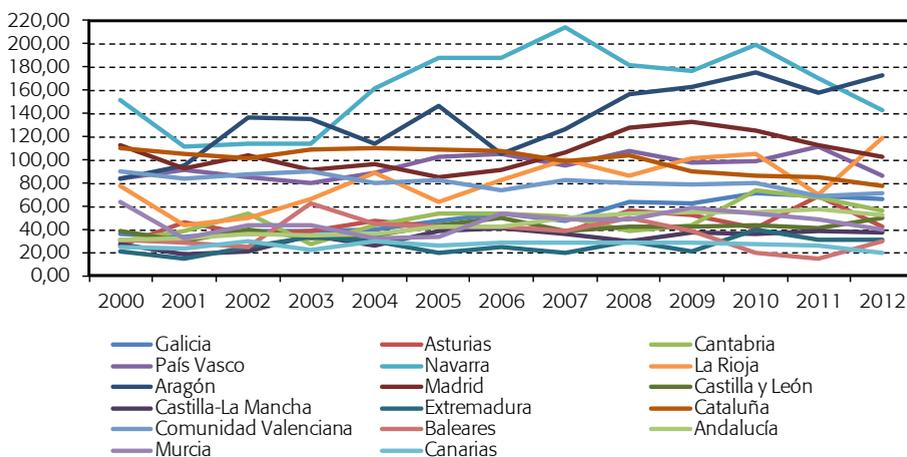
## PATENTES EPO POR MILLÓN DE HABITANTES



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.24

## PATENTES NACIONALES POR MILLÓN DE HABITANTES



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 5.24 (cuadro A5.24 del Anexo) dibuja el mismo tipo de indicador que el anterior, aunque en este caso referido a las patentes nacionales. Estas, por ser menos costosas en cuanto a su tramitación y mantenimiento y por circunscribir

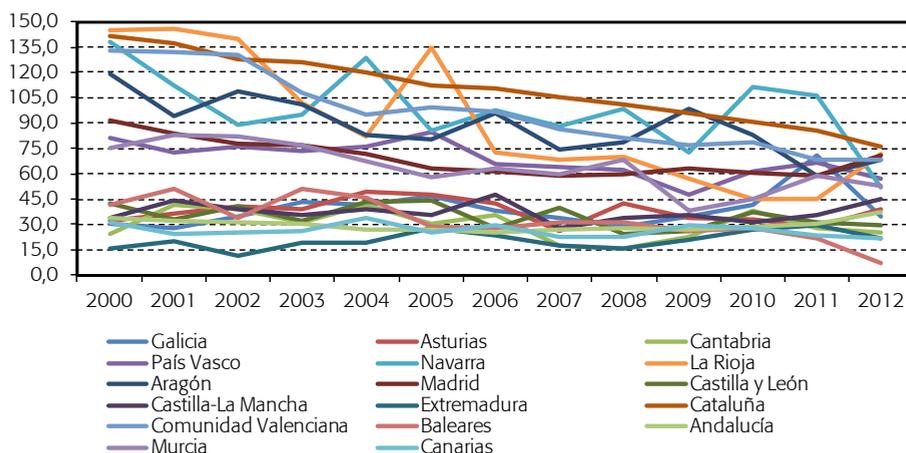
su protección al mercado nacional, seguramente preservan la propiedad de tecnologías de menor valor que las anteriores. Ahora, la región que ocupa la posición más destacada es Navarra, seguida de Aragón –que al final del período alcanza a la anterior–. En el segundo nivel, con posiciones a veces cambiantes, aparecen Cataluña, Madrid, el País Vasco, La Rioja y la Comunidad Valenciana, esta última con una tendencia decreciente que la conecta, al final del período, con las regiones más aventajadas del escalón más bajo –Galicia y Andalucía– en el que se agrupan las restantes comunidades autónomas.

El tercer indicador referido a la propiedad industrial se construye con datos sobre modelos de utilidad, unos títulos estos que protegen innovaciones con menor rango inventivo que las patentes. En este caso, como se ve en el gráfico 5.25 (cuadro A5.25 del Anexo), las solicitudes, en especial las de las regiones líderes, han seguido una senda descendente, lo que probablemente se explica por la creciente capacidad innovadora de las empresas españolas que, según muestran las encuestas sobre innovación que publica el INE, han visto aumentar la importancia de las innovaciones radicales frente a las incrementales o imitativas.

De acuerdo con el gráfico, en los años iniciales del período cinco SRI se ubicaron en la cabeza de este indicador: Cataluña, Navarra, Aragón, Comunidad Valenciana y La Rioja. Estas cinco regiones, sin dejar el liderazgo, han ido convergiendo hacia los mismos valores que, al final del período, muestra el trío formado por Madrid, el País Vasco y Murcia –cuyo punto de partida era inferior al de las anteriores–. En los demás casos, el indicador registra un nivel más bien reducido, aunque

Gráfico 5.25

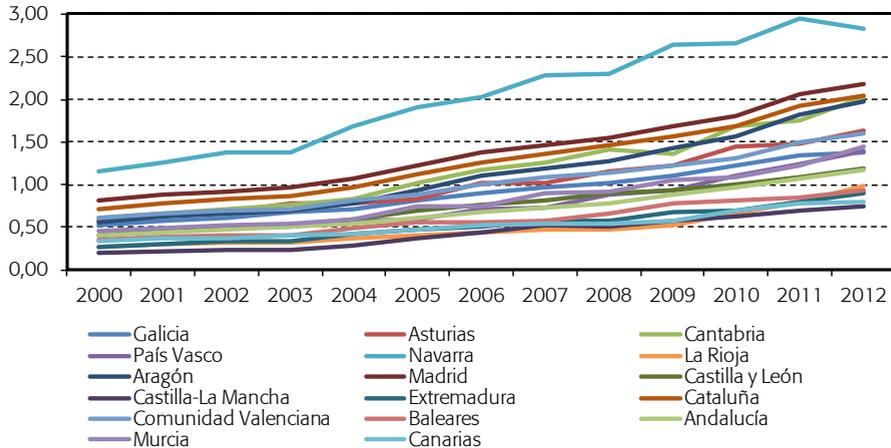
## MODELOS DE UTILIDAD POR MILLÓN DE HABITANTES



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5.26

### PUBLICACIONES ACADÉMICAS POR 1000 HABITANTES (UNIVERSIDADES)



Fuente: Elaboración propia.

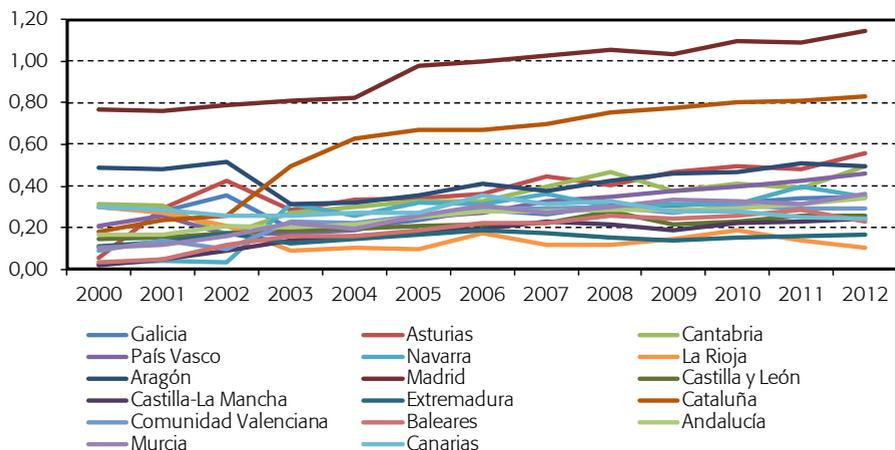
en algún momento puntual hay regiones, como Galicia o Castilla-La Mancha, que se aproximan a las precedentes.

Como antes se señalaba, los dos últimos indicadores de resultados se refieren al sector académico y recogen las publicaciones de carácter científico que este produce por cada mil habitantes. En el gráfico 5.26 (cuadro A5.26 del Anexo) se representa el que refleja la producción de las universidades. Estas se ordenan en una jerarquía que, con pocas variaciones, se ha mantenido constante a lo largo del período. Encabezan tal ordenación los centros académicos de Navarra con una producción relativa muy superior a la que evidencian las demás regiones. En un segundo nivel se ubican Madrid y Cataluña, a las que en el curso del tiempo se han aproximado Aragón y Cantabria. En un tercer nivel se pueden clasificar otros cinco casos: Asturias, Comunidad Valenciana, Galicia, Murcia y País Vasco. Dos regiones adicionales –Castilla y León y Andalucía– se agrupan algo por debajo de las anteriores, quedando las demás en el nivel de menores resultados.

En cuanto a los organismos de investigación dependientes de las administraciones públicas, sus resultados se han representado finalmente en el gráfico 5.27 (cuadro A5.27 del Anexo). Los datos muestran una senda de crecimiento en el indicador, aunque por lo general moderado, y con varios casos de sentido opuesto durante la primera mitad del período. Como podía esperarse, Madrid es ahora la región con mayor producción relativa, lo que se corresponde con su destacado papel en este sector de la investigación científica. Le sigue Cataluña, también con una posición muy separada de la ocupada por las demás regiones. Estas, todas ellas con niveles de producción inferiores a la mitad del de Madrid, podrían califi-

Gráfico 5.27

### PUBLICACIONES ACADÉMICAS POR 1.000 HABITANTES (OPI Y SIMILARES)



Fuente: Elaboración propia.

carse en cuatro grupos más o menos cercanos entre sí. El primero reúne a Asturias, Aragón, País Vasco y Cantabria; el segundo a Navarra, Galicia, Murcia, Andalucía y la Comunidad Valenciana; el tercero a Canarias, Baleares, Castilla y León y Castilla La-Mancha; y el cuarto a Extremadura y La Rioja.

## 5.6. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES: CONCLUSIONES

La revisión precedente de los factores resultantes de nuestro análisis y de las variables integradas en ellos permite concluir que los sistemas regionales de innovación reflejan una gran heterogeneidad en su composición según los tipos de agentes que participan en las actividades de creación de conocimiento, de los recursos que se emplean en estas y de los resultados científicos y tecnológicos obtenidos. Ninguna de las regiones presenta una posición preeminente en todos los indicadores, lo mismo que ninguna ocupa siempre los lugares de cola. Cada SRI muestra su singularidad y en ningún caso encontramos una equilibrada representación de todos los elementos que aquí se han estudiado. Ello no obsta para que, considerados en su conjunto, esos elementos configuren una cierta jerarquía en los sistemas innovadores, presentando unas mayores fortalezas que otros, tanto por sus recursos y su organización, como por sus resultados. No es este el lugar para analizar esa jerarquización, pues el objeto de nuestra investigación no es ese, sino el de descubrir si, más allá de sus fortalezas o debilidades, las regiones emplean eficientemente los muchos o pocos recursos que utilizan para desarrollar la innovación. Tal es el objetivo de los capítulos que siguen.



**6**

**EL NIVEL DE EFICIENCIA DE  
LOS SISTEMAS REGIONALES  
DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA:  
UN ANÁLISIS ESTÁTICO**



Las variables sintéticas obtenidas a través del análisis factorial del capítulo 4 se utilizan a continuación para estudiar la eficiencia técnica en el conjunto de las comunidades autónomas durante los trece años que constituyen nuestro período de análisis. Como se ha indicado, la técnica estadística empleada para construir los índices de eficiencia aquí presentados es la del Análisis Envolvente de Datos (DEA), la cual modeliza a través de una programación lineal dicho término. Con este procedimiento se establece o construye, a partir de los 221 casos de estudio –las denominadas *unidades tomadoras de decisión (DMU)*<sup>62</sup>– una frontera eficiente formada por aquellas unidades (DMU) que utilizan una menor cantidad de *inputs* por unidad de *output* obtenida. Se trata, por tanto, de una frontera única para todo el periodo, por lo que hemos de considerar que el análisis tiene un carácter estático. Las DMU situadas sobre la frontera alcanzarán un índice de eficiencia relativa del cien por cien, mientras que el resto obtendrán un índice de eficiencia relativa situado por debajo de aquellas. Además, la técnica señalada permite estimar dos componentes de la eficiencia técnica: la *eficiencia técnica pura* y la *eficiencia de escala*, con lo que es posible discernir si la posición de una región con respecto a la frontera eficiente se debe a una mala asignación de recursos o a un problema de tamaño o masa crítica en la configuración del sistema regional de innovación. El análisis permite, asimismo, conocer la cantidad mínima de recursos que cada DMU podría utilizar sobre los que realmente emplea para llevar a cabo una producción eficiente de innovaciones cuantificando así la posible dilapidación de recursos.

En este estudio, las 221 DMU se corresponden con las comunidades autónomas de España para cada uno de los trece años del período, como ya se ha dicho ya; las variables *input* son los factores que expresan la estructura y recursos de los Sistemas Regionales de Innovación, es decir, o factores o variables sintéticas obtenidas anteriormente; y las variables *output* aluden a los indicadores cuantitativos que expresan los resultados de dichos sistemas, bien sea como productos tecnológicos o como productos científicos. A continuación se presenta el nivel de eficiencia innovadora de las comunidades autónomas de España y su evolución en el tiempo distinguiendo tres índices de eficiencia (IE):

- **El IE global (IEG):** el *output* es una variable compuesta que recoge de forma simultánea el número de patentes, modelos y las publicaciones.
- **El IE del sector productivo (IESP):** el *output* es una variable compuesta que recoge de forma simultánea diversos resultados de la I+D+i del tejido

<sup>62</sup> Acrónimo del término en inglés: "Decision Making Unit".

productivo y/o del ámbito empresarial como son el número de patentes y modelos.

- **El IE del sector científico (IESC):** el *output* recoge las publicaciones científicas como resultados por excelencia de las investigaciones realizadas en el mundo científico.

En este capítulo se ofrece un análisis estático en el que todas las regiones y año se consideran como un solo conjunto de unidades analíticas a partir del cual se constituye la frontera de la eficiencia. Para cada comunidad autónoma se calcula su nivel de eficiencia, con respecto a las regiones más eficientes; sin tener en cuenta la perspectiva temporal, que se reserva para el análisis dinámico. Por tanto, los índices presentados en esta parte del estudio reflejan el nivel de eficiencia con respecto a la(s) región(es) más eficiente(s) en todo el período (véase también recuadro 6.1). Ello implica que todos los índices son comparables entre sí.

Para una correcta interpretación de los índices de eficiencia relativa de la innovación (IERI) se debe tener en cuenta que las tres fronteras de eficiencia (de acuerdo al tipo de *output* que trate), son independientes entre sí. Es decir, para

Recuadro 6.1

### LAS COMPLEMENTARIEDADES DEL ENFOQUE DINÁMICO *VERSUS* ESTÁTICO PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN

El análisis estático realizado previamente, supone una frontera única para todo el período considerado, y asume como una unidad de análisis diferente, cada comunidad en un año respectivo. Esto permite hacer comparaciones y evaluaciones en el tiempo de la eficiencia de la I+D de cada una de las regiones con respecto a todas las restantes. En el siguiente capítulo, el supuesto se modifica y se asume que la frontera cambia año a año, por lo que es posible estudiar la evolución de la eficiencia de cada comunidad en el tiempo, usando para esto el Índice de Malmquist.

Ambos enfoques, asumiendo supuestos extremos opuestos, complementan el análisis. Por un lado, el enfoque estático, captura el panorama de un momento largo de tiempo y realiza la comparación relativa de cada comunidad autónoma, en cada año y con el resto de comunidades (221 DMU), manteniendo el cambio técnico constante (una sola frontera común para el período); y por otro lado, el enfoque dinámico, asume que el cambio de la eficiencia puede deberse a un cambio de eficiencia puro (efecto *catch-up*) o a un cambio relativo a la frontera tecnológica, la cual se modifica año a año (una frontera para cada año).

Pese a que ambos supuestos de partida pueden considerarse extremos, dado que el DEA es un método no paramétrico, en el sentido de que prescindimos de una forma funcional específica para la producción de patentes, modelos y publicaciones científicas, solo realizando ambos enfoques es posible estudiar la eficiencia en su doble dimensión: estática y longitudinalmente.

cada índice el Análisis de Datos Envolvente calcula una frontera distinta y mide la distancia de cada región con respecto a esta frontera<sup>63</sup>. Por lo tanto, no se pueden comparar directamente los valores de los tres índices aunque sí se pueden comparar sus tendencias en el tiempo.

## ■ 6.1. NIVEL DE EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES ESPAÑOLES DE INNOVACIÓN

En este capítulo se analizan los IE de todo el período aunque para evitar un texto muy enredado o una enumeración incomprensible de cifras se destacan en este capítulo sobre todo los resultados del IE global; exponiendo los aspectos más importantes de los índices del sector científico y del sector productivo. Por la misma razón (para simplificar la comprensión del texto) se presentan en esta parte del estudio las medias simples de tres periodos<sup>64</sup>. Por otro lado, cabe recordar que el IEG refleja el nivel relativo de cada región con respecto a una frontera de eficiencia establecida a partir de la relación *input-output* para la(s) región(es) que ha(n) aprovechado sus recursos de la manera más eficiente. A esta región o regiones líderes se les asigna el nivel máximo de eficiencia (IE=100), mientras que a todas las demás se les atribuye una fracción de ese máximo.

### ■ 6.1.1. El nivel de eficiencia global: resultados del análisis estático

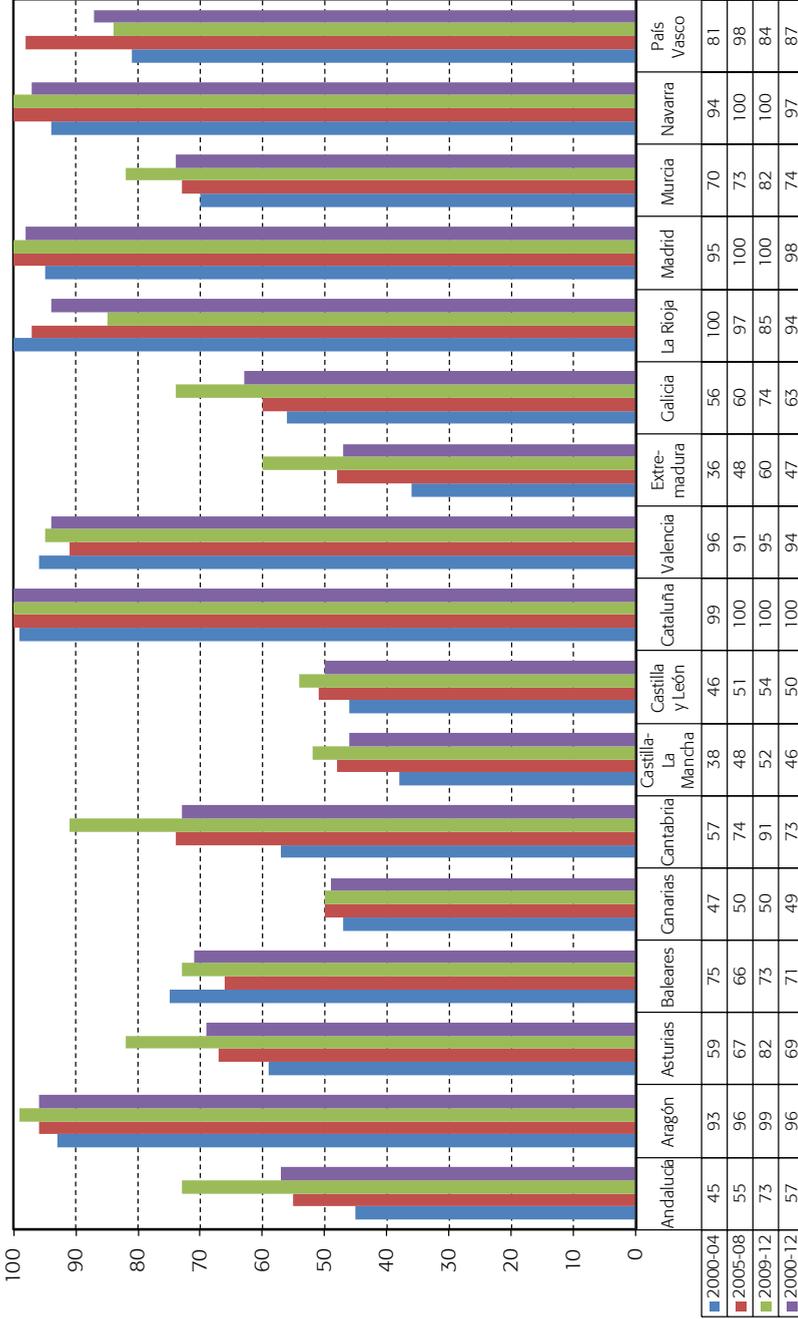
Analizando los datos más recientes se puede destacar que, para el promedio de los años 2009-2012 Cataluña, Madrid y Navarra están en la frontera de eficiencia de los sistemas regionales de innovación en España, reflejando el máximo índice de eficiencia (IE=100). Existen dos regiones más que se pueden considerar pertenecientes al grupo de las líderes, ya que su nivel de eficiencia está muy cerca del máximo (Aragón, 99 y la Comunidad Valenciana, 95). Si se observa la evolución del IEG en el tiempo (véanse los gráficos 6.1 y 6.2) se puede constatar que estas cinco regiones “líderes” siempre han estado en la parte superior de la clasificación de eficiencia. Existe un segundo grupo de cinco comunidades autónomas cuyo nivel de eficiencia está entre un 10 y un 20% por debajo de la frontera en el último período. Cuatro de ellas son regiones del norte de España – (Cantabria (91), La Rioja (85), País Vasco (84) y Asturias (82) – y la otra es Murcia (82) –la cual es la única región del sur de España con un nivel de eficiencia relativamente alto–.

<sup>63</sup> Más adelante se podrá observar que los IE por cada subsector son más bajos que el Índice Global. Esta contradicción aparente es consecuencia de que cada análisis es independiente de los demás y, por ello, las fronteras de eficiencia pueden tener distintas formas.

<sup>64</sup> Dos de ellos se refieren a los años anteriores a la actual crisis (2000 a 2004; 2005 a 2008) y el último trataría de los años de la crisis (2009 a 2012). Por otro lado, los datos pormenorizados para cada comunidad autónoma, año y sector se puede consultar en el Anexo B.

Gráfico 6.1

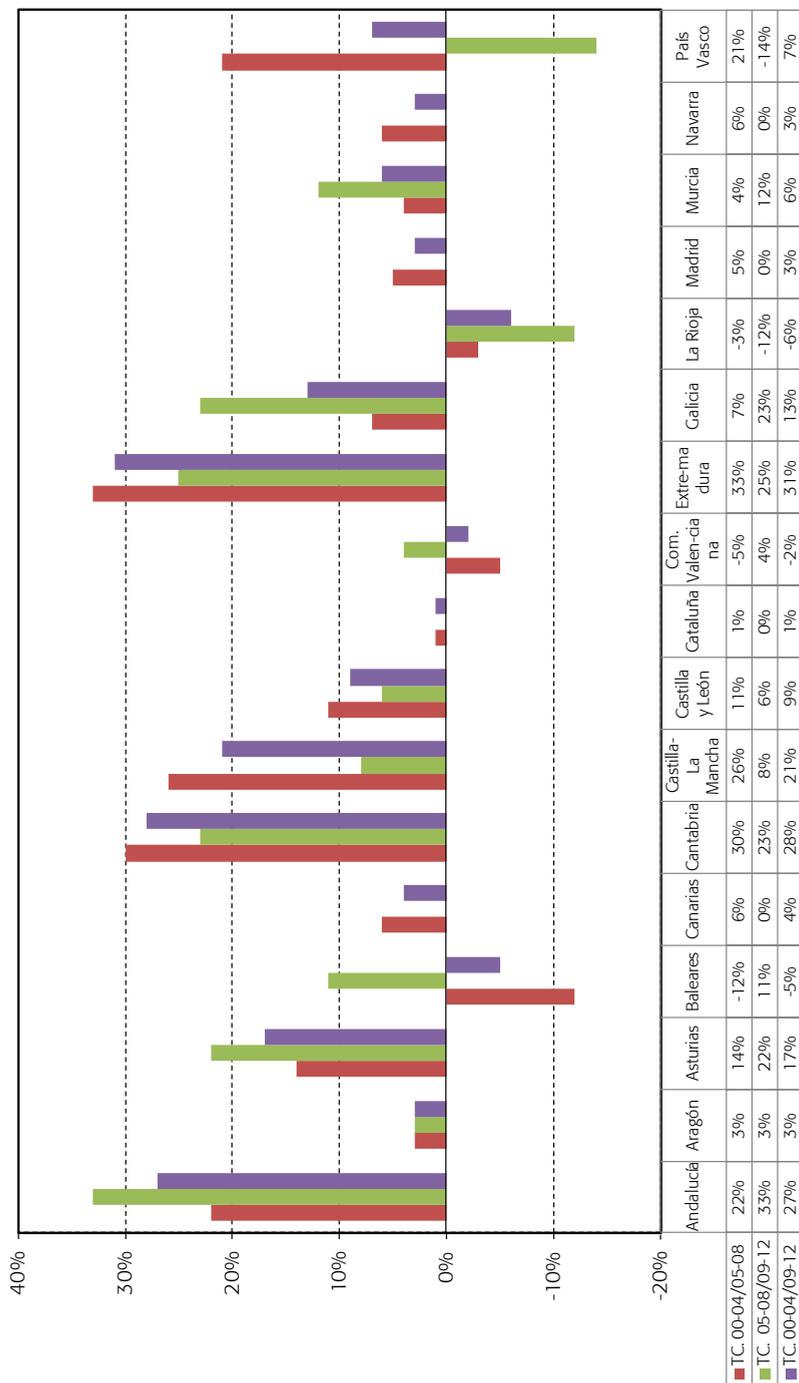
ÍNDICE DE EFICIENCIA GLOBAL (IEG)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.2

## TASAS DE VARIACIÓN EN EL TIEMPO DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA GLOBAL (IEG)



Fuente: Elaboración propia.

Un tercer grupo –con un nivel medio de eficiencia del 73-74%– consta de Galicia, Andalucía y las Islas Baleares. En el otro extremo, los sistemas regionales de innovación menos eficientes se encuentran en Extremadura, las dos Castillas y las Islas Canarias, donde la eficiencia relativa se encuentra a un nivel del 40-50% de la frontera marcada por las regiones líderes.

Pese a que consideramos estos resultados como parte del “análisis estático” del estudio, los datos nos permiten analizar la evolución en el tiempo de los índices de eficiencia. Quizás la conclusión más destacable al respecto sea la tendencia clara de convergencia en la eficiencia de los sistemas de innovación. En otras palabras la gran mayoría de las regiones –en concreto, catorce de ellas– mejoran su eficiencia media entre los períodos 2000-2004 y 2009-2012. Esto implica que el nivel de eficiencia de estas regiones (su IEG) se acerca al de los líderes. La mejora del nivel de eficiencia ha sido especialmente importante en Andalucía (+62%) Cantabria (+60%) y Extremadura (+67%), seguido por Asturias (+39%), Castilla-La Mancha (+37%) y Galicia (+32%). Solo tres regiones han visto disminuir su nivel de eficiencia: La Rioja (-15%), Baleares (-2%) y la Comunidad Valenciana (-1%)<sup>65</sup>. El caso de La Rioja destaca negativamente no solo porque rebaja su nivel de eficiencia en el porcentaje indicado, sino también porque esta región estaba en la frontera eficiente, con un valor medio de su IEG igual a 100, en el período 2000-2004.

Si analizamos simultáneamente los datos en perspectiva regional y el plano temporal, se señala que la frontera de eficiencia para el período 2000-2012 está formada por 46 de las 221 Unidades de Decisión (DMU) del estudio (véase cuadro A6.4 Anexo B)<sup>66</sup>. Se pueden estudiar algunas características de estas DMU; teniendo en cuenta, su ubicación geográfica y su posición temporal, así como la combinación de ambas perspectivas. Desde el punto de vista temporal, se puede apreciar que 29 DMU han alcanzado la frontera de eficiencia durante el período 2000-2008, o sea, en la etapa anterior a la crisis, mientras que las otras 17 llegaban al máximo nivel de eficiencia en el período 2009-2012. Esto implica que en el primer período existía un porcentaje mayor de “líderes en eficiencia” por comparación con el período de crisis.

El diagnóstico desde la perspectiva regional (véase cuadro 6.1) refleja que las comunidades autónomas que sobresalen por la mayor eficiencia de sus sistemas de innovación son Cataluña posicionándose en 11 de los 13 años del estudio en la frontera, seguida por Navarra (9), La Rioja (9), Madrid (8) y Aragón (5). Otras regiones que han estado en alguna ocasión en la frontera de eficiencia global son la Comunidad Valenciana (2), Cantabria (1) y el País Vasco (1).

<sup>65</sup> Para la correcta interpretación de estas tendencias hay que destacar que la aproximación estática manejada en esta parte del estudio implica que sea matemáticamente imposible que las regiones líderes (con un IEG de 100) puedan mejorar su eficiencia técnica ya que ellos determinan la frontera, es decir, no pueden aumentar sus índices de eficiencia más allá del valor máximo de 100 puntos. También para las regiones con un IEG cercano a 100 tal mejora es extremadamente difícil.

<sup>66</sup> El análisis estático recoge el IE de 221 Unidades de toma de Decisión (UMD) ya que incluye los datos de 17 regiones y cada una de ellas en cada uno de los 13 años.

Cuadro 6.1

### REGIONES QUE HAN OCUPADO POSICIONES DE LIDERAZGO (NÚMERO DE AÑOS CON UN IEG=100)

Número de años con un IE igual a 100	Índice de Eficiencia Global (46 DMU = 21%)	Índice de Eficiencia en el ámbito empresarial (24 DMU = 11%)	Índice de Eficiencia del Sistema Científico (10 DMU = 5%)
Más de 7 años	Cataluña (11) <sup>1,2,3</sup> Navarra (9) <sup>1,2,3</sup> La Rioja (9) <sup>1,2</sup> Madrid (8) <sup>2,3</sup>	La Rioja (8) <sup>1,2</sup> Cataluña (5) <sup>1,2</sup>	
4-6 años	Aragón (5) <sup>1,3</sup>	Aragón (4) <sup>1,3</sup> Navarra (4) <sup>1,2</sup>	Cataluña (4) <sup>2,3</sup>
1-3 años	Valencia (2) <sup>1</sup> País Vasco (1) <sup>2</sup> Cantabria (1) <sup>3</sup>	País Vasco (1) <sup>2</sup> Valencia (2) <sup>1</sup>	Navarra (2) <sup>3</sup> Madrid (3) <sup>2,3</sup> Aragón (1) <sup>3</sup> Cantabria (1) <sup>3</sup>

*Nota:* Entre paréntesis el número de años que la región está sobre la frontera de eficiencia y los superíndices reflejan de forma aproximada en cuál de los tres períodos se obtuvo un IE de 100.

*Fuente:* Elaboración propia.

Combinando ambos aspectos (región y año) destaca por un lado, el caso de La Rioja que a pesar de estar nueve años en la frontera tecnológica ha disminuido su nivel de eficiencia global en los años recientes. Por otro lado, son remarcables las regiones de Aragón, Navarra y Madrid. Estas regiones que ya fueron líderes en eficiencia de forma ocasional en los primeros años de siglo, han conseguido afianzarse en esa posición de forma que así continúan en los últimos años.

Una vez analizado el índice global pasamos a comparar los índices parciales que se refieren, por un lado, al ámbito científico, donde se maneja como *output* los artículos académicos y, por otro lado, al ámbito tecnológico, utilizando como *output* las solicitudes de patentes y modelos de utilidad industrial.

#### 6.1.2. Índice de Eficiencia del Sector Productivo (eficiencia tecnológica)

Respecto a la eficiencia tecnológica ligada principalmente al sector productivo (véase gráfico 6.3); seis regiones (Aragón, Cataluña, La Rioja, Navarra, País Vasco y Comunidad Valenciana (véase cuadro 6.3)) han estado en algún año del estudio en la frontera de eficiencia. Limitándonos al período más reciente, Aragón tiene el índice de eficiencia tecnológica más alto (IESP = 97)<sup>67</sup>. Un segundo grupo está formado por un grupo de cuatro regiones con índices de entre 70-85%: La Rioja (84),

<sup>67</sup> Recuérdese que los datos reflejan la media del IE para el período más reciente 2009-2012.

Navarra (80), País Vasco (73) y Madrid (70); seguidas por un tercer conjunto con un IESP por encima de 50% lo formarían Cataluña (60) y la Comunidad Valenciana (63). Como indican estos valores del IESP existe una mayor distancia entre las regiones líderes en eficiencia y las peores situadas que en el caso del índice global, lo que se confirma por el hecho de que diez comunidades autónomas tienen un IESP por debajo del 50%. Siete de ellas con unos índices entre el 30% y el 50%, mientras que las regiones de menor eficiencia tecnológica son Baleares, Canarias y Castilla y León con un nivel de entre el 25 y el 29%.

En el caso del índice global hemos resaltado el proceso de convergencia que ha visto las regiones menos eficientes acercarse a la frontera de eficiencia. En el ámbito tecnológico se observa la tendencia opuesta, pues se ha producido una continua divergencia, de manera que 13 regiones han disminuido su nivel de eficiencia con respecto a la frontera de eficiencia. La pérdida de nivel de eficiencia ha sido especialmente alta en los casos de Baleares (-52%), Cataluña (-36%), Comunidad Valenciana (-35%) y Murcia (-26%). Por otro lado son notables las ganancias en eficiencia tecnológica de Andalucía (+41%), Galicia (+36%) y Cantabria (+26%).

Si analizamos simultáneamente los datos pormenorizados por regiones y en el plano temporal, es evidente que la frontera estática de eficiencia la forman 24 de las 221 Unidades de Decisión (DMU) del estudio (véase cuadros A6.2 y A6.4 del Anexo B). Las regiones cuyo sistema de innovación ha estado con más frecuencia en la frontera de eficiencia tecnológica son: La Rioja (8 años)<sup>68</sup>, Cataluña (5), Aragón (4) y Navarra (4). También la Comunidad Valenciana (2) y el País Vasco (1) se han ubicado en algún año en la frontera. Combinando ambos aspectos (región y año) se razona que en el período 2000-2006 existen seis regiones que han estado en una o más ocasiones en la frontera de eficiencia.

Se distinguen los casos de Aragón y La Rioja. Primero, porque desde el inicio de la crisis solamente Aragón (durante tres de los cuatro años) y La Rioja (1 año) han conseguido situarse en la frontera tecnológica. Pero también porque estas regiones reflejan una tendencia opuesta. Por un lado, Aragón se ubicó durante tres de los cuatro años de la crisis en la frontera de eficiencia y su sistema empresarial de innovación vio mejorar su eficiencia tecnológica casi de forma continua en todo el período analizado, logrando por primera vez en este siglo, la posición de liderazgo en eficiencia en solitario, (con IESP medio de 93% en el período 2000-2004). Por otro, La Rioja, con un IESP medio de 85% durante los años de crisis, empeora su posición, puesto que esta región se colocaba, entre los años 2000 y 2009, casi siempre en la frontera de eficiencia tecnológica<sup>69</sup>. Sin embargo, desde el 2010 se ha alejado de esta presentando un valor muy bajo en 2011 (IESP del 56%).

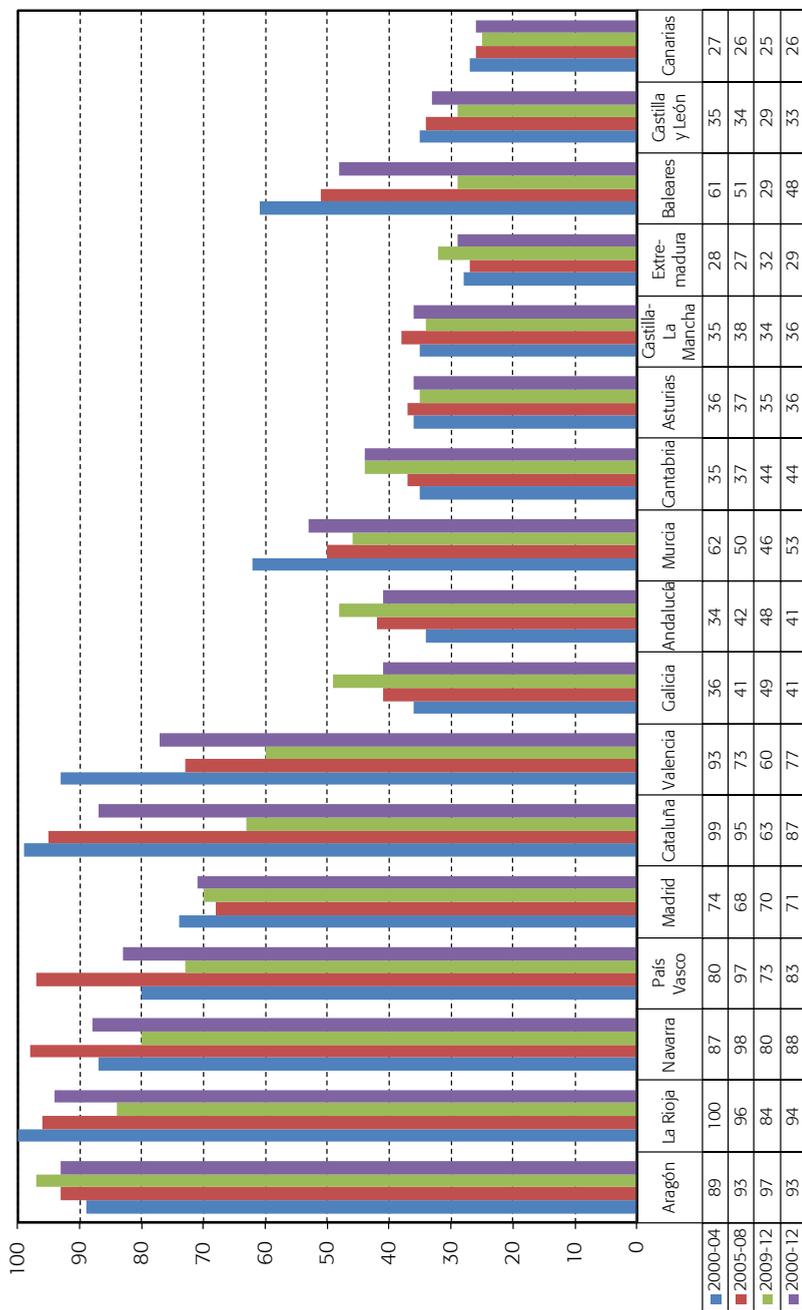
Respecto al análisis en términos temporales, se puede enfatizar que existen 20 DMU que se ubicaban en la frontera tecnológica en años del período 2000 y 2008; o sea, fueron las más eficientes en años anteriores a la crisis. Además la mitad de

<sup>68</sup> Número de años que la región tiene el máximo nivel de eficiencia (IESP = 100).

<sup>69</sup> Con excepción de dos años, 2006 y 2008.

Gráfico 6.3

## ÍNDICE DE EFICIENCIA DEL SECTOR PRODUCTIVO (IESP) (PATENTES Y MODELOS)



Fuente: Elaboración propia.

estas veinte DMU estaban en la frontera de eficiencia en el período bianual 2000-2001. Mientras que en los cuatro años de la época de crisis apenas cuatro DMU se sitúan en la frontera de eficiencia tecnológica. Es decir, se observa en los últimos años del período de análisis un menor nivel de eficiencia en el ámbito tecnológico. De hecho, como ya se ha indicado, 14 de las 17 regiones han visto disminuir su nivel de IESP entre los dos subperiodos extremos del estudio. En definitiva, sus sistemas regionales de innovación reflejan, en los años de crisis, un nivel de eficiencia con respecto a la frontera “estática” mucho menor, lo que implica un proceso de divergencia, donde la distancia entre los líderes y las regiones rezagadas en eficiencia tecnológica empresarial ha aumentado con el tiempo.

Nuestra información no nos permite estudiar las causas de esta reducción de la eficiencia tecnológica en un importante número de las regiones españolas, pero sí se puede adelantar alguna hipótesis razonable:

- La crisis, al afectar severamente tanto al número de empresas renovadoras, como al volumen de recursos utilizados por estas en I+D+i, puede haber tenido una influencia negativa sobre el volumen agregado de los resultados tecnológicos.
- Ha podido existir también una reducción de la propensión a patentar con el fin de reducir costes. A ello se le añadiría el hecho de que, al aumentar la participación relativa del sector de servicios en las actividades de I+D, se reduzca paralelamente el volumen relativo de conocimientos patentables, pues la mayor parte de los obtenidos por las actividades de servicios no pueden ser protegidos por las distintas figuras de la propiedad industrial.

Finalmente, con la restricción de recursos en estos años de la crisis ha podido darse un desplazamiento hacia las actividades innovadoras de carácter incremental o imitativo cuyos resultados, por falta de novedad, no suelen ser patentables.

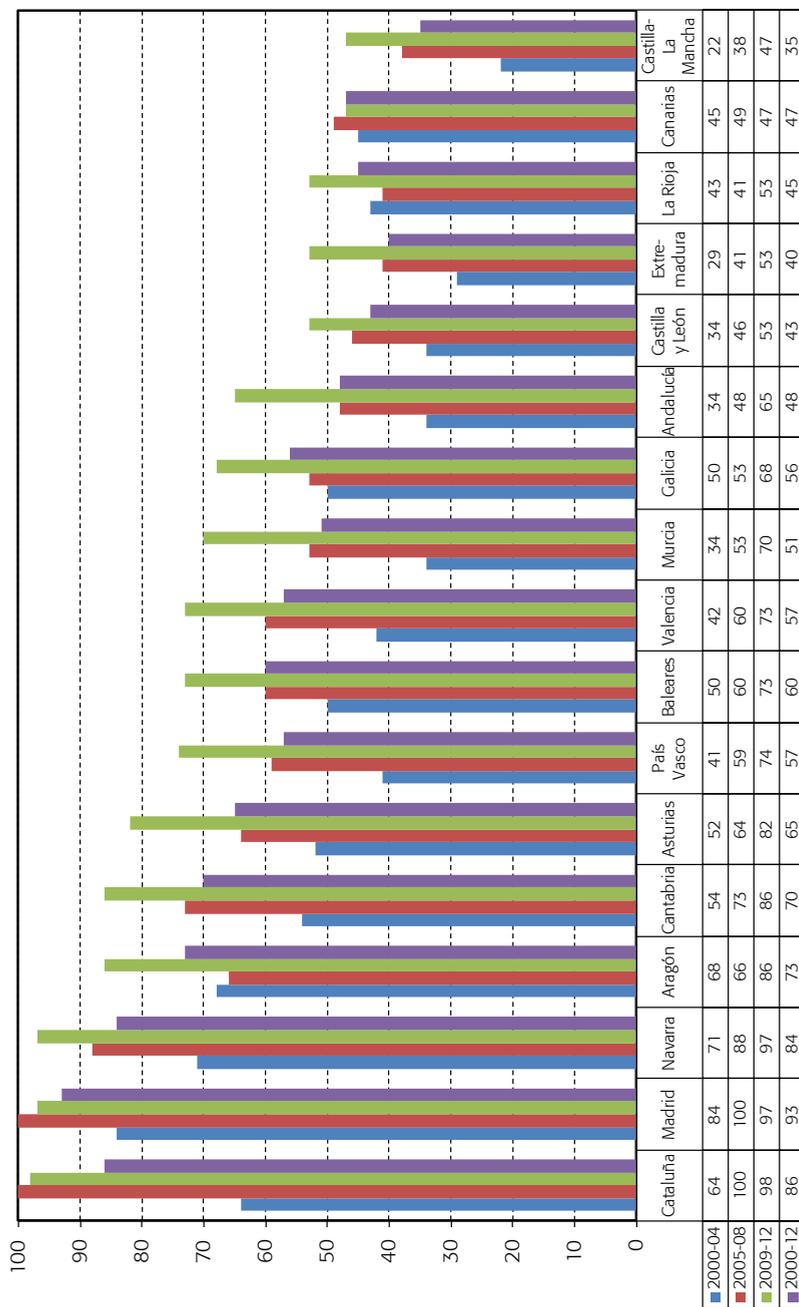
El último aspecto del IESP que se puede destacar es que la diferencia entre las regiones que determinan la frontera de la eficiencia tecnológica y las regiones menos eficientes, es mucho mayor que en el caso del índice de eficiencia global. Las tres regiones menos eficientes tienen un IEG medio de 52 puntos porcentuales, mientras que en el ámbito productivo las tres regiones menos eficientes tienen un IE medio de 26-27 puntos porcentuales. Es decir, en el IE global las regiones menos eficientes alcanzan un 50% de la eficiencia máxima mientras que en el terreno tecnológico superan ligeramente el 25% de la eficiencia máxima.

### ■ 6.1.3. Índice de Eficiencia del sector científico o investigador

Como ya se ha indicado, en la eficiencia científica la frontera está definida por solo 11 (el 5%) de las 221 Unidades Tomadoras de Decisiones (DMU) utilizadas en el estudio. Limitando el análisis al subperíodo más reciente se observa que tres

Gráfico 6.4

ÍNDICE DE EFICIENCIA SECTOR CIENTÍFICO (IESC) (PUBLICACIONES)



Fuente: Elaboración propia.

regiones lideran la eficiencia científica: Cataluña (98)<sup>70</sup>, Madrid (97) y Navarra (97). Un segundo grupo de regiones lo componen Aragón, Cantabria y Asturias con IESC que oscilan entre el 82 y el 86%. En la parte baja de la clasificación existe un grupo de seis regiones con un IESC de entre el 65 y el 74% y otro grupo de cinco comunidades autónomas con un IESC entre el 47 y el 53% de media para el período 2009-2012.

La evolución en el tiempo de la eficiencia en el sector científico refleja una mejora muy importante y casi generalizada. Observando las IE medias del primer subperíodo (2000-2004), se constatan valores muy bajos y de hecho ninguna de las DMU de estos años se ubica en la frontera. Es más, de todas las DMU entre los años 2000 y 2006, solo una (Cataluña en 2005) refleja un IESC de 100%.

