

POLÍTICAS PÚBLICAS, CREACIÓN DE INDUSTRIA E INNOVACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES

UNA REFLEXIÓN SOBRE EL CASO ESPAÑOL

PABLO DEL RÍO

Instituto de Bienes y Políticas Públicas (IBPP)
CSIC

A nivel mundial se espera un gran crecimiento de la difusión de las tecnologías renovables para cumplir con objetivos de diversa índole y, muy especialmente, la mitigación del cambio climático y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Varios estudios han simulado el posible crecimiento de las energías renovables en la generación eléctrica

a nivel mundial, utilizando para ello potentes modelos. Uno de los ejercicios de simulación más conocidos es el incluido en la publicación «Perspectivas Energéticas Mundiales», de la Agencia Internacional de la Energía (AIE 2009). En estas simulaciones, con un horizonte temporal de 2030, se consideran dos escenarios: escenario de referencia y escenario 450 (1). El cuadro 1 (en la página siguiente) muestra los crecimientos esperados de la generación renovable a nivel mundial en los dos escenarios en 2030.

Las simulaciones realizadas prevén un considerable crecimiento de la generación renovable en el periodo 2007-2030 en ambos escenarios, pero especialmente en el escenario 450. Las tecnologías renovables que más crecen (la solar, la mareomotriz y la eólica) son de las que menos peso tienen actualmente dentro de las renovables, menos que la hidráulica y la biomasa (2). En los casos de la geotérmica y la biomasa, las tasas de crecimiento son inferiores a aquellas tecnologías, aunque bastante significativas. Los crecimientos anuales de la hidráulica a nivel mundial serían más modestos. El peso esperado de las renovables en la generación eléctrica mundial pasaría del 18% en 2007 a entre el 22% (en el escenario de referencia) y el 36% (en el escenario 450) en 2030.

Estos crecimientos esperados suponen una gran oportunidad para nuestra industria de fabricación de equipos y tecnologías renovables, en tanto en cuanto esta sea capaz de introducirse en los mercados internacionales para satisfacer la creciente demanda de esas tecnologías.

No debe subestimarse el componente industrial de las tecnologías renovables, que puede ser tan importante como el aspecto puramente energético. Por ejemplo, los datos de IDAE (2011) muestran que, en el sector eólico, la contribución al PIB de las actividades de producción de energía alcanzaron los 1056 millones de euros en 2009, un 32% del total de la contribución del sector eólico al PIB. Pero la fabricación/distribución de equipos y componentes/construcción alcanzó el 34% de dicha contribución. En el sector termoeléctrico, los porcentajes son, respectivamente, del 49% y del 29%.

El objetivo de este trabajo es analizar la situación de nuestro país en el proceso de innovación en tecnologías renovables y, en particular, en tres de ellas (solar fotovoltaica, solar termoeléctrica y eólica) con respecto a otros países de nuestro entorno.

Teniendo en cuenta que las tecnologías renovables son aún hoy más caras que las convencionales (en

CUADRO 1
PREVISIONES DE CRECIMIENTO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA MUNDIAL Y EUROPEA PARA 2030

	2007		2030					
	TWh	(%)*	Escenario referencia			Escenario 450		
			TWh	(%)*	% CREC**	TWh	(%)*	% CREC**
Generación total	19756	100	34292	100	73	29939	100	51
Carbón	8216	42	15259	44	85	7260	34,3	-11
Petróleo	1117	6	665	2,6	-40	459	2,7	-58
Gas	4126	21	7058	22,8	71	5688	21,1	37
Nuclear	2719	14	3667	9,2	34	5470	13,2	101
Hidráulica	3078	15,5	4680	13,6	52	5659	18,9	83
Biomasa y residuos	259	1,3	839	2,4	223	1448	4,8	459
Eólica	173	0,8	1535	4,4	787	2779	9,2	1506
Geotérmica	62	0,3	173	0,5	179	292	0,9	371
Solar	5	0,02	402	1,1	7940	850	2,8	16900
Mareomotriz	1	0,005	13	0,03	1200	34	0,1	3300

* Peso relativo en la generación eléctrica

** CREC = tasa de crecimiento acumulada en el periodo 2007-2030.

FUENTE: AIE (2009).

términos de costes privados) y que sufren barreras de todo tipo a su desarrollo y difusión, las políticas públicas han sido y son cruciales para facilitar el proceso de innovación en esas tecnologías. Facilitar el proceso innovador y el posicionamiento internacional de nuestra industria constituye un considerable desafío para nuestros decisores públicos.

No obstante, aunque son los gobiernos de los países los que aplican instrumentos de promoción de la E-FER, la relevancia de los efectos sobre la innovación excede con mucho el interés de países concretos, pues a pesar de que los costes de dicha promoción recaen en esos países, los beneficios son compartidos por otros países. Los procesos de innovación se caracterizan por la existencia de derrames (*spillovers*) que hacen que sea difícil para el país que realiza el esfuerzo inicial apropiarse de ciertos beneficios de la innovación (reducciones de costes de las tecnologías). Sin embargo, algunos beneficios de las inversiones si son locales y parcialmente apropiables por dicho país (beneficios ambientales locales, diversificación del suministro energético y creación de industria). Si el gobierno considera que, en efecto, existen beneficios derivados de los efectos sobre la innovación que pueden ser apropiables por el país que hace el esfuerzo, entonces debe plantearse que instrumentos son más adecuados en este contexto.

El trabajo está estructurado de la siguiente forma. La segunda sección introduce algunos conceptos básicos sobre los procesos de innovación en tecnologías renovables y repasa los instrumentos de apoyo a esos procesos. La sección tercera analiza los procesos de innovación en tecnologías renovables en nuestro país, prestando atención tanto a la fase de difusión como, sobre todo, a la de I+D+i (investigación, desarrollo e innovación). El trabajo se cierra con un apartado de conclusiones.

