

Efectos sobre la movilidad de la dinámica territorial de Madrid

Andrés Monzón de Cáceres

Catedrático de Transportes en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Director del Observatorio de Movilidad Metropolitana en España. Responsable de un abundante número de proyectos europeos sobre estrategias de movilidad urbana sostenible.

Daniel de la Hoz Sánchez

Ha sido profesor titular de Transportes en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. En la actualidad trabaja como consultor internacional en modelización del transporte y desarrollo de planes de movilidad.

Palabras clave: Dinámica territorial / dispersión espacial / segregación residencial / desplazamientos / localización de actividades / relación centro-periferia / transporte privado / transporte público.

Keywords: Territory dynamics / spreading / housing segregation / displacements / location of activities / relation centre-periphery / private transportation / public transportation.

The shape of the city and its transportation network set the mobility guidelines for a region. After an analysis of the evolution of the region of Madrid, with regard to population and employment distribution, the conclusion is that the city centre is fast losing significance in favour of the metropolitan outskirts. The result is a decreasingly dense pattern of urban development with a growing decentralisation of activities towards the outskirts, not only concerning housing, but also shopping, office and leisure complexes. The urban territory has grown twice as fast as population, while density has decreased by 10%.

The consequence of this metropolitan dynamic is a trend towards less sustainable mobility conditions. The new location of activities make people more dependent on cars, which reduces the use of public transportation and motor-free means of transport. As a consequence, the average journey distance has grown significantly.

The concentric radius pattern of the region is turning into a poly-nuclear pattern with a growing complexity on

La forma urbana y las redes de transporte determinan las pautas de movilidad de una región. Tras analizar la evolución de la Comunidad de Madrid en términos de distribución de la población y el empleo, se concluye que hay un acelerado proceso de crecimiento con una pérdida de peso de la ciudad central frente a la periferia metropolitana. El resultado es un patrón de desarrollo urbano cada vez menos denso, con creciente deslocalización de actividades en la periferia metropolitana, no sólo de vivienda unifamiliar, sino también de "parques" comerciales, de oficinas y de ocio, que actúan como nuevos focos generadores de viajes. El suelo urbano ha crecido el doble que la población, mientras que la densidad ha disminuido un 10%.

La consecuencia de esta dinámica metropolitana es un cambio hacia pautas de movilidad menos sostenibles. Las nuevas localizaciones de actividades son más dependientes del automóvil, en detrimento del transporte público y los modos no motorizados. En consecuencia ha aumentado la motorización, se ha reducido el uso del transporte público y ha aumentado la distancia media de viaje de modo significativo.

El modelo radio concéntrico de la región está transformándose un uno de tipo polinuclear, con una creciente complejidad de la organización de los viajes, lo que dificulta su realización en transporte público. En la movilidad transversal el coche resulta mucho más eficiente en tiempo y distancia, lo que compensa su mayor coste, y está aumentando su uso.

Como consecuencia, podemos decir que se está produciendo una desestructuración del modelo de movilidad de la Región de Madrid. El objetivo de una movilidad sostenible solo podrá alcanzarse, por tanto, mediante una acción coordinada de la oferta de transportes y las políticas de desarrollo urbano. No se pueden planificar disociadamente la ciudad y sus canales de transporte, pues ambos interactúan íntimamente. Si queremos lograr una movilidad no dependiente del coche, hay que comenzar por que los desarrollos urbanos tampoco lo sean.

En palabras de Cervero, hay que enfocar el crecimiento urbano desde la óptica de las "tres D": densidad, diseño y diversidad. Es decir, los nuevos desarrollos deben tener como objetivo la densificación y mezcla de actividades, así como ser realizaciones con un diseño atractivo y con calidad de vida.

1. INTRODUCCIÓN

Las morfologías urbanas están sufriendo en las últimas décadas cambios significativos. Estructuras básicamente monocéntricas están siendo sustituidas por formas policéntricas, fruto de un proceso de suburbanización extensiva. Esta estructura de ciudad polinuclear está cambiando las pautas de movilidad (Gordon et al., 1986; MacDonald y Phrater, 1994; Small y Song, 1992, Clark, 1994, Cervero, 1997b). En general, se puede constatar que el proceso de dispersión metropolitana ha conducido a un aumento de la movilidad en distancias medias recorridas (Cervero, 1996, Massot y Roy, 2004). El proceso expansivo genera relaciones mucho más dispersas, fragmentadas y descentralizadas. En gran medida, este cambio viene acompañado por una mayor dependencia del coche, por el aumento de distancias y por la dificultad de que el transporte público sea competitivo en zonas de baja densidad (Monzón

the organisation of journeys, which translates into a difficulty in the use of public transportation. On cross mobility, a car is much more efficient in terms of time and distance, which compensates for its higher costs. Its use is therefore currently growing.

As a consequence, we can say that a deconstruction of the mobility model of the region of Madrid is taking place. Therefore, the aim of a sustainable mobility will only be achieved by means of a coordinated action of the transport offer and the policies of urban development. A city and its transportation channels cannot be planned separately, since both interact closely. If we want to achieve mobility independent of cars, we must start with urban development not needing them either.

In words of Cervero, one must approach urban growth from the aspect of the 3 D's: density, design and diversity. That is to say, the new developments must have the goal of density and a blending of activities, as well as attractive design providing a high quality of life.

y De la Hoz, 2006). Por estas razones, existe un interés creciente en conocer las relaciones entre estructura urbana y pautas de movilidad (Giulano y Small, 1993; Cervero, 1995, Handy, 1996), puesto que el éxito de las políticas de movilidad sostenible depende, en gran medida, de la organización territorial de cada región.

La relación entre policentrismo y movilidad ha sido analizada por diferentes autores; Van der Laan (1998) establece tres consecuencias: en primer lugar, un trasvase de viajes desde las zonas centrales a las periféricas, es decir, las áreas suburbanas atraen muchos más desplazamientos, incluidos aquellos que se realizan desde el distrito central o centro urbano. La segunda, que genera una segregación en el nivel de relaciones y su movilidad asociada; la movilidad en el centro corresponde a personas que residen en el centro y la periurbana para aquellas que residen en la periferia. Y en tercer lugar, una movilidad interconectada entre el centro y la periferia. El hecho es que la dispersión urbana genera cambios en la posibilidad de interacción y, por tanto, de las distancias resultantes de movilidad en cada región.

Además de la dispersión de actividades, en la movilidad generada influyen otros factores socio-económicos, por lo que resulta complejo asociar directamente estructuras urbanas y pautas de movilidad. En todo caso, lo que parece claro es que la dispersión urbana de población y empleo conduce a escenarios potenciales de distancias recorridas mayores, lo que conlleva una mayor dependencia de los modos motorizados, y sobre todo del coche.

Otro aspecto, que depende de la estructura y que condiciona la utilización de los modos de transporte, es la proliferación de zonas residenciales de baja densidad y de desarrollos con funciones típicamente de periferia urbana, como los *parques* comerciales, empresariales, industriales, etc. En la mayor parte de los casos se diseñan con poca integración de usos, produciendo desarrollos fragmentados de espacios diferenciados (*zoning* o zonificación).

El elemento clave para que el transporte público, la bicicleta y el caminar sean una opción competitiva es una razonablemente alta densidad demográfica, lo que facilita la concentración flujos y la reducción de distancias, como se manifiesta muy claramente en los datos del Observatorio de la Movilidad Metropolitana en España (Monzón y otros, 2008).

