

# Innovación en energía en España

## Análisis y recomendaciones

[ Resumen Ejecutivo 2012 ]

## Créditos

El presente informe ha sido preparado por Adela Conchado (Instituto de Investigación Tecnológica, Universidad Pontificia Comillas), Laura Díaz Anadón (Belfer Center, Harvard Kennedy School) y Pedro Linares. Su elaboración ha contado con la ayuda de Álvaro López-Peña (Instituto de Investigación Tecnológica, U. Pontificia Comillas), que ha facilitado el modelo energético usado en el capítulo 3 y muchos de los datos de partida, y también de Valentina Bosetti (FEEM y Universidad Bocconi), que ha proporcionado algunas de las estimaciones de expertos utilizadas en dicho capítulo 3. En todo caso, el informe no reproduce las opiniones sobre estos asuntos del Belfer Center y del resto de instituciones mencionadas.

Los informes anuales de *Economics for Energy* son aprobados por la junta directiva del centro, sin que sus contenidos reflejen necesariamente la visión de los socios sobre las cuestiones tratadas.

Diseño y Maquetación    seteseoitodeseñográfico

ISSN                      2172-8127

Economics for Energy  
Dr. Cadaval 2, 3E  
E-36202 Vigo  
[info@eforenergy.org](mailto:info@eforenergy.org)  
[www.eforenergy.org](http://www.eforenergy.org)

Impreso sobre papel 100% reciclado.

Por tercer año consecutivo, y sin faltar a nuestra cita anual desde la creación de *Economics for Energy*, nos complace presentar el informe anual del centro, que en este caso tiene como tema otra de sus líneas prioritarias de investigación: el análisis de la innovación en el ámbito energético.

*Economics for Energy* es un centro de investigación especializado en el análisis económico de las cuestiones energéticas y se constituye como una asociación sin ánimo de lucro participada por administraciones públicas, universidades, empresas y fundaciones. La misión de *Economics for Energy* es crear conocimiento en el ámbito de la economía de la energía y transferirlo de forma eficaz para informar, orientar y asesorar la toma de decisiones de agentes públicos y privados.

*Economics for Energy* sigue los procedimientos académicos habituales para crear conocimiento, con el rigor y profundidad adecuados. Sus otras líneas de trabajo se centran en el análisis de la demanda de energía, el diseño y evaluación de las políticas energético-ambientales, la valoración de la seguridad energética y la perspectiva tecnológico-regulatoria en el sector energético. Este conocimiento se transfiere a través de informes de situación, como el que nos ocupa, y la organización de seminarios y jornadas sobre temas relevantes de actualidad para el sector energético.

Este tercer informe es fruto de la colaboración de dos de los centros de investigación de referencia en materia de energía del mundo, y con los que *Economics for Energy* mantiene una relación privilegiada: el Instituto de Investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas (socia de *Economics for Energy*) y el Belfer Center for Science and International Affairs de la Harvard Kennedy School.

En esta ocasión, el informe analiza la situación del sistema de innovación en energía en España. La innovación en energía es uno de los componentes fundamentales que permitirán alcanzar un modelo energético con menores emisiones de contaminantes, con mayor seguridad energética, y a un menor coste. Además, la innovación, como inversión en capital humano y tecnológico, resulta esencial para el crecimiento económico y el desarrollo social, ya que puede contribuir a crear el tan necesario valor añadido doméstico y a mejorar la competitividad de la economía española. Por tanto, resulta de gran interés evaluar la eficiencia y efectividad de este sistema para conseguir esos y otros objetivos.

El informe reflexiona así en primer lugar sobre el interés de las políticas de innovación en energía, para luego realizar un diagnóstico de la situación española a partir de indicadores. También se presenta un análisis de la rentabilidad, medida exclusivamente en términos de ahorros de coste energético, que podría suponer un estímulo de la inversión en I+D en energía, una de las políticas que pueden contribuir a la innovación. A partir del diagnóstico y de los resultados del análisis de inversiones en I+D, se ofrecen unas recomendaciones preliminares sobre acciones prioritarias a desarrollar para promover una innovación efectiva en materia de energía en España.

Como en otros informes anuales, pretendemos apuntar los aspectos principales que subyacen al problema e identificar áreas en las que es necesario desarrollar investigación adicional. Esperamos también que este informe pueda contribuir a un mejor entendimiento y difusión de las implicaciones económicas de la política energética española e internacional y que, junto a las otras actividades de *Economics for Energy*, sea del interés de los expertos en el sector energético y del resto de la sociedad.

Xavier Labandeira y Pedro Linares

Directores de *Economics for Energy*

# 1

## Introducción

La energía sigue siendo fundamental para el desarrollo económico y el bienestar de la sociedad. Para alcanzar niveles de bienestar similares a los de los países desarrollados, muchos países necesitarán y tratarán de incrementar su consumo de energía. Además, una gran parte de la población mundial todavía no tiene acceso a formas avanzadas de energía (de acuerdo con los

cálculos de la Agencia Mundial de la Energía más de 1.400 millones no tienen electricidad y 2.700 millones siguen cocinando con biomasa tradicional), lo que tendrá efectos obvios sobre el consumo energético global cuando éste se produzca.

Por tanto, la humanidad necesitará cada vez más recursos para proveer esta creciente demanda de servicios energéticos, algo que choca con el carácter finito de los recursos energéticos fósiles, principal fuente de energía en la actualidad, y también con la escasez de otros recursos necesarios para producir, transportar o consumir la energía. Esta escasez de recursos está llevando ya a aumentos significativos en sus precios (con la excepción del gas natural en EEUU, cuyo precio ha caído desde el 2008 debido al incremento de la producción de gas pizarra) y a una elevada volatilidad de los mismos, con los correspondientes efectos perniciosos sobre la economía global y de los distintos países.

Por otra parte, los recursos energéticos fósiles también están contribuyendo a la creación de problemas ambientales a gran escala. Tanto el calentamiento global inducido por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como los fenómenos de contaminación atmosférica por otros contaminantes regionales o locales (con sus correspondientes daños sobre la salud o los ecosistemas) se deben en gran medida a la producción y consumo de energía. En especial, la amenaza de un calentamiento global por encima de niveles tolerables está llevando a muchos países, con la Unión Europea como ejemplo más representativo, a plantearse la descarbonización a gran escala de sus sistemas energéticos.

Parece precisa pues una transformación sustancial del sector energético que permita satisfacer las necesidades de energía en condiciones asequibles de coste y sin grandes impactos ambientales. Ante esta situación cada vez es más prioritario el papel de las distintas medidas de ahorro y eficiencia energética (que se abordaron en el informe anterior de *Economics for Energy* para el caso español). Sin embargo, el ahorro y la eficiencia tienen un recorrido limitado. Para España, por ejemplo, nuestro informe de 2012 consideraba factibles (técnica y económicamente) ahorros de un 40% para 2030, en el sentido indicado por estudios similares para otros países. Pero, ¿qué hacer con la demanda que resta por satisfacer?

Aquí es donde la innovación juega un papel fundamental: hacen falta nuevas tecnologías, o mejoras sobre las existentes, que permitan seguir produciendo energía pero de forma asequible y respetuosa con el medio ambiente. De hecho, incluso el ahorro y la eficiencia requieren también de nuevas tecnologías que faciliten las reducciones coste-efectivas en el consumo. La innovación es en este sentido una herramienta fundamental para conseguir un sistema energético sostenible, que cree un nivel creciente de bienestar y que aumente también el capital de conocimiento de la sociedad.

Todo lo precedente es aplicable en el caso español, incluso en mayor medida. España es un país muy dependiente del exterior en materia de energía (en 2011, el saldo comercial energético contribuyó en un 88% al déficit de la balanza comercial española), con los consiguientes riesgos de precio en el suministro y el impacto sobre la competitividad de nuestra economía. En lo que se refiere al impacto

ambiental, nuestra economía ha observado una evolución negativa en las emisiones de gases de efecto invernadero desde principios de los noventa. La utilización de tecnologías avanzadas puede contribuir en gran medida a aliviar estos problemas.

Sin embargo, cabe cuestionarse el interés de un país de tamaño medio como España por promover la innovación energética. Efectivamente, podría tener sentido delegar esta actividad en la UE o en otros países para, dentro de un mundo totalmente globalizado, beneficiarse de los avances posteriormente.

Sin embargo, y en respuesta a lo precedente, hay que decir que el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas podría convertirse en una fuente de valor añadido y empleo. La inversión en conocimiento, en innovación, puede traer importantes réditos a medio plazo, transformando nuestro sistema productivo para hacerlo más robusto y más competitivo. Además, en innovación y producción España cuenta con un tejido relativamente desarrollado en algunos ámbitos del sector energético. Por supuesto, para poder apropiarse de este valor añadido será necesario diseñar de forma adecuada las políticas de innovación.

Desgraciadamente los procesos de innovación se enfrentan a numerosos obstáculos, en algunos casos fallos de mercado y en otros barreras institucionales o de otro tipo, que hacen que la productividad de la innovación sea insuficiente. En el caso de la energía, a esto han contribuido también los procesos de liberalización, que alejan al sector de consideraciones de carácter ambiental o público en su toma de decisiones. Estos fallos y barreras que dificultan el proceso de innovación hacen también que el mercado por sí mismo no pueda producir la innovación que la sociedad necesita. Por tanto, y aunque los gobiernos de muchos países llevan décadas participando en la construcción de sistemas nacionales de innovación (con mayor o menor constancia y éxito), parece que su función es cada vez más necesaria para lograr la transformación requerida en el sector energético, dados los retos del mismo, y el mayor conocimiento que tenemos sobre la importancia de tener un sistema coordinado, constante, y eficiente.

El objetivo de este informe es presentar un diagnóstico de la situación de la innovación en energía en España y de las barreras a las que se enfrenta, evaluar los potenciales beneficios que resultarían para el sistema energético de una mayor inversión en innovación, y proponer algunas recomendaciones para el estímulo de la innovación en energía en España por parte de la administración pública. La sección 2 presenta este diagnóstico de forma resumida, mientras que la sección 3 ofrece los principales resultados de la evaluación de los beneficios de inversiones en I+D en energía en términos de reducción de coste del sistema energético. La sección 4 realiza diversas recomendaciones sobre cómo estimular la innovación en energía desde el sector público. Finalmente, este resumen ejecutivo se cierra con unas conclusiones. En el informe completo (disponible en la web de *Economics for Energy*) pueden obtenerse más detalles tanto del diagnóstico como de la evaluación de beneficios.

