

Análisis de los procedimientos de reducción de emisiones de CO₂ en el sector del transporte de pasajeros por carretera

El sector del transporte ha recibido una atención considerable en el contexto del cumplimiento de los objetivos de reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero establecidos en el Protocolo de Kioto. Existe un intenso debate sobre cuales son las medidas más eficaces y eficientes a aplicar en este sector para reducir esas emisiones. En este trabajo se analiza la idoneidad de una amplia gama de procedimientos de reducción de las emisiones de CO₂ en el sector del transporte, en función de varios criterios y se presta especial atención al transporte de pasajeros por carretera. Se identifican las ventajas y desventajas de cada instrumento con respecto a otros, sus interacciones y las mejores combinaciones de los mismos.

Negutegi-efektua sortzen duten gasak murrizteko Kiotoko Protokoloan zehaztutako helburura iristeko, arreta handia jarri da garraioaren sektorean. Asko eztabaidatzen ari da gas-isuri horiek murrizteko sektore horretarako neurri eraginkor eta efizienteenak zeintzuk diren jakiteko. Lan honetan CO₂ isurketak murrizteko dauden hainbat prozedura aztertu eta zenbateraino diren egokiak ikusi da, berriz garraioaren arloan, hainbat irizpide kontuan izanda eta errepide bidez garraiatutako bidaiarientan oinarrituta. Aukera bakoitzak besteekin alderatuta dituen alde onak eta txarrak identifikatu dira, zer nolako elkarreragina duten, eta zeintzuk diren konbinaziorik onenak.

The transport sector has recently received a considerable attention in the context of compliance with greenhouse gas emissions reduction targets, as those set in the Kyoto Protocol. There is currently an intense debate on which measures are more effective and efficient to curb CO₂ emissions in this sector. This article analyses the suitability of different CO₂ emissions reductions instruments as applied in the transport sector, taking into account different criteria and focusing on passenger transport by road. The comparative advantages and drawbacks of different instruments are identified and their mutual interactions and best policy combinations analysed.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Factores determinantes de las emisiones de CO₂ en el sector transporte y alternativas de mitigación
 3. Instrumentos de reducción de emisiones de CO₂ en el sector transporte
 4. Criterios para la comparación entre instrumentos
 5. Las ventajas y desventajas de los instrumentos
 6. Interacciones y combinaciones de instrumentos
 7. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: emisiones de CO₂ en el transporte, instrumentos de mitigación.

Keywords: transport CO₂ emissions, mitigation instruments.

N.º de clasificación JEL: L91, Q54, Q58, R48.

1. INTRODUCCIÓN

El sector del transporte está recibiendo una atención considerable en el contexto del cumplimiento de los objetivos de reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) establecidos en el Protocolo de Kioto. Esto se debe en parte al peso de este sector en las emisiones totales de GEI, tanto a escala mundial como europea y nacional, así como a la elevada tasa de crecimiento de estas emisiones.

A escala mundial, las emisiones de CO₂ en el sector del transporte ascendían a 6,3 Gt de CO₂ en 2004, lo que representaba el 23% de las emisiones energéticas de CO₂, siendo su tasa de crecimiento la mayor de entre los sectores de uso final de la energía.

El subsector del transporte por carretera supone el 74% de las emisiones totales de CO₂ del transporte. Las previsiones son que los mayores crecimientos de estas emisiones tendrán lugar en los países menos desarrollados (IPCC, 2007).

En Europa, las emisiones del sector transporte representan el 28% de las emisiones totales de GEI y su tasa de crecimiento fue del 24% en el periodo 1990-2005, aunque con grandes diferencias entre Estados miembros (las de España crecieron un 81%) (*European Environmental Agency (EEA), 2008*). Si las emisiones del transporte hubieran seguido la misma tendencia de reducción que la observada para todos los sectores, la reducción de las emisiones de todos los sectores en la UE hubiera sido de

un 14% en lugar del 7,9%. Según la EEA, para que la UE alcance los ambiciosos objetivos del Plan de Bali, el crecimiento del transporte debería limitarse al rango de entre el 4% y el -2% en el periodo 2010-2020, en lugar del esperado crecimiento del 15% en el escenario de referencia (*business as usual*, BAU)(EEA, 2008). A su vez, el peso del transporte de viajeros por carretera en las emisiones europeas de CO₂ es significativo, pues suponían el 12% de las emisiones totales en 2004. Abundando en este argumento, la carretera supone en Europa el 84% de los viajes de pasajeros. El crecimiento de la utilización del vehículo privado se ha producido en detrimento del tren y del autobús (la propiedad de los automóviles creció en un 25% entre 1995 y 2005).

En España, el transporte es responsable del 24% de las emisiones de GEI. En 2005, las emisiones del transporte se habían incrementado más de un 80% con respecto a los niveles de 1990, el transporte por carretera suponía el 90% de las correspondientes a este sector, y las previsiones de emisiones de este sector son de un incremento de un 109% en 2008-2012 con respecto a los niveles de 1990 (Gonzalo Aizpiri, 2007). A diferencia de Europa (datos UE-15), donde el transporte de mercancías por carretera crece más que el de viajeros por carretera, el transporte de pasajeros en España crece más que el de mercancías. Además de un incremento de la motorización (número de vehículos), se ha producido un aumento en las distancias recorridas (Monzón, 2007). Es decir, la movilidad por habitante crece, con viajes cada vez más frecuentes y más largos. El incremento del uso del vehículo privado, así como la reducción en el número de pasajeros por automóvil, supera claramente las mejoras en la eficiencia de los vehículos (EEA, 2008).

La envergadura del problema de mitigar los GEI en su triple escala: mundial, europea y española, y las particularidades del sector transporte exigen analizar la compleja combinación de factores que afectan a las emisiones y que incluyen elementos económicos, políticos, sociales, espaciales y tecnológicos (Rajan, 2007). La política que se diseñe precisará cambios combinados, tanto en tecnología e infraestructuras como de comportamiento de los agentes.

Las emisiones en este sector no se han controlado apropiadamente debido no sólo a la complejidad combinatoria de los factores vinculados con ellas, sino probablemente también a razones de economía política. Mitigar sus emisiones exigiría difíciles decisiones desde el punto de vista del regulador público, con la aplicación de instrumentos socialmente impopulares, como los impuestos, aunque aceptados como buena práctica disuasoria para el sector por los economistas.

Por lo dicho hasta ahora es por tanto improbable que con una única medida podamos abordar el problema. Esta dificultad ha dado lugar a un intenso debate sobre cuales son las medidas más eficaces y eficientes y las combinaciones más convenientes de las mismas. En este trabajo se analiza la idoneidad de una amplia gama de procedimientos de reducción de las emisiones de CO₂ en el sector del transporte terrestre de pasajeros por carretera, en función de varios criterios. Se comparan las ventajas y desventajas de cada instrumento con respecto a otros, se identifican las interacciones entre los mismos y las mejores combinaciones.

El análisis de los instrumentos en función de varios criterios está basado en una amplia revisión de la literatura teórica y empírica sobre los instrumentos de mitigación en el sec-

tor mencionado. Se trata de un estudio cualitativo, que aporta pautas teóricas y un marco conceptual para el análisis empírico de la aplicación de instrumentos de mitigación en el sector del transporte. La elección de los distintos instrumentos dependerá de las características y circunstancias socioeconómicas, institucionales y geográficas de los países, regiones y municipios correspondientes.

Es importante mencionar que, si se adopta una perspectiva global de coste-eficiencia en la mitigación, las reducciones en este sector son relativamente caras con respecto a la de otros sectores¹. La pregunta inmediata es: ¿Por qué entonces debe aplicarse una política de cambio climático específicamente en el sector transporte?

En primer lugar, aunque en términos generales las medidas de mitigación en este sector son más caras, existen medidas de coste bajo (por ejemplo, las relacionadas con hábitos de conducción más eficientes energéticamente). En segundo lugar, la reducción de las emisiones necesarias para que el planeta se mantenga en el rango de concentraciones de emisiones de 450-550 ppm, compatible con aumentos en las temperaturas no superiores a los 2°, son tan ambiciosas que es necesario que el transporte también asuma compromisos exigen-

tes de mitigación². Además, si no se toman medidas en este sector desde ahora, existe un riesgo de bloqueo en tecnologías e infraestructuras intensivas en carbono durante décadas, que serían posteriormente muy caras de sustituir si, a la luz de nuevos descubrimientos científicos, se requieren reducciones más ambiciosas en las emisiones³. Aplicar políticas de mitigación en este sector permite a los actores sociales, y en particular a las empresas, irse adaptando en caso de que eso ocurra.

Otra razón para proponer medidas de reducción específicas en el sector transporte es que países concretos pueden querer atajar sus emisiones para cumplir con los compromisos del Protocolo de Kioto teniendo en cuenta que los mayores problemas han tenido lugar precisamente en este sector (como es el caso de España).

Finalmente, la mitigación de emisiones de CO₂ en el transporte tiene beneficios secundarios derivados de una reducción en la congestión urbana, menor número de accidentes de tráfico, menores impactos ambientales locales y una menor dependencia del petróleo.

Este artículo está estructurado de la siguiente forma. La siguiente sección identifica los factores que influyen en las emisiones de GEI en este sector, así como las opciones de mitigación. La sección tercera describe y clasifica los principales instrumentos de reducción de emisiones de CO₂

¹ Por ejemplo, los datos del IPCC muestran que las reducciones en este sector no son baratas. El transporte sólo representa el 10% del total de medidas identificadas a un coste inferior a los 20\$ (2007). Estudios realizados para la Comisión Europea (Blok *et al.*, 2001) sugieren que el papel del transporte en el cumplimiento de los objetivos de Kioto para la UE será limitado, pues las reducciones en otros sectores son más baratas. Así, si se sigue una estrategia global de menores costes en la mitigación, las emisiones del transporte aumentarían, contribuyendo solo a un 4% de las reducciones en 2010 con respecto a un escenario de referencia. Stern (2006) también observa que los costes de las tecnologías de mitigación en este sector tienden a ser comparativamente caras.

² El transporte juega un papel particularmente importante en las reducciones de emisiones más allá de 2050. Por ejemplo, si las emisiones totales de GEI tuvieran que ser en 2100 un 20% de los niveles actuales (Stern, 2006) resulta imposible imaginar cómo puede alcanzarse ese nivel sin reducciones significativas en el transporte.

