

# Espacios de actividad y movilidad cotidiana de la comunidad universitaria en el área metropolitana de Barcelona: una propuesta metodológica basada en datos GPS

**Cinthya Butron-Revilla.** Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

**Jesús Santiago-Ramos.** Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

**RESUMEN** | La dispersión geográfica de la vida cotidiana, junto al incremento de las velocidades de viaje, han generado mayores distancias de desplazamiento, afectando la escala espacial de la movilidad en regiones metropolitanas. La exploración de los espacios de actividad de residentes metropolitanos resulta esencial para la comprensión de procesos de expansión urbana. El artículo tiene como objetivo evaluar los espacios de actividad de residentes metropolitanos mediante una propuesta metodológica que combina, por una parte, el análisis de los patrones de movilidad cotidiana identificados a partir de datos de tracking personal; y por otra, la explotación de la cartografía de usos de suelo. El método se ha aplicado a la extensión espacial de la vida cotidiana de miembros de la comunidad universitaria en la Universidad Autónoma de Barcelona. Los resultados y discusión permiten identificar el impacto del lugar de residencia y el modo de transporte en la movilidad cotidiana a escala metropolitana.

**PALABRAS CLAVE** | movilidad, urbanismo, áreas metropolitanas.

**ABSTRACT** | *The geographical dispersion of daily life, coupled with the increase in travel speeds, have generated greater travel distances, affecting the spatial scale of mobility in metropolitan regions. The exploration of the spaces of activity of metropolitan residents is essential for the understanding urban expansion processes. This paper aims to evaluate the spaces of activity of metropolitan residents through a methodological proposal that combines the analysis of patterns of daily mobility, identified from personal tracking data, and the exploitation of land-use cartography. The method has been applied to the spatial extension of the daily life of members of the Autonomous University of Barcelona. The results make it possible to identify the impact of the place of residence and the mode of transport in daily mobility patterns on a metropolitan scale.*

**KEYWORDS** | *mobility, urbanism, metropolitan areas.*

Recibido el 6 de abril de 2023, aprobado el 22 de junio de 2023

E-mails: clbutrev@alu.upo.es | jsanram@upo.es

## Introducción

La dispersión geográfica de la vida cotidiana debida al incremento de las velocidades de viaje y la presencia de infraestructuras de transporte de alta capacidad viaria, así como una cada vez mayor dependencia del automóvil privado para la movilidad, representan un desafío para las administraciones públicas, al generar mayores distancias de desplazamiento cotidiano, que implican múltiples externalidades negativas tanto sociales como ambientales. Por lo expuesto, el estudio de los determinantes que afectan la escala espacial de las actividades cotidianas de los ciudadanos es clave en el desarrollo de políticas de movilidad más eficientes y sostenibles, en particular en los ámbitos metropolitanos.

En este contexto, la dispersión espacial de la vida cotidiana se ha analizado desde distintas corrientes geográficas. Entre ellas, la geografía del comportamiento, la cual, con la intención de describir el espacio que utilizan los individuos en su vida diaria, acuñó el concepto de *espacio de actividad* en la década de 1970 (Patterson & Farber, 2015). En los últimos años, la precisión en el cálculo de los espacios de actividad ha recibido un nuevo empuje, coincidente con la aparición de las nuevas tecnologías de *tracking* o tele-seguimiento en tiempo real, basadas en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), las cuales permiten la obtención de información precisa sobre las localizaciones reales de los individuos y su comportamiento espacial. La exploración de las características de los espacios de actividad de los residentes puede suponer un avance significativo para comprender tanto las causas como las consecuencias de los diversos procesos de movilidad urbana. Sin embargo, hasta el momento los análisis derivados del concepto de espacio de actividad han incidido principalmente en el uso del espacio potencial, y no en la representación del uso real del espacio, su caracterización y la identificación de los factores que determinan su extensión.

El presente trabajo propone una metodología mixta para el análisis de los factores individuales y contextuales que influyen en la extensión espacial de la vida cotidiana y el acceso a funciones urbanas a escala metropolitana, tomando como caso de estudio la comunidad universitaria de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) en España. La combinación de los patrones de movilidad obtenidos a partir de *tracking* personal con información sobre la configuración de usos de suelo permite estudiar el uso real del espacio a través del análisis del tamaño, la forma y las funciones urbanas contenidas en los espacios de actividad generados por los miembros de la comunidad. Como factores potencialmente explicativos de la configuración de los espacios de actividad, se toman en cuenta diferentes variables (edad, género, lugar de residencia, colectivo de pertenencia, modo de transporte habitual) derivadas de la explotación de la Encuesta de Hábitos de Movilidad de la Comunidad Universitaria de la UAB (EHMCU-UAB). El trabajo se plantea como objetivos fundamentales, por un lado, evaluar la utilidad de esta aproximación mixta para el estudio de la movilidad a escala metropolitana; y por otro, comprobar la incidencia de los diferentes factores analizados en la extensión de la movilidad cotidiana. Los resultados se discutirán tanto desde el punto de vista metodológico como de la perspectiva del desarrollo de políticas y estrategias para una movilidad más sostenible.

## Espacio de Actividad (EA) y su medida

El espacio de actividad es utilizado como indicador del grado de movilidad de las personas (Sherman et al., 2005) y de acceso potencial a oportunidades (Fan & Khattak, 2008; Yin et al., 2013), así como medida de exposición a riesgos ambientales y de salud (Hirsch et al., 2014; Zenk et al., 2011) y de segregación espacial (Järv et al., 2021; Olarte, 2021; Palmer et al., 2013; York Cornwell & Cagney, 2017). Su utilización abarca disciplinas tan variadas como la psicología, la geografía, la criminología, la salud pública y el planeamiento urbano (Patterson & Farber, 2015).

La geografía del comportamiento acuñó el concepto de espacio de actividad en la década de 1970, con la intención de describir el espacio que utilizan los individuos en su vida diaria (Patterson & Farber, 2015). También desde la geografía del tiempo se han utilizado métodos y conceptos similares, como el área potencial de trayectoria diaria (Hägerstrand, 1970; Kwan, 1999), para medir el acceso individual a las oportunidades urbanas a partir de índices de accesibilidad medidos por indicadores de oportunidades acumuladas o de interacción espacial (Rangel & Alanís, 2006). Pero fueron Horton y Reynolds (1971) quienes dieron un paso más allá y concibieron el espacio de actividad como las ubicaciones reales “con las que los individuos tienen un contacto directo como resultado de las actividades del día a día” (p. 37). En España, se ha utilizado también el término espacio de vida para referirse a la “porción del territorio donde el individuo efectúa sus actividades” (Mendizábal, 1996, p. 23), influenciado por la demografía francesa de Courgeau (1988).

Entonces, la aplicación del concepto de espacio de actividad ha implicado una idea de uso del espacio potencial en lugar de representar únicamente el uso real del espacio (Patterson & Farber, 2015). Además, las fuentes de datos tradicionales y los métodos de cálculo basados en los orígenes y/o destinos de la movilidad cotidiana de las personas han incentivado este componente de espacio potencial con una generalización y sobrerepresentación de la extensión espacial de los desplazamientos de las personas en su día a día. La información proveniente de las encuestas de movilidad que permiten el cálculo e interpretación de los espacios de actividad (Farber et al., 2015) de manera agregada, carecen también de precisión para describir la experiencia personal.

Diversos estudios (Cagney et al., 2020; Järv et al., 2021; Worton, 1987) han aplicado diferentes métodos de cálculo para analizar los espacios de actividad, entre los cuales se encuentra el método del polígono mínimo convexo, aplicado en disciplinas como la ecología, donde el área de alcance de los individuos estudiados corresponde a sus localizaciones más alejadas. Otro método utilizado es la elipse de desviación estándar, que informa sobre la dispersión global y la orientación de las actividades cotidianas a través de un polígono en forma elíptica (Buliung & Kanaroglou, 2006). Cabe resaltar que estos métodos de cálculo tradicionales han evidenciado la generalización y sobrerepresentación de la extensión espacial. Es entonces que la aparición de las nuevas tecnologías de *tracking* o tele-seguimiento en tiempo real han permitido la aplicación de métodos más precisos, como el área de la ruta más corta –*shortest path network buffer*–, la cual dibuja áreas de influencia alrededor de las rutas más cortas entre residencia y actividades cotidianas a través

de la red de calles (Sherman et al., 2005), permitiendo la representación real de la extensión espacial de los residentes.

### Área potencial de trayectoria diaria y funciones urbanas

La precisión en el cálculo de los espacios de actividad ha recibido un mayor empuje en coincidencia con los avances en las tecnologías de *tracking* o tele-seguimiento en tiempo real, basadas en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), que permiten la obtención de información detallada sobre las localizaciones reales de los individuos y su comportamiento espacial (Joseph et al., 2020; Kwan, 2012; Schoenau & Müller, 2017; Shdema et al., 2018; York Cornwell & Cagney, 2017). De esta forma, se obtienen representaciones más exactas de los espacios de actividad, acercándonos así a la idea inicial de Horton y Reynolds (1971). Por ejemplo, el método del área del trazado diario o *daily path area*, inspirado en el área potencial de trayectoria diaria de la geografía del tiempo, se ha convertido en un método de cálculo de los espacios de actividad más realista (Zenk et al., 2011).

Aunque gran parte de los estudios se han centrado en analizar la extensión o escala espacial de la vida cotidiana de las personas (Dijst, 1999), algunos lo hacen también en la forma de los espacios de actividad (Hirsch et al., 2014; Parthasarathi et al., 2015). Otra parte importante de la literatura se ha interesado en evaluar el contenido de los espacios de actividad o, dicho de otra forma, el acceso de los individuos a oportunidades y servicios y sus riesgos (Hirsch et al., 2016; Neutens et al., 2010; Perchoux et al., 2015; Zenk et al., 2011). Las diferencias de tamaño, forma o contenido de los espacios de actividad estarían vinculadas tanto a las características del entorno físico como a las limitaciones temporales de los individuos (Buliung & Kanaroglou, 2006; Mokhtarian & Chen, 2004), sus características sociodemográficas (Fan & Khattak, 2008; Jones & Pebley, 2014; Kwan & Kotsev, 2015) o las funciones urbanas (Cagney et al., 2020; Cerda & Marmolejo, 2010).