## 2

## La innovación en energía en España: diagnóstico de la situación

Por comenzar con buenas noticias, podríamos decir que en algunos campos, principalmente los relacionados con las energías renovables, España está desarrollando tecnología competitiva a nivel internacional. Sin embargo, es difícil atribuir esto a la existencia de buenas condiciones

para la innovación, sino más bien al esfuerzo individual de algunos agentes, y en el caso de las renovables, al marco favorable que permitió a algunas empresas invertir en I+D parte de las rentas obtenidas por el



sistema de apoyo vía primas a la electricidad renovable (además del soporte de algunas regiones al desarrollo industrial).

En este sentido, la contraposición entre la innovación en energía eólica y solar fotovoltaica es paradigmática en el caso español. La industria eólica consiguió desarrollar una actividad de innovación relevante, mientras que la industria fotovoltaica, en la que existían líderes antes de la introducción del sistema de primas, fue básicamente desmantelada<sup>1</sup>.

Esta situación aparentemente paradójica se repite en otros ámbitos: no son las regiones o zonas que más presupuesto dedican, o que más investigadores tienen, las que mejores resultados obtienen. La creación de un ecosistema de innovación productivo no depende únicamente de cuánto dinero se ponga encima de la mesa (en el caso del sector fotovoltaico, el tamaño de la prima no contribuyó al mantenimiento de la industria productora), sino del conjunto y la coordinación de medidas que se desarrollen y de cómo se diseñen. El problema es que en el sector energético español hay problemas en el cuánto se financia, en el qué se financia y en el cómo se hace.

**En primer lugar, el gasto (tanto público como privado) en I+D energético es bajo en comparación con otros sectores.** Parte de la explicación para ello reside en la liberalización del sector energético que tuvo lugar desde finales de los años ochenta. Efectivamente, el gasto en I+D en energía se redujo mucho y desde entonces se ha mantenido en niveles muy bajos. Sin embargo, no todo puede achacarse a la liberalización: el gasto en I+D energético en España también es muy bajo en comparación con los países de nuestro entorno (incluidos aquellos en que también se ha liberalizado el sector), y más aún en el ámbito global.

**La inversión pública por habitante en I+D en energía está por debajo de la media de la Unión Europea (incluso de UE-27), es un 10% de la de Japón y un 20% de la de EEUU.** Es cierto que parte de este déficit se ve compensado por el hecho de que somos el segundo país que más recursos recibe para estos fines de la Unión Europea, pero aún así no basta para compensar nuestra desventaja.

**Además, una parte muy significativa de este gasto es gasto financiero, es decir, préstamos y anticipos reembolsables.** Si bien este tipo de instrumentos tiene alguna ventaja, como el mayor compromiso que exigen a las empresas que innovan, también tiene muchos problemas. El primero es que distorsionan las estadísticas, al contabilizarse su cuantía total y no el gasto real (el diferencial de tipo de interés subvencionado). El segundo es que, como se observa en los últimos años, este tipo de apoyo no es bien recibido por los agentes, por su baja cuantía y su mayor nivel de responsabilidad. En España, en los últimos años una parte muy significativa (un 43% en 2011) del gasto en innovación no se ha ejecutado. Esto puede deberse precisamente a gastos financieros que son rechazados, por su riesgo, por los receptores. El tercero es que el tipo de proyectos que las empresas están dispuestas a financiar con préstamos y no con subvenciones serán menos arriesgados, y por lo tanto el perfil de la investigación podría ser más incremental.

**Una de las razones de esta falta de inversión en innovación puede ser la poca popularidad de la ciencia y el bajo conocimiento científico en la sociedad española, al menos en comparación con otros países.** De hecho es sorprendente que, dada la importancia que se da a la energía en muchos ámbitos (repercusión de las subidas de tarifa eléctrica en los medios, el gasto que supone en el presupuesto familiar, o su repercusión en el IPC), no se sea consciente de las razones subyacentes y de

<sup>1</sup> Hay distintas explicaciones posibles para esta situación, entre otras la implicación de los gobiernos regionales a través de políticas de apoyo tecnológico, o la posible inexistencia de base industrial en el área de los semiconductores para fotovoltaica.

las consecuencias que tendría la innovación en este campo. Es así revelador el dato de que en España se dedica a la I+D energética menos de un 1% de lo que se gasta en total en energía.

**Otro elemento reseñable de la innovación en energía en España es el elevado peso del sector público, o alternatively, la poca participación de la inversión privada.** Efectivamente, la inversión privada, esencial para estimular la transferencia de tecnología a la sociedad y a los mercados y la mejor colocada para identificar oportunidades interesantes para la inversión, es especialmente baja en España. Esto no sólo es pernicioso por las ventajas señaladas con anterioridad, sino también por el hecho de que una excesiva dependencia del sector público expone a la inversión en innovación a mayores oscilaciones (como las que estamos observando en los últimos años debidas a la crisis económica). En realidad, el sector público debería servir para estabilizar este tipo de inversiones, por ejemplo durante épocas de crisis en las que algunas empresas puedan tener mayor dificultad para invertir a largo plazo.

**En España, las empresas energéticas dedican menos al I+D que las de otros sectores (medida por el porcentaje de inversiones en I+D sobre facturación).** Incluso en tecnologías limpias, en que a nivel europeo hay una alta participación de la iniciativa privada, en España esta contribución no supera el 30%. Es interesante contrastar esta situación con la hipótesis avanzada por Menanteau y otros (2003)<sup>2</sup> de que las primas a las tecnologías renovables estimulan la inversión privada en I+D. Según esto, en España deberíamos tener una posición privilegiada en eólica y solar, algo que efectivamente se refleja en una mayor actividad de patentes en las tecnologías renovables con apoyo vía primas. En el caso español también se exporta mucha tecnología eólica, aunque no solar de la que somos importadores netos. Sin embargo, la intensidad en I+D de la eólica y la solar está entre el 2 y el 4% (datos globales, no disponibles para España), mayor que en el sector energético en su conjunto, pero menor que en otros sectores innovadores como biotecnología y TICs. Esto posiblemente se deba a que las tecnologías en estos sectores se están poco a poco convirtiendo en “commodities”, cosa que no está pasando en sectores netamente innovadores como, por ejemplo, el sector de biotecnología aplicado al área de salud.

En el sector eléctrico sí que hay una cierta inversión en innovación por parte de las empresas, aunque de nuevo inferior a la de otros países. Como era de esperar, **no son las grandes “utilities” tradicionales las que juegan el papel predominante, como las eléctricas y las petroleras, ya que éstas pueden perder frente a una innovación disruptiva.** Cabe resaltar a este respecto que los datos disponibles sólo incluyen el I+D realizado por compañías tradicionales (eléctricas, petroleras y mineras, y también fabricantes de equipos que sí invierten algo más en I+D) y que otras compañías que se pueden considerar parte del sector energético, como las eólicas o biotecnológicas en el ámbito de los biocombustibles, invierten más en I+D que las empresas tradicionales.

**Sin embargo, y a pesar de la baja inversión propia, casi todo el gasto en I+D se ejecuta en empresas.** Esto por una parte es positivo, porque supone conectar directamente la innovación con el sector productivo. De hecho, hay un porcentaje elevado de empresas (mayor que en otros sectores) que ha introducido procesos o productos novedosos: hasta un 80% incorpora innovaciones de manera continuada en el tiempo. Además, las regiones que más empresas innovadoras tienen son las que mejor han conseguido integrar a la innovación en el proceso productivo. No obstante, si no se traduce en resultados visibles, transferibles, o públicos, este fenómeno puede reflejar una mera transferencia de rentas del sector público a las empresas con la excusa de la innovación. En este caso, el riesgo de “free-riding”, o de falta de eficacia en general del uso de estos fondos públicos, resulta evidente.

<sup>2</sup> Menanteau, P., Finon, D., Lamy, M.-L., 2003. Prices versus quantities: choosing policies for promoting the development of renewable energy. Energy Policy 31, 799–812.

Un síntoma o consecuencia de esta falta de inversión privada es que, aunque ha habido una mejora en el número de publicaciones científicas en este campo durante los últimos años (especialmente en hidrógeno, biomasa y biocarburantes, o pilas de combustible), España se encuentra muy alejada de otros países en el número de patentes. Por ejemplo, y a pesar de que cada vez se patenta más, especialmente en renovables y biocombustibles, patentamos por habitante sólo un 10% de lo que se patenta en Dinamarca. Es cierto que las patentes en sí mismas no necesariamente suponen innovación (o que incluso pueden desincentivarla), y que en algunos casos sólo se utilizan como arma para la guerra comercial, pero en España el bajo rendimiento en número de patentes también se traduce en un menor ingreso (en términos de PIB) por licencias y patentes desde el extranjero. Lo mismo sucede con la contribución a la balanza comercial de la alta tecnología.

Dentro de este panorama pesimista, y como ya adelantamos con anterioridad, algunas tecnologías están mejor situadas. **Así, dentro de nuestra limitada producción, el sector de las tecnologías limpias tiene un peso significativo, lo que le sitúa como un área muy importante dentro de nuestro sistema de innovación.** En patentes relacionadas con las energías renovables, por ejemplo, España produce un 3% del total mundial (por encima del aproximadamente 2% de contribución de la economía española al PIB global).

Esto puede deberse a que hay un gran porcentaje de inversión pública en I+D energética que se dirige a estas tecnologías: en términos relativos, más del doble que en Alemania, y seis veces más que en EEUU. Sin embargo, para ser un líder tecnológico es crucial el nivel absoluto de inversión pública (asumiendo efectividades comparables en la implementación) y en este aspecto seguimos muy por debajo de otros países, algo que probablemente se mantendrá debido al reducido tamaño de nuestra economía.

**También es especialmente llamativa la muy baja inversión en innovación relacionada con la eficiencia energética,** un elemento que debería ser prioritario en nuestra política energética (véanse, de nuevo, los informes anteriores de *Economics for Energy* sobre intensidad energética y análisis económico de las medidas de eficiencia energética para España). Es también notorio el elevado gasto en nuclear, una tecnología con perspectivas no demasiado brillantes de futuro en términos de aceptación social<sup>3</sup>, y que solo ha sido superada por el conjunto de energías renovables durante los últimos años.