El gráfico 6.4 muestra que todas las regiones rezagadas han conseguido una mejora casi continua y clara con respecto a las regiones líderes, iniciándose así un proceso de convergencia en la eficiencia científica. Las mayores tasas de crecimiento del IESC las experimentan las regiones de la mitad sur de España como Castilla-La Mancha (con una tasa de crecimiento –TC– del 114%), Murcia (TC= 106%), Andalucía (91%) y Extremadura (83%). Estas son seguidas por el País Vasco y la Comunidad Valenciana con unas tasas de crecimiento del 80 y el 74%, respectivamente. Destaca una sola región con una mejora más bien débil –Canarias– la que solo ha aumentado su eficiencia en un 4%<sup>71</sup>.

Estudiando los datos pormenorizados de las 221 DMU se halla que solo 10 de ellas (el 5%) están en la frontera de eficiencia científica. Las comunidades autónomas de Cataluña y Madrid se situaron respectivamente en cuatro y tres años en esta frontera, Navarra en dos años y Aragón y Cantabria en solo uno de los trece años analizados.

Es muy probable que este proceso de convergencia haya estado determinado por los incentivos que la legislación universitaria ha introducido en el sistema de educación superior para que los profesores se orienten más intensamente hacia la investigación y las publicaciones académicas. El hecho de que la carrera profesional de estos investigadores dependa fuertemente de sus resultados en publicaciones científicas indiciadas en las principales bases de datos, ha provocado un continuo aumento de estas durante las dos últimas décadas.

#### ■ 6.1.4. Comparación del índice global con los índices parciales

Comparando los dos índices parciales con el índice de eficiencia global se observan importantes diferencias. Primero, con respecto al número y la identidad

<sup>70</sup> Siendo la media del IESC para 2009-2012.

<sup>71</sup> No se han mencionado las regiones de Madrid y Aragón con mejoras también relativamente pequeñas pero en este caso se debe al hecho de que son los líderes que determinan la frontera tecnológica por lo que el cambio de su IESC no es comparable con el resto de las regiones.

de los DMU líderes en eficiencia (véase cuadro 6.2) en el caso del índice global de innovación hay 46 DMU (21%) que se ubican en la frontera de eficiencia innovadora global, mientras que en el ámbito tecnológico, solo 24 DMU (11%) están posicionadas sobre la frontera, y en el caso de la eficiencia científica, esta cifra se limita a 11 DMU (5%).

Cuadro 6.2

### DISPERSIÓN DE LOS VALORES DE IE DE LAS DMU POR INTERVALOS (PORCENTAJE DE CASOS EN CADA INTERVALO)

DMU	IEG	IIESP	IESC
IE es menor a 35	1	27	10
IE es menor a 50	17	24	28
IE está entre 50 y 80	38	24	43
IE está entre 80 y 95	17	9	10
IE es mayor a 95	28	16	10
IE = 100	21	11	5
	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

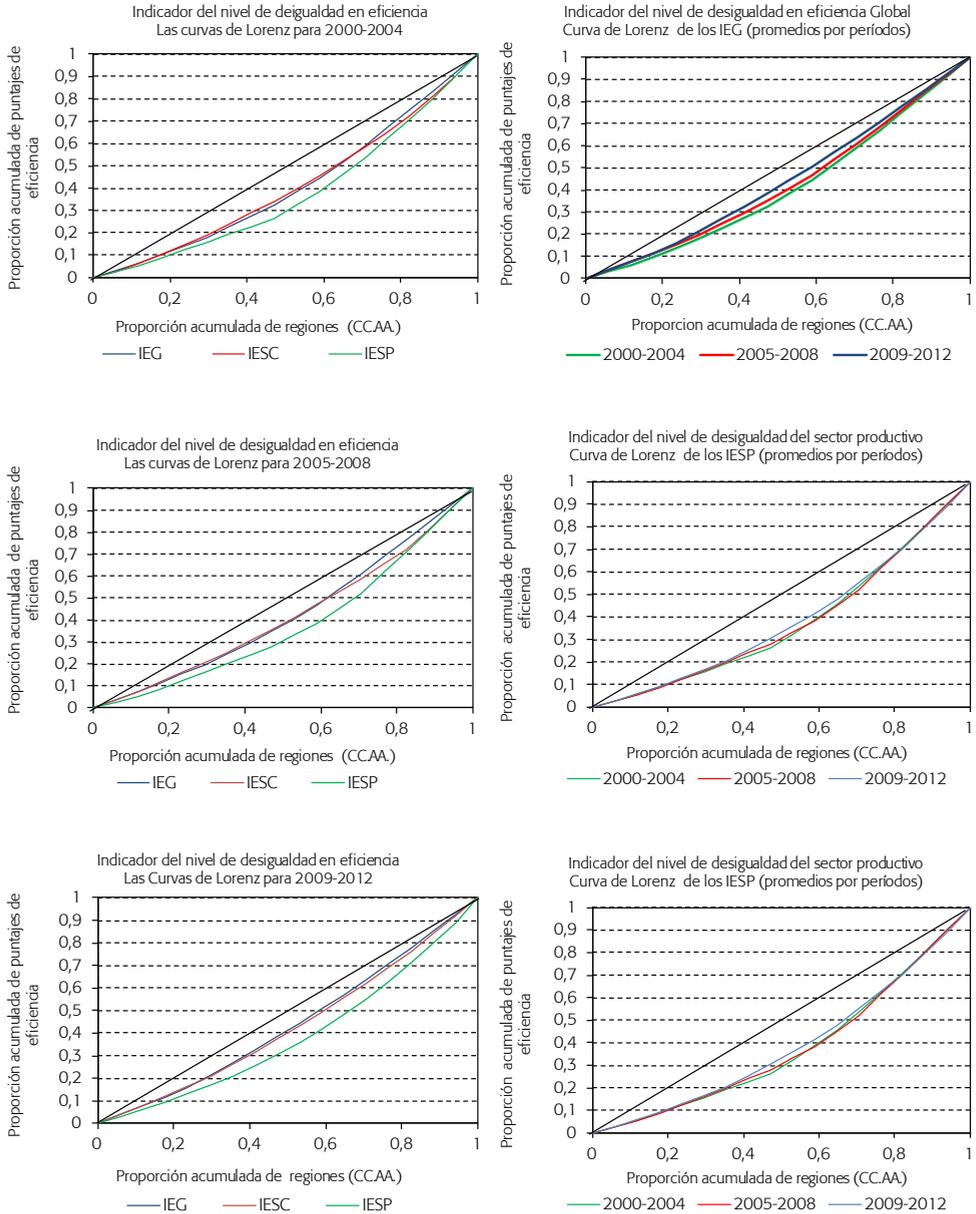
Segundo, la distancia –en términos de eficiencia– es mucho menor entre los líderes en eficiencia y las regiones rezagadas en el caso del índice global (y del sistema científico) que en el sistema productivo (eficiencia tecnológica), donde la distancia entre los líderes y las regiones menos eficientes es mucho más pronunciada. Si analizamos el intervalo extremo de las DMU con un IE menor a 35% (véase cuadro 6.2), se observa que en el caso de la eficiencia tecnológica, el 27% de las DMU tiene un IESP menor al 35%<sup>72</sup>, mientras que para los índices de eficiencia global y científica los porcentajes de DMU con un IE muy bajo son el 1% y el 10%, respectivamente.

A pesar de la mayor dispersión del Índice de Eficiencia en el terreno tecnológico, este índice revela un mayor número de DMU (24 – 11%) que ocupan una posición en la frontera de la eficiencia que el que corresponde a la eficiencia científica (con solo el 5% de sus DMU en la frontera). Lo anterior implica que no solo hay más dispersión sino que además las regiones ocupan más asiduamente posiciones extremas. Los IESP de las DMU o están cerca o muy cerca de la frontera de eficiencia o bien se alejan mucho de la frontera, mientras que hay relativamente pocas DMU que ocupan posiciones intermedias.

<sup>72</sup> Comparando el IESP con el Índice de Eficiencia Global (IEG) se puede destacar una dispersión mucho mayor del IESP que del índice global. Es decir, las diferencias en los líderes en términos de eficiencia y los últimos es mucho mayor en el caso del sector productivo –donde los índices de las seis regiones menos eficientes se encuentra alrededor del 25-35%– que en el sector científico donde las cinco regiones más deficientes tienen un nivel de eficiencia alrededor del 50% respecto a la frontera de eficiencia.

Gráfico 6.5

## NIVEL DE DESIGUALDAD O DISPERSIÓN EN LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA (CURVA DE LORENZ)



Fuente: Elaboración propia.

Concluyendo, 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 homogeneidad<sup>73</sup>, con muchas DMU con un IE en el intervalo de eficiencia intermedia (entre 50 y 80%).

Otro aspecto llamativo es que en el caso de la eficiencia tecnológica las DMU de máxima eficiencia aparecen sobre todo al principio del período aquí analizado, con valores muy inferiores en los años de crisis. Mientras que, para la eficiencia científica, se observa una tendencia opuesta, ya que la mayoría de las DMU de máxima eficiencia (10 de 11) se sitúan en la segunda mitad del período analizado; y de ellas seis lo hacen en la época de crisis económica.

Otra forma para analizar la dispersión en los niveles regionales de eficiencia y su evolución, se basa en la aplicación de dos indicadores de desigualdad. El primero ofrece una representación gráfica de la desigualdad asimilada a una curva de Lorenz (véase el gráfico 6.5). Cuanto más se acerca la curva a la diagonal de equidistribución, mayor será la igualdad y, por lo tanto, menor dispersión se dará entre los puntajes de eficiencia obtenidos. Los gráficos comparan los distintos niveles de dispersión de acuerdo al tipo de indicador: la IE global y los dos indicadores parciales. Además, las curvas reflejan cómo ha evolucionado la dispersión de cada “tipo” de eficiencia en los tres períodos ya definidos. El segundo indicador, es un índice de dispersión cuyo método de cálculo equivale al del índice de Gini<sup>74</sup>. Este índice plasma las curvas de Lorenz en un solo valor estadístico y cuanto menor el valor de este índice menor la dispersión<sup>75</sup>.

Las curvas de Lorenz y los índices de Gini que comparan la dispersión del IE global y de los dos índices parciales confirman que existe, para cada uno de las tres períodos, un mayor nivel de dispersión en el caso del índice de la eficiencia del sector productivo en comparación con el índice global de eficiencia (IEG) y con la de la eficiencia científica (IESC). Los dos últimos reflejan unos índices Gini muy parecidos, aunque el índice global refleja una igualdad algo mayor que la del índice de eficiencia científica. Por otro lado, se observan que los valores de los índices de Gini elaborados a partir del nivel de eficiencia global y científica descienden paulatinamente desde 0,20 en el período 2000-2004 hasta 0,13 y 0,14 para el período de

<sup>73</sup> Como se refleja en el cuadro 6.3 la “varianza” de los IESP es mucho mayor (687) que el del IESC (440) o del índice de eficiencia global (450).

<sup>74</sup> Como se ha indicado se asimila la metodología de estos indicadores estándar. En el caso de usarlos en la medición de desigualdad de ingresos cada unidad es una persona y cada uno de ellos se puede considerar como equivalente. Pero la gran diferencia con nuestro estudio es que nuestras observaciones o DMU son regiones de tamaño muy desigual. Aunque esta diferencia se debe tener en cuenta no impide una interpretación análoga al índice de Gini o las curvas de Lorenz originales. Por otro lado cabe destacar que ambas formas de medir la dispersión se elaboran a partir de los valores promedio de los tres períodos reflejados en esta sección.

<sup>75</sup> El índice de Gini calcula la superficie de la área que queda entre la curva Lorenz y la recta de igualdad y lo divide por la superficie del área total que queda por debajo bajo la curva de igualdad por lo que el índice de Gini está entre 0 y 1. Este índice se interpreta de forma que cuanto más bajo es su valor, mayor es la igualdad o, dicho de otro modo, menor la dispersión.

2009-2012, respectivamente, lo que implica una reducción de la dispersión en los niveles de eficiencia a lo largo del tiempo.

Como se ha indicado, en el caso del nivel de dispersión de los índices de eficiencia del sector productivo (IESP) se observan índices de Gini mayores en comparación con los índices globales o de la eficiencia científica. Además, para el sector productivo, los índices de Gini, o sea el nivel de dispersión, solamente se reduce de forma marginal, desde un valor de 0,27 al principio de este siglo, hasta 0,24 puntos para el último período de nuestro análisis. Además, observando con más detalle las curvas de Lorenz se comprueba que este menor nivel de dispersión se genera sobre todo en el tramo intermedio de las curvas. Es decir, los dos extremos de las curvas para los tres períodos consecutivos apenas se acercan a la recta de equidistancia (de hecho en estos dos tramos las tres curvas se superponen) mientras que la parte central de la curva se aproxima tímidamente a la recta de equidistancia.

Cuadro 6.3

## EL NIVEL DE DESIGUALDAD EN EFICIENCIA: ÍNDICE DE GINI

Índice de Gini	2000-2004	2005-2008	2009-2012
Global	0,20	0,16	0,13
Sector científico	0,20	0,18	0,14
Sector productivo	0,27	0,26	0,24

Fuente: Elaboración propia.

Un aspecto de comparación notable entre los índices de eficiencia científica y tecnológica se refiere al proceso de divergencia *versus* convergencia en eficiencia. Observando las tasas de crecimiento del índice de eficiencia del sector productivo (IESP) se constata con que las regiones rezagadas han visto aumentar sus índices de eficiencia con respecto a la frontera. Tal pérdida de eficiencia tecnológica, ligada principalmente al ámbito de las empresas innovadoras, se puede interpretar como un proceso de divergencia. En el caso del sector científico se ha observado un proceso temporal opuesto, ya que las regiones menos eficientes o más rezagadas respecto a las líderes en eficiencia han aumentado sus niveles de eficiencia de forma muy pronunciada, lo que implica una clara tendencia de convergencia. De hecho, esta convergencia científica es la causa de la convergencia del índice de eficiencia global (IEG), puesto que la eficiencia en el ámbito de la innovación empresarial refleja una divergencia.

Por último, nos dedicamos a observar, región por región, las diferencias en las posiciones que ocupan en los *rankings* de los tres tipos de índices, aunque el *ranking* del índice global de eficiencia coincide en gran parte con los dos índices parciales (eficiencia en el sector productivo y el del sector científico). Para comprobar el nivel de similitud de los *rankings* se han calculado dos coeficientes de corre-

Cuadro 6.4

## CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA

	IEG	IESP	IESC
Mean	74,38	57,24	59,36
Standard desviación	21,24	26,21	20,97
Varianza	450,97	686,88	439,68
Kurtosis	-1,41	-1,27	-0,69
Skewness	-0,17	0,43	0,42
Mínimum	30,42	19,07	16,53
Máximum	100,00	100,00	100,00
Número de DMU	221,00	221,00	221,00

Fuente: Elaboración propia.

lación. El primero de ellos se elaboró en base a la posición de la región en el *ranking*; y el segundo, a partir de los valores reales de los tres IE. Como se puede ver en el cuadro 6.5 los coeficientes de correlación entre el índice global y los índices parciales se mueven entre 0,78 y el 0,88. Son valores altos y estadísticamente significativos.

Comparando el índice global con el del sector productivo (para el período 2009-2012) se denotan tres o cuatro regiones con cambios importantes en su posición en estos *rankings* pero solo para dos de ellas tal cambio coincide con diferencias claras en los índices de eficiencia. La primera de ellas es Cataluña, líder en la eficiencia global (IEG = 100), pero que en el caso de su sector productivo ocupa la sexta plaza con un índice de eficiencia tecnológica del 61% respecto al líder (Aragón). Además Cataluña presenta una pequeña pérdida de eficiencia en el sector productivo ya que en el período 2000-2004 casi se encontraba en la frontera (con un IESP medio del 99%); bajando en el siguiente período hasta una eficiencia relativa del 95%. Aparentemente la crisis ha tenido un efecto negativo sobre el nivel de eficiencia de su sector productivo. Otros casos similares, con pérdidas de eficiencia durante el último período son los de la Comunidad Valenciana, Murcia y Baleares. Otra región cuyos niveles de eficiencia entre el sector productivo y el IE global difieren mucho, es Cantabria. En ella el valor de la eficiencia en términos globales (IEG, 91%) es mucho mayor respecto a la eficiencia en el sector productivo (IEP = 44%).

Respecto a la comparación del índice global con el IE del sector científico sobresale sobre todo la Comunidad Valenciana con un IEG que se encuentra muy cerca de la frontera de eficiencia (95%) y La Rioja con un IEG del 85%, mientras que la eficiencia de los sectores científicos de ambas comunidades autónomas es mucho más moderado, 73 y 53% respectivamente.

Por último, se han identificado solo unas pocas regiones donde se observa por un lado que uno de los IE parciales es relativamente alto mientras que el otro IE parcial es mas bien bajo. Por un lado, se trata de Castilla y León, Murcia, la Comunidad Valenciana y las Islas Baleares, que son regiones con un índice medio de eficiencia

Cuadro 6.5

## COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA

	IE Global	IE Sector Productivo	IE Sector Científico	IE Unión Europea
IE Global	1	0,78	0,88	0,67
IE Sector productivo	0,81	1	0,52	0,72
IE Sector científico	0,85	0,52	1	0,75
IE Unión Europea	0,85	0,72	0,80	1

*Notas:* En azul se indica el coeficiente de correlación a base de la posición de la región en el *ranking*. En verde se indica este coeficiente calculado a partir de los valores reales de los IE.

*Fuente:* Elaboración propia.

científica claramente mayor que el correspondiente a la eficiencia tecnológica<sup>76</sup>. Por otro, los líderes en eficiencia científica (Madrid y Cataluña con IESC cercanas a 100) también se documenta una eficiencia tecnológica mucho menor, con IESP del 70 y 63% respectivamente<sup>77</sup>.

Resumiendo, al análisis de la eficiencia de los sistemas de innovación de las comunidades autónomas de España permite observar una gran heterogeneidad con niveles de ineficiencias muy grandes. Existen cinco regiones (Canarias, Extremadura, Castilla y León y Castilla-La Mancha) que consiguen con el mismo esfuerzo en I+D+i la mitad de los resultados<sup>78</sup> que las regiones líderes, y solo tres o cinco regiones, según sea el índice empleado, se ubican en la frontera de eficiencia o tienen ineficiencias más bien reducidas. La heterogeneidad es mayor en el caso de la eficiencia del sector productivo, donde las regiones ubicadas en la cola de la eficiencia tecnológica producen, con una igual cantidad de *input*, solo una tercera parte del *output* que corresponde a las líderes.

Por otra parte, nuestro análisis ha evidenciado que, a lo largo del período estudiado, ha tenido lugar un claro proceso de convergencia entre las regiones españolas en cuanto al índice de eficiencia global. Tal proceso ha estado impulsado por el comportamiento del sector científico, donde los incentivos introducidos por la política universitaria para que los investigadores académicos realicen publicaciones en el ámbito internacional, han conducido a una producción científica creciente en todas las comunidades autónomas.

Como resultado, la convergencia en los índices de eficiencia científica ha sido muy notoria, pero no ha ocurrido lo mismo por lo que concierne a los índices de eficiencia del sector productivo, o eficiencia tecnológica, en los que se constata

<sup>76</sup> Teniendo en cuenta las DMU de los 13 años para estas regiones se han detectado una correlación entre ambos índices parciales negativos y estadísticamente significativos.

<sup>77</sup> Debido a que se encuentran en la frontera no sería válido de calcular la correlación entre ambos índices parciales.

<sup>78</sup> Medidos mediante número de patentes publicaciones y modelos.

una clara divergencia entre las regiones, especialmente durante el período de crisis económica de los últimos años.

## ■ 6.2. CAUSAS DE LAS (IN) EFICIENCIAS: VENTAJAS DE ESCALA *VERSUS* LA EFICIENCIA TÉCNICA PURA

En la sección anterior se ha analizado el nivel de eficiencia relativa de las 221 DMU basándonos en el modelo CCR que analiza la eficiencia asumiendo rendimientos constantes de escala. Es decir, se calculó el máximo nivel de (in)eficiencia sin tener en cuenta el tamaño óptimo en que operan las DMU suponiendo que todas las DMU producen en una dimensión óptima de escala. Esta forma de cálculo se justifica por la intención de identificar la eficiencia o productividad innovadora real máxima en todo el período analizado y establecer de esta forma la mejor relación *input-output*. También para poder comparar o realizar un *benchmarking* entre los niveles de eficiencia de los distintos sistemas regionales de innovación. Esta información es útil para los agentes de los SRI en el momento de tomar las decisiones de invertir en un sitio u otro.

Sin embargo, el supuesto del rendimiento constante a escala es difícil de sostener en la práctica ya que la economía funciona —en la mayoría de los casos— a base de competencia imperfecta y existen problemas derivados de la necesidad de una masa crítica en combinación con la existencia de ventajas de escala que pueden generar rendimientos marginales crecientes o decrecientes. Como en el caso de los otros fallos de mercado neoclásicos<sup>79</sup>, los conceptos “ventajas de escala y de masa crítica” se consideran todavía más importantes en el caso de la innovación y la I+D en comparación con otras actividades del sistema productivo (Heijs y Buesa, 2013: capítulo 1). Sin embargo, también existen autores que argumentan o defienden la ausencia de ventajas de escala en el campo de la innovación poniendo en duda su existencia en las actividades científicas (Pavitt, 1991), por lo que no se justifica la creación de grandes instituciones de investigación. Ello no obsta para que, en la ciencia y el desarrollo tecnológico pueda haber complementariedades y economías de alcance basadas en interacciones entre las unidades microeconómicas de investigación, como los departamentos e instituciones universitarias, los grupos de investigación o los laboratorios empresariales. En consecuencia, el logro del máximo rendimiento de los recursos empleados en esas unidades puede estar supeditado a la existencia de una determinada masa crítica de investigadores que tendría su reflejo en el tamaño de los indicadores relativos de esfuerzo referidos a la asignación de recursos a la I+D+i.

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, institutos de investigación científicos o básicos, etc...). Las DMU de nuestro estudio

<sup>79</sup> Información incompleta y el problema de apropiación de los resultados de I+D e innovación.

son las regiones y no los agentes particulares. Respecto a este punto se puede argumentar que a nivel microeconómico una empresa o universidad puede estar por debajo o por encima del nivel óptimo de eficiencia (TOPS)<sup>80</sup> generando desventajas de escala. Pero en el caso de las regiones, los conceptos de ventajas de escala son de índole distinta ya que se trataría de una media ponderada del nivel de TOPS del conjunto de los agentes del sistema de innovación. Es decir, en qué medida el conjunto de estos agentes se alejan de forma colectiva del nivel óptimo en eficiencia.

Un segundo aspecto que afecta a la correcta interpretación de la eficiencia y 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. En realidad, las DMU –en nuestro caso los sistemas regionales de innovación en España– pueden ubicarse en dos posiciones respecto al nivel óptimo de eficiencia (TOPS). Aquellas unidades que están por debajo del TOPS (con una intensidad en I+D demasiado bajo) tendrían rendimientos marginales (RM) crecientes ya que mejorarían al aumentar su tamaño –definido como intensidad innovadora–, o mejor dicho, su escala operativa. Los agentes que se encuentran 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. Como se acaba de indicar, el nivel óptimo de eficiencia se conceptualiza como la configuración de una intensidad innovadora óptima que generaría un *output* relativo óptimo o eficiente. En este estudio una escala operativa no-óptima de una región implica que su intensidad innovadora es demasiado alta o demasiado baja, por lo que se generan ineficiencias en la cantidad de *output* relativo o per cápita (patentes, modelos o publicaciones per cápita). Para simplificar las explicaciones utilizamos como ejemplo una sola variable de *input* (la intensidad innovadora medida como gasto en I+D respecto al PIB) y otra de *output* (patentes per cápita). En este caso las regiones que se ubican por debajo del TOPS manifiestan rendimientos marginales crecientes debido a que su intensidad innovadora está por debajo de la escala operacional óptima. Mientras que las regiones con una intensidad innovadora demasiado alta tienen ventajas de escala decrecientes porque si aumentan todavía más su intensidad en innovación disminuye asimismo su eficiencia. En ambos casos, su nivel eficiencia (medida como su relación *input/output*) sería peor que el de las regiones ubicadas exactamente en el TOPS.

Desde esta forma de analizar la eficiencia innovadora y traduciéndola en términos de la política tecnológica, se puede deducir que en las regiones con una intensidad baja se debería aumentar el gasto en I+D para llegar a una intensidad óptima. Por el contrario, en las pocas regiones que están por encima de la escala óptima se debe reducir el esfuerzo relativo en I+D. Aunque los estudios muestran que una mayor intensidad del gasto en I+D implica en general un mayor nivel de competitividad y crecimiento, este hecho no implica que un aumento indiscriminado del gasto en I+D

<sup>80</sup> Por su término en inglés: *Technical optimal productive scale* (Coelli et al., 2005).

promueva el crecimiento de nuestra economía. Sin embargo, se debe gastar en aquellas actividades o regiones donde este gasto aporte un valor añadido y/o beneficios para la economía y/o sociedad en su conjunto. Como última dificultad para entender el concepto de ventajas de escala se indica la noción de externalidad definida por su índole tácita y, por ello, difícil de medir y/o de incorporar en los análisis.

Por todo ello, en las siguientes páginas se aplica la metodología DEA para analizar dos de las posibles causas de la ineficiencia en los sistemas de innovación: por un lado, las ventajas o desventajas 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. Es decir, en esta sección se estudiará, además de la eficiencia técnica pura, una segunda causa de la ineficiencia, relacionada con la dimensión o el tamaño del sistema regional de innovación. Para poder medir y/o aislar la aportación de ambas causas se calcula primero el *índice de 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 o de referencia.

En otras palabras, se estima en qué medida las causas de carácter puramente técnico generan una utilización o aprovechamiento improductivo de los *input* de forma, desvinculando la *(in)eficiencia técnica pura* de la *(in)eficiencia* generada por razones de escala. A continuación se calcularán las *(in)eficiencias de escala*, 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 de las ventajas de escala relativas existentes. Para estudiar la aportación de las (des)ventajas de escala a la *(in)eficiencia*, se ha desarrollado en la literatura un segundo tipo de modelo (el modelo BCC – véase el capítulo 2) que calcula la eficiencia bajo el supuesto de rendimientos variables a escala.

En este caso, la frontera de eficiencia no la forman las más eficientes de toda la muestra, sino que se compara el nivel de eficiencia de una región con la eficiencia de aquellas otras que operan al mismo nivel de escala. Se debe subrayar que tal modelo ofrece un índice de eficiencia siempre mayor –o al menos igual– que el obtenido con rendimientos constantes, ya que el modelo BCC no penaliza las posibles ineficiencias por operar en una escala subóptima. Por lo tanto, estos modelos implican frecuentemente una sobreestimación de la eficiencia, ya que al emplear como unidades de referencia aquellas DMU con un tamaño o escala similar se pierde parte de la información.

A continuación se presentan los resultados de nuestros análisis en dos grupos de regiones. Primero el grupo de regiones seguidoras en eficiencia que se sitúan en el nivel más bajo respecto a los índices de eficiencia global o parcial y después el grupo de los líderes en eficiencia según cada uno de los tres índices (IEG, IESP, IESC). La separación de las explicaciones de ambos grupos se lleva a cabo a fin de evitar errores en la interpretación de los resultados. Si se comparan las diferencias en la aportación de las dos causas de ineficiencia (problema de escala *versus*

técnico) de las regiones líderes *versus* 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. Por otro lado, la aportación de la ineficiencia de escala se calcula en comparación con las regiones que operaron en una escala similar. Y son justamente las comunidades autónomas más eficientes las que tienen sistemas regionales de innovación que operan en una escala de mayor intensidad innovadora.

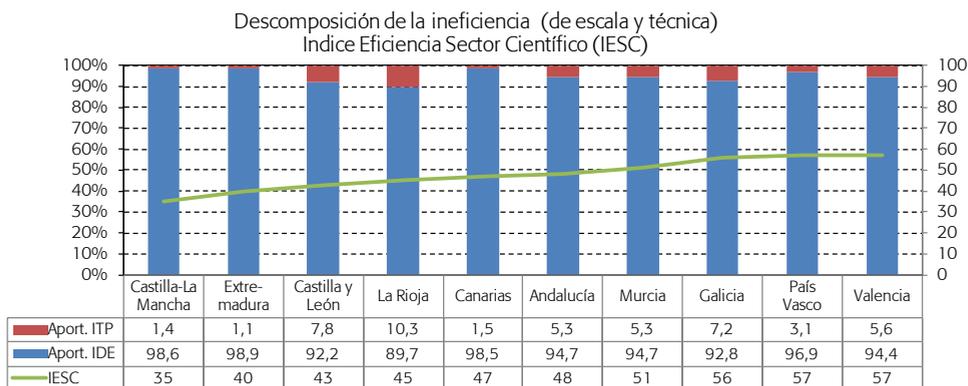
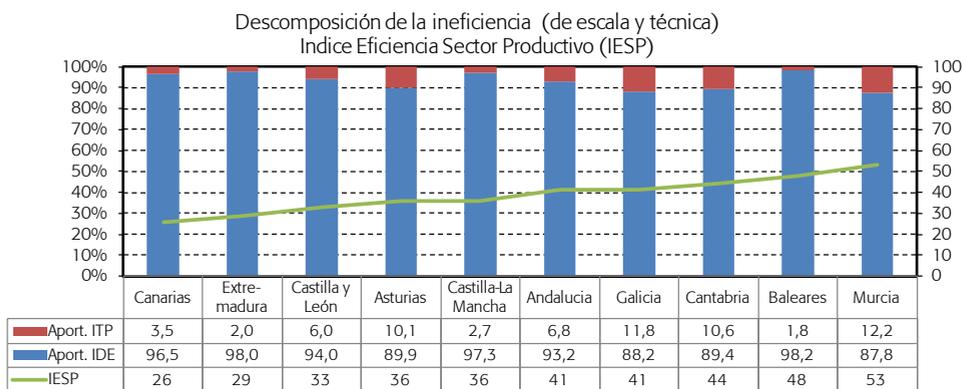
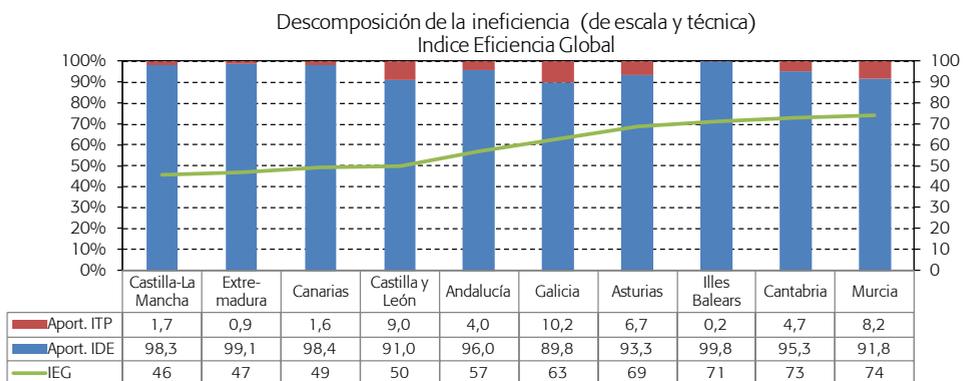
Iniciando la presentación de los resultados para las regiones con un nivel de eficiencia claramente distanciado de los líderes en eficiencia (con IEG, IESP o IESC por debajo del 70-80%) resulta que en estas comunidades autónomas casi todos los resultados del modelo BCC reflejan valores próximos a 100. Lo cual significa<sup>81</sup> que prácticamente todas las ineficiencias que se registran en los SRI españoles menos eficientes derivan de un problema de escala (véase los gráficos 6.6 y 6.7). Dicho de otra forma, su ineficiencia se debe mayoritariamente al tamaño operativo subóptimo de sus sistemas innovadores, y solo en menor medida están causados por aspectos de carácter técnico. De esta forma, es el tamaño operativo de los sistemas regionales de innovación menos eficientes el que conduce a la obtención de resultados innovadores (patentes y publicaciones per cápita) inferiores a los que les corresponderían en función de los recursos utilizados en ellos (factores). 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.

Una vez constatada la importancia de las desventajas de escala para explicar la ineficiencia para todas las regiones, analizamos en cuáles de ellas la ineficiencia técnica pura tiene una mayor importancia. Al respecto, se puede identificar un primer grupo de cuatro regiones donde la aportación de la ineficiencia técnica pura (ITA) al nivel de ineficiencia global –en el período de 13 años analizados– es muy pequeña con una media anual menor al 2%. Es decir, casi el 100% de su ineficiencia se debe a su desviación de la escala operativa óptima. Este grupo incluye tres regiones muy pequeñas como las Islas Baleares (0,2%), las Islas Canarias (1,6%) y Extremadura (0,9) y, además, una región más grande como Castilla-La Mancha (1,7%). En otras tres regiones la ineficiencia técnica explica solo el 4-9% de la ineficiencia global (Andalucía, Asturias y Cantabria) y, por lo tanto, la aportación de la ineficiencia de escala aporta el 90-95%. El tercer grupo incluye otras tres regiones (Castilla y León, Galicia y Murcia) donde la aportación de la ITA es pequeña, aunque en este caso

<sup>81</sup> 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 (véanse también el cuadro A6.5 del Anexo) 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.

Gráfico 6.6

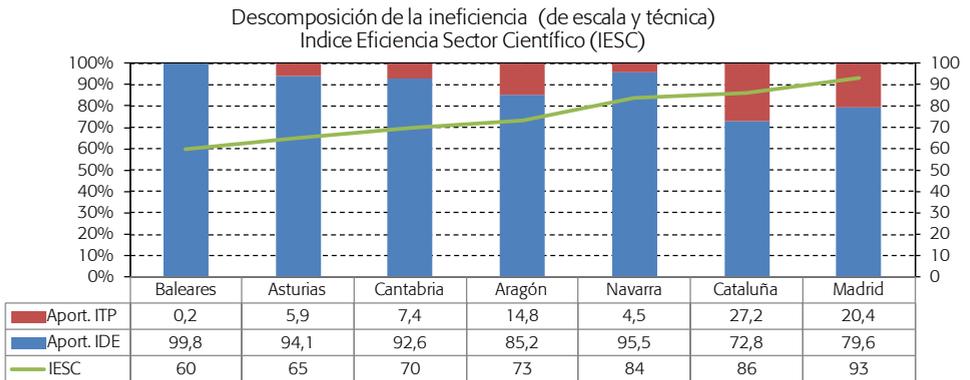
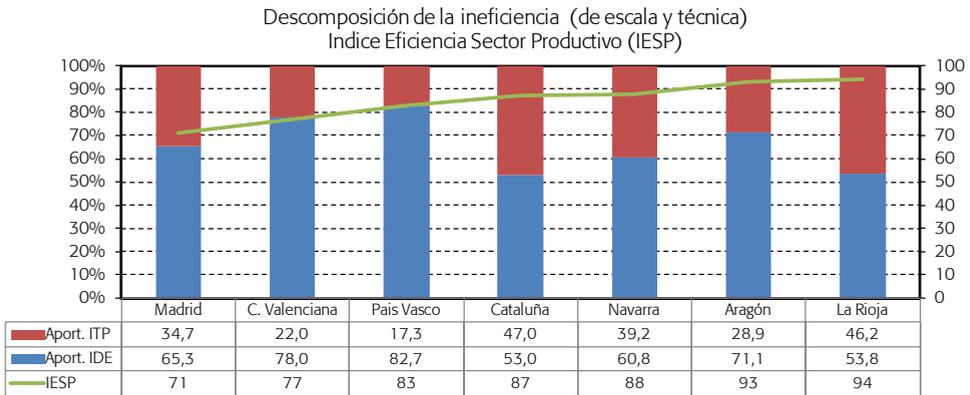
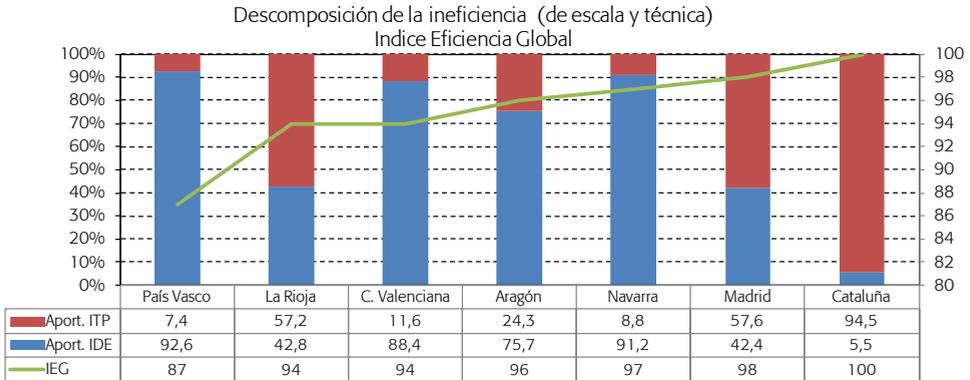
**DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA: REGIONES SEGUIDORAS EN EFICIENCIA**



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.7

## DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA: REGIONES LÍDERES EN EFICIENCIA



Fuente: Elaboración propia.

algo mayor (entre 8-10%). Resumiendo, las diez regiones aquí mencionadas 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.

Como ya se ha indicado, la interpretación de la descomposición de la ineficiencia entre desventajas de escala *versus* ineficiencia técnica pura es más difícil –o menos intuitiva– para el caso de las 6-7 regiones líderes en la eficiencia global en innovación (IEG). Para estos líderes del IEG se observa una aportación mayor de la ineficiencia técnica pura (ITA), que en las regiones seguidoras, pero este mayor nivel de ineficiencia técnica pura es solo una situación aparente y por ello engañosa, ya que son regiones muy eficientes. Es decir, la mayor aportación de la ITA relativa a su ineficiencia está acompañada con una eficiencia técnica pura en terminos absolutos muy alta. De todos modos, para cuatro de las siete regiones líderes se observa que su ineficiencia se debe más a la falta de escala o están operando en un tamaño operativo no óptimo de sus sistemas de innovación. Para tres de ellas la aportación de la ineficiencia técnica pura (ITA) oscila entre el 7 y el 12% (País Vasco, la Comunidad Valenciana y Navarra) y para Aragón la ITA explica el 24,3% de su ineficiencia. Para las otras tres regiones líderes la aportación de la ITA es incluso mayor a la aportación de las ineficiencias de escala (Rioja, Madrid y Cataluña). De nuevo, su papel como líder implica que estas regiones están cerca al máximo nivel de eficiencia técnica pura y al tamaño o escala óptima.

En el caso de la IE del sector productivo se pueden dividir las comunidades autónomas en tres grupos. Unas diez regiones cuyo nivel del IESP medio para todo el período analizado (2000-2012) no supera el 55%. Existen otras tres regiones (Madrid, País Vasco y la C. Valenciana) con un nivel de eficiencia entre el 71% y 83% del máximo teórico del 100%, y cuatro regiones líderes con un IESP medio del 87% al 94% (Cataluña, La Rioja, Aragón y Navarra)<sup>82</sup>. Para estas siete regiones la aportación a la ineficiencia de problemas de escala es mayor a la aportación de las ineficiencias técnicas puras. Para las tres regiones con un IESP del 71%-83% los problemas de escala explican como media el 75% de la ineficiencia, siendo similar al caso de Aragón. Mientras que para Cataluña, Navarra y La Rioja los problemas de escala solo explican algo más que la mitad (50-60%) de la ineficiencia y la ITA explica entre el 40-50% de las pocas ineficiencias de estas regiones.

En el caso del Índice de Eficiencia del Sector Científico (IESC) se pueden destacar solo tres líderes (Navarra, Cataluña y Madrid). La descomposición de la ineficiencia entre desventajas de escala *versus* ineficiencia técnica pura en este sector refleja que las regiones líderes tiene sobre todo problemas de escala, ya que esta causa es responsable del 73% de la ineficiencia de Cataluña, del 80% para el caso de Madrid y del 95% para Navarra. Esto implica que para estas tres regiones la ineficiencia técnica pura explica del 5 al 27% de su ineficiencia. De nuevo es importante

<sup>82</sup> Estos datos se basan en la media del todo el período analizado. El hecho de que ninguna región llega a una media de 100 se explica porque ninguna ha estado en todos los años en la frontera de eficiencia.

recordar que estas regiones son muy eficientes por lo que su ineficiencia de escala o técnica pura en términos absolutos se puede considerar más bien marginal.

Para los dos índices parciales (IESP y IESC) se observa un panorama muy parecido, ya que la falta de ventajas de escala es la mayor causa de la ineficiencia para ambos índices parciales. La aportación a la ineficiencia por parte de la ineficiencia técnica pura es mayor para casi todas las regiones en el caso del sector productivo comparado con la del índice global (excepto para Castilla y León, Cataluña y La Rioja<sup>83</sup>), o viceversa, que la aportación de los problemas de escala es algo menor<sup>84</sup>. También, como no podría ser de otra forma, la aportación del IPT en el caso del sector científico es menor en comparación con el caso del índice global (excepto en el caso de Andalucía, Extremadura y Cantabria)<sup>85</sup>.

---

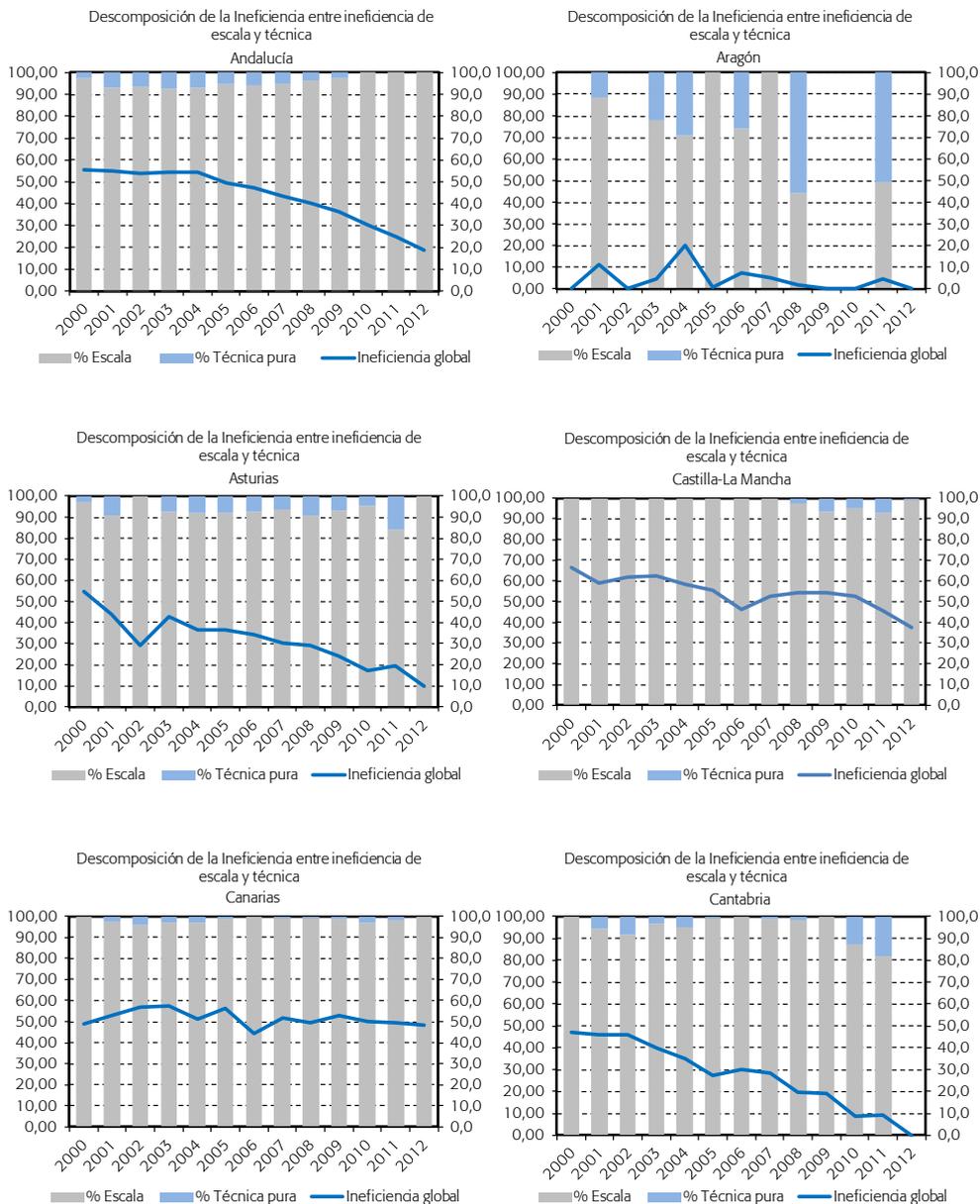
<sup>83</sup> Siendo los últimos dos regiones casos atípicos debido a su papel del líder en eficiencia.

<sup>84</sup> Ya que ambos tipos de aportación a la ineficiencia (escala *versus* técnica pura) suman 100, el cálculo de la diferencial entre la aportación de los problemas de escala a la ineficiencia saldría los mismos resultados con signos opuestos.

<sup>85</sup> Lo que a su vez implica que la aportación del IPT es mayor en el Índice de Eficiencia del Sector Productivo (IESP) que el IE Científico (excepto para Castilla y León).

