

¿CUÁL ES EL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE TRANSPORTE EN LA PROPIEDAD DE AUTOMÓVILES? EVIDENCIA EMPÍRICA DE LA CIUDAD DE MADRID

Juan Nicolás González Sarmiento

TRANSyT-Centro de Investigación del Transporte. Universidad Politécnica de Madrid

José María Pérez Doval

TRANSyT-Centro de Investigación del Transporte. Universidad Politécnica de Madrid

Juan Gómez Sánchez

TRANSyT-Centro de Investigación del Transporte. Universidad Politécnica de Madrid

José Manuel Vassallo Magro

TRANSyT-Centro de Investigación del Transporte. Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

Con el fin de mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad, a nivel mundial los gobiernos han aplicado múltiples políticas de transporte para reducir el uso y la propiedad del vehículo privado, así como para incentivar y ofrecer alternativas de viaje más sostenibles.

Las características de la ciudad y las políticas de transporte influyen en las decisiones de los individuos de poseer y utilizar su automóvil privado, lo que repercute en la generación de externalidades.

En Madrid se han implementado dos políticas que promueven la movilidad sostenible. En primer lugar, el Servicio de Estacionamiento Regulado (SER) que gestiona, regula y controla el estacionamiento en la vía pública, con el fin de racionalizar y compatibilizar el uso del espacio público y el estacionamiento de automóviles. En segundo lugar, el Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático, que tiene como objetivo reducir la contaminación del aire. En este último se definió una Zona de Bajas Emisiones conocida como ‘Madrid Central’, que establece limitaciones de tráfico y de estacionamiento con la intención de reducir el acceso de los vehículos a la zona, especialmente los más contaminantes.

Esta investigación explora en qué medida la propiedad de automóviles está influida por la implementación de políticas de transporte que reducen el uso del vehículo privado. Para ello, mediante la calibración de un modelo logit ordenado multinivel, la propiedad de automóviles en los hogares se explica en función de las características sociodemográficas, variables del entorno construido de la ciudad, atributos de la red de transporte y variables relacionadas con las políticas de transporte.

Los resultados indican que los factores del entorno construido desempeñan un papel fundamental en la explicación de las tendencias de la propiedad de automóviles. Además, las políticas de transporte destinadas a disuadir el uso de automóviles parecen desalentar a los hogares su adquisición.

1. INTRODUCCIÓN

Los responsables de la política pública son conscientes de que las externalidades del transporte están aumentando considerablemente en muchas ciudades del mundo. Lo anterior, debido al creciente uso de los vehículos privados (Gakenheimer 1999; Moriarty y Honnery 2008). Las externalidades más conocidas relacionadas con la carretera son la congestión del tráfico, accidentes, daños al medio ambiente y el deterioro de las carreteras.

Para hacer frente a este problema, los responsables de la política pública y los profesionales dedican grandes esfuerzos a comprender cómo influyen ciertas características de las ciudades en el uso de los vehículos privados y, en particular, en la decisión de adquirir un vehículo. En este sentido, la propiedad de vehículos en los hogares representa una variable importante para que los planificadores locales puedan prever futuras medidas de política de transporte destinadas a garantizar ciudades sostenibles (Ding et al. 2016).

Como menciona Banister (2008), la mejora de la sostenibilidad del transporte requiere no sólo actuar sobre la capa física de la ciudad (forma urbana y flujos de tráfico), sino también sobre su dimensión social (personas y proximidad). Promover la movilidad sostenible y reducir el efecto de las externalidades negativas requiere, por tanto, crear zonas atractivas en la ciudad y mejorar la calidad de los barrios. Estas políticas pueden ser de mando y control (CAC por sus siglas en inglés) o de incentivos (IB por sus siglas en inglés). Una política de mando y control es esencialmente una regulación que hay que hacer cumplir, mientras que las políticas de IB proporcionan incentivos económicos y actúan para alterar el beneficio privado de una determinada respuesta de comportamiento (Santos et al. 2010). Con el fin de mejorar la habitabilidad urbana y la sostenibilidad, los gobiernos locales de todo el mundo han aplicado múltiples políticas para reducir el uso de vehículos privados y la propiedad de automóviles, así como para incentivar y ofrecer una alternativa atractiva a los coches privados.

El efecto de las políticas de transporte sobre el uso de los coches privados, y en particular sobre la decisión de los individuos de poseer un coche, necesita más estudios. Esto proporcionaría a los responsables políticos nuevas herramientas para mejorar el diseño de las políticas o aumentar las medidas de apoyo (Hanying 2018). Además, el impacto de la política de transporte está en consonancia con la fuerza de la construcción del transporte público urbano o el cambio del modo de desplazamiento de los residentes para mejorar el efecto de la aplicación de la política. Sin embargo, hasta la fecha son escasas las

contribuciones de investigación que analizan empíricamente el efecto de las políticas de transporte sobre las decisiones de propiedad de automóviles a nivel internacional, especialmente en lo que respecta a las políticas destinadas a restringir el uso de vehículos privados en las zonas urbanas.

El objetivo principal de este trabajo es explorar hasta qué punto la propiedad de automóviles se ve influida por la aplicación de políticas de transporte destinadas a mejorar la sostenibilidad urbana, en particular las restricciones al uso de vehículos privados. Para ello, nos centramos en la ciudad de Madrid (España), ya que este caso de estudio presenta algunas características interesantes. En primer lugar, es una de las ciudades más grandes de Europa, con una presencia tradicionalmente alta de los modos de transporte sostenibles (transporte público y modos activos) en el reparto modal y una marcada expansión urbana experimentada en las últimas décadas. En segundo lugar, Madrid ha puesto en marcha recientemente políticas de transporte posteriores (aparcamiento de pago en la calle, zona de bajas emisiones, protocolo de NO₂) destinadas a reducir el uso del vehículo privado. Por lo tanto, este trabajo pretende contribuir a la literatura actual explorando cómo la propiedad del coche se ve influenciada tanto por las características de la ciudad como por la implementación de políticas de transporte sostenible. Los resultados obtenidos para la ciudad de Madrid pueden ayudar a los planificadores a implementar políticas dirigidas a promover el transporte sostenible y a mejorar la habitabilidad en las zonas urbanas.

El resto de este trabajo se divide como sigue. La sección 2 revisa la literatura previa relativa a la propiedad del coche en entornos urbanos, con especial atención a las características urbanas y a la aplicación de políticas de transporte para reducir las externalidades relacionadas con la carretera. La sección 3 presenta el caso de estudio analizado en este trabajo, la ciudad de Madrid (España). La sección 4 describe los datos recogidos para esta investigación y la metodología adoptada, mientras que la sección 5 presenta y discute los resultados de la modelización. Por último, la sección 6 expone las principales conclusiones de este análisis y señala las recomendaciones políticas para las zonas pobladas.

2. REVISIÓN LITERARIA

En las últimas décadas se han dedicado muchas investigaciones a estudiar las decisiones de propiedad de automóviles. En el campo de la investigación sobre el transporte, se han adoptado preferentemente métodos cuantitativos para analizar las decisiones de los individuos de poseer un vehículo privado, así como las tendencias generales sobre la propiedad de automóviles a nivel agregado. De acuerdo con Gu et al. (2020), los enfoques de la propiedad de automóviles con una perspectiva cuantitativa pueden dividirse en modelos exógenos y endógenos. Los modelos exógenos consideran que las decisiones de propiedad de automóviles son independientes de las restricciones, como la elección modal. Por otro lado, los modelos endógenos analizan conjuntamente la propiedad del coche y

otras elecciones (Giuliano y Dargay 2006). Además, los estudios científicos en la literatura consideran variables más específicas como la demografía de los hogares, el empleo de los individuos, los atributos del tránsito, el entorno construido, los atributos del ciclo de vida y las políticas (Anowar, Eluru y Miranda-Moreno 2014).

