

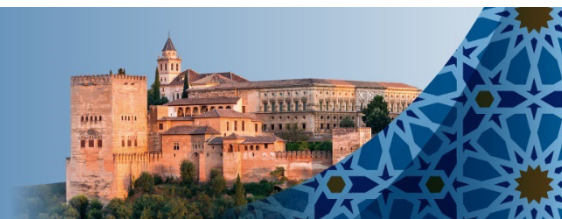
19-21 de Octubre 2022 | Granada

## INTERNATIONAL CONFERENCE ON REGIONAL SCIENCE

*Challenges, policies and governance of the territories in the post-covid era*

*Desafíos, políticas y gobernanza de los territorios en la era post-covid*

XLVII REUNIÓN DE ESTUDIOS REGIONALES  
XIV CONGRESO AACR



### RESUMEN AMPLIADO

**Título:** Delimitación de áreas funcionales mediante redes de movilidad formadas a partir de datos de telefonía móvil

**Autores y e-mail de todos ellos:** Severino Escolano-Utrilla ([severino@unizar.es](mailto:severino@unizar.es)); Ana Isabel Escalona-Orcao ([aescalon@unizar.es](mailto:aescalon@unizar.es))

**Departamento:** Geografía y Ordenación del Territorio

**Universidad:** Zaragoza

**Área Temática:** 15. *Métodos para el análisis territorial*

**Resumen:** *(mínimo 1500 palabras)*

**Palabras Clave:** *áreas funcionales, movilidad, análisis de redes, spatial big data*

**Clasificación JEL:** C45

## ***1. Introducción: áreas funcionales, ordenación del territorio y movilidad***

Las *áreas funcionales*, en su acepción genérica, son delimitaciones territoriales obtenidas a partir de patrones de interacción espacial y que se distinguen por el hecho de que las interacciones, o relaciones, entre lugares se producen más bien dentro de los límites de dichas áreas que a través de ellos (Anderson, 2012). Como se trata de delimitaciones básicas para comprender y gestionar la organización territorial de la sociedad, disciplinas como la Geografía, la Ciencia Regional y la Economía Espacial han venido abordando el estudio de las áreas funcionales, en relación con la provisión de servicios públicos y, en general, con la localización de los equipamientos e infraestructuras necesarios para el desempeño de actividades comerciales y empresariales (Bielza et al., 2010; Labasse, 1987, p. 487 y ss).

El marco explicativo de la génesis, evolución y configuración de las áreas funcionales lo encontramos en la teoría de la interacción espacial, que trata de los movimientos o flujos de personas, productos, capitales o información de un lugar a otro. En las áreas funcionales la mayoría de los movimientos citados se originan y tienen su destino dentro de las mismas. El ejemplo más habitual de área funcional lo constituyen las áreas de influencia urbanas, espacios vinculados a una ciudad principal que es el origen y el destino de la mayor parte de sus flujos. Típicamente el alcance y, por tanto, el tamaño de las áreas de influencia depende del rango o especialización de la ciudad y también de la fricción del espacio, como postula «la primera ley de la Geografía» (Tobler, 1970), ya que los flujos suscitados por la interacción espacial presentan un gradiente de intensidad decreciente, reduciéndose dichos flujos conforme su origen o destino se aleja de la ciudad. Las innovaciones tecnológicas en los sistemas de transporte y en las telecomunicaciones han mejorado la accesibilidad de las ciudades y han suavizado, en consecuencia, los gradientes de la distancia, ampliándose por ello el tamaño de las áreas funcionales las principales ciudades.