Gráfico 6.8

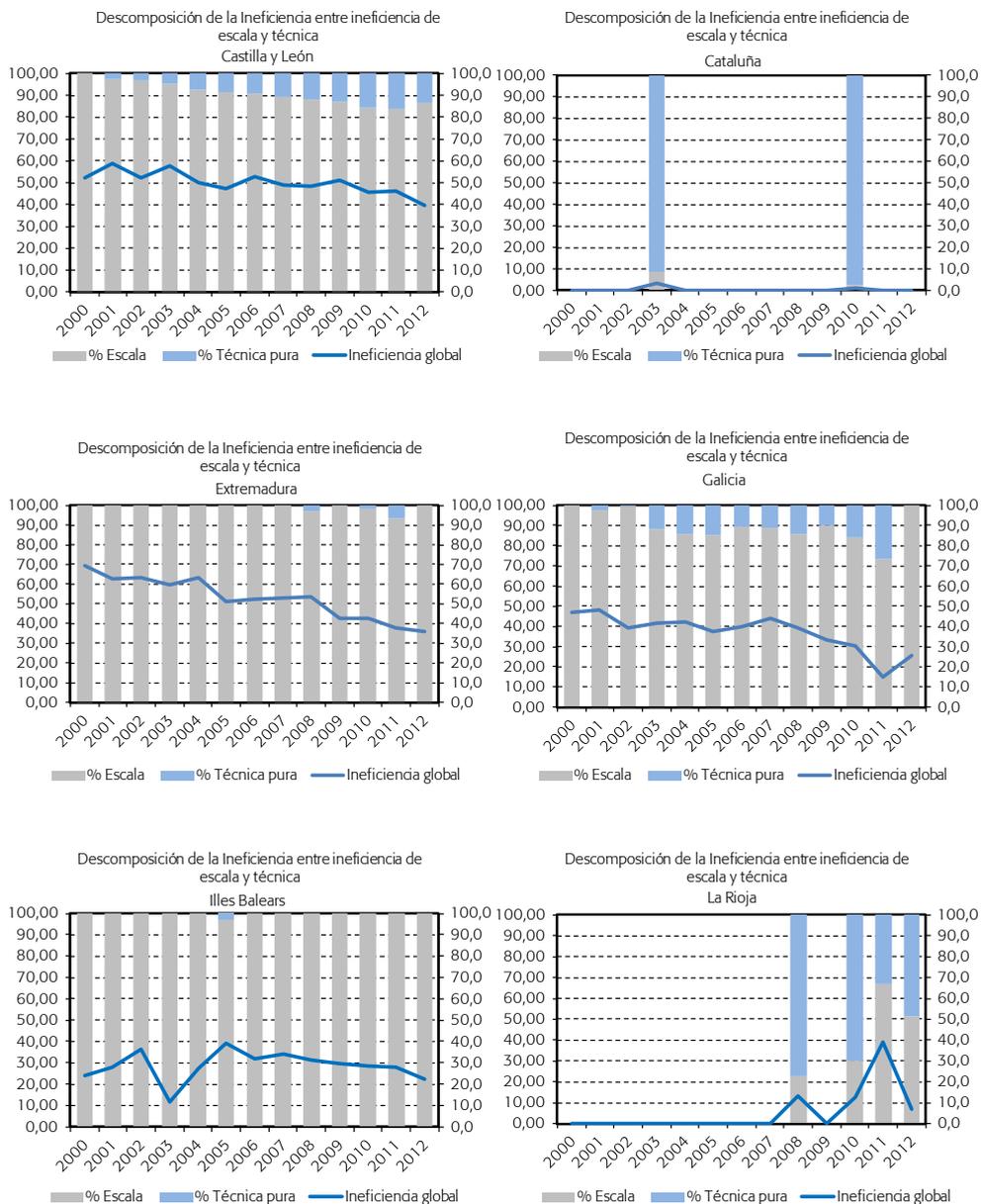
DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.8 (continuación)

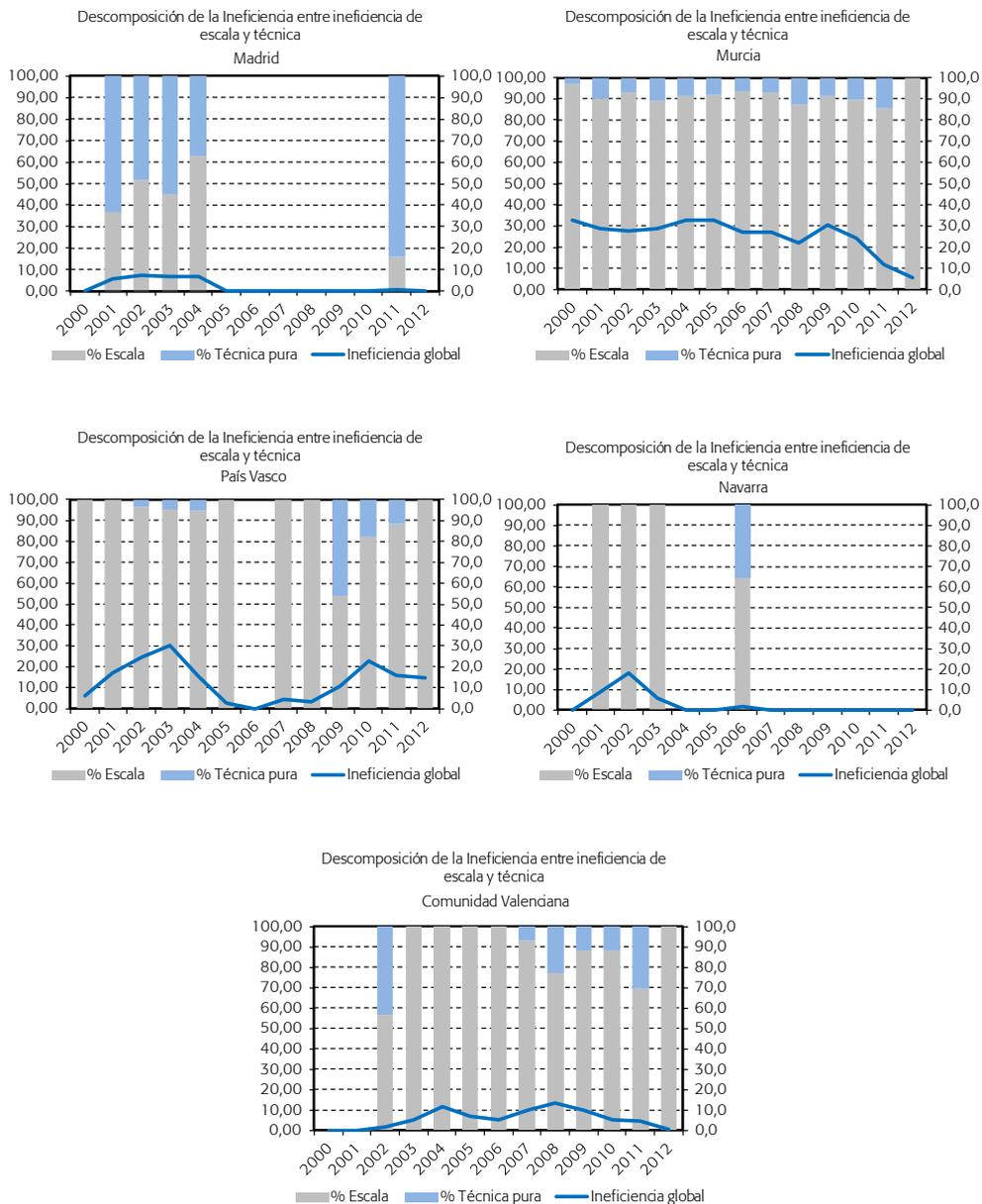
## DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.8 (continuación)

DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS



Fuente: Elaboración propia.





**7**

**ANÁLISIS DINÁMICO: EVOLUCIÓN DE  
LA EFICIENCIA CON UNA FRONTERA  
DE EFICIENCIA VARIABLE**



## 7.1. COMENTARIOS METODOLÓGICOS

En la sección anterior se ha analizado el nivel de eficiencia y su evolución en el tiempo estableciendo una sola frontera tecnológica, es decir, en la que el nivel máximo de eficiencia es constante para las 221 DMU durante los trece años del período estudiado. Sería interesante combinar este análisis estático con un enfoque dinámico en el cual la frontera de cada año sea variable. En este capítulo se calculan implícitamente los índices de eficiencia<sup>86</sup> para cada año dejando que la frontera de eficiencia cambie para así estudiar en qué medida se modifica el nivel de la eficiencia relativa de cada región a lo largo del tiempo (de un año al siguiente). En este sentido, quizás la aportación más importante del análisis dinámico es diferenciar en qué medida una mejora de la 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 (cf. el epígrafe 2.5).

La evolución global de la eficiencia relativa en el tiempo, que se refleja en los cuadros 7.1 y 7.2, indica en qué medida las regiones han mejorado su nivel de eficiencia relativa respecto al año anterior. 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 IE) puede mejorar bien porque la región asigna sus recursos de manera más eficiente (mejora técnica real) o bien porque las regiones más eficiente han perdido eficiencia (mejora aparente o nominal causada por un cambio de frontera). Incluso se podría imaginar la existencia de un caso (la región X) cuya eficiencia real disminuye (necesita más *input* para el mismo *output*) pero simultáneamente su índice de eficiencia relativa aumenta. Este caso se produciría cuando la eficiencia real de las regiones líderes –que establecen la frontera– disminuye todavía más su nivel de eficiencia que la región X. De darse esta situación, las mejoras –o en el caso contrario el empeoramiento– en los índices de eficiencia podría considerarse aparente.

Otro problema es que se espera –intuitivamente– que una mejora del nivel de eficiencia de los líderes (con IE 100), *ceteris paribus*, implique para todas las demás

<sup>86</sup> Se ha decidido no presentar los índices de eficiencia de cada año ya que implicaría una presentación muy confusa de los datos. Además, los índices interanuales obtenidos a partir de un análisis dinámico como el aquí explicado, no son directamente comparables entre sí debido al cambio continuo de la frontera. Por lo tanto, el objetivo de este capítulo no es describir el nivel de eficiencia, sino más bien señalar qué regiones han mejorado/empeorado su eficiencia relativa (índice de Malmquist) a lo largo del tiempo, y en qué medida esta alteración es el resultado de una mejora de su eficiencia técnica real o, por el contrario, de un cambio de la frontera tecnológica.

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 solo se desplaza de forma paralela sino también puede bascular alrededor de 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. Esto implica que el análisis de los IE, y especialmente su cambio en el tiempo, es un asunto complejo que puede reflejar cambios aparente o intuitivamente contradictorios, y por ello la interpretación de los resultados se debe realizar de forma cautelosa. De todos modos, los instrumentos analíticos del DEA (el índice de Malmquist) 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).

Para estudiar la causa del cambio de la eficiencia relativa se aplica una descomposición del índice de Malmquist, siguiendo la metodología propuesta por Färe *et al.* (1989, 1992)<sup>87</sup>. De acuerdo a este enfoque, el cambio de la eficiencia puede explicarse por el efecto de dos componentes:

- El *cambio en la eficiencia técnica pura o real* (ICET o efecto *catching-up*), que recoge la variación de *eficiencia real* que un SRI experimenta en relación a las mejoras de su propio sistema innovador. Es decir, una mejora real en las técnicas o el proceso innovador que convierte los *input* en resultados de I+D (*outputs*).
- El cambio de la frontera tecnológica (ICFT o efecto *frontier shift*), que refleja un cambio nominal o una *mejora aparente de la eficiencia*<sup>88</sup> debido al desplazamiento experimentado por la frontera eficiente entre dos periodos de tiempo.

El producto de ambos nos proporciona el cambio de índice de eficiencia (IMQ)<sup>89</sup>. 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 costumbre en el caso de números índices, a partir del valor de la unidad.

<sup>87</sup> Inicialmente el índice de Malmquist ha sido desarrollado por Caves, Christensen y Diewert (1982) a base del trabajo de Malmquist (1953) pero hoy en día el más utilizado es la de Färe *et al.* (1989 y 1992).

<sup>88</sup> 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.

<sup>89</sup> Tal y como se detalla en el epígrafe 2.5, el cálculo del índice de Malmquist (IMQ) se basa en el producto del "índice de *Catching Up* (ICUP)" por el Índice de *Frontier Shift* (IFS) (ICUP \* IFS = IMQ)".

- 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 relativa (o sea, el IE respecto a la frontera 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.
- Un *índice de cambio de la frontera tecnológica (ICFT)* 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.
- En el caso del *índice del cambio de eficiencia técnica pura (ICET)* o el efecto *catching up* los valores mayores a la unidad implican una mejora real de eficiencia técnica pura (ETP) y por lo tanto implican un efecto positivo sobre el índice de eficiencia relativa, mientras que los valores menores a uno implican un empeoramiento de la eficiencia técnica pura y, por ende, del IER. Si el ICET es igual a uno el IER de la región no se altera.

A continuación se indica la evolución general de los IE de las 17 regiones españolas explicando si estas mejoras o empeoramientos son aparentes (efecto frontera) o se deben a una variación en la eficiencia técnica real de los SRI (véanse los cuadros 7.1 y 7.2). Como en el caso del análisis estático referente a las ventajas de escala *versus* la mejora de la eficiencia técnica pura o real, los datos de las regiones líderes son más difíciles de interpretar en relación con las de las regiones menos eficientes. O, mejor dicho, en el caso de las regiones líderes se deben interpretar los resultados con más cautela. Por esto se ofrecen de nuevo los resultados para los dos grupos de regiones. Primero se explica la evolución de las IE relativas y sus dos causas para las diez regiones de menor nivel de eficiencia, seguido por el grupo de los siete (casi) líderes en eficiencia.

Los cuadros 7.1 y 7.2, que reflejan el análisis dinámico, recogen los resultados de los tres índices para cada uno de los doce años y resume el número de años en los que el valor de estos índices fueron iguales, mayores o menores a uno<sup>90</sup>. Se utilizará el número de años en los que los valores superan –o no– la unidad como indicador aproximado de la intensidad de los cambios en todo el período del estudio.

## ■ 7.2. ANÁLISIS DINÁMICO PARA LAS REGIONES "SEGUIDORAS" EN EFICIENCIA

A partir del cuadro 7.1, que recoge los doce índices de Malmquist (uno para cada año) calculados para cada comunidad autónoma en el caso de las diez regiones

<sup>90</sup> Debido al carácter dinámico de los análisis, no se pueden utilizar las medias para los tres períodos que sí se han empleado en el análisis estático, ya que los valores entre un año y otro año no son comparables.

seguidoras en eficiencia, se comprueba que la mayoría de sus doce IMQ tienen valores mayores a uno. Es decir, las regiones seguidoras han mejorado sus IER respecto a las líderes.

De hecho, tres regiones han mejorado casi de forma continua su nivel de eficiencia (con 10-12 IMQ mayores a uno) y otras ocho regiones reflejan IMQ mayores a la unidad en 7-9 años de los doce analizados<sup>91</sup>. Es decir, las regiones menos eficientes han acercado progresivamente, sus índices de eficiencia relativa (IER) a los niveles de los líderes en eficiencia. Esta tendencia confirma implícitamente el proceso de convergencia señalado por los resultados del análisis estático presentado en el capítulo anterior.

Las regiones donde las mejoras de eficiencia relativa son aparentemente más destacadas son Cantabria (10-2), Asturias (10-2) y Andalucía (12-0)<sup>92</sup>. Para aclarar si la causa de la convergencia es debida a un efecto estadístico (efecto frontera) o se basa en una mejora técnica real, se deben analizar los dos índices correspondientes. En el caso de dos de estas cuatro regiones, la mejora de su eficiencia se debe a ambas causas. Andalucía y Asturias mejoran con cierta frecuencia su eficiencia técnica pura (con un ICET mayor a 1 en 8 y 7 años del período analizado, respectivamente); pero de la misma forma, esta ICET 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 eficiente<sup>93</sup>. Es decir, la mejora de la eficiencia innovadora relativa de las dos regiones ha sido impulsada por ambos aspectos. En el caso de Cantabria parece que su nivel de eficiencia técnica pura apenas mejoró y que se mantuvo más bien constante<sup>94</sup>.

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 de 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)<sup>95</sup> del acercamiento de la frontera mientras que el número de años que refleja una mejora real de su eficiencia técnica pura es menor<sup>96</sup>. Es decir, a pesar de la progresión de

<sup>91</sup> Se han identificado cinco regiones con un número reducido de años con IMQ mayores a uno y muchos años en las que el IMQ es menor a uno. Pero en este caso se trata de regiones líderes en eficiencia que en realidad empeoran su situación relativa con respecto a la del año anterior, aunque sigan siendo, en general, las líderes en eficiencia.

<sup>92</sup> 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 ICET o ICFT) seguido del número de años con valores menor a uno indicando un empeoramiento.

<sup>93</sup> Estas reflejan unos ICFT mayor a uno en 10-11 años del período analizado.

<sup>94</sup> En cuatro de los doce años su ICET mejoró, en otros cuatro años su eficiencia técnica pura retrocedió y en los restantes años analizados se mantuvo constante.

<sup>95</sup> En dos o tres años su ICET ha sido menor a uno.

<sup>96</sup> El número de años con un ICET mayor a uno fueron seis en el caso de Castilla y León y Galicia y ocho en Extremadura.

Cuadro 7.1

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE LA EFICIENCIA DE LAS REGIONES MENOS EFICIENTES  
(ORDENADOS SEGÚN EL NÚMERO DE AÑOS QUE MEJORA SU IMQ)

CCAA.	Índices	Aumento/ positivo (Índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (Índices iguales a 1)	Aumento/ negativo (Índices menores a 1)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	IMQ				1,089	1,037	1,047	1,070	1,156	1,117	1,042	1,065	1,074	1,093	1,084	1,083
	ICFE				0,986	1,054	1,033	1,127	1,115	1,005	1,083	0,976	1,108	1,050	1,048	1,034
	ICET				1,104	0,984	1,013	0,950	1,037	1,112	0,962	1,091	0,970	1,041	1,033	1,048
Asturias	IMQ				1,296	1,201	0,913	1,010	1,023	1,118	1,020	1,053	1,090	1,105	0,969	1,112
	ICFE				1,001	1,071	1,045	1,119	1,069	1,006	1,062	0,981	1,082	1,029	1,086	1,023
	ICET				1,295	1,122	0,874	0,903	0,957	1,111	0,960	1,073	1,007	1,073	0,892	1,087
Cantabria	IMQ				1,042	1,074	1,137	1,056	1,175	0,955	1,059	0,995	0,998	1,132	1,040	1,125
	ICFE				1,054	1,053	1,036	1,056	1,175	1,015	1,099	0,993	1,087	1,039	1,040	1,125
	ICET				0,989	1,020	0,997	1,000	1,000	0,941	0,964	1,102	0,918	1,089	1,000	1,000
Castilla y León	IMQ	9	0	3	1,045	1,114	0,998	1,094	1,090	0,987	1,041	1,012	0,995	1,085	1,035	1,085
	ICFE	10	0	2	1,014	1,062	1,052	1,139	1,011	1,004	1,073	0,945	1,098	1,044	1,077	0,985
	ICET	6	0	6	1,030	1,049	0,949	0,961	1,078	0,983	0,970	1,071	0,906	1,040	0,961	1,101
Extremadura	IMQ	9	0	3	1,183	1,085	0,972	1,029	1,267	1,033	1,045	0,980	1,220	0,992	1,069	1,057
	ICFE	10	0	2	0,986	1,051	1,011	1,143	1,091	1,006	1,077	0,967	1,109	1,058	1,055	1,028
	ICET	8	0	4	1,200	1,032	0,961	0,900	1,162	1,026	0,970	1,013	1,100	0,937	1,013	1,028
Galicia	IMQ	9	0	3	1,057	1,089	0,930	1,036	1,097	1,036	0,964	1,081	1,131	1,027	1,299	0,736
	ICFE	9	0	3	1,013	1,064	1,054	1,151	1,057	1,001	1,092	0,957	1,132	1,040	0,987	0,952
	ICET	6	0	6	1,043	1,023	0,882	0,900	1,038	1,034	0,883	1,129	0,999	0,988	1,316	0,773
Canarias	IMQ	8	0	4	0,978	0,957	1,024	1,075	0,988	1,181	0,895	1,021	1,020	1,058	1,030	1,008
	ICFE	11	0	1	0,987	1,079	1,053	1,050	1,076	1,006	1,020	1,012	1,045	1,034	1,072	1,022
	ICET	4	0	8	0,990	0,887	0,973	1,023	0,919	1,174	0,877	1,009	0,976	1,023	0,961	0,986
Murcia	IMQ	8	0	4	0,990	1,049	0,968	0,950	1,012	1,058	1,005	1,066	0,907	1,079	1,181	1,001
	ICFE	6	0	6	0,896	0,975	0,969	0,968	1,025	1,035	0,973	0,946	1,045	1,055	1,022	1,001
	ICET	7	2	3	1,105	1,076	1,000	0,982	0,988	1,022	1,033	1,126	0,868	1,023	1,155	1,000
Castilla-La Mancha	IMQ	7	1	4	1,129	0,969	0,967	1,067	1,075	1,272	0,811	0,962	1,005	1,000	1,145	1,288
	ICFE	4	0	8	0,965	0,972	0,951	0,987	1,049	0,961	1,005	0,985	1,027	0,938	0,915	1,048
	ICET	8	0	4	1,170	0,998	1,017	1,082	1,023	1,323	0,807	0,977	0,978	1,066	1,252	1,228
Balears	IMQ	7	0	5	0,964	1,010	1,073	0,996	0,939	1,081	0,984	1,039	1,070	1,021	0,999	1,072
	ICFE	10	0	2	0,995	1,019	1,030	1,023	1,106	1,076	1,085	0,976	1,086	1,003	0,988	1,021
	ICET	5	0	7	0,969	0,991	1,042	0,973	0,849	1,005	0,907	1,064	0,986	1,018	0,918	1,050

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

Cuadro 7.2

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO DE LA EFICIENCIA DE LAS REGIONES LÍDERES EN EFICIENCIA (ORDENADOS SEGÚN EL TIPO DE LIDERAZGO Y EL NÚMERO DE AÑOS QUE MEJORA SU IMQ)

CC.AA.	Índices positivos (índices mayores a 1)	Aumenta/ no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/ negativo (índices menores a 1)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Grupo de regiones líderes en eficiencia en algunos años</b>															
Aragón	5	0	7	0,873	1,241	0,883	0,931	1,199	0,921	0,997	1,026	1,117	0,903	0,898	1,147
ICFE	5	1	6	0,873	1,241	0,883	0,931	1,199	0,921	1,000	1,023	1,117	0,903	0,898	1,147
ICET	1	10	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	1,003	1,000	1,000	1,000	1,000
La Rioja	4	0	8	0,818	1,024	0,877	1,014	1,193	0,749	0,972	0,880	0,976	0,810	0,816	1,477
ICFE	4	0	8	0,818	1,024	0,877	1,014	1,193	0,749	0,972	0,880	0,976	0,926	0,840	1,255
ICET	1	9	2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,875	0,971
País Vasco	3	0	9	0,885	0,958	0,875	1,060	1,120	0,996	0,954	0,960	0,917	0,818	1,165	0,881
ICFE	2	0	10	0,885	0,986	0,878	1,181	0,974	0,996	0,954	0,960	0,917	0,818	1,165	0,881
ICET	1	8	3	1,000	0,972	0,997	0,898	1,149	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Grupo de regiones líderes en eficiencia en todos o casi todos los años</b>															
Madrid	8	0	4	0,809	1,019	0,925	1,010	1,036	1,028	0,946	1,143	1,018	0,834	1,107	1,184
ICFE	8	0	4	0,809	1,019	0,925	1,010	1,036	1,028	0,946	1,143	1,018	0,834	1,107	1,184
ICET	0	12	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Navarra	6	0	6	0,813	1,125	1,067	1,432	0,874	0,888	1,047	0,814	1,001	1,122	0,980	0,758
ICFE	6	0	6	0,813	1,125	1,067	1,432	0,874	0,888	1,047	0,814	1,001	1,122	0,980	0,758
ICET	0	12	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cataluña	4	0	8	0,895	1,011	1,024	1,084	0,968	1,015	0,991	0,920	0,957	0,838	0,991	0,994
ICFE	4	0	8	0,895	1,011	1,024	1,084	0,968	1,015	0,991	0,920	0,957	0,838	0,991	0,994
ICET	0	12	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Comunidad Valenciana	3	0	9	0,930	0,977	0,905	0,951	1,035	0,980	0,912	0,928	1,010	0,996	0,930	1,014
ICFE	3	0	9	0,930	0,977	0,905	0,951	1,035	0,980	0,912	0,928	1,010	0,996	0,930	1,014
ICET	0	12	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

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

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 es claramente menor al nivel de las regiones líderes (véase el cuadro 7.1). 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)<sup>97</sup>. 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 CEFT son mayores a uno en casi todos los años (11 y 10 años respectivamente), mientras que sus índices eficiencia técnica pura o real solo superan la unidad en 5 y 4 años, pero es 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.

### ■ 7.3. ANÁLISIS DINÁMICO PARA LAS REGIONES LÍDERES EN EFICIENCIA

Por último, analizamos los índices de Malmquist para el grupo de las siete regiones que lideran la clasificación de eficiencia (véase el cuadro 7.2). Para entender mejor las explicaciones hay que recordar que el IMQ refleja los cambios de la IE relativa de una misma región con su propio IER del año anterior. El efecto *catching up* de estas regiones está ausente, ya que es el efecto donde las regiones menos eficientes se acercan al nivel de eficiencia técnica pura de los líderes y, como es lógico, estos líderes ya están en el nivel máximo y, por lo tanto, no pueden acercarse a sí mismos. Por ello, en el caso de los líderes el efecto de cambio de frontera se interpreta de forma distinta que el caso de las regiones seguidoras en eficiencia. Para los líderes, el efecto frontera se refiere de forma implícita a la mejora o el empeoramiento de su propio nivel de eficiencia técnica pura. Es decir, el cambio de la frontera implica la alteración del nivel técnico puro de los líderes. Este es el caso de los cuatro líderes absolutos en eficiencia –que estando ubicados todos los años del análisis en la frontera de eficiencia– ya no reflejan ningún cambio en su eficiencia técnica pura.

Los IMQ de *Madrid* (8-4) señalan en la mayoría de los años una mejora de su IER, y en el caso de *Navarra* (6-6) existe un equilibrio entre años de mejora

<sup>97</sup> Como muestran el hecho que en 7-8 de los doce años analizados sus IMQ fueron mayores a uno aunque a la vez en 4-5 años estos índices fueron menores a la unidad.

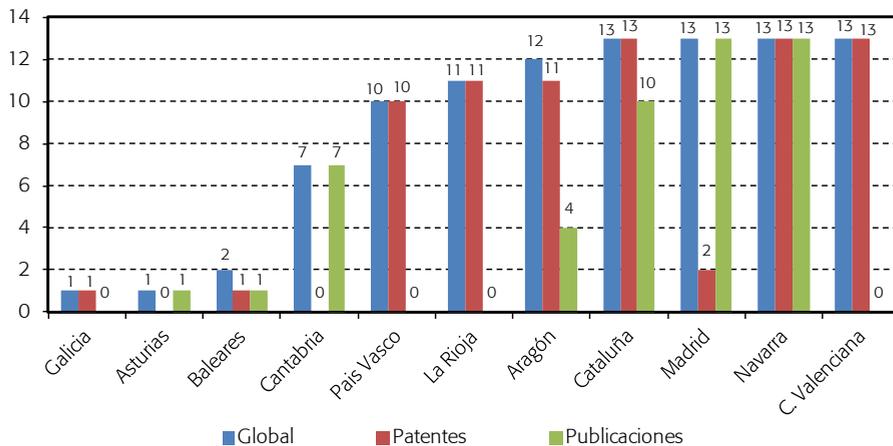
o empeoramiento de sus IER. Como se ha explicado, los datos demuestran aparentemente que esta pérdida del IER es un efecto de frontera, pero resulta que en realidad se trata de una pérdida de su eficiencia real. El hecho de que estas regiones alteren a la baja la frontera de eficiencia debido a una menor eficiencia real ha permitido el aumento de la IER de las regiones seguidoras en eficiencia.

Finalmente, se destacan tres regiones muy cercanas a la frontera de eficiencia, que reflejan un alto número de años en los que el IMQ señala una pérdida de eficiencia (*Aragón*, 5-7; *La Rioja*, 4-8; y el *País Vasco*, 3-9). De hecho, este número es mayor que el número de ocasiones donde su IMQ –o sea, su IE relativa– disminuye. No hay que olvidar que estas comunidades autónomas se sitúan en muchas ocasiones (entre 10-12 años) muy cerca de la frontera (véase el gráfico 7.2).

Analizando las causas de la pérdida de eficiencia relativa, se puede destacar el hecho de que su índice de cambio técnico puro tiene en la mayoría de los años valor unitario<sup>98</sup> por lo que la pérdida de eficiencia se debe a la alteración de la frontera técnica. Esta alteración afecta sobre todo y de forma negativa al IE relativo del País Vasco (en 10 años), mientras que en Navarra y Aragón, el número de años que el cambio de frontera perjudica a su nivel de eficiencia (6 años) prácticamente se iguala con el número de años donde el cambio de frontera les beneficia (en 6 y 5 años respectivamente).

Gráfico 7.1

### NÚMERO DE AÑOS QUE UNA REGIÓN HA SIDO LÍDER EN EFICIENCIA (IE=100)



Fuente: Elaboración propia.

<sup>98</sup> Para estas tres regiones el IECPP tiene entre 11 y 9 años un valor uno entre uno y tres años un valor menor a uno y en cada región el ICETPP tiene en un año un valor mayor a la unidad.

No obstante, como ya se ha indicado, la interpretación de sus IMQ e índices de cambio de frontera tecnológica no es tan directa. De hecho, por muchos años (igual que en el caso de las cuatro regiones líderes en eficiencia) estas tres regiones también han alterado a la baja la frontera de eficiencia debido a una menor eficiencia real.

Cabe destacar una posible conclusión importante comparando las siete regiones líderes en eficiencia innovadora. Aparentemente la *Comunidad Valenciana* (3-9), *Cataluña* (4-8), *La Rioja* (4-8), y en menor medida *Aragón* (5-7), han visto disminuir su nivel de eficiencia real respecto a otras regiones. Mientras que Navarra (6-6) mantiene el liderazgo y Madrid (8-4) incluso ha mejorado su eficiencia técnica pura. Cabe recordar que estos cambios de “frontera” se refieren a alteraciones entre las propias regiones líderes ya que en su conjunto el nivel de eficiencia global de este grupo de regiones se ha acercado al nivel de las regiones seguidoras.

#### ■ 7.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO *VERSUS* DINÁMICO

No resulta fácil comparar los resultados del análisis dinámico con el estático. Los datos estáticos nos permiten ver la tendencia del nivel de eficiencia respecto a un punto de referencia estable (la frontera de la eficiencia máxima del todo el período) e incluso podemos indicar de forma exacta cuanto ha mejorado/empeorado una región respecto a la frontera. En el caso del análisis dinámico, no tenemos un punto de referencia constante y solo nos permite indicar en cuantos años ha mejorado/empeorado respecto al anterior. Pero no sabemos la “dimensión” del cambio debido a que la metodología analítica utilizada en este estudio no nos permite saberlo. De hecho una región podría neutralizar los empeoramientos continuos, aunque marginales, en diversos años con una mejora substancial en un solo año.

Por lo anterior, la comparación entre ambas formas de analizar la eficiencia en innovación solo nos permite destacar unas pocas conclusiones. La primera es, como ya se ha indicado, la convergencia de las regiones poco eficientes respecto a las líderes en eficiencia. De hecho, los análisis estáticos indican que ocho regiones de las seguidoras en eficiencia se acercan a la frontera de eficiencia máxima para todo el período 2000-2012 en los tres subperíodos analizados.

El análisis dinámico –con fronteras tecnológicas cambiantes– sugiere que esta convergencia se debe en parte a un efecto aparente de cambio de frontera. En el caso de Andalucía, Murcia, Extremadura y, en menor medida, Asturias se confirma la convergencia mediante ambas formas de análisis (estática y dinámica). O sea, en su caso la convergencia no solo es producto de un efecto de frontera sino que se basa en una mejora clara de su eficiencia técnica pura o real.

Para otras regiones de menor nivel de eficiencia los resultados de las dos formas de análisis no coinciden, aunque ello no implica que sean opuestos o contradictorios. El análisis estático señala una mejora continua del IE global de Cantabria,

Castilla y León, Castilla-La Mancha y Galicia, pero esta tendencia no se ha visto acompañada –según el análisis dinámico– por una mejora de su eficiencia técnica pura o real. Es decir, su nivel de eficiencia se ha acercado al nivel máximo estático en todo el período analizado, sin embargo, si esta frontera de eficiencia se considera cambiante, esta convergencia se basa en una pérdida de eficiencia de los líderes, o sea, en un efecto de frontera.

Respecto a las regiones líderes, ambos análisis confirman la pérdida de eficiencia de la Comunidad Valenciana y sobre todo de La Rioja. Los análisis estáticos indican una pérdida de eficiencia muy clara en el caso de La Rioja y muy pequeña en el caso de la Comunidad Valenciana. Pero, como se ha explicado, el análisis dinámico muestra una pérdida de eficiencia que, –en el caso de las líderes– se refleja como un efecto negativo del cambio de la frontera.

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. Es verdad que el cuadro A.7.1 (incluida en el Anexo B) refleja diferencias claras para los líderes en eficiencia, pero esto se debe a las propias limitaciones del método DEA, el cual tiende a sobreestimar el número de DMU sobre la frontera eficiente en el caso de que existan pocas DMU (17) respecto al número de *inputs* (4) y *outputs* (5) analizados (Coelli *et al.*, 2005), lo que implica que los resultados de estas regiones no se deben interpretar como diferencias reales. Dicho de otro modo, ambas formas de análisis –estática y dinámica– llegan, como no puede ser de otra forma, a conclusiones muy parecidas.



**8**

**PAUTAS EN LA EVOLUCIÓN  
DE LA INEFICIENCIA DE LOS SISTEMAS  
REGIONALES DE INNOVACIÓN  
ESPAÑOLES**



## ■ 8.1. INTRODUCCIÓN

Una vez analizada la evolución de la eficiencia científico-tecnológica de los sistemas regionales de I+D, conviene enfocar la cuestión de forma complementaria y desde la perspectiva opuesta, es decir, analizando las ineficiencias de las distintas regiones. Este cambio de perspectiva permite además, detectar posibles pautas compartidas en la distribución y comportamiento de estas ineficiencias entre diferentes regiones, de forma que pudieran diseñarse medidas de optimización aplicables a un conjunto de ellas.

Es este sentido, la metodología del Análisis Envolvente de Datos DEA, usado para calcular los índices de eficiencia técnica en la generación de resultados científicos y tecnológicos a partir del esfuerzo aplicado por cada uno de los elementos (factores) de los Sistemas Regionales de Innovación en España, también nos permite identificar las causas de las ineficiencias para aquellos Sistemas que no se ubicaron sobre la frontera eficiente. Las causas de las ineficiencias, por lo tanto, pueden ser asignadas a los sobre esfuerzos realizados por cada uno de los componentes del *input* de los SRI utilizados en este estudio, a saber: Empresas Innovadoras, AA.PP., Universidades y Plan Nacional de I+D.

El cálculo del ahorro de esfuerzos para cada uno de los SRI en España es relativamente simple. Si se resta a la unidad los puntajes de eficiencia obtenidos para cada una de las regiones a través del DEA<sup>99</sup>, se obtienen sus contrapartes, los puntajes de ineficiencia para cada región. Este puntaje de ineficiencia (en tanto por ciento) se pondera por cada una de las cantidades de inputs (componentes de los SRIs) utilizadas, obteniéndose los porcentajes de reducción de esfuerzo para cada uno ellos, no sin antes considerar la existencia de holguras para cada *input*.

Las holguras en los *inputs* surgen por la propiedad de convexidad asumida en el problema de programación lineal del DEA, lo que implica, en el caso de dos *inputs* por ejemplo, que las medidas radiales de eficiencia pueden pasar por puntos que indiquen cantidades de *inputs* que se encuentren en la parte paralela a los ejes de las coordenadas, lo que indicaría que se podría generar el mismo *output* reduciendo aún más ese *input*, reducción equivalente justamente a esa holgura. Por este motivo, el cálculo de la ineficiencia no solo debería considerar la distancia radial del

<sup>99</sup> Tanto para el caso de frontera intertemporal constante como para el caso de frontera intertemporal variable.

punto ineficiente a la frontera, sino considerar además, la posibilidad de estar en la parte no convexa de la frontera<sup>100</sup>, es decir, estar ante la presencia de holguras en algunos de los *inputs*. En los casos de múltiples *inputs*, como el aquí presentado, el tema de las holguras cobra especial relevancia, ya que la probabilidad de aparición de estas es mucho mayor (Coelli *et al.*, 2005). Es la existencia de estas holguras en los *inputs* (expresadas como proporción de cantidad de *inputs* usados en tanto por ciento), la que produce que la reducción de esfuerzo no sea equiproporcional entre todos los *inputs*, y por lo tanto, puedan identificarse aquellos *inputs* que son más acuciantes en términos de reducir el esfuerzo y consiguientemente mejorar la eficiencia de los Sistemas Regionales de Innovación.

A partir de estos resultados, se ha reflejado gráficamente la reducción de *inputs* para cada región y cada año, considerando que el eje positivo de estos refleja la posibilidad de mejora en eficiencia por un menor esfuerzo en el uso de recursos por parte de cada uno de los elementos de los Sistemas Regionales de Innovación, y mostrándose en cuáles de estos, se debería poner mayor atención en términos de políticas públicas. Los gráficos de radar que se presentan a continuación se interpretan en términos de ineficiencia, donde un mayor valor porcentual implica un mayor nivel de ineficiencia. De hecho en aquellos gráficos referidos a regiones en la frontera de eficiencia el valor de ineficiencia es igual a “cero”, por lo que algunos de sus gráficos están vacíos.

Habida cuenta de la detallada exposición numérica presentada en los capítulos previos, y a fin de facilitar la lectura de este, en el presente capítulo hemos optado por una presentación exclusivamente gráfica. Para ello se recoge la evolución por comunidades autónomas de la ineficiencia para tres de los años estudiados –a saber, 2000, 2006 y 2012–. Es decir, se muestran en los gráficos a continuación, primero la comparación de las ineficiencias (por *input*) del primer y último año de la serie, así como un año intermedio con fronteras variables –verbigracia, trabajando con tres fronteras diferentes (gráficos a la izquierda)– y en paralelo se muestran los datos para cada uno de estos mismos años a base de una única frontera conjunta (frontera constante, gráficos derechos). Conviene tener en mente a la hora de interpretar los siguientes gráficos dos cuestiones: por una parte, que en el modelo de una frontera anual (variable), al ser menor la ratio entre *inputs* y *outputs* con respecto al número de DMU, el modelo con frontera variable tiende a situar más unidades de análisis en la frontera de eficiencia –se trata de una consecuencia inherente al planteamiento matemático del DEA, debido a los menores grados de libertad–, por lo que el número de unidades con “ineficiencia cero” es mayor (siete casos) que en el análisis conjunto de una frontera (dos casos); en segundo lugar, ha de tenerse en cuenta que a la hora de presentar los datos de la ineficiencia en el presente capítulo, no diferenciamos entre los cambios de la ineficiencia debidos a alteraciones de los rendimientos de las unidades y los debidos a desplazamientos

<sup>100</sup> En términos microeconómicos, se hablaría de estar en la parte técnicamente no eficiente de la isocuenta, donde la relación marginal de sustitución técnica (RMST) entre los factores productivos no es decreciente.

de la frontera científico tecnológica, puesto que esta ya ha sido objeto de un análisis pormenorizado en el capítulo anterior.

## 8.2. EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN, 2000-2006-2012

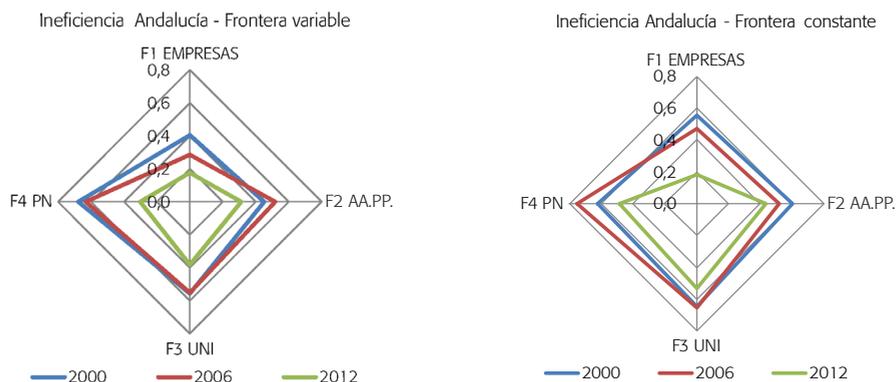
Como se puede apreciar en el gráfico 8.1, independientemente del modelo, el caso de *Andalucía* presenta una evolución de la eficiencia muy similar, si bien más acentuada al trabajar con una única frontera para todo el período. En ambos casos, se observa una disminución general de la ineficiencia a lo largo del período estudiado, más notable en los factores *Empresas* y *Plan Nacional*. Sin embargo, se evidencia que Andalucía no ha sido capaz de reducir en igual medida la ineficiencia de su sistema universitario, que puede considerarse aún el eslabón más débil –en términos de eficiencia– de su sistema de I+D.

Por el contrario, el caso de *Aragón* es uno de los que en ambos casos se sitúa en la frontera de la eficiencia, salvo por una marginal ineficiencia en el segundo modelo en 2006.

La *Comunidad de Cantabria*, por su parte, se inserta en el grupo de aquellas regiones que, aún cumpliendo con la tendencia general de disminución de la ineficiencia –hasta el punto de situarse en la frontera de eficiencia en 2012– presentó una fuerte asimetría en el factor *Plan Nacional*, más destacada si cabe (en términos relativos), en el modelo de frontera única.

Gráfico 8.1

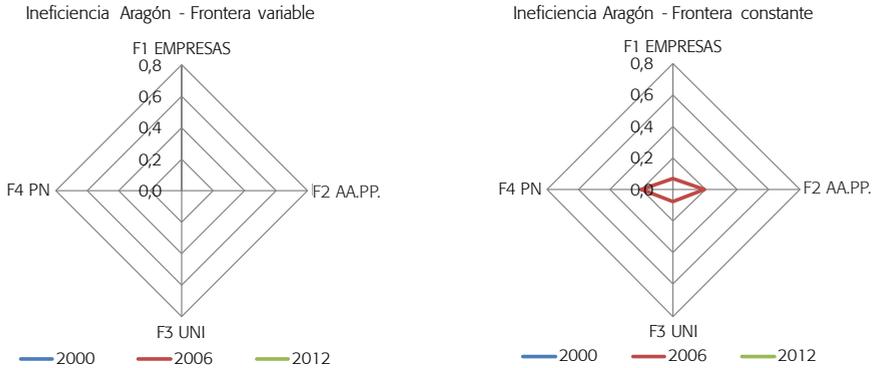
### EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN ANDALUCÍA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.2

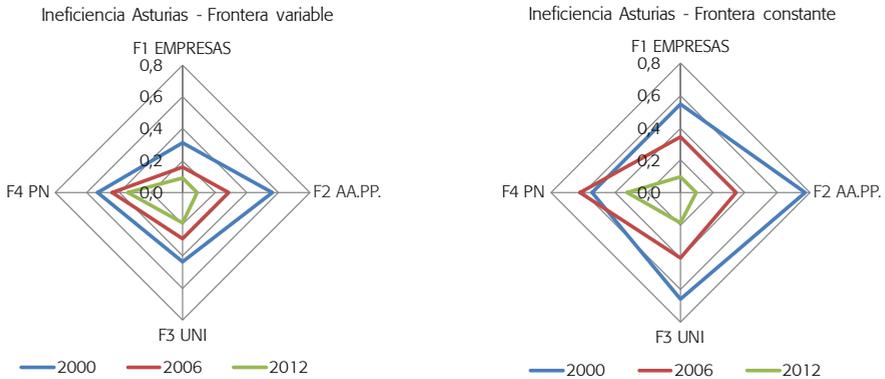
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN ARAGÓN



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.3

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN ASTURIAS



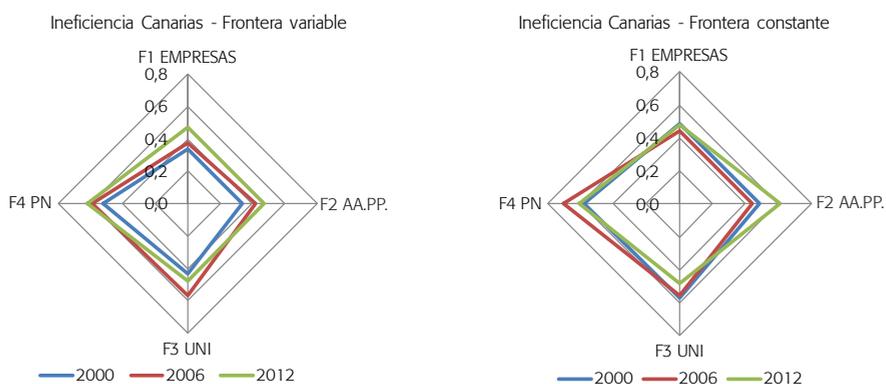
Fuente: Elaboración propia.

En *Castilla y León*, por el contrario, se detecta un comportamiento atípico, en tanto que la región experimenta –tal y como ocurre en los restantes casos, de forma más acentuada en el modelo de frontera única– una expansión de su ineficiencia al pasar del año 2000 a 2006. No obstante, cabe señalar que vuelve a la pauta general durante el último tramo del período estudiado, presentando un modelo de ineficiencias equilibradas en torno al 20%.

Similares valores son los que presenta *Castilla-La Mancha* en el año 2012 –con una leve asimetría, dada la algo mayor ineficiencia del factor *Universidad*– otra región que ha logrado reducir sus ineficiencias con respecto a 2000 y 2006, en los que las ineficiencias de los restantes factores rondaba el doble (es decir, alrededor del 40% en el modelo de frontera única), si exceptuamos el factor *Plan Nacional*, que en 2006 experimentó un pico de ineficiencia aún mayor.