Se ha comprobado que muchas características sociodemográficas, tanto a nivel individual como de los hogares, influyen en la propiedad del coche. Varios estudios (Dargay 2001; Dargay y Vythoulkas 1999; Golob 1989) muestran que los ingresos de los hogares tienen una fuerte relación positiva con la propiedad de automóviles, siendo las elasticidades de los ingresos generalmente mayores a largo plazo que a corto plazo (Dargay y Vythoulkas 1999). Además, se ha comprobado que la elasticidad con respecto al aumento de la renta es mayor que con respecto a la disminución de la misma, por lo que, una vez adquirido el coche, dejar de usarlo se hace más difícil aunque la renta del hogar disminuya (Dargay 2001). Con una perspectiva similar, otros autores como Chatterton et al. (2016) se han centrado en cómo influye en la propiedad del coche el coste global del vehículo, que se compone de los costes fijos anuales, los costes esporádicos (reparación y mantenimiento), los costes de combustible y la depreciación. También se ha comprobado que la propiedad de un coche está influenciada por la edad (Klein y Smart 2017), ya que los jóvenes (nacidos en las décadas de 1980 y 1990) tienden a tener menos vehículos que las generaciones anteriores.

Además, algunos acontecimientos del curso de la vida influyen en la decisión de poseer un coche. Gu et al. (2020) estudiaron la trayectoria de vida (eventos educativos, matrimoniales, ocupacionales de la vivienda y de la propiedad del coche) de los ciudadanos holandeses y descubrieron, por ejemplo, que los hogares jóvenes sin coche son más sensibles a los eventos relacionados con la composición del hogar como tener un nuevo hijo. En entornos propensos al uso del coche, como Estados Unidos, existe un fuerte efecto positivo entre la propiedad del coche y la probabilidad de estar empleado (Raphael y Rice 2002). Descubrieron que el empleo a tiempo completo tiene una mayor influencia en la obtención de un coche en comparación con el empleo a tiempo parcial. También se llegó a la conclusión de que el comportamiento es diferente según el género y la raza.

Los hogares de las zonas de alta densidad poseen menos coches que los de las zonas de baja densidad (Ding et al. 2016), dado que las zonas urbanas de baja densidad están mal servidas por alternativas de transporte (Giuliano y Dargay 2006). Además, los barrios del centro de la ciudad tienen mayor densidad y heterogeneidad de usos del suelo que los suburbanos. Se ha comprobado que una mayor mezcla de usos del suelo, así como una mayor proximidad a centros comerciales y restaurantes, están asociados negativamente a la propensión a poseer un coche (Li y Zhao 2017).

Christiansen et al. (2017) para Noruega y Guo (2013) para Estados Unidos mostraron una relación positiva entre la disponibilidad de aparcamiento y la propiedad de un coche.

Según estos autores, los hogares con aparcamiento privado tienen una disposición a poseer un coche tres veces mayor. La disponibilidad de aparcamiento en la calle y fuera de ella también influye en la decisión de poseer un coche, y está fuertemente influenciada por la distancia a pie entre la zona de aparcamiento, el hogar y el aparcamiento gratuito.

La propiedad del coche también está fuertemente asociada al modo de transporte que se utiliza habitualmente (Kitamura 1989). Los gastos en transporte público y en tiempo de viaje en coche influyen positivamente en las decisiones futuras de propiedad del coche. El acceso al transporte público puede ser decisivo para reducir la propiedad del coche en los jóvenes (Klein y Smart 2017). Cervero (2002) descubrió que la accesibilidad al trabajo mediante redes de tránsito reducía el nivel de propiedad de automóviles, mientras que la accesibilidad al trabajo mediante redes de vehículos se asociaba positivamente con la obtención de más automóviles.

En todo el mundo se han aplicado algunas políticas de transporte para restringir el uso de vehículos privados y disminuir la propiedad de automóviles. Las políticas de CAC son las más comunes de este tipo. En Singapur (Smith 1992) y China (Hanying 2018), se aplicó una política eficaz que controla el número de coches nuevos comprados, conocida como "Sistema de cuotas de vehículos", para gestionar los niveles de propiedad de coches. En el caso de Singapur, en los dos primeros años de funcionamiento se redujo a la mitad el crecimiento de la propiedad de automóviles.

Las políticas de transporte destinadas a reducir la congestión de las carreteras también influirían, en teoría, en la propiedad de automóviles. Por ejemplo, Wang et al. (2014) exploraron el efecto de una restricción de matrículas sobre las decisiones de propiedad de automóviles en China. Sorprendentemente, aunque la política tenía como objetivo retirar los coches de la carretera, los autores descubrieron que la política aumentaba la propiedad de coches, en el sentido de que los usuarios con intención de evitar la medida conseguían varios coches con diferentes números de matrícula. Hasta donde sabemos, no se aportan pruebas empíricas de otras medidas políticas destinadas a reducir la congestión, como la tasa de congestión, aplicada en varias ciudades del mundo, como Londres, Estocolmo o Singapur.

El aparcamiento de pago es una política aplicada en todo el mundo que establece algunas normas para el uso del aparcamiento en la calle. Dentro de las regulaciones, el precio y la oferta tienen más influencia en la propiedad del coche. Por ejemplo, en Barcelona (España), Albalade y Gragera (2020) llegaron a la conclusión de que un aumento de la densidad de plazas de aparcamiento reguladas incrementa la posesión de coches a nivel de barrio en 0,26 coches por cada 1.000 habitantes.

También se han aplicado algunas políticas de IB, como el "Plan de coches de fin de semana". Esta política permite matricular los coches para utilizarlos únicamente durante las horas de menor afluencia y obtener un importante ahorro económico para los propietarios (Olszewski y Turner 1993). En San Francisco, se ha puesto en marcha el programa City CarShare para promover el uso compartido del coche. Alrededor de 9 de cada 10 miembros del programa pertenecían a hogares con cero o un coche (Cervero y Tsai 2004). La reducción de la propiedad de automóviles se consiguió al facilitar el acceso a los hogares con vehículo, que a menudo evitaron adquirir un segundo o tercer vehículo.

Como puede observarse, existe una amplia literatura que analiza la propiedad de automóviles y sus factores explicativos, con múltiples estudios que explican el comportamiento de la propiedad de automóviles. La mayoría de las contribuciones anteriores se centran en la relación entre la propiedad del coche y la sociodemografía de los hogares y, en menor medida, en los parámetros relativos al entorno construido de la ciudad. Sin embargo, por lo que saben los autores, es necesario investigar más a fondo el efecto de las políticas de transporte urbano en las decisiones de propiedad de automóviles, en particular las políticas de restricción de automóviles. Esto es especialmente interesante en contextos como el de las ciudades europeas, que suelen presentar altas densidades de población y cuentan generalmente con servicios de tránsito de calidad.

3. CASO DE ESTUDIO: MADRID CIUDAD

Esta sección ofrece una breve descripción del estudio de caso seleccionado para explorar hasta qué punto la propiedad de automóviles se ve influida por la aplicación de políticas de transporte destinadas a mejorar la sostenibilidad urbana y reducir el uso de vehículos privados.

Madrid es la capital de España y su ciudad más poblada, con un total de 3,3 millones de habitantes (Ayuntamiento de Madrid 2020a). Madrid sigue la tendencia general europea de mayor densidad, con un valor de 8.832 habitantes/km². La concentración de población es especialmente densa en la zona central dentro del primer anillo vial (24.326 habitantes/km²).

Tradicionalmente, la ciudad se divide en dos zonas principales (véase la Figura 1): el centro de la ciudad, dentro del primer anillo vial (M-30), y la periferia, que comprende los distritos fuera de la M-30. En las últimas décadas, la ciudad de Madrid ha experimentado un rápido crecimiento y un proceso de suburbanización, por lo que muchos residentes y puestos de trabajo se están desplazando del centro de la ciudad a la periferia (Díaz-Pacheco y García-Palomares 2014; Gallo Rivera y Garrido Yserte 2012). En la actualidad, alrededor del 30% de los habitantes viven en el centro de la ciudad y el otro 70% en la periferia (CRTM 2020b). El empleo se distribuye por igual entre el centro de la ciudad de Madrid y su periferia (ambos representan el 60% de los empleos), pero la evolución de la

localización del empleo en los últimos años muestra un aumento hacia los municipios exteriores del área metropolitana de Madrid (Tobarra Gómez et al. 2016).