INSTRUMENTOS PARA EL FOMENTO DE LAS TECNOLOGÍAS RENOVABLES †

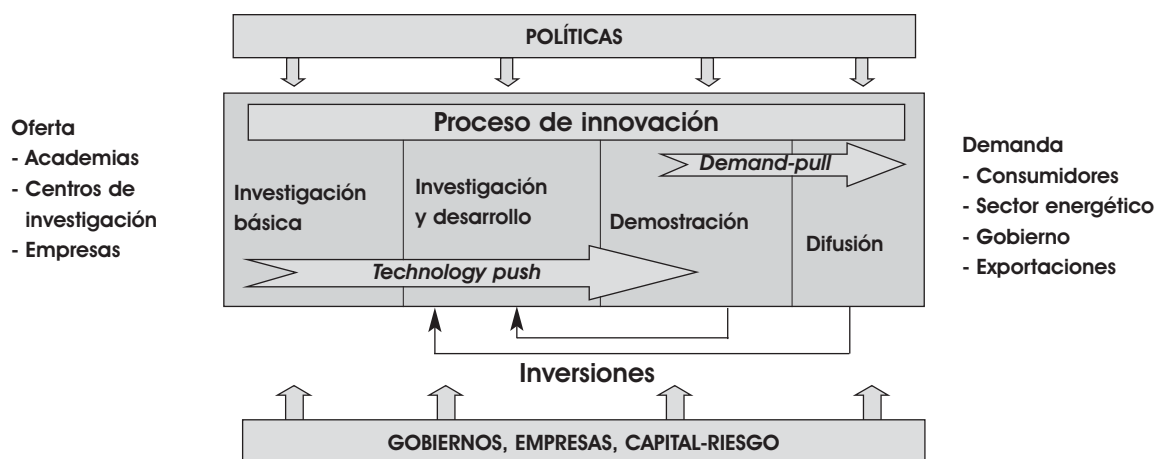
El proceso de innovación es un proceso complejo con varias fases, desde la investigación básica hasta la difusión (figura 1). El paso de una fase a otra no es automático ni el proceso es necesariamente lineal. En particular, existe una importante interacción desde la fase de difusión hacia las anteriores (AIE 2008). De hecho, la capacidad de fomentar inversiones privadas en I+D+i es un importante efecto secundario de las políticas de promoción de la difusión de las tecnologías renovables, como muestran varios estudios empíricos (Rogge *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2009; Watanabe *et al.*, 2000; Johnstone *et al.* 2010).

La difusión retroalimenta a la I+D+i como consecuencia de dos factores: la existencia de un mercado estable para las tecnologías renovables (*demand-pull*) y la existencia de un excedente para los generadores de E-FER que estos pueden invertir en adquirir equipos nuevos, y que permite a los productores de equipos invertir en I+D+i (*supply-push*) (Menanteau *et al.*, 2003; Butler y Neuhoff 2008). No obstante, el apoyo a la difusión no es un sustituto del apoyo público a la I+D+i, sino que ambos son complementarios (Popp 2010).

Con objetivos de mitigación ambiciosos, será necesario un gran nivel de penetración de renovables (3). Esto exigirá contar con una cesta de tecnologías con diferentes niveles de madurez. La innovación es crucial para poner algunas de esas tecnologías en el mercado y para reducir el coste de todas las tecnologías renovables.

Los gobiernos han utilizado dos grandes grupos de instrumentos para fomentar las tecnologías renovables. Por el lado de la oferta de tecnologías (*techno-*

FIGURA 1
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN



FUENTE:
Adaptado de AIE (2008).

logy-push), se han realizado inversiones públicas en I+D+i. Por el lado de la demanda (*demand-pull*), se han utilizado mecanismos de promoción de las energías renovables o precios del CO₂. Mientras que los primeros son fundamentales para las primeras fases del proceso innovador, los segundos son cruciales en las últimas fases. En fases intermedias lo importante es combinar apropiadamente ambos tipos de instrumentos, que no deben verse como separados, sino que se refuerzan mutuamente (4). A continuación describimos brevemente esos tres tipos de instrumentos y mencionamos su aplicación a nivel europeo y español.

Precio del carbono

Un precio del carbono (CO₂) puede implantarse a través de un impuesto de carbono o de un sistema de derechos de emisión negociables. Este segundo instrumento es el que se utiliza en Europa. El sistema europeo de comercio de emisiones (SECE) cubre las emisiones de varios sectores industriales y del sector de generación eléctrica. El SECE forma parte de un paquete de medidas más amplio y de objetivos a nivel europeo en los ámbitos de la reducción de emisiones de GEI (en un 20% en 2020 con respecto a 1990), energías renovables (contribución del 20% al consumo energético europeo en 2020) y eficiencia energética.

Un precio del CO₂ contribuye a internalizar la externalidad ambiental provocada por las emisiones de CO₂, resultado de la quema de combustibles fósiles con tecnologías convencionales (gas y carbón, fundamentalmente). Al incrementar el coste de dichas tecnologías, reduce los costes diferenciales con las tecnologías renovables que, al no emitir CO₂, no tienen que cubrir ninguna emisión con derechos. Aunque el precio del CO₂ genera un cierto incentivo a las tecnologías reno-

vables, los precios existentes y esperados no son suficientes para promover las más caras que, sin embargo, tienen un importante potencial de reducción de costes si se permite su difusión. Por ello, se utilizan en todos los países europeos, incluido España, instrumentos de apoyo directo a la difusión.

Instrumentos de apoyo a la difusión

Los mecanismos de promoción de las renovables permiten a las tecnologías renovables avanzar a lo largo de su curva de aprendizaje y ser competitivas en el futuro. Este grupo de instrumentos son especialmente necesarios para las tecnologías que se encuentran en el denominado «valle de la muerte», es decir, aquellas que han superado la fase de demostración y tienen una considerable dificultad para alcanzar la fase de comercialización. Tres son los instrumentos principales de promoción de la difusión de las renovables (del Río 2009) (5). Los costes del apoyo son financiados por los consumidores eléctricos:

Primas. Se trata de ayudas a la producción (es decir, por kWh generado), pagadas en la forma de precios garantizados combinados frecuentemente con una obligación de compra por parte de los distribuidores de electricidad.

