



SEGUIMIENTO DE LA INTEGRACIÓN DEL TRANSPORTE Y EL MEDIOAMBIENTE EN ESPAÑA

Pedro José Pérez Martínez

Investigador del Centro de Investigación del Transporte (UPM)

Andrés Monzón de Cáceres

Director del Centro de Investigación del Transporte (UMP)

piperez@caminos.ump.es; amonzon@caminos.upm.es

Recibido: 11 de Abril de 2007

Aceptado: 7 de Mayo de 2007

RESUMEN

Este estudio analiza los problemas de contaminación derivados del transporte en España: la contaminación atmosférica y la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La evaluación del inventario nacional de emisiones durante el periodo 1990-2003, utilizando datos por habitante de la Dirección de Calidad Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, refleja que hay una reducción de la emisión de precursores de ozono (-21,8%), sustancias acidificantes (-7,4%) y partículas (-2,2%). El crecimiento económico (31%) y el crecimiento de la demanda de transporte, viajeros (76%) y mercancías (49,9%), están vinculados.

El estudio compara las emisiones de los vehículos con los niveles de contaminación actuales y analiza la calidad del aire relacionándola con las directivas europeas. Los niveles son más bajos que los valores máximos de contaminantes permitidos por las directivas, a excepción de las partículas.

La emisión de GEI se incrementa en 47,1%, a un ritmo mayor que el 15% de incremento aconsejado por el Protocolo de Kyoto, y una de las prioridades más urgentes es la reducción de las mismas. Aunque el transporte de viajeros: carretera, ferrocarril y avión, ha mejorado su eficiencia en un 15%, 41%, y 50% respectivamente, se precisan medidas adicionales para disminuir las emisiones y el consumo energético. Estas medidas requieren de tiempo para ser eficaces.

Palabras Clave: Emisiones, contaminantes atmosféricos, eficiencia del transporte

MONITORING OF THE INTEGRATION OF THE TRANSPORT AND THE ENVIRONMENT IN SPAIN

ABSTRACT

This study analyzes most recent findings on the contribution of transport to air pollution and emissions of Green House Gases (GHG) in Spain. The evaluation of the national emissions inventory during the period 1990-2003, using the data base per inhabitant developed by the Direction of Air Quality, Spanish Ministry of Environment, reflects a significant reduction of ozone precursors (-21.8%), acidifying substances

(-7.4%) and particles (-2.2%). The economical growth (31%) and the transport demand growth, passengers (76%) and freight (49.9%), are coupled.

This study compares vehicle emissions with current pollution concentrations and analyzes air quality relating it with the European relevant legislation. The concentrations are lower than the permissible values of pollutants fixed by the directives, except for particles.

The emissions of GHG have grown 47.1%, at a much higher rate than the 15% increment warned by the Kyoto Protocol, and one of the most urgent present priorities is to reduce them. Even though the transport which a passenger uses like road, rail and air has improved its efficiency by 15%, 41% and 50% respectively, additional measures are needed to reduce emissions and energy consumption. These measures require time to be effective.

Keywords: Emissions, atmospheric pollutants, transport efficiency.

UNE SUIVI DE L'INTÉGRATION DU TRANSPORT ET DE L'ENVIRONNEMENT DANS ESPAÑA

RÉSUMÉ

Cette étude analyse les problèmes de pollution provenant de l'activité transport: la pollution atmosphérique et l'émission des Gaz à Effet de Serre (GES). L'évaluation de l'inventaire national d'émissions dans la période 1990-2003, par moyen des données de la Direction de Qualité De l'environnement du Ministère d'Environnement Espagnol, conclut qu'il y a une réduction des émissions de précurseurs de l'ozone (-21,8 %), de substances acidifiantes (-7,4 %) et de particules (-2,2 %). La croissance économique (31 %) et la croissance de la demande de transport, les voyageurs (76 %) et les marchandises (49,9 %) sont liées.

L'étude compare les émissions des véhicules aux niveaux actuels de pollution, et analyse la qualité de l'air en la rattachant aux directives Européennes. Ces niveaux ne surpassent pas les valeurs maximales des polluants permis par les directives, à l'exception des particules.

L'émission de GES augmente de 47,1 %, un rythme de croissance bien supérieur de 15 % établi pour l'Espagne par le Protocole de Kyoto, et dont la réduction représente l'une des priorités les plus urgentes. Bien que le transport de voyageurs - routier, ferroviaire et aérien - ait augmenté son efficacité - de 15 %, 41 %, et 50 % respectivement-, des mesures additionnelles s'avèrent nécessaires pour réduire les émissions et la consommation énergétique. Ces mesures exigent du temps pour être efficaces.

Mots clé: Émissions, polluants atmosphériques, efficacité du transport.

1. PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE Y MEDIO AMBIENTE

En el contexto de una demanda cada vez mayor de transporte de pasajeros y mercancías, el transporte es la fuente principal de contaminación atmosférica de ciertas sustancias (LENZ, PRÜLLER, GRUDEN. 2003). La emisión de estas sustancias contaminantes hace que la concentración en el aire de las mismas sobrepase en muchos lugares ciertos límites por encima de los cuales peligra la salud humana y se producen

impactos medioambientales. Además, el transporte es una fuente creciente de emisión de dióxido de carbono (CO₂), el gas de efecto invernadero (GEI) más importante (SPERLING. 2004).

