

Caracterización de las estructuras territoriales en zonas rurales y su influencia en los servicios de transporte. El caso de Castilla-La Mancha, España

David Alejandro Ramírez-Cajigas. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España.

Amparo Moyano. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, España.

RESUMEN | Este estudio plantea un análisis de tipologías territoriales que sirva como base para establecer estrategias futuras en el diseño de los servicios de transporte y la movilidad a servicios básicos en Castilla-La Mancha (España). Utilizando un modelo de clúster jerárquico de Ward, se clasificaron las áreas rurales según características demográficas, de actividad y de infraestructuras de transporte en cada una de las comarcas en las que se divide la región. Los resultados revelan claras diferencias al identificarse zonas con una cabecera de comarca relevante y de índole urbana, con un funcionamiento más monocéntrico, así como otras tipologías compuestas por municipios claramente rurales, con bajas densidades poblacionales y mayores distancias a los servicios básicos. Estas diferencias destacan la necesidad de estrategias de transporte adaptadas a cada tipología, enfocándose en las características locales. Se trata de un análisis clave para mejorar la accesibilidad y promover su sostenibilidad, ofreciendo un método replicable para la categorización territorial.

PALABRAS CLAVE | planificación territorial, distribución espacial, modelos de transporte.

ABSTRACT | *This study proposes an analysis of territorial typologies that will serve as a basis for establishing future strategies in the design of transportation services and mobility to basic services in Castilla-La Mancha (Spain). Using Ward's hierarchical clustering model, rural areas were classified based on the demographic, activity, and transport infrastructure characteristics in each of the counties into which the region is divided. The results reveal clear differences, identifying areas with a very significant county head of an urban nature operating in a more monocentric manner, as well as other typologies comprised of clearly rural municipalities with very low population densities and greater distances to basic services. These differences highlight the need for transport strategies adapted to each typology, focusing on local characteristics. This analysis is crucial for improving accessibility and promoting sustainability in rural communities, offering a replicable method for territorial categorization.*

KEYWORDS | *territorial planning, spatial distribution, transportation models.*

Recibido el 27 de diciembre de 2023, aprobado el 7 de febrero de 2024.
E-mails: davida.ramirez@uclm.es | amparo.moyano@uclm.es

Introducción

En la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente elaborada por la Comisión Europea, al igual que en su homóloga a nivel nacional en España, la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030, se identifica “hacer que la movilidad sea justa y para todos” como uno de los diez pilares de las estrategias futuras referentes a la movilidad a todas las escalas, poniendo así el foco en la denominada justicia o equidad en el transporte (términos anglosajones como *transport justice* o *transport equity*). En estas estrategias destacan los desafíos de la movilidad rural, situación ligada al denominado reto demográfico. En concreto en España, en la denominada “España vacía”, donde las densidades de población son extremadamente bajas, hay muchos municipios que no cuentan con servicios de salud, educativos, etc., y donde el transporte público es, en la mayoría de los casos, ineficiente o incluso inexistente. Por ello, el planteamiento de nuevas estrategias de movilidad hacia los municipios de cabecera en cada caso se convierte en fundamental para garantizar la accesibilidad a dichos servicios básicos.

En este sentido, existen algunas iniciativas orientadas a ofrecer soluciones a la movilidad en territorios rurales, la mayoría de ellas con base en la movilidad compartida y/o el transporte a la demanda; en este último caso, servicio de transporte público a ciertas zonas de baja densidad de población cuando realmente existe una demanda (DRT – *Demand-Responsive Transport*, en su terminología en inglés). Una de las más importantes es SMARTA, un proyecto a nivel europeo que pone el foco en la movilidad compartida y a la demanda, tratando de interconectarla con el transporte público, donde lo hubiera, y en el que, por el momento, se están desarrollando cinco experiencias piloto en distintos países europeos; entre ellos, España. También existen otras experiencias de ámbito nacional, como en Alemania, donde existen sistemas de transporte a la demanda ya implantados en diversas zonas rurales (König & Grippenkov, 2020), o en Países Bajos, donde se han desarrollado proyectos piloto de sustitución de líneas de autobús de servicio regular por sistemas de transporte a la demanda (Coutinho et al., 2020). En España destaca la reciente aprobación de los primeros proyectos piloto de “Transporte Sensible a la Demanda en Castilla-La Mancha”, en los que se pretende dar servicio de transporte, de manera flexible y dinámica, a las comarcas de la Serranía Alta de Cuenca y del Campo de Montiel.¹ También se están desarrollando proyectos similares en Castilla y León, con servicios de transporte público bajo demanda a las zonas más despobladas de la región.² Estas experiencias, aún en sus primeras etapas, muestran la necesidad de abordar los problemas de movilidad y el acceso limitado a los servicios básicos en las zonas rurales, proponiendo estrategias específicas para este tipo de territorios.

El planteamiento de estas estrategias de movilidad se encuentra con un primer paso crucial para la optimización y el buen funcionamiento de los sistemas de

1 Este proyecto se menciona en diversas noticias locales y regionales, como: <https://www.cmmedia.es/tv/en-profundidad/asi-transporte-sensible-demanda-sistema-transporte-responde-necesidades.html>

2 De nuevo, algunas noticias hacen referencia a estas experiencias de movilidad: <https://es.euronews.com/next/2023/09/21/espana-castilla-y-leon-palia-el-vacio-demografico-con-el-transporte-publico-bajo-demanda>

transporte que dan servicio a cada territorio: establecer la correcta delimitación de las zonas de actuación y caracterizarlas en función de las estructuras territoriales y los sistemas urbanos que las integran, considerando las áreas de influencia para cada uno de los servicios básicos y teniendo en cuenta las delimitaciones administrativas que puedan afectar a la planificación de los servicios de transporte. En este sentido, existen en la literatura algunos análisis de los diferentes tipos de servicios de transporte flexible, incluyendo rutas fijas de transporte público combinadas con servicios de transporte a la demanda y sus variaciones, que pueden adaptarse mejor a cada territorio (Denmark, 2012). Por tanto, para la adecuación de cada tipología de sistema de transporte y la posterior optimización de los servicios, es necesario conocer no solo las delimitaciones y áreas de influencia, sino también las características de las diferentes estructuras territoriales que definen las diferentes áreas. Cada una de las tipologías de servicios de transporte flexible se adecuará a cada estructura territorial, según sea la relación entre núcleos poblacionales que la componen, la definición de aquellos núcleos atractores según motivos de viaje y los distintos niveles jerárquicos existentes, así como las relaciones básicas de conectividad entre ellos.

Precisamente, esta investigación se centra en analizar las diferentes estructuras territoriales que pueden encontrarse en zonas rurales en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (España) y que, en definitiva, condicionarán las estrategias de los sistemas de transporte planteados en cada caso. Metodológicamente, para abordar la caracterización de las estructuras territoriales, se propone, en primer lugar, un análisis topológico, considerando variables relacionadas con los núcleos poblacionales (“nodos”), como el volumen y características de la población y los servicios y equipamientos disponibles, además de evaluar la distribución de estos y las infraestructuras de transporte (“arcos”) que vertebran cada territorio en cuestión; y en segundo lugar, se llevará a cabo la identificación de diferentes tipologías de estructuras territoriales que sirvan de base para la toma de decisiones en materia de movilidad y de los sistemas de transporte que se ajustan mejor a cada caso. Este estudio permitirá, también, realizar un análisis crítico sobre las delimitaciones establecidas y su influencia en las pautas de movilidad.

