

TWITTER Y MOVILIDAD ESPACIO-TEMPORAL: VISUALIZACIÓN 3D DE FLUJOS DE MOVILIDAD

Joaquín Osorio Arjona

Investigador predoctoral, Universidad Complutense Madrid, España

RESUMEN

La movilidad individual de un individuo está estructurada en la necesidad de conducir diferentes actividades que requieren estar en unas determinadas coordenadas espaciales y temporales. La Geografía del Tiempo es una aproximación que reconoce que la localización en el espacio no puede estar separada del momento en el tiempo. Los progresos recientes en los SIG y computación y la riqueza de los datos espacio-temporales obtenidos a partir de nuevas fuentes basadas en las Tecnologías de la Información y Comunicación han contribuido a la evolución de la Geografía del Tiempo. Actualmente es posible visualizar y representar los movimientos de la gente en su doble dimensión espacio-temporal. En este trabajo, usamos datos geolocalizados de la red social Twitter para mostrar el valor de las nuevas fuentes de datos para la Geografía del Tiempo. La metodología consiste en visualizar prismas espacio-temporales tanto en 3D como en 2D en cuatro zonas de estudio de la ciudad de Madrid, cada una con diferentes perfiles de uso del suelo (residencial, trabajo, estudios, y ocio). Para ello se han empleado como datos tweets recopilados durante un periodo de dos años que se han combinado con información de usos del suelo del Catastro. Aprovechando las ventajas de la visualización 3D y 2D es posible analizar la movilidad individual tanto en el tiempo como en el espacio. Los resultados muestran los diferentes comportamientos de movilidad de los individuos en cada zona de estudio durante el día, con datos complementarios para mostrar la actividad principal de la población en diferentes horarios.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad diaria de un individuo se estructura por la necesidad de realizar diferentes actividades que requieren estar en determinadas localizaciones durante tiempos concretos (Miller, 2005). El espacio no está completamente separado del tiempo, sino que ambos se combinan, por lo que la localización en el espacio no puede ser separada del momento temporal (Hägerstrand, 1970). La Geografía del Tiempo es una aproximación orientada a entender las actividades en esa doble componente espaciotemporal, reconociendo que la gente puede estar físicamente solo en un lugar y un tiempo en concreto (Miller, 2017).

Los datos diarios de las actividades realizadas por muestras de individuos en un determinado periodo de tiempo han servido como fuente de datos en muchos estudios de actividades humanas espaciotemporales. La ciencia de la información geográfica y las

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) están convergiendo para recrear una revolución temporal en la que las ciencias urbanas y del transporte pasan de ser ciencias basadas en el lugar a ciencias basadas en las personas (Miller, 2005). Con los avances en la computación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es actualmente posible cartografiar los procesos que ocurren en el espacio en diferentes momentos temporales. Juntos, la geografía del tiempo y los SIG pueden dar un ambiente analítico útil para visualizar y explorar datos de actividad a nivel individual en un contexto espacio-temporal (J. Chen et al., 2011; Q. Huang & Wong, 2015).

Desde la perspectiva de la visualización en los SIG, es posible representar los datos espaciales tanto en vistas 2D como 3D dependiendo de la información suministrada. Las representaciones 2D son mejores para ilustrar relaciones espaciales precisas. Sin embargo, con esta visualización no se puede observar información basada en el tiempo (Keskin et al., 2014). Mientras, los métodos 3D en los cuales el tiempo es integrado ortogonalmente a un plano geográfico llevan de forma cualitativa a un pensamiento visual claro sobre los comportamientos humanos, la accesibilidad, y los patrones geoespaciales (Neutens, Van de Weghe, Witlox, & De Maeyer, 2008). Sin embargo, hay varias dificultades técnicas y de usabilidad: la orientación del usuario en una escena visualizada (la gente puede encontrar difícil percibir la información en 3D con ángulos cambiantes), la complejidad de los datos visualizados, y la falta de diseño cartográfico (Keskin, Dogru, Çelik, Doğru, & Pakdil, 2014). Por ello, en esta comunicación se propone diseñar una visualización 3D de cada área de estudio, apoyada en una visualización 2D, para poder complementar las ventajas de cada visualización.