Finalmente, España se sitúa en una posición intermedia en relación a infraestructuras y recursos. **Así, la innovación en energía exige recursos humanos con conocimientos técnicos, básicamente, ingenieros y científicos. Normalizando por población total, España no está en mal lugar a este respecto: algo peor que Alemania, pero similar a Suecia y muy por encima de EEUU.** El problema es que el número de graduados en estas disciplinas no es un buen indicador de la capacidad de innovación. En primer lugar, porque no sólo importa la cantidad, sino también la calidad: puede ser que la formación técnica en España se centre en resolver problemas con técnicas conocidas más que en desarrollar nuevas técnicas (similar al caso de China, por ejemplo). Además, el problema de la baja proporción relativa se puede resolver mediante la importación de personal formado del exterior. España cuenta, por otro lado, con muchos menos investigadores que en otros países. Evidentemente, esto puede ser tanto causa del problema como una consecuencia (como hay poca actividad innovadora, no se contrata a mucha gente para ello). Eso sí, en algunas áreas contamos con equipos muy bien cualificados a nivel internacional, aunque generalmente limitados al ámbito académico.

3 Véase por ejemplo: <http://awsassets.wwf.es/downloads/renuevate.pdf>



Respecto a la infraestructura de investigación, tampoco nos encontramos ante una situación positiva. **Hay muchos centros de investigación en energía de titularidad pública (muchos de ellos autonómicos), pero no parece que haya gran coordinación entre ellos, ya que cada uno responde a los intereses de su territorio, lo que dificulta su contribución a la mejora del sistema español de innovación. Además, en estos centros se suele primar la innovación incremental, por supuesto interesante, frente a la innovación disruptiva.** El gran riesgo asociado a las inversiones en este tipo de innovación hace que difícilmente pueda ser llevada a cabo en centros con personal funcionario (a no ser que los incentivos de la estructura pública premien investigación más rompedora con posibilidad de contribuir a nuevos mercados) o privado, ya que muchas compañías están presionadas para producir resultados a corto plazo.

De hecho, lo precedente puede conectarse con otra idea igualmente preocupante respecto a la innovación: **la baja cultura emprendedora de la sociedad española.** En España se perciben pocas oportunidades de emprendimiento, tanto dentro como fuera de las empresas. El estatus social de los emprendedores es relativamente bajo, y todo ello resulta en una intención de emprender muy inferior a la de países de nuestro entorno.

Para ofrecer una panorámica general del desempeño del sistema español de innovación en energía en el contexto internacional, se recoge en la Tabla 1 un resumen de indicadores para España de distintos "inputs" y "outputs" del proceso de innovación en energía, en comparación con la Unión Europea y Estados Unidos.

**Tabla 1: Resumen de indicadores de innovación en energía; comparación España-UE-EEUU**

	<b>España</b>	<b>UE</b>	<b>EEUU</b>	<b>Fuente y periodo analizado</b>
Peso del área de energía en el presupuesto público de I+D	3,4%	4,1%	1,7%	Eurostat
Inversión pública por habitante y año en I+D en energía <sup>4</sup>	6,28 €	8,78 €	6,00 €	
Inversión pública por habitante y año en I+D en energía	1,6 €	8,9 €	12,6 €	IEA
Peso del área de energía en el total de publicaciones	1%	0,73%		(Fundación General CSIC, 2012) <sup>5</sup>
Patentes PCT solicitadas por millón de habitantes	2,5	6,5	6,2	OECD
Peso de las patentes en energía de reducción de emisiones en el total de patentes PCT solicitadas	7,3%	6,4%	3,8%	

<sup>4</sup> Se trata del mismo indicador que la fila anterior, pero contiene datos de otra fuente (se constatan diferencias muy significativas entre los datos de inversión pública de IEA y Eurostat).

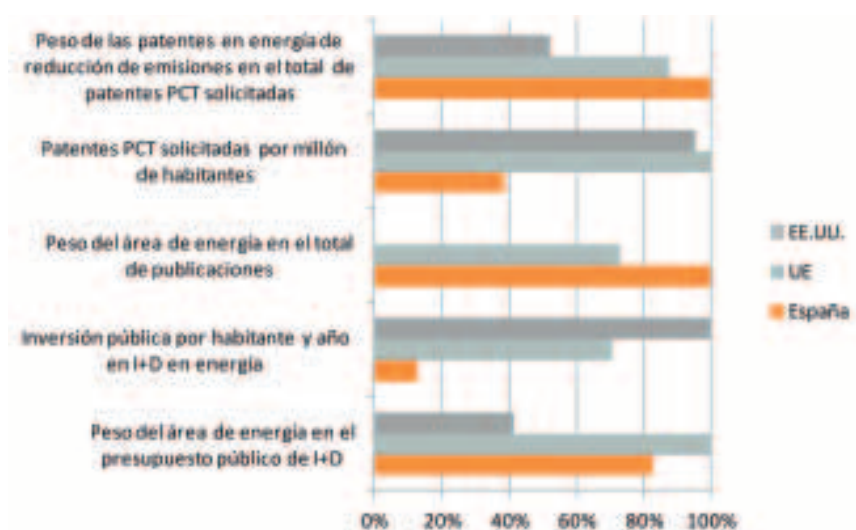
<sup>5</sup> Informe de la I+D en energía y automoción.

	España	UE	EEUU	Fuente y periodo analizado
Ingresos por licencias y patentes desde el extranjero como % PIB (todas las áreas, no sólo energía)	0,07%	0,21%	0,64%	Comisión Europea -Innovation Union Competitiveness report. Año 2009
Contribución a la balanza comercial de alta tecnología (todas las áreas, no sólo energía)	0,3%	5,1%	5,4%	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de diversas fuentes

El Gráfico 1 presenta visualmente esta comparativa, convirtiendo los valores de los indicadores en porcentajes respecto al máximo valor de entre los tres países/regiones considerados.

**Gráfico 1: Resumen de indicadores de innovación en energía; comparación España-UE-EEUU**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de diversas fuentes

La información precedente dibuja una situación poco positiva en el caso español. Además, la evidencia en otros países indica que podemos estar dejando pasar importantes ahorros en el sistema energético, junto a otros beneficios para la economía en general, por no estimular más la innovación en el sector energético. La sección 3 evalúa la rentabilidad de las inversiones en I+D desde el punto de vista del primer aspecto: la reducción de costes en el sistema energético.

### 3

## Los beneficios de invertir en I+D en energía. Ahorros potenciales en el sistema energético español

El propósito de esta sección es presentar los resultados de un análisis, similar al realizado en otros países, de los ahorros que se podrían conseguir en el sistema energético español si se aumentara la inversión en I+D energética (este análisis no incluye la inversión en otro tipo de políticas que podrían contribuir a la innovación entendida de una manera más extensa, como las primas, los préstamos, los estándares, etc).

En cualquier caso, y antes de presentar el análisis, es importante subrayar que únicamente se están cuantificando aquí los ahorros en términos de reducción de coste de las tecnologías energéticas. Otros beneficios descritos en secciones anteriores, como la creación de valor añadido doméstico, el aumento de competitividad, la reducción de emisiones, etc., requieren metodologías de cálculo más complejas y más especulativas y no se han estudiado en el informe.

El estudio considera escenarios de aumento en la inversión en I+D a nivel europeo respecto a los niveles actuales para diferentes tecnologías energéticas. Las tecnologías consideradas son solar fotovoltaica (FV), solar térmica de concentración (CSP), eólica, captura y secuestro de CO<sub>2</sub> (CCS), nuclear, gas, baterías (para vehículos eléctricos e híbridos enchufables) y biocombustibles.

A la hora de definir los escenarios de inversión en I+D, consideramos niveles de inversión pública anual en I+D en energía en el conjunto de la Unión Europea. Sin embargo, es importante notar que, para el propósito de este estudio, no resulta relevante de dónde provengan los fondos de la inversión en I+D, ni dónde se realice esa inversión en I+D. Esto se debe a que, como ya hemos mencionado, vamos a estimar beneficios para España como país receptor de mejoras tecnológicas, y no otros posibles beneficios como país productor de las mismas (mejora del tejido productivo, ingresos por exportación de tecnología, etc.). Independientemente de qué países inviertan en I+D, si se consigue reducir el coste de las tecnologías energéticas esto se traducirá en ahorros en el sistema español.

En cuanto a las previsiones de reducción de costes de las tecnologías individuales gracias a un aumento de la I+D, utilizamos los datos facilitados por dos proyectos, uno europeo<sup>6</sup> y otro estadounidense<sup>7</sup>. Ambos proyectos realizaron consultas a expertos sobre el coste futuro de tecnologías energéticas en función del nivel de inversión pública en I+D. En los dos proyectos, las estimaciones de costes futuros de las tecnologías proporcionadas por los expertos (provenientes de los sectores privados, académicos, y gubernamentales), y la incertidumbre asociada con esas estimaciones (medida con percentiles 10 y 90), correspondían a costes en el año 2030. Las tecnologías analizadas han sido: Fotovoltaica, solar de concentración, biocombustibles, baterías, gas, captura y secuestro de carbono (CCS) y nuclear.

6 <http://www.icarus-project.org>

7 [http://belfercenter.ksg.harvard.edu/project/10/energy\\_technology\\_innovation\\_policy.html?page\\_id=213](http://belfercenter.ksg.harvard.edu/project/10/energy_technology_innovation_policy.html?page_id=213). El informe final contiene los datos utilizados. Anadón, L.D. Bunn, M., et al. (2011), "Transforming U.S. Energy Innovation", disponible en: <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/21528/>.

La excepción a este enfoque es la tecnología eólica, para la que no se disponían de datos provenientes de consultas a expertos, por lo que se ha recurrido a las curvas de aprendizaje de dos factores para estimar la reducción de costes asociada a la inversión en I+D. Aunque los problemas que surgen al utilizar estas curvas de aprendizaje son bastante conocidos<sup>8</sup>, al incluir en el análisis una representación amplia de la incertidumbre asociada con el impacto de inversiones de I+D en el coste se consiguen resultados relativamente robustos.

