

Centralidad espacial en redes de caminos: una reflexión sobre posibles aportaciones al análisis, planificación y gestión del paisaje rural *

Spatial centrality in minor road networks: a reflection on the possible contributions to the analysis, planning and management of rural landscapes

ROCÍO PÉREZ-CAMPAÑA

Dra. Ciencias Ambientales (Programa en Urbanismo, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente)
Profesora Ayudante Doctor del Departamento de Geografía, Facultad de Geografía e Historia
Universidad Complutense de Madrid (Madrid, España)

r.perez.campana@ucm.es

ORCID: [0000-0002-1069-4590](https://orcid.org/0000-0002-1069-4590)

RUBÉN TALAVERA-GARCÍA

Dr. Ciencias Ambientales
Investigador Juan de la Cierva del Departamento de Geografía, Facultad de Geografía e Historia
Universidad Complutense de Madrid (Madrid, España)

rtalaveragarcia@ucm.es

ORCID: [0000-0003-4749-3546](https://orcid.org/0000-0003-4749-3546)

LUIGI LA RICCIA

Dr. Spatial Planning and Local Development (Environment and Territory)
Post-Doc Research fellow en Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio
Politecnico di Torino (Torino, Italia)

luigi.lariccia@polito.it

ORCID: [0000-0002-4800-2641](https://orcid.org/0000-0002-4800-2641)

Recibido/Received: 29-09-2020; Aceptado/Accepted: 12-03-2021

Cómo citar/How to cite: Pérez-Campaña, Rocío; Talavera-García, Rubén & La Riccia, Luigi (2021), “Centralidad espacial en redes de caminos: una reflexión sobre posibles aportaciones al análisis, planificación y gestión del paisaje rural”, *Ciudades*, n°24, pp. 23-43. DOI: <https://doi.org/10.24197/ciudades.24.2021.23-43>

Este artículo está sujeto a una licencia “[Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)” (CC BY-NC 4.0) / This article is under a “[Creative Commons License: Attribution-NonCommercial 4.0. International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)” (CC BY-NC 4.0)

* Los autores agradecen a la Profesora Angioletta Voghera y a la Doctora Gabriella Negrini por su apoyo científico y las enriquecedoras discusiones, y recuerdan con afecto a la Profesora Attilia Peano y al Profesor Roberto Gambino por su contribución al estudio y planificación de los paisajes rurales. Rubén Talavera-García agradece también al Ministerio de Ciencia e Innovación por la ayuda posdoctoral Juan de la Cierva-Formación (Ref. FJCI-2017-31662).

Resumen: En este artículo se explora la utilidad que pueden tener las medidas de centralidad espacial (tradicionalmente empleadas en entornos urbanos) en el contexto del paisaje rural. En concreto, se han calculado, sobre la red de caminos de la Vega de Granada, las medidas de alcance, cercanía, intermediación y rectitud, considerando dicha red de caminos como grafo primario. Los resultados obtenidos muestran novedosos mapas de centralidad en los que se pueden distinguir patrones que son de interés para la interpretación de aspectos estructurales y funcionales de la zona de estudio.

Palabras clave: análisis de redes, centralidad espacial, red de caminos, paisaje rural, Granada.

Abstract: This paper explores the usefulness of spatial centrality measures (traditionally used in urban environments) in the context of rural landscapes. Specifically, measures of reach, closeness, betweenness and straightness have been calculated on the road network of the Vega de Granada, considering this road network as a primal graph. The results show novel centrality maps in which patterns can be distinguished, being of interest for the interpretation of structural and functional aspects of the study area.

Keywords: network analysis, spatial centrality, minor rural road network, rural landscape, Granada.

Desde hace ya décadas se habla de una crisis de los paisajes rurales y periurbanos (Donadieu & Luginbühl, 2008) y del deterioro o pérdida de las funciones medioambientales, sociales y económicas de los espacios rurales en general y de los espacios agrarios periurbanos en particular. Su propia consideración como paisaje ha sido históricamente cuestionada (salvo en casos de patente excepcionalidad), algo que el Convenio Europeo del Paisaje (2000) matizó mediante lo establecido en su artículo 2. El paisaje rural, además, define un concepto transversal a numerosos campos disciplinares (geografía, planificación espacial, sociología, economía, etc.) cada uno de los cuales emplea una definición específica y funcional según sus intereses propios de investigación. Es también un concepto cambiante, ya que la forma de entenderlo y analizarlo ha cambiado con el tiempo según sensibilidades culturales y acontecimientos históricos (Blanc, 1997; Deavers, 1992; Green, 1992; Peano, 2006).

En cualquier acercamiento (teórico o práctico, cualitativo o cuantitativo) al estudio, planificación y gestión de estos paisajes, destaca siempre la importancia concedida a los elementos físicos de diferente naturaleza, variables en tipo, extensión, forma y configuración que constituyen la estructura (Rodà, 2003) mantenedora de funciones, flujos de materia, energía e información (Forman & Godron, 1986). Entre los elementos fisionómicos que caracterizan de forma más específica los distintos paisajes rurales destacan la división parcelaria (Ferrer, 1982; Mata & Fernández, 2010) y los elementos lineales principales, caminos de tierra y de agua (Eizaguirre, 1991). Sobre esta red se pueden identificar los principales ejes de ordenación del espacio rural, que junto a la presencia de elementos nodales-puntuales constituyen las geometrías más interesantes para el análisis de la estructura del paisaje, como base para entender desde sus orígenes

hasta su posible evolución según los usos del suelo y regímenes de tenencia de tierra a los que esté sometido.

Aunque se trata de un sistema en red, los caminos rurales no han sido hasta el momento un especial objeto de estudio del análisis de redes. Este tipo de análisis, desarrollado en diferentes áreas a lo largo de las últimas dos décadas, se centra en el estudio, recogida, gestión, análisis, interpretación y presentación de información relacional (Brandes et al., 2013). Su aplicación en estudios urbanos y regionales ha sido más reciente (Porta et al., 2008); desde los trabajos iniciales de Hagget y Chorley (1972), la contribución ha sido principalmente teórica, con la excepción del trabajo seminal de Hillier y Hanson en 1984 sobre *Space Syntax* (Porta et al., 2006). Posteriormente, han ido apareciendo otros métodos y herramientas, como por ejemplo el *Multiple Centrality Assessment* (MCA) (Porta et al., 2006). En cualquier caso, la mayoría de estos estudios han focalizado en contextos intraurbanos, mientras que la centralidad a nivel regional e incluyendo áreas no urbanas ha sido mucho menos estudiada (Liu et al., 2015). Sin embargo, tanto las redes urbanas como las redes de caminos en el paisaje rural son elementos construidos, resultado de la interacción y apropiación del espacio por parte del ser humano. Por lo tanto, teniendo en cuenta que los análisis de centralidad se pueden aplicar a cualquier sistema espacial y a diferentes escalas (Porta & Latora, 2007), en este artículo proponemos su aplicación a redes de caminos en el paisaje rural.

