

# MODELOS DE TRANSPORTE Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN ESPAÑA

---

Antonio Estevan\*

---

Fecha de recepción: 30 de enero de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 10 de mayo de 2005

**Resumen:** El sector del transporte es el primer emisor de gases de efecto invernadero en España, incluso si se consideran solamente las emisiones generadas en la tracción de los vehículos. Si se imputan también las emisiones generadas en la construcción y mantenimiento de los vehículos y las infraestructuras, las emisiones del sector se acrecientan sustancialmente. En el presente artículo se realizan algunas estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> que generan los diferentes modos de transporte España, así como de la evolución que han registrado en los últimos años. Se aportan también algunas consideraciones sobre posibles estrategias de intervención pública en el sector, que podrían rebajar en cierto grado las emisiones y reducir las dificultades a las que se enfrenta España para cumplir los compromisos derivados del Protocolo de Kyoto.

**Palabras clave:** Energía, transporte, CO<sub>2</sub> emisiones, Kyoto.

**Abstract:** The transport sector is the largest emitter of greenhouse gas in Spain, even if only the emissions generated by vehicles traction are included in this sector. If the emissions generated by the construction and maintenance of vehicles and infrastructures are also included, then transport sector emissions increase substantially. This paper undertakes estimations of CO<sub>2</sub> emissions in Spain by transport modes

---

\* Ingeniero Industrial y técnico urbanista. Consultor ambiental

and of their recent evolution. Some considerations on possible strategies of public intervention in this sector are made. These could cut back emissions to some extent, and so reduce the difficulties faced by Spain to fulfill the commitments derived from the Kyoto Protocol.

**Key words:** Energy, transport, CO<sub>2</sub> emissions, Kyoto.

## 1. Introducción

En las sociedades desarrolladas, el transporte es la actividad que genera directa o indirectamente los mayores y más variados problemas ambientales. En muchos países, entre los que se cuenta España, el sector del transporte es el primer consumidor de energía, el primer emisor de CO<sub>2</sub> y de muchas sustancias contaminantes, el primer ocupante de suelo y transformador del territorio, el primer generador de ruido, etc., etc.. Pero además, en la producción de los servicios de transporte confluyen innumerables actividades auxiliares o intermedias, que multiplican y extienden los impactos ambientales del transporte en todas direcciones. Hay pocos problemas ambientales que, si son adecuadamente rastreados, no resulten total o parcialmente vinculados a una actividad de transporte.

El transporte es uno de los sectores que muestra un mayor ritmo de crecimiento entre todos los grandes sectores de actividad económica. En todos los países, sea cual sea su grado de desarrollo y la organización de su sistema económico, la producción de transporte crece más deprisa que el conjunto de la economía. Y dentro del sector del transporte, los medios con mayores consumos energéticos y mayores impactos ambientales (automóvil, avión, y últimamente el AVE), crecen más deprisa que los medios más compatibles, y lo hacen a costa de éstos.

No es de extrañar, por tanto, que en los medios dedicados al tratamiento de los problemas ambientales, ya sea desde una perspectiva política, administrativa o técnica, se considere al conjunto de los impactos ambientales del transporte como el más inmanejable de los problemas ambientales, tanto a escala global como a escala local.

Si hay alguna característica que diferencia al transporte del resto de las actividades económicas desde el punto de vista medioambiental, es precisamente el hecho de que presenta graves impactos tanto en el plano local como en el plano global. Otros sectores de actividad con problemática medioambiental suelen concentrar sus efectos bien sea en su entorno inmediato o en el ecosistema global. El

transporte es el único sector capaz de alterar profundamente, y de modo simultáneo, los equilibrios ecológicos globales y los equilibrios locales de los ámbitos en los que se desarrolla.

En el presente artículo se aborda el análisis de los costes energéticos del sector del transporte, encuadrando el grave problema ambiental que estos costes representan en relación en los actuales intentos de controlar las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la aplicación del Protocolo de Kyoto.

## **2. La energía y el transporte: la necesidad de un análisis global**

Para abordar el análisis energético del sector del transporte desde una perspectiva que responda fielmente a la realidad, las estadísticas económicas y sectoriales al uso resultan no sólo insuficientes, sino posiblemente también inadecuadas. En general, su estructura y su contenido tienden a ocultar la existencia de profundas interrelaciones entre sectores de actividad que aparecen como formalmente independientes en las clasificaciones económicas, pero que en la práctica confluyen para la prestación de los servicios finales de transporte.

Por esta razón, el análisis de la situación del transporte desde una perspectiva integrada requiere ampliar la consideración del "transporte" al conjunto del ciclo productivo del sector, que no debe quedar limitado a lo que las clasificaciones económicas al uso consideran como "actividades del transporte" (actividades consistentes en el movimiento de personas o cosas), sino que incorpora las numerosas actividades industriales y de servicios que integran la cadena de producción del transporte, antes y después de realizarse el movimiento en sí. Este enfoque se describe gráficamente como un análisis "que va desde la mina hasta el vertedero", esto es, desde que se extraen minerales para la construcción de los vehículos y las infraestructuras, hasta que se cierra el ciclo eliminando los vehículos que han finalizado su vida útil, renovando las infraestructuras y, en general, incluyendo todas las actividades que hacen posible la producción del transporte: construcción de infraestructuras, mantenimiento del sistema de transportes, etc..

En el análisis de proyectos individuales se ha ido abriendo paso en los últimos años, en los medios especializados en evaluaciones energéticas o ambientales, una visión hasta cierto punto similar a la que aquí se propone para el conjunto del sector del transporte. Es el denominado "análisis de ciclo de vida de proyecto". Sin embargo, incluso en estos planteamientos, frecuentemente quedan fuera del cálculo determinadas incorporaciones de materiales o energía que se integran de hecho en el proyecto cuyo ciclo de vida se pretende analizar.

En una serie de estudios realizados por encargo de la administración estatal a comienzos de la década de 1990 (Estevan, A. y Vega, P., 1992 y Estevan, A., 1993), se realizó una exhaustiva investigación sobre el consumo de energía en el transporte en España con una metodología de ciclo global, seguida de una propuesta de "estabilización ecológica" (Estevan, A. y Sanz, A., 1996) que anticipa-

ba en cierto modo los actuales planteamientos de Kyoto respecto al transporte, aunque con un enfoque más amplio, como se verá en los datos y resultados que se sintetizan a continuación. Los datos que se recogen en el próximo apartado proceden principalmente de aquellos materiales, que lamentablemente no han sido actualizados en profundidad desde entonces, dado que su puesta al día requiere un considerable esfuerzo que la administración estatal de los últimos años no ha estado en ningún momento interesada en patrocinar.