Para la visualización en 3D, la herramienta propuesta es el camino espaciotemporal. Esta herramienta de representación mide el movimiento de un individuo en el espacio tridimensional, situándose el espacio en una llanura horizontal y el tiempo en una dirección perpendicular, a partir de una lista de puntos de control estrictamente ordenados en el tiempo (Miller, 1991, 2005). En el espacio-tiempo el individuo describe un camino en el que el lugar donde está ahora está críticamente atado al “lugar de ahora” de un tiempo anterior. Un camino puede ser enseñado gráficamente fácilmente si se colapsa el espacio tridimensional en una llanura bidimensional y se usa una dirección perpendicular para representar el tiempo. El individuo no puede pasar un punto en el espacio-tiempo más de una vez, pero tiene que estar siempre en un punto (Hägerstrand, 1970). La región espaciotemporal de un camino está representada con una triada ortogonal de ejes, dos ejes x e y definiendo el espacio bidimensional plano, y un eje z representando el tiempo. Un objeto localizado en (x, y, z) muestra las coordenadas de localización del objeto en un espacio bidimensional en el tiempo z (Miller, 1991).

Dentro de las TIC, los datos de Twitter contienen información espacial y temporal precisa en forma de coordenadas donde ocurre un evento específico, permitiendo el análisis a diferentes escalas (García-Palomares et al., 2018). Los datos de fuentes como Twitter no

generan caminos espaciotemporales directamente, sino que generan una secuencia temporal de localizaciones espaciales que son usadas para construir el camino. Con estos puntos, los investigadores pueden representar caminos espacio-temporales para individuos, y usar estas trayectorias para desarrollar la localización y el tiempo de actividades (L. Yin, Shaw Shih-Lung, & Yu, 2011). Los datos georreferenciados suelen ser generados por usuarios de forma voluntaria y hay que tener en cuenta que no tienen como objetivo analizar patrones de actividades.

Sin embargo, aunque hay que tratar de forma cuidadosa la calidad de los datos, estos capturan algunos aspectos de las trayectorias espaciotemporales de los usuarios. Aunque los datos de Twitter pueden no reflejar la trayectoria detallada de un usuario en el día, ofrecen localizaciones seleccionadas del individuo sobre periodos más largos de tiempos.

Además, estos datos normalmente incluyen un gran número de usuarios para periodos relativamente largos, a coste mínimo (Q. Huang & Wong, 2015). El análisis espaciotemporal de esos datos puede revelar numerosa información oculta sobre comportamientos humanos en el espacio y tiempo, e interrelaciones con otras variables que afectan la movilidad (Keskin et al., 2014). Agrupando la información de la localización por múltiples días, los marcos de muestra temporales más largos pueden compensar la escasez espacial de la muestra en cada día, permitiendo el diseño de caminos espacio-temporales precisos (Q. Huang & Wong, 2015).

En esta comunicación, se busca indagar en el comportamiento temporal de la movilidad metropolitana y la naturaleza de las diferentes actividades desarrolladas a lo largo del día. Para este fin se propone como metodología la visualización de caminos espacio-temporales contruidos a partir de datos de Twitter, el uso de datos de usos del suelo para predecir la actividad realizada por los usuarios en unas coordenadas espaciotemporales específicas, y la combinación de visualización en 2D y 3D para obtener la máxima información posible.

Mientras ha habido trabajos previos que han creado caminos espaciotemporales o han usado Twitter como fuente de datos para analizar la movilidad, solo se ha encontrado un estudio que ha empleado Twitter para la construcción de caminos espaciotemporales (Q. Huang & Wong, 2015). Este trabajo ha querido combinar estas dos vertientes. Sin embargo, los datos de Twitter capturan tiempo y localización, pero no recogen información más detallada como la naturaleza de los eventos o actividades realizadas. Por ello, una mejora metodológica que realiza este trabajo para paliar esta desventaja es la combinación del mapeado de caminos espacio-temporales creados a partir de datos de Twitter con datos estadísticos de usos del suelo. Unir los datos de usos del suelo con la actividad recopilada por los usuarios de Twitter tiene el potencial de informar de forma profunda el modo en el que los usuarios de Twitter interactúan con el espacio.

2. ÁREA DE ESTUDIO

Esta comunicación usa como área de estudio el Área Metropolitana de Madrid durante días laborables. Dentro de la ciudad de Madrid se han escogido cuatro zonas con actividades y usos del suelo dominantes o específicos. El objetivo a la hora de escoger dichas zonas es recoger la actividad y usos del suelo de los usuarios de Twitter en días laborables a cada hora, y usar estos resultados como proxy para estudiar los usos del suelo del Área Metropolitana de Madrid a lo largo del día (Figura 1).

