

22

INFORME  
ESPAÑA  
2 0 1 5

Homenaje a  
José María Martín Patino

**Fundación Encuentro**

*Equipo de dirección y edición*

**Agustín Blanco • Antonio Chueca • Giovanna Bombardieri**



Edita: Fundación Encuentro  
Oquendo, 23  
28006 Madrid  
Tel. 91 562 44 58 - Fax 91 562 74 69  
correo@fund-encuentro.org  
www.fund-encuentro.org

ISBN: 978-84-89019-43-0  
ISSN: 1137-6228  
Depósito Legal: M-37865-2015

Fotocomposición e Impresión: Albadalejo, S.L.  
Antonio Alonso Martín, s/n - Nave 10  
28860 Paracuellos del Jarama (Madrid)



*Gracias a la Fundación Ramón Areces, la Fundación Encuentro dirige el Centro de Estudios del Cambio Social (CECS), que elabora este Informe. En él ofrecemos una interpretación global y comprensiva de la realidad social española, de las tendencias y procesos más relevantes y significativos del cambio.*

*El Informe quiere contribuir a la formación de la autoconciencia colectiva, ser un punto de referencia para el debate público que ayude a compartir los principios básicos de los intereses generales.*



VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

## Capítulo 14

### **ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD**

395

*José María Bellver, Adela Conchado, Rafael Cossent, Alessandro Danesin,  
Pedro Linares, José Ignacio Pérez Arriaga y José Carlos Romero*

1. Claves para entender la situación	397
1.1 Producción y consumo de energía	398
1.2 Precios y disponibilidad de recursos fósiles	403
1.3 Emisiones de CO <sub>2</sub> y otros contaminantes	404
1.4 Pobreza energética	407
1.5 Innovación	408
2. Retos	410
3. Propuestas	414
4. Indicadores clave	417

**Parte Tercera**

---

**TERRITORIO, REDES Y SOSTENIBILIDAD**

## Capítulo 14

# ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD

---

José María Bellver, Adela Conchado,  
Rafael Cossent, Alessandro Danesin, Pedro Linares,  
José Ignacio Pérez Arriaga, José Carlos Romero  
*Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad*  
*Universidad Pontificia Comillas*

## 1. Claves para entender la situación

Hace ya 10 años, un equipo liderado por el Profesor Ignacio Pérez Arriaga desde la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad de la Universidad Pontificia Comillas redactó un capítulo para el *Informe España 2005* de la Fundación Encuentro titulado “Un modelo energético insostenible”. Ahora, desde la misma Cátedra queremos hacer balance de lo ocurrido desde entonces en lo que respecta a la sostenibilidad del sistema energético español y reflexionar sobre los retos futuros para lograr un modelo energético sostenible. Como se podrá observar, muchos de los problemas identificados entonces se mantienen, aunque también se ha mejorado en otros aspectos.

Un análisis de la sostenibilidad del sistema energético debe partir de la constatación de que la disponibilidad de energía constituye uno de los elementos básicos del desarrollo humano, por lo que resulta imprescindible garantizar su acceso a toda la población en condiciones económicamente apropiadas y de forma eficiente, especialmente a aquellos que aún no disponen de acceso a formas avanzadas de energía. Por otro lado, el uso predominante de combustibles fósiles –que, además, son un recurso necesariamente limitado– en la producción de energía representa una de las principales amenazas para la sostenibilidad del planeta por sus efectos sobre el cambio climático. Esta falta de sostenibilidad del modelo energético actual ha sido insistentemente señalada por las principales instituciones concernidas, tanto de ámbito mundial como europeo. Es imprescindible, pues, avanzar hacia un modelo energético más sostenible. Pero, ¿qué quiere decir esto?

Desde nuestro punto de vista, un modelo energético sostenible es aquel que contribuye al bienestar de la humanidad, mientras preserva los recursos ambientales o institucionales, y asegura su distribución de forma justa. Esto se traduce en la práctica en un modelo energético compatible con la protección del medio ambiente, con precios de la energía asequibles que reflejen adecuadamente los costes incurridos, que facilite el acceso universal a formas modernas de energía y que impulse la innovación. La consecución de un modelo energético que cumpla estos requisitos es uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad.

En esta sección queremos aportar las claves para entender el estado de la cuestión en cuanto a la sostenibilidad del sistema energético español, como punto de partida para identificar los principales retos a los que nos enfrentamos y proponer líneas de actuación para abordarlos. En línea con la definición propuesta de sostenibilidad del sistema energético, las claves que analizaremos son las siguientes: producción y consumo de energía, precios y disponibilidad de recursos fósiles, emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes, pobreza energética e innovación.

La propia definición de sostenibilidad del modelo energético pone de manifiesto el carácter global de muchos de los retos para alcanzar un sistema energético sostenible: el cambio climático, la dependencia de recursos fósiles limitados o la desigualdad en el acceso a la energía son todos retos a escala planetaria. Por ello, aun centrándonos en evaluar la sostenibilidad del sistema energético español, enmarcaremos gran parte del análisis en un contexto global.

### 1.1 Producción y consumo de energía

A nivel global consumimos algo más de 8.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) de energía final. De éstos un 40% corresponden al sector residencial y servicios, un 30% al sector industrial y un 30% al transporte.

El *mix* energético que cubre esta demanda sigue teniendo como fuentes principales a los combustibles fósiles, con petróleo y carbón aprovisionando alrededor del 30% cada uno y un 21% el gas natural. La tecnología nuclear cubre cerca del 5%, mientras que la hidráulica supone el 2,5%. La biomasa y los biocombustibles alcanzan el 10% y otras fuentes renovables superan ligeramente el 1%.

Dado su potencial para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del sector energético, conviene detenerse en la progresiva incorporación en el *mix* energético de las fuentes renovables, muy especialmente en la producción de energía eléctrica. A escala mundial, la capacidad instalada en el sector hidroeléctrico ha pasado de 886 GW en 2010 a 1.061 GW en 2014, con un incremento del 20%<sup>1</sup>. Las centrales de biomasa también ganaron presencia, alcanzando 90 GW instalados, frente a 68 GW en 2010. En el mismo período de tiempo, la energía solar fotovoltaica vio crecer su potencia instalada más de un 400%, alcanzando los 180 GW a escala global, de los cuales, en 2013, más de 80 GW estaban en Europa y 40 GW en Asia. Finalmente, la energía eólica llegó a contabilizar en 2014 instalaciones equivalentes a más de 360 GW, incluyendo 9 GW con tecnología marina (*off-shore*). Esto representa un incremento del 81% respecto a sólo cuatro años atrás.

---

<sup>1</sup> IRENA (2015): *Renewable power generation costs in 2014*.



La importancia de la energía renovable está aumentando en los sistemas energéticos globales, y no únicamente en los países desarrollados: según datos de 2013, China obtuvo el liderazgo en capacidad instalada acumulada llegando a los 91 GW, por delante de Estados Unidos (60 GW), Alemania (31 GW) y España (23 GW).