Desde comienzos de la década de 1990 hasta la actualidad las actividades de transporte en España, medidas en unidades de transporte (viajeros-km y tm-km) se han multiplicado globalmente por un factor próximo a 2, mientras las emisiones de CO<sub>2</sub> se incrementaban en más de un 60 %, pasando de 58.506 Tm en 1990 a 93.957 en 2002, y ello considerando sólo los consumos en la etapa de tracción, y no en las demás fases del ciclo del transporte. Indudablemente, los datos sobre consumos energéticos agregados elaborados en 1992, que sirven de apoyo a las reflexiones recogidas en el próximo apartado, han perdido vigencia en términos cuantitativos, pero no en términos de distribución porcentual. Incluso, muy probablemente, las diferencias detectadas en aquel momento entre los consumos en la etapa de tracción y en el ciclo global se deben haber agrandado. Como se verá a continuación, mientras los consumos específicos de combustible de los vehículos han disminuido, el tamaño medio de los vehículos y el ritmo de renovación del parque han aumentado de forma espectacular, lo que debe haber incrementado de forma muy notoria el peso de la fase de construcción de los vehículos en la factura energética global. En todo caso, se considera que los datos de 1992 siguen siendo útiles para sustentar ciertas reflexiones sobre el modelo y las tendencias recientes de evolución del sector del transporte, como las que se recogen en el próximo apartado.

### 3. El Balance Energético del Transporte

Desde el punto de vista del consumo de energía en el transporte, para poder abordar el estudio del ciclo integral del transporte se hace necesario conciliar las fronteras sectoriales propias de las clasificaciones económicas convencionales –sobre las cuales se articula la mayor parte de la información estadística disponible–, con las fronteras físicas internas del ciclo de la producción de transporte. Para ello, este ciclo global debe ser dividido en una serie de fases o etapas bien identificadas y delimitadas en términos físicos, pero que engloben actividades suficientemente homogéneas según las clasificaciones convencionales, a fin de poder disponer de estadísticas suficientemente desglosadas.

Las fases en las que cabe abordar en términos prácticos el estudio de ese proceso pueden definirse de varios modos y con diferentes grados de desglose. A efectos de síntesis basta con contemplar una sencilla división por fases establecida como sigue:

FASE 1: Construcción de vehículos.

FASE 2: Construcción de infraestructuras.

FASE 3: Circulación.

FASE 4: Mantenimiento del sistema de transporte.

FASE 5: Eliminación o Gestión de residuos.

Algunas de estas fases se corresponden con sectores convencionales de actividad económica bien delimitados. Otras, como la de circulación y sobre todo, la de mantenimiento del sistema, incorporan multitud de actividades muy heterogéneas, y con fronteras bastante borrosas.

El Balance Energético del Transporte es el conjunto de los consumos energéticos ocasionados por las diversas actividades que contribuyen al ciclo global de producción de transporte. Para la elaboración del Balance Energético se realizaron diversos análisis específicos correspondientes a las diferentes fases del ciclo del transporte en cada medio.

Entre ellos cabe destacar aquí la monografía "Energía y automóvil: un análisis global" (Llop, M. y Román, M., 1993). Uno de los objetivos principales de ese trabajo, realizado con la colaboración de SEAT sobre las condiciones reales de funcionamiento de su factoría de la Zona Franca, era el de conocer los costes energéticos reales de la fabricación de un automóvil. Las conclusiones indicaron que la fabricación de un turismo de tipo medio de aquel momento requería un consumo de 1,68 Toneladas Equivalentes de Petróleo. Esta cantidad de energía equivalía, aproximadamente al 12% del combustible que el vehículo consumiría a lo largo de toda su vida útil, en las condiciones medias de utilización de los automóviles en España, incluidos los numerosos vehículos sometidos a utilización profesional intensiva. En numerosos vehículos privados de baja intensidad de utilización (vehículos de uso no cotidiano, de uso preferentemente urbano, segundos vehículos familiares, etc.), este porcentaje podía superar el 20%.

Los datos disponibles (DGT, 2002) indican que el peso de los costes energéticos de la fabricación de los vehículos en su ciclo de vida global puede estar aumentando. En primer lugar, se ha registrado un considerable aumento del tamaño medio del parque, que se refleja en la cilindrada media de los vehículos: mientras en 1992 la cilindrada media de los vehículos matriculados era de 1.545 cc, en 2001 esta cilindrada media había subido hasta 1.656 cc. Mientras en 1992 se matricularon 73.096 vehículos de más de 2.000 cc, en 2001 se matricularon 143.707, esto es, se matricularon casi el doble de grandes turismos, mientras se reducían en más de un 40% las matriculaciones de vehículos de menos de 1.200 cc. Desde 2001 hasta la actualidad esta tendencia se ha seguido reforzando.

Además, la renovación del parque ha sido espectacular. En 1992 se matricularon 1.008.454 turismos, bajando posteriormente la cifra hasta que en 1997 se volvió a superar el millón de matriculaciones, tras de lo cual se produjo un incremento que ha llevado, en los últimos años, a superar o bordear regularmente la marca de 1,5 millones de turismos matriculados. En la actualidad el parque español de vehículos de turismo es uno de los más modernos de Europa, pero la situación real queda oculta por la degradación de las estadísticas oficiales de la anti-

güedad del parque.

En efecto, estudios internos realizados hace años por la D.G. de Carreteras, no publicados por su carácter contradictorio sobre las estadísticas oficiales, evaluaban en más de 3 millones los vehículos retirados de la circulación, pero que se siguen contabilizando en las estadísticas oficiales de parque automovilístico porque no fueron dados de baja en su día. De hecho, en la estadística oficial de antigüedad del parque de vehículos figuraban en 2001 más de 2,6 millones de vehículos matriculados con anterioridad a 1981, esto es, con más de 20 años de antigüedad. La inmensa mayoría de estos vehículos simplemente no existen, pero por diversas circunstancias no fueron dados de baja en su día. Asimismo, figuraban como activos 1,6 millones de vehículos matriculados entre 1981 y 1985, esto es, con más de 15 años de antigüedad. Muchos de estos vehículos también han sido eliminados pero no dados oficialmente de baja, y continúan existiendo a efectos estadísticos.

El efecto que esta anomalía estadística produce sobre la antigüedad media oficial del parque es literalmente kafkiano. Cada año que pasa sin que un vehículo sea dado de baja, la administración considera que el vehículo sigue existiendo, pero con un año más de antigüedad. De este modo, existen oficialmente varios millones de vehículos fantasmas, muchos de los cuales han alcanzado ya "edades" que los harían merecedores de un puesto de honor en algún museo del automóvil, y que siguen contribuyendo con su vetusta edad virtual a elevar la edad media oficial del parque en España. Todo ello, por supuesto, para regocijo de las casas constructoras de automóviles, que en su deseo de ayudar a mejorar la "elevada antigüedad" del parque de turismos, han conseguido que el estado español extienda el Plan Prever (antiguo Plan Renove) incluso a la compra de vehículos de segunda mano.