El objetivo de este trabajo es analizar la evolución de la región de Madrid, focalizando el análisis en los cambios espaciales de los flujos de movilidad asociados al fenómeno de la dispersión urbana. De este modo pretendemos visualizar los cambios de la región, en la relación transporte-desarrollo territorial, desde una óptica de sostenibilidad.

2. ESTRUCTURA TERRITORIAL DE MADRID. VARIABLES EXPLICATIVAS DE LA MOVILIDAD

Para entender los análisis posteriores hemos de referirnos a la estructura territorial de la Comunidad de Madrid, donde se diferencian hasta cuatro coronas de estructura diferenciada (ver figura 1): almendra central, periferia municipal, corona metropolitana y corona regional. Estas cuatro coronas están, a su vez, divididas radialmente en ocho sectores, en torno a cada una de las autopistas radiales que salen del centro de la ciudad hacia su periferia.

2.1. Distribución de población como variable generadora de movilidad

Madrid es un ejemplo paradigmático de un intenso y progresivo proceso de crecimiento y dispersión territorial, fenómeno conocido como *urban sprawl*. En cincuenta años Madrid ha pasado de ser una ciudad mononuclear a convertirse en una metrópoli de tipo polinuclear. La corona metropolitana de Madrid constituye un espacio de límites que se agrandan, que adquiere un peso creciente frente al municipio central: la población del municipio de Madrid se multiplicó por 1,9 en la segunda mitad del siglo pasado, mientras que la de la corona metropolitana lo hizo por 26,1. La evolución reciente se refleja en la figura 2, donde se observa la pérdida de peso demográfico del municipio de Madrid, pasando del 65% en 1985 al 52% en 2006 en el conjunto de la región.

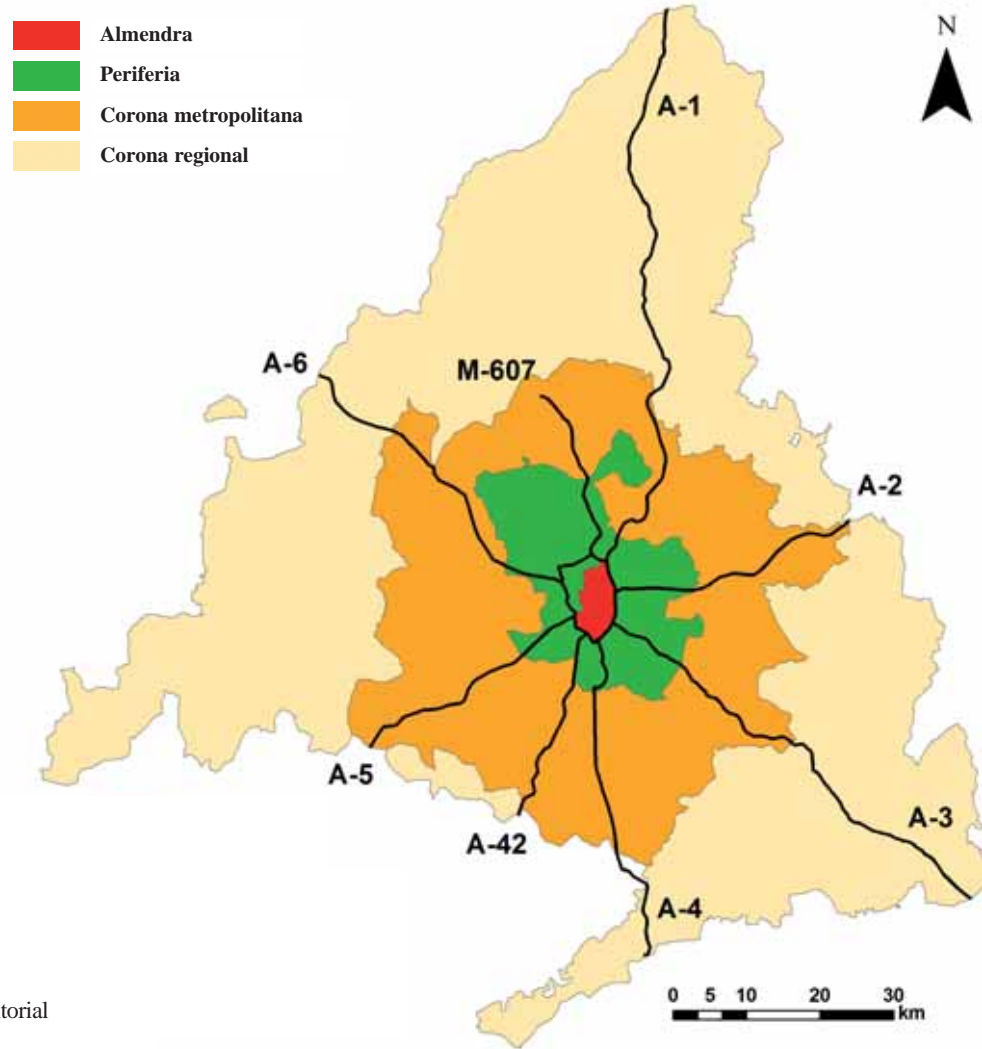
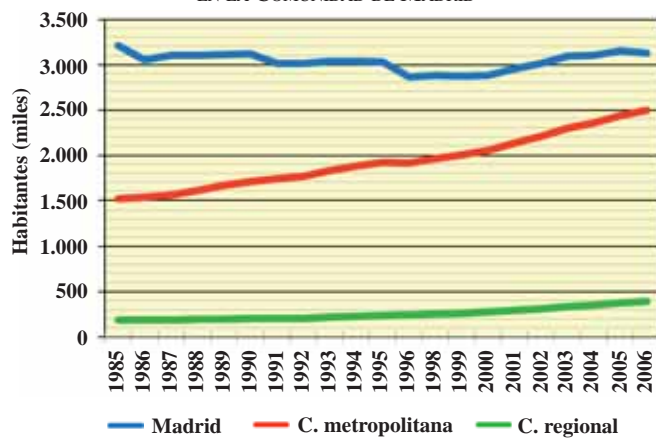


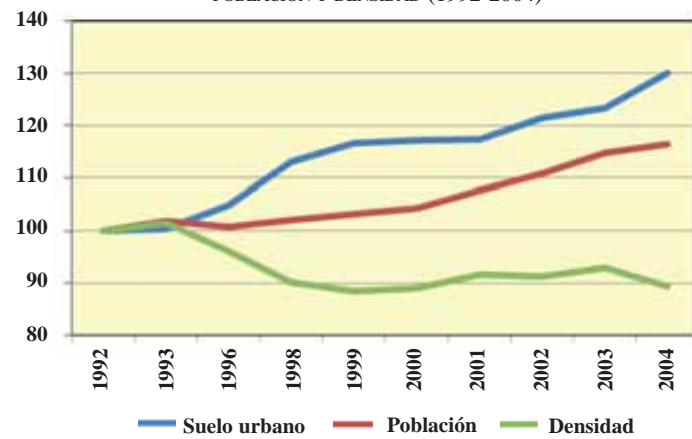
Figura 1: Estructura territorial de la Región de Madrid.

Figura 2: EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN LA COMUNIDAD DE MADRID



Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid.

Figura 3: EVOLUCIÓN DEL SUELO URBANIZADO, POBLACIÓN Y DENSIDAD (1992-2004)



Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid.

