

La movilidad como factor territorial dominante en la emisión de gases de efecto invernadero

LAURA CRESPO GARCÍA (*), M^a MAR MONTANÉ LÓPEZ (**), ALBERTO GARCÍA CORTÉS (***)
y FERNANDO JIMÉNEZ ARROYO (****)

RESUMEN El transporte y la generación de energía son los dos sectores dominantes en el balance global de consumo de energía y por tanto de emisiones de gases de efecto invernadero.

La ubicación de instalaciones para la generación de energía obedece a razones estratégicas del suministro de energía del territorio español, mientras que el transporte es una actividad económica muy relacionada con el tejido productivo y con las diferentes características territoriales: densidad de población, situación geográfica en relación con el conjunto, organización espacial eficiente, etc.

El análisis de estos factores permite priorizar en orden de eficiencia energética las diferentes estrategias para conseguir una economía menos dependiente de los combustibles fósiles, centrada en actividades de mayor valor añadido, y que responda a las limitaciones y fortalezas de la realidad española.

MOBILITY AS A TERRITORIAL KEY FACTOR IN THE EMISSION OF GREENHOUSE GASES

ABSTRACT *Transport and energy generation are the two dominant sectors in the overall balance of energy consumption, and thus of greenhouse gases emissions.*

Placement of energy generation plants responds to strategic reasons related to energy supply in the Spanish territory, while transport is an economic activity tightly related to the productive structure and territorial characteristics: density of population, geographic situation, efficient space organization, etc.

The analysis of these factors enables to prioritize different strategies according to their energetic efficiency in order to pursue an economy less dependent of fossil fuels, focused in activities of higher added value and that keeps in mind limits and strengths of Spanish reality.

Palabras clave: Transporte por carretera, Renta per cápita/emisiones de gases de efecto invernadero, Renta per cápita/población, CO₂ eq /PIB, CO₂ eq del transporte/población, Organización del territorio.

Keywords: Road transport, Per capita income/greenhouse gases emission, Per capita income/population, CO₂ eq/GDP, Transport CO₂ eq/population, Territorial planning.

1. INTRODUCCIÓN

Ha de llegar un tiempo donde la actividad económica no se pueda evaluar con la estimación de las emisiones de gases de

efecto invernadero (GEI) porque la economía no tenga como soporte energías procedentes de combustibles fósiles. Sin embargo, las últimas décadas se han caracterizado por una dependencia absoluta de la economía del carbono y de otras

(*) Jefa de Área de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático. Ingeniero Agrónomo. Área de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

(**) Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Área de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

(***) Contratado laboral temporal I+D. Licenciado en Ciencias Físicas. Área de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

(****) Contratado laboral temporal I+D. Licenciado en Ciencias Ambientales. Área de Contaminación Atmosférica y Cambio Climático. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

energías no renovables, como la nuclear. Seguir el rastro del carbono en los distintos pueblos o regiones permite desentrañar aspectos diferentes de su realidad territorial. Así, para evaluar esta huella la Unión Europea (UE) ha puesto en marcha metodologías de cuantificación de las emisiones de GEI y otros gases contaminantes conocidas como CORINE AIRE. Estos instrumentos responden a los compromisos europeos contraídos en materia de medio ambiente para comparar la evolución de las emisiones en el conjunto de Estados miembros de la UE. Esta herramienta hace un recorrido por todas las actividades productivas susceptibles de generar emisiones de GEI; lo que posibilita comparar, medir y valorar los comportamientos de los distintos territorios en el tiempo.

No obstante, de entre todas las actividades recogidas por CORINE AIRE, este documento reflexiona y valora sobre todo las actividades de generación de energía y del transporte, por tratarse de sectores económicos de mucho peso en el conjunto de las emisiones de GEI globales (60%) y con significación en los indicadores de renta. La generación de energía merece un apunte particular porque obedece a razones estratégicas definidas desde el propio Estado, Gobierno central, y responde a la necesidad de que todo Estado tiene de abastecer y cubrir las necesidades de suministro de energía en los diferentes territorios. Así, el suministro y abastecimiento en energía de los grandes núcleos de población ha de responder a soluciones de compromiso, puesto que, por un lado, los emplazamientos de las centrales de generación eléctrica no deben estar muy lejos de los grandes núcleos de población para evitar en todo lo posible las pérdidas que su transporte origina, y por otro lado, las instalaciones de generación energética no se deberían ubicar próximas a territorios densamente poblados, donde se aumentaría la presión sobre el territorio con la consiguiente pérdida de calidad de vida de sus habitantes.

Sin embargo, la movilidad en un territorio obedece a muchas razones: trabajo, ocio, acceso a los servicios, como soporte de diferentes actividades productivas, etc. El análisis de las emisiones procedentes del transporte permite investigar las relaciones de conexión existentes en una comunidad autónoma tanto entre sus núcleos territoriales como con el resto del territorio nacional, y en consecuencia entender la especialización del mismo en todo el entramado poblacional.

Cruzar la información de las variables vinculadas al sector del transporte posibilita no sólo asomarse a la realidad territorial, sino que permite también poner al descubierto las deficiencias de información que el sistema estadístico tiene sobre estos temas, en parte motivadas por las características de la distribución competencial que otorga la Constitución Española a las diferentes Administraciones territoriales: Estado Central, Comunidades Autónomas y Entidades Locales. En esta tarea de búsqueda de información y de interpretación de datos estadísticos, se observa como en los datos relativos a la movilidad tanto de personas como de mercancías existe un apagón informativo en lo que se refiere a las áreas urbanas, vacío que se suple con estimaciones procedentes de distintos modelos de movilidad, diseñados "ad hoc" por grupos de investigación y que al menos suponen un avance de aproximación a la realidad, que van acotando así las incertidumbres existentes.

España está integrada por un mosaico de comunidades autónomas que ha ido evolucionando hasta nuestros días, en función de diferentes comportamientos sociales, económicos, culturales, históricos... En lo que a movilidad se refiere, las comunidades autónomas (CC. AA.) han seguido diferentes tendencias, dentro de un marco de avance general común en todo el territorio nacional. En este documento se pretende relacionar diferentes macromagnitudes territoriales, relacionadas con el transporte y con las emisiones que éste genera, desde el

año considerado de referencia (1990) hasta 2006, para comprobar el grado de consistencia de las diferentes variables analizadas y evaluar el comportamiento experimentado en cada comunidad autónoma. El análisis recorrerá la España peninsular, dejando para otra ocasión la España insular, que se organiza por otro tipo de patrones (autoabastecimiento de energía, transporte multimodal en sus relaciones externas, y fuerte dependencia de su actividad principal, el turismo).

A lo largo del documento se irá valorando cómo influyen las variables de renta per cápita y población en el aumento de las emisiones de GEI. Para ello, se empieza primero a describir las tendencias seguidas en España en cuanto a crecimiento de renta y población, para continuar después relacionándolo con los comportamientos de las emisiones de GEI.

2. EVOLUCIÓN DE LA RENTA PER CÁPITA Y DE LA POBLACIÓN EN LAS DIFERENTES CC. AA. INCIDENCIA EN LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El PIB/hab es un indicador que se utiliza en las sociedades modernas para medir el crecimiento económico de una organización territorial sin contemplar otras variables de interés para el ciudadano, como son las variables medioambientales, de bienestar social, etc. Este indicador es la medida del poder de generación de la renta por cada habitante, es decir, lo que le toca a cada ciudadano que pertenece a una unidad territorial. Para todo el período de referencia (1990 – 2006), en todas las comunidades autónomas se ha producido un aumento de renta, dándose además en la mayoría de ellas un aumento de población (véase la Tabla 1). La Tabla 2 muestra las comunidades autónomas ordenadas según diferentes parámetros relacionados con las emisiones a la atmósfera, la renta y la población. La comunidad con mayor nivel de renta por habitante ha sido Madrid, mientras que Extremadura se ha mantenido como la comunidad de menor nivel de renta por habitante. En general, en todas las comunidades que integran la España peninsular el crecimiento del PIB/hab ha sido semejante en los años de estudio, produciéndose algunas alteraciones de un año a otro en la secuencia de CC. AA. ordenadas según su PIB/hab (véase la Tabla 2).

En el conjunto del espectro de comunidades autónomas que cuentan con el PIB/hab más alto en el año 2006 están Madrid, País Vasco, Navarra y Cataluña, en el otro extremo se posicionan Asturias, Galicia, Murcia, Castilla - La Mancha, Andalucía y Extremadura. La Comunidad Valenciana en el año 1995, Castilla y León en 2006, y Cantabria en 1995 y 2006, son las comunidades que se disputan los valores de la mediana de la variable PIB/hab en el período mencionado. En el grupo de comunidades de cabeza, como se ha dicho está el País Vasco, que a lo largo de los últimos años ha ido mejorando la posición en cuanto a este indicador, llegando a superar a Navarra. En el grupo de comunidades con menor PIB/hab, se encuentra, como se ha comentado, Galicia, que ha mejorado en relación a Murcia y a Castilla - La Mancha.

En general, las comunidades con menor PIB/hab son las que mantienen mayores tendencias de crecimiento medio, con la excepción del País Vasco que mantiene una tendencia media de crecimiento muy alta, aunque su ratio PIB/hab es de los más altos. Por el contrario, Castilla - La Mancha integra el grupo de comunidades con los niveles más bajos de crecimiento medio, y con una tendencia de crecimiento de este indicador también baja.

En el caso español, la población es otro factor de importancia en la generación de emisiones de GEI. Por ello, se pasa a continuación a analizar la distribución y evolución de la población en el territorio español.



FIGURA 1. Densidad de población en las provincias españolas (censo a 1 de enero de 2006).
Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

La Figura 1 muestra los datos de densidad de población en las provincias españolas según el Instituto Nacional de Estadística de 2006. La distribución espacial de la población española tiende a concentrarse en grandes aglomeraciones urbanas, localizadas principalmente en las zonas costeras, en los entornos próximos a grandes ciudades como Madrid, y en menor medida a lo largo del valle del Ebro y Guadalquivir. Asimismo se tiende al abandono de amplias zonas del territorio, como ocurre en buena parte de Castilla y León y en la Galicia interior.

