

Pedro Linares Llamas\*

# EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MEDIO AMBIENTE

*El ahorro y la eficiencia energética constituyen un elemento fundamental para la mejora del medio ambiente, en especial en lo que se refiere al calentamiento global. En este artículo se reflexiona sobre los factores que influyen en las decisiones de ahorro y eficiencia energética, y sobre las políticas más adecuadas para su promoción. Si bien no todas las actuaciones públicas parecen justificadas, se considera que son necesarias políticas específicas de promoción del ahorro, preferiblemente basadas en instrumentos económicos y de información al consumidor, así como una evaluación rigurosa de las acciones adoptadas hasta el momento en España.*

**Palabras clave:** energía, medio ambiente, eficiencia energética, políticas públicas.

**Clasificación JEL:** Q41, Q48, Q54.

## 1. Introducción

En estos tiempos de crisis económica, energética y medioambiental, el ahorro y la eficiencia energética aparecen como la principal opción desde el ámbito energético para responder a estos tres desafíos. El ahorro de energía permite ahorrar nuestros escasos recursos económicos, pospone el agotamiento de nuestros escasos recursos fósiles (de los que sin embargo depende mayoritariamente nuestro suministro energético) y, por último, parece revelarse como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La clave para la existencia de estos ahorros reside en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéti-

cos: por tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía.

Si bien el ahorro energético no es crítico para la resolución de todos los problemas ambientales, sí es cierto que su contribución a algunos de ellos, como el cambio climático, es la más significativa. Para comprobar la importancia de esta relación, no hay más que observar el paralelismo entre el consumo energético en España y las emisiones de CO<sub>2</sub>, tal como se muestra en el Gráfico 1.

Esta relación hace que el ahorro energético se plantee desde numerosas instituciones como la alternativa con mayor potencial y rentabilidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Así lo hace por ejemplo el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en su cuarto informe de evaluación (IPPC, 2007), cuando estima que se podrían ahorrar entre un 7 y un 14 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero globales para 2030 con medidas de coste negativo, la gran mayoría

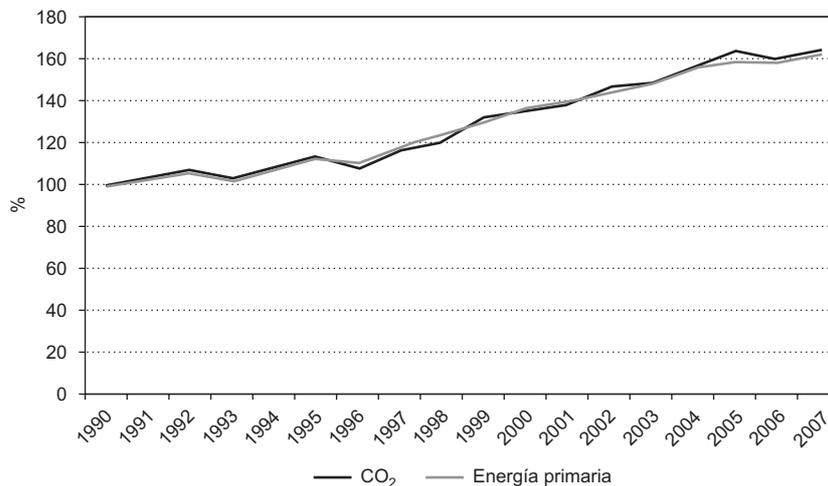
---

\* Instituto de Investigación Tecnológica, Universidad Pontificia Comillas.

El autor agradece los comentarios recibidos de Ignacio Pérez Arriaga, María Mendiluce y Gonzalo Sáenz de Miera.

Versión de enero de 2009.

**GRÁFICO 1**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> Y CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA, 1990-2007**  
(Base 1990 = 100)



FUENTE: Agencia Internacional de la Energía.

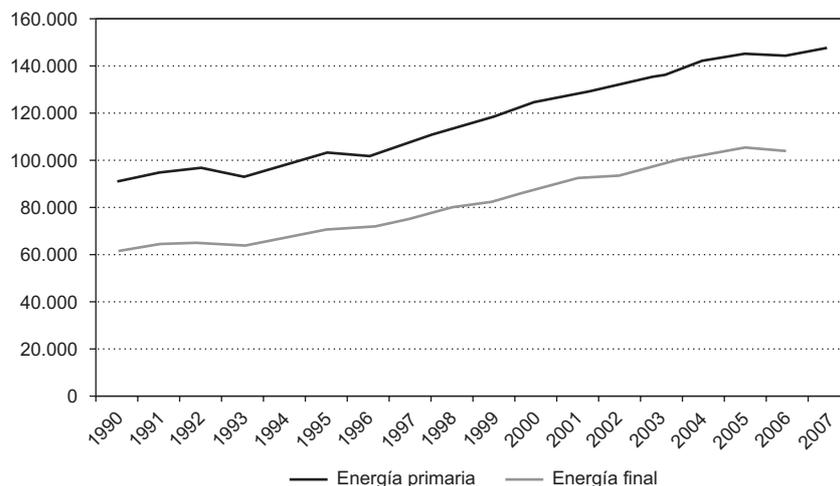
de las cuales son de ahorro y eficiencia energética. La Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2007), por su parte, también considera que el ahorro y la eficiencia deben ser capaces de aportar un 43 por 100 de la reducción de emisiones prevista en su escenario BLUE (que pretende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero —GEI— en un 50 por 100).

En la Unión Europea el apoyo político a la eficiencia energética es incluso mayor. En los últimos tiempos, la Unión ha afirmado su postura en el Libro Verde de eficiencia energética «Hacer más con menos» (EC, 2005), el Libro Verde de energía «Estrategia europea para un suministro energético seguro, competitivo y sostenible» (EC, 2006a), el Plan de Acción para la Eficiencia Energética (EC, 2006b), o en las propuestas relacionadas con el programa *Climate Action* (EC, 2008), en las que la eficiencia energética juega un papel fundamental, relacionada de nuevo con los objetivos de la Unión en materia de cambio climático.

Pero, a pesar de todo este apoyo político, lo cierto es que el ahorro energético no acaba de satisfacer las expectativas creadas. Como se verá posteriormente, la demanda de energía no para de crecer en todos los países, y España es un buen ejemplo de ello. ¿Cuáles son las razones de esta aparente paradoja? ¿Qué se debería hacer para corregir esta preocupante tendencia, de forma que mejore nuestro medio ambiente mediante la eficiencia y el ahorro energético? El objetivo del presente trabajo es tratar de reflexionar sobre estas preguntas. No pretende justificar la necesidad de impulsar la eficiencia energética, como ya hacen las instituciones citadas anteriormente, ni constituirse en una guía para la acción en esta materia, como el Plan de Acción de la Unión Europea. Antes bien, su objetivo es presentar un análisis crítico sobre las preguntas planteadas, como contribución al debate actual y a la definición de las políticas futuras.

Así, en el apartado 2 se ofrece una panorámica breve de la evolución del consumo de energía en España, y de

GRÁFICO 2  
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN ESPAÑA, 1990-2007  
(En ktep)



FUENTE: Agencia Internacional de la Energía.

las claves de esta evolución. En el apartado 3 se analiza la «paradoja» de la eficiencia energética, y en el apartado 4 se ofrecen algunas ideas sobre qué elementos deben incluir las políticas públicas para su promoción. Finalmente, el apartado 5 presenta algunas recomendaciones acerca de las directrices generales a seguir.

## 2. La eficiencia energética en España

En España, al igual que en el resto de Europa, existe un importante apoyo público al ahorro y la eficiencia energética. El instrumento principal es la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012, que ha sido desarrollada mediante el Plan de Acción 2008-2012, y el Plan de Activación del Ahorro 2008-2011. También se incluyen referencias al ahorro y la eficiencia energética en la Estrategia Española de Desarrollo sostenible, o en los planes nacionales de asignación (PNA) de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>.