Pero no solamente hay que considerar el crecimiento demográfico, sino la densidad de los nuevos desarrollos urbanos. La nueva periferia metropolitana de Madrid se caracteriza por densidades residenciales más bajas, asociadas a viviendas en edificaciones unifamiliares o en complejos residenciales de poca altura con equipamientos intersticiales, que da como resultado

El acelerado proceso de dispersión demográfica y de actividades en la Comunidad de Madrid está desequilibrando su estructura territorial y, consecuentemente, las pautas de movilidad y el ámbito geográfico de los desplazamientos.

un paisaje urbano fragmentado y disperso. La evolución de la estructura urbana de la Comunidad de Madrid se recoge en la figura 3, donde se observa el crecimiento sufrido por la población y el suelo urbano desde 1992. Se puede apreciar cómo el suelo destinado a uso urbano ha crecido mucho más que la población. El resultado ha sido un descenso de la densidad media.

Aunque no es una medida exacta del suelo urbanizado o urbano, como medida indicativa de las diferencias entre coronas pueden servir los datos de la tabla 1, que indican cómo se reduce la densidad media a medida que nos alejamos de las zonas centrales. Estas diferencias en la concentración de población obliga a la realización de viajes más largos y con mayor dependencia del coche, como se verá más adelante.

TABLA 1. DENSIDAD DEMOGRÁFICA POR CORONAS EN LA REGIÓN DE MADRID

		HABITANTES 2006	SUPERFICIE (KM ²)	DENSIDAD HAB./ KM ²
Madrid	Almendra	996.595	42	23.728
Ciudad	Periferia	2.132.005	564	3.780
	Corona metropolitana	2.491.248	2.281	1.092
	Corona regional	388.276	5.141	76
Total		6.008.124	8.028	748

TABLA 2. EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL EMPLEO EN LA REGIÓN DE MADRID

	Puesto de trabajo 1998	Puesto de trabajo 2004
Madrid	1.441.530	1.802.729
Resto de la Comunidad	774.178	1.652.504
Total Comunidad	2.215.708	3.455.233

2.2. Distribución del empleo y sus efectos sobre la movilidad al trabajo

En paralelo con la dispersión en la residencia, se ha producido una descentralización de equipamientos y empresas, que si bien tienden a compensar un déficit de la periferia, también pueden contribuir a la fragmentación del espacio y a un aumento de la movilidad, pues las localizaciones de residencia y empleo distan mucho de ser coincidentes, como sería deseable (Valdés, Monzón y Xue, 2008).

En 2004, la Comunidad de Madrid disponía de 3.455.233 puestos de trabajo, casi un 56% más que en 1998. El 52,2% de estos puestos de trabajo se localizan en el municipio de Madrid, cuando en el año 1998 esta tasa era del 65,1%. Se reproduce, por tanto, la pauta seguida por la estructura poblacional de pérdida de peso del centro a favor de la periferia. Entre 1998 y 2004, el peso del municipio de Madrid en cuanto a captación de la actividad productiva descendió casi 13 puntos.

La distribución de la evolución del empleo entre coronas, recogida en la figura 4, es claramente significativa del proceso de deslocalización del empleo, que busca suelo más barato y evitar las deseconomías de aglomeración.

Este hecho no hace sino modificar la estructura territorial, pues la localización de actividades generadoras de viajes sigue una tendencia de dispersión. La consecuencia es, nuevamente, un cambio en las pautas de movilidad hacia una mayor dependencia del coche y una necesidad de realizar viajes más largos.

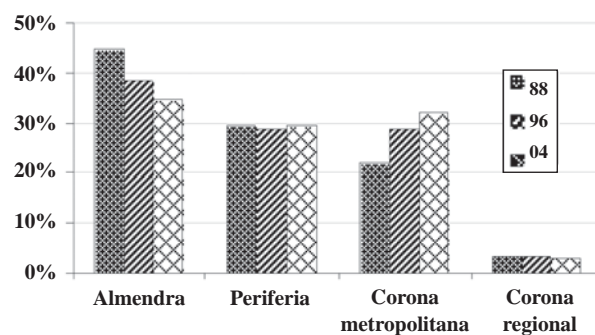


Figura 4: Distribución de empleos en la Comunidad de Madrid.
Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid.

2.3. Tipo de edificación y movilidad asociada al coche

El tipo de urbanización –densidad, tipología de vivienda– repercute directamente sobre el nivel de motorización y la dependencia del coche para la movilidad cotidiana. La motorización y la densidad de actividades están inversamente correlacionadas. La decisión del tipo de vivienda y su localización están asociadas en gran medida al tipo de movilidad o la disponibilidad de coche. Los hogares ubicados en edificios de baja densidad (edificios inferiores a tres plantas sobre superficie) presentan tasas relativas de disponibilidad de vehículos mucho más elevadas que las existentes en edificios en altura (de tres o más plantas sobre superficie), como puede comprobarse en la figura 5.

Figura 5: Motorización y tipología de urbanización.
Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid.

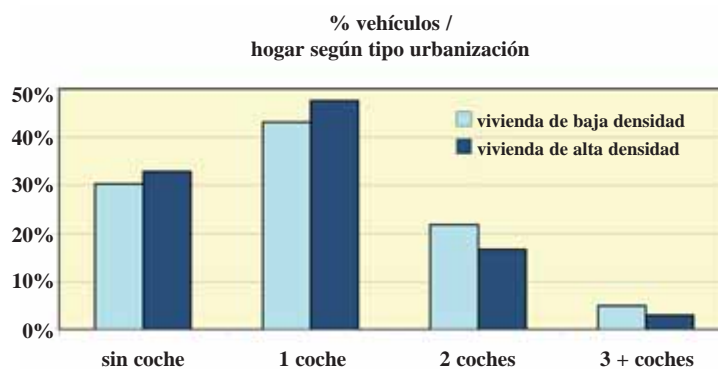
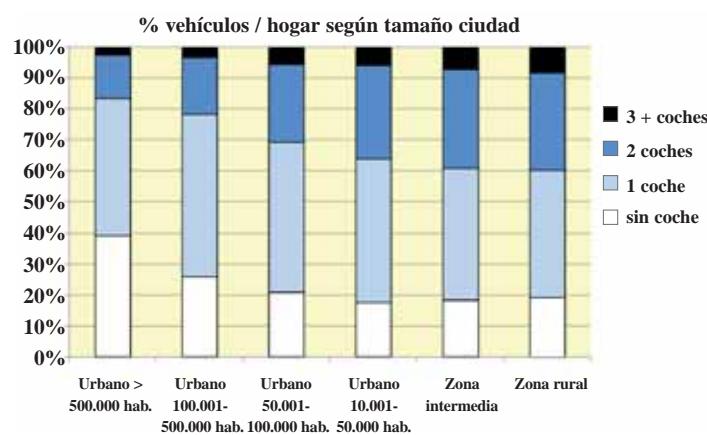


Figura 6: Motorización y tamaño de ciudad.
Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid.



Por otra parte, el efecto de *urban sprawl* produce una mayor dependencia del vehículo privado. La consecuencia es que en las ciudades mayores, con una oferta competitiva de transporte público y mayor concentración de actividades, el nivel de motorización baja. El análisis de correlación entre el tamaño de ciudad y el nivel de motorización en la Comunidad de Madrid, recogido en la figura 6 es claramente expresivo en este sentido.

En los municipios pequeños y en las zonas rurales es donde se dan los mayores niveles de motorización, mientras que los hogares con menos coches se localizan en los centros urbanos de ciudades grandes, que cuentan con buena oferta de transporte público.

La estructura demográfica de la región y el tipo y tamaño de hogar es, por tanto, un factor importante que condiciona la movilidad. Los cambios en la pirámide poblacional y la estructura territorial serán determinantes de una mayor dependencia del coche en la movilidad cotidiana.

3. ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN MODAL

La demanda de movilidad en la Comunidad de Madrid crece de forma continua. El número de desplazamientos en día laborable, según la última encuesta de movilidad de Madrid de 2004 (EDM04, CRTM 2006) alcanza los 14,5 millones de viajes, lo que representa un incremento de un 38,6% con respecto a la anterior encuesta de 1996 (EDM96, CRTM 1998).