El Inventario Nacional de Emisiones del Ministerio de Medio Ambiente, aporta series temporales de datos de los mayores contaminantes atmosféricos y GEI. El sector transporte contribuye al 20,1% del total nacional de las emisiones de sustancias acidificantes (SA) en el 2003. De igual manera, el transporte es la fuente dominante de emisiones de precursores de ozono (PO) y contribuye al 28,2% en el 2003. Por último, el transporte es la segunda fuente dominante de emisiones de partículas finas (PM₁₀), y contribuye al 32,2% del total de las emisiones nacionales. El sector transporte es la segunda fuente mayor de emisiones de GEI y contabiliza el 28% del total.

Este estudio hace una revisión de las tendencias del transporte y medio ambiente en España y discute si el sistema de transporte actual es sostenible desde un punto de vista energético y medio ambiental. La discusión se apoya en bases de datos nacionales de transporte, medio ambiente, economía y demografía (Pérez-Martínez, Monzón de Cáceres. 2005). El trabajo concluye con recomendaciones para una estrategia de ahorro energético, sugiriendo medidas para alcanzar una mayor eficiencia energética y un mayor control de la demanda.

2. MOVILIDAD CRECIENTE

En España, la demanda del transporte crece considerablemente durante el periodo 1990-2003, tanto de viajeros (76%) como de mercancías (49,9%). Los incrementos de la demanda de transporte son superiores que el aumento de la actividad económica, puesto que el PIB por habitante crece un 31% durante este periodo. Paralelamente, las emisiones de GEI del transporte, aumentan un 47,1 %. Las emisiones del transporte de SA, de PO, y de PM, descienden un 7,4%, 21,8% y 2,2%, respectivamente (tabla 1). La figura 1 muestra las tendencias de las emisiones, del PIB y de la demanda de transporte durante el periodo 1990-2003. Existe una coincidencia entre la demanda de transporte y el aumento de GEI, mucho más acusada en el caso de las mercancías; lo mismo sucede con el aumento de las rentas, como marcan todas las tendencias internacionales. Es significativo que el aumento de la movilidad de viajeros es claramente superior, por lo que, además del aumento de renta, deben considerarse factores de estilo de vida que influyen en esta tendencia.

Se desarrollan análisis de regresión de dos variables para mostrar las relaciones existentes, a lo largo del tiempo, entre los indicadores anteriores. La tabla 2 muestra las correlaciones y todos los valores son estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 99%. La demanda del transporte, viajeros y mercancías y el PIB están relacionados positivamente con las emisiones de GEI, como demuestran los coeficientes Pearson de 0.97, 0.98 y 0.99, respectivamente. Las emisiones de SA están relacionadas positivamente con las emisiones de PO (0.9). El PIB está relacionado positivamente con la demanda del transporte de viajeros (0.97), transporte de mercancías (0.99).

3. CALIDAD DEL AIRE

En este estudio se analizan los niveles de inmisión de varios contaminantes en estaciones urbanas, donde la contaminación procede principalmente de las emisiones de los vehículos. Los valores medios de las concentraciones en los últimos años (1995-2003): dióxido de nitrógeno (NO₂), PM₁₀, dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) disminuyen un 12%, 16,3%, 52,4% y 53,3% respectivamente. Únicamente el ozono (O₃) aumenta su concentración, 5,3%. La figura 2 representa los valores medios

de las concentraciones. El número de estaciones que se utilizaron en el cálculo de las medias fueron: 73, 105, 93 y 87 para el NO₂, PM₁₀, SO₂ y O₃ respectivamente. Para el CO se utilizaron medias de 82 estaciones.

Las directivas europeas determinan y regulan los valores máximos de contaminantes permitidos en el aire ambiente; estos valores no deben superarse más de un cierto número de veces al año. Además, la concentración media anual no debe superar un determinado valor. La Directiva 1999/30/CE establece, entre otros, los valores límite de concentración de NO₂, PM₁₀ y SO₂. De igual forma las directivas 2000/69/CE y 2002/3/CE establecen los valores límite para el CO y O₃.

La figura 3, muestra las medias del número de superaciones, expresadas en número de días/horas, para el NO₂, PM₁₀, SO₂ y O₃ en función del tamaño de los municipios españoles y para el periodo 1995-2003. Para el caso de NO₂ y PM₁₀, los valores máximos permitidos por las directivas europeas son superados un cierto número de veces al año en numerosos municipios españoles. Las PM₁₀ superan los valores límite, aunque el número de superaciones sigue una línea descendente para el caso de aquellos municipios con poblaciones comprendidas entre 250.000 y 500.000 habitantes. El número de superaciones de NO₂ sigue una línea descendente para todos los rangos de población y, en 2002, fueron críticos los valores en el caso de poblaciones mayores de 500.000 habitantes. Para los restantes contaminantes, SO₂ y O₃, la media del número de superaciones no superan los valores límites de acuerdo con las directivas. El número de estaciones, en el ámbito nacional urbano, que se utilizaron en el cálculo de las medias fueron: 96, 127, 115 y 110 para el NO₂, PM₁₀, SO₂ y O₃ respectivamente. Además, en la figura 3 se muestran los valores límites de las superaciones (18, 35, 24 y 25) y los años de entrada en vigor de las directivas.