³ No obstante, la vida útil de las tecnologías e infraestructuras en este sector suele ser menor que en otros sectores, como el de la generación eléctrica.

en el sector. Los criterios para evaluar estos instrumentos se establecen en la cuarta sección. La quinta sección está dedicada al análisis comparativo de las ventajas y desventajas de los distintos instrumentos. Las interacciones entre los instrumentos así como las combinaciones de los mismos que pueden ser especialmente valiosas son analizadas en la sexta sección. El artículo se cierra con un apartado de conclusiones.

2. FACTORES DETERMINANTES DE LAS EMISIONES DE CO₂ EN EL SECTOR TRANSPORTE Y ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

Proponer la aplicación de instrumentos adecuados para reducir las emisiones en este sector exige identificar los determinantes de esas emisiones. Existen varios estudios que descomponen las emisiones de este sector entre sus factores causantes (véase IEA, 2000a; Halnaes *et al.*, 1999; Schmutzler 2005; Holden y Hoyer, 2005; Tarancón y del Río, 2007). Los factores que determinan las emisiones de CO₂ del sector transporte son:

- Escala. La escala (o uso en términos absolutos de los servicios del transporte) depende del número de viajeros por kilómetro. Este parámetro depende a su vez de tres variables: el número de viajes realizado, la distancia recorrida y la ocupación de los vehículos. Todas ellas definen el grado de utilización del vehículo, una variable crucial que depende a su vez de la renta disponible de los individuos⁴. Complementariamente, los factores

geográficos y estructurales juegan un papel muy importante en la necesidad de servicios de transporte y, por tanto, en su grado o escala. Por ejemplo, a mayor densidad de las ciudades, es decir a menor dispersión urbanística, menor es la necesidad de transporte (menor el número de viajes y menor la distancia recorrida). Por ello, la planificación urbana de ciudades más compactas puede implicar una menor demanda de transporte. El problema más enojoso es que el consumo energético producido por el crecimiento de la demanda de transporte supera el ahorro derivado de las mejoras tecnológicas.

- Modalidad. Distintos modos de transporte de pasajeros suelen tener asociados consumos de energía distintos y, por tanto, distintas emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido. En general, suele considerarse que el transporte por carretera en vehículo privado es más emisor que la mayoría del resto de medios, incluido el ferrocarril y los no motorizados (bicicleta y caminar).
- Cambio tecnológico I: consumos energéticos⁵. Dentro del mismo modo del

tren al automóvil, de los pequeños a los grandes automóviles, etc.) (Stern 2006).

⁵ Otro tipo de cambios tecnológicos son los relativos a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), las telecomunicaciones, que pueden reducir significativamente la demanda de transporte. Por ejemplo, Bristow *et al.* (2004) plantean un escenario en el que, para 2050, las telecomunicaciones sustituyen un 40% de todos los viajes de negocios, el 16% de los desplazamientos al trabajo y el 40% de los desplazamientos para comprar. El IPCC (2007), sin embargo, observa que los resultados empíricos sobre el impacto de las telecomunicaciones son más bien limitados y cita un par de estudios en los EE.UU. en los que se muestran que las TIC (*telecommuting*) reducirían, como mucho, un 2% de los viajes totales para los trabajadores.

⁴ Conforme se gana en riqueza, se tiende a viajar más (utilizar más el transporte y recorrer más distancias). Además, el incremento en la renta provoca un desplazamiento hacia modos de transporte más intensivos en carbono (se cambia del autobús al tren, del

transporte de pasajeros en vehículo privado, distintos vehículos pueden tener diferentes consumos específicos, es decir, distintos consumos de combustible por kilómetro recorrido y, por tanto, distintas emisiones por kilómetro. En este caso es importante distinguir entre vehículos en circulación y nuevos vehículos. Sus consumos específicos dependen tanto de aspectos relativos a la eficiencia energética del motor como al peso del vehículo o su tamaño, que a su vez afectan a la potencia del motor. Aunque las mejoras en los motores han dado lugar a ahorros energéticos considerables (por ejemplo, es el caso de los motores TDI), esto se ha visto compensado con aumentos en la potencia de los vehículos y una mayor instalación de elementos adicionales como el aire acondicionado⁶. En todo caso, en el consumo específico del vehículo privado entran en juego las preferencias de uso, además de factores tecnológicos. La decisión individual resulta un factor decisivo en última instancia, y la opción de adquirir vehículos más eficientes dependerá probablemente del coste del combustible.

- Cambio tecnológico II: intensidad de carbono de los combustibles. El sector del transporte de pasajeros por carretera tiene una alta dependencia del petróleo. La alternativa es recurrir a combustibles menos emisores de

CO₂, como los biocombustibles⁷, o a los vehículos híbridos y los eléctricos.

- Comportamiento de los conductores. La forma de conducir y otras decisiones de los conductores influyen en el consumo energético del vehículo y en sus emisiones de CO₂. Una conducción menos agresiva (en la línea de la denominada conducción eficiente, véase sección 3) a velocidades moderadas y un mantenimiento adecuado del vehículo, con revisiones periódicas, suelen estar asociados también con menores consumos energéticos⁸.

Además de cambios tecnológicos y de comportamiento de los conductores, son necesarios cambios en infraestructuras. Las siguientes secciones están dedicadas a las medidas de política pública que pueden utilizarse para reducir las emisiones de CO₂ del transporte.

3. INSTRUMENTOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂ EN EL SECTOR TRANSPORTE

La sección anterior sugiere que son necesarios cambios tecnológicos, de comportamiento y en infraestructuras para reducir las emisiones del transporte de pasajeros por carretera. Esto requiere una combinación de cambios con efectos en horizontes temporales diferentes: a corto, medio y largo plazo. En esta sección des-

⁶ De hecho, según el IPCC (2007) el crecimiento gradual en el tamaño, peso y potencia de los vehículos de pasajeros, especialmente en el mundo industrializado, ha acelerado el uso de energía en el transporte y las emisiones de CO₂.

⁷ En el caso de utilizar biocombustibles hay que realizar balances de emisiones de GEI completos, donde hay que incluir, además del CO₂, los gases NO_x y CH₄. La utilización de biocombustible nitrogenados puede resultar menos beneficiosa de lo esperado en el ahorro de emisiones.

⁸ Mantener una correcta presión de los neumáticos, evitar aceleraciones excesivas y no superar los límites de velocidad podrían mejorar entre el 5% y el 20% la eficiencia del combustible (Gallagher *et al.*, 2007).

cribimos brevemente los instrumentos que pueden precipitar esos cambios tecnológicos y de comportamiento, muchos de los cuales se han aplicado ya en algún país.

Aunque son diversos los criterios utilizados en la literatura para clasificar los instrumentos⁹, podemos agruparlos en cuatro categorías: instrumentos de regulación, económicos, de información/educación y otros (cuadro n.º 1). Es importante advertir que, en muchas ocasiones, se produce *de facto* una mezcla de elementos de diferentes tipos de instrumentos que hace difícil identificar un instrumento como perteneciente a una categoría concreta¹⁰.

3.1. Instrumentos de regulación

- *Restricciones de uso*. Implican limitar el acceso del vehículo privado a centros urbanos, ya sea de forma directa (por ejemplo, permitiendo el acceso según el día de la semana y el número de matrícula) ya sea de forma indirecta (a través de restricciones al aparcamiento o mediante la peatonalización de calles).
- *Límites de velocidad*. La limitación de la velocidad en vías rápidas (autovías y autopistas) es considerada como una medida de mitigación eficaz. Estudios realizados en varios países muestran mejoras sustanciales del consumo energético por kilómetro recorrido cuando se mantienen velocidades en torno a los 100 km/hora respecto a velocidades superiores¹¹.

- *Requisitos de mantenimiento del vehículo*. La exigencia de supervisión técnica y periódica del vehículo puede facilitar el mantenimiento de niveles de consumo energético (y por tanto de emisiones) óptimo. Puede integrarse en las inspecciones técnicas de vehículos, actualmente llevadas a cabo en nuestro país, por ejemplo, sin suponer un coste administrativo adicional significativo.
- *Requerimientos de alta ocupación*. En varias ciudades del mundo se suele aislar un carril de circulación de entrada, temporal o permanentemente, para vehículos ocupados por más de una persona. Esta norma permite un acceso más rápido al centro de la ciudad para aquellos vehículos de alta ocupación, y reduce al mismo tiempo el número de vehículos en la carretera y, por tanto, sus emisiones.
- *Estándares*. Los estándares establecen unos objetivos que deben cumplirse, ya sea un límite de emisiones de CO₂ (estándar de CO₂) o de consumo de combustible por km recorrido (estándar de combustible), en los nuevos vehículos vendidos en un determinado año¹².
- *Obligación de biocombustibles (cuota)*. Por ejemplo, se puede establecer una cuota de biocombustibles como porcentaje del combustible consumido en el sector transporte, como es el caso de la UE (10% en 2020) o requerimientos en volumen para los biocombustibles como es el caso en los EE.UU.¹³.

⁹ Véase, por ejemplo, Bristow *et al.* (2004), Gallagher *et al.* (2007), IPCC (2007).

¹⁰ Por ejemplo, esto ocurre con la introducción de elementos de flexibilidad como el comercio de obligaciones en instrumentos de regulación.

¹¹ Esta medida forma parte de una categoría general de instrumentos denominada «calmado del tráfico» (Acutt y Dogdson 1997).

¹² El más famoso y estudiado de estos sistemas es el estándar americano CAFE (*Corporate Average Fuel Economy*) implantado en 1975.

¹³ La Ley de Política Energética del año 2005 en este país exige que se adquieran 4,5 billones de galones de biocombustibles en 2007, y 7,5 billones en 2012 (Gallagher *et al.* 2007).

Cuadro n.º 1

Clasificación de los instrumentos de mitigación en el sector transporte

INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN

- Restricciones de uso
- Límites de velocidad
- Requisitos de mantenimiento del vehículo
- Requerimientos de alta ocupación
- Estándares
- Obligación de biocombustibles (cuota)

INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

- Comercio de emisiones
- Subvenciones
- De precios (impositivos): impuestos sobre el contenido de carbono de los combustibles, sobre la adquisición de vehículos, sobre la circulación y otras actuaciones aplicadas al uso de las infraestructuras (peajes y pagos por aparcamiento)

INSTRUMENTOS INFORMATIVOS

- Campañas de información/concienciación
- Campañas de conducción eficiente
- Educación

OTROS INSTRUMENTOS

- Acuerdos voluntarios
- Planificación territorial y del transporte
- Provisión pública
- Inversión pública en I+D+i
- Promoción del transporte público

Fuente: Elaboración propia.