Con la excepción de Madrid, todas las provincias encuadradas en el primer y segundo intervalo de mayor densidad de población de la Figura 1 se corresponden con regiones costeras. En el tercer intervalo se incluyen Álava, Asturias, Cantabria y gran parte del arco mediterráneo. En líneas generales las provincias de menor densidad de población se distribuyen en el interior peninsular y bordeando Madrid, a excepción de Toledo. Madrid durante mucho tiempo se ha comportado como un gran sumidero de población de las regiones colindantes, y, sin embargo, recientemente se comporta de forma contraria, expulsando parte de su población a provincias limítrofes, transformándolas en las nuevas ciudades dormitorio. También, se hallan en la primera fase del comportamiento descrito en la región de Madrid, territorios como Valladolid y Toledo, que al ser las capitales de Casti-

lla y León y de la Comunidad castellano manchega respectivamente, están absorbiendo población del territorio próximo.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística del año 2006 (véase la Figura 2), en las distintas regiones del territorio peninsular en el periodo 1996-2006 se ha producido un crecimiento poco homogéneo, en comparación con el crecimiento poblacional registrado en décadas anteriores. Existen zonas, como Guadalajara y el Corredor del Henares, que han experimentado un fuerte incremento poblacional (superior al 30%), muy por encima de cualquier otro territorio, como consecuencia principalmente de los precios más asequibles de las viviendas y de las buenas redes de comunicación y transporte existentes con la capital (prolongación de la Red de Cercanías de la Comunidad de Madrid, que ha traspasado los límites de la región y se ha adentrado en la provincia de Guadalajara).

Existe otro gran eje de crecimiento poblacional, representado por el arco mediterráneo, con un crecimiento de población en el periodo 1996 - 2006 comprendido entre el 20 y el 30%. Este grupo de provincias estaría representado por las provincias costeras de Almería, Murcia, Alicante, Castellón, Tarragona y Gerona.

En otro orden de magnitud se encuentran provincias cuyo crecimiento de población ha oscilado en este período entre el



FIGURA 2. Incrementos de población en las provincias españolas desde 1996 a 2006.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INDICADOR														
	DENSIDAD (hab./km²)			t CO ₂ eq/hab (Todos los sectores productivos)			t CO ₂ eq/hab (Energía)			t CO ₂ eq/hab (Transportes)			t CO ₂ eq/hab (Carretera)		
	AÑO 1990	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1990	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1990	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1990	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1990	AÑO 2006	Crec. Med. anual
ANDALUCIA	81,06	91,1	0,84%	5,16	8,20	2,18%	1,40	2,80	2,85%	1,06	2,05	3,89%	0,96	1,93	4,20%
ARAGÓN	25,19	26,8	0,47%	13,46	17,73	2,20%	5,61	6,03	2,66%	1,79	2,93	3,70%	1,73	2,91	3,93%
ASTURIAS	106,34	101,5	-0,29%	24,27	28,45	0,70%	12,55	15,44	0,82%	1,11	2,19	3,80%	1,03	2,08	3,89%
CANTABRIA	101,80	108,2	0,44%	7,28	10,19	1,47%	1,14E-03	0,06	49,07%	1,28	2,80	3,59%	1,22	2,64	3,48%
CASTILLA Y LEÓN	27,70	26,8	-0,17%	13,62	17,30	1,12%	5,53	5,60	-0,24%	1,80	3,28	3,85%	1,76	3,22	3,91%
C. LA MANCHA	21,39	24,4	0,93%	10,83	14,49	1,50%	2,17	2,87	3,50%	2,01	3,74	3,60%	1,98	3,71	3,63%
CATALUÑA	192,13	222,3	0,99%	6,19	7,99	1,77%	0,65	1,15	4,80%	1,68	2,21	1,84%	1,54	2,00	1,83%
C. VALENCIANA	167,81	206,7	1,48%	4,60	6,94	1,86%	0,17	0,56	11,66%	1,35	2,33	2,64%	1,25	2,18	2,67%
EXTREMADURA	26,49	26,1	-0,09%	4,87	8,28	3,36%	1,11E-03	0,01	34,97%	1,12	2,26	3,72%	1,08	2,21	3,74%
GALICIA	99,54	94,5	-0,30%	9,84	12,50	1,17%	4,99	5,22	-0,04%	1,16	2,50	4,08%	1,08	2,36	4,15%
LA RIOJA	54,76	63,0	1,05%	6,04	13,51	5,44%	1,14E-03	5,41	339,85%	1,73	2,62	2,26%	1,66	2,53	2,14%
MADRID	626,81	749,0	1,20%	3,20	4,71	2,02%	1,13E-03	0,04	39,37%	1,22	2,01	3,08%	1,04	1,75	3,28%
NAVARRA	53,80	61,4	0,82%	8,39	13,11	3,13%	1,13E-03	1,91	173,07%	1,81	2,68	2,19%	1,74	2,58	2,15%
PAIS VASCO	298,51	294,9	-0,08%	7,71	11,50	2,42%	1,13	3,21	9,36%	1,54	2,19	2,61%	1,46	1,98	2,43%
MURCIA	93,88	121,1	1,73%	5,52	7,73	2,11%	0,94	2,35	10,99%	1,37	2,46	2,87%	1,31	2,41	3,08%

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INDICADOR														
	PIB (mil €)/hab			t CO ₂ eq/PIB (Milli €) (Todos los sectores productivos)			t CO ₂ eq/PIB (Milli €) (Energía)			t CO ₂ eq/PIB (Milli €) (Transportes)			t CO ₂ eq/PIB (Milli €) (Carretera)		
	AÑO 1995	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1995	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1995	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1995	AÑO 2006	Crec. Med. anual	AÑO 1995	AÑO 2006	Crec. Med. anual
ANDALUCIA	9,3	13,1	2,52%	617	627	0,26%	192,0	214,3	2,43%	133	156	1,53%	124	145	1,44%
ARAGÓN	13,7	18,6	2,41%	1119	951	-1,12%	481,1	323,2	-1,30%	156	157	0,62%	153	156	0,70%
ASTURIAS	11,1	15,4	2,87%	2323	1853	-1,56%	1216,8	1005,6	-0,19%	128	143	1,01%	124	135	0,86%
CANTABRIA	12,0	16,8	2,63%	660	607	-0,65%	1,3	3,3	18,61%	137	166	1,97%	134	158	1,74%
CASTILLA Y LEÓN	12,0	16,7	2,93%	1205	1039	-1,09%	497,4	336,1	-1,55%	182	197	0,79%	179	193	0,77%
C. LA MANCHA	10,3	13,5	1,81%	1026	1069	0,45%	208,6	211,6	1,84%	227	276	1,87%	225	274	1,90%
CATALUÑA	15,8	20,2	1,84%	479	396	-1,67%	40,7	56,8	3,71%	121	109	-0,89%	113	99	-1,15%
C. VALENCIANA	12,1	15,5	1,32%	441	447	0,17%	19,2	35,9	11,24%	134	150	1,13%	128	141	0,95%
EXTREMADURA	8,0	12,0	3,60%	650	692	0,59%	1,9	1,2	-1,68%	156	189	1,87%	153	185	1,89%
GALICIA	10,2	14,2	3,00%	1080	879	-1,74%	536,0	367,0	-3,01%	146	176	1,81%	139	166	1,71%
LA RIOJA	14,7	18,8	3,51%	451	717	4,91%	1,14E-03	0,29	384,04%	0,13	0,14	0,89%	119	134	1,16%
MADRID	16,6	22,9	2,15%	211	206	-0,21%	1,0	1,7	6,42%	82	88	0,75%	73	77	0,54%
NAVARRA	16,1	22,0	2,42%	568	597	0,64%	1,0	86,7	174,37%	111	122	0,95%	107	118	0,97%
PAIS VASCO	15,3	22,3	3,08%	522	515	0,01%	96,2	143,5	6,70%	110	98	-0,83%	106	89	-1,38%
MURCIA	10,7	14,0	1,71%	516	553	0,89%	83,3	167,9	12,58%	149	176	1,58%	147	172	1,54%

Tabla 1. Valores absolutos y crecimientos medios anuales de diferentes macromagnitudes: densidad de población, PIB per cápita, emisiones procedentes de diferentes sectores productivos (energía, transporte y carretera), por unidad de habitante o de PIB, en las comunidades autónomas de la España peninsular, para los años 1990 ó 1995 (según el caso), y 2006. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera del MARM e Instituto Nacional de Estadística.