Focalizando el análisis en el sistema español, en las cinco últimas décadas, desde que la economía española iniciara su tardío proceso de industrialización, el consumo energético se ha incrementado de forma muy notable, llegando prácticamente a quintuplicarse entre 1965 y 2013, a pesar de la reducción del consumo que la crisis económica ha supuesto desde 2008. Este aumento se ha producido, por otra parte, a un ritmo elevado –a una tasa anual promedio de casi un 8% entre los años 1965 y 2013– y muy por encima del de otros países de nuestro entorno.

En términos de consumo de energía per cápita, éste ha seguido una progresiva convergencia respecto a los valores promedio de los países de nuestro entorno económico (UE-15), con un intervalo de cierta divergencia durante la crisis: si en 1990 el consumo energético español por habitante era un 51% respecto al promedio de la UE-15, en el año 2013 ya suponía un 79% (aunque había llegado a alcanzar el 84% en 2007 y el 83% en 2012).

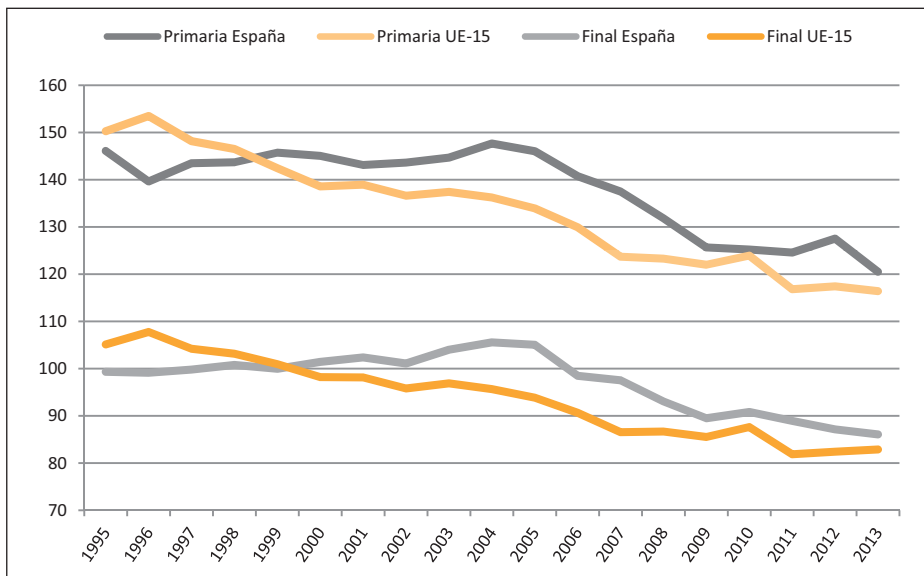
En intensidad energética (consumo energético por unidad de PIB), España está en niveles superiores a la media europea, lo que en principio indica una menor eficiencia energética de nuestro sistema respecto a los países de nuestro entorno<sup>2</sup>. Y es que, partiendo de un nivel inferior a la media europea en los años 90, la intensidad energética en España siguió una trayectoria ascendente hasta 2005, al contrario de lo que ocurría en otros países europeos (gráfico 1). Aunque a partir del 2005 la intensidad energética ha ido reduciéndose, tanto en términos de energía primaria como de energía final, seguimos sin alcanzar la convergencia con Europa (UE-15). Así, en 2013 la intensidad energética española, tanto primaria como final, seguía superando la media europea en algo más del 3%.

En España, la principal fuente energética es el petróleo –que representó el 44% del consumo de energía primaria en 2013 (gráfico 2), superior a la media europea– seguido del gas natural, que ha ido ganando cada vez más presencia desde inicios del nuevo siglo, y el carbón. En su conjunto, los combustibles fósiles representan en total tres cuartas partes del consumo de energía primaria, lo cual, teniendo en cuenta que éstos proceden esencialmente del exterior (incluso en el caso del carbón), tiene una relación directa con el limitado nivel de autoabastecimiento energético.

---

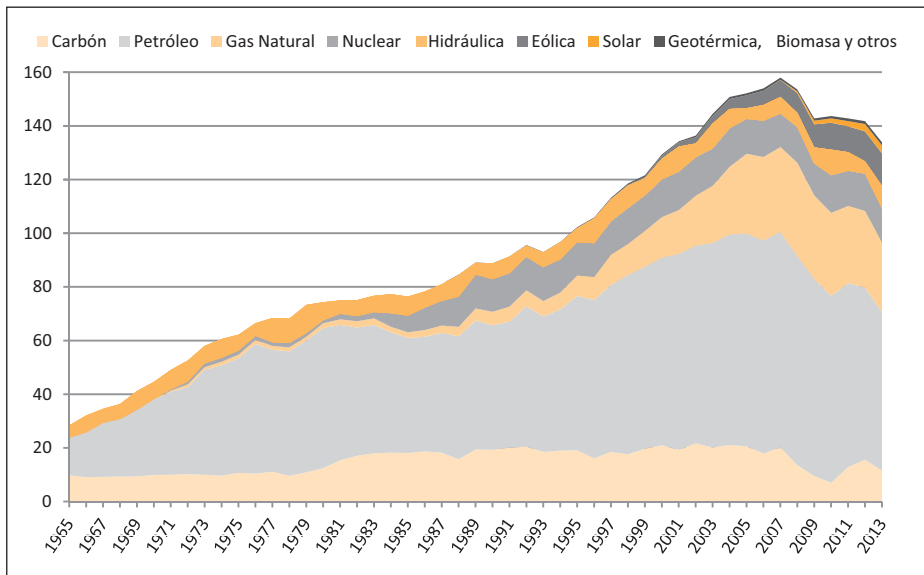
<sup>2</sup> La evolución de la intensidad energética puede reflejar no sólo el efecto de la eficiencia técnica, sino también un efecto estructural asociado a cambios en la composición del PIB.

**Gráfico 1 – Evolución de la intensidad energética primaria y final en España y en la UE-15. En toneladas equivalentes de petróleo por millón de euros constantes de 2005. 1995-2013**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat.

**Gráfico 2 – Evolución del consumo de energía primaria en España por fuentes de energía. En kilotoneladas equivalentes de petróleo. 1965-2013**



Fuente: Elaboración propia a partir de British Petroleum, *BP Statistical Review of World Energy*, varios años.

Tabla 1 – Consumo de energía final en España y en la UE-28 por sectores. En porcentaje. 2013

	España		UE-28	
	Absoluto	%	Absoluto	%
Industria	21,0	25,9	276,6	25,1
Transporte	32,0	39,4	348,5	31,6
Usos diversos	28,2	34,8	478,6	43,4
– Residencial	15,0	18,5	295,9	26,8
– Pesca	0,1	0,1	1,1	0,1
– Agricultura/silvicultura	2,7	3,3	23,9	2,2
– Servicios	9,6	11,8	152,5	13,8
– Otros	0,8	1,0	5,2	0,5
<b>Total (*)</b>	<b>81,1</b>	<b>100</b>	<b>1.103,8</b>	<b>100</b>

(\*) No se incluyen los usos no energéticos

Fuente: Eurostat.