Sistemas de subasta. El gobierno invita a los generadores renovables a competir bien por un determinado montante de dinero o por una determinada capacidad de E-FER. Dentro de cada banda tecnológica, se concede la subvención a las pujas más baratas por kWh.

Cuota con Certificados Verdes Negociables (CVNs). La demanda de CVNs se genera por la obligación impuesta a los distribuidores de electricidad de que, al final del año, una determinada cantidad de CVNs corresponda a un determinado porcentaje de sus

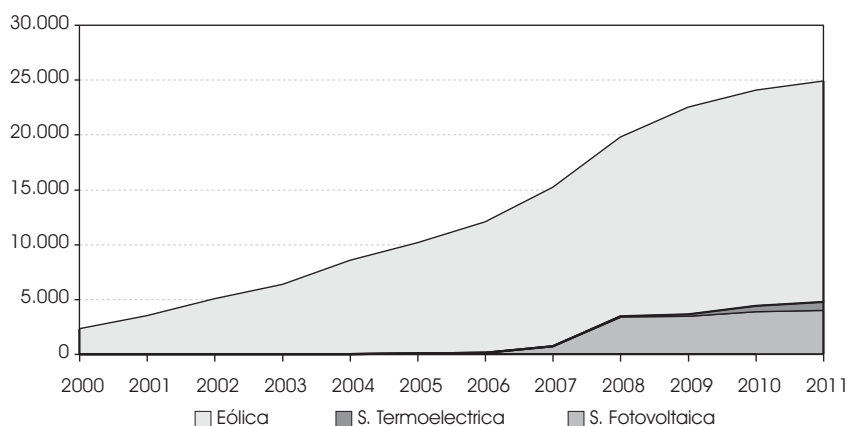


GRÁFICO 1
EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA (MW)

FUENTE: CNE (2011). Nota: datos de 2011 hasta junio.

ventas de electricidad. Si estas empresas no cumplen con su obligación, entonces tendrán que pagar una penalización. Por el lado de la oferta de CVNs, cada MWh de E-FER genera automáticamente un CVN que es asignado al generador correspondiente y que puede venderse a los distribuidores. Los generadores se benefician de dos flujos de ingresos: el precio de la electricidad y el de los CVNs.

En España tenemos un sistema de primas desde 1994, instrumento que también es el que se utiliza en la gran mayoría de los países europeos. Así, mientras que 19 utilizan el sistema de primas, sólo 6 utilizan el de CVNs y alguno utiliza el de subastas para una sola tecnología (como Dinamarca para la eólica marina).

Instrumentos de apoyo a la I+D+i

Las ayudas públicas a la I+D+i corrigen la externalidad tecnológica que se deriva de la existencia de derrames de conocimiento y que desincentiva la innovación, pues el agente innovador no es capaz de apropiarse de todos los beneficios de su innovación pero si incurre en los costes propios del proceso innovador. Las ayudas se pueden conceder en la forma de subvenciones directas a investigadores y/o a centros de investigación públicos o privados. También pueden utilizarse instrumentos fiscales, como exenciones o deducciones fiscales.

La principal iniciativa comunitaria de apoyo a la I+D+i en la Unión Europea es el VII Programa Marco de Investigación y Desarrollo Tecnológico 2007-2013 que financia los instrumentos que la UE ha utilizado para acelerar el desarrollo a gran escala de nuevas tecnologías energéticas, tales como las Plataformas Tecnológicas, el Programa Energético Europeo para la Recuperación y el Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (SET-Plan)(MITYC 2011).

En este ámbito destaca el SET-Plan, cuyo objetivo es acelerar el desarrollo de las tecnologías bajas en carbono, incluidas las renovables. El SET Plan supone una ruptura con el paradigma actual de financiación de proyectos individuales y busca co-invertir en progra-

mas. Establece un modelo pan-europeo de cooperación en investigación en energía basado en la eficaz combinación de recursos públicos y la creación de asociaciones público-privadas con la industria (Comisión Europea 2009). Se estima que las inversiones necesarias en los próximos 10 años para llevar a cabo las actividades del Plan serán de 5,5 billones de € para la eólica y de 16 billones de € para la solar (Comisión Europea 2009).

Además, se han asignado 300 millones de derechos del SECE para los grandes proyectos de demostración en tecnologías renovables innovadoras y captura y almacenamiento de carbono.

Finalmente, las actuaciones de I+D+i promovidas desde el Ministerio de Ciencia e Innovación en tecnologías energéticas se basan, entre otros, en los siguientes instrumentos: Programa de Plataformas Tecnológicas (Programa INNFLUYE) y Programas de Colaboración Público-Privada, dentro de los que se incluyen los Proyectos Singulares Estratégicos (PSE), CENIT e INNPACTO (MITYC 2011).

EL CASO DE ESPAÑA

La innovación en tecnologías renovables en nuestro país se debe en parte al instrumento de primas y a las importantes inversiones públicas directas en I+D+i. El objetivo de esta sección no es identificar cual ha sido el impacto diferencial de cada instrumento, sino aportar una serie de datos comparativos con países de nuestro entorno que nos permitan sacar algunas conclusiones sobre el impacto global de dichos instrumentos en la innovación en tecnologías renovables en nuestro país. Para ello utilizamos tres indicadores clave: 1) inversiones privadas y públicas en I+D+i; 2) Patentes; 3) Datos de comercio internacional. Empezamos aportando datos de difusión, pues según el modelo sistémico del proceso innovador, esta retroalimenta la innovación y, como ya se ha mencionado, varios son los estudios empíricos que muestran que las inversiones privadas en I+D+i constituyen un importante efecto secundario de las políticas de difusión en tecnologías renovables (6).