La situación real del parque de vehículos en España cuestiona severamente la idoneidad ecológica del Plan Prever. Este programa se mantiene en vigor en España desde hace años con fuertes apoyos oficiales, y en su defensa se viene alegando, entre otros factores, que permite reducir el consumo energético del transporte en automóvil privado. El análisis global demuestra que las posibles mejoras de eficiencia energética de los nuevos motores quedan canceladas o muy mermadas por el sobrecoste energético que implica la retirada anticipada de vehículos que no han culminado su vida útil, y su sustitución por otros de nueva manufactura, que mayoritariamente son de peso y potencia muy superiores a los eliminados. El Plan Prever está siendo desde hace años no sólo inoperante, sino con toda probabilidad contraproducente para la reducción del consumo energético en el transporte.

El resultado final de los análisis condujeron a la construcción del Balance Energético del Transporte, que fue elaborado y publicado en su día en unidades energéticas (TEP). En el momento actual interesa analizar el problema desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>, para lo cual se ha elaborado el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> a partir del Balance Energético. El resultado se presenta en la tabla adjunta, desglosado por modos de transporte. Los datos resultantes podrí-

an extrapolarse con bastante aproximación a la situación actual aplicando ciertos factores de incremento lineal, pero las limitaciones de información respecto al comportamiento de los distintos modos y medios de transporte aconsejan mantener los datos originales.

## Emisiones de CO<sub>2</sub> en el ciclo integral del transporte. España, 1992

### A. Emisiones totales por modos de transporte. Tm CO<sub>2</sub>.

| FASES:                | Construcción de vehículos | Construcción Infraestructuras | Circulación vehículos | Mantenimiento del sistema | Eliminación vehículos | TOTAL      |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|------------|
| Viario                | 6.314.061                 | 9.060.983                     | 59.668.728            | 2.767.175                 | -284.582              | 77.526.368 |
| Ferrovionario         | 70.386                    | 444.178                       | 1.441.354             | 324.067                   | -2.502                | 2.277.484  |
| Aéreo                 | 32.196                    | 187.164                       | 7.127.423             | 111.803                   | -1.091                | 7.457.498  |
| TOTAL                 | 6.416.643                 | 9.692.326                     | 68.237.505            | 3.203.046                 | -288.175              | 87.261.350 |
| Reparto por modos (%) |                           |                               |                       |                           |                       |            |
| Viario                | 98,40                     | 93,50                         | 87,40                 | 86,40                     | 98,80                 | 88,80      |
| Ferrovionario         | 1,10                      | 4,60                          | 2,10                  | 10,10                     | 0,90                  | 2,60       |
| Aéreo                 | 0,50                      | 1,90                          | 10,40                 | 3,50                      | 0,40                  | 8,50       |
| Reparto por fases (%) |                           |                               |                       |                           |                       |            |
| Viario                | 8,10                      | 11,70                         | 77,00                 | 3,60                      | -0,40                 | 100,00     |
| Ferrovionario         | 3,10                      | 19,50                         | 63,30                 | 14,20                     | -0,10                 | 100,00     |
| Aéreo                 | 0,40                      | 2,50                          | 95,60                 | 1,50                      | 0,00                  | 100,00     |

### B. Emisiones específicas por modos: Kg CO<sub>2</sub> por cada 100 unidades de transporte (UT)<sup>(1)</sup>.

| FASES:        | Construcción de vehículos | Construcción Infraestructuras | Circulación vehículos | Mantenimiento del sistema | Eliminación vehículos | TOTAL |
|---------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| Viario        | 0,74                      | 1,06                          | 7,07                  | 0,32                      | -0,03                 | 9,16  |
| Ferrovionario | 0,11                      | 0,66                          | 2,16                  | 0,49                      | 0,00                  | 3,41  |
| Aéreo         | 0,05                      | 0,32                          | 12,05                 | 0,19                      | 0,00                  | 12,61 |

<sup>(1)</sup> Unidades de transporte en la Sección B: Plazas-Km + Tm-Km.

### C. Emisiones específicas por medios de transporte: Kg CO<sub>2</sub>/100 viaj-km, veh-km ó Tm-km<sup>(2)</sup>.

| FASES:      | Construcción de vehículos | Construcción Infraestructuras | Circulación vehículos | Mantenimiento del sistema | Eliminación vehículos | TOTAL  |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|--------|
| Viario      |                           |                               |                       |                           |                       |        |
| Motos       | 1,51                      | 0,90                          | 7,13                  | 0,32                      | -0,08                 | 9,80   |
| Turismos    | 1,96                      | 1,46                          | 12,48                 | 0,58                      | -0,08                 | 16,40  |
| Autobuses   | 0,16                      | 0,40                          | 3,15                  | 0,16                      | 0,00                  | 3,87   |
| Furgonetas  | 1,56                      | 3,89                          | 31,87                 | 1,48                      | -0,08                 | 38,73  |
| Camiones    | 0,42                      | 1,93                          | 7,68                  | 0,34                      | -0,03                 | 10,38  |
| Ferroviario |                           |                               |                       |                           |                       |        |
| AVE         | 0,57                      | 2,31                          | 6,15                  | 1,23                      | -0,02                 | 10,24  |
| Largo rec.  | 0,25                      | 1,55                          | 4,03                  | 0,81                      | 0,00                  | 6,64   |
| Cercanías   | 0,55                      | 1,63                          | 3,75                  | 0,74                      | -0,02                 | 6,68   |
| Mercancías  | 0,11                      | 1,31                          | 5,41                  | 1,08                      | 0,00                  | 7,91   |
| Vía Estr.   | 0,25                      | 2,35                          | 5,41                  | 1,31                      | 0,00                  | 9,31   |
| Metro       | 0,13                      | 0,49                          | 4,58                  | 1,67                      | 0,00                  | 6,87   |
| Aéreo       |                           |                               |                       |                           |                       |        |
| Pasajeros   | 0,05                      | 0,32                          | 14,57                 | 0,24                      | 0,00                  | 15,18  |
| Carga       | 1,54                      | 8,98                          | 165,95                | 2,60                      | -0,05                 | 179,01 |

<sup>(2)</sup> Viajeros-km para transporte de pasajeros, vehículos-km para furgonetas y Tm-km para carga. Las motos no incluyen ciclomotores.

Fuente: elaboración propia.

La Sección A de la tabla recoge las emisiones agregadas por modos de transporte (viario, ferroviario y aéreo) en cada fase del ciclo, así como la emisión total. Los resultados se presentan también en forma de porcentajes, para facilitar su interpretación. Es interesante observar cómo la cifra de emisiones globales atribuibles al sector del transporte se incrementa en más de un 30% cuando el análisis energético se plantea con el criterio de globalidad utilizado en el presente trabajo en lugar de restringirlo a las energías de tracción.

La aplicación de este criterio de imputación en lugar del enfoque fraccionario habitual modifica sensiblemente el mapa energético global que se maneja en España. Si en el reparto por grandes sectores (transporte, industria, doméstico, etc.), las diversas fuentes atribuyen al transporte en España un porcentaje del orden de un tercio del consumo total de energía primaria, el enfoque global apun-

ta hacia un porcentaje muy superior: cerca de la mitad del consumo de energía primaria en España derivaría directa o indirectamente de la producción de transporte.