1. Distrito de Puente de Vallecas. – Este distrito es un espacio netamente residencial y una de las zonas más densamente pobladas de la ciudad de Madrid. Para recoger usuarios de Twitter asociados a este espacio residencial, se han seleccionado los usuarios que han tuiteado habitualmente en este distrito en horario de noche (8 PM a 9 AM), de manera que podemos pensar son usuarios residentes en dicho espacio.

2. Complejo Nuevos Ministerios-AZCA. – Situado en el eje de la Castellana (una de las arterias principales de la ciudad que conecta el centro con el sector norte), es una de las principales zonas empresariales y financieras de Madrid, con un importante número de empleos. En este caso, se han seleccionado usuarios de Twitter que han tuiteado habitualmente en esta zona en horario de mañana (8 AM a 3 PM), considerando por tanto que se trata de usuarios cuyo empleo está en esta zona.

3. Ciudad Universitaria. - Es el principal campus universitario de la ciudad, donde se concentran las principales facultades de la Universidad Complutense de Madrid, pero también de la Universidad Autónoma de Madrid y otras universidades de ámbito privado. Nuevamente la selección de usuarios de Twitter se ha realizado a partir de aquellos usuarios que han tuiteado en este espacio en horario de mañana (8 AM a 3 PM).

4. Parque del Retiro. – Uno de los principales atractivos turísticos del centro de la ciudad, además de ser una de las zonas de ocio más utilizadas y uno de los pulmones más importantes de Madrid. En este caso, los usuarios de Twitter asociados al parque son aquellos que han tuiteado habitualmente en horario de tarde y tarde-noche (4 PM a 9 PM).



- 1 Puente de Vallecas
- 2 Nuevos Ministerios-AZCA
- 3 Ciudad Universitaria
- 4 Retiro Park



Fig. 1 – Zonas de estudio a analizar dentro del municipio de Madrid.

3. DATOS Y METODOLOGÍA

La base de datos de Twitter empleada para para esta comunicación tiene un total de 2.229.253 tweets, todos ellos georreferenciados y producidos por 171.631 usuarios localizados dentro del área metropolitana de Madrid. Estos tweets fueron recogidos en un periodo de dos años (desde el 1 de junio de 2016 hasta el 31 de mayo de 2018). Cada tweet cuenta con información relativa al identificador de usuario, el nombre de usuario, coordenadas espaciales de latitud y longitud, estampa temporal de fecha y hora, idioma y los hashtags que incluye el tweet.

Una vez incorporados los datos en un SIG, se procedió a una selección general de filtros para seleccionar usuarios útiles para la investigación y eliminar lo máximo posible el sesgo y ruido de los datos: Primero se eliminaron de la base de datos tweets cuyo identificador de usuario perteneciese a cuentas bot (cuentas con más de 1000 tweets publicados y con las mismas coordenadas en todos sus tweets, o cuentas con más de 10 tweets publicados con el mismo contenido semántico en el campo de texto de los tweets). Después, se eliminaron usuarios con muy baja actividad en Twitter, borrando los tweets de usuarios que hayan publicado menos de 20 tweets en total. A continuación, se eliminaron los mensajes de aquellos usuarios con poca movilidad espacial (una distancia media menor a 50 metros en la localización de todos sus tweets), y poca movilidad temporal (usuarios que tienen todos sus mensajes concentrados en un periodo temporal de dos semanas seguidas). De esta forma, se filtran posibles visitantes o turistas, y se asegura trabajar con población residente.

Además, se añadió un filtro consistente en eliminar usuarios con un rango horario igual o menor a ocho horas, con el fin de obtener solamente usuarios que hayan estado activos en la mayor parte del día.