A nadie se le escapa que los flujos de movilidad son un indicador muy apropiado para facilitar la delimitación de áreas funcionales. De hecho, la Unión Europea conforma las áreas funcionales urbanas a partir de los municipios en los que un 15% o más de su población ocupada se desplaza a una ciudad de referencia por motivos de trabajo (EUROSTAT, n.d.). Por otra parte, el hecho de que la movilidad de las personas sea una práctica socioespacial transversal a múltiples actividades, con las que interacciona de forma sistémica, supone que su magnitud y ritmos espaciotemporales sean aspectos clave para comprender las transformaciones sociales, económicas, culturales y territoriales. Esto

ocurre no sólo en los ámbitos urbanos sino también en los extraurbanos o rurales, cuya dinámica atrae en nuestros días, y sobre todo tras la pandemia, todo el interés. En esa línea van algunas aportaciones de este trabajo que ofrece una propuesta de delimitación de áreas funcionales en Aragón a partir de los flujos de movilidad obtenidos mediante el seguimiento de la localización de terminales de telefonía móvil.

## ***2. Métodos de delimitación de las áreas funcionales: desde la observación y encuesta sobre el terreno al análisis de los datos de telefonía móvil***

Para delimitar las áreas funcionales, tanto para fines de investigación como de ordenación territorial, se han seguido habitualmente dos aproximaciones básicas: una, inductiva, que consiste en la realización de encuestas y en la observación directa de un fenómeno socioeconómico o cultural como, por ejemplo, flujos domicilio-trabajo, por motivo de compras, alcance de la difusión de periódicos locales, o de la escucha de emisoras de radio; otra, hipotético-deductiva, que aplica principalmente diversas variantes de los modelos de interacción espacial, (Beavon, 1981; Berry, 1971; Christaller, 1933; Garner, 1971; Wilson, 1974). Estos métodos se han enriquecido con nuevas aportaciones fruto de la convergencia de avances en los medios de obtención de datos y en los métodos para su gestión y análisis, como los procedimientos de análisis de redes espaciales (Barthélemy, 2011). Pero la principal novedad metodológica viene de la información y gestión de los movimientos de personas a partir de datos de telefonía móvil y de operaciones realizadas con otros medios electrónicos (tarjetas bancarias y de transporte, uso de redes sociales, etc.). Con estos y otros datos complementarios, se han formado grandes bases de datos de flujos de movilidad, espaciales por su naturaleza (*spatial big data*) (Osorio-Arjona & García-Palomares, 2017), cuyo uso, para múltiples propósitos, ha crecido exponencialmente a partir de su utilización en estudios de difusión de la COVID-19 (Liu et al., 2016; Moya-Gómez et al., 2021).

El éxito de los datos de telefonía móvil es comprensible si se tiene en cuenta sus ventajas respecto de otras fuentes en relación con la resolución espacial, la granularidad temporal o el coste, que es 10 veces menos que el de las encuestas de movilidad domiciliarias (Romanillos et al., 2021). A cambio hay que asumir las peculiaridades con las que los datos se ofrecen. En este trabajo utilizamos los archivos origen-destino del *Estudio de movilidad con Big Data*, publicado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Ministerio de Transportes, n.d., 2021). Los datos originales recogen información sobre los viajes de más de 500 m, con origen y destino en el territorio nacional, segmentados según la distancia ortodrómica entre el origen y destino (6 tramos

de distancia) y en intervalos de una hora. Los datos se registran para conjuntos de municipios contiguos a los que la fuente denomina “municipios” y que en este trabajo llamaremos «área municipal». Cada una de las áreas la hemos representado por un nodo el centroide del área, del que proceden o al que se destinan los flujos con (los nodos de) las demás áreas. Se han delimitado 82 áreas de movilidad en Aragón, formadas cada una por un promedio de 10 municipios. Los datos de movilidad que hemos manejado para reconstruir las áreas funcionales de esta comunidad autónoma son los de los días 17 a 20 de febrero de 2020, idóneos como «semana tipo» para describir la movilidad previa al impacto de la pandemia.

La selección de los datos y su organización para el análisis posterior se ha llevado a cabo con el programa *Orange* (Demsar et al., 2013). Con los datos de flujo se ha construido las redes de movilidad que representan los viajes de más de 500 m, entre las 82 áreas de movilidad aragonesas durante los cuatro días la semana del estudio. La red se estructura mediante los nodos de cada área y las conexiones con los demás en función de la información proporcionada por la fuente. No hay especificación modal pero las características de la movilidad intermunicipal de Aragón permiten asegurar que fueron realizados mayoritariamente en automóvil a través de las redes viarias correspondientes.