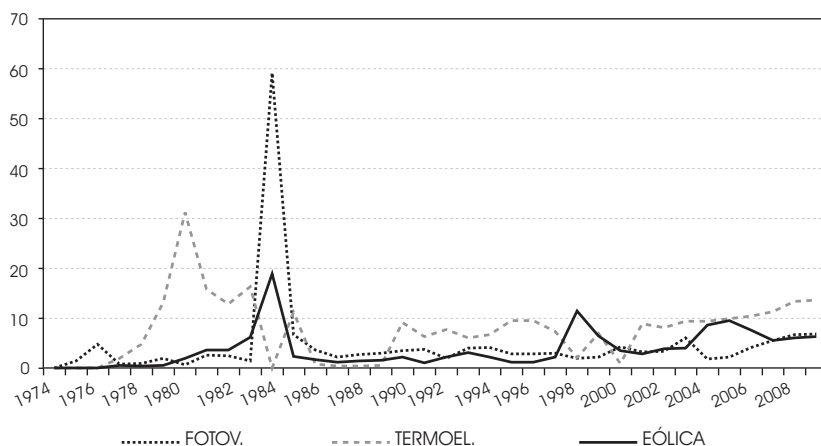


GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN PÚBLICA EN I+D+i EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA
MILLONES DE EUROS

Nota: euros de 2009. Tipos de cambio vigentes en 2009.

FUENTE: AIE (2011).

Datos de difusión

El gráfico 1 aporta datos sobre la evolución de la capacidad instalada de las tecnologías renovables en España consideradas en este estudio (7). Esa evolución ha situado a nuestro país como líder mundial en su difusión. Según IDAE (2010), en termosolar, de los 307 MW solares termoeléctricos que en la última década (hasta 2009) se habían construido en el mundo, las tres cuartas partes (232 MW) estaban en España. En eólica, A 1 de enero de 2010, la potencia eólica instalada en España sólo era superada por Estados Unidos, Alemania y China. En solar fotovoltaica, España era en 2010 el segundo país en el mundo en potencia instalada, sólo por detrás de Alemania (Institute for Energy 2010). Esta evolución ha ido asociada a un considerable apoyo público en la forma de primas que, en 2010, alcanzaban los 5768M€ (prima equivalente), de los cuales 1964M€ correspondieron a eólica, 184M€ a solar termoeléctrica y 2637M€ a solar fotovoltaica (CNE 2011).

Los datos sugieren que las primas han sido particularmente eficaces para promover dicha capacidad. Teniendo en cuenta el efecto de retroalimentación de la difusión en la innovación mencionado anteriormente, podría esperarse a priori que las primas hubieran tenido cierto impacto positivo en la innovación en esas tecnologías renovables. Solo los datos de patentes e inversiones privadas en I+D permitirían confirmar esta hipótesis.

Datos de inversión privada en I+D+i

Un indicador clave del posible efecto de las primas sobre la innovación en España serían los datos de la inversión privada en I+D+i. Sin embargo, estos datos no están disponibles con un nivel de desagregación adecuado. En IDAE (2011) se aportan datos muy agregados, a partir de una encuesta realizada a agentes del sector de las energías renovables sobre el esfuerzo realizado en I+D+i con respecto al volumen de negocios. El estudio muestra que éstos dedicaron de media el 5,32% de su contribución al PIB

a estas actividades (8). Esta cifra es muy superior a la media nacional que, en 2008, fue del 1,35% del PIB. Las tres tecnologías consideradas en este estudio, sin embargo, muestran diferentes contribuciones a la I+D+i, según su valor añadido en 2009. Así, la menos intensiva de las tres parece ser la solar fotovoltaica (1,9%), frente al 8% de la eólica y el 15% de la solar termoeléctrica.

Inversión pública en I+D+i

La evolución de la inversión pública en I+D+i en tecnologías renovables en España alcanzó un punto máximo a principios de los años 80. Esta evolución es parecida a la de otros países de la OCDE, aunque en muchos de ellos la inversión se ha recuperado al final del periodo considerado hasta igualar o incluso superar los niveles máximos de los años 80. Este no ha sido el caso de España (gráfico 2).

No obstante, la inversión pública acumulada en I+D+i en tecnologías renovables en el periodo 1974-2009 si es comparable a la de los países de nuestro entorno europeo (excepto en solar fotovoltaica y en eólica con respecto a Alemania), aunque muy inferior a la de EEUU y Japón (solo en fotovoltaica en este último caso) (gráfico 3, en página siguiente). Es de destacar el considerable esfuerzo realizado en solar termoeléctrica, en el que nuestro país sólo se sitúa por detrás de EEUU así como el menor esfuerzo relativo en solar fotovoltaica.

Patentes

Varios trabajos han utilizado datos de patentes para comparar situaciones y tendencias por tecnología y país. Dos de los estudios más destacados son los de Lee *et al.* (2009) y los realizados por expertos de la OCDE (Johnstone *et al.*, 2010). El primer trabajo utiliza una base de datos de 57000 patentes durante los últimos 30 años y muestra resultados desiguales por tecnología renovable para España. Aunque en eólica, solar fotovoltaica y solar termoeléctrica nuestro país ocupa el octavo lugar del mundo por número de patentes, en el caso de la solar fotovoltaica es-

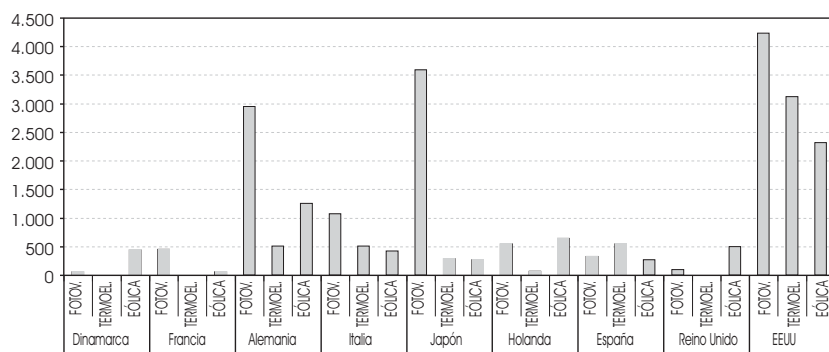


GRÁFICO 3

**INVERSIÓN PÚBLICA
ACUMULADA EN I+D+i
DURANTE EL PERIODO
1974-2009 EN ALGUNOS
PAÍSES DE LA OCDE
MILLONES DE EUROS**

Nota: euros de 2009. Tipos de cambio vigentes en 2009.