Gráfico 8.4

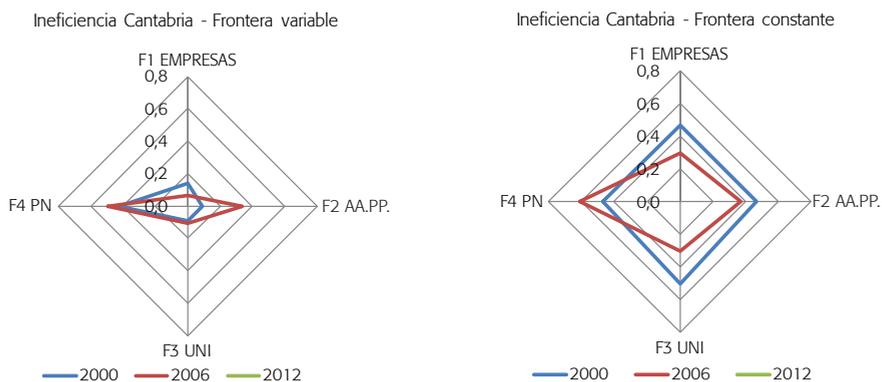
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN CANARIAS



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.5

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN CANTABRIA

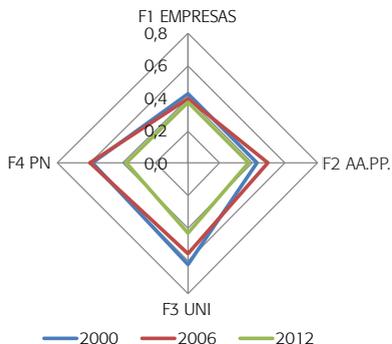


Fuente: Elaboración propia.

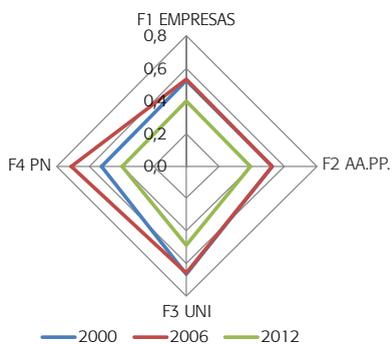
Gráfico 8.6

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN CASTILLA Y LEÓN

Ineficiencia Castilla y León - Frontera variable



Ineficiencia Castilla y León - Frontera constante



Fuente: Elaboración propia.

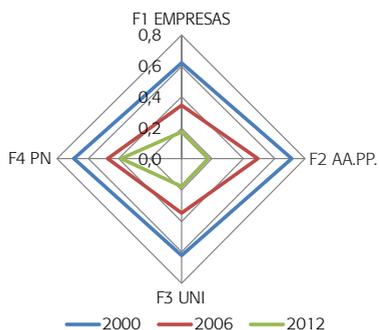
En cuanto a la situación de *Cataluña*, cabe señalar que, tratándose de una de las regiones sobre las que pivota la frontera de eficiencia en los tres años aquí estudiados, obviamente no se manifiesta ineficiencia alguna.

Parecida situación se da, tal y como ha quedado patente en el análisis descriptivo de los anteriores capítulos, tanto la *Comunidad Autónoma de Madrid* como la *Comunidad Foral de Navarra*, dos regiones sobre las que se asienta la frontera

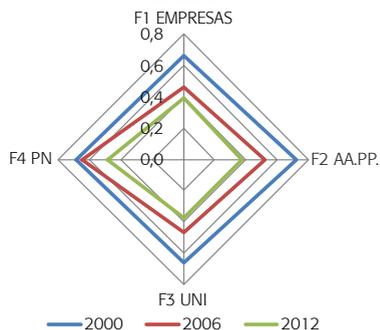
Gráfico 8.7

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN CASTILLA-LA MANCHA

Ineficiencia Castilla-La Mancha - Frontera variable



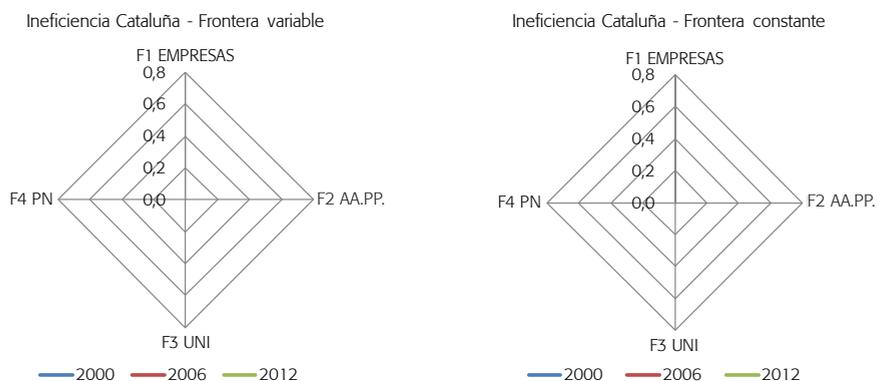
Ineficiencia Castilla-La Mancha - Frontera constante



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.8

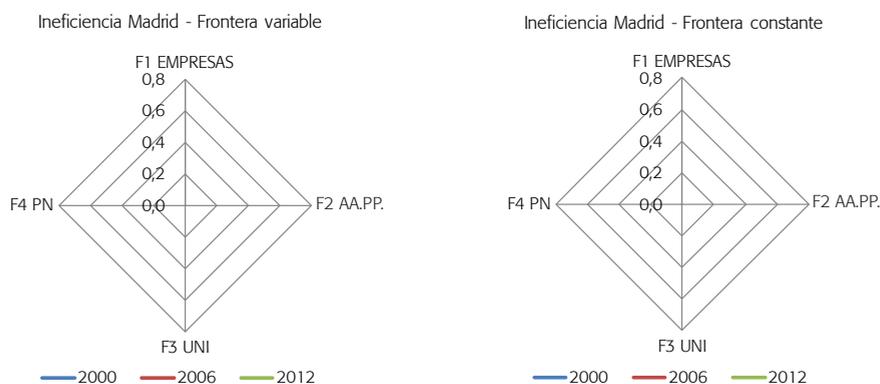
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN CATALUÑA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.9

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN MADRID



Fuente: Elaboración propia.

de eficiencia, por lo que no presentan ineficiencias (salvo una marginal en el caso de Navarra en 2006 en el modelo de frontera única).

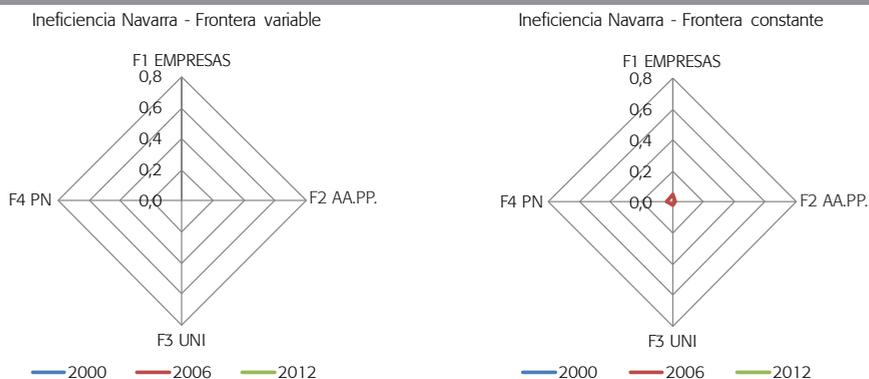
Por el contrario, el caso de la *Comunidad Valenciana* viene a representar una situación intermedia, dado que en el modelo de frontera variable la región se sitúa en el máximo nivel de eficiencia. No obstante, en el modelo de frontera única, sí se presenta una ineficiencia en el año intermedio, que además se incrementa sig-

nificativamente en el final de la serie, con valores en torno al 20% en los factores *Administración pública*, *Universidad* y *Plan Nacional*.

Más singular en su interpretación resulta el análisis de la ineficiencia de *Extremadura*. Como se desprende del gráfico 8.12, la región presenta en ambos modelos unas importantes ineficiencias, más notable, en el caso de la frontera única. Sin embargo, cabe resaltar que a lo largo del período estudiado en los dos modelos se evidencia una reducción de la ineficiencia –que aún así se sitúa próxima al 40%– salvo en el factor *Administración pública*, donde esta reducción no se evidencia en el último año.

Gráfico 8.10

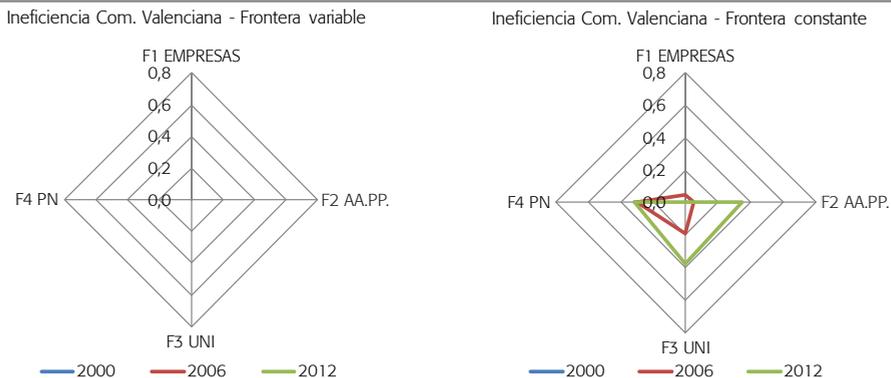
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN NAVARRA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.11

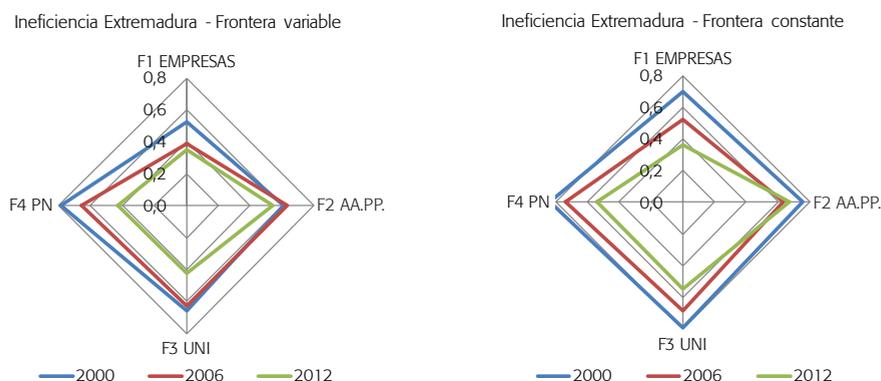
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN LA COMUNIDAD VALENCIANA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.12

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN EXTREMADURA



Fuente: Elaboración propia.

*Galicia*, por su parte, aunque sigue la pauta general de reducción de la ineficiencia a lo largo del período de estudio, aún presenta en 2012 una cierta ineficiencia en todos los factores, cuyos valores oscilan –para el modelo de frontera única– entre poco más del 10% (*Empresas y Administración pública*) y el 20% (*Plan Nacional y Universidad*). El comportamiento en el caso del modelo de fronteras variables, resulta algo más errático, mostrando primero una expansión, seguida de una contracción, si bien no se experimenta mejora alguna en los factores *Empresas y Universidad*.

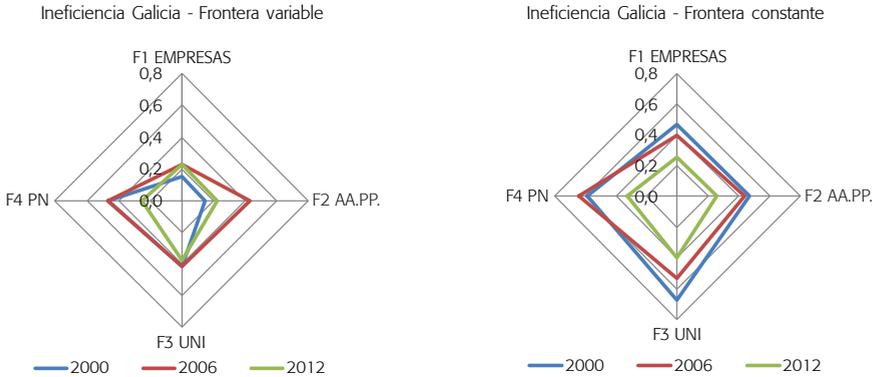
Un caso particular es el del sistema regional de I+D de las *Islas Baleares*. Observando el gráfico 8.14 se detecta –centrando nuestra atención en el modelo de frontera única– que si bien la región ha experimentado un descenso de la ineficiencia general de los diferentes factores entre 2006 y 2012, no es menos cierto que, de 2000 a 2006 la ineficiencia total permaneció relativamente constante, notándose, eso sí, una mejora relativa del factor *Administración pública* por un empeoramiento equivalente del factor *Plan Nacional*. En los tres años estudiados, la región presenta una ineficiencia significativamente inferior en el factor *Universidades* que en los restantes.

El gráfico 8.15 permite observar que la región de *La Rioja* se sitúa en la mayoría de los años en la misma frontera de la eficiencia. Únicamente en el modelo de frontera única, se observa la aparición de una cierta ineficiencia, algo más acentuada en el factor *Administración pública*.

Similar situación se detecta en el caso del *País Vasco* (gráfico 8.16), si bien más marcada que en el anterior. El modelo de frontera constante, indicaría una significativa ineficiencia en el factor *Empresa* que, además, se detecta tanto en el

Gráfico 8.13

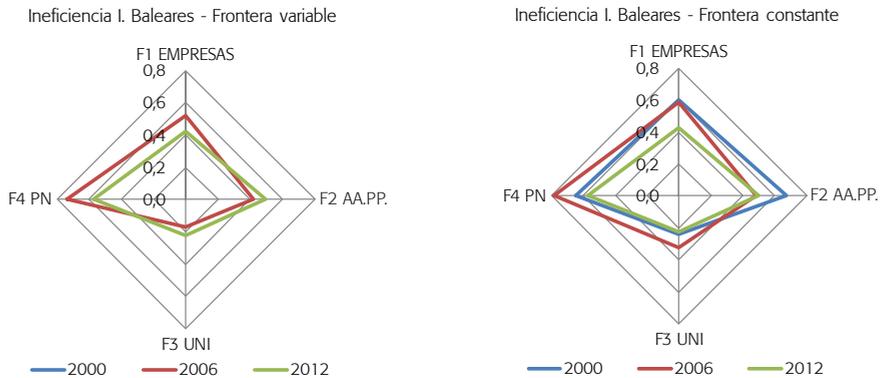
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN GALICIA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.14

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN ISLAS BALEARES

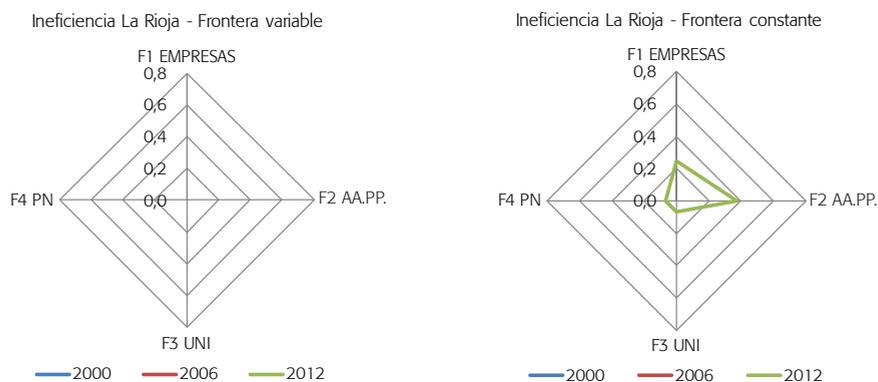


Fuente: Elaboración propia.

primero (2000) como en el tercero de los años estudiados (2012). No obstante, y puesto que en 2006 la región se situó en la frontera de la eficiencia, no se puede deducir de forma concluyente que exista una tendencia en la evolución de la ineficiencia del País Vasco, aunque la repetición de la pauta de ineficiencia sí parece apuntar una cierta inestabilidad de la *eficiencia empresarial* de esta región.

Gráfico 8.15

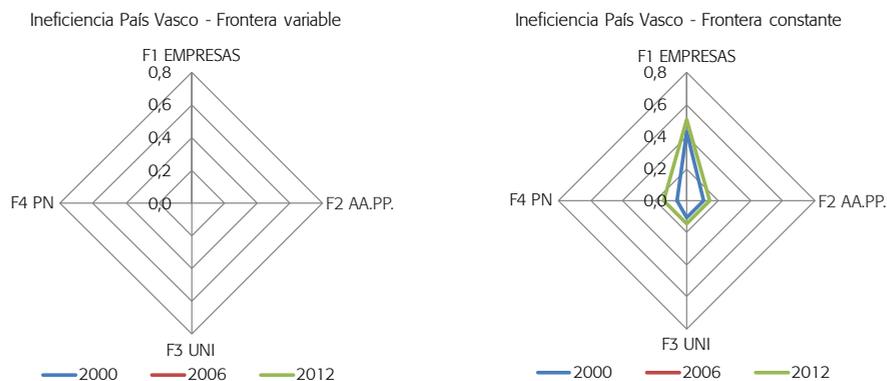
## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN LA RIOJA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8.16

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN EL PAÍS VASCO

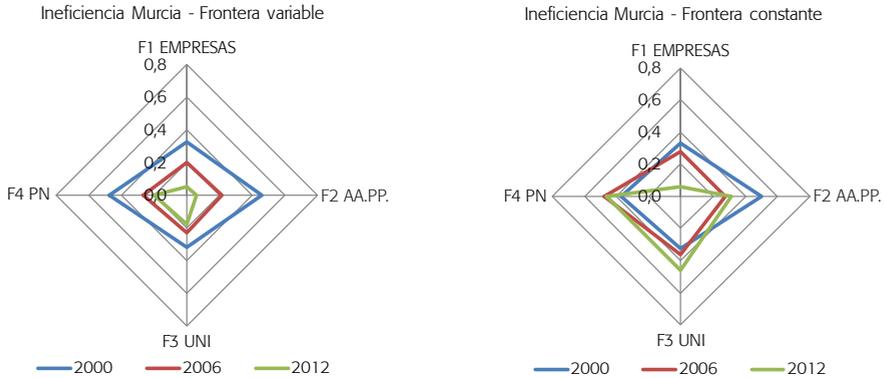


Fuente: Elaboración propia.

Por último, el gráfico 8.17 muestra los resultados obtenidos para la región de Murcia. En el caso del modelo de fronteras variables, queda patente una disminución continua de la ineficiencia de todos los factores a lo largo del período estudiado. No obstante, cabe resaltar que en el modelo de frontera única, la interpretación resulta algo menos inequívoca, salvo por la continua –y significativa– disminución de la ineficiencia del factor Empresa.

Gráfico 8.17

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA EN MURCIA



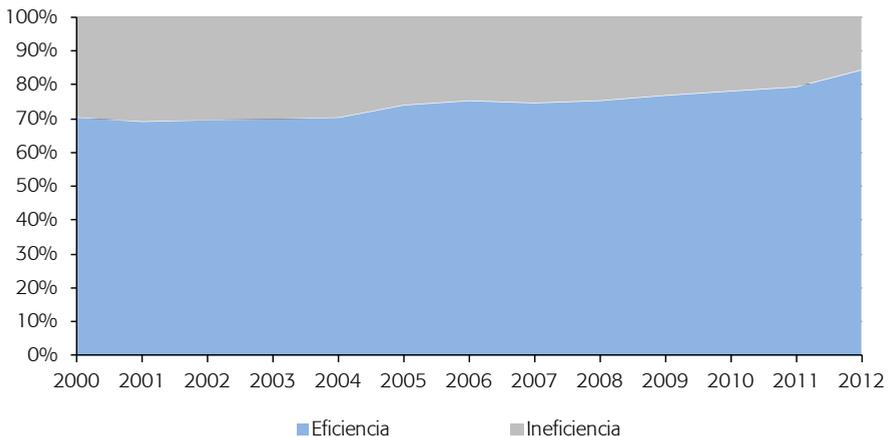
Fuente: Elaboración propia.

### 8.3. CAUSAS Y MEJORAS POTENCIALES DE LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN

En términos globales, los sistemas regionales de innovación en España han convergido a mayores niveles de eficiencia durante los últimos doce años que abarca nuestro estudio (2000-2012). Dicho en otros términos, la ineficiencia media

Gráfico 8.18

## EVOLUCIÓN DE LA INEFICIENCIA MEDIA DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE I+D ESPAÑOLES



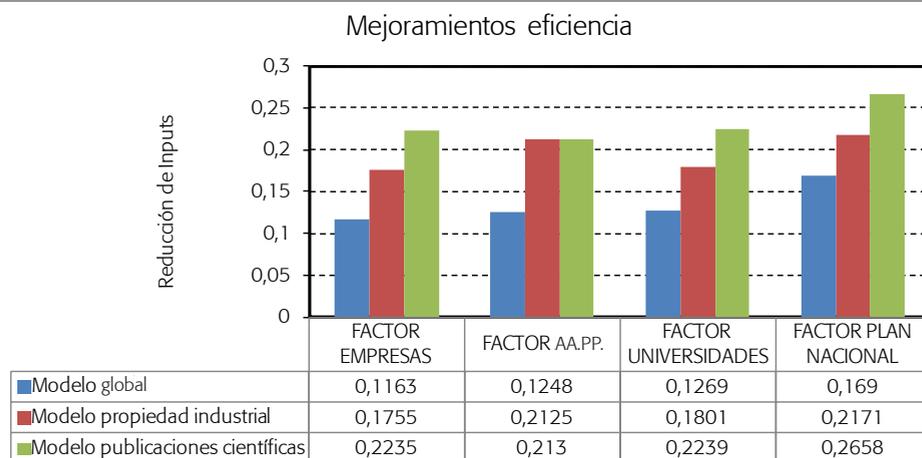
Fuente: Elaboración propia.

ha disminuido, pasando del 29,7% en 2000 al 16% en 2012 (gráfico 8.18). En consecuencia, se puede afirmar que, de media, los sistemas regionales de I+D españoles han convergido en términos de eficiencia a razón de algo más de un punto por año.

De acuerdo a los datos globales, y considerando el conjunto de las 221 unidades de análisis y una frontera única para todo el período de estudio, el análisis acerca de las causas de las ineficiencias experimentadas por los sistemas regionales de innovación puede establecerse a partir de la comparación de la potencial optimización (por vía de reducción) de cada *input* manteniendo el mismo nivel de *output* (modelo de orientación *input*).

Gráfico 8.19

### POTENCIAL OPTIMIZADOR DE LA EFICIENCIA



Fuente: Elaboración propia.

Tal y como pone de relieve el gráfico 8.19, las mayores reducciones de *input* deberían provenir del factor *Plan Nacional de ayudas a la I+D*, con un 17% en el caso del *Modelo Global de Eficiencia*, un 22% para el caso del *Modelo de Propiedad Industrial* (patentes y modelos de utilidad), y un 27% para el referido a la generación de publicaciones científicas.

Por su parte, en el *modelo global*, el segundo mayor aporte a la reducción de ineficiencias proviene del factor *universidades*, con un 13% de reducción potencial, seguido por los factores *Empresas y Administración Pública*, con un 12% cada uno.

Respecto al *modelo de propiedad industrial*, la mayor mejora potencial de eficiencia –como ya quedó dicho– provendría de reducir el factor *Plan Nacional* (22%), del factor *Administración Pública* (21%), así como de los factores *Empresas y Universidades* (ambos con un potencial de optimización del 18%).

Finalmente, en el *Modelo de publicaciones científicas*, la segunda mayor mejora –tras el factor *Plan Nacional* (con un 27%) provendría de los factores *Empresas* y *Universidades*, cada uno con un 22% de posible reducción (manteniendo idéntico nivel de *output*), seguido de cerca por el factor *Administración Pública* con un 21% de reducción.

Un análisis complementario, y que viene a reforzar los resultados anteriores, proviene del cálculo de los coeficientes de correlación (test de Pearson) entre los distintos insumos y los puntajes de eficiencia correspondientes a los diferentes modelos considerados en este estudio. De esta manera, es posible hacer una comparación respecto al grado de determinación de la eficiencia de los cuatro factores que configuran el sistema de innovación regional.

Cuadro 8.1

CORRELACIONES ENTRE FACTORES *INPUTS* Y EFICIENCIA

<i>Inputs</i>	Coeficientes de correlación							
	<i>Outputs</i>					Global	Patentes	Publicaciones
	Patentes EPO	Patentes nacionales	Modelos de utilidad	Publicaciones universidades	Publicaciones OPI y Otros	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
Factor Empresas	0,79***	0,72**	0,49***	0,49***	0,34***	0,66***	0,66***	0,51***
Factor AA.PP.	-0,07	0,10	-0,10	0,25***	0,77***	0,20***	-0,03	0,44***
Factor Universidades	0,23***	0,30***	0,09	0,62***	0,20***	0,15**	-0,02	0,36***
Factor Plan Nacional	-0,02	0,03	-0,22***	0,26***	0,05	0,01	-0,11*	0,22***

Notas: \*\*\*\* significativo al 1%; \*\*significativo al 5%; significativo al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el cuadro 8.1, el factor *Empresas* está altamente correlacionado –y de manera estadísticamente significativa– con las puntuaciones de eficiencia del *modelo global* y del *modelo de propiedad industrial* (0,66 en cada caso), e incluso, con el de *publicaciones científicas* (si bien con una correlación menor, de 0,55). Esto vendría a confirmar que el factor tiene fuerte influencia sobre el desempeño de los sistemas regionales de innovación en España.

Por su parte, el factor *Administración Pública* está altamente correlacionado con las puntuaciones de eficiencia del *modelo global* y del *modelo de publicaciones* (0,2 y 0,44, respectivamente), no resultando estadísticamente significativo en el caso del *modelo de propiedad industrial*. Similares resultados se obtienen en el

caso del factor *Universidades*, si bien con coeficientes algo menores respectivamente para los casos del *modelo global* y del *modelo de publicaciones* (0,15 y 0,36).

Finalmente, el factor *Plan Nacional de Apoyo a la I+D* solo está correlacionado significativamente con la puntuación de eficiencia del *modelo de publicaciones* (0,22), y no con la del *modelo global*, mientras que se correlaciona negativamente con la puntuación del *modelo de propiedad industrial* (-0,11) con un nivel de significatividad al 10%. Vendría esta conclusión a reforzar la hipótesis de que el *Plan Nacional*, en lugar de un factor coadyuvante de la eficiencia, se configura en la práctica como un elemento distorsionador de la eficiencia de los sistemas regionales de I+D.

Los resultados del último análisis que se presentan, tienen por objeto contrastar la aportación de cada uno de los factores a la eficiencia de los sistemas regionales de innovación, por vía de sendos modelos de regresión de datos de panel de efectos fijos, calculados sobre el conjunto de regiones y para los trece años de estudio.

Llevamos a cabo dicha estimación de efectos fijos –que se complementan con las de efectos aleatorios recogidas en el Anexo 8–<sup>101</sup> puesto que este procedimiento es el que permite diferenciar estructuras constantes en el tiempo entre cada una de las comunidades. De este modo, se obtienen en primer lugar los resultados mostrados en el cuadro 8.2 (para el caso del *modelo global*). En ella se aprecia

Cuadro 8.2

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO GLOBAL REGRESIÓN EFECTOS FIJOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor Empresas	5,166	1,956	2,64	0,009
Factor AA.PP.	-4,058	2,034	-1,99	0,047
Factor Universidades	11,264	1,682	6,70	0
Factor Plan Nacional	-0,664	0,734	-0,91	0,367
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
R <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,243			
<i>Between</i>	0,095			
<i>Overall</i>	0,109			

Fuente: Elaboración propia.

<sup>101</sup> En el Anexo 8 a este capítulo se incluyen las estimaciones con efectos aleatorios para los tres modelos y el correspondiente *test de Hausman*, que viene a validar el uso de efectos fijos para el caso del modelo global. (Se rechaza la  $H_0$  de que haya diferencias no sistemáticas entre ambas estimaciones, manteniendo la estimación consistente, que es la realizada con efectos fijos).

Cuadro 8.3

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO PATENTES REGRESIÓN EFECTOS FIJOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor Empresas	2,165	2,430	0,89	0,374
Factor AA.PP.	-12,991	2,527	-5,14	0
Factor Universidades	-1,490	2,090	-0,71	0,477
Factor Plan Nacional	0,948	0,912	1,04	0,3
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
R <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,188			
<i>Between</i>	0,000			
<i>Overall</i>	0,018			

Fuente: Elaboración propia.

que los únicos coeficientes estadísticamente significativos son los correspondientes a los factores *Empresas* y *Universidades*, así como –si bien con una significatividad menor– las *Administraciones Públicas*. Ha de observarse que este último factor presenta signo negativo, lo que apunta a que este componente del sistema regional de I+D, incide con una merma del 4% en la eficiencia global del sistema. Por su parte, el factor *Plan Nacional*, la principal fuente de ineficiencias de acuerdo a los análisis previos, no resulta estadísticamente significativo.

Cuadro 8.4

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO PUBLICACIONES REGRESIÓN EFECTOS FIJOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor Empresas	11,673	2,15	5,42	0
Factor AA.PP.	5,886	2,24	2,63	0,009
Factor Universidades	18,168	1,85	9,80	0
Factor Plan Nacional	-0,043	0,809	-0,05	0,957
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
R <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,624			
<i>Between</i>	0,419			
<i>Overall</i>	0,457			

Fuente: Elaboración propia.

En el *modelo de propiedad industrial*, tal y como se describe el cuadro 8.3, solo el factor *Administraciones Públicas* es significativo estadísticamente, pero también con un coeficiente negativo, más de tres veces mayor que en el caso del *modelo global*.

Finalmente, en el *modelo de publicaciones científicas* (cuadro 8.4), los factores *Empresas*, *Administraciones Públicas* y *Universidades* son altamente significativos (al 1%), contribuyendo todos de forma positiva con aportes positivos a la eficiencia de este modelo, siendo destacables los coeficientes de *universidades* ( $\beta=18,1$ ) y *empresas* ( $\beta=11,6$ ).

#### ■ 8.4. TIPOLOGÍA DE LAS INEFICIENCIAS EN LOS SISTEMAS REGIONALES DE I+D

Concluimos el análisis de la ineficiencia de los sistemas regionales de innovación describiendo una tipología que agrupe aquellas regiones que presenten pautas de ineficiencia similares entre sí y, a su vez, diferenciadas de las de las restantes. Una vez establecida la principal característica compartida por la mayoría de regiones —a saber, la convergencia entre ellas y la subsiguiente disminución de la brecha de ineficiencia científico-tecnológica interregional— establecemos, a partir del modelo de frontera única (preferido por los motivos estadísticos arriba enunciados) una clasificación de las ineficiencias categorizada en cinco grupos:

- (1) Regiones ineficientes, estancadas y sin una dinámica clara;
- (2) Regiones ineficientes pero convergentes;
- (3) Regiones parcialmente eficientes;
- (4) Regiones eficientes;
- (5) Regiones altamente eficientes.

A continuación se detallan brevemente los principales rasgos de cada una de ellas.

##### *Regiones ineficientes, estancadas y sin una dinámica clara*

En esta primera categoría, quedarían englobadas las *Islas Canarias* (gráfico 8.14) y la *Región de Murcia* (gráfico 8.17). Ambas comunidades autónomas muestran un comportamiento poco concluyente respecto a la posibilidad de que estén convergiendo a mayores niveles de eficiencia, y tampoco presentan una distribución de la ineficiencia que se concentre en algún factor particular, por lo que se puede hablar de una flaqueza de la eficiencia del sistema de I+D en su conjunto.

##### *Regiones ineficientes pero convergentes*

Esta categoría engloba el mayor número de regiones. Se trata de sistemas de innovación básicamente ineficientes —en algunos casos con puntajes paupé-

rimos— situadas en el tercio inferior de la escala de eficiencia. Sin embargo, son precisamente estas regiones —como es lógico al partir de una situación menos ventajosa— las que empujan la convergencia, aumentando la eficiencia media de España a lo largo del período estudiado. En consecuencia, ha de valorarse en general como positiva la evolución experimentada por las regiones aquí incluidas.

Pese a lo anterior, las fuentes de ineficiencia son bastante diferentes entre sí. En *Andalucía* (gráfico 8.1), partiendo de una situación en su origen más equilibrada, se observa, una ineficiencia concentrada en el año 2012 en el factor *Universidades*. Esta característica es compartida también por *Galicia* (gráfico 8.13).

En cambio, en el *Principado de Asturias* (gráfico 8.3), y para el año 2000, la principal fuente de ineficiencia proviene del factor *Administración Pública* (la región podría mantener un mismo nivel de *output* reduciendo este factor en prácticamente un 80%). No obstante, esta característica se revierte en los años 2006 y 2012, pasando a ser el factor *Plan Nacional*, el que toma el relevo como causa de ineficiencia más acusada.

En las *Islas Baleares* (gráfico 8.14), el origen de su ineficiencia se sitúa fundamentalmente en los factores *Administración Pública* y *Plan Nacional*, seguido por el factor *Empresas* y, solo en menor medida, el factor *Universidades*.

En cuanto a *Castilla y León* (gráfico 8.6), tras un aumento de las ineficiencias entre los años 2000 y 2006, debido en gran parte al factor *Plan Nacional*, converge hacia la eficiencia en el 2012, con una reducción de las ineficiencias, explicado por el aporte de los cuatro factores de manera equi-proporcional, situación similar a la que se evidencia en el caso de *Castilla-La Mancha* (gráfico 8.7).

Finalmente, la Comunidad Autónoma de *Extremadura* (gráfico 8.12), que también presenta convergencia hacia la eficiencia, y dentro de un alto nivel de ineficiencia general, destaca por ser aún más acentuada, la del factor *Administración Pública* en los años 2006 y 2012.

### **Regiones parcialmente eficientes**

Estas regiones registran en general buenas puntuaciones en sus niveles de eficiencia, alcanzando la frontera en al menos uno de los tres años aquí estudiados: quedaría integrado por la *Comunidad Valenciana* (que la alcanzó en el año 2000), el *País Vasco* (que se situó en la frontera en 2006), así como *Cantabria* (que lo hizo en 2012).

No obstante, y a pesar de esta similitud que justifica su agrupamiento, también se observan notorias diferencias respecto a las fuentes de ineficiencia. Así, en tanto que *Cantabria* (gráfico 8.5) hay un aporte a la misma similar por parte de los cuatro factores, en el año 2006 la principal fuente de ineficiencia resulta ser el factor *Plan Nacional*.

Por su parte, en la *Comunidad Valenciana* (gráfico 8.11), los factores ineficientes vienen a ser la *Universidad*, la *Administración Pública* y el *Plan Nacional*, mien-

tras que en el *País Vasco* (gráfico 8.16), tal y como ya ha quedado dicho, es el factor *empresas* en el que se localiza el origen de la principal ineficiencia del sistema

### ***Regiones eficientes***

Estas comunidades –todas las cuales se ubican en el norte del país– destacan por situarse en gran parte del período estudiado en la misma frontera de eficiencia, si bien presentan dinámicas diferenciadas. Así, *Navarra* (gráfico 8.10) únicamente presenta muy pequeñas ineficiencias en el año 2006, siendo la que más se aproxima a las comunidades más eficientes (Cataluña y Madrid).

Por su parte, *Aragón* (gráfico 8.2) también presenta ineficiencias en el año 2006, si bien notablemente más importantes que las del caso de Navarra, y que además se distribuyen de forma muy homogénea entre los cuatro factores.

Finalmente, *La Rioja* (gráfico 8.15), de los tres años aquí estudiados, solo presenta ineficiencias en el año 2012, empeorando su situación respecto a los años iniciales de la muestra, debido especialmente a los factores *Administración Pública* y *Empresas*.

### ***Regiones altamente eficientes***

Incluye las Comunidades Autónomas de *Cataluña* (gráfico 8.8) y *Madrid* (gráfico 8.9). Ambas comunidades destacan muy por encima del resto en cuanto a sus puntuaciones de eficiencia. Se trata de las regiones líderes españolas, las que configuran la ubicación de la frontera eficiente en cada uno de los tres años estudiados en esta sección.





**9**

## **CONCLUSIONES**



En el presente documento se ha llevado a cabo una estimación –y posterior análisis– del nivel de eficiencia relativa de los sistemas regionales de innovación españoles para el período comprendido entre 2000 y 2012. Dada la singular importancia que a la I+D y a la innovación le corresponden como elementos centrales de la competitividad, productividad y, por ende, del crecimiento económico y del nivel de empleo de una economía, resulta crucial estudiar en qué medida los recursos empleados por los agentes que configuran estos sistemas son aprovechados de forma óptima o si, por el contrario, intervienen en los procesos de producción con despilfarros.

El procedimiento de análisis empleado para alcanzar este fin, es el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por su acrónimo inglés) combinado con el método econométrico conocido como análisis factorial. El DEA es una técnica de estimación no paramétrica –es decir, basada en métodos de programación lineal– que permite evaluar la eficiencia de cada sujeto o Unidad Tomadora de Decisiones (DMU, por sus siglas inglesas) de un conjunto de datos con respecto a la frontera determinada por el conjunto de DMU. Este procedimiento, a pesar de presentar algunas limitaciones en lo referente a su capacidad inferencial, ha mostrado ser extraordinariamente útil como herramienta de evaluación no ya de la eficiencia empresarial sino también –con las correspondientes precauciones– de los sistemas de I+D y de innovación, teniendo en cuenta su gran flexibilidad funcional y la robustez de sus resultados.

Como paso previo al propio análisis DEA, se ha llevado a cabo un análisis factorial a fin de reducir el número original de variables regionales referidas a la I+D y a la innovación, a cuatro “variables sintéticas” (factores) que retienen el 84% de la varianza total contenida en los datos originales. De esta forma se obtienen –por métodos econométricos objetivos– cuatro factores fácilmente interpretables y que encajan adecuadamente con los elementos esenciales que configuran los sistemas de innovación descritos por la literatura teórica y empírica, a saber: las *Empresas innovadoras*, las *Administraciones Públicas* como agentes del sistema regional de I+D, las *Universidades* como agentes del sistema regional de I+D y un cuarto factor referido a las políticas científicas y tecnológicas, englobadas bajo el *Plan Nacional de I+D+i*. Estos cuatro factores son los empleados en el presente estudio como insumos a la hora de analizar el grado de eficiencia de las comunidades autónomas en materia de I+D, contraponiéndolas a los resultados científicos y de innovación, medidas en términos del número de *patentes*, número de *modelos de utilidad* y de número de *publicaciones científicas* de la región (todos ellos en términos per cápita).

El análisis de la eficiencia por medio del procedimiento DEA tal y como se emplea en el presente documento, permite desglosar la eficiencia técnica global en *eficiencia técnica pura* –que alude a la utilización óptima de los *inputs* en relación a los *outputs*– y *eficiencia técnica de escala* –que refleja si la unidad de decisión opera en el tramos de escala o dimensión óptima–; simultáneamente, se puede optar por analizar todos las DMU como un único conjunto de datos –*modelo de frontera intertemporal única*–, o calculando una frontera de eficiencia nueva por cada año de la serie –*modelo de frontera intertemporal múltiple*– en cuyo caso se podrá diferenciar, a su vez, en qué medida la variación interanual de la eficiencia relativa de una región se debe a un cambio en la *eficiencia técnica propia*, o a un *desplazamiento de la frontera general de eficiencia*. El modelo de frontera única corresponde, a un análisis estático, mientras que el de frontera anual equivale a uno de tipo dinámico (que se calcula por medio del denominado índice de Malmquist).

En consecuencia, el análisis se lleva a cabo siguiendo ambos enfoques, tanto el estático como el dinámico. En el primer caso, los resultados obtenidos indican que los sistemas regionales de I+D que más sobresalen son los de Cataluña (que se sitúa sobre la frontera de eficiencia en once de los trece años estudiados), Navarra y La Rioja (que lo hacen en nueve ocasiones), Madrid (que es plenamente eficiente en ocho años) y Aragón (que lo es en cinco ejercicios). En relación al trienio más reciente de la serie –que equivalen al inicio de la crisis–, se evidencia que son los sistemas de I+D de Madrid, Cataluña y Navarra los que resultan más eficientes (es decir, los que se sitúan sobre la misma frontera de eficiencia), seguidos por otras dos regiones muy próximas a la frontera (Aragón y la Comunidad Valenciana). El grupo de regiones con eficiencias relativas intermedias vendría constituido por Cantabria, La Rioja, el País Vasco, Asturias y Murcia. Los sistemas de I+D de Galicia, Andalucía y de las Islas Baleares se sitúan en un nivel de eficiencia relativa media-baja, en tanto que las más alejadas de la frontera corresponden a Canarias, Castilla y León, Castilla-La Mancha y Extremadura.

Respecto a la eficiencia tecnológica referida al sector productivo (medida en términos del número de patentes y de modelos de utilidad, ambas per cápita), destacan por estar en la frontera los sistemas de innovación de seis regiones, a saber: Aragón, Cataluña, La Rioja, Navarra, el País Vasco y la Comunidad Valenciana. Sin embargo, el análisis de los tres últimos años de la serie –que corresponden al inicio de la recesión– revela una imagen más matizada, siendo Aragón la que obtiene una puntuación más elevada, seguida de cuatro regiones que alcanzan entre el 70 y el 85% de eficiencia (La Rioja, Navarra, País Vasco y Madrid) y otras dos comprendidas entre el 50 y el 75% (Cataluña y la Comunidad Valenciana). El resto de comunidades autónomas no alcanzan el 50% de la eficiencia máxima definida por las regiones líderes. Como se puede observar, el rango entre las regiones más eficientes y las que menos, es en este caso mucho más acentuado que en el modelo global (*output* científico y tecnológico).

Por su parte, en el caso de la frontera científica (medida en términos de número de publicaciones científicas per cápita de la región), se observa una notable mejora

general a lo largo del período estudiado. En el subperíodo más reciente del estudio –el referido a la crisis–, se observa que tres regiones lideran la eficiencia científica: Cataluña, Madrid y Navarra. Les secundan, con eficiencias relativas de entre el 82 y el 86%, Aragón, Cantabria y Asturias. Otras seis regiones se sitúan entre el 65 y el 75%, en tanto que el resto presenta eficiencias relativas próximas o inferiores al 50%. Cabe señalar, que el rango entre las regiones más y las menos eficientes en materia científica es menor al del modelo global y al del modelo productivo.

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 el tamaño operativo –que, en nuestro caso, hay que interpretarlo no como un valor absoluto sino más bien en términos del esfuerzo de asignación de recursos a las actividades de creación de conocimiento en cada región– el 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 solo adquiere mayor relevancia a medida que nos acercamos más a la frontera de eficiencia. 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 es realizada 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 españolas. Esta aproximación entre los sistemas regionales de innovación 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 científica de los profesores en la enseñanza superior, al hacer depender la carrera académica de esos profesores de sus resultados de investigación.

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 documento, en este tipo de estudio conviene complementar el análisis estático con otro de corte dinámico. Este se lleva a cabo calculando del índice de Malmquist, que viene a evidenciar una clara convergencia a lo largo del período estudiado entre los sistemas regionales de I+D más eficientes y los más rezagados, si bien los datos obtenidos parecen apuntar en principio a que esta convergencia pudiera ser fruto 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.

Mas la evaluación de la eficiencia científico-tecnológica de los sistemas regionales de I+D 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: Islas Canarias y la Región de Murcia. (b) Los *sistemas ineficientes pero convergentes*, tal que son: Andalucía, Galicia, el Principado

de Asturias, las Islas 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 comparativa internacional de las macromagnitudes relevantes (tales como el gasto en I+D sobre el PIB), estableciendo como objetivo prioritario el de alcanzar determinadas metas en estas variables –que, además, con frecuencia resultan ser inalcanzables en la práctica–, sino el de garantizar el que 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 aquellos 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 las herramientas de política tecnológica y del rendimiento de los sistemas regionales de innovación 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 básica y la aplicación a productos novedosos comercializables– de la que adolecen los sistemas regionales de I+D 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 sistemas regionales de innovación 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 solo 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 (1962b), 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 señalar 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 sólo es conveniente gastar más –si se hace de forma ineficiente, todo esfuerzo resultará neutralizado, al menos fuertemente mermado, desde su resultado económico– sino mejor.