En cuanto a la evolución del *mix* energético, el consumo de petróleo –principal combustible usado para el transporte– se ha reducido un 27% entre 2007 y 2013, y se ha producido igualmente una caída en el consumo de gas (–18%) y de carbón (–43%). La producción de energía nuclear no ha sufrido grandes cambios desde que el limitado número de centrales nucleares españolas se pusieran en marcha y se estableciera posteriormente una moratoria nuclear en 1984.

En cambio, las fuentes energéticas renovables sí han ido adquiriendo una mayor presencia en los últimos años, en particular en el caso de la energía eólica y la solar, que han pasado de ser prácticamente inexistentes a finales del pasado siglo a alcanzar un 9,1% y un 2,2% de la energía primaria, respectivamente, aunque es preciso matizar que este incremento se ha visto frenado recientemente con la crisis y la paralización de las ayudas públicas. Por otra parte, la energía hidroeléctrica no ha experimentado grandes alteraciones, siendo su producción, no obstante, variable en función de los aportes hidráulicos de cada año. Tampoco varían sustancialmente las demás fuentes renovables, en particular la biomasa. El incremento de las energías renovables se ha hecho especialmente patente en la generación de electricidad. En 2013, la participación de las energías renovables llegó a alcanzar el 41% de la energía eléctrica generada.

En términos sectoriales (tabla 1), el sector más relevante es el transporte, que consume casi el 40% de la energía final<sup>3</sup>, un porcentaje mayor

<sup>3</sup> A pesar de las mejoras en la eficiencia de los vehículos, el espectacular crecimiento del consumo energético del transporte está relacionado con el gran incremento de la movilidad, tanto de personas como de mercancías, mayor que el experimentado en Europa, y el menor precio relativo de los carburantes en nuestro país.



que el del promedio de la UE-28. Lo contrario ocurre con la parte que supone el consumo de energía final en los sectores terciario (11,8%) y doméstico (18,5%), menor que en la UE-28 en ambos casos. En lo que a la industria se refiere, su consumo (25,9%) representa una parte prácticamente idéntica –aunque unas décimas por encima– a la media europea.

El diagrama de flujo de la energía en España (gráfico 3) resume la información presentada hasta el momento, ofreciendo una imagen de conjunto del sistema energético español en la actualidad, desde el suministro de energía primaria hasta el consumo de energía final, pasando por las transformaciones intermedias como la generación de electricidad o el refinado de petróleo<sup>4</sup>. Sobre el gráfico se indican para los diferentes flujos su valor absoluto en 2013 (en exajulios, EJ), lo que representa respecto al consumo total de energía primaria (en %) y la variación que ha experimentado respecto al año anterior (en %). Estos gráficos están disponibles en la web de la Cátedra BP<sup>5</sup>, además con carácter interactivo.

## 1.2 Precios y disponibilidad de recursos fósiles

Dada la gran dependencia del sistema energético global de los combustibles fósiles y el fuerte aumento de su consumo (desde los años 70 la demanda de energía primaria de combustibles fósiles se ha más que duplicado), resulta clave para la sostenibilidad del sistema analizar su disponibilidad y cómo ésta se refleja en sus precios.

Esto es especialmente relevante para España, dado el elevado nivel de dependencia energética de nuestro país respecto al exterior, que en 2013 alcanzaba el 86%<sup>6</sup>. Este nivel de dependencia se sitúa muy por encima de la media europea, lo cual expone a la economía española a un importante riesgo frente a los incrementos de precio de estos combustibles, como pudo comprobarse en los años previos a la reciente crisis económica.

El precio del petróleo en los últimos años experimentó una importante subida, hasta rondar los 140 dólares por barril (índice Brent) en 2008, y dos notables caídas, una en 2009 y la actual, con precios en ambas en torno a los 40 dólares por barril. En el caso del gas natural, los precios han experimentado una evolución distinta según regiones: una gran disminución en EEUU asociada a la explotación del gas de esquisto (*shale gas*) y una estabilización en Europa y Asia. El carbón, por su parte, ha visto sus precios caer, lo que está asociado fundamentalmente a su menor demanda en EEUU y Europa.

---

<sup>4</sup> Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, Universidad Pontificia Comillas (2015): *Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España. Informe basado en indicadores*. Edición 2014.

<sup>5</sup> [http://www.upcomillas.es/Documentos/BP/sankey\\_energy.html](http://www.upcomillas.es/Documentos/BP/sankey_energy.html)

<sup>6</sup> Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España (ver nota 4).

Cabe destacar el papel que pueden tener la producción y la fuerte ampliación de las reservas disponibles sobre el precio, gracias también al desarrollo tecnológico que permite el aprovechamiento de fuentes no convencionales, como las arenas bituminosas (*tar sands*) y el petróleo de esquistos bituminosos (*shale oil*). Así, en 2014, las reservas globales probadas de petróleo se situaban en 1,7 billones (millones de millones) de barriles, con una producción media diaria de 90 millones de barriles, la mitad de los cuales provienen de países de la OPEP (*BP Statistical Review 2015*). En el caso del gas natural, gracias de nuevo a los desarrollos en las tecnologías de extracción de recursos no convencionales (fundamentalmente *shale gas*), las reservas probadas crecieron en un 20% con respecto a 2004, llegando a los 190 trillones de metros cúbicos en 2014, con una producción anual que alcanzó los 3.500 billones de metros cúbicos. En este sentido, puede decirse que no se confirman los temores de agotamiento inminente de los recursos fósiles.

### 1.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes

El análisis de la sostenibilidad del sistema energético no puede obviar la información sobre las emisiones de contaminantes globales como el CO<sub>2</sub> –principal responsable del efecto invernadero– y de otros contaminantes que causan daños significativos sobre la salud humana y los ecosistemas.

El nivel actual de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ronda las 400 partes por millón (ppm), un aumento de más del 25% respecto a 1960<sup>7</sup>. El sector energético es responsable de aproximadamente el 75% de los gases de efecto invernadero generados a nivel mundial (gráfico 4). Según los datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), las emisiones anuales globales de CO<sub>2</sub> provenientes del sector energético superaron en 2010 los 30.000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