En los dos últimos casos (estándares y biocombustibles), pueden introducirse elementos de flexibilidad que permitan alcanzar los objetivos a un menor coste, por ejemplo, mediante el intercambio de divisas (o unidades) energético-ambientales.

3.2. Instrumentos económicos

- *De precios (impositivos)*. Consideramos en esta categoría cuatro posibilidades básicas: impuestos sobre el

contenido de carbono de los combustibles (penalizando a los más contaminantes mediante mayores gravámenes sobre los mismos), impuestos sobre la adquisición de vehículos (con un mayor gravamen en el impuesto de matriculación a los vehículos más emisores de CO₂), impuesto sobre la circulación (penalizando a los más contaminantes) y otras actuaciones sobre los precios de uso de las infraestructuras (tales como peajes y pagos por aparcamiento).

— *Comercio de emisiones*. En teoría podríamos considerar tres opciones en este sentido, en función de a quien se asignen los permisos de emisión (Stern, 2006):

- Conductores. Los conductores tendrían que entregar los permisos asignados en las estaciones de combustibles, en el momento de su abastecimiento. Sin embargo, es probable que esta opción diera lugar a altos costes de transacción¹⁴.
- Refinerías. Estas tendrían que adquirir permisos para cubrir las emisiones generadas por el combustible producido por ellas, pero utilizado por los vehículos.
- Productores de vehículos. Estos serían los responsables de cumplir con un objetivo de eficiencia en el uso del combustible de los vehículos vendidos (media). Si excedieran ese objetivo, es decir, si los vehículos producidos consumieran por encima del objetivo, tendrían que adquirir permisos en el mercado para cubrir la diferencia.

Una situación realista es que un sistema de comercio de emisiones en este sector fuese el resultado de introducir elementos de flexibilidad en un estándar sobre los productores de automóviles. Por tanto, esta es la opción que consideramos.

— *Subvenciones*. Este instrumento puede tener varias posibilidades, en fun-

ción de cual sea el objetivo de subvención. Puede incluir subvenciones a la realización de actividades de investigación y desarrollo tecnológico o bien para la adquisición de vehículos menos contaminantes, como los híbridos o los vehículos eléctricos. El término «subvención» se reserva en este trabajo para este segundo caso, dejándose para el apartado de «otros instrumentos» las inversiones en I+D¹⁵.

3.3. Instrumentos de información.

- *Campañas de información/concienciación*. Las campañas de información pueden ser de tipo general (concienciando a la gente sobre el problema del cambio climático y la contribución del transporte al problema) o más específico (mediante la demostración de pautas de movilidad más sostenibles). Se pueden concretar en la elaboración de guías¹⁶, folletos, anuncios, etc.
- *Campañas de conducción eficiente*. Estas campañas tienen como objetivo entrenar a los conductores en prácticas más eficientes en el uso de la energía del vehículo y, por tanto, reductoras de las emisiones. Incluyen informaciones como la realización de aceleraciones/desaceleraciones más suaves, mantener las revoluciones del

¹⁴ Sería necesario controlar y verificar todas las emisiones de cada vehículo, en función de la distancia recorrida y de la intensidad de emisiones de cada GEI, según el tipo de combustible (Gallagher *et al.* 2007, Stern 2006).

¹⁵ Las subvenciones incluyen ayudas directas, créditos blandos, exenciones, desgravaciones y bonificaciones.

¹⁶ Por ejemplo, impulsando la demanda de biocarburantes mediante campañas de sensibilización e información, fomentando el uso del transporte público o incorporando a la información sobre características técnicas de un vehículo (especificaciones sobre la cantidad de emisiones de GEI que origina su fabricación y uso o la adecuación para el uso de biocarburantes).

motor a un nivel bajo, apagarlo cuando el coche está en punto muerto en condiciones de tráfico congestionado, reducir las velocidades máximas o mantener una adecuada presión de los neumáticos (IEA, 2001)¹⁷.

- *Educación*. La mencionada información podría incluirse en los currículum escolares convencionales preuniversitarios, por ejemplo como una asignatura sobre respeto al medio ambiente. Se trata de un instrumento integrado en la educación básica de los ciudadanos cuyos efectos se dejan sentir fundamentalmente a largo plazo.

3.4. Otros instrumentos

En este apartado incluimos instrumentos que no pueden integrarse dentro de las categorías anteriores.

- *Acuerdos voluntarios*. Consisten en un acuerdo entre el regulador y los regulados en virtud del cual estos últimos se comprometen a lograr un objetivo de emisiones previamente negociado. En el caso del transporte por carretera, este tipo de instrumentos se ha utilizado en muchos países, por su atractivo político, y se ha dirigido a los fabricantes de automóviles. Admite dos modalidades: con restricciones directas sobre la emisión de CO₂ por kilómetro recorrido; o con limitaciones del consumo de combustible para cada vehículo. El caso ejemplar del primer tipo es el Acuerdo entre la Comisión Euro-

pea y los fabricantes europeos, coreanos y japoneses¹⁸.

- *Planificación territorial y del transporte*. La movilidad urbana debe planificarse de manera integral. Concretamente, para lograr una reducción del uso del transporte y una mayor utilización de formas de movilidad más sostenibles es necesario integrar la planificación territorial (urbana y regional) con la planificación del transporte. La planificación puede facilitar el uso de los medios no motorizados de movilidad y del transporte público y, en consecuencia, reducir los impactos negativos del uso del vehículo privado. Entre las medidas que pueden incluirse dentro de esta categoría podemos citar una mayor densidad de las ciudades (es decir, diseñar ciudades más compactas, menos dispersas)¹⁹.
- *Provisión pública*. Este instrumento consiste fundamentalmente en la introducción de criterios ambientales en la adquisición de vehículos de transporte para las administraciones públicas. Esto permite crear espacios de desarrollo protegidos para tecnologías emergentes en estado de inmadurez (nichos), que permitan reducir sus costes por economías de escala y efectos de aprendizaje y generen una mejora en su calidad, aparte de tener un efecto de demostración/enseñanza²⁰. La

¹⁷ La conducción eficiente puede divulgarse de distintas maneras, mediante folletos, información en páginas web o autoescuelas. Por ejemplo, en Holanda, la conducción eficiente forma parte de la enseñanza en las autoescuelas.

¹⁸ Acuerdo entre la Comisión Europea y los fabricantes de automóviles europeos (ACEA), coreanos (KAMA) y japoneses (JAMA) para no superar los 140 g CO₂/km en 2008 en los vehículos.

¹⁹ Para una más completa enumeración de las estrategias dirigidas a la planificación territorial para mejorar los patrones de uso del transporte, véase EEA (2008).

²⁰ Algunos autores han desarrollado este enfoque de manera más general con el nombre de «gestión estratégica de nichos» (véase Rip y Kemp 1998). La

utilización de vehículos limpios en las flotas de transporte público urbano respondería a este enfoque.

— *Inversión pública en I+D+i*. En general, la existencia de fallos de mercado en la provisión del cambio tecnológico provoca niveles de inversión en tecnologías que están por debajo del óptimo social. Por ello, es necesaria la intervención pública que apoye dicha inversión²¹. En el caso que nos ocupa este es un instrumento fundamental para asegurar una amplia disponibilidad en el futuro de tecnologías de mitigación en el transporte a un coste moderado. Un ejemplo sería el apoyo a las inversiones en I+D+i en biocombustibles y las pilas de combustible alimentadas con hidrógeno mediante la financiación de proyectos de demostración a gran escala²².

— *Promoción del transporte público*. Finalmente, una medida adicional a incluir en este apartado consiste en la promoción directa del transporte público, mejorando su calidad y disponibilidad. De hecho, uno de los obstáculos para que se produzca un cambio modal del transporte privado al transporte público es la poca calidad o baja disponibilidad de este último²³.

creación de nichos puede ser importante, por ejemplo, en el hidrógeno y las pilas de combustible. Según el IPCC (2007), los costes de los vehículos y de los combustibles se irán reduciendo en el tiempo con producciones de mayor escala y efectos de aprendizaje, aunque los costes a largo plazo son muy inciertos.

²¹ Obsérvese que las tecnologías menos contaminantes están sujetas a una doble externalidad: la ambiental y la tecnológica.

²² Por ejemplo, el IPCC (2007) considera prioritario la financiación de inversiones en I+D en los biocombustibles de segunda generación, en hidrógeno/células de combustible y coches eléctricos.

²³ El grado al cual el cambio del transporte privado al público puede reducir emisiones depende de las ta-

Los anteriores instrumentos son los principales para mitigar las emisiones de GEI en el sector del transporte, aunque es posible que exista algún otro de cierta relevancia que no haya sido considerado. Por otro lado, las alternativas presentadas de cada instrumento son limitadas respecto al total de alternativas existentes. Además, aparte de los instrumentos, la eficacia de las políticas públicas para lograr reducciones de emisiones en el transporte de forma eficaz y eficiente depende de los elementos de diseño concreto de cada instrumento y no sólo de la elección de un instrumento u otro.

4. CRITERIOS PARA LA COMPARACIÓN ENTRE INSTRUMENTOS

Los anteriores instrumentos pueden evaluarse de acuerdo a distintos criterios. La literatura sobre el análisis de instrumentos de mitigación suele mencionar, entre otros, la eficacia en la mitigación, la eficiencia en costes en el logro de objetivos de reducción, la eficiencia dinámica (o incentivo continuo al cambio tecnológico), la viabilidad política y su impacto distributivo (equidad) (véanse Hacker y Pelchen, 1999; IPCC, 2007 y Konidari y Mavrakis, 2007)²⁴. Para la aplicación de criterios al sector transporte, véanse Plaut (1998), May y Roberts (1995) y Acutt y Dogson (1997).

sas de ocupación. La tasa de ocupación de distintos modos puede ser un factor más significativo en las emisiones de GEI que la eficiencia de los modos. Por tanto, además de las mejoras tecnológicas, las políticas que promueven una mayor utilización de la capacidad de cada modo puede dar lugar a sustanciales reducciones de las emisiones de CO₂ (EEA, 2008).