El tamaño de los hogares es menor para Madrid Centro en comparación con la periferia, 2,13 y 2,41, respectivamente. En consonancia con el CRTM (CRTM 2020b), Madrid muestra una reducción progresiva del tamaño del hogar.

La movilidad en Madrid se caracteriza por la gran oferta de alternativas de transporte público. Su red de metro es especialmente extensa. Tiene 288 km de longitud y un total de 302 estaciones. La oferta de servicios de autobús de cercanías también es elevada, ya que Madrid cuenta con 209 líneas que recorren 10.877 paradas. Esta red principal de transporte se complementa con servicios adicionales que conectan la ciudad de Madrid con su área metropolitana, como 444 líneas de autobús de cercanías, 8 líneas de ferrocarril de cercanías y 4 líneas de tranvía/ferrocarril ligero (Monzón, A., Cascajo, R., Romero, C., Calzado, R. Lopez 2019). Los modos de transporte público se integran de forma física y financiera para fomentar la intermodalidad. El sistema de bicicletas públicas, conocido como BiciMAD, ofrece una alternativa limpia y saludable a los ciudadanos. El sistema cuenta con una oferta de 2.964 bicicletas eléctricas, 4.116 anclajes y 258 estaciones (Ayuntamiento de Madrid 2020b). Los servicios privados de movilidad compartida han florecido en la ciudad de Madrid en los últimos años. Estas nuevas formas de movilidad incluyen el coche compartido, el ciclomotor compartido, la bicicleta y el patinete compartidos.

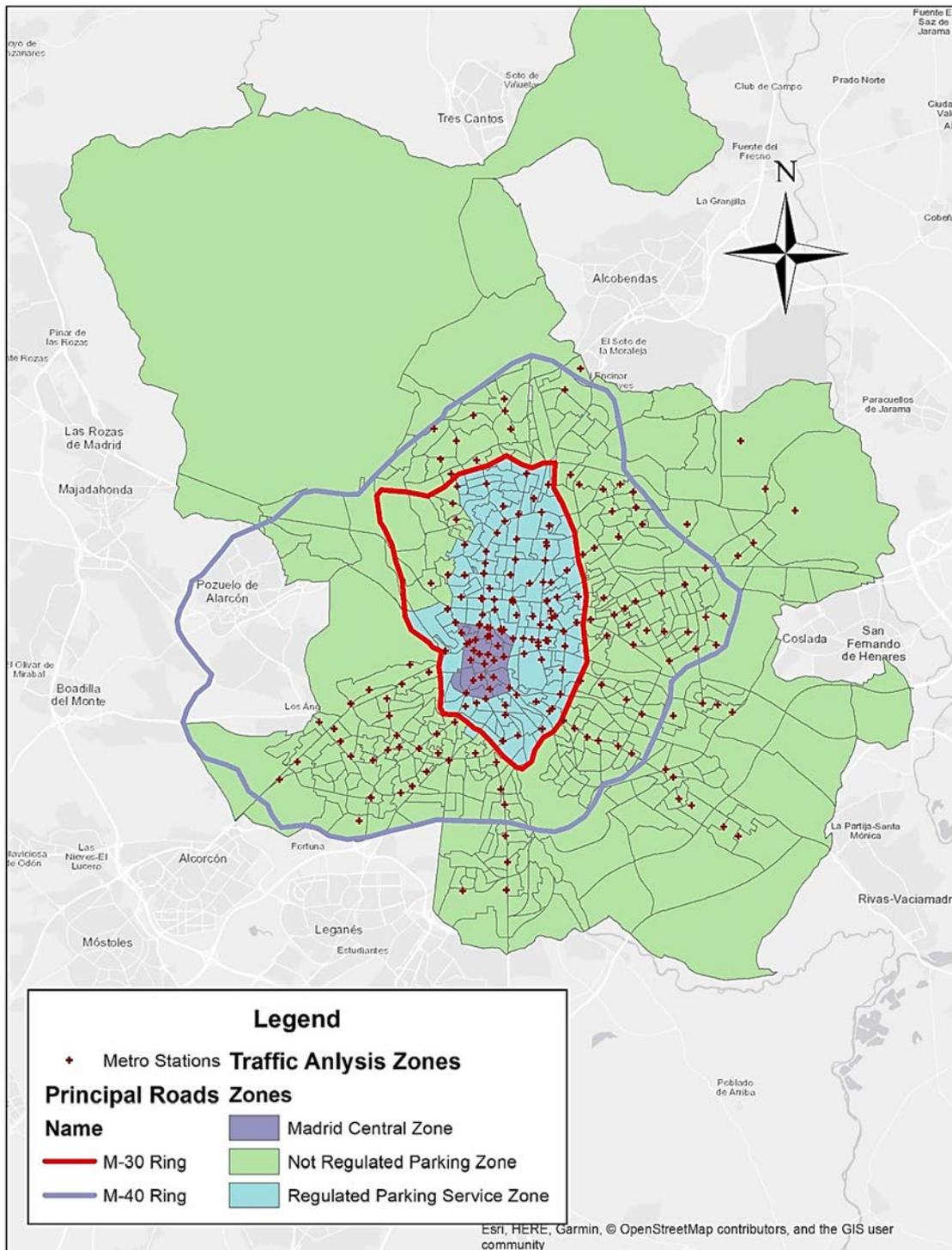


Figura 1 Madrid Ciudad

En los últimos años se han desarrollado dos políticas de transporte fundamentales: El Servicio de Estacionamiento Regulado (SER) y el Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Ciudad de Madrid, comúnmente conocido como PLAN A.

El SER se encarga de gestionar, regular y controlar el estacionamiento de vehículos en superficie en los distritos centrales de la ciudad, con la intención de racionalizar y

compatibilizar el uso del espacio público y el estacionamiento de vehículos privados (Ayuntamiento de Madrid 2018). Madrid cuenta con más de 150.000 plazas de aparcamiento regulado de pago, divididas en cuatro tipos: i) 26.481 plazas en "Zona Azul" disponibles para todo tipo de usuarios; ii) 124.822 plazas en "Zona Verde" con prioridad para los residentes, aunque los no residentes también pueden utilizarlas a un precio superior al de la "Zona Azul"; iii) 1.397 plazas en "Zona Naranja" para larga estancia disponibles para todo tipo de usuarios, y iv) 382 plazas en la "Zona Roja" para el servicio sanitario. El área cubierta por la política SER puede observarse en la Figura 1.

El PLAN A tiene como objetivo reducir la contaminación atmosférica y contribuir a la mitigación del cambio climático (Ayuntamiento de Madrid 2017). Una de las acciones más importantes de este Plan fue la definición de una Zona de Bajas Emisiones (ZBE) conocida como "Madrid Central" (MC), véase la Figura 1. Esta ZBE se implementó con un conjunto de medidas específicas con el fin de promover un estilo de vida de movilidad de bajas emisiones y promover un centro de la ciudad más amigable para los peatones, ciclistas, vecinos y visitantes MC establece limitaciones de tráfico y estacionamiento con la intención de reducir el acceso de vehículos en la zona, especialmente los más contaminantes. Las condiciones de aparcamiento y las restricciones de tráfico para los vehículos privados se basan en una clasificación armonizada a nivel nacional (Cero, Eco, C, B o A) que tiene en cuenta tanto el motor como la antigüedad del vehículo. Además, el MC incluye otras estrategias para liberar espacio vial para los peatones y las bicicletas.

4. DATOS Y METODOLOGÍA

4.1 Recolección de datos

Esta sección presenta los datos recogidos para esta investigación. Las variables explicativas consideradas en el análisis de las tendencias de propiedad de automóviles en la ciudad de Madrid incluyen las características sociodemográficas de los hogares, las variables del entorno urbano, los atributos de la red de transporte y las variables relacionadas con la política. Los datos se han recogido en dos niveles principales de información: hogares y Zonas de Análisis de Tráfico, ZAT, dependiendo de la disponibilidad de los datos necesarios. Para realizar el análisis se han consultado múltiples fuentes de datos e información a nivel local, regional y nacional

Las características sociodemográficas de los hogares se han recogido principalmente de la Encuesta de Movilidad de Madrid, EM (CRTM 2020b), que proporciona información detallada de un total de 58.492 hogares del Área Metropolitana de Madrid. La muestra utilizada para esta investigación se compone finalmente de 28.794 hogares.