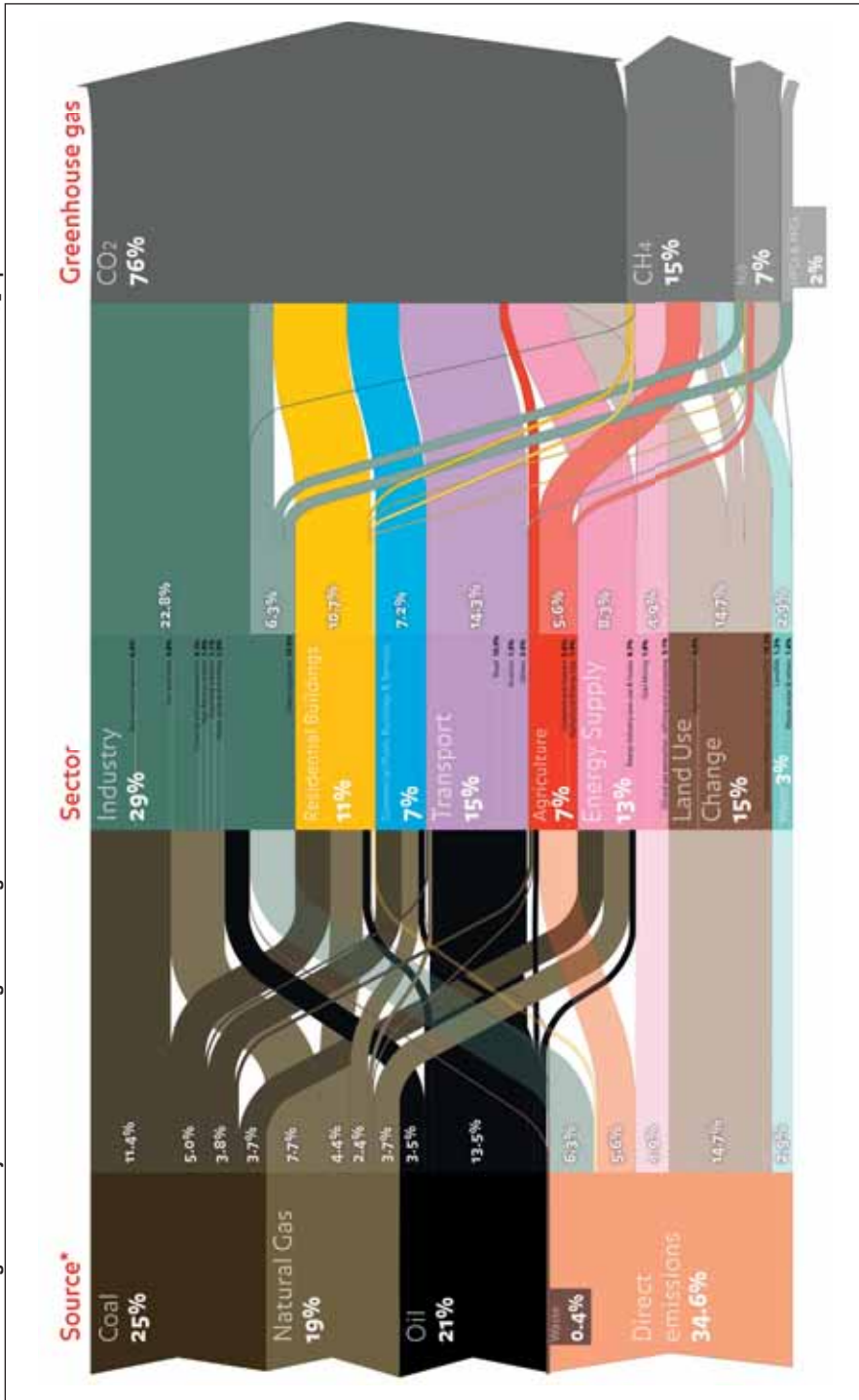
Si nos centramos en el caso español, el sector energético emite anualmente algo más de 300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que representa un 1% de las emisiones del sistema energético global. De esas emisiones, un 65% corresponden al petróleo y derivados, un 20% al gas natural y un 15% al carbón, según datos de 2013 (gráfico 5). Desde el punto de vista de los usos finales, un tercio de las emisiones pueden ser atribuidas a pérdidas y autoconsumos, un 26% al transporte, un 18% a usos diversos, un 11% a la industria y un 12% a exportaciones de derivados del petróleo.

Analizando la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en nuestro país, vemos que experimentaron un crecimiento elevado hasta 2004 (un 57% res-

---

<sup>7</sup> National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Earth System Research Laboratory, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>

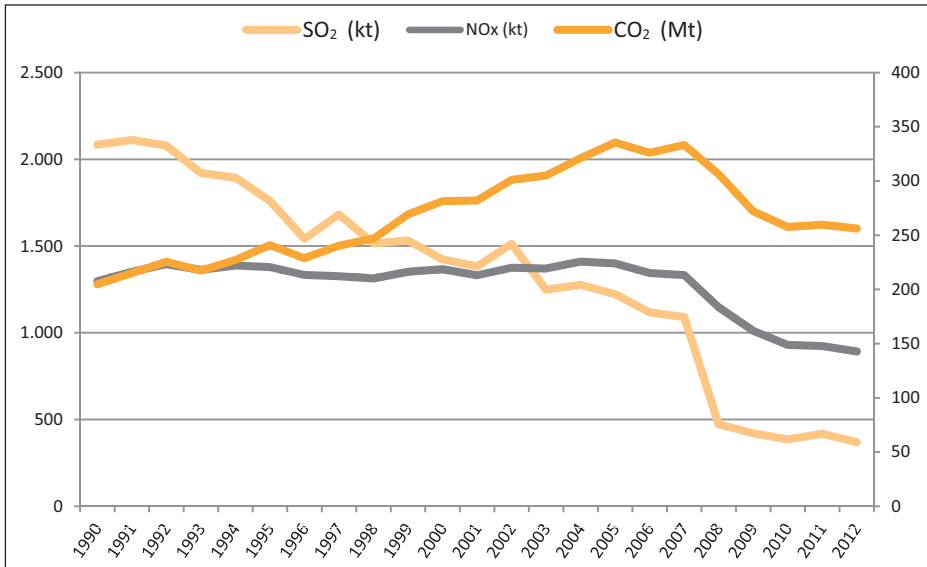
Gráfico 4 – Diagrama de flujo de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. 2010. Total de emisiones: 48.629 MtCO<sub>2</sub>eq



Fuente: Ecofys, 2013.





Gráfico 6 – Evolución de las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> en el sector energético español. 1990-2012

**Nota:** SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> medidos por la escala de la izquierda. CO<sub>2</sub> medido en la escala de la derecha.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos del Sistema Español de Inventario.

pecto a 1990), para estancarse durante un par de años y luego reducirse significativamente (gráfico 6), coincidiendo con la caída de la demanda (en 2012, un 25% respecto a 1990).

Además del CO<sub>2</sub>, es importante tener en cuenta otros gases contaminantes originados en los procesos de generación de energía, especialmente el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), cuyos daños se estiman incluso superiores a los del CO<sub>2</sub>, aunque a más corto plazo. Las emisiones de SO<sub>2</sub> en el sector energético español han seguido una trayectoria claramente decreciente, asociada a la reducción en el uso de carbón nacional y acentuada en los últimos años de caída de la demanda (-82% en el período 1990-2012), mientras que las emisiones de NO<sub>x</sub> se han reducido sólo en los últimos años, coincidiendo con la caída de la demanda (-31% en el período 1990-2012).

#### 1.4 Pobreza energética

Un aspecto fundamental de la sostenibilidad de un modelo energético es que proporcione a todas las personas acceso a un nivel de consumo compatible con un nivel de vida digno en el tiempo y en el entorno social y geográfico que corresponda. Así lo ha señalado el Comité Económico y Social de la UE: “la energía es un bien común esencial y debe garantizarse

un acceso mínimo para un uso básico, debido a su papel indispensable en todas las actividades cotidianas, que permita a cada ciudadano tener una vida digna”.