Considerando estas cuestiones previas, el presente artículo se plantea los siguientes objetivos:

- describir brevemente el interés y la aplicación del análisis de redes espaciales, en concreto los análisis de centralidad;
- proponer las bases para la realización de análisis de centralidad en paisajes rurales;
- explorar los resultados que se obtienen de este tipo de análisis aplicado a la Vega de Granada como zona de estudio;
- realizar una reflexión sobre las posibles aplicaciones de estos análisis.

1. DEL ANÁLISIS DE CENTRALIDAD EN EL ENTORNO URBANO AL ANÁLISIS DE CENTRALIDAD EN EL PAISAJE RURAL

La centralidad es uno de los conceptos más estudiados en análisis de redes (Agryzkov et al., 2016) y ha sido crecientemente usada para mostrar la estructura interna de diferentes tipos de redes (Krafta, 2008). Se trata de un concepto que tiene diferentes acepciones, lo que significa que se puede evaluar dependiendo de qué se entiende por ser central (Porta et al., 2008). Al explorar la literatura especializada sobre el análisis de redes espaciales, esta parece ser una cuestión urbana, referida y aplicada en redes urbanas, redes de calles o, en todo caso, de infraestructuras viarias metropolitanas de cierta capacidad

(Sevtsuk & Mekonnen, 2012a; Lämmer et al., 2006; Strano et al., 2013; Agryzkov et al., 2014).

Según Porta y Latora (2007) la centralidad es un factor clave que se relaciona con la forma urbana, y los espacios centrales se benefician de la diversidad ambiental y humana del entorno. ¿Por qué no realizar esta reflexión en el paisaje rural? Conviene realizar primero una valoración sobre la importancia de las redes de caminos rurales para ayudar a entender mejor el análisis de centralidad propuesto, sus resultados y sus posibles aplicaciones.

En primer lugar, estas redes constituyen una parte importante de la estructura del propio paisaje (Pauwels & Gulinck, 2000). Son elementos de gran persistencia y las funciones que desempeñan dependen de sus características, diseño, mantenimiento y del contexto territorial y paisajístico en el que están inmersas. Algunas de estas funciones pueden ser más o menos comunes a otros sistemas viarios: objetivos de movilidad y comunicación, por ejemplo. Pero en el contexto rural es preciso tener en cuenta algunas otras relacionadas con la configuración del paisaje, el patrimonio agrario, la ecología del paisaje, la agroecología, etc. (Jaarsma & Willems, 2002; Spooner, 2015; Pauwels & Gulinck, 2000; Opdam et al., 2000; Cackowski & Nasar, 2003).

Desde un punto de vista topológico, tanto las redes de caminos rurales como las redes viarias urbanas se pueden representar mediante grafos espaciales (Figura 1) y parece evidente que las redes de caminos son también susceptibles de análisis como redes espaciales.

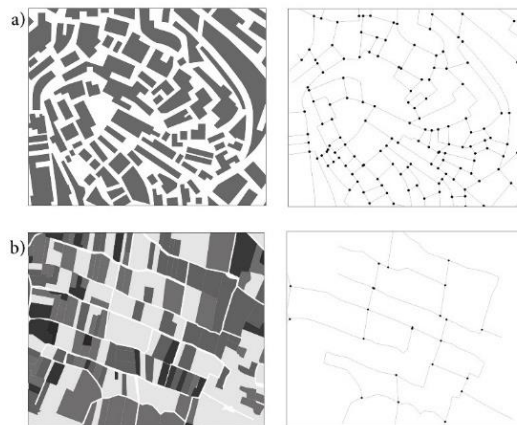


Figura 1: Espacio urbano y su grafo espacial (a). Espacio rural y su grafo espacial (b).
Fuente: Elaboración propia.

2. ZONA DE ESTUDIO

La Vega de Granada (Figura 2) ha sido históricamente considerada una de las comarcas españolas de mayor riqueza (Menor, 2000). Constituye un paisaje

agrario tradicional de una larga historia cuya “personalidad geográfica” se ha ido configurando a través de un proceso complejo, en el que la dominación musulmana fue la etapa histórica que dejó una huella más profunda (Ocaña, 1972). Todavía hoy, esta huella es visible en el minifundismo que caracteriza su estructura agraria (Menor, 2000) y en su sistema de riego (Trillo, 2005). En este espacio, la actividad agraria ha evolucionado al tiempo que se ha ido conformando la actual aglomeración urbana de Granada, de manera que actualmente se puede considerar una actividad agraria periurbana y un espacio cargado de valores patrimoniales y ambientales (Aguilera, 2008; Cejudo & Castillo, 2011).

Sin embargo, en la Vega de Granada también ha tenido lugar un proceso de degradación del espacio agrario como consecuencia del crecimiento urbano y suburbano que se ha ido produciendo sin que los valores antes mencionados se hayan integrado de manera efectiva en la planificación urbana y territorial (Garrido-Clavero & Sánchez-del Árbol, 2019). La última tentativa de ordenación ha sido la elaboración del Plan Especial de Ordenación de la Vega de Granada (formulación acordada en 2012, aprobación inicial en 2017 y en fase de contestación de alegaciones e informes desde mediados de 2019). Este plan, junto con la revisión prevista pero aún no realizada del Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Granada, va a ser determinante para el futuro de la Vega de Granada.

Conviene además señalar que en los últimos 10-15 años la participación social para la protección activa de los espacios agrarios periurbanos es ya un hecho indiscutible (Matarán, 2013) y que en el caso de la Vega se ha canalizado, sobre todo, a través de la Plataforma Salvemos la Vega, Vega Educa o la Asociación Vega Sur, así como a través del proyecto PLANPAIS de la Universidad de Granada que, entre otros resultados, facilitó la puesta en marcha del Ecomercado de Granada, activo desde el año 2013. Se han realizado también varias solicitudes para su reconocimiento al amparo de la Ley de Patrimonio Histórico de Andalucía (Ley 14/2007), sin que ninguna de ellas haya prosperado (Castillo, 2016). También desde finales de los años 90 se intentó promover la creación de un parque agrario, siguiendo la estela del Parque Agrario del Bajo Llobregat y del Parque Agrícola de Milán (Zazo, 2015), pero tampoco se ha llegado a materializar.

En este contexto, la actividad agraria en la actualidad se encuentra en un momento de encrucijada. Es posible diferenciar espacios activos y en cultivo y espacios en tránsito, es decir, en riesgo de perder sus condiciones rurales: parcelas abandonadas en el proceso de expansión urbana, o aisladas entre infraestructuras de movilidad y bordes urbanos (Arredondo, 2021). Aunque en otros momentos históricos el monocultivo (remolacha, tabaco) ha caracterizado la Vega de Granada, en la actualidad existe un policultivo de productos de huerta, frutales, espárragos, tabaco (muy mermado desde 2009), olivares y

cereal (sobre todo en los bordes, hacia el piedemonte) y choperas (sobre todo en las inmediaciones del Río Genil) que coexisten con iniciativas asociativas de huertos familiares cerca de la ciudad. Toda esta actividad está sustentada por una amplia red de caminos, a veces laberíntica, que permite la interrelación funcional y el acceso al parcelario desde los núcleos urbanos de la Vega (Puente, 2013) y que en muchos casos discurre paralelamente al sistema histórico de acequias (Arredondo, 2021). Esta red es considerada uno de los elementos principales para la constitución del sistema de espacios libres de la aglomeración urbana de Granada (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2012).