**10**

## **ANEXOS**





## **ANEXO CAPÍTULO 5**





## **ANEXO A: PUNTUACIONES FACTORIALES Y VALORES DE LAS VARIABLES**



Cuadro A5.1

## FACTOR 1: EMPRESAS

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	Pais Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	2,92	3,19	3,55	5,12	4,24	3,98	3,87	4,10	3,08	3,26	2,46	4,49	3,44	4,22	2,86	3,27	3,14
2001	2,89	3,18	3,73	5,63	4,71	4,10	3,95	4,39	3,22	3,21	2,26	4,83	3,38	4,06	2,85	3,35	3,19
2002	3,11	3,26	4,01	5,66	4,72	4,23	4,12	4,49	3,31	3,20	2,42	5,02	3,45	4,12	3,00	3,36	3,08
2003	3,17	3,41	3,79	5,77	5,02	4,46	4,12	4,49	3,44	3,34	2,44	4,91	3,40	3,97	2,99	3,29	3,09
2004	3,20	3,57	3,85	6,11	5,01	4,56	4,22	4,56	3,52	3,32	2,78	5,01	3,39	3,97	3,00	3,20	3,06
2005	3,35	3,59	3,95	6,14	5,15	4,58	4,25	4,68	3,59	3,31	2,57	4,93	3,41	4,07	2,95	3,28	3,07
2006	3,50	3,69	3,68	6,36	5,57	4,79	4,40	4,88	3,74	3,41	2,59	5,05	3,47	3,86	2,98	3,28	3,12
2007	3,76	3,86	3,77	6,85	5,61	4,79	4,53	4,93	3,90	3,55	2,62	5,09	3,58	3,87	2,99	3,42	3,09
2008	3,70	3,84	3,81	7,11	6,11	4,98	4,74	4,98	4,04	3,41	2,62	5,16	3,72	3,86	2,98	3,41	3,15
2009	3,57	3,76	3,66	6,99	6,08	4,96	4,60	4,81	3,99	3,74	2,46	4,93	3,58	3,72	3,02	3,38	3,15
2010	3,84	3,92	3,72	6,99	6,25	5,12	4,64	4,84	4,06	3,61	2,70	4,96	3,61	3,62	2,97	3,33	3,23
2011	3,92	4,07	3,75	7,30	6,32	4,99	4,67	4,86	4,23	3,80	2,82	4,93	3,66	3,70	3,04	3,32	3,28
2012	3,90	4,10	3,75	7,33	6,24	4,88	4,51	4,87	4,17	3,73	2,80	4,88	3,68	3,71	3,09	3,37	3,31

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.2

## PERSONAL EN I+D DE LAS EMPRESAS (EQUIVALENCIA A DEDICACIÓN PLENA) ‰ SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	1,20	2,10	0,90	6,80	3,10	2,00	3,50	6,10	1,50	1,40	0,80	4,50	2,50	0,14	1,60	1,10	0,40
2001	1,10	1,10	1,30	7,80	5,20	2,00	3,00	5,50	1,90	0,70	0,20	4,80	1,60	0,20	1,10	1,40	0,40
2002	1,80	1,60	1,50	8,30	5,40	2,60	3,30	6,10	2,20	1,00	0,50	5,60	2,20	0,40	1,20	1,50	0,60
2003	2,50	1,60	1,20	9,00	7,00	3,70	3,30	6,20	2,80	1,30	0,90	5,90	2,50	0,30	1,90	1,70	0,40
2004	2,50	2,00	1,40	10,10	7,80	4,10	3,50	6,30	3,10	1,10	0,80	6,50	2,90	0,60	1,60	1,60	0,50
2005	2,40	2,20	1,60	9,80	8,10	3,50	3,60	6,90	3,10	1,10	0,80	6,00	2,60	0,80	1,60	2,10	0,80
2006	2,60	2,60	1,90	10,10	10,10	4,00	4,20	7,30	3,30	1,10	0,90	6,20	2,70	0,50	1,90	2,00	0,90
2007	2,70	3,10	2,50	11,60	9,10	3,90	4,10	7,00	3,70	1,50	0,60	6,40	2,80	0,80	1,80	2,50	0,70
2008	3,00	3,20	2,50	12,50	10,40	4,60	4,30	7,50	4,00	1,70	1,10	6,90	3,30	0,80	2,00	2,20	0,80
2009	2,90	3,50	3,10	13,40	11,20	4,70	4,60	7,90	4,10	1,90	0,90	7,00	3,50	0,60	2,40	2,40	0,80
2010	3,30	3,70	3,00	12,80	10,20	4,90	4,60	7,90	4,00	2,00	1,10	6,60	3,50	0,70	2,60	2,80	1,00
2011	3,30	3,90	3,00	13,70	10,10	5,00	4,40	7,60	4,00	2,10	1,20	6,30	3,60	0,60	2,70	2,60	0,90
2012	3,40	3,80	2,90	14,80	9,60	5,30	4,40	7,60	4,40	2,10	1,40	6,80	3,70	0,50	2,70	2,80	0,90

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.3

## PERSONAL EN I+D DE LAS EMPRESAS (Nº DE PERSONAS) ‰ SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	1,42	2,67	1,32	8,02	3,70	4,80	3,85	6,77	1,74	1,80	1,60	5,16	2,97	0,19	1,89	1,26	0,50
2001	1,30	1,40	1,90	9,20	6,20	4,80	3,30	6,10	2,20	0,90	0,40	5,50	1,90	0,20	1,30	1,60	0,50
2002	2,50	2,30	1,90	10,30	7,50	6,20	4,30	7,40	2,90	1,40	0,70	7,50	3,00	0,60	1,70	2,10	0,70
2003	3,30	2,30	1,90	11,10	10,20	8,10	4,20	7,40	3,70	1,60	1,10	7,50	3,30	0,40	2,30	2,50	0,40
2004	3,50	3,70	2,30	12,80	11,80	9,10	4,80	8,00	4,10	1,40	0,90	8,30	3,70	0,80	2,10	2,30	0,50
2005	3,50	3,10	2,50	12,80	11,60	7,60	4,80	8,40	4,10	1,60	1,40	7,60	3,90	1,00	2,10	3,00	0,90
2006	4,20	3,90	3,00	13,50	14,30	9,60	6,00	9,00	4,90	1,80	1,30	8,30	4,00	0,80	2,60	2,80	1,20
2007	5,00	4,30	3,80	16,30	13,60	9,80	6,10	9,50	5,70	2,40	1,30	8,50	4,30	1,20	2,40	3,70	0,90
2008	4,90	5,20	4,00	17,70	15,50	10,40	6,80	10,00	6,50	2,60	1,90	9,50	5,00	1,20	2,90	3,40	1,10
2009	4,80	5,90	4,80	19,30	17,20	11,80	7,60	10,40	6,40	2,90	1,50	9,40	5,50	1,00	3,30	3,80	1,20
2010	5,60	6,60	5,30	18,10	16,80	11,50	7,10	10,30	6,70	3,00	1,90	8,90	5,70	1,00	3,60	4,10	1,50
2011	5,40	6,80	5,00	19,40	16,10	11,90	6,70	10,20	7,30	3,00	2,50	8,40	5,80	0,90	3,70	3,90	1,40
2012	5,50	6,50	4,70	21,30	15,30	11,40	6,70	10,40	6,90	3,00	2,50	9,20	5,60	0,80	3,80	4,50	1,30

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.4

## GASTO EN I+D DE LAS EMPRESAS (% SOBRE EL PIB)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	Pais Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	2,06	4,06	1,16	9,05	5,69	3,50	3,88	8,56	2,66	3,60	1,43	7,13	2,99	0,27	2,12	2,98	1,01
2001	1,88	2,78	2,18	10,24	6,90	2,70	3,57	9,07	4,27	1,16	0,58	6,92	1,83	0,23	1,65	2,86	1,14
2002	3,02	2,37	2,25	9,81	7,28	3,18	4,43	10,23	4,29	1,72	0,72	8,10	2,48	0,48	2,08	1,93	1,39
2003	3,36	2,75	1,74	10,74	9,69	3,95	4,01	9,69	4,61	1,75	0,79	8,48	2,86	0,36	3,22	2,96	0,86
2004	3,16	2,83	1,75	12,11	11,77	4,27	3,95	9,33	5,08	1,79	1,34	8,85	3,07	0,56	2,70	2,43	1,26
2005	3,71	3,35	1,83	11,74	11,13	4,35	4,44	10,46	5,03	1,75	1,61	8,61	3,65	0,64	2,69	3,21	1,38
2006	3,84	4,13	2,82	12,63	13,06	6,82	4,98	11,94	5,56	2,20	1,34	9,28	3,58	0,55	2,95	3,26	1,70
2007	5,54	4,24	3,43	15,61	12,51	7,24	4,93	11,38	6,64	2,83	1,25	9,37	3,74	0,80	3,78	4,53	1,47
2008	4,86	4,22	4,30	16,45	13,55	5,63	5,96	11,62	8,12	3,83	1,72	10,00	4,51	0,77	3,47	3,28	1,44
2009	4,16	4,21	4,40	16,38	15,12	6,01	6,36	11,28	6,09	3,24	1,19	9,93	4,47	0,60	3,53	3,39	1,17
2010	4,25	4,37	4,17	15,32	14,17	5,39	6,36	11,23	5,94	3,62	1,69	9,44	4,32	0,62	4,38	3,58	1,27
2011	4,55	4,38	3,68	16,43	14,65	5,46	5,08	10,96	5,64	3,98	1,66	8,92	4,25	0,53	4,22	2,99	1,20
2012	4,06	4,64	3,62	17,07	13,35	4,61	5,05	10,18	7,02	4,01	1,57	8,69	4,16	0,56	3,85	3,30	1,08

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.5

## STOCK DE CAPITAL TECNOLÓGICO EMPRESARIAL PER CÁPITA (MILES DE €)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,12	0,21	0,19	1,36	0,65	0,22	0,37	1,61	0,27	0,19	0,03	0,88	0,18	0,02	0,14	0,14	0,04
2001	0,13	0,23	0,22	1,40	0,69	0,25	0,40	1,58	0,27	0,20	0,03	0,92	0,20	0,03	0,15	0,16	0,04
2002	0,14	0,25	0,23	1,44	0,74	0,28	0,43	1,55	0,29	0,21	0,04	0,95	0,21	0,03	0,15	0,18	0,05
2003	0,16	0,27	0,23	1,50	0,80	0,31	0,46	1,55	0,31	0,21	0,05	0,99	0,22	0,03	0,16	0,20	0,07
2004	0,18	0,29	0,24	1,56	0,88	0,34	0,49	1,58	0,35	0,21	0,05	1,04	0,24	0,04	0,17	0,21	0,08
2005	0,21	0,30	0,24	1,63	1,00	0,37	0,51	1,60	0,40	0,21	0,06	1,09	0,25	0,04	0,19	0,22	0,09
2006	0,24	0,32	0,25	1,72	1,14	0,41	0,53	1,64	0,44	0,20	0,07	1,14	0,28	0,05	0,21	0,24	0,10
2007	0,28	0,34	0,25	1,82	1,30	0,46	0,56	1,68	0,49	0,21	0,08	1,20	0,30	0,05	0,22	0,26	0,11
2008	0,32	0,38	0,27	1,95	1,45	0,54	0,59	1,74	0,54	0,21	0,09	1,27	0,33	0,06	0,24	0,28	0,12
2009	0,37	0,42	0,30	2,13	1,61	0,63	0,64	1,83	0,61	0,23	0,10	1,35	0,37	0,07	0,27	0,31	0,14
2010	0,42	0,45	0,34	2,32	1,78	0,71	0,70	1,92	0,69	0,26	0,11	1,43	0,40	0,08	0,29	0,34	0,15
2011	0,47	0,49	0,38	2,51	1,94	0,77	0,77	2,00	0,75	0,29	0,12	1,50	0,44	0,08	0,32	0,36	0,15
2012	0,51	0,52	0,42	2,65	2,07	0,83	0,81	2,08	0,81	0,31	0,12	1,54	0,48	0,09	0,34	0,39	0,16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.6

## PIB PER CÁPITA (€ DE 2008)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	16.397	17.964	20.284	25.983	26.201	23.458	22.186	28.464	18.614	16.276	13.079	25.959	20.613	27.198	15.727	18.219	19.927
2001	16.903	18.590	21.036	26.674	26.717	23.646	22.784	28.916	19.072	16.703	13.374	26.667	21.208	27.002	16.185	18.672	20.238
2002	17.394	19.004	21.496	27.018	27.154	23.747	23.492	28.727	19.668	17.184	13.799	26.843	21.315	26.339	16.579	18.953	20.250
2003	17.875	19.493	21.615	27.513	27.543	24.235	24.028	28.893	20.202	17.580	14.183	26.971	21.312	25.866	17.072	19.245	20.496
2004	18.553	19.941	21.885	28.162	28.098	24.617	24.501	29.289	20.707	17.933	14.575	27.195	21.435	25.712	17.440	19.411	20.471
2005	19.192	20.579	22.335	28.979	28.581	25.003	25.084	29.980	21.258	18.375	15.052	27.412	21.610	25.850	17.772	19.760	20.613
2006	20.019	21.464	22.811	29.948	29.320	25.631	25.816	30.736	21.897	18.939	15.570	27.835	21.959	25.919	18.223	20.144	20.749
2007	20.792	22.126	23.181	30.664	29.828	26.245	26.587	31.196	22.526	19.525	16.115	28.028	22.069	26.022	18.564	20.498	20.899
2008	21.130	22.352	23.124	30.962	29.916	26.378	26.555	30.962	22.541	19.510	16.327	27.643	21.738	25.662	18.382	20.389	20.489
2009	20.389	21.219	22.064	29.675	28.543	25.097	25.408	29.842	21.911	18.522	15.772	26.435	20.256	24.177	17.527	19.094	19.326
2010	20.492	21.275	21.939	30.079	28.706	25.276	25.492	29.588	22.067	18.200	15.750	26.456	20.033	23.676	17.106	18.857	19.309
2011	20.429	21.426	21.731	30.235	28.989	25.590	25.407	29.662	22.397	18.151	15.605	26.336	19.764	23.746	17.052	18.590	19.265
2012	19.994	20.627	21.087	29.198	27.814	24.519	24.468	28.998	21.589	17.145	14.891	25.406	19.497	23.238	16.456	18.352	19.093

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.7

## PRODUCTIVIDAD (€ POR EMPLEADO A PRECIOS DE 2008)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	46.279	52.819	53.131	58.981	51.769	50.698	49.796	58.047	48.911	44.587	41.318	54.229	49.832	57.115	48.230	49.101	52.244
2001	46.275	53.059	52.902	59.015	52.244	50.700	50.282	57.842	49.024	44.559	41.693	55.076	50.763	56.250	48.163	48.783	51.992
2002	46.787	53.645	52.596	58.933	52.563	50.726	50.865	57.145	49.785	44.909	42.085	55.550	50.473	55.458	48.831	48.178	51.682
2003	46.901	53.205	52.362	58.739	52.982	51.542	51.688	57.127	50.041	45.380	42.311	55.436	50.125	54.759	48.761	47.941	51.628
2004	47.375	53.589	52.040	59.921	53.647	51.276	51.783	56.810	50.263	45.210	42.441	55.104	49.619	53.929	48.545	47.042	50.280
2005	47.311	53.061	51.533	60.144	53.458	52.660	52.118	56.733	50.034	45.462	42.478	54.684	49.467	52.119	47.782	47.092	49.649
2006	47.715	53.393	51.839	60.967	54.543	53.171	52.875	56.727	50.566	45.937	43.232	54.580	49.420	51.786	47.370	47.018	48.896
2007	47.867	53.452	51.899	61.666	54.540	54.574	53.881	57.473	51.091	46.506	43.927	54.646	49.532	51.332	47.283	46.911	48.261
2008	48.770	53.469	52.191	61.965	55.521	55.761	54.345	57.364	51.846	47.472	44.416	54.801	50.633	51.879	48.019	47.926	49.095
2009	50.236	54.902	53.712	62.884	57.403	57.269	55.813	58.623	53.147	49.284	45.539	56.172	52.600	52.795	49.635	49.261	51.222
2010	51.800	56.921	56.115	64.605	59.226	57.857	57.269	59.627	54.416	49.977	46.051	57.558	53.731	53.965	49.996	49.469	52.299
2011	52.653	57.585	56.632	66.311	60.644	59.186	58.404	60.946	55.726	51.321	46.799	58.325	54.490	55.794	51.081	50.181	53.627
2012	54.265	58.931	58.555	68.619	62.652	60.877	59.716	62.230	56.800	52.262	47.818	60.111	56.185	57.070	52.543	51.116	55.242

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.8

## APERTURA INTERNACIONAL (EXPORTACIÓN DE BIENES COMO % DEL PIB)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	25,5	12,1	18,6	29,3	44,2	16,8	25,9	12,4	23,8	8,7	6,6	28,1	25,1	5,5	12,1	21,0	3,5
2001	26,4	10,5	17,9	26,6	37,5	16,6	26,0	11,8	22,4	8,7	7,1	28,3	23,9	6,2	11,3	21,5	3,0
2002	25,9	11,4	16,9	25,4	35,7	16,2	24,5	11,1	20,1	8,6	10,0	26,8	23,7	6,6	10,6	21,2	2,5
2003	24,7	12,5	15,1	24,0	38,6	15,1	28,2	10,7	20,6	8,2	9,2	25,3	21,8	5,0	10,5	20,1	2,3
2004	24,1	12,8	16,2	26,1	34,7	14,9	27,0	10,4	20,5	8,6	7,9	24,8	20,9	5,5	11,3	18,0	2,3
2005	25,6	12,4	16,1	25,7	32,0	14,2	25,3	10,5	18,6	8,6	6,8	25,0	19,0	4,5	11,2	16,8	2,3
2006	28,3	14,7	16,5	27,9	33,4	14,1	24,2	10,2	17,6	8,4	6,1	25,5	18,7	4,7	11,5	16,1	3,3
2007	30,0	16,1	17,0	30,0	32,7	14,4	26,3	10,9	17,7	8,2	6,4	25,4	18,9	6,1	11,0	15,8	4,4
2008	27,2	13,4	18,1	30,6	34,9	15,2	24,5	11,3	17,0	8,3	7,1	25,2	18,0	5,4	11,3	15,8	5,3
2009	25,0	11,5	14,4	23,6	31,0	14,2	21,4	10,0	17,1	7,9	6,8	21,5	16,8	4,6	10,2	15,8	3,8
2010	26,4	15,0	17,9	27,8	41,3	16,3	25,4	11,4	18,9	9,1	7,3	25,2	18,7	3,4	13,3	18,0	4,9
2011	30,7	16,8	21,0	31,6	45,8	18,7	27,6	14,2	21,7	10,8	8,6	28,3	20,4	3,3	16,2	20,1	6,0
2012	30,1	17,5	21,6	33,0	40,7	18,8	27,0	15,1	21,6	12,0	10,2	30,6	21,4	3,9	18,2	33,6	6,4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.9

## FACTOR 2: ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	3,85	3,78	3,56	3,03	2,62	3,31	3,76	7,68	3,36	3,21	3,64	3,44	3,23	3,40	3,89	3,58	3,90
2001	3,77	3,89	3,67	2,96	2,51	3,31	3,93	7,48	3,30	3,25	3,59	3,36	3,27	3,41	3,97	3,67	3,84
2002	3,78	3,79	3,66	3,01	2,54	3,44	3,59	7,24	3,30	3,24	3,43	3,39	3,30	3,29	3,87	3,62	4,07
2003	3,81	3,81	3,81	3,00	2,52	3,45	3,76	7,14	3,39	3,29	3,60	3,55	3,38	3,41	4,06	3,62	4,05
2004	3,92	3,82	3,86	3,05	2,60	3,35	3,96	7,15	3,37	3,33	3,69	3,57	3,35	3,46	4,14	3,80	4,10
2005	3,91	3,86	3,90	3,04	2,63	3,37	4,10	7,24	3,38	3,40	3,78	3,76	3,55	3,53	4,22	3,78	4,32
2006	3,89	3,86	3,96	3,04	2,83	3,71	4,18	7,11	3,46	3,34	3,92	3,81	3,51	3,70	4,33	3,76	4,23
2007	3,88	3,91	3,96	3,01	3,09	4,03	4,18	7,28	3,45	3,44	4,10	3,93	3,57	3,72	4,38	3,69	4,26
2008	3,96	3,93	4,05	3,02	2,90	4,08	4,31	7,37	3,57	3,81	4,05	4,29	3,59	3,79	4,43	3,73	4,28
2009	4,25	4,10	4,33	3,36	3,29	4,63	4,45	7,78	3,62	3,68	4,59	4,87	3,83	4,04	4,61	3,89	4,41
2010	3,80	3,98	4,25	3,39	3,15	4,92	4,55	7,86	3,65	3,79	4,47	4,95	3,87	4,38	4,63	3,92	4,41
2011	3,80	4,11	4,36	3,46	3,25	5,08	4,55	7,83	3,68	3,80	4,42	5,07	3,82	4,27	4,52	4,04	4,47
2012	3,59	4,09	4,37	3,51	3,39	5,37	4,68	7,84	3,75	3,87	4,39	5,13	3,82	4,40	4,48	3,93	4,53

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.10

## PERSONAL EN I+D DE LAS AA.PP. (EQUIVALENCIA A DEDICACIÓN PLENA) ‰ SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	1,00	1,00	0,60	0,40	0,30	0,60	1,10	5,20	0,60	0,30	0,80	1,00	0,70	0,50	1,20	0,90	0,90
2001	0,90	1,10	0,70	0,40	0,20	0,60	1,50	4,90	0,50	0,30	0,70	0,90	0,70	0,40	1,30	1,10	0,90
2002	0,90	1,10	0,70	0,40	0,20	0,80	1,00	4,50	0,50	0,30	0,60	1,00	0,70	0,40	1,10	0,80	1,10
2003	1,00	1,10	0,90	0,50	0,40	0,90	1,10	4,40	0,70	0,30	0,90	1,20	0,80	0,40	1,30	0,90	1,10
2004	1,10	1,00	1,00	0,60	0,50	0,80	1,40	4,30	0,70	0,40	0,80	1,30	0,80	0,50	1,30	1,10	1,20
2005	1,10	1,10	1,00	0,60	0,70	0,80	1,60	4,60	0,70	0,40	0,90	1,50	1,00	0,60	1,40	1,10	1,50
2006	1,10	1,20	1,30	0,70	0,90	0,90	1,80	4,60	0,90	0,40	0,90	1,60	1,00	0,80	1,50	1,20	1,50
2007	1,10	1,20	1,30	0,80	0,90	1,40	1,80	4,80	0,80	0,50	1,00	1,80	1,10	0,80	1,70	1,10	1,40
2008	1,20	1,40	1,50	0,80	1,00	1,60	2,00	4,90	0,90	0,60	1,20	2,20	1,20	0,90	1,80	1,10	1,60
2009	1,50	1,70	1,90	1,00	1,30	2,10	2,20	5,40	1,00	0,70	1,50	2,90	1,50	1,10	2,10	1,40	1,70
2010	1,60	1,60	1,70	1,10	1,30	2,40	2,40	5,50	1,10	0,80	1,70	3,00	1,60	1,40	2,10	1,40	1,70
2011	1,58	1,56	1,80	1,20	1,40	2,30	2,40	5,20	1,06	0,84	1,70	3,00	1,60	1,20	2,00	1,22	1,70
2012	1,57	1,70	1,80	1,40	1,40	2,30	2,30	5,00	1,00	0,84	1,70	3,20	1,40	1,10	2,00	1,10	1,60

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.11

## PERSONAL EN I+D DE LAS AA.PP. (Nº DE PERSONAS) ‰ SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	3,00	1,10	0,90	0,80	0,70	1,30	1,50	6,00	1,10	0,40	0,90	1,30	0,90	0,70	1,40	0,90	1,20
2001	3,00	1,20	1,20	0,90	0,40	1,40	1,80	5,90	1,00	0,50	0,80	1,20	1,00	0,90	1,50	1,20	1,10
2002	3,30	1,20	1,30	1,00	0,70	1,40	1,40	5,20	0,90	0,60	0,70	1,30	1,00	0,60	1,30	0,90	1,70
2003	3,10	1,10	1,40	1,00	0,70	1,50	2,20	4,90	1,00	0,60	0,90	1,60	1,10	0,80	1,90	1,20	1,60
2004	3,30	1,10	2,00	1,40	0,90	1,20	2,50	5,20	1,10	0,70	1,00	1,60	1,00	1,00	2,20	1,40	1,80
2005	3,30	1,20	2,00	1,40	1,00	1,20	2,60	5,30	1,00	0,80	1,10	1,80	1,30	1,30	2,20	1,40	2,00
2006	3,30	1,30	2,40	1,60	1,20	1,60	2,80	5,00	1,20	0,80	1,10	1,90	1,30	1,40	2,40	1,40	2,00
2007	3,80	1,30	2,40	1,80	1,30	2,60	2,80	5,30	1,20	0,80	1,40	2,10	1,40	1,50	2,30	1,40	1,80
2008	4,00	1,60	2,60	1,80	1,50	3,10	3,10	5,60	1,40	1,90	1,60	2,60	1,60	1,60	2,30	1,60	2,00
2009	4,40	1,80	2,50	2,70	1,90	4,20	2,90	6,10	1,50	2,10	1,80	3,40	2,00	2,20	2,60	2,10	2,00
2010	2,30	1,70	2,80	2,60	2,10	4,70	3,20	6,10	1,60	2,10	2,20	3,50	2,00	2,80	2,80	2,10	2,10
2011	2,27	1,66	3,00	3,20	2,00	4,70	3,10	6,00	1,54	2,20	2,10	3,60	2,00	2,60	2,70	1,82	2,00
2012	2,25	1,90	3,10	3,60	2,10	5,20	3,10	6,00	1,60	2,20	2,20	3,80	1,90	2,10	2,80	1,80	2,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.12

## GASTO EN I+D DE LAS AA.PP. (%00 SOBRE EL PIB)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	Pais Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	1,10	1,11	1,02	0,33	0,19	0,43	1,08	4,28	0,54	0,51	1,27	0,79	0,60	0,47	1,23	1,11	1,10
2001	1,06	1,12	1,21	0,44	0,08	0,35	1,16	4,23	0,55	0,47	1,23	0,80	0,71	0,45	1,31	0,91	1,13
2002	1,04	1,08	1,17	0,50	0,37	0,58	1,08	4,26	0,67	0,57	1,23	1,00	0,86	0,43	1,39	0,98	1,24
2003	1,02	1,04	1,15	0,54	0,61	0,77	1,01	4,28	0,78	0,64	1,21	1,16	0,99	0,41	1,44	1,03	1,33
2004	1,34	1,07	1,04	0,59	0,91	0,76	1,39	4,31	0,79	0,58	1,09	1,25	1,01	0,52	1,55	1,24	1,44
2005	1,35	1,18	1,17	0,63	0,56	0,67	1,54	4,62	0,75	0,64	1,56	1,55	1,28	0,59	1,93	1,23	1,73
2006	1,46	1,36	1,30	0,66	1,45	1,83	1,66	4,57	0,82	0,61	2,30	1,70	1,12	0,83	2,07	1,40	1,70
2007	1,31	1,82	1,69	0,79	2,07	2,08	1,97	4,78	1,02	1,01	2,59	2,04	1,30	1,00	2,32	1,44	1,91
2008	1,34	1,54	1,79	0,97	1,53	1,93	2,06	5,16	1,31	0,89	2,26	2,76	1,25	1,12	2,43	1,64	1,93
2009	1,52	1,72	2,38	1,21	2,06	2,64	2,54	5,61	1,37	0,90	3,46	3,18	1,48	1,44	2,74	1,73	2,01
2010	1,50	1,64	2,31	1,22	1,65	3,21	2,36	5,67	1,21	0,98	2,84	3,29	1,51	1,83	2,70	1,75	2,04
2011	1,60	1,45	2,25	1,31	2,04	2,79	2,14	5,41	1,02	0,98	2,49	3,22	1,30	1,40	2,40	1,60	1,96
2012	1,65	1,30	1,91	1,53	1,60	2,14	2,24	4,90	0,99	1,06	2,13	3,19	1,32	1,28	2,28	1,43	1,53

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.13

## STOCK DE CAPITAL CIENTÍFICO DE LAS AA.PP. PER CÁPITA (MILES DE €)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,10	0,12	0,12	0,04	0,04	0,07	0,18	0,87	0,06	0,04	0,08	0,14	0,07	0,05	0,10	0,13	0,13
2001	0,10	0,12	0,12	0,04	0,04	0,07	0,18	0,85	0,06	0,04	0,08	0,14	0,07	0,06	0,11	0,13	0,13
2002	0,11	0,12	0,13	0,05	0,04	0,07	0,18	0,82	0,06	0,04	0,08	0,14	0,07	0,06	0,11	0,13	0,13
2003	0,11	0,12	0,14	0,05	0,04	0,07	0,18	0,81	0,06	0,04	0,09	0,14	0,08	0,06	0,11	0,13	0,13
2004	0,11	0,12	0,14	0,06	0,04	0,07	0,18	0,80	0,07	0,04	0,09	0,14	0,08	0,06	0,12	0,13	0,13
2005	0,12	0,13	0,14	0,06	0,04	0,08	0,18	0,80	0,07	0,05	0,09	0,15	0,09	0,06	0,12	0,12	0,14
2006	0,12	0,13	0,15	0,07	0,05	0,08	0,18	0,80	0,08	0,05	0,10	0,16	0,10	0,07	0,13	0,13	0,15
2007	0,13	0,14	0,15	0,08	0,07	0,09	0,19	0,81	0,08	0,05	0,11	0,17	0,10	0,07	0,14	0,13	0,15
2008	0,14	0,15	0,16	0,09	0,10	0,11	0,20	0,82	0,09	0,06	0,12	0,19	0,11	0,08	0,15	0,13	0,17
2009	0,15	0,16	0,17	0,10	0,13	0,14	0,22	0,84	0,10	0,06	0,14	0,22	0,12	0,09	0,17	0,14	0,18
2010	0,16	0,18	0,19	0,11	0,16	0,18	0,25	0,87	0,11	0,07	0,17	0,26	0,13	0,10	0,19	0,15	0,19
2011	0,17	0,19	0,21	0,13	0,19	0,22	0,27	0,91	0,13	0,08	0,19	0,30	0,15	0,12	0,21	0,16	0,20
2012	0,17	0,20	0,23	0,15	0,22	0,25	0,29	0,95	0,14	0,09	0,21	0,34	0,16	0,14	0,23	0,18	0,22

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.14

## FACTOR 3: UNIVERSIDAD

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	4,29	4,49	3,34	3,21	5,05	2,50	3,37	3,89	5,01	2,51	3,63	3,56	4,21	1,46	4,10	3,62	3,29
2001	4,66	4,38	3,41	3,26	4,91	2,62	3,46	3,86	5,18	2,66	4,25	3,60	4,59	1,70	4,28	3,71	3,45
2002	4,51	4,58	3,02	3,28	5,20	2,41	3,57	3,89	5,12	2,74	4,16	3,60	4,75	1,69	4,06	3,59	3,70
2003	4,66	4,06	2,74	3,38	5,66	2,29	3,82	3,89	4,97	2,65	4,20	3,92	4,89	1,81	4,22	4,07	3,57
2004	4,78	3,91	2,92	3,30	6,03	2,27	3,67	3,79	5,05	2,68	3,35	3,91	4,99	1,85	4,15	4,00	3,62
2005	4,63	3,91	2,92	3,45	5,94	2,20	3,54	3,81	4,89	2,67	3,95	4,01	4,91	2,10	4,23	4,16	3,44
2006	4,43	4,10	3,79	3,36	5,82	2,10	3,53	3,87	4,98	2,62	3,96	4,03	4,84	1,91	4,37	4,23	3,56
2007	4,33	4,08	3,82	3,44	5,51	2,44	3,67	3,95	4,90	2,71	3,95	4,06	4,94	2,03	4,44	4,28	3,51
2008	4,62	4,29	4,26	3,56	5,95	2,47	3,83	4,11	4,99	2,91	4,50	4,23	5,11	2,21	4,65	4,67	3,46
2009	4,45	4,48	4,45	3,77	5,78	2,40	3,96	4,29	5,25	3,09	4,45	4,46	5,45	2,31	4,98	4,97	3,37
2010	4,95	4,77	4,98	3,92	5,95	2,82	4,11	4,50	5,14	3,02	4,53	4,64	5,56	2,36	5,15	5,12	3,45
2011	4,98	4,64	4,82	3,95	6,10	3,03	4,22	4,56	5,26	2,94	4,62	4,80	5,89	2,44	5,27	5,39	3,33
2012	5,00	4,65	4,99	3,96	5,94	3,16	4,09	4,60	5,06	2,84	4,48	4,77	5,89	2,49	5,40	5,69	3,32

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.15

## PERSONAL EN I+D DE LAS UNIVERSIDADES (EQUIVALENCIA A DEDICACIÓN PLENA) %00 SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	3,40	5,00	2,30	2,50	5,20	2,50	2,10	3,90	4,10	1,50	3,00	3,40	3,10	1,00	3,10	2,20	3,20
2001	3,70	4,80	2,40	2,60	5,10	2,90	2,60	3,60	4,80	1,40	3,00	3,40	3,50	1,20	3,80	2,60	3,50
2002	3,30	5,30	1,50	2,60	6,00	2,40	3,60	3,40	4,80	1,40	2,70	3,00	3,70	0,90	3,10	2,00	3,90
2003	3,40	3,10	1,30	2,90	8,00	2,00	4,30	3,70	4,60	1,30	2,80	3,90	4,00	1,10	3,00	3,30	3,30
2004	4,10	3,00	1,90	2,50	7,30	2,10	4,30	3,70	4,80	1,30	2,20	3,80	4,00	1,30	3,30	3,30	3,40
2005	4,00	3,40	1,70	3,10	7,30	2,00	3,90	3,70	4,60	1,30	2,40	3,70	3,80	1,40	3,30	4,00	3,20
2006	3,40	3,10	2,60	3,00	7,50	2,00	4,00	4,00	4,60	1,30	2,80	3,90	3,60	1,30	3,20	5,10	3,30
2007	3,40	2,90	2,90	3,20	6,50	2,60	4,60	4,20	4,50	1,30	2,80	3,90	4,00	1,50	3,30	5,40	3,00
2008	3,90	3,30	3,10	3,10	6,90	2,60	4,70	4,50	4,60	1,40	3,20	3,90	4,20	1,60	3,50	5,90	3,00
2009	4,20	3,70	3,70	3,60	6,90	2,80	5,40	4,80	4,90	1,60	3,30	4,40	4,80	2,00	4,00	6,30	3,00
2010	4,80	3,90	3,80	3,70	7,10	3,20	5,50	5,20	4,60	1,60	3,40	4,60	5,10	2,30	4,20	6,50	2,70
2011	4,60	3,70	3,80	3,90	7,10	3,20	5,00	4,80	4,70	1,50	3,10	4,50	5,40	2,50	4,40	6,50	2,50
2012	4,20	3,50	4,11	4,40	7,78	3,57	4,50	4,60	4,50	1,40	3,23	4,70	5,40	2,50	4,50	6,40	2,60

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.16

## PERSONAL EN I+D DE LAS UNIVERSIDADES (Nº DE PERSONAS) ‰ SOBRE EL EMPLEO

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	7,20	8,40	6,40	5,90	8,80	3,00	6,20	13,30	11,00	4,40	6,00	5,60	6,40	1,60	7,30	5,90	5,00
2001	7,30	8,20	6,90	5,80	9,10	3,10	6,30	12,40	11,40	5,00	6,10	5,70	7,40	2,10	7,30	6,30	5,20
2002	7,30	9,20	4,10	5,90	9,80	2,60	6,40	11,90	11,10	4,90	5,30	6,30	7,60	2,00	6,90	5,90	6,50
2003	7,40	7,90	3,50	6,30	11,00	2,50	7,00	11,10	10,10	4,80	5,60	7,40	7,80	2,00	6,50	7,20	5,90
2004	7,70	7,50	4,20	6,40	10,60	2,50	7,00	10,90	10,50	5,00	5,70	7,00	7,50	2,10	6,60	7,10	5,90
2005	7,30	7,50	3,70	6,40	10,00	2,30	6,50	10,30	10,10	5,00	5,60	6,80	7,20	2,20	6,60	7,60	5,70
2006	7,20	8,20	6,60	6,30	10,50	2,40	6,70	10,60	10,20	4,90	5,70	7,30	7,00	2,20	7,30	6,20	5,20
2007	7,30	8,20	6,40	6,60	9,40	3,50	6,50	10,60	9,90	4,90	5,60	7,30	7,40	3,10	7,30	6,40	5,00
2008	7,50	7,60	7,00	6,60	9,60	2,90	6,70	11,00	10,20	5,20	6,10	7,40	7,70	3,30	7,80	6,90	4,60
2009	7,50	8,80	7,60	7,20	10,00	3,20	7,60	12,10	10,70	5,60	6,50	8,40	8,70	3,80	8,40	7,80	4,80
2010	8,50	9,30	8,00	7,40	10,20	3,70	7,90	12,60	10,80	5,80	6,90	9,00	9,20	4,20	8,70	8,20	5,10
2011	8,30	9,00	8,20	7,30	10,30	4,30	8,40	12,30	10,90	5,40	6,50	8,90	9,60	4,40	8,90	8,60	5,30
2012	9,00	8,40	8,87	8,20	11,28	4,80	8,60	10,90	10,80	5,30	6,77	9,30	9,70	4,40	9,10	8,70	5,30

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.17

## GASTO EN I+D DE LAS UNIVERSIDADES (%00 SOBRE EL PIB)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	Pais Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	3,22	2,90	2,07	2,13	2,82	1,79	1,88	2,70	3,20	1,48	2,71	2,55	3,36	1,42	3,10	2,78	2,61
2001	3,88	2,72	1,95	2,37	2,86	1,49	1,79	2,85	3,16	1,49	4,14	2,57	4,11	1,52	2,97	2,31	2,69
2002	3,96	2,83	1,80	2,56	3,01	1,51	1,86	2,92	3,26	1,64	4,27	2,86	4,26	1,56	3,43	2,57	2,92
2003	4,01	2,92	1,69	2,72	3,14	1,48	1,93	2,98	3,32	1,74	4,34	3,10	4,39	1,61	3,78	2,77	3,10
2004	3,90	2,56	1,71	2,60	5,44	1,51	1,57	2,82	3,54	1,66	1,75	3,23	4,78	1,54	3,37	2,76	3,18
2005	3,48	2,51	1,65	2,73	5,18	1,47	1,87	3,08	3,28	1,61	3,79	3,41	4,78	1,49	3,70	2,74	2,78
2006	3,41	3,32	4,09	2,82	4,76	1,50	1,96	3,07	3,53	1,70	3,76	3,26	4,67	1,51	3,86	2,80	3,13
2007	3,15	3,21	4,07	2,75	4,48	2,04	2,03	3,07	3,59	1,87	3,75	3,46	4,36	1,53	4,08	2,92	3,09
2008	3,90	3,94	4,52	2,91	4,56	2,23	2,15	3,36	3,67	2,09	4,89	3,61	4,61	1,70	4,44	3,45	3,01
2009	3,69	4,19	4,94	3,69	4,76	2,11	2,30	3,62	4,04	2,20	4,38	3,90	5,11	1,80	4,79	3,62	2,76
2010	3,68	4,58	5,88	3,75	4,60	2,05	2,53	3,66	3,92	2,28	4,31	3,89	4,93	1,84	5,11	3,88	3,00
2011	3,49	3,87	4,99	3,77	4,46	1,97	2,45	3,56	3,70	2,07	4,32	3,79	4,96	1,74	5,01	3,97	2,79
2012	3,49	2,99	5,43	3,87	4,46	2,06	2,31	3,42	3,35	1,59	4,42	3,61	4,83	1,62	4,51	3,81	2,64

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.18

## STOCK DE CAPITAL CIENTÍFICO DE LAS UNIVERSIDADES PER CÁPITA (MILES DE €)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,21	0,29	0,28	0,28	0,51	0,11	0,26	0,42	0,31	0,07	0,16	0,31	0,30	0,13	0,25	0,21	0,27
2001	0,23	0,29	0,28	0,30	0,51	0,13	0,26	0,43	0,33	0,08	0,17	0,33	0,32	0,15	0,26	0,22	0,28
2002	0,25	0,30	0,28	0,31	0,51	0,15	0,26	0,43	0,34	0,09	0,19	0,34	0,34	0,16	0,27	0,22	0,29
2003	0,27	0,31	0,28	0,33	0,51	0,16	0,26	0,44	0,36	0,10	0,21	0,36	0,36	0,17	0,27	0,23	0,30
2004	0,30	0,32	0,28	0,35	0,52	0,18	0,27	0,45	0,37	0,12	0,23	0,37	0,38	0,18	0,28	0,24	0,31
2005	0,33	0,33	0,27	0,37	0,54	0,18	0,27	0,47	0,39	0,13	0,25	0,39	0,41	0,19	0,29	0,25	0,32
2006	0,35	0,34	0,27	0,40	0,58	0,19	0,27	0,48	0,40	0,14	0,27	0,41	0,44	0,20	0,31	0,26	0,33
2007	0,38	0,35	0,28	0,42	0,63	0,20	0,28	0,49	0,42	0,15	0,28	0,44	0,47	0,20	0,32	0,27	0,34
2008	0,39	0,36	0,30	0,44	0,67	0,21	0,28	0,51	0,43	0,16	0,29	0,46	0,49	0,21	0,34	0,28	0,35
2009	0,41	0,39	0,35	0,47	0,71	0,23	0,29	0,53	0,45	0,17	0,32	0,49	0,52	0,22	0,37	0,29	0,36
2010	0,43	0,42	0,40	0,50	0,75	0,25	0,31	0,55	0,48	0,18	0,34	0,52	0,55	0,23	0,39	0,32	0,37
2011	0,45	0,45	0,46	0,53	0,78	0,27	0,33	0,58	0,50	0,19	0,37	0,55	0,57	0,24	0,42	0,34	0,37
2012	0,46	0,48	0,51	0,55	0,79	0,29	0,34	0,60	0,51	0,20	0,38	0,57	0,60	0,25	0,44	0,37	0,38

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.19

## NÚMERO DE ALUMNOS DE TERCER CICLO (% DE LA POBLACIÓN)

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	4,24	4,65	3,48	4,66	4,35	3,20	4,42	5,57	4,96	2,52	2,61	3,99	4,06	2,06	4,17	3,68	3,51
2001	4,27	4,57	3,38	4,61	4,10	3,24	4,19	5,52	4,86	2,39	3,06	3,94	3,86	1,93	4,11	3,99	3,40
2002	4,17	4,35	3,26	4,45	4,05	3,03	3,99	5,36	4,81	2,35	3,04	3,74	3,99	1,82	4,09	3,99	3,34
2003	4,14	4,27	3,17	4,35	3,94	3,15	3,89	5,26	4,63	2,25	2,98	3,68	4,03	1,82	4,01	3,86	3,34
2004	4,12	4,08	3,05	4,20	3,79	3,06	3,72	5,11	4,49	2,20	2,94	3,60	3,96	1,79	3,90	3,77	3,29
2005	3,92	3,91	2,92	4,10	3,72	3,02	3,62	4,96	4,43	2,17	2,88	3,52	3,83	1,77	3,77	3,59	3,21
2006	3,74	3,69	2,76	3,88	3,55	2,91	3,49	4,79	4,27	2,14	2,80	3,41	3,72	1,73	3,68	3,50	3,06
2007	3,56	3,47	2,67	3,69	3,65	2,84	3,31	4,74	4,17	2,08	2,94	3,26	3,63	1,90	3,61	3,37	2,94
2008	3,41	3,33	2,65	3,61	3,52	2,72	3,27	4,67	4,13	2,06	2,71	3,27	3,65	1,67	3,57	3,29	2,90
2009	3,45	3,22	2,59	3,44	3,37	2,67	3,24	4,69	4,00	1,99	2,73	3,44	3,70	1,73	3,53	3,32	2,89
2010	3,45	3,25	2,66	3,60	3,34	2,70	3,31	4,79	4,04	2,18	2,81	3,60	3,97	1,82	3,72	3,55	2,91
2011	3,85	3,67	3,22	3,92	3,96	4,96	3,89	5,83	4,52	2,63	3,27	4,55	4,48	2,24	3,99	4,05	3,01
2012	3,71	3,56	3,25	3,81	3,79	5,52	3,83	5,77	4,54	2,64	3,28	4,38	4,44	2,19	4,06	4,31	3,29

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.20

## FACTOR 4: PLAN NACIONAL DE I+D+i

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	2,39	2,49	2,99	1,68	2,27	2,33	2,40	1,88	2,22	2,27	2,66	2,37	2,71	3,23	2,61	2,66	2,50
2001	3,18	3,68	4,23	2,31	3,09	3,56	3,71	2,67	2,99	3,57	3,31	3,26	3,76	4,30	3,84	3,78	3,43
2002	3,09	3,58	5,51	2,31	2,98	3,32	3,31	2,68	2,96	3,00	3,32	3,16	3,55	4,25	3,79	3,63	3,31
2003	3,53	4,05	5,17	2,53	3,20	2,98	4,07	3,01	3,20	3,66	3,25	3,58	3,97	4,99	3,80	3,80	3,48
2004	3,79	4,55	5,42	2,90	3,20	2,93	4,53	3,31	3,38	4,31	4,09	3,70	3,96	4,89	4,17	3,83	3,53
2005	3,99	4,27	7,47	3,22	4,03	3,01	4,43	3,70	3,43	4,42	3,80	4,29	4,04	6,91	4,05	3,83	3,66
2006	3,66	4,01	4,88	3,16	3,94	2,77	4,41	3,67	4,03	3,62	3,30	4,43	4,23	5,41	4,22	3,92	3,78
2007	3,73	4,64	4,39	3,80	3,93	3,19	4,92	4,52	3,65	4,03	3,70	4,43	4,70	4,34	4,12	3,78	3,81
2008	4,30	5,44	5,94	4,67	6,20	4,27	6,65	3,65	4,13	8,36	4,42	5,08	5,18	5,59	4,49	5,23	3,81
2009	3,28	4,50	4,93	4,36	4,58	4,01	5,44	3,88	4,59	7,30	5,57	4,73	4,91	4,80	5,25	5,85	3,85
2010	4,66	4,60	5,65	4,66	4,67	6,41	5,36	3,86	4,17	5,76	4,82	4,62	4,54	4,76	4,00	4,81	3,99
2011	4,30	4,82	4,71	3,62	4,58	3,86	5,72	3,25	4,37	4,61	5,09	4,31	4,86	4,75	4,03	4,92	3,73
2012	3,29	4,19	4,25	3,15	3,89	3,25	4,17	2,67	3,09	3,35	3,53	3,42	3,99	4,61	3,45	4,01	3,09

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.21

## PLAN NACIONAL DE I+D+i: FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE I+D CON RESPECTO AL GASTO REGIONAL EN I+D