Revisión de la literatura: de las delimitaciones administrativas a las áreas de influencia

La comprensión de las zonas rurales ha evolucionado significativamente a lo largo de las últimas décadas. Originalmente, estas áreas se identificaban mediante características distintivas como la baja densidad poblacional y una predominante actividad agraria (Goerlich et al., 2016). A lo largo del tiempo, los estudios rurales han reflejado diversos enfoques, desde una perspectiva esencialista que veía lo rural como atrasado, hasta un enfoque territorial que reconoce el mundo rural como un espacio de múltiples funciones y dinámicas (Cloke et al., 2006). Más allá del estudio de las áreas rurales, la dicotomía entre lo rural y lo urbano ha sido también objeto de múltiples interpretaciones y debates, llevando a una percepción más integrada y relacional del territorio (Woods, 2009).

La delimitación y clasificación de áreas rurales ha sido un tema central en la organización territorial. Tradicionalmente en España, la densidad de población ha sido el principal criterio para dicha delimitación, aunque con algunas restricciones, relativas principalmente a la interacción y relaciones entre núcleos cercanos (Goerlich et al., 2016). Avanzando en este aspecto, se han propuesto sistemas de clasificación basados en criterios específicos, como la densidad poblacional y otras características geográficas; tal es el caso del documento legislativo español, que define cinco zonas rurales diferenciadas (Boletín Oficial del Estado [BOE], 2007). Una propuesta reciente de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) ha adaptado la clasificación tradicional, añadiendo criterios basados en la proximidad a ciudades de gran tamaño, lo que ha llevado a una tipología más detallada, que considera tanto la ruralidad como la conectividad (Reig Martínez et al., 2016).

La estructura y organización territorial es esencial para entender la dinámica entre áreas rurales y urbanas. En España, y especialmente en la comunidad de Castilla-La Mancha, se observa una estructura territorial policéntrica en la que esta interacción entre núcleos no se limita a una simple relación entre zonas rurales y ciudades cercanas. Así, emerge el concepto de “áreas funcionales urbanas” (*Functional Urban Areas* – FUA) como un referente para la organización territorial. Las FUA comprenden generalmente una ciudad central y sus zonas adyacentes, que mantienen una fuerte integración, principalmente socioeconómica. Estas zonas dependen del núcleo urbano central para el acceso a servicios, empleo y otras funciones, estableciendo conexiones de transporte y reflejando la influencia e interacción entre áreas (Escolano Utrilla, 2018; Pillet et al., 2013; Pillet et al., 2018).

En esta línea, existen otros estudios centrados en la definición de áreas de influencia urbano-rurales (URCA – *Urban-Rural Catchment Areas*, Áreas de Captación Urbano-Rurales). En ellos, se destaca el papel de las ciudades intermedias y pequeñas, pues pueden llegar a generar áreas de influencia que involucran volúmenes de población incluso superiores a los de las grandes ciudades (Cattaneo et al., 2022). Así, en las distribuciones más policéntricas del territorio, que suelen estar más representadas en estos ámbitos rurales, los núcleos urbanos más pequeños desempeñan un papel fundamental en la constitución de amplias zonas de influencia (Bertram & Chilla, 2023), al contar en muchos casos con los servicios básicos necesarios para la población del lugar. Por tanto, la clasificación y conceptualización de los territorios es esencial para comprender las dinámicas regionales y urbanas. Es fundamental identificar si el sistema existente es monocéntrico o policéntrico en cada región, pues no siempre es correcto asumir que la vida cotidiana de la población se relaciona con las unidades territoriales más grandes (Sýkora & Mulíček, 2009), sino que deben considerarse las características intrínsecas de cada región y, por lo tanto, identificar sus áreas funcionales urbano-rurales o, incluso, las denominadas “áreas funcionales rurales” (FRA – *Functional Rural Areas*) (Rusu et al., 2022). Estas FRA buscan una comprensión más profunda de las relaciones existentes en ámbitos rurales, en los que, en muchas ocasiones, los servicios básicos (sanitarios, educativos, etc.) pueden seguir patrones de distribución espacial diferentes según sea la naturaleza del propio servicio en cuestión, generando niveles de accesibilidad distintos en cada caso (Rusu et al., 2022). De hecho, la elección modal de transporte ya sea en ámbitos urbanos,

suburbanos o rurales, está intrínsecamente ligada a la estructura territorial y, como bien es sabido, en modelos y estructuras más descentralizadas, ligadas a estructuras territoriales policéntricas, existe un mayor uso del automóvil privado para todos los propósitos de viaje (Schwanen et al., 2001).

A lo largo del tiempo, la forma de abordar la accesibilidad espacial ha evolucionado, adaptándose a las necesidades y características específicas de los territorios. Originalmente, el enfoque principal se centraba en el área de influencia de un punto específico, lo que hacía a través de un análisis del volumen de población asignada a un punto de servicio en particular (Mallick & Routray, 2001). En estos estudios, la impedancia, en distancias o tiempos de acceso, es fundamental en las medidas de accesibilidad, especialmente en zonas rurales donde el vehículo privado es el principal medio de transporte debido a la falta o ineficiencia de alternativas como el ferrocarril o los servicios de autobús (Martínez Sánchez-Mateos, 2018). De hecho, dado que el acceso a través de la red de carreteras es esencial en áreas rurales, se han planteado algunos indicadores en la literatura, como el Índice de Acceso Rural (*Rural Access Index* – RAI), que determinan el volumen de población rural que vive a una distancia inferior a dos kilómetros de una vía de acceso rodado (Soseco, 2016).

Sin embargo, las metodologías se han diversificado para ofrecer perspectivas más detalladas, especialmente en ámbitos suburbanos o rurales. Por ejemplo, es de especial interés la definición de las denominadas “áreas de captación flotantes” (*Floating Catchment Areas* – FCA) y sus metodologías derivadas de 2SFCA y 3SFCA (áreas de captación flotantes de dos y tres pasos, respectivamente), que buscan abordar los desafíos relacionados con la oferta y demanda de servicios. En estos métodos, se considera qué población está dentro del alcance de cada proveedor de servicios y cómo se distribuyen los servicios en la población (McGrail & Humphreys, 2009; Wan et al., 2012). Algunos estudios comparan los métodos FCA con otros enfoques, como los conocidos modelos MNL (*multinomial logit*, en inglés), en los que se incluyen aspectos de comportamiento y elección de la población para acceder a un determinado destino, adicionalmente al tiempo de acceso al mismo. Aunque las pautas de accesibilidad son similares, existen ciertas diferencias en cuanto a los patrones espaciales de las áreas de captación, estimando los MNL valores más altos de accesibilidad en zonas suburbanas y rurales que los FCA (Demitiry et al., 2022).

Estos factores, junto con los métodos mencionados, brindan una comprensión más profunda de la accesibilidad y subrayan la importancia de adaptar los análisis y políticas a las características específicas de cada territorio. Para identificar esas características particulares de las distintas áreas que podemos encontrar en entornos rurales, se hace necesario un análisis detallado de las estructuras territoriales que las definen. Precisamente en este artículo, se aborda la identificación de tipologías de estructuras territoriales en zonas rurales, en función de distintas características territoriales y de distribución y acceso a servicios básicos, que servirán como base para establecer estrategias futuras específicas de movilidad y accesibilidad en estos territorios.