De este modo se consigue una primera representación de la configuración espacial de la movilidad en la región, como después se verá. Para delimitar áreas funcionales es preciso dar un paso más y detectar agrupaciones o clústeres de áreas de movilidad con fuertes intercambios entre sí o por dependencias entre dos o más localidades, que dan lugar a abundantes viajes de ida y vuelta entre ellas. En esta etapa del análisis se ha utilizado el algoritmo de agrupamiento *Infomap*, que revela la estructura de la red teniendo en cuenta los flujos jerárquicos representados en las conexiones (Rosvall et al., 2009). Aquí se ha utilizado la versión programada en el complemento *Community Detection* (Singhal et al., 2020) del programa *Cytoscape* (Shannon et al., 2003). Las áreas funcionales obtenidas pueden ser de distintos niveles jerárquicos, siendo esperable que las correspondientes a las ciudades de más rango sean más extensas por el mayor alcance de los flujos, aunque también pueden ser extensas las de las áreas menos pobladas debido a la necesidad de sumar más espacio para obtener los umbrales de movilidad establecidos. A su vez, dentro de las áreas funcionales principales, o clústeres de nivel 1, pueden identificarse clústeres o áreas funcionales de nivel 2, como consecuencia de fuertes relaciones entre áreas de movilidad vecinas. En este trabajo nos referiremos únicamente a las áreas funcionales principales o clústeres de nivel 1.

### 3. Resultados: delimitación de áreas funcionales en Aragón a partir de datos de telefonía móvil

En la figura 1 se representa la red formada por los flujos mayores de 300 viajes entre las 82 áreas de movilidad aragonesas. La mera inspección visual permite afirmar que la configuración espacial y morfológica de la red se relaciona con, y al mismo tiempo conforma, los diferentes contextos territoriales, a escala regional e infrarregional, desde el punto de vista demográfico, funcional y de dotación de infraestructuras, entre otros, como queda sintetizado en la tabla 1.

Tabla 1. Principales magnitudes de la movilidad y sus variaciones en la semana del estudio.

Aspectos demográficos y de la movilidad	Urbanas*	Rurales**	Total/promedio
Número	14	68	82
Población	941.136	388.225	1.329.361
<i>Movilidad total (viajes: salidas+entradas)</i>	23.671.428	6.592.872	30.264.300
Movilidad: salidas	11.837.265	3.291.425	15.128.690
Movilidad: entradas	11.834.163	3.301.447	15.135.610
Movilidad-intraáreas	10.095.448	831.885	10.927.333
Saldo: (entradas-salidas)	-3.102	10.022	10.022
Movilidad total/población	25,2	17,0	22,8
Movilidad: salidas /población	12,6	8,5	11,4
Movilidad intraáreas/población	10,7	2,1	8,2
Saldo /población (%)	-0,3	2,6	0,5

Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA). (n.d.). *Estudio de movilidad con Big Data* <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>. Elaboración propia.