En la tabla de porcentajes se pone de manifiesto la considerable eficiencia energética del modo ferroviario, que con una emisión de sólo el 2,6% del total de las emisiones de transporte terrestre y aéreo, genera el 6,9% de la oferta conjunta de transporte. En el modo aéreo se observa cómo las emisiones se concentran masivamente en la tapa de tracción, (debido a la ligereza de los vehículos y las infraestructuras propias de este modo). Este modo consume el 8,5% de las emisiones para producir el 6,1% de la oferta de transporte.

La Sección B presenta las emisiones específicas de cada uno de los tres modos de transporte (aéreo, ferroviario y aéreo). Los índices resultantes en la columna de totales de esta sección ofrecen la comparación más sintética posible entre las eficiencias energéticas globales de los tres grandes modos de transporte considerados. Tomando como base de eficiencia el ferrocarril, el transporte viario muestra una eficiencia casi tres veces inferior, y el aéreo casi cuatro veces inferior. Por su carácter agregado, y representativo de todo el ciclo de producción del transporte, estos índices tienen un profundo carácter estructural y están afectados por una gran inercia. Pueden ser leídos a modo de grandes "mandamientos energéticos" del transporte: "si basas tu sistema de transporte en la carretera provocarás el triple de emisiones que si lo basas en el ferrocarril"...etc.

En otros términos, estos índices están definiendo unos contornos de emisiones de los cuales no conseguirá escapar una cultura del transporte que conceda la hegemonía absoluta a uno cualquiera de los modos en detrimento de los demás. Las mejoras tecnológicas y organizativas suelen desplazar costes energéticos de unas a otras fases del ciclo, y finalmente permiten conseguir, a lo sumo, pequeños desplazamientos en el seno del correspondiente entorno global.

Por último, la sección C de la tabla presenta las emisiones específicas para los diferentes medios de transporte que se incluyen en cada uno de los tres modos considerados: motos, turismos, furgonetas, autobuses y camiones en el modo viario; AVE, largo recorrido, cercanías, mercancías, vía estrecha y metro para el modo ferroviario; y pasajeros y carga para el modo aéreo.

En el análisis del consumo por viajero se aprecia que el medio más eficiente es sin duda alguna el autobús, único que se sitúa por debajo de la barrera de 4 Kg de emisiones por cada 100 Viajeros-Km. Las diversas formas del ferrocarril convencional muestran también en general un comportamiento favorable, aunque no tanto como el autobús. Sin embargo, la diferencia entre ambos medios se debe más a las menores tasas medias de ocupación que se registraban todavía en 1992 en el ferrocarril convencional que a la eficiencia energética intrínseca de cada medio. Probablemente en la actualidad, con el fuerte incremento de la ocupación que ha conseguido RENFE en los últimos años con la política de trenes llenos ("todos los trenes con plazas reservadas y

limitadas, y el viajero que no encuentre plaza que vaya en autobús"), las emisiones por viajero-km se deben haber reducido considerablemente en el ferrocarril.

El avión, y en menor medida el AVE, constituyen los medios colectivos de mayor generación específica de emisiones, y ello pese a que en ambos casos las compañías gestoras están consiguiendo, en general, tasas de ocupación singularmente elevadas.

El exagerado consumo del modo aéreo para el transporte de mercancías se debe a que en este modo el consumo energético está muy directamente ligado al peso transportado, mucho más que en ningún otro modo. Las estadísticas de la tabla están calculadas en unidades de transporte, que en pasajeros corresponden a Viajero-Km y en mercancías corresponden a Tm-Km. Un viajero medio con equipaje pesa unos 85 kg, y una tonelada equivale a 1.000 kg, esto es, casi 12 veces más. Esta diferencia de peso se transmite de modo prácticamente proporcional a los consumos unitarios del medio de carga aérea respecto al de pasajeros.

La máxima ineficiencia energética de todos los medios analizados aparece en los turismos, cuya emisión global supera los 16 Kg de CO<sub>2</sub> por cada 100 Viajeros-Km. El turismo medio aparece como incluso menos eficiente que el avión, desde el punto de vista energético global. Esta conclusión contradice la visión usual que se tiene de los consumos energéticos relativos de ambos modos, basada, en primer lugar, en análisis fragmentarios (sólo de la energía de tracción, y no del ciclo global del transporte); en segundo lugar, en los consumos de tracción teóricos de los automóviles y los aviones, y no en los que se presentan en la realidad (expresados a través de los combustibles realmente suministrados); en tercer lugar, en las condiciones ideales de ocupación de los vehículos, y no en las que se producen en la realidad; y en cuarto lugar, en la no consideración de la carga comercial como consumidora de combustible en los aviones de pasajeros, que cuando no van llenos frecuentemente completan su capacidad con cargas comerciales.

Sobre estas bases, la visión tradicional ha venido asignando al avión un coste energético por Viajero-Km superior al del automóvil y al de cualquier otro medio. Sin embargo, el análisis global confirma el elevado coste energético del avión, pero acto seguido demuestra que en sociedades con elevada tasa de motorización, en las que la ocupación media de los vehículos privados es necesariamente muy baja, el automóvil es el menos eficiente de todos los medios de transporte de viajeros disponibles. Además, las formas reales de utilización de los automóviles, a elevadas velocidades en recorridos interurbanos, y en situaciones de congestión perpetua en las ciudades, elevan notablemente los consumos, y por tanto las emisiones. De hecho, la emisión real del automóvil medio en España en 1992, sólo en la etapa de tracción, se situaba ligeramente por encima de 200 gr. de CO<sub>2</sub> por km, cifra muy superior a los índices técnicos de emisión de esa categoría de automóviles, que suelen ser inferiores a los 150 gramos.

Es interesante señalar que si se considera por separado el segmento de los automóviles de gama alta (más de 2.000 CC), los resultados que se obtienen en cualquier comparación son escandalosos. La emisión global de estos vehículos supera los 30 Kg. por 100 Viajeros-Km, esto es, doble que el avión, casi cinco veces más que el tren, y ocho veces más que el autobús. Sin embargo, como se vió anteriormente, esta categoría de vehículos es la que más ha incrementado sus matriculaciones, en buena parte estimulada por las ventajas fiscales que disfruta el automóvil en España (Plan Prever, baja fiscalidad general en la adquisición y la tenencia de automóviles, baja imposición sobre los combustibles, etc.), si se compara con el tratamiento que este medio de transporte, generador de grandes costes sociales, recibe en la mayoría de los países europeos.

