

SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE EN EL NORTE DE LA CARPETANIA ROMANA. UNA APROXIMACIÓN DESDE LOS SIG Y ANÁLISIS DE REDES

Transportation System Simulation and Analysis in the North of Roman Carpetania. A GIS and Network Analysis Approach

Fernando MORENO-NAVARRO

Dpto. de Humanidades: Historia, Geografía y Arte. Instituto de Cultura y Tecnología. Univ. Carlos III de Madrid. C/ Madrid, 128. 28903 Getafe, Madrid. Correo-e: fernmore@hum.uc3m.es ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7279-5856>

Recepción: 12/08/2021; Revisión: 20/03/2022; Aceptación: 21/04/2022

RESUMEN: Este trabajo caracteriza el modo en que se articulaba el territorio del N de la Carpetania romana a través de sus vías de comunicación principales y secundarias. En este caso hemos enfocado este trabajo desde una perspectiva alternativa alejada de las tradicionales aproximaciones urbanocéntricas. Para ello, hemos realizado una simulación de la red de comunicaciones en el N de la Carpetania a través de Sistemas de Información Geográfica. Los resultados para las vías principales se ajustan notablemente bien con las vías descritas en las fuentes textuales antiguas. Esto nos ofrece una gran fiabilidad para poder analizar la articulación del territorio a través de las vías secundarias y caminos rurales. Mediante herramientas derivadas de los análisis de redes hemos analizado la localización de algunos de los asentamientos más característicos en la red viaria, así como las áreas con mayor accesibilidad. Estos análisis apuntan a que las aldeas y aglomeraciones presentes en el territorio jugaban un papel crucial en la articulación territorial, principalmente en aquellas áreas menos cubiertas por las áreas de influencia municipales.

Palabras clave: articulación territorial; Hispania romana; mundo rural; SIG; análisis de redes.

ABSTRACT: This paper characterises how the territory of northern Roman Carpetania was articulated through its communication routes. In this case, we have approached this work from an innovative perspective away from traditional urban-centric ones. With this aim, we have carried out a transportation network simulation in the study area using GIS. The results for the main roads fit remarkably well with the Roman roads described in the ancient sources. This provides us with a high degree of reliability to analyse the articulation of the territory through secondary roads and rural paths. We have analysed the location of some characteristic settlements on the road network as well as the areas with the greatest accessibility using tools derived from network analysis. These analyses suggest that the villages and agglomerations present in the territory played a crucial role in the territorial articulation, mainly in those areas less covered by the municipal influence areas.

Key words: Territorial Articulation; Roman Hispania; Rural World; GIS; Network Analysis.

1. Introducción¹

El análisis de la articulación del territorio en época romana ha estado tradicionalmente centrado en la búsqueda de las grandes infraestructuras de comunicación entre los diferentes territorios. Estas vías han supuesto una eficiente articulación del territorio a gran escala y han sido capaces de facilitar, en mayor o menor medida, la integración económica y social de todas las provincias del Imperio. Múltiples trabajos han tenido como objetivo conocer cuál era el trazado de estas vías de comunicación, así como de qué modo y en qué medida tuvo lugar la integración de las provincias romanas a partir de estas infraestructuras (Roldán, 1975; Chevallier, 1997; Staccioli, 2003; Moreno Gallo, 2006; Davies, 2008; Fiz y Orengo, 2008: 316-322; Adams, 2012; Alcock *et al.*, 2012; Carreras y De Soto, 2013: 117-133; Roldán y Caballero, 2014: 161-166; Orengo y Livarda, 2016: 21-35; Brookes y Huynh, 2018: 477-490; Kolb, 2019; entre otros) y se han desarrollado importantes proyectos como *Orbis: The Stanford Geospatial Network of the Roman World*², que

¹ Este trabajo ha sido posible gracias al contrato de investigación vinculado al proyecto *Economías domésticas en el norte de la Carpetania romana (100 a. C.-400 d. C.): Condiciones de vida, redes y desigualdad* (Ref. 2017-T1/HUM-5516 2018-2021) y al proyecto *Carpetania rustica: arqueología de los asentamientos campesinos en el norte de la Carpetania romana* (Ref. 2021-5A/HUM-20947), ambos del Programa de Atracción de Talento de la Comunidad de Madrid modalidad 1, bajo la dirección de J. Bermejo Tirado. Este trabajo no habría podido llevarse a cabo de no ser por la incalculable ayuda de J. Bermejo Tirado –UC3M–, A. Jimeno Martínez y J. Gutiérrez Puebla –UCM–. Gracias a M. Contreras, E. Baquedano y E. Carrión por la ayuda y el acceso a los materiales en el Museo Arqueológico Regional de Madrid. También agradezco sus valiosos comentarios y sugerencias a L. M. Tanarro, A. Condeço y J. C. García Palomares –UCM–; T. Brughmans –Aarhus Univ.–; UrbNet –Aarhus Univ.–; R. Witcher y D. Lawrence –Durham Univ.–; A. Pizzo, V. Beolchini y Á. Corrales –EEHAR-CSIC–; L. Neira –UC3M–; J. García Sánchez –IAM-CSIC–; M. Pérez Polo –UNAV–; R. Licerias-Garrido –USAL–; S. Quintero, A. Chaín y G. Pestarino. Mi más sincero agradecimiento a los evaluadores externos por sus valiosos e interesantes comentarios que han contribuido a enriquecer este trabajo.

² Puede consultarse un visor cartográfico muy útil en: <https://orbis.stanford.edu/>; acceso 29/04/2021.

utiliza también los análisis de redes para determinar distancias en costes entre determinados puntos de la red; o *Mercator-E Project*³, que trata de dar una visión diacrónica de las infraestructuras de transporte desde época romana hasta momentos más recientes en la Península Ibérica. También las investigaciones tradicionales llevadas a cabo por los teóricos de la economía romana han generado propuestas centradas en el papel de los grandes núcleos municipales en la articulación de los territorios, como es el caso de la ‘ciudad consumidora’ u otras propuestas similares (Finley, 1977: 305-327; Erdkamp, 2001: 332-356). Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo desde una perspectiva microrregional son más escasas –un ejemplo en Sánchez Barrero, 2009; 2013: 293-302; Grau, 2017: 184-223; Oltean y Fonte, 2020; entre otros–, también debido a la dificultad que supone la escasa evidencia arqueológica de vías privadas o secundarias y trazados rurales. Este tipo de caminos secundarios jugaron un importante papel en la articulación de los territorios a nivel local o microrregional al llegar a aquellas áreas no cubiertas por las vías de comunicación principales.

Sobre la base del análisis de la red de comunicaciones, así como del estudio de la posición de los asentamientos en dicha red, este trabajo pretende abordar el estudio de la articulación espacial en el N de la Carpetania en época romana. Nuestra área de estudio es una región del centro de la Península Ibérica que coincide principalmente con la cuenca de Madrid. La investigación sobre las vías de comunicación que cruzaban esta región ha estado tradicionalmente vinculada con la búsqueda de los trazados descritos por las fuentes textuales antiguas, principalmente el *Itinerario de Antonino* y el *Anónimo de Rávena*, y la localización de las *stationes*, *mansiones* o *municipia* mencionadas en ellas (Rodríguez Morales, 2002: 26-30; 2007: 20-37; Caballero, 2006: 37-48; Suja, 2006: 84-89; Bermúdez, 2017: 243-257).

Para poder abordar este estudio desde una perspectiva microrregional, es necesario tener una noción de la red de transportes en el área de estudio

³ También dispone de un visor de gran utilidad en: <http://fabricadesites.fcsh.unl.pt/mercator-e/>; acceso 29/04/2021.

lo más completa posible. En nuestro caso, hemos utilizado herramientas derivadas de los Sistemas de Información Geográfica⁴ para poder proponer un modelo de red que tuviera en cuenta las redes principales y secundarias. La metodología que hemos utilizado es el *Modelo de Acumulación de Desplazamiento Óptimo* (MADO) (Fábrega-Álvarez, 2006: 7-11; 2016: 161-182; Llobera *et al.*, 2011: 843-851; Aceituno y Uriarte, 2019: 219-235), que utiliza herramientas derivadas de la hidrología que se aplican sobre una capa de coste de desplazamiento previamente generada sobre la base de la orografía. Para el modelado de las vías secundarias y posibles trazados rurales de la región no disponemos de fuentes textuales ni de datos arqueológicos. Por esta razón, hemos utilizado únicamente los datos proporcionados por la orografía. La dificultad para disponer de datos arqueológicos sobre otros posibles factores sociales o políticos que pudieron afectar en los trazados ha hecho que solo utilizemos datos derivados de la morfología del terreno en época actual. Por esta razón, es necesario clarificar que el modelo que nosotros proponemos únicamente muestra aquellos trazados más susceptibles de ser utilizados como vía de transporte, pero la propuesta del trazado de las vías de comunicación debe ser elaborada y corregida utilizando todas las variables posibles en futuras investigaciones.

Con el objetivo de caracterizar las tendencias de articulación del territorio, hemos utilizado herramientas derivadas de los análisis de redes aplicados sobre el modelo de la red de transportes. La aplicación de esta metodología de análisis en arqueología se ha incrementado exponencialmente en los últimos años (Collar *et al.*, 2015: 1-32; Brughmans y Peeples, 2017: 1-24) y ha tenido también un especial protagonismo en las redes de transporte (Graham, 2006; Isaksen, 2008; Knappett, 2011; Carreras y De Soto, 2013: 117-133; Scheidel, 2014: 7-32; Orengo y Livarda, 2016: 21-35; De Soto, 2019: 271-289). Gracias a esta metodología

⁴ Software ARCGIS v. 10.4. Sistema de coordenadas UTM, ETRS 1989 Zona 30N. Datos de la extensión del área de estudio: x mínima: 4392430 m; x máxima: 4572770 m; y mínima: 343460 m; y máxima: 511100 m.

podemos vislumbrar las posibles áreas de influencia de algunos de los asentamientos que presumiblemente actuaron como puntos articuladores en el territorio. También utilizaremos la herramienta *Spatial Design Network Analysis* –SDNA– (Cooper y Chiaradia, 2020), que utiliza conceptos derivados de los análisis de redes sociales como las medidas de centralidad (Freeman, 1979: 215-239; Stephenson y Zelen, 1989: 1-37; Rivers *et al.*, 2013: 125-150; Cooper, 2015: 1293-1309). Esta medida fue desarrollada para el análisis de redes de carácter urbano, pero ha sido exitosamente aplicada en contextos arqueológicos geográficamente muy amplios (Orengo y Livarda, 2016: 21-35). La aplicación de esta herramienta nos permitirá conocer las áreas de nuestra red por las que discurría mayor flujo de información y cuáles eran más accesibles desde un punto de vista microrregional.

2. Caso de estudio: el N de la Carpetania romana

Nuestro caso de estudio (Fig. 1) se enmarca en lo que conocemos como cuenca de Madrid, correspondiente a las llanuras formadas en torno a las cuencas fluviales que se dirigen hasta el río Tajo desde las montañas del sistema Central. Estos ríos, el Guadarrama y el Jarama, así como los afluentes de este último, el Henares, el Manzanares y el Tajuña, entre otros, forman vegas y terrazas muy fértiles, óptimas para su explotación agrícola, tradicionalmente dedicadas al cultivo de cereales, vid y olivo (Díaz-del-Río, 2001).