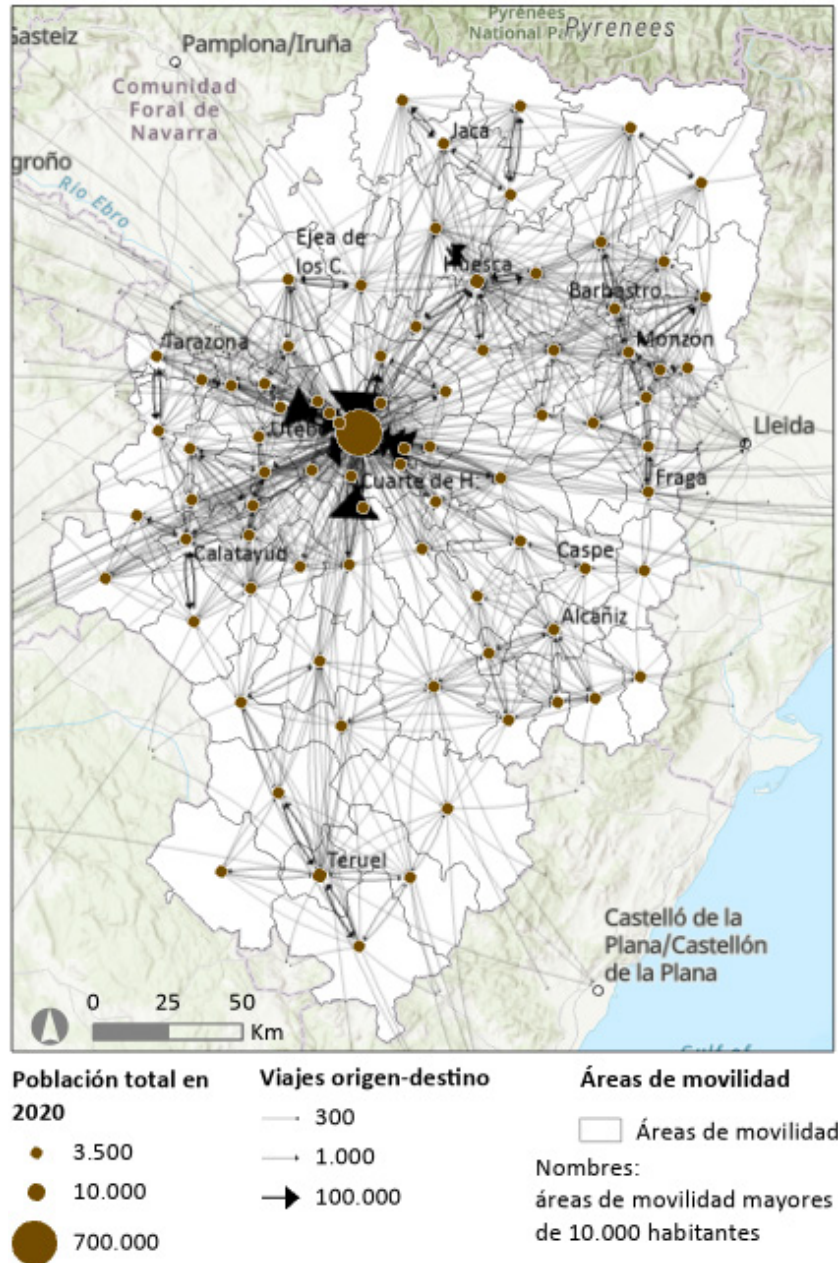
\*Las mayores de 10.000 habitantes en el momento del estudio; \*\* Las menores de 10.000 habitantes en el momento del estudio

Nota: la movilidad total expresa el número de viajes registrados durante los cuatro días muestreados en las áreas estudiadas. *Salidas*: viajes con origen en dichas áreas; *entradas*: viajes con destino en ellas; *intraáreas*: viajes con origen y destino en las mismas áreas de movilidad.

Así, se observa que, en el sector central de la región aragonesa, en el espacio de Zaragoza y su área metropolitana Área Urbana Funcional –que suma 776.059 habitantes, el 58,4% de la población regional–, los flujos de movilidad son los más elevados de Aragón, siendo clara también la centralización ejercida por la ciudad de Zaragoza, que genera la mayor proporción de estos flujos (tabla 1). En la provincia de Huesca, especialmente en la zona oriental, la presencia de varias ciudades pequeñas (Barbastro, Monzón, Fraga) y otros núcleos menores sirve de apoyo a una red de movilidad densa, continua, jerarquizada y bastante equilibrada. La configuración de la red de movilidad del Bajo Aragón (Caspé, Alcañiz) es similar a la anterior pero los flujos son más débiles y la red más laxa. En otras áreas, como en el resto de la provincia de Teruel, la red de movilidad es menos densa aún (como corresponde a la baja densidad de población) y su articulación presenta un marcado rasgo lineal, ya que sus nudos son localidades situadas

en el corredor de la autovía que une Teruel y Zaragoza (conocida como «autovía mudéjar»).