Las variables sociodemográficas de los hogares proporcionadas por la EM incluyen: número de miembros del hogar por edad, miembros del hogar con movilidad reducida, propiedad de aparcamiento privado, número de permisos de conducir y abonos de

transporte público adquiridos, por hogar, y número de viajes diarios realizados por hogar. Para describir mejor la estructura familiar, se definieron variables categóricas adicionales, como la presencia de niños en el hogar (entre 0 y 4 años), el número de personas que trabajan y el número de personas con titulación universitaria. Esta fuente también proporcionó información sobre el número de vehículos privados por hogar, que es la variable modelada en esta investigación.

La EM no recogía datos sobre los ingresos. Para hacer frente a este problema, los autores de este trabajo incluyeron la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, INE (INE 2016) a nivel espacial de sección censal. A efectos de modelización, esta información debe trasladarse a un nivel espacial de ZAT, por lo que se ha aplicado una media ponderada espacialmente.

El análisis también incluyó variables explicativas relativas al entorno construido de la ciudad. La información sobre la densidad de población se recogió a nivel de ZAT para 2018 (Ayuntamiento de Madrid 2020a). Los atributos de uso del suelo se recogieron del Departamento de Catastro del Ayuntamiento (2020), en particular: áreas residenciales, comerciales, industriales y de oficinas (medidas en metros cuadrados) por ZAT. Un primer análisis exploratorio mostró una alta correlación entre las diferentes áreas de uso del suelo.

La investigación también incluyó información sobre la red de transporte, en particular la accesibilidad del transporte público. Para ello, se recopilieron datos de tránsito de las bases de datos abiertas de la Autoridad Regional de Transporte de Madrid (CRTM 2020a). Se eligió el número de paradas de autobús y de estaciones de metro por ZAT como proxies de la accesibilidad geográfica al transporte.

Finalmente, se incluyeron dos variables ficticias para controlar si el Servicio de Estacionamiento Regulado (SER) y la Zona Central de Madrid (MC) se aplican en cada ZAT. Estas variables permiten explorar si las tendencias de propiedad de automóviles de los hogares difieren entre los barrios en los que se aplican estas políticas o no.

4.2 Metodología: un modelo logit ordenado multinivel

Este trabajo realiza un modelo logit ordenado multinivel para explorar las tendencias de la propiedad de automóviles en la ciudad de Madrid (España). La variable que modelar es el número de coches por hogar, que puede representarse como una variable categórica.

Debido a la naturaleza ordinal y discreta de la variable dependiente, se ha adoptado un marco logit ordenado (Hanushek y Jackson 1977).

Los modelos logit ordenados se basan en los modelos logit tradicionales derivados de la teoría de maximización de la utilidad, es decir, la teoría de la utilidad aleatoria (estocástica). Según Ortúzar y Willumsen (2011), la teoría de la elección discreta supone

que cada individuo asigna los recursos de forma que maximiza su utilidad o satisfacción personal (teoría de la utilidad aleatoria). Uno de los principales supuestos de los modelos logit ordenados es el de las probabilidades proporcionales (Wang et al. 2018), por lo que se supone que la relación entre cualquier par de categorías de resultados es igual.

Para explorar las decisiones de propiedad de un coche, adoptamos un modelo logit ordenado multinivel. Los modelos multinivel también se conocen como modelos de efectos aleatorios, mixtos o jerárquicos. En comparación con los modelos clásicos, los modelos multinivel tienen en cuenta la posible correlación entre las observaciones de los datos debido a las estructuras jerárquicas/anidadas de los datos. En este sentido, podemos esperar, por ejemplo, una alta correlación de las tendencias de propiedad de automóviles entre los hogares situados en el mismo barrio/distrito. Ignorar este efecto puede llevar a violar el supuesto de observaciones independientes, con importantes consecuencias negativas en los resultados.

Como se ha señalado anteriormente, los modelos logit ordenados estiman la relación entre un conjunto de variables independientes y la variable de resultado ordinal en una escala del logit (Agresti 2010). Además, la modelización multinivel para las variables de respuesta ordinales permite estimar la relación entre las variables predictoras en diferentes niveles y la variable de respuesta ordinal (Liu 2016). Para este marco de modelización, adoptamos una estructura de dos niveles, en la que el nivel 1 está relacionado con los individuos, y el nivel 2 se refiere a las zonas TAZ. Las especificaciones multinivel consideran un modelo diferente para cada nivel de datos y permiten explorar la variabilidad entre los distintos grupos en los diferentes niveles (Gomez, Papanikolaou y Vassallo 2016). En este caso, el modelo capta la heterogeneidad espacial a través de la TAZ (Giuliano y Dargay 2006).

La especificación del modelo logit ordenado multinivel para el nivel 1 se muestra en la ecuación 1

$$\text{Level 1: } Y_{ijk} = \text{logit} [\pi_{kl}(Y \leq k)] = \ln \left(\frac{\pi(Y_i \leq k)}{\pi(Y_i > k)} \right) = \alpha_k - (\beta_{1j}X_{1ij} - \beta_{2j}X_{2ij} - \dots - \beta_{pj}X_{pij}) \quad (1)$$

Donde α_k son los puntos de corte con $k = 1, 2, 3, \dots, K - 1$; $X_{1ij}, X_{2ij}, \dots, X_{pij}$ son las variables predictoras para el individuo i th y j th clúster; $\beta_{1j}, \beta_{2j}, \dots, \beta_{pj}$ son los coeficientes del modelo en el j^{th} clúster a estimar.

La especificación del Nivel 2 se presenta en la ecuación 2.

$$\text{Level 2: } \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} + \dots + \gamma_{0p} + u_{0j} \quad (2)$$

Donde γ_{00} es el intercepto; $\gamma_{01}, \dots, \gamma_{0p}$ son los coeficientes del Nivel 2 (efectos fijos); u_{0j} es el término del error o el efecto aleatorio relacionado a los puntos de corte.

La variable dependiente Y_k es un parámetro ordenado que capta la posesión de coches, con cuatro atributos categóricos: 0 coches, 1 coche, 2 coches y 3 o más coches. En nuestro caso, el conjunto de variables predictoras X_{ij} se refiere a las características sociodemográficas, el entorno construido de la ciudad, los atributos del sistema de transporte y las medidas de política de transporte aplicadas en la ciudad de Madrid.

Ocho de las variables explicativas utilizadas en el modelo son categóricas, por lo que es necesario elegir una referencia base para explicar adecuadamente los resultados del modelo. Para CHILD, SER, MC y PRIVATE, el caso de no ocurrencia es la referencia (No = 0). El nivel de referencia para las variables WORKER y PROFESSIONAL es 0 miembros. La referencia base para TRIPS es 0. El nivel de referencia de RENT es el grupo de ingresos anuales de 20 - 40 mil euros.

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN Y DISCUSIÓN

A continuación, en primer lugar, se muestran los resultados de la modelización y, por último, se presenta el efecto sobre la propiedad de automóviles de las actuales políticas de transporte aplicadas en la ciudad de Madrid.

5.1 Modelo de propiedad del coche

Antes de calibrar el modelo de elección discreta, realizamos pruebas de multicolinealidad para comprobar la presencia de una fuerte correlación entre las variables explicativas, según Gujarati y Porter (2009). El análisis mostró dos problemas principales de multicolinealidad en nuestros datos. El número de permisos de conducir por hogar está muy correlacionado con el número de miembros del hogar, por lo que el primero se eliminó del análisis; por lo tanto, la densidad residencial fue la única variable de este tipo que se mantuvo en la modelización.