La localización de los *municipia* que se encuentran en el área de estudio es crucial para determinar el trazado de las vías de comunicación. Gracias a diversas fuentes textuales, como Plinio el Viejo (*Nat. Hist.* III, 24-25), sabemos que el territorio de la región se articulaba en torno a tres *municipia*: *Complutum*, *Titulcia* y *Mantua*. De estos tres, únicamente tenemos certeza de la ubicación de *Complutum*, en el término municipal de Alcalá de Henares. En el caso de la localización de *Titulcia*, nosotros asumimos la propuesta de que estuviera localizada en

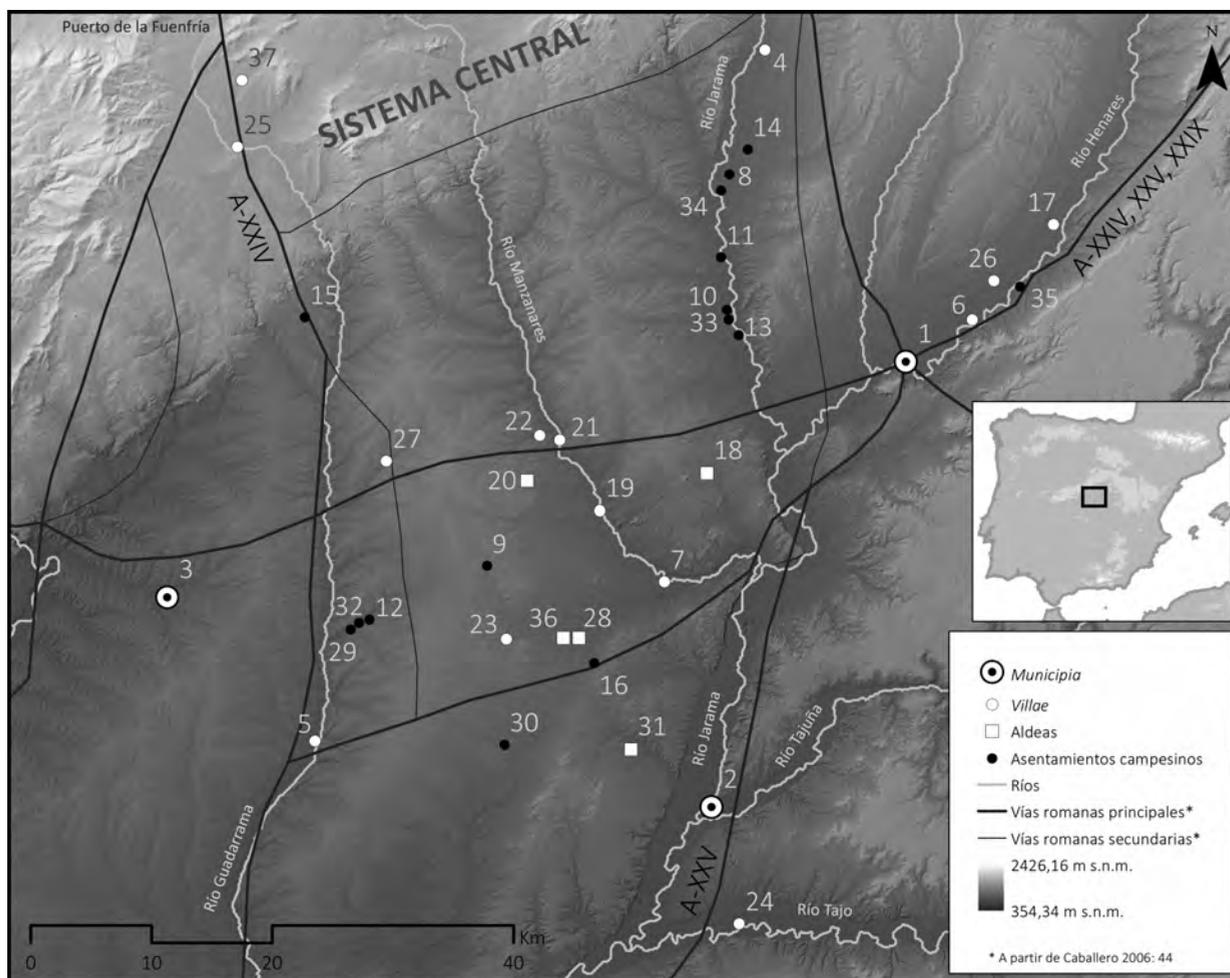


FIG. 1. Mapa con la situación de los yacimientos analizados en este trabajo y vías romanas (a partir de Caballero, 2006: 44): 1) Complutum; 2) posible localización de Titulcia; 3) posible localización de Mantua; 4) Valdetorres del Jarama; 5) Carranque; 6) Villa del Val; 7) La Torrecilla; 8) Arroyo Paeque; 9) Arroyo Culebro; 10) El Guijo; 11) El Rasillo; 12) El Zarzalejo; 13) La Huelga; 14) Tesoro de la Herradura; 15) Los Palacios; 16) La Indiana; 17) El Val de la Viña; 18) Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre; 19) Villa de Villaverde; 20) Carabanchel/Ermita de Santa María La Antigua; 21) Villa de Puente de Segovia; 22) Villa de Casa de Campo; 23) Villa de Loranca; 24) Casa de Rodas/Los Castejones; 25) Monesterio; 26) Villa de Meco; 27) Villa de El Agostadero; 28) Tinto Juan de la Cruz; 29) El Jardín; 30) Sector 9 PGOU Torrejón de Velasco; 31) Ermita de Santiago; 32) Centro de Enseñanza Primaria 'El Pelicano'; 33) El Guijo, ampliación; 34) Soto de Mozanaque; 35) Morasol/Santos de la Humosa; 36) Tinto Juan de la Cruz. Cercanías Madrid; 37) El Beneficio.

el casco urbano de la actual localidad homónima, antiguamente llamada Bayona de Tajuña (Stylow y Von Hesberg, 2004: 205-226; Polo y Valenciano, 2014: 85-98). Sin embargo, otros autores proponen su localización en otros lugares, como por ejemplo el municipio de Móstoles (Rodríguez Morales, 2007: 20-37), Aranjuez (Suja, 2006: 84-89) o incluso

Carranque (Fernández Galiano, 1989: 2-21; 1995: 199-210). Por último, el *municipium* de Mantua se sitúa probablemente en el término de la localidad de Villamanta (Gamallo y Gimeno, 1990: 287-298; Mangas *et al.*, 2017: 679-706).

Para la jerarquización del resto de los yacimientos, hemos utilizado la siguiente clasificación.

En este trabajo, la denominación ‘asentamientos campesinos’ podría también intercambiarse por la palabra ‘granjas’ (Bermejo, 2017: 351-371; 2022: 23-48). Se trata de asentamientos rurales aislados, generalmente compuestos por uno o muy pocos edificios de factura muy humilde, orientados mayoritariamente a la producción agropecuaria (Bermejo, 2017: 354)⁵. Posteriormente, denominamos aldeas a aquellos asentamientos rurales que constan de una aglomeración de espacios domésticos y áreas de producción (Bermejo, 2017: 354). Por último, las ya conocidas *villae* son aquellas explotaciones agropecuarias que disponen de áreas residenciales de mayor o menor monumentalidad. Los mejores exponentes de este tipo de asentamientos en nuestra área de estudio son Carranque, Toledo (Fernández Galiano, 1995: 199-210; Arce, 2003: 15-28; García Entero *et al.*, 2017) o Valdetorres del Jarama (Arce *et al.*, 1997: 321-337). En el área central de la Península Ibérica, este tipo de asentamientos son cada vez más frecuentes a partir del s. III d. C., sustituyendo en muchos casos a anteriores asentamientos de carácter campesino (Bermejo, 2017: 367). Infraestructuras viarias como *mansiones* o *stationes*, no incluidas en este trabajo, pueden haber sido atribuidas a esta categoría debido a la similitud de sus áreas residenciales o la posible existencia de *balnea*, elemento característico en ambos tipos de asentamiento.

Gracias a las fuentes textuales como el *Itinerario de Antonino* y el *Anónimo de Rávena*, sabemos que el área de estudio era transitada por importantes vías de comunicación. Según el *Itinerario de Antonino*, tres de las vías que se dirigían desde la capital conventual de *Caesaraugusta* hasta la capital de la Lusitania *Emerita Augusta* cruzaban el N de la Carpetania. Las tres vías tienen el mismo recorrido desde el E, pasando por *Complutum* hasta llegar a *Titulcia*. Sin embargo, tomaban rutas diferentes a partir de esta última ciudad. La Vía XXIV se dirigía en dirección norte para cruzar el sistema Central a través del puerto de La Fuenfría llegando a la ciudad de

Segovia. Antes de llegar al puerto de montaña, la vía alcanza la *mansio* de *Miaccum*, cuya localización aún es imprecisa. Algunos autores sitúan dicha *mansio* en el yacimiento de El Beneficio, Collado Mediano, o Monesterio, San Lorenzo de El Escorial (Caballero, 2006: 37-48; Guijarro, 2008: 354-387). La Vía XXV continúa hacia la ciudad de *Toletum*, muy probablemente continuando el cauce del Tajo hasta la Lusitania. Por último, la Vía XXIX tomaría dirección S pasando por las *mansiones*, de muy dudosa localización, de *Vico Cuminario* y *Alces* (Roldán y Caballero, 2014: 161-166). En cuanto al *Anónimo de Rávena*, también aparecen otras rutas diferentes que afectan a nuestra área de estudio. Aparece citado un recorrido similar al de la ya comentada Vía XXV del *Itinerario de Antonino*. Sin embargo, también aparecen otras dos vías con la ciudad de *Complutum* como cabecera de estas rutas. Uno de los recorridos se dirige al N en dirección a *Asturica Augusta* (Roldán y Caballero, 2014: 228). Otro de los recorridos tiene su origen en *Complutum* para dirigirse hacia el SE hasta llegar a *Segobriga* y continuar hacia el SE peninsular (Fernández *et al.*, 2011).

La localización del N de la Carpetania como centro geográfico de la Península Ibérica permite que sea un nudo de comunicaciones hacia todas las direcciones. Por esta región cruzan muchas de las principales vías de comunicación hacia las capitales de las provincias de *Hispania*. Sin embargo, diversos autores han demostrado que este mismo centro peninsular no goza de la prominencia que se le presupone como principal nudo viario. Si tenemos en cuenta los costes necesarios para llegar a esta región, se trata de un área eminentemente periférica desde una escala interprovincial, tanto desde Roma como desde otros puntos relevantes en el marco del mundo romano (Carreras y De Soto, 2013: 117-133; Scheidel, 2014: 7-32; De Soto, 2019: 271-289).

3. Metodología para la simulación de la red de transporte en el norte de la Carpetania

Una herramienta muy útil que se ha desarrollado para proponer rutas óptimas en un determinado

⁵ En relación con la discusión sobre la nomenclatura de los asentamientos rurales romanos *cf.* Van Dommen, 1993: 167-186; Witcher, 2006: 341-359; Fernández Ochoa *et al.*, 2015: 111-136.

territorio es el *Modelo de Acumulación de Desplazamiento Óptimo* –MADO– (Fábrega-Álvarez, 2006: 7-11; Llobera *et al.*, 2011: 843-851; Aceituno y Uriarte, 2019: 219-235). Esta metodología combina herramientas de análisis hidrológico con herramientas de análisis de costes para generar modelos de movilidad en un determinado territorio. Para ello, se utiliza un mapa de fricción –también denominado mapa de costes– previamente generado para ese propósito, de la misma manera que se utiliza para los *Least Cost Path*, mucho más habituales en arqueología (Fairén, 2004: 25-40; Fábrega y Parceró, 2007: 121-140; Verhagen y Jeneson, 2012: 123-130; Güimil-Fariña y Parceró-Oubiña, 2015: 31-44; Verhagen *et al.*, 2019: 217-251; entre otros). A continuación, vamos a desarrollar de qué manera hemos aplicado esta herramienta a nuestra área de estudio.