Figura 1. Viajes origen-destino y población total de las áreas de movilidad en 2020 (flujos mayores de 300 viajes)

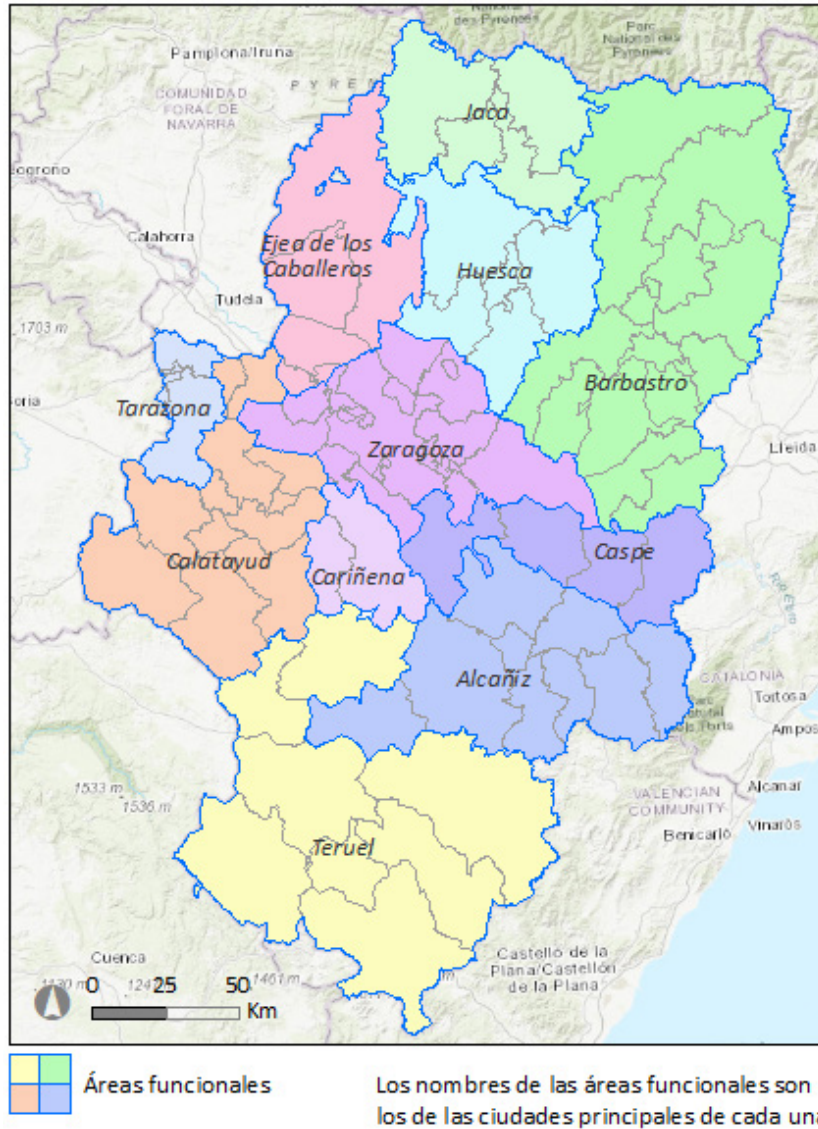


Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA). (n.d.). *Estudio de movilidad con Big Data* <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19>. Elaboración propia.

La aplicación del algoritmo *Infomap* ha identificado los clústeres de nivel 1 de áreas de movilidad que proponemos como áreas funcionales de Aragón. Los agrupamientos son espacialmente continuos, de formas regulares donde existen infraestructuras de comunicaciones similares en todas las direcciones (en el sector central, en buena parte de las provincias de Huesca y Zaragoza) e irregulares en aquellas zonas donde predominan

ejes carreteros (comarca de Calatayud, Caspe, Teruel) y por los que se efectúan movimientos pendulares o viajes de ida y vuelta en el día.