De la misma forma, la figura 2 muestra que las concentraciones medias anuales de NO₂, PM₁₀ están próximas a los valores límites impuestos por las directivas. En el caso del SO₂ y en los años recientes, las concentraciones medias están muy por debajo de los valores límite.

4. CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

El consumo energético del transporte en el periodo 1990-2003 crece un 57,5% y en el 2003 se consumen un total de 38 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). La figura 4 refleja las previsiones de consumo energético en el horizonte 2012, considerando la curva tendencial. La gráfica incluye los niveles de consumo que corresponden al Protocolo de Kyoto, que limita el aumento de las emisiones totales en España, por consiguiente del consumo, al 15 %, comparado con los niveles de 1990 (NARBONA. 2002). De la misma forma, se incluyen los niveles recogidos en la Estrategia E4 del Plan Nacional de Derechos de Emisión 2005-2007 por el que se pretenden alcanzar 48 Mtep en el 2012, 4,7 Mtep menos que los 53 correspondientes al escenario tendencial (MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. 2004). Para cumplir el objetivo, la E4 contempla medidas orientadas a reducir los GEI y mejorar la eficiencia energética (tabla 3).

La eficiencia durante el periodo 1990-2003, expresada en kilogramos equivalentes de petróleo por viajero kilómetro (kep/vkm) o tonelada kilómetro (kep/tkm), mejora un 15% en el transporte de viajeros por carretera y empeora un 7,1% en el de mercancías por carretera. El transporte de viajeros en ferrocarril y en avión, mejora sus eficiencias en un 40,8% y 50% respectivamente. La figura 5 muestra los cambios en el consumo y en la demanda por habitante, y su eficiencia energética. Como se puede observar los mayores crecimientos porcentuales de la demanda se han dado en el avión, con un

aumento reducido de GEI y de consumos energéticos. Esto se debe, sin duda, a las grandes mejoras tecnológicas del transporte aéreo, lo que es posible por ser un transporte de alto coste, que puede asumir el sobrecoste de dicha mejora; por otra parte, el coste del combustible es una partida importante, por lo que su reducción asegura la rentabilidad de los servicios aéreos. El ferrocarril, que se ha electrificado en las líneas con más demanda, ha reducido sus emisiones GEI y también ha renovado su parque, con una clara mejora en la eficiencia energética. La carretera también ha hecho un claro esfuerzo, pues las emisiones GEI han crecido menos que la demanda, pero la reducción de consumos ha sido escasa, quizás por el aumento de la congestión, y la proporción de viajes metropolitanos.

5. CONTROL DE LA DEMANDA

De todo lo reflejado anteriormente parece necesario un mayor control de la demanda de transporte para alcanzar un sistema de transporte sostenible especialmente en los entornos urbanos. Sin embargo, las mayores variables que sustentan la sostenibilidad del sistema de transporte están relacionadas con la planificación y usos del suelo, como la densidad de las ciudades (SINHA. 2003). Estas variables llevan asociadas otras variables como la motorización, la disponibilidad de plazas de aparcamiento, la longitud y capacidad de las vías y el uso del transporte público entre otras. Incrementando la densidad de las ciudades se induce un mayor número de desplazamientos a pie y en bicicleta, junto con un mayor ahorro energético, mejora de la calidad del aire y menor uso del suelo (NEWMAN, KENWORTHY. 1999). Un estudio reciente de la Unión Internacional de Transporte Público (UITP, 2005), refleja el impacto de la densidad de población sobre el consumo de energía; las ciudades que consumen menos energía en transporte son ciudades de densidad media o alta, donde se utiliza principalmente el transporte público, los desplazamientos a pie y en bicicleta. Según este estudio, las ciudades con un porcentaje de desplazamientos a pie, bicicleta y transporte público inferior al 25% y con una densidad inferior a los 25 habitantes por hectárea, tienen un consumo anual de energía en los desplazamientos de 4,6 veces superior con respecto a las ciudades con un porcentaje y densidad superiores a los 55% y 100 respectivamente.

El control de la demanda pasa porque ésta no esté influenciada por una planificación deliberada de los usos del suelo tendente a hacer ciudades menos densas y a favorecer el uso del transporte privado sobre el público. Por consiguiente, existe la necesidad de controlar la demanda a partir de la planificación (HINE, RYE, HULSE. 2000). De nada sirven las medidas operativas a corto plazo de la E4 (tabla 3) si no vienen apoyadas por otros factores: políticas que fomenten el uso mixto del suelo y mayores densidades de población, internalización de los costes externos producidos por el transporte privado y las densidades bajas, equilibrio de las inversiones en la oferta de transporte e infraestructuras adecuadas para los modos de transporte no motorizados (SCHWANEN, DIJST, DIELEMAN. 2003).