Caso de estudio: Castilla-La Mancha

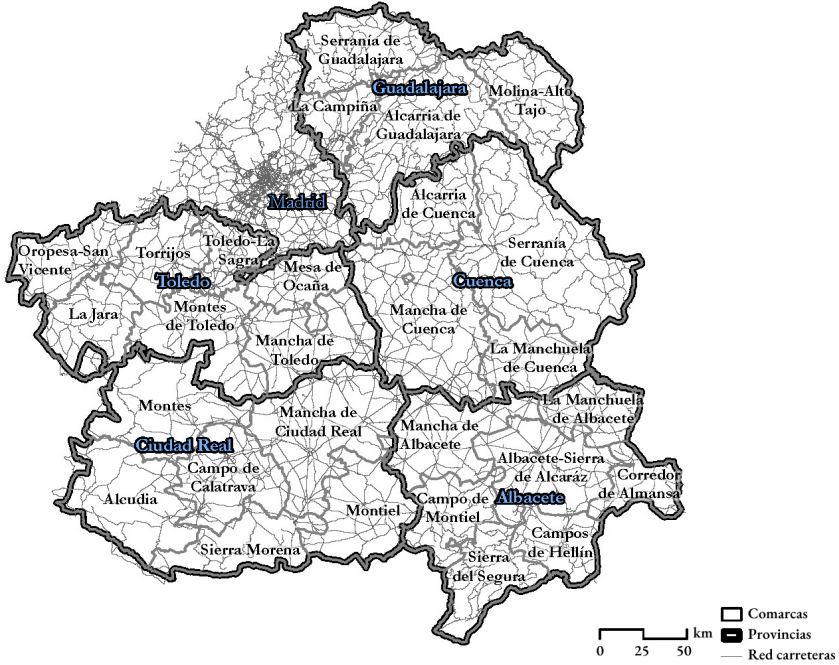
Esta investigación se centrará en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, como una de las regiones españolas más involucradas en los procesos de despoblación y retos demográficos. En cuanto a la estructura y organización territorial, que resulta esencial para entender la dinámica entre áreas rurales y urbanas, se observa en Castilla-La Mancha una dinámica policéntrica, en la que se refleja una serie de núcleos urbanos o centros de actividad que actúan como nodos de empleo, comercio y otros servicios (Cañizares Ruiz & Martínez Sánchez-Mateos, 2014; Pillet et al., 2018). Su coexistencia en una región resulta en una estructura urbana distribuida, en lugar de tener un único centro dominante, lo que marcará las interacciones entre todos los núcleos poblacionales. Las ventajas de este modelo policéntrico incluyen la distribución de la congestión, la optimización de las infraestructuras de transporte y una mejor accesibilidad a servicios y oportunidades de empleo (Escolano Utrilla, 2018).

En la actualidad, la región cuenta con cinco provincias, las cuales a su vez se subdividen en 28 comarcas (Figura 1), en donde se encuentran los 919 municipios, de los que 639 (casi el 70% del total) tienen una población inferior a los mil habitantes (Figura 2). Estos se concentran principalmente en las provincias de Cuenca y Guadalajara, mientras que los municipios más poblados se encuentran en las zonas limítrofes del área metropolitana de Madrid (partícipes de muchas de las dinámicas metropolitanas), así como en la zona de La Mancha (zona central de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha).

Estas diferencias en cuanto a estructura territorial y necesidades de desarrollo se han reflejado en la “Estrategia frente a la Despoblación en Castilla-La Mancha 2021-2031”, en el marco de la Ley de medidas frente a la despoblación 2021, cuyo objetivo principal es “atender los cambios demográficos presentes y futuros en Castilla-La Mancha y garantizar la funcionalidad de las zonas menos pobladas, dando respuestas a las necesidades de la población en materia de movilidad, conectividad, emprendimiento o prestación de servicios públicos” (Gobierno Castilla-La Mancha, 2020). En esta estrategia se definen áreas de la región, identificando el riesgo frente a la despoblación que sufren (Figura 3). Como puede observarse, gran parte de la superficie de la región se encuentra en riesgo de “extrema o intensa despoblación”. Solamente las zonas periurbanas asociadas a las capitales de provincia, alguna otra ciudad importante y la zona central conocida como La Mancha, quedan excluidas de las zonas de riesgo.

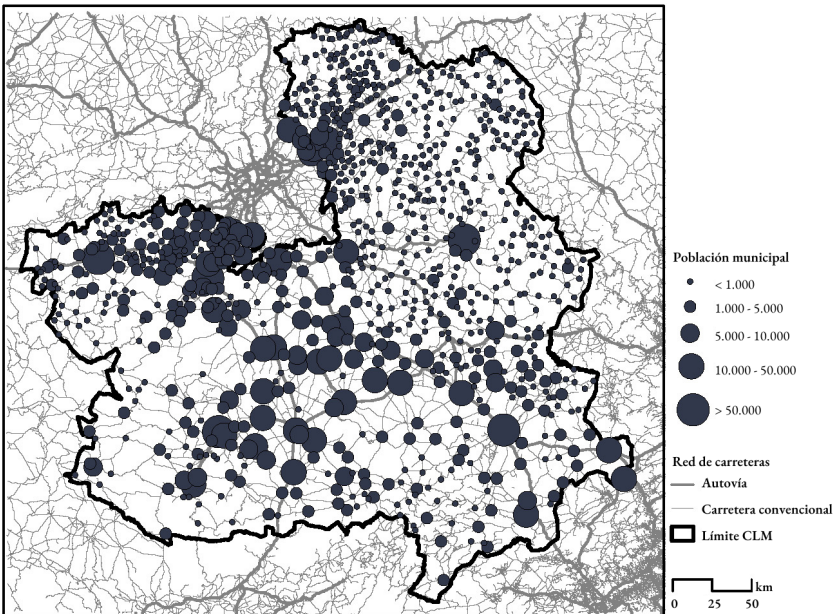
Por otro lado, además de ser uno de los casos de estudio más relevantes en materia de despoblación en entornos rurales, Castilla-La Mancha, tal y como se mencionaba en la introducción, es la región pionera a nivel nacional en el desarrollo del proyecto piloto de “Transporte sensible a la demanda”, aplicado a las comarcas de Serranía Alta-Alcarria en Cuenca y de Campo de Montiel en Ciudad Real y Albacete. Todo ello justifica la elección del caso de estudio para esta investigación.

FIGURA 1 | División administrativa Castilla-La Mancha, en comarcas y provincias



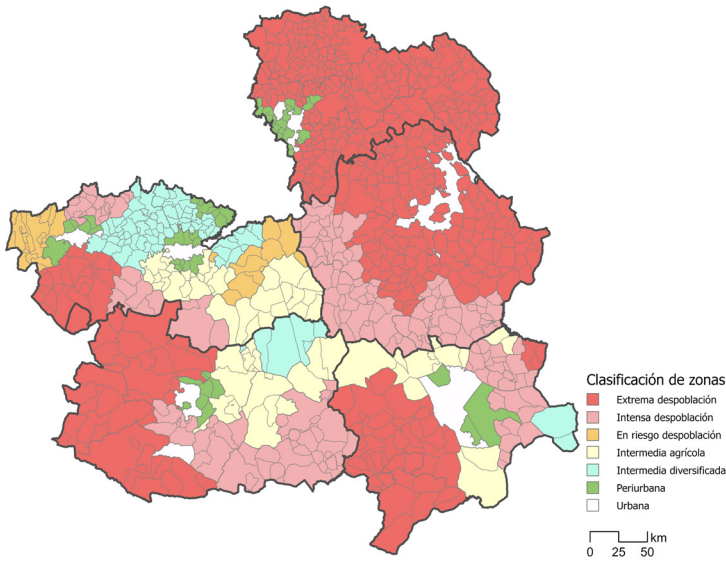
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

FIGURA 2 | Distribución poblacional y red de carreteras de Castilla-La Mancha



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

FIGURA 3 | Delimitación de zonas conforme a la Ley de Medidas frente a la Despoblación



FUENTE: GOBIERNO DE CASTILLA-LA MANCHA (2020), P. 168.