Viajes realizados entre coronas. Madrid-EDM04
Viajes totales en ambos sentidos

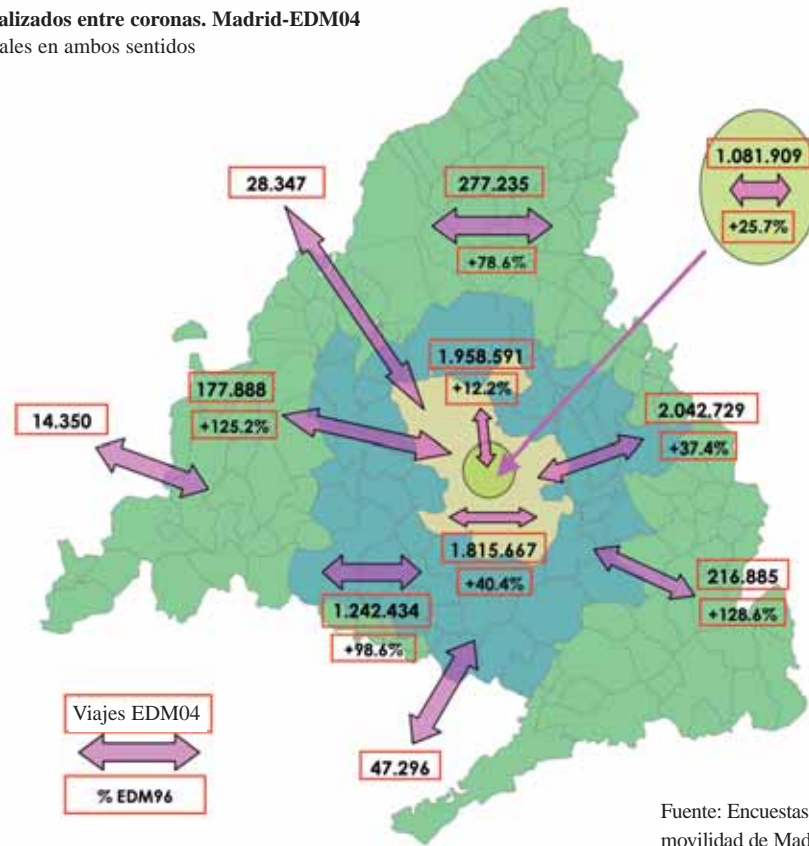


Figura 7: Crecimiento de la movilidad por relaciones en la Comunidad de Madrid.

Un factor explicativo de este incremento de la movilidad es el aumento de población, pero no es el único factor. Por ejemplo, la movilidad diaria por persona ha crecido significativamente: de 2,16 viajes por persona en 1996, a 2,6 en 2004. Esto indica la creciente importancia del sistema de transporte para atender las mayores demandas de movilidad en nuestra sociedad. Al mismo tiempo, supone un reto para los planificadores del transporte, para mantener las cuotas del transporte público en un escenario de dispersión, como se ha señalado anteriormente.

En cuanto al reparto modal, entre 1996 y 2004 se ha producido una pérdida global de cuota del transporte público hacia el transporte privado. La distribución modal de la movilidad en términos de reparto público privado ofrece una clara pauta de variación espacial, según la cual la importancia del transporte público crece claramente en las zonas centrales y la del vehículo privado en las exteriores.

Desde el punto de vista espacial, históricamente los desplazamientos realizados diariamente en el ámbito metropolitano de Madrid tenían una alta componente gravitatoria hacia la Almendra central. Progresivamente, los patrones de movilidad han ido cambiando, con creciente importancia de los movimientos periféricos, e incluso centro-periferia.

Así, y tomando como referencia las encuestas domiciliarias de 1996 y 2004 (CRTM 1998; CRTM 2006), se puede apreciar que:

En las zonas con alta densidad, el transporte público mantiene y mejora su porcentaje de demanda, mientras que en las zonas periféricas, de baja densidad, el viaje en automóvil es cada vez más dominante.

- Los viajes interiores al municipio de Madrid pierden peso en el conjunto: del 57,1% al 48,57% del total entre 1996 y 2004.
- Los viajes radiales –corona metropolitana-almendra y corona metropolitana-periferia urbana– crecen, pero en menor medida que el resto, con lo que experimentan un ligero retroceso en términos relativos.
- Finalmente, los viajes con origen o destino fuera del municipio de Madrid son los que más crecen. En especial, crecen los viajes internos a la corona metropolitana, al pasar de un 17,2% a un 23,4%.

Viajes realizados entre coronas. Madrid-EDM04
Por modo de transporte prioritario en ambos sentidos

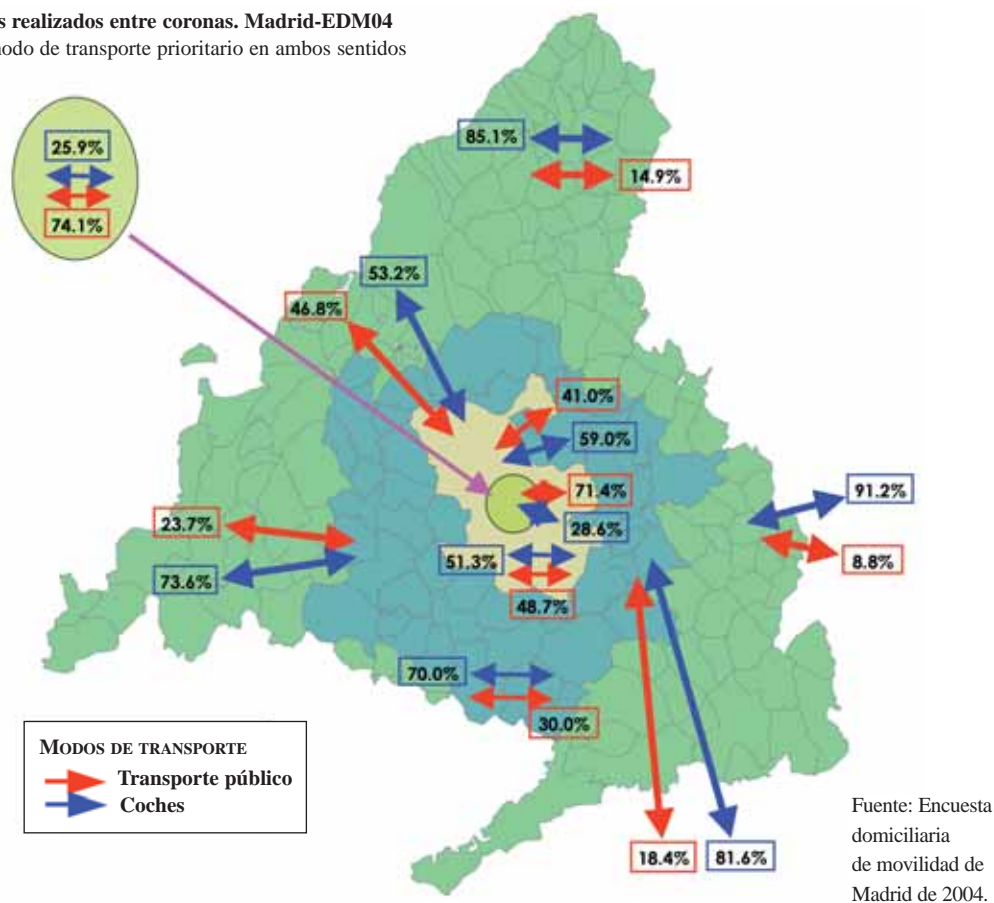


Figura 8: Distribución modal en 2004 en la Comunidad de Madrid.