Para evaluar los ahorros que la reducción potencial de costes tecnológicos gracias a la I+D podrían suponer en la provisión del servicio energético en España, se ha utilizado el modelo del sistema energético español desarrollado por López-Peña et al. (2011)<sup>9</sup>. Se trata de un modelo *bottom-up* de equilibrio parcial del sector energético español al completo. El modelo describe todos los principales procesos energéticos, desde la obtención de energía primaria (nacional o importada), pasando por la conversión y el transporte de energía (refinado de petróleo, regasificación, generación eléctrica, transmisión y distribución eléctrica, etc.), hasta el consumo de energía final en todos los sectores (residencial, industrial, primario, servicios, y transporte).

Con este modelo se ha estimado el coste total del sistema energético español en 2030 ante reducciones en el coste de las tecnologías para los diferentes escenarios de inversión en I+D considerados. Como caso base, se considera el escenario en el que la inversión anual en I+D se mantiene a niveles actuales hasta 2030. A partir de los resultados del modelo, calculando la diferencia entre el coste del sistema en los diferentes escenarios de inversión en I+D y el caso base, se estiman los ahorros para el sistema energético español que supone la inversión en I+D. También se estiman los retornos, dividiendo la magnitud de los ahorros anuales entre la magnitud del aumento de inversión anual en I+D necesaria para conseguirlos.

En nuestro análisis hemos querido recoger también la incertidumbre inherente a los procesos de innovación. Para ello consideramos para cada tecnología la estimación más pesimista (o, lo que es lo mismo, de mínima reducción de coste, reflejada en la tabla como “min”), la estimación más optimista (de máxima reducción de coste, “max” en la tabla), y la estimación intermedia (la mediana de las estimaciones de reducción de coste, “med” en la tabla), de entre todos los ahorros porcentuales calculados a partir de las estimaciones de los expertos para los percentiles 10, 50 y 90. Para tener más detalle en el rango de reducción de costes más probable, consideramos también las estimaciones mínimas, medianas y máximas entre los ahorros porcentuales calculados a partir de las estimaciones de los expertos para el percentil 50 (es decir, entre sus “*best guess*”). En la Tabla 2 puede verse cómo quedan recogidas todas estas estimaciones, organizadas por columnas.

8 Qiu, Y, Anadon, LD. 'The price of wind power in China during its expansion: Technology adoption, learning-by-doing, economies of scale, and manufacturing localization.' *Energy Economics* 34(3), pp. 772-785 (2012).

9 López-Peña, Á., Linares, P., Pérez-Arriaga, I., 2011. A policy-oriented energy optimization model with sustainability considerations.

**Tabla 2: Escenarios de reducción de costes de tecnologías en función de la inversión pública en I+D de la Unión Europea comparando con el escenario base en el 2030**

		Percentiles 10, 50 y 90			Percentil 50 ("Best guess")				
Tecnología	Escenario inversión I+D	min	med	max	min	med	max	Referencia	Método, proyecto
FV	actual +50%	0%	16%	50%	0%	16%	37%	(Bosetti et al., 2012) <sup>10</sup>	Consulta a expertos, Proyecto ICARUS para UE
	+100%	0%	32%	83%	0%	31%	64%		
CSP	actual +50%	0%	10%	17%	5%	13%	17%		
	+100%	2%	19%	57%	10%	19%	33%		
Biocombustibles	actual +50%	0%	13%	38%	0%	13%	29%	(Fiorese et al., 2012) <sup>11</sup>	
	+100%	0%	25%	67%	0%	25%	57%		
Baterías > vehículos eléctricos	actual +50%	0%	10%	50%	0%	10%	33%	(Bosetti et al., 2011) <sup>12</sup>	
	+100%	0%	22%	75%	0%	17%	60%		
Baterías > vehículos híbridos enchufables	actual +50%	0%	10%	50%	0%	9%	32%		
	+100%	0%	20%	67%	0%	16%	59%		
Nuclear	recom.x0,5	0%	0%	14%	0%	0%	8%	(Anadon et al., 2012) <sup>13</sup>	
	x1	0%	8%	21%	0%	8%	17%		
	x10	0%	17%	25%	5%	20%	25%		
Gas	recom.x0,5	0%	0%	40%	0%	0%	40%	(Chan et al., 2010) <sup>14</sup>	Consulta a expertos; Proyecto ERD3 para EEUU
	x1	0%	0%	52%	0%	8%	52%		
	x10	0%	7%	66%	0%	16%	66%		
CCS > en centrales de carbón	recom.x0,5	0%	0%	6%	0%	0%	0%		
	x1	0%	4%	20%	0%	9%	20%		
	x10	0%	18%	40%	3%	20%	40%		
CCS > en centrales de gas	recom.x0,5	0%	0%	50%	0%	0%	50%		
	x1	0%	4%	60%	0%	10%	60%		
	x10	0%	18%	67%	5%	20%	67%		
Eólica	actual +50%				8%			(Klaassen et al., 2005) <sup>15</sup>	Curvas de aprendizaje, datos UE
	+100%				11%				

Fuente: Elaboración propia

- 10 Bosetti, V., Catenacci, M., Fiorese, G., Verdolini, E., 2012. The future prospect of PV and CSP solar technologies: An expert elicitation survey. *Energy Policy*, 49, pp. 308-317.
- 11 Fiorese, G., Catenacci, M., Verdolini, E., Bosetti, V., 2012. Advanced biofuels: Future perspectives from an expert elicitation survey. *FEEM Working Paper 67.2012*. ([http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2121576](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2121576).)
- 12 Bosetti, V., Catenacci, M., Fiorese, G., Verdolini, E., 2011. Electric drive vehicles: short technical report from the ICARUS survey on the current state and future development. (<http://www.icarus-project.org/?p=843>).



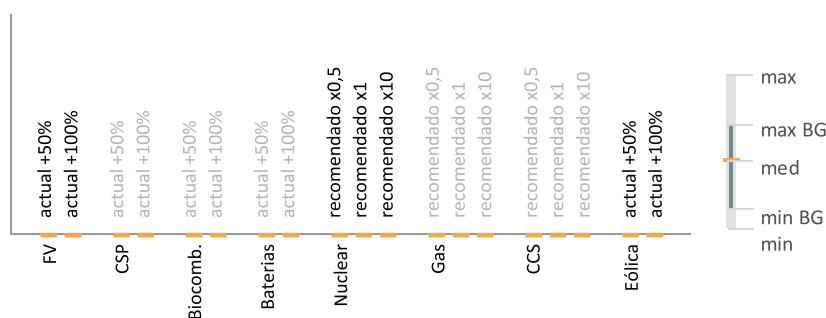
Para el análisis limitamos las emisiones de CO<sub>2</sub> en todo el sistema energético español a un máximo anual de 164 Mt en el 2030, lo que supondría una reducción del 20% respecto a las emisiones de 1990 (en línea con los objetivos de la Unión Europea a 2020). En nuestro caso base, vamos a suponer que no se instalan nuevas centrales nucleares, ya que para estar en funcionamiento en 2030 tendrían que empezar a construirse en los próximos años, lo cual no parece realista en vista del clima actual. Sin embargo, en el análisis de sensibilidad sí veremos cómo variarían los resultados si se permitiese la instalación de nuevas centrales nucleares.

## Ahorros

Como ya hemos mencionado, los ahorros se calculan como la reducción en el coste del sistema energético español (electricidad, transporte y usos térmicos e industriales) en el año 2030 en un escenario de incremento de inversión en I+D respecto al escenario base en el que la inversión en I+D se mantiene en los niveles actuales. El Gráfico 2 representa los ahorros obtenidos en el caso base para las diferentes tecnologías y escenarios de inversión en I+D considerados. Es importante mencionar que, aunque los ahorros se expongan por tipo de tecnología, dependen de la inversión en el portfolio de las otras tecnologías, ya que algunas de las tecnologías compiten en el mercado. El coste total del sistema sobre el que se calculan estos ahorros, es de 113 miles de millones de euros (considerando costes de inversión en nueva capacidad, costes de operación y mantenimiento, costes de transporte, etc. para el conjunto del sistema energético español en el año 2030).

Para presentar los resultados de forma condensada, vamos a recurrir a unas gráficas que muestren ahorros/retornos para todas las tecnologías y escenarios de I+D, y que reflejen el rango de incertidumbre de esos ahorros/retornos. Para ayudar a comprender estas gráficas, incluimos una leyenda en la Figura 1<sup>16</sup>.

**Figura 1: Leyenda para entender las gráficas de resultados**

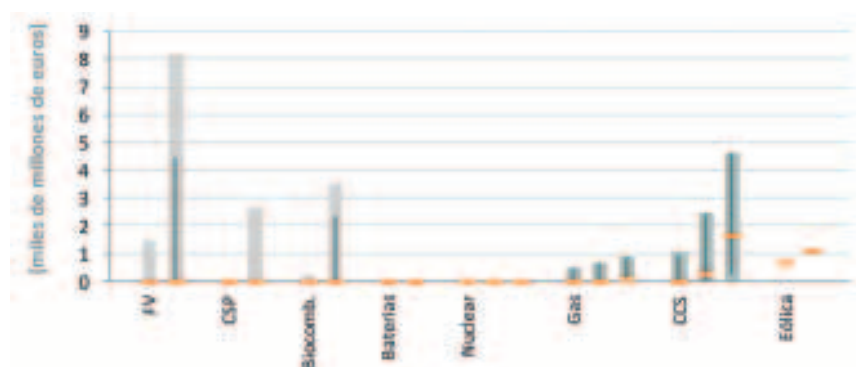


Fuente: Elaboración propia

- 13 Anadon, L.D., Bosetti, V., Bunn, M., Catenacci, M., Lee, A., 2012. Expert judgments about RD&D and the future of nuclear energy. *Environmental Science & Technology* 46, 11497–11504.
- 14 Chan, G., Anadon, L.D., Chan, M., Lee, A., 2010. Expert elicitation of cost, performance, and RD&D budgets for coal power with CCS. *Energy Procedia* 4, 2685–2692.
- 15 Klaassen, G., Miketa, A., Larsen, K., Sundqvist, T., 2005. The impact of R&D on innovation for wind energy in Denmark, Germany and the United Kingdom. *Ecological Economics* 54, 227–240.
- 16 A la izquierda puede verse cómo estarán ordenadas las tecnologías y escenarios: las primeras cuatro tecnologías tendrán dos columnas de resultados cada una, correspondientes a los escenarios “actual +50%” y “actual +100%” en este orden (también la última, que corresponde a la eólica, y que se ha separado de este grupo por hacer notar que utiliza datos diferentes,



**Gráfico 2: Ahorros en el sistema energético español por reducción del coste de tecnologías gracias a inversión en I+D, caso base**



Fuente: Elaboración propia

Una primera observación es que para muchas de las tecnologías y escenarios de inversión no existe ahorro para la estimación mediana de reducción de costes (las marcas horizontales naranjas están a cero). En esos casos lo que sucede es que no se está instalando nueva capacidad de esa tecnología, porque su coste resulta menos competitivo que el de otras. En particular, en el caso base en el que las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético se limitan a un 80% de los niveles de 1990, la necesidad de nueva capacidad instalada se está cubriendo fundamentalmente con eólica, ciclos, y centrales de carbón y gas con CCS. Así, podemos ver como las reducciones medianas de coste en las tecnologías eólica y CCS sí se traducen en ahorros para el sistema energético español. Sin embargo, para otras tecnologías (FV, CSP y biocombustibles), son necesarias reducciones de coste superiores a las dadas por las estimaciones medianas para conseguir los ahorros en el sistema.