Metodología

En esta investigación se propone identificar tipologías de estructuras territoriales en zonas rurales de Castilla-La Mancha. Basado en variables relacionadas con los núcleos poblacionales, el estudio considera aspectos como el tamaño y características demográficas de la población, así como la disponibilidad de servicios y equipamientos, y también variables relacionadas con la red de infraestructuras de transporte que conectan estos nodos y que dan acceso a servicios básicos. Este enfoque nos permite identificar diferentes tipologías de estructuras territoriales, las cuales son fundamentales para la toma de decisiones en materia de movilidad y para seleccionar los sistemas de transporte más adecuados para cada clúster específico.

Las comarcas como delimitación territorial, determinadas por atributos territoriales, históricos y socioeconómicos, se escogieron como unidades de análisis debido a su relevancia en la configuración de la prestación de servicios públicos en España.

Metodológicamente, para la identificación de tipologías de estructuras territoriales se optó por el *clustering* jerárquico de Ward. Esta técnica es la que se alineaba mejor con los objetivos del estudio, debido a su robustez y eficacia en la creación de clústeres con una alta coherencia interna y una distinción clara entre ellos, maximizando así la homogeneidad dentro de los clústeres y la heterogeneidad entre los mismos, en consonancia con las recomendaciones de la literatura (Rey et al., 2023). Esta técnica se aplica a las 28 comarcas en las que se divide la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (Figura 1). La delimitación comarcal en España está determinada por atributos territoriales y naturales, pero también históricos y

socioeconómicos. La elección de esta delimitación para la presente investigación se debe principalmente a que diversos proyectos piloto sobre planificación del transporte en Castilla-La Mancha optaron por esa zonificación (ver sección “Caso de estudio” de este artículo).

Una vez decidida la delimitación territorial, para el desarrollo metodológico es fundamental la selección de variables. En la revisión de la literatura, queda claro que la distribución y densidad de población son variables fundamentales para este tipo de estudios y, de hecho, aparecen incluidas en la mayoría de los análisis (Goerlich et al., 2016; Reig Martínez et al., 2016; Sýkora & Mulíček, 2009). Además, existen otros indicadores relacionados con los servicios de transporte, como la densidad de infraestructuras por habitante o unidad de superficie (Soseco, 2016), o indicadores más complejos de medidas de accesibilidad. Estos también tienen una relevancia significativa y se plantean con distintos enfoques en la literatura, bien como indicadores de accesibilidad a las poblaciones del entorno (Reig Martínez et al., 2016; Rusu et al., 2022) o a distintos servicios básicos (Martínez Sánchez-Mateos, 2018).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en este estudio, se seleccionaron siete variables³ particularmente indicativas para la identificación de las tipologías territoriales y de la accesibilidad a los servicios básicos. Cada una de las variables seleccionadas cumple un papel fundamental en el análisis, reflejando aspectos críticos de la estructura territorial y la accesibilidad a servicios en Castilla-La Mancha. A continuación, se detalla la descripción y relevancia de cada una:

1. ‘N_municipios_Km2’: Esta variable representa la densidad de municipios por kilómetro cuadrado. Al observar la distribución de los municipios dentro de un área determinada, se puede inferir el grado de fragmentación administrativa.
2. ‘Densidad población’: Se refiere a la densidad de población, en hab./km². Esta variable es un indicador clásico de la demografía que refleja la cantidad de personas residentes por unidad de área. Su importancia radica en que una mayor densidad de población garantiza habitualmente la existencia de servicios básicos en distancias próximas, aunque también puede implicar una mayor demanda de servicios, así como importantes desafíos en la movilidad y el acceso a recursos, cuando la densidad es baja.
3. ‘Población principal’: Esta métrica representa el valor de la población del municipio de mayor tamaño en cada comarca, que puede actuar, en la mayoría de los casos, como la cabecera de comarca, centralizando los servicios y condicionando la influencia urbana en la región.

3 Al inicio, más de 90 variables fueron analizadas, relacionadas con aspectos puramente poblacionales, territoriales o de infraestructura y conectividad. Entre todas ellas, se seleccionaron siete, específicamente aquellas que representaban de forma coherente el conjunto de todas ellas, evitando correlaciones y permitiendo una comparación justa y homogénea entre los componentes de la muestra de comarcas analizadas.

4. 'Densidad_carreteras_principales': Mide la densidad de las carreteras principales (autovías, autopistas y carreteras nacionales) por kilómetro cuadrado. Esta variable tiene relación directa con el nivel de conectividad y accesibilidad.
5. 'Media_Tiempo_CSalud': Esta variable indica el tiempo medio de acceso desde los municipios de cada comarca a su centro de salud más próximo, reflejando con ello la accesibilidad media general al sistema básico de salud. Es un indicador directo de la eficacia del sistema de transporte y la proximidad/distribución de los servicios sanitarios. Se consideran los centros de salud como indicador básico de localización de puntos atractores de desplazamientos dentro de cada comarca. La existencia de centros de salud suele ir acompañada de la disponibilidad de servicios educativos básicos, entre otros.
6. 'DStd_tiempo_CSalud': Esta variable representa la desviación típica de los tiempos de viaje de los municipios de cada comarca al centro de salud más cercano, indicando la variabilidad de la accesibilidad a los servicios de salud. Una desviación temporal baja sugiere que la mayoría de la población puede acceder a los servicios de salud en un tiempo similar, mientras que una alta desviación indica una mayor disparidad.
7. 'Máximo_ tiempo_CSalud': Esta variable representa el valor máximo de los tiempos de acceso de los municipios a su centro de salud más próximo. Está diseñada para capturar los extremos en la accesibilidad a los servicios de salud, indicando el peor escenario en términos de tiempos de desplazamiento en cada comarca. Esta métrica puede ser crucial para la planificación de respuestas a emergencias y para garantizar que los servicios de salud sean razonablemente accesibles para todos los residentes, independientemente de su ubicación dentro de la comarca.

La selección de estas variables, por lo tanto, no fue arbitraria; se basó en su capacidad para proporcionar una comprensión integral y detallada de las características territoriales y de la accesibilidad a servicios esenciales, siguiendo además referencias similares en la literatura. En concreto, las primeras cuatro variables se refieren a densidad y concentración de la población y de las infraestructuras de transporte en cada territorio, así como a la organización y delimitaciones administrativas encontradas en cada caso. El segundo bloque se centra en la accesibilidad, medida en tiempos de acceso a servicios básicos de salud, pues están claramente identificados en la literatura como servicios clave en territorios rurales (Martínez Sánchez-Mateos, 2018; McGrail & Humphreys, 2009; Wan et al., 2012). Además, con el fin de representar la variabilidad de la accesibilidad en cada zona según el origen, se consideran no solo los valores medios, sino también las desviaciones típicas y los máximos en cada caso. En definitiva, cada una de las variables aporta una dimensión única al análisis, permitiendo construir un modelo robusto que pueda informar eficazmente las decisiones políticas y de planificación.

Para el cálculo de todas estas variables, se realizó una extensa recopilación de datos multidimensionales, los cuales abarcan desde la densidad poblacional hasta

la infraestructura de transporte. Estos datos, extraídos de fuentes públicas⁴ y manejados con herramientas de análisis avanzadas como ArcGIS Pro, Matlab y Python, se sometieron a un riguroso ejercicio de preprocesamiento y limpieza.