Esta consideración ha dado lugar al término de “pobreza energética”, que puede entenderse de dos formas. Para los países en desarrollo, el problema fundamental es de acceso a las formas avanzadas de energía, y, luego, de capacidad de gasto en ellas. Los países desarrollados no tienen generalmente problemas de acceso y sí de dificultad para afrontar el gasto asociado a unas necesidades energéticas esenciales como la climatización, la iluminación y el uso de equipos que consumen energía y que permiten estar integrados en la sociedad. El nivel de pobreza energética dependerá de las condiciones climáticas y también de la eficiencia energética de la vivienda, además de, por supuesto, la renta familiar y los precios de la energía (ya analizados anteriormente). La movilidad, en cuanto que utiliza energía, podría también incluirse, aunque es más difícil identificar un nivel esencial para ella (o para el consumo energético asociado).

Según el Comité Económico y Social Europeo, la pobreza energética afecta a 54 millones de personas en la Unión Europea. En España, el número de hogares en pobreza energética se ha triplicado entre 2007 y 2013, alcanzando al 9,88%<sup>8</sup> de los hogares españoles, según el informe *Pobreza Energética en España. Análisis económico y propuestas de actuación*, presentado en 2015 por el centro de investigación Economics for Energy. El factor principal para esta situación de pobreza energética parece ser la renta de las familias, que ha bajado en los años analizados y, contribuyendo a lo anterior, el incremento en los precios de la energía.

## 1.5 Innovación

Finalmente, un componente esencial para evaluar la sostenibilidad del sector energético es el nivel de innovación. Una mayor innovación permite utilizar los recursos más eficientemente, tanto en términos económicos como ambientales (reduciendo por tanto el coste económico y los impactos ambientales), y además contribuye al conocimiento de la sociedad y consecuentemente a su bienestar. Un estudio de INNO-Metrics para la UE muestra que los países líderes en innovación presentan un mejor desempe-

---

<sup>8</sup> El indicador empleado en este informe está basado en el MIS –de las siglas en inglés Minimum Income Standard– o renta mínima de inserción. De esta manera, un hogar se encuentra en pobreza energética cuando la renta neta del hogar, descontando gastos en vivienda y energía, es menor que un MIS equivalente (al que se le descuenta también el gasto medio en vivienda y energía). Este MIS para España, que se calculó en 415 €, se obtuvo a partir de la media ponderada de las rentas mínimas de inserción existentes en las diferentes comunidades autónomas. Cuando se utiliza otro valor para la renta mínima, el indicador de pobreza también varía.

ño económico, medido en términos de PIB per cápita y de productividad laboral, y un mejor desempeño medioambiental, medido en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y de intensidad energética de la economía<sup>9</sup>.

En el caso de la energía, este papel de la innovación como requisito y catalizador de la sostenibilidad es especialmente relevante: necesitamos mejorar la forma en la que producimos y consumimos energía para poder hacer frente a grandes retos como el cambio climático o el acceso universal; y, a su vez, esto nos ofrece una gran oportunidad para generar valor socioeconómico en forma de tejido industrial, nuevos servicios, etc.

Un ejemplo claro en el que los esfuerzos en innovación están contribuyendo a facilitar el avance hacia un sistema energético más sostenible es el caso de las energías renovables. En particular, la eólica y la solar han experimentado una bajada de costes muy significativa: según datos de IRENA, los costes de la eólica se han reducido hasta un 25% respecto a 2010, mientras que los de la solar han experimentado una caída relativa aún más importante, entre el 40% y el 60%. Lo mismo sucede con las tecnologías de ahorro y eficiencia energética.

En el caso español, el informe anual de Economics for Energy correspondiente a 2012 recogía un análisis detallado de esta cuestión y concluía que no estamos apostando suficientemente por la innovación en este sector, a pesar del alto potencial de retorno y las condiciones relativamente propicias de España. En España, el retorno de la I+D en energías renovables podría llegar a ser superior al 700% para algunas tecnologías si se alcanzase la reducción de costes esperada<sup>10</sup>, a lo que habría que sumar otros beneficios si además va acompañado de desarrollo industrial. Por ejemplo, España exportó en 2010 equipos de generación eólica por valor de 533 millones de euros<sup>11</sup>.

La inversión en I+D en energía en España es baja en comparación con otros países o sectores. La inversión pública por habitante está por debajo de la media de la UE, y representa tan sólo un 20% de la de EE.UU. (Eurostat). Este bajo nivel de inversión pública nacional se compensa en parte por ser España uno de los principales receptores de fondos de la UE para la I+D en energía (CDTI, 2011). La inversión privada es especialmente baja, representando sólo el 5% de la inversión corporativa europea en I+D en energía<sup>12</sup>.

---

<sup>9</sup> Rai, N., Patel, P. (2011): *Relationship between innovation and socio-economic performance*. PRO INNO Europe: INNO-Metrics.

<sup>10</sup> Economics for Energy (2012): *Innovación en Energía en España: Análisis y Recomendaciones*, <http://eforenergy.org/actividades/Presentacion-de-Informe-Anual-de-Economics-for-Energy-sobre-la-innovacion-en-energia-en-Espana-.php>

<sup>11</sup> UN Comtrade, <http://comtrade.un.org/db/>

<sup>12</sup> Comisión Europea (2009): *Accompanying document to the SET-plan: R&D investment in the priority technologies of the SET-plan*.

A pesar de lo limitado de los esfuerzos, el sector de la energía ocupa una posición relativamente destacada dentro del panorama de innovación español: por ejemplo, el peso de las patentes en energías limpias sobre el total de patentes solicitadas es del 7,3% en España, frente a un 6,4% en la UE y un 3,8% en EE.UU. Esto, no obstante, sobre un total de patentes mucho menor: las solicitudes de patentes por millón de habitantes en España suponen menos de la mitad que en EE.UU. o en la UE<sup>13</sup>.

## 2. Retos

A la vista del diagnóstico efectuado en las páginas anteriores, podemos identificar los principales retos que se plantean para la sostenibilidad del sistema energético español en el corto y medio plazo.

En primer lugar, es fundamental crear la conciencia social del problema y de la necesidad de solucionarlo. Y, además, hay que hacerlo inmediatamente: la larga vida de las instalaciones del sector energético crean un efecto de bloqueo, o *lock-in*, tecnológico muy pernicioso, que hace que, si no se toman las decisiones adecuadas lo antes posible, podamos estar pagando las consecuencias durante muchos años. Desgraciadamente, no parece que nuestros gobernantes, quizá por el corto plazo de los ciclos políticos, sean conscientes de la situación o le presten el suficiente interés y, por tanto, no lo transmiten de forma adecuada a la sociedad. Corregir esta percepción es el primer paso para poder enderezar la situación.