En el análisis del consumo por plaza ofrecida, cuyos datos numéricos diferenciados por medios no se presentan para no hacer excesivamente prolija la exposición, que indica la eficiencia energética potencial de cada modo, la condición de máximo generador de emisiones pasa a ser ocupada por el avión. El AVE ocupa el segundo lugar, distanciándose netamente de los restantes medios de transporte colectivo terrestre. De hecho, el AVE presenta una emisión por plaza ofrecida que es sólo un 20 por ciento menor a la del avión. Las cuentas energéticas integradas confirman que el AVE es un modo de transporte esencialmente distinto del ferrocarril convencional desde el punto de vista ecológico, pues se mueve en entornos de impacto ambiental diferentes. Ofrece ventajas bastante limitadas sobre el avión en materia de incidencia sobre el medio ambiente global, y desventajas importantes en su influencia sobre el medio ambiente local, puesto que su afección territorial es mucho mayor. Por su parte, el automóvil ocupa el tercer puesto en cuanto a consumo energético global por Plaza-Km ofrecida, tras el avión y el AVE.

Es interesante observar cómo el abanico de medios de transporte de viajeros se desdobra en dos grandes grupos de muy diferente carácter desde el punto de vista de sus emisiones. Por un lado aparece un grupo de medios de transporte altamente consumidores de energía y con un fuerte impacto ambiental (el Avión, el AVE y el Automóvil), y por otro todos los restantes, que se concentran en un rango de eficiencias netamente superiores. En los últimos años, estos tres medios de transporte han recibido el apoyo de las instituciones públicas, tanto estatales como autonómicas y locales, de modo muy mayoritario cuando no excluyente en relación con los otros medios. En la actualidad, España tiene ya la segunda red de autopistas de Europa, sólo superada por Alemania en términos absolutos, y no superada por ningún otro país en términos de dotación por habitante o por vehículo. Asimismo, el programa español de alta velocidad ferroviaria es el más ambicioso de Europa, y actualmente sólo Francia tiene más kilómetros de alta velocidad en servicio que España, si se cuenta el tramo entre Zaragoza y Lérida.

En estas condiciones, no es de extrañar que las emisiones de CO<sub>2</sub> en transporte hayan aumentado en España en más de un 60 % desde 1990 hasta la actua-

lidad. El fracaso ambiental de la política española de transportes era desde hace años un fracaso anunciado, porque era un fracaso que estaba siendo construido, año a año, a través del mantenimiento de unas políticas de transporte que no sólo eran opuestas a las recomendadas por la Comisión Europea, sino que eran ajenas al consenso mayoritario que reinaba en el sector del transporte en Europa al menos desde comienzos de la década de 1990. Manteniendo estas políticas durante años se ha destrozado toda posibilidad de cumplimiento del Protocolo de Kyoto por parte de España. En el campo del transporte, como en otros campos, la irresponsable política ambiental desarrollada durante los ocho años de gobierno del Partido Popular, que sucedió a una última etapa de gobierno socialista que tampoco otorgó prioridad a este aspecto, ha conducido a una situación que resulta muy difícil de enderezar.

#### **4. El transporte frente al compromiso de Kyoto**

Según el compromiso de la Unión Europea acordado en el Protocolo de Kyoto, la Unión deberá reducir las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el periodo 2008-2012 un 8% sobre el nivel de emisión de 1990. En el reparto de derechos de emisión entre los países miembros, a España le correspondió un crecimiento máximo del 15% sobre las emisiones de 1990.

Uno de los mecanismos puestos en marcha para alcanzar los objetivos de Kyoto es el sistema de comercio de derechos de emisión. La Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003 (DOCE L 275/32. 25 de octubre de 2003), establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la Comunidad, a fin de fomentar reducciones de las emisiones de estos gases de una forma económicamente eficiente. Esta directiva afecta a un conjunto de sectores industriales que se recogen en el cuadro adjunto.

Aunque el transporte no figura entre los sectores industriales que se encuentran directamente afectados por la Directiva, en el Plan Nacional de Asignación aprobado en septiembre de 2004 (MIMAM, 2004) se ha incorporado un conjunto de medidas para los sectores no cubiertos por la Directiva.

El sector del transporte ocupa un lugar especial entre estos sectores. Lleva años creciendo a una media del orden del 6% anual, y es el sector de actividad en el que más se han incrementado las emisiones desde la firma del Protocolo de Kyoto. Las perspectivas de crecimiento para la próxima década superan el 4% anual, y si se cumplen, en 2012 el sector podría superar por sí solo a la suma de todos los sectores industriales. Si se computa la energía primaria (imputando el coste de transporte y el refinado de carburantes), y se incluye el ciclo global del transporte, siguiendo la metodología reseñada en el apartado anterior, hace mucho tiempo que el transporte es el principal sector emisor.

### Emissiones de CO<sub>2</sub> en España. Tm de CO<sub>2</sub> equivalente

| Sectores  | 2002          | 2002          | 2002          |
|---|---------------|---------------|---------------|
| <b>A) Sectores afectados por la Directiva 2003/87/CE.</b> |               |               |               |
| Generación eléctrica                                      | 61,60         | 86,80         | 95,90         |
| Refino de combustibles                                    | 12,60         | 15,20         | 14,90         |
| Siderurgia  | 13,90         | 10,80         | 10,80         |
| Cemento y Cales   | 22,70         | 27,10         | 28,80         |
| Vidrio y cerámica   | 6,10          | 8,60          | 9,40          |
| Papel   | 2,30          | 3,60          | 4,50          |
| <b>TOTAL SECT. DIRECTIVA</b>                              | <b>119,20</b> | <b>152,10</b> | <b>164,30</b> |
| <b>B) Principales sectores no afectados.</b>              |               |               |               |
| Transportes   | 58,5          | 87,3          | 94,0          |
| Residencial-Servicios                                     | 18,1          | 24,8          | 24,6          |
| Agrario   | 46,8          | 54,4          | 53,9          |
| Residuos  | 9,5           | 14,5          | 15,7          |
| Gases Fluorados   | 3,3           | 8,8           | 4,4           |
| <b>SUBTOTAL NO AFECT.</b>                                 | <b>136,2</b>  | <b>189,9</b>  | <b>192,5</b>  |
| <b>OTROS (Incl. otros GEI)</b>                            | <b>30,3</b>   | <b>44,7</b>   | <b>44,5</b>   |
| <b>TOTAL NACIONAL</b>                                     | <b>285,7</b>  | <b>386,7</b>  | <b>401,3</b>  |

Fuente: Plan Nacional de Asignación de Emisiones. Septiembre 2004.

Para tratar de moderar las emisiones del transporte, en el mes de diciembre de 2003 el Gobierno aprobó la llamada Estrategia E4, para el periodo 2004-2012. Mediante esa estrategia no se pretendía reducir las emisiones del transporte, objetivo que no era del interés del gobierno en ese momento, sino incrementar el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía, a fin de que el crecimiento del consumo de combustibles en el sector no fuera tan rápido como indicaban los escenarios tendenciales. Según éstos, el consumo del sector hubiera pasado desde las 35.000 ktep actuales a unas 53.000 en 2012, haciendo completamente imposible el cumplimiento del protocolo de Kyoto, e incluso un razonable acercamiento al mismo. La Estrategia E4 intentaba que en el año 2012 la demanda de combustibles fósiles en el transporte no superase los 48.000 ktep. En cualquier caso, por

sí misma la Estrategia E4 no es capaz de contener el crecimiento de las emisiones del transporte encauzándolas en los niveles que marca el Plan Nacional de Asignación.