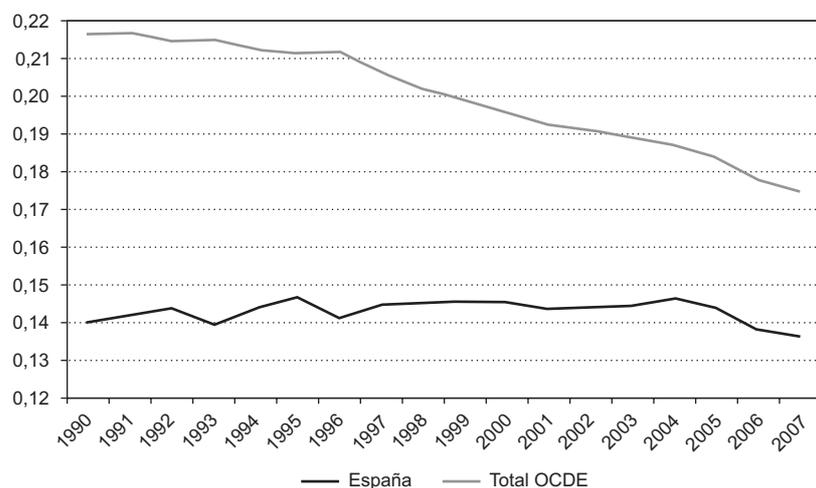
Sin embargo, como se ve en el Gráfico 2, el consumo de energía en España no ha dejado de crecer.

Se han buscado muchas explicaciones a este fenómeno, ya que lo preocupante no es únicamente que aumente el consumo energético (como en muchos otros países de nuestro entorno socioeconómico), sino que además, hasta muy recientemente, tampoco disminuía la intensidad energética de nuestra economía —que mide el consumo energético por unidad de PIB—. Como se muestra en el Gráfico 3, la intensidad energética española ha ido aproximándose a la media de la OCDE, en lugar de disminuir como en estos países.

Esta disminución de la intensidad energética de otros países, justificada en la «desmaterialización» de sus economías (Medlock, 2004), ha permitido mantener crecimientos del PIB hasta cierto punto «desacoplados» del crecimiento energético. En nuestro país, como se ve, esto no ha tenido lugar, por diversas razones que expone por ejemplo Ramos-Martín (2003).

GRÁFICO 3

EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN ESPAÑA COMPARADA CON LA OCDE, 1990-2007



NOTA: En tep por 1.000\$ de 2000, en paridad de poder de compra.  
 FUENTE: Agencia Internacional de la Energía.

Aunque puede ser que los dos últimos años (2006-07) muestren el comienzo de este proceso —o la incidencia de las políticas de estímulo del ahorro y la eficiencia—, también puede ser que reflejen el impacto de los mayores precios energéticos u otros elementos coyunturales (climatología, aportes hidráulicos, etcétera). Así, Richmond y Kaufmann (2006) defienden que la inclusión de los precios energéticos en este tipo de análisis ayuda a explicar la evolución de la intensidad en muchos países, y que cuando los precios se incluyen la hipótesis de la desmaterialización queda desmontada. De hecho, en EE UU algunos autores (Metcalf, 2008) defienden que las mejoras en la intensidad energética parecen haber venido generalmente de mejoras en la eficiencia energética de los procesos, dirigidas en parte por los precios, y no de los cambios estructurales —aunque otros como Wing (2008), en cambio, dan más peso a estos cambios estructurales.

En España, los análisis realizados por Mendiluce (2007) o Marrero y Ramos (2008) muestran que la moderación en la evolución de la intensidad energética se debe, fundamentalmente, a los cambios estructurales de la economía española (la llamada terciarización), y a la mejora de la productividad de la energía. Pero también apuntan al hecho preocupante de que, a pesar de esta terciarización de la economía, la intensidad ha aumentado en los sectores terciarios (en especial en el transporte, también por razones estructurales, y en los hogares y los servicios). Y, además, que estas tendencias no se corresponden con las que están experimentando otros países de la Unión Europea (Marrero y Ramos, 2008). Por su parte, Climent y Pardo (2007) defienden que el consumo energético está muy relacionado en España con la actividad económica, y que, por tanto, un aumento del ahorro podría tener consecuencias negativas sobre el empleo y el PIB, a menos que se emprendan cambios estructurales.

Así pues, se ve que, al contrario de otros países del entorno español, y a pesar de las buenas intenciones traducidas a diversas estrategias y planes de acción, el consumo energético en España no deja de aumentar, y todavía no está claro que la velocidad de este aumento esté disminuyendo. Y, además, la evolución de la intensidad energética refleja más bien cambios estructurales que mejoras de la eficiencia energética. Es decir, parece que las políticas de eficiencia energética no están teniendo el éxito esperado (aunque para poder afirmar esto con total rotundidad haría falta un análisis riguroso de esta cuestión, algo de lo que desgraciadamente el autor no es consciente que se haya realizado para España).

En cualquier caso, lo cierto es que conseguir mejoras en la eficiencia energética es complicado, y más aún lo es conseguir reducir el consumo energético. Gran parte de esta complejidad se debe a la paradoja de la eficiencia energética, a la que se dedica el siguiente apartado.

### 3. La paradoja de la eficiencia energética

La llamada paradoja de la eficiencia energética, o la «brecha» de la eficiencia energética (*energy efficiency gap*), consiste en la constatación de que, a pesar de que el ahorro y la eficiencia energética parecen presentar evidentes ventajas económicas —véase por ejemplo el reciente estudio de McKinsey (2007), que estima un potencial de reducción del crecimiento energético del 50 por 100 en los próximos 15 años a costes competitivos—, el nivel de inversión en ahorro y eficiencia no alcanza los niveles que corresponderían a dichas ventajas. Esto, a su vez, es lo que explica la existencia todavía de un abundante potencial por explorar a bajo coste, pues si se invirtiera todo lo esperado en ahorro y eficiencia, el potencial «rentable» se habría agotado.

Esta aparente tautología o razonamiento circular es, como se decía antes, una de las razones que pueden explicar los fracasos de muchas políticas de ahorro y eficiencia energética. No están claras las razones por las que no se invierte en ahorro y eficiencia energética,

lo que hace que no sea tan evidente cuál es el potencial real y, por tanto, no está claro cuál debe ser la política más adecuada para incentivarlo.

Existen fundamentalmente dos posiciones extremas (con sus evidentes intermedios) a la hora de explicar las razones por las que no se invierte todo lo esperado en ahorro y eficiencia energética, ejemplificadas muy bien en el debate entre Paul Joskow y Amory Lovins en *The Electricity Journal* (Joskow, 1994; Lovins, 1994) o en el número especial de *Energy Policy* acerca de este tema (Huntington *et al.*, 1994).

Por un lado, están los que defienden que la llamada paradoja de la eficiencia energética no es tal: las inversiones que tienen lugar realmente son las económicamente óptimas, dado que, salvo algunas excepciones, los mercados energéticos son eficientes. Por tanto, si se invierte menos de lo esperado en ahorro y eficiencia energética es porque la racionalidad económica de los consumidores así lo aconseja, de acuerdo con elementos habitualmente no considerados en los estudios de potencial tecnológico (como el comportamiento del consumidor). Aquí se situarían análisis como los de Metcalf y Hassett (1999). Además, también se afirma que generalmente los estudios del potencial de ahorro y eficiencia suelen subestimar los costes y sobreestimar los beneficios, dado que los suelen realizar instituciones parciales (Joskow, 1994).

En el otro bando se sitúan aquellos que defienden que los mercados energéticos están llenos de fallos, y que estos fallos explican el que la inversión en ahorro y eficiencia se aleje de su punto óptimo. Una buena ilustración de estos argumentos puede encontrarse en Koomey y Sanstad (1994). Estudios como el de Banfi *et al.* (2008), por ejemplo, muestran cómo los consumidores están dispuestos a pagar por mejoras en eficiencia energética una cantidad superior al coste de las mismas y, sin embargo, estas inversiones no se realizan finalmente. Esto puede indicar que efectivamente puede haber fallos de mercado o barreras que impidan alcanzar el nivel eficiente de ahorro y eficiencia energética.

Posiblemente, como en tantas otras cosas, la virtud esté en el término medio. Seguramente algunas de las razones para la baja inversión puedan considerarse claramente fallos de mercado (que tendrán que ser corregidos para alcanzar la eficiencia), mientras que en otras situaciones la menor inversión respecto a lo esperado pueda explicarse por la no consideración de determinados aspectos relevantes para el consumidor, y que no son fallos de mercado como tales. A continuación se exponen las razones más habituales.