En los distintos estudios sobre ciudades, metrópolis o regiones metropolitanas es fácil encontrar mencionados los conceptos de centralidad, función urbana y también funcionalidad (Banister, 2008). La función puede definirse como el conjunto de actividades que se influyen entre sí regularmente por medio de relaciones que hacen posible que el sistema social continúe operando. Función es, por tanto, el equivalente de actividad (Cerda & Marmolejo, 2010). Las actividades pueden ser de tipo administrativo, comercial, industrial, turístico, etc., de manera que cada centralidad (punto de buena conexión) puede concentrar una o varias actividades (Vargas-Hernández et al., 2017).

El uso del espacio en la ciudad no es un concepto ampliamente discutido, ni mucho menos consensuado, en la literatura científica. A pesar de ello, el enfoque sociológico en el uso de cierto tipo de espacios (público, doméstico, etc.) ha generado mucha literatura científica (Ewing et al., 2016; Fernandez Milan & Creutzig, 2016). Este enfoque de análisis (a escala microespacial e individual) sostiene que la movilidad cotidiana urbana refleja las experiencias diferenciadas de los individuos, las que están determinadas en gran parte por las desigualdades sociales existentes (Kaufmann et al., 2004). Otra aproximación distinta a la anterior, que también

se ocupa del uso del espacio (en este caso, suelo), incluye las teorías y modelos de localización de actividades (económicas y residenciales) (Palomares-Linares et al., 2017). Estos modelos buscan explicar la localización de cada actividad teniendo en cuenta diferentes variables y enfoques conceptuales. En términos generales, ello remite a un concepto denominado accesibilidad, cuya definición y entendimiento son a menudo divergentes y ambiguos (Cerdeira & Marmolejo, 2010; Jiron, 2007).

### **Accesibilidad urbana y diversidad de usos de suelo urbano**

La accesibilidad se refiere a la posibilidad de obtener un bien o servicio buscado desde un determinado espacio. Los componentes a partir de los cuales puede medirse la accesibilidad en entornos urbanos incluyen las necesidades del individuo, el uso del suelo y el tiempo de desplazamiento (Geurs & Wee, 2004). Por tanto, la medición de la accesibilidad, en primer lugar, es sensible a los cambios del sistema de transporte, es decir, a la facilidad que encuentra un individuo para cubrir la distancia entre un origen y un destino con un modo de transporte. En segundo lugar, es sensible a los cambios en el sistema de uso del suelo (Geurs & Wee, 2004), es decir, a la cantidad, calidad y distribución espacial de las oportunidades. En tercer lugar, es sensible a las limitaciones temporales de dichas oportunidades.

Partiendo de lo anterior, diferentes estudios en materia de planificación y movilidad urbana han evaluado la accesibilidad desde la perspectiva de los usos del suelo y las funciones urbanas, señalando que una distribución eficiente de los usos es un factor significativo en las estrategias para un desarrollo urbano más sostenible y saludable (Hajna et al., 2014; Manaugh & El-Geneidy, 2012; Paquet et al., 2013). Enmarcados en la distribución de los usos del suelo, plantean como relevante el análisis del concepto de mixtura de usos de suelo urbano (Dovey & Pafka, 2017), el cual se fundamenta en los usos o actividades cercanos que se influyen unos con otros en un rango espacial limitado (Song et al., 2013). Por lo tanto, las medidas de mixtura de usos de suelo urbano reflejan cómo la cantidad y proximidad de un tipo de uso del suelo influencia la utilidad de otro.

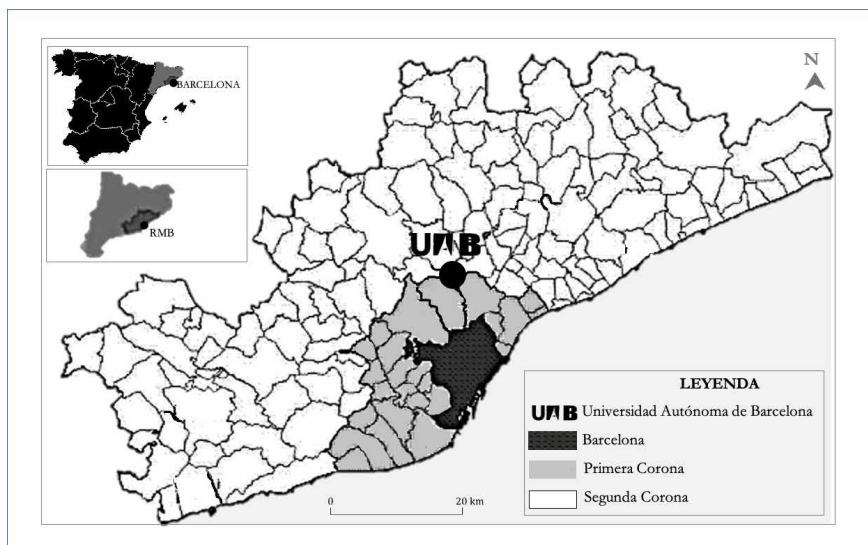
Para realizar una medida integral de la diversidad de usos del suelo urbano, diversos análisis se han enfocado en el índice de Shannon Wiener, el cual permite medir la diversidad de los usos del suelo de un espacio en concreto (Hajna et al., 2014). Su utilización en la planificación urbana y estudios del suelo se remonta al análisis de Frank et al. (2004) y su actualización con Manaugh y Kreider (2013), quienes evidencian la correlación entre el estudio de las rutas de viaje y la medida de la mixtura de usos del suelo. En este sentido, otros estudios (Miralles-Guasch et al., 2014; Rahman et al., 2022) ofrecen resultados donde se observa que los territorios con mayor mixtura de suelo urbano son más sensibles a propiciar rutas de viajes menos extensas. En todo caso, es importante tener en cuenta que estas medidas son sensibles al tamaño de la unidad de análisis (Song et al., 2013), de tal manera que grandes áreas pueden aparecer más mixtas que las pequeñas, simplemente porque son de mayor escala.

### **Caso de estudio: la Región Metropolitana de Barcelona y la movilidad cotidiana de los miembros de la Universidad Autónoma de Barcelona**

La Región Metropolitana de Barcelona (en adelante, RMB) está integrada por 164 municipios y cuenta con una población de 5,1 millones de habitantes (según el Plan Territorial Metropolitano de 2010), constituyendo la segunda área metropolitana de España. Está definida por tres ámbitos territoriales, equilibrados en población, pero con características poblacionales, geográficas y socioeconómicas distintas: en primer lugar, el municipio de Barcelona, con 1.615.908 habitantes y una densidad de población cercana a los 16.000 h/km<sup>2</sup>; la primera corona metropolitana, con 1.570.553 habitantes y una densidad de unos 2.900 hab./km<sup>2</sup>; y por último, la segunda corona metropolitana, integrada por ciudades medianas que actúan de capitales intermedias, junto con núcleos pequeños y zonas rurales, con una población de 1.742.391 habitantes y una densidad media de 668 hab./km<sup>2</sup> (Miralles-Guasch et al., 2014). La variación de densidades entre los ámbitos metropolitanos barceloneses es indicativa de diferentes formas de urbanizar y de ocupar el territorio: Barcelona y su continuo urbano representa un modelo compacto y mixto, mientras que en las coronas exteriores los niveles de complejidad y compacidad urbana son significativamente menores. En el año 2010 se aprobó el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (PTMB) para un ámbito de siete comarcas, que obliga a las Administraciones competentes a establecer criterios de planeamiento, de intervención y de control unificado para el conjunto del territorio metropolitano (Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques [DPTOP], 2010).

En la primera corona, o aglomeración central, se sitúa el campus de la Universidad Autónoma de Barcelona (en adelante UAB), la cual cuenta con una comunidad universitaria de 39.841 personas, entre trabajadores, investigadores y estudiantes. El campus de UAB se sitúa en el municipio de Cerdanyola del Vallès, ubicado en un ámbito suburbano y aislado de las tramas urbanas tradicionales de la RMB (Miralles-Guasch & Domene, 2010). Si bien la Encuesta de Hábitos de Movilidad de la Comunidad Universitaria de la UAB (EHMCU-UAB) evidencia que, de la totalidad de la comunidad universitaria, una parte significativa de sus miembros reside en el municipio de Barcelona (28,1%), casi las tres cuartas partes lo hacen en municipios de la RMB, pudiendo destacarse algunos como Sabadell (9,3%), Cerdanyola del Vallès (8,1%), Terrassa (6,6%) y Sant Cugat del Vallès (3,8%), situados en la primera y segunda coronas de la RMB (Figura 1).

**FIGURA 1 | Localización de la Universidad Autónoma de Barcelona y sus ámbitos territoriales**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

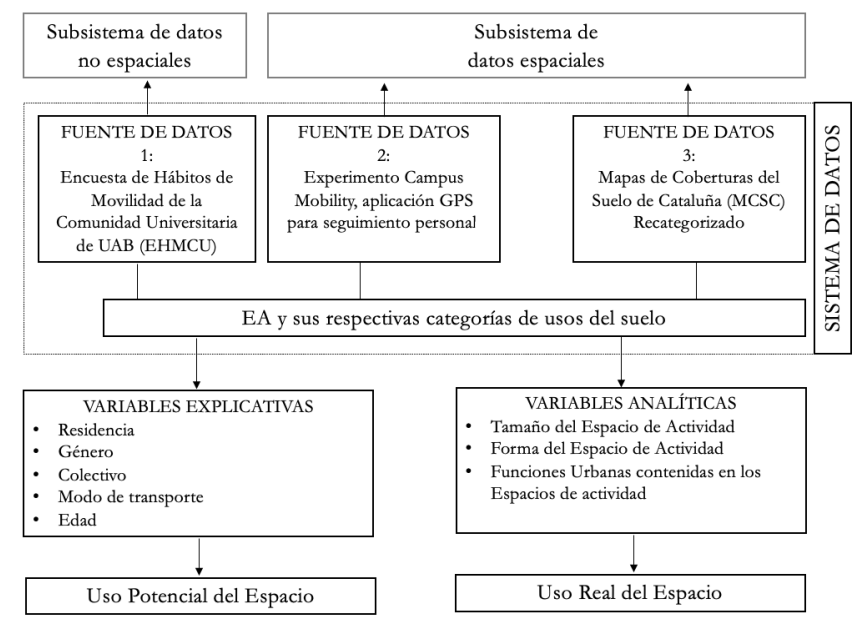
## Materiales y métodos

La metodología de estudio tiene el propósito de explorar el uso real del espacio analizando el tamaño, la forma y las funciones urbanas contenidas en los espacios de actividad generados por los miembros de la Comunidad Universitaria de la UAB. Para este fin, se parte de dos subsistemas de datos (Figura 2). El subsistema de datos no espacial corresponde a la Encuesta de Hábitos de Movilidad de la Comunidad Universitaria de la UAB (EHMCU-UAB). El subsistema de datos espacial se alimenta de dos fuentes: el Experimento Campus Mobility 2015 (centrado en el seguimiento de la movilidad diaria de los participantes) y el Mapa de Coberturas del Suelo de Cataluña (MCSC), los cuales al entrecruzarse generan, para cada participante en el estudio, un espacio de actividad cotidiana con su respectiva categorización de usos del suelo. De esta manera se obtiene un sistema de datos que pueden ser interpretados bajo las variables explicativas de lugar de residencia, género, colectivo (trabajador o estudiante), modo de transporte y edad, y las variables analíticas de tamaño, forma y usos/funciones urbanas contenidas en los espacios de actividad.