Por último, y no menos importante, respecto a la delimitación espacial de la Vega de Granada es posible encontrar diferentes aproximaciones en función de los objetivos específicos bajo los que se estudie. En el contexto de este análisis se han seguido criterios generales de delimitación a partir de la topografía e incluyendo la red de caminos correspondiente a la zona más llana de la propia Vega. El ámbito así delimitado es muy similar al de otros trabajos realizados en la zona en los últimos años.

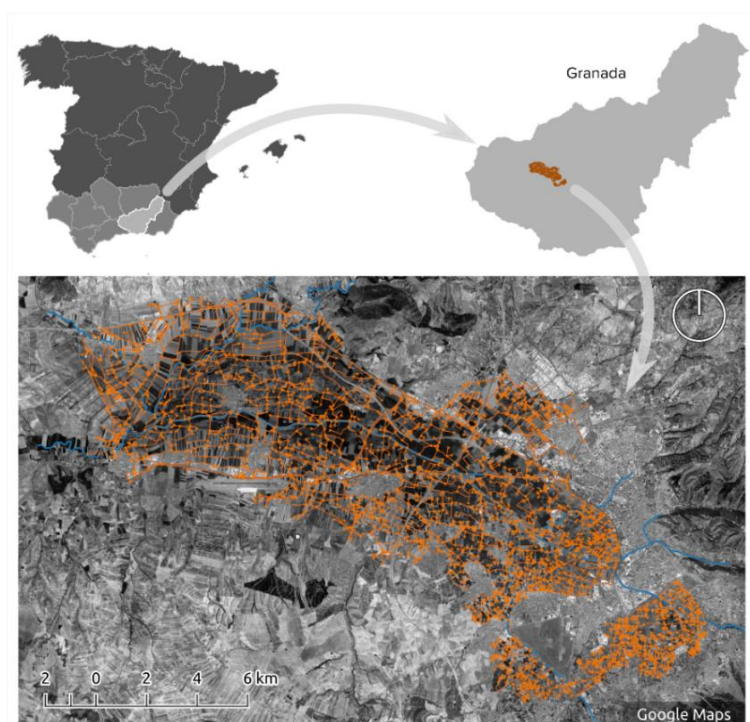


Figura 2: Localización de la Vega de Granada (en marrón, grafo primario de la red de caminos; en azul, red hidrográfica con el Río Genil en la zona central de la Vega). Longitud total de la red de caminos: 866,35 km. Área aproximada: 140 km². Municipios: 22. Fuente: Elaboración propia.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

La base fundamental para este trabajo es la red de caminos de la Vega de Granada, que se ha elaborado a partir del mapa topográfico vectorial de Andalucía escala 1:10.000 (la última versión disponible es del año 2007), actualizando los elementos existentes empleando las capas del Sistema de Datos Espaciales de Referencia de Andalucía para Escalas Intermedias (DERA), correspondientes al año 2011. La ortofotografía aérea de máxima actualidad (PNOA) se ha utilizado como base para realizar comprobaciones. La red de caminos final incluye todos los caminos agrícolas de la Vega y el viario de menor capacidad.

Respecto a las medidas de centralidad, se han aplicado las conocidas como *reach*, *closeness*, *betweenness*, y *straightness* empleando para ello la herramienta Urban Network Analysis desarrollada por el MIT para ArcGIS (ver Sevtsuk & Mekonnen, 2012b), que responden al método MCA desarrollado por Porta et al. (2006). Se trata de un método para el análisis de redes espaciales geográficas que difiere del conocido *Space Syntax* fundamentalmente en el hecho de que el MCA considera una representación gráfica denominada primaria, en la que las intersecciones de calles (o caminos) se consideran nodos y las calles (o caminos) se consideran arcos. Por otra parte, se ha optado por el uso de esta herramienta ya que incorpora elementos mejorados con respecto a otras herramientas, como la posibilidad de considerar tanto la geometría como la topología de las redes (usando distancias métricas o topológicas) y la posibilidad de incorporar edificaciones, pudiendo añadir pesos específicos según sus características. Aunque no todas estas ventajas han sido aprovechadas en este trabajo, es nuestro interés explorarlas en el futuro, por lo que los resultados obtenidos aquí constituyen una base fundamental para investigaciones posteriores.

A continuación, se definen las medidas de centralidad empleadas. Las ecuaciones para su cálculo se pueden encontrar en Sevtsuk y Mekonnen (2012b):

- Alcance (*Reach*). Se interpreta como una alternativa a la densidad de nodos que presenta la red (Svetwuk & Mekonnen 2012b). Describe el número de nodos que son accesibles desde un nodo dado y mediante el camino más corto considerando a su vez un radio máximo de búsqueda.
- Cercanía (*Closeness*). Se refiere a la cualidad de ser central en el sentido de estar localizado cerca de otros nodos (Porta et al., 2008). La cercanía mide la proximidad de un nodo al resto de nodos de la red, calculando la longitud media de la ruta más corta entre dicho nodo y todos los demás nodos de la red. Puede considerarse como una medida indirecta de la accesibilidad.
- Intermediación (*Betweenness*). Se refiere a la cualidad de ser central en tanto que está situado entre otros nodos (Porta et al., 2008), por lo que

constituye un nodo de paso entre otros nodos. Las interacciones entre dos nodos no adyacentes dependen de otros nodos intermedios que tienen de hecho un control estratégico o influencia sobre el resto (Porta et al., 2006). Se define como la fracción de los caminos más cortos entre pares de nodos de la red que pasan por un nodo determinado (Freeman, 1979).

- Rectitud (*Straightness*). Se refiere a la cualidad de ser central en tanto que disponer de itinerarios rectos de conexión a otros nodos (Porta et al., 2008). Compara la longitud del itinerario más corto existente entre cada par de nodos con la distancia euclidiana entre ellos, siendo considerada una medida de eficiencia que guarda relación con la proximidad entre nodos.

Si bien existen otras medidas, se han seleccionado las anteriores ya que son las que con más frecuencia aparecen en la literatura consultada. La medida de alcance, al ser una medida indicativa de densidad, resulta de interés en el contexto de este trabajo, puesto que la densidad de nodos en una red de caminos rurales, en general, es menor que en un sistema de calles (Figura 1). Las medidas se han calculado para los nodos de la red (los cruces de caminos), obteniendo tanto medidas globales, es decir, sin especificación de un radio de búsqueda, como medidas locales, considerando en este último caso un radio de 1 km. Radios menores pueden mostrar patrones de centralidad demasiado locales y radios mayores pueden mostrar patrones muy similares a su cálculo como medidas globales.

Para facilitar la visualización e interpretación de resultados, los valores de centralidad de los nodos son transferidos a las parcelas adyacentes en un radio de 25 metros (se toma esta distancia teniendo en cuenta que los nodos localizados en los cruces de caminos de mayor anchura puedan realizar esta transferencia de valores hacia las parcelas más cercanas). En los casos de solapamiento de estas áreas de influencia, el valor transferido corresponde a la media aritmética de los valores de centralidad de los nodos correspondientes.