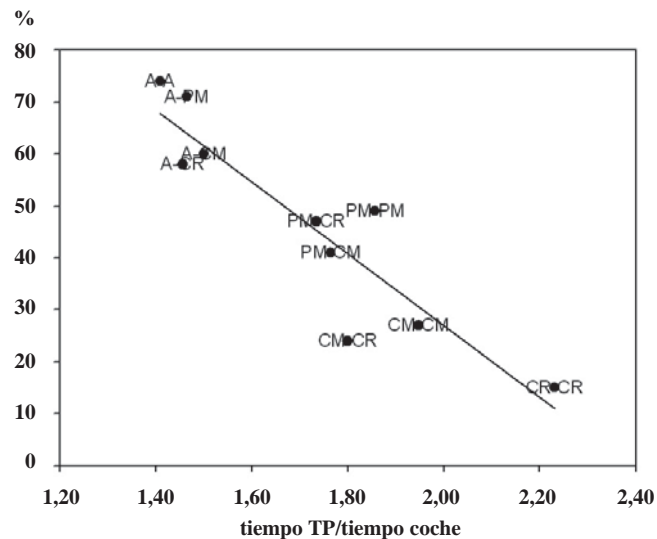
Esta situación pone de manifiesto un cambio significativo en el período 1996-2004; la corona metropolitana ha crecido en importancia, como fruto del proceso de dispersión de actividades. Esto tiene importantes efectos sobre el reparto modal y la eficiencia del sistema, dado que los mayores crecimientos se producen precisamente en aquellas relaciones en las que el coche es el modo dominante.

Este desplazamiento territorial de la población aumenta las necesidades de movilidad (por el aumento de las distancias) y sitúa al transporte público en peores condiciones de competencia relativa con respecto al vehículo privado (por las menores densidades de población), condicionando de manera grave el equilibrio modal de las pautas de movilidad en la región de Madrid.

La figura 8 es muy expresiva de los cambios en la movilidad por ámbitos territoriales y de los cambios en la atracción de viajes del transporte público. Por un lado, deja claro que, en zonas de alta densidad, el transporte público mantiene comportamientos muy competitivos; por el contrario, en las coronas exteriores, más dispersas, la dominancia es del automóvil. Por otro lado, hay una gran diferencia entre los movimientos radiales y los transversales; aquellos tienen más y mejores servicios de transporte público, precisamente por su carácter concentrado, lo que no sucede en la movilidad periferia-periferia, donde no puede competir con el coche.

Podemos resumir estas reflexiones y análisis de datos con la comparación del uso del transporte público entre coronas, tal y como recoge la figura 9. Puede verse que el coche gana cuota de mercado en todos los ámbitos, salvo en la almendra central, donde la buena oferta de transporte público, las menores distancias medias y la congestión hacen que los modos públicos mejoren su cuota de mercado, que era ya la más elevada en Europa.

Figura 9: Uso del transporte público según diferencia en tiempos de viaje con el coche-EDM'04.



La movilidad en zonas suburbanas provoca una mayor complejidad de las redes de flujos de viajeros, en las que el vehículo privado es el modo dominante, lo que reduce la cuota del transporte público y aumenta las distancias medias diarias de desplazamiento. En definitiva, un escenario claramente alejado de óptimo, tanto en términos económicos como de sostenibilidad.

Los desplazamientos de tipo transversal han crecido un 80%, mientras que los radiales lo han hecho en un 56%, y los interiores a los municipios sólo un 26%. Como el mayor crecimiento se ha dado donde hay menos oferta de transporte público, hay cada vez más viajes en coche, aumentando las externalidades: contaminación, accidentes...

4. MOVILIDAD RADIAL Y TRANSVERSAL: ANÁLISIS COMPARATIVO

Hemos constatado cómo la estructura territorial y las políticas de localización concentrada o dispersa de actividades condicionan la dependencia respecto a diferentes modos de transporte. Esta evidencia en el caso de Madrid no hace sino confirmar lo que la literatura científica viene anunciando desde hace tiempo, que hay una íntima relación entre la distribución de usos del suelo y los patrones de movilidad (May, et al, 2006). En otras palabras, de poco sirve mejorar las prestaciones y calidad de los servicios públicos de transporte y si no se las acompaña de una política de desarrollo de suelo coherente, que busque los mismos objetivos.

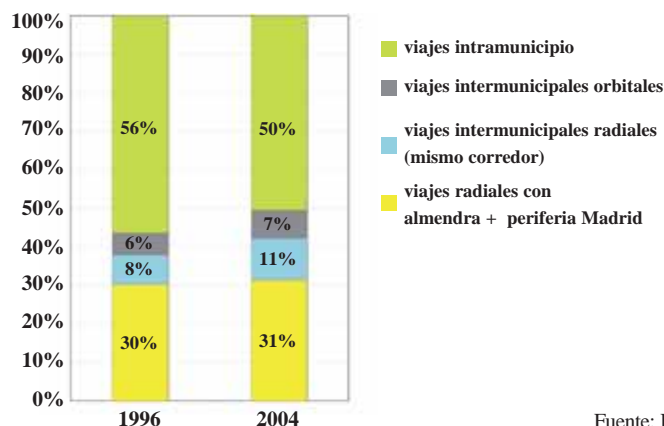
Los datos proporcionados por las dos últimas *Encuestas domiciliarias de movilidad de la Comunidad de Madrid* (EDM96 y EDM04) permiten afirmar que hay una fuerte evolución hacia un modelo menos autosubsistente en términos de movilidad. Como muestra la tabla 3, la movilidad intramunicipal ha aumentado a un ritmo del 2,9% anual, mientras que la intermunicipal ha crecido al 7,6% anual para los desplazamientos transversales y un 9% para los radiales dentro del mismo corredor. Los desplazamientos con origen o destino en el municipio de Madrid han aumentado el 4,9% anual. Esto quiere decir que Madrid pierde peso relativo como polo generador de viajes en relación con la corona metropolitana. En otras palabras, el cambio de estructura territorial (de monocéntrica a polinuclear) induce una más complicada araña de movimientos entre múltiples municipios, lo que alivia, en cierto modo, la presión sobre el uso intensivo del suelo en la ciudad central, pero produce una clara presión sobre las redes de transporte y genera impactos ambientales considerables.

TABLA 3. CRECIMIENTO DE LOS DESPLAZAMIENTOS PERIFÉRICOS

	Viajes 96	Viajes 04	Crecimiento
Intracorredor-radial	389.277	774.323	99%
Radial-Madrid	1.534.180	2.233.696	46%
Orbital intercorredor	569.780	1.026.681	80%
Intramunicipal	2.860.735	3.591.975	26%
	5.353.972	7.626.676	42%

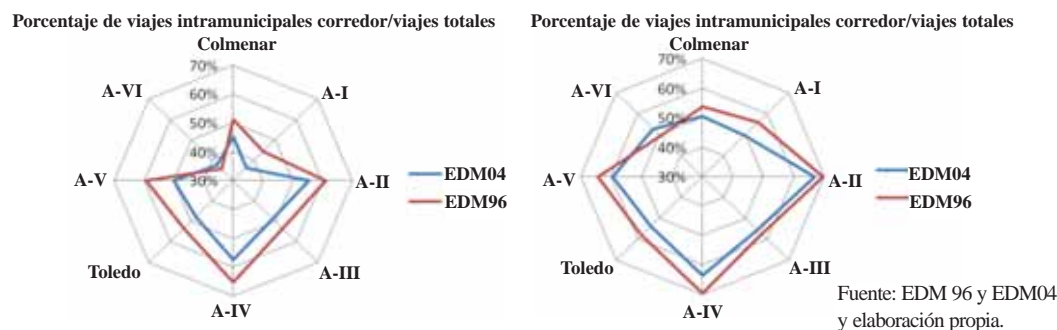
Fuente: EDM04 y EDM96.