INDICADOR	AÑO	VALOR MEDIO	ORDENACIÓN DE CC. AA. SEGÚN EL VALOR DEL INDICADOR (De mayor a menor valor)														
			1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º
PIB (Mil €/hab)	1995	12,53	MAD	NAV	CAT	P.VASC	RIO	ARAG	C.VAL	CANT	C.LEON	AST	MUR	C.MAN	GAL	AND	EXTR
	2006	17,07	MAD	P.VASC	NAV	CAT	ARAG	RIO	CANT	C.LEON	C.VAL	AST	GAL	MUR	C.MAN	AND	EXTR
	Crec. Med. anual	2,40%	EXTR	P.VASC	GAL	C.LEON	ARAG	AST	CANT	NAV	ARAG	MAD	CATA	C.MAN	RIOJA	MUR	C.VAL
Kt CO ₂ eq/hab	1990	8,73E-03	AST	C.LEON	ARAG	C.MAN	GAL	NAV	P.VASC	CANT	CAT	RIO	MUR	AND	EXTR	C.VAL	MAD
	2006	1,22E-02	AST	ARAG	C.LEON	C.MAN	RIO	NAV	GAL	P.VASC	CANT	EXTR	AND	CAT	MUR	C.VAL	MAD
	Crec. Med. anual	2,16%	RIO	EXTR	NAV	P.VASC	ARAG	AND	MUR	MAD	C.VAL	CAT	C.MAN	CANT	GAL	C.LEON	AST
Kt CO ₂ eq/hab (ENERGÍA)	1990	2,34E-03	AST	ARAG	C.LEON	GAL	C.MAN	AND	P.VASC	MUR	CATAL	C.VAL	RIO	CANT	NAV	MAD	EXTR
	2006	3,51E-03	AST	ARAG	RIO	C.LEON	GAL	C.MAN	AND	MUR	P.VASC	NAV	CAT	C.VAL	CANT	MAD	EXTR
	Crec. Med. anual	45,51%	RIO	NAV	CANT	MAD	EXTR	C.VAL	MUR	P.VASC	CAT	C.MAN	AND	ARAG	AST	GAL	C.LEON
Kt CO ₂ eq/hab (TRANSPORTES)	1990	1,47E-03	C.MAN	NAV	C.LEON	ARA	RIO	CAT	P.VASC	MUR	C.VAL	CANT	MAD	GAL	EXTR	AST	AND
	2006	2,55E-03	C.MAN	C.LEON	ARAG	CANT	NAV	RIO	GAL	MUR	C.VAL	EXTR	CAT	P.VASC	AST	AND	MAD
	Crec. Med. anual	3,18%	GAL	AND	C.LEON	AST	EXTR	ARA	C.MAN	CANT	MAD	MURC	C.VAL	P.VASC	RIO	NAV	CAT
Kt CO ₂ eq/hab (CARRETERA)	1990	1,39E-03	C.MAN	C.LEON	NAV	ARAG	RIO	CAT	P.VASC	MUR	C.VAL	CANT	GAL	EXTR	MAD	AST	AND
	2006	2,43E-03	C.MAN	C.LEON	ARAG	CANT	NAV	RIO	MUR	GAL	C.VAL	AST	CAT	EXTR	P.VASC	AND	MAD
	Crec. Med. anual	3,23%	AND	GAL	ARAG	C.LEON	AST	EXTR	C.MAN	CANT	MAD	MURC	C.VAL	P.VASC	NAV	RIO	CAT
Kt CO ₂ eq/PIB (Mil €)	1995	7,91E-04	AST	C.LEON	ARAG	GAL	C.MAN	CANT	EXTR	AND	NAV	P.VASC	MUR	CAT	RIO	C.VAL	MAD
	2006	7,43E-04	AST	C.LEON	C.MAN	ARAG	GAL	RIO	EXTR	AND	CANT	NAV	MUR	P.VASC	C.VAL	CAT	MAD
	Crec. Med. anual	-0,01%	RIO	MUR	NAV	EXTR	C.MAN	AND	C.VAL	P.VASC	MAD	CANT	ARAG	C.LEON	AST	CAT	GAL
Kt CO ₂ eq/PIB (Mil €) (ENERGÍA)	1995	2,25E-04	AST	GAL	C.LEON	ARAG	C.MAN	AND	P.VASC	MUR	CAT	C.VAL	EXTR	CANT	RIO	MAD	NAV
	2006	2,16E-04	AST	GAL	C.LEON	ARAG	RIO	AND	C.MAN	MUR	P.VASC	CAT	C.VAL	CANT	NAV	MAD	EXTR
	Crec. Med. anual	40,95%	RIO	NAV	CANT	MUR	C.VAL	P.VASC	MAD	CAT	AND	C.MAN	AST	EXTR	ARAG	C.LEON	GAL
Kt CO ₂ eq/PIB (Mil €) (TRANSPORTES)	1995	1,40E-04	C.MAN	C.LEON	EXTR	ARAG	MUR	GAL	CANT	C.VAL	AND	AST	RIO	CAT	NAV	P.VASC	MAD
	2006	1,56E-04	C.MAN	C.LEON	EXTR	GAL	MUR	CANT	ARAG	AND	C.VAL	AST	RIO	NAV	CAT	P.VASC	MAD
	Crec. Med. anual	1,00%	CANT	C.MAN	EXTR	GAL	MUR	AND	C.VAL	AST	NAV	RIO	C.LEON	MAD	ARAG	P.VASC	CAT
Kt CO ₂ eq/PIB (Mil €) (CARRETERA)	1995	1,35E-04	C.MAN	C.LEON	ARAG	EXTR	MUR	GAL	CANT	C.VAL	AND	AST	RIO	CAT	NAV	P.VASC	MAD
	2006	1,49E-04	C.MAN	C.LEON	EXTR	MUR	GAL	CANT	ARAG	AND	C.VAL	AST	RIO	NAV	CAT	P.VASC	MAD
	Crec. Med. anual	0,91%	C.MAN	EXTR	CANT	GAL	MUR	AND	RIO	NAV	C.VAL	AST	C.LEON	ARAG	MAD	CAT	P.VASC
DENSIDAD (hab/km ²)	1990	131,81	MAD	P.VASC	CAT	C.VAL	AST	CANT	GAL	MUR	AND	RIO	NAV	C.LEON	EXTR	ARAG	C.MAN
	2006	147,85	MAD	P.VASC	CAT	C.VAL	MURC	CANT	AST	GAL	AND	RIO	NAV	ARA	C.LEON	EXTR	C.MAN
	Crec. Med. anual	0,60%	MUR	C.VAL	MAD	RIO	CAT	C.MAN	AND	NAV	ARAG	ARAG	CANT	P.VASC	EXTR	C.LEON	AST

AND = ANDALUCÍA NAV = NAVARRA GAL = GALICIA CAT = CATALUÑA CANT = CANTABRIA
 C.LEON = CASTILLA Y LEON ARAG = ARAGÓN P.VASC = PAÍS VASCO RIO = LA RIOJA C.VAL = COMUNIDAD VALENCIANA
 EXTR = EXTREMADURA C.MAN = CASTILLA - LA MANCHA AST = ASTURIAS MUR = MURCIA MAD = MADRID

TABLE 2. Relación de CC. AA. ordenadas de mayor a menor según los valores absolutos y crecimientos medios anuales de diferentes macromagnitudes: PIB per cápita, emisiones procedentes de diferentes sectores productivos (energía, transporte y carretera) por unidad de habitante o de PIB, y densidad de población; para los años 1990 ó 1995 (según el caso) y 2006.
 Fuente: INE. Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera del MARM.

10 y el 20%. Son regiones con tradición histórica y económica, como Madrid y Barcelona, que se han convertido en espacios de proyección de crecimiento en su entorno más inmediato, y que, en muchos casos, por la dificultad de encontrar vivienda a un precio asequible ha expulsado a la población más joven hacia provincias colindantes. En este grupo de regiones también se encuentran las provincias de Navarra, La Rioja, Málaga, Valencia, Lleida y Toledo, con tradición económica, que han desarrollado un centro neurálgico importante tanto por su población como por su actividad industrial y de servicios.

Existe un cuarto espacio que ocupa gran parte de las zonas del noreste y del centro sur de la Península Ibérica, que abarca el este de Castilla y León, Cantabria, Aragón, Álava y Guipuzcoa, Castilla - La Mancha (excepto Toledo), Andalucía (excepto Málaga y Almería) y Badajoz. Estas regiones han seguido tendencias de crecimiento poblacional más moderadas que los grupos provinciales comentados anteriormente, con crecimientos en el entorno del 10%.

Por último, se encuentra otro grupo de provincias que han sufrido un despoblamiento, que en el período 1996 - 2006 alcanza pérdidas que llegan al 10%, y cuya tendencia futura parece seguir siendo la misma. Este grupo lo constituye el cuadrante noroeste del país, integrado por las provincias de Lugo, Orense, León, Asturias, Zamora, Palencia, Ávila, Salamanca, Cáceres y Vizcaya.

Con el fin de realizar una adecuada comparación entre las comunidades autónomas, las emisiones de GEI se han referenciado a la población como número de habitantes y al PIB de cada territorio. De esta forma, para el estudio de la evolución de las emisiones se han empleado dos indicadores, $\text{CO}_2 \text{ eq/hab}$ y $\text{CO}_2 \text{ eq/PIB}$. Se analizará la evolución de estos indicadores en todas las comunidades autónomas en el período de referencia (1990 - 2006), valorando el porcentaje de crecimiento medio anual (véanse las Tablas 1 y 2). Las primeras observaciones que se extraen de los datos obtenidos son:

- En el caso español el incremento de emisiones está mucho más relacionado con el PIB, que con la población. Como se verá a lo largo del documento, existen regiones con tendencia al despoblamiento y que sin embargo en todo el período (1990 - 2006) han seguido incrementando sus emisiones.
- El sector de generación de la energía tiene un fuerte peso en las emisiones de $\text{CO}_2 \text{ eq}$ (en torno al 32% del total en el año 2006), que no obedece sólo a razones de índole territorial, sino también a necesidades de abastecimiento y de planificación energética del Estado español. Por tanto, este indicador, $\text{CO}_2 \text{ eq}$ procedente del sector energético, no es apropiado para evaluar adecuadamente la eficiencia energética en emisiones GEI en el ámbito de las comunidades autónomas, pero sí lo es, cuando se compara este indicador a nivel nacional entre distintos Estados miembros de la UE. El consumo de energía es el resultado de múltiples variables económicas, entre ellas la eficiencia energética del conjunto de su sistema productivo. En el esquema español las comunidades con altas emisiones en el conjunto de los sectores productivos, son comunidades generadoras de energía eléctrica y que abastecen de este tipo de energía a otras que son netamente consumidoras. Existen otras comunidades exportadoras de energía con parte de su sistema de generación basado en la energía nuclear, como es el caso de Cataluña y Extremadura (véase la Figura 5), y que por tanto, no tienen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la proporción que cabría esperar.
- Existe un grupo de indicadores relacionados con la realidad territorial y su actividad económica, como son las

emisiones debidas al transporte, que se ven influenciadas por una componente territorial, definida por la extensión superficial de la comunidad autónoma y su densidad de población. En la eficiencia de una región también influyen otras variables como la organización y planificación territorial, que dotan al conjunto del territorio de una nueva dimensión que le permite optimizar energéticamente el uso de los servicios que demandan los ciudadanos. Esta nueva dimensión debe facilitar la conexión e interrelación entre núcleos de población, atendiendo a su situación geográfica, número de habitantes (población) y comportamientos históricos. Esta organización territorial debe también poner en valor las herramientas de planificación territorial ligadas al transporte para dotar al sistema de los mejores mecanismos de comunicación en términos de eficiencia; lo que conduce a analizar los comportamientos de los siguientes indicadores vinculados al transporte: $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{transp}}/\text{hab}$, $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{transp}}/\text{PIB}$, $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{carret}}/\text{hab}$, $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{carret}}/\text{PIB}$ y densidad de población.

Por tanto, se han de manejar varias actividades dominantes en la generación de GEI, por un lado la generación de energía y por otro las emisiones debidas al transporte. En los apartados siguientes se detallará la evolución de las emisiones (per cápita y por unidad de PIB) procedentes del sector de la generación de la energía, del transporte y en particular de la carretera.

3. LA GENERACIÓN DE ENERGÍA Y EL TRANSPORTE: DOS SECTORES DOMINANTES EN LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En este apartado se analiza la evolución de las emisiones GEI procedentes de la generación de energía en relación al crecimiento de la renta (en el período 1995¹ - 2006) y de la población (en el período 1990 - 2006).

3.1. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE $\text{CO}_2 \text{ eq}$ PROCEDENTES DEL SECTOR DE LA ENERGÍA RESPECTO AL PIB

El indicador $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{energía}}/\text{PIB}$ es una medida del $\text{CO}_2 \text{ eq}$ que consume una unidad de PIB procedente de la generación de energía, y está muy relacionado con las necesidades de abastecimiento energético de un territorio, y en menor medida con las actividades productivas específicas de cada región (véase la Figura 3). Las diferencias en renta per cápita entre las CC. AA., que se refleja en la Tabla 2, para cualquiera de los años estudiados difiere ligeramente del orden secuencial que ocupan las comunidades autónomas cuando se ordenan según el valor del indicador, $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{energía}}/\text{PIB}$. Un valor alto de este indicador, como se ha dicho, corresponde a comunidades generadoras de energía; y a la inversa, valores bajos de $\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{energía}}/\text{PIB}$ se dan en comunidades que importan gran parte de la energía que consumen. Este último caso se produce en comunidades como Madrid y Extremadura, que presentan los valores más bajos de este parámetro. El comportamiento de Extremadura obedece a que, aunque es una región netamente exportadora de energía, el 70% de su energía es de origen nuclear. El caso de Madrid responde a las evidentes carencias que tiene la provincia en generación eléctrica unido al elevado nivel de renta, si bien, esta comunidad a lo largo del período de referencia ha corregido en una mínima parte sus deficiencias en generación con la puesta en marcha de centrales de cogeneración asociadas a los procesos industriales y al sector de servicios. La Comunidad Valenciana, en lo que a este indica-

(1): El INE sólo da una serie homogénea del PIB por CC. AA. desde el año 1995.