Como resumen gráfico de la metodología se muestra la Figura 3:

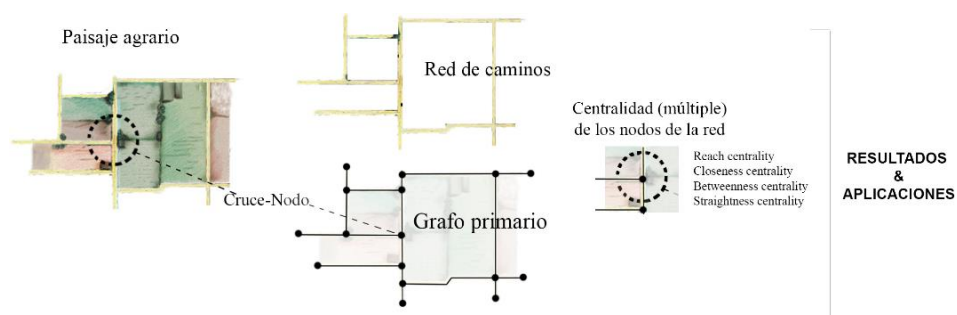


Figura 3: Resumen gráfico de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

El cálculo de las medidas de centralidad en la red de caminos rurales de la Vega de Granada ofrece 7 mapas de centralidad calculada a nivel de nodo (Figura 4). Las medidas mostradas a nivel de parcela quedan recogidas en las Figuras 5, 6, 7 y 8. La distribución de valores para la representación de los mapas se ha realizado según cuartiles que se representan con cada una de las tonalidades de color.

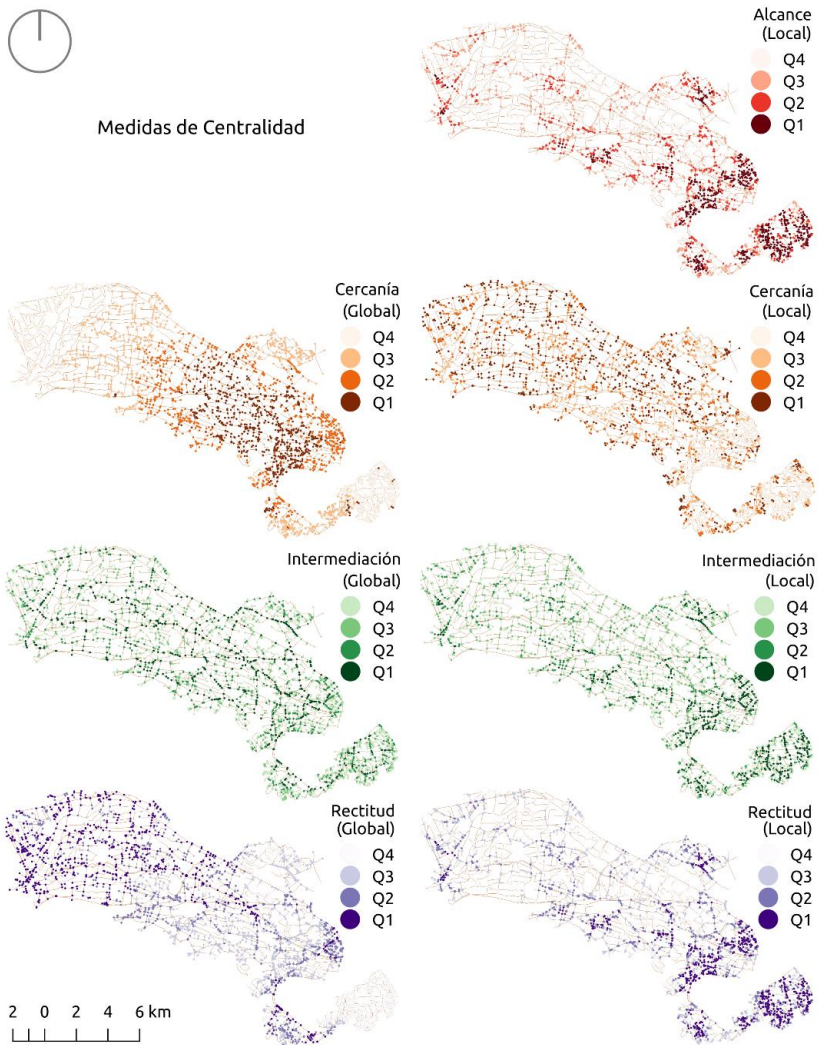


Figura 4. Mapas de centralidad espacial (valores en nodos) en la Vega de Granada.

Fuente: Elaboración propia.

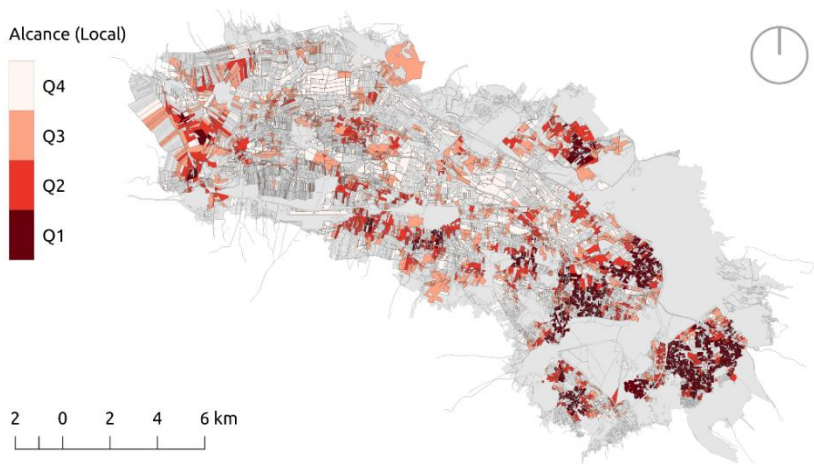


Figura 5: Mapa de centralidad de alcance (*reach*). Fuente: Elaboración propia.