Una vez depurados los datos, se procedió a una normalización estadística, utilizando la función 'zscore' (1), garantizando así que la contribución de cada variable al análisis clúster jerárquico de Ward fuera uniforme y comparable:

$$Z = \frac{(x-\mu)}{\sigma} \quad (1)$$

donde μ es la media y σ es la desviación típica.

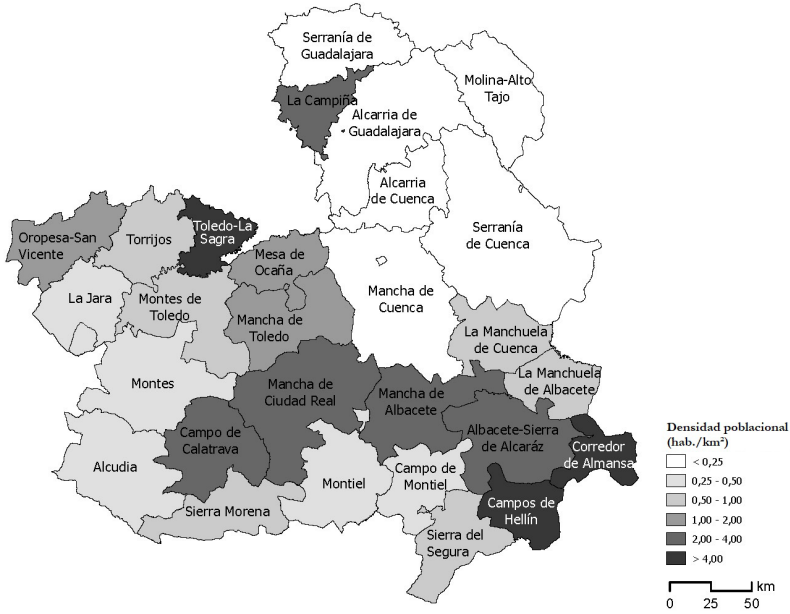
Resultados

Tal y como se menciona en la presentación de la metodología, para la identificación de tipologías estructurales dentro de Castilla-La Mancha se empleó una serie de variables características de las comarcas de la región. Se trata de territorios que presentan una variabilidad notable en términos de densidad poblacional y de infraestructura viaria, así como de distribución de servicios básicos, como se evidencia en las figuras adjuntas. La Figura 4 ilustra la densidad poblacional, revelando una mayor concentración en ciertas áreas cercanas a Madrid, capital de España, y en el corredor de conexión desde la misma hacia la costa del mar Mediterráneo. Por el contrario, destacan zonas con densidades de población extremadamente bajas, especialmente en las provincias de Guadalajara y Cuenca, y también al oeste y sur de la región, con valores inferiores a 0,5 hab./km². Por otro lado, la Figura 5 muestra la densidad de carreteras principales, un indicador clave de la conectividad regional y el acceso a servicios y oportunidades. Aquí, las zonas con una densidad superior a 17 km/km² se correlacionan con áreas de actividad intensificada a nivel regional y una mayor población, generando una ruta con mayor densidad evidente en el corredor Madrid-Levante, anteriormente mencionado.

Una vez calculadas estas y otras variables características, se lleva a cabo el análisis clúster jerárquico de Ward. Tras emplear los métodos anteriormente descritos en la sección de metodología, se identificaron cinco tipologías de estructuras territoriales en Castilla-La Mancha. Cada una de estas tipologías presenta características distintas en términos de población, servicios y accesibilidad respecto a las demás.

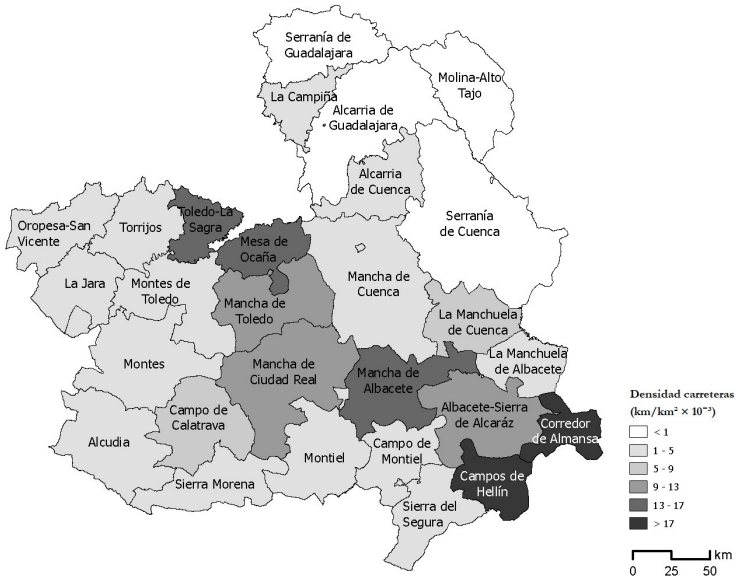
4 Datos obtenidos de las fuentes Instituto Nacional de Estadística (INE), España (<https://www.ine.es/index.htm>) y Portal de Datos Geográficos Abiertos, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (<https://datos-abiertos-castillalamancha.opendata.arcgis.com/>).

FIGURA 4 | Densidad de población



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

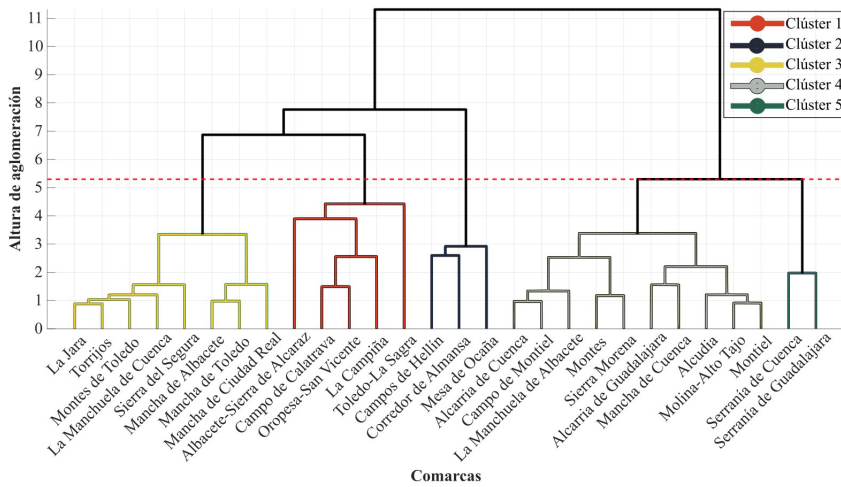
FIGURA 5 | Densidad de carreteras principales



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

El dendrograma presentado ilustra la agrupación jerárquica de las comarcas estudiadas, resultando en la identificación de cinco clústeres distintos (Figura 6). Estos clústeres se determinaron mediante la aplicación de un criterio de corte en la altura de aglomeración, en este caso de 5,48 unidades, como se indica con la línea roja discontinua en la figura. Este nivel se eligió para maximizar la similitud (homogeneidad) dentro de los clústeres y la disimilitud (heterogeneidad) entre ellos.

FIGURA 6 | Dendrograma obtenido mediante el análisis de clústeres. Cada color indica un clúster distinto



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La selección del punto de corte a una altura de aglomeración de 5,48, que define la formación de cinco clústeres distintos, fue una decisión estratégica basada en criterios cuantitativos y cualitativos. Cuantitativamente, este umbral fue elegido para optimizar la cohesión homogénea interna de los clústeres y maximizar la disimilitud (heterogeneidad) entre ellos, como se refleja en el análisis de consistencia interna y la observación de un salto notable en la distancia de aglomeración en este nivel. Cualitativamente, el punto de corte se alinea con una interpretación lógica de la estructura de los datos, proporcionando una segmentación que revela diferencias significativas entre las comarcas en términos de las variables estudiadas. Este equilibrio entre la precisión estadística y la relevancia contextual asegura que la división en cinco clústeres es tanto metodológicamente sólida como interpretativamente significativa.