Por esta razón se ha incorporado al Plan Nacional de Asignación una serie de medidas, algunas de las cuales estaban previstas en la Estrategia E4, y otras han sido planteadas con carácter complementario. El conjunto de las medidas aprobadas es el siguiente:

### **Medidas sobre el sector transporte incluidas en el Plan Nacional de Asignaciones de Derechos de Emisión (BOE 7-9-2004)**

#### **ESTRATEGIA E4**

##### **1. Cambio modal**

- Planes de Movilidad Urbana
- Planes de Transporte para Empresas
- Mejorar los medios colectivos de transporte por carretera
- Incrementar la participación del ferrocarril en el transporte de viajeros
- Incrementar la participación del transporte marítimo de mercancías

##### **2. Uso eficiente del transporte**

- Mejor gestión de las infraestructuras de transporte
- Mejor gestión de flotas por carretera
- Mejorar la gestión del tráfico aéreo
- Conducción eficiente del vehículo privado
- Conducción eficiente de camiones y autobuses
- Buenas prácticas en el tráfico aéreo

##### **3. Mejora de eficiencia energética de los vehículos**

- Renovación de la flota de transporte

#### **MEDIDAS COMPLEMENTARIAS**

Incluye un extenso conjunto de medidas que se agrupan en tres bloques:

1. Mejora de eficiencia y uso de combustibles alternativos
2. Fomento de la intermodalidad
3. Actuaciones en entornos urbanos
4. Otras medidas, incluyendo especialmente la reducción de velocidad

Respecto al punto 3 de la Estrategia E4 hay que insistir en la inadecuación de la medida de la renovación acelerada de la flota de transporte, que en el caso de los automóviles de turismo, puede resultar contraproducente. Proponiendo esta medida se sigue asumiendo implícitamente que la renovación acelerada del parque puede contribuir a reducir las emisiones, pero esta propuesta no se acompaña de ningún análisis de la eficiencia energética global de esta medida. A este respecto, conviene tomar en consideración, además de los aspectos propiamente técnicos expuestos anteriormente, que los usuarios tienden a utilizar más intensamente sus automóviles en los primeros años después de la compra que en etapas posteriores de la vida del vehículo, en detrimento de la utilización de otros medios de transporte. Incluso, en los primeros años de uso, las encuestas revelan sistemáticamente la realización de un considerable número de viajes motivados únicamente por el deseo de utilizar el nuevo automóvil, y que no se realizarían en otras circunstancias.

En suma, tanto los estudios sobre la conducta de los compradores de automóviles, como la experiencia de los diferentes planes "Renove" o "Prever" realizados hasta el momento en Europa, demuestran que cualquier política de estímulo de la renovación acelerada del parque de automóviles es, ante todo y sobre todo, una política de estímulo de la producción y uso del automóvil privado, y como tal, contribuye globalmente al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en este sector. La renovación acelerada del parque de automóviles refuerza la sociedad del automóvil y juega en contra del reequilibrio de las emisiones de CO<sub>2</sub>, y no a favor del mismo.

Sobre el resto de las medidas contempladas en la estrategia E4 no se plantean objeciones o comentarios específicos, considerando que, en general, pueden resultar positivas, aunque dado su grado de generalidad, su eficacia práctica dependerá del modo en que se desarrollen técnicamente, y de la profundidad y decisión política con que finalmente se apliquen.

Es importante señalar el especial interés de las medidas complementarias propuestas. La intermodalidad, tanto para los desplazamientos metropolitanos como para los viajes interurbanos, es esencial para moderar el uso del automóvil privado, sin lo cual no hay posibilidad alguna de que España deje de alejarse cada día más del cumplimiento del Protocolo de Kyoto.

En España, la intermodalidad ha sido hasta ahora un concepto prácticamente inexistente en la ordenación del transporte. En el medio urbano, las actuaciones de intermodalidad requieren un grado de colaboración y consenso institucional que no es fácil de conseguir, habida cuenta de las profundas diferencias de cultura de transporte que, en no pocos casos, se registran entre las diferentes administraciones. Cabe hallar algunas excepciones a esta situación en algunas intervenciones de transporte urbano acometidas en los últimos años, por las que se han creado en algunas grandes ciudades los llamados "intercambiadores de transporte".

Por el contrario, en lo que se refiere al transporte interurbano, la intermodalidad no sólo no ha estado presente en la planificación, sino que la introducción

de obstáculos a las transferencias modales (alejamiento de las estaciones de los diferentes modos, incompatibilidad de horarios, etc.) se ha entendido en ocasiones por algunos operadores como una forma de protección frente a la competencia intermodal.

En síntesis, las prioridades para la reforzar la integración y la intermodalidad en los sistemas de transporte se pueden expresar de la forma siguiente:

**INTERMODALIDAD DE VIAJEROS:**

Integración de itinerarios, coordinación de horarios e información unitaria en servicios intermodales unificados; tecnologías y procesos de gestión para aumentar la participación del ferrocarril en el conjunto del transporte; prioridad a las soluciones intermodales en los problemas de congestión urbana; inversión en infraestructuras de intercambio modal.

**INTERMODALIDAD DE MERCANCÍAS:**

Gestión globalizada en el transporte combinado y el manejo intermodal de contenedores; aplicación de tecnologías de la información a la gestión, posicionamiento y control de cargas en todos los modos, y en itinerarios intermodales.

**REGULACIÓN:**

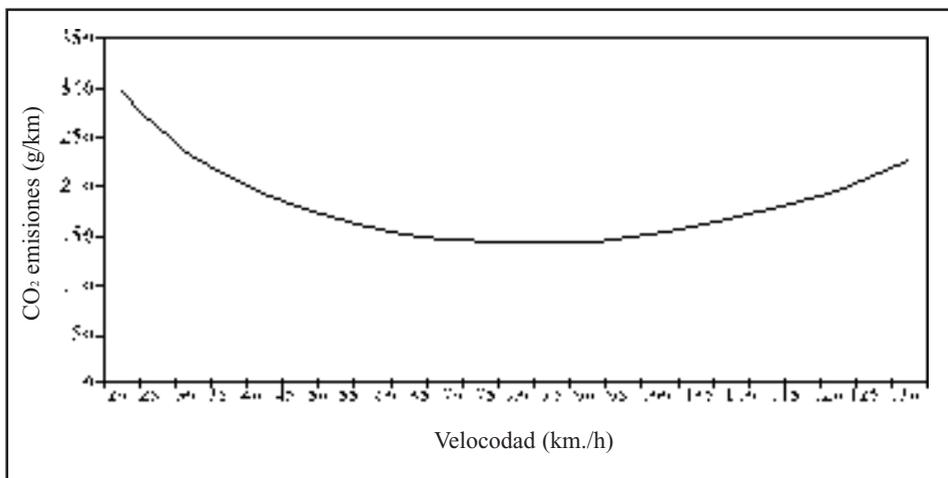
Reestructuración del marco normativo y de la estructura institucional de gestión, regulación y financiación del transporte, estableciendo mecanismos que faciliten al sector público la actualización de los servicios en función de las transformaciones de la demanda, y que faciliten la coordinación entre operadores de distintos modos.