Los resultados del modelo que explica la propiedad de automóviles en la ciudad de Madrid se presentan en la Tabla 1. Como puede observarse, la mayoría de las variables explicativas que resultaron no estadísticamente significativas fueron finalmente eliminadas de la última versión del modelo. Para ello, realizamos múltiples pruebas de razón de verosimilitud (LR) durante el proceso de calibración, para comprobar que ciertas variables explicativas podían ser omitidas sin impacto en el ajuste global o en el poder explicativo del modelo. Los signos de los coeficientes del modelo se ajustan principalmente a los resultados esperados y a las contribuciones anteriores de la bibliografía. Como puede observarse, las variables sociodemográficas, del entorno construido de la ciudad, relacionadas con el sistema de transporte y de la política de transporte son estadísticamente significativas a la hora de explicar la propiedad del coche en el caso de estudio analizado.

Muchas variables sociodemográficas resultaron estadísticamente significativas a la hora de explicar las tendencias de la propiedad de automóviles. Como cabía esperar en un principio, el coeficiente de MEMBER (número de miembros del hogar) es positivo y estadísticamente significativo, lo que indica que cuantos más individuos viven en un hogar, mayor es la probabilidad de tener más coches. Según los resultados de la modelización, la probabilidad aumenta en torno al 10% por cada miembro adicional en el hogar. Además, como se ha señalado anteriormente, la presencia de niños en el hogar tiene un efecto positivo, pero este coeficiente sólo es estadísticamente significativo al 90%. Como se puede observar en la Tabla 1, el número de miembros del hogar con movilidad reducida aumenta la probabilidad de tener más coches. En particular, el número de coches por hogar aumenta en un 50% por cada persona adicional con movilidad reducida en el hogar.

| Atributo | Variables | | Coef. | Err. Std. | P>z | |
|---|----------------------------|-------------------------|-------------|-----------|-------|-------|
| | MEMBER | | 0.101 | 0.023 | 0.000 | |
| | CHILD | | 0.091 | 0.047 | 0.054 | |
| | PRIVATE PARKING | Ref (0) | 1.803 | 0.028 | 0.000 | |
| | TRANSIT_PASS | | -0.552 | 0.018 | 0.000 | |
| | RM | | -0.668 | 0.044 | 0.000 | |
| | WORKERS | (1) | 0.555 | 0.026 | 0.000 | |
| | | Ref (0) (2) | 0.648 | 0.060 | 0.000 | |
| | | (3) | 1.429 | 0.117 | 0.000 | |
| Características sociodemográficas del hogar | GRADUATED | (1) | 0.249 | 0.027 | 0.000 | |
| | | Ref (0) (2) | 0.079 | 0.063 | 0.213 | |
| | | (3) | 0.864 | 0.132 | 0.000 | |
| | INCOME | (40 - 50) | 0.174 | 0.049 | 0.000 | |
| | | Ref (20 - 40) (50 - 60) | 0.247 | 0.066 | 0.000 | |
| | | (60 - 70) | 0.355 | 0.072 | 0.000 | |
| | | (70 - 80) | 0.585 | 0.086 | 0.000 | |
| | | (80 - 90) | 0.671 | 0.094 | 0.000 | |
| | | TRIPS | (2) | 0.420 | 0.044 | 0.000 |
| | | | Ref (0) (3) | 0.542 | 0.058 | 0.000 |
| | | (4) | 0.654 | 0.047 | 0.000 | |
| | | (5) | 0.770 | 0.065 | 0.000 | |
| | | (6) | 0.886 | 0.053 | 0.000 | |
| Atributos de la red de transporte | BUS_ST | | 0.006 | 0.003 | 0.077 | |
| | METRO_ST | | -0.053 | 0.022 | 0.016 | |
| Variables del entorno urbano | DENSITY | | -0.001 | 0.000 | 0.000 | |
| | RESIDENTIAL DENSITY | | -0.111 | 0.021 | 0.000 | |
| Variables relacionadas con la política | SER | Ref (0) | -0.397 | 0.046 | 0.000 | |
| | MC | Ref (0) | -0.427 | 0.092 | 0.000 | |
| | Cut1 | | -0.292 | 0.071 | | |
| | Cut2 | | 2.528 | 0.073 | | |
| | Cut3 | | 5.085 | 0.079 | | |
| | zt1259>INCOME | var(_cons) | 0.053 | 0.008 | 0.000 | |
| | No. Observations | | 28,794 | | | |
| | Log-Likelihood | | 28,313.1 | | | |
| | AIC | | 56,668.1 | | | |
| | BIC | | 56,944.4 | | | |

Tabla 1 Resultados de la modelización

El número de miembros que trabajan y que tienen un título universitario tiene una influencia positiva y significativa en el número de coches por hogar. Lo mismo ocurre con el nivel de ingresos. Como puede observarse, la variable que controla los ingresos medios del hogar (medidos en miles de euros) tiene coeficientes positivos y estadísticamente significativos y coincide con los resultados preliminares mencionados. Cuando el hogar se encuentra dentro de una ZT cuyo nivel de renta media anual se sitúa entre 40 y 50, entre 50 y 60, entre 60 y 70, entre 70 y 80 y por encima de 80 mil euros, el número de coches aumenta en un 19%, 28%, 42%, 79% y 95% respectivamente, en comparación con el caso base (renta de 20 a 40). Estos resultados están en consonancia con múltiples análisis realizados por diferentes autores (véase, por ejemplo, Dargay (2001), Zegras (2010) y Guerra (2015)).

Las variables del entorno de la ciudad también explicaron, de forma estadísticamente significativa, las tendencias de posesión de coches en los hogares. Tanto la densidad de población como la densidad residencial tienen una influencia negativa y estadísticamente significativa en la obtención de más coches. Según los resultados de la modelización, la probabilidad de poseer un coche disminuye un 11% por cada unidad de densidad residencial adicional (m²/hectárea) en el barrio donde se encuentra el hogar. En otras palabras, las zonas de alta densidad residencial reducen la probabilidad de tener un coche, probablemente porque hay menos espacio para aparcarlo. Este resultado está en consonancia con el meta-análisis realizado por Bassolas et al. (2019). Llegaron a la conclusión de que las zonas urbanas densas presentan una organización más jerárquica de la movilidad, lo que conduce a un uso más amplio del transporte público y de los modos activos y a un menor uso del vehículo privado, lo que afecta a las decisiones de propiedad del coche.

Los atributos relacionados con el transporte también tienen importantes implicaciones en las decisiones sobre la propiedad del coche. El número de abonos de transporte público adquiridos en un hogar tiene una influencia negativa y estadísticamente significativa (coeficiente = -0,552, valor $p = 0,000$) en el número de coches. Según los resultados de la modelización, por cada pase de viaje adicional en el hogar, la probabilidad de poseer un coche disminuye en un 43%. Además, los resultados de la modelización muestran una fuerte influencia del aparcamiento privado en la propiedad del coche, como ya se ha señalado en los resultados preliminares. Los atributos del sistema de transporte, especialmente la accesibilidad a la red de transporte público, también ofrecen resultados estadísticamente significativos. El número de estaciones de metro en el barrio donde se encuentra el hogar influye negativamente en la propiedad del coche (coeficiente = -0,053; valor $p = 0,016$). La buena accesibilidad a las estaciones de metro en Madrid hace más atractivo el uso del transporte público y proporciona un modo alternativo al coche privado para los desplazamientos urbanos, reduciendo así la propiedad del coche. Este resultado debe interpretarse teniendo en cuenta que Madrid cuenta con una extensa y densa red de metro que cubre razonablemente toda la ciudad. Los resultados relativos a la accesibilidad

del autobús público están cerca de ser significativos (valor $p = 0,077$) e indicarían que cuanto mayor es el número de paradas de autobús en el barrio en el que se encuentra el hogar, mayor es el número de coches en los hogares. En este sentido, las paradas de autobús y los servicios de autobús también cubren razonablemente toda la ciudad, pero comparten las carreteras con otros modos motorizados y generan retrasos en los viajes y pueden disuadir a los usuarios de utilizarlo.