3.1. Mapa de coste. Modelo Digital del Terreno y antropización actual

La elección de una ruta u otra para dirigirse a un determinado lugar depende de muchos factores. En nuestra opinión, uno de los principales factores es la morfología del terreno. Parece lógico pensar que una persona elegirá la ruta que menos coste le suponga para dirigirse a un lugar. Por lo general, se ha calculado este factor únicamente a partir de la pendiente. Sin embargo, existen otro tipo de factores que también pueden ser determinantes para esta decisión como son las variables sociales y culturales. Son múltiples este tipo de variables, pero en arqueología son frecuentemente desconocidas, y esta incertidumbre se ve incrementada a medida que nos remontamos más en el tiempo en nuestro análisis. Otros factores pueden estar relacionados con las inclemencias climáticas (Verhagen *et al.*, 2019: 217-251) o las posibles eventualidades estacionales como las crecidas de los ríos (Fiz y Orengo, 2008). Nuestro modelo puede contribuir a la interpretación de la articulación del territorio también en otros periodos históricos preindustriales debido a que solo utilizamos datos derivados de la orografía.

Nuestro análisis también puede verse afectado por la fuerte antropización del territorio que circunda el área metropolitana de la ciudad de Madrid. Este se basa exclusivamente en la morfología del terreno en un área que actualmente consta de un desmesurado nivel de desarrollo urbanístico. Estas zonas se urbanizan de manera exponencial principalmente a partir de la segunda mitad del siglo pasado. Son especialmente significativas las décadas anteriores a la crisis económica del año 2008 cuando se construyeron múltiples urbanizaciones y diferentes infraestructuras como autopistas, ferrocarriles de alta velocidad y la ampliación del aeropuerto. Esta antropización del terreno hace que se genere una distorsión en el análisis, sobre todo en aquellas áreas más cercanas a la metrópolis madrileña.

Para generar el mapa de coste sobre el que se basará nuestro análisis, utilizaremos el Modelo Digital del Terreno –MDT– y una capa con los cursos fluviales más caudalosos que cruzan nuestra área de estudio. En este caso hemos utilizado el MDT25 del Instituto Geográfico Nacional con una resolución de 25 m⁶. También se han tenido en cuenta los cursos hidrográficos que transcurren por el área de estudio⁷. Aunque el cauce de los ríos pudo ser mayor en la Antigüedad, sabemos que existían zonas donde era posible vadearlos. Sin embargo, no conocemos cuáles eran estos puntos de paso y es poco probable conocer su posición original debido a la variabilidad y modificación de los cauces a lo largo del tiempo. Para poder solventar este problema y realizar un análisis lo más preciso posible, hemos establecido una cierta resistencia de paso a lo largo del curso hidrográfico en nuestro mapa de coste sobre el que se realizará el análisis (Basildo *et al.*, 2005: 133-168).

Hemos calculado la capa de fricción a partir de la pendiente y la hidrografía. Para generarla, en

⁶ Estos datos se encuentran disponibles en los servicios del Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional –www.cnig.es–. Los datos para la generación del MDT de nuestro análisis han sido tomados en 2009.

⁷ La cartografía digital relativa a la hidrografía procede de la infraestructura de datos espaciales del Ministerio de Transición Ecológica –<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/red-hidrografica.aspx>–.

primer lugar, se calculan las pendientes⁸, en nuestro caso en porcentajes, a partir del MDT y se aplica una fórmula obtenida según la Regla de Naismith (Naismith, 1892). Según esta regla, la velocidad de una persona adulta en un terreno llano es de 5 km/h. A esta velocidad, se podría recorrer 1 km en 12 minutos, pero habría que añadir un minuto por cada 10 m de desnivel, es decir, por cada incremento del 1 % de pendiente. De esta manera, un incremento del 1 % en la pendiente implica un incremento del 8,33 % en el coste. De este modo, el coste se doblaría si pasamos de una pendiente llana a una del 12 %. Para hacer el cálculo, podemos aplicar la siguiente fórmula a la capa ráster⁹: $y = 0,0833x + 1$, donde x es el valor de la pendiente, e y es el valor de coste de la nueva capa. De esta forma, con una pendiente del 0 %, el valor de coste es igual a 1 y aumenta 0,0833 por cada 1 % de pendiente. A pesar de su antigüedad, esta regla ha demostrado ser una de las más ajustadas en cálculos recientes (Márquez *et al.*, 2015) y se ha aplicado con éxito en otros contextos arqueológicos (Ruiz-Gálvez *et al.*, 2002; Liceras-Garrido y Jimeno, 2016). Para completar el mapa de fricción, se realiza una suma de la capa de ríos principales, en formato ráster, que cruzan el área de estudio, y le hemos dado un valor de fricción equivalente a un 24 % de pendiente, es decir, dos puntos adicionales en nuestra capa de fricción. De este modo, pretendemos crear una resistencia al cruce de los cursos fluviales en el análisis de la acumulación de flujo, pero sin llegar a impedirlos por completo.

3.2. Destinos sin origen. Puntos aleatorios en el territorio

La mayor parte de los anteriores estudios sobre vías de comunicación en la Antigüedad han tenido en cuenta orígenes y destinos conocidos como yacimientos arqueológicos o hitos en el paisaje. La naturaleza de los datos arqueológicos hace que la

⁸ Herramienta *Spatial Analyst/Surface/Slope*.

⁹ Herramienta *Spatial Analyst/Map Algebra/Raster calculator*.

muestra sea siempre sesgada, por lo que los resultados siempre van a ser desiguales en el territorio. Otros estudios utilizan puntos de origen y destino aleatorios en el exterior de la zona de estudio, añadiendo yacimientos conocidos en el interior (Bermúdez, 2017: 243-257), lo que permite corregir el análisis con bastante seguridad, pero no tienen en cuenta aquellas áreas donde falten datos arqueológicos. El cálculo a partir de la acumulación de flujo utilizada por nosotros permite que no sea necesario establecer destinos y permite disponer de un resultado en aquellas áreas con menor información arqueológica.

En nuestro caso de estudio hemos optado por utilizar puntos aleatorios en el territorio para la creación de la red, dejando fuera los yacimientos arqueológicos. Para nuestro análisis, hemos utilizado una muestra de 100 puntos aleatorios¹⁰. La muestra de los asentamientos será analizada posteriormente para comprobar su comportamiento en la red de comunicaciones propuesta en el análisis. A diferencia de otros investigadores que han optado por utilizar una malla ortogonal de puntos (Aceituno y Uriarte, 2019: 219-235), nosotros hemos optado por utilizar 100 puntos aleatorios por todo el territorio, una muestra lo suficientemente representativa.

3.3. Modelo de acumulación de desplazamiento desde varios orígenes

Como ya comentan sus desarrolladores (Fábrega-Álvarez, 2006: 7-11; 2016; Llobera *et al.*, 2011: 843-851), es necesario realizar una serie de pasos previos para llegar al cálculo de la red¹¹. En primer

¹⁰ Herramienta *Data Management Tools/Sampling/Create Random Points*, aplicada sobre el polígono del área de estudio: Sistema de coordenadas UTM, ETRS 1989 Zona 30N. Datos de la extensión del polígono: Vértices: 1- x: 4572788 m, y: 450596 m; 2- x: 4572762 m, y: 511080 m; 3- x: 4392422 m, y: 510974 m; 4- x: 4394009 m, y: 343493 m; 5- x: 44883518 m, y: 374899 m; 6- x: 4520533 m, y: 377651 m.

¹¹ Este proceso se ha automatizado utilizando la herramienta *ModelBuilder*, incluida en el software ArcGIS 10.4 utilizado.

lugar, es necesario el cálculo del coste acumulado desde cada uno de los puntos de origen¹², el cual mide el coste desde ese punto hasta cada uno de los píxeles del área de estudio. En segundo lugar, entrando en las herramientas propias de la hidrología, se calcula la dirección del flujo¹³. En tercer lugar, se calcula la acumulación del flujo de desplazamiento¹⁴, proceso que genera el MADO, cuyo producto es una capa ráster en que el valor de cada píxel es el grado de acumulación del desplazamiento hacia cada punto, siendo lógicamente los valores más altos los más cercanos a este punto. Finalmente, para generar la red, se ha calculado la media de las 100 capas de acumulación de flujo¹⁵. Es también necesario eliminar aquellas celdas con menor acumulación con el fin de conservar los trazados significativos. El valor utilizado para eliminar estas celdas podrá variar dependiendo del tamaño y la resolución del área de estudio. En nuestro caso, se han descartado las celdas con valores inferiores a 250 000 de valor de acumulación. Nuestra interpretación es que los trazados con valores de acumulación comprendidos entre 250 000 y 650 000 podrían corresponder a posibles vías secundarias, mientras que aquellos trazados con un valor mayor a 650 000 podrían corresponder a vías principales. Una vez convertido el archivo ráster a un archivo vectorial, corregiremos los posibles errores topológicos como segmentos desconectados o intermitentes provocados por el cálculo de acumulación de flujo. Estas correcciones topológicas, necesarias para crear una red comprensible, pueden hacer que varíen ligeramente los resultados relativos a la acumulación de flujo. Estos umbrales pueden variar dependiendo del tamaño del área de estudio, del tamaño del píxel y de la densidad deseada para el análisis (Llobera *et al.*, 2011: tab. 1). El resultado de este proceso se puede comprobar en la siguiente imagen (Fig. 2).

¹² Herramienta *Spatial Analyst/Distance/Cost Distance*.

¹³ Herramienta *Spatial Analyst/Hydrology/Flow Direction*.

¹⁴ Herramienta *Spatial Analyst/Hydrology/Flow Accumulation*.

¹⁵ Este cálculo se ha realizado con la herramienta *Spatial Analyst/Local/Cell Statistics*.

4. Métodos para el análisis de la red simulada y la localización de los asentamientos

Una vez disponemos de la simulación de red de comunicaciones, podemos aplicar métodos derivados de los análisis de redes para entender mejor el comportamiento de los asentamientos de nuestra área de estudio dentro de la red.

4.1. Análisis de redes espaciales

Los Sistemas de Información Geográfica –SIG– más habituales disponen de herramientas de análisis de redes de transporte para poder solucionar los problemas más comunes sobre estas infraestructuras, como, por ejemplo, encontrar la ruta óptima entre dos puntos, cuál sería la ruta más apropiada para unir diferentes puntos en un tiempo determinado o comprobar cuál sería el área de servicio de una determinada instalación. Nosotros hemos aplicado algunas de estas herramientas para ayudarnos a entender mejor la situación de algunos de los yacimientos dentro de nuestra red.

Para poder realizar nuestros cálculos, hemos estimado la velocidad media de cada uno de los segmentos de la red para así precisar los minutos que se necesitan para atravesarlos. Nuestro archivo es una simulación de una red de transportes de época preindustrial que, presumiblemente, estaría compuesta por calzadas más o menos enlosadas¹⁶ o de grava pisada y otros caminos secundarios que no dispondrían de mayor mantenimiento que el del propio paso de carruajes y animales de tiro. Hemos decidido establecer para todas las rutas la misma velocidad media. En nuestro caso, solo disponemos de una red de transporte terrestre ya que la estacionalidad y la irregularidad de los cursos fluviales de la zona no los harían viables para el

¹⁶ Disponemos como ejemplo de algunos yacimientos arqueológicos cercanos al área de estudio, como la calzada romana del puerto de la Fuenfría o los restos conservados en el municipio de Galapagar, que nos acercan a la idea de cómo serían estas vías principales en época del dominio romano y en uso hasta épocas mucho más recientes.