²⁴ Además, estos criterios son comunes en las declaraciones de intenciones sobre los instrumentos de cambio climático y energía en Europa. Un ejemplo es el reciente Paquete Europeo de Cambio Climático y Energía.

- *Eficacia en la reducción.* El objetivo final de cualquier instrumento en el contexto que nos ocupa es provocar una reducción de las emisiones de CO₂ en el transporte. Esto puede lograrse induciendo cambios tecnológicos, en comportamiento o en infraestructuras.
- *Eficiencia en costes.* Como la sociedad tiene otros objetivos aparte del de la mitigación de emisiones, vivimos en un mundo de recursos limitados y los que se dediquen a controlar las emisiones no se podrán utilizar para cubrir otros objetivos, interesa que un determinado nivel de reducción de emisiones se logre al menor coste posible. Teniendo en cuenta que distintas opciones de mitigación tienen distintos costes, interesaría desde esta perspectiva adoptar aquellas con el coste más bajo. La eficiencia en costes se logra cuando se satisface el principio equimarginal, es decir, cuando el coste marginal de la última unidad reducida con distintas alternativas sea el mismo. Esto implicaría que redujesen más aquellos que pueden hacerlo (tienen costes de reducción más bajos) y reduzcan menos aquellos a los que les cuesta más, a la vez que éstos últimos compensen monetariamente a los primeros por su menor reducción.
- *Costes de transacción y administrativos.* Una de las razones por las que un instrumento puede ser «caro» tiene que ver con los costes de transacción y, en particular, con los costes administrativos de su implantación y funcionamiento. Si estos costes son muy elevados, podrían llegar a compensar las ganancias de eficiencia económica derivadas del cumplimiento del principio equimarginal. Aunque en realidad forma parte del criterio de eficiencia en costes, la importancia de estos costes administrativos nos lleva a considerarlos como una categoría aparte.
- *Eficiencia dinámica.* Este criterio se refiere a la capacidad de un instrumento para generar un incentivo continuo a la mejora tecnológica y a las reducciones de costes de las tecnologías a medio y largo plazo. Frente al criterio de eficiencia en costes, más ceñido al corto plazo, la eficiencia dinámica es clave en un problema con horizontes a largo plazo como es el del cambio climático. La eficiencia dinámica justifica que se invierta hoy en tecnologías de mitigación que resultan relativamente caras. Las inversiones en I+D y otras que favorecen la comercialización de tecnologías más caras en pequeños nichos pueden dar lugar a mejoras de calidad y reducciones de costes que permitan en el futuro disponer de tecnologías de mitigación con costes razonables para cumplir con objetivos más ambiciosos. Si las tecnologías de mitigación que hoy son caras tienen un elevado potencial de reducción de costes si se permite su difusión (como demuestran varios estudios para las tecnologías energéticas, véase por ejemplo IEA, 2000b), entonces apoyarlas hoy tiene beneficios en términos de bienestar desde una perspectiva de mitigación intertemporal (corto, medio y largo plazo). Por tanto, la política pública puede contribuir a romper el círculo vicioso a que esas tecnologías pueden verse sometidas: son caras

porque no se han comercializado y no se han comercializado porque son caras y por tanto poco atractivas para potenciales adoptantes²⁵.

— *Equidad*. Incluso si un instrumento genera un beneficio para toda la sociedad, es probable que haya ganadores y perdedores. Los impactos distributivos de los instrumentos en diferentes consumidores, ciudadanos, empresas, sectores o países deben tenerse en cuenta cuando se diseña una política de cambio climático a cualquier escala (global, europea, nacional o regional). De hecho, la aceptación social de una determinada medida depende de cómo se aborden esos impactos distributivos. Debe prestarse atención especial a los efectos negativos sobre los sectores de la población con menos recursos.

— *Viabilidad política*. Aunque en cierta forma está relacionado con el anterior criterio, su importancia merece una consideración aparte. La historia de la política ambiental en general y la orientada al transporte en particular está llena de ejemplos de instrumentos que puntúan alto en los criterios anteriores y que, sin embargo, por no ser atractivos para el regulador (ya sea porque impliquen altos costes administrativos de implantación o porque generen el rechazo social general o de actores con un significativo poder) no llegan a implantarse nunca. Por tanto, es necesario tener en cuenta la falta de información de la

opinión pública de los resultados a largo plazo de políticas poco atractivas a corto plazo a la hora de plantear instrumentos que lleguen a aplicarse en la práctica²⁶.

Por supuesto, pueden existir conflictos entre los criterios anteriores en algunas situaciones. Por otro lado, pueden existir otros criterios importantes (por ejemplo, impactos en competitividad o beneficios locales) pero hemos tratado aquí los que consideramos más relevantes.

5. LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS

En esta sección analizamos las ventajas e inconvenientes de los instrumentos en función de los distintos criterios considerados en la sección anterior, fundamentando el análisis en la literatura teórica y empírica. No obstante, en la mayoría de los casos son necesarios estudios empíricos más extendidos y profundos de los que existen en la literatura y, por tanto, el análisis cualitativo que llevamos a cabo aquí aporta sólo ciertos resultados puntuales, algunos de ellos cargados de incertidumbres, que puede ser útil contrastar en estudios empíricos posteriores.

Instrumentos de regulación

— *Restricciones de uso al vehículo privado*. Se trata de un instrumento en

²⁵ Algunos autores han subrayado las implicaciones para la política de cambio climático de este carácter «dependiente» de la senda del cambio tecnológico (véase, por ejemplo, Rip y Kemp, 1998; Unruh, 2000 y Marechal, 2007).

²⁶ La política de instalar parquímetros en el centro de las ciudades es un buen ejemplo de aplicación de instrumentos social y ambientalmente beneficiosos a largo plazo, a pesar del rechazo que puede producir esta medida a corto plazo. Un despliegue previo, informativo y educativo, es necesario en casos como éste y otros similares.

principio eficaz pero poco viable políticamente, pues genera unas elevadas dosis de rechazo social y relativamente altos costes administrativos de implantación. Además, es ineficiente, pues afecta de igual manera a diferentes usuarios del transporte, con diferentes valoraciones (Acutt y Dodgson, 1997). Su eficacia puede verse limitada si existen incentivos a adquirir otro vehículo para evitar la restricción y este vehículo es viejo e ineficiente energéticamente. El incentivo al cambio tecnológico que genera es más bien modesto, aunque si puede haber cierto estímulo si se restringe el acceso a vehículos menos contaminantes (por ejemplo, con peajes o restricción de aparcamiento para estos, y gratuito para vehículos limpios) y muchas grandes ciudades del mundo implantan el sistema. Para incrementar su eficacia y aceptabilidad social y política, es conveniente combinarlo con otros instrumentos que aporten alternativas al vehículo privado, tales como la promoción del transporte público. Los efectos sobre la equidad no son concluyentes.

- *Límites de velocidad.* Se trata de una medida potencialmente eficaz y eficiente en costes (teniendo en cuenta que el ahorro de combustible al reducir la velocidad es significativo). Sin embargo, su viabilidad política y, sobre todo, su capacidad de ejecución pueden ser limitadas. Cabe esperar que en algunos países los costes administrativos asociados al control y sanción por superar el límite de velocidad fueran significativos, especialmente si existe un incumplimiento generalizado por su rechazo social. Por

otro lado, el incentivo al cambio tecnológico es bajo. No es posible observar efectos concluyentes sobre la equidad.

- *Requisitos de mantenimiento del vehículo.* Atendiendo a los estudios empíricos realizados, su grado de eficacia es modesto y su eficiencia es incierta²⁷. Sus costes administrativos pueden ser bajos si se aprovecha la infraestructura existente de inspección obligatoria, en aquellos países que la tienen. Este aprovechamiento incrementaría la aceptación social y política del instrumento. Finalmente, este instrumento incentiva el cambio tecnológico y las mejoras en los vehículos existentes.
- *Requerimientos de alta ocupación para determinadas vías.* La medida específica de dedicar uno de los carriles existentes de las vías de alta ocupación a estos vehículos tiene una elevada eficacia potencial a costes bajos, especialmente si la infraestructura (la vía de alta ocupación) está ya construida y sólo implica dedicar uno de los carriles existentes a estos vehículos. Es de esperar que los costes administrativos de implantación y control sean bajos. Es poco probable que sea una medida impopular. Su incentivo al cambio tecnológico es más bien modesto y sus impactos en la equidad inciertos.

²⁷ Según el IPCC (2007), pueden lograrse reducciones de entre el 5% y el 10% en el consumo de combustible con programas de inspección y mantenimiento del vehículo más rigurosos, entrenamiento del conductor en prácticas más eficientes y mejor ejecución y control de las velocidades de los automóviles. Obsérvese que esta es una mezcla de los instrumentos considerados en este trabajo.

— *Estándares*. En este caso consideramos un estándar de combustible, es decir, una obligación que recae en los fabricantes para que realicen mejoras tecnológicas en los nuevos vehículos de forma que no se superen determinados límites de consumo de combustible por kilómetro recorrido²⁸. Una de las ventajas de este instrumento es el estímulo que suministra al cambio tecnológico, a menos que el estándar sea fácil de alcanzar por parte de la industria. Sin embargo, no genera incentivos al cambio tecnológico más allá del estándar. Por tanto, la eficacia de los estándares puede ser limitada (Gallagher *et al.*, 2007) debido a:

1. Es probable que el regulador establezca el estándar a un nivel poco ambicioso, ya que su información es suministrada casi exclusivamente por los fabricantes de automóviles. En un contexto de información asimétrica, como el que nos ocupa, los fabricantes tendrán un incentivo a que el estándar no sea exigente.
2. Pueden provocar un incremento de las distancias recorridas. Como generan un incentivo a producir automóviles más eficientes en el uso del combustible, reducen el coste total de conducir un determinado número de kilómetros. Sin embargo, el grado al cual este «efecto rebote» compensa el efecto principal

(la reducción de los consumos por kilómetro) es incierto.

3. No desincentivan una menor adquisición de vehículos y, por tanto, el consumo de combustible debido a un mayor número de automóviles puede neutralizar las reducciones del consumo por kilómetro debido al estándar, generando un incremento en los consumos energéticos totales.
4. No incentivan la adopción de combustibles menos intensivos en carbono.