Primeramente, se trabajó con los datos de *tracking* del experimento Campus Mobility 2015. Durante los 66 días que duró el estudio, se recopilaban datos de GPS de 233 participantes (que a su vez habían realizado la encuesta EHMCU-UAB), a través de la aplicación móvil de rastreo GPS para seguimiento personal diseñada para este fin, durante un mínimo de siete días por participante. De estos, fueron seleccionados únicamente aquellos participantes con un potencial de datos mínimo de 12 horas por día, en un periodo de entre dos y cinco días hábiles, en la línea

de estudios similares (Hirsch et al., 2014; Zenk et al., 2011). Se obtuvo así una muestra final de 103 participantes.

FIGURA 2 | Metodología para explorar el uso real del espacio



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para cada uno de estos 103 individuos se seleccionó un único día de participación, en función de su ruta diaria más extensa dentro de la serie obtenida. Como resultado, se generó finalmente una muestra de 103 rutas diarias individuales georreferenciadas. A continuación, mediante el software ArcGIS 10.2, para cada una de estas 103 rutas se generaron áreas de influencia o búferes con un radio de 500 metros, también conocidas como Área del Trazado Diario (ATD) (Hirsch et al., 2014; Zenk et al., 2011). Dicha distancia se determinó con base en los 497 metros de error máximo de exactitud que fue registrado por el GPS al final del estudio, que a su vez está dentro de los límites entre 200 y 1.000 metros definidos por estudios previos (Hirsch et al., 2014; Zenk et al., 2011). De esta manera, se obtuvo una muestra de 103 espacios diarios de actividad generados en la RMB por miembros de la comunidad universitaria.

La encuesta de movilidad EHMCU proporcionó las características sociodemográficas y de hábitos de movilidad cotidiana de los 103 participantes seleccionados. Las variables explicativas elegidas fueron: la localización, esto es, lugar de residencia (Barcelona, primera corona, segunda corona), género (hombre o mujer), edad (de 18 a 29 años, 30 a 39 años y más de 40 años), colectivo universitario (estudiantes y trabajadores, que engloban tanto al personal administrativo como docente e investigador) y el modo de transporte preferente utilizado para acceder a la UAB (transporte



público, privado y activo), correspondiendo este último a las modalidades a pie y en bicicleta. Cabe señalar que estos modos de transporte corresponden al modo de uso más habitual seleccionado por los participantes del experimento, no habiéndose contemplado para este estudio la opción de multimodalidad.

Finalmente, también mediante las funcionalidades de ArcGIS 10.2, se generó un mapa de usos de suelo a partir del Mapa de Coberturas del Suelo de Cataluña (MCSC) correspondiente al año 2015, realizándose una reclasificación de las coberturas compuestas predeterminadas del código SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España). Tomando como referencia estudios previos centrados en la relación entre usos de suelo y movilidad (Hajna et al., 2014; Lawrence, 2004), se agruparon los usos del suelo de la RMB en seis categorías: suelo no edificado, residencial-mixto, industrial, terciario (comercial y oficinas), dotacional, e infraestructuras (Tabla 1).

**TABLA 1 | Categorización de los códigos de usos del suelo de la RMB**

| CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS (SIOSE) |                         | %            | RECATEGORIZACIÓN    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------|--------------|---------------------|-------------------------------------|
| Huerta familiar                    | 1ª categoría            | 0,272        | 1ª No edificado     |                                     |
| Asentamiento agrícola residencial  | 2ª categoría            | 0,003        | 1ª No edificado     |                                     |
| Compuesto artificial               | Suelo no edificado      | 3ª categoría | 76,245              | 1ª No edificado                     |
|                                    | Urbanización mixta      | 4ª categoría | 12,193              | 2ª Residencial-mixto                |
|                                    | Primario                | 5ª categoría | 0,896               | 1ª No edificado                     |
|                                    | Industrial              | 6ª categoría | 3,905               | 3ª Industrial                       |
|                                    | Terciario               | 7ª categoría | 2,585               | 4ª Terciario (comercial y oficinas) |
|                                    | Equipamiento dotacional | 8ª categoría | 3,187               | 5ª Dotacional                       |
| Infraestructuras                   | 9ª categoría            | 0,713        | 6ª Infraestructuras |                                     |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Finalmente, con apoyo del software Fragstats, se estimaron índices relativos al tamaño (en km<sup>2</sup>), la forma (según el índice SHAPE) y la diversidad y mixticidad de usos de suelo (según el índice de entropía o Shannon's Evenness Index-SHEI) para los 103 espacios de actividad considerados. El índice de forma calcula la complejidad de la forma de los espacios de actividad, siendo su valor cercano a 1 cuanto más se aproxime a una forma cuadrada, y aumentando a medida que la forma sea más compleja o irregular (Vila Subirós et al., 2006). Por otro lado, el índice de entropía es utilizado habitualmente para calcular la diversidad de usos de suelo en una determinada área. Varía entre 0 y 1; cuando el valor está más próximo a 1 indica una mayor diversidad de usos y una proporción más equilibrada de los mismos dentro del espacio de actividad, lo que refleja una mayor posibilidad de acceso a diferentes funciones urbanas dentro del mismo.

La fórmula utilizada para el cálculo del indicador de forma es la siguiente:

$$SHAPE = \frac{0,25 p}{\sqrt{a}}$$

Donde:

p= perímetro del espacio de actividad

a = área del espacio de actividad.

Por su parte, la fórmula para el índice de entropía o Shannon's Evenness Index (SHEI) es la siguiente:

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i)}{\ln m}$$

Donde:

Pi = proporción del espacio de actividad ocupado por la clase de suelo i.

m = número de clases de uso de suelo presentes en el espacio de actividad.

Es necesario indicar que, si bien un mayor valor de este último indicador supone un mayor equilibrio en la proporción entre los diferentes tipos de uso de suelo que componen el espacio de actividad, el resultado está lógicamente condicionado por la clasificación de usos de suelo adoptada para el análisis, ya que esta determina número de clases de uso presente en cada EA.

## Resultados

La Tabla 2 evidencia de manera específica las características generales de la muestra del experimento Campus Mobility, a cuyos 103 participantes (que representan un 0,25% de la comunidad de la UAB) se les ha realizado un seguimiento personal mediante GPS. La muestra es predominantemente femenina, con el 55,3% de participantes de este género. En lo que respecta al lugar de residencia, el 47,6% de los participantes reside en la segunda corona metropolitana, el 35% lo hace en el municipio de Barcelona, y 17,4% en la primera corona. El 50,5% está compuesto por estudiantes y el 49,5% corresponde a Personal Administrativo Institucional (PAI en adelante). Esta distribución tiene un reflejo directo en lo relativo a los grupos etarios, observándose un predominio claro del grupo más joven entre 18 y 29 años, con un 45,6% de los participantes. En cuanto al modo de transporte preferente, la mayoría de los participantes (54,4%) tiende a utilizar el transporte público, frente al transporte privado (38,8%) y el transporte no motorizado o activo (6,8%).

Cabe señalar, a efectos de la interpretación de los resultados, que la proporción de estudiantes entre los participantes en el experimento Campus Mobility (50,5%) es significativamente inferior al porcentaje que representa este colectivo dentro del conjunto de la Universidad Autónoma de Barcelona (83,5%). Los datos relativos a la localización residencial de los participantes en el estudio también presentan una cierta variación con respecto al total de la UAB: el 28,1% de los miembros de la comunidad universitaria reside en el municipio de Barcelona (frente al 35% de la muestra del experimento) y el 71,9% lo hace en el resto de la región metropolitana (frente al 65% de la muestra). Por último, en lo relativo al modo de transporte

habitual, se observa también una cierta diferencia del conjunto de la comunidad de la UAB con respecto a la muestra del experimento: la proporción de miembros de la UAB que prefieren el transporte público es del 62,6%, el 31,9% opta por el transporte privado y el 5,6% lo hace por el transporte activo.