Por último, la reducción de la velocidad de circulación es sin duda la principal de todas las medidas propuestas y la que mejores resultados puede ofrecer en el campo del transporte, razón por la que se analiza de modo específico en el próximo apartado.

## 5. Velocidad y emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los automóviles están estrechamente relacionadas con la velocidad de circulación. Las emisiones de CO<sub>2</sub> son directamente proporcionales al consumo de combustible, y los consumos mínimos se obtienen a velocidades comprendidas entre 80 y 100 km/hora, como se puede observar en el gráfico siguiente (DETR, 2000), que muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> de un automóvil de gasolina según la normativa Euro II.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> de un automóvil Euro II de gasolina en función de la velocidad



Fuente: Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Gobierno del Reino Unido.

Dado que el consumo de un vehículo de turismo medio en circuito urbano es típicamente un 60 por ciento superior al alcanzado en el régimen óptimo, la incidencia global del tráfico urbano sobre el conjunto de las emisiones es muy importante, habiéndose estimado en más de la mitad del total, aunque el porcentaje del kilometraje recorrido en las ciudades es muy inferior.

En el otro extremo, la conducción a velocidades elevadas, y más aún si se trata de una conducción "agresiva", genera también consumos de combustible notablemente elevados. Es bien sabido que fomentar la conducción tranquila constituye una de las mejores formas de reducir el consumo de combustible en cualquier red viaria. A este respecto fue determinante la experiencia de la primera crisis del petróleo, en los años 1970, cuando la introducción en casi todos los países industrializados de limitaciones de velocidad generalizadas y severamente controladas, produjo un descenso espectacular de los consumos, de hecho mucho mayor que lo esperado, además de contribuir de modo decisivo a la reducción de la siniestralidad.

Desde entonces, la eliminación de los modos de conducción calificados como "agresivos" se ha ido convirtiendo en uno de los principales objetivos de las políticas conjuntas de seguridad vial y de protección medioambiental que han ido estableciendo los países más avanzados. La conducción tranquila es mucho más segura, genera menos emisiones y menos ruido, alarga la vida de los vehículos, permite diseñar las infraestructuras con parámetros más modestos y con menor coste e impacto territorial y paisajístico, y mejora de modo espectacular la habitabilidad de las ciudades y del territorio en general.

En los últimos años, en la mayoría de los programas de seguridad vial se

están introduciendo medidas especiales para "civilizar" a la minoría de conductores agresivos que producen los efectos opuestos: consumen grandes cantidades de combustible, generan elevadas emisiones, provocan la mayor parte de los accidentes y obligan a sobredimensionar los proyectos de carreteras y a elevar los parámetros de diseño, incrementando con ello el coste de las obras, el consumo de territorio y el impacto ambiental.

Lamentablemente, en España se viene siguiendo el camino contrario, esto es, se van acondicionando las redes de carreteras para soportar los comportamientos de los conductores agresivos, y luego se muestra una cierta comprensión o tolerancia con las infracciones cometidas por éstos. El resultado de esta política es bien conocido en materia de seguridad vial, con un índice de accidentalidad impropio de un país con el nivel de desarrollo que ha alcanzado ya España. En materia de consumo de combustible, no se pueden confirmar estadísticamente los elevados consumos medios por kilómetro recorrido que todos los indicadores parciales señalan, ya que no existen datos fiables sobre el kilometraje real recorrido, pero todo apunta a que, a igualdad de todos los demás factores, los consumos medios por kilómetro en España deben ser superiores a los de la mayoría de los restantes países europeos.

## **6. Principio de internalización de los costes energéticos: aplicar al transporte los mecanismos de Kyoto**

Al quedar el sector del transporte fuera del ámbito de aplicación directa de la Directiva de Comercio de Emisiones, no queda ninguna garantía de que el sector asuma ciertos compromisos de autolimitación de emisiones, o que alternativamente deba hacer frente a ciertas penalizaciones en caso de incumplimiento. Tratándose de un sector completamente atomizado por el lado del consumo de energía, es muy difícil, por no decir imposible, alcanzar acuerdos de limitación de emisiones en el ámbito del consumo final.

En esta situación, si finalmente, como es de temer a la vista de las tendencias actuales, el sector del transporte incumple abiertamente los objetivos de moderación de las emisiones establecidos en el PNA, tendrá que ser el gobierno español el que adquiera derechos de emisión en el mercado internacional, para compensar los excesos de emisión del transporte.

Una eventual solución de este tipo se considera muy negativa. En primer lugar, porque haría recaer injustamente en el conjunto de la sociedad española las consecuencias económicas de la expansión de un determinado sector productivo. En segundo lugar, porque representaría un incentivo para el sector del transporte en la dirección equivocada: si los excesos de emisiones corren a cargo del gobierno, no hay ninguna razón para controlar tales excesos en el seno del sector. Y por último, porque esta solución podría ocasionar una discriminación entre los modos del transporte que no estuvieran sometidos directamente a las normas de Kyoto, y los que sí lo estuvieran: los modos de transporte usuarios de energía eléctrica como fuerza motriz tendrían los costes de Kyoto repercutidos en las tari-

fas eléctricas, mientras que los usuarios de combustibles líquidos o gaseosos sólo tendrían repercutidos los costes de las emisiones ocasionadas en el refino, pero no los de las ocasionadas en la combustión, que representan más del 85 por ciento del total. El hecho de que los acuerdos conseguidos por el sector eléctrico hacen pensar en un coste de Kyoto bastante pequeño para este sector, no invalida el principio de este razonamiento.

Se produciría así la paradoja de que los costes de Kyoto en el sector transporte acabarían afectando, vía tarifas eléctricas, al modo ambientalmente más benigno, que es el ferrocarril, mientras quedaban a salvo de sus efectos los modos más fuertemente emisores, que son el modo viario y el modo aéreo.

Sin embargo, esta situación se podría evitar con relativa facilidad. El sector de la producción y distribución de combustibles está muy concentrado, y no debería haber especiales dificultades para atribuirle una determinada cuota de emisión, obligando al sector a adquirir derechos de emisión en el caso de que la venta de combustible superase los umbrales establecidos en los horizontes acordados. Los costes correspondientes serían tratados como un coste productivo dentro del sector, y repercutidos lógicamente sobre los usuarios finales de los diferentes combustibles.

El sector del transporte, en España y en toda Europa, ha logrado hasta ahora mantenerse al margen del principio de "el que contamina paga", y de prácticamente cualquier otro compromiso de compatibilización ambiental. Sin embargo, esta situación no debería proyectarse sobre la aplicación del compromiso de Kyoto. La lógica de Kyoto es un planteamiento de "o te autocontrolas o pagas", que no debiera dejar fuera a ningún sector económico, so pena de debilitar considerablemente su propia legitimación, y finalmente, también sus resultados.