Su eficiencia será probablemente baja, aunque puede incrementarse introduciendo flexibilidad a través de la posibilidad de establecer un comercio de obligaciones. Además, pueden tener altos costes administrativos de implantación pues existen dificultades para establecer el nivel apropiado del estándar.

Por otro lado, pueden no ser equitativos pues todos los consumidores, con independencia de su nivel de renta o distancia recorrida con el vehículo, deben pagar mayores precios por los automóviles como consecuencia de las mejoras tecnológicas inducidas por el estándar.

— *Obligación de biocombustibles (cuota)*. Su eficacia en la reducción, potencialmente significativa, depende en todo caso de la realización de un análisis del ciclo de vida. Es probable que, en general, sean ineficientes (si no se introduce algún elemento de flexibilidad) al exigir que la industria adquiera una determinada cantidad de biocombustibles, obviando otras

²⁸ La otra posibilidad es un estándar de CO₂, es decir, que se establezca un límite de emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido. Los acuerdos de la Comisión Europea con los fabricantes europeos, japoneses y coreanos obedecen a este enfoque, aunque no conllevan una obligación, sino que se trataría más bien de un acuerdo voluntario (con una amenaza de regulación en caso de incumplimiento) (véase sección 3.3).

formas de reducir las emisiones de forma coste-eficiente. Tienen un potencial de eficiencia dinámica elevado. Y pueden tener efectos locales y globales perjudiciales. Por ejemplo, existe una gran preocupación por sus posibles impactos en los precios de los alimentos, en el uso de tierras ecológicamente vulnerables y en la erosión del suelo.

Por otro lado, el sistema de cuotas es aceptable políticamente, tiene costes administrativos de control bajos y efectos socioeconómicos locales favorables si el biocombustible se produce en el país y si sus impactos ambientales son modestos.

Instrumentos económicos

Los instrumentos económicos internalizan las externalidades ambientales causadas por el transporte, haciendo que los precios reflejen su coste social. Dentro de esta categoría es importante diferenciar entre instrumentos de precios, comercio de emisiones y subvenciones.

De precios (impositivos)

Son a priori eficientes en costes, pues logran las reducciones de emisiones al menor coste posible, ya que implican el cumplimiento del principio de equimarginalidad. Sin embargo, en otros criterios sus ventajas no existen o al menos son cuestionables.

Así, por ejemplo, con respecto a la eficacia en la reducción de emisiones, existe una cierta controversia sobre el grado de influencia del incentivo de precios generado por el impuesto sobre el combustible en los ciudadanos. Hace ya tiempo que algunos

estudios mostraron una relación entre el precio de los combustibles y el consumo de los mismos (cantidad de combustible utilizado por kilómetro, por persona o por vehículo) (véase, por ejemplo, Schipper, *et al.* 1993 y Sterner, 1990).

Sin embargo, se ha observado que las elasticidades precio de la demanda de combustible para el transporte son bajas, especialmente a corto plazo, aunque resultan mayores a largo plazo²⁹. Además, pueden estar reduciéndose³⁰. En tercer lugar, la elasticidad renta de la demanda de transporte parece ser muy elevada (IPCC, 2007). Todo esto provoca que la demanda sea relativamente insensible al precio y que aumentos de la renta generen un incremento muy significativo de la demanda de transporte y, en concreto, del privado³¹. Por tanto, serían necesarios tipos impositivos muy elevados para generar una respuesta por parte de la demanda. Aparte de los costes totales que esto supone, su aceptabilidad social y, por tanto, su viabilidad política es bastante problemática. Es decir, es probable que, por razones de economía política, los tipos impositivos se situasen a un nivel

²⁹ Por ejemplo, en su repaso a la literatura sobre estas elasticidades, Graham y Glaister (2002) estiman que la elasticidad precio del consumo de combustible es de entre -0,2 y -0,3 a corto plazo y de entre -0,6 y -0,8 a largo plazo. Las elasticidades precio de la demanda de transporte son aún más bajas (-0,15 a corto plazo y -0,3 a largo plazo)(Goodwin, 1992).

³⁰ IPCC (2007) y Hughes *et al.* (2008) muestran que las elasticidades precio de la demanda en EE.UU. se han acercado a cero en las últimas décadas, probablemente como consecuencia de una mayor dependencia del automóvil.

³¹ Sin embargo, no debe despreciarse la importancia de las señales de precios en este contexto. De hecho, aquellos países en los que los precios de los combustibles son relativamente bajos, son también los que tienen un menor nivel de eficiencia en el uso de combustibles (EE.UU., Canadá, Australia) y aquellas regiones con elevados precios son las que tienen una mayor eficiencia (Japón y países europeos).

excesivamente bajo como para generar un incentivo al cambio. Esta incertidumbre sobre la eficacia ambiental de los impuestos sobre los combustibles se extiende a otros instrumentos de precios. Por ejemplo, los impuestos sobre la adquisición o la circulación no influyen en el uso que se haga del automóvil una vez comprado. En el caso de los pagos por aparcar pueden provocar un incremento en los kilómetros recorridos para aparcar en zonas libres de pago o dan lugar a un aumento de las distancias de los viajes fuera de las ciudades (por ejemplo, a centros comerciales que no cobran por aparcar) (Acutt y Dodgson, 1997).

Por otro lado, un impuesto no permite predecir a priori qué nivel de reducción de emisiones se va a alcanzar, pues esto depende de la (incierto) reacción de aquellos agentes a los que va dirigido. No obstante, esto podría corregirse adaptando secuencialmente el nivel del tipo impositivo, aunque probablemente podría tener problemas de aceptabilidad. Por tanto, uno de los mayores problemas es la fijación del nivel adecuado del impuesto.

En todo caso, a la hora de evaluar la eficacia, resulta difícil separar los efectos del impuesto de otros efectos, aunque esta dificultad es común a casi todos los instrumentos.

Con respecto a la eficiencia dinámica, el incentivo al cambio tecnológico es incierto y posiblemente bajo. Probablemente sea mayor con respecto al cambio de tecnologías existentes (difusión) que al desarrollo de las mismas, especialmente si esos impuestos se adoptan sólo para un país. Esta insuficiencia suscita la conveniencia de complementarlos con instrumentos por el lado de la oferta de tecnologías (inversiones en I+D, creación de nichos, etc.). Para que haya un

fuerte incentivo al cambio tecnológico, el impuesto debería situarse a un nivel muy alto, lo que resulta improbable. Una de las grandes ventajas en términos de eficiencia dinámica de un impuesto es que aporta certidumbre sobre el precio a pagar, lo que supone menores riesgos para los inversores en tecnologías que un sistema de comercio de emisiones, en los que el precio fluctúa.

La aceptabilidad política es muy baja, aunque depende de la modalidad elegida y del diseño. En este sentido, los impuestos sobre la adquisición de vehículos son más aceptables socialmente que los impuestos sobre el combustible o los pagos por aparcamiento. Parece existir un cierto conflicto entre el criterio de eficacia y el de aceptabilidad: impuestos con gravámenes mayores dan lugar a mayores reducciones de las emisiones, pero son también más inviables que si los impuestos son bajos.

Con respecto a la equidad, suelen ser regresivos, es decir, afectan más negativamente a los niveles de población con menores recursos, aunque este problema puede mitigarse con la redistribución de los ingresos procedentes de la recaudación (lo que, a su vez, podría afectar negativamente al criterio de eficacia)³².

En general, parece que los costes administrativos no son elevados pues pueden aprovecharse las estructuras de recaudación de impuestos ya existentes, aunque depende de la modalidad y del diseño concreto elegidos. Por ejemplo, un impuesto sobre la adquisición de vehículos es probable que tenga un menor coste administrati-

³² Acutt y Dodgson (1997) observan que el impacto sobre la equidad es difícil de determinar ex-ante pues los hogares con mayor nivel de renta suelen tener coches más grandes, aunque puede esperarse que los más pobres tengan los vehículos más antiguos y, por tanto, más contaminantes.

vo que un peaje. Son relativamente simples de administrar pues tienen menores requerimientos de control y ejecución que otros instrumentos (por ejemplo, el comercio de emisiones).

En general, puede afirmarse que los tres talones de Aquiles más importantes de este grupo de instrumentos son su incierta eficacia, el bajo incentivo al cambio tecnológico y sus problemas de inviabilidad política. Si se implantan, es más probable que generen cambios de comportamiento que cambios tecnológicos. Todos estos inconvenientes invitan a la aplicación de otros instrumentos complementarios de regulación o de inversión en infraestructuras para el cambio modal, para incrementar su eficacia, de información, para incrementar su aceptación, y otros, como las subvenciones a la I+D o la provisión pública en nichos, para incrementar su eficiencia dinámica.

No obstante, dentro de estos instrumentos de precios, existen matices importantes que afectan a su evaluación. Por ejemplo, la aceptabilidad de un impuesto sobre el combustible, peajes o pago por aparcamiento será probablemente menor que un impuesto sobre la adquisición o circulación de automóviles. El problema con los impuestos sobre la adquisición es que no influyen en la decisión de utilizar el automóvil pero también es probable que sean menos regresivos que un impuesto sobre el combustible y que sean más fáciles de implantar. La eficacia de un impuesto sobre la adquisición es superior a la de un impuesto sobre la circulación, según el IPCC (2007). Estos matices se recogen en el cuadro n.º 2.

Comercio de emisiones

En teoría, la eficacia de un sistema de comercio de emisiones para el sector del

transporte es mayor que con impuestos, pues se fija previamente el objetivo de reducción de las emisiones de CO₂. El sistema podría ser eficiente, aunque habría que considerar, por un lado, la posibilidad de que un mercado así exclusivamente para el sector del transporte fuera excesivamente estrecho, lo cual generaría modestas ganancias de eficiencia con respecto a un sistema de estándares. Además, los costes de su implantación y funcionamiento podrían ser tan altas que llegaran a anular esas ganancias de eficiencia estática; la dispersión y movilidad de las fuentes emisoras de este sector complica las tareas de inspección, certificación, verificación y contabilidad de los permisos negociables (PEN). En relación a los impuestos, su puntuación en otros criterios depende de que se distribuyan los permisos con subasta o no. Si se distribuyen con subasta, muchos de esos efectos serían parecidos a los de un impuesto sobre el combustible, por lo que haremos aquí el supuesto de que son distribuidos gratuitamente.