6. DISCUSION Y CONCLUSIONES

El transporte es una fuente creciente de emisiones de GEI en España. El aumento de las emisiones de GEI, está relacionado con la demanda del transporte y las circunstancias socioeconómicas (WOHLGEMUTH. 1998). Asimismo, el transporte es una fuente importante aunque no creciente de emisiones de contaminantes atmosféricos. Los datos de emisiones de contaminantes están en consonancia con los datos de inmisiónes y reflejan la importancia de la concentración de PM₁₀ y NO₂ en el aire ambiente. La concentración de PM₁₀ en el aire ambiente sobrepasa los umbrales de la directiva europea. Las concentraciones de los otros contaminantes no sobrepasan esos umbrales

aunque para el NO₂ está próxima. Las concentraciones de todos los contaminantes exceptuando las del O₃ son decrecientes.

La utilización de la energía en el sector transporte crecerá rápidamente en España en los próximos años a menos que la actividad del transporte y la renta puedan ser disociadas (OECD, 2003). Es necesario estimular medidas y desarrollos que ayuden a revertir las tendencias actuales de consumo energético (BOSE, 1997). Se contemplan un conjunto de medidas de tipo técnico y político que a corto, y largo plazo, servirán para controlar las emisiones y los consumos (DECICCO, MARK, 1998). Destacan las medidas dirigidas a la gestión del tráfico y, más concretamente, a la implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible en las ciudades españolas. Estas medidas pueden ser insuficientes para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto por sí solas, requieren de tiempo para que ser efectivas y deben ir acompañadas de cambios de estilo de vida que repercutan en el transporte de viajeros y mercancías (RODENBURG, UBBELS, NIJKAMP, 2002). Además, se necesitan esfuerzos que integren los usos del suelo y las políticas de transporte para un mejor control de la demanda de transporte en la consecución del desarrollo sostenible (MCELDOWNEY, RYLEY, SCOTT, SMYTH, 2005).

El éxito en la mejora de la eficiencia en el transporte de viajeros, se debe en parte a una mejora en la gestión del tráfico y la renovación de los vehículos. Los adelantos tecnológicos, en parte por el compromiso de los constructores de fabricar vehículos menos contaminantes pero también debido al incremento de los coches de gasoil en detrimento de los de gasolina, han contribuido a esta mejora (JOHANSSON, 1995). Sin embargo, se precisan esfuerzos continuos y medidas adicionales para seguir reduciendo el consumo de energía por unidad de actividad del transporte. Pese a la renovación de flotas (mejora de la eficiencia tecnológica en vehículos y motores) y a las mejoras de las operaciones (mayor carga media por vehículo), el transporte de mercancías no ha mejorado su eficiencia. Por esta razón se justifica la necesidad de un cambio hacia modos de transporte de mayor eficiencia energética, como el transporte intermodal camión-ferrocarril (VANEK, MORLOK, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Medio Ambiente el apoyo técnico y la financiación de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- BOSE, R. K. y SRINIVASACHARY, V. (1997): «*Policies to reduce energy use and environmental emissions in the transport sector*», en: Energy Policy 25, Elsevier, Amsterdam, 1137-1150 pp.
- CE PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO (2002): «*Directiva 2002/3/CE relativa al ozono en el aire ambiente*», en: Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 67, 14-30 pp.
- (2000): «*Directiva 2000/69/CE sobre los valores límite para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente*», en: Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 313, 12-21 pp.
- (1999): «*Directiva 1999/30/CE relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente*», en: Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 163, 41-60 pp.
- DECICCO, J. y J. MARK (1998): «*Meeting the energy and climate challenge for transportation in the United States*», en: Energy Policy 26, Elsevier, Amsterdam, 395-412 pp.