Antes de entrar en la pormenorización de dichas razones, parece adecuado detenerse en el análisis de una de las razones más habitualmente esgrimidas, las tasas de descuento tan elevadas que presentan algunos consumidores al enfrentarse a las decisiones de inversión en materia de ahorro y eficiencia energética. Train (1985) hace una revisión de las tasas de descuento observadas en distintos estudios y encuentra valores de hasta un 90 por 100, que como se puede observar están muy por encima de los tipos de interés habituales en el mercado. Esta diferencia entre los tipos de interés de mercado y las tasas de descuento de los consumidores se considera, en ocasiones, la principal barrera o fallo de mercado que explica la paradoja de la eficiencia energética. Sin embargo, es preciso señalar que las tasas de descuento descritas no son valores expresados por los consumidores, sino tasas de descuento implícitas. Es decir, que no constituyen un fallo de mercado o barrera por sí mismas, ni pueden considerarse una explicación del comportamiento de los consumidores (Jaffe *et al.*, 2004) porque no existen como tales, sino que más bien son, o pueden ser, indicadores de otros fallos de mercado o barreras subyacentes en el proceso de decisión de los consumidores. Por tanto, el que algunos consumidores tengan tasas de descuento implícitas elevadas, no justifica una intervención pública si estas tasas se deben a otros factores distintos de los fallos de mercado (Hausman y Joskow, 1982). De hecho, las tasas de descuento elevadas o inconsistentes no son específicas del consumo de energía, como demuestra por ejemplo Laibson (1997).

Las principales razones que permiten explicar una inversión menor de la esperada en ahorro y eficiencia energética son:

— Bajos precios de la energía: si los precios de la energía son bajos las inversiones en ahorro y eficiencia energética no serán rentables. Esto, evidentemente, no es un fallo de mercado por sí mismo, si los precios de la energía son eficientes. El problema es que generalmente no lo son, bien porque los precios no incluyen todos los costes externos o externalidades (principalmente las medioambientales, pero no sólo), o porque existen subvenciones perversas —como el déficit de la tarifa eléctrica en España, por ejemplo— que mantienen unos precios artificialmente bajos.

— Costes de inversión mayores que los previstos: en algunas ocasiones se ha observado que los costes de la inversión son mayores de los previstos en los estudios de potencial (Dennis, 2006). Así, a veces no se recogen los costes «ocultos» (por ejemplo, un menor nivel de servicio energético, como la calidad de la iluminación), o los costes de transacción (por ejemplo, Joskow y Marron, 1992). De nuevo, no puede considerarse esto como un fallo de mercado, salvo en el caso de los costes de transacción que pueden ser reducidos mediante reformas institucionales.

— Incertidumbre e irreversibilidad de las inversiones: las inversiones en ahorro y eficiencia energética son generalmente irreversibles, es decir, una vez realizada la inversión es difícil recuperar su coste si se observa que no es necesaria o rentable. Si a esto se le suma la incertidumbre respecto a los precios energéticos, se hace evidente la necesidad de incorporar a la inversión un valor de opción o prima de riesgo (Metcalf, 1994), que es mayor cuanto más volátil sea el precio de la energía, y que hace que la inversión sea menos rentable que si no se considera este valor de opción. En general, esto no constituye un fallo de mercado, a menos que este riesgo asociado a la incertidumbre e irreversibilidad sea más diversificable a nivel social que a nivel individual. Cuando el riesgo es asistemático, y por tanto no diversificable a nivel social, no hay ningún fallo de mercado que corre-

gir (Awerbuch y Deehan, 1995). De hecho, el ahorro y la eficiencia energética constituyen una buena cobertura de riesgos (Metcalf, 1994), ya que generalmente los retornos de estas inversiones están negativamente correlacionados con los retornos de la bolsa.

— Fallos de información (que pueden incluir tanto información asimétrica, como información imperfecta o miopía): habitualmente se entiende que los consumidores no disponen de información perfecta a la hora de evaluar sus inversiones, especialmente en lo que se refiere a los precios futuros de la energía —aunque evidentemente hay una parte de este problema que se debe a la incertidumbre—, y también a las características de las opciones de ahorro y eficiencia. Si bien hay autores —como Baughman y Joskow (1975)— que defienden que el fallo de información en sí mismo no es tan grande, lo generalmente aceptado es que este déficit de información constituye un fallo de mercado que debe ser corregido.

— Racionalidad acotada: incluso disponiendo de toda la información, el consumidor puede no ser capaz de, o no estar interesado en, hacer los complejos cálculos necesarios para tomar la mejor decisión. A esto contribuye el hecho de que las implicaciones de estas decisiones sobre el presupuesto del consumidor no son generalmente significativas —de hecho, el coste adicional de comprar un equipo eficiente es generalmente muy pequeño con respecto al coste total de la compra—. Por tanto, el consumidor confía en reglas imprecisas, o en comportamientos que le han dado resultados satisfactorios anteriormente. Es decir, busca lo satisfactorio, no lo óptimo, como proponía Simon (1955). Esto lleva generalmente a que en la práctica: se conceda mayor importancia a los costes iniciales, se creen ilusiones acerca de los precios futuros, se dé mayor importancia a los costes (pérdidas) que a las ganancias (de la mayor eficiencia), etcétera. En sí mismo esto no es un fallo de mercado, sino un déficit de racionalidad económica, por parte de los consumidores, que quizá haya que corregir con medidas de «paternalismo libertario», además de con más educación e informa-

ción. Por ejemplo, Train (1985) observa que cuando los gastos tienen más relevancia, la tasa de descuento implícita del consumidor, es decir, su comportamiento, es más próximo al racional.

— Lentitud del proceso de difusión tecnológica: en los estudios de prospectiva tecnológica generalmente se es demasiado optimista respecto a la velocidad de la difusión de las nuevas tecnologías de ahorro y eficiencia. Sin embargo, Jaffe y Stavins (1994) demuestran que estos procesos son lentos, y que esta lentitud (que a su vez depende de la incertidumbre y heterogeneidad de los consumidores) permite explicar gran parte del *gap*. Esto no puede considerarse como un fallo de mercado por sí mismo. Otra cuestión es el hecho de que los procesos de innovación y difusión tecnológica llevan asociadas externalidades positivas, y que sí puede haber por tanto un fallo de mercado que corregir en este aspecto, aunque no necesariamente deba cubrir todo el *gap*. Por otra parte, también hay que tener en cuenta que acelerar la tasa de innovación puede aumentar el valor de la opción, al aumentar el coste de oportunidad (Van Soest y Bulte, 2001).

— Problema principal-agente: este fallo de mercado surge cuando el encargado de pagar la inversión no es el mismo que el que va a recibir los beneficios de la misma. Por ejemplo, los que alquilan una vivienda son habitualmente los encargados de pagar las facturas mensuales de energía, que depende del equipamiento comprado por el propietario de la vivienda. Este desacoplamiento entre la inversión y sus beneficios constituye un fallo de mercado, que debe corregirse habitualmente mediante reformas institucionales. Este problema afecta por ejemplo al 35 por 100 de la demanda residencial de energía en EE UU (Murtishaw y Sathaye, 2006).

— Imperfecciones en el mercado de capitales: otra de las razones que puede explicar la baja inversión es la dificultad en el acceso a los mercados de capitales, que por tanto impediría la financiación adecuada de las mismas. Una posible demostración de su existencia sería el hecho de que los estratos más bajos de renta muestran tasas de descuento implícitas más elevadas,

**CUADRO 1**  
**RAZONES QUE EXPLICAN UNA INVERSIÓN EN EFICIENCIA ENERGÉTICA MENOR DE LA ESPERADA**

Posibles razones	¿Puede considerarse fallo de mercado?
Bajos precios de la energía	No, en sí mismo; sí, si hay externalidades negativas de la energía no internalizadas
Costes ocultos y de transacción	No, los primeros; sí, los segundos
Incertidumbre e irreversibilidad	No, salvo que el riesgo sea más diversificable a nivel social
Fallos de información	Sí
Racionalidad acotada	No
Lentitud de la difusión tecnológica	No, en sí mismo; sí, si hay externalidades positivas de la innovación no incorporadas
Problema principal-agente	Sí
Imperfecciones en los mercados de capitales	Sí, aunque parece poco significativo
Heterogeneidad de los consumidores	No
Divergencia con tasas de descuento sociales	No, necesariamente

como reflejo de su mayor dificultad en la disponibilidad de crédito. Sin embargo, lo cierto es que también hay otros factores que pueden explicar esta situación (Hausman, 1979; Metcalf, 1994), por lo que no se suele considerar como un fallo de mercado significativo en este contexto.

— Heterogeneidad de los consumidores: una inversión que puede ser rentable para algunos consumidores puede no serlo para otros (por ejemplo, para el que usa muy poco un determinado equipo). De nuevo, esta heterogeneidad no suele estar adecuadamente recogida en los estudios de potencial tecnológico, y permite explicar algunas de sus divergencias respecto a la situación real. No es un fallo de mercado a corregir, sino un factor a incluir en los análisis.