**TABLA 2 | Características demográficas de los participantes en el estudio Campus Mobility (en porcentajes)**

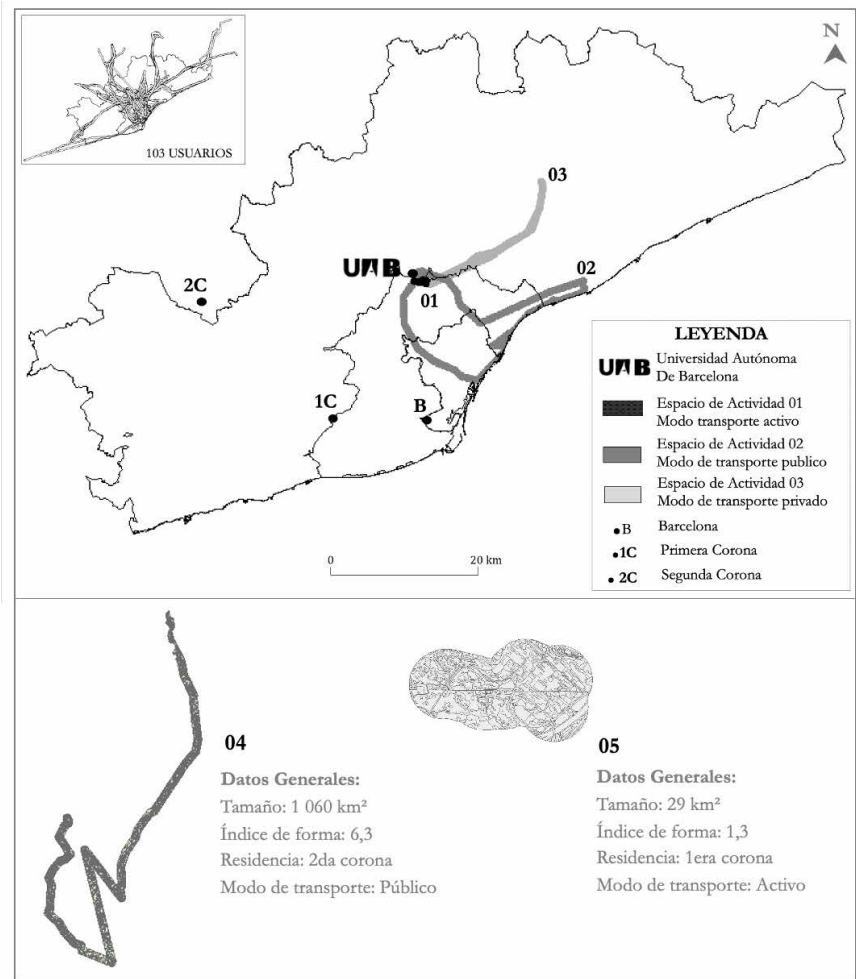
| VARIABLES Y SUBCATEGORÍAS (%)   |      | MUESTRA (103) (%)   |      |
|---------------------------------|------|---------------------|------|
| <i>Localización residencial</i> |      | <i>Género</i>       |      |
| Barcelona                       | 35,0 | Hombre              | 44,7 |
| 1ª corona                       | 17,4 | Mujer               | 55,3 |
| 2ª corona                       | 47,6 | <i>Grupo etario</i> |      |
| <i>Modo de transporte</i>       |      | 18 a 29             | 45,6 |
| Activo                          | 6,8  | 30 a 39             | 28,2 |
| Público                         | 54,4 | >40                 | 26,2 |
| Privado                         | 38,8 | <i>Colectivo</i>    |      |
|                                 |      | Estudiante          | 50,5 |
|                                 |      | P.A.I.              | 49,5 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como se ha indicado, para cada uno de los participantes en el estudio se delimitó el espacio de actividad a partir de la metodología de ATD. A modo de ejemplo, la Figura 3 muestra en su parte superior los espacios obtenidos para tres individuos, pudiendo observarse su disposición espacial en relación con las coronas metropolitanas y el municipio central, así como con respecto a la localización de la UAB; los dos ejemplos de la parte inferior de la imagen permiten comprobar la diversidad de los espacios de actividad obtenidos en cuanto a su dimensión y su configuración espacial.

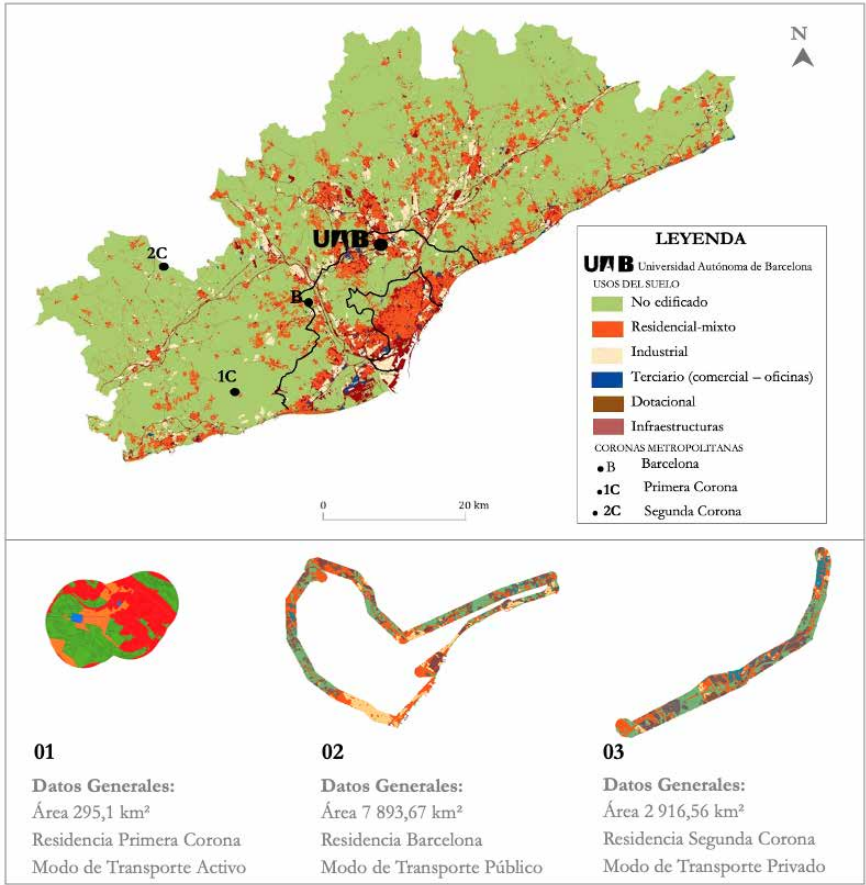
La Figura 4 muestra el resultado de la reclasificación de los usos de suelo de la RMB en las seis categorías designadas para el análisis. Puede observarse un claro patrón de variación en la distribución de los usos a través del gradiente centro-periferia del ámbito metropolitano. El municipio central se caracteriza por una clara predominancia del tejido urbano residencial/mixto, de carácter compacto y continuo; en cambio, en la primera y la segunda corona la configuración espacial de este tipo de usos es más fragmentaria y dispersa. La superficie no edificada tiene una mayor presencia en la primera corona y, sobre todo, en la segunda corona, siendo dicha categoría la predominante en esta última. Los suelos dedicados a usos terciarios (uso comercial y oficinas) tienen una presencia dispersa, localizándose preferentemente en la primera corona, mientras que los suelos de vocación industrial se ubican prioritariamente en la segunda corona. La parte inferior de la Figura 4 muestra la intersección entre tres espacios de actividad y el mapa de usos de suelo, utilizando los mismos ejemplos anteriormente contemplados en la parte superior de la Figura 3. Los casos elegidos muestran cómo la extensión, la configuración espacial y la localización del itinerario condicionan el número y diversidad interna de los usos contenidos en cada espacio de actividad.

FIGURA 3 | Visualización de tres espacios de actividad en la RMB y detalle de dos espacios de actividad con sus respectivas características



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 4 | Usos del suelo de la RMB e intersección con espacios de actividad



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La Tabla 3 sintetiza el cruce de las variables derivadas de la EHMCU con los indicadores relativos a la extensión (área), la forma (índice SHAPE) y la diversidad y mixtidad de usos de suelo (índice SHEI) asociados a los espacios de actividad de los participantes.

TABLA 3 | Tamaño, índice de forma e índice de la entropía de los espacios de actividad de los participantes según las variables explicativas

| VARIABLE           | USUARIOS | ÁREA<br>KM <sup>2</sup> |          |          |           | ÍNDICE DE FORMA<br>SHAPE INDEX |         |        |        | ÍNDICE DE ENTROPÍA<br>SHEI INDEX |         |        |        |  |  |
|--------------------|----------|-------------------------|----------|----------|-----------|--------------------------------|---------|--------|--------|----------------------------------|---------|--------|--------|--|--|
|                    |          | MEDIA                   | MEDIANA  | MÍNIMO   | MÁXIMO    | MEDIA                          | MEDIANA | MÍNIMO | MÁXIMO | MEDIA                            | MEDIANA | MÍNIMO | MÁXIMO |  |  |
| Residencia         |          |                         |          |          |           |                                |         |        |        |                                  |         |        |        |  |  |
| Barcelona          | 36       | 2.835,25                | 2.661,48 | 1.053,26 | 7.883,67  | 3,02                           | 2,92    | 1,77   | 5,17   | 0,74                             | 0,71    | 0,63   | 0,93   |  |  |
| 1ª corona          | 18       | 2.013,57                | 1.042,51 | 230,54   | 5.590,43  | 2,29                           | 1,85    | 1,22   | 4,32   | 0,8                              | 0,81    | 0,66   | 0,9    |  |  |
| 2ª corona          | 49       | 4.017,52                | 3.329,04 | 381,66   | 10.601,35 | 3,29                           | 3,1     | 1,45   | 6,27   | 0,81                             | 0,81    | 0,66   | 0,91   |  |  |
| Género             |          |                         |          |          |           |                                |         |        |        |                                  |         |        |        |  |  |
| Masculino          | 46       | 3.118,72                | 2.776,01 | 230,54   | 10.601,85 | 2,98                           | 2,98    | 1,22   | 5,62   | 0,78                             | 0,8     | 0,65   | 0,91   |  |  |
| Femenino           | 57       | 3.503,98                | 2.634,15 | 625,5    | 10.579,39 | 3,13                           | 2,88    | 1,45   | 6,27   | 0,79                             | 0,8     | 0,63   | 0,93   |  |  |
| Colectivo          |          |                         |          |          |           |                                |         |        |        |                                  |         |        |        |  |  |
| Estudiante         | 52       | 3.447,30                | 2.832,44 | 230,54   | 10.136,77 | 3,14                           | 2,98    | 1,22   | 5,45   | 0,78                             | 0,79    | 0,63   | 0,9    |  |  |
| P.A.I              | 51       | 3.214,28                | 2.679,58 | 381,66   | 10.601,85 | 2,99                           | 2,92    | 1,45   | 6,27   | 0,79                             | 0,8     | 0,63   | 0,93   |  |  |
| Modo de Transporte |          |                         |          |          |           |                                |         |        |        |                                  |         |        |        |  |  |
| Activo             | 7        | 2.264,52                | 2.206,05 | 295,14   | 4.895,17  | 2,26                           | 1,77    | 1,28   | 3,87   | 0,76                             | 0,76    | 0,68   | 0,83   |  |  |
| Público            | 56       | 3.769,76                | 2.777,24 | 230,54   | 10.601,85 | 3,32                           | 3,05    | 1,22   | 6,27   | 0,77                             | 0,79    | 0,63   | 0,93   |  |  |
| Privado            | 40       | 2.905,74                | 2.657,88 | 581,57   | 8.302,99  | 2,84                           | 2,95    | 1,45   | 4,82   | 0,8                              | 0,82    | 0,65   | 0,91   |  |  |
| Edad               |          |                         |          |          |           |                                |         |        |        |                                  |         |        |        |  |  |
| 18 a 29            | 47       | 3.443,15                | 2.827,06 | 230,54   | 10.136,77 | 3,18                           | 3,06    | 1,22   | 5,45   | 0,78                             | 0,79    | 0,63   | 0,9    |  |  |
| 30 a 39            | 29       | 3.052,74                | 2.610,61 | 371,65   | 10.579,39 | 2,85                           | 2,73    | 1,52   | 5,62   | 0,78                             | 0,8     | 0,63   | 0,91   |  |  |
| 40 a 49            | 26       | 3.410,43                | 2.680,04 | 381,66   | 10.601,85 | 3,08                           | 2,95    | 1,45   | 6,27   | 0,8                              | 0,8     | 0,68   | 0,93   |  |  |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## Discusión