- JOHANSSON, B. (1995): «*Strategies for reducing emissions of air pollutants from the Swedish transportation sector*», en: *Transpn. Res.-A*, 29, Elsevier, Amsterdam, 371-385 pp.
- HINE, J., T. RYE y M. HULSE (2000): «*Using land-use planning to manage transport demand: a survey of Scottish experience*», en: *Local Environment* 5, Taylor and Francis, London, 33-53 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2005): «*Contabilidad Nacional de España. Valor añadido bruto a precios básicos: precios corriente*», Madrid.
- LENZ, H.P., S. PRÜLLER y D. GRUDEN (2003): «*Means of Transportation and their effect on the environment*», en: D. Gruden (ed.), «*The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 3, Part T, Traffic and Environment*», Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 107-173 pp.
- MCELDOWNEY, M., T. RYLEY, M. SCOTT y A. SMYTH (2005): «*Integrating land-use planning and transportation in Belfast: a new policy agenda for sustainable development?*», en: *Journal of Environmental Planning and Management* 48, 507-526 pp.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2004): «*Los Transportes y los Servicios Postales. Informe anual 2003*», Dirección General de Calidad Ambiental. Madrid.
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA (2004): «*Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan nacional de asignación de derechos de emisión, 2005-2007*», en: *Boletín Oficial del Estado*, Vol. 216, 2004, 30616-30642 pp.
- MINISTERIO DE LA MEDIO AMBIENTE (2005a): «*Inventario Nacional de Emisiones*», Dirección General de Calidad Ambiental, Madrid.
- (2005b): «*Observatorio de la Movilidad Metropolitana*», Dirección General de Calidad Ambiental, Madrid, pp. 62.
- (2005c): «*Niveles de calidad del aire para el dióxido de azufre (SO₂), partículas en suspensión, dióxido de nitrógeno (NO₂), plomo (Pb), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO) y benceno (C₆H₆)*», Dirección General de Calidad Ambiental, Madrid, pp. 32.
- NARBONA, C. (2002): «*La prevención del cambio climático: ¿límites tecnológicos o políticos?*», en: *Observatorio Medioambiental* 5, Madrid, 11-18 pp.
- NEWMAN, P. y J. KENWORTHY (1999) «*Costs of automobile dependence: global survey of cities*», en: *Transportation Research Record* 1670, National Academy of Sciences, Washington, 17-26 pp.
- OECD ENVIRONMENT DIRECTORATE (2003): «*Analysis of the links between transport and economic growth. Project on decoupling transport impacts and economic growth*», Paris, France, pp. 94.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. y A. MONZÓN DE CÁCERES (2005): «*Informe sobre transporte y medio ambiente. Trama 2005*». I. Elorrieta y M. San Miguel (eds.). Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 108.
- RODENBURG, C.A., B. UBBELS y P. NIJKAMP (2002): «*Policy scenarios for achieving sustainable transportation in Europe*», en: *Transport Reviews* 22, Taylor and Francis, London, 449-472 pp.
- SCHWANEN, T., M. DIJST y F. M. DIELEMAN (2004): «*Policies for urban form and their impact on travel: the Netherlands experience*», en: *Urban Studies* 41, Taylor and Francis, London, 579-603 pp.
- SINHA, K. C. (2003): «*Sustainability and urban public transportation*», en: *Journal of Transportation Engineering* 129, American Society of Civil Engineers, Washington, 331-341 pp.
- SPERLING, D. (2004): «*Environmental impacts due to urban transport*». En H. Nakamura, Y. Hayashi y A.D. May (eds.), «*Urban Transport and the Environment. An International Perspective*», Elsevier, Oxford, 99-189 pp.
- UITP Unión Internacional Transporte Público (2005): «*Mobility in cities. Database*», Bruselas, Bélgica, pp. 19.

- VANEK, F. M. y E. K. MORLOK (2000): «*Improving the energy efficiency of freight in the United States through commodity-based analysis: justification and implementation*», en: *Transpn. Res.-D. 5*, Elsevier, Amsterdam, 11-29 pp.
- WOHLGEMUTH, N. (1998): «*World transport energy demand modelling*», en: *Energy Policy 25*, Elsevier, Amsterdam, 1109-1119 pp.

TABLAS

Tabla 1: Indicadores de transporte y medio ambiente en 1990, 2003, porcentajes de crecimiento relativo respecto a 1990 y crecimiento anual

Indicador	1990	2003	Media	Cambio 1990-2003 (%)	Cambio medio (%/año)
Gases efecto invernadero (kg CO ₂ eq./habitante/año)	1.760	2.589	2.174	47	3,0
Sustancias acidificantes (kg SA eq./ habitante/año)	0,51	0,47	0,51	-7	-0,6
Precusores ozono (kg COVNM* eq./habitante/año)	42	33	40	-22	-1,9
Partículas materiales (kg PM eq./habitante/año)	20	20	21	-2	-0,2
Vehículos-kilómetro/habitante/año	5.832	10.262	8.194	76	4,4
Toneladas-kilómetro/habitante/año	6.261	9.387	7.620	50	3,2
Producto interior bruto** (€/habitante/año)	10.183	13.304	11.729	31	2,1

* Compuestos orgánicos volátiles sin metano, ** a precios constantes de 1995.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Inventario Nacional de Emisiones (2005a), Ministerio de Fomento, Informe Anual Transporte y Servicios Postales (2004), Contabilidad Nacional de España (2005), Instituto Nacional de Estadística y elaboración propia.

Tabla 2: Correlación entre indicadores de sostenibilidad. Ajuste para el período 1990-03

Indicador:	Correlacionado con:	Coefficiente de correlación Pearson
GEI (kg CO ₂ eq./habitante/año)	Viajeros-km/habitante/año	,976(**)
	Toneladas-km/habitante/año	,986(**)
	PIB (€/habitante/año)	,994(**)
SA (kg/habitante/año)	PO (kg COVNM eq./habitante/año)	,903(**)
PIB (€/habitante/año)	Viajeros-km/habitante/año	,972(**)
	Toneladas-km/habitante/año	,989(**)

** La correlación es significativa con un nivel de confianza del 99%.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Inventario Nacional de Emisiones (2005a), Ministerio de Medio Ambiente, Informe Anual Transporte y Servicios Postales (2004), Ministerio de Fomento, Contabilidad Nacional de España (2005), Instituto Nacional de Estadística.