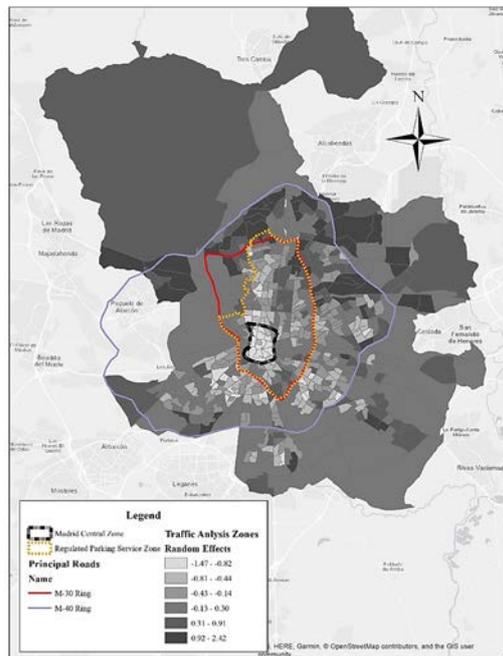
5.2 Impacto de las políticas de promoción de la movilidad sostenible

Ambas políticas de transporte sostenible (SER y MC) evidencian tener un impacto negativo en las tendencias de propiedad de automóviles en la ciudad de Madrid, tal y como muestran los resultados de la modelización (Ver Tabla 1). Este efecto es estadísticamente significativo (valor $p = 0,000$) incluso después de controlar las características de los hogares y los atributos de la ciudad, como la densidad urbana o la accesibilidad del transporte público. Las políticas del SER y de Madrid Central reducen en un 33% y un 35%, respectivamente, la probabilidad de poseer un coche, en comparación con las zonas donde no se aplican estas medidas. Este resultado parece razonable ya que estas políticas cobran o reducen las plazas de aparcamiento en la calle. En resumen, estas políticas parecen ser herramientas eficaces para desincentivar el uso del vehículo privado (impactando así en las decisiones de propiedad del coche) y para mejorar la sostenibilidad urbana.

Estimamos la heterogeneidad espacial de las tendencias de la propiedad de automóviles en los distintos barrios. Para ello, calculamos los efectos aleatorios para cada ZAT para el modelo nulo obteniendo un efecto aleatorio significativo (coeficiente = 0,4930 y valor $p = 0,000$). El Figura 2a muestra el efecto aleatorio estimado para cada ZAT. Como se puede observar, existe una gran variabilidad entre las distintas Zonas de Reparto. Por ejemplo, podemos observar los valores más bajos de los coeficientes aleatorios (que indican un menor número de coches por hogar) para casi todas las ZAT dentro de la ZBE Madrid Central, en comparación con otras ZAT fuera de Madrid Central. Del mismo modo, se observan los menores valores del efecto aleatorio obtenidos para los barrios situados dentro de la zona SER, en comparación con las ZAT de fuera de esta zona.

Además, analizamos el impacto de las dos medidas políticas sobre las tendencias de propiedad de automóviles controlando por los niveles de renta. El Figura 2b muestra el valor de los efectos aleatorios respecto a los coeficientes de pendiente de la variable de renta. Estos efectos aleatorios son estadísticamente significativos para el caso de Madrid, lo que implica que el efecto de la renta media anual sobre la propiedad de automóviles varía entre las zonas ZAT. Como se puede observar, los valores de estos efectos aleatorios cambian desde el centro a la periferia de la ciudad.

a. Efectos aleatorios en las ZAT



b. Efectos aleatorios generados por ZAT y renta media anual

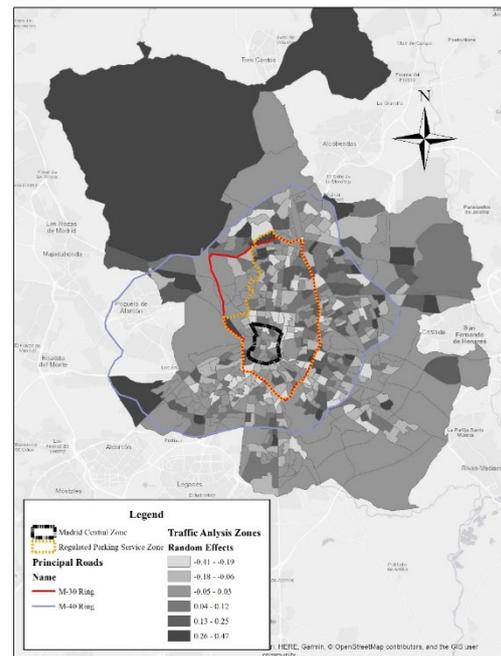
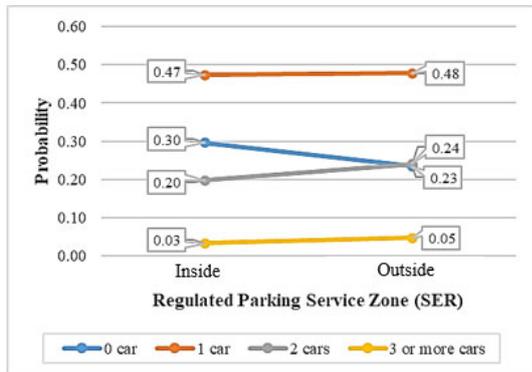


Figura 2 Efectos aleatorios

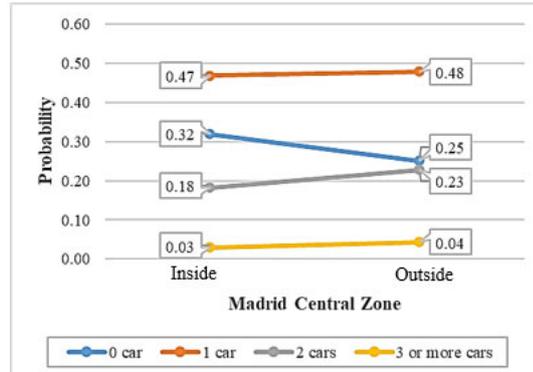
Hemos estimado los efectos marginales del modelo y hemos incluido estos valores en la Figura 3. Todos los efectos marginales resultaron estadísticamente significativos. La mayor diferencia se identifica en las probabilidades de tener las opciones "Sin coche" y "2 coches". Como puede observarse en la Figura 3a, tanto para las políticas SER como para las de "Madrid Central", la probabilidad de tener "Ningún coche" es en cierto modo mayor si el hogar está situado dentro de las zonas donde se aplican estas políticas. Esto parece razonable porque el control de la oferta de aparcamientos o las restricciones a la circulación de vehículos hacen menos atractivo el uso del coche privado, lo que repercute negativamente en la decisión de los residentes de comprar o poseer un coche (véase la Figura 3a y la Figura 3b).

Además, exploramos con más detalle la relación entre las políticas de transporte y el nivel de ingresos. Por ejemplo, en lo que respecta a la política del Servicio de Estacionamiento Regulado (SER), los mayores ingresos de los hogares reducen la probabilidad de no poseer ningún coche, mientras que aumenta la probabilidad de poseer uno o varios coches", en particular de poseer 2 coches. Un análisis comparativo muestra tendencias similares para las zonas TAZ situadas dentro y fuera de la zona SER. No obstante, las tasas de cambio son mayores para aquellos hogares situados en barrios en los que no se aplica la política cuando no está disponible (ver Figura 3c y Figura 3d). Los resultados son bastante similares para la política "Madrid Central LEZ"; sin embargo, la probabilidad de conseguir un coche dentro de esta zona es menor debido a sus fuertes restricciones (véase la Figura 3e y la Figura 3f).