Así, los resultados obtenidos se pueden visualizar geográficamente en el mapa de clústeres, mostrado en la Figura 7, donde se observa cuáles comarcas guardan similitudes entre sí. Este mapa viene acompañado de la representación tabulada de valores promedio no normalizados de las variables representativas de cada clúster (Tabla 1) y de la distribución de estadística de cada variable mediante diagramas de caja y bigotes (Figura 8).

Los clústeres obtenidos son los siguientes:

Clúster 1 – Zonas urbanas densamente pobladas. Este clúster incluye zonas con una cabecera de comarca muy marcada, definida por una población principal de mucha entidad, en términos comparativos (alrededor de 100.000 hab.). Además, cuenta con una densidad de población de las más elevadas dentro del caso de estudio, con un promedio de 3,58 hab./km² y una infraestructura de carreteras principales bien desarrollada. Esto sugiere que son zonas urbanas densamente pobladas, con buena distribución y densidad de servicios básicos, lo que se traduce en un buen acceso a los mismos. En concreto, este clúster presenta tiempos de acceso promedio al centro de salud más cercano de solo 7,95 minutos.

Clúster 2 – Áreas en periferias metropolitanas. Este clúster incluye tres comarcas en las que destaca la alta densidad de carreteras principales, lo que señala un acceso a infraestructuras de transporte mejor que la media, debido a su conexión con la capital del país, Madrid, en el norte y con el levante español, con ciudades importantes como Alicante y Valencia. A pesar de tener las densidades de población más altas, de 3,95 hab./km², la población principal no es tan grande, lo que indica una distribución más homogénea y cierto policentrismo. En este caso, los tiempos de acceso a servicios básicos de salud se caracterizan por tiempos medios bajos, de 8,45 minutos, pero con una desviación estándar de 9,50 minutos, y un tiempo máximo de acceso de los más elevados de toda la muestra.

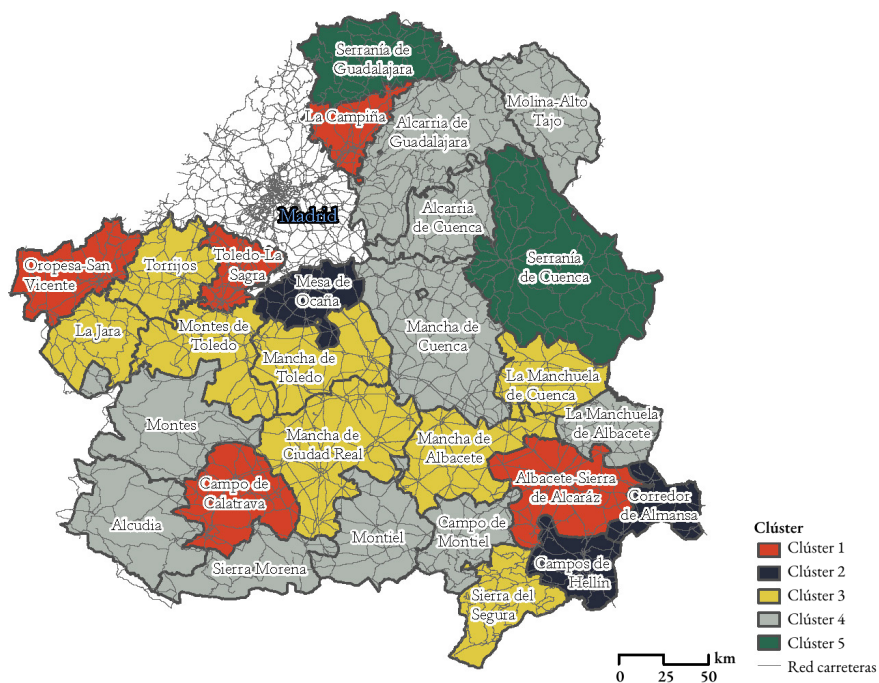
Clúster 3 – Zonas de transición urbano-rurales. Este clúster, compuesto por ocho comarcas, engloba zonas relativamente pobladas, con municipios de tamaño medio, en términos relativos, lo que se traduce en densidades poblacionales medias dentro de la muestra. Además, en estos territorios, prácticamente todos los municipios tienen entidad suficiente para contar con servicios básicos de salud y/o educativos. Esto garantiza una buena accesibilidad a servicios básicos, siendo el tiempo medio al centro de salud el más bajo de todos los clústeres, con 6,36 minutos y una desviación estándar de 5,35 minutos, lo que indica una eficiencia notable en el acceso a servicios de salud para estas comunidades pequeñas.

Clúster 4 – Zonas rurales con baja accesibilidad a servicios básicos. Este clúster incluye diez comarcas y presenta densidades de población muy bajas, en torno a 0,33 hab./km², y no cuenta con una cabecera de comarca destacada, siendo la población media del municipio principal de unos 5.000 habitantes. Esto hace que la existencia de servicios básicos en los municipios sea limitada; además, no cuentan con una buena red de carreteras principales en todo el territorio, lo que se traduce en valores bajos de accesibilidad a centros de salud, presentando promedios superiores a los 11 minutos y valores máximos cercanos a los 30 minutos de acceso.

Clúster 5 – Zonas rurales con muy baja accesibilidad a servicios básicos. Este clúster incluye solamente dos comarcas y representa un caso particular, y más extremo, del clúster anterior. Las densidades de población y de carreteras principales son extremadamente bajas, con valores promedio de 0,077 hab./km² y 6,8·10⁽⁻⁴⁾ km/km², que representan los valores más bajos de toda la muestra. Los tiempos promedio y máximos para llegar a los centros de salud son muy altos, alcanzando casi los 15 minutos de media y más de 50 minutos en los casos más extremos, lo que indica un acceso muy limitado a servicios básicos; en este caso, de salud. Este clúster

representa, junto con el anterior, las comarcas con los mayores desafíos en términos de accesibilidad.

FIGURA 7 | Clústeres obtenidos referentes a las tipologías de estructuras territoriales en Castilla-La Mancha



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

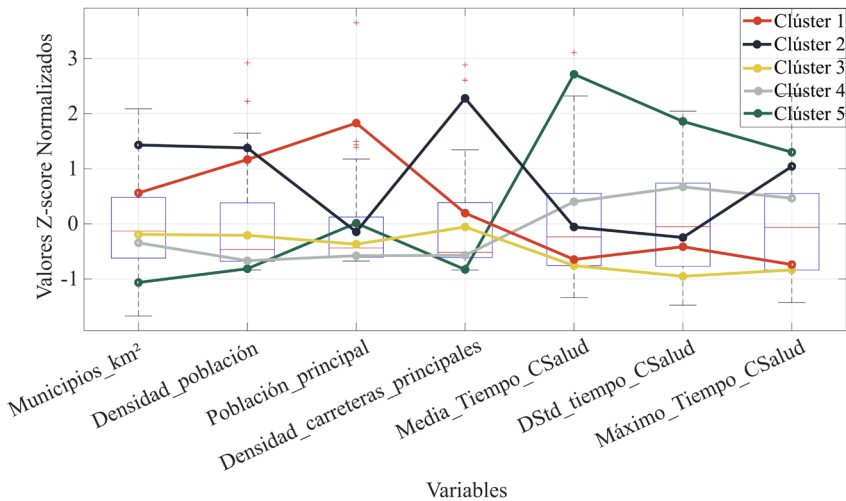
Una vez analizadas las cinco tipologías de estructuras territoriales y detectadas sus características, podemos ver las similitudes entre ellas. Al analizar nuevamente los resultados del dendrograma (Figura 6), se observa una división principal con dos ramas distintas. La primera incluye los clústeres 1, 2 y 3, mientras que la segunda conduce a los clústeres 4 y 5. Esta estructura jerárquica sugiere una diferenciación fundamental entre dos grandes grupos de comarcas antes de su posterior segmentación. Tales grupos representan, por un lado, las zonas urbanas, con ciudades principales que actúan de cabecera o con una fuerte influencia metropolitana, en las que todos los esfuerzos deberán centrarse en casos particulares de ciertos municipios más aislados; y, por otro, los territorios, principalmente rurales, con los mayores desafíos en cuanto a estrategias de movilidad y accesibilidad a servicios básicos.