Tabla 3: Medidas operativas de la E4

a corto plazo

- Gestión del tráfico en entornos congestionados y medidas de mejora de la capacidad existente. Se contempla el desarrollo de planes de movilidad en las ciudades de más de 100000 habitantes, y creación de carriles para modos alternativos.
- Imposición de peajes urbanos ligados a la congestión y a los impactos ambientales.
- Reducción del acceso a los centros urbanos.
- Limitación de los aparcamientos y tarifas disuasorias.
- Medidas de calzado de tráfico.
- Planes de transporte público a los puestos de trabajo (medida de carácter colectivo que fomentaría los planes de transporte en empresas de más de 200 trabajadores).
- Mejora y ampliación del transporte público.
- Promoción de los sistemas no motorizados de transporte.
- Logística del transporte de mercancías en la ciudad.

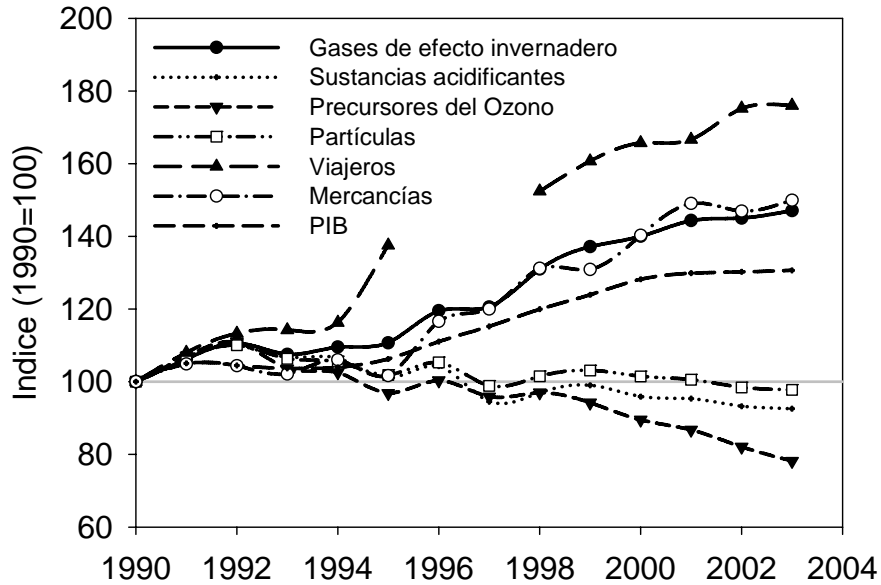
a medio/largo plazo

- Uso eficiente del transporte (mejora de la gestión de flotas por carretera, conducción eficiente y buenas prácticas en el transporte).
- Mejora de la eficiencia energética de los vehículos (uso de combustibles alternativos y fomento de la intermodalidad en donde se produciría una transferencia del incremento de la demanda de transporte hacia modos más eficientes desde el punto de vista medio ambiental).

Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2005b), Ministerio de Medio Ambiente.

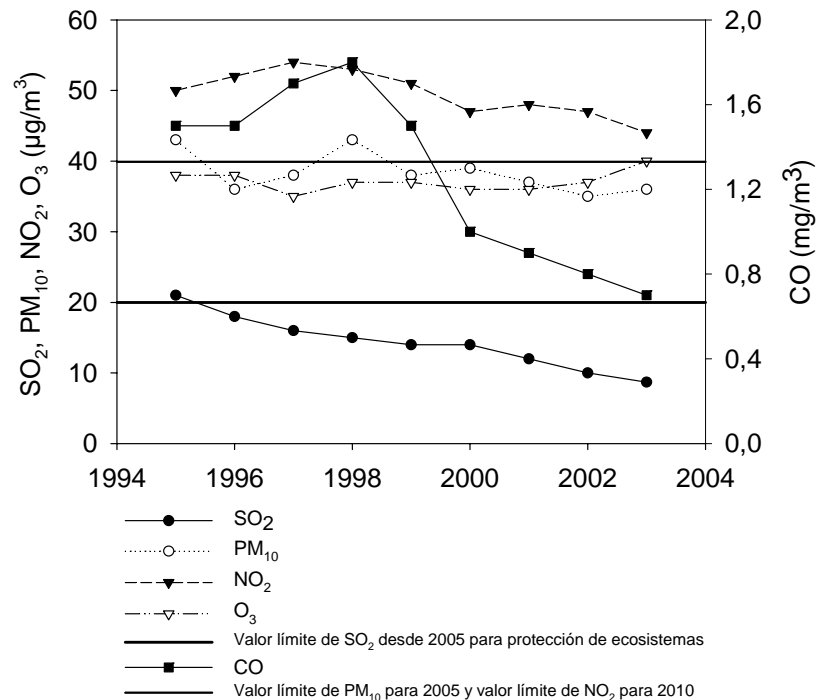
FIGURAS

Figura 1: Tendencias de los gases de efecto invernadero, sustancias acidificantes, precursores de ozono, partículas, transporte de viajeros y mercancías y PIB