El incentivo al cambio tecnológico suministrado por este sistema es positivo (pues generan un incentivo para que cada industria produzca combustibles menos intensivos en carbono o vehículos que emitan menos CO₂) aunque modesto y en cualquier caso inferior al generado por los impuestos. Sin embargo, su viabilidad política es superior a los impuestos, pues los permisos se dan gratis y las agentes cubiertos por el sistema no tienen que pagar por sus emisiones residuales (es decir, por las cubiertas por los permisos concedidos). Los costes administrativos pueden ser considerables, pues habría que asignar los permisos de emisión y controlar el funcionamiento del sistema. Finalmente, los efectos sobre la equidad son inciertos aunque, con

Cuadro n.º 2

Resumen de la evaluación de los instrumentos de mitigación de emisiones de CO₂ en el transporte terrestre

Instrumento	Eficacia	Eficiencia	Inc. CT	Viabilidad	C. admtivos	Equidad
Regulación						
Restricciones uso	+	-	0	-	-	?
Control velocidad	+?	+?	0	-?	-?	0
Mantenimiento	?	+?	0	+	+	0
Alta ocupación	+?	+?	0	0	+	0
Estándares	+?	-	+	+	-?	-
Cuota biocombustibles	+	-	+	+	+	?
Instrumentos económicos						
I/combustible	0/+	+	0/+	-	-/0	0/-
I/circulación	?	+	0/+	0/-	0	0/-
I/adquisición	?/0/+	+	0/+	0/-	0	0/-
Peajes y pago aparcamiento	?/+	+	0/+	-	-	0/-
Comercio de obligaciones	+	+	?/0/+	+	-	-
Subvenciones	?	-	0/+	+	+	0/-
Instrumentos de información						
Campañas información	0/+	?	0	+	?	?
Conducción eficiente	0/+	?	0	+	?	?
Educación	0/+	?	0	+	?	?
Otros instrumentos						
Planificación	0/+	-	0	-	-	0
Provisión pública	0	?	+	+	-?	0
I+D+i	0/+	-	+	+	-?	0
AV	?	?	?	+	-?	0
Transporte público	+	-	0	+	-?	+

Fuente: Elaboración propia.

respecto a los impuestos, no se dispondría de una recaudación para reducir el impacto en sectores de la población con menores niveles de renta.

Es importante señalar que, obviamente, el supuesto sobre la configuración del sistema de comercio de emisiones es muy particular y condiciona los resultados de este análisis. Por ello, es necesario hacer una distinción entre los diferentes tipos de aplicación del comercio de emisiones en este sector.

Existen tres enfoques principales para implantar un sistema de comercio de obligaciones en el sector transporte: aguas arriba, aguas en medio y aguas abajo.

En el sistema aguas abajo, es el propio transportista quien debe obtener los PEN en la misma estación de bombeo, en función de las emisiones medias por tonelada de carga y por kilómetro recorrido, por ejemplo³³. Esta

³³ La regulación de PEN se puede establecer en el momento de pagar, mediante el modo de transferen-

opción tiene la ventaja de que las emisiones son registradas y controladas directamente donde se generan y hay un alto grado de certidumbre de que el objetivo de reducción se alcanzará. Por lo tanto, de este modo hay garantías de que el mercado de emisiones resulte ambientalmente eficaz. Sin embargo, el enfoque aguas abajo supone considerables problemas administrativos y altos costes de transacción.

En el enfoque aguas en medio los PEN son repartidos a los actores económicos cuyos productos o servicios contribuyen a las emisiones de CO₂, es decir, a los constructores de automóviles. Este sistema no garantiza los objetivos de reducción de CO₂, en tanto que no es posible influir en el número de vehículos por kilómetro, ni en el comportamiento del conductor. En efecto, el distanciamiento del poseedor de PEN (el constructor de automóviles) y su usuario (el transportista) representa un inconveniente para que este instrumento resulte ambientalmente eficaz; asimismo supone fuente de conflictos y enfrentamientos entre poseedor y usuario de PEN.

En el enfoque aguas arriba son los productores o importadores de combustibles (refinerías) quienes obtienen los PEN en función del contenido de carbono de los combustibles. La ventaja de este sistema es que el número de actores es bajo, lo que facilita las tareas de inspección, certificación, verificación y contabilidad de PEN. Sin embargo, el pequeño número de productores e importadores de combustibles implica un mercado de permisos estrecho, lo que provoca altos costes de transacción. Asi-

mismo, el sistema es percibido por los transportistas como una tasa, por repercutir el coste de reducción de emisiones en el precio del combustible.

Subvenciones

En este caso nos referimos, fundamentalmente, a las subvenciones para la adquisición de vehículos menos contaminantes. La eficacia de esta medida es incierta (en relación a un escenario de referencia contrafactual). Por ejemplo, en EE.UU., no está muy claro que el instrumento (en la forma de *tax credits*) haya tenido un impacto significativo en los usuarios (Gallagher *et al.*, 2007). La adicionalidad de este instrumento puede ser baja, aunque esta es una cuestión empírica difícil de analizar pues no sabemos cuanta gente compraría un automóvil más ecológico si no hubiera ayudas públicas, ya sea por razones de imagen o de concienciación ambiental. Por ello, la eficiencia económica es incierta y puede ser baja. No obstante, este instrumento promueve de manera eficaz el cambio tecnológico, aunque quizás excesivamente con respecto al nivel socialmente óptimo. La viabilidad política de este instrumento es elevada en tanto en cuanto no genera rechazo social³⁴, aunque también es cierto que detrae recursos del presupuesto público, lo que puede no ser tan atractivo para los reguladores. En cuanto a los costes administrativos, estos son bajos, pues las ayudas se canalizarían a través de los propios concesionarios (es decir, se aprovecharía la infraestructura existente y no haría falta ninguna gestión adicional por parte del comprador). Los impactos distributivos negativos son relativamente modestos, aunque muy amplios.

cia asíncrona (MTA) con tarjeta inteligente, una tecnología de gran capacidad de transmisión de servicios para afrontar demandas de gran escala, o cuando se llena el depósito de combustible, mediante un *chip* de control en el propio depósito.

³⁴ Pues suele beneficiar a unos pocos con un coste limitado y poco visible sufragado por una gran mayoría.

Instrumentos informativos

Este ámbito de actuación reúne un conjunto de instrumentos heterogéneos. El elemento común reside en que van dirigidos a estimular cambios de comportamiento en los ciudadanos con respecto a sus pautas de utilización del transporte a través de una mayor concienciación sobre la problemática ambiental causada por la utilización del vehículo privado. Nos referimos a las campañas de información y educación destinadas al conductor sobre el ahorro energético y, por tanto, de dinero y emisiones de CO₂ que pueden lograrse mediante una conducción más eficiente.

En general, estos instrumentos no deben utilizarse (ni se utilizan) en exclusiva, sino que deben combinarse con alguno de los mencionados en las dos categorías anteriores. Suelen incrementar la eficacia en la reducción de las emisiones de los instrumentos de regulación y económicos a un coste bajo, aunque dicha eficacia puede que se haga sentir sólo a largo plazo (especialmente en el caso de la educación) y su combinación con instrumentos más «duros» (de regulación o económicos) suele ser sinérgica con respecto a la eficacia. En cuanto a la eficiencia en costes, la conducción eficiente ha demostrado mitigar las emisiones a un coste negativo (IPCC, 2007), pero es más incierta en los otros dos instrumentos. Su incentivo al cambio tecnológico es más bien modesto, pero su viabilidad y aceptabilidad es alta pues no exigen ningún tipo de conducta o desembolso económico directo por parte de aquellos a los que va dirigido, por lo que es improbable que generen rechazo. De forma similar, es probable que sus impactos en términos de costes administrativos y sobre la equidad sean modestos.

Otros instrumentos

— *Acuerdos voluntarios.* A menudo este tipo de medidas son propuestas por los propios actores o empresas debido a su flexibilidad y bajos costes de implantación, aunque carecen de la fuerza reductora de otros procedimientos. Hasta la fecha sus resultados tanto en eficacia como en estímulo al cambio tecnológico han sido más bien modestos. De hecho, para que sea eficaz, un acuerdo voluntario debe tener detrás la amenaza (implícita o explícita) de una regulación en caso de incumplimiento. En este sentido, puede plantearse como un instrumento de transición hacia un estándar de combustible, aunque más flexible. En general, los acuerdos voluntarios son políticamente atractivos porque no acarrearán sanción en caso de incumplimiento y permiten a los sectores implicados ganar tiempo en el caso de que se pretenda aplicar una regulación drástica.

— *Planificación territorial y del transporte.* Su eficacia puede ser elevada (especialmente a largo plazo)³⁵, en combinación con otros instrumentos (como un transporte público de calidad), aunque a un coste alto si la planificación urbana implica cambios drásticos en la estructura existente de las ciudades. Se trataría además de un instrumento con elevados costes administrativos y ciertos problemas de viabilidad política. Su estímulo al

³⁵ Por ejemplo, las simulaciones realizadas en el Reino Unido muestran que pueden lograrse reducciones de entre el 10% y el 15% en el consumo de combustible en el Reino Unido en un periodo de 25 años (Acutt y Dodgson, 1997).

cambio tecnológico es mínimo y su impacto sobre la equidad incierto.

— *Provisión pública.* La eficacia de este instrumento es incierta, pues depende del volumen de compra pública y de su «cuota» con respecto al resto del mercado. Sí puede ser un instrumento muy interesante para generar los nichos necesarios en los que tecnologías menos maduras o con problemas de comercialización pueden difundirse. Esta difusión puede producir una reducción de costes y una mejora en la calidad que las haga más atractivas y alimente una difusión posterior a mayor escala. Sin embargo, habría que comparar estos beneficios de eficiencia dinámica (a largo plazo) con el volumen de fondos utilizados para realizar las compras públicas correspondientes, pues podría ocurrir que el estímulo al cambio tecnológico se hiciese con un coste excesivo³⁶. Su viabilidad política es elevada y sus costes administrativos e impactos sobre la equidad inciertos

— *Inversión pública en I+D+i.* Esta medida tiene un horizonte temporal a largo plazo. Incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías (o su reducción en costes) puede ser eficaz y eficiente en dicho horizonte temporal (al facilitar la existencia de tecnologías con costes moderados en el futuro), aunque a corto plazo supone una inversión pública considerable (y sólo en parte apropiable por el país que la realiza). Su viabilidad política es alta, pero probablemente con grandes costes administrativos.