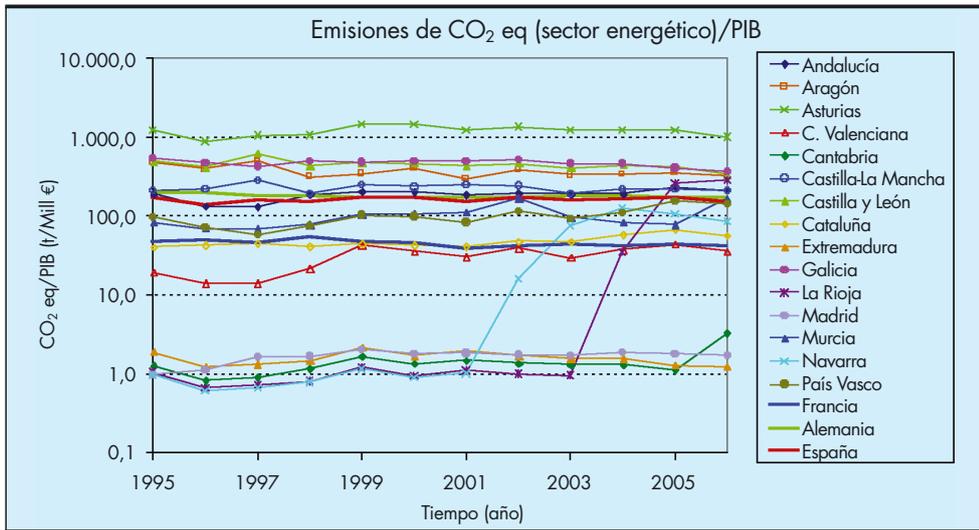


FIGURA 3. Evolución de las emisiones de CO₂ eq procedentes del sector de la energía por unidad de PIB en las CC. AA. para el período de referencia. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera, MARM. European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).

dor se refiere, mantiene una posición media-baja en el conjunto del territorio peninsular.

Por tanto, las comunidades tradicionalmente generadoras de energía han mantenido el nivel de emisiones GEI por unidad de PIB asociadas a este sector, habiéndose estabilizado éste. Por el contrario, han crecido las emisiones GEI/PIB en el sector energético en aquellas CC. AA. que inicialmente contaban con baja potencia instalada de origen fósil: La Rioja y Navarra, y en menor medida Cantabria y Madrid.

Si comparamos el comportamiento español con respecto a este indicador con los de países como Alemania y Francia observamos que la intensidad energética (CO₂ eq por cada unidad de PIB) de España es muy similar a la de Alemania, pero mantiene niveles más altos que los de Francia. Este hecho se debe a que alrededor de tres cuartas partes de la energía que alimenta el sistema eléctrico francés es de origen nuclear. La evolución temporal de estos dos países es aproximadamente paralela a la de España².

(2): Hay que señalar que, aunque la escala logarítmica no permita apreciarlo, Alemania ha conseguido la mayor disminución en intensidad energética en el período 1995 – 2006 (13%).

3.2. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ EQ PROCEDENTES DEL SECTOR DE LA ENERGÍA RESPECTO A LA POBLACIÓN

Otro indicador objeto de análisis es el CO₂ eq^{energía}/hab procedente de la generación de energía. Para el año 2006, este indicador mantiene valores altos o muy altos en las comunidades generadoras de energía, que además suelen coincidir con territorios de baja densidad de población (según las Figuras 1 y 4). Este es el caso de Asturias, Aragón, Castilla y León, La Rioja, Galicia y Castilla - La Mancha. En el extremo contrario, el nivel más bajo de emisiones per cápita, se encuentran Madrid y Extremadura. El comportamiento de Extremadura obedece a la razón descrita en el punto anterior para esta comunidad. En el caso de Madrid responde a sus carencias en generación eléctrica, como ya se ha explicado, unido a la elevada población que concentra. Valencia a pesar de ser considerada como una región generadora de energía, tiene un valor relativamente bajo de este indicador, porque abarca, como todo el arco mediterráneo, un territorio densamente poblado. Cataluña, presenta unos valores de CO₂ eq^{energía}/hab en los años analizados muy similares a los de la Comunidad Valenciana, pero se diferencia de ésta en

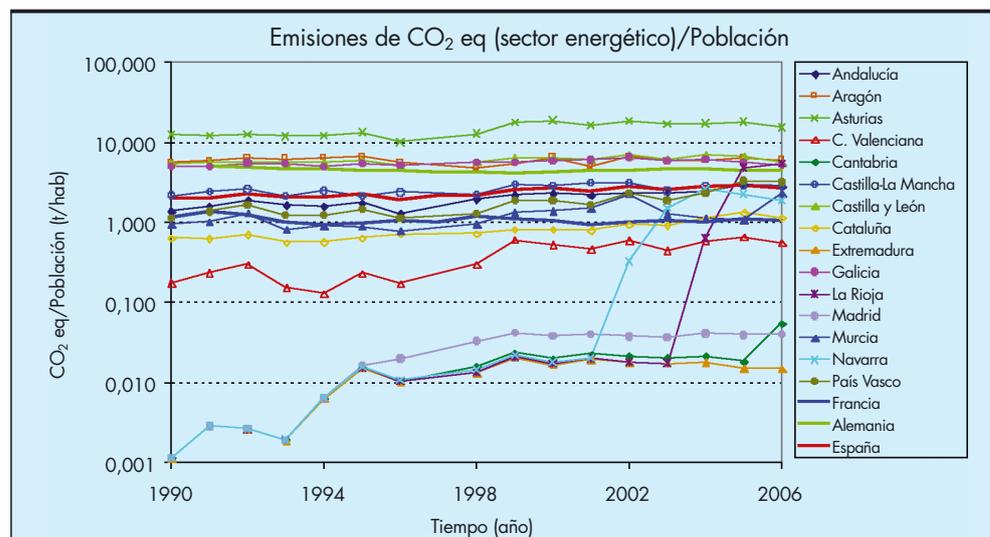


FIGURA 4. Evolución de las emisiones de CO₂ eq procedentes del sector de la energía por habitante en las CC. AA. para el período de referencia. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera (MARM). European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).

que su volumen de generación eléctrica es muy superior, si bien más de la mitad de ésta es de origen nuclear (véase la Figura 5). Andalucía, Murcia y el País Vasco aunque son comunidades generadoras de energía, como además son comunidades de alta población, ocupan una posición intermedia en la ordenación secuencial de comunidades según este indicador.

En este caso Alemania y Francia tienen un comportamiento muy parecido al apartado anterior. Las emisiones GEI per cápita procedentes de la generación de energía se mantienen prácticamente constantes pero con tendencias diferentes, en Alemania van decreciendo, mientras que en España siguen una tendencia de crecimiento. También se observa como Alemania presenta un ratio de emisiones más elevado por habitante que España, nada comparable al caso francés en el que una gran parte de su energía es de origen nuclear.

Las comunidades con mayor extensión y baja densidad de población, como las dos Castillas y Aragón, cuentan con valores altos en este indicador ($\text{CO}_2 \text{ eq}^{\text{energía}}/\text{hab}$), y, por el contrario, las densamente pobladas como Madrid presentan valores muy bajos. Esto obedece a estrategias de planificación que condicionan la ubicación de la generación de energía eléctrica en zonas de menor densidad de población y próximas a los grandes centros de gravedad del consumo energético, como es el caso de Madrid.

Si exceptuamos el caso particular de La Rioja y Navarra, los mayores crecimientos medios de este indicador se han correspondido con Cantabria, Madrid y Extremadura, que tradicionalmente han contado con los ratios más bajos de emisiones por habitante. El resto de comunidades que le siguen en el orden secuencial, con un crecimiento medio alto son comunidades prósperas y que en este período han seguido tendencias altas en generación de renta. Hay otro grupo de comunidades con emisiones per cápita muy altas como Castilla y León, Asturias, Aragón y Galicia que han mantenido estable el indicador en todo el período, por lo que los crecimientos medios han sido muy bajos.

Un dato a destacar, es la tendencia media de crecimiento de las emisiones de GEI procedentes del sector de la energía en

La Rioja y Navarra. La Rioja parte en el año de referencia, 1990, de una situación de muy bajas emisiones de GEI procedentes del sector energético, las cuales representaban en ese año sólo un 0,3% del total de sus emisiones de $\text{CO}_2 \text{ eq}$, pasando a suponer un 40% en el 2006. Este aumento tan desproporcionado se explica, en La Rioja, por la carencia de instalaciones de generación eléctrica, que ha sido fuertemente compensado con la instalación en 2004 de la Central Térmica de Ciclo Combinado de Arrubal, y en Navarra porque su sistema de generación eléctrica basado tradicionalmente en Centrales hidráulicas ha sufrido una redistribución tras la puesta en funcionamiento de los tres grupos de la Central Térmica de Ciclo Combinado de Castejón. Teniendo en cuenta que La Rioja es la Comunidad Autónoma que cuenta con la menor población de toda la España peninsular y que su PIB/hab es de valor medio en comparación con las restantes CC. AA., cualquier modificación en sus actividades productivas ocasionan fuertes cambios y justifica cualquier salto de emisiones.