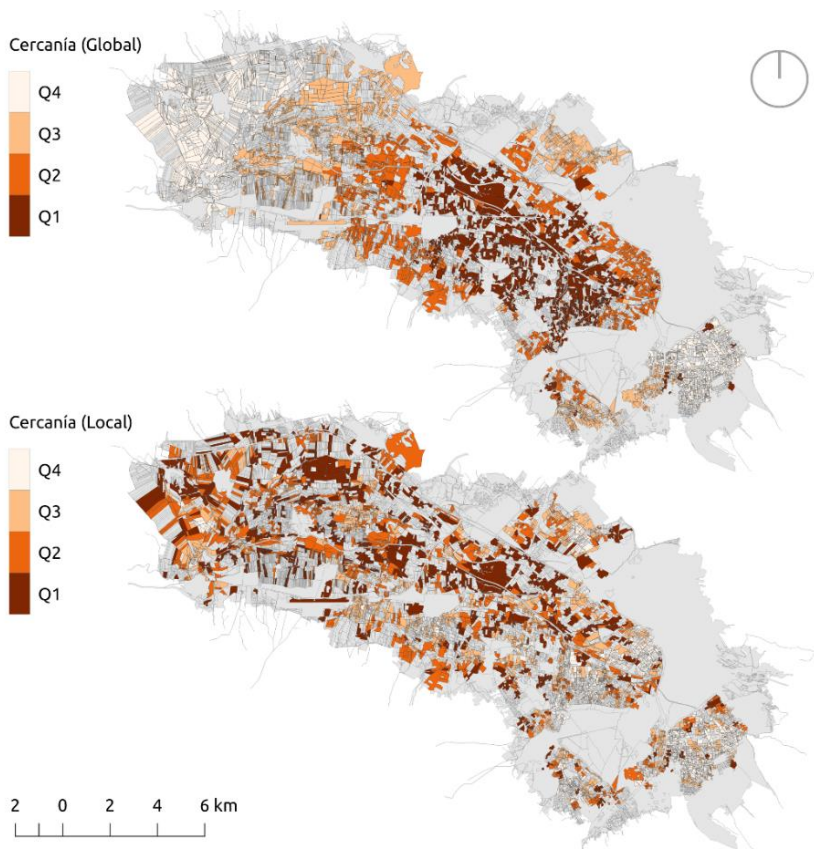


Figura 6: Mapas de centralidad de cercanía (*closeness*). Fuente: Elaboración propia.

El alcance (*reach*), calculado con un radio de 1 km, indica que los nodos próximos a la ciudad de Granada son más centrales, en el sentido de que desde ellos hay un mayor número de otros nodos accesibles que desde nodos de otras zonas de la vega. Tal y como se indicaba en el apartado de metodología, esta medida tiene cierta relación con la densidad de nodos, que efectivamente es mayor en la proximidad de las zonas urbanas.

La medida de cercanía (*closeness*) presenta efecto borde, es decir, que los valores más elevados de centralidad se localizan aproximadamente en el centro geométrico del mapa (es un efecto típico de esta medida en su cálculo global). No obstante, al considerar un radio de 1 km para obtener la misma medida a escala local, sí se puede apreciar un patrón de distribución de mayor interés, con agrupaciones de nodos de elevada centralidad localizados en diferentes zonas de la vega y en especial cerca de las zonas urbanas.

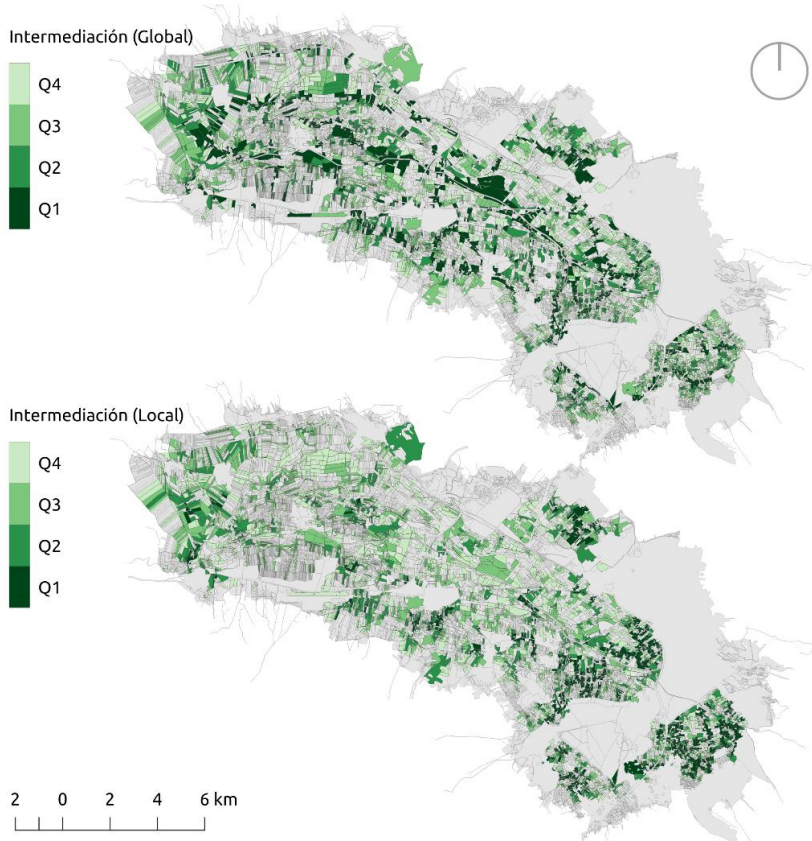


Figura 7: Mapas de centralidad de intermediación (*betweenness*). Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la intermediación (*betweenness*), en el mapa correspondiente a la medida global es posible identificar patrones lineales en relación con las principales vías de comunicación dentro de la red. Para la medida local, estos patrones lineales son más sutiles e incluso inexistentes, aunque en este caso aparecen un mayor número de nodos de elevada centralidad en la proximidad del núcleo de Granada y su espacio conurbado en la denominada Vega Sur (zonas este y sureste del mapa).

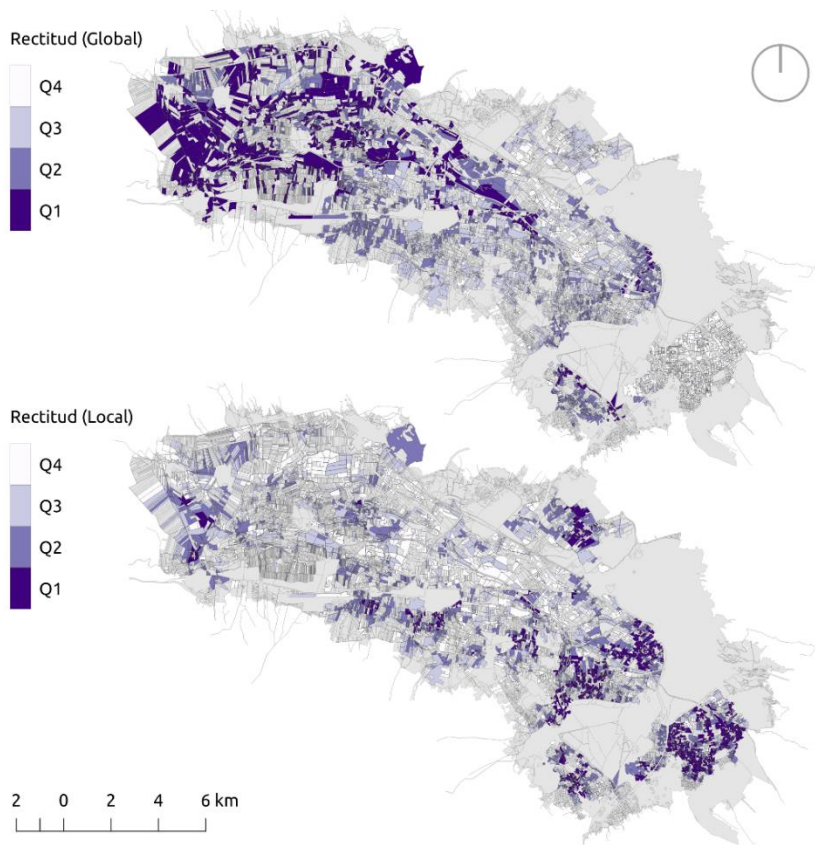


Figura 8: Mapas de centralidad de rectitud (straightness). Fuente: Elaboración propia.