FUENTE:
AIE (2011).

tamos muy alejados de los países que nos preceden. En contraste, en solar termoeléctrica y eólica el nivel de patentes es relativamente elevado y, en eólica una empresa española (GAMESA) figura en el puesto undécimo por número de patentes.

Johnstone *et al.* (2010) analizan las patentes solicitadas por los países de la OCDE en la Oficina Europea de Patentes en el periodo 1978-2005. Ponderan esas solicitudes por el PIB de cada país para llegar a un indicador de «intensidad de patentes». Nuestro país ocupa el puesto undécimo por el total de patentes en renovables en dicho periodo y no se encuentra entre los cinco primeros países con elevada intensidad en patentes en ninguna tecnología renovable, ocupando el puesto 10º en eólica, 19º en solar, 16º en geotérmica, 13º en mareomotriz, 20º en biomasa. No obstante, los autores observan un crecimiento importante de las patentes españolas en solar y eólica en los últimos años del periodo en estudio (9).

El trabajo aporta otros datos interesantes. Compara la actividad de los países en las patentes renovables con respecto a su actividad total en todas las patentes, elaborando un indicador de "propensión a patentar" en renovables. En este caso, España si se encuentra entre los cinco países con mayor propensión a patentar en varias tecnologías renovables: eólica (2º), solar (4º), geotérmica (5º) y mareomotriz (5º), lo que sugiere una elevada relevancia del sector renovable en la actividad innovadora en España.

Walz *et al.* (2008) confirman la alta especialización de nuestro país en tecnologías renovables (10). Utilizando datos de patentes y de comercio internacional, los autores construyen dos indicadores de especialización: Actividad Relativa en Patentes (ARP) y Participación Relativa en el Comercio (PRC) en tecnologías renovables. Un valor positivo del indicador sugiere que el país tiene una especialización superior a la media en la tecnología analizada. Un valor negativo indica que el país se ha especializado en otras tecnologías. Pues bien, a pesar de que en el periodo analizado (2001-2004) España representaba el 2% de todas las patentes en renovables de los países de la OCDE y un 2,4% de las exportaciones de tecnologías renovables en 2005, sus indicadores ARP y PRC eran positi-

vos. El indicador ARP era además el segundo más alto de los países considerados. El indicador PRC era el cuarto más alto.

Según datos de la OCDE (2008), entre 2003 y 2005 España representó el 4,5% de todas las patentes registradas en el mundo, sólo por detrás de EEUU, Japón, Alemania, Dinamarca y Reino Unido. Sin embargo, nuestro propio análisis indica que el peso de España en las patentes renovables es más bajo. Siguiendo la clasificación de EPO/OCDE sobre patentes de medio ambiente, en eólica, de las 4927 patentes solicitadas en Europa entre 1987 y 2008, sólo 58 eran españolas. En solar fotovoltaica los resultados son algo mejores (1576 versus 132) y también en solar termoeléctrica (2361 frente a 154).

El estudio de la Oficina Española de Patentes y Marcas (2010) muestra un mayor dinamismo de las solicitudes de patentes de las tecnologías renovables que en el conjunto total de tecnologías en nuestro país. Las patentes «verdes» dominantes en España corresponden a las tecnologías relacionadas con la energía solar y eólica.

Datos de comercio internacional ↓

La base de datos PRODCOM de EUROSTAT (EUROSTAT 2011) incluye datos sobre la producción de tecnologías eólica y solar, así como flujos comerciales (importaciones y exportaciones) de esas tecnologías (11).

El valor de la producción española de tecnología solar fotovoltaica representaba en 2009 alrededor del 8% de la producción de la UE, en un sector claramente dominado a nivel europeo por Alemania, que representaba el 61% de dicha producción. Aunque el crecimiento del sector en España desde el año 1999 se ha multiplicado por 12, ha estado claramente por debajo de la media europea. El desplome entre 2008 y 2009 ha sido prácticamente generalizado, pero más abrupto en el caso español.

Con respecto a los flujos comerciales, las importaciones superan claramente a las exportaciones en España. Mientras que en el periodo 1999-2005 el saldo era positivo, el saldo ha sido claramente negati-

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN, EXPORTACIONES E IMPORTACIONES
DE TECNOLOGÍA SOLAR EN ESPAÑA
MILES DE MILLONES DE EUROS

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2000
Producción	-	72,3	90,8	123,8	129,5	213,9	264,9	258,3	531,7	645,3	560,4
Exportaciones	8,3	58,9	94,1	137,7	175,6	227,8	214,6	205,7	138,7	248,6	541,0
Importaciones	13,2	33,9	50,0	54,7	48,4	50,5	159,7	750,7	2283,7	5434,5	827,4

FUENTE: Elaboración propia a partir de EUROSTAT (2011).

CUADRO 3
COMPARACIÓN DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN, EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE SISTEMAS
DE GENERACIÓN EÓLICA EN VARIOS PAÍSES EUROPEOS
MILES DE MILLONES DE EUROS

	Producción	Exportaciones	Importaciones
Alemania	2171,3	783,4	895,9
Italia	0,0	18,6	59,5
Reino Unido	4,1	11,5	250,5
España	852,5	532,1	148,8
Francia	0,0	3,5	138,0
Dinamarca	3222,6	818,7	29,5
UE-27	6308,7	919,3	109,9

FUENTE: Elaboración propia a partir de EUROSTAT (2011).

vo desde 2006, como consecuencia del boom solar experimentado por nuestro país en 2007-2008 y la incapacidad de la producción doméstica para cubrir las necesidades de sistemas solares. El desequilibrio entre importaciones y exportaciones se ha reducido en 2009 por la crisis del sector en nuestro país, que ha provocado un desplome brutal de las importaciones. Sin duda, estos datos nos deben hacer reflexionar sobre la conveniencia de promover grandes crecimientos de capacidad instalada teniendo que importar la mayoría de esa capacidad, lo que provoca que (aparte de un gran coste para el consumidor), los beneficios locales de la producción de equipos se queden en los países exportadores. Esto resulta problemático si el objetivo, aparte de tener un crecimiento gradual de la difusión, es crear una industria nacional.