4. INDICADORES DE LAS EMISIONES DE GEI Y OTRAS MACROMAGNITUDES RELACIONADOS CON EL TERRITORIO Y SU ORGANIZACIÓN Y EL TRANSPORTE

Los indicadores de emisiones debidas al **transporte** se ven muy influenciados por las características territoriales de cada región, permitiendo diferenciar las comunidades que cuentan con un territorio más extenso y con menor densidad de población de las comunidades con mayor concentración de población. También permiten observar el efecto que tiene la situación geográfica de ciertos núcleos poblacionales sobre la demanda del transporte. La Comunidad Autónoma de Madrid presenta un comportamiento particular, es una región céntrica y de paso, sede del Estado que cuenta con la más alta densidad de población de España, y que mantiene una fuerte conexión con el conjunto del territorio; de hecho participan de su dinámica muchos de los territorios más próximos a ella. La huella ecológica que genera Madrid como consecuencia de la

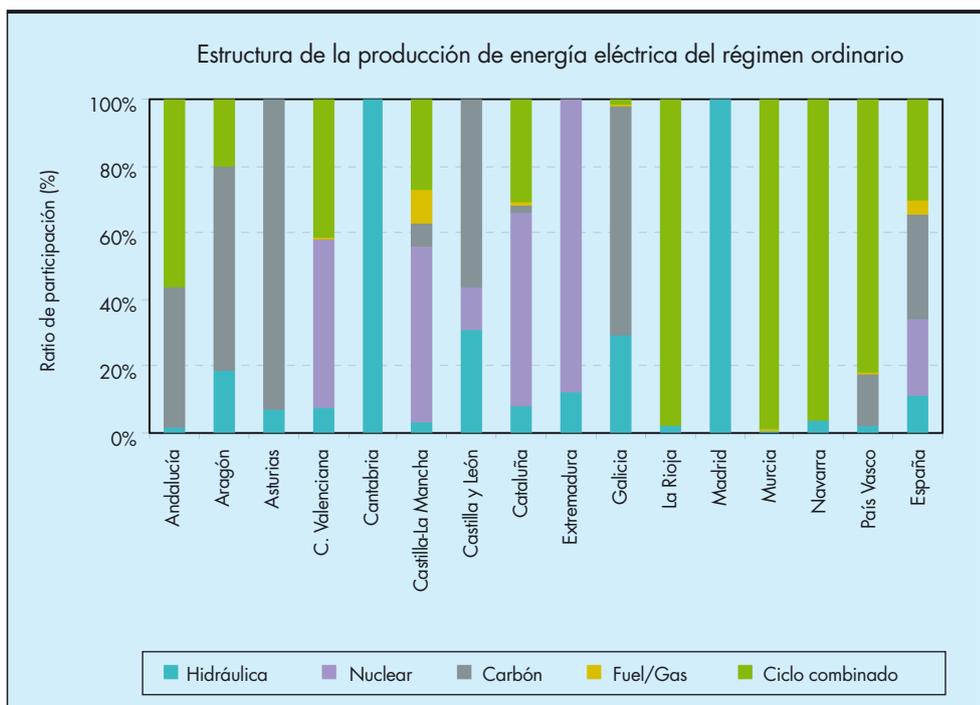


FIGURA 5. Estructura de la producción del régimen ordinario por tipo de central dado en porcentaje para el año 2007. Fuente: REE.

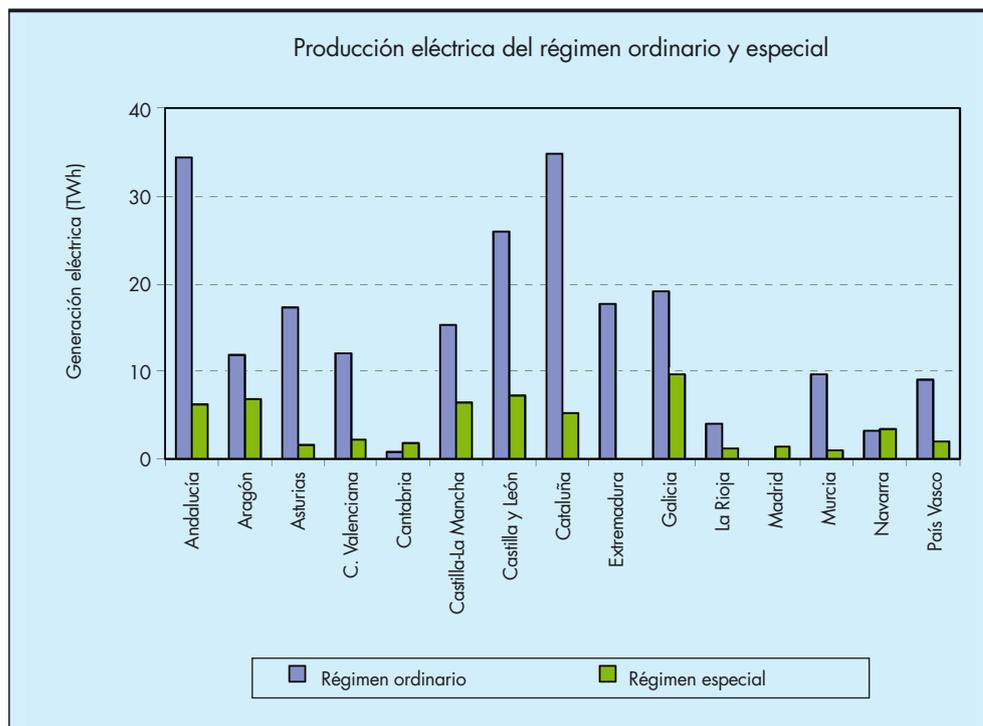


FIGURA 6. Producción del régimen ordinario y régimen especial en GWh. Año 2007. Fuente: REE.

expansión de su urbanismo alcanza hasta más de 100 km desde el centro de la región, e incluso es superior si se analizan otros indicadores de calidad ambiental.

Las emisiones de GEI del transporte en todo el período de referencia (1990 – 2006) han aumentado alrededor de un 90% y en este rango de crecimiento se han mantenido todas las comunidades autónomas. Por un lado es determinante en estas emisiones la extensión y densidad de población de cada comunidad autónoma y por otro lado, están condicionadas por la organización jerárquica y la eficiencia territorial que ofrecen los servicios públicos.

En este apartado se analiza y compara por comunidad autónoma dos indicadores para el sector del transporte: las emisiones por cada unidad de PIB y per cápita debidas a este sector; y también se estudian otros dos indicadores que reflejan la influencia del transporte por carretera en las emisiones del conjunto de los modos de transporte, en relación a cada unidad de renta y a la población. En el transporte están incluidos todos los modos: carretera, ferrocarril, aéreo, marítimo y otros. Hay que tener en cuenta que, en los datos de emisiones procedentes del transporte ferroviario que se ofrecen en este documento, sólo se consideran los correspondientes a desplazamientos producidos con tracción diésel, emisiones que suponen aproximadamente la tercera parte de las emisiones totales que emite este modo de transporte. Las otras dos terceras partes están asociadas a la generación de la energía (según datos de RENFE, para el año 2008, el 72% de su tracción es de origen eléctrico y el otro 28% diésel). Esta forma de ofrecer los datos es la recogida en la metodología CORINE AIRE en que se basan los Inventarios Nacionales de Emisiones.

4.1. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ EQ PROCEDENTES DEL SECTOR DEL TRANSPORTE RESPECTO AL PIB

En términos generales, el indicador de emisiones del transporte en relación a la renta de la Figura 7 (CO₂ eq^{transp}/PIB) muestra una tendencia de crecimiento muy moderada. De he-

cho en la mayoría de las comunidades autónomas las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte crecen a un ritmo muy similar al del PIB, síntoma de una economía acoplada, en la que cada unidad de producto generada incrementa las emisiones en idéntica proporción, lo que supone que el sistema productivo no está mejorando en eficiencia energética. En la Figura 7 se puede observar cómo las tendencias seguidas en las comunidades autónomas, salvo en algún caso puntual, en cuanto a la dependencia que tienen las emisiones de CO₂ eq de la variable de renta, son muy parecidas entre sí, lo cual se refleja en la similitud de las pendientes de las flechas representadas en la Figura 10. Esto implica que, en líneas generales, las comunidades autónomas han experimentado un crecimiento parecido en cuanto a este indicador (CO₂ eq^{transp}/PIB), crecimiento que sin embargo no es tan evidente cuando se trata de relacionarlo con la evolución de la población (Figura 11), puesto que ésta en cada comunidad ha tenido su propia dinámica.

Castilla - La Mancha es la Comunidad Autónoma con mayores valores de CO₂ eq procedentes del transporte por cada unidad de PIB en todo el período de referencia (1990 – 2006) y además también es una de las regiones que más ha aumentado este parámetro en esos años (véase la Figura 7), incluso a pesar de que el crecimiento de su PIB haya sido de los más bajos entre las CC. AA. (Tabla 1). Cataluña ha bajado las emisiones GEI del transporte por unidad de PIB en un 0,83% de media anual, lo que la sitúa como la región con mejor comportamiento en cuanto a este indicador. En el lado opuesto, se encuentra Cantabria que ha experimentado el mayor incremento con un aumento anual medio del 2%.

Comparando el comportamiento de este indicador (CO₂ eq^{transp}/PIB) entre España y los países de nuestro entorno, se aprecia que nuestro país sigue un comportamiento de economía acoplada, en el que cada unidad de PIB se produce a costa de un incremento de emisiones. Por el contrario, Alemania y Francia siguen comportamientos más eficientes, como pone de

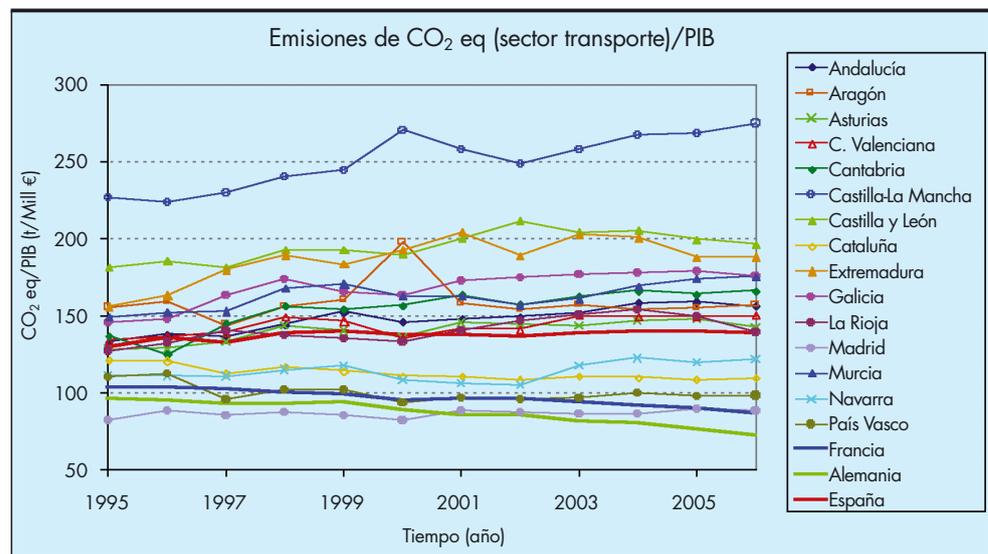


FIGURA 7. Evolución por CC. AA. de las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte en relación con el PIB. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones a la atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto Nacional de Estadística. European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).

manifiesto el hecho de que aumentan más su PIB que sus emisiones; tendencia ésta que es más acentuada en el caso de Alemania. Como se observa en la figura, Alemania ha mejorado notablemente su eficiencia en transporte, incluso se ha posicionado en ventaja respecto a comunidades autónomas españolas de alta densidad de población y que cuentan con un buen transporte público en sus áreas metropolitanas.