A continuación, se amplió la muestra de datos a partir de la descarga de los últimos mensajes publicados por cada usuario con el objetivo de aumentar la precisión espacial y temporal de los movimientos individuales. Esta ampliación permite conseguir los últimos 3.200 tweets de cada usuario. Tras este segundo proceso de descarga, se filtraron los tweets no geolocalizados y que no se hallasen en el área de estudio o durante el periodo temporal de la muestra original. De esta forma se obtuvo una base de datos final con 18923 tweets de 2706 usuarios. Para mejorar la resolución temporal de los datos de Twitter, se trabajó agregando los tweets de múltiples días laborables, con el fin de obtener localizaciones concretas suficientes en una secuencia de 24 horas y diseñar así los caminos espacio-temporales diarios de cada usuario (Q. Huang & Wong, 2015). Estos tweets ya están previamente enriquecidos con datos del uso del suelo del Catastro. Al trabajar con tweets en días laborables se pueden hallar comportamientos regulares de movilidad, mientras que la movilidad urbana en los fines de semana es más errática. A partir de las fechas de cada tweet, y trabajando con un total de 516 días laborables, se calculó el número de días que cada usuario ha twitteado en un lugar y hora determinada.

Por cada usuario, se agregó el número de hora y el identificador de la zona de transporte de cada uno de sus tweets, con el objetivo de extraer en que zonas ha publicado cada usuario un mayor número de tweets en un número determinado de hora. Sin embargo, un individuo puede tener más de una localización visitada regularmente o múltiples trayectorias de viaje. Los puntos que están relativamente lejos de otros puntos tanto espacialmente como temporalmente pueden ser resultados de actividades aleatorias. En cambio, puntos cercanos espaciotemporalmente reflejan actividades regulares (Q. Huang & Wong, 2015). En casos en los que un usuario ha tuiteado desde más de una zona en una misma franja horaria, se seleccionó la zona de transporte donde se tuiteo un mayor número de días en dicha hora.

Si la frecuencia máxima de días en una hora dada coincide en más de una zona de transporte, se seleccionó la zona teniendo como referencia las zonas en las que se había escrito con mayor frecuencia en la hora anterior y posterior a la tratada.

Esta metodología de trabajar con los datos agrupados para el conjunto de días permite conocer patrones de actividad regular de los usuarios, pero pueden incluir actividades irregulares, introduciendo ruido o incertidumbre (Q. Huang & Wong, 2015). Para calcular caminos espaciotemporales de recorrido recurrente, se han definido estancias en cada una de las franjas horarias para las localizaciones de zonas de transporte donde el usuario ha tuiteado durante un mínimo de 3 días laborables. De esta forma se descartan puntos con potencial actividad aleatoria. Entonces, se simplificó la base de datos para que solo hubiese un punto registrado por usuario, lugar, y zona de transporte. Como resultado, se han obtenido 18923 puntos con los que se puede simular el camino espacio-temporal de 2706 usuarios en el Área Metropolitana de Madrid.

A continuación, se seleccionaron las cuatro áreas de estudio con una orientación fuerte a un uso de suelo concreto en las horas más propicias para el desarrollo de determinadas actividades. El siguiente paso fue seleccionar de la base de datos los usuarios que tengan un punto dentro de cada franja temporal definida en cada zona de estudio. La Tabla 1 presenta el número de usuarios válidos para los que se han obtenido caminos espaciotemporales en las distintas zonas de estudio. Finalmente, para la representación de los recorridos espaciotemporales en 3D, se ha otorgado a cada punto un valor de altura igual al número de hora, multiplicado por un factor de exageración de 200. Con estos valores, se han construido capas de líneas para representar los caminos espaciotemporales.

Zona	Horario	Tipo	Número usuarios validos
Puente de Vallecas	Noche (8 PM a 9 AM)	Residencial	27
Nuevos Ministerios-AZCA	Mañana (8 AM a 3 PM)	Trabajo	19
Ciudad Universitaria	Mañana (8 AM a 3 PM)	Estudios	30
Parque del Retiro	Tarde (4 PM a 9 PM)	Ocio	39

Tabla 1 – Número de usuarios en cada zona de estudio.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran el comportamiento de los usuarios en distintos momentos del día acorde con las actividades principales en cada una de las zonas de estudio seleccionadas para la elaboración de este capítulo (a partir de las muestras de usuarios detalladas en la Tabla 1). La zona residencial de Puente de Vallecas muestra una

disminución gradual del porcentaje de usuarios durante la mañana, y un aumento del porcentaje a lo largo de la tarde, hasta llegar al horario de noche donde se concentran los mayores porcentajes de usuarios. Esta es una pauta característica del carácter residencial de la zona. En el área de oficinas de Nuevos Ministerios-AZCA se aprecia una mayor concentración de usuarios a lo largo de la mañana (con un pico determinado en las 2PM, fin del horario laboral por la mañana) y un fuerte descenso de usuarios por la tarde. El caso de Ciudad Universitaria es relativamente similar, aunque el porcentaje de usuarios aumenta de forma más brusca a primeras horas de la mañana y desciende más lentamente por la tarde. En el Parque del Retiro, el porcentaje de usuarios va en aumento a lo largo del día, con predominancia de usuarios en el horario de tarde. Cuando llega la noche, este porcentaje de usuarios empieza a disminuir prolongadamente (Figura 2).