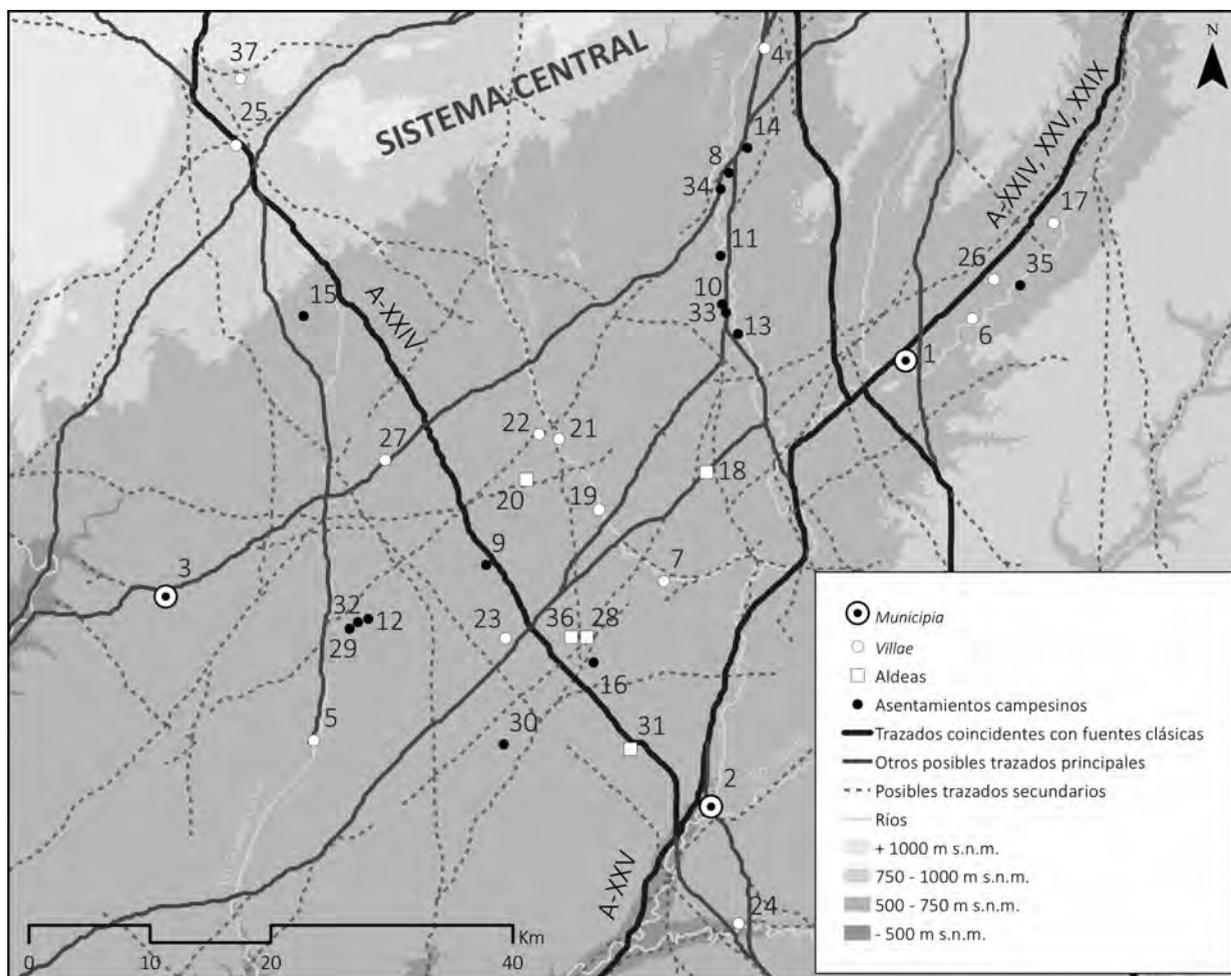


FIG. 2. Mapa con la simulación de la red de comunicaciones en el área de estudio.

transporte fluvial. La red de transportes sería utilizada para el transporte de personas tanto a pie como montados en diversos animales de labor como asnos o mulas. Estos animales también pueden ser utilizados para el transporte de mercancías junto con los bueyes. También debió ser utilizado el caballo, animal mucho más rápido que los anteriores, pero el alto coste que supone su mantenimiento y su incompatibilidad como animal de tiro lo haría mucho menos habitual y lo convertirían en un animal reservado para los estratos más enriquecidos de la sociedad y para el servicio de *cursus publicum*. Con estos medios de transporte, las vías de comunicación principales y mejor conservadas

serían más habituales para el transporte de mercancía pesada. Este hecho hace que la velocidad media de los usuarios de la vía fuera reducida. Para las vías secundarias y caminos rurales, la velocidad también se vería reducida por la sinuosidad de la vía y la falta de mantenimiento, pero sería menos habitual el transporte de mercancía pesada. Por todo esto, creemos que una impedancia o velocidad media aceptable para todas las vías de nuestra área de estudio es de 2,5 km/h, como ya ha sido propuesto en otros trabajos relacionados con las vías de comunicación en época romana teniendo en cuenta fuentes clásicas y etnográficas (De Soto, 2019: tab. 13, 2).

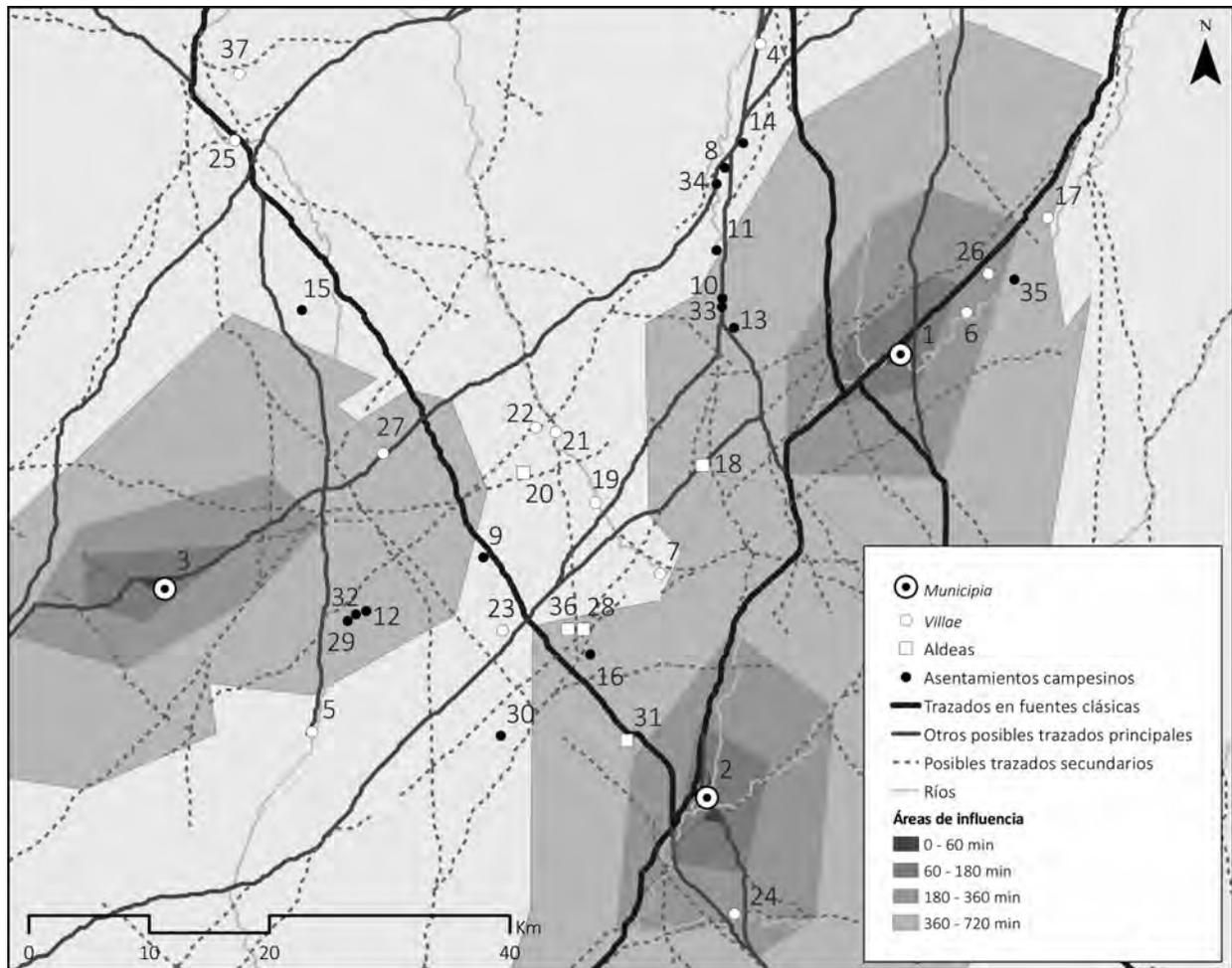


FIG. 3. Mapa del área de estudio con las áreas de influencia de los municipios.

4.2. Cálculo de las áreas de influencia

Utilizando este criterio temporal, uno de los primeros análisis que hemos realizado es el cálculo del área de influencia de los *municipia* de la región (Fig. 3). Este análisis calcula qué cantidad de territorio es capaz de abarcar un determinado punto en un determinado intervalo de tiempo. En este caso, hemos calculado el área en los intervalos de una, tres, seis y doce horas. En las vías romanas se situaba una *mansio* o *statio* cada jornada de camino que permitía el descanso y el forrajeo de los animales. Por esta razón creemos que media jornada puede ser una medida aproximada para calcular el área de influencia

ejercida por estos núcleos, suficiente para la ida y la vuelta en 24 horas.

Para el cálculo de estas áreas de influencia se han utilizado las herramientas de *Network Analysis* incorporadas en el software ArcGIS 10.4. Para poder utilizar la extensión *Network Analyst* es necesario convertir nuestra red de comunicaciones a un *dataset* de red. Esto permite la detección automatizada de posibles errores en la topología de nuestra red e incrementa la fiabilidad de nuestro análisis. Para el cálculo de las áreas de influencia se ha utilizado la herramienta *Service Area*¹⁷ que utiliza un campo de

¹⁷ Herramienta *Network Analyst/Analysis/Make Service Area Layer*.