4.2. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ EQ PROCEDENTES DEL SECTOR DEL TRANSPORTE RESPECTO A LA POBLACIÓN

A grandes rasgos, en todo el período de referencia, las emisiones de CO₂ eq^{transp}/hab han aumentado en todas las CC. AA. objeto de estudio (Figura 8), lo que es un indicador claro de que se ha aumentado la movilidad tanto de mercancías como de personas. Este aumento de la movilidad se ha producido como consecuencia de la transformación experimentada en la actividad económica del país, lo que ha supuesto un aumento de las necesidades de interrelación entre los principales núcleos de población, e incluso en algunas comunidades autónomas esta transformación ha tenido lugar a costa de sistemas menos eficientes y con mayores dificultades de accesibilidad a los servicios. La comunidad que ha experimentado mayor aumento en emisiones per cápita en todo el período es Galicia, que ha crecido un 4,08% de media anual, y la que menos lo ha hecho ha sido Cataluña con un 1,84% (véase la Tabla 1). Analizando el comportamiento en emisiones per cápita de las comunidades debidas al transporte en todo el período de referencia, éstas obedecen a tres tipos de comportamientos. En un primer grupo, se encontrarían comunidades autónomas con emisiones de CO₂ eq por cápita de las más altas del territorio peninsular, y estaría integrado por las comunidades de Castilla y León, Castilla-La Mancha y Aragón (véase la Tabla 1), las cuales se corresponden con comunidades extensas, con baja densidad de población y que son “de paso” por su situación geográfica. Un segundo grupo lo constituirían comunidades autónomas como Andalucía, con densidad de población medio-baja, con un buen comportamiento en relación al nivel de emisiones per cápita originado por su situación periférica y no tanto por disponer de una buena planificación territorial en relación al transporte. En este segundo grupo también estarían CC. AA. con valores medios en emisiones procedentes del transporte, los cuales no se corresponden con zonas de paso ni son zonas densamente

pobladas. Un tercer grupo lo constituyen CC. AA. periféricas con emisiones bajas de CO₂ eq por habitante (Cataluña, País Vasco y Comunidad Valenciana), son comunidades periféricas, densamente pobladas, con un marcado carácter urbano y metropolitano, y con sistemas de transporte público que facilitan una movilidad eficiente desde el punto de vista de las emisiones ligadas al transporte. Este grupo de comunidades de mayor densidad de población tiene como ventaja, desde el punto de vista de la movilidad, que cuenta con un territorio que permite planificar y diseñar el transporte para responder a las necesidades de movilidad de la población, con criterios de calidad y rentabilidad. En el tercer grupo, con peculiaridades diferenciales y de emisiones medias, se encontrarían CC. AA. como Cantabria, Murcia, Galicia e incluso Extremadura. Galicia y Extremadura representan a los territorios con menor renta lo que condiciona las necesidades de movilidad. Navarra y Cantabria condicionadas por su carácter periférico limitan las emisiones de su tráfico de paso. Como caso particular se encuentra Madrid, que mantiene bajos ratios de emisiones per cápita, por su elevada densidad de población, está organizada con una de las más complejas redes de transporte público del territorio español y de Europa en torno a la almendra central de la ciudad.

Las emisiones medias españolas de GEI por habitante en el transporte al comienzo del período de referencia eran las más bajas entre los países referentes de la economía europea. España aumenta sus emisiones de GEI per cápita en todo el período de referencia. Sin embargo, Alemania invierte su tendencia de crecimiento en 1999, y Francia en 2002, con lo que en el año 2000 España supera a Alemania y en el 2004 a Francia.

Para visualizar el comportamiento seguido en cuanto a la relación densidad de población y emisiones de la España peninsular se ha elaborado la Figura 9. Esta figura muestra en la parte superior un par de mapas donde se representa la densidad poblacional en cada CC. AA. en los años 1990 y 2006. En la parte inferior de esta figura se recoge un segundo par de mapas que muestran las emisiones per cápita debidas al transporte para los mismos años. Los territorios con mayor densidad de población son los de menores emisiones per cápita, y al contrario, los más despoblados se corresponden con los de mayor ineficiencia en el transporte. Muchas de las comunidades han incrementado las emisiones per cápita en el período analizado en una proporción similar a la de la media nacional, 1 t CO₂ eq/hab. Como resultado puede visualizarse cómo la situación

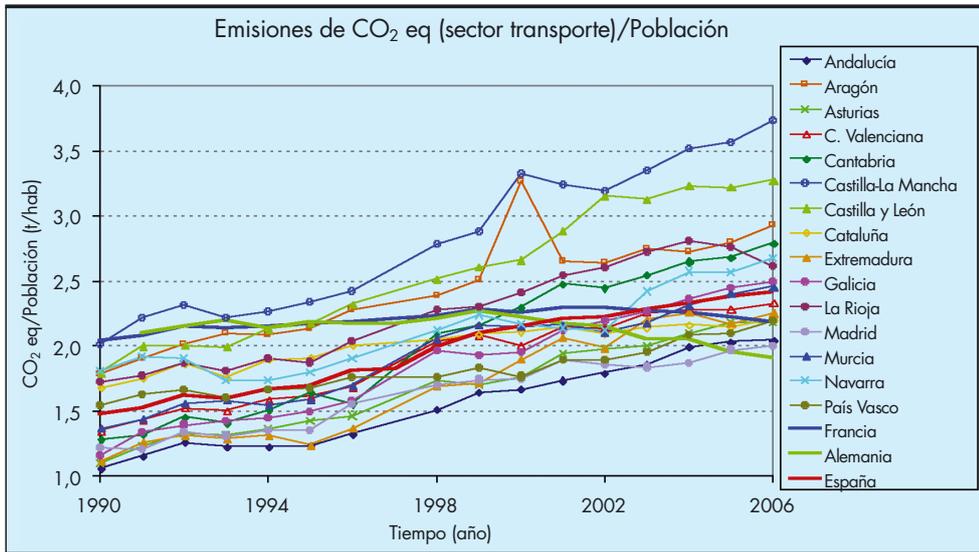


FIGURA 8. Evolución por CC. AA. de las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte por cada habitante. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).

para el año 2006 del conjunto de comunidades autónomas no ha variado demasiado a la de 1990, habiendo sido en este período tanto el crecimiento en densidad de población como el de emisiones per cápita muy similar en casi todas las comunidades autónomas. En Cataluña, Navarra, La Rioja y el País Vasco crecen menos sus emisiones per cápita que la media nacional,

mientras que en la Comunidad Valenciana, Murcia, Extremadura, Castilla y León y Galicia son ligeramente superiores a la media nacional. Se puede diferenciar en estos mapas un tercer grupo de comunidades, compuesto por Madrid, Castilla - La Mancha, Andalucía y Asturias, en las que han crecido sus emisiones per cápita en el entorno de la media nacional.

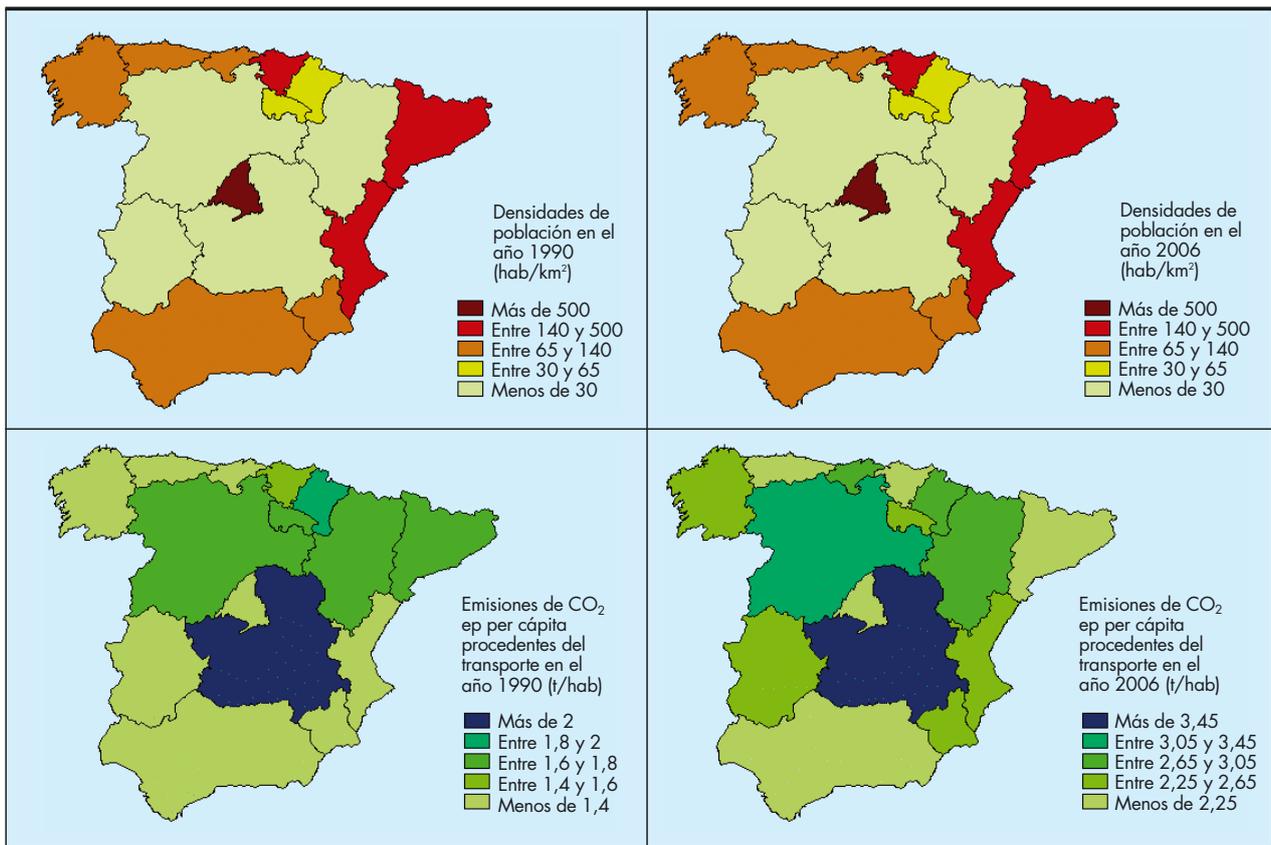


FIGURA 9. Comparación entre la densidad de población y las emisiones de CO₂ eq/hab procedentes del transporte en las comunidades autónomas para los años 1990 y 2006. Fuente: INE e Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

4.3. COMPARATIVA ENTRE LA EVOLUCIÓN EN LAS CC. AA. DE LAS EMISIONES DE CO₂ EQ PROCEDENTES DEL SECTOR DEL TRANSPORTE RESPECTO AL PIB Y A LA POBLACIÓN