En términos de máximo ahorro alcanzable, vemos que destaca la tecnología fotovoltaica (con un potencial de ahorro máximo de hasta 8.000 millones de euros en el escenario de mayor inversión en I+D), seguida de la tecnología de captura y secuestro del CO<sub>2</sub> (con un potencial de ahorro máximo de unos 4.500 millones de euros en el escenario de mayor inversión en I+D). Los biocombustibles y la solar térmica de concentración sólo consiguen ahorros significativos en los escenarios de mayor inversión en I+D (alcanzando niveles cercanos a los 3.000 millones de euros para las estimaciones de máximo ahorro). Las centrales de gas presentan un potencial de ahorro modesto en comparación al de otras tecnologías (por debajo de los 1.000 millones de euros en todos los escenarios de inversión e incluso para las estimaciones de máximo ahorro). En ese mismo orden de magnitud están los ahorros alcanzados por la eólica.

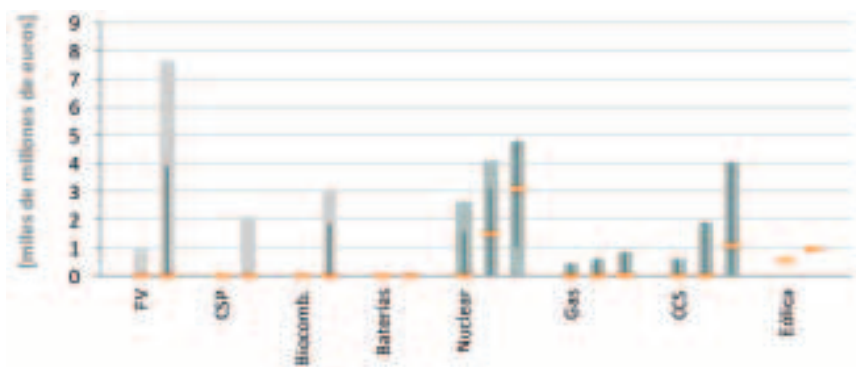
» como ya hemos explicado previamente); las tres tecnologías que faltan tendrán tres columnas de resultados cada una, correspondientes a los escenarios "recomendado x0,5", "recomendado x1" y "recomendado x10".

También en la Figura 1, pero a la derecha, puede verse cómo hemos representado la incertidumbre de las estimaciones: la línea horizontal naranja indica el resultado para la estimación mediana de ahorro porcentual en el coste de las tecnologías; la columna más amplia en tono gris claro representa el rango comprendido entre el resultado para la estimación de ahorro mínima y el resultado para la estimación de ahorro máximo; de forma análoga, la línea vertical en tono gris oscuro representa el rango comprendido entre el resultado para la estimación de ahorro mínima y el resultado para la estimación de ahorro máximo pero considerando sólo las estimaciones "best-guess" (BG, las del percentil 50) de los expertos, lo que permite acotar el rango más probable de resultados.

En el caso de las baterías, no llegan a producirse ahorros en el sistema ni siquiera para las estimaciones de máximo ahorro. Esto es así porque, según los resultados del modelo, la descarbonización del sector transporte se consigue con vehículos alimentados por biocombustibles y no llegan a entrar vehículos eléctricos (incluidos híbridos enchufables) por resultar menos competitivos. Hemos comprobado que para que los vehículos eléctricos comiencen a desplazar a los vehículos de biocombustibles son necesarias reducciones del coste de las baterías superiores al 75%. Dado que la máxima reducción de costes que hemos introducido para las baterías en los escenarios considerados es del 75% (ver Tabla 2), los vehículos eléctricos no llegan a aparecer en los resultados del modelo en ninguno de los escenarios, y consecuentemente presentan ahorros y retornos de la inversión en I+D nulos.

Para la tecnología nuclear no se producen ahorros en el caso base porque, como ya hemos mencionado, estamos suponiendo que no se pueden instalar nuevas centrales nucleares. Si permitimos la instalación de nuevas centrales nucleares, los resultados son los mostrados en el Gráfico 3 con valores de ahorro ligeramente inferiores (entre 100 y 600 millones de euros inferiores, según la tecnología y escenario, lo que representa en cualquier caso menos del 0,5% del coste total del sistema). Para la tecnología nuclear se obtienen ahorros significativos (del orden de 1.500 millones de euros para la estimación de coste más probable cuando se realiza la inversión en I+D recomendada por los expertos, y de hasta 5.000 millones de euros en el escenario de mayor inversión en I+D y para la estimación máxima de reducción de coste).

**Gráfico 3: Ahorros en el sistema energético español por reducción del coste de tecnologías gracias a inversión en I+D, caso con instalación de nuclear**



Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados son robustos a cambios en el precio de los combustibles. Hemos comprobado que si los precios del gas, y del petróleo y sus derivados, se incrementan un 35% apenas varían los ahorros obtenidos (las diferencias representan menos del 1% del coste total del sistema).

### Retornos de la inversión

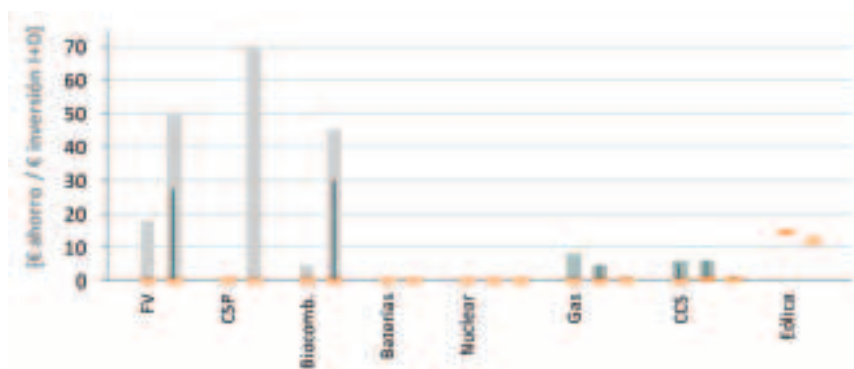
Analicemos ahora cuánto representan los ahorros obtenidos en relación a la inversión en I+D que implicarían. Para ello, calculamos los retornos de la inversión en I+D como el ahorro anual en el sistema energético español en el escenario de I+D considerado respecto al escenario base

(los ahorros presentados en el Gráfico 2), dividido entre el aumento de la inversión en I+D que supone el escenario considerado respecto al escenario base.

Cabe recordar que estamos considerando ahorros para España e inversión a nivel del conjunto de la Unión Europea. El sentido de esto es, por una parte y como ya hemos explicado, que lo que pretendemos determinar son los beneficios que podría capturar el sistema español ante reducciones en el coste de las tecnologías, independientemente de donde provenga la inversión en I+D. Por otra parte, si constatamos que los ahorros que se podrían conseguir en el sistema español son superiores a la inversión europea en I+D, esto significaría que con gran probabilidad la rentabilidad a nivel europeo (el ahorro para todos los Estados Miembros en relación con el esfuerzo inversor del conjunto) sería todavía mayor, ya que cabe esperar que los sistemas energéticos del resto de países europeos también lograrían materializar ahorros.

El Gráfico 4 representa los retornos a la inversión en I+D que obtenemos para el caso base. Vuelven a aplicar las consideraciones que ya hicimos al presentar los ahorros respecto a los valores nulos de retorno para la estimación mediana de reducción de costes tecnológicos, respecto a la nuclear, y respecto a las baterías. También el análisis de sensibilidad que ya presentamos aplicaría a estos resultados, pues se obtienen simplemente de dividir los ahorros entre los niveles de inversión que corresponden a cada tecnología y escenario.

**Gráfico 4: Retornos a la inversión en I+D, caso base**



Fuente: Elaboración propia

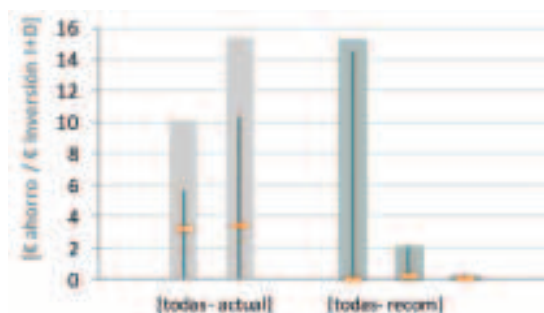
De nuevo, vemos como para muchas de las tecnologías y escenarios, cabe la posibilidad de que no se materialicen retornos a la inversión en I+D porque las reducciones esperadas en el coste tecnológico (provenientes de expertos de varios sectores) no resulten suficientes para hacer competitiva la tecnología en cuestión. Sin embargo, cuando se consiguen reducciones de coste suficientes para que la instalación de la tecnología resulte rentable, los retornos de la inversión se disparan: los ahorros alcanzados pueden llegar a representar 70 veces la inversión. Es el caso de la tecnología solar térmica de concentración en el escenario de mayor inversión y para la estimación de máxima reducción de costes (que sin embargo presenta retornos nulos en el escenario de menor inversión). La tecnología fotovoltaica y los biocombustibles pueden alcanzar también retornos muy significativos, de hasta 50 y 45 veces la inversión respectivamente. Los retornos de la eólica rondan el orden de 14 veces la inversión. Por supuesto, aquí cabe recalcar que dado que hay incertidumbre sobre los costes en el futuro el valor esperado del retorno es menor que el máximo posible.