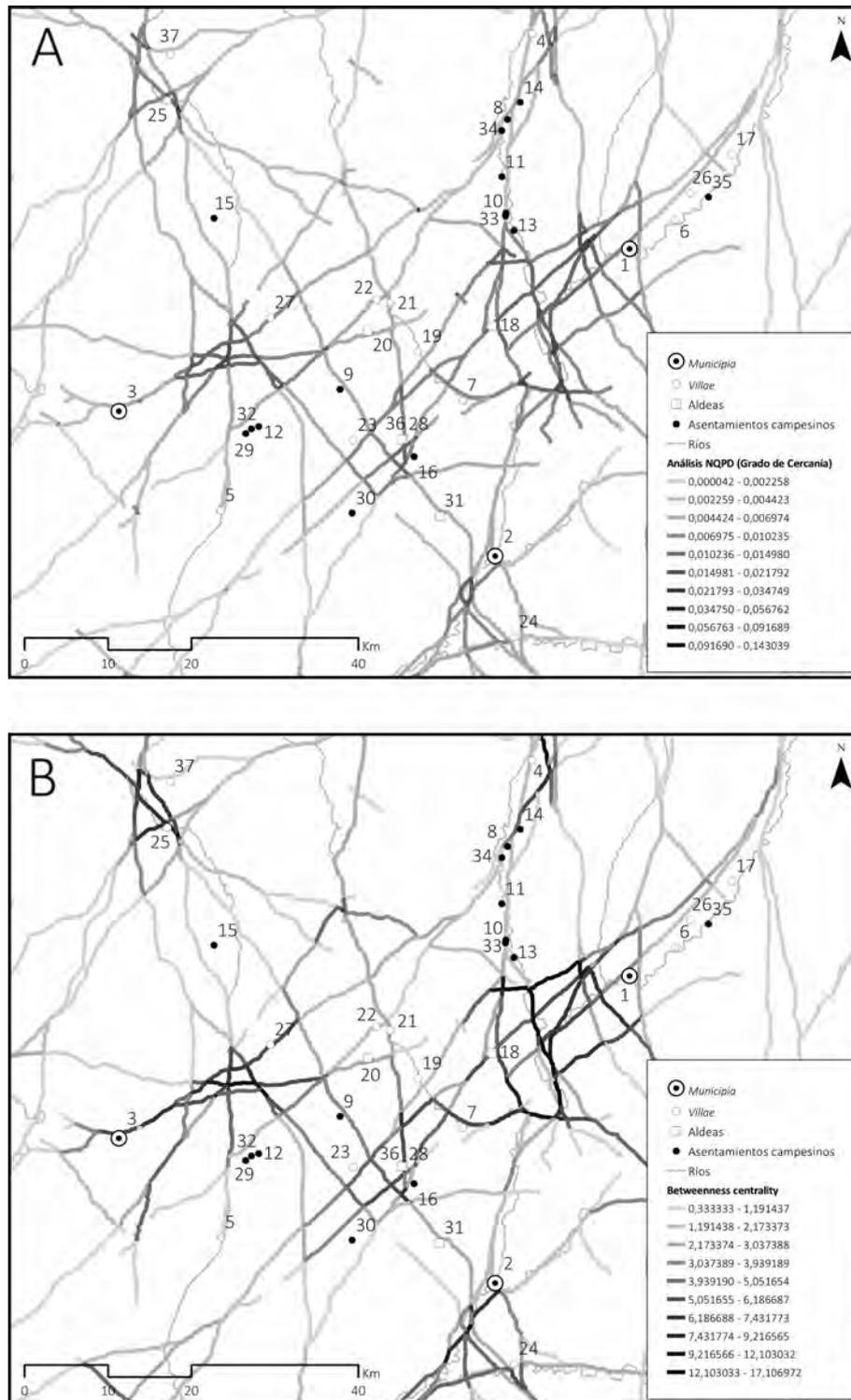


FIG. 4. Análisis de centralidad: A) grado de cercanía de los segmentos de la red (closeness centrality); B) grado de intermediación de los segmentos de la red (betweenness centrality).

coste, que hemos creado previamente, indicando el tiempo necesario para atravesar cada segmento de la red, utilizando el criterio de velocidad de 2,5 km/h que hemos visto anteriormente.

4.3. Medidas de centralidad en la red de transporte

El análisis de redes es una metodología muy útil para abordar nuestros objetos de análisis desde perspectivas relacionales. Por esta razón, la aplicación de esta metodología en el análisis de contextos arqueológicos se ha incrementado exponencialmente en los últimos años (Brughmans y Peeples, 2017: 1-24). De entre todas las herramientas utilizadas en esta metodología, las medidas de centralidad son las más utilizadas para la interpretación de los nodos pertenecientes a una red (Freeman, 1979: 215-239; Stephenson y Zelen, 1989: 1-37). Estas medidas de centralidad son más características de los análisis de redes sociales, pero también pueden aplicarse como un instrumento para entender las redes de transporte. En nuestro análisis hemos recurrido a la herramienta *Spatial Design Network Analysis* –SDNA¹⁸ (Cooper y Chiaradia, 2020), que se puede aplicar de manera directa sobre las redes de transporte utilizando un complemento para diferentes softwares de información geográfica. Según sus autores, los análisis de redes sociales –SNA– y los análisis de redes espaciales se han desarrollado de manera independiente. Esto provoca que medidas que son muy útiles para una de las metodologías no sean tan comúnmente utilizadas en la otra. Para solventar este inconveniente, los desarrolladores de esta aplicación pretenden enfocar el sistema de transporte como si fueran modelos conceptuales propios de las redes sociales. Esta herramienta ha sido aplicada exitosamente sobre redes de comunicación romanas en otras regiones geográficas (Orengo y Livarda, 2016: 21-35).

En la red de transporte de nuestra área de estudio hemos medido la centralidad de cercanía –*closeness centrality*– (Fig. 4A). Esta medida se consigue

¹⁸ Los diferentes complementos de este software pueden descargarse en <https://sdna.cardiff.ac.uk/sdna/>; acceso 29/04/2022.

a través del modelo *network quantity penalized by distance* –NQPD– implementado en la herramienta. Esta medida calcula el camino más corto desde un segmento hasta cada uno de los segmentos de la red. También hemos calculado el grado de intermediación –*betweenness centrality*– (Fig. 4B), que cuenta el número de veces que un segmento de la red se sitúa en el camino más corto entre otros dos pares de segmentos¹⁹. Gracias a estos cálculos podemos determinar qué partes de la red son más prominentes y proclives a ser transitadas. Estos resultados nos ofrecerán una información que será complementada con el análisis de la localización de los principales asentamientos en el área de estudio. Para poder realizar estos cálculos hemos establecido un *radio* de 20 000 m. El concepto de *radio* es definido como el recorrido máximo que se utiliza el software SDNA para encontrar el conjunto de nodos desde un punto determinado, es decir, desde cada polilínea analizada (Cooper, 2015: 1293-1309). Utilizamos esta medida porque creemos que es lo suficientemente representativa para el análisis de centralidad de la red.

5. Discusión

5.1. La red de transportes en el norte de la Carpetania

Tras la aplicación del modelo de acumulación de desplazamiento óptimo el resultado es una red en la que se aprecian una serie de ejes principales con mayor cantidad de acumulación de flujo. El modelo generado (Fig. 2) representa la interpretación que hemos realizado a partir de los resultados del análisis. Para facilitar su visualización, hemos clasificado los trazados del análisis en tres diferentes categorías. En primer lugar, las líneas más gruesas y con un tono más oscuro representan aquellos trazados

¹⁹ La información respecto a las consideraciones matemáticas de las mediciones puede consultarse en https://sdna.cardiff.ac.uk/sdna/wpcontent/downloads/documentation/manual/sDNA_manual_v3_0_alpha0/analysis-spec.html; acceso 26/04/2022.

detectados en nuestro análisis que son coincidentes con las vías conocidas en las fuentes textuales. Más adelante veremos cada una de estas vías de manera más detallada. En segundo lugar, en un tono algo más claro están representadas aquellas líneas que también disponen de una gran acumulación de flujo, pero que no coinciden con vías de comunicación conocidas en época romana. Estas vías debieron disponer de una gran importancia en la articulación del territorio a una escala regional. Por último, las líneas discontinuas y tono más claro representan las líneas con menor acumulación de flujo. Estas líneas pueden representar el trazado más probable de caminos secundarios y rurales en época premoderna. Su importancia es crucial para la articulación del territorio a una escala microrregional ya que permite un efectivo intercambio de bienes e información entre las diferentes entidades de la región.

Como está representado en el mapa (Fig. 2), la mayor parte de los trazados con mayor acumulación de flujo coinciden con los posibles trazados presentes en las fuentes textuales como el *Itinerario de Antonino* o el *Anónimo de Rávena*. Uno de los posibles trazados tiene su origen en la sierra de Guadarrama coincidiendo con el paso de La Fuenfría, donde es conocida la evidencia arqueológica de un tramo de calzada de época romana (Rivas y Morales, 2000: 24-29). El trazado continúa muy próximo al yacimiento de Monesterio, San Lorenzo de El Escorial, uno de los enclaves que han sido propuestos como la posible *mansio* de *Miaccum* (Caballero, 2006: 37-48). Después continúa en dirección SE pasando por algunos asentamientos relevantes como La Ermita de Santiago, Valdemoro, hasta llegar al cauce del río Jarama a la altura de la localidad de *Titulcia*, uno de los enclaves más probables para la localización de la *Titulcia* de época romana. Este trazado es coincidente con parte de la Vía XXIV descrita en el *Itinerario de Antonino* entre los núcleos de *Miaccum* y *Titulcia*.

Desde *Titulcia*, en dirección noreste, continúa un importante trazado remontando el cauce del río Jarama y continuando por el cauce del río Henares desde su desembocadura en el Jarama. Este trazado discurre junto al *municipium* de *Complutum*,

continuando por el cauce del Henares. Este trazado podría corresponder a las vías XXIV, XXV y XXIX (coincidentes en su recorrido por este tramo) del *Itinerario de Antonino* entre los *municipia* de *Titulcia* y *Complutum* en su camino hacia *Caesaraugusta*. Hasta *Titulcia*, la Vía XXV se aproxima desde el *municipium* de *Toletum* en el sudoeste siguiendo el curso del río Tajo y el Jarama. Sin embargo, el trazado de la Vía XXIX hasta *Titulcia* es más incierto debido a la incierta localización de *Alces* y *Vico Cuminario* descritos en el *Itinerario*, aunque presumiblemente alcanzaría la localidad de *Titulcia* desde el s.

Otro posible trazado discurre desde el SE, cruzando el río Tajuña hasta llegar a la ciudad de *Complutum* desembocando en la vía que transcurre paralela al Henares. Este trazado es muy similar al propuesto por algunos investigadores (Fernández *et al.*, 2011) para la vía descrita en el *Anónimo de Rávena* entre *Segobriga* y *Complutum*. También desde *Complutum* se dirige hacia el norte una posible vía perteneciente a la descrita por el *Anónimo de Rávena* en dirección a *Asturica Augusta*.

En cuanto a los trazados no reflejados en las fuentes textuales, destacan algunas posibles vías que pudieron ser cruciales en la articulación de la región. De entre ellas, es destacable el trazado que descende desde el N paralelo al curso del río Jarama hasta llegar a la confluencia con el río Henares. Como se puede comprobar en el mapa (Fig. 2), su trazado discurre muy próximo a todos los asentamientos rurales situados en la vega del Jarama en su curso alto y medio, como el Cerro de la Oliva, en Pontón de la Oliva; la *villa* de Valdetorres del Jarama, o El Rasillo, en Barajas, entre otros. Por esta razón, debió ser muy destacable su papel articulador en el territorio. Sin embargo, en un importante tramo de esta vía, el análisis es poco fiable ya que su trazado coincide con las pistas de aterrizaje del Aeropuerto de Madrid-Barajas Adolfo Suárez.

La antropización del territorio en el área que actualmente ocupa la ciudad de Madrid también ha podido afectar al cálculo de los trazados que pudieron atravesarla. Hemos detectado dos posibles vías que discurren en dirección NE-SO, atravesando el río Manzanares en las inmediaciones del Hipódromo

de la Zarzuela y del distrito de Villaverde respectivamente. Nuestro análisis no revela ningún trazado de importancia que cruce el casco más antiguo de la ciudad de Madrid. Las fuentes textuales y arqueológicas nos desvelan que tuvo que existir esta vía cuyo trazado más probable fue de este a oeste (Roldán y Caballero, 2014: 161-166), pero la fuerte modificación del territorio ha podido influir en el resultado de nuestros análisis. Los resultados se vuelven más fiables cuando el impacto del crecimiento urbano es menor, siendo destacable el trazado más septentrional que discurre junto a la probable localización del *municipium* de *Mantua*, Villamanta. El trazado más meridional actúa como una continuación de la vía proveniente de *Complutum*, pasando por el yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre, en Vicálvaro, Madrid.