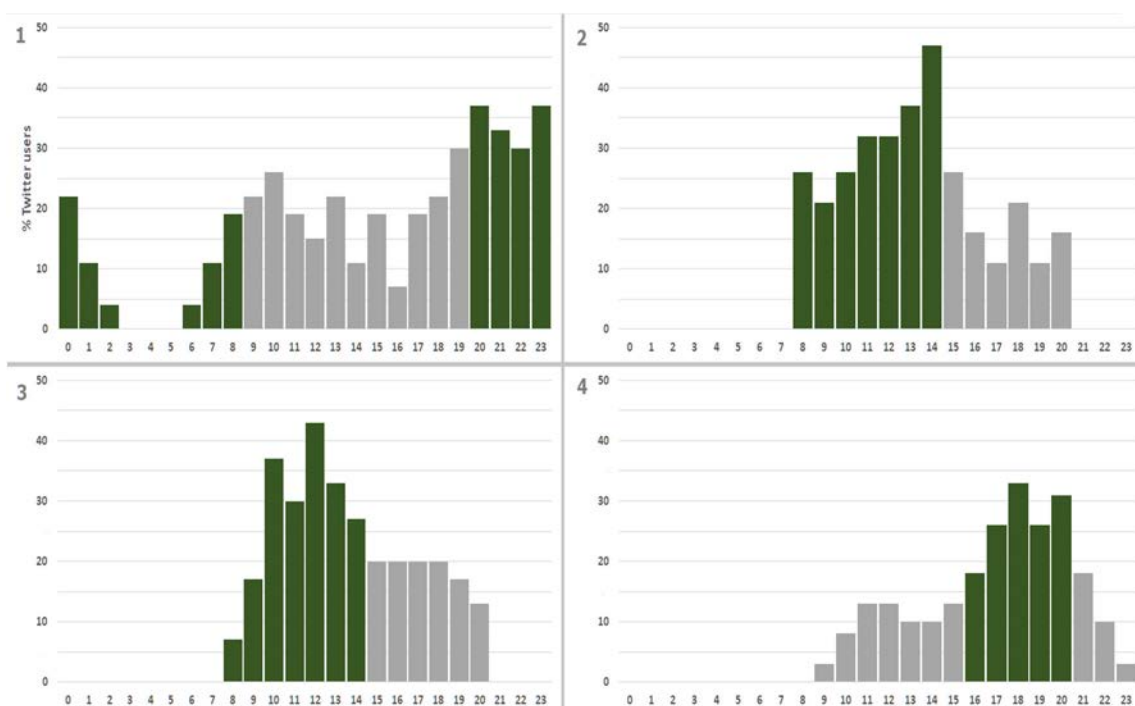


Fig. 2 – Distribución de usuarios por hora en Puente de Vallecas (1), Nuevos Ministerios-AZCA (2), Ciudad Universitaria (3), y Parque del Retiro (4).

La distribución temporal de usuarios basada en los usos del suelo, corrobora la situación observada en las zonas de estudio. En la zona de Puente de Vallecas, el principal uso del suelo, el residencial, consta de un continuo aumento a lo largo del día a partir de primera hora de la tarde hasta llegar a su máximo por la noche. Se puede observar en menor grado un constante uso comercial a lo largo del día, y un uso de hostelería en las horas de almuerzo y cena. Nuevos Ministerios-AZCA presenta un uso del suelo principal de oficinas en horario de mañana y que va descendiendo por la tarde, cuando a su vez, el uso comercial pasa a ser la principal actividad de los usuarios de la zona. También se pueden apreciar dos picos de hostelería a la hora del desayuno y almuerzo. El uso cultural es predominante en Ciudad Universitaria durante todo el día, especialmente durante la mañana y las primeras horas de la tarde. Se puede apreciar usos del suelo de oficinas e

industrial por la mañana, y uso de los espacios deportivos a últimas horas de la mañana y durante la tarde. Finalmente, el Parque del Retiro presenta sus mayores porcentajes de usos del suelo en horario de tarde, a la vez que paralelamente se da uso del suelo de hostelería (Figura 3).