Los valores globales de rectitud (*straightness*) más elevados aparecen especialmente concentrados en el área centro (extendiéndose hacia el este siguiendo los caminos próximos al Río Genil) y noroeste de la Vega. Los valores locales más elevados se concentran más en el área este y de forma significativa en la denominada Vega Sur de Granada.

5. DISCUSIÓN Y POSIBLES APLICACIONES

En primer lugar, los propios mapas de centralidad muestran ya una imagen novedosa del paisaje, en el que las intersecciones de caminos (nodos) aparecen como puntos de especial interés dejando apreciar incluso a simple vista las zonas de mayor densidad de nodos y variados patrones de localización, que podemos visualizar también en los mapas que muestran los valores transferidos a las parcelas. En este sentido, la metodología permite representar una geometría particular del paisaje que ayuda a su lectura. Se comprueba así que la centralidad no emerge de manera aleatoria, sino que es posible identificar itinerarios y áreas legibles ordenadas en una distribución espacial jerárquica que varía entre diferentes índices.

En concreto, con respecto a la centralidad de alcance, las Figuras 4 y 5 muestran los mayores valores en la proximidad de las zonas urbanas, en particular en la Vega Central, cerca de Granada capital y en la Vega Sur, en el entorno de la zona conurbada de Armilla y Churriana de la Vega. Estos valores son reflejo de la mayor densidad de nodos, resultado a su vez de una red de caminos más densa fruto de la atomización del parcelario por segregaciones sucesivas en la proximidad de las áreas urbanas y de un uso agrícola ligado a huertas (Cabrera & Rojas, 2010), todo ello en un espacio agrario ya de por sí caracterizado por el carácter minifundista de la propiedad (Menor, 2000).

Los valores de cercanía global muestran efecto borde, fenómeno que ocurre también al aplicar la medida en ámbitos urbanos (Porta et al., 2006), por lo que suele ser más interesante la evaluación a nivel local. En este caso se observan varias áreas de elevada centralidad, dos a lo largo del Río Genil y otra en el área noroeste. Estas áreas, pese a no tener una elevada densidad de nodos (como se aprecia en las Figuras 4 y 5) se caracterizan por sus distancias cortas a muchos otros nodos. Se trata, de hecho, de zonas con buena accesibilidad situadas entre núcleos urbanos importantes de la Vega: Santa Fe, Chauchina, Fuente Vaqueros, Pinos Puente y Atarfe, algunos de los cuales están conectados, además, por caminos históricos, tal y como los ha identificado el Plan Especial de la Vega de Granada.

La medida de centralidad de intermediación global muestra cómo se articula el territorio, permitiendo identificar ejes estructurantes. Los nodos con mayor intermediación tienen un especial poder controlador de la red, puesto que son nodos prioritarios de paso, fundamentales para mantener conectada toda la red. También cuando se aplica en el ámbito urbano (Porta et al., 2012) y territorial (Mercadé et al., 2019), los resultados de esta medida permiten visualizar ejes vertebradores de la red. Cuando se evalúa a nivel local aparecen ejes más locales, permitiendo identificar determinadas áreas que pueden desempeñar un papel importante en la centralidad a esta escala, por ejemplo, en las zonas conurbadas de la Vega Sur. Tiene sentido que así sea, porque precisamente en esta zona la Vega está fragmentada, de manera que los nodos

existentes en la red de caminos resultan cruciales para mantener conectadas estas bolsas de suelo agrícola, más aisladas, con la Vega Central y su prolongación hacia el oeste.

La rectitud, recordemos, básicamente muestra hasta qué punto las longitudes de los itinerarios entre nodos se aproximan a la distancia euclidiana entre ellos. La medida global muestra mayores valores en el oeste de la Vega de Granada, mientras que los mayores valores para la medida local se concentran especialmente en los bordes urbanos al este y en la Vega Sur. Teniendo en cuenta la lógica de funcionamiento de esta medida, el resultado nos revela que son sectores de la red de caminos en las que los itinerarios entre nodos son más rectos (más próximos a la distancia euclidiana). En el mapa global esas zonas corresponden fundamentalmente al área de cultivo de choperas y a zonas de ampliaciones del regadío en el oeste de la Vega, con un parcelario en general de mayor tamaño y formas más regulares. El resultado es consistente con otros trabajos, como por ejemplo en Barcelona, donde esta medida permite identificar claramente la trama urbana del ensanche de Cerdà (Porta et al. 2012). Por otra parte, llama la atención el resultado obtenido en la medida local, con valores muy elevados en las proximidades del núcleo de Granada, en especial hacia la conurbación sur. En este caso, pensamos que la proximidad del espacio agrario al espacio urbano puede haber modificado, a nivel local, la red de caminos, primando la eficiencia y por lo tanto itinerarios más rectos, aunque manteniéndose la microparcelación existente en esta zona.

Más allá del valor explicativo e interpretativo de los resultados en este caso concreto, se pueden comentar aplicaciones de interés que los análisis de centralidad podrían tener en el paisaje rural. En un contexto, por ejemplo, de creciente interés y desarrollo de propuestas de agricultura periurbana (Paiù & Haslam, 2013), los análisis de centralidad podrían coadyuvar en la toma de decisiones sobre la localización de equipamientos, la gestión de infraestructuras básicas y de servicios de uso común (como las propias redes de caminos) y la ordenación de usos agrícolas en general. Todas ellas son actividades más que necesarias, además, en el caso de los parques agrarios, figuras de especial interés para la gobernanza territorial y alimentaria (Yacamán & Zazo, 2015) y que demandan proyectos específicos para definir y reforzar su estructura (Sabaté, 2015). Conocer la centralidad de los nodos puede ser también una importante fuente de información para el diseño efectivo en red de los denominados “nodos alimentarios”, definidos por Montasell y Callau (2015) como puntos estratégicos para la producción, concentración y distribución de productos agrarios (concepto adaptado del *food hub* anglosajón). En este contexto de posibles aplicaciones directamente relacionadas con la planificación y a la vista de los resultados obtenidos en la Vega de Granada, pensamos que la medida que mayor interés puede tener es la intermediación (tanto global como local). La intermediación nos muestra nodos estratégicos que controlan la

estructura de toda la red de caminos y que son fundamentales para su conectividad tanto a nivel global como local. Por otra parte, precisamente esta cualidad de nodos intermediarios los convierte también en nodos en riesgo de congestión (Lee & Jung, 2018), ya que soportarán los mayores flujos de movilidad de la zona. Este aspecto es importante a la hora de informar, por ejemplo, intervenciones de rediseño y adecuación de caminos y cruces, en especial si hablamos de zonas agrarias próximas a áreas urbanas en las que pueden concurrir diferentes flujos de maquinaria agrícola pesada, vehículos a motor, bicicletas, peatones, etc.

No obstante, el resto de las medidas también han demostrado su interés para informar sobre patrones estructurales y funcionales que ayuden a interpretar el paisaje; en relación con la mayor o menor regularidad de la red de caminos, el tamaño y forma de las parcelas, la eficiencia de la red, etc.