Comparando los dos indicadores anteriores, se aprecia que las emisiones de CO₂ eq ^{transp}/hab presentan una tendencia de crecimiento porcentual en el tiempo mayor que el experimentado por el indicador CO₂ eq ^{transp}/PIB, como consecuencia de que el crecimiento del PIB en este período ha sido superior al de la población. Además, se aprecian diferencias más significativas entre unas comunidades autónomas y otras si se relaciona el pa-

rámetro CO₂ eq ^{transp} con la población (Figuras 8 y 11) que si se hace con el PIB (Figuras 7 y 10). Existen comunidades que han perdido población durante el periodo de referencia (1990 – 2006), como es el caso de Asturias, Castilla y León, Extremadura y Galicia y que sin embargo en mayor o menor medida han seguido creciendo sus emisiones. La línea diagonal de las Figuras 10 y 11 (línea de trazo discontinuo) representa los puntos donde el ratio emisiones por PIB o por habitante respectivamente es igual al de la media nacional en el año 2006. Por tanto, para el año 2006, las comunidades situadas por encima o

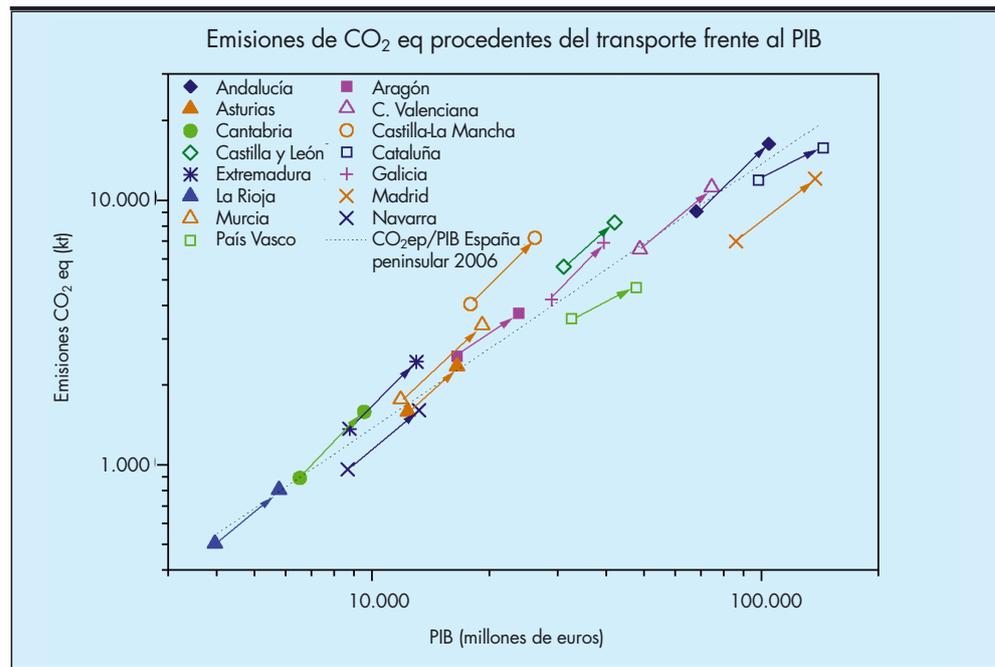


FIGURA 10. Tendencias entre los años 1995 y 2006 de las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte en relación al PIB en las CC. AA. Fuente: *Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto Nacional de Estadística.*

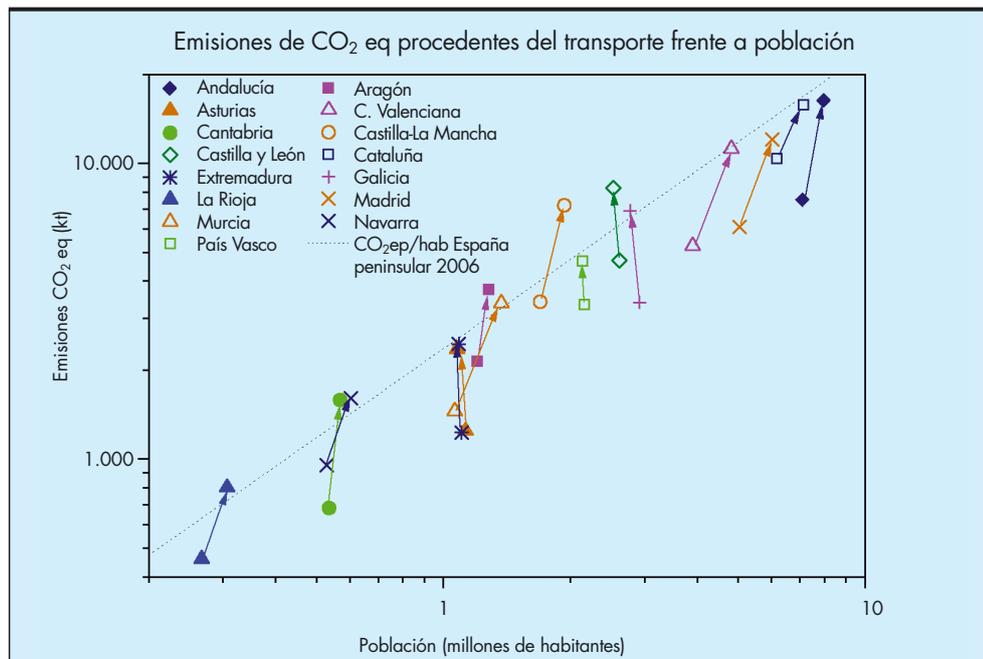


FIGURA 11. Tendencias entre los años 1990 y 2006 de las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte en relación a la población en las CC. AA. Fuente: *Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto Nacional de Estadística.*

por debajo de las líneas diagonales en ambas gráficas son las que tienen mayores o menores emisiones en transporte respectivamente en relación a su PIB y en relación a su población que la media nacional. Comunidades autónomas como Aragón, la C. Valenciana e incluso Madrid, reflejan una evolución temporal en la que las emisiones de GEI del transporte aumentan en la misma proporción que lo hace el PIB, lo que es indicativo de una economía acoplada. El País Vasco y Cataluña no sólo están por debajo de la media de las emisiones del transporte por unidad de PIB generada, sino que además mejoran el ratio $CO_2 \text{ eq}_{\text{transp}}/PIB$ en todo el período de referencia.

4.4. LA CARRETERA COMO MODO DOMINANTE EN EL TRANSPORTE Y EN LAS EMISIONES DE CO₂ EQ EN EL CONJUNTO DEL TERRITORIO. LAS EMISIONES DE CO₂ EQ PROCEDENTES DEL TRANSPORTE POR CARRETERA RESPECTO AL PIB Y RESPECTO A LA POBLACIÓN

Como consecuencia de la utilización mayoritaria y creciente de la carretera como modo de transporte durante todo el período de referencia (1990 – 2006), este sector ha adquirido un gran protagonismo, que se ha traducido en que sus emisiones supongan aproximadamente un 90% de las emisiones totales del transporte. La evolución de las emisiones procedentes del transporte por carretera ha marcado las tendencias de evolución de GEI en el conjunto de modos de transporte; pudiéndose afirmar que las tendencias de emisiones del transporte han sido prácticamente idénticas a las de la carretera dado la preponderancia de este sector. Así, la carretera ha aumentado su presencia en las emisiones globales del conjunto de modos de transporte en todas las comunidades autónomas, en gran parte por el incremento del uso mayoritario del vehículo privado, que como se sabe, es el gran causante de las ineficiencias de las emisiones del transporte por cada viajero transportado. Madrid es la única comunidad autónoma en que las emisiones GEI procedentes del transporte por carretera en el año 2006 se situaron por debajo del 90% de las emisiones totales relativas al transporte, lo que es consecuencia del peso significativo que tienen en esta Comunidad las emisiones procedentes del Aeropuerto Internacional Madrid-Barajas así como su red de transporte público (Autobús, Metro, Metro-ligero, y Cerca-

nías). Este comportamiento se ha producido en Madrid incluso a pesar de haberse incrementado los desplazamientos por carretera en vehículo privado en un 4,5% en el período 1996-2004 (dato de las *Encuestas Domiciliarias de Madrid*, del Ministerio de Fomento), tendencia que también se muestra en el *2º Informe del Estado de la Movilidad de la Ciudad de Madrid 2009* elaborado por la Fundación Movilidad. Sin embargo, en Madrid el porcentaje de utilización del vehículo privado frente al resto de medios de transporte es mayor a otras provincias de similar densidad poblacional como Barcelona. Los viajes en transporte privado en Madrid han aumentado del 35% al 37% entre el año 2008 y el 2009, según el referido Informe de la Fundación Movilidad.

Al igual que ocurre en España, en Alemania y en Francia la carretera supone cerca del 90% de las emisiones debidas al transporte, esta es la razón de que los comportamientos de las diferentes regiones sean tan parecidos al apartado relacionado con emisiones GEI del transporte por su PIB. La carretera es el modo de transporte que marca la tendencia de este indicador en este sector.

En las Figuras 12 y 13 se observa la relación de emisiones procedentes del transporte por carretera en relación al PIB y a la población, respectivamente. La gran diferencia entre las dos gráficas vuelve a ser la pendiente de las líneas poligonales, que es más acentuada en el caso de la población y menos en relación al PIB, lo que indica que ha sido mayor el crecimiento del PIB que el de la población en todo el conjunto autonómico. Al tiempo se constata que la secuencia y las relaciones que muestran las dos figuras mantienen la misma prelación entre comunidades autónomas.

Es importante indicar que las tendencias decrecientes en emisiones del transporte por carretera por PIB y por habitante en países como Alemania y Francia se deben en parte a ciertas acciones como la mejora de la eficiencia del transporte de mercancías en Alemania o una mayor apuesta por el transporte de viajeros por ferrocarril en Francia³.

(3): Laura Crespo García et al, *Buenas Prácticas en la reducción de Emisiones de Efecto invernadero en el sector Transporte*, Ingeniería Civil, Nº 157, año 2010.