En eólica, España era el tercer productor en 2009, por detrás de Alemania y Dinamarca. El valor de la producción española representaba el 13% del de la UE-27. En contraste con la solar fotovoltaica, el balance comercial en eólica es claramente favorable para nuestro país, confirmando la existencia de una sólida y competitiva industria nacional con gran capacidad exportadora y orientación a mercados exteriores. En términos absolutos, sólo Dinamarca tiene un saldo comercial más positivo que el de España mientras que el resto de países (incluido Alemania), tienen un saldo negativo. Datos de IDAE (2011) sobre el comercio exterior de las renovables, confirman que la industria de fabricación de equipos es comparativamente más relevante en eólica y solar termoeléctrica que en solar fotovoltaica. Las exporta-

ciones superan a las importaciones en los dos primeros casos, lo que no ocurre con la fotovoltaica¹².

Un interesante estudio es el reciente de Algieri *et al* (2011), que utiliza datos de flujos comerciales en equipos fotovoltaicos procedentes de la base de datos de comercio de productos de las Naciones Unidas (base de datos COMTRADE). Los datos para España muestran que el peso de las exportaciones españolas en el total mundial se fue incrementando entre 2000 y 2004 (desde 1,06% al 3,28%). A partir de entonces cayó, aunque se ha recuperado hasta llegar al 3% en 2009. El peso de las exportaciones aumentó significativamente en 2009 con respecto a 2008, mientras que el peso de las importaciones siguió el camino inverso: gran reducción entre 2008 y 2009, como consecuencia del estancamiento del sector en ese último año.

Además, los autores utilizan el índice de Balassa, que muestra el grado de especialización interindustrial y la existencia de ventajas comparativas en la fabricación de equipamientos solares fotovoltaicos. Los datos muestran una creciente especialización en dicha fabricación, teniendo nuestro país en 2009 el cuarto índice de Balassa más alto, sólo por detrás de China, Alemania y Japón.

Otros datos: especialización en las distintas fases de la cadena de valor ↓

Obviamente, el contenido tecnológico de las distintas fases de la cadena de producción de las tecnologías renovables es diferente, desde la producción

RECUADRO 1 ALGUNOS DATOS RELEVANTES SOBRE LA PRESENCIA DE EMPRESAS ESPAÑOLAS EN LA CADENA DE VALOR

EÓLICA

Entre los principales fabricantes de aerogeneradores y sus componentes, así como ingenierías y consultorías se encuentran empresas españolas. (IDAE 2011). El 75% de los aerogeneradores instalados en España es de tecnología nacional (Beltrán 2011). Un estudio de la Plataforma Tecnológica del Sector Eólico (REOLTEC) muestra que España tiene patentes en todas las tecnologías eólicas (basado en propiedad intelectual generada en el período 2005-2009) y una posición cercana a los "top performers" en la mayoría de las fases y, en particular, en las zonas altas de la cadena de valor. Sin embargo, la evolución reciente en la cuota de mercado es diferente para las distintas fases. En el caso de los fabricantes y promotores, se aprecia una reducción de los españoles en los rankings debido al empuje de los fabricantes chinos. Por otro lado, las empresas de servicios españolas ocupan una posición envidiable en casi todo el mundo (AEE 2011).

SOLAR FOTOVOLTAICA

Aunque el sector fotovoltaico español cuenta con empresas que explotan toda la cadena de valor de esta industria, nuestro peso en la producción de células a nivel mundial es relativamente pequeño frente a las fases más bajas de la cadena de valor, dominada por actividades de servicios: labores de distribución, instalación, promoción, operación y mantenimiento. Así, según ASIF (2011), el mercado mundial de células de silicio cristalino ascendió en 2010 a 27000 MW, mientras que la producción española fue de 100MW. En contraste, la producción española de módulos alcanzó los 700MW, un 3% del total mundial. El peso en la producción de células se ha ido reduciendo en los últimos años. El grueso del empleo fotovoltaico sigue centrándose en la parte baja de la cadena de valor (ASIF 2011).

SOLAR TERMOELÉCTRICA

La tercera parte de toda la potencia termosolar instalada en el mundo está en suelo español y también son empresas españolas las que promueven, desarrollan y gestionan muchos de los proyectos termosolares que se construyen en el mundo (IDAE 2010). Las centrales termosolares españolas utilizan entre un 75% y un 80% de componentes fabricados en España o con tecnología desarrollada en nuestro país. Entre 2008 y 2011, las centrales termosolares han pasado de utilizar elementos fabricados en un 50 por ciento en el extranjero a tan sólo un 20-25% (Barrero 2011).

FUENTE: Barrero (2011), AEE (2011), ASIF (2011), IDAE (2010), IDAE (2011), Beltrán (2011).

de la tecnología hasta su instalación. Así, cabe esperar que ese contenido sea más elevado en las primeras fases. Por tanto, en tanto en cuanto nuestro país disponga de la tecnología, existirá un considerable peso de empresas (fabricantes) españolas en las primeras fases. El siguiente cuadro aporta algunos datos relevantes de la capacidad innovadora en las distintas fases de las tecnologías renovables. Los datos permiten concluir que nuestro país tiene un importante peso en la fabricación de las tecnologías eólica y termosolar, mientras que el peso correspondiente a las empresas en la fase inicial de la producción de la tecnología solar fotovoltaica es mucho menor.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la situación de nuestro país en el proceso de innovación en tres tecnologías renovables e identificar cual es nuestra posición relativa con respecto a otros países de nuestro entorno. La principal conclusión es que nuestra situación relativa es particularmente buena en dos de esas tecnologías (solar termoeléctrica y eólica), en tanto en cuanto la sólida base tecnológica de nuestra industria permite pensar que va a jugar un papel importante en esos mercados, con perspectivas extraordinariamente dinámicas en el medio plazo a nivel mundial.