Figura 10: Evolución porcentual de viajes intramunicipales frente a intermunicipales.



Fuente: EDM04 y EDM96.

Figura 11: Ratios de movilidad (intracorredor e intramunicipal) frente a movilidad total de cada corredor.



El resultado es que el viaje de proximidad (interno al municipio) se ha reducido en un 6%, mientras que crecen en la misma medida los de relación entre municipios diferentes. Sin embargo, es buena noticia comprobar que el peso de los viajes a lo largo de los corredores radiales es aún mayor que el de los movimientos de tipo transversal, donde el transporte público es menos competitivo.

Es importante monitorizar la evolución de estos ratios de interdependencia municipal que se están generando en la Comunidad de Madrid. Los responsables de la planificación del desarrollo urbano pueden actuar muy positivamente mediante los planes de ordenación urbana y con la adecuada localización de los grandes centros generadores de viajes: centros comerciales, hospitales, universidades, etc.

Este análisis debe hacerse pormenorizadamente para cada corredor pues, como ponen de manifiesto las figuras siguientes, tienen niveles de autocontención muy diferentes.

La figura 11 nos da una visión más precisa la situación y cómo ha evolucionado por corredores la proporción de los viajes más favorables al uso del transporte público. Los corredores del norte son los que tienen un menor ratio de autocontención, mientras que los del sur y este presentan ratios de movilidad interna mayores. Son particularmente malos los ratios de los corredores de las radiales A-I y A-VI, donde no se llega al 50% de viajes internos por todos los motivos, ni al 60% de los viajes dentro del corredor; afortunadamente la A-VI ha mejorado su situación entre las dos últimas encuestas.

5. EFECTO DE LA ESTRUCTURA TERRITORIAL SOBRE LAS DISTANCIAS MEDIAS Y TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO

5.1. Análisis de la distancia de viaje por motivo y corredores

Como puede apreciarse con los datos de la tabla 4, el primer efecto de los cambios en la movilidad analizados es el crecimiento de las distancias medias de desplazamiento. Vemos

también que hay una clara relación entre los niveles de movilidad intramunicipal e intracorredor y la longitud de los viajes. En los corredores con mayor equilibrio territorial entre población y empleo se produce una movilidad de proximidad más intensa, frente a los corredores menos equilibrados, cuya necesidad de desplazamiento es mayor.

Hay, por otra parte, diferencias importantes, entre la movilidad obligada (trabajo, estudios) y la movilidad no obligada (compras, ocio, visitas, etc.). En este caso, se puede decir los motivos obligados *obligan* –valga la redundancia– a realizar viajes más largos, mientras que donde hay posible elección, el ciudadano elige destinos más próximos. Esto es una buena noticia: los ciudadanos no viajan por viajar, sino que hacen viajes más largos sólo cuando se ven obligados a ello.

TABLA 4. DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO EN LOS DIFERENTES CORREDORES

Distancia media (km)

Corredor	Movilidad total			Movilidad obligada			Movilidad no obligada		
	EDM96	EDM04	% DIF	EDM96	EDM04	% DIF	EDM96	EDM04	% DIF
A-I	9,0	11,5	27%	10,6	13,8	31%	6,2	8,4	37%
A-II	6,9	8,3	20%	8,3	11,0	32%	3,9	5,1	29%
A-III	9,2	10,1	10%	10,6	12,3	16%	6,0	7,1	19%
A-IV	6,6	8,8	33%	7,4	11,7	58%	4,7	5,4	15%
A-V	6,2	8,3	35%	7,7	10,9	42%	3,9	5,2	53%
A-VI	12,2	12,3	1%	13,3	15,0	13%	9,4	8,7	-8%
Colmenar	10,4	12,4	18%	13,3	16,4	22%	5,0	7,3	46%
Toledo	6,1	7,3	19%	7,8	9,7	24%	3,3	4,2	27%
Mun. Madrid	7,0	7,3	5%	8,4	9,0	8%	4,8	5,5	14%
Com. Madrid	7,3	8,2	13%	8,7	10,3	18%	4,7	5,7	21%

Fuente: Encuestas domiciliarias de movilidad y elaboración propia.

Aunque no es objeto de este artículo, los impactos ambientales y energéticos del transporte se hallan ligados al número de vehículos/km. En este sentido, estamos en un escenario claramente negativo, pues está aumentando el número de viajes por persona y la longitud media de los mismos. En consecuencia, las externalidades negativas crecen doblemente en el proceso de dispersión territorial experimentado por la Comunidad de Madrid.

Frente a un crecimiento generalizado de las distancias medidas en casi todos los corredores, hay que señalar, por positivo, el cambio de tendencia del corredor de la A-VI, que, siendo históricamente el que peores pautas de movilidad ha tenido y sigue teniendo, experimente un crecimiento muy moderado, principalmente debido la consolidación de actividades de proximidad en sus desplazamientos no recurrentes.

5.2. El tiempo de viaje y la distribución modal

Pero la decisión modal no se toma generalmente en función de distancias, sino de los tiempos de viaje entre las diversas alternativas de transporte. La fuerte relación entre transporte y territorio, entre movilidad y localización, viene condicionada por el tiempo total disponible dedicado a viajar. Varios investigadores han llegado a proponer que el “presupuesto de tiempo de viaje diario” es una constante universal (Zahavi,1974; Zahavi, 1980). Este principio permite afirmar que si el tiempo dedicado a viajar es constante, la distribución modal vendrá determinada por la posibilidad de acudir a los diversos destinos dentro de esos límites temporales. Por ello, si la velocidad diferencial entre vehículo privado y transporte público es grande, éste no será una alternativa aceptable. Del mismo modo, los viajes en coche se alargarán si aumentan su velocidad: mejores carreteras y accesibilidad en los cascos urbanos.

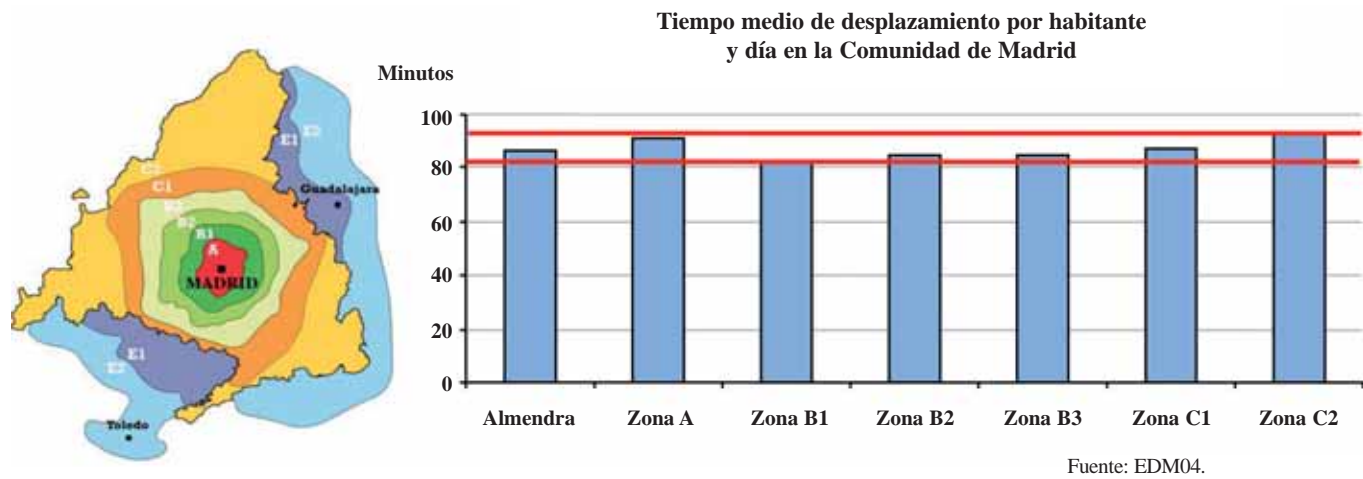


Figura 12: Tiempo de viaje medio diario por persona por zonas en la CM.