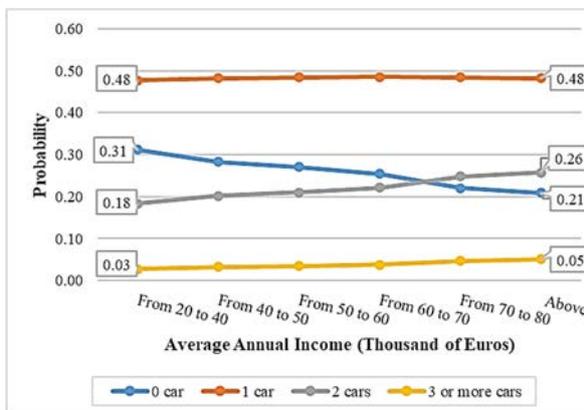
a. Servicio de Estacionamiento Regulado (SER)



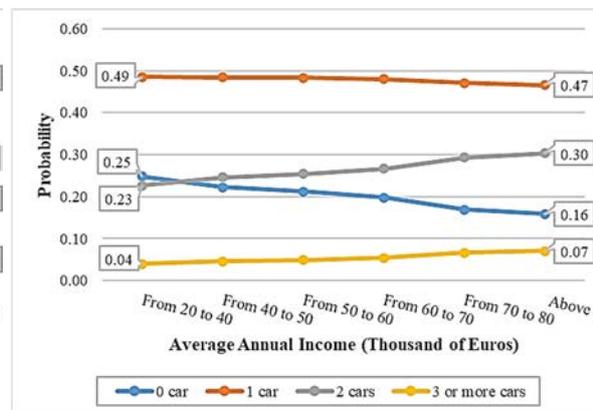
b. Madrid Central (MC)



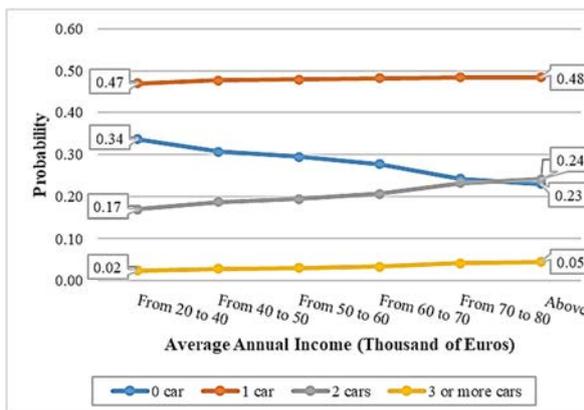
c. Comportamiento de los ingresos – En la Zona SER



d. Comportamiento de los ingresos – Fuera de la Zona SER



e. Comportamiento de los ingresos – En la MC



f. Comportamiento de los ingresos – Fuera de MC

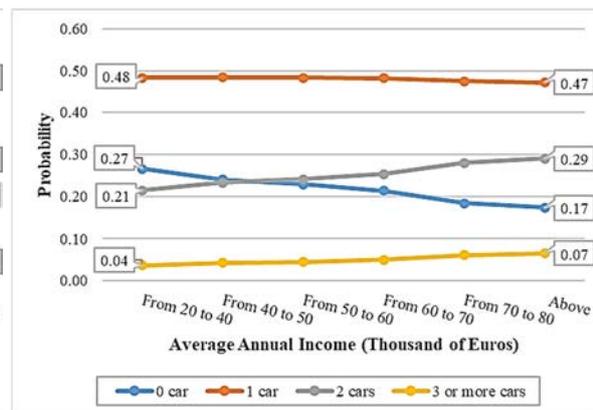


Figura 3 Análisis detallado de las políticas públicas en Madrid

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES POLÍTICAS

Este estudio explora la propiedad de automóviles y cómo influye en ella la aplicación de políticas de transporte destinadas a mejorar la sostenibilidad urbana. Mediante la estimación de un Modelo Logit Ordenado Multinivel, se analizó el comportamiento del número de coches de los hogares, según las características sociodemográficas de los

mismos, las variables del entorno construido de la ciudad, los atributos de la red de transporte y las variables relacionadas con las políticas.

La promoción de modos de transporte alternativos puede generar una reducción de la propiedad de automóviles. Esto es evidente en los resultados encontrados para variables como el número de abonos de transporte y las estaciones de metro. Para fomentar una ciudad sostenible, se han aplicado políticas que mejoran el transporte público y consiguen un modo de transporte alternativo para los ciudadanos con el fin de reducir la propiedad del coche. El uso de políticas de ordenación del territorio para reducir la propiedad de automóviles mediante la creación de ciudades compactas y la construcción de barrios de alta densidad puede desalentar la propiedad de automóviles y la dependencia del automóvil (Oakil, Manting y Nijland 2016). Los resultados demuestran que la alta densidad de población y la densidad residencial tienen un efecto positivo en la reducción de la propiedad de automóviles. Sin embargo, según Van Acker y Witlox (2010), las políticas de planificación urbana no deberían centrarse únicamente en medidas de aumento de la densidad y la diversidad, sino también en medidas indirectas a través de la propiedad del coche.

Nuestras conclusiones tienen varias implicaciones políticas. Las políticas actuales desarrolladas en Madrid han tenido un fuerte efecto en desalentar la propiedad del coche.

El cobro de las plazas de aparcamiento en la calle caracteriza al SER, y ha tenido un efecto positivo en la mitigación de las externalidades del transporte. La política se hizo a través de un marco regulatorio local en una cobertura específica. Como mejora, el SER puede ampliarse para aumentar los beneficios de la política. Además, la política puede explotar las oportunidades de aprovechar las tecnologías emergentes para mejorar la eficiencia. Las estrategias de MC pretenden reducir el acceso de vehículos en la zona mediante limitaciones de tráfico y aparcamiento. Estas estrategias han tenido un efecto positivo en la reducción del número de coches propios, por lo que puede considerarse un éxito.

Los resultados pueden utilizarse para fomentar algunas tendencias que son relevantes para la definición, mejora o aplicación de futuras políticas. La mejora de la sostenibilidad del transporte sigue siendo el objetivo de los responsables políticos, y hay que medir su impacto. Hay que seguir investigando para abordar algunas de las limitaciones de este documento. En primer lugar, las políticas de transporte no sólo tienen un impacto en la propiedad del coche, sino que también debe hacerse un análisis conjunto con otras opciones como el reparto modal, el horario de viaje y la ubicación residencial. En segundo lugar, las políticas evaluadas en el presente estudio se aplicaron durante un corto periodo de tiempo, por lo que el análisis de la propiedad de automóviles podría realizarse en el futuro con una perspectiva a largo plazo. Por último, en todo el mundo se han aplicado políticas de transporte más maduras, por lo que debe estudiarse su influencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIU), a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), que han financiado el proyecto RTI2018-095501-B-I00.

REFERENCIAS

AGRESTI, A., 2010. Analysis of Ordinal Categorical Data [en línea]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. Wiley Series in Probability and Statistics. ISBN 9780470594001. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2071355?origin=crossref>.

ALBALATE, D. & GRAGERA, A., 2020. The impact of curbside parking regulations on car ownership. *Regional Science and Urban Economics* [en línea], vol. 81, pp. 103518.

ANOWAR, S., ELURU, N. & MIRANDA-MORENO, L.F., 2014. Alternative Modeling Approaches Used for Examining Automobile Ownership: A Comprehensive Review. *Transport Reviews*, vol. 34, no. 4, pp. 441-473. ISSN 14645327.

AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2017. Plan A: Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Ciudad de Madrid. .

AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2018. Servicio de Estacionamiento Regulado. SER. Horario, delimitación territorial y ámbitos diferenciados. .

AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2020a. Población por distrito y secciones censales. [en línea]. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <http://www-2.munimadrid.es/TSE6/control/seleccionDatosSeccion>.

AYUNTAMIENTO DE MADRID, 2020b. Que es BiciMAD [en línea]. 2020. S.l.: s.n. [Consulta: 18 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.bicimad.com/index.php?s=que>.

BANISTER, D., 2008. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, vol. 15, no. 2, pp. 73-80. ISSN 0967070X.

BASSOLAS, A., BARBOSA-FILHO, H., DICKINSON, B., DOTIWALLA, X., EASTHAM, P., GALLOTTI, R., GHOSHAL, G., GIPSON, B., HAZARIE, S.A., KAUTZ, H., KUCUKTUNC, O., LIEBER, A., SADILEK, A. & RAMASCO, J.J., 2019. Hierarchical organization of urban mobility and its connection with city livability. *Nature Communications* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20411723.

CERVERO, R., 2002. Built environments and mode choice: Toward a normative framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 7, no. 4, pp. 265-284. ISSN 13619209.

CERVERO, R. & TSAI, Y., 2004. City CarShare in San Francisco, California second-year travel demand and car ownership impacts. *Transportation Research Record*, no. 1887, pp. 117-127. ISSN 03611981.

CHATTERTON, T., ANABLE, J., CAIRNS, S., WILSON, E. & YEBOAH, G., 2016. Financial Implications of Car Ownership and Use: A Social and Spatial Distributional Analysis. In: University Transport Studies Group (UTSG) 48th Annual Conference [en línea]. Bristol, UK: s.n., Disponible en: <https://uwe-repository.worktribe.com/output/917756>.