Otra conclusión, derivada del análisis de los indicadores anteriores, es que la difusión por sí misma no asegura el liderazgo en innovación ni la creación de una potente industria. Si un país quiere invertir dinero para ser un líder en innovación y crear una sólida industria local en tecnologías renovables, es conve-

niente: 1) identificar ventajas comparativas en la tecnología correspondiente y; 2) combinar adecuada, ordenada y acompasadamente instrumentos de demand-pull (incentivos eficaces a la difusión) y supply-push (inversiones directas a la I+D+i). El peso relativo de ambos tipos de instrumentos en la mencionada combinación depende de la madurez de las tecnologías, siendo crucial la I+D+i para las tecnologías inmaduras y relativamente más importante el apoyo a la difusión con tecnologías maduras y de bajo coste.

Apoyar inicialmente la I+D+i pública en tecnologías emergentes con gran potencial de desarrollo futuro e ir combinando dicho apoyo posteriormente con ayudas a proyectos de demostración e instrumentos que permitan la difusión de esas tecnologías en pequeños nichos, facilitando su comercialización posterior, puede tener réditos a largo plazo, como muestran los casos españoles de la eólica y la solar termoeléctrica, en los que existe una potente industria nacional en todas las fases de la cadena de valor de la tecnología. Por el contrario, el caso de la solar fotovoltaica sugiere que fomentar un gran mercado nacional cuando no se dispone de la tecnología implica importarla y contribuir a la curva de aprendizaje en otros países.

En este sentido merece la pena contrastar los casos de la solar fotovoltaica y termoeléctrica. Mientras que el nivel de patentes es comparable en ambas tecnologías, el gasto para promover la difusión de la segunda ha sido inferior al de la primera (hasta ahora), siendo mayor la inversión pública en I+D+i. Mientras que la solar termoeléctrica española es un referente mundial a nivel tecnológico, y el sector es netamen-

te exportador, no ocurre lo mismo con la fotovoltaica. Esto refuerza la idea de la adecuada combinación de instrumentos y el vínculo con la creación de industria.

Apoyo a la I+D+i, difusión y creación de industria van por tanto de la mano. Por ello, se necesita una política integrada. Teniendo en cuenta el dinamismo de este mercado, con grandes tasas de crecimiento, es importante no perder ese tren. Es necesario apostar por el reforzamiento internacional de la posición de un sector que ha demostrado ya una gran capacidad exportadora. Desde el ámbito de la política pública, será necesario facilitar los procesos de innovación adoptando estrategias integrales de I+D+i y difusión en tecnologías renovables, así como reforzar las medidas de política industrial orientadas a facilitar nuestro posicionamiento en mercados exteriores. Actualmente, entre otras instituciones, el CDTI, el ICEX, las Cámaras de Comercio y los diferentes gobiernos autonómicos apoyan a las empresas españolas en sus objetivos de internacionalización (AEE 2011). Estudios futuros deberían analizar que instrumentos son los más convenientes en este sentido y como pueden integrarse los esfuerzos de diferentes instituciones de la forma más eficiente y eficaz posible, evitando duplicaciones de esfuerzo.

Además, la combinación de actividades públicas y privadas en un sector estratégico tanto desde el punto de vista estrictamente energético como industrial como es el de las renovables exige una un gran pacto nacional público-privado que defina una estrategia en materia de investigación e innovación energética y que ordene las políticas y programas públicos con las prioridades del país (MICINN 2011). La recientemente creada Alianza por la Investigación y la Innovación Energética puede ser un buen paso en esa dirección.

En todo caso, este tema requiere de más investigación en varios frentes. Es necesario profundizar en la complementariedad de la inversión pública y privada en I+D+i en tecnologías renovables. Por otro lado, debe prestarse más atención empírica a los factores que fomentan la innovación y las barreras a la misma en tecnologías renovables concretas. De ello pueden extraerse importantes implicaciones de política pública orientadas a mejorar los procesos de innovación en tecnologías renovables. Estudios futuros deberán aclarar cual es la contribución relativa de los diferentes grupos de instrumentos (SECE, Setplan, primas y ayudas a la I+D+i) en la innovación en tecnologías renovables en España.

NOTAS †

[1] En el escenario de referencia se supone una continuación de las políticas existentes, mientras que en el escenario 450 se incluyen políticas que permitirían limitar la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a 450 partes por millón de CO₂ – equivalente.