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	1,65	2,66	2,73	0,86	1,31	0,00	2,35	1,63	1,66	0,74	0,64	1,67	3,04	1,84	2,30	1,88	0,75
2001	5,00	6,76	8,62	3,63	4,60	6,10	7,52	4,62	5,13	8,03	3,68	5,25	6,17	5,91	7,25	6,85	5,82
2002	4,80	6,40	18,97	2,98	3,41	3,73	6,42	4,72	4,97	3,87	4,23	5,47	6,63	7,69	7,24	6,94	4,41
2003	5,71	8,12	9,92	3,40	3,78	2,73	7,07	4,61	4,16	7,47	3,66	5,06	6,36	8,10	5,43	5,59	5,22
2004	6,58	8,61	12,57	5,23	3,06	2,48	9,30	5,75	4,98	8,47	6,81	5,45	5,36	7,52	6,18	5,66	5,14
2005	7,21	7,42	20,28	6,73	8,15	3,26	8,46	6,81	5,27	6,57	4,67	8,16	6,12	20,96	5,47	5,33	3,45
2006	4,66	6,47	8,46	5,75	6,77	1,89	8,17	8,02	9,34	4,97	3,70	8,46	6,50	8,59	6,74	5,29	5,85
2007	5,75	11,42	8,12	10,35	8,00	2,08	11,62	11,50	7,62	8,45	5,38	9,29	10,68	6,28	7,15	4,84	5,60
2008	7,61	13,37	15,62	14,47	23,95	9,46	23,69	11,22	10,01	11,12	8,92	13,12	14,71	11,24	8,07	14,51	5,55
2009	0,00	9,02	10,46	9,69	10,32	7,97	15,38	8,02	13,70	24,28	7,80	9,54	11,95	8,56	14,03	17,23	4,95
2010	12,65	10,57	13,97	9,72	12,32	24,00	15,04	9,03	10,39	12,49	13,10	10,38	10,31	5,48	6,63	11,63	6,73
2011	11,72	12,79	8,81	7,57	11,75	12,59	19,59	6,96	14,29	13,96	16,82	10,97	14,74	7,31	6,72	15,81	5,19
2012	4,65	8,93	6,26	4,99	8,57	8,80	9,72	4,35	5,77	5,55	6,85	6,21	9,53	6,78	4,28	10,10	3,17

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.22

### PLAN NACIONAL DE I+D+i: FINANCIACIÓN DE RECURSOS HUMANOS CON RESPECTO AL GASTO REGIONAL EN I+D

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,94	1,15	1,78	0,25	0,78	0,73	1,35	0,81	1,25	0,32	0,94	0,85	1,18	1,43	1,29	1,39	0,72
2001	1,73	2,81	2,89	0,42	1,38	1,85	2,73	1,52	1,98	1,11	1,69	1,70	2,39	2,76	2,74	3,03	1,32
2002	1,44	2,37	2,56	0,35	1,21	1,73	1,78	1,30	1,79	0,81	1,50	1,05	1,63	1,94	2,68	2,60	1,27
2003	2,13	3,14	4,82	0,62	1,32	1,20	3,34	2,10	2,41	1,25	1,31	2,08	2,81	3,76	2,93	3,21	1,47
2004	2,34	4,13	4,38	0,78	0,84	1,07	3,59	2,34	2,41	2,65	3,11	2,12	2,94	3,62	3,57	3,10	1,59
2005	2,55	3,61	7,10	0,90	1,26	1,00	3,41	2,71	2,46	3,52	2,42	2,61	2,66	4,29	3,27	2,95	2,47
2006	2,41	2,83	3,49	0,81	1,23	0,47	3,18	2,02	2,30	1,84	1,13	2,74	2,98	4,54	3,11	2,89	1,72
2007	2,08	2,55	2,09	0,64	0,84	1,13	3,03	2,92	1,73	1,49	1,67	2,21	2,64	2,58	2,55	2,49	1,81
2008	2,55	3,64	3,42	1,34	1,13	1,19	3,33	0,41	2,02	12,24	1,82	2,37	2,42	3,91	3,06	2,75	1,77
2009	2,38	2,33	2,16	1,63	1,18	0,74	2,81	2,03	1,68	4,48	5,32	2,60	2,42	2,64	2,75	3,34	2,09
2010	1,79	1,95	2,60	2,58	0,82	1,45	2,73	1,67	1,80	4,59	1,50	2,14	2,25	3,55	2,07	2,63	1,80
2011	1,60	2,25	2,54	0,67	1,41	0,73	2,79	1,78	1,36	1,35	1,32	2,03	1,97	3,34	2,41	1,79	1,81
2012	1,35	1,74	2,06	0,17	0,52	0,87	2,05	1,08	0,96	0,91	0,70	1,15	1,38	3,00	1,70	1,58	1,04

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.23

## PATENTES EPO POR MILLÓN DE HABITANTES

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	2,30	8,78	1,32	37,26	41,21	3,73	31,35	25,23	8,78	3,99	2,65	53,30	20,82	11,67	5,09	9,22	6,85
2001	5,42	10,91	8,76	39,36	41,67	3,69	20,75	31,18	13,06	6,83	1,49	56,36	22,97	8,27	5,47	6,30	3,17
2002	7,44	7,06	1,25	38,03	65,03	19,61	40,24	26,24	11,83	5,17	1,89	60,19	22,53	3,35	7,31	9,32	4,40
2003	7,84	6,25	9,45	37,65	51,07	36,02	27,55	29,61	12,43	7,00	2,28	60,70	20,26	6,79	7,03	7,24	6,41
2004	9,78	14,43	8,89	51,27	108,27	38,92	27,14	36,35	18,35	9,09	2,66	72,30	26,37	8,22	5,55	8,16	4,43
2005	11,95	17,06	15,02	64,09	101,48	17,62	41,47	41,84	20,66	14,30	5,14	73,79	25,52	6,46	8,03	9,41	6,34
2006	12,93	14,42	23,12	67,04	77,21	24,91	37,40	42,41	14,95	10,55	2,79	74,86	19,28	10,05	9,23	12,05	4,30
2007	10,72	17,39	8,82	64,06	101,57	45,44	60,36	42,52	15,47	8,94	1,39	72,42	22,84	8,29	6,31	17,31	4,03
2008	12,75	25,81	19,35	66,26	102,87	13,69	45,45	47,64	13,45	8,62	1,84	67,66	22,86	9,71	7,89	10,24	6,19
2009	16,11	21,93	29,50	64,54	81,06	25,11	54,86	54,41	14,07	9,75	0,91	64,64	24,99	9,16	12,73	13,25	3,43
2010	6,71	9,47	20,10	49,95	66,03	21,35	35,43	22,35	6,65	4,20	2,56	37,45	12,18	6,50	4,89	7,11	0,98
2011	6,51	16,12	18,22	56,44	56,19	14,27	31,73	20,18	6,31	4,58	2,02	37,23	10,44	4,91	5,11	6,44	0,92
2012	6,33	9,78	15,09	43,45	47,03	24,11	34,87	18,43	7,60	4,36	2,04	33,93	10,76	10,01	4,61	5,32	0,74

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.24

## PATENTES NACIONALES POR MILLÓN DE HABITANTES

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	36,05	26,34	30,08	83,44	151,16	77,92	83,53	112,23	38,59	27,67	20,78	110,86	89,57	31,09	31,49	63,87	25,20
2001	33,76	46,11	39,33	91,86	111,99	43,83	94,92	92,15	30,12	18,85	15,11	104,68	84,26	29,02	32,46	32,94	23,34
2002	38,94	36,75	53,97	85,37	114,24	50,11	136,37	104,00	39,49	21,40	25,48	102,05	87,14	24,73	36,86	44,42	29,98
2003	39,22	38,68	27,65	80,33	114,28	66,62	135,79	91,85	32,11	34,87	33,84	108,60	90,05	63,11	35,59	44,02	22,23
2004	40,60	47,19	43,79	89,08	161,23	89,22	114,06	95,95	35,28	26,63	29,98	110,72	79,61	44,45	35,87	31,96	29,68
2005	47,51	42,50	54,13	102,46	188,20	63,84	146,26	85,21	44,07	38,41	19,62	108,89	82,54	42,19	42,03	33,39	25,89
2006	53,29	42,53	53,53	104,79	187,41	82,37	105,73	91,90	50,37	41,33	25,17	107,26	73,40	43,00	42,52	53,21	28,35
2007	47,63	37,79	51,14	94,77	214,57	100,32	126,68	105,87	38,49	36,34	19,50	99,56	83,09	38,85	50,36	48,88	28,72
2008	64,30	56,66	38,36	107,61	181,85	86,07	156,24	127,68	43,09	30,00	29,64	104,07	79,72	50,12	53,47	49,04	28,65
2009	63,17	51,96	43,31	97,79	176,72	101,62	162,94	132,69	42,72	37,95	21,26	90,33	78,91	39,08	55,39	59,23	29,29
2010	70,86	40,69	74,36	99,09	199,81	105,23	175,80	124,68	43,28	35,77	39,70	85,82	80,41	19,38	55,16	53,95	27,22
2011	68,79	69,25	67,38	111,98	170,04	70,35	157,43	112,57	41,04	39,05	31,39	85,31	68,89	14,66	57,67	48,91	25,63
2012	66,86	42,01	55,82	86,20	142,30	118,82	172,99	102,80	49,44	37,14	31,74	77,75	71,02	29,85	51,99	40,36	20,52

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.25

## MODELOS DE UTILIDAD POR MILLÓN DE HABITANTES

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	Pais Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	30,1	31,98	24,4	81,51	138,4	144,71	119,4	91,20	42,7	34,01	16,1	141,73	132,9	41,86	34,0	75,09	31,1
2001	27,5	36,70	41,2	72,62	112,0	146,09	94,1	84,11	33,0	43,99	19,8	137,46	132,3	51,08	32,5	82,78	24,5
2002	34,9	40,52	39,1	76,26	89,3	139,58	109,1	78,00	41,1	38,87	11,3	127,76	130,0	33,72	31,2	82,25	25,5
2003	43,7	38,68	31,3	75,16	94,9	101,68	100,6	77,13	31,7	35,42	18,8	125,97	108,0	51,14	30,8	76,83	26,0
2004	41,3	49,08	42,0	76,22	128,3	82,36	83,3	71,31	43,4	38,59	18,7	119,96	95,3	45,51	26,8	67,81	33,4
2005	46,4	47,23	30,7	84,91	85,5	134,41	79,9	62,93	44,5	35,21	28,0	112,24	98,9	28,81	26,6	57,68	25,4
2006	37,9	42,53	35,7	65,61	97,9	72,49	96,3	61,21	28,2	47,61	23,3	110,83	96,4	28,00	25,2	62,82	29,9
2007	33,7	26,45	17,6	64,27	88,2	67,96	74,6	59,14	39,7	28,15	17,6	105,28	86,2	31,08	27,2	59,66	22,3
2008	28,9	42,49	15,7	62,23	98,3	70,13	78,9	60,07	24,7	34,00	15,7	100,77	81,5	31,21	27,9	67,95	22,8
2009	34,3	34,01	22,5	47,72	73,0	57,16	98,2	63,02	25,9	35,48	21,3	95,54	76,5	26,06	27,1	37,88	29,8
2010	41,3	33,12	38,0	61,23	111,2	44,64	83,0	60,76	36,9	31,36	26,8	90,88	78,4	27,68	28,3	45,07	27,7
2011	71,0	28,46	27,6	66,53	105,9	44,77	58,6	58,95	31,4	35,14	29,5	85,86	68,5	21,99	30,2	58,42	23,7
2012	34,7	39,21	25,4	56,86	51,6	71,92	68,6	71,03	29,7	44,76	21,8	75,89	68,4	7,24	37,0	52,67	22,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.26

## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS POR 1.000 HABITANTES EN LAS UNIVERSIDADES

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,52	0,58	0,60	0,41	1,16	0,27	0,56	0,81	0,41	0,20	0,28	0,72	0,61	0,36	0,40	0,45	0,34
2001	0,58	0,65	0,67	0,45	1,26	0,30	0,62	0,88	0,46	0,22	0,30	0,79	0,66	0,39	0,44	0,49	0,37
2002	0,62	0,69	0,71	0,48	1,38	0,32	0,67	0,93	0,50	0,24	0,34	0,84	0,70	0,41	0,47	0,52	0,38
2003	0,68	0,77	0,76	0,51	1,38	0,32	0,70	0,96	0,53	0,24	0,34	0,87	0,72	0,41	0,50	0,54	0,41
2004	0,71	0,78	0,84	0,58	1,69	0,38	0,79	1,07	0,60	0,29	0,42	0,97	0,81	0,48	0,54	0,59	0,42
2005	0,81	0,83	1,02	0,60	1,90	0,40	0,93	1,23	0,69	0,37	0,48	1,12	0,89	0,56	0,61	0,74	0,47
2006	0,91	1,02	1,18	0,72	2,02	0,44	1,11	1,37	0,77	0,44	0,52	1,25	1,00	0,55	0,69	0,75	0,52
2007	0,97	1,02	1,26	0,73	2,28	0,48	1,19	1,46	0,82	0,53	0,58	1,37	1,09	0,57	0,73	0,90	0,53
2008	1,02	1,16	1,40	0,88	2,29	0,47	1,27	1,54	0,90	0,51	0,58	1,46	1,14	0,66	0,78	0,91	0,55
2009	1,11	1,23	1,36	0,93	2,65	0,52	1,43	1,69	0,94	0,58	0,67	1,57	1,22	0,78	0,88	1,06	0,57
2010	1,23	1,45	1,68	1,11	2,65	0,66	1,57	1,81	1,01	0,63	0,70	1,69	1,31	0,81	0,96	1,10	0,69
2011	1,34	1,48	1,75	1,24	2,95	0,80	1,83	2,06	1,10	0,70	0,80	1,93	1,49	0,84	1,08	1,22	0,78
2012	1,38	1,63	2,02	1,39	2,82	0,98	1,97	2,17	1,19	0,74	0,89	2,05	1,60	0,93	1,18	1,45	0,80

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A5.27

## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS POR 1.000 HABITANTES EN LOS OPI

Año	Galicia	Asturias	Cantabria	País Vasco	Navarra	La Rioja	Aragón	Madrid	Castilla y León	Castilla-La Mancha	Extremadura	Cataluña	Comunidad Valenciana	Baleares	Andalucía	Murcia	Canarias
2000	0,30	0,06	0,31	0,21	0,02	0,30	0,49	0,77	0,15	0,02	0,11	0,18	0,09	0,04	0,17	0,11	0,30
2001	0,28	0,29	0,31	0,26	0,04	0,27	0,48	0,76	0,15	0,05	0,13	0,24	0,14	0,05	0,17	0,12	0,28
2002	0,36	0,42	0,17	0,16	0,03	0,21	0,52	0,79	0,18	0,09	0,17	0,25	0,09	0,12	0,21	0,16	0,26
2003	0,19	0,28	0,27	0,17	0,31	0,09	0,31	0,81	0,19	0,14	0,12	0,49	0,23	0,16	0,20	0,23	0,25
2004	0,20	0,34	0,30	0,18	0,25	0,11	0,32	0,82	0,20	0,16	0,15	0,62	0,22	0,16	0,21	0,19	0,27
2005	0,24	0,34	0,33	0,25	0,32	0,10	0,36	0,98	0,21	0,18	0,17	0,67	0,25	0,19	0,25	0,26	0,27
2006	0,28	0,36	0,33	0,27	0,31	0,17	0,41	1,00	0,22	0,19	0,19	0,67	0,29	0,22	0,28	0,30	0,36
2007	0,26	0,45	0,39	0,33	0,36	0,12	0,38	1,03	0,22	0,23	0,17	0,70	0,29	0,22	0,28	0,27	0,31
2008	0,31	0,40	0,47	0,35	0,30	0,11	0,42	1,05	0,28	0,22	0,15	0,75	0,30	0,26	0,29	0,30	0,33
2009	0,31	0,47	0,38	0,38	0,32	0,15	0,46	1,04	0,22	0,19	0,14	0,77	0,27	0,24	0,28	0,33	0,28
2010	0,32	0,49	0,41	0,40	0,31	0,19	0,47	1,10	0,23	0,22	0,15	0,80	0,31	0,26	0,29	0,32	0,28
2011	0,34	0,48	0,39	0,42	0,40	0,14	0,51	1,09	0,26	0,23	0,16	0,81	0,29	0,29	0,31	0,31	0,25
2012	0,35	0,56	0,50	0,46	0,35	0,10	0,49	1,15	0,26	0,24	0,17	0,83	0,30	0,23	0,34	0,36	0,24

Fuente: Elaboración propia.





## **ANEXO CAPÍTULO 6**



Cuadro A6.1

**RANKINGS DE LOS IES Y LAS DIFERENCIAS DEL RANKING GLOBAL  
VERSUS EL IE POR SECTOR**

	(1) IE Global	(2) IE sector productivo	(3) IE sector científico	2-1	3-1	4-1
Cataluña	1	6	1	-5	0	-1
Madrid	2	5	2	-3	0	-2
Navarra	3	3	3	0	0	2
Aragón	4	1	4	3	0	-1
Valencia	5	7	9	-2	-4	-2
Cantabria	6	11	5	-5	1	-3
La Rioja	7	2	15	5	-8	-3
País Vasco	8	4	7	4	1	5
Asturias	9	12	6	-3	3	3
Murcia	10	10	10	0	0	-2
Galicia	11	8	11	3	0	0
Andalucía	12	9	12	3	0	-2
Baleares	13	15	8	-2	5	-2
Extremadura	14	14	14	0	0	-3
Castilla y León	15	16	13	-1	2	5
Castilla-La Mancha	16	13	17	3	-1	3
Canarias	17	17	16	0	1	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.2

## LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA (VALORES MEDIOS POR PERÍODOS INDICADOS)

	Índice de Eficiencia Global			Índice de Eficiencia del sector productivo			Índice de eficiencia del sector científico		
	00-04 P1	05-08 P2	05-12 P3	00-04 P1	05-08 P2	09-12 P3	00-04 P1	05-08 P2	09-12 P3
Andalucía	45	55	73	57	34	41	34	48	65
Aragón	93	96	99	96	89	93	68	66	86
Asturias	59	67	82	69	36	35	52	64	82
Baleares	75	66	73	71	61	29	50	60	73
Canarias	47	50	50	49	27	25	45	49	47
Cantabria	57	74	91	73	35	44	54	73	86
Castilla-La Mancha	38	48	52	46	35	34	22	38	47
Castilla y León	46	51	54	50	35	29	34	46	53
Cataluña	99	100	100	100	99	63	64	100	98
Comunidad Valenciana	96	91	95	94	93	60	42	60	73
Extremadura	36	48	60	47	28	32	29	41	53
Galicia	56	60	74	63	36	41	50	53	68
La Rioja	100	97	85	94	100	84	43	41	53
Madrid	95	100	100	98	74	70	84	100	97
Murcia	70	73	82	74	62	46	34	53	70
Navarra	94	100	100	97	87	80	71	88	97
País Vasco	81	98	84	87	80	73	41	59	74

*Nota:* Para una correcta interpretación de los índices de eficiencia relativa de la innovación (IER) se debe tener en cuenta que las tres fronteras de eficiencia aquí reflejadas son independientes entre sí. Es decir, para cada índice el programa del Análisis de Datos Envolverte calcula una frontera distinta y mide la distancia de cada región respecto a esta frontera. Por lo tanto, no se pueden comparar directamente los valores de los tres índices aunque sí sus tendencias en el tiempo.

*Fuente:* Elaboración propia.

Cuadro A6.3

## LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA (TASAS DE CRECIMIENTO RESPECTO A LOS PERÍODOS INDICADOS, EN PORCENTAJE)

	TC del Índice de Eficiencia Global			TC del Índice de Eficiencia del sector productivo			TC del Índice de eficiencia del sector científico		
	P1-P2	P2-P3	P1-P3	P1-P2	P2-P3	P1-P3	P1-P2	P2-P3	P1-P3
Andalucía	22	33	62	24	14	41	41	35	91
Aragón	3	3	6	4	4	9	-3	30	26
Asturias	14	22	39	3	-5	-3	23	28	58
Baleares	-12	11	-3	-16	-43	-52	20	22	46
Canarias	6	0	6	-4	-4	-7	9	-4	4
Cantabria	30	23	60	6	19	26	35	18	59
Castilla-La Mancha	26	8	37	9	-11	-3	73	24	114
Castilla y León	11	6	17	-3	-15	-17	35	15	56
Cataluña	1	0	1	-4	-34	-36	56	-2	53
Comunidad Valenciana	-5	4	-1	-22	-18	-35	43	22	74
Extremadura	33	25	67	-4	19	14	41	29	83
Galicia	7	23	32	14	20	36	6	28	36
La Rioja	-3	-12	-15	-4	-13	-16	-5	29	23
Madrid	5	0	5	-8	3	-5	19	-3	15
Murcia	4	12	17	-19	-8	-26	56	32	106
Navarra	6	0	6	13	-18	-8	24	10	37
País Vasco	21	-14	4	21	-25	-9	44	25	80

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.4

### LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA PARA CADA AÑO (DEL ANÁLISIS ESTÁTICO)

	Total	Patentes	Publicaciones		Total	Patentes	Publicaciones
00Andalucía	44,5	34,2	30,1	00Illes Balears	75,9	61,0	51,4
01Andalucía	45,3	33,7	31,7	01Illes Balears	72,0	54,2	47,0
02Andalucía	46,1	34,1	35,6	02Illes Balears	63,8	41,8	50,8
03Andalucía	45,7	33,2	35,4	03Illes Balears	88,2	86,7	47,6
04Andalucía	45,4	32,8	37,8	04Illes Balears	72,7	62,9	54,6
05Andalucía	50,8	38,4	43,1	05Illes Balears	60,6	48,7	55,3
06Andalucía	53,0	38,3	47,7	06Illes Balears	68,1	54,2	60,7
07Andalucía	56,8	44,8	49,9	07Illes Balears	65,7	47,6	59,1
08Andalucía	59,9	47,6	52,9	08Illes Balears	68,5	54,4	62,9
09Andalucía	63,9	48,5	56,9	09Illes Balears	70,6	41,0	70,6
10Andalucía	69,7	49,2	62,8	10Illes Balears	71,4	25,4	71,4
11Andalucía	75,1	50,4	68,0	11Illes Balears	72,3	19,1	72,3
12Andalucía	81,4	45,9	73,0	12Illes Balears	77,7	28,7	77,7
00Aragón	100,0	91,0	81,1	00La Rioja	100,0	100,0	57,6
01Aragón	88,6	79,1	74,5	01La Rioja	100,0	100,0	51,5
02Aragón	100,0	100,0	84,3	02La Rioja	100,0	100,0	39,8
03Aragón	95,2	95,2	49,2	03La Rioja	100,0	100,0	29,3
04Aragón	79,9	79,5	50,1	04La Rioja	100,0	100,0	34,7
05Aragón	99,4	99,4	57,7	05La Rioja	100,0	100,0	38,1
06Aragón	92,8	81,6	67,4	06La Rioja	100,0	99,0	44,5
07Aragón	94,9	91,4	67,6	07La Rioja	100,0	100,0	40,5
08Aragón	97,8	97,6	69,6	08La Rioja	87,0	86,8	39,4
09Aragón	100,0	100,0	75,7	09La Rioja	100,0	100,0	45,2
10Aragón	100,0	100,0	79,8	10La Rioja	87,3	87,3	48,8
11Aragón	95,6	88,4	90,3	11La Rioja	61,1	56,2	54,7
12Aragón	100,0	100,0	100,0	12La Rioja	93,0	93,0	64,5
00Asturias	45,3	28,5	37,8	00Madrid	100,0	92,8	94,9
01Asturias	56,3	40,0	48,6	01Madrid	94,4	70,1	78,6
02Asturias	70,8	35,5	70,8	02Madrid	92,4	75,5	80,9
03Asturias	57,0	33,6	50,4	03Madrid	93,1	65,9	82,2
04Asturias	63,5	41,5	54,7	04Madrid	93,1	67,2	84,5
05Asturias	63,5	40,5	55,3	05Madrid	100,0	62,9	99,6
06Asturias	65,6	35,7	62,0	06Madrid	100,0	63,3	100,0
07Asturias	69,8	28,3	69,8	07Madrid	100,0	66,5	100,0
08Asturias	70,7	42,6	67,9	08Madrid	100,0	77,5	100,0
09Asturias	75,8	38,0	74,6	09Madrid	100,0	77,7	95,5
10Asturias	82,7	28,7	82,7	10Madrid	100,0	69,5	97,4
11Asturias	80,4	44,5	79,7	11Madrid	99,4	65,3	95,9
12Asturias	90,0	29,6	90,0	12Madrid	100,0	65,9	100,0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.4 (continuación)

## LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA PARA CADA AÑO (DEL ANÁLISIS ESTÁTICO)

	Total	Patentes	Publicaciones		Total	Patentes	Publicaciones
00C.-La Mancha	33,6	32,4	16,5	00Murcia	67,4	65,3	28,6
01C.-La Mancha	41,1	38,6	17,0	01Murcia	71,0	64,7	29,9
02C.-La Mancha	38,2	33,6	18,8	02Murcia	72,6	64,3	32,3
03C.-La Mancha	37,8	36,0	25,9	03Murcia	71,3	60,4	39,0
04C.-La Mancha	41,4	34,3	30,1	04Murcia	67,1	54,7	38,1
05C.-La Mancha	44,3	39,6	33,4	05Murcia	67,4	45,3	48,4
06C.-La Mancha	53,5	45,2	37,5	06Murcia	72,6	53,3	52,7
07C.-La Mancha	47,5	33,9	43,5	07Murcia	72,7	49,8	54,5
08C.-La Mancha	45,6	31,5	38,2	08Murcia	78,0	52,7	57,2
09C.-La Mancha	45,8	33,3	39,5	09Murcia	69,6	47,3	64,4
10C.-La Mancha	47,5	31,5	43,8	10Murcia	75,7	45,0	65,2
11C.-La Mancha	54,3	34,7	50,0	11Murcia	88,4	48,8	68,7
12C.-La Mancha	62,2	37,8	54,5	12Murcia	94,3	42,1	80,0
00Canarias	50,9	28,4	49,6	00Navarra	100,0	100,0	69,2
01Canarias	47,3	22,8	47,3	01Navarra	91,5	85,8	58,5
02Canarias	43,2	27,1	41,7	02Navarra	82,1	76,1	64,4
03Canarias	42,7	24,1	41,0	03Navarra	94,5	74,7	83,7
04Canarias	48,8	31,0	43,8	04Navarra	100,0	100,0	79,8
05Canarias	43,5	25,0	41,7	05Navarra	100,0	100,0	91,5
06Canarias	55,9	28,1	55,7	06Navarra	98,1	97,2	84,9
07Canarias	48,4	25,6	48,4	07Navarra	100,0	100,0	90,3
08Canarias	50,6	25,2	50,6	08Navarra	100,0	95,3	87,1
09Canarias	47,3	28,6	42,0	09Navarra	100,0	78,4	94,8
10Canarias	49,9	26,0	45,7	10Navarra	100,0	96,1	92,8
11Canarias	50,6	23,6	50,5	11Navarra	100,0	81,6	100,0
12Canarias	51,8	20,0	51,8	12Navarra	100,0	64,8	100,0
00Cantabria	52,9	25,0	52,9	00País Vasco	93,8	90,1	43,9
01Cantabria	54,2	35,0	50,6	01País Vasco	83,0	79,6	52,2
02Cantabria	54,4	44,4	49,1	02País Vasco	75,6	75,5	34,7
03Cantabria	60,3	29,1	58,1	03País Vasco	69,7	68,6	36,5
04Cantabria	65,3	39,7	60,1	04País Vasco	85,0	85,0	39,3
05Cantabria	72,9	44,2	72,9	05País Vasco	97,6	97,6	48,7
06Cantabria	69,9	41,4	67,4	06País Vasco	100,0	100,0	54,2
07Cantabria	71,8	35,4	71,8	07País Vasco	95,8	94,1	63,0
08Cantabria	80,1	26,9	79,9	08País Vasco	96,6	94,5	68,4
09Cantabria	80,7	37,3	72,4	09País Vasco	89,1	86,1	66,6
10Cantabria	91,1	53,0	84,7	10País Vasco	77,5	69,1	71,5
11Cantabria	90,7	47,0	88,2	11País Vasco	84,1	77,0	76,3
12Cantabria	100,0	39,1	100,0	12País Vasco	85,5	61,1	82,8

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.4 (continuación)

### LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA PARA CADA AÑO (DEL ANÁLISIS ESTÁTICO)

	Total	Patentes	Publicaciones		Total	Patentes	Publicaciones
00C. y León	47,5	39,5	29,7	00C. Valenciana	100,0	100,0	36,7
01C. y León	41,2	31,3	31,2	01C. Valenciana	100,0	100,0	37,7
02C. y León	47,6	36,6	34,5	02C. Valenciana	98,5	97,6	39,2
03C. y León	42,0	28,8	35,3	03C. Valenciana	95,1	88,0	46,5
04C. y León	50,1	37,7	38,5	04C. Valenciana	88,2	79,9	49,6
05C. y León	52,9	39,7	42,1	05C. Valenciana	93,1	81,7	53,9
06C. y León	47,1	36,0	44,6	06C. Valenciana	95,1	74,8	61,0
07C. y León	51,3	31,5	45,7	07C. Valenciana	90,5	70,4	62,6
08C. y León	51,3	28,5	50,9	08C. Valenciana	86,7	64,7	63,1
09C. y León	48,9	28,8	47,9	09C. Valenciana	90,5	65,3	64,3
10C. y León	54,4	29,6	50,4	10C. Valenciana	94,8	64,9	68,9
11C. y León	54,0	26,7	53,8	11C. Valenciana	95,7	55,5	77,7
12C. y León	60,5	31,8	60,4	12C. Valenciana	99,4	55,8	82,9
00Cataluña	100,0	100,0	42,2	00Galicia	53,2	34,3	51,0
01Cataluña	100,0	100,0	47,5	01Galicia	51,6	32,3	48,2
02Cataluña	100,0	100,0	50,7	02Galicia	60,7	35,0	60,4
03Cataluña	96,5	93,0	80,1	03Galicia	58,3	39,2	41,6
04Cataluña	100,0	100,0	100,0	04Galicia	57,7	38,0	42,7
05Cataluña	100,0	99,5	100,0	05Galicia	62,7	41,4	47,9
06Cataluña	100,0	100,0	99,2	06Galicia	60,3	41,5	53,9
07Cataluña	100,0	96,0	100,0	07Galicia	56,1	34,5	52,5
08Cataluña	100,0	86,5	100,0	08Galicia	60,9	45,7	57,4
09Cataluña	100,0	79,3	95,8	09Galicia	66,8	47,1	61,4
10Cataluña	98,8	60,2	98,0	10Galicia	69,6	49,4	65,3
11Cataluña	100,0	58,1	98,4	11Galicia	85,3	53,0	69,6
12Cataluña	100,0	52,8	100,0	12Galicia	74,4	45,5	74,0
00Extremadura	30,4	23,2	23,1				
01Extremadura	37,4	23,6	28,2				
02Extremadura	36,9	27,6	33,6				
03Extremadura	40,2	37,0	28,0				
04Extremadura	36,9	29,1	30,5				
05Extremadura	49,0	28,6	37,1				
06Extremadura	47,8	27,4	40,2				
07Extremadura	47,3	20,9	43,0				
08Extremadura	46,3	30,1	41,7				
09Extremadura	57,5	25,6	50,6				
10Extremadura	57,6	39,9	48,2				
11Extremadura	62,0	31,7	52,6				
12Extremadura	63,8	30,8	59,2				

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA S. EMPRESARIAL		EFICIENCIA S. ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	Andalucía	44,50	96,90	34,16	96,34	30,10	95,77
2001	Andalucía	45,30	92,40	33,70	90,48	31,67	90,83
2002	Andalucía	46,10	93,30	34,14	90,88	35,63	92,54
2003	Andalucía	45,70	91,70	33,16	88,67	35,42	90,69
2004	Andalucía	45,40	92,50	32,77	88,57	37,79	91,85
2005	Andalucía	50,80	95,00	38,44	91,09	43,14	94,00
2006	Andalucía	53,00	95,20	38,26	90,34	47,70	94,08
2007	Andalucía	56,80	96,00	44,83	91,16	49,89	93,98
2008	Andalucía	59,90	97,70	47,63	91,84	52,86	93,43
2009	Andalucía	63,90	98,70	48,47	92,52	56,90	92,88
2010	Andalucía	69,70	100,00	49,24	92,88	62,75	96,62
2011	Andalucía	75,10	100,00	50,38	91,99	67,96	97,41
2012	Andalucía	81,40	100,00	45,89	88,45	73,01	100,00
2000	Aragón	100,00	100,00	90,96	100,00	81,11	100,00
2001	Aragón	88,64	98,56	79,10	94,25	74,50	97,66
2002	Aragón	100,00	100,00	100,00	100,00	84,34	100,00
2003	Aragón	95,24	98,91	95,24	98,91	49,22	90,21
2004	Aragón	79,92	93,18	79,50	92,27	50,10	88,86
2005	Aragón	99,43	100,00	99,43	100,00	57,67	91,08
2006	Aragón	92,77	98,03	81,61	92,32	67,41	93,78
2007	Aragón	94,87	100,00	91,41	100,00	67,62	91,67
2008	Aragón	97,81	98,77	97,62	97,92	69,62	90,68
2009	Aragón	100,00	100,00	100,00	100,00	75,72	92,84
2010	Aragón	100,00	100,00	100,00	100,00	79,77	93,19
2011	Aragón	95,55	97,70	88,38	92,86	90,26	97,42
2012	Aragón	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2000	Asturias	45,30	96,35	28,47	94,33	37,75	96,18
2001	Asturias	56,29	93,51	40,01	88,71	48,55	93,49
2002	Asturias	70,83	100,00	35,47	87,01	70,81	100,00
2003	Asturias	56,99	94,51	33,60	86,52	50,44	94,39
2004	Asturias	63,48	95,46	41,53	87,80	54,73	95,46
2005	Asturias	63,49	95,68	40,46	87,55	55,26	95,59
2006	Asturias	65,61	96,21	35,72	84,85	62,02	96,16
2007	Asturias	69,75	97,30	28,32	83,18	69,75	97,30
2008	Asturias	70,69	96,44	42,62	85,51	67,93	96,08
2009	Asturias	75,80	97,77	38,03	83,20	74,58	97,45
2010	Asturias	82,69	99,00	28,71	79,65	82,69	99,00
2011	Asturias	80,37	96,23	44,46	80,45	79,73	96,16
2012	Asturias	90,04	100,00	29,61	77,37	90,04	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5 (continuación)

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA EMPRESARIAL		EFICIENCIA ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	Castilla-La Mancha	33,62	100,00	32,38	100,00	16,53	100,00
2001	Castilla-La Mancha	41,09	100,00	38,61	100,00	17,03	99,69
2002	Castilla-La Mancha	38,21	100,00	33,61	99,83	18,75	100,00
2003	Castilla-La Mancha	37,81	99,94	36,02	98,79	25,85	99,85
2004	Castilla-La Mancha	41,38	99,98	34,28	98,53	30,12	99,98
2005	Castilla-La Mancha	44,29	100,00	39,59	100,00	33,35	100,00
2006	Castilla-La Mancha	53,53	100,00	45,17	99,57	37,52	100,00
2007	Castilla-La Mancha	47,47	99,52	33,86	94,78	43,47	99,52
2008	Castilla-La Mancha	45,61	96,87	31,50	93,48	38,19	96,82
2009	Castilla-La Mancha	45,81	92,61	33,26	88,51	39,47	92,61
2010	Castilla-La Mancha	47,46	94,69	31,48	89,04	43,76	94,69
2011	Castilla-La Mancha	54,27	94,43	34,69	87,65	50,02	94,43
2012	Castilla-La Mancha	62,22	99,56	37,75	89,50	54,49	99,52
2000	Canarias	50,92	100,00	28,36	96,33	49,60	100,00
2001	Canarias	47,26	97,62	22,81	89,36	47,26	97,62
2002	Canarias	43,24	95,18	27,07	89,62	41,66	94,92
2003	Canarias	42,72	96,06	24,06	90,71	40,99	95,94
2004	Canarias	48,76	96,97	31,04	91,22	43,78	96,65
2005	Canarias	43,50	98,48	25,03	92,32	41,72	98,30
2006	Canarias	55,90	100,00	28,09	90,39	55,70	100,00
2007	Canarias	48,40	99,29	25,58	90,99	48,40	99,22
2008	Canarias	50,59	99,53	25,24	90,88	50,59	99,33
2009	Canarias	47,25	98,58	28,60	91,84	42,02	98,27
2010	Canarias	49,90	97,29	25,95	89,24	45,69	97,28
2011	Canarias	50,60	98,09	23,57	89,39	50,51	98,07
2012	Canarias	51,75	100,00	20,04	88,94	51,75	100,00
2000	Cantabria	52,94	99,69	25,01	89,91	52,94	99,69
2001	Cantabria	54,22	95,60	35,02	87,23	50,59	95,60
2002	Cantabria	54,36	93,61	44,44	88,49	49,07	93,51
2003	Cantabria	60,33	97,91	29,06	89,61	58,05	97,91
2004	Cantabria	65,29	97,51	39,70	88,06	60,06	97,46
2005	Cantabria	72,93	99,72	44,22	89,13	72,93	99,66
2006	Cantabria	69,90	100,00	41,37	89,53	67,38	97,22
2007	Cantabria	71,82	99,47	35,36	84,84	71,82	99,47
2008	Cantabria	80,14	99,63	26,90	82,55	79,94	99,63
2009	Cantabria	80,69	100,00	37,30	88,66	72,38	94,45
2010	Cantabria	91,14	98,78	53,00	83,68	84,66	96,40
2011	Cantabria	90,67	98,18	46,95	81,73	88,22	96,88
2012	Cantabria	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5 (continuación)

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA EMPRESARIAL		EFICIENCIA ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	Castilla y León	47,51	100,00	39,48	100,00	29,70	100,00
2001	Castilla y León	41,16	96,60	31,30	95,67	31,22	96,60
2002	Castilla y León	47,58	96,82	36,64	94,95	34,47	96,82
2003	Castilla y León	41,99	93,63	28,82	91,59	35,28	93,63
2004	Castilla y León	50,05	92,90	37,68	91,30	38,46	92,88
2005	Castilla y León	52,86	92,73	39,71	90,97	42,13	92,72
2006	Castilla y León	47,06	90,75	35,96	88,24	44,64	90,75
2007	Castilla y León	51,26	90,82	31,46	87,43	45,69	90,82
2008	Castilla y León	51,32	89,94	28,54	84,56	50,88	89,94
2009	Castilla y León	48,86	87,86	28,78	83,82	47,86	87,86
2010	Castilla y León	54,43	88,46	29,64	83,08	50,39	88,46
2011	Castilla y León	54,02	87,74	26,66	81,53	53,80	87,74
2012	Castilla y León	60,47	91,86	31,84	81,54	60,40	91,87
2000	Cataluña	100,00	100,00	100,00	100,00	42,24	96,36
2001	Cataluña	100,00	100,00	100,00	100,00	47,54	92,40
2002	Cataluña	100,00	100,00	100,00	100,00	50,71	92,89
2003	Cataluña	96,49	96,78	92,96	94,42	80,05	95,53
2004	Cataluña	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00
2005	Cataluña	100,00	100,00	99,49	100,00	100,00	100,00
2006	Cataluña	100,00	100,00	100,00	100,00	99,15	100,00
2007	Cataluña	100,00	100,00	95,96	96,85	100,00	100,00
2008	Cataluña	100,00	100,00	86,51	91,48	100,00	100,00
2009	Cataluña	100,00	100,00	79,29	90,96	95,82	97,63
2010	Cataluña	98,76	98,79	60,17	77,26	98,01	98,52
2011	Cataluña	100,00	100,00	58,11	76,51	98,38	98,73
2012	Cataluña	100,00	100,00	52,78	75,72	100,00	100,00
2000	Extremadura	30,42	100,00	23,24	100,00	23,08	100,00
2001	Extremadura	37,38	100,00	23,59	100,00	28,20	100,00
2002	Extremadura	36,92	100,00	27,64	100,00	33,57	100,00
2003	Extremadura	40,15	100,00	37,00	100,00	28,03	98,19
2004	Extremadura	36,85	100,00	29,05	98,87	30,53	100,00
2005	Extremadura	49,00	100,00	28,61	97,98	37,13	99,66
2006	Extremadura	47,83	100,00	27,44	95,99	40,23	100,00
2007	Extremadura	47,33	100,00	20,85	93,50	42,98	100,00
2008	Extremadura	46,30	96,70	30,07	92,17	41,69	95,65
2009	Extremadura	57,48	100,00	25,58	94,76	50,55	100,00
2010	Extremadura	57,59	98,51	39,90	93,89	48,22	95,54
2011	Extremadura	61,98	95,98	31,74	88,45	52,60	94,85
2012	Extremadura	63,82	100,00	30,80	89,01	59,19	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5 (continuación)

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA EMPRESARIAL		EFICIENCIA ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	Galicia	53,22	100,00	34,25	99,50	51,01	100,00
2001	Galicia	51,63	98,07	32,31	91,23	48,16	97,87
2002	Galicia	60,65	99,76	35,02	89,56	60,35	99,75
2003	Galicia	58,33	92,12	39,16	87,58	41,63	91,45
2004	Galicia	57,72	90,62	37,97	86,01	42,69	89,76
2005	Galicia	62,71	91,88	41,36	86,03	47,88	90,86
2006	Galicia	60,28	93,33	41,51	85,97	53,93	93,31
2007	Galicia	56,12	91,90	34,53	82,70	52,51	91,90
2008	Galicia	60,90	91,64	45,66	84,32	57,43	91,37
2009	Galicia	66,79	95,30	47,12	85,48	61,44	94,73
2010	Galicia	69,61	93,51	49,42	83,46	65,30	93,39
2011	Galicia	85,30	95,57	52,95	82,57	69,63	94,30
2012	Galicia	74,41	99,93	45,49	85,11	73,95	99,93
2000	Illes Balears	75,91	100,00	61,04	100,00	51,36	100,00
2001	Illes Balears	71,96	100,00	54,21	100,00	47,03	99,59
2002	Illes Balears	63,81	100,00	41,81	100,00	50,75	100,00
2003	Illes Balears	88,16	100,00	86,72	100,00	47,55	100,00
2004	Illes Balears	72,66	100,00	62,85	98,81	54,64	100,00
2005	Illes Balears	60,64	98,34	48,72	94,07	55,34	98,34
2006	Illes Balears	68,08	100,00	54,20	100,00	60,68	100,00
2007	Illes Balears	65,65	100,00	47,55	97,53	59,10	100,00
2008	Illes Balears	68,51	100,00	54,42	96,23	62,94	99,88
2009	Illes Balears	70,56	100,00	41,03	96,45	70,56	100,00
2010	Illes Balears	71,44	100,00	25,44	96,38	71,44	100,00
2011	Illes Balears	72,26	100,00	19,07	93,66	72,26	100,00
2012	Illes Balears	77,66	100,00	28,74	94,16	77,66	100,00
2000	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	57,64	100,00
2001	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	51,45	98,51
2002	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	39,79	95,03
2003	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	29,33	94,20
2004	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	34,65	96,59
2005	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	38,09	96,46
2006	La Rioja	100,00	100,00	98,97	100,00	44,45	100,00
2007	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	40,54	88,12
2008	La Rioja	87,00	89,64	86,75	89,45	39,44	81,73
2009	La Rioja	100,00	100,00	100,00	100,00	45,21	81,62
2010	La Rioja	87,26	90,72	87,26	90,65	48,78	75,75
2011	La Rioja	61,07	82,64	56,16	79,06	54,67	82,08
2012	La Rioja	93,01	96,48	93,00	96,42	64,46	88,73

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5 (continuación)

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA EMPRESARIAL		EFICIENCIA ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	Madrid	100,00	100,00	92,81	100,00	94,91	100,00
2001	Madrid	94,40	96,38	70,10	89,56	78,56	95,83
2002	Madrid	92,37	96,17	75,50	89,19	80,87	95,81
2003	Madrid	93,08	96,06	65,88	86,07	82,18	95,98
2004	Madrid	93,14	97,33	67,17	87,33	84,47	96,30
2005	Madrid	100,00	100,00	62,93	86,98	99,62	100,00
2006	Madrid	100,00	100,00	63,29	84,83	99,97	100,00
2007	Madrid	100,00	100,00	66,47	84,10	100,00	100,00
2008	Madrid	100,00	100,00	77,48	86,68	100,00	100,00
2009	Madrid	100,00	100,00	77,72	90,52	95,46	97,92
2010	Madrid	100,00	100,00	69,52	81,65	97,40	98,89
2011	Madrid	99,37	99,47	65,25	80,83	95,86	98,20
2012	Madrid	100,00	100,00	65,88	80,69	100,00	100,00
2000	Murcia	67,35	98,64	65,31	98,50	28,59	95,09
2001	Murcia	70,96	96,08	64,70	93,48	29,92	92,08
2002	Murcia	72,58	97,47	64,34	94,96	32,31	93,60
2003	Murcia	71,26	95,86	60,36	92,53	39,02	93,41
2004	Murcia	67,12	95,93	54,70	91,97	38,11	92,52
2005	Murcia	67,42	96,23	45,34	89,06	48,43	94,31
2006	Murcia	72,61	97,60	53,34	90,62	52,70	95,99
2007	Murcia	72,67	97,52	49,83	90,10	54,53	96,00
2008	Murcia	77,97	96,51	52,67	87,94	57,20	95,10
2009	Murcia	69,64	96,30	47,31	85,97	64,38	95,59
2010	Murcia	75,67	96,70	44,95	84,59	65,15	95,52
2011	Murcia	88,38	98,16	48,81	83,58	68,65	95,31
2012	Murcia	94,32	100,00	42,10	84,05	80,03	100,00
2000	Navarra	100,00	100,00	100,00	100,00	69,16	100,00
2001	Navarra	91,49	100,00	85,75	100,00	58,50	100,00
2002	Navarra	82,14	100,00	76,09	100,00	64,44	100,00
2003	Navarra	94,45	100,00	74,73	100,00	83,74	100,00
2004	Navarra	100,00	100,00	100,00	100,00	79,78	100,00
2005	Navarra	100,00	100,00	100,00	100,00	91,48	100,00
2006	Navarra	98,07	99,31	97,24	97,29	84,90	98,84
2007	Navarra	100,00	100,00	100,00	100,00	90,31	100,00
2008	Navarra	100,00	100,00	95,26	96,15	87,13	99,49
2009	Navarra	100,00	100,00	78,42	88,10	94,78	98,54
2010	Navarra	100,00	100,00	96,12	100,00	92,76	99,03
2011	Navarra	100,00	100,00	81,55	84,98	100,00	100,00
2012	Navarra	100,00	100,00	64,84	79,67	100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A6.5 (continuación)