Por su parte, las tecnologías de gas y CCS presentan retornos del orden de 5 veces la inversión, aunque estos retornos caen a valores prácticamente nulos cuando se aumenta demasiado la inversión. Esto ocurre también para la tecnología nuclear, cuando se permite su instalación (no representado en el gráfico): llega a retornos por encima de 50 veces la inversión en el escenario de más baja inversión en I+D, pero sus retornos se desploman en los escenarios de mayor inversión. Estos resultados son consistentes con los del estudio realizado en EEUU, en los que un incremento en la inversión pública en I+D en energía de un factor 20 no resulta en beneficios.

Vemos por tanto como para algunas tecnologías aumentar la inversión en I+D conlleva un aumento de los retornos (es el caso de la FV, CSP y los biocombustibles), pero para otras tecnologías aumentar la inversión en I+D supone reducir los retornos hasta llegar incluso a extinguirlos (es el caso del gas y el CCS). Esto se debe a que la reducción del coste tecnológico en función de la inversión en I+D presenta una zona de saturación, a partir de la cual aumentar la inversión no supone mejoras sustanciales en el coste de la tecnología. Así, para el primer grupo de tecnologías que ven aumentados sus retornos al aumentar la inversión en I+D parece que los niveles de inversión que manejamos están por debajo de los niveles de inversión a los que se saturaría la reducción de costes (corresponde a las tecnologías para las que tenemos escenarios de aumento del 50% y del 100% respecto a niveles actuales de inversión). Para el segundo grupo de tecnologías que ven reducidos sus retornos al aumentar la inversión en I+D, en cambio, sí estaríamos alcanzando la zona de saturación con los niveles de inversión que manejamos (lo cual tiene sentido, porque corresponde a las tecnologías para las que manejamos escenarios basados en nivel recomendado de inversión, y el escenario de máxima inversión corresponde a diez veces la inversión recomendada por los expertos). Esta saturación depende de las respuestas de expertos consultados entre los años 2010 y 2011. Es posible que una vez que la inversión en I+D crezca y los conocimientos científicos avancen, esta estimación cambie—en otras palabras, esto no quiere decir que la saturación sea permanente.

Este efecto puede verse claramente en el Gráfico 5, en el que se presentan los retornos agrupando todas las tecnologías para las que hay disponibles escenarios de inversión basados en el nivel actual (FV, CSP, biocombustibles, baterías, y eólica), y todas las tecnologías para las que existen escenarios de inversión basados en el nivel recomendado por los expertos (nuclear, gas y CCS). Puede verse como para el primer grupo de tecnologías sería más recomendable el mayor nivel de inversión (actual +100%), mientras que para el segundo grupo de tecnologías ofrecería mayores retornos el menor nivel de inversión (recomendada x0,1).

**Gráfico 5: Retornos a la inversión en I+D, caso base agrupando tecnologías**



Fuente: Elaboración propia



Fijándonos en este último gráfico, podemos concluir que si se invirtiese en el portfolio formado por el primer grupo de tecnologías (FV, CSP, biocombustibles, baterías, y eólica) cabría esperar unos retornos del orden de tres veces la inversión (que corresponde al resultado para estimaciones medianas de reducción de costes), pero se podrían llegar a superar retornos de diez veces la inversión en los escenarios más favorables. Para el segundo grupo de tecnologías, los retornos pueden llegar a alcanzar niveles similares (de hasta quince veces la inversión en el escenario más favorable) si se realiza una inversión ajustada.

Estos retornos son de un orden de magnitud similar, aunque ligeramente más conservadores, que los retornos medios estimados para Estados Unidos, que fueron del orden de veinte veces la inversión (en 2030, para una inversión al nivel de la recomendada por los expertos y para estimaciones medianas de reducción de costes tecnológicos) (Anadón et al., 2011)<sup>17</sup>.

**En definitiva, del análisis realizado podemos concluir que los ahorros que el sistema energético español podría capturar por reducciones de costes en las tecnologías energéticas gracias a la inversión en I+D son significativos, y suficientes para recuperar con creces la inversión en I+D a nivel europeo (al menos en los escenarios intermedios y favorables). Sin embargo, el alto nivel de incertidumbre asociado hace que resulte difícil identificar las tecnologías más prometedoras.** Lo recomendable por tanto sería que la elección de tecnologías en las que enfocar la inversión española en I+D se realice en el marco de un portfolio de inversión a nivel europeo.

Ante esta situación, y dado el interés en desarrollar la innovación en energía de manera efectiva y eficiente, parece esencial reconsiderar, reorientar, y en su caso reforzar las políticas públicas de apoyo a la innovación en energía. En la sección siguiente ofrecemos una breve panorámica de las opciones disponibles.

## 4

### Recomendaciones para una política de innovación en energía en España

A la vista del diagnóstico presentado en la sección 2, y de las alternativas disponibles, ¿Cuáles deberían ser las prioridades de una política de innovación en energía que tenga como objetivo fundamental la creación de riqueza nacional?

Estas prioridades deben atacar distintos frentes. Como ya se ha argumentado en otras ocasiones, una política exitosa de innovación no puede consistir únicamente en subsidios o presupuestos, sino que tiene que considerar también el diseño institucional óptimo que cubra las distintas áreas de conocimiento, y que proporcione a las empresas respuestas a sus retos tecnológicos.

Para ello existen varios instrumentos, que deberán combinarse para alcanzar los objetivos propuestos. Las políticas públicas para la innovación se pueden dividir en **políticas de apoyo tecnológico** ("technology push") y **políticas de creación de mercado** ("market pull"). La Figura 2 muestra los tipos de políticas públicas más relevantes en el área de la energía según

<sup>17</sup> Anadón, L.D., Bunn, M., Chan, G., Chan, M., Jones, C., Kempener, R., Lee, A., Logar, N., Narayanamurti, V., 2011. Transforming U.S. Energy Innovation. Energy Technology Innovation Policy research group, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, Cambridge, MA

estas categorías. En cualquier caso, es importante recordar que ambas deben estar coordinadas, y que difícilmente se pondrán alcanzar resultados positivos utilizando sólo uno de estos tipos.

**Figura 2: Tipos de políticas que afectan a la innovación en energía: de apoyo tecnológico y de creación de mercado**



Fuente: Adaptado de (Anadon y Holdren, 2009)<sup>18</sup>, basado en el trabajo de (Mowery y Rosenberg, 1979)<sup>19</sup>

En el caso español, las conclusiones del diagnóstico y de la evaluación de los ahorros potenciales nos llevan a considerar las siguientes actuaciones en materia de innovación en energía con carácter prioritario:

- **un análisis estratégico de las prioridades en innovación, de las áreas en las que conviene especializarse en España,**
- **la promoción de un aumento de la inversión privada, acompañado de un mayor esfuerzo en promover colaboraciones público-privadas en la ejecución de la I+D,**
- **un esfuerzo por mejorar el diseño institucional y promover ecosistemas innovadores y de emprendimiento,**
- **atención a la coordinación entre política energética y políticas de innovación, y al diseño regulatorio del sector energético para que propicie la innovación,**
- **y un esfuerzo de educación y comunicación a la sociedad acerca de la importancia de la innovación en energía.**

A continuación desarrollamos más algunas de estas ideas. Sin embargo, hay que recordar aquí que las recomendaciones que aquí se expresan son generales debido a las características del estudio. La implantación de medidas concretas debería venir precedida de un análisis riguroso de las consecuencias

<sup>18</sup> Anadon, L.D., Holdren, J.P., 2009. Policy for energy technology innovation, in: Gallagher, K.S. (Ed.), Acting in Time on Energy Policy. Brookings Institution Press, Washington, D.C., p. 89–127.

<sup>19</sup> Mowery, D., Rosenberg, N., 1979. The influence of market demand upon innovation: A critical review of some recent empirical studies. Research Policy 8, 102–153.

para el sistema de innovación español, basado en datos empíricos, no disponibles durante la elaboración de este análisis. Sólo esto permitiría concretar adecuadamente las medidas apropiadas.

### **Análisis estratégico de prioridades**

**Es necesario, en primer lugar, un análisis estratégico de las prioridades a establecer en materia de promoción de la innovación energética. Dado el tamaño de nuestra economía, no podemos pretender ser líderes en todas las tecnologías.** Más aún, dada la escasez de fondos públicos, es imprescindible concentrarlos para que sean efectivos. Al mismo tiempo, debido a la incertidumbre inherente a la innovación, tampoco se puede apostar solamente por uno o dos sectores productivos. Será necesario pues escoger las tecnologías para cuyo desarrollo contamos con ventajas comparativas en el marco de un ejercicio conjunto en el que se incluya el modelo energético deseado y las políticas para alcanzarlo, así como las posibles implicaciones para la competitividad de las inversiones en innovación. Este ejercicio debe estar aconsejado por expertos académicos y del mundo empresarial. Puede ser interesante a este respecto constituir un órgano de apoyo como el que se propone para EEUU, un Consejo de Innovación en Energía para coordinar políticas y proponer nuevas medidas.

No se trata de seleccionar tecnologías ganadoras de antemano, pero tampoco tiene sentido financiar la innovación en tecnologías semiagotadas sólo por mantener una infraestructura de investigación, o apoyar tecnologías en las que compañías que crean valor en otros países claramente nos llevan la delantera. **A la hora de escoger tecnologías o líneas prioritarias, debe tenerse en cuenta su potencial de mejora, el nicho de mercado, las ventajas comparativas de España y los beneficios que se pueden derivar de ello.** Por ejemplo, en tecnologías limpias partimos de una situación más competitiva que en otros (en términos de publicaciones y patentes). En exploración de petróleo también disponemos de tecnologías competitivas a nivel mundial.