TABLA I | Valores promedio no normalizados de las variables representativas de cada clúster

CLÚSTER	N_ MUNICIPIOS_ KM ² (MUN./KM ² * 10 ⁻⁴)	DENSIDAD POBLACIÓN (HAB./KM ²)	POBLACIÓN PRINCIPAL (HAB.)	DENSIDAD_ CARRETERAS_ PRINCIPALES (KM/KM ² * 10 ⁻³)	MEDIA_ TIEMPO_ CSALUD (MIN.)	DSTD_ TIEMPO_ CSALUD (MIN.)	MÁXIMO_ TIEMPO_ CSALUD (MIN.)	COMARCAS
1	5,17	3,58	100598,20	8,23	7,95	5,56	19,26	5
2	6,65	3,96	22633,67	23,62	8,45	9,50	25,16	3
3	3,89	1,15	13761,13	6,39	6,36	5,35	18,16	8
4	3,63	0,33	5524,60	2,58	11,18	8,22	29,74	10
5	2,41	0,08	28874,00	0,68	14,70	10,07	52,85	2

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

FIGURA 8 | Diagramas de cajas y bigotes para las variables consideradas y representación de los valores medios normalizados para cada clúster



NOTA: ES CRUCIAL DESTACAR QUE, SIGUIENDO LA REGLA DE TUKEY PARA LA DETECCIÓN DE OUTLIERS (MÉTODO DE BIGOTES DE TUKEY), SE DEFINIERON LOS 'BIGOTES' DEL BOXPLOT HASTA 1,5 VECES EL RANGO INTERCUARTÍLICO (IQR) POR ENCIMA Y POR DEBAJO DEL PRIMER Y TERCER CUARTIL (Q1 Y Q3), RESPECTIVAMENTE

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la primera de las ramas puede observarse una subdivisión en la que el clúster 2 se separa de los clústeres 1 y 3. Esto implica que las comarcas dentro de este clúster presentan diferencias más destacadas con respecto a las características de los clústeres 2 y 3, señalando que la influencia metropolitana genera unos sistemas de núcleos urbanos que deben entenderse de manera aislada, con estrategias específicas de mejora.

En la segunda rama del dendrograma emergen los clústeres 4 y 5. Esta rama representa una agrupación distinta de comarcas con respecto a la primera rama, mostrando separación en una altura intermedia que sugiere menores diferencias en las características de las comarcas que conforman los grupos en referencia, lo que permite adoptar en estos territorios estrategias similares para la mejora de los servicios de transporte. La interpretación de estos hallazgos subraya la complejidad del conjunto de datos y pone de relieve la importancia de un enfoque jerárquico en el análisis de clúster, aproximación que permite capturar las múltiples capas de relaciones entre las comarcas.

Discusión y conclusiones

Este estudio se centra en la identificación, en función de una serie de variables territoriales y de transporte, de distintas tipologías de estructuras territoriales en regiones rurales de Castilla-La Mancha, España, que sirvan como base para el

planteamiento futuro de estrategias de mejora de la movilidad y la accesibilidad a servicios básicos en estas zonas poco pobladas. La investigación subraya la necesidad de definir meticulosamente las variables de transporte y territoriales para la clasificación de las estructuras existentes en clústeres, con el objetivo primordial de optimizar y orientar los criterios de planificación futura de los sistemas de transporte, tanto privados como públicos, y desarrollar alternativas que incrementen la accesibilidad a servicios básicos en áreas rurales.

El método de clasificación jerárquica de Ward se presenta como una estrategia prometedora para la identificación de clústeres a nivel territorial. En un escenario donde la movilidad y el acceso a servicios básicos en zonas rurales están siendo evaluados a nivel mundial, este estudio se enfoca en analizar los factores que influyen en la identificación tipológica de estructuras territoriales y sus delimitaciones administrativas. En concreto, se identifican cinco clústeres que pueden, a su vez, incluirse en dos grandes ramas. La primera comprende zonas urbanas o de transición, donde la existencia de servicios básicos está garantizada en casi todos los municipios y, por tanto, los desafíos de movilidad se centrarán en casos muy específicos o para otro tipo de servicios y equipamientos. En este grupo se distinguen zonas con una cabecera de comarca muy marcada, principalmente capitales de provincia o ciudades integradas en zonas rurales; y también otras claramente influidas por las dinámicas metropolitanas a nivel nacional. La segunda incluye las zonas claramente rurales, donde la accesibilidad a servicios básicos es muy deficiente y en las que se deben plantear estrategias más profundas para la mejora de los servicios de transporte. Este segundo gran grupo, aun considerando variables de estructura territorial diferentes, coincide con las zonas identificadas como de 'intensa' o 'extrema' despoblación en la Ley de Medidas frente a la despoblación (Figura 3). Ello confirma que una de las medidas claras necesarias de adoptar es la revisión de los servicios de transporte, explorando opciones que resulten más eficientes para dar servicio a estos territorios. En este sentido, se están ya planteando alternativas de transporte público sensible a la demanda, que pueden proporcionar, en muchos casos, un servicio más eficiente que el transporte público convencional. Así, la definición de estas tipologías de estructuras territoriales servirá como base para orientar los diferentes tipos de servicios de transporte flexible. Por ejemplo, en aquellas áreas con varios núcleos poblacionales relevantes, se podrán establecer corredores con rutas fijas de transporte que, combinadas con servicios de transporte a la demanda que actúen como 'alimentadores', puedan dar servicio a otros puntos menos poblados. En otras zonas más rurales y poco pobladas se deberán explorar distintas configuraciones de servicios de transporte a la demanda, adaptándolos a las singularidades del territorio (Denmark, 2012).

Esta clasificación en clústeres de las zonas de estudio abre una ventana hacia un abordaje uniforme del problema de transporte para todos los miembros de un mismo grupo. Tal metodología permite una evaluación más integral de la accesibilidad en vehículo privado y la eficiencia de las infraestructuras de transporte; y con ello, avanzar hacia una planificación más integrada y sensible a las particularidades de cada región.

A pesar de los hallazgos significativos de este estudio, es importante reconocer algunas limitaciones y áreas para futuras investigaciones. Es crucial resaltar que, además de las características territoriales de cada clúster comarcal, las variables de transporte son determinantes en la concepción de estrategias adaptadas a cada área. La asignación de municipios a centros de salud, influenciada por la proximidad, también se ve afectada por criterios como la capacidad y las necesidades sanitarias específicas, generando casos donde algunos núcleos poblacionales estarían vinculados a distritos sanitarios con centros de salud que no necesariamente son los más próximos en términos de tiempos de acceso. La asignación de servicios específicos en sectores como el sanitario, educativo o judicial se ve afectada por factores adicionales a la cercanía, y tienen que ver con decisiones políticas y/o sectoriales. Por tanto, será fundamental considerar el impacto de las decisiones políticas, administrativas y sectoriales en la asignación de recursos y servicios. Las decisiones políticas pueden tener un impacto significativo en la accesibilidad y la eficiencia del transporte, impacto que debe tenerse en cuenta, de manera adicional, a las estructuras territoriales analizadas en este estudio.