## VALORES BCC Y CCR

AÑO	COMUNIDADES	EFICIENCIA GLOBAL		EFICIENCIA EMPRESARIAL		EFICIENCIA ACADÉMICO	
		Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %	Modelo CCR %	Modelo BCC %
2000	País Vasco	93,76	100	90,13	100	43,94	100
2001	País Vasco	83	100	79,61	100	52,16	100
2002	País Vasco	75,61	98,94	75,45	98,81	34,73	98,8
2003	País Vasco	69,67	98,01	68,63	98,01	36,5	98,01
2004	País Vasco	85,01	99,08	85,01	99,07	39,27	96,98
2005	País Vasco	97,64	100	97,64	100	48,7	97,29
2006	País Vasco	100	100	100	100	54,2	99,75
2007	País Vasco	95,77	100	94,07	99,9	62,96	100
2008	País Vasco	96,61	100	94,45	99,16	68,4	100
2009	País Vasco	89,1	94,67	86,09	89,93	66,56	94,38
2010	País Vasco	77,52	95,15	69,12	87,3	71,5	95,15
2011	País Vasco	84,14	97,88	77,01	87,69	76,32	97,36
2012	País Vasco	85,45	100	61,13	84,2	82,84	100
2000	C. Valenciana	100	100	100	100	36,69	96,54
2001	C. Valenciana	100	100	100	100	37,71	95,45
2002	C. Valenciana	98,5	99,34	97,56	98,77	39,23	93,87
2003	C. Valenciana	95,14	100	88,01	99,51	46,48	94,94
2004	C. Valenciana	88,19	100	79,85	97,2	49,57	95,59
2005	C. Valenciana	93,12	100	81,66	97,41	53,85	94,71
2006	C. Valenciana	95,07	100	74,76	92,23	60,95	97,64
2007	C. Valenciana	90,51	99,27	70,38	91,6	62,58	96,21
2008	C. Valenciana	86,68	96,59	64,74	87,9	63,09	94,79
2009	C. Valenciana	90,52	98,79	65,29	90,37	64,29	94,34
2010	C. Valenciana	94,75	99,34	64,9	88,23	68,86	95,1
2011	C. Valenciana	95,7	98,64	55,49	83,73	77,65	98,22
2012	C. Valenciana	99,41	100	55,82	83,53	82,9	100

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO CAPÍTULO 7**

Cuadro A7.1

POSICIÓN DE LAS REGIONES EN EL RANKING DE EFICIENCIA ((SEGÚN LA MEDIA DE SU ÍNDICE DE EFICIENCIA DE LOS 13 AÑOS ANALIZADOS))

	IE global		IE empresarial		IE científica	
	Análisis estática	Análisis dinámica	Análisis estática	Análisis dinámica	Análisis estática	Análisis dinámica
Cataluña	1	1	4	1	3	3
Madrid	2	1	7	7	1	1
Navarra	3	1	3	1	2	1
Aragón	4	1	1	4	4	5
Comunidad Valenciana	5	1	6	1	9	8
La Rioja	6	7	2	6	14	15
País Vasco	7	6	5	5	10	10
Murcia	8	11	8	8	12	12
Baleares	9	9	9	9	7	7
Cantabria	10	8	12	14	5	4
Asturias	11	10	14	13	6	6
Galicia	12	12	10	10	8	9
Andalucía	13	13	11	12	13	11
Castilla y León	14	14	15	15	15	13
Canarias	15	16	17	17	11	16
Extremadura	16	15	16	16	16	14
Castilla-La Mancha	17	17	13	11	17	17

*Nota:* Se han sombreado las regiones que hayan sido líder en una o más ocasiones.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.2

## ANÁLISIS DINÁMICO DEL SECTOR PRODUCTIVO: ÍNDICES DE MALMQUIST, CATCHING-UP Y FRONTIER SHIFT

CC.AA.	Aumenta/ positivo (índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/ negativo (índices menores a 1)	Tipo de índice	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Aragón	5	0	7	IMQ	0,70	2,84	1,62	0,58	1,20	0,57	0,61	1,20	2,34	0,57	0,95	0,57
Aragón	5	0	7	CFE	0,89	2,18	1,62	0,58	1,20	0,59	0,80	1,97	1,07	0,57	0,98	0,68
Aragón	2	4	6	CETP	0,79	1,30	1,00	1,00	1,00	0,98	0,77	0,61	2,18	1,00	0,97	0,84
Cataluña	4	0	8	IMQ	0,91	2,38	1,30	0,62	0,87	0,35	0,61	5,06	0,54	0,52	1,32	0,46
Cataluña	4	0	8	CFE	0,91	2,38	1,35	0,71	0,85	0,37	0,74	3,49	0,61	0,45	1,37	0,60
Cataluña	3	2	7	CETP	1,00	1,00	0,96	0,88	1,03	0,95	0,83	1,45	0,87	1,14	0,96	0,77
C. Valenciana	4	0	8	IMQ	0,83	2,74	1,15	0,93	0,70	0,44	0,67	5,53	0,57	0,41	1,59	0,56
C. Valenciana	4	0	8	CFE	0,95	2,48	1,37	0,76	0,80	0,44	0,94	3,47	0,61	0,38	1,81	0,63
C. Valenciana	5	0	7	CETP	0,88	1,11	0,84	1,23	0,87	1,00	0,72	1,59	0,92	1,09	0,88	0,88
La Rioja	6	0	6	IMQ	1,13	2,60	1,48	0,48	1,07	0,37	0,89	1,04	2,51	0,57	0,84	0,48
La Rioja	5	0	7	CFE	1,13	2,60	1,48	0,56	0,93	0,51	0,76	1,96	1,13	0,57	0,88	0,65
La Rioja	4	3	5	CETP	1,00	1,00	1,00	0,87	1,15	0,73	1,17	0,53	2,21	1,00	0,95	0,74
Madrid	5	0	7	IMQ	1,12	1,96	1,60	0,61	1,05	0,62	0,63	4,52	0,64	0,57	0,84	0,58
Madrid	3	0	9	CFE	0,93	2,08	1,54	0,67	0,99	0,58	0,75	3,78	0,64	0,57	0,98	0,62
Madrid	5	2	5	CETP	1,20	0,94	1,04	0,91	1,06	1,06	0,84	1,19	1,00	1,00	0,86	0,94
Navarra	5	0	7	IMQ	1,37	0,95	1,81	0,94	0,84	0,55	1,00	1,13	1,94	0,48	1,34	0,77
Navarra	6	0	6	CFE	1,24	1,20	1,92	0,70	0,94	0,51	0,96	1,90	1,15	0,61	1,04	0,77
Navarra	6	1	5	CETP	1,11	0,79	0,94	1,34	0,90	1,07	1,04	0,60	1,68	0,78	1,28	1,00
País Vasco	4	0	8	IMQ	0,96	1,54	1,58	0,80	0,89	0,40	1,07	0,72	3,27	0,53	0,87	0,82
País Vasco	5	0	7	CFE	1,10	1,29	1,94	0,62	0,88	0,50	0,85	2,05	1,15	0,53	0,95	0,75
País Vasco	6	1	5	CETP	0,87	1,20	0,81	1,30	1,01	0,80	1,25	0,35	2,86	1,00	0,92	1,09

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.2. (continuación)

## ANÁLISIS DINÁMICO DEL SECTOR PRODUCTIVO: ÍNDICES DE MALMQUIST, CATCHING-UP Y FRONTIER SHIFT

CC.AA.	Aumenta/ positivo (índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/ negativo (índices menores a 1)	Tipo de índice	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	6	0	6	IMQ	1,20	1,86	1,68	0,72	1,10	0,41	0,71	2,94	0,48	0,66	1,54	0,49
Andalucía	5	0	7	CFE	1,10	2,12	1,47	0,89	0,91	0,43	0,66	3,06	0,65	0,47	1,62	0,58
Andalucía	5	0	7	CEIP	1,09	0,88	1,14	0,81	1,21	0,95	1,08	0,96	0,74	1,41	0,95	0,85
Asturias	6	0	6	IMQ	1,50	1,08	2,74	0,84	0,82	0,52	0,50	0,69	2,88	0,34	1,21	1,04
Asturias	4	0	8	CFE	0,99	1,41	2,10	0,84	0,84	0,51	0,58	1,98	0,87	0,49	1,07	0,82
Asturias	6	1	5	CEIP	1,51	0,77	1,31	1,00	0,98	1,02	0,86	0,35	3,32	0,69	1,13	1,27
Baleares	5	0	7	IMQ	1,05	2,20	0,93	1,12	0,73	0,41	0,74	3,99	0,54	0,53	1,41	0,63
Baleares	5	0	7	CFE	1,05	2,20	1,43	0,73	0,93	0,39	0,77	3,07	0,65	0,47	1,67	0,57
Baleares	6	1	5	CEIP	1,00	1,00	0,65	1,52	0,78	1,04	0,96	1,30	0,84	1,13	0,85	1,11
Canarias	5	0	7	IMQ	1,08	2,17	1,73	0,82	0,76	0,90	0,78	3,71	0,68	0,47	1,64	0,42
Canarias	4	0	8	CFE	0,96	2,02	1,62	0,93	0,92	0,66	0,99	3,30	0,59	0,55	1,55	0,58
Canarias	7	0	5	CEIP	1,13	1,08	1,07	0,88	0,83	1,37	0,78	1,12	1,14	0,85	1,06	0,72
Cantabria	5	0	7	IMQ	1,11	1,30	1,62	0,95	0,70	0,49	0,75	1,09	1,82	0,59	0,70	0,90
Cantabria	3	0	9	CFE	0,90	1,30	1,89	0,81	0,70	0,49	0,88	2,03	0,83	0,59	0,81	0,78
Cantabria	4	4	4	CEIP	1,23	1,00	0,86	1,17	1,00	1,00	0,85	0,54	2,18	1,00	0,86	1,16
C-La Mancha	4	0	8	IMQ	0,62	2,83	1,41	0,57	0,83	0,59	0,80	4,04	0,56	0,39	1,86	0,47
C-La Mancha	4	0	8	CFE	0,71	2,64	1,38	0,57	0,95	0,56	0,83	3,42	0,67	0,43	1,42	0,56
C-La Mancha	6	0	6	CEIP	0,87	1,07	1,02	1,01	0,88	1,04	0,97	1,18	0,84	0,92	1,31	0,83
C. y León	5	0	7	IMQ	0,83	2,26	1,83	0,35	1,53	0,55	0,72	4,06	0,67	0,50	1,37	0,44
C. y León	5	0	7	CFE	0,91	2,34	1,62	0,62	1,03	0,46	0,89	3,28	0,67	0,50	1,36	0,49
C. y León	5	1	6	CEIP	0,92	0,97	1,13	0,57	1,49	1,19	0,81	1,24	1,00	1,00	1,01	0,88
Extremadura	5	0	7	IMQ	0,92	2,49	1,12	0,76	0,60	0,39	1,07	3,47	0,64	0,27	2,48	0,43
Extremadura	4	0	8	CFE	0,97	2,36	1,43	0,59	0,69	0,40	0,90	3,59	0,66	0,44	1,42	0,52
Extremadura	4	0	8	CEIP	0,95	1,06	0,79	1,27	0,87	0,97	1,19	0,97	0,96	0,62	1,74	0,83
Galicia	5	0	7	IMQ	1,06	0,71	1,78	1,31	0,87	0,43	0,55	0,90	2,20	0,50	0,74	1,17
Galicia	3	0	9	CFE	0,92	1,24	1,58	0,84	0,87	0,43	0,57	2,22	0,87	0,50	0,98	0,88
Galicia	5	3	4	CEIP	1,16	0,57	1,13	1,56	1,00	1,00	0,98	0,40	2,54	1,00	0,76	1,32
Murcia	6	0	6	IMQ	1,43	1,56	1,89	0,95	1,07	0,45	0,68	3,19	0,55	0,61	1,89	0,42
Murcia	6	0	6	CFE	1,15	1,82	1,61	0,95	1,07	0,49	0,76	2,96	0,68	0,46	1,85	0,56
Murcia	5	2	5	CEIP	1,24	0,86	1,17	1,00	1,00	0,93	0,90	1,08	0,81	1,34	1,02	0,75

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.3

## ANÁLISIS DINÁMICO DEL SECTOR CIENTÍFICO: ÍNDICES DE MALMQUIST, CATCHING-UP Y FRONTIER SHIFT

Índice eficiencia científica	Aumenta/positivo (índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/negativo (índices menores a 1)	Tipo de índice	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
					1,50	0,89	1,46	0,39	2,52	0,56	0,91	1,80	0,69	1,04	0,99	0,94
Aragón	5	0	7	IMQ	1,35	0,89	1,39	0,55	1,73	0,94	0,54	1,79	1,32	0,59	0,96	1,14
Aragón	6	0	6	CFE	1,11	1,01	1,05	0,70	1,45	0,59	1,67	1,01	0,52	1,74	1,03	0,83
Aragón	8	0	4	CETP	0,98	1,25	0,68	0,49	2,22	0,41	0,79	1,76	2,25	0,32	1,10	1,14
Cantabria	6	0	6	IMQ	1,31	1,07	1,00	0,50	1,47	0,87	0,44	1,88	1,56	0,43	0,87	1,20
Cantabria	6	0	6	CFE	0,75	1,17	0,69	0,99	1,52	0,47	1,80	0,94	1,44	0,74	1,27	0,95
Cantabria	5	0	7	CETP	0,81	1,14	1,80	0,73	1,46	0,70	0,41	3,35	0,84	0,86	0,68	1,42
Cataluña	5	0	7	IMQ	1,18	1,01	1,46	0,70	1,41	0,85	0,50	2,25	1,09	0,66	0,85	1,22
Cataluña	7	0	5	CFE	0,69	1,13	1,23	1,04	1,04	0,83	0,81	1,49	0,77	1,30	0,80	1,16
Cataluña	7	0	5	CETP	1,48	0,58	2,23	0,44	1,82	0,73	0,79	1,69	0,96	1,01	1,04	0,83
Madrid	6	0	6	IMQ	1,36	0,92	1,46	0,53	1,56	0,94	0,64	1,53	1,50	0,59	1,04	1,13
Madrid	7	0	5	CFE	1,09	0,63	1,53	0,85	1,16	0,77	1,24	1,10	0,64	1,70	1,00	0,74
Madrid	6	1	5	CETP	1,58	1,41	0,77	0,39	2,47	0,41	0,95	1,60	0,79	1,04	1,00	1,36
Navarra	7	0	5	IMQ	1,35	1,09	0,79	0,61	1,54	0,80	0,56	1,71	1,32	0,63	0,92	1,19
Navarra	6	0	6	CFE	1,17	1,29	0,98	0,64	1,60	0,51	1,71	0,94	0,60	1,65	1,09	1,14
Navarra	7	0	5	CETP												

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.3 (continuación)

## ANÁLISIS DINÁMICO DEL SECTOR CIENTÍFICO: ÍNDICES DE MALMQUIST, CATCHING-UP Y FRONTIER SHIFT

CC.AA.	Aumenta/ positivo (índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/ negativo (índices menores a 1)	Tipo de índice	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	7	0	5	IMQ	1,67	0,87	1,18	1,00	1,92	0,89	0,38	2,87	1,04	0,46	1,36	1,11
Andalucía	8	0	4	CFE	1,32	0,93	1,11	1,28	1,50	0,89	0,51	2,14	1,11	0,48	1,23	1,14
Andalucía	5	1	6	CETP	1,26	0,94	1,06	0,78	1,28	1,00	0,75	1,34	0,94	0,97	1,11	0,97
Asturias	8	0	4	IMQ	1,15	1,13	0,79	0,42	2,19	1,45	0,18	2,01	1,92	0,36	1,23	1,10
Asturias	6	0	6	CFE	1,29	1,00	0,92	0,56	1,43	1,19	0,27	1,87	1,35	0,53	0,87	1,16
Asturias	6	0	6	CETP	0,89	1,13	0,86	0,76	1,54	1,22	0,65	1,07	1,42	0,68	1,41	0,95
Baleares	7	0	5	IMQ	1,82	1,01	1,46	0,50	1,96	0,80	0,49	2,41	0,95	0,46	1,50	1,20
Baleares	7	0	5	CFE	1,19	0,90	1,39	0,66	1,48	0,85	0,46	2,44	1,11	0,50	1,24	1,20
Baleares	7	0	5	CETP	1,54	1,12	1,05	0,76	1,33	0,95	1,05	0,99	0,85	0,91	1,21	1,00
Canarias	8	0	4	IMQ	1,57	1,00	0,79	1,69	1,58	0,20	2,33	2,06	0,64	1,00	1,37	1,12
Canarias	8	0	4	CFE	1,44	0,94	1,08	1,24	1,58	0,87	0,55	2,06	1,11	0,65	1,22	1,12
Canarias	6	3	3	CETP	1,09	1,06	0,73	1,36	1,00	0,23	4,27	1,00	0,57	1,56	1,12	1,00
Castilla-La Mancha	5	0	7	IMQ	0,99	0,62	2,40	0,50	1,39	0,78	0,81	1,26	1,13	0,90	0,49	1,71
Castilla-La Mancha	6	0	6	CFE	1,22	0,91	1,46	0,43	1,60	0,89	0,64	1,53	1,30	0,64	0,79	1,25
Castilla-La Mancha	5	0	7	CETP	0,81	0,68	1,64	1,15	0,87	0,88	1,27	0,82	0,87	1,41	0,62	1,36
Castilla y León	7	0	5	IMQ	1,58	0,50	2,45	0,42	1,70	0,75	0,80	1,27	1,09	1,01	0,56	1,73
Castilla y León	6	0	6	CFE	1,41	0,88	1,40	0,50	1,59	0,93	0,62	1,64	1,30	0,64	0,94	1,25
Castilla y León	6	0	6	CETP	1,12	0,56	1,76	0,85	1,07	0,81	1,30	0,78	0,84	1,56	0,60	1,38

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.3 (continuación)

## ANÁLISIS DINÁMICO DEL SECTOR CIENTÍFICO: ÍNDICES DE MALMQUIST, CATCHING-UP Y FRONTIER SHIFT

CC.AA.	Aumenta/ positivo (índices mayores a 1)	No cambia/no afecta (índices iguales a 1)	Aumenta/ negativo (índices menores a 1)	Tipo de índice	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Com. de Valencia	4	0	8	IMQ	0,97	1,00	1,61	0,70	1,33	0,75	0,45	2,77	0,88	0,54	0,96	1,69
Com. de Valencia	7	0	5	CFE	1,19	0,90	1,46	0,70	1,33	0,85	0,47	2,32	1,11	0,43	1,33	1,24
Com. de Valencia	5	2	5	CETP	0,82	1,10	1,11	1,00	1,00	0,88	0,96	1,19	0,79	1,27	0,72	1,37
Extremadura	6	0	6	IMQ	1,04	0,81	1,94	0,77	1,19	0,87	0,78	1,55	1,00	0,86	0,55	1,83
Extremadura	6	0	6	CFE	1,26	0,89	1,40	0,73	1,39	0,90	0,65	1,87	1,12	0,64	0,80	1,26
Extremadura	5	0	7	CETP	0,82	0,90	1,39	1,06	0,85	0,97	1,21	0,83	0,90	1,35	0,69	1,45
Galicia	7	0	5	IMQ	0,89	1,26	0,84	0,31	2,51	1,31	0,16	2,52	1,92	0,34	1,21	1,24
Galicia	6	0	6	CFE	1,23	0,91	0,84	0,70	1,45	1,06	0,34	1,76	1,21	0,56	0,85	1,15
Galicia	7	1	4	CETP	0,72	1,39	1,00	0,44	1,74	1,24	0,46	1,43	1,58	0,62	1,42	1,09
La Rioja	8	0	4	IMQ	1,62	1,00	1,16	0,38	2,76	0,41	1,07	1,51	0,76	1,13	0,88	1,11
La Rioja	6	0	6	CFE	1,31	0,92	1,42	0,51	1,67	0,78	0,56	1,70	1,32	0,59	0,96	1,16
La Rioja	5	0	7	CETP	1,24	1,09	0,82	0,74	1,65	0,53	1,90	0,89	0,57	1,90	0,92	0,96
Murcia	9	0	3	IMQ	1,06	1,06	0,97	1,29	1,72	0,21	1,93	2,60	1,12	0,42	1,45	1,14
Murcia	8	0	4	CFE	1,20	0,97	1,07	1,29	1,55	0,94	0,51	2,12	1,12	0,48	1,26	1,12
Murcia	7	1	4	CETP	0,89	1,10	0,91	1,01	1,11	0,22	3,77	1,22	1,00	0,86	1,15	1,01
País Vasco	6	0	6	IMQ	1,87	1,05	0,75	0,60	1,94	0,41	0,98	1,89	0,76	0,94	1,10	1,30
País Vasco	7	0	5	CFE	1,30	1,07	1,03	0,57	1,48	0,80	0,54	1,85	1,41	0,58	0,87	1,23
País Vasco	8	0	4	CETP	1,44	0,98	0,72	1,06	1,31	0,51	1,81	1,02	0,54	1,61	1,27	1,05

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A7.4

### CUADRO DIFERENCIAL ENTRE LA APORTACIÓN A LA INEFICIENCIA POR RAZONES TÉCNICAS PURAS DE LOS DISTINTOS ÍNDICES DE EFICIENCIA

	IEG-IESP	IEG-IESC	IESP-IESC
Andalucía	-2,8	-1,2	1,6
Aragón	-4,6	9,6	14,1
Asturias	-3,4	0,8	4,2
Baleares	-1,6	0,0	1,6
Castilla-La Mancha	-0,9	0,3	1,2
Comunidad Valenciana	-10,4	6,0	16,4
Castilla y León	3,0	1,2	-1,8
Canarias	-1,9	0,0	1,9
Cantabria	-5,9	-2,7	3,2
Cataluña	47,5	67,3	19,8
Extremadura	-1,1	-0,2	0,9
Galicia	-1,5	3,0	4,5
La Rioja	11,0	46,9	35,9
Madrid	22,9	37,2	14,3
Murcia	-4,0	2,9	6,9
Navarra	-30,4	4,3	34,7
País Vasco	-10,0	4,3	14,2

Fuente: Elaboración propia.



## **ANEXO CAPÍTULO 8**

Cuadro A8.1

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO GLOBAL REGRESIÓN EFECTOS ALEATORIOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor empresas	7,258	1,731	4,19	0
Factor AA.PP.	-1,269	1,742	-0,73	0,466
Factor universidades	8,677	1,5	5,78	0
Factor Plan Nacional	-1,104	0,724	-1,52	0,127
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
R <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,227			
<i>Between</i>	0,266			
<i>Overall</i>	0,260			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A8.2

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO PATENTES REGRESIÓN EFECTOS ALEATORIOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor empresas	5,49	2,203	2,49	0,013
Factor AA.PP.	-10,612	2,226	-4,77	0
Factor universidades	-2,501	1,906	-1,31	0,19
Factor Plan Nacional	-0,04	0,903	-0,04	0,964
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
R <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,175			
<i>Between</i>	0,102			
<i>Overall</i>	0,109			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A8.3

### RESULTADOS REGRESIÓN – MODELO PUBLICACIONES REGRESIÓN EFECTOS ALEATORIOS

Variable dependiente				
Puntaje eficiencia				
Variables Explicativas	Coefficientes	Errores estándar	Estadísticos <i>t</i>	<i>p</i> -valor
Factor empresas	10,669	1,5	7,1	0
Factor AA.PP.	9,258	1,481	6,25	0
Factor universidades	12,406	1,352	9,17	0
Factor Plan Nacional	1	0,764	1,32	0,188
Observaciones	221			
Número de grupos	17			
<i>R</i> <sup>2</sup>				
<i>Within</i>	0,606			
<i>Between</i>	0,575			
<i>Overall</i>	0,573			

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro A8.4

### TEST DE HAUSMAN - EFECTOS FIJOS VS EFECTOS ALEATORIOS MODELO GLOBAL

	COEFICIENTES			
	(b) FIXED	(B) RANDOM	(b-B) Difference	Diag (V_b-V_B) S.E.
Factor Empresas	5,166	7,258	-2,09	0,91
Factos AA.PP.	-4,058	-1,269	-2,78	1,05
Factor Universidades	11,26	8,677	2,58	0,76
Factor Plan Nacional	-0,664	-1,104	0,43	0,12
Test H <sub>0</sub> : Difference in coefficients not systematic				
Chi <sup>2</sup> (4)=18,55				
Prob>Chi <sup>2</sup> =0,001				

Fuente: Elaboración propia.





## **BIBLIOGRAFÍA**



- ABBASI F.; HAJIHOSEINI H., y S. HAUKKA (2011), "Use of Virtual Index for Measuring Efficiency of Innovation Systems: A Cross-Country Study", *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, Vol. 9(3): 195–212.
- ABERNATHY, W.J., y B.S. CHAKRAVARTY (1979), "La intervención gubernamental en el mercado y la innovación tecnológica: un marco para las políticas". En ROBERTS (1996), *Gestión de la innovación tecnológica*, Cotec, Madrid.
- ACS, Z.; ANSELIN, L., y A. VARGA (2002), "Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge", *Research Policy*, 31: 1069-1085.
- ACS, Z.; AUDRETSCH, D., y M. FELDMAN (1992), "Real Effect of Academic Research: Comment", *The American Economic Review*, Vol. 82-1: 363-367.
- ACS, Z.J. (2006), "Introduction", en Acs, Z.J. (ed.), *The Growth of Cities*, Edward- Elgar, Cheltenham.
- AFRIAT, S.N. (1972), "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review*, 13 (3): 568-598.
- AGHION, P., y P. HOWITT (2009), *The economics of growth*, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press, Cambridge.
- AGHION, P.; HOWITT, P., y S. PRANTL (2013), "Revisiting the Relationship Between Competition, Patenting, and Innovation". En ACEMOGLU, D.; ARELLANO, M.; DEKEL, E. (2013), *Advances in Economics and Econometrics Tenth World Congress*, Vol., Econometric Society Monographs (No. 49), Economic Theory Publisher, Cambridge University Press.
- AIGNER, D.J., y S.F. CHU (1968), "On Estimating the Industry Production Function", *American Economic Review*, 58: 826-839.
- AIGNER, D.J.; LOVELL, C.K.A., y P. SCHMIDT (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.
- ALBERDI, X.; GIBAJA, J.J., y M. PARRILLI (2013), "Mapping the efficiency of regional innovation systems". En *The challenge of regional development in a world of changing hegemonies: knowledge, competitiveness and austerity*, 2013 2013, XXXVIII Reunión de Estudios Regionales.
- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, M. (2013), *Eficiencia en los sistemas regionales de innovación europeos*, Universidad Complutense, Final de Grado en Economía, Curso Académico 2012/2013, Tutores: PROF. DR. D. MIKEL BUESA BLANCO Y JOOST HEIJIS.
- ANDERSEN, P., y N.C. PETERSEN (1993), "A procedure for ranking efficient units in DEA", *Management Science*, 39(10): 1261-1264.
- ANTONELLI, A. (2008), *Localised Technological Change: Towards the Economics of Complexity*, Routledge, Londres.
- APPA, G., y M. YUE (1999), "On setting scale efficient targets in DEA", *Journal of Operational Research Society*, 50(1): 60-70.

- ARCHIBUGI, D. (1992), "Patenting as an Indicator of Technological Innovation: A Review", *Science and Public Policy*, Vol. 19: 357-368.
- ARCHIBUGI, D., y J. MICHIE (1995), "The globalisation of Technology: A new Taxonomy", *Journal of Economics*, 19: 121-140.
- (1997), *Technology, Globalisation and Economic Performance*, Cambridge University Press.
- ARROW, K. (1962a), "Economic welfare and the allocation of resources for invention". En *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University Press: 609-625.
- (1962b), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29(2).
- ASHEIM, B.; BUGGE, M.; COENEN, L., y S. HERSTAD (2013), "What Does Economic Geography Bring to the Policy Table? Reconceptualising Regional Innovation Systems", Paper presents ad the 35<sup>th</sup> DRUID Celebration Conference 2013, Barcelona, España, 17-19 de junio.
- ASHEIM, B., y M. GERTLER (2005), "The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems". En FAGERBERG, MOWERY Y NELSON (Eds.): 291-317.
- AUDRETSCH, D.B. (1998), "Agglomeration and the location of innovative activity", *Review of Economic Policy*, Vol. 14(2): 18-29.
- AYDALOT, P., y D. KEEBLE (Eds.), (1988), *High Technology Industry and Innovative Environments. The European Experience*.
- AZFAL, M.N.I., y R. LAWREY (2012b), A Measurement Framework for Knowledge-Based Economy (KBE) Efficiency. En "ASEAN: A Data Envelopment (DEA) Window Approach", *International Journal of Business and Management*, 7(18): 58-68.
- (2012c), Evaluating the Comparative Performance of Technical and Scale Efficiencies in Knowledge-Based Economies (KBEs). En "ASEAN: A Data Envelopment Analysis (DEA) Application", *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 51(8): 81-93.
- AZFAL, I.; NASER, M. y R. LAWREY (2014), *Research on the Evaluation of Innovation Efficiency for China's Regional Innovation, System by Utilizing DEA*. IJAPS, Vol. 10(1), (enero 2014).
- BANKER, R. (1984), "Estimating most productive scale size in DEA", *European Journal of Operational Research*, 17: 35-44.
- (1993a), "Maximum likelihood, consistency and data envelopment analysis: a statistical foundation", *Management Science*, 39(10): 1265-1273.
- (1993b), "Maximum likelihood, consistency and DEA: A statistical foundation", *Management Sciences*, 39(10): 1265-1273.
- (1996), "Hypothesis tests using DEA", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 139-159.
- BANKER, R., ET AL. (1984), "Some models for estimating technical and scale efficiencies in DEA", *Management Sciences*, 30(9): 1078-1092.
- (1989), "An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and their Uses", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, Vol. 5.
- (1993), "Projections operators in DEA", *Working paper*, Graduate school of business, University of Texas at Austin, Austin, TX.
- BANKER, R., y H. CHANG (2006), "The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units", *European Journal of Operational Research*, 175: 1311-1321.
- BANKER, R., y R.C. MOREY (1986), "The use of categorical variables in DEA", *Management Sciences*, 32 (12): 1613-1627.

- (1986), "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs", *Operations Research*, 34(4): 513-521.
- (1994), "Estimating production function frontier shifts: An application to technology assessment", *Working Paper*, University of Minnesota.
- BANKER, R., y R. NATARAJAN (2004), "Statistical tests based on DEA efficiency scores", en: W.W. COOPER, L.M. SEIFORD, y J. ZHU, *Handbook on Data Envelopment Analysis*, New York: Kluwer Academic Publishers: 265–298.
- BARDHAN, I.R., ET AL. (1998), "A simulation study of joint uses of DEA and statistical regressions for production function estimation and efficiency evaluation", *Journal of Productivity Analysis*, 9: 249-278.
- BARGE, A. (2006), *Los Centros Tecnológicos como instrumento de intervención pública en los Sistemas Regionales de Innovación*, Tesis Doctoral.
- BARRIO-CASTRO, y J. GARCÍA-QUEVEDO (2005), "Effects of University Research on the Geography of Innovation", *Regional Studies*, Vol. 39(9): 1217-1229.
- BARZEL, Y. (1968), "Optimal Timing of Innovations", *Review of Economics and Statistics*, 50.
- BAUMERT, T. (2006), *Los determinantes de la innovación, Un estudio aplicado sobre las regiones de la Unión Europea*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- BOJANIC, A.N.; CAUDILL, S.B., y J.M. FORD (1998), "Small-sample properties of ML, COLS, and DEA estimators of frontier models in the presence of heteroscedasticity", *European Journal of Operational Research*, 108(1): 140-141.
- BONACCORSI A., y C. DARAIO (2004), "Econometric Approaches to the Analysis of Productivity of R&D Systems: Production Functions and Production Frontiers". En: H.F. MOED ET AL. (eds.): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Kluwer Academic Publishers: 51 – 74.
- BOSCHMA, R.A. (2005), Proximity and innovation: a critical assessment, *Regional Studies*, 39: 61.
- BOSCO M.G., y A. BRUGNOLI (2010), *Regional efficiency, innovation and productivity, Cached, RSA conference proceedings, Pe'cs*.
- BOTTAZZI, L., y G. PERI (2003), "Innovation and Spillovers in Regions: evidence from European Patent Data", *European Economic Review*, 47: 687-710.
- BOUSSOFIANE, A., ET AL. (1991), "Applied DEA", *European Journal of Operational Research*, 15(5): 1-15.
- BRESCHI, S., y F. LISSONI (2001), "Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey", *Industrial & Corporate Change*, 10(4): 975-1005.
- BROEKEL, T.; ROGGE, N., y T. BRENNER (2013), "The innovation efficiency of German regions – a shared-input DEA approach", *Working Papers on Innovation and Space*, 08.13.
- BUESA, M. (2012), "El sistema nacional de innovación en España: un panorama", *Información Comercial Española, Revista de Economía*, n.º 869, noviembre-diciembre, Madrid.
- BUESA, M.; CASADO, M.; HEIJS, J.; GUTIÉRREZ DE GANDARILLA, A., y M. MARTINEZ PELLITERO (2002), *El Sistema Regional de I+D+I de la Comunidad de Madrid*, Colección de Estudios Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Número 13.
- BUESA, M., y J. HEIJS (Eds.) (2007), *Sistemas regionales de innovación: nuevas formas de análisis y medición*, Funcas, Madrid.
- BUESA, M., y J. HEIJS (2013), *Manual de Economía de Innovación (parte I): teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación*, Editorial IAI-F-UCM, en <https://www.ucm.es/iaif/documentos-en-texto-completo-del-instituto>

- BUESA, M.; HEIJS, J., y T. BAUMERT (2010), "The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach", *Research Policy*, 39(6): 722-735.
- BUESA, M.; HEIJS, J.; MARTÍNEZ PELLITERO, M., y T. BAUMERT (2006), "Regional systems of innovation and the knowledge production function: the Spanish case", *Technovation*, 26(4): 436-472.
- BUESA, M.; MARTÍNEZ PELLITERO, M.; BAUMERT, T., y J. HEIJS (2007), "Novel applications of existing econometric instruments to analyse regional innovation systems: the Spanish case". En J. SURIÑACH, R. MORENO.; E. VAYÁ: *Knowledge Externalities, Innovation Clusters and Regional Development*, Edward Elgar, Cheltenham: 155-175.
- BUESA, M., y J. MOLERO (1992), *Patrones De Cambio Tecnológico y Política Industrial: un Estudio de las Empresas Madrilenas*, Civitas/Imade, Madrid.
- BUESA, M.; NAVARRO, M., ET AL. (2001), "Indicadores de la ciencia, la tecnología y la innovación: metodología y fuentes para la CAPV y Navarra", *Azkoaga Cuadernos de ciencias sociales y económicas*, 9.
- CAI, Y. (2011), "Factors Affecting the Efficiency of the BRICS' National Innovation Systems: A Comparative Study Based on DEA and Panel Data Analysis, Economics (open e-Journal)", *Economics Discussion Papers: 2011-2052*.
- CARLSON, B. (1994), "Technological systems and economic performance". En M. DODGSON y R. ROTHWELL (eds), *The handbook of industrial innovation*, Edward Elgar Publishers Ltd, Aldershot, Hants, UK.
- CARLSSON, B., y S. JACOBSON (1997), "Diversity, Creation and technological systems: A technology policy perspective". En *Edquist 1997*.
- CASTELLACCI, F. (2007), "Innovation and the competitiveness of industries: Comparing the mainstream and the evolutionary approaches", *Technology Forecasting and Social Change*, 75: 1-23.
- CAVES, D.W.; L.R.; CHRISTENSEN; W.E. DIEWERT, (1982), "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity", *Econometrica*, 50(6): 1393-1414.
- CE (1995), Libro Verde de la Innovación, Comisión Europea, diciembre 1995.
- CERULLI, G., y A. FILIPPETTI (2012), "The complementary nature of technological capabilities: Measurement and robustness issues", *Technological Forecasting & Social Change*, 79: 875-887.
- CHARNES, A., ET AL. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- (1980), "Management science relations for evaluation and management accountability", *Journal of Enterprise Management*, 2(2): 143-162.
- (1981), "Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to Program Follow Through", *Management Science*, 27(6): 668-697.
- (1985), "Foundations of DEA for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions", *Journal of Econometrics*, 30: 91-107.
- (1986), "Classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in DEA", *Operations Research Letters*, 5: 105-110.
- (1989), "An approach to test for organizational slack variables Banker's game theoretic DEA formulations", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5: 215-33.
- (1996), "Sensitivity and Stability of Efficiency Classifications in Data Envelopment Analysis", *The Journal of Productivity Analysis*, 7: 5-18.

- (1997), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Second edition, Kluwer Academic Publishers, New York.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; LEWIN, A., y L.M. SEIFORD (1997), "Data envelopment analysis theory, methodology and applications", *Operational Research Society*, 48(3): 332.
- CHARNES, A., y W.W. COOPER (1962), "Programming with Linear Fractional Functionals", *Naval Research Logistics Quarterly*, 9: 181-186.
- (1980), "Auditing and accounting for program efficiency and management efficiency in not-for-profit entities", *Accounting Organizations and Society*, 5(1): 87-107.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W., y E. RHODES (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- (1981), "Evaluating program and managerial efficiency: An application of data envelopment analysis to program follow through", *Management Science*, 27(6): 668-697.
- CHARNES, W.W., ET AL. (1983), "Invariant multiplicative efficiency and piecewise Cobb, Douglas envelopments", *Operations Research Letters*, 2(3):101-103.
- CHEN C.P.; HU J.L., y C.H. YANG (2011), "An International Comparison of R&D Efficiency of Multiple Innovative Outputs: The Role of the National Innovation System, Innovation: Management", *Policy and Practice*, 13(3): 341-360.
- CHEN, K., y J. GUAN (2012), "Measuring the Efficiency of China's Regional Innovation Systems: Application of Network Data Envelopment Analysis (DEA)", *Regional Studies*, 46(3): 355-377.
- CHRIST, J.P. (2009), "New Economic Geography reloaded: Localized knowledge spillovers and the geography of innovation, FZID", *Discussion Papers*, 01-2009, University of Hohenheim.
- COELLI, T.J. (1996), *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*, Centre for efficiency and productivity analysis, Armidale, University of New England.
- COELLI, T.J.; PRASADA RAO, D.S.; O'DONELL, CH.J., y G.E. BATTASE (2005), *An Introduction to efficiency and Productivity Analysis* (2nd edition), New York: Springer.
- COHENDET, P.; LLERENA, P.; STAHN, H., y G. UMBAUER, eds. (1998), *The Economics of Networks, Interactions and Behaviours*, Springer, Berlin.
- COMISIÓN EUROPEA (1996), *Encuesta Comunitaria de Innovación 1992*, Bruselas.
- COOKE, P., y K. MORGAN (1993), "The Network Paradigm; New Departures in Corporate and Regional Development", *Environment and Planning D: Society and Space*, 11: 543-564
- (1994), *The Creative Milieu: A Regional Perspective on Innovation*.
- COOKE, PH.; URANGA, M., y G. ETXEBARRIA (1997), "Regional Systems of Innovation: Institutional and Organizational Dimensions", *Research Policy*, 26(2): 475-491.
- COOPER A., ET AL. (1999), "RAM: A range adjusted measure of inefficiency for use with additive models and relations to other models and measures in DEA", *Journal of Productivity Analysis*, 11: 5-42.
- COOPER, W.W.; LAWRENCE, M., y J. ZHU (eds) (2011), *Handbook of Data Envelopment Analysis*, Springer, New York.
- COOPER, W.W.; SEIFORD, L., y K. TONE (2000), *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Pubs, Boston.
- (2006), *Introduction to Data Envelopment Analysis and its use with DEA-Solver Software*, Springer Science Business Media, Inc.

- CORRADO, L., y B. FINGLETON (2012), "Where is the economics in spatial econometrics?", *Journal of Regional Science*, 52: 210-239.
- COSCE (2005), *Informe de la Acción CRECE (Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España)*, promovido por la COSCE (CONFEDERACIÓN DE SOCIEDADES CIENTÍFICAS DE ESPAÑA).
- COTEC (1997), *Documento para el Debate sobre el Sistema Español de Innovación*, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- (2012), *Tecnología e Innovación en España Informe Cotec 2011*, [www.cotec.es](http://www.cotec.es)
- (2013), *Tecnología e Innovación en España Informe Cotec 2012*, [www.cotec.es](http://www.cotec.es)
- CRUZ, C., y D.A. FILIPESCU (2014), "Measuring the Effects of Internationalization on Technological Innovation Efficiency", (*DRUID Conference 2014*).
- CULLMANN A.; SCHMIDT-EHMCKE J., y P. ZLOCZYSTI (2009), "Innovation, R&D Efficiency and the Impact of The Regulatory Environment – A Two-Stage Semi-Parametric DEA Approach", German Institute for Economic Research, *Discussion paper*, 883: Berlin, May 2009.
- DASGUPTA, P., y J. STIGLITZ (1980a), "Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity", *Economic Journal*, Vol. 90, issue 358: 266-293.
- (1980b), "Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R&D", *Bell Journal of Economics*.
- DASGUPTA P., y P.A. DAVID (1987), "Information Disclosure and the Economics of Science and Technology", En G.R. FEIWEL (ed.), *Arrow and the Ascent of Modern Economic Theory*, New York University Press, New York, NY: 519-540.
- DEBREU, G. (1951), "The coefficient of resource utilization", *Econometrica*, 19(3): 273-292.
- DENG, J. (1988), "Modeling Of the GM Model of Grey System, Essential Topics on Grey System Theory and Application", *China Ocean Press*: 40-53.
- DIXIT, A. (1988a), "Optimal Trade and Industrial Policies for the U.S. Automobile Industry". En FEENSTRA, R. (Ed. ), *Empirical Methods for International Trade*.
- DOLOREUX, D. (2002), "What we should know about regional systems of innovation", *Technology and Society*: 24(3): 243-263.
- DÖRING, T., y J. SCHNELLENBACH (2006), "What Do We Know about Geographical Knowledge Spillovers and Regional Growth?: A Survey of the Literature", *Regional Studies*, 40.3: 375.
- DOSI, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technological change", *Research Policy*, vol. 11: 147-162.
- (1988), "Sources, Procedures and Micro Economic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature* XXVI.
- DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R., y G. SILVERBERG (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinters Publishers.
- DOSI, G.; LLERENA, P., y M. SYLOS LABINI (2006), "The Relationship Between Science, Technologies, and Their Industrial Exploitation: An Illustration Through the Myths and Realities of the So-called 'European Paradox'", *Research Policy*, 35: 1450-1464.
- DOYLE, J.R., y R.H. GREEN (1994), "Efficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses", *Journal of the Operational Research Society*, 45(5): 567-578.
- DUNCOMBE, W., ET AL. (1995), "Potential cost savings from school district consolidation: A case study of New York", *Economics of Education Review*, 14(3): 265-284.

- DUVIDIER, C. (2013), "Does urban proximity enhance technical efficiency? Evidence from chinese agriculture, *Journal of Regional Science*", Special Issue: Mini-Special Issue: *Regional Innovation Hotspots and Spatial Development* Vol. 53(5): 923–943, diciembre.
- EDQUIST, CH. (2005), "Systems of Innovation: Perspectives and Challenges". En FAGERBERG, MOWERY y NELSON (Eds.): 181-208.
- (Ed.) (1997), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*, Pinter Publishers, London.
- EL-FATTAH, M. A. A. (2011), "The Endogenous Growth Theory and Innovation in Egypt", *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(5): 90–99.
- ERA-WATCH (2010), "Mini Country Report. (TRENDCHART)", editor ERA-watch Network. *ERA-watch strategic intelligence service – operational phase* <http://www.proinno-europe.eu/inno-policy-trendchart/page/innovation-policy-trends>
- (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>
- ERBER, G. (2010), "The Design of Regional Innovation Systems, German Institute for Economic Research", *Working Paper IAREG WP6/01*.
- EUROPEAN COMMISSION (2001), *Recherche et développement: Statistiques annuelles*, Luxembourg.
- EUROSTAT (2011), *Patent Statistics at Eurostat: Methods for Regionalisation, Sector Allocation and Name Harmonisation*, Luxembourg.
- FAGERBERG, J.; MOWERY, D., y R.R. NELSON (Eds.) (2005), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Nueva York.
- FÄRE, R., ET AL. (1985), *The measurement of efficiency of production*, Kluwer-Nijhoff, Boston.
- (1988), "An indirect Approach to the evaluation of producer performance", *Journal of Public Economics*, 37: 71-89.
- (1989), "Measuring School District Performance", *Public Finance Quarterly*, 17(4): 409-428.
- (1994), *Production Frontiers*, Cambridge: Cambridge University Press.
- FÄRE, R., y C.A.K. LOVELL (1978), "Measuring the technical efficiency of production", *Journal of Economic Theory*, 19: 150-162.
- FÄRE, R.; LOVELL, K.A., y SH. GROSSKOPF (1985), *The measurement of efficiency of production*, Boston: Kluwer-Nijhoff.
- FÄRE, R., y S. GROSSKOPF (1992), "Malmquist Productivity Indexes and Fisher Ideal Indexes", *The Economic Journal*, 102(4): 158-160.
- FÄRE R.; GROSSKOPF S., y C.A.K. LOVELL (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge.
- FARRELL, M.J. (1957), "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, vol. 120(III): 253-266.
- FELDMAN, M.P. (1999), "The new economics of innovation, spillovers and agglomeration: a review of empirical studies", *Economics of Innovation and New Technology*, 8: 5.
- FORAY, D. (1991), "The secrets of industry are in the air: Industrial cooperation and the organizational dynamics of the innovative firm", *Research Policy*, 20: 393-406.