Los resultados ofrecidos en el capítulo 3 acerca del potencial de ahorro que ofrecen las distintas tecnologías y su retorno a la inversión, también constituyen un importante input. Como se observa en este capítulo, en términos de ahorro la tecnología fotovoltaica es la que presenta el máximo potencial (pero con gran incertidumbre), seguido por las tecnologías de captura y secuestro de CO<sub>2</sub> (con menor incertidumbre). En términos de retorno, la fotovoltaica vuelve a ocupar una posición destacada, acompañada de otras tecnologías como la solar concentrada y los biocombustibles, con niveles de retorno máximo similares. El CCS, en cambio, presenta unos niveles de retorno mucho más modestos, similares a los de las tecnologías de gas. La eólica se encuentra en una posición intermedia, destacando más en términos de retorno que de ahorro. La tecnología nuclear, cuando se permite su instalación, destaca con niveles de ahorro significativos (en términos de volumen, no por MW instalado), y retornos elevados en el escenario de menor inversión en I+D (bajos en cambio en los escenarios de elevada inversión).

### **Fomento de la inversión privada**

**También es imprescindible corregir el desequilibrio entre la inversión pública y la inversión privada.** Esto implica tanto el rediseño de los mecanismos de apoyo como el diseño institucional y de las infraestructuras relacionadas. El objetivo último es romper la falsa dicotomía entre inversión pública e inversión privada, de forma que no sirva una para sustituir a la otra, sino que actúen en paralelo,

como complementos. Salvo en investigación básica, no se trata de que la inversión pública entre para financiar aquello que no financia la iniciativa privada, sino de que ambas actúen concertadamente para reforzar las áreas de investigación y tecnologías priorizadas y lograr ese liderazgo tecnológico mencionado con su correspondiente creación de valor. Eso sí, dentro de esta concertación es el sector privado el que debería tener mayor peso, dado el carácter generalmente aplicado de las tecnologías energéticas. Esto no quiere decir que haya que reducir la financiación en áreas de ciencia más básica, sino que se podría experimentar con la creación de instituciones como los “Energy Frontier Research Centers” creados en EEUU en los que se concentran recursos en áreas de ciencia básica que tengan un gran potencial para contribuir a avances tecnológicos en áreas de energía, nanomateriales para aplicaciones de eficiencia energética, electrocatálisis para aplicaciones en biocombustibles y almacén de energía, sistemas lejos del equilibrio para aplicaciones de conductividad, superconductividad, y almacén de energía, etc.

Otro problema de muchos programas de financiación de investigación más aplicada en empresas es que no recogen información sobre los resultados a corto o largo plazo, y esto dificulta el diseño de programas que aprenden de sus errores o de su experiencia previa. **Así, los mecanismos de apoyo deben ir enfocándose en evaluar los resultados de los proyectos y, según los resultados de esas evaluaciones, en muchos casos en modificar gradualmente los esquemas habituales de subvención** (directa o por vía financiera), ya que, aunque son recomendables para la investigación básica, no parecen adecuados para ser utilizados para empresas e investigación aplicada dada la dificultad de garantizar su uso eficiente, o su correcta difusión, en todas las situaciones. En algunos casos puede ser conveniente introducir otro tipo de incentivos, como los premios, que son abiertos y competitivos, retribuyen resultados y no el mero gasto, que atraen a distintos tipos de inventores y emprendedores, y que pueden resultar en inventos con un carácter posiblemente más disruptivo, y por tanto de generación de valor añadido para la sociedad. Otro ejemplo de otro tipo de incentivos son las señales de precio bajo el esquema de innovación inducida (o, lo que es lo mismo, con políticas de creación de mercado). En este caso, es imprescindible que las señales de precio sean estables a largo plazo, para permitir la entrada de inversores privados.

**En cualquier caso, los mecanismos deben estar convenientemente adaptados a las características de la tecnología o innovación deseada, fundamentalmente de su situación en la curva de aprendizaje.** Las tecnologías menos desarrolladas deberán depender más de políticas de apoyo directo, mientras que las que estén en fase comercial podrán utilizar políticas de innovación inducida, y los proyectos de demostración deberán apoyarse en alianzas público-privadas.

**La creación de mercados y oportunidades para las empresas también puede contribuir a esta movilización del sector privado. Eso sí, en estos mercados debe haber el nivel adecuado de competencia que optimice la inversión en innovación.** En general, se considera que un nivel demasiado bajo, o demasiado alto, de competencia, desincentiva la innovación. Por un lado, la competencia excesiva hace fijarse demasiado a las empresas en recortar costes o en el corto plazo; por otro, la ausencia de competencia, aunque permite disponer de rentas para innovar, elimina el incentivo para hacerlo. Una posible solución intermedia (aunque con muchas complejidades de diseño) es que sea el Estado el que aporte esos fondos de los que dispone un monopolista, pero que los reparta a las empresas de forma competitiva, y a su vez las ponga a competir en un mercado real. Esto no está libre de problemas, por supuesto: en un entorno competitivo, ¿cómo asegurarnos de que los resultados de la innovación revierten a la sociedad?

### Diseño institucional, ecosistema innovador y emprendimiento

Relacionado con esta última cuestión, y moviéndonos ya al terreno de la tercera línea de actuación que mencionábamos, **el fomento de la innovación también requiere el establecimiento de un diseño institucional inclusivo (según la definición de Acemoglu y Robinson), en el que exista una remuneración suficiente para los innovadores y emprendedores, y en el que no resulten sofocados por los extractores de rentas a los que no beneficia la innovación.**

**Como ya se ha mencionado, también hay que mejorar los procesos de evaluación y rendición de cuentas de los agentes que participan en el sistema innovador y son financiados con dinero público.** Esto crearía la oportunidad de aprender y mejorar la efectividad del sistema de financiación. Aunque evidentemente el proceso innovador es por naturaleza incierto, y los resultados pueden no materializarse, sí que es posible exigir más responsabilidad, trazabilidad y transparencia en el uso de los recursos públicos para identificar nuevas áreas de interés y los mecanismos de financiación más eficientes para distintos fines y tecnologías.

**Para mejorar el entorno de la innovación energética también debe prestarse atención al papel de estructuras y centros.** Así, la creación de una agencia como la ARPA-E estadounidense, dirigida por personas con espíritu emprendedor, especializada en las innovaciones arriesgadas, y dando apoyo a start-ups energéticas, puede aportar mucho sobre la estructura más bien conservadora existente. También parece apropiado tratar de crear estructuras virtuales, centros de excelencia que, en la línea de la priorización señalada anteriormente, y a la manera de los *Energy Innovation Hubs* americanos, concentren los esfuerzos de los distintos centros de investigación, universidades, y por supuesto empresas privadas, alrededor de las tecnologías o líneas de innovación identificadas como prioritarias. El modelo seguido por el País Vasco es un referente interesante para esta idea. Otro modelo interesante es el del recientemente creado *International Energy Research Centre* (IERC), un centro de investigación liderado por la industria, financiado por el gobierno, y en colaboración directa con la Universidad, cuyo objetivo es la consecución de innovaciones comerciales en energía. Sería interesante además que estos centros colaboraran con los líderes tecnológicos del futuro, sean europeos, estadounidenses, China o Brasil.

No sólo es importante crear centros punteros en tecnologías prioritarias, también es importante crear el entorno y las relaciones adecuadas para que la innovación pueda surgir desde abajo, fruto de la colaboración entre varios grupos de interés. A este respecto, es interesante el caso de la eólica en Dinamarca, en el que las redes de cooperación y la comunicación entre industria y grupos de interés (motivado en gran parte por un diseño propicio de los incentivos) jugaron un papel fundamental para llevar a la tecnología eólica danesa a posiciones de liderazgo en el mercado internacional. En este mismo sentido, los clústeres industriales (entendidos como una concentración de empresas de un sector específico en un área geográfica, interconectadas de forma colaborativa entre sí y con suministradores e instituciones locales, y generalmente caracterizados por un fuerte arraigo social en su región) pueden jugar un papel clave para el desarrollo de tecnologías energéticas, como ha demostrado el caso del clúster eólico en el País Vasco.

**Para completar el ecosistema innovador, es necesario también impulsar el emprendimiento y las fuentes de financiación que lo hagan posible.** Los emprendedores pueden jugar un papel clave para generar innovaciones disruptivas y proponer ideas que desafíen verdaderamente el *status quo*. También tienen la capacidad de enriquecer el tejido productivo y generar empleo y valor añadido. Como modelo de ecosistema emprendedor, resulta llamativo el caso de Israel, que ha conseguido



posicionarse como uno de los líderes mundiales en start-ups de tecnologías limpias, a pesar de no tener una política energética que fomente estas tecnologías, y gracias en gran parte a una excepcional movilización de fondos privados de capital semilla. Es clave destacar que fue un programa gubernamental el que impulsó inicialmente el capital inversor en Israel (el programa *Yozma*, introducido a principios de los 90), que hoy en día es de los más elevados del mundo, y que las actividades en defensa del gobierno de Israel han contribuido a un sector tecnológico muy competitivo.

**De hecho, no hay que olvidar que el gobierno puede jugar un papel fundamental como facilitador e impulsor de todas las ideas mencionadas en torno al diseño institucional y a la creación de ecosistemas fértiles en innovación y emprendimiento:** estableciendo los incentivos adecuados, apoyando con fondos públicos las iniciativas que lo requieran, creando instituciones, fomentando innovación disruptiva y la diseminación de información y contactos, favoreciendo un clima de inversión propicio, promoviendo la colaboración entre instituciones, etc.

### **Atención a la coordinación con la política energética y al diseño de la regulación**

**A la hora de diseñar políticas de innovación en energía, es fundamental la coordinación con las políticas energéticas.** Esto ya se ha adelantado en parte cuando hablamos de que es necesario compaginar y coordinar políticas de apoyo tecnológico directo y políticas de creación de mercado. Las políticas energéticas pueden marcar el rumbo de las nuevas inversiones en los sistemas energéticos y así actuar, al fin y al cabo, como políticas de creación de mercado con capacidad de inducir innovación. Los incentivos a la instalación de renovables son un claro ejemplo de esto: la decisión de favorecer la instalación de renovables espolea el mercado de las tecnologías renovables, y consecuentemente promueve de forma indirecta innovaciones en el sector. Otro ejemplo puede ser la introducción de un mercado de CO<sub>2</sub>: si los precios del CO<sub>2</sub> que se generan llegan a ser suficientemente elevados, suponen un incentivo para innovar en tecnologías bajas en carbono.