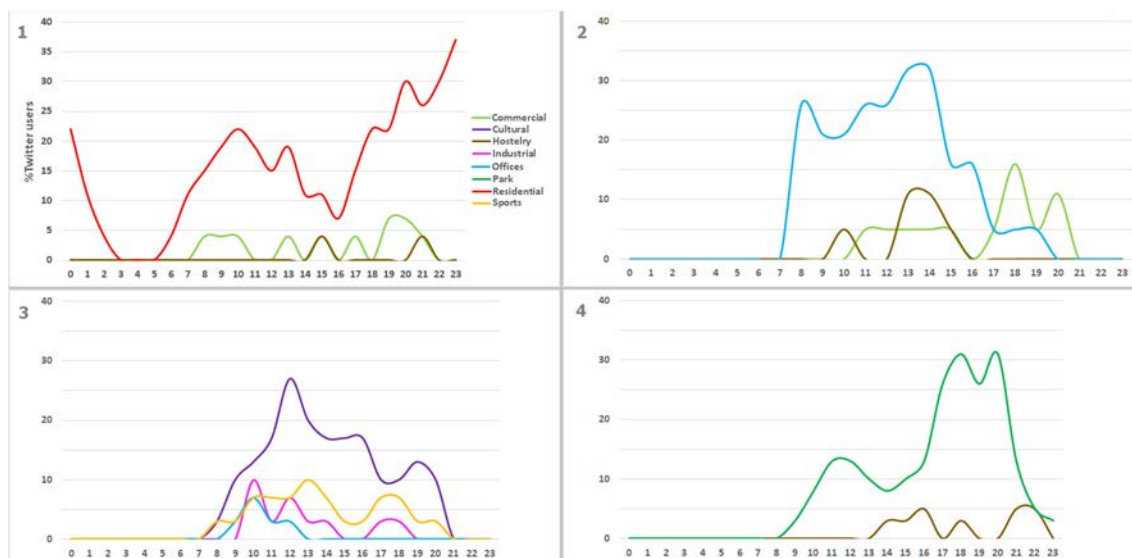


Fig. 3 – Distribución de usuarios por usos de suelo y hora en Puente de Vallecas (1), Nuevos Ministerios-AZCA (2), Ciudad Universitaria (3), y Parque del Retiro (4).

La visualización de los caminos espaciotemporales en 2D muestra los destinos de los desplazamientos para los residentes en el espacio residencial de Puente de Vallecas y los orígenes de los trabajadores en la zona de oficinas de AZCA, los estudiantes de Ciudad Universitaria o los usuarios del parque del Retiro (Figura 4). Mientras, la visualización en 3D permite contemplar los movimientos de estos usuarios a lo largo del día y su distribución temporal en las zonas de estudio (Figura 5).

En la visualización 3D se puede apreciar que los residentes detectados en Puente de Vallecas salen del barrio preferentemente a primera hora de la mañana y se desplazan principalmente a la cercana estación de trenes de Atocha, desde donde se mueven a otros puntos de la ciudad (principalmente el centro o zonas del norte de la ciudad que concentran la oferta de trabajo). También se aprecia algunos movimientos de regreso y salida entre las 2PM y las 4PM, usuarios que vuelven a la residencia a almorzar y vuelven al trabajo, y un regreso al barrio a partir de las 8PM. Paralelamente se puede apreciar un movimiento interno de usuarios que se desplazan a lo largo del día por la zona, mostrando el carácter dinámico de un distrito de población obrera que también cuenta con actividad de trabajo y ocio internos.

Mientras, la zona de oficinas de Nuevos Ministerios-AZCA recibe usuarios en horario de mañana, que provienen principalmente de las estaciones de tren de la ciudad (usuarios del área metropolitana que viajan a la zona en tren) y también del este de la ciudad o de los

municipios colindantes del norte o del oeste (caracterizados por una población empresarial con niveles altos de renta). Igualmente, se aprecia una amplia diversificación de los caminos al resto de la ciudad a lo largo del día, principalmente por la tarde (usuarios que retornan a su residencia).