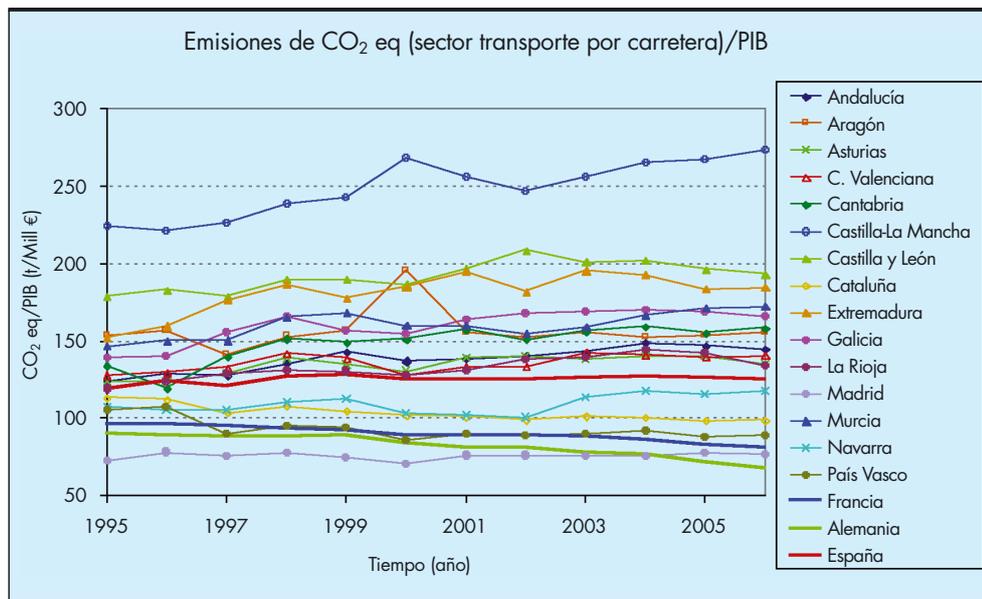
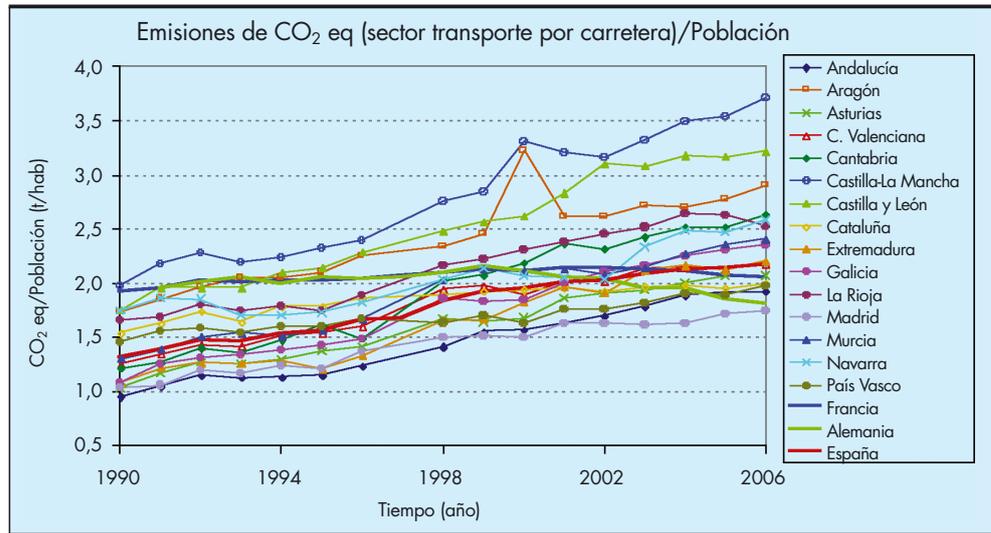


FIGURA 12. Evolución por CC. AA. de las emisiones de CO₂ eq procedentes del transporte por carretera en relación al PIB. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: *Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto Nacional de Estadística. European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).*

FIGURA 13. Evolución por CC. AA. de las emisiones de CO₂ eq procedentes de la carretera en relación con la población. Comparación con otras regiones europeas. Fuente: *Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto Nacional de Estadística. European Environmental Agency (EEA) Data Service. European Commission, Economic and Financial Affairs (AMECO).*



5. CONCLUSIONES

- La geografía de la España peninsular es muy diversa, como lo es su densidad de población y su tejido productivo. En todo el período de referencia (1990 – 2006), caracterizado como de bonanza económica y con todas las deficiencias estructurales propias de este país, el PIB de las distintas regiones ha seguido comportamientos diferentes, desde regiones con elevado índice de renta y con un crecimiento medio moderado en el conjunto del abanico regional, hasta el extremo contrario, comunidades con menor renta y que en estos años han experimentado un profundo cambio y cuentan con los crecimientos más altos en PIB.
- Entre las diferentes macromagnitudes que influyen en las emisiones de GEI, interesa sobretodo emplear aquellas que se relacionan con el PIB y con la población, puesto que ambas variables son determinantes en la generación de emisiones. Toda la economía de la era industrial y de la posterior sociedad de servicios y del conocimiento está articulada sobre el consumo de combustibles fósiles, y ha estado en concordancia con el nivel de renta per cápita, lo que es síntoma inequívoco de una economía acoplada. De esta forma, en el aumento de las emisiones a la atmósfera, el PIB influye más que cualquier otro parámetro.
- Las emisiones del transporte en todo el período de referencia han aumentado alrededor de un 90% y en este rango de crecimiento se han mantenido todas las comunidades. Los indicadores ligados al transporte mantienen un marcado carácter territorial, permitiendo diferenciar comunidades que cuentan con un territorio más extenso y con menor densidad de población y comunidades con mayor número de habitantes y más densamente pobladas.
- Las diferencias de comportamientos cuando nos referimos a las emisiones per cápita o por cada unidad de PIB vienen motivadas por la extensión y densidad de cada comunidad autónoma y por la organización jerárquica más o menos eficiente de sus servicios públicos. Comparando los indicadores ligados al transporte, emisiones del transporte en relación a la renta y emisiones del transporte en

relación a la población, se constata menor dependencia de las emisiones en relación a la población que en relación al PIB. Esto se explica porque las emisiones de CO₂ eq crecen a un ritmo similar a del PIB, síntoma de una economía acoplada. Al tiempo se constata que el aumento que se ha producido en emisiones procedentes del transporte, ha sido proporcionalmente mucho mayor en relación a la población que en relación al PIB, lo cual es un indicio de que en este período el PIB ha crecido más que la población. Los comportamientos que han seguido las diferentes comunidades autónomas en el sector transporte, en cuanto a emisiones por unidad de renta se refiere, son más parecidos entre sí que los registrados en emisiones per cápita, dado que cada región ha seguido su propia dinámica de crecimiento poblacional. Las emisiones procedentes del transporte han seguido creciendo en todas las comunidades autónomas, incluso en las regiones que han perdido población.

- Cuando se comparan las emisiones de CO₂ eq procedentes de la generación de energía en los países de nuestro entorno, se constata que Francia es el país con un mejor comportamiento, tanto en relación al PIB como en relación a la población. Este hecho es consecuencia de que aproximadamente tres cuartas partes de la energía que alimenta su sistema eléctrico es de origen nuclear. Por otro lado Alemania también presenta una tendencia decreciente en las emisiones de CO₂ eq^{energía}, tanto si se relacionan con PIB como con la población, mientras que en España estas tendencias son al alza.
- Analizando las emisiones generadas por el transporte se observa que España sigue un comportamiento de economía acoplada, en el que cada unidad de PIB se produce a costa de un incremento de emisiones. Sin embargo, Alemania y Francia siguen comportamientos más eficientes, ya que, proporcionalmente, aumentan más su PIB que sus emisiones. Esta tendencia se acentúa aún más en el caso de Alemania que incluso se ha posicionado en ventaja respecto a comunidades autónomas españolas de alta densidad de población y que cuentan con un buen transporte público en sus áreas metropolitanas.

6. REFERENCIAS

- Agencia Europea de Medio Ambiente. Disponible en www.eea.europa.eu/es. [último acceso el octubre de 2010].
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. 2009. Informe basado en el Sistema de Indicadores de Seguimiento del Transporte y su Impacto Ambiental. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.
- Comisión Europea para Asuntos Económicos y Financieros. Disponible en ec.europa.eu/economy_finance/ameco/user/serie/SelectSerie.cfm. [último acceso el octubre de 2010].
- Consorcio Regional de Transportes de Madrid. 1996 y 2004. Encuestas Domiciliarias de Movilidad. Consorcio Regional de Transportes de Madrid, Madrid.
- Fundación Movilidad. 2009. 2do Informe del Estado de la Movilidad de la Ciudad de Madrid, Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística. Disponible en www.ine.es. [último acceso el octubre de 2010].
- Ministerio de Medio Ambiente. 2010. Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2008, volúmenes 7 y 8. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Moselle B., Padilla J. y Schmalensse R. 2010. Electricidad verde: Energías renovables y sistema eléctrico, Marcial Pons Ediciones Jurídicas y Sociales S. A., Madrid.
- Red Eléctrica de España. 2009. Informe del Sistema Eléctrico Español en 2008. Red Eléctrica de España, Madrid.

BASF CC participó en el emisario submarino de Berria

En las Marismas, zona del litoral cantábrico, se ha desarrollado un proyecto de obra para recoger las aguas residuales producidas en los municipios afectados por el Plan de Saneamiento y una vez depuradas, enviarlas al mar a una distancia de la costa superior a 3 kilómetros



Donde finaliza el hinca, el emisario principal continúa con una tubería de

polietileno de diámetro 1.600 mm y longitud 2.720 m que descansa en una zanja hormigonada realizada en el lecho marino y cuando se abandona esta zanja se protege con escollera de peso entre 1 y 3 toneladas. Y es este hormigón submarino sobre el que descansa el emisario principal donde la división de aditivos de BASF Construction Chemicals ha participado. Este tipo de construcción es de gran dificultad técnica, debido a que el hormigón, sobre el que se tiende la tubería principal, tiene que presentar unas características muy particulares en cuanto a la resistencia y lavado inherentes al hecho de que no existe visibilidad del hormigón en el sitio, lo cual impide hacer un control efectivo que permita corregir los efectos que pudieran producirse. Esto unido al hecho que el hormigonado se produce desde una planta de hormigón colocada en una pontona nos obliga a seleccionar cuidadosamente los materiales.

Para confeccionar este hormigón submarino, se necesitan como características generales una alta fluidez y una consistencia muy cohesiva que aporte una enorme resistencia

al lavado. Para ello, se tiene que tener un número importante de finos, que viene dado tanto por el cemento, como por la arena. Para conseguir los efectos deseados, en esta obra se ha utilizado un aditivo **superplastificante** de nueva generación **GLENIUM® TC 1323** en una dosificación entre el 1,5 y el 1,8% s.p.c. como aditivo reductor de agua de alta actividad así como aditivo

cohesionante para evitar el lavado del hormigón. Para favorecer la capacidad de resistencia al lavado el **RHEOMAC® UW 450 E** que se presenta en líquido y fue finalmente el aditivo utilizado en una dosificación entre el 0,15 y el 1,5% s.p.c.

Para el cebado de la bomba, se utilizó el aditivo agente lubricante de mangueras: **MEYCO® LUBE 1**, se colocó la pelota de limpieza en el manguerón, se bombeó agua con **MEYCO® LUBE 1**, y cuando el agua con este producto desapareció de la tolva, se vertió el hormigón. Una vez lleno el tubo, se levantó unos 10 cm del fondo para permitir el escurrimiento del hormigón que lo llena, alimentando de manera constante, sin incorporación ni arrastre de aire y a nivel superior lo más constante posible. Siempre, el extremo inferior del tubo debe permanecer constantemente embebido en el hormigón depositado en el fondo hasta completar la cantidad prevista. A continuación, el tubo se desplaza a una nueva ubicación y se repite el proceso siempre y cuando no se haya podido desplazar con el manguerón embebido en el propio hormigón.