A continuación, se discuten de forma independiente los resultados obtenidos para los índices de extensión, forma y mixticidad de usos aplicados a los espacios de actividad (EA), en relación con las variables de residencia, modo de transporte, género, edad y colectivo. En un último subapartado se discutirá la relación del modo de transporte, como factor clave para una movilidad sostenible, con el resto de las variables explicativas.

### **La extensión de los espacios de actividad y su relación con las variables analizadas**

La Figura 5 muestra la relación entre la extensión de los espacios de actividad (EEA) y las diversas variables consideradas. La localización de la residencia sería el principal factor condicionante de la extensión de la movilidad cotidiana de los participantes en el estudio. Los espacios de actividad de los residentes en la segunda corona metropolitana ofrecen una extensión promedio superior al resto ( $4.017,52 \text{ km}^2$ ), si bien es cierto que este grupo es el que muestra una mayor heterogeneidad en cuanto al dimensionamiento de su movilidad cotidiana (la dimensión de sus espacios de actividad varía entre los  $10.601,35 \text{ km}^2$  y los  $381.66 \text{ km}^2$ ). Por su parte, los residentes de la primera corona son los que generan en promedio espacios de actividad más reducidos ( $2.013,56 \text{ km}^2$ ); en este caso, los valores presentan una menor variación, entre  $230,54 \text{ km}^2$  y  $5.590,43 \text{ km}^2$ . Finalmente, los residentes de Barcelona presentan en una situación intermedia en cuanto a la extensión de sus espacios de actividad con un valor promedio de  $2.835,25 \text{ km}^2$ , siendo los que muestran una mayor homogeneidad en cuanto a sus recorridos.

En lo que respecta al modo de transporte, como es esperable, los participantes que utilizan el modo de transporte activo realizan en promedio los desplazamientos más cortos (valor medio de extensión de los EA de  $295,14 \text{ km}^2$ ) y muestran una mayor homogeneidad en sus desplazamientos. El modo de transporte que ofrece en promedio recorridos más extensos es el transporte público, con una extensión media de EA de  $3.769,77 \text{ km}^2$ ; no obstante, esta modalidad presenta un elevado rango de variación, siendo utilizado tanto por los usuarios que realizan los mayores desplazamientos de toda la muestra como por los usuarios que recorren las menores distancias. Por su parte, el transporte privado presenta un valor intermedio en cuanto a la extensión de los EA (media de  $2.905,14 \text{ km}^2$ ) y al rango de variación de los valores.

En relación con el resto de las variables analizadas, los resultados muestran una relación menos significativa con respecto a la dimensión de los EA. En cuanto al factor género, los hombres presentan en promedio desplazamientos menos extensos que las mujeres, si bien la diferencia es poco notable (valor medio de  $3.118,72 \text{ km}^2$  para los hombres frente a  $3.503,98 \text{ km}^2$  para las mujeres). En relación con la edad, las diferencias entre los grupos etarios son poco destacables, tanto en lo que respecta al valor promedio de los EA ( $3.443,15 \text{ km}^2$  para el grupo de 18 a 29 años,  $3.052,74 \text{ km}^2$  para el grupo de 30 a 39 años, y  $3.410,43 \text{ km}^2$  para el grupo de 40 a 49 años) como al rango de variación de los valores. Finalmente, los colectivos

también presentan una escasa variación en cuanto a sus valores promedio de EA (3.447,30 km<sup>2</sup> para los estudiantes frente a 3.214,28 km<sup>2</sup> para los PAI).

El análisis de la varianza (ANOVA) permite comprobar que existen diferencias significativas en relación con la variable residencia (Prueba F: 4,929, P-valor: 0,009). Es posible afirmar que existe una relación directa, positiva, moderada y significativamente estadística entre la residencia de los participantes y la extensión de los espacios de actividad (Rho de Pearson o coeficiente de correlación: 0,229, P-valor: 0,02; Figura 5). Asimismo, se puede considerar que la residencia explicaría en un 5,2% la EEA de los participantes ( $R^2 = 0,052$ ). Por otro lado, en relación con los modos de transporte, y a pesar de las diferencias que se han comentado anteriormente, el test de ANOVA muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a la extensión de los EA (Prueba F: 2,089, P-valor: 0,129). De igual manera sucede con las variables de género (Prueba F: 0,593, P-valor: 0,443, grupo etario (Prueba F: 0,194, P-valor: 0,824) y colectivo (Prueba F: 0,218, P-valor: 0,641).

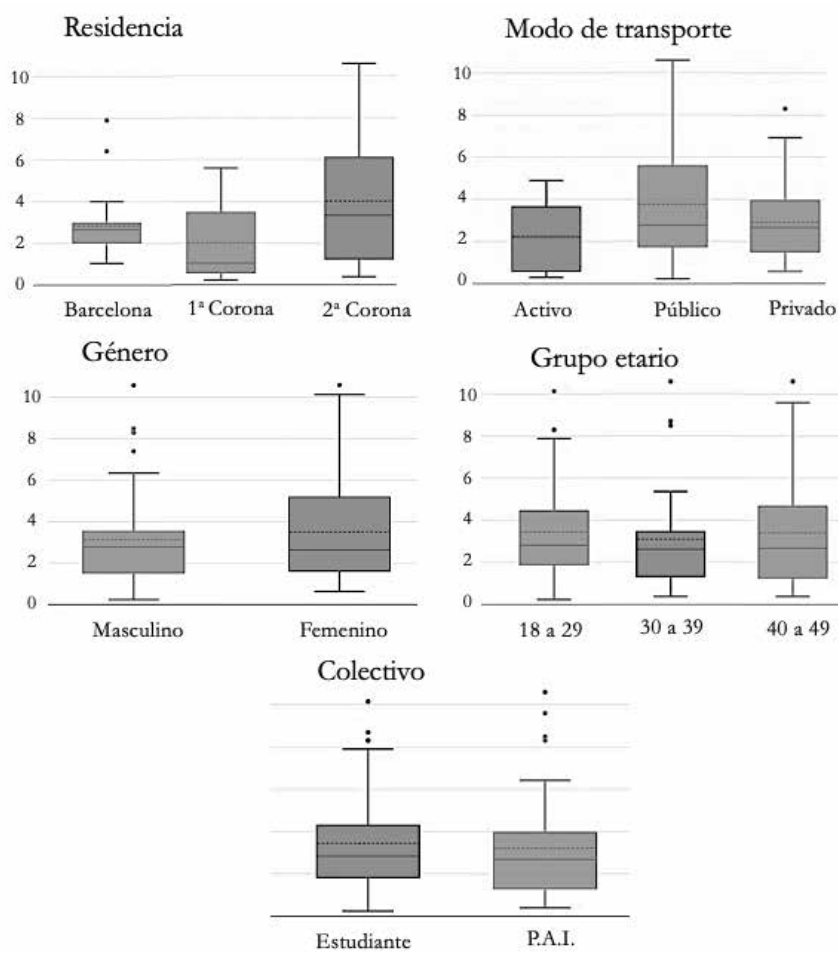
### **La forma de los espacios de actividad y su relación con las variables analizadas**

Al igual que en el caso de la EEA, la forma de los espacios de actividad medida con el índice SHAPE presenta una vinculación tanto con la residencia como con el modo de transporte utilizado por los participantes. Los individuos que presentan EA menos compactos son aquellos que residen en la segunda corona (media de 3,28 y mediana de 3,1), seguidos de los residentes en el municipio de Barcelona (media de 3,03 y mediana de 2,9). Los residentes en la primera corona presentan EA más compactos (media de 2,29 y mediana de 1,85) y con una menor variabilidad (0,426). En lo que respecta al modo de transporte, los EA con una configuración más irregular se vinculan con el transporte público (media de 3,32 y mediana de 3,05) y con el privado, si bien la variación en cuanto a forma es notablemente superior en el caso del transporte público. Los desplazamientos activos, por su parte, tienden a una mayor compacidad, relacionada sobre todo con su menor extensión media.

En la Tabla 3 se puede observar que existen diferencias apreciables en el índice SHAPE en función de la residencia de los participantes. La primera corona es el espacio de residencia que presenta un menor valor promedio de SHAPE (2,29), en comparación con la segunda corona (3,29) y Barcelona (3,03). En cuanto al modo de transporte, se puede observar que los participantes que se desplazan en transporte público son los que presentan mayor dispersión y variación del indicador, siendo los que tienen un mayor promedio en su índice SHAPE (media: 3,32). Mientras que los desplazamientos activos serían los que tienen en promedio un índice SHAPE menor en comparación a los grupos de transporte público y privado. Además, se evidencia que los hombres presentan menor índice SHAPE con relación a las mujeres, si bien la diferencia es escasa (hombres: 2,98 vs mujeres: 3,12). En el caso de los grupos etarios, los participantes que tienen de 18 a 29 años serían los que tienen un mayor promedio de índice SHAPE (media: 3,18), mientras que el grupo con edades de 30 a 39 años serían los que tienen un menor promedio de índice SHAPE (media: 2,85). La distribución de los datos de la variable colectivo evidencia similitud en sus resultados. En efecto, los promedios del índice SHAPE para estudiantes y PAI serían 3,14 y 2,99 respectivamente.