En los mapas solo se visualiza una muestra de los yacimientos más representativos del área de estudio. En esta muestra se han incluido yacimientos de diferentes entidades para poder comparar su localización con la red viaria creada. Como podemos comprobar, la mayor parte de los yacimientos se sitúan en torno a vías con una alta acumulación de flujo. Destaca la localización de los *municipia* de *Titulcia* y *Complutum*, situados en el entorno de los cruces de caminos más importantes. No es el caso del *municipium* de *Mantua*, situado mucho más al o, que podría reforzar la idea de un *municipium sine urbe* como proponen algunos autores (Mangas *et al.*, 2017: 679-706).

5.2. Áreas de influencia

El resultado del cálculo de las áreas de influencia de los *municipia* del área de estudio determina que la red de transporte que hemos generado es capaz de producir áreas de influencia que abarcan gran parte del territorio del norte de la Carpetania, con la excepción de un espacio coincidente con la ciudad de Madrid (Fig. 3). El espacio situado en el sudoeste del mapa corresponde en su mayor parte al área de influencia de *Toletum* que no se ha incluido en este análisis. El hecho de que los *municipia* de

Complutum y *Titulcia* se sitúen en nodos de comunicación más densos puede hacer que sus áreas de influencia sean algo más extensas que la de *Mantua*. Parte de las áreas de *Complutum* y *Titulcia* se solapan, coincidiendo con el punto intermedio de la vía que une ambas ciudades. La mayor parte de los asentamientos rurales están situados fuera de las áreas de influencia o se sitúan en su última franja, la que se comprende entre las seis hasta las doce horas de viaje. Este hecho refuerza la idea de la existencia de otras cabeceras de *civitas*, como la que proponen algunos autores en la ubicación de la actual ciudad de Madrid (Mangas *et al.*, 2017: 679-706), o de asentamientos intermedios como *vici* que ayuden a los *municipia* en la articulación territorial.

Las evidencias históricas actuales no permiten determinar aún si existían, en nuestra área de estudio, asentamientos con un estatus jurídico de tipo *vicus*. Tenemos constancia de asentamientos con una entidad suficiente como para ser considerados núcleos capaces de jugar un papel articulador en el territorio. Sin embargo, la evidencia disponible todavía no ha desvelado que estos asentamientos dispusieran de magistraturas o que tuvieran una independencia administrativa suficiente, requisitos necesarios para poder referirnos a un asentamiento como *vicus* (Curchin, 1985; Leveau, 1993, 2012; Tarpin, 2002). Tampoco creemos que estos asentamientos puedan corresponder a lo que principalmente la bibliografía francesa se refiere como *agglomérations secondaires* (Leveau, 2012: 165-175; Garmy, 2012: 183-190; Morillo *et al.*, 2014: 117-131), por lo que creemos que debemos emplear un término más genérico para estos asentamientos de entidad similar de nuestra área de estudio. Nosotros vamos a aplicar el término *hamlet* o aldea propuesto por Bermejo (2017) para este tipo de asentamientos que se componen de edificios agrupados con funcionalidades diferentes en el norte de la Carpetania.

Uno de estos casos puede ser el yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre. Consta de varios edificios dispuestos alrededor de patios y dispone de una calle porticada con evidencias de decoración parietal (Fuentes y Uscatescu, 2017: 336-348). La presencia de elementos arquitectónicos

como la calle porticada podrían evidenciar la existencia de edificios públicos. Esta planificación y el tamaño del asentamiento permiten tenerlo en cuenta como un candidato a *vicus* o, al menos, jugar un papel en la articulación administrativa en su área de influencia. También consideramos muy relevante su localización geográfica ya que su situación puede resolver gran parte del área de influencia no cubierta por ninguno de los *municipia*. En relación con la red de transporte, el asentamiento está situado cerca de un nudo viario entre el trazado que recorre el río Jarama desde el norte hasta *Titulcia* y el que proviene desde *Complutum* en dirección sudoeste. Esta situación hace que su área de influencia hasta las doce horas de camino (Fig. 5A) sea muy amplia. Esta área cubre gran cantidad de yacimientos, destacando los asentamientos rurales situados en la cuenca del río Jarama. También cubre el territorio correspondiente a la ciudad de Madrid y gran parte del curso bajo del río Manzanares. Las vías de comunicación generadas en nuestra simulación hacen que su influencia se extienda hasta *Complutum* y *Titulcia* y casi 30 km hacia el so. El área de influencia de Los Berrocales controla principalmente asentamientos de la vega del río Jarama, pero también se ajusta muy bien con la propuesta de un núcleo de cierta entidad que jugara un papel en la articulación de los enclaves situados en la cuenca del Manzanares. Este resultado es también compatible con la posibilidad de un asentamiento de estas características en la ubicación de la actual ciudad de Madrid (Mangas *et al.*, 2017: 679-706).

El yacimiento situado en torno a la Ermita de Santa María la Antigua y el solar que antes ocupaba la cárcel de Carabanchel, Madrid, puede corresponder a un asentamiento de estas características. La información arqueológica de que disponemos sobre este yacimiento es todavía muy escasa. Se trata de un yacimiento con una amplia cronología comprendida entre el periodo anterior a la conquista y el s. v d. C. (Caballero *et al.*, 2002: 175-192). Debido a la extensión del yacimiento y a las informaciones arqueológicas²⁰, así como las notas recogidas por al-

²⁰ Caballero, C.; Dorado, S.; Fernández, L.; García, M. L.; Hernández, Á.; Illán, J. M.; Martín, S.; Raposo, N.;

gunos investigadores de principios de s. xx (Florit, 1907: 252-255; Fuidio, 1934), creemos que pudo tratarse de una aldea de mediana o gran entidad a la que se le añade posteriormente una posible *villa* a partir de los ss. II-III d. C., como atestigua la presencia de un rico mosaico, expuesto en el Museo de San Isidro (Carrera *et al.*, 1995). El yacimiento de Carabanchel se sitúa aproximadamente a medio camino entre las ciudades de *Complutum* y *Mantua*. El asentamiento está situado en un punto no controlado por ninguna de las áreas de influencia municipales teniendo en cuenta el modelo generado en nuestro análisis. Además, está situado a poca distancia del trazado que interpretamos como la Vía xxiv del *Itinerario de Antonino*. Su área de influencia (Fig. 5B) se complementa con la del yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre, ya que puede controlar de una manera mucho más efectiva los territorios del bajo Manzanares. Sin embargo, esta área de influencia se expande a mucha mayor distancia hacia el oeste, llegando casi hasta *Mantua Carpetanorum*, Villamanta, tras 12 h de camino. De este modo, este asentamiento debe considerarse como un punto crucial en la articulación de este sector del N de la Carpetania correspondiente al territorio situado en la margen derecha del río Manzanares.

5.3. Centralidad en la red de comunicaciones del norte de la Carpetania

Las medidas de centralidad calculadas mediante SDNA consistentes en el grado de cercanía (Fig. 4A) y el grado de intermediación (Fig. 4B) revelan las áreas más prominentes en la red de comunicaciones. Ambos análisis coinciden en resaltar cuatro áreas principales cuya prominencia es superior al resto de la red. Destaca el resultado de los segmentos situados en el nodo viario entre los asentamientos de *Complutum* y Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la

Redondo, E. y Roa, E. (2021): *Propuesta de declaración de Bien de Interés Cultural del yacimiento arqueológico de Carabanchel (Madrid)*. Informe inédito depositado en 2021 en el Colegio Profesional de Arqueología de Madrid.

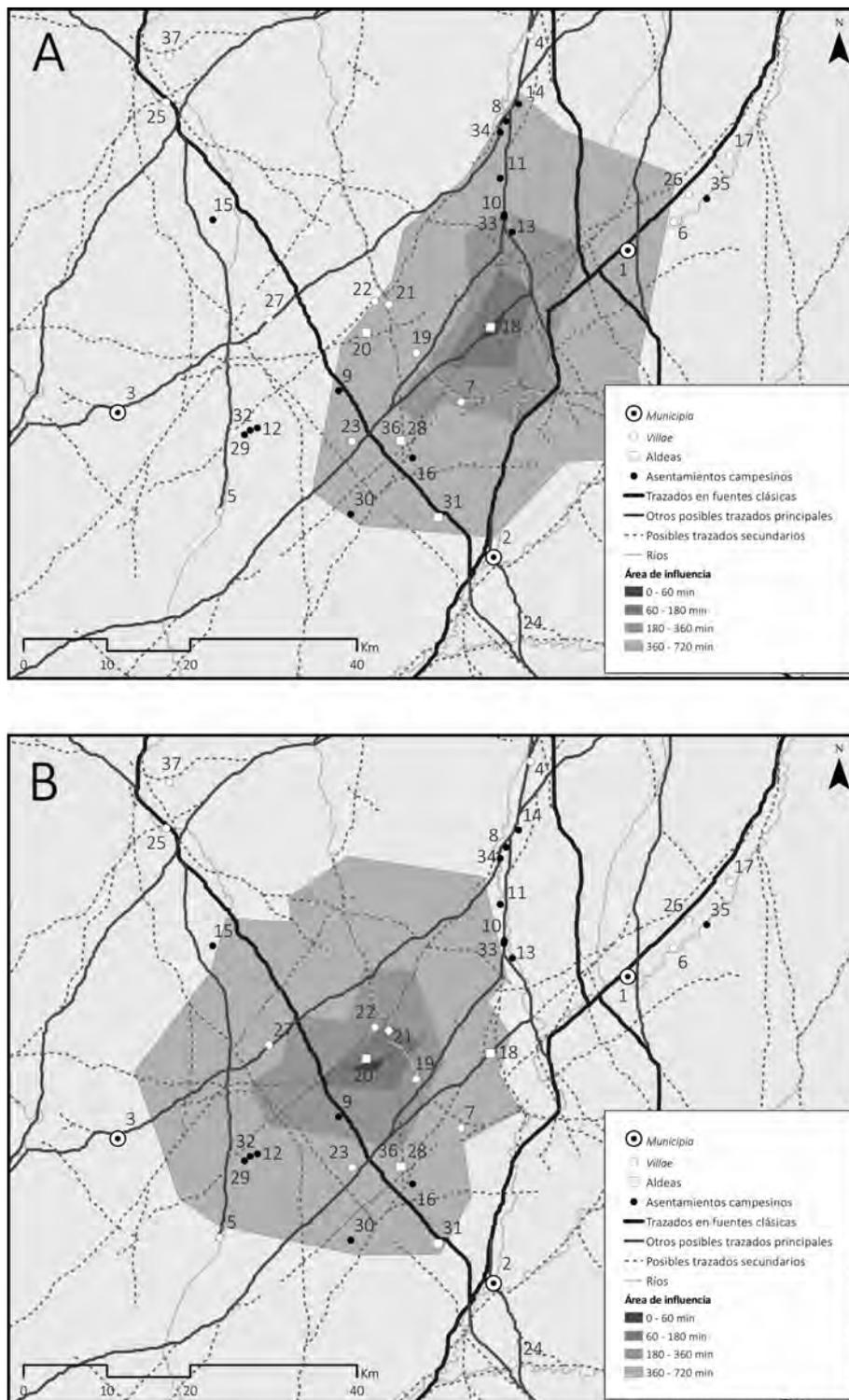


FIG. 5. A) Área de influencia del yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre; B) área de influencia del yacimiento de Carabanchel/Ermita de Santa María La Antigua.

Torre, en Vicálvaro, Madrid, ligeramente desviado hacia el este del centro geográfico de la red. Los altos valores en el grado de cercanía indican que existe mayor facilidad para llegar a cualquier parte de la red desde este punto. Además, los altos valores en el grado de intermediación indican que es una de las áreas más transitadas para trasladarse entre dos puntos diferentes de la red. Estos resultados confirman la capacidad del *municipium* complutense de articular de manera muy eficiente su territorio sobre la base de una red de transporte basada en la orografía.

El yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre también se sitúa sobre esta misma área con altos valores de centralidad. Este resultado permite complementar el resultado de su área de influencia (Fig. 5A). Desde su localización es menos costoso alcanzar cualquier otra parte de la red, y su localización es muy utilizada en el camino más corto entre diferentes puntos de la red. En análisis de redes, las medidas de centralidad son utilizadas frecuentemente para buscar aquellos puntos susceptibles de ser influidos por otros nodos de la red, pero también aquellos puntos capaces de difundir mayor cantidad de información. Teniendo en cuenta estos resultados, el yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre está situado en una posición óptima tanto para difundir como para ser influido por la información recibida desde otros puntos de la red. Estos resultados proporcionan otro argumento favorable para interpretar este asentamiento como un punto muy relevante en la articulación del área central de la cuenca de Madrid.

Los resultados de los análisis también destacan otros puntos de la red con altos valores de centralidad. En primer lugar, el nudo viario situado en las inmediaciones de *Titulcia*, en el que se entrelazan varias de las vías simuladas por nuestro modelo, dispone de altos valores. Este es el punto por el que es más probable transitar entre la ribera del Tajo y la cuenca de Madrid. Este hecho apoya la idea de que la Vía xxv del *Itinerario de Antonino* discurría desde *Toletum* hasta *Titulcia* paralela a los ríos Tajo y Jarama, apoyando también la localización de *Titulcia* en el municipio homónimo junto a la desembocadura del Tajuña. Otro punto que tiene altos valores es

el nudo situado varios kilómetros al NE de Mantua, Villamanta, coincidiendo con un tramo de la cuenca del río Guadarrama. Por último, el resultado de los análisis muestra altos valores de centralidad en un área en las inmediaciones de los yacimientos de El Beneficio, en Collado Mediano, y Monesterio, en San Lorenzo de El Escorial, lugar propuesto por algunos autores como la *mansio* de *Miaccum* nombrada en el *Itinerario de Antonino* (Caballero, 2006: 37-48; Guijarro, 2008: 354-387).

6. Conclusiones

La simulación del sistema de transporte del N de la Carpetania romana a través del *Modelo de Acumulación de Desplazamiento Óptimo* –MADO– ha permitido visualizar los trazados que pudieron articular el territorio a escala microrregional. La mayor parte de los trazados con mayor acumulación de flujo coinciden notablemente con las vías indicadas en las fuentes textuales antiguas. Esto certifica la validez de nuestro modelo creado a partir de los datos orográficos. Gracias a ello hemos podido analizar con suficiente fiabilidad la articulación del territorio del norte de la Carpetania romana enfocándonos en las vías secundarias y caminos rurales que completaba la red de comunicaciones del área de estudio.

Este trabajo caracteriza el papel jugado por las vías secundarias y los asentamientos que se sitúan fuera de la órbita de los *agri* municipales en la articulación del territorio, en contraposición a los enfoques tradicionales basados principalmente en perspectivas urbanocéntricas como la ‘ciudad consumidora’ propuesta por otros investigadores (Whittaker, 1990: 110-118; Erdkamp, 2001: 332-356). Con nuestros análisis hemos comprobado la relevancia en la articulación efectiva del territorio por parte de algunos enclaves de mediana entidad en las zonas intersticiales entre las áreas de influencia municipales. Este es el caso del yacimiento de Los Berrocales/Ermita de la Virgen de la Torre y Carabanchel/Ermita de Santa María la Antigua. Nuestros resultados muestran que ambos yacimientos juegan un papel determinante en la articulación del norte de la Carpetania teniendo en cuenta el modelo de

la red de comunicaciones. Esta configuración ofrece una alternativa a la idea de la existencia de una única *civitas sine urbe* situada en las inmediaciones de la ciudad de Madrid (Mangas *et al.*, 2017: 679-706). Teniendo en cuenta la evidencia disponible en la actualidad, nosotros consideramos que la articulación territorial es ejercida por las aglomeraciones o aldeas de mediana entidad en las zonas donde la influencia municipal es menor.

Para finalizar, este trabajo nos ha demostrado que el estudio de la movilidad mediante los Sistemas de Información Geográfica, combinando el análisis de superficies de fricción con los análisis de redes, es de gran utilidad para caracterizar la articulación de los territorios atendiendo no solo al trazado de las vías principales, sino también de los caminos secundarios. Nuestro análisis de tipo microrregional nos ha permitido caracterizar en gran detalle la articulación del territorio del N de la Carpetania. Las rutas secundarias y caminos rurales y privados representarían la gran mayoría de vías de comunicación en el mundo romano y son cruciales en la articulación e integración de los asentamientos rurales en las redes del Imperio.

Fuentes antiguas

- ANÓNIMO: *Itinerario de Antonino*. Traducción de CUNTZ, O. (2009): *Itineraria Romana. Itineraria Antonini Augusti et Burdigalense*. Cambridge: CUP.
- ANÓNIMO: *Ravennate*. Traducción de PINDER, M. y PARTHEY, G. (1866): *Ravennatis Anonymi Cosmographia et Guidonis Geographica*. Berlín: Berolini.
- PLINIO: *Historia Natural. Libros III-VI*. Traducción de FONTÁN, A.; GARCÍA ARRIBAS, I.; DEL BARRIO, E. y ARRIBAS, M.^a L. (1998). Biblioteca Clásica Gredos, 250. Madrid: Gredos.

Bibliografía

- ACEITUNO, F. J. y URIARTE, A. (2019): “Conectando un territorio: simulación de rutas de movilidad entre cazadores-recolectores y primeros cultivadores. El caso del Cauca medio (Macizo Volcánico, Colombia)”.

- Trabajos de Prehistoria*, 76 (2), pp. 219-235. DOI: <https://doi.org/10.3989/tp.2019.12234>
- ADAMS, C. (2012): “Transport”. En SCHEIDEL, W. (ed.): *The Cambridge Companion to the Roman Economy*. Cambridge: CUP, pp. 218-240.
- ALCOCK, S.; BODEL, J. y TALBERT, R. (eds.). (2012): *Highways, Byways, and Road Systems in the Pre-Modern World*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- ARCE, J. (2003): “La villa romana de Carranque”, *Gerión*, 21 (2), pp. 15-28.
- ARCE, J.; CABALLERO, L. y ELVIRA, M. Á. (1997): “El edificio octogonal de Valdetorres del Jarama (Madrid)”. En *Congreso Internacional La Hispania de Teodosio*. Segovia: JCYL, pp. 321-337.
- BASILDO, R. M.; GUTIÉRREZ-PUEBLA, J. y RUIZ-GÁLVEZ, M. (2005): “Generación de un sistema de información geográfica”. En RUIZ-GÁLVEZ, M. (coord.): *Territorio nurágico y paisaje antiguo: la meseta de Prænemuru (Cerdeña) en la Edad del Bronce*. Anejos de Complutum, 10. Madrid, pp. 133-168.
- BERMEJO, J. (2017): “Roman peasant habitats and settlement in central Spain (1st c. BC-4th c. AD)”, *Journal of Roman Archaeology*, 30, pp. 351-371. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1047759400074158>
- BERMEJO, J. (2022): “Early Imperial Roman Peasant Communities in Central Spain: Agrarian Structure, Standards of Living, and Inequality in the North of Roman Carpetania”. En BERMEJO, J. y GRAU, I. (eds.): *The Archaeology of Peasantry in Roman Spain*. Leck: De Gruyter, pp. 23-48.
- BERMÚDEZ, J. (2017): “Aproximación al estudio de las redes viarias en la antigüedad con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica: una propuesta de red viaria para las fases de ocupación romanas del territorio madrileño”. En BAQUEDANO, E. (ed.): *Vides Monumenta Veterum. Madrid y su entorno en época romana*. Madrid: MAR, pp. 243-257.
- BROOKES, S. y HUYNH, H. N. (2018): “Transport networks and towns in Roman and Early Medieval England: An Application of PageRank to archaeological questions”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 17, pp. 477-490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.11.033>
- BRUGHMANS, T. y PEEPLES, M. (2017): “Trends in archaeological network research: a bibliometric analysis”, *Journal of Historical Network Research*, 1, pp. 1-24.
- CABALLERO, C. (2006): “Madrid romano: nuevos puntos de vista”, *El Nuevo Miliario*, 3, pp. 37-48.
- CABALLERO, C.; FAUCHA, F. J.; FERNÁNDEZ, I. y SÁNCHEZ, J. M. (2002): “Materiales arqueológicos

- inéditos procedentes del cementerio parroquial de Carabanchel Bajo (Madrid)", *Estudios de Prehistoria y Arqueología Madrileñas*, 12, pp. 175-192.
- CARRERA, E., MARTÍN, A. y PÉREZ, A. (1995): *Las villas romanas de Madrid. Madrid en época romana*. Madrid: Ayto. de Madrid.
- CARRERAS, C. y DE SOTO, P. (2013): "The Roman Transport Network: A Precedent for the Integration of the European Mobility", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46 (3), pp. 117-133. DOI: <https://doi.org/10.1080/1615440.2013.803403>
- CHEVALLIER, R. (1997): *Les voies romaines*. París: Picard.
- COLLAR, A.; COWARD, F.; BRUGHMANS, T. y MILLS, B. J. (2015): "Networks in Archaeology: Phenomena, Abstraction, Representation", *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22 (1), pp. 1-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10816-014-9235-6>
- COOPER, C. H. V. (2015): "Spatial localization of closeness and betweenness measures: a self-contradictory but useful form of network analysis", *International Journal of Geographical Information Science*, 29 (8), pp. 1293-1309. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1018834>
- COOPER, C. H. V. y CHIARADIA, A. J. F. (2020): "SDNA: 3-D spatial network analysis for GIS, CAD, Command Line & Python", *SoftwareX*, 12. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100525>
- CURCHIN, L. A. (1985): "Vici and pagi in Roman Spain", *Revue des Études Anciennes*, 87 (3), pp. 327-343.
- DAVIES, H. (2008): *Roads in Roman Britain*. Oxford: Shire.
- DE SOTO, P. (2019): "Network Analysis to Model and Analyse Roman Transport and Mobility". En VERHAGEN, P.; JOYCE, J. y GROENHUIJZEN, M. R. (eds.): *Finding the Limits of the Limes. Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*. Cham: Springer, pp. 271-289.
- DÍAZ-DEL-RÍO, P. (2001): *La formación del paisaje agrario: Madrid en el III y II milenios BC*. Madrid: Comunidad de Madrid.
- ERDKAMP, P. (2001): "Beyond the Limits of the 'Consumer City'. A Model of the Urban and Rural Economy in the Roman World", *Historia: Zeitschrift für Alte Geschichte*, 50 (3), pp. 332-356.
- FÁBREGA-ÁLVAREZ, P. (2006): "Moving without destination. A GIS-based determination of routes (optimal accumulation model of movement from a given origin)", *Archaeological Computing Newsletter*, 64, pp. 7-11.
- FÁBREGA-ÁLVAREZ, P. (2016): "Un alto en el camino. Notas acerca del uso de SIG en los análisis de movilidad en arqueología". En MÍNGUEZ, M. C. y CAPDEVILLA, E. (eds.): *Manual de Tecnologías de la Información Geográfica aplicadas a la Arqueología*. Madrid: Comunidad de Madrid, pp. 161-182.
- FÁBREGA-ÁLVAREZ, P. y PARCERO, C. (2007): "Proposals for an archaeological analysis of pathways and movement", *Archeologia e Calcolatori*, 18, pp. 121-140.
- FAIRÉN, S. (2004): "¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG", *Trabajos de Prehistoria*, 61 (2), pp. 25-40.
- FERNÁNDEZ, J. L.; LOSTAL, J. y RODRÍGUEZ MORALES, J. (2011): "La calzada romana de Carthago-Nova a Complutum: síntesis de su recorrido", *El Nuevo Miliario*, 13, pp. 32-54.
- FERNÁNDEZ GALIANO, D. (1989): "En torno a Titulcia", *El Miliario Extravagante*, 21, pp. 2-21.
- FERNÁNDEZ GALIANO, D. (1995): "The villa of Maternus at Carranque". En LING, R. (ed.): *Fifth International Colloquium on Ancient Mosaics (Bath, 1987)*. Suppl. Journal of Roman Archaeology. Michigan: Ann Arbor, pp. 199-210.
- FERNÁNDEZ OCHOA, C.; SALIDO, P. J. y ZARZALEJOS, M. (2015): "Las formas de ocupación rural en Hispania. Entre la terminología y la praxis arqueológica", *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología*, 40 (0), pp. 111-136.
- FINLEY, M. (1977): "The Ancient City: From Fustel de Coulanges to Max Weber and beyond", *Comparative Studies in Society and History*, 19 (3), pp. 305-327.
- FIZ, J. I. y ORENGO, H. A. (2008): "Simulating communication routes in Mediterranean alluvial plains". En POSLUSCHNY, A.; LAMBERS, K. y HERZOG, I. (eds.): *Layers of Perception. Proceedings 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Bonn: Dr. Rudolf Habelt, pp. 316-322.
- FLORIT, J. M. (1907): "Restos de población romana en los Carabancheles", *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 50, pp. 252-255.
- FREEMAN, L. C. (1979): "Centrality in social networks conceptual clarification", *Social Networks*, 1 (3), pp. 215-239.
- FUENTES, Á. y USCATESCU, A. (2017): "Status administrativo, arquitectura y urbanización en la periferia: el caso de la Ermita Virgen de la Torre (Vallecas-Vicálvaro, Madrid)". En BAQUEDANO, E. (ed.): *Vides Monumenta Veterum. Madrid y su entorno en época romana*. Madrid: MAR, pp. 336-348.
- FUIDIO, F. (1934): *Carpetania romana*. Madrid: Edit. Reus.