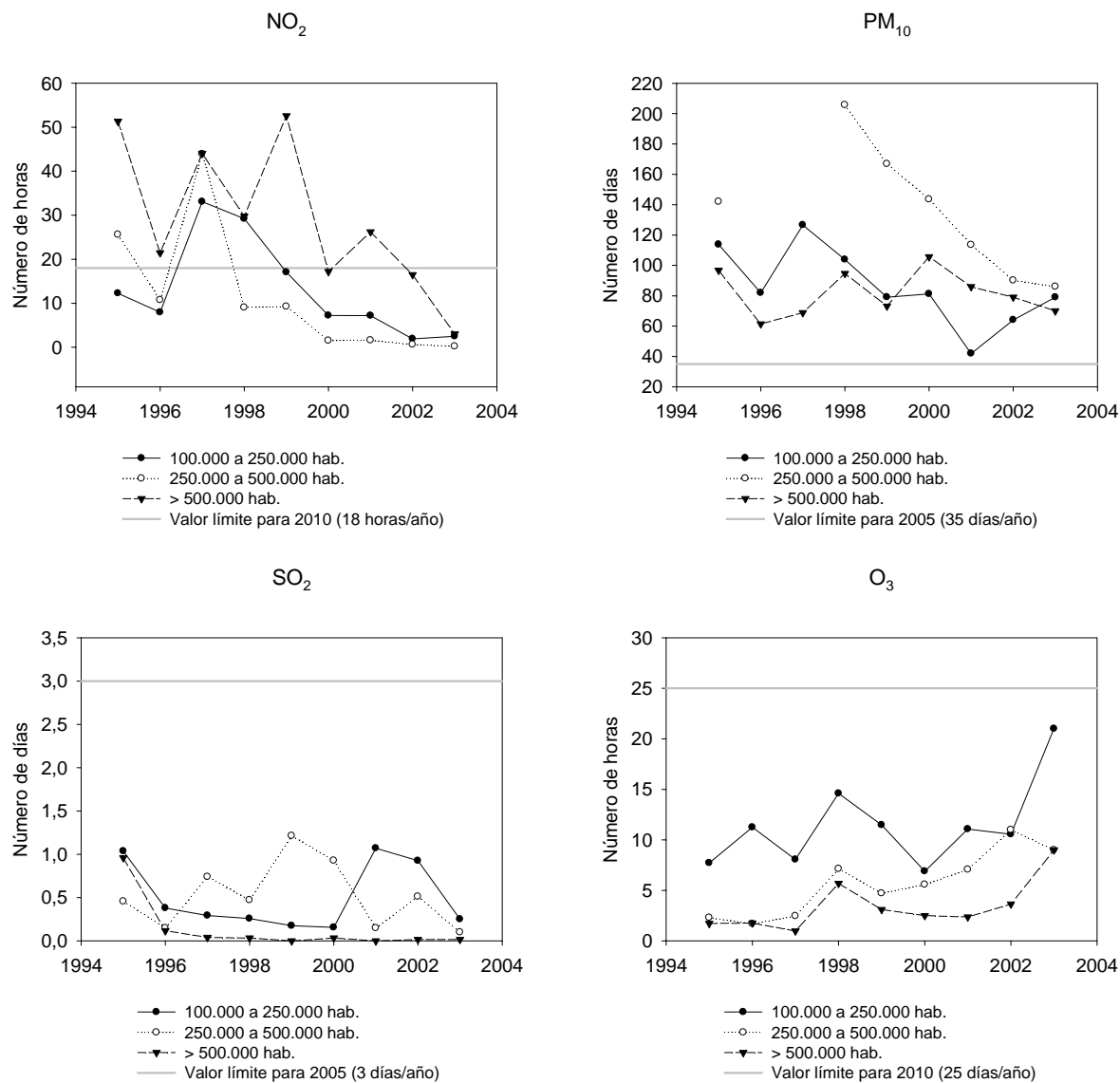
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Inventario Nacional de Emisiones (2005a), Ministerio de Medio Ambiente, Informe Anual Transporte y Servicios Postales (2004), Ministerio de Fomento, Contabilidad Nacional de España (2005), Instituto Nacional de Estadística.

Figura 2: Evolución de las concentraciones medias de SO_2 , PM_{10} , NO_2 , O_3 y CO en estaciones de tráfico de zona urbana en España (1995-2003)



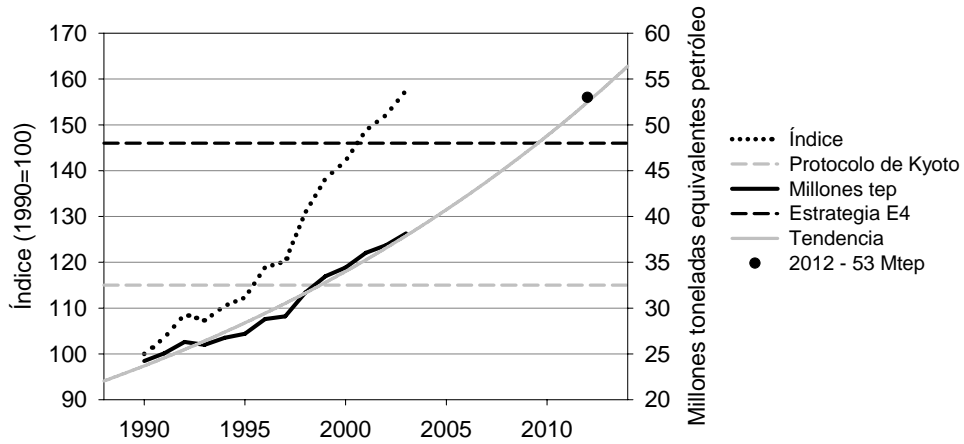
Fuente: Niveles de calidad del aire para distintos contaminantes atmosféricos, Ministerio de Medio Ambiente (2005c), CE Parlamento Europeo y Consejo (2002, 2000, 1999) y elaboración propia.