Figura 2. Áreas funcionales de Aragón delimitadas a partir de la estructura de los flujos de movilidad en 2020.



Fuente: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA). (n.d.). *Estudio de movilidad con Big Data* <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19>. Elaboración propia

#### 4. Consideración final

El concepto de área funcional resulta clave para la gestión de numerosos procesos sociales y espaciales. Los datos de movilidad obtenidos de los registros de telefonía móvil proporcionan una fuente muy útil para delimitar áreas funcionales y sus variaciones espaciotemporales. Esto es así porque permiten conocer y hacer un seguimiento de la movilidad cotidiana de los usuarios de los servicios de telefonía, es decir, de una proporción muy notable de la población. En el artículo hemos aportado en primer lugar un mapa descriptivo de la movilidad intermunicipal de Aragón, con las limitaciones de

resolución propias de la fuente, en una semana tipo de febrero de 2020. Como era de esperar, los patrones espaciales de movilidad detectados son coherentes con la distribución territorial de los asentamientos y de las actividades productivas, así como con la configuración espacial de las infraestructuras viarias. Este mapa supone un resultado interesante ya que confirma el peso de la capital regional, Zaragoza, pero muestra también numerosos flujos de menor cuantía y alcance en un entorno rural heterogéneo y con más vida de la que podría esperarse según los actuales discursos sobre la España vaciada (hemos tratado este tema en Escolano-Utrilla & Escalona-Orcao, 2022). A partir de la estructura de los flujos entre áreas de movilidad hemos delimitado, en una segunda etapa, 11 áreas funcionales en Aragón, gravitando todas ellas sobre Zaragoza y 10 pequeñas ciudades y cabeceras comarcales.

Quedan para trabajos posteriores numerosos análisis de los datos proporcionados, En relación con los flujos de movilidad será oportuno valorar su relación con variables espaciales y temporales de la movilidad, como la distancia o la repartición horaria. También es interesante el análisis morfológico de las propias redes de movilidad obtenidas para disponer así de información de gran utilidad para la planificación y gestión del uso servicios, infraestructuras y equipamientos públicos y de actividades comerciales y empresariales. En cuanto a las áreas funcionales su comparación con las existentes previamente permite reconstruir cómo y dónde está cambiando la organización del territorio. También parece muy interesante contrastar las once áreas funcionales delimitadas con las actuales áreas de cobertura de numerosos servicios (sanitarios, educativos, de transporte público) para evaluar en qué medida las necesidades de la población están adecuadamente cubiertas.

#### *Agradecimiento*

Este trabajo contiene resultados del proyecto PID2020-115904RB-I00 financiado por el programa MCIN/AEI/10.13039/501100011033.