— Finalmente, un aspecto que también se menciona en ocasiones para explicar las diferencias entre las inversiones reales y las esperadas es la divergencia entre las tasas de descuento privadas y las sociales. Éste es un debate que excede el alcance del presente trabajo, ya que afecta a todas las decisiones de la sociedad y, por tanto, no parece apropiado entrar en él. Simplemente habría que señalar que ese mismo problema existe para muchas otras inversiones, y la cuestión sería anali-

zar hasta qué punto la rentabilidad social de las inversiones en ahorro y eficiencia es superior a la del resto de inversiones.

En el Cuadro 1 se resumen todas estas razones, indicando si se pueden considerar o no fallos de mercado.

La importancia de los fallos de mercado y barreras expuestos depende del sector considerado —véase por ejemplo una descripción de las barreras concretas por sector en IPCC (2007)— y, también, del tipo de consumidor. Así, es interesante hacer notar que las tasas de descuento implícitas son más elevadas en los estratos inferiores de renta, mientras que los estratos superiores muestran tasas muy cercanas a los tipos de interés de mercado (Hausman, 1979). Esto indicaría que los fallos de mercado o barreras afectan de forma distinta a los distintos segmentos de población: por ejemplo, parece razonable pensar que los estratos más bajos tendrán menor información y educación, y también mayor dificultad en el acceso a la financiación de las inversiones.

Se puede observar, en todo caso, que existen muchas razones que permiten explicar las inversiones menores de lo esperado en ahorro y eficiencia energética, y que es complicado distinguir nítidamente entre las ra-

zones que son fallos de mercado de las que no lo son. Es necesario, sin embargo, comprender estas razones para poder diseñar las políticas adecuadas de promoción del ahorro y la eficiencia.

Hay que ser consciente, en primer lugar, de que en ocasiones la razón para que no se invierta en ahorro y eficiencia energética es porque esta inversión tiene una rentabilidad menor de la supuesta para el consumidor (valor de opción, costes «ocultos», heterogeneidad, bajos precios, etcétera), sin que esto se deba a fallos de mercado. Y por tanto, que un aumento «forzado» de la inversión en ahorro y eficiencia puede no aumentar el bienestar: el obligar a alguien a invertir en ahorro y eficiencia energética cuando claramente no lo desea —por ejemplo, porque usa muy poco su equipo energético— supondría una reducción de bienestar.

En otras ocasiones, sin embargo, sí que aparecen claramente fallos de mercado, y ahí la intervención pública parece adecuada. Ahora bien, hay que recordar que la regulación tiene siempre un coste y que, además, es imperfecta por naturaleza. Por tanto, una intervención pública sólo estará justificada si los fallos de mercado son lo suficientemente significativos, y el coste de la regulación se compense por eliminarlos. Esto depende, entre otras cosas, del tipo de política utilizado.

Estas conclusiones son, sin embargo, solamente aplicables en un entorno *first best*, en el cual se conocen todos los fallos del mercado y se pueden solucionar todos ellos. Sin embargo, la realidad es generalmente más compleja, y lo habitual es situarse en un entorno *second best*, en el que hay múltiples fallos y no es posible internalizar todos. En estas condiciones, algunos autores (Dennis, 2006) defienden que puede estar justificado ir más allá de la eliminación de los fallos de mercado, y trabajar en la eliminación de barreras siempre que pueda hacerse de modo eficiente en términos de coste, porque de una u otra forma aumentarán el bienestar. De nuevo, la clave estará en seleccionar las políticas adecuadas para alcanzar al menor coste posible el objetivo de eficiencia marcado.

#### 4. Políticas para el ahorro energético

Como se ha visto en el apartado anterior hay fallos de mercado relacionados con la baja inversión en ahorro y eficiencia energética que parece necesario corregir. Sin embargo, existe una reflexión anterior que parece imprescindible realizar, y que tiene que ver con el punto inicial de este trabajo.

Efectivamente, hay que recordar que no se está considerando el ahorro y la eficiencia energética como un fin en sí mismo para mejorar la eficiencia productiva (a este respecto, podría ser quizá más interesante aumentar antes la productividad del trabajo o del capital, es decir, del resto de los factores productivos), sino como medio para lograr mejoras medioambientales. En consecuencia, quizá fuera más razonable utilizar políticas directamente dirigidas a solucionar los fallos de mercado relacionados con el impacto ambiental, y no con la eficiencia. De hecho, éste es el enfoque preferido por algunos economistas: para solucionar el problema del cambio climático, por ejemplo, lo que hay que hacer es internalizar la externalidad correspondiente directamente. Un impuesto sobre el CO<sub>2</sub> (o un sistema equivalente de permisos de emisión negociables) cumple esta misión, y cualquier otra política accesoria no hará más que impedir la asignación eficiente de los recursos (Brookes, 2000).

Sin embargo, también hay que señalar que, al igual que ya se ha comentado antes, esto sería lo deseable en un entorno *first best*. Pero la realidad política hace que lo eficiente en la teoría no lo sea en la práctica: parece difícil imaginar impuestos sobre el CO<sub>2</sub> lo suficientemente altos como para incentivar las reducciones de emisiones necesarias (o incluso antes, confiar en una buena estimación de las externalidades para fijar estos impuestos), y un clima de estabilidad regulatoria suficiente como para que estos impuestos cumplan su papel de internalización a largo plazo. En estas condiciones, las políticas tecnológicas como las de promoción del ahorro y eficiencia energética pueden seguir teniendo un papel relevante que jugar frente al cambio climáti-

co (Linares y Pérez Arriaga, 2008). Por tanto, y como ya propuso Grubb en 1990, parece conveniente dejar de discutir sobre si hay que apoyar el ahorro y eficiencia energética y analizar cuáles son las mejores políticas (las que consiguen una mejor asignación de recursos) para alcanzar las mejoras deseadas, que deberán ser determinadas en un entorno *second best*, y no mediante una internalización —limitada por naturaleza— de los fallos de mercado.

En primer lugar, hay que recordar que lo que deben perseguir las políticas es el ahorro de energía: la mejora de la eficiencia sólo es interesante si consigue ahorros, es decir, si no hay *efecto rebote*. En segundo lugar, las políticas deben ser lo más eficaces y eficientes posible, evitando efectos como el *free riding*. Finalmente, las políticas deben ir dirigidas a los fallos de mercado o barreras que se pretenda solucionar. Así, no tendría sentido pretender solucionar un fallo de información mediante una política fiscal, o una externalidad medioambiental con campañas informativas. A continuación se van a tratar cada uno de estos aspectos.

### El efecto rebote

El efecto rebote es aquel por el cual, ante una mejora en la eficiencia energética, el consumo energético global no disminuye proporcionalmente a esta mejora, al contrario de lo que cabría esperar, sino que incluso puede aumentar. Por decirlo así, el efecto rebote mide de alguna forma la diferencia entre el ahorro energético y la eficiencia energética. El ahorro mide las reducciones en términos absolutos, mientras que la eficiencia lo hace en términos relativos. Y el efecto rebote implica la ruptura de la relación causal directa entre la mejora de la eficiencia y la reducción del consumo.

Hay tres razones para el efecto rebote, y son las que se suelen usar para clasificar sus tres modalidades:

— Directo, o efecto precio: cuando se mejora la eficiencia energética de un proceso o producto, lo que sucede es que baja implícitamente el coste de su uso, esto es, su precio efectivo. Y, si la demanda es elástica al

precio, una bajada en el precio efectivo de la energía supondrá un aumento de su consumo.

— Indirecto, o efecto renta: si baja el precio efectivo del uso de la energía (por la mejora en eficiencia), y aunque no se consuma más energía (si la demanda no es elástica), el presupuesto disponible para consumir otros bienes aumenta. Y el consumo de estos otros bienes generalmente también supone un consumo asociado de energía. De nuevo, la mejora de eficiencia puede resultar en un aumento del consumo energético.

— Macroeconómico: cuando cambian los precios efectivos de la energía también cambian los precios relativos de los factores productivos de la economía, y cambia por tanto la utilización de estos factores (favoreciendo por ejemplo los sectores más intensivos en el uso de la energía). Además, un aumento de la eficiencia suele estimular el crecimiento de la economía. Esto hace que ahorros de energía a nivel de consumidor puedan no traducirse en ahorros a nivel macroeconómico, sino que, según las circunstancias, también pueden resultar en un mayor uso de la energía en una economía.