FIGURA 5 | Comparación de la extensión de los espacios de actividad (EEA), según las variables analizadas



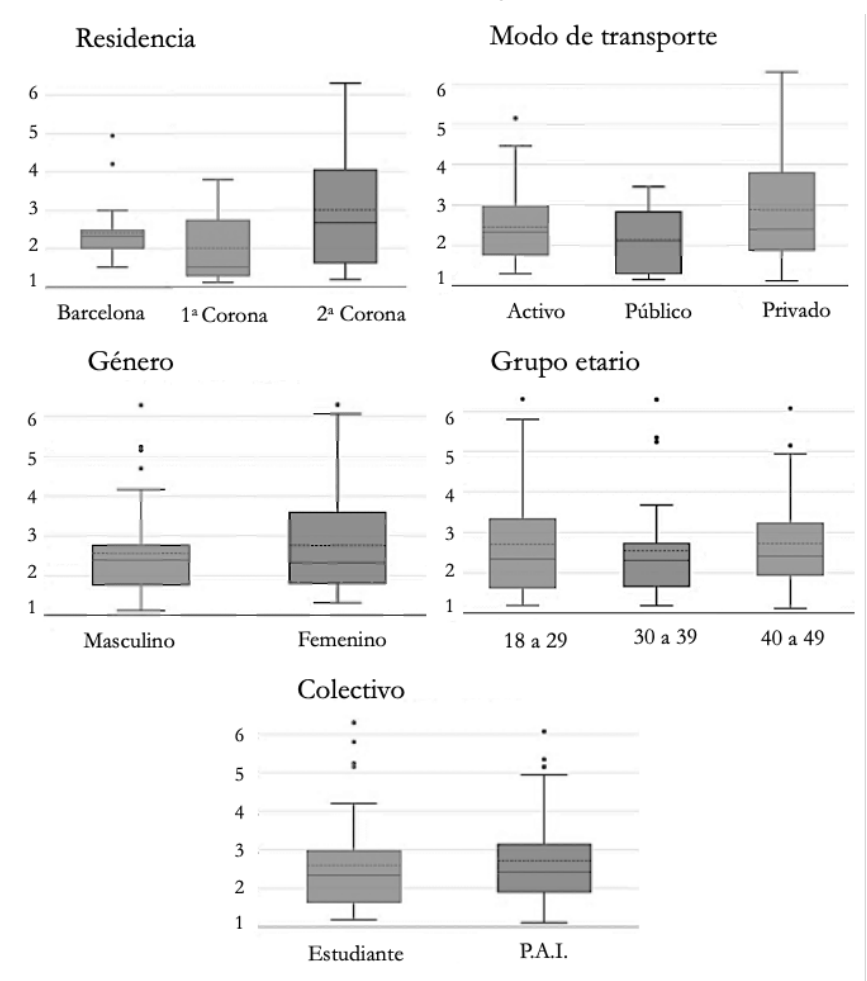
| Relación entre la EEA y las variables de la EHMCU |      |            |            |        |       |           |
|---------------------------------------------------|------|------------|------------|--------|-------|-----------|
|                                                   | Área | Residencia | Transporte | Género | Edad  | Colectivo |
| Área                                              | 1    | .229*      | -.062      | .076   | -.015 | -.046     |
| Corona                                            |      | 1          | .135       | -.009  | .058  | .012      |
| Transporte                                        |      |            | 1          | .057   | -.085 | -.076     |
| Género                                            |      |            |            | 1      | -     | -.165     |
| Edad                                              |      |            |            |        | 1     | .794**    |
| Colectivo                                         |      |            |            |        |       | 1         |

Nota: \*P – valor < 0,05 ; \*\*P – valor < 0,01

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La Prueba ANOVA revela que las variables residencia (Prueba F: 4,482, P-valor: 0,014) y modo de transporte (Prueba F: 4,168, P-valor: 0,018) evidencian diferencias significativas. Por lo tanto, se confirma que los residentes de Barcelona presentan menor variación con relación a los de la segunda corona. Además, se confirma que los participantes que se desplazan en transporte privado tienen datos más homogéneos que aquellos que utilizan otros modos de transporte. Cabe resaltar que los resultados de la prueba ANOVA del índice SHAPE para género (Prueba F: 0,407, P-valor: 0,525), grupo etario (Prueba F: 0,794, P-valor: 0,455) y edad (Prueba F: 0,474, P-valor: 0,493) no muestran diferencias significativas. Con esto se corrobora la mayor importancia de la variable residencia y modo de transporte en el análisis de datos de seguimiento personal.

FIGURA 6 | Comparación del índice SHAPE, según las variables analizadas



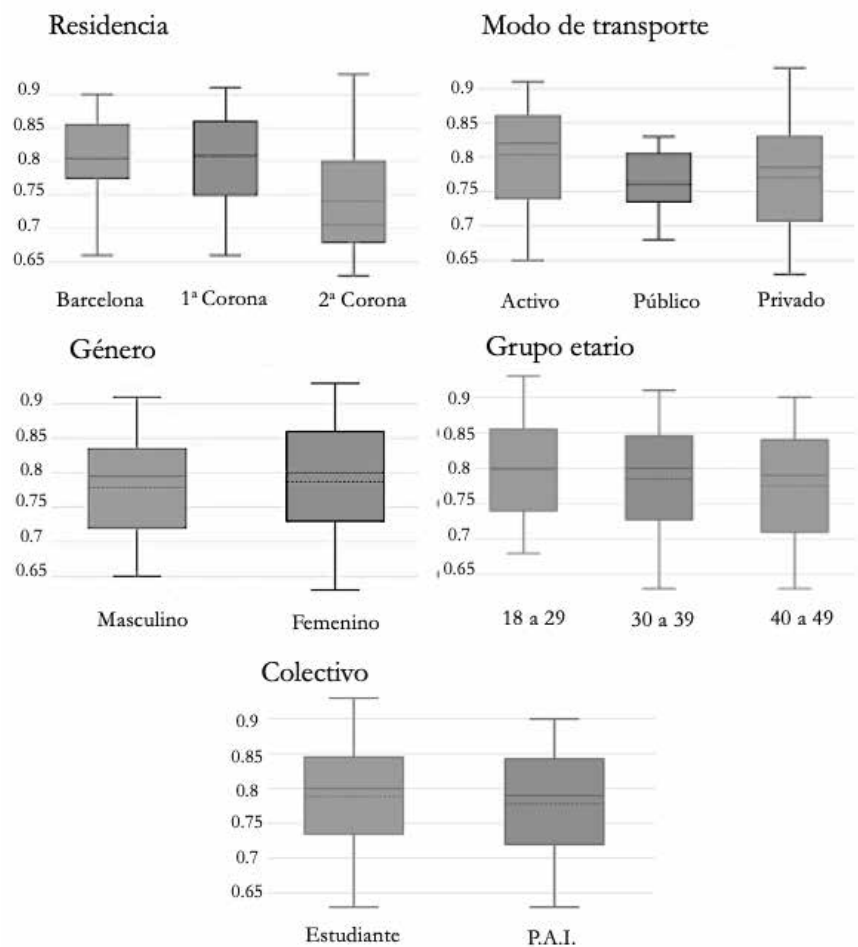
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### La diversidad de usos del suelo de los espacios de actividad y su relación con las variables analizadas

A diferencia de lo que sucede con la extensión y la forma de los EA, la mixticidad de usos de suelo presenta una menor variación para el conjunto de los espacios de actividad analizados, como puede apreciarse en los valores reflejados para el índice SHEI en la Tabla 3 y la Figura 7. Se observa que los EA de los residentes en Barcelona tienen un menor promedio de mixticidad en su uso de suelo (media: 0,74), mientras que los EA vinculados a la segunda corona presentarían un promedio mayor de mixticidad (media: 0,81). En cuanto al modo de transporte, se puede observar que los desplazamientos en transporte privado son los que tienen mayor dispersión y variación, siendo los asociados a un mayor promedio de mixticidad de suelos (media: 0,804). Por su parte, los no motorizados serían los que tienen asociado en promedio un índice SHEI menor en comparación con los grupos de transporte público y privado. En lo que respecta al género, se observa que hombres y mujeres presentan un índice SHEI muy similar (hombres: 0,7789 vs mujeres: 0,7874). De los grupos etarios se evidencia que los participantes con una edad de 40 a 49 años presentan un promedio ligeramente mayor en este índice (media: 0,798), y los participantes de 18 a 29 años un promedio menor (media: 0,775). En cuanto a la variable colectivo, de nuevo los datos para los estudiantes y PAI son muy parecidos (0,7888 vs 0,7785). La prueba ANOVA revela que los resultados del índice SHEI y la variable residencia evidencian diferencias significativas (Prueba F: 10,482, P-valor: 0,000). Esto indicaría que existe mayor mixticidad en los EA de residentes en la segunda corona, seguido por los de residentes en la primera corona, y finalmente una menor mixticidad en los EA de residentes en Barcelona. Sin embargo, para las variables modo de transporte (Prueba F: 2,534, P-valor: 0,084), género (Prueba F: 0,315, P-valor: 0,576), grupo etario (Prueba F: 0,729, P-valor: 0,485) y colectivo (Prueba F: 0,480, P-valor: 0,490) no se evidencian diferencias significativas.

El análisis de resultados muestra, en resumen, una relación positiva, directa, moderada y significativa estadísticamente entre el índice SHEI y la residencia (Rho de Pearson: 0,394, P-valor: 0,00). Otra relación significativa estadísticamente se da entre el índice SHEI y el modo de transporte (Rho de Pearson: 0,208, P-valor: 0,035); esto indica que habría mayor mixticidad en los EA asociados al transporte privado y menor en los EA asociados a modos de transporte activos. Lógicamente, los espacios de actividad generados por participantes que residen más lejos de la UAB y que utilizan el transporte privado tienden a tener una mayor extensión. Como se afirma en la literatura, los EA más extensos pueden aparecer como más mixtos que los pequeños simplemente porque abarcan una mayor escala (Song et al., 2013), por lo que la interpretación de estos resultados debe tener en cuenta este condicionante.