Las alusiones que se suelen hacer a la supuesta incapacidad económica del sector del transporte para asumir los eventuales costes de un incumplimiento de Kyoto responden a exageraciones que no resisten el más somero análisis.

En efecto, partiendo, como hipótesis inicial, de un coste del derecho de 10 €/Tm (la cotización actual está en torno a 8,5 €/Tm), la repercusión de este coste sobre cada litro de combustible de consumo excedido se situaría en el entorno de 25 céntimos de euro por litro (Estevan, A., 2004). Puesto que los derechos de emisión sólo habría que adquirirlos sobre las emisiones en exceso sobre el umbral establecido, pero el coste se repercutiría sobre todo el combustible distribuido, la repercusión real por litro sería irrisoria. Por ejemplo, para un exceso de emisiones del 10%, la repercusión sería de 2,3 céntimos de euro por litro. Incluso en un escenario de 40 €/Tm -difícil de alcanzar porque antes de llegar a él se abrirían amplias perspectivas de incremento de las energías renovables- la repercusión, para una desviación del 10% sobre los consumos acordados, se mantendría por debajo de 0,1 €/litro para el consumidor final.

Ciertamente, en caso de producirse mayores desviaciones, combinadas con eventuales situaciones de escasez en el mercado de derechos de emisión, las repercusiones podrían aumentar, pero un aumento significativo se traduciría en incentivos apreciables para una reducción del consumo, o para incrementar la

introducción de biocombustibles. Justamente el tipo de mecanismos que pretenden potenciar el sistema de comercio de derechos de emisión.

Si finalmente, como es de temer, no se adopta la decisión política de hacer que el sector del transporte pague directamente los costes que genere en relación con el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, para repercutir los costes sobre el sector sólo quedaría la solución de computar tales costes como una aportación del estado al desenvolvimiento económico del sector, esto es, como una especie de subvención. Esta subvención debería entrar en el balance global de costes públicos de mantenimiento del sistema de transportes y, por tanto, según el principio de plena recuperación de costes aplicado al área de infraestructuras y mantenimiento del sistema de transportes, el impuesto especial sobre carburantes debería ser modificado para incorporar ese nuevo coste. Esto evitaría que el conjunto de la sociedad se hiciera cargo, una vez más, de un nuevo coste generado por el transporte, con un volumen nada desdeñable.

Esta solución, aunque desde el punto de vista económico es similar a la anterior, probablemente no sería tan eficiente, ya que no incentivaría de modo directo a los operadores del sector a reducir las emisiones en su ciclo global de actividad. En efecto, si el estado introduce una "tasa de Kyoto" sobre los carburantes, todas las empresas operadoras de combustibles se limitarán a cargarla sobre el precio, como ya hacen actualmente con los impuestos sobre carburantes. Por el contrario, si son las operadoras las que resultan gravadas directamente en función de su contribución global a la emisión de CO<sub>2</sub>, tratarán de optimizar sus operaciones para soportar el mínimo gravamen posible. Por ejemplo, pueden ajustar los precios de los diversos combustibles para estimular el consumo de aquellos que generen menos emisión. Pueden también introducir nuevas formulaciones de combustibles (por ejemplo, con cierta dosificación de biodiesel), si ello les reduce los costes fiscales. Pueden participar en mercados internacionales de emisiones, o en ciertos mecanismos flexibles, o en general, adoptar medidas para mejorar la eficiencia en todo el ciclo del combustible (extracción, transporte, refino, distribución).

En principio, siempre que exista una buena regulación estatal y un adecuado control fiscal, la imposición directa de tasas que graven globalmente los impactos ambientales generados por los operadores puede estimular más la eficiencia que la imposición de tasas sobre el consumo. Estas tasas no sólo no estimulan cambios de conducta en los operadores, sino que sólo son capaces de modificar sustancialmente las conductas de los usuarios si alcanzan niveles muy elevados, lo que difícilmente se puede conseguir en la práctica, por lo que se acaban convirtiendo en simples mecanismos de recaudación sin efectos apreciables sobre el consumo.

## **7. Conclusiones generales**

Los datos de consumo energético indican que el transporte es un sector crucial en el cumplimiento del protocolo de Kyoto. Considerando sólo las emisiones de la etapa de tracción, el sector es responsable de la cuarta parte de las emisio-

nes de CO<sub>2</sub> que se realizan en España. No hay posibilidad de cumplimiento español del compromiso de Kyoto si no se producen cambios importantes en la orientación del transporte, que se traduzcan en sustanciales reducciones de las emisiones previstas respecto a los escenarios tendenciales. De lo contrario, al haber quedado el sector del transporte fuera del sistema de comercio de derechos de emisión, tendrá que ser el gobierno español el que adquiera créditos de emisión en el mercado internacional, para compensar los excesos de emisión del transporte.

Esta negativa situación, que se perfila muy probable, se podría evitar. El sector de la producción y distribución de combustibles está muy concentrado, y sería técnicamente factible aplicarle los mecanismos de Kyoto, atribuyéndole una determinada cuota de emisión. Si la venta de combustible superase los umbrales establecidos, el sector tendría que adquirir derechos de emisión. Los costes correspondientes, que en una primera valoración parecen asumibles en la estructura de costes del sector sin especiales dificultades, serían tratados como un coste productivo, y repercutidos sobre los usuarios finales de los diferentes combustibles.

Una solución alternativa es la de que sea el estado el que adquiera los derechos, y posteriormente, en aplicación del principio de plena recuperación de costes, cargue su importe sobre el impuesto especial sobre carburantes. Esta solución no sería tan eficiente como la anterior, ya que incentivaría en menor medida la moderación del consumo y la reestructuración del mercado de combustibles para reducir las emisiones, pero al menos evitaría que el conjunto de la sociedad se hiciera cargo de un nuevo coste generado por el transporte.

## Bibliografía

DETR-Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Reino Unido (2000): *New directions in speed management: A review of policy*, Londres.

DGT-Dirección General de Tráfico (2002): *Anuario 2001*, Ministerio del Interior, Madrid.

ESTEVAN, A. (1993): *Análisis de externalidades y condicionantes de la competitividad por modos de transporte*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid

ESTEVAN, A. (2004): *Externalidades del transporte: modelo de evaluación*, Ministerio de Fomento, Madrid.

ESTEVAN, A Y SANZ, A. (1996): *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. Ed Bakeaz, Bilbao.

ESTEVAN, A Y VEGA, P. (1992): *Balance Contable de la Carretera*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid

LLOP, M. Y ROMÁN, M. (1993): *Energía y automóvil: un análisis global*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

MIMAM-Ministerio de Medio Ambiente (2004): *Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión*. Real Decreto 1866/2004 de 6 de septiembre, BOE 7 de septiembre de 2004, Madrid.