CHRISTIANSEN, P., FEARNLEY, N., HANSEN, J.U. & SKOLLERUD, K., 2017. Household parking facilities: Relationship to travel behaviour and car ownership. *Transportation Research Procedia* [en línea], vol. 25, pp. 4185-4195. ISSN 23521465.

CRTM, 2020a. Datos Abiertos CRTM. [en línea]. [Consulta: 15 abril 2020]. Disponible en: <https://data-crtm.opendata.arcgis.com/>.

CRTM, 2020b. EDM 2018 [en línea]. 2020. S.l.: s.n. [Consulta: 27 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.crtm.es/conocenos/planificacion-estudios-y-proyectos/encuesta-domiciliaria/edm2018.aspx#>.

DARGAY, J.M., 2001. The effect of income on car ownership: Evidence of asymmetry. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 35, no. 9, pp. 807-821. ISSN 09658564.

DARGAY, J.M. & VYTHOULKAS, P.C., 1999. Estimation of a dynamic car ownership model: A pseudo-panel approach. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 33, no. 3, pp. 287-302. ISSN 00225258.

DÍAZ-PACHECO, J. & GARCÍA-PALOMARES, J.C., 2014. Urban Sprawl in the Mediterranean Urban Regions in Europe and the Crisis Effect on the Urban Land Development: Madrid as Study Case. *Urban Studies Research*, vol. 2014, pp. 1-13. ISSN 2090-4185

DING, C., WANG, Y., YANG, J., LIU, C. & LIN, Y., 2016. Spatial heterogeneous impact of built environment on household auto ownership levels: evidence from analysis at traffic analysis zone scales. *Transportation Letters* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 26-34. ISSN 1942-7867.

GAKENHEIMER, R., 1999. Urban mobility in the developing world. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 33, no. 7-8, pp. 671-689. ISSN 09658564.

GALLO RIVERA, M.T. & GARRIDO YSERTE, R., 2012. Una aproximación a la estructura urbana policéntrica en la Comunidad de Madrid. *ACE: Architecture, City and Environment* [en línea], vol. 18, pp. 361-378. ISSN 1886-4805. Disponible en: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_22.pdf.

GIULIANO, G. & DARGAY, J., 2006. Car ownership, travel and land use: A comparison of the US and Great Britain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 40, no. 2, pp. 106-124. ISSN 09658564.

GOLOB, T.F., 1989. The Causal Influences of Income and Car Ownership on Trip Generation by Mode. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 23, no. 2, pp. 141-162. ISSN 00225258.

GOMEZ, J., PAPANIKOLAOU, A. & VASSALLO, J.M., 2016. Measuring regional differences in users' perceptions towards interurban toll roads. *Journal of Transport Geography* [en línea], vol. 54, pp. 22-33. ISSN 09666923 Disponible en:

GU, G., FENG, T., YANG, D. & TIMMERMANS, H., 2020. Modeling dynamics in household car ownership over life courses: a latent class competing risks model. *Transportation* [en línea], no. 0123456789. ISSN 15729435. Disponible en:

GUERRA, E., 2015. The geography of car ownership in Mexico City: a joint model of households' residential location and car ownership decisions. *Journal of Transport Geography* [en línea], vol. 43, pp. 171-180. ISSN 09666923.

GUJARATI, D.N. y PORTER, D.C., 2009. *Basic Econometrics*. 5th. S.l.: McGraw-Hill. ISBN 9780073375779.

GUO, Z., 2013. Does residential parking supply affect household car ownership? The case of New York City. *Journal of Transport Geography* [en línea], vol. 26, pp. 18-28. ISSN 09666923.

HANUSHEK, E.A. & JACKSON, J.E., 1977. *Statistical Methods for Social Scientists* [en línea]. S.l.: Elsevier. ISBN 9780080918570. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20090220836>.

HANYING, Q., 2018. The Implementation and Welfare Effect of Vehicle Quantity Regulation Policy: A Case Study of Beijing Vehicle Quota System. *Cross-Cultural Communication*, vol. 14, no. 4, pp. 48-55.

INE, 2016. Urban Audit. [en línea]. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Estadistica/Areas-de-informacion-estadistica/Economia/Renta/Urban-Audit>.

KITAMURA, R., 1989. A causal analysis of car ownership and transit use. *Transportation*, vol. 16, no. 2, pp. 155-173. ISSN 00494488

KLEIN, N.J. & SMART, M.J., 2017. Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. *Transport Policy* [en línea], vol. 53, pp. 20-29. ISSN 0967070X.

LI, S. & ZHAO, P., 2017. Exploring car ownership and car use in neighborhoods near metro stations in Beijing: Does the neighborhood built environment matter? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 56, no. July, pp. 1-17. ISSN 13619209.

LIU, X., 2016. *Applied Ordinal Logistic Regression Using Stata. From Single-Level to Multilevel Modeling*. 1st. Los Angeles: SAGE Publications. ISBN 978-1-4833-1975-9.

MINISTERIO DE HACIENDA - DIRECCIÓN GENERAL DE CATASTRO, 2020. Difusión de datos catastrales. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.sedecatastro.gob.es/Accesos/SECAccDescargaDatos.aspx>.

MONZÓN, A., CASCAJO, R., ROMERO, C., CALZADO, R. LOPEZ, C., 2019. Informe del Observatorio de la Movilidad Metropolitana 2017. . Madrid:

MORIARTY, P. & HONNERY, D., 2008. Low-mobility: The future of transport. *Futures*, vol. 40, no. 10, pp. 865-872. ISSN 00163287.

OAKIL, A.T.M., MANTING, D. & NIJLAND, H., 2016. Determinants of car ownership among young households in the Netherlands: The role of urbanisation and demographic and economic characteristics. *Journal of Transport Geography* [en línea], vol. 51, pp. 229-235. ISSN 09666923.

OLSZEWSKI, P. & TURNER, D.J., 1993. New methods of controlling vehicle ownership and usage in Singapore. *Transportation*, vol. 20, no. 4, pp. 355-371. ISSN 00494488.

ORTÚZAR, J. de D. & WILLUMSEN, L.G., 2011. *Modelling Transport*. S.l.: s.n. ISBN 9780470760390.

RAPHAEL, S. & RICE, L., 2002. Car ownership, employment, and earnings. *Journal of Urban Economics*, vol. 52, no. 1, pp. 109-130. ISSN 00941190.

SANTOS, G., BEHRENDT, H., MACONI, L., SHIRVANI, T. & TEYTELBOYM, A., 2010. Part I: Externalities and economic policies in road transport. *Research in Transportation Economics* [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 2-45. ISSN 07398859.

SMITH, P., 1992. Controlling Traffic Congestion by Regulating Car Ownership: Singapore's Recent Experience. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 26, no. 1, pp. 89-95.

TOBARRA GÓMEZ, M.Á., LÓPEZ SANTIAGO, L.A., GÓMEZ SANZ, N. & CADARSO VECINA, M.Á., 2016. National and Sub-National Offshoring Impact on Employment: an Application To Madrid Region. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda Época*, vol. 1, no. 1, pp. 69-91. ISSN 1988-9046

VAN ACKER, V. & WITLOX, F., 2010. Car ownership as a mediating variable in car travel behaviour research using a structural equation modelling approach to identify its dual relationship. *Journal of Transport Geography* [en línea], vol. 18, no. 1, pp. 65-74. ISSN 09666923.

WANG, L., XU, J. & QIN, P., 2014. Will a driving restriction policy reduce car trips?-The case study of Beijing, China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 67, pp. 279-290. ISSN 09658564.

WANG, T., CHEN, J., WANG, C. & YE, X., 2018. Understand e-bicyclist safety in China: Crash severity modeling using a generalized ordered logit model. *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 6, pp. 1-11. ISSN 16878140.

ZEGRAS, C., 2010. The built environment and motor vehicle ownership and use: Evidence from Santiago de Chile. *Urban Studies*, vol. 47, no. 8, pp. 1793-1817. ISSN 00420980.