Figura 3: Número de superaciones de 200 µg/m³ de NO₂ (gráfica superior izquierda), 50 µg/m³ de PM₁₀ (superior derecha), 125 µg/m³ de SO₂ (inferior izquierda) y 120 µg/m³ de O₃ (inferior derecha) en los municipios españoles por rangos de población



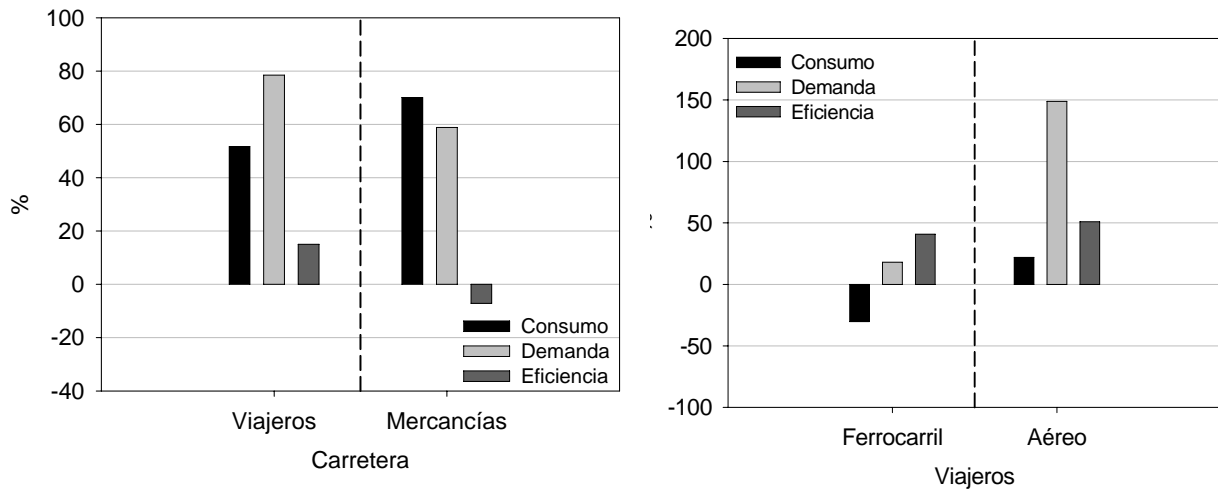
Fuente: Niveles de calidad del aire para distintos contaminantes atmosféricos, Ministerio de Medio Ambiente (2005c), CE Parlamento Europeo y Consejo (2002, 2000, 1999) y elaboración propia.

Figura 4: Estimación del consumo de energía por el transporte en España, escenarios futuros y marco normativo



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Inventario Nacional de Emisiones (2005a), Ministerio de Medio Ambiente, Plan Nacional de Derechos de Emisión, Ministerio de la Presidencia (2004) y Narbona (2002).

Figura 5: Cambio en el consumo de energía, demanda y eficiencia energética del transporte por carretera (viajeros y mercancías) y del transporte ferroviario y aéreo (viajeros exclusivamente), 1990-2003



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Informe Anual Transporte y Servicios Postales (2004), Ministerio de Fomento.

DATOS ACADÉMICOS

Dr. Pedro José Pérez-Martínez (Barcelona 1974), Ph.D. en Ciencias Naturales (Facultad de Medio Ambiente y Ciencias Forestales, Universidad de Friburgo, Alemania, 2003), M.Sc. en Manejo Medioambiental de Bosques (Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Joensuu, Finlandia, 2000), Ingeniero de Montes (ETSIM, Universidad Politécnica de Madrid, 1998); actualmente investigador posdoctoral asociado al Centro de Investigación del Transporte, TRANSyT-UPM, de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha publicado una tesis doctoral y una tesis de maestría, además de artículos científicos en revistas. Ha tomado parte en 4 trabajos de investigación. Ha sido beneficiario de la beca Landesgraduierten-Förderungsgesetz (LGFG, Ministerio de Educación de Baden Württemberg, Stuttgart, Alemania, 2002).

Pr. Dr. Andrés Monzón de Cáceres (Madrid 1955), Catedrático de Universidad, Doctor Ingeniero de Caminos Canales y Puertos; actualmente director del Centro de Investigación del Transporte, TRANSyT-UPM, de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha publicado 30 libros, 24 artículos en revistas científicas y ha dirigido 10 tesis doctorales. Ha tomado parte en 43 proyectos y trabajos de investigación, 31 de ellos como investigador principal y 9 de convocatorias internacionales. Ha impartido más de 75 cursos nacionales e internacionales. Miembro del comité organizador de 9 Congresos y Jornadas en Transportes. Miembro de 15 comités nacionales e internacionales, entre ellos *Chairman del Transportation Planning and Demand Management de European Transport Conference*. Miembro del Academia Forum de la UITP (Unión Internacional de Transportes Públicos).