**Sin embargo, lo que se ha demostrado que funciona para promover la innovación es no dejar simplemente que la innovación tenga lugar de forma inducida, sino apoyarla explícitamente con políticas específicas coordinadas con la política energética.** Así, por ejemplo, volviendo al caso de las renovables, llama la atención que los fuertes subsidios que España ha destinado a la fotovoltaica no se han traducido en innovaciones relevantes en el sector dentro de nuestro país. Quizás si se hubiesen complementado con políticas de apoyo directo a la innovación (technology push), los resultados podrían haber sido más favorables. Algunas ideas que podrían haberse tenido en cuenta entonces, y que podrían tenerse en cuenta a futuro (muchas relacionadas con líneas de actuación que ya hemos mencionado): se podría priorizar la inversión pública en I+D en aquellas tecnologías promovidas desde la política energética; se podrían crear centros de excelencia en esas tecnologías que integren y coordinen la I+D realizada; o se podrían abrir canales de comunicación y establecer redes de colaboración entre los instaladores-operadores de las tecnologías, las empresas vinculadas a su producción dentro del país y los grupos de investigación relacionados, de tal forma que pueda aprovecharse el conocimiento que se genera en las fases de instalación y operación para alimentar las fases de investigación y desarrollo.

**Por último, es importante resaltar la importancia que puede tener la regulación en el sector energético a la hora de limitar o fomentar la innovación, muy particularmente en el sector eléctrico.** Mientras que en la mayoría de los sectores las expectativas de remuneración de la innovación dependen directamente de las condiciones del mercado, en el sector eléctrico dependen en

gran medida de las condiciones regulatorias. El caso más claro es el de las actividades reguladas de transmisión y distribución de la electricidad, remuneradas a tarifa. Para motivar la innovación en estas actividades, sería necesario introducir incentivos a la innovación en su esquema de remuneración (como se hace por ejemplo en el esquema de remuneración RIIIO implementado en Reino Unido). En la parte de generación eléctrica, además de mejorar las políticas de creación de mercado que ya han existido, se podría facilitar la entrada de nuevos agentes, por ejemplo, eliminando trabas para la conexión de generación distribuida, que podría ser un terreno fértil para la innovación. En la parte de consumo final, también existen barreras para la entrada de nuevos agentes potencialmente innovadores (ESCOs, agregadores, o start-ups para gestión de consumos), que la regulación podría ayudar a superar.

### Educación y comunicación

En primer lugar, la falta de conocimiento científico sobre la energía y sus implicaciones medioambientales o económicas hace **necesario un esfuerzo de educación y comunicación para trasladar a la sociedad la importancia y las consecuencias de invertir en innovación energética**. Hay que llevar este mensaje a los medios, y también hacer presente el análisis científico a este respecto en los principales debates sociales y políticos.

En segundo lugar, también es imprescindible un gran trabajo de educación y comunicación para **promover la cultura** emprendedora en las escuelas y universidades. La cultura emprendedora es clave para crear empresas que innoven en energía, que creen valor añadido para la economía española.

Por último en lo que se refiere a comunicación, también debe reforzarse la **difusión de los resultados de innovación, para facilitar su transferencia al sector productivo**, y no sólo dentro de las empresas en las que se realiza la innovación financiada con fondos públicos.

En un contexto en el que la innovación es un elemento cada vez más esencial de la política económica de un país, como factor de competitividad, el gobierno debería analizar cuidadosamente estas opciones para tratar de alcanzar un modelo energético seguro, respetuoso con el medio ambiente, y competitivo. Ahora bien, como decíamos anteriormente, será necesario seguir trabajando en el análisis detallado de estas recomendaciones, con los datos empíricos suficientes, tanto para definir su diseño adecuado como para evaluar su rendimiento y expectativas.

## 5

## Resumen y conclusiones

Como ya se señalaba en la introducción, la innovación en energía es esencial para alcanzar un sistema energético respetuoso con el medio ambiente, con un bajo riesgo de precios, y todo ello

a un coste asequible, competitivo para la economía. Además, para un país como España, la innovación en sí misma puede contribuir a crear nuevas áreas de negocio y actividad, a generar valor añadido y empleo, y en general, a hacer a nuestro sector productivo más robusto y más competitivo. En momentos de crisis como el actual, esta necesidad es aun más perentoria, así como la importancia de ser más eficientes que nunca en el uso de los recursos públicos.

Y sin embargo, en España no innovamos lo suficiente en tecnologías energéticas. Esto nos impide crear riqueza basada en este desarrollo tecnológico, para el que por otra parte tenemos una situación privilegiada, en parte por la gran inversión realizada en los últimos años en tecnologías limpias. También, por supuesto, nos impide realizar los ahorros de coste en el sistema energético.

En el caso español, y tal y como muestran los resultados ofrecidos en la sección 3, los ahorros obtenidos para el sistema energético español pueden llegar a ser más de cincuenta veces superiores a la inversión en I+D para algunas tecnologías, aunque con un alto nivel de incertidumbre (cabe la posibilidad de que no se consigan materializar reducciones de costes significativas en las tecnologías y que los retornos sean nulos en consecuencia). También es cierto que algunas tecnologías no consiguen ahorros ni retornos significativos en ninguno de los escenarios (por ejemplo, las baterías, que según nuestros escenarios no llegan a niveles de reducción de costes que hagan a los vehículos eléctricos competitivos respecto a los de biocombustible).

El diagnóstico que resulta de este análisis no es muy positivo. Hay dos razones fundamentales para ello, señaladas en el texto: en primer lugar, la falta de volumen de financiación, y en particular de inversión privada; y en segundo lugar, la ausencia de un ecosistema innovador robusto. En particular, las principales deficiencias detectadas acerca del sistema español de innovación en energía son:

- ✚ bajo nivel absoluto de la inversión en innovación en energía, y además una gran parte de ella se canaliza como gasto financiero, poco apropiado,
- ✚ baja contribución de la inversión privada,
- ✚ baja producción innovadora, no tanto en términos de publicaciones como de patentes o exportaciones,
- ✚ poca popularidad o conocimiento científico acerca de la energía en la sociedad española,
- ✚ baja cultura emprendedora de la sociedad.

Parece prioritario pues reforzar y redirigir la inversión en innovación energética, y activar la inversión privada, creando un entorno que promueva la innovación en un ambiente de emprendimiento. Las acciones prioritarias identificadas en el informe para alcanzar estos objetivos son:

- ✚ un análisis estratégico de las prioridades en innovación, de las áreas en las que conviene especializarse en España,
- ✚ un aumento de la inversión privada, acompañado de un mayor esfuerzo en promover colaboraciones público-privadas en la ejecución de la I+D,
- ✚ un esfuerzo por mejorar el diseño institucional y promover ecosistemas innovadores y de emprendimiento,

- atención a la coordinación entre política energética y políticas de innovación, y al diseño regulatorio del sector energético para que propicie la innovación,
- y un esfuerzo de educación y comunicación a la sociedad acerca de la importancia de la innovación en energía.

El reto está ahora en concretar estas recomendaciones en forma de actuaciones específicas. Aunque en el informe completo se elaboran en más detalle las recomendaciones, será imprescindible investigar más tanto en el diseño como en la evaluación de las actuaciones deseables.

En cualquier caso, es importante recordar en estas conclusiones tres aspectos importantes. En primer lugar, que el proceso innovador es por naturaleza incierto. Por tanto, no debe ser evaluado únicamente por sus resultados concretos, que pueden depender en mayor o menor medida de la suerte, sino por su buen diseño y su robustez. En este sentido, los sistemas de apoyo flexibles, que controlen el riesgo de fracaso, pero a la vez permitan apostar por tecnologías potencialmente disruptivas, son preferibles a los esquemas conservadores que difícilmente traerán estas mejoras. En resumen, si se ponen en marcha nuevas políticas es importante simultáneamente crear un sistema de seguimiento para aprender de la experiencia acumulada y tener la capacidad de adaptar el programa coordinado de medidas a la nueva información disponible.

En este sentido, una extensión natural de este informe sería la construcción de una cartera robusta de tecnologías en las que invertir, con distintos niveles de riesgo, y también distintos instrumentos, para tratar de maximizar el retorno tanto en términos de ahorros de coste para nuestro sistema energético como de creación de tejido empresarial e industrial. Dicho ejercicio debería plantearse en el seno de una reflexión estratégica de largo plazo, dado el gran volumen y tiempos de maduración de las tecnologías energéticas.

En segundo lugar, el informe plantea un cambio significativo en el papel de las administraciones públicas, que de un esquema tradicional de subvención de la I+D deben pasar a un papel más activo como dinamizadoras del intercambio de conocimiento, como inductoras de la innovación en la empresa, y como facilitadoras del proceso de planificación estratégica ya mencionado. Los casos ya mencionados del País Vasco, o de Israel, pueden proporcionar referencias de interés en este sentido.

Finalmente, hay que recordar la naturaleza exploratoria de este informe. Un tema de tanto calado como éste no puede resolverse sin recurrir a análisis más profundos. En este sentido, el objetivo del informe era llamar la atención sobre los principales problemas y las acciones a emprender. Pero su correcto desarrollo e implantación requiere más estudios. El trabajo de Anadón et al (2011) citado repetidamente es una buena referencia a este respecto: es necesario estudiar casos de innovación concretos en España, realizar análisis cuantitativos de la relación entre inputs y outputs, evaluar la percepción y el modo de proceder de las empresas, etc. Para esto evidentemente sería muy deseable poder disponer de datos más fiables o actualmente inexistentes. Y también, por supuesto, de algo que ya mencionábamos en otras secciones: el incorporar el análisis científico a la toma de decisiones políticas. En cualquier caso, los autores ya están trabajando en estas extensiones, y confían en ofrecer actualizaciones del informe en los próximos años.

## NOTAS

[illegible]



## NOTAS

[illegible]







economics<sub>for</sub>  
energy

Doutor Cadaval, 2 - 3º E

36202 Vigo

Tel: +34 986 128 016

Fax: +34 986 125 404

Mail: [info@eforenergy.org](mailto:info@eforenergy.org)

[www.eforenergy.org](http://www.eforenergy.org)