— *Promoción del transporte público.* Finalmente el estímulo al transporte público es una medida fundamental para complementar otras gracias a su eficacia en esas combinaciones de instrumentos³⁷. Es probable que genere reducciones de emisiones de CO₂ con un coste relativamente elevado, especialmente si es necesario construir nuevas infraestructuras porque no sea suficiente el incremento en la utilización de las existentes. Su incentivo al cambio tecnológico es mínimo, aunque su viabilidad política e impactos sobre la equidad son favorables. En general, la mejora del transporte público suele tener un efecto positivo en los segmentos de población de menor renta.

Es probable que cada uno de los instrumentos sólo tenga un efecto modesto en la reducción de las emisiones del transporte. El cuadro n.º 2 compara los instrumentos y muestra que ningún instrumento puntúa alto en todos los criterios y que, por tanto, es probable que se necesite una combinación de los mismos para satisfacer el conjunto de criterios.

6. INTERACCIONES Y COMBINACIONES DE INSTRUMENTOS

En la vida real, varios de los instrumentos considerados anteriormente suelen coexistir, interaccionando entre sí. En este aparta-

³⁶ Obsérvese cómo existe un inevitable conflicto en este instrumento entre la eficiencia dinámica y la eficiencia en costes.

³⁷ Sin embargo, algunos autores discuten la eficacia de la medida. Aunque en principio una mejora del transporte público puede inducir cierta reducción en la utilización del vehículo privado, la reducción en el consumo de combustible que se produce como consecuencia puede verse compensado por el incremento de la capacidad del transporte público (Acutt y Dodgson 1997).

do analizamos las principales interacciones que se producen entre los instrumentos considerados y, a la luz de sus resultados, identificamos paquetes de medidas que pueden ser especialmente atractivos. De hecho, quizás la cuestión fundamental sea cómo combinar los distintos instrumentos para lograr una reducción eficaz y eficiente en las emisiones del transporte, que sea a la vez aceptable social y políticamente y estimule el cambio tecnológico³⁸.

A continuación se mencionan las combinaciones más interesantes de instrumentos³⁹:

1. *Restricciones al uso del vehículo privado y mejoras en el transporte público.* Esta combinación es especialmente atractiva en términos de eficacia y viabilidad política, pues combina el incentivo negativo para desmotivar el uso del vehículo privado con incentivos positivos para utilizar modos alternativos (IPCC 2007). Las mejoras en el transporte público hacen que las restricciones al uso del vehículo privado sean más aceptables socialmente al suministrar alternativas al mismo.
2. *Pago por aparcamiento (o impuestos sobre el combustible o peajes) y mejoras en transportes públicos.* Si en lu-

gar de una prohibición o restricción legal al uso del vehículo privado se combinaran las mejoras en el transporte público con un instrumento de precios (por ejemplo, un peaje para la entrada en la ciudad, una obligación de pago por aparcamiento dentro de la misma o un impuesto sobre el combustible), entonces, además de la eficacia y aceptabilidad social mencionadas en la anterior combinación, existiría una mayor eficiencia económica en la combinación, y una fuente de financiación de las mejoras en el transporte público (Bristow *et al.*, 2004).

La experiencia demuestra que los peajes, impuestos sobre el combustible o tasas por aparcamiento son poco eficaces si no existen alternativas creíbles, atractivas y relativamente baratas al transporte privado, tales como un transporte público de calidad⁴⁰.

3. *Instrumentos económicos (impositivos y comercio de emisiones) y ayuda a la inversión en I+D+i.* Es probable que haya necesidad de combinar instrumentos de mercado (*demand-pull*) para fomentar el cambio en el comportamiento y promover la adopción de las tecnologías de mitigación existentes con instrumentos de política tecnológica con un horizonte temporal a más largo plazo que promuevan el desarrollo de nuevas tecnologías (*supply-push*). Los instrumentos económicos permiten dar una señal a corto plazo que genere esos cambios de comportamiento, pero quizás no

³⁸ Siguiendo a Bristow *et al.* (2004), la relación entre instrumentos puede ser de complementariedad (el efecto combinado de ambos instrumentos es mayor que si se aplicara solo uno, pero menor que la suma de los efectos individuales de cada instrumento), de aditividad (el efecto combinado es igual a la suma de sus efectos individuales) o de sinergia (el efecto combinado es mayor que la suma de los efectos individuales).

³⁹ Obviamente puede haber combinaciones de más de dos instrumentos. No obstante, el análisis se hace mucho más complejo (aunque más realista) cuando se consideran más de dos instrumentos: nos hemos ceñido aquí al caso de dos instrumentos por motivos de simplicidad y capacidad ilustrativa.

⁴⁰ Bristow *et al.* (2004) presentan este contraste empírico para el caso del Reino Unido. Es el caso de Londres, donde se combinó la aplicación de un peaje para el acceso en vehículo privado al centro de la ciudad con la mejora en el transporte público.

sea suficiente para estimular cambios tecnológicos de mayor calado⁴¹ será necesario complementar esta estrategia con otra orientada a apoyar más directamente las inversiones en I+D+i. Esta combinación optimiza la eficacia, la eficiencia en costes (a corto y a largo plazo) y el incentivo al cambio tecnológico y tiene en cuenta que, a corto plazo, se genera un incentivo a la eficiencia en costes por la aplicación del instrumento económico, mientras que se facilita la búsqueda de tecnologías para la reducción de las emisiones a un coste moderado a largo plazo. La combinación de estos dos instrumentos permite incentivar tecnologías con distintos grados de madurez. Los instrumentos económicos son particularmente eficaces para las ya maduras mientras que los esfuerzos en I+D son más adecuados para tecnologías en etapas preliminares de su ciclo de vida, aunque también pueden facilitar la comercialización de tecnologías maduras.

4. *Mejoras en transporte público y campañas de información/concienciación.* Esta combinación puede ser eficaz, pues mezcla una mayor concienciación social con la posibilidad de que los ciudadanos informados utilicen modos alternativos al transporte privado.
5. *Restricciones al uso del vehículo privado y campañas de información.* Esta combinación también combina el «palo» de la regulación con la «zanahoria» de medidas informati-

vas que pueden incrementar la eficacia y aceptabilidad social de aquellas.

6. *Planificación territorial y del transporte e instrumentos económicos (impositivos).* La menor dispersión de las actividades urbanas desincentivaría el uso del vehículo privado, mientras que los instrumentos económicos trabajarían en la misma dirección.
7. *Estándares, incentivos fiscales e información para el consumidor.* La eficacia de los estándares puede mejorarse sustancialmente si se combinan con incentivos fiscales e información al consumidor (IPCC, 2007).
8. *Impuesto sobre el combustible y conducción eficiente.* Si es cierto que uno de los principales desafíos en los programas de conducción eficiente es convencer a los conductores a participar en los mismos y mantener un estilo de conducción eficiente (IEA 2001), un impuesto sobre el combustible suministra precisamente ese incentivo para conducir de manera eficiente (o mantener el vehículo en condiciones adecuadas) para utilizar menos combustible y evitar el pago del impuesto.
9. *Planificación territorial y del transporte y mejoras en el transporte público.* Cuando se utiliza el instrumento de la planificación territorial es necesario combinarlo con otros instrumentos, como el estímulo al transporte público. De hecho, las experiencias exitosas de planificación territorial y del transporte (como las de Estocolmo y Portland) mezclan ambos instrumentos para reducir la dependencia del automóvil (IPCC, 2007).

⁴¹ La razón es el problema de la «doble externalidad» que sufren las tecnologías ambientales en general (Rennings, 2000; del Río, 2004).

10. *Estándar de combustible y comercio de créditos.* El establecimiento de un estándar de combustible puede flexibilizarse con la posibilidad de establecer un sistema de comercio de las obligaciones relacionadas con el estándar, de forma que aquellos productores de vehículos a los que les cueste más cumplir con el estándar lo puedan hacer comprando a los que les cueste menos la diferencia correspondiente. Esto incrementaría la eficiencia en costes de lograr el objetivo establecido por el estándar.

11. *Subvención a vehículos menos contaminantes a través de un mayor impuesto de matriculación sobre los más contaminantes.* Esta modalidad, que en la literatura se conoce con el nombre de *feebates* implica en realidad combinar un impuesto sobre los vehículos más contaminantes con una subvención a la adquisición de los menos contaminantes dotada con la recaudación del impuesto. No obstante, debe analizarse si la eficiencia económica del empleo de la recaudación pudiera incrementarse si se destinase a otros usos (por ejemplo, a reducir cotizaciones sociales, en la línea de la denominada reforma fiscal ecológica).

12. *Provisión pública (compras públicas) e impuestos.* La provisión pública puede promover la creación de un nicho de mercado para las tecnologías emergentes, que les permita reducir sus costes y mejorar su calidad a través de los efectos de aprendizaje y economías de escala que tengan lugar durante la difusión de la innovación, y que se ve facilitada por la creación del nicho. Un im-

puesto (sobre el combustible, de matriculación o de circulación) aplicado simultáneamente permite financiar esta política. Si el impuesto es sobre el combustible, el incentivo a reducir el consumo de energía (ya sea comprando vehículos más eficientes, utilizando menos el coche o utilizándolo de forma eficiente en el consumo de energía) es continuo. La idea de utilizar un instrumento para financiar el otro no es exclusivo de este caso, sino que puede hacerse lo mismo cuando se combina la utilización de impuestos y la mejora del transporte público o la inversión en I+D+i.

Teniendo en cuenta que ninguno de los instrumentos puntuaba alto en todos los criterios, que existen muchos factores determinantes de las emisiones a tener en cuenta y que la mayoría de los instrumentos anteriores se complementan entre sí, lo más lógico sería adoptar una estrategia en la que se incluyera la aplicación de una amplia gama de instrumentos de forma coherente y coordinada: alguno o varios de los instrumentos del grupo 1 (regulación), alguno de los del grupo 2 (instrumentos económicos), todos los del grupo 3 (instrumentos de información y educación) y todos los del grupo 4 (otros instrumentos)⁴².