Así pues, como se puede ver hay razones objetivas para esperar un efecto rebote ante acciones que mejoren la eficiencia energética, como ya propuso de hecho Jevons en 1865 al hablar del futuro del carbón en el Reino Unido. De hecho, desde la economía ecológica se está generalmente en contra de la eficiencia energética por su efecto sobre el flujo de la economía: cualquier aumento de eficiencia tecnológica aumenta el consumo de recursos. Sin embargo, lo importante no es tanto la existencia teórica del efecto rebote, sino su validez práctica: el efecto rebote depende de cuánto baje el precio, de la elasticidad del consumo ante los cambios de precio y de renta (incluyendo su posible saturación), de la posible sustitución entre combustibles, o de las relaciones productivas en la economía. Así que, aunque en teoría siempre se podría esperar un cierto efecto rebote, en la práctica hay situaciones donde sí es significativo y otras donde no. De hecho, las estimaciones realizadas por muchos investigadores —puede consultarse una buena, aunque algo anticuada, revisión en Greening *et al.*

(2000)— apuntan a valores muy variables. Grubb (1990), por ejemplo, argumenta que su impacto es despreciable (entre un 5 y un 15 por 100), y que cuando es mayor lo que está reflejando es un efecto sustitución no considerado. Éste quizá puede ser el efecto rebote esperable en el consumo de electricidad, con una elasticidad reducida. Sin embargo, en otros sectores como el transporte se han observado efectos rebote de hasta el 67 por 100 (Frondel *et al.*, 2008). A nivel macroeconómico también se han estimado efectos rebote significativos: Barker *et al.* (2007) estimaron un 19 por 100 para el Reino Unido, Mizobuchi (2008) un 27 por 100 en Japón, y Hanley *et al.* (2009) un 50 por 100 a corto plazo y un 130 por 100 a largo plazo para Escocia.

Es importante destacar que, siempre que el efecto rebote sea inferior al 100 por 100, habrá reducción del consumo, y por tanto del impacto ambiental —y esta reducción del consumo debe evaluarse respecto al escenario en ausencia de eficiencia energética, no del tendencial—. Por tanto, el efecto rebote en sí mismo no hace que se deba abandonar la eficiencia energética, tal como proponen algunos autores como Herring. De hecho, el mismo Jevons se equivocó al predecir el agotamiento del carbón en el Reino Unido (o más bien acertó por las razones equivocadas). Otra cosa es que esta reducción cueste más de lo previsto (al ser menor la cantidad de ahorro lograda para un mismo coste).

Finalmente, es interesante señalar que el efecto rebote no es necesariamente pernicioso, ya que se produce como consecuencia de la maximización del bienestar del consumidor. Ahora bien, lo cierto es que mitiga la reducción del consumo energético, y por tanto reduce la eficacia de las mejoras de eficiencia en la mitigación de su impacto ambiental.

### **Free riding**

Como cualquier otra política pública, los programas de ahorro y eficiencia energética deben tratar de ser eficientes, es decir, utilizar los recursos de forma óptima. Sin embargo, en ocasiones se observa que parte de es-

tos recursos son malgastados, ya que no eran necesarios para conseguir una determinada reducción del consumo energético. Esto se produce generalmente asociado con el *free riding*, o la situación en la cual algunos agentes perciben recursos públicos para realizar acciones que hubieran llevado a cabo aun en ausencia de estos recursos. Joskow y Marron (1992) identificaron una cantidad significativa de *free riding* en los programas de ahorro y eficiencia promovidos por las compañías distribuidoras de electricidad en EE UU, y Hassett y Metcalf (1995) detectaron que una gran parte de las subvenciones para el ahorro energético eran recibidas por los hogares que iban a hacer las inversiones en cualquier caso. Por tanto, este dinero público no era necesario. En Alemania, Grosche y Vance (2008) observaron que un 50 por 100 de los hogares a los que se facilitaron subvenciones para su renovación energética estaban dispuestos a pagar más que el coste sin subvención, y por tanto también se aprovecharon de la subvención.

Evidentemente, parece deseable diseñar las políticas de forma que se minimice este efecto, a la vez que se mantienen los efectos beneficiosos de las políticas utilizadas.

### **Tipos de políticas**

A continuación se describen los rasgos generales de las principales alternativas para la corrección de los fallos de mercado referidos anteriormente, y para conseguir eficientemente los objetivos medioambientales que se planteen. No se va a hablar aquí de políticas específicas ya que existe abundante literatura sobre el tema. Gibbons y Gwin (2004), por ejemplo, ofrecen una buena recopilación histórica de las principales medidas de ahorro energético, mientras que Gillingham *et al.* (2006) analizan retrospectivamente las medidas aplicadas en EE UU. En el plano teórico, Bye y Bruvold (2008) ofrecen un buen análisis de las distintas medidas para promover el ahorro y la eficiencia. Finalmente, en lo que respecta a propuestas para el futuro, el

Plan de Acción de la UE (EC, 2006b) ofrece una amplia batería de medidas, al igual que hacen para el caso español Pérez Arriaga *et al.* (2005) para el sector eléctrico, o Pérez Arriaga *et al.* (2007) para los sectores de la edificación y el transporte. A nivel internacional también es interesante el informe del *World Energy Council* (WEC, 2008).

### Estándares

Los estándares tecnológicos, generalmente referidos a una eficiencia energética mínima de distintos equipos energéticos, han sido, y siguen siendo, la política más popular en materia de ahorro y eficiencia energética, posiblemente por su atractivo político —entre otras cosas porque sus costes no son transparentes, en especial para el consumidor; porque son efectivos (en cuanto a la eficiencia, no necesariamente tanto respecto al ahorro); y porque son relativamente fáciles de implantar en el aspecto institucional—. Tratan de resolver problemas como la información incompleta, la racionalidad acotada o la lentitud en la difusión tecnológica. Nadel (2002) ofrece una buena perspectiva de la aplicación de los estándares en distintos países.

Cuando los estándares son absolutos, es decir, cuando se impone una reducción absoluta y obligatoria de consumo energético (asegurada a poder ser por una multa en caso de incumplimiento) este tipo de estándares son muy efectivos en cuanto a ahorro energético (Waide y Buchner, 2008). Sin embargo, esto no es lo habitual: los estándares suelen ser relativos, al referirse a la eficiencia energética de los equipos, y lo cierto es que plantean muchos problemas (Hausman y Joskow, 1982).

Hay situaciones en que los estándares no son recomendables de partida: por ejemplo, cuando la tecnología avanza tan rápido que los estándares estorban, más que incentivan el cambio tecnológico. En esta situación, para ser efectivos deberían ser actualizados continuamente, y es discutible si el gobierno es el más cualificado para ello (Jaffe y Stavins, 1994).

En cuanto a los problemas genéricos de los estándares, el primero de ellos es que típicamente suponen un aumento de los costes de inversión y una disminución de los costes de utilización. Dado el carácter hundido de los costes de inversión, esto genera una alta posibilidad de rebote. Este rebote aumenta cuando los estándares no van acompañados de programas de retirada acelerada, porque en esta situación muchos consumidores pueden conservar los equipos antiguos, como los famosos «frigoríficos para cerveza» en EE UU y Canadá (Young, 2008).

El segundo es que, en contra de lo que defienden algunos (Nadel, 2002), los estándares suponen un mayor coste para el consumidor, pero oculto. Los estudios que defienden el no incremento de costes comparan los precios de los equipos antes y después de los estándares, pero no comparan con los precios que hubieran existido después sin estándares. De hecho, parece difícil creer que la mera imposición de los estándares haga conscientes a los fabricantes de la necesidad de bajar los precios. Generalmente, lo que sucede es que los fabricantes compensan el mayor coste del equipo eficiente con reducciones de coste en otros elementos (Nadel, 2002), así que sí se puede decir que existe un coste, aunque sea de oportunidad y no explícito.

Finalmente, el fijar unos estándares uniformes puede también disminuir el bienestar si hay heterogeneidad entre los consumidores (tanto intrínseca, debida a sus gustos, como debida a otros factores como los climáticos). Esto se puede resolver permitiendo que los objetivos de ahorro sean intercambiables, como ocurre bajo el esquema de certificados blancos negociables (Bertoldi y Rezzesy, 2008).

### Certificados blancos negociables

Los certificados blancos negociables, o *tradable white certificates* (TWC), consisten en fijar una cantidad absoluta de reducción en consumo energético para luego permitir que la obligación de reducción se pueda intercambiar entre los agentes obligados a la misma median-

te certificados negociables. En este sentido, son similares a los permisos de emisión negociables.