- [2] Las 2/3 partes del porcentaje de generación de solar en 2030 en el escenario 450 se deben a la solar fotovoltaica, y la otra tercera parte, a la solar de concentración. Con respecto al porcentaje total de eólica en 2030 en el escenario 450 (9,3%), 6,6% es de eólica terrestre y el resto corresponde a eólica marina.
- [3] De hecho, podría argumentarse que la fijación de objetivos ambiciosos depende de la existencia de tecnologías para cumplirlos, es decir, depende de la innovación. Dicho de otra forma: la innovación es endógena a la fijación de objetivos ambiciosos.
- [4] No obstante, algunos de los instrumentos de *demand-pull* tienen también considerables efectos sobre la innovación, es decir, tiene aspectos de un instrumento que influye en la oferta de tecnologías.
- [5] Para una discusión más pormenorizada de estos instrumentos, véase del Río (2009).
- [6] La idea básica es que las empresas no invierten en I+D si no se percibe la existencia de un mercado en el que vender esas tecnologías. Obviamente, este mercado no es necesariamente el doméstico, sino que puede tratarse de mercados exteriores.
- [7] En este trabajo prestamos atención a tres tecnologías renovables: solar termoeléctrica, solar fotovoltaica y eólica. Varias son las razones. En estas tres tecnologías existe una significativa potencia instalada en nuestro país, así como una importante industria. Además, son las tecnologías renovables que más se espera que crezcan a nivel mundial, como se ha mencionado anteriormente, lo que apunta a la existencia de un mercado futuro importante para las empresas españolas.
- [8] Esto supone que el esfuerzo en I+D+i en 2009 fue de 390,5 millones de € (159 millones de € sólo en eólica, 52,4 en solar fotovoltaica y 32,6 en solar termoeléctrica). Se espera que la contribución sea de 484,8 millones de € en 2015 y 620,9 millones de € reales (base 2010) en 2020 (4,9% y 4,75% con respecto al PIB, respectivamente).
- [9] Tanto Johnstone *et al* (2010) como Lee *et al* (2009) consideran un indicador de cantidad y no de calidad de las patentes. En el futuro debería analizarse cual es el peso de cada país en las patentes más citadas.
- [10] Los autores incluyen en su análisis las siguientes tecnologías renovables: solar térmica y fotovoltaica, eólica, hidráulica, biomasa y geotérmica.
- [11] PRODCOM es una base de datos que ofrece estadísticas sobre la producción de 4500 bienes en Europa. Los códigos de las tecnologías eólica y solar en esa base de datos son, respectivamente, 28112400 (sistemas de generación eólicos) y 26112240 (aparatos fotosensitivos semiconductores, células solares, foto-diodos y foto-transistores). En el caso de la solar, el sector no incluye únicamente la producción de tecnologías solares, aunque esta es la producción predominante.
- [12] Los datos muestran que el saldo fue negativo (las importaciones superaron a las exportaciones) durante todo el periodo 2006-2008 y no solo en 2008, cuando se produjo una elevada importación para satisfacer el *boom* fotovoltaico en ese año.

BIBLIOGRAFÍA †

- AEE (2011b): Anuario Eólica 11. www.aeeolica.org
 AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (AIE) (2008): Energy Technology Perspectives. París.

- AIE (2009): World Energy Outlook. Paris.
- AIE (2011): R&D statistics. <http://www.iea.org>. Paris.
- ALGIERI, B., AQUINO, A. y SUCCURRO, M. (2011). Going «green»: trade specialisation dynamics in the solar photovoltaic sector. *Energy Policy* (en prensa).
- ASIF (2011): Hacia el crecimiento sostenido de la fotovoltaica en España. Informe anual 2011. Madrid. www.asif.org.
- BARRERO, A. (2011): Más del 75% de los componentes de una central termosolar es «made in Spain» *Energías Renovables*, 2 de septiembre de 2011. http://www.energias-renovables.com/energias/renovables/index/pag/termoelectrica/colleft/colright/termoelectrica/tip/articulo/pagid/16802/botid/23/#slidem_5.
- BELTRÁN, A. (2011): Balance energético 2010 y perspectivas 2011 Madrid, 28 de marzo de 2011.
- BUTLER, L. y NEUHOFF, K. (2008): Comparison of Feed-in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development. *Renewable Energy*, nº 33, pp. 1854-1867.
- COMISIÓN EUROPEA (2009): Commission staff working document accompanying document to the communication from the Commission on investing in the development of low carbon technologies (SET-Plan). Brussels, 7.10.2009 sec(2009) 1297. Bruselas.
- COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (CNE) (2011): Información de ventas del régimen especial. <http://www.cne.es>
- EUROSTAT (2011): PRODCOM database of the European Statistics Office (EUROSTAT). <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/prodcom/data/database>
- IDAE (2010): Renovables made in Spain. *Energías renovables en España*.
- IDAE (2011): Impacto económico de las energías renovables en el sistema productivo español. Estudio Técnico PER 2011-2020
- INSTITUTE FOR ENERGY (2010). PV Status Report 2010. European Commission. EUR24344EN. Ispra (Italia).
- JOHNSTONE, N., HASCIC, I. y POPP, D. (2010): Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts. *Environmental and Resource Economics*, vol. 45, nº 1, pp. 133-155.
- LEE, B., LLIEV, L. y PRESTON, F. (2009). Who owns our low carbon future? Intellectual Property and Energy Technologies. Chatham House Report. London.
- MENANTEAU, P., FINON, D. y LAMY, M. (2003). Prices versus Quantities: Choosing Policies for Promoting the Development of Renewable Energy. *Energy Policy*, nº 31, pp. 799-812.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (MITYC) (2011): Plan de Energías Renovables 2011- 2020. Borrador. 26-julio-2011 (vol. II).
- MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN (MICINN) (2011). Garmendia reúne a los máximos representantes de la energía en España para impulsar la I+D+i en el sector. Nota de prensa. 30 de junio de 2011. www.micinn.es
- OCDE (2008): 2008 Compendium of Patent Statistics.
- OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS y FUNDACIÓN EOI (2010): La innovación patentada en España en el sector de las tecnologías mitigadoras del cambio climático (1979-2008). Madrid.
- POPP, D. (2010): Innovation and climate policy. NBER working paper 15673, Cambridge, MA. <http://www.nber.org/papers/w15673>.
- DEL RÍO, P. (2009). La promoción de la electricidad renovable en España en el contexto europeo. *Información Comercial Española* (ICE), nº 847, abril, pp. 59-74.
- ROGGE, K., SCHNEIDER, M. y HOFFMANN, V. (2010): The innovation impact of the EU Emission Trading System. Findings of company case studies in the German power sector *Ecol. Econ.*, nº 70, pp. 513-523
- WALZ, R. y RAGWITZ, M. (2008): Regulation and innovation: the case of renewable energy technologies. Fraunhofer Institute Innovation and System Research, Karlsruhe, Germany.
- WATANABE, C., WAKABAYASHI, K. y MIYAZAWA, T. (2000). Industrial dynamism and the creation of a virtuous cycle between R&D, market growth and price reduction. The case of Photovoltaic Power Generation (PV) development in Japan. *Technovation*, vol. 20, nº 6, pp. 299-312.