En conclusión, este estudio aporta una perspectiva valiosa para plantear estrategias futuras sobre la accesibilidad y la movilidad en Castilla-La Mancha, pudiendo plantearse, en un primer paso, la reestructuración de los sistemas de transporte en zonas rurales, para así incentivar una visión integrada y multifactorial que tenga en cuenta las características únicas de cada territorio, promoviendo una accesibilidad equitativa y eficiente.

Agradecimientos

Este artículo se enmarca en el proyecto “EsMaaS – TED2021-129623A-I00”, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR. Los autores agradecen, por tanto, la financiación recibida para este proyecto, además de otras ayudas de investigación proporcionadas por el Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación de la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).

Referencias bibliográficas

- Bertram, D. & Chilla, T. (2023). Polycentricity and accessibility in mountain areas: the Alpine case. *European Planning Studies*, 31(12), 2425-2445. <https://doi.org/10.1080/09654313.2022.2145874>
- Boletín Oficial del Estado (BOE). (2007). *BOE-A-2007-21493 Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21493>

- Cañizares Ruiz, M. del C. & Martínez Sánchez-Mateos, H. S. (2014). Ciudad Real y Puertollano. Áreas funcionales urbanas (FUA) y policentrismo en Castilla-La Mancha (España). *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 60(1), 31-55. <https://ceclmdigital.uclm.es/pdf.raw?query=id:0000317054&page=1&lang=es&view=global>
- Cattaneo, A., Adukia, A., Brown, D. L., Christiaensen, L., Evans, D. K., Haakenstad, A., McMenomy, T., Partridge, M., Vaz, S. & Weiss, D. J. (2022). Economic and social development along the urban-rural continuum: New opportunities to inform policy. *World Development*, 157, 105941. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2022.105941>
- Cloke, P., Marsden, T. & Mooney, P. (2006). *The Handbook of Rural Studies*. SAGE.
- Coutinho, F. M., Van Oort, N., Christoforou, Z., Alonso-González, M. J., Cats, O. & Hoogendoorn, S. (2020). Impacts of replacing a fixed public transport line by a demand responsive transport system: Case study of a rural area in Amsterdam. *Research in Transportation Economics*, 83, 100910. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100910>
- Demitiry, M., Higgins, C. D., Páez, A. & Miller, E. J. (2022). Accessibility to primary care physicians: Comparing floating catchments with a utility-based approach. *Journal of Transport Geography*, 101, 103356. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2022.103356>
- Denmark, D. (2012). Flexible and demand responsive transport review. En *Coverage Service Delivery Feasibility Study* (p. 63). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3423.7521>
- Escolano Utrilla, S. (2018). *Los espacios urbanos: Procesos y organización territorial. Elementos para su estudio en el grado de "Geografía y Ordenación del Territorio"*. Universidad de Zaragoza, España. <https://shorturl.at/evWDF>
- Gobierno Castilla-La Mancha. (2020). *Estrategia frente a la Despoblación en Castilla-La Mancha 2021-2031 | Gobierno de Castilla-La Mancha*. https://despoblacionguadalajara.es/wp-content/uploads/2023/06/Estrategia-frente-a-la-Despoblacion-en-Castilla-La-Mancha_descarga.pdf
- Goerlich, F. J., Reig, E. & Cantarino, I. (2016). Delimitación y características de las áreas rurales en los municipios y las provincias españolas. *Working Papers in Applied Economics*. Departamento de Economía Aplicada II, WPAE-2016-06, Universitat de València, España. http://repecsv.uv.es/paper/RePEc/pdf/eec_1606.pdf
- König, A. & Grippenkoven, J. (2020). The actual demand behind demand-responsive transport: Assessing behavioral intention to use DRT systems in two rural areas in Germany. *Case Studies on Transport Policy*, 8(3), 954-962. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.04.011>
- McGrail, M. R. & Humphreys, J. S. (2009). Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas: Improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method. *Applied Geography*, 29(4), 533-541. <https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2008.12.003>
- Mallick, R. K. & Routray, J. K. (2001). Identification and accessibility analysis of rural service centers in Kendrapara District, Orissa, India: a GIS-based application. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3(1), 99-105. [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(01\)85027-3](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(01)85027-3)
- Martínez Sánchez-Mateos, H. (2018). Defining rural: a functional and accessibility approach applied in Castilla-La Mancha (Spain). *Redes*, 23(3), 248. <https://doi.org/10.17058/REDES.V23I3.12245>

- Pillet Capdepón, F., Cañizares Ruiz, M. del C., Ruiz Pulpón, Á. R., Martínez Sánchez-Mateos, H. S. & Plaza Tabasco, J. (2018). Dinámicas demográficas y su relación con la cohesión territorial en las áreas funcionales urbanas de Castilla-La Mancha (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (76), 153-182. <https://doi.org/10.21138/bage.2519>
- Pillet Capdepón, F., Cañizares, M. del C., Ruiz Pulpón, Á. R., Martínez Sánchez-Mateos, H. S., Plaza Tabasco, J. & Santos, J. F. (2013). Los indicadores de la cohesión territorial en el análisis de la escala supramunicipal o subregional: policentrismo y áreas funcionales urbanas (FUAs). *Ería*, (90), 91-106. <https://reunido.uniovi.es/index.php/RCG/article/view/9903>
- Reig Martínez, E., Goerlich Gisbert, F. J. & Cantarino Martí, I. (2016). *Delimitación de áreas rurales y urbanas a nivel local. Demografía, coberturas del suelo y accesibilidad*. Informes 2016, Economía y Sociedad. Fundación BBVA. <https://www.fbbva.es/publicaciones/delimitacion-de-areas-rurales-y-urbanas-a-nivel-local-demografia-coberturas-del-suelo-y-accesibilidad/>
- Rey, S., Arribas-Bel, D. & Wolf, L. J. (2023). *Geographic data science with Python*. Routledge.
- Rusu, A., Niacșu, L., Enea, A. & Groza, O. (2022). *Functional rural areas in Romania. A methodological investigation*. Final Report. ESPON.
- Schwanen, T., Dieleman, F. M. & Dijst, M. (2001). Travel behaviour in Dutch monocentric and policentric urban systems. *Journal of Transport Geography*, 9(3), 173-186. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(01)00009-6)
- Soseco, T. (2016). The Relationship between of Rural Accessibility and Development. *Jurnal Ekonomi Dan Ekonomi Studi Pembangunan*, 8(2), 131-140. <https://doi.org/10.17977/UM002V8I22016P31>
- Sýkora, L. & Mulíček, O. (2009). The micro-regional nature of functional urban areas (FUAs) lessons from the analysis of the Czech urban and regional system. *Urban Research and Practice*, 2(3), 287-307. <https://doi.org/10.1080/17535060903319228>
- Wan, N., Zou, B. & Sternberg, T. (2012). A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(6), 1073-1089. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.624987>
- Woods, M. (2009). Rural geography: Blurring boundaries and making connections. *Progress in Human Geography*, 33(6), 849-858. <https://doi.org/10.1177/0309132508105001>