## Bibliografía

- Anderson, W. P. (2012): *Economic Geography*. Routledge.
- Barthélemy, M. (2011): “*Spatial networks*”, *Physics Reports*, 499(1–3), 1–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2010.11.002>
- Beavon, K. S. O. (1981): *Geografía de las actividades terciarias. Una reinterpretación de la teoría de los lugares centrales*. Oikos-Tau, Barcelona.
- Berry, B. J. B. (1971). *Gografía de los centros de mercado y distribución al por menor*. Vicens-Vives, Barcelona.
- Bielza, V., Escolano-Utrilla, S., Gorriá-Ipas, A., & Ibarra-Benlloch, P. (2010): *De la ordenación a la planificación territorial estratégica en el ámbito regional-comarcal*. Prensas Universitarias de Zaragoza. Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Christaller, W. (1933): *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Fischer.
- Demsar, J., Curk, T., Erjavez, A., Group, C., Hocevar, T., Milutinovic, M., Mocina, M., Polajnar, M., Toplak, M., Staric, A., Stajdohar, M., Umek, L., Zagar, L., Zbontar, J., Zitnik, M., & Zupan, B. (2013): “*Orange: Data Mining Toolbox in Python*”, *Journal of Machine Learning Research*, 14(Aug.), 2349–2353.  
<http://jmlr.org/papers/v14/demsar13a.html>
- Escolano-Utrilla, S., & Escalona-Orcao, A. I. (2022): “*La movilidad rural. Un estudio piloto de su estructura y de los efectos de la pandemia de COVID-19 mediante datos de telefonía móvil*”, *XXI Coloquio de Geografía Rural de La AGE. IV Coloquio Internacional de Geografía Rural ColoRURAL 2022*, 6.
- EUROSTAT. (n.d.): *Spatial Units - Cities (Urban Audit)*.  
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/cities/spatial-units>
- Garner, B. J. (1971): “*Modelos de Geografía Urbana y de localización de asentamientos*”. En: R. J. Chorley & P. Haggett (Eds.), *La Geografía y los modelos socio-económicos* (pp. 2011–2289). Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid (ed. original: Methuen & Co.).
- Labasse, J. (1987): *La organización del espacio* (2ª edición). Instituto de Estudios de Administración Local; Madrid.
- Liu, Z. C., Yu, J. B., Xiong, W. T., Lu, J., Yang, J. Y., Wang, Q., & IEEE. (2016): “*Using Mobile Phone Data to Explore Spatial Temporal Evolution of Home-Based*

*Daily Mobility Patterns in Shanghai*". En: *2016 International Conference on Behavioral, Economic and scio-cultural Computing (BESC)* (Issue IEEE/ACM International Conference on Behavioral, Economic, Socio-Cultural Computing (BESC), pp. 66–71).

Ministerio de Transportes, M. y A. U. (n.d.): *Estudio de movilidad con Big Data*. Retrieved May 4, 2022, from <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>

Ministerio de Transportes, M. y A. U. (2021): *Análisis de la movilidad en España con tecnología Big Data durante el estado de alarma para la gestión de la crisis del COVID-19. Informe metodológico*. <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>

Moya-Gómez, B., Stepniak, M., García-Palomares, J. C., Frías-Martínez, E., & Gutiérrez, J. (2021): "Exploring night and day socio-spatial segregation based on mobile phone data: The case of Medellín (Colombia)", *Computers, Environment and Urban Systems*, 89, 101675. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101675>

Osorio-Arjona, J., & García-Palomares, J. C. (2017): "Nuevas fuentes y retos para el estudio de la movilidad urbana", *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 247–267. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5352/5858>

Romanillos, G., García-Palomares, J. C., Moya-Gómez, B., Gutiérrez, J., Torres, J., López, M., Cantú-Ros, O. G., & Herranz, R. (2021): "The city turned off: Urban dynamics during the COVID-19 pandemic based on mobile phone data", *Applied Geography*, 134. <https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2021.102524>

Rosvall, M., Axelsson, D., & Bergstrom, C. T. (2009): "The map equation", *European Physical Journal: Special Topics*, 178(1), 13–23. <https://doi.org/10.1140/EPJST/E2010-01179-1>

Shannon, P., Markiel, A., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., Amin, N., Schwikowski, B., & Ideker, T. (2003): "Cytoscape: a software environment for integrated models of biomelecular interaction networks", *Genome Res.*, 13(11), 2498–2504. <https://doi.org/doi:10.1101/gr.1239303>

Singhal, A., Cao, S., Churas, C., Pratt, D., Fortunato, S., Zheng, F., & Ideker, T. (2020): "Multiscale community detection in Cytoscape", *PLOS Computational Biology*, 16(10), e1008239. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008239>

Tobler, W. (1970): “*A computer movie simulating urban growth in the Detroit region*”, *Economic Geography*, 46(2), 234–240.

Wilson, A. (1974). *Urban and regional models in geography and planning*. Wiley & Sons, Inc., London.