En cuanto a retos concretos, el primero es la *descarbonización del sistema energético español*. Si bien el problema del cambio climático es global –y, por tanto, requiere una actuación coordinada de todos los países– y fundamentalmente de los mayores emisores, España no puede renunciar a su responsabilidad, tanto por sí misma como por su carácter de miembro de la Unión Europea. Así, la Unión Europea ya plantea un escenario de descarbonización para 2050 del 80%, con fases intermedias, como el compromiso de reducción de un 20% para 2020 o de un 40% para 2030.

Si bien hasta 2012 a España se le permitió aumentar sus emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1990, las nuevas estrategias europeas implican en todos los casos una reducción de dichas emisiones en el futuro. Y hay que tener en cuenta que las emisiones españolas crecieron muy por encima de lo permitido hasta 2008, para reducirse fundamentalmente por efecto de la crisis económica. Por tanto, no es posible ser complaciente a este respecto: hacen falta claramente medidas activas de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en España.

---

<sup>13</sup> OECD, *Main Science and Technology Indicators*, [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI\\_PUB](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB)

De estas medidas, una gran parte debe ser asumida por el sector energético, responsable en la actualidad de un 85% de las emisiones de estos gases en España. Tal como se podía observar en el diagrama de flujo correspondiente a las emisiones de CO<sub>2</sub>, el sector clave a este respecto es el transporte, responsable del 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (un 36% de las emisiones en usos finales). Por su parte, el sector eléctrico, aunque ya cuenta con un nivel específico de emisiones bajo, por la alta penetración de energías renovables, tiene todavía potencial para reducirlo aún más. El Energy Roadmap 2050 de la Unión Europea establece que, para lograr los objetivos de descarbonización previstos, el sector eléctrico debe eliminar completamente sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro reto de gran importancia, asociado en parte al anterior, es la *reducción de los contaminantes convencionales* asociados a la generación de energía: SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. Si bien las emisiones de SO<sub>2</sub> ya se han ido reduciendo en los últimos años, y se reducirán aún más con la aplicación de los planes previstos (que contemplan fundamentalmente el cierre de las centrales eléctricas alimentadas con carbón nacional), la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> es un reto mucho más complejo y con muchas más implicaciones. Hay que recordar a este respecto que el NO<sub>x</sub> es precursor de la formación de ozono troposférico, uno de los contaminantes más dañinos en la actualidad para la salud humana y los ecosistemas. Por otra parte, las emisiones de NO<sub>x</sub>, al contrario que las de SO<sub>2</sub>, se deben fundamentalmente a fuentes difusas, como los vehículos a motor. En el sector eléctrico, las emisiones de NO<sub>x</sub> van asociadas a la temperatura de combustión en las centrales térmicas, con lo que su reducción también es complicada en tanto que se utilicen procesos de combustión (no sólo con combustibles fósiles, sino también con biomasa).

Otro grupo de retos de importancia tienen que ver con los precios de la energía. Para que un sistema energético pueda ser considerado sostenible, sus precios tienen que ser asequibles. Esto tiene varios componentes que desarrollamos a continuación.

En primer lugar, *los precios deben ser los correctos*: deben recoger de forma apropiada todos los costes en los que se incurre para que la energía pueda llegar hasta los consumidores. Sólo cuando el consumidor se enfrenta a los costes reales puede tomar decisiones de consumo verdaderamente eficientes. Esto incluye tanto los costes explícitos como los llamados costes externos, que están fundamentalmente asociados a los impactos ambientales. Desgraciadamente, la trayectoria de nuestro país no es positiva en este sentido. Además de no recoger adecuadamente los costes externos en el precio de la energía, han existido y existen numerosos desajustes entre los costes de la energía y el precio al consumidor, sobre todo en los mercados regulados como el gas y la electricidad. Desde subsidios cruzados entre tipos de consumidores (precios más altos para los consumidores residenciales para poder ofrecer precios más bajos a los industriales, por ejemplo), pasando

por malos diseños de tarifa (por ejemplo, incluyendo términos fijos de coste en el consumo variable) hasta el llamado déficit de tarifa (un traspaso a las generaciones futuras del desequilibrio entre costes y precios del sistema). Si bien la situación no es tan escandalosa como en otros países –en los que el Estado subvenciona el consumo de combustibles fósiles, tal como han señalado muchos organismos internacionales–, España claramente tiene un reto importante en el establecimiento de métodos para la determinación correcta de los precios de la energía.

En segundo lugar, una vez que los precios recojan fielmente los costes, el objetivo es que sean asequibles, es decir, que permitan, en primer lugar, el acceso a un nivel de consumo básico a toda la población (reduciendo o eliminando completamente la pobreza energética, en particular para los consumidores vulnerables) y, en segundo lugar, un desarrollo adecuado de la sociedad y en especial de su actividad económica.

En un contexto global, el reto fundamental es *proveer de este acceso básico a los más de 1.500 millones de personas que no lo tienen* (1.500 millones no tienen acceso a la electricidad y más de 2.000 millones no tienen acceso a formas avanzadas de energía para cocinar o calentarse). Distintas organizaciones internacionales –en especial Naciones Unidas con su iniciativa Energía Sostenible para Todos– ya han señalado la importancia y complejidad de este reto.

Por su parte, en España también se presentan retos asociados a ambos aspectos. En lo que se refiere al acceso a un nivel básico de servicios energéticos, como ya se señaló anteriormente, los índices de *pobreza energética* han aumentado en los últimos años. Urge, pues, disponer de soluciones apropiadas para ello. Sin embargo, la única medida estatal de lucha contra este problema es el bono social eléctrico, que supone un 25% de descuento en la tarifa eléctrica para un conjunto de consumidores vulnerables, a saber, los que tienen una potencia contratada inferior a 3 kW, las familias numerosas, los parados y los jubilados que reciben la pensión mínima. Se trata de una medida a todas luces insuficiente, en primer lugar, porque se limita a la electricidad, dejando sin cubrir el resto de necesidades energéticas del hogar; y, en segundo lugar, porque no se orienta de forma precisa hacia los consumidores más vulnerables. Es preciso extender este apoyo a todas las fuentes energéticas y hacerlo además de forma más eficiente.

En lo que se refiere a la provisión asequible de energía para el desarrollo económico, en España los precios de la energía figuran entre los más altos de la Unión Europea y, por tanto, si se quiere mantener la *competitividad de la industria y los servicios* españoles, es preciso lograr que estos precios no sean un obstáculo para dicha competitividad. Dado que, como hemos mencionado antes, no cabe pensar en subsidios, sino en precios que recojan adecuadamente los costes, la respuesta a este reto debe estar en la reducción de los costes, fundamentalmente con actuaciones de eficiencia

energética y también de gestión del suministro de energía, asegurando el funcionamiento eficiente de los mercados y de las redes, así como revisando a fondo los diversos conceptos de cargos regulados que se incluyen en la tarifa eléctrica sin una justificación clara.