Los análisis de centralidad espacial podrían ser además complementarios de los análisis de redes sociales que sí se han aplicado por ejemplo en el caso de las redes alimentarias (Chiffolleau & Touzard, 2014; Christensen & O'Sullivan, 2015). Se trata en este caso de análisis basados únicamente en las relaciones entre los diferentes nodos que componen la red alimentaria (empleando, de hecho, medidas de centralidad) pero sin una perspectiva locacional-espacial. Los análisis de centralidad propuestos en este artículo podrían contribuir, en este sentido, a definir un “análisis espacial de redes sociales” cuyos nodos sean puntos de interés o agentes operantes en el paisaje rural.

Por último, lo novedoso de esta aplicación impide traer a este apartado de discusión otros casos de estudio similares en paisajes rurales que permitan realizar lecturas comparativas de los resultados.

6. CONCLUSIONES

Los análisis de centralidad espacial fuera del contexto urbano están prácticamente ausentes de la literatura. Sin embargo, la aplicación de medidas de centralidad espacial en redes de caminos rurales es un ejercicio innovador que abre nuevas posibilidades para el análisis, planificación y gestión de paisajes agrarios. En su aplicación a la Vega de Granada, las medidas de centralidad de alcance (*reach centrality*), proximidad (*closeness centrality*), intermediación (*betweenness centrality*) y rectitud (*straightness centrality*) y su representación como mapas de centralidad, muestran una imagen nunca presentada de un espacio tan conocido, permitiendo identificar determinados patrones espaciales. Conocer la centralidad, a través de diferentes medidas, puede además coadyuvar en la toma de decisiones respecto a cuestiones fundamentales que emergen durante los procesos de planificación territorial en el espacio rural, como la ubicación de determinados servicios, la creación de una red de itinerarios turísticos y gastronómicos que valoricen el patrimonio territorial y paisajístico, la dotación de equipamientos, la intervención sobre los

propios caminos u otros elementos del paisaje, y en general, para identificar y reforzar la estructura del espacio agrario. En concreto, la medida de intermediación ha mostrado resultados especialmente interesantes que pueden ser clave para la planificación y gestión de espacios agrarios, en especial en las zonas de borde urbano. Teniendo en cuenta que se trata de una aplicación novedosa, quedan aún vías por explorar. Sería fundamental poder analizar otros casos de estudio permitiendo la comparativa entre diferentes paisajes rurales y profundizando así en su caracterización y en posibles aplicaciones específicas derivadas del reconocimiento y aprovechamiento de los lugares centrales por parte de los usos, equipamientos e infraestructuras que mantienen vivos los paisajes rurales. También sería de interés (aunque escapa a los objetivos exploratorios del presente trabajo) la utilización de técnicas de estadística espacial para ayudar en la interpretación y validación de resultados. Del mismo modo, realizar el análisis con MCA (como el empleado aquí, basado en el grafo primario de la red de caminos) y también con *Space Syntax* (que se basa en grafos duales) permitiría la comparación de resultados y el ajuste metodológico que todavía es necesario, habida cuenta de lo mucho que todavía se puede explorar sobre la aplicación de estos métodos a las redes de caminos del paisaje rural y de los paisajes agrarios periurbanos en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Agryzkov, Taras; Oliver, José L; Tortosa, Leandro & Vicent, José (2014), “Analyzing the commercial activities of a street network by ranking their nodes: a case study in Murcia, Spain”, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 28, nº3, pp. 479-495. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2013.854370>
- Agryzkov, Taras; Tortosa, Leandro & Vicent, José (2016), “New highlights and a new centrality measure based on the Adapted PageRank Algorithm for urban networks”, *Applied Mathematics and Computation*, nº291, pp. 14-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2016.06.036>
- Aguilera, Francisco (2008), *Análisis espacial para la ordenación eco-paisajística de la aglomeración urbana de Granada*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Arredondo, David (2021), “Espacios en tránsito. Revitalización del paisaje cultural de la Vega de Granada”, *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, vol. 19, nº10, pp. 149-160. DOI: <https://doi.org/10.18537/est.v010.n019.a13>
- Blanc Michel (1997), “La ruralité: diversité des approches”, *Économie Rurale*, nº242, pp. 5-12.

- Brandes, Ulrik; Robins, Garry; McCranie, Ann & Wasserman, Stanley (2013), "What is network science?", *Network Science*, vol. 1, nº1, pp. 1-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/nws.2013.2>
- Cabrera, David & Rojas, María Isabel (2010), *Ordenación territorial del espacio fluvial del Río Genil, Granada*, Granada, Universidad de Granada.
- Cackowski, Jean Marie & Nasar, Jack L. (2003), "The restorative effect of roadside vegetation: implications for automobile driver anger and frustration", *Environment & Behavior*, vol. 35, nº6, pp. 736-751. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0013916503256267>
- Castillo, José (2016), "¿Por qué la Junta de Andalucía se niega a declarar la Vega de Granada como BIC, zona patrimonial?", *Panorama, Revista del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº89, pp. 16-17. <http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/3754> (fecha de referencia: 01-12-2019).
- Cejudo, Eugenio & Castillo, José (2011), "La Vega de Granada. La construcción patrimonial de un espacio agrario", en Hermosilla, J. -dir.- *Los regadíos históricos españoles. Paisajes culturales, paisajes sostenibles*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, pp. 243-284.
- Chiffolleau, Yuna & Touzard, Jean-Marc (2014), "Understanding local agri-food systems through advice network analysis", *Agriculture and Human Values*, nº31, pp. 19-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9446-6>
- Christensen, Elizabeth & O'Sullivan, Rita (2015), "Using Social Networking Analysis to Measure Changes in Regional Food Systems Collaboration: A Methodological Framework", *Journal of Agriculture Food Systems and Community Development*, vol. 5, nº3, pp. 113-129. DOI: <https://doi.org/10.5304/jafscd.2015.053.013>
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (2012), "Plan Especial de la Vega de Granada". Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondelterritorio/areas/ordenacion/planes-especiales/paginas/plan-vega-granada.html> (fecha de referencia: 01-12-2019).
- Deavers, Ken (1992), "What is Rural", *Area*, vol. 20, nº1, pp. 35-40.
- Donadieu, Pierre & Luginbühl, Yves (2008), "Il divenire dei paesaggi rurali e peri-urbani", en Donadieu, P., Küster, H. & Milani, R. -eds.- *La cultura del paesaggio in Europa tra storia, arte e natura. Manuale di teoria e pratica*, Florencia, Leo S. Olschki, pp. 157-180.
- Eizaguirre, Xavier (1991), *Los componentes formales del territorio rural*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.