FIGURA 7 | Comparación del índice SHEI, según las variables analizadas



| Relación entre índice SHEI y las variables de la EHMCU |      |            |            |        |        |           |
|--------------------------------------------------------|------|------------|------------|--------|--------|-----------|
|                                                        | Área | Residencia | Transporte | Género | Edad   | Colectivo |
| Área                                                   | 1    | .394*      | .208*      | .056   | .119   | .069      |
| Corona                                                 |      | 1          | .135       | -.009  | .058   | .012      |
| Transporte                                             |      |            | 1          | .057   | -.085  | -.076     |
| Género                                                 |      |            |            | 1      | -.200* | -.165     |
| Edad                                                   |      |            |            |        | 1      | .794**    |
| Colectivo                                              |      |            |            |        |        | 1         |

Nota: \*P – valor < 0,05 ; \*\*P – valor < 0,01

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### El modo de transporte y su relación con el resto de variables analizadas

La variable modo de transporte es esencial en la configuración de una movilidad urbana sostenible, por lo que resulta de interés abordar su relación con el resto de factores considerados en el estudio. Si se atiende a la variable lugar de residencia, el transporte activo es la modalidad minoritaria en todos los casos; no obstante, en términos relativos, la incidencia de esta modalidad es visiblemente mayor en la primera corona, lógicamente por la mayor cercanía a la UAB. El transporte público es la opción mayoritaria para los residentes en Barcelona y la segunda corona. Por su parte, la segunda corona destaca como el ámbito en el que un mayor número de residentes opta por el transporte privado, debido probablemente a la amplitud de este ámbito y a la menor disponibilidad en determinadas áreas de un acceso más directo en transporte público.

En cuanto a las variables de género, edad y colectivo, la relación con la modalidad de transporte resulta más débil. Se puede observar que el recurso al transporte no motorizado se corresponde en promedio a edades más avanzadas, mientras que los participantes que optan por el transporte privado tienden a una menor edad. En todo caso, se podría esperar en un principio que estudiantes y jóvenes en general tuvieran unas pautas de movilidad más claramente diferenciadas, pero los resultados no apuntan en esta dirección. Sería interesante contrastar este análisis con otros trabajos y abordar esta cuestión en próximas aplicaciones de la metodología, por ejemplo, poniendo el foco en otros colectivos diferentes al universitario.

Asimismo, de cara a futuros estudios, resultaría de gran interés profundizar en el análisis de la modalidad de transporte contemplando la opción de los desplazamientos multimodales, así como reflejar en el análisis el horario y los tiempos de desplazamiento, mediante la adaptación de las encuestas a los participantes en la investigación.

### Conclusiones

El presente trabajo muestra la utilidad de la metodología de *tracking* para desarrollar un análisis rápido y preciso de las pautas de movilidad cotidiana de una comunidad específica, a través de la delimitación y el estudio de los espacios de actividad. Asimismo, se ha evidenciado el potencial de una aproximación metodológica mixta para el estudio de la movilidad urbana, enriqueciéndose la información obtenida a través del seguimiento mediante GPS con datos cualitativos derivados de encuestas y el análisis cartográfico de los usos de suelo. En particular, la propuesta metodológica ha demostrado ser valiosa para un análisis detallado de las pautas de movilidad diaria vinculadas a un centro de actividad de alcance metropolitano –en este caso un campus universitario–, por lo que ofrece un potencial interés para su aplicación a otros nodos clave para la movilidad a esta escala. Al proporcionar un conocimiento específico del origen de los desplazamientos y una caracterización precisa de los recorridos efectuados, la información obtenida puede ser útil para la toma de decisiones relacionadas con la mejora de la accesibilidad a dichos nodos estratégicos, facilitando el diseño de sistemas de transporte más eficientes y sostenibles.

Los resultados obtenidos para el caso de la UAB muestran cómo el factor que condiciona en mayor grado la movilidad cotidiana de los participantes en el estudio

–incidiendo tanto en la extensión y configuración de sus espacios de actividad como en la modalidad de transporte elegida de forma preferente– es la localización de su residencia con respecto a la universidad. La amplia distancia recorrida por muchos participantes del estudio, junto con la frecuencia diaria de estos desplazamientos, subrayan el papel del campus como un foco significativo para la movilidad a escala metropolitana. Desde el punto de vista de las políticas públicas, parece esencial dar un carácter prioritario a la gestión de la accesibilidad a este tipo de nodos centrales, prestando una especial atención a la conectividad de los mismos con los diferentes sectores del ámbito metropolitano a través de transporte público.

En cambio –al menos a partir de los parámetros metodológicos utilizados–, la mixtidad de usos de suelo no se muestra como un factor especialmente significativo para explicar la movilidad diaria de los participantes en el estudio, presentando una menor variación que las otras variables estudiadas. Como apunta la literatura consultada, la mixtidad de usos puede ser un factor relevante para explicar los desplazamientos vinculados a actividades de ocio, consumo y acceso a servicios y equipamientos públicos, en la medida en que los tejidos urbanos que ofrecen una mayor diversidad funcional favorecerían rutas más cortas. No obstante, en nuestro estudio estos desplazamientos tendrían un carácter secundario con respecto al desplazamiento cotidiano principal, es decir, el desplazamiento residencia-trabajo o residencia-lugar de estudios. Al mismo tiempo, en teoría la mixtidad de usos de suelo sería relevante sobre todo como factor para explicar las rutas vinculadas a modos de transporte activo, que en principio son los que permiten un acceso y uso más directo de las diferentes funciones y tipos de uso de suelo recorridos. En el caso del transporte motorizado (público o privado), que es el modo utilizado de forma mayoritaria para el acceso a la UAB, no es tan clara esta vinculación. Por ello, parece recomendable profundizar en el papel de la mixtidad de usos y la diversidad funcional en la movilidad a través del análisis de otros casos de estudio donde los desplazamientos activos y no estrictamente ligados al lugar de trabajo tengan un mayor peso.

Por otro lado, como se ha indicado, el índice utilizado para abordar la diversidad y mixtidad de usos (SHEI) es sensible al número de categorías de uso de suelo presentes en cada EA, dependiendo a su vez de la clasificación específica de usos empleada para el estudio; por este motivo, en el marco de futuros análisis, sería interesante complementar su empleo con otros índices alternativos, o bien realizar el cálculo de este indicador utilizando diferentes sistemas de categorización de usos de suelo, para comprobar con mayor precisión la incidencia de este factor en la movilidad. En cualquier caso, los resultados obtenidos no contradicen que el fomento de la mixtidad de usos en el tejido urbano pueda ser una estrategia clave para reducir los desplazamientos habituales de los ciudadanos que impliquen el acceso a diferentes funciones urbanas no necesariamente vinculadas al lugar de trabajo o estudio, contribuyendo así a reducir el impacto ambiental asociado a la movilidad y favoreciendo el uso de modos de transporte activos o el transporte público.

Otro aspecto reseñable es que, como se ha comentado, los resultados no reflejan diferencias significativas en las pautas de movilidad de los participantes en función de la edad, el género o la dedicación de los participantes en el estudio. Cabría esperar, por ejemplo, una mayor tendencia al uso del transporte público o de modalidades activas

por parte de los estudiantes y grupos etarios más jóvenes, pero los resultados no muestran esta tendencia. Sería interesante explorar en mayor profundidad la influencia de estas variables, a través de futuros estudios que impliquen a otros colectivos y centros de atracción diferentes.

Por último, cabe señalar que la elección de una comunidad universitaria como caso de estudio para la aplicación de la metodología propuesta presenta ventajas evidentes desde un punto de vista práctico. Facilita, además, un análisis de amplia escala debido precisamente al carácter nodal de la UAB dentro de la región metropolitana, lo que resulta de interés de cara a mejorar el conocimiento de los patrones de movilidad cotidiana vinculados a este tipo de centros de actividad. No obstante, hay que tener en consideración que los resultados obtenidos reflejan las pautas de movilidad de un colectivo muy específico y que ponen el foco de forma particular en los recorridos habituales más extensos de los participantes. A fin de valorar con mayor precisión el potencial de la metodología, sería recomendable complementar el presente análisis con el estudio de otros casos de distinta naturaleza; por ejemplo, aplicando el método a entornos y colectivos donde la movilidad activa pueda tener una mayor incidencia, para profundizar en la relación de los desplazamientos habituales con la configuración del tejido urbano.

### Agradecimientos

Los autores agradecen su colaboración y apoyo al grupo de Estudios en Movilidad, Transporte y Territorio del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona. Asimismo, agradecen los recursos y el soporte aportados por el Programa de Doctorado “Medio Ambiente y Sociedad” de la Universidad Pablo de Olavide.

### Referencias bibliográficas

- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Buliung, R. N. & Kanaroglou, P. S. (2006). Urban form and household activity-travel behavior. *Growth and Change*, 37(2), 172-199. <http://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2006.00314.x>
- Cagney, K. A., York Cornwell, E., Goldman, A. W. & Cai, L. (2020). Urban mobility and activity space. *Annual Review of Sociology*, 46, 623-648. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-121919-054848>
- Cerda, J. & Marmolejo, C. (2010). De la accesibilidad a la funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura urbano-residencial de las áreas metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, (46), 5-27. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000200001>
- Courgeau, D. (1988). Méthodes de mesure de la mobilité spatiale: migrations internes, mobilité temporaire et navettes. Présentation d'un Manuel de l'INED. *Population*, 43(4-5), 877-880.