Este esquema está cobrando gran importancia, últimamente, por su potencial de eficiencia económica para lograr un objetivo dado —aunque menor que la de otros instrumentos, ver Giraudet y Quirion (2008)—, además de otras ventajas como su aceptabilidad política, su mayor flexibilidad, o el énfasis en el ahorro absoluto (Perrels, 2008). Por todo ello generalmente son preferibles a los estándares de eficiencia energética.

Evidentemente también tienen problemas (Langniss y Praetorius, 2006): hay que definir correctamente la línea de base para evaluar el ahorro, hay que reducir al máximo los costes de transacción, suele ser necesario fijar límites sectoriales, etcétera. Las experiencias hasta el momento en el Reino Unido, Francia e Italia han sido positivas (Mundaca, 2007; Pavan, 2008) aunque efectivamente aún quedan problemas por resolver.

### *Impuestos*

Entre los economistas el uso de los precios se considera, habitualmente, como la herramienta más poderosa para la promoción del ahorro y la eficiencia energética: si los precios energéticos no incorporan las externalidades, o no son suficientes para incentivar la eficiencia energética, deben ser incrementados (por ejemplo, mediante impuestos). De hecho, la hipótesis de la innovación inducida (Newell *et al.*, 1999) dice que un aumento en los precios de la energía induce cambios tecnológicos que permiten una mejora en la eficiencia energética. Y así se ha visto también en algunos estudios de evolución de intensidad energética ya citados anteriormente —aunque otros como Wing (2008) no encuentran esta relación—. A nivel global, lo habitual es que sean los países con los precios energéticos más altos (como los países nórdicos) los que también tienen mayores niveles de eficiencia energética.

Los impuestos no tienen los mismos problemas de los estándares: sus costes son transparentes, son compati-

bles con la heterogeneidad de los consumidores, e incentivan por sí mismos el cambio tecnológico.

Otra ventaja de este tipo de instrumento es que, al no reducir el precio efectivo de la energía, elimina a corto plazo el efecto rebote directo (aunque a largo plazo, al incentivar la eficiencia energética y por tanto la reducción del precio, también pueden generar cierto rebote directo, y el efecto indirecto y el macroeconómico siguen existiendo) y tampoco da lugar a *free riding*. Además, y dado el carácter irreversible de las inversiones en ahorro y eficiencia, la reacción ante una subida de precios es más intensa que la que se experimenta ante una bajada de los mismos, lo cual de nuevo prueba el valor de estos instrumentos (Gately y Huntington, 2002).

Sin embargo, chocan con dos problemas fundamentales: en primer lugar, si la elasticidad es baja (como parecen indicar muchos estudios), el potencial de los instrumentos basados en precio para inducir ahorros en el consumo energético parece limitado. Así, Linn (2006) dice que hace falta un 10 por 100 de incremento en el precio para reducir la demanda en un 1 por 100.

En segundo lugar, los impuestos no gozan de una elevada aceptación social. De hecho, la subida de los precios de la energía siempre se enfrenta a una fuerte contestación social, que incluye los efectos sobre las rentas más bajas (ya que la energía es un bien de primera necesidad, la subida de precios tiene siempre un carácter regresivo). Aunque aquí sería bueno recordar el segundo teorema de la teoría del bienestar —es posible combinar la mayor eficiencia del instrumento de precio con una redistribución adecuada de la renta para, manteniendo la eficiencia, mejorar la equidad—, lo cierto es que la mayoría de los consumidores prefieren los incentivos a los impuestos (Boardman, 2004).

### *Incentivos*

Los incentivos, como se ha comentado, tienen una gran aceptación política y social, lo que explica su uso muy extendido como herramienta de promoción del ahorro y la eficiencia, en especial en lo que se refiere

a la compra de equipos eficientes. Además, existen razones objetivas (basadas en los conceptos ya mencionados de racionalidad acotada e incertidumbre) que explican que los incentivos puedan ser más efectivos que los impuestos. Jaffe y Stavins (1994) encontraron que los subsidios al coste de inversión eran tres veces más efectivos que una subida de precios equivalente. Hassett y Metcalf (1995), por su parte, también aportan evidencia de que las desgravaciones fiscales por inversión en ahorro y eficiencia son hasta ocho veces más eficaces que una subida de precios equivalente.

Sin embargo, los incentivos permiten (y favorecen) el efecto rebote, al reducir el precio efectivo de la energía, y también permiten la existencia de *free riding*. Por tanto, su efectividad y eficiencia última se ven muy comprometidas, aunque evaluaciones sencillas puedan concluir que han resultado exitosos.

Ésta ha sido la situación, por ejemplo, en los programas de incentivos utilizados por las empresas eléctricas (uno de los principales vehículos de promoción del ahorro y la eficiencia energética). Si bien las estimaciones ofrecidas por las empresas apuntan a reducciones importantes con bajos costes —más aún teniendo en cuenta que esta área no es el negocio principal de las empresas, sino todo lo contrario—, Joskow y Marron (1992) o Loughran y Kulick (2004) encontraron que las reducciones eran menores de lo esperado, con costes mayores —aunque Aufhammer *et al.* (2008) han revisado algunas de estas estimaciones con una conclusión más optimista—.

Cabe señalar a este respecto que, en este caso, no sólo existe el problema de los incentivos en sí mismos, sino que además hay una falta de alineamiento entre los intereses de la empresa eléctrica y los del ahorro, ya que una mayor eficiencia puede llevar a un menor nivel de ventas e ingresos. En este sentido, las propuestas —comunes a todos los tipos de instrumentos de promoción del ahorro y la eficiencia— van en la línea de desacoplar los ingresos de las ventas, o de sacar la obligación de eficiencia de las empresas y asignársela a agencias o em-

presas independientes (Waide y Buchner, 2008; Munns, 2008).

#### *Políticas de mejora de la información*

Los programas de información como el etiquetado energético se dirigen directamente al fallo de mercado de la información incompleta y, también, a la barrera que supone la racionalidad acotada del consumidor. Aunque hay algunos autores (Hassett y Metcalf, 1993) que dicen que la información por sí sola no es efectiva porque el fallo de información no es muy significativo —Bill *et al.* (1999), por ejemplo, encontraron que el nivel de educación (y por tanto de información) no tenía mucho efecto en las inversiones en ahorro energético en aislamiento—, otros sí consideran que las políticas de este tipo son muy valiosas y muy eficaces en términos de costes. Por ejemplo, Boardman (2004) dice que el aumento del nivel de conocimiento sobre el consumo energético de equipos en *stand by* reduce su uso. En otro estudio, Zografakis *et al.* (2008) encuentra un impacto positivo de la educación en el ahorro energético. Ahora bien, la información debe ser lo suficientemente completa. Sanstad y Howarth (1994), por ejemplo, dicen que las políticas de etiquetado energético no sirven para nada si no se conocen los precios y, por tanto, se cuantifica el ahorro esperado.

#### *Combinaciones de políticas*

Si bien en teoría se pueden observar ventajas evidentes en algunos de los instrumentos descritos, también se aprecia cómo todos ellos presentan inconvenientes, y más aún en su aplicación práctica. Por ello, puede resultar razonable utilizar combinaciones de las distintas políticas como modo más efectivo de promover el ahorro y la eficiencia energética (Metcalf, 2006).

A ello colaboran dos factores. En primer lugar, el hecho de que las políticas pueden agotarse en sus posibilidades, y por tanto ir mitigando su respuesta. Por ejemplo, Woods (2008) en su estudio de medidas aplicadas por los consumidores residenciales en EE UU observa

que hay poco potencial para el ajuste de termostatos, porque esta medida ya es muy popular. Ante este agotamiento de potencial puede interesar acudir a otro tipo de política.

En segundo lugar, también hay que recordar la importancia de las interacciones entre instrumentos: muchas medidas pueden afectar a la elasticidad demanda-precio y, por tanto, a la efectividad de los instrumentos basados en precio (Boonekamp, 2007). Por ejemplo, Newell *et al.* (1999) comprobaron que el efecto de los precios es mayor cuando hay programas de información asociados, porque aumentan la sensibilidad de las decisiones al precio.

## 5. Conclusiones

Este trabajo ha tratado de reflexionar sobre cómo las políticas de ahorro y eficiencia energética pueden contribuir al logro de los objetivos medioambientales y, en especial, a los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Efectivamente, el consumo energético está altamente relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub>, y por tanto el ahorro de energía es absolutamente fundamental para la reducción de dichas emisiones. Sin embargo, también hay que recordar que, si el objetivo final es la reducción de emisiones, el ahorro energético debe interpretarse como un medio para lograr este objetivo, y no como un fin en sí mismo. Por tanto, si el objetivo es la mejora medioambiental, las políticas prioritarias deberían ser aquellas enfocadas directamente a la reducción de impactos, como las cuotas de emisión (negociables o no) o los impuestos sobre las emisiones.