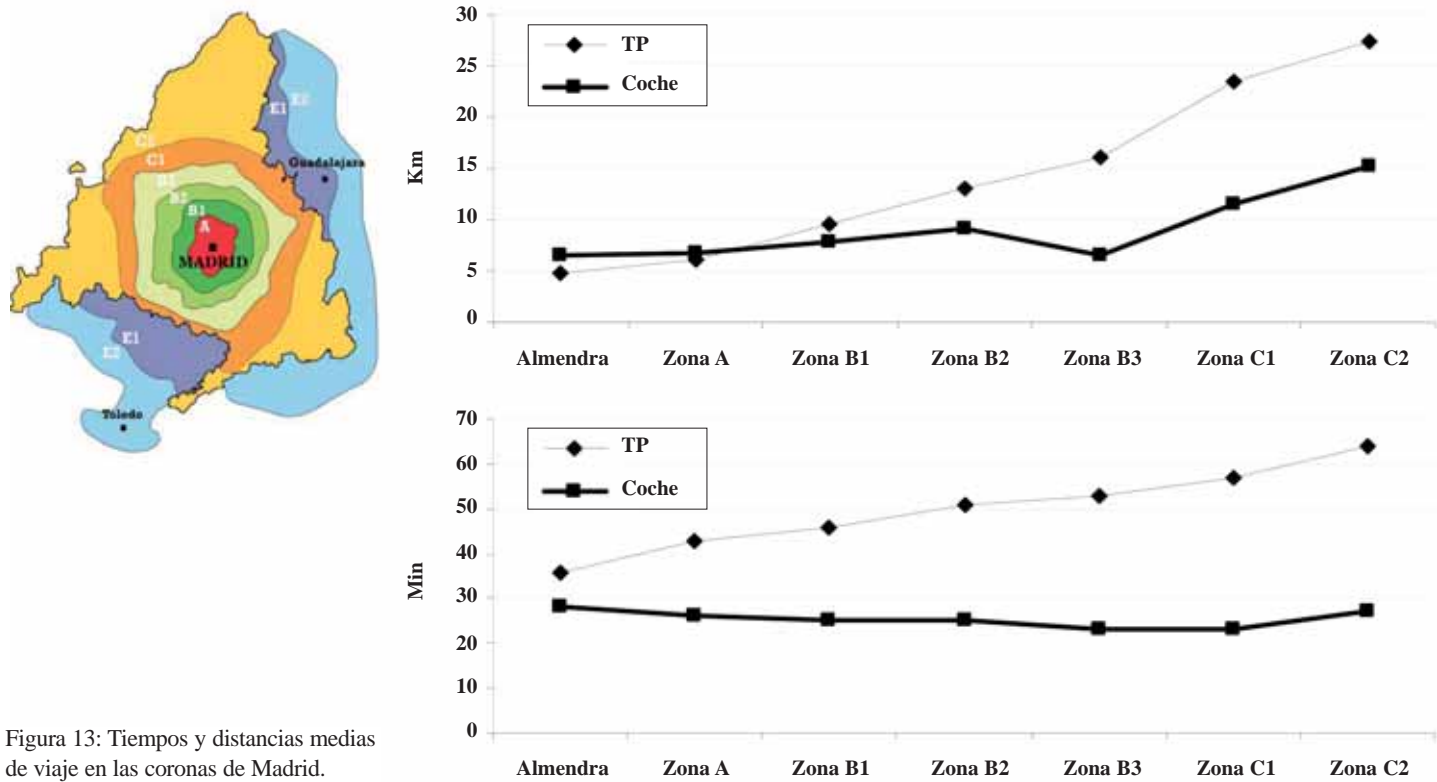


Figura 13: Tiempos y distancias medias de viaje en las coronas de Madrid.

Como puede verse por la figura 12, la situación de la Comunidad de Madrid confirma el principio de Zahavi, pues existe una considerable homogeneidad entre los tiempos medios de desplazamiento diarios que cada habitante dedica independientemente de dónde resida, ya sea en el centro o en la periferia.

Bajo esta evidencia empírica, se podría decir que el equilibrio entre la demanda de transporte y el sistema u oferta, con los condicionantes impuestos por la estructura urbana, quedará definido por las posibilidades que el presupuesto de tiempo y monetario otorgue a los ciudadanos para satisfacer sus necesidades, lo cual tiene un efecto directo sobre las distancias y modos de viaje.

Para que el crecimiento de las metrópolis sea ordenado debe seguir el principio de las “tres D”: densidad, diversidad y diseño.

En la tabla 4 se veía el aumento de las distancias medias recorridas, pero también es importante considerar las diferencias entre los viajes en transporte público y automóvil. Esas diferencias deben analizarse también en tiempo. Según la EDM04, en la cual se presentan distancias a vuelo de pájaro, frente a las distancias en red recogidas en la tabla 4, las distancias medias varían desde 3,8 km en la almendra hasta 14,4 km en la corona C2. Según expresa la figura 13, se puede comprobar que el transporte público compite bien en distancias en las coronas centrales. Por el contrario, a partir de la B2 el viaje en coche tiene mejores condiciones, pues hace el viaje puerta a puerta y sus recorridos son de hasta la mitad de los correspondientes al transporte público, que tiene que hacer varias etapas para comunicar origen-destino, según se aleja del núcleo central. Estas diferencias son aún más acusadas en términos de tiempo, porque la velocidad media de circulación del automóvil es siempre superior a la del viaje alternativo en transporte público, y estas diferencias crecen según se alejan de la almendra central. La velocidad media de los viajes en automóvil va de los 15 km/hora en la almendra hasta los 35 km/h en la periferia. Por contraste, en los viajes en transporte público la velocidad en el centro es de unos 8 km/h y en el exterior alcanza los 25 km/hora.

Tanto en el sistema de transporte público como del automóvil se puede establecer una correlación entre la velocidad de acceso al destino y la distancia recorrida. A mayor velocidad, los ciudadanos recorren mayores distancias en su movilidad diaria, pues el presupuesto temporal es constante. La principal conclusión que puede extraerse de esta relación es que el tiempo ahorrado derivado de una mayor velocidad induce, bajo el mismo presupuesto de viaje, desplazamientos a mayores distancias, lo cual permite a los ciudadanos distanciar sus lugares de residencia de sus destinos, por ejemplo, sus lugares de trabajo.

6. DESESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE MOVILIDAD DE MADRID

La Comunidad de Madrid está experimentando un importante proceso de crecimiento, que está exigiendo un uso cada vez más intensivo de su territorio. Esto está teniendo impactos significativos sobre la movilidad regional y conduce hacia un mayor uso del automóvil y un aumento de las distancias recorridas por persona. Todo ello configura un escenario poco sostenible. Este proceso se debe no sólo al crecimiento económico y al cambio de estilo de vida, sino que viene fuertemente condicionado por un cambio en la estructura territorial, en definitiva, en un cambio profundo en el binomio transporte-territorio, que explica el incremento acelerado de la movilidad.