También en relación con la competitividad, otro reto relevante es *mejorar la seguridad energética, o minimizar los eventuales daños debidos a la dependencia*, fundamentalmente en su vertiente económica. España cuenta con un suministro de energía seguro y bien diversificado, y que, por tanto, minimiza la posibilidad de una falta de suministro energético, tanto en la importación de combustibles como en los sistemas de transporte de gas, petróleo o electricidad. Pero seguimos dependiendo en gran medida de combustibles como el gas o el petróleo que están sujetos a las oscilaciones de los mercados internacionales y que muestran una gran volatilidad en sus precios. Esta volatilidad crea incertidumbre y provoca errores en las decisiones empresariales o familiares. La solución no está en la producción nacional de estos combustibles, tal como erróneamente creen algunos, pues seguirían estando sujetos a los precios internacionales. La solución pasa por utilizar fuentes energéticas cuyos precios sean más estables.

Finalmente, y para que puedan afrontarse todos los retos anteriores, hay dos cuestiones fundamentales en las que debemos avanzar: la innovación en materia energética y el ahorro y la eficiencia energética.

*El ahorro y la eficiencia son imprescindibles* para poder descarbonizar y aumentar la competitividad de la economía, para mejorar la seguridad de suministro y para reducir la pobreza energética. Sin embargo, y como bien muestran los gráficos de intensidad energética en España, todavía queda mucho por hacer a este respecto. Nuestro país cuenta con un elevado potencial de ahorro –de hasta el 40%, tal como han mostrado ya estudios como el de Economics for Energy de 2011–, pero no se ha movilizad hasta el momento, en parte por falta de concienciación y educación, en parte por la ausencia de las señales adecuadas. Materializar este potencial es uno de los retos más importantes si se quiere mejorar sustancialmente la sostenibilidad del sistema.

En segundo lugar, también es necesario *impulsar la innovación en energía*. Por una parte, la innovación permitirá disponer de tecnologías de usos finales más eficientes y, por tanto, contribuirá al ahorro y la eficiencia; por otra, permitirá que las tecnologías renovables y de almacenamiento sean competitivas y, al hacerlo, mejoren la seguridad energética y el impacto ambiental. Es cierto que, para que nuestro sistema energético se beneficie en estos términos, esta innovación no tiene por qué producirse físicamente en España. Pero el hacerlo tiene otros beneficios importantes para nuestra sociedad, que también deben ser considerados. Por lo tanto, debemos decidir cuál queremos que sea nuestra estrategia de innovación: ¿queremos desarrollar tecnologías propias o queremos adoptar tecnologías desarrolladas



por otros? En caso de desarrollar tecnologías propias, ¿por qué tecnologías queremos apostar?, ¿cuál debe ser el marco institucional para ello?

Como hemos podido ver en esta sección, España se enfrenta a retos muy importantes desde el punto de vista de la sostenibilidad de su sector energético, retos además de distinto carácter: de gobernanza, tecnológicos, de cambios de comportamiento, etc. En la sección siguiente realizamos propuestas para enfrentarnos a dichos retos.

### 3. Propuestas

Responder a retos de tanto alcance y tan complejos requiere una aproximación necesariamente amplia, que recoja todos los componentes económicos, tecnológicos y sociales ligados a dichos retos. Al contrario de lo que plantea la regla de Tinbergen, “un problema, un instrumento”, lograr la sostenibilidad del sector energético requiere de la combinación (y consiguiente coordinación) de muchos instrumentos y políticas, necesarios para cubrir los distintos sectores, agentes y aspectos involucrados.

En este sentido, y aun constatando la mejora en algunos aspectos de la sostenibilidad del sector energético español en los últimos años, no podemos sino volver a incidir en muchas de las propuestas que ya se hacían en el *Informe España 2005*, y que se reformulan y amplían en este informe:

□ Hay que incluir la sostenibilidad del sector energético en la agenda política, en un lugar acorde con su elevada importancia. Las Administraciones Públicas deben asumir la falta de sostenibilidad del sector energético y la urgencia de tomar medidas, y transmitírselo de forma adecuada a la sociedad. Para ello es imprescindible romper con las dinámicas asociadas a los ciclos políticos y plantear el tema energético como la política de Estado que debe ser. Tras un amplio debate social, esto permitiría adoptar un modelo energético de largo plazo consecuente con una senda de sostenibilidad, como ya han hecho los países más importantes de nuestro entorno. Un componente necesario de esta política de Estado es un cambio en el sistema de gobernanza, lo que exige instituciones reguladoras verdaderamente independientes y con responsabilidades fuertes y bien definidas –contrariamente a lo que ha ocurrido en España durante la última década–, para garantizar la supervisión eficaz de los mercados e infraestructuras energéticas, y una adecuada determinación de los precios de la energía, con independencia de intereses políticos cortoplacistas.

□ Se debe impulsar de manera decidida el ahorro y la eficiencia energética. Apoyados en las medidas ya establecidas por la Comisión Europea, las Administraciones Públicas deben diseñar políticas orientadas a la obtención de resultados (y no a la ejecución de presupuestos), trasladando las se-



ñales adecuadas (que no son generalmente los subsidios) para el cambio de comportamiento de los consumidores y la adopción de las tecnologías más eficientes. Entre las políticas más adecuadas destacan la fiscalidad energética y la educación (que se tratarán posteriormente).

Los sectores prioritarios para estas actuaciones de ahorro y eficiencia deben ser el transporte y la edificación. El transporte, principal consumidor de energía y emisor de gases de efecto invernadero en España, requiere medidas que favorezcan el transporte de mercancías por ferrocarril, la reducción de la demanda de movilidad con vehículo privado (favoreciendo el transporte público y mediante diseños urbanísticos apropiados) y estimular las mejoras de eficiencia de los vehículos convencionales, así como la introducción de combustibles alternativos (como el hidrógeno o la electricidad).

En el caso de la edificación, la aplicación de las directivas europeas debería llevarnos a la implantación de códigos de edificación que resulten en viviendas de consumo energético nulo. Es preciso actualizar cuanto antes los códigos existentes, de forma que el parque de viviendas pueda irse renovando lo más rápidamente posible en el aspecto energético. También puede ser conveniente, en los casos en los que la evaluación global sea positiva, el establecimiento de programas de rehabilitación energética de edificios.

□ Respecto a la generación de energía, y en línea con las propuestas de la Comisión Europea, es imprescindible lograr una descarbonización completa del sector eléctrico para 2050, fundamentalmente mediante la penetración masiva de energías renovables, y también lograr una alta utilización de estas tecnologías en la producción de calor. Para ello puede ser necesario, al menos en los períodos iniciales, disponer de medidas eficientes de apoyo para estas tecnologías, que compensen su menor competitividad (por su menor nivel de desarrollo tecnológico o la no internalización de costes ambientales en las tecnologías convencionales). La Comisión Europea ya ha realizado propuestas acerca de los instrumentos que se pueden utilizar para promover estas tecnologías.