- GAMALLO, J. L. y GIMENO, H. (1990): “Nuevas inscripciones romanas de Villamanta (Madrid)”, *Gerión*, 8, pp. 287-298.
- GARCÍA-ENTERO, V.; PEÑA, Y. y ZARCO, E. (2017): “Villas romanas y poblamiento rural en la región madrileña”. En BAQUEDANO, E. (ed.): *Vides Monumenta Veterum. Madrid y su entorno en época romana*. Madrid: MAR, pp. 205-219.
- GARMY, P. (2012): “Les mots et la chose: à propos des agglomérations secondaires antiques”, *Supplément à la Revue archéologique du centre de la France*, 42, pp. 183-190.
- GRAHAM, S. (2006): *EX FIGLINIS: The Network Dynamics of the Tiber Valley Brick Industry in the Hinterland of Rome*. BAR Intern. Ser., 1486. London: Archaeopress.
- GRAU, I. (2017): “El Santuario en el paisaje rural romano”. En GRAU, I.; AMORÓS, I. y SEGURA, J. M. (eds.): *El santuario ibérico y romano de La Serreta (Alcoi, Cocentaina, Penàguila)*. Alcoy: Ayto. de Alcoy, pp. 184-223.
- GUIJARRO, J. J. (2008): “El yacimiento de El Beneficio (Collado Mediano, Prov. Madrid) y la mansio de Miaccum de la vía xxiv del Itinerario de Antonino”, *Madrider Mitteilungen*, 49, pp. 354-387.
- GÜMIL-FARIÑA, A. y PARCERO-OUBIÑA, C. (2015): “Dotting the joins’: a non-reconstructive use of Least Cost Paths to approach ancient roads. The case of the Roman roads in the NW Iberian Peninsula”, *Journal of Archaeological Science*, 54, pp. 31-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.030>
- ISAKSEN, L. (2008): “The application of network analysis to ancient transport geography: A case study of Roman Baetica”, *Digital Medievalist*, 4 (0). DOI: <https://doi.org/10.16995/dm.20>
- KNAPPETT, C. (2011): *An Archaeology of Interaction. Network Perspectives on Material Culture and Society*. New York: OUP.
- KOLB, A. (2019): *Roman Roads. New Evidence-New Perspectives*. Berlin: De Gruyter.
- LEVEAU, P. (1993): “Territorium urbis. Le territoire de la cité romaine et ses divisions: du vocabulaire aux réalités administratives”, *Revue des Études Anciennes*, 95 (3-4), pp. 459-471.
- LEVEAU, P. (2012): “Vicūs, ‘agglomération secondaire’. Des mots différents pour une même entité?”. En CRIBELLIER, C. y FERDIÈRE, A. (eds.): *Agglomérations secondaires antiques en région Centre*. Suppl. Revue Archéologique du Centre de la France. Tours, pp. 165-175.
- LICERAS-GARRIDO, R. y JIMENO MARTÍNEZ, A. (2016): “Aproximación al modelo de explotación de recursos en el territorio de Numancia”. En MÍNGUEZ, M. C. y CAPDEVILLA, E. (eds.): *Manual de Tecnologías de la Información Geográfica aplicadas a la Arqueología*. Madrid: Comunidad de Madrid, pp. 137-158.
- LLOBERA, M.; FÁBREGA-ÁLVAREZ, P. y PARCERO-OUBIÑA, C. (2011): “Order in movement: a GIS approach to accessibility”, *Journal of Archaeological Science*, 38 (4), pp. 843-851. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.006>
- MANGAS, J.; AZCÁRRAGA, S. y MÄRTENS, G. (2017): “Mantua y otras posibles cabeceras de ciudades romanas en el ámbito de la Comunidad de Madrid”, *Gerión*, 35 (esp.), pp. 679-706.
- MÁRQUEZ, J.; VALLEJO, I. y ÁLVAREZ, J. I. (2015): “Estimación del tiempo de demora en rutas pedestres: comparación de algoritmos”, *GeoFocus*, 15, pp. 47-74.
- MORENO GALLO, I. (2006): *Vías Romanas. Ingeniería y técnica constructiva*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- MORILLO, Á.; SALIDO, J. y DURÁN, R. (2014): “Aglomeraciones secundarias de carácter militar en Hispania”. En BERROCAL, L. (ed.): *Homenaje a la Prof. C. Galán Saulnier*. Madrid, pp. 117-131.
- NAISMITH, W. W. (1892): “Cruach Ardran, Stobinian, and Ben More”, *The Scottish Mountaineering Club Journal*, 2 (3), pp. 135-136.
- OLTEAN, I. A. y FONTE, J. (2020): “GIS Analysis and Spatial Networking Patterns in Upland Ancient Warfare: The Roman Conquest of Dacia”, *Geosciences*, 11 (1). DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences11010017>
- ORENGO, H. A. y LIVARDA, A. (2016): “The seeds of commerce: A network analysis-based approach to the Romano-British transport system”, *Journal of Archaeological Science*, 66, pp. 21-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.12.003>
- POLO, J. y VALENCIANO, M. C. (2014): “Últimos avances en la investigación del oppidum de Titulcia (Titulcia, Madrid)”. En *1er Simposio sobre los Carpetanos. Arqueología e historia de un pueblo de la Edad del Hierro*. Madrid: MAR, pp. 85-98.
- RIVAS, J. y RODRÍGUEZ MORALES, J. (2000): “Una nueva calzada romana en el valle de la Fuenfría”, *El Miliario Extravagante*, 75, pp. 24-29.
- RIVERS, R.; KNAPPETT, C. y EVANS, T. (2013): “What makes a site important? Centrality, gateways, and gravity”. En KNAPPETT, C. (ed.): *Network Analysis in Archaeology. New Approaches to Regional Interaction*. Oxford: OUP, pp. 125-150.
- RODRÍGUEZ MORALES, J. (2002): “Las rutas antoninianas en el Centro de la Península”, *El Miliario Extravagante*, 81, pp. 26-30.

- RODRÍGUEZ MORALES, J. (2007): "Algunos apuntes sobre el posible trazado de las vías romanas en la Comunidad de Madrid", *El Nuevo Miliario*, 4, pp. 20-37.
- ROLDÁN, J. M. (1975): *Itineraria Hispana. Fuentes antiguas para el estudio de las vías romanas en la Península Ibérica*. Hispania Antiqua. Madrid.
- ROLDÁN, J. M. y CABALLERO, C. (2014): "Itinera Hispana", *El Nuevo Miliario*, 17, pp. 10-253.
- RUIZ-GÁLVEZ, M.; GUTIÉRREZ, J.; TORRES, M.; GONZÁLEZ RUIBAL, A.; BASILDO, R.; LÓPEZ, O. y DÍAZ, B. (2002): "Aproximación al paisaje de la Edad del Bronce en Pranemuru (Cerdeña)", *Complutum*, 13, pp. 259-280.
- SÁNCHEZ BARRERO, P. D. (2009): *Caminos romanos periurbanos emeritenses*. Mérida: IAM.
- SÁNCHEZ BARRERO, P. D. (2013): "El paisaje agrario romano en las proximidades de Augusta Emerita". En *Paysages ruraux et territoires dans les cités de l'occident romain. Gallia et Hispania*. Montpellier: PUM, pp. 293-302.
- SCHEIDEL, W. (2014): "The shape of the Roman world: modelling imperial connectivity", *Journal of Roman Archaeology*, 27, pp. 7-32. doi: <https://doi.org/10.1017/s1047759414001147>
- STACCIOLI, R. A. (2003): *The Roads of the Romans*. Malibú: Paul Getty Museum.
- STEPHENSON, K. y ZELEN, M. (1989): "Rethinking centrality: Methods and examples", *Social Networks*, 11 (1), pp. 1-37.
- STYLOW, A. y VON HESBERG, H. (2004): "Ein Kaiserbogen in Titulcia?", *Chiron*, 34, pp. 205-226.
- SUJA, E. (2006): "Revisión 2006 de la A-24", *El Nuevo Miliario*, 3, pp. 84-89.
- TARPIN, M. (2002): *Vici et Pagi dans l'occident romain*. Roma: École Française de Rome.
- VAN DOMMELEN, P. (1993): "Roman Peasants and Rural Organisation in Central Italy: An Archaeological Perspective". En SCOTT, E. (ed.): *Theoretical Roman Archaeology: First Conference Proceedings*. Avebury: Aldershot, pp. 167-186.
- VERHAGEN, P. y JENESON, K. (2012): "A Roman Puzzle. Trying to Find the Via Belgica with gis". En CHRYSANTHI, A.; MURRIETA P. y PAPADOPOULUS, C. (eds.): *Thinking beyond the Tool: Archaeological Computing & the Interpretive Process*. BAR Intern. Ser., 2344. London: Archaeopress, pp. 123-130.
- VERHAGEN, P.; NUNINGER, L. y GROENHUIJZEN, M. R. (2019): "Modelling of Pathways and Movement Networks in Archaeology: An Overview of Current Approaches". En VERHAGEN, P.; JOYCE, J. y GROENHUIJZEN, M. R. (eds.): *Finding the Limits of the Limes. Modelling Demography, Economy and Transport on the Edge of the Roman Empire*. Cham: Springer, pp. 217-251.
- WHITTAKER, C. R. (1990): "The consumer city revisited: the vicus and the city", *Journal of Roman Archaeology*, 3, pp. 110-118.
- WITCHER, R. (2006): "Agrarian Spaces in Roman Italy: Society, Economy and Mediterranean Agriculture", *Arqueología Espacial (Paisajes agrarios)*, 26, pp. 341-359.