La combinación de instrumentos permite satisfacer la mayoría de los criterios mencionados, algo que resulta imposible cuando sólo se utiliza un instrumento. Las combinaciones generan sinergias. En concreto, permiten que con los ingresos de un instru-

⁴² Por ejemplo, el IPCC (2007) observa cómo la combinación de determinados instrumentos (mejoras en las infraestructuras, sistemas de información y medidas de precios) puede generar reducciones de la demanda de transporte de un 10-15%.

mento se financie el otro (por ejemplo, caso 1) o que una medida impopular se aplique conjuntamente con otra más atractiva para el ciudadano con objeto de incrementar la viabilidad política de la primera (por ejemplo, caso 5). Un asunto importante es si una de las medidas debe aplicarse antes que las otras. May y Roberts (1995) defienden que deben adoptarse con prioridad aquellas medidas que facilitan la aplicación de otras. Aquellas medidas que requieren financiación deben aplicarse con posterioridad a las que permiten generar ingresos para financiarlas. Sin embargo, las atractivas y poco atractivas desde el punto de vista de su aceptabilidad social deben aplicarse simultáneamente.

No obstante, la elección de instrumentos y su combinación debe tener en cuenta las especificidades locales: niveles de desarrollo económico, estructura económica, geografía, densidad demográfica y aspectos institucionales y culturales. Todos estos factores afectan a la eficacia y deseabilidad de las políticas (IPCC, 2007).

Por otro lado, en esta sección hemos tenido en cuenta los efectos complementarios y sinérgicos entre instrumentos, pero también puede haber conflictos entre ellos. Uno de estos es el denominado «efecto rebote»: determinadas medidas destinadas a reducir las emisiones de GEI en el sector del transporte pueden dar lugar a un transporte más eficiente y, por tanto, más barato, lo que a su vez puede incrementar la demanda de transporte (EEA, 2008). Sin embargo, aun cuando sea posible la existencia del efecto rebote, este puede limitarse con una mezcla de instrumentos, por ejemplo, aplicando simultáneamente instrumentos que fomenten la mejora de la tecnología (incrementando la eficiencia del combustible) y un impuesto sobre el carbono.

7. CONCLUSIONES

Abordar el control de las emisiones de CO₂ en el sector del transporte constituye un asunto de importancia primordial si se quiere controlar las emisiones de GEI de forma compatible con el mantenimiento de las concentraciones de emisiones en niveles «seguros», establecidos por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) entre los 450 y los 550 partes por millón. Mantener las emisiones en esos límites exigirá que se adopten cambios drásticos de comportamiento y tecnológicos que den lugar a una modificación considerable en la forma en la que utilizamos el transporte. En este trabajo hemos tratado de analizar los pros y los contras de distintos instrumentos de mitigación en el sector del transporte de pasajeros por carretera. Para ello, hemos tenido en cuenta varios criterios de evaluación de los instrumentos y diferentes factores determinantes de las emisiones.

La principal conclusión es que, teniendo en cuenta los distintos factores que contribuyen al problema y que ningún instrumento puntúa alto en todos los criterios de evaluación considerados, es necesaria una combinación equilibrada de distintas medidas que aborden las distintas vertientes del problema. Esta combinación debe incluir dos, tres o cuatro instrumentos en función de las circunstancias y del contexto en que se aplican. Hasta ahora, sin embargo la estrategia para mitigar las emisiones en este sector parece haberse centrado en medidas tecnológicas y otras de carácter «suave» obviando en la mayoría de los casos (probablemente por razones de economía política) la utilización de instrumentos «duros», es decir, de aquellas medidas decididas, y normalmente impopulares, que indu-

cen a cambios de comportamiento ya sea a través de regulaciones o instrumentos económicos. En el futuro es inevitable la utilización de este tipo de instrumentos en cestas de medidas que incluyan instrumentos de las otras categorías, pues la naturaleza diversa de las barreras que impiden la reducción de las emisiones en este sector apela a la necesidad de combinar distintos procedimientos. La existencia de beneficios secundarios derivados de la reducción de emisiones de CO₂ (reducción en la congestión del tráfico, reducciones en las emisiones de contaminantes locales, etc.) puede incrementar la viabilidad política de la aplicación de dichas medidas. De hecho, puede ocurrir que alguna medida no se justifique por los beneficios de la reducción de emisiones de CO₂ y sí por los beneficios secundarios.

En todo caso, es amplio y potencialmente fértil el campo de investigaciones futuras que pueden llevarse a cabo con respecto a la mitigación de las emisiones de CO₂ en este sector. En particular, consideramos que son necesarios estudios profundos de casos que muestren cual ha sido el funcio-

namiento de distintos instrumentos en su aplicación práctica en distintos contextos, y qué elementos de diseño es más probable que den lugar al éxito de los mecanismos. Resulta particularmente interesante analizar el papel de los instrumentos económicos para mitigar las emisiones en el sector transporte. Además, como defiende la propia Agencia Europea del Medio Ambiente (2008) y otros autores (Tarancón y del Río, 2007), un análisis serio de cómo abordar el problema del crecimiento del transporte debe prestar atención a otros sectores tales como la vivienda, la agricultura y la industria en lugar de ceñirse únicamente al sector transporte, pues son las decisiones en estos sectores las que generan la demanda de transporte. Finalmente, debe avanzarse en el desarrollo de métodos más rigurosos que permitan priorizar y comparar los distintos instrumentos en base a los criterios mencionados. Aunque el énfasis se ha puesto tradicionalmente en los criterios de eficacia y eficiencia, el resto de los aquí considerados son también importantes para el éxito de la aplicación de las políticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCUT, M. Y DODGSON, J. (1997): «Controlling the environmental impacts of transport: matching instruments to objectives.» *Transportation Research D*, 2(1): 17-33.
- BRISTOW, A., PRODMORE, A., TIGHT, M., MAY, M., BERKHOUT, F. Y HARRIS, M (2004): «How can we reduce carbon emissions from transport?» *Technical Report 15*. Londres, Tyndall Centre for Climate Change Research.
- DEL RÍO, P. (2004): «Public policy and clean technology promotion. The synergy between environmental economics and evolutionary economics of technological change». *International Journal of Sustainable Development*, 7(2): 200-216.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (EEA)(2008): «Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union». Copenhagen, EEA Report No 1.
- GALLAGHER, K.S., COLLANTES, G., HOLDREN, J.P., LEE, H., Y FROSCH, R.. (2007): «Policy Options for Reducing Oil Consumption and Greenhouse-Gas Emissions from the U.S.» Harvard (Massachusetts)», *Transportation Sector. Discussion Paper*

- July 27, John F. Kennedy School of Government, Harvard University.
- GONZALO AIZPIRI, A. (2007): «Transporte y Cambio Climático. La EECCEL. Plan de Medidas Urgentes EECCEL Horizonte 2007-2012-2020». VII Seminario Internacional Transporte y Cambio Climático. Madrid.
- GOODWIN, P. (1992): «A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes». *Journal of Transport Economics and Policy*, 26: 139-154.
- GRAHAM, D.J. Y GLAISTER, S. (2002): «The Demand for Automobile Fuel a Survey of Elasticities». *Journal of Transport Economics and Policy*, 36(1): 1-27.
- HACKER, J. Y PELCHEN, A. (1999): *Goals and Economic Instruments for the Achievement of Global Warming Mitigation in Europe*. Berlín, Kluwer Academic Publishers, Berlin.
- HALNAES, K., CALLAWAY, J.M. Y MEYER, H.J. (1999): *Methodological Guidelines. Main Reports: Economics of Greenhouse Gas Limitations*. Roskilde (Dinamarca), UNEP. Riso National Laboratory.
- HOLDEN, E., HOYER, K.G.. (2005): «The ecological footprints of fuels». *Transportation Research Part D* 10: 395-403.
- HUGHES, JONATHAN E.; HNITTEL, CHRISTOPHER R. Y SPERLING, DANIEL. (2008): «Evidence of a shift in the sort run price elasticity of gasoline demand». *The Energy Journal*, 29.
- INTERGOVERNMENT PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007): *Fourth Assessment Report. Working Group III*. Ginebra.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)(2000): *The road from Kyoto, Current CO₂ and transport policies in the IEA*. Paris, IEA.
- IEA (2000): *Experience Curves for Energy Technology Policy*, Paris, OECD/IEA.
- (2001): *Saving Oil and Reducing CO₂ Emissions in Transport*. Paris, OECD/IEA.
- IPCC (2007): *Fourth Assessment Report. Climate Change 2001: The Scientific Basis*.
- KONIDARI, P. Y MAVRAKIS, D. (2007): «A multicriteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments». *Energy Policy* 35 812), 6235-6257.
- MARECHAL, K. (2007): «The Economics of climate change and the change for climate in Economics». *Energy Policy* 35/10: 5181-5194.
- MAY, A. Y ROBERTS, M. (1995): «The design of integrated transport strategies». *Transport Policy* 2: 97-105.
- MONZÓN, A. (2007): «La contribución del transporte a la emisión de gases de efecto invernadero en España». VII Seminario Internacional Transporte y Cambio Climático. Madrid.
- PLAUT, P. (1998): «The comparison and ranking of policies for abating mobile-sources emissions». *Transportation Research D*, 3(4): 193-205.
- RAJAN, S. (2007): «Climate Change dilemma: technology, social change or both? An examination of long-term transport policy choices in the United States». *Energy Policy*, 34(6): 664-679
- RENNINGS, K. (2000): «Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics», *Ecological Economics*, 32(2): 319-332
- RIP, A. Y KEMP, R.. (1998): «Technological change», en Rayner, S., Malone, E. (Eds.), *Human Choice and Climate Change*, Columbus (Ohio), Battelle Press, 327-399.
- SCHIPPER, L., STEINER, JR., FIGUEROA, M. Y DOLAN, K. (1993): «Fuel prices and Economy». *Transport Policy* 1(1): 6-20.
- SCHMUTZLER, A. (2005): «Transportation and the Environment-Perspective for Future Research». In: Böhringer, C., Lange, A. (Eds.), *Applied Research in Environmental Economics*, vol. 31. Heidelberg, Springer.
- STERN, N. (2006): *Stern Review on the economics of climate change*. Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press.
- STERNER, T. (1990): *The pricing and demand for gasoline*. TFB Rapport 9. Estocolmo, Swedish Transport Research Board.
- TARANCON, M.A. Y DEL RÍO, P. (2007): «Structural factors affecting land-transport CO₂ emissions: a European comparison». *Transportation Research D: Transport and the Environment*, 12: 239-253.
- UNRUH, G.C. (2000): «Understanding carbon lock-in». *Energy Policy* 28(12): 817-830.