- Dijst, M. (1999). Action space as planning concept in spatial planning. *Netherlands Journal of Housing and the Built Environment*, 14(2), 163-182. <http://doi.org/10.1007/BF02496820>
- Dovey, K. & Pafka, E. (2017). What is functional mix? An assemblage approach. *Planning Theory & Practice*, 18(2), 249-267. <http://doi.org/10.1080/14649357.2017.1281996>
- Ewing, R., Hamidi, S., Grace, J. B. & Wei, Y. D. (2016). Does urban sprawl hold down upward mobility? *Landscape and Urban Planning*, 148, 80-88. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.012>
- Fan, Y. & Khattak, A. (2008). Urban Form, Individual Spatial Footprints, and Travel: Examination of Space-Use Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2082(1), 98-106. <http://doi.org/10.3141/2082-12>
- Farber, S., O'Kelly, M., Miller, H. J. & Neutens, T. (2015). Measuring segregation using patterns of daily travel behavior: A social interaction based model of exposure. *Journal of Transport Geography*, 49, 26-38. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.009>
- Fernandez Milan, B. & Creutzig, F. (2016). Municipal policies accelerated urban sprawl and public debts in Spain. *Land Use Policy*, 54, 103-115. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.01.009>
- Frank, L. D., Andresen, M. A. & Schmid, T. L. (2004). Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*, 27(2), 87-96. <http://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.04.011>
- Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques (DPTOP). (2010). *Pla Territorial Metropolità de Barcelona*. (2 vols.). <https://dogc.gencat.cat/cal/document-del-dogc/?documentId=52931>
- Geurs, K. & Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 6-21. <http://doi.org/10.1007/BF01936872>
- Hajna, S., Dasgupta, K., Joseph, L. & Ross, N. A. (2014). A call for caution and transparency in the calculation of land use mix: Measurement bias in the estimation of associations between land use mix and physical activity. *Health & Place*, 29, 79-83. <http://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.06.002>
- Hirsch, J., Winters, M., Ashe, M. C., Clarke, P. J. & McKay, H. A. (2016). Destinations That Older Adults Experience Within Their GPS Activity Spaces: Relation to Objectively Measured Physical Activity. *Environment and Behavior*, 48(1), 55-77. <http://doi.org/10.1177/0013916515607312>
- Hirsch, J., Winters, M., Clarke, P. & McKay, H. (2014). Generating GPS activity spaces that shed light upon the mobility habits of older adults: a descriptive analysis. *International Journal of Health Geographics*, 13, 51. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-51>
- Horton, F. & Reynolds, D. (1971). Effects of Urban Spatial Structure on Individual Behavior. *Economic Geography*, 47(1), 36-48.
- Järv, O., Masso, A., Silm, S. & Ahas, R. (2021). The link between ethnic segregation and socio-economic status: An activity space approach. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 112(3), 319-335. <https://doi.org/10.1111/tesg.12465>



- Jiron, P. (2007). Unravelling invisible inequalities in the city through urban daily mobility. The case of Santiago de Chile. *Swiss Journal of Sociology*, 33(1), 45-68. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117828>
- Jones, M. & Pebley, A. R. (2014). Redefining neighborhoods using common destinations: Social characteristics of activity spaces and home census tracts compared. *Demography*, 51(3), 727-752. <https://doi.org/10.1007/s13524-014-0283-z>
- Joseph, L., Neven, A., Martens, K., Kweka, O., Wets, G. & Janssens, D. (2020). Measuring individuals' travel behaviour by use of a gps-based smartphone application in Dar es Salaam, Tanzania. *Journal of Transport Geography*, 88, 102477. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102477>
- Kaufmann, V., Bergman, M. M. & Joye, D. (2004). Motility: Mobility as capital. *International Journal of Urban and Regional Research*, 28(4), 745-756. <https://doi.org/10.1111/j.0309-1317.2004.00549.x>
- Kwan, M. P. (1999). Gender and individual access to urban opportunities: A study using space-time measures. *The Professional Geographer*, 51(2), 211-227. <http://doi.org/10.1111/0033-0124.00158>
- Kwan, M. P. (2012). The uncertain geographic context problem. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(5), 958-968. <http://doi.org/10.1080/00045608.2012.687349>
- Kwan, M. P. & Kotsev, A. (2015). Gender differences in commute time and accessibility in Sofia, Bulgaria: A study using 3D geovisualisation. *Geographical Journal*, 181(1), 83-96. <http://doi.org/10.1111/geoj.12080>
- Lawrence, R. J. (2004). Housing and health: From interdisciplinary principles to transdisciplinary research and practice. *Futures*, 36(4), 487-502. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.001>
- Manaugh, K. & El-Geneidy, A. (2012). What makes travel 'local': Defining and understanding local travel behaviour. *Journal of Transport and Land Use*, 5(3), 15-27. <http://doi.org/10.5198/jtlu.v5i3.300>
- Manaugh, K. & Kreider, T. (2013). What is mixed use? Presenting an interaction method for measuring land use mix. *Journal of Transport and Land Use*, 6(1), 63-72. <http://doi.org/10.5198/jtlu.v6i1.291>
- Mendizàbal, E. (1996). *L'Ús temporal del territori l'exemple dels habitants de la regió metropolitana de Barcelona*. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), Universitat Autònoma de Barcelona. <http://www.tdx.cat/handle/10803/4974>
- Miralles-Guasch, C. & Domene, E. (2010). Sustainable transport challenges in a suburban university: The case of the Autonomous University of Barcelona. *Transport Policy*, 17(6), 454-463. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.04.012>
- Miralles-Guasch, C., Martínez-Melo, M. & Marquet, O. (2014). On user perception of private transport in Barcelona Metropolitan area: An experience in an academic suburban space. *Journal of Transport Geography*, 36, 24-31. <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.009>
- Mokhtarian, P. L. & Chen, C. (2004). TTW or not TTW, that is the question: a review and analysis of the empirical literature on travel time (and money) budgets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(9-10), 643-675. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2003.12.004>
- Neutens, T., Schwanen, T., Witlox, F. & De Maeyer, P. (2010). Equity of urban service delivery: a comparison of different accessibility measures. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 42(7), 1613-1635. <http://doi.org/10.1068/a4230>

- Olarte, S. H. (2021). ¿Qué variables de movilidad están asociadas con la pobreza urbana? El caso de Santiago de Chile y Quito. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 16(47), 9510. <https://doi.org/10.5821/ace.16.47.9510>
- Palmer, J. R. B., Espenshade, T. J., Bartumeus, F., Chung, C. Y., Ozgencil, N. E. & Li, K. (2013). New approaches to human mobility: using mobile phones for demographic research. *Demography*, 50(3), 1105-1128. <http://doi.org/10.1007/s13524-012-0175-z>
- Palomares-Linares, I., Fera, J. M. & Arbucias, J. S. (2017). Mesura i evolució de la mobilitat residencial en les àrees metropolitanes espanyoles. *Papers: Revista de Sociologia*, 102(4), 545-574. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6153214>
- Paquet, C., Orschulok, T. P., Coffee, N. T., Howard, N. J., Hugo, G., Taylor, A. W., Adams, R. J. & Daniel, M. (2013). Are accessibility and characteristics of public open spaces associated with a better cardiometabolic health? *Landscape and Urban Planning*, 118, 70-78. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.11.011>
- Parthasarathi, P., Hochmair, H. & Levinson, D. (2015). Street network structure and household activity spaces. *Urban Studies*, 52(6), 1090-1112. <http://doi.org/10.1177/0042098014537956>
- Patterson, Z. & Farber, S. (2015). Potential path areas and activity spaces in application: A review. *Transport Reviews*, 35(6), 679-700. <http://doi.org/10.1080/01441647.2015.1042944>
- Perchoux, C., Kestens, Y., Brondeel, R. & Chaix, B. (2015). Accounting for the daily locations visited in the study of the built environment correlates of recreational walking (the RECORD Cohort Study). *Preventive Medicine*, 81, 142-149. <http://doi.org/10.1016/j.ypmed.2015.08.010>
- Rahman, M. H., Islam, M. H. & Neema, M. N. (2022). GIS-based compactness measurement of urban form at neighborhood scale: The case of Dhaka, Bangladesh. *Journal of Urban Management*, 11(1), 6-22. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.08.005>
- Rangel, C. F. G. & Alanís, J. C. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía, Sociedad y Territorio*, 6(22), 349-327. <https://doi.org/10.22136/est002006262>
- Schoenau, M. & Müller, M. (2017). What affects our urban travel behavior? A GPS-based evaluation of internal and external determinants of sustainable mobility in Stuttgart (Germany). *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 48, 61-73. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.05.004>
- Shdema, I., Haj-Yahya, N. & Schnell, I. (2018). The social space of Arab residents of mixed Israeli cities. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 100(4), 359-376. <https://doi.org/10.1080/04353684.2018.1428496>
- Sherman, J. E., Spencer, J., Preisser, J. S., Gesler, W. M. & Arcury, T. A. (2005). A suite of methods for representing activity space in a healthcare accessibility study. *International Journal of Health Geographics*, 4, 24. <http://doi.org/10.1186/1476-072X-4-24>
- Song, Y., Merlin, L. & Rodriguez, D. (2013). Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems*, 42, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.08.001>
- Vila Subirós, J.; Varga Linde, D., Llausàs Pascual, A. & Ribas Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (48), 151-166. <https://raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/view/72657>

- Vargas-Hernández, J., Pallagst, K. & Zdunek-Wielgolaska, J. (2017). Urban green spaces as a component of an ecosystem. Functions, services, users, community involvement, initiatives and actions. *Revista de Urbanismo*, (37), 1-26. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2017.47057>
- Worton, B. J. (1987). A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling*, 38(3-4), 277-298. [http://doi.org/10.1016/0304-3800\(87\)90101-3](http://doi.org/10.1016/0304-3800(87)90101-3)
- Yin, L., Raja, S., Li, X., Lai, Y., Epstein, L. & Roemmich, J. (2013). Neighbourhood for Playing: Using GPS, GIS and Accelerometry to Delineate Areas within which Youth are Physically Active. *Urban Studies*, 50(14), 2922-2939. <http://doi.org/10.1177/0042098013482510>
- York Cornwell, E. & Cagney, K. A. (2017). Aging in Activity Space: Results From Smartphone-Based GPS-Tracking of Urban Seniors. *The Journals of Gerontology: Series B*, 72(5), 864-875. <http://doi.org/10.1093/geronb/gbx063>
- Zenk, S. N., Schulz, A. J., Matthews, S. A., Odoms-Young, A., Wilbur, J., Wegrzyn, L., Gibbs, K., Braunschweig, C. & Stokes, C. (2011). Activity space environment and dietary and physical activity behaviors: A pilot study. *Health and Place*, 17(5), 1150-1161. <http://doi.org/10.1016/j.healthplace.2011.05.001>