Ahora bien, y como ya se ha mencionado, parece claro que, en un entorno *second best*, en algunos casos, como el del cambio climático, estas políticas prioritarias no son suficientes, y que por tanto son necesarias políticas de acompañamiento en materia de ahorro y eficiencia energética. Estas políticas tratarían de conseguir los volúmenes de ahorro energético necesarios para reducir las emisiones a los niveles requeridos, incluso aun-

que eso suponga ir más allá de la mera internalización de los fallos de mercado y, por tanto, más allá de los niveles de ahorro energético económicamente «eficientes». Esto, a su vez, puede incluso suponer, desde el punto de vista estrictamente económico, un empeoramiento del bienestar del consumidor —sabiendo que por otra parte están mejorándolo en términos de costes evitados por los daños ambientales—.

Por tanto, desde el momento en que el ahorro energético es superior al nivel económicamente «eficiente» —que recordemos es el que resultaría de la internalización de los fallos de mercado, pero no de la corrección de otras barreras—, todas las acciones que se planteen en términos de ahorro y eficiencia energética tendrán un coste económico para la sociedad. A ello habrá que sumar, además, los costes propios de las políticas de estímulo. Es decir, que a pesar de que algunos estudios ya citados hablan de costes negativos para las acciones de ahorro, hay que ser plenamente consciente de que, en general, las políticas de ahorro y eficiencia tendrán un coste económico para la sociedad. Por supuesto, esto no quiere decir que estos costes no deban incurrirse, si los beneficios que resultan de estas acciones en términos medioambientales los compensan, como parece ser el caso en material de cambio climático. Pero sí que no hay que creerse fácilmente la existencia de soluciones milagrosas —por baratas y eficaces—, que, como se ha mencionado, son limitadas.

Un aspecto fundamental también a subrayar es que, a la hora de diseñar las políticas para promover el ahorro, no se debe confundir la eficiencia energética con el ahorro: si bien casi todas las acciones se suelen enfocar a la mejora de la primera, esto no supone en todos los casos un aumento correspondiente del segundo debido al efecto rebote. Por tanto, parecería recomendable cambiar la orientación de las políticas, abandonando la idea de la eficiencia energética como fin en sí mismo y orientándolas más bien hacia el ahorro.

En todo caso, los instrumentos económicos como los impuestos o los certificados blancos negociables parecen revelarse muy superiores a otros como los estándar-

res o los incentivos, que hacen aparecer en mayor medida fenómenos contraproducentes como el efecto rebote o el *free riding*. También parece muy conveniente la provisión de información suficiente a los consumidores. En los casos en que la falta de ahorro se deba a cuestiones de aparente falta de racionalidad de los agentes pueden ser necesario otro tipo de políticas que corrijan esta falta de racionalidad en su origen.

Finalmente, parece imprescindible avanzar en el análisis de la efectividad y eficiencia de las distintas políticas de ahorro energético. Desgraciadamente, no existen en España evaluaciones rigurosas del impacto de las políticas de ahorro, no tanto en cuanto a volumen de inversión o número de actuaciones, sino en cuanto a reducción inducida en el consumo energético. Esto contrasta con la situación en EE UU, por ejemplo, donde se han identificado más de 1.000 estudios de evaluación de efectos de programas de ahorro y eficiencia energética (Vine, 2008). Sólo mediante una evaluación rigurosa será posible diseñar las políticas más acertadas para el ahorro energético y, con ello, contribuir de la manera más eficiente a la mejora medioambiental.

## Referencias bibliográficas

- [1] AUFHAMMER, M.; BLUMSTEIN, C. y FOWLIE, M. (2008): «Demand-Side Management and Energy Efficiency Revisited», *Energy Journal*, 29: 91-104.
- [2] AWERBUCH, S. y DEEHAN, W. (1995): «Do Consumers Discount the Future Correctly? A Market-Based Valuation of Residential Fuel Switching», *Energy Policy*, 23: 57-69.
- [3] BANFI, S.; FARSI, M.; FILIPPINI, M. y JAKOB, M. (2008): «Willingness to Pay for Energy-Saving Measures in Residential Buildings», *Energy Economics*, 30: 503-516.
- [4] BARKER, T.; EKINS, P. y FOXON, T. (2007): «Macroeconomic Effects of Efficiency Policies for Energy-Intensive Industries: The Case of the UK Climate Change Agreements, 2000-2010», *Energy Economics*, 29: 760-778.
- [5] BAUGHMAN, M. y JOSKOW, P. (1975): «The Effects of Fuel Prices on Residential Appliance Choice in the United States», *Land Economics*, 51: 41-49.
- [6] BERTOLDI, P. y REZESSY, S. (2008): «Tradable White Certificate Schemes: Fundamental Concepts», *Energy Efficiency*, 1: 237-255.
- [7] BOARDMAN, B. (2004): «New Directions for Household Energy Efficiency: Evidence from the UK», *Energy Policy*, 32: 1921-1933.
- [8] BOONEKAMP, P. G. M. (2007): «Price Elasticities, Policy Measures and Actual Developments in Household Energy Consumption - A Bottom up Analysis for the Netherlands», *Energy Economics*, 29: 133-157.
- [9] BRILL, A. M.; HASSETT, K. A. y METCALF, G. E. (1999): «Household Energy Conservation Investment and the Uninformed Consumer Hypothesis», *Discussion Paper 99-18*, Tufts University.
- [10] BROOKES, L. (2000): «Energy Efficiency Fallacies Revisited», *Energy Policy*, 28: 355-366.
- [11] BYE, T. y BRUVOLL, A. (2008): «Multiple Instruments to Change Energy Behavior: The Emperor's New Clothes?», *Energy Efficiency*, 1: 373-386.
- [12] CLIMENT, F. y PARDO, A. (2007): «Decoupling Factors on the Energy-Output Linkage: The Spanish Case», *Energy Policy*, 35: 522-528.
- [13] DENNIS, K. (2006): «The Compatibility of Economic Theory and Proactive Energy Efficiency Policy», *The Electricity Journal*, 19: 58-73.
- [14] EC (2005): *Libro Verde de Eficiencia Energética «Hacer más con menos»*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- [15] EC (2006a): *Green Paper. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*. COM(2006) 105 final.
- [16] EC (2006b): *Plan de Acción para la Eficiencia Energética*. Comisión Europea. COM(2006)545 final
- [17] EC (2008): *Climate Action. Energy for a changing world*. European Commission, [http://ec.europa.eu/climateaction/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/climateaction/index_en.htm).
- [18] FRONDEL, M.; PETERS, J. y VANCE, C. (2008): «Identifying the Rebound: Evidence from a German Household Panel», *Energy Journal*, 29: 145-164.
- [19] GATELY, D. y HUNTINGTON, H. (2002): «The Asymmetric Effects of Changes in Price and Income on Energy and Oil Demand», *Energy Journal*, 23: 19-55.
- [20] GIBBONS, J. H. y GWIN, H. L. (2004): «History of Conservation Measures for Energy», *Encyclopedia of Energy*, 1: 649-659.
- [21] GILLINGHAM, K.; NEWELL, R. y PALMER, K. (2006): «Energy Efficiency Policies: A Retrospective Examination», *Annual Review of the Environment and Resources*, 31: 161-192.
- [22] GIRAUDET, L. G. y QUIRION, P. (2008): «Efficiency and Distributional Impacts of Tradable White Certificates Compared to Taxes, Subsidies and Regulations», *FEEM Nota di Lavoro* 88.2008.