- Ferrer, Amparo (1982), *Paisaje y propiedad en la tierra de Alhama (Granada, siglos XVIII-XX)*, Granada, Universidad de Granada.
- Forman, Richard T.T. & Godron, Michael (1986), *Landscape ecology*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- Freeman, Linton C. (1977), “A set of measures of centrality based on betweenness”, *Sociometry*, n°40, pp. 35-41.
- Garrido-Clavero, Juan & Sánchez-del Árbol, Miguel Ángel (2019), “El Plan Especial de Ordenación de la Vega de Granada: propuestas con repercusión ambiental para un ámbito agrícola periurbano”, *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, vol. LI, n°201, pp. 511-524. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/view/77581> (fecha de referencia: 01-12-2019).
- Green, Raymond (2005), “Redefining Rurality”, *Town and Country Planning*, vol. 74, n°6, pp. 199-202.
- Hagget, Peter & Richard, Chorley (1972), *Network analysis in Geography*, Londres, Edward Arnold.
- Jaarsma, Catharinus F. & Willems, Geert P.A. (2002), “Reducing habitat fragmentation by minor rural roads through traffic calming”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 58, n°2-4, pp. 125-135. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00215-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00215-8)
- Krafta, Rômulo (2008), “Fundamentos del análisis de centralidad espacial urbana”, *Centro-h*, n°2, pp. 52-72.
- Lagesse, Claire; Bordin, Patricia & Douady, Stéphane (2015), “A spatial multi-scale object to analyse road networks”, *Network Science*, vol. 3, n°1, pp. 156-181. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/nws.2015.4>
- Lämmer, Stefan; Gehlsen, Björn & Helbing, Dirk (2006), “Scaling laws in the spatial structure of urban road networks”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, n°363, pp. 89-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2006.01.051>
- Lee, Byoung-Hwa & Jung, Woo-Sung (2018), “Analysis on the urban street network of Korea: Connections between topology and meta-information”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, n°497, pp. 15-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.12.131>
- Liu, Yaolin; Wang, Huimin; Jiao, Limin; Liu, Yanfang; He, Jianhua & Ai, Tinghua (2015), “Road centrality and landscape spatial patterns in Wuhan Metropolitan Area, China”,

- Chinese Geographical Science*, vol. 25, nº4, pp. 511-522. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11769-015-0749-y>
- Mata Olmo, Rafael & Fernández Muñoz, Santiago (2010), “Paisajes y patrimonios culturales del agua. La salvaguarda del valor patrimonial de los regadíos tradicionales”, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. XIV, nº337. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-337.htm> (fecha de referencia: 01-12-2019).
- Matarán, Alberto (2013), “Participación social en la protección activa de los espacios agrarios periurbanos: un estado de la cuestión”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº63, pp. 57-79. DOI: <https://doi.org/10.21138/bage.1606>
- Menor, José (2000), “Reflexiones en torno a los modelos productivista y postproductivista en la Vega de Granada”, *Cuadernos Geográficos*, nº30, pp. 415-427. DOI: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v30i0.1969>
- Mercadé, Josep; Magrinyà, Francesc & Cervera, Marina (2019), “Centrality measures and intermediate scale: the potential structuring role of the road network in Valles Oriental”, *ACE, Architecture, City and Environment*, vol. 13, nº39, pp. 11-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.13.39.5302>
- Ocaña, María del Carmen (1972), “La Vega de Granada. Síntesis geográfica”, *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, nº2, pp. 5-40.
- Opdam, Paul; Grashof, Carla & Wingerden, Walter van (2000), “Groene dooradering. Een ruimtelijk concept voor functie combinaties in het agrarisch landschap”, *Landschap*, nº17, pp. 45-51.
- Paül, Valerià & Haslam, Fiona (2013), “Peri-urban farmland conservation and development of alternative food networks: Insights from a case-study area in metropolitan Barcelona (Catalonia, Spain)”, *Land Use Policy*, vol. 30, nº1, pp. 94-105. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.02.009>
- Pauwels, F. & Gulinck, Hubert (2000), “Changing minor rural road networks in relation to landscape sustainability and farming practices in West Europe”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 77, nº1-2, pp. 95-99. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00095-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00095-X)
- Peano, Attilia (2006), *Paesaggi nel futuro del mondo rurale*, Florencia, Alinea Editrice.
- Porta, Sergio & Latora, Vito (2007), “Multiple centrality assessment: mapping centrality in networks of urban spaces”, en Thwaites, Kevin; Porta, Sergio; Romice, Ombretta & Greaves, Mark, -eds.- *Urban Sustainability through environmental design: approaches to time-people-place responsive urban spaces*, Nueva York, Routledge, pp. 102-109.

- Porta, Sergio; Crucitti, Paolo & Latora, Vito (2006), "The network analysis of urban streets: A primal approach", *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 33, n°5, pp. 705-725. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b32045>
- Porta, Sergio; Crucitti, Paolo & Latora, Vito (2008), "Multiple centrality assessment in Parma: a network analysis of paths and open spaces", *Urban Design International*, vol. 13, n°1, pp. 41-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.1057/udi.2008.1>
- Porta, Sergio; Latora, Vito; Wang, Fahui; Rueda, Salvador; Strano, Emanuele; Scellato, Salvatore; Cardillo, Alessio; Belli, Eugenio; Cardenas, Francisco; Cormenzana, Berta & Latora, Laura (2012), "Street centrality and the location of economic activities in Barcelona", *Urban Studies*, vol. 49, n°7, pp. 1471-1488. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0042098011422570>
- Puente, Raúl (2013), "La Vega de Granada: de un espacio agrario en crisis a un complejo paisaje cultural", *Revista de Estudios Regionales*, n°96, pp. 181-213.
- Rodà, Ferrán (2003), "La matriz del paisaje. Funciones ecológicas y territoriales", en Folch, Ramón, -ed.- *El Territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación*, Barcelona, Red de Municipios. Diputación de Barcelona, pp. 43-55.
- Sabaté, Joaquín (2015), "Reflexiones en torno al proyecto urbanístico de un Parque Agrario", en Yacamán, Carolina & Zazo, Ana -coords.- *El Parque Agrario: una figura de transición hacia nuevos modelos de gobernanza territorial y alimentaria*, Madrid, Heliconia S. Coop. Mad, pp. 93-112.
- Sevtsuk, Andres & Mekonnen, Michael (2012a), "Urban network analysis. A new toolbox for ArcGIS", *Revue internationale de géomatique*, vol. 22, n°2, pp. 287-305.
- Sevtsuk, Andres & Mekonnen, Michael (2012b), *Urban Network Analysis. A toolbox for ArcGIS 10/10.1. Help Document*. City Form Lab. Singapore University of Technology & Design in collaboration with MIT.
- Spooner, Peter G. (2015), "Minor rural road networks: values, challenges, and opportunities for biodiversity conservation", *Nature Conservation*, n°11, pp. 129-142 DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/natureconservation.11.4434>
- Strano, Emanuele; Viana, Matheus; Costa, Luciano; Cardillo, Alessio; Porta, Sergio & Latora, Vito (2013), "Urban Street networks, a comparative analysis of ten European cities", *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 40, n°6, 1071-1086. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b38216>
- Trillo, Carmen (2005), "A social analysis of irrigation in Al-Andalus: Nazari Granada (13th-15th centuries)", *Journal of Medieval History*, vol. 31, n°2, pp. 163-183. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmedhist.2005.03.001>

Yacamán, Carolina & Zazo, Ana (2015), *El Parque Agrario: una figura de transición hacia nuevos modelos de gobernanza territorial y alimentaria*, Madrid, Heliconia S. Coop. Mad.

Zazo, Ana (2015), *El Parque Agrario: estructura de preservación de los espacios agrarios en entornos urbanos en un contexto de cambio global*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.