- FORAY, D., y B.-A. LUNDEVALL (1996), "The knowledge-based economy: From the economics of knowledge to the learning economy". En *Unemployment and growth in the knowledge-based economy*, OECD, 1996.
- FRANCO C.; PIERIY F., y F. VENTURINIZ (2012), "Knowledge frontier, innovation efficiency and endogenous growth in OECD manufacturing industries", *Working Paper*, 27 de marzo.
- FRANSMAN, M. (1997), "Convergence, the Internet, Multimedia and the Implications for Japanese and Asian Tiger Companies and National Systems", documento presentado en el International Symposium on *Innovation and Competitiveness in NIEs*, STEPI, Seoul, mayo.
- FREEMAN, CH. (1987), *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*, Pinter Publishers, London.
- (1995), "The National System of Innovation in Historical Perspective", *Journal of Economics*, 19: 5-24.
- FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K., y S.S. SCHMIDT (1993), "Efficiency and Productivity", En H.O. FRIED, C.A.K. LOVELL, y S.S. SCHMIDT, S.S. (eds), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, Oxford: University Press.
- (2008), "Efficiency and Productivity". En FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K. & SCHMIDT, S.S. (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth* (pp.3-91), University press, Oxford.
- FRITSCH, M. (2004), "Cooperation and the efficiency of regional R&D activities", *Journal of Economics*, 28: 829-846.
- FRITSCH, M., y V. SLAVTCHEV (2007), *How does agglomeration affect the efficiency of regional innovation systems?* Workshop "Agglomeration and Growth in Knowledge Based Societies", Kiel, Germany.
- (2010), "How does industry specialization affect the efficiency of regional innovation systems? [J]", *The Annals of Regional Science*, 45(1): 87-108.
- FUNG, K.K. (1995), "Data Envelopment Analysis - Another Paretian Trap?", *Economics of Education Review*, 14(3): 315-316.
- GOLANY, B., e Y. ROLL (1989), "An Application Procedure for DEA", *Omega*, 1: 237-250.
- GONG, B.H., y R.C. SICKLES (1992), "Finite Sample Evidence on the Performance of Stochastic Frontiers and Data Envelopment Analysis Using Panel Data", *Journal of Econometrics*, 51: 259-284.
- GONZÁLEZ FIDALGO, E. (2001), "La estimación de la eficiencia con métodos no paramétricos". En *La medición de la eficiencia y la productividad*: pp. 139-166, Pirámide, Madrid.
- GRANÉR, M., y A. ISAKSSON (2007), *Firm efficiency and destination of export: evidence from Kenyan plant-level*. [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Publications/Pub\\_free/Firm\\_efficiency\\_and\\_destination\\_of\\_exports.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Firm_efficiency_and_destination_of_exports.pdf)
- GREEN, R.H., y J.R. DOYLE (1997), "Implementing Data Envelopment Analysis: Primal or Dual?" *Information Systems and Operational Research*, 35(1): 66-75.
- GREENE, W.H. (2008), "The Econometric Approach to Efficiency Analysis". En: FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K., y S.S. SCHMIDT (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, University Press, Oxford: 92-250.
- GREUNZ, L. (2003), "Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions", *The Annals of Regional Science*, 37: 657-680.
- GRIFELL-TATJE E., y C.A.K. LOVELL (1995), "A note on the Malmquist productivity index", *Economics Letters*, 47: 169-175.
- GRIFFIN, R.C.; MONTEGOMERY, J.M., y M.E. RISTER (1987), "Selecting Functional Form in Production Function Analysis", *Western Journal of Agricultural Economics*, 12(2): 216-227.

- GRILICHES, Z. (1958), "Research cost and social returns: Hybrid corn and related innovations", *Journal of Political Economy*, vol. 66, octubre: 419-431.
- (1958), "Research cost and social returns: Hybrid corn and related innovations", *Journal of Political Economy*, vol. 66, octubre: 419-431.
- (1985), "Productivity, R&d, and Basic Research at the Firm Level in the 1970s", *NBER Working Papers*, 1547, National Bureau of Economic Research.
- (1990), "Patent Statistics as economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, vol. 28: 1661-1707.
- GROSSMAN, G.M., y E. HELPMAN (1990), "Trade, innovation, and growth", *American Economic Review*, 80: 86-91.
- GRUPP, H., y M. MOGEE (2004), "Indicators for nacional science and technology policy: How robust are composite indicators?", *Research Policy*, vol. 33(9): 1373-1384.
- GRUPP, H., y T. SCHUBERT (2010), Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance, *Research Policy*, vol. 39(1): 67-78.
- GSTACH, D. (1998), "Another approach to DEA in noisy environments: DEA+", *Journal of Productivity Analysis*, 9: 161-176.
- GUAN J., y K. CHEN (2012), "Modeling the Relative Efficiency of National Innovation Systems", *Research Policy*, Vol. 41(1): 102-115.
- GUMBAU, M. (1998), "La eficiencia técnica de la industria española", *Revista Española de Economía*, Vol. 15(1): 67-84.
- HAGEDOORN, J., y M. CLOODT (2003), "Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators?", *Research Policy*, 32: 1365-1379.
- HAISHUN, S.; HONE, P., y H. DOUCOULIAGO (1980), "Economic Openness and Technical Efficiency: A Case Study of Chinese Manufacturing Industries", *Economics of Transition*, 7(3): 651-636.
- HALL, P., y L. SIMAR (2000), "Estimating a change point, boundary or frontier in the presence of observation errors", *Discussion Paper*, 0012, Institute de Statische, UCL, Louvaine-la-Neuve, Belgium.
- HARTUNG, J., y B. ELPELT (1999), *Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*, München, Wien.
- HEIJS, J. (2001), "Sistemas nacionales y regionales de innovación y política tecnológica: una aproximación teórica", *Documento de Trabajo* nº 24, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/bucm/cee/iaif>
- (2001), Evaluación de la política tecnológica: teoría y práctica, Editado por el Consejo Económico y Social de España, 280 páginas, ISBN 84-8188-154-6.
- (2012), "Fallos sistémicos y de mercado en el sistema español de innovación", *Revista de Información Comercial Española*, 869 noviembre-diciembre: 43-64, ISSN; 0019-977X.
- HIBIKI, N., y T. SUEYOSHI (1999), "DEA sensitivity analysis by changing a reference set: regional contribution to Japanese industrial development", *Omega*, 27: 139-153.
- HJALMARSSON L.; KUMBHAKAR S.C., y A. HESHMATI (1996), "DEA, DFA and SFA: A Comparison", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7: 303-327.
- HOLLANDERS H., y F.C. ESSER (2007), "Measuring Innovation Efficiency", *INNO-Metrics Thematic Paper*, diciembre.
- HOLLENSTEIN, H. (1996), A composite indicator of firm's innovativeness: An empirical analysis based on survey data for Swiss manufacturing, *Research Policy*, 25(4): 633-645.

- HONAKER, J.; KING, G., y M. BLACKWELL (2011), "Amelia II: A program for missing data", *Journal of Statistical Software*, 45(7). <http://www.jstatsoft.org/v45/i07> (Acceso el 7 de febrero de 2013).
- Hsu, M.; LUO, X., y G. CHAO (2005), "The Fog of OECD and Non-OECD Country Efficiency: A Data Envelopment Analysis Approach", Proceedings of the *Annual Meeting of the Association of Collegiate Marketing Educators*, ed. JOHNSTON, T. C., 1-5 de marzo 2005, Texas: 121-130.
- Hsu, Y. (2011), "Cross National Comparison of Innovation Efficiency and Policy Application", *African Journal of Business Management*, Vol. 5(4): 1378-1387.
- Hu, M.C., y J.A. MATHEWS (2005), "National Innovative Capacity in East Asia", *Research Policy*, Vol. 34(9): 1322-1349.
- HUI, B.T., y W.H. CHEE (2007), "The Development of East Asian Countries Towards a Knowledge-based Economy: A DEA Analysis", *Journal of the Asia Pacific Economy*, 12(1): 17-33.
- ITU [INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION] (2007), "World Information Society Report 2007, segunda edición, capítulo siete, *The ICT Opportunity Index (ICT-OI)*". <http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2007/>
- JAFFE, A.B. (1989), "Real effects of academic research", *American Economic Review*, 79: pp. 957-970.
- JORO, T., ET AL. (1998), "Structural Comparison of Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming", *Management Science*, 44(7): 962-971.
- KHRAMOVA E.B.; MEISSNER D., y G.S. SAGIEVA (2013), "Statistical Patent Analysis Indicators as a Means of Determining Country Technological Specialisation", *Higher School of Economics Research Paper* No. WP BRP 09/STI/2013. Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2247936>
- KIRAT, T., y Y. LUNG (1999), "Innovation and proximity - territories as loci of collective learning processes", *European Urban Regional Studies*, 6: pp. 27-38.
- KLEINKNECHT, A.; VAN MONTFORT, K., y E. BROUWER (2002), The nontrivial choice between innovation indicators, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 11(2): 109-121.
- KLINE, S., y N. ROSENBERG (1986), "An Overview of Innovation", En Landau/ Rosenberg (1986), National Academy Press
- KNEIP, A., y L. SIMAR (1996), "A General framework for frontier estimation with panel data", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 187-212.
- KNEIP, A.; SIMAR, L., y P.W. WILSON (2008), "Asymptotics and consistent bootstraps for DEA estimators in non-parametric frontier models", *Econometric Theory*, 24: 1663-1697.
- KOOPMANS, T.C. (1951), "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities". En KOOPMANS (ed.) *Activity Analysis of Production and Allocation*, Monografía n° 13, Cowles Commission for Research in Economics, New York, John. Lassibille.
- KOROSTELEV, A.; L.; SIMAR; A.B. TSYBAKOV (1995), "Efficient estimation of monotone boundaries", *The Annals of Statistics*, 23(2): 476-489.
- KOSCHATZKY, K. (1997), "Innovative Regional Development Concepts and Technology Based Firms". En KOSCHATZKY (Ed.) *Technology Based Firms in the Innovation Process. Management, Financing and Regional Networks*, Physica Verlag.
- (2000), "The regionalisation of innovation policy in Germany –theoretical Foundations and recent experience", *Arbeitspapiere Unternehmen und Región*, 1.
- KOTSEMR, M. (2013), Measuring national innovation systems efficiency – a review of DEA approach basic research program working papers series: Science, Technology and Innovation WP BRP 16/ STI/2013.

- KOTSEMI, M.N. (2012), "Dynamics of Russian and World Science Through the Prism of International Publications", *Foresight Russia*, Vol. 6(1): 38–58. Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2262223>
- KRUGMAN, P. (1998), "What's new about the new economic geography", *Oxford review of Economic Policy*, 14.
- KUMBHAKAR, S.C. (1990), "Production frontiers, panel data and time-varying technical inefficiency", *Journal of Econometrics*, 46: 201-211.
- KUMBHAKAR, S.C., y C.A.K. LOVELL (2000), *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- LAGENDIJK, A., y A. LORENTZEN (2007), "Proximity, Knowledge and Innovation in Peripheral Regions. On the Intersection between Geographical and Organizational Proximity", *European Planning Studies*, Vol. 15(4): 457.
- LANDAU, R., y N. ROSENBERG (eds.) (1986), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington, D.C.
- LEE, H.Y., y Y.T. PARK (2005), An international comparison of R&D efficiency: DEA approach, *Asian Journal of Technology Innovation*, 13: 207–222.
- LENNART, H., ET AL. (1996), "DEA, DFA and SFA: A Comparison", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 303-327.
- LEWIN, A.Y., y L.M. SEIFORD (1997), "Extending the frontiers of Data Envelopment Analysis", *Annals of Operations Research*, 73(0): 1 – 11.
- LI, X. (2009), China's Regional Innovation Capacity in Transition: An Empirical Approach, *Research Policy*, Vol. 38(2): 338-357.
- LIU, X., y S. WHITE (2001), "Comparing Innovation Systems: A Framework an Application to China's Transitional Context", *Research Policy*, 30: 1091 – 1114.
- LOVELL, C.A.K., ET AL. (1997), "Stratified Models of Education Production using modified DEA and Regression Analysis". En CHARNES ET AL. (eds.) *DEA: Theory, Methodology and Applications, Massachusetts*, Kluwer Academic Publishers: 329-352.
- LOVELL, C.A.K., y J.T. PASTOR (1995), "Units invariant and traslation invariant DEA models", *Operations Research Letters*, 18: 147-151.
- LUCAS, R. (1988), "On the Mechanics of Development Planning", *Journal of Monetary Economics*, 22(1).
- LUNDVALL, B., y S. BORRÁS (1997), "The globalizing learning economy: Implications for technology policy at the regional, national and European level". Paper to the TSER workshop on *Globalization and the Learning Economy. Implications for Technology Policy*, Brusel, abril.
- LUNDVALL, BA. (1992), "User-Producer Relationships, National System of Innovation and Internationalisation". En LUNDVALL (Ed. ).
- LUNDVALL, B.-A. (ed.) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London.
- LUNDVALL, B.Á.; JOHNSON, B.; ANDERSEN, E.S., y B. DALUM (2002), "National systems of production, innovation and competence building", *Research Policy*, Vol. 31: 213-231.
- MAKKONEN, T., y R. HAVE (2013), *Benchmarking regional innovative performance: Composite measures and direct innovation counts Scientometrics*, 94: 247–262.
- MANSFIELD, E. (1986), "Patents and Innovation: an Empirical Study", *Management Science*, Vol. 32(2): 173-181.

- MARROCU, E.; PACI, R., y S. USAI (2013), Proximity, networking and knowledge production in Europe: What lessons for innovation policy?, *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8): 1484-1498.
- MARSHALL, A. (1919), *Industry and Trade*, McMillan, London.
- MARTÍNEZ CABRERA, M. (2003), *La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior*, Fundación BBVA, Bilbao.
- MARTÍNEZ PELLITERO, M. (2009), *Tipología y eficiencia de los Sistemas regionales de innovación, Un estudio aplicado al caso europeo*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- MARTÍNEZ PELLITERO, M.; BUESA M.; HEIJS, J., y T. BAUMERT (2008), "A Novel way of measuring regional systems of innovations: factor analysis as a methodological approach", *Documentos de trabajo del IAIF*, 60.
- METCALFE, J.S. (1995), "The Economic Foundation of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives". En Stoneman, 1995.
- METCALFE, S. (1997), "Technology Systems and Technology Policy in an Evolutionary Framework". En ARCHIBUGI, D y J. MICHIE, 1997.
- MIHAELA MATEI, M.; ALDEA, A. B (2012), *Ranking National Innovation Systems according to their technical Efficiency. Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62: 968 – 974.
- MOED, HENK F.; GLÄNZEL, WOLFGANG; SCHMOCH, ULRICH (Eds.) (2004), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*.
- MORTIMER, D. (2002), "Competing Methods for Efficiency Measurement: A Systematic Review of Direct DEA vs SFA/DFA Comparisons, Center for health program evaluation", *Working paper*, 136.
- MURILLO MELCHOR, C. (1999), "An analysis of technical efficiency and productivity changes in Spanish airports by using the Malmquist index", *International Journal of Transport Economics*, Vol 26(2), 271-292.
- (2002), *Contribuciones al análisis estocástico de la eficiencia técnica mediante métodos no paramétricos*, Tesis doctoral, Universidad de Cantabria.
- MURILLO-ZAMORANO, L.R. (2004), "Economic Efficiency and Frontier Techniques", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 18(1): 33–77.
- MYRDAL, GUNNAR (1957), *Economic Theory and Under-Developed Regions*, Gerald Duckworth & Co. Ltd, London.
- MYTELKA, L.K., y K. SMITH (2001), "Innovation Theory and Innovation Policy Bridging the Gap", *DRUID Conference*, Aalborg, 12-15 de junio.
- NASIEROWSKI W., y F.J. ARCELUS (2003), "On the Efficiency of National Innovation Systems", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 37: 215–234.
- NATIONAL GOVERNERS ASSOCIATION (2000), *State Strategies for the new Economy Index*. <http://www.neweconomyindex.org>
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012), *Improving Measures of Science, Technology, and Innovation: Interim Report*, The National Academies Press, Washington, DC. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=13358](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13358)
- NAVARRO, M. (2001a), "Los sistemas nacionales de innovación: una revisión de la literatura", *Documento de Trabajo* nº 26, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/bucm/cee/iaif>
- (2001b), "El análisis y la política de clusters", *Documento de Trabajo* nº 27, Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/bucm/cee/iaif>

- NELSON, R. (1959), "The Simple Economics of Basic Cientific Research", *Journal of Political Economy*, 67.
- (1984), *High-Technology Policies, a Five Nation Comparison*.
- (1986), "R&D Innovation and Public Policy: Institutions Supporting Technical Advance in Industry", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol. 76(2).
- NELSON, R.R. (Ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, Nueva York.
- NELSON, R.R., y S.G. WINTER (1977), "In search of useful theory of innovation", *Research Policy*, 6: 36-76.
- NIU, D.; WANG, R.; ZHANG, X., y W. SONG (2013), "Comparative Studies on Efficiency of China's Regional Innovation System on the Basis of Cooperation Measurement Model", *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences (JETEMS)*, 4(2): 147-157.
- NORMAN, M., y B. STOKER (1991), *DEA, The assessment of Performance*, John Wiley and Sons.
- NUNAMAKER, T.R. (1985), "Using Data Envelopment Analysis to Measure the Efficiency of Non-Profit Organizations: A Critical Evaluation", *Managerial and Decision Economics*, 6(1): 50-58.
- OCDE (1988), *Programa Tecno Económico (TEP)*, París.
- (1992), *Technology and Economy: The Key Relationships*, París.
- (1994a), *The Measurement of Scientific and Technological Activities, Using Patent Data as Science and Technology Indicators (Patent Manual)*, París.
- (1994b), *Accessing and Expanding the Science and Technology Base*, París.
- (1995), *The measurement of scientific and technological activities: Manual on the measurement on human resources devoted to S&T (Canberra Manual)*, París.
- (1997), *National Innovation Systems*, París.
- (2001), *Cities and regions in the new learning economy*, París.
- (2002), *The Measurement of Scientific and Technological Activities (Frascati Manual)*, París.
- (2004), *Compendium of Patent Statistics*, París.
- (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, París.
- (2011), *OECD science, technology and industry scoreboard 2011*, París.
- OCDE-TEP (1988), *Programa Tecno Económico (Tep)*, París.
- OLESEN, O.-B., y N.-C. PETERSEN (1995), "Incorporating Quality into Data Envelopment Analysis: A Stochastic Dominance Approach", *International Journal of Production Economics*, 39(1-2): 117-135.
- PAN T.W.; HUNG S.V., y W.M. LU (2010), "DEA Performance Measurement of the National Innovation System in Asia and Europe", *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, Vol. 27(3): 369-392.
- PASTOR, J.T. (1996), "Translation invariance in DEA: A Generalization", *Annals of Operational Research*, 66(2): 91-102.
- PATEL, P., y K. PAVITT (1991), "Large Firms in the Production of the World's Technology: An important Case of Non-Globalisation", *Journal of International Business Studies*, First Quarter: 1-21.
- PAVITT, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, Vol. Elsevier Science Publishers B. V.

- (1985): "Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems", *Scientometrics*, Vol. 7(1-2): 77-99.
- (1991), What Makes Basic Research Economically Usefull, *Research Policy*, Vol. 20.
- PAVLIČ DAMIJAN, J.; KOSTEVČ, Č., y S. POLANEC (2008), *From innovation to exporting or vice versa? Causal Link between innovation, activity and exporting in Slovenian Microdata*, Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1131156>
- PEDRAJA, F., ET AL. (1997), "On the Role of Weight restrictions in DEA", *Journal of Productivity Analysis*, 8: 215-230.
- PERRIN, J.C. (1986), "Les PME de haute technologie à Valbonne Sophia-Antipolis, Contribution à une analyse inter-territoriale de la relation entreprise/environnement". En *RERU*, número especial, n°5: 629-643.
- (1988), "A Desconcentrated Technology Policy, Lessons from the Sophia Antipolis Experience, *Environment and Planning C, Government and Policy*, Vol. 6(4): 414-426.
- PERROUX, (1955), "Note sur la notion de pôle de croissance", *Économie Appliquée*, 7.
- PITAKTONG, U., ET AL. (1998), "Identification of Pareto-efficient facets in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 109 (1): 559-571.
- PORTER, M.E. (1990), *The Comparative Advantage of Nations*, Free Press and Macmillan.
- (2000), *Estrategia Competitiva: técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*, México.
- POST, TH., y J. SPRONK (1999), "Performance benchmarking using interactive data envelopment analysis". *European Journal of Operational Research*, 115(3): 472-487.
- PUŠNIK, K. (2010), "From technical and cost efficiency to exporting: firm level data from Slovenia", *Economic and Business Review*, Vol. 12(1): 1-28 1.
- RALLET, A., y A. TORRE (1999), "Is geographical proximity necessary in the innovation networks in the era of the global economy?" *Geo. Journal*, 49: 373-380.
- RATANAWARAHA, A., y K. POLENSKE (2007), "Measuring the geography of innovation: A literature review. En K. POLENSKE (Ed.), *The economic geography of innovation*, Cambridge University Press, Cambridge: 30-59.
- RAY, S.C. (1988), "DEA, Nondiscretionary Inputs and Efficiency: An Alternative Interpretation", *Socio-economic Planning Sciences*, 22(4): 167-176.
- REICH, R.B. (1991), *The work of nations: Capitalism in the 21st century*, A.A. Knopf, New York..
- RICYT (2001), "Bogota Manual for Standardisation of Indicators of Technological Innovation". En *Latin American and Caribbean Countries*. [http://www.ricyt.org/interior/diffusion/pubs/bogota/bogota\\_eng.pdf](http://www.ricyt.org/interior/diffusion/pubs/bogota/bogota_eng.pdf).
- RODRÍGUEZ-POSE, A., y F. COMPTOUR (2012), "Do clusters generate greater innovation and growth? An analysis of European regions", *The Professional Geographer*, 64(2): 211-231.
- RODRÍGUEZ-POSE, A., y R. CRESCENZI (2008), "Research and development, spillovers, innovation systems, and the genesis of regional growth in Europe", *Regional studies*, 42(1): 51-67.
- ROGERS, E.M. (1995), *Diffusion of Innovation*, New York.
- ROMAN, M. (2010), "Regional Efficiency of Knowledge Economy in the New EU Countries: The Romanian and Bulgarian Case", *Working paper*, Academy of Economic Studies of Bucharest, Department of Statistics and Econometrics, Bucharest.

- ROMER, P. (1990), "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 98 (5-Part II).
- ROMER, P.M. (2000), "Should the Government Subsidize or Demand in the Market for Scientists and Engineers", *NBER Working Papers*, 7723, National Bureau of Economic Research, Inc.
- RONDÉ, P., y C. HUSSLER (2005), "Innovation in Regions: What does really matter?", *Research Policy*, Vol. 34(8): 1150-1172.
- ROSENBER, G.N. (1982), *Inside the black box; Technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ROSENBERG, N. (1993), *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, Barcelona.
- ROSENBLUM, R., y M. CUSUSMANO (1987), "Technological pioneering and competitive advantage: The birth of the VCR industry", *California Management Review*, 29(4).
- ROSENTHAL, S.S., y W. STRANGE (2004), "Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies". En HENDERSON, V.; THISE, J.F. (eds.) *Handbook of Urban And Regional Economics*, Vol. 4, Elsevier, North-Holland.
- ROUSSEAU S., y R. ROUSSEAU (1997), "Data Envelopment Analysis as a Tool for Constructing Scientometric Indicators", *Scientometrics*, Vol. 40(1): 45–56.
- (1997), "Data analysis as a tool for constructing scientometric indicators", *Scientometrics*, 40: 45–46.
- (1998), "The scientific wealth of European nations: Taking effectiveness into account", *Scientometrics*, 42: 75–87.
- RUGGIERO, J. (1998), "Non-discretionary inputs in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 111(3): 461-470.
- SANTÍN, D. (2009), *La Medición de la Eficiencia en el Sector Público, Técnicas Cuantitativas*. [http://www.sefin.fortaleza.ce.gov.br/apresentacoes/gerados/apresentacoes\\_madri/UD\\_EFICIENCIA\\_DANIEL\\_SANTIN.pdf](http://www.sefin.fortaleza.ce.gov.br/apresentacoes/gerados/apresentacoes_madri/UD_EFICIENCIA_DANIEL_SANTIN.pdf)
- SARAFOGLOU, N. (1998), "The Most Influential DEA Publications: A Comment, " on Seiford", *Journal of Productivity Analysis*, 9(3): 279-282.
- SCHERER, F.M. (1965), "Firm size, market structure, opportunity and output patented inventions", *The American Economic Review*, Vol. 55(5): 1097-1125.
- SCHMIDT-EHMCKE, J., y P. ZŁOCZYSTI (2009), "Research Efficiency in Manufacturing – An Application of DEA at the Industry Level", *Discussion paper*, 16, DIW Berlin, Berlin.
- SCHMOCH, U. (1999), Eignen sich Patente als Innovationsindikatoren?. En R. BOCH (ed.), *Patentschutz und Innovation in Geschichte und Gegenwart*, Frankfurt am Main et al.
- SCHMOOKLER, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts).
- SCHUMPETER, J. (1911), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung: eine Untersuchung über Unternehmervergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus*, Duncker & Humblot, Munich y Leipzig.
- SCHUMPETER, J.A. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill, New York and London.
- (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Brothers, Nueva York.
- (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, Nueva York.

- SCIADAS, G. (2004), *International Benchmarking for the Information Society*, Busan: ITU. <http://www.itu.int/osg/spu/ni/digitalbridges/docs/background/BDB-intl-indices.pdf>
- SEIFORD, L.M. (1996), "DEA: The Evolution of the State of the Art (1978-1995)", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 99-137.
- SEIFORD, L.M., y R.M. THRALL (1990), "Recent Developments in DEA, The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46: 7-38.
- SEIFORD, L.M., y J. ZHU (1998), "On alternative optimal solutions in the estimation of returns to scale in DEA", *European Journal of Operational Research*, 108(1): 149-153.
- (1998), "Stability regions for maintaining efficiency in data envelopment", *European Journal of Operational Research*, 108(1): 127-140.
- (1999), "An investigation of returns to scale in data envelopment analysis", *Omega*, 21(1): 1-11.
- SENGUPTA, J.K. (1987), "Production Frontier Estimation to Measure Efficiency: A Critical Evaluation in Light of DEA", *Managerial and Decision Economics*, 8: 93-99.
- SENGUPTA, J.K., y R.E. SFEIR (1988), "Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis with Econometric Applications", *Applied-Economics*, 20(3): 285-293.
- SEXTON, T.R.; SILKMAN, R.H., y A.J. HOGAN (1986), "Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions", en SILKMAN, R.H. (ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey-Bass: 73-105.
- SHARMA S., y V.J. THOMAS (2008), "Inter-Country R&D Efficiency Analysis: An Application of Data Envelopment Analysis", *Scientometrics*, Vol. 76, No. 3: 483-501.
- SIMAR, L. (1996), "Aspects of Statistical Analysis in DEA-type Frontier Models", *Journal of Productivity Analysis*, 7: 177-185.
- SIMAR, L., y P. WILSON (2000), "A General Methodology for Bootstrapping in Nonparametric Frontier Models", *Journal of Applied Statistics*, 1: 159-189.
- (2002), "Nonparametric tests of returns to scale", *European Journal of Operational Research*, 1: 115-132.
- (2006), *Efficiency Analysis: The Statistical Approach*, Institute of Statistics, Belgium.
- SINUANY, Z., y L. FRIEDMAN (1999), "DEA and the discriminant analysis of ratios for ranking units", *European Journal of Operational Research*, 111: 470-479.
- SCHMIDT-EHMCKE, J., y P. ZLOCZYSTI (2011), *Industries at the world technology frontier: measuring R%D efficiency in a non-parametric DEA framework*, GRASP Working paper edn, Germany: GRASP.
- SMITH, A. (1937), *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, 1776*, Random House, New York.
- SMITH, K. (2005), "Measuring innovation". E: J. FAGERBERG, D. MOWERY y R. NELSON (eds), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford, New York: 148-177.
- SOETE, L., y P. PATEL (1985), "Recherche-Développement, importations de technologie et croissance économique, Une tentative de comparaison internationales", *Revue Economique*, Vol. 36(5).
- STERN, S.; FURMAN, J., y M.S. PORTER (2000), The determinants of national innovative capacity, National Bureau of Economic Research, *Working Paper*, 7876.
- STONEMAN, P. (1987), *The Economic Analysis of Technological Policy*, Oxford University Press.

- (Ed.) (1995), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell.
- STÖRHI, W. (1987), "Territorial Innovation Complexes", *Papers of the Regional Science Association*, Vol. 59: 29-44.
- SURIÑACH I CARALT (ed.) (2007), *Knowledge and Regional Economic Development*, Edward Elgar.
- TAVARES, G. (2002), *A bibliography of Data envelopment Analysis (1978-2001)*, [http://rutcor.rutgers.edu/pub/rrrr/reports2002/1\\_2002.pdf](http://rutcor.rutgers.edu/pub/rrrr/reports2002/1_2002.pdf)
- TEECE, D.J. (1986), "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy", *Research Policy*, 15(6): 285-305.
- THANASSOULIS, E., y R. ALLEN (1998), "Simulating Weights Restrictions in Data envelopment Analysis by Means of Unobserved DMUs", *Management Science*, 44(4): 586.
- THRALL, R.M. (2000), "Measures in DEA with an Application to the Malmquist Index", *Journal of Productivity Analysis*, 13(2): 125-137.
- TIDD, J., y J. BESSANT (2009), *Managing innovation; integrating technological, market and organizational change*, 4<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons Ltd., Chichester (England).
- TIDD, J.; BESSANT, J., y K. PAVITT (1997), *Managing innovation, Integrating technological, market and organisational change*, John Wiley & Sons, Chichester.
- TIMMER, P.C. (1971), "Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency", *Journal of Political Economy*, 71: 776-794.
- TÖDTLING, F., y M. TRIPPL (2005), "One Size fits All? Towards a differentiated Regional Innovation Policy Approach", *Research Policy*, 34: 1203-1219.
- TONE, K. (2001), "A Slack-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, Vol. 130: 498-509.
- TONG, L., y C. LIPING (2009), "Research on the Evaluation of Innovation Efficiency for China's Regional Innovation System by Utilizing DEA", *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*.
- TORRE, A., y J.P. GILLY (2000), "On the analytical dimension of proximity dynamics", *Regional Studies*, 34.: 169-180.
- TRAJTENBERG, M. (1990), "Patents as indicators of Innovation". En *Economic Analysis of Product Innovation*, Cambridge (MA).
- ULRICH, K.T., y S.D. EPPINGER (2004), *Product Design and Development*, McGraw-Hill.
- VALDMANIS, V. (1992), "Sensitivity Analysis for DEA Models -An Empirical Example Using Public Vs. NFP Hospitals", *Journal of Public Economics*, 48: 185-205.
- VILA, N., y I. KUSTER (2007), "The importance of innovation in international textile firms", *European Journal of Marketing*, 41-1 (2): 17-36.
- VON HIPPEL, E. (1988), *The sources of innovation*, Oxford University Press, Oxford.
- WANG, E.C. (2007): "R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach", *Journal of Policy Modeling*, 29(2): 345-360.
- WANG, E.C., y W. HUANG (2007), "Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in DEA approach", *Research Policy*, 36: 260-273.
- WILSON, P.W. (1995), "Detecting influential observations in DEA", *Journal of Productivity Analysis*, 6: 27-45.

- (2008), *FEAR 1,11 User Guide*. Descargar en: <http://www.eco.utexas.edu/faculty/Wilson/Software/FEAR/fear.html>
- XINGHAI PAN (2015), *Eficiencia y productividad en los Sistemas Nacionales de Innovación europeos durante la primera década del siglo XXI: un análisis comparativo*, Universidad Complutense, Final de Grado en Administración y Dirección de Empresas, Curso Académico 2014/2015. Tutores: Prof. Dr. D. Joost Heijs. Prof. Dr. D. Mikel Buesa Blanco.
- XINGHAI PAN; BUESA, M., y J. HEIJS (2015), Eficiencia y productividad en los Sistemas Nacionales de Innovación europeos durante la primera década del siglo XXI: un análisis comparativo, *Documento de trabajo*, Nº 99 (2015), Instituto de Análisis Industrial y Financiero de la Universidad Complutense Madrid.
- ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, J. M.; VOIGT, P.; GUTIÉRREZ-GRACIA, A., ET AL. (2007), "Regional Innovation Systems: How to Assess Performance[J]", *Regional Studies*, 41(5): 661- 672.
- ZAHRA, S.A., y A. NIELSEN (2002), "Sources of capabilities, integration and technological commercialization", *Strategic Management Journal*, 23: 377-398.
- ZHANG, H.; SHU, C.; JIANG, X., y A.J. MALTER (2010), "Managing knowledge for innovation: The role of cooperation, competition, and alliance nationality", *Journal of International Marketing*, 18(4): 74-94.
- ZHANG, Y., y R. BARTLES (1998), "The effect of sample size on the mean efficiency in DEA with an application to electricity distribution in Australia, Sweden and New Zeland", *Journal of Productivity Analysis*, 9: 187-204.
- ZHONG, W.; YUAN, W.; LI, S., y Z. HUANG (2011), "The performance evaluation of regional R&D investments in China: An application of DEA based on the first official economic census data", *Omega*, 39: 447-455.
- ZHU, J. (1996), "Robustness of the efficient DMUs in DEA", *European Journal of Operational Research*, 90: 451-460.
- (1998), "Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities", *European Journal of Operational Research*, 111(1): 50-62.
- (2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis With Spreadsheets and DEA Excel Solver*, Kluwer Academic Publisher, Boston, Dordrecht y Londres.
- ZHU, J., y Z.H. SHEN (1995), "A discussion of testing DMUs returns to scale", *European Journal of Operational Research*, 81: 590-596.

**Últimos números publicados**

- N.º 30. LA INDUSTRIA DE ALTA TECNOLOGÍA EN ESPAÑA: FACTORES DE LOCALIZACIÓN Y DINÁMICA ESPACIAL (Serie TESIS),**  
por Miguel Giner Pérez.
- N.º 31. CONVERGENCIA EN RENTA PER CÁPITA ENTRE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS ESPAÑOLAS (1955-2004): UNA APLICACIÓN BASADA EN MÉTODOS DE PANEL DINÁMICO (Serie TESIS),**  
por Fernando Martín Mayoral.
- N.º 32. EL DESDOBLAMIENTO DE ACCIONES EN EL MERCADO ESPAÑOL: FACTORES DETERMINANTES Y EFECTOS (Serie TESIS),**  
por María Eugenia Ruiz Molina.
- N.º 33. EL TRABAJO DOMÉSTICO CUENTA: LAS CUENTAS DE LOS HOGARES EN ESPAÑA 1996 Y 2003 (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por María Luisa Moltó y Ezequiel Uriel.
- N.º 34. GESTIÓN DEL MEDIO NATURAL EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: ECONOMÍA Y POLÍTICAS PÚBLICAS (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Pablo Campos Palacín y José María Casado Raigón.
- N.º 35. PATRIMONIO INMOBILIARIO Y BALANCE NACIONAL DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA (1995-2007) (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por José Manuel Naredo, Oscar Carpintero y Carmen Marcos.
- N.º 36. EN TORNO A LA FAMILIA ESPAÑOLA: ANÁLISIS Y REFLEXIONES DESDE PERSPECTIVAS SOCIOLÓGICAS Y ECONÓMICAS (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Elisa Chuliá y José Félix Sanz (coordinadores).
- N.º 37. PROBLEMÁTICA DE LA DEPENDENCIA EN ESPAÑA: ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y DEL MERCADO DE TRABAJO (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Lorenzo Serrano y Ángel Soler.
- N.º 38. EDUCACIÓN Y FAMILIA. LOS PADRES ANTE LA EDUCACIÓN GENERAL DE SUS HIJOS EN ESPAÑA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Víctor Pérez-Díaz, Juan Carlos Rodríguez y Juan Jesús Fernández.
- N.º 39. COMPETITIVIDAD Y DESLOCALIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Diego Rodríguez, Jaime Turrión y Francisco J. Velázquez.
- N.º 40. DOS ENSAYOS SOBRE FINANCIACIÓN AUTONÓMICA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Carlos Monasterio Escudero e Ignacio Zubiri Oria.
- N.º 41. EFICIENCIA Y CONCENTRACIÓN DEL SISTEMA BANCARIO ESPAÑOL (Serie ANÁLISIS),**  
por Fernando Maravall, Silviu Glavan y Analistas Financieros Internacionales.
- N.º 42. ANÁLISIS DE REFORMAS DEL IMPUESTO SOBRE LA RENTA PERSONAL A PARTIR DE MICRODATOS TRIBUTARIOS (Serie ANÁLISIS),**  
por José Félix Sanz Sanz, Juan Manuel Castañer Carrasco y Desiderio Romero Jordán.
- N.º 43. COMPORTAMIENTO ESTRATÉGICO DE LA BANCA AL POR MENOR EN ESPAÑA: FUSIONES Y ESPECIALIZACIÓN GEOGRÁFICA (Serie TESIS),**  
por Cristina Bernad Morcate.
- N.º 44. LA VERTIENTE CUALITATIVA DE LA MATERIALIDAD EN AUDITORÍA: MARCO TEÓRICO Y ESTUDIO EMPÍRICO PARA EL CASO ESPAÑOL (Serie TESIS),**  
por Javier Montoya del Corte.
- N.º 45. LA DECISIÓN DE INTERNACIONALIZACIÓN DE LAS EMPRESAS: UN MODELO TEÓRICO CON INVERSIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL (Serie TESIS),**  
por Jaime Turrión Sánchez.

- N.º 46. FINANCIACIÓN DE LA ENSEÑANZA OBLIGATORIA: LOS BONOS ESCOLARES EN LA TEORÍA Y EN LA PRÁCTICA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Javier Díaz Malledo (coordinador), Clive R. Belfield, Henry M. Levin, Alejandra Mizala, Anders Böhlmark, Mikael Lindahl, Rafael Granell Pérez y María Jesús San Segundo.
- N.º 47. SERVICIOS Y REGIONES EN ESPAÑA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Juan R. Cuadrado Roura y Andrés Maroto Sánchez.
- N.º 48. LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN E INMOBILIARIO EN ESPAÑA: DEL BOOM A LA RECESIÓN ECONÓMICA (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Belén Gill de Albornoz (Dir.), Juan Fernández de Guevara, Begoña Giner y Luis Martínez.
- N.º 49. INSTRUMENTOS PARA MEJORAR LA EQUIDAD, TRANSPARENCIA Y SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PENSIONES DE REPARTO (Serie TESIS),**  
por M.ª del Carmen Boado-Penas.
- N.º 50. EL IMPUESTO DE FLUJOS DE CAJA EMPRESARIAL: UNA ALTERNATIVA AL IMPUESTO SOBRE LA RENTA DE SOCIEDADES (Serie TESIS),**  
por Lourdes Jerez Barroso.
- N.º 51. LA SUBCONTRATACIÓN DE SERVICIOS DE I+D: EVIDENCIA DE EMPRESAS EUROPEAS Y DE EE.UU. (Serie TESIS),**  
por Andrea Martínez Noya.
- N.º 52. IMPOSICIÓN EFECTIVA SOBRE LAS RENTAS DEL CAPITAL CORPORATIVO: MEDICIÓN E INTERPRETACIÓN. EL IMPUESTO SOBRE SOCIEDADES EN ESPAÑA Y EN LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA EN EL CAMBIO DE MILENIO (Serie ANÁLISIS),**  
por José Félix Sanz Sanz, Desiderio Romero Jordán y Begoña Barruso Castillo.
- N.º 53. ¿ES RENTABLE EDUCARSE? MARCO CONCEPTUAL Y PRINCIPALES EXPERIENCIAS EN LOS CONTEXTOS ESPAÑOL, EUROPEO Y EN PAÍSES EMERGENTES (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por José Luis Raymond (coordinador).
- N.º 54. LA DINÁMICA EXTERIOR DE LAS REGIONES ESPAÑOLAS (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por José Villaverde Castro y Adolfo Maza Fernández.
- N.º 55. EFECTOS DEL STOCK DE CAPITAL EN LA PRODUCCIÓN Y EL EMPLEO DE LA ECONOMÍA (Serie TESIS),**  
por Carolina Cosculluela Martínez.
- N.º 56. LA PROCICLICIDAD Y LA REGULACIÓN PRUDENCIAL DEL SISTEMA BANCARIO (Serie TESIS),**  
por Mario José Deprés Polo.
- N.º 57. ENSAYO SOBRE ACTIVOS INTANGIBLES Y PODER DE MERCADO DE LAS EMPRESAS. APLICACIÓN A LA BANCA ESPAÑOLA (Serie TESIS),**  
por Alfredo Martín Oliver.
- N.º 58. LOS ATRACTIVOS DE LOCALIZACIÓN PARA LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS. EXPLOTACIÓN DE LA ENCUESTA SOBRE ATRACTIVOS DE LOCALIZACIÓN (Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),**  
por Encarnación Cereijo, David Martín, Juan Andrés Núñez, Jaime Turrión y Francisco J. Velázquez.
- N.º 59. ESTUDIO ECONÓMICO DE LOS COSTES DE LA ENFERMEDAD: APLICACIÓN EMPÍRICA AL CASO DEL ALZHEIMER Y LOS CONSUMOS DE DROGAS ILEGALES (Serie TESIS),**  
por Bruno Casal Rodríguez.
- N.º 60. BUBBLES, CURRENCY SPECULATION, AND TECHNOLOGY ADOPTION (Serie TESIS),**  
por Carlos J. Pérez.
- N.º 61. DISCAPACIDAD Y MERCADO DE TRABAJO: TRES ANÁLISIS EMPÍRICOS CON LA MUESTRA CONTINUA DE VIDAS LABORALES (Serie TESIS),**  
por Vanesa Rodríguez Álvarez.
- N.º 62. EL ANÁLISIS DE LOS IMPUESTOS INDIRECTOS A PARTIR DE LA ENCUESTA DE PRESUPUESTOS FAMILIARES (Serie ANÁLISIS),**  
por José Félix Sanz Sanz, Desiderio Romero Jordán y Juan Manuel Castañer Carrasco.

- N.º 63. EUROPA, ALEMANIA Y ESPAÑA: IMÁGENES Y DEBATES EN TORNO A LA CRISIS**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Víctor Pérez-Díaz, Juan Carlos Rodríguez y Elisa Chuliá.
- N.º 64. INTEGRACIÓN, INMIGRANTES E INTERCULTURALIDAD: MODELOS FAMILIARES Y PATRONES CULTURALES A TRAVÉS DE LA PRENSA EN ESPAÑA (2010-11)**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Enrique Uldemolins, Alfonso Corral, Cayetano Fernández, Miguel Ángel Motis, Antonio Prieto y María Luisa Sierra.
- N.º 65. SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA DE PENSIONES DE REPARTO EN ESPAÑA Y MODELIZACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS FINANCIEROS**  
*(Serie TESIS),*  
por Clara Isabel González Martínez.
- N.º 66. EVOLUCIÓN DE LAS FUNDACIONES BANCARIAS ITALIANAS: DE HOLDING DE SOCIEDADES BANCARIAS A UN MODELO INNOVADOR DE "BENEFICIENCIA PRIVADA"**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Paolo Baroli, Claudia Imperatore, Rosella Locatelli y Marco Trombetta.
- N.º 67. LAS CLAVES DEL CRÉDITO BANCARIO TRAS LA CRISIS**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Santiago Carbó Valverde, José García Montalvo, Joaquín Maudos y Francisco Rodríguez Fernández.
- N.º 68. ENTRE DESEQUILIBRIOS Y REFORMAS. ECONOMÍA POLÍTICA, SOCIEDAD Y CULTURA ENTRE DOS SIGLOS**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Víctor Pérez-Díaz y Juan Carlos Rodríguez.
- N.º 69. REFORMA DEL MERCADO DE SERVICIOS PROFESIONALES EN ESPAÑA**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por María Paz Espinosa, Aitor Ciarreta y Aitor Zurimendi.
- N.º 71. BUILDING A EUROPEAN ENERGY MARKET: LEGISLATION, IMPLEMENTATION AND CHALLENGES**  
*(Serie ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Tomás Gómez y Rodrigo Escobar.
- N.º 72. ESSAYS IN TRADE, INNOVATION AND PRODUCTIVITY**  
*(Serie TESIS),*  
por Aránzazu Crespo Rodríguez.
- N.º 73. ENDEUDAMIENTO DE ESPAÑA: ¿QUIÉN DEBE A QUIÉN?**  
*(SERIE ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Analistas financieros internacionales (AFI).
- N.º 74. AGENTES SOCIALES, CULTURA Y TEJIDO PRODUCTIVO EN LA ESPAÑA ACTUAL**  
*(SERIE ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Víctor Pérez-Díaz, Juan Carlos Rodríguez, Joaquín Pedro López-Novo y Elisa Chuliá.
- N.º 75. EVOLUCIÓN RECIENTE DEL CRÉDITO Y LAS CONDICIONES DE FINANCIACIÓN: ESPAÑA EN EL CONTEXTO EUROPEO**  
*(SERIE ECONOMÍA Y SOCIEDAD),*  
por Joaquín Maudos



# ESTUDIOS DE LA FUNDACIÓN

SERIE ANÁLISIS

*Pedidos e información:*

FUNDACIÓN DE LAS CAJAS DE AHORROS

Caballero de Gracia, 28

28013 Madrid

Teléfono: 91 596 54 81

Fax: 91 596 57 96

[publica@funcas.es](mailto:publica@funcas.es)

[www.funcas.es](http://www.funcas.es)

P.V.P.: Edición papel, 12€ (IVA incluido)

P.V.P.: Edición digital, 9€ (IVA incluido)

ISBN 978-84-15722-42-7