- [23] GREENING, L.; GREENE, D. L. y DIFIGLIO, C. (2000): «Energy Efficiency and Consumption —The Rebound Effect— A Survey», *Energy Policy*, 28: 389-401.
- [24] GROSCHE, P. y VANCE, C. (2008): «Willingness-to-pay for Energy Conservation and Free-Ridership on Subsidization. Evidence from Germany», *Ruhr Economic Papers* número 58.
- [25] GRUBB, M. (1990): «Energy Efficiency and Economic Fallacies», *Energy Policy*, 18: 783-785.
- [26] HANLEY, N.; MCGREGOR, P. G.; SWALES, J. K. y TURNER, K. (2009): «Do Increases in Energy Efficiency Improve Environmental Quality and Sustainability?», *Ecological Economics*, 68: 692-709.
- [27] HASSETT, K. A. y METCALF, G. E. (1993): «Energy Conservation Investment. Do Consumers Discount the Future Correctly?», *Energy Policy*, 21: 710-716.
- [28] HASSETT, K. A. y METCALF, G. E. (1995): «Energy Tax Credits and Residential Conservation Investment: Evidence from Panel Data», *Journal of Public Economics*, 57: 201-217.
- [29] HAUSMAN, J. A. (1979): «Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using Durables», *The Bell Journal of Economics*, 10: 33-54.
- [30] HAUSMAN, J. A. y JOSKOW, P. L. (1982): «Evaluating the Costs and Benefits of Appliance Efficiency Standards», *American Economic Review*, 72: 220-225.
- [31] HUNTINGTON, H.; SCHIPPER, L. y SANSTAD, A. H. (1994): «Markets for Energy Efficiency. Editor's Introduction», *Energy Policy*, 22: 795-797.
- [32] IEA (2008): *Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios and Strategies to 2050*. International Energy Agency: París.
- [33] IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, PACHAURI, R. K. y REISINGER, A. (eds.)], IPCC, Geneva, Switzerland.
- [34] JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G. y STAVINS, R. N. (2004): «Economics of Energy Efficiency», *Encyclopedia of Energy*, 2: 79-90.
- [35] JAFFE, A. B. y STAVINS, R. N. (1994): «The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology», *Resource and Energy Economics*, 16: 91-122.
- [36] JOSKOW, P. L. (1994): «More from the Guru of Energy Efficiency: "There Must be a Pony!"», *The Electricity Journal*, 7: 50-61.
- [37] JOSKOW, P. L. y MARRON, D. B. (1992): «What does a Negawatt Really Cost? Evidence from Utility Conservation Programs», *Energy Journal*, 13: 41-75.
- [38] KOOMEY, J. G. y SANSTAD, A. H. (1994): «Technical Evidence for Assessing the Performance of Markets Affecting Energy Efficiency», *Energy Policy*, 22: 826-832.
- [39] LAIBSON, D. (1997): «Golden Eggs and Hyperbolic Discounting», *Quarterly Journal of Economics*, 62: 443-77.
- [40] LANGNISS, O. y PRAETORIUS, B. (2006): «How Much Market do Market-Based Instruments Create? An Analysis for the Case of "White" Certificates», *Energy Policy*, 34: 200-211.+
- [41] LINARES, P. y PÉREZ-ARRIAGA, I. (2008): «Promoting Investment in Low-Carbon Energy Technologies», *European Review of Energy Markets*, en prensa.
- [42] LINN, J. (2006): «Energy Prices and the Adoption of Energy-Saving Technology», *Working Paper 06-12*, MIT CEEPR.
- [43] LOUGHRAN, D. S. y KULICK, J. (2004): «Demand-Side Management and Energy Efficiency in the United States», *Energy Journal*, 25: 19-43.
- [44] LOVINS, A. B. (1994): «Apples, Oranges and Horned Toads: Is the Joskow & Marron Critique of Electric Efficiency Costs Valid?», *The Electricity Journal*, 7: 29-49.
- [45] MARRERO, G. A. y RAMOS, F. J. (2008): «La intensidad energética en la UE-15 en el periodo 1990-2005. ¿Por qué ha crecido en unos países y disminuido en otros?», *mimeo*.
- [46] MCKINSEY (2007): *Curbing Global Energy Demand Growth: The Energy Productivity Opportunity*, McKinsey Global Institute, May 2007.
- [47] MEDLOCK, K. B. (2004): «Economics of Energy Demand», *Encyclopedia of Energy*, 2: 65-78.
- [48] MENDILUCE, M. (2007): «Cómo afectan los cambios estructurales a la intensidad energética en España», *Economía*, 65: 362-385.
- [49] METCALF, G. E. y HASSETT, K. A. (1999): «Measuring the Energy Savings from Home Improvement Investments: Evidence from Monthly Billing Data», *Review of Economics and Statistics*, 81: 516-528.
- [50] METCALF, G. E. (1994): «Economics and Rational Conservation Policy», *Energy Policy*, 22: 819-825.
- [51] METCALF, G. E. (2006): «Energy Efficiency Overview Paper», *Pew Center/NCEP 10-50 Workshop*.
- [52] METCALF, G. E. (2008): «An Empirical Analysis of Energy Intensity and its Determinants at the State Level», *Energy Journal*, 29: 1-26.
- [53] MIZOBUCHI, K. (2008): «An Empirical Study on the Rebound Effect Considering Capital Costs», *Energy Economics*, 30: 2486-2516.
- [54] MUNDACA, L. (2007): «Transaction Costs of Tradable White Certificate Schemes: The Energy Efficiency Commitment as Case Study», *Energy Policy*, 35: 4140-4354.
- [55] MUNNS, D. (2008): «Modeling New Approaches for Electric Energy Efficiency», *The Electricity Journal*, 21: 20-16.
- [56] MURTISHAW, S. y SATHAYE, J. (2006): «Quantifying the Effect of the Principal-Agent Problem on US Residential Energy Use», *LBNL-59773 Rev.*, August.
- [57] NADEL, S. (2002): «Appliance and Equipment Efficiency Standards», *Annual Review of Energy and the Environment*, 27: 159-192.

- [58] NEWELL, R. G.; JAFFE, A. B. y STAVINS, R. N. (1999): «The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change», *Quarterly Journal of Economics*, 114: 941-975.
- [59] PAVAN, M. (2008): «Tradable Energy Efficiency Certificates: the Italian Experience», *Energy Efficiency*, 1: 257-266.
- [60] PÉREZ-ARRIAGA, J. I.; GARCÍA CASALS, X.; MENDILUCE, M.; MIRAS, P. y SÁNCHEZ DE TEMBLEQUE, L. J. (2007): «La gestión de la demanda de energía en los sectores de la edificación y el transporte», *Documento de Trabajo 114/2007*, Fundación Alternativas.
- [61] PÉREZ-ARRIAGA, J. I.; SÁNCHEZ DE TEMBLEQUE, L. J. y PARDO, M. (2005): «La gestión de la demanda de electricidad», *Documento de Trabajo 65 (I) / 2005*, Fundación Alternativas.
- [62] PERRELS, A. (2008): «Market Imperfections and Economic Efficiency of White Certificate Systems», *Energy Efficiency*, 1: 349-371.
- [63] RAMOS-MARTÍN, J. (2003): «Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada», *Economía Industrial*, 351: 59-72.
- [64] RICHMOND, A. K. y KAUFMANN, R. K. (2006): «Energy Prices and Turning Points: The Relationship Between Income and Energy Use / Carbon Emissions», *Energy Journal*, 27: 157-178.
- [65] SANSTAD, A. H. y HOWARTH, R. B. (1994): «Normal Markets, Market Imperfections and Energy Efficiency», *Energy Policy*, 22: 811-818.
- [66] SIMON, H. A. (1955): «A Behavioral Model of Rational Choice», *Quarterly Journal of Economics*, 69: 99-118.
- [67] TRAIN, K. (1985): «Discount Rates in Consumers' Energy-Related Decisions: A Review of the Literature», *Energy*, 10: 1243-1253.
- [68] VAN SOEST, D. P. y BULTE, E. H. (2001): «Does the Energy-Efficiency Paradox Exist? Technological Progress and Uncertainty», *Environmental and Resource Economics*, 18: 101-112.
- [69] VINE, E. (2008): «Breaking Down the Silos: The Integration of Energy Efficiency, Renewable Energy, Demand Response and Climate Change», *Energy Efficiency*, 1: 49-63.
- [70] WAIDE, P. y BUCHNER, B. (2008): «Utility Energy Efficiency Schemes: Savings Obligations and Trading», *Energy Efficiency*, 1: 297-311.
- [71] WEC (2008): *Energy Efficiency Policies Around the World: Review and Evaluation*, World Energy Council.
- [72] WING, I. S. (2008): «Explaining the Declining Energy Intensity of the US Economy», *Resource and Energy Economics*, 30: 21-49.
- [73] WOODS, J. (2008): «What People Do When They Say They Are Conserving Electricity», *Energy Policy*, 36: 1945-1956.
- [74] YOUNG, D. (2008): «When Do Energy-Efficient Appliances Generate Energy Savings? Some Evidence from Canada», *Energy Policy*, 36: 34-46.
- [75] ZOGRAFAKIS, N.; MENEGAKI, A. N. y TSAGARAKIS, K. P. (2008): «Effective Education for Energy Efficiency», *Energy Policy*, 36: 3216-3222.