Este hecho hace que el objetivo de la movilidad sostenible no pueda alcanzarse únicamente desde una política de transportes eficaz, sino desde un enfoque más integral, buscando nuevos modelos de desarrollo territorial basados en la mejora de la accesibilidad de proximidad.

Es evidente que el crecimiento de Madrid pasa por el de su corona metropolitana y regional, pero el cómo se oriente este desarrollo exige una coordinación territorial; la movilidad no entiende de fronteras administrativas. El modelo de crecimiento debería orientarse hacia la concentración, buscando una movilidad de proximidad basada en el uso del transporte público, y facilitando los viajes a pie y bicicleta. Evidentemente, esto no es posible si no existe una regulación del mercado del suelo y la vivienda coherente con los objetivos de movilidad. Esto no es nada nuevo en el debate de los planificadores urbanos. Cervero (1997) sostiene que el crecimiento de las metrópolis debe regirse por el prisma de las “tres D”: *densidad, diversidad, diseño*. Por su parte, Dupuy (1997) defiende la necesidad de buscar desarrollos compactos, que faciliten la movilidad peatonal y el transporte público, con la suficiente densidad para asegurar un servicio eficaz, situando al peatón/no motorizado como el centro de las estrategias de desarrollo.

Pero las políticas de desarrollo urbanístico por sí solas no resuelven el problema, las políticas de transporte (redes y servicios) condicionan el modelo territorial. Por tanto, el modelo territorial y el de transporte deben estar íntimamente correlacionados y servir a los mismos objetivos de sostenibilidad. A la vista de todo ello, un modelo de crecimiento sostenible para la región pasa, como una de sus componentes principal, por afrontar el problema de la movilidad bajo una articulación de los sistemas de transporte y la configuración espacial

(tamaño, localización de usos del suelo, diseño urbano, entre otros elementos). Una política territorial debe contemplar el modelo de movilidad como un eje fundamental de su desarrollo, del mismo modo que la política de transporte ha de ser coherente con la política de ordenación territorial prevista.

Los análisis realizados en estas páginas demuestran que el modelo territorial de la Comunidad de Madrid está sustentado por un eficaz sistema de transporte público. Sin embargo, las tendencias son claramente preocupantes, pues una política de desarrollo urbanístico disperso y la localización de nuevos centros generadores de viajes (centros comerciales y de ocio, ciudades especializadas, etc.) no vinculados a nodos de alta accesibilidad en transporte público están agotando las posibilidades del sistema. Deben tomarse acciones claras para una coordinación integral del sistema territorial con las redes de transporte, pues los efectos sólo se producen a largo plazo. De las medidas que se tomen hoy dependerá el objetivo de lograr un desarrollo sostenible en las próximas décadas.



BIBLIOGRAFÍA

- Cervero, R. (1995). "Planned communities, self-containment and commuting: A cross-national perspective", *Urban Studies*, 32, pp. 1135-1161.
- Cervero, R. (1996). "Mixed land-uses and commuting: Evidence from the American housing survey", *Transportation Research Part A*, 30, pp. 361-377.
- Cervero R, Kockelman, K, (1997). "Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design", *Transportation Research Part D* 2 199-219
- Cervero, R. and Wu, K. L. (1997b). "Polycentrism, commuting and residential location in the San Francisco Bay area", *Environment and Planning A*, 29, pp. 865-886.
- Clark, W. A. and Kuijpers-Linde, M. (1994). "Commuting in restructuring urban regions", *Urban Studies*, 31, pp. 465-483.
- Cropper, M. L., Gordon, P. L. (1991). "Wasteful commuting: A re-examination". *Journal of Urban Economics*, 29, pp. 2-13.
- CRTM (1998). EDM,96 - Encuesta domiciliaria de movilidad en día laborable de 1996 en la Comunidad de Madrid. Análisis y síntesis de la movilidad, Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- CRTM (2006). EDM'04 - Encuesta domiciliaria de movilidad en día laborable de 2004 en la Comunidad de Madrid. Resumen, Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- Dupuy, G.; Curien, N. (1997). *Réseaux de communication, marchés et territoire*. París, Presses des Ponts et Chaussées.
- Frost, M., Linneker, B., Spence, N. (1998). "Excess or wasteful commuting in a selection of British cities". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 1998, vol. 32, issue 7, pp. 529-538.
- Giuliano, G. y Small, K. A. (1993). "Is the journey to work explained by urban structure?", *Urban Studies*, 30, pp. 1485-1500.
- Gordon, P., Richardson, H. Wong, H, (1986). "The distribution of population and employment in a polycentric city: the case of Los Angeles", *Environment and Planning A* 18, 161-173.
- Hamilton, B. W. (1982). "Wasteful commuting", *The Journal of Political Economy*, vol. 90, pp. 1035-1053.
- Handy, S. (1996). "Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior", *Transportation Research D*, I, 151-165,
- Marshall, A. (1952). *Principles of Economics*. Nueva York, McMillan.
- Massot M. H., Roy, E., (2004), *Lieu de vie lieu de travail, 25ans d'évolution de la distance au travail, rapport de Contrat INRETS pour l'ADEME*.
- May, A. D.; Kelly, C. E.; Sheperd, S. P. (2006). "The principles of integration in urban transport strategies", *Transport Policy* 13, pp. 319-327.
- Merriman, D., Ohkawara, T., Suzuki, T., (1995). "Excess commuting in the Tokyo metropolitan area: measurement policy simulations", *Urban Studies* 32, 69-85.

- McDonald, J. F. (1987). "The identification of urban employment subcenters", *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McDonald, J. F., Prather, P. (1994). "Suburban employment centers: The case of Chicago", *Urban Studies* 31, 201-218.
- Monzón, A. y De la Hoz, D. (2006). "La movilidad y la eficiencia económica: especial aplicación a la ciudad de Madrid", *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, vol. 1-2/06, pp. 31-63
- Monzón, A., Cascajo, R., Jordá, P., Pérez, P., Rojo, I. (2008). Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Ministerio de Fomento, 2008.
- Small, K, Song, S. (1992). "Wasteful commuting: A resolution", *The Journal of Political Economy*, 100, pp. 888-898.
- Richardson, H. W. (1988). "Monocentric vs. polycentric models: the future of urban economics in regional science", *Annals of Regional Science*, 2, pp. 1-12.
- Unión Internacional de Transporte Público (2005). Mobility Cities Database. Bruselas.
- Van der Laan, L. (1998). "Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels. Regional Studies", *The Journal of the Regional Studies Association*, Volume 32, Number 3, 1 de mayo 1998, pp. 235-247(13).
- Valdés, C., Monzón, A. y Xue, G. (2008). *La movilidad en la Comunidad de Madrid. ¿Diferencias según género?* VII Congreso de Ingeniería de los Transportes, A Coruña.
- White, M. J. (1988). "Urban Commuting journeys are not wasteful", *Journal of Political Economy*, Vol 96, 1.097-1.110.
- Zahavi, Y. (1978). "Can transport policy decisions change urban structure?", *Transportation Research Board*. Session 147.
- Zahavi, Y., Talvittie, A. (1980). "Regularities in Travel Time and Money Expenditures", *Transportation Research Record* 750: 13-19.
- Zahavi, Y. (1974). *Travel Time Budget and Mobility in Urban Areas*, Federal Highway Administration, Washington D.C., U.S. Department of Transportation, mayo 1974, NTIS PB 234 145.