Pero no todo puede centrarse en estas medidas. Muchas de las tecnologías renovables ya están muy cercanas a la competitividad –o la han alcanzado en algunos casos– y, sin embargo, siguen enfrentándose a barreras para su integración eficiente en los sistemas eléctricos que habrá que eliminar. Por tanto, además de los eventuales apoyos económicos también habrá que adecuar la regulación para una integración eficiente de estas tecnologías, en buena parte de carácter descentralizado. La necesaria revisión del diseño de las tarifas para acomodar los crecientes recursos energéticos descentralizados puede proporcionar la oportunidad para, de una vez, reformular con transparencia la metodología de cálculo de tarifas eléctricas (y también de gas), de forma que recoja adecuadamente todos los costes, con independencia de la coyuntura política.

□ Tanto en la generación de energía como en el ahorro energético juega un papel fundamental la innovación. Además, la innovación en materia energética aporta beneficios no sólo para el sector, sino también para el resto de la sociedad. Es imprescindible, pues, evaluar de manera informada y objetiva la estrategia a seguir en materia de innovación y determinar, en función de los beneficios que pueda aportar para nuestro país y de la coordinación necesaria en el ámbito europeo, las tecnologías que se deben desarrollar y las mejores formas de estimular la innovación en ellas.

□ Urge también dar una respuesta coordinada a las familias en situación de pobreza energética. Una primera medida debería ser la definición formal del consumidor vulnerable, tal y como pide la Unión Europea en las directivas sobre los mercados eléctricos y de gas. Un segundo hito habría de ser la reformulación del bono social, para que incluya no sólo la tarifa eléctrica sino todas las necesidades energéticas del hogar. Además, este bono social podría vehicularse como una transferencia a tanto alzado a los hogares a cargo de los presupuestos públicos, en lugar de ser financiado por el resto de consumidores del sector eléctrico. Por último, sería necesario establecer un protocolo de garantía de suministro mínimo en períodos críticos que cubriera aquellos casos donde el bono social fuera insuficiente.

□ También debemos contribuir a paliar la dramática situación de los miles de millones de personas sin acceso a formas avanzadas de energía. En este sentido, es necesario plantear políticas de cooperación exterior específicamente diseñadas para solucionar este problema y que no caigan en los errores históricos que han resultado en el fracaso de numerosos proyectos de electrificación rural. Existen ya propuestas acerca de cómo facilitar el acceso universal a la energía en países en desarrollo que deberían utilizarse como punto de partida para el diseño de estas políticas.

□ Por último, y como ya habíamos adelantado, también es necesario reformar la fiscalidad energética y diseñar políticas de educación en materia de energía.

En el ámbito fiscal, proponemos seguir la línea ya iniciada por otros países europeos de la “reforma fiscal verde”: un cambio en la estructura fiscal en la que se crean o aumentan los impuestos ambientales<sup>14</sup> (bien diseñados, no como muchos de los impuestos autonómicos españoles) y se reducen los impuestos al trabajo (cotizaciones sociales). Esta propuesta, de hecho, ya ha sido realizada por una comisión de expertos creada por el Go-

---

<sup>14</sup> Entre los impuestos ambientales que se deberían aumentar estarían los impuestos sobre los combustibles para transporte (gasolina, gasoil), que deberían reflejar adecuadamente el coste de sus emisiones asociadas. Entre los que se deberían introducir, podría considerarse, por ejemplo, la creación de un impuesto sobre el carbono que afectase a los sectores no cubiertos por el EU ETS, o sobre las emisiones de azufre y nitrógeno.

bierno en 2014 y también por el informe de Economics for Energy de 2013. En ambos informes se demuestra la viabilidad y beneficios de esta propuesta, que envía señales apropiadas para la reducción del impacto ambiental y el ahorro y la eficiencia energética.

En cuanto a la educación, es la pieza clave que, como ya se decía en el *Informe España 2005*, permite internalizar todas las propuestas anteriores en las actitudes de las personas y crear la presión social necesaria a favor de la sostenibilidad energética. Afirma el Consejo Mundial de la Energía que “sin una aceptación y comprensión ampliamente extendidas de estas implicaciones por los pueblos del mundo, no es fácil ver cómo los gobiernos nacionales o las organizaciones internacionales estarán en condiciones de formular e implantar los marcos económicos, legales, regulatorios y administrativos que se requieren para devolver al mundo a un sendero de sostenibilidad”. Debe incorporarse, pues, esta cuestión en los programas educativos, y también realizar campañas informativas efectivas.

#### 4. Indicadores clave

Para comprobar la evolución de nuestro sistema energético en términos de sostenibilidad, proponemos el conjunto de indicadores presentados en el cuadro 1. Están agrupados según los temas clave identificados en la primera sección y se incluyen tanto indicadores para España como indicadores globales (identificados con E/G, respectivamente). También se especifican las unidades recomendadas para su medida.

Como puede observarse, hemos recogido en este cuadro todos los fines mencionados en las secciones de retos y propuestas, pero no los medios como la educación o las reformas institucionales, que, como ya hemos mencionado, son también de gran importancia, pero que son más difíciles de expresar en términos cuantitativos.

En cualquier caso, todos estos indicadores responden, además, a la primera de nuestras propuestas: aumentar el nivel de concienciación y la prioridad en la agenda política de esta cuestión. Éste ha sido el objetivo del Observatorio de Energía y Sostenibilidad desarrollado por la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad de la Universidad Pontificia Comillas. En sus ya 9 ediciones anuales desde 2005 (no se publicó en 2006), el Observatorio ha realizado un diagnóstico de la situación y ha formulado propuestas para su mejora, para contribuir al debate informado y público sobre esta cuestión. Confiamos en poder seguir realizando esta labor en el futuro, como muestra de la eficaz colaboración entre la universidad, la empresa y la Administración Pública en la búsqueda de uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad: la consecución de un modelo energético sostenible.

Cuadro 1 – Resumen de indicadores propuestos

Claves	Indicador propuesto	E/G*	Unidades
Producción y consumo de energía	Aumento/reducción del consumo energético	E	% ktep o EJ
	Consumo de energía primaria per cápita	E	GJ/hab
	Intensidad energética	E	GJ/M€
	Mix energético: producción con fuentes renovables	E	%
Disponibilidad y precio de los recursos	Dependencia energética	E	%
	Precio de combustibles: petróleo, gas	G	\$ por barril de petróleo o millón BTU de gas
	Reservas probadas y consumo anual	G	Barriles petróleo, m <sup>3</sup> de gas
Emisiones de CO <sub>2</sub> y otros contaminantes	Concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera	G	ppm
	Emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI) o de CO <sub>2</sub>	G y E	MtCO <sub>2</sub> eq MtCO <sub>2</sub>
	Emisiones NO <sub>x</sub>	E	kt
	Emisiones SO <sub>2</sub>	E	kt
	Emisiones partículas	E	Mt
Pobreza energética y acceso universal	Hogares en pobreza energética según el indicador basado en el <i>Minimum Income Standard</i> (MIS)	E	%, millones de hogares
	Población sin acceso a formas modernas de energía	G	%, millones personas
Innovación en energía	Reducción de costes de tecnologías que favorezcan la transición hacia un modelo energético más sostenible (e.g. renovables)	G	% €/kW
	Tecnologías energéticas exportadas	E	M€

\* E/G: perspectiva Española / Global