Una situación similar aparece en la Ciudad Universitaria, donde destaca un número importante de caminos a partir de las estaciones de tren, que van a la universidad en horario de mañana y salen de la universidad constantemente durante la tarde. En este caso se aprecia un flujo de caminos importante que proviene principalmente de las zonas residenciales del oeste y del sur del área metropolitana, pero que cuenta con un área de influencia mayor que la zona de oficinas. Además, las horas del día en la que los estudiantes llegan a Ciudad Universitaria están más concentradas, principalmente por la mañana y a primera hora de la tarde.

En el Parque del Retiro se pueden apreciar movimientos en la zona durante todo el día provenientes principalmente de espacios próximos en norte y el este de la ciudad y con mayor frecuencia en horario de tarde. La visualización en 2D muestra un área de influencia de sus visitantes mucho más pequeña en comparación con las dos zonas anteriores de trabajo y estudios, e indica un desplazamiento de ciudadanos principalmente del propio municipio de Madrid debido a su carácter temático y recreacional.

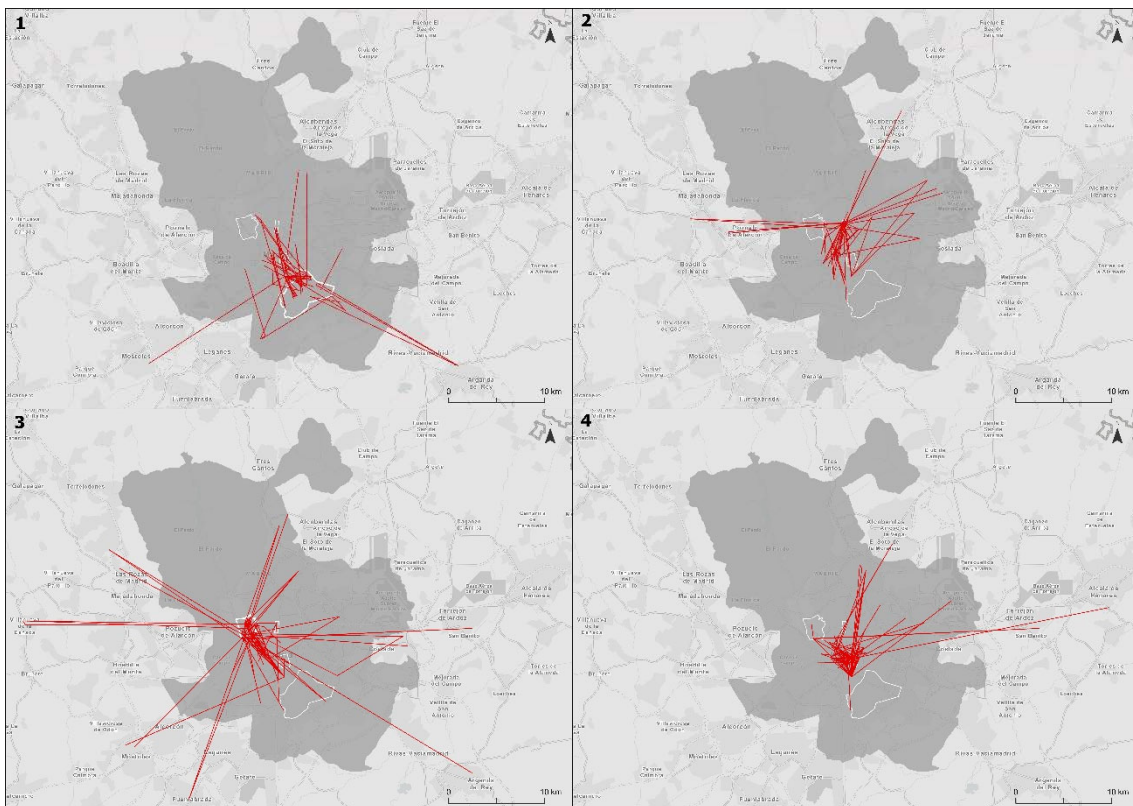


Fig. 4 – Caminos espaciotemporales a lo largo del día (2D) en Puente de Vallecas (1), Nuevos Ministerios-AZCA (2), Ciudad Universitaria (3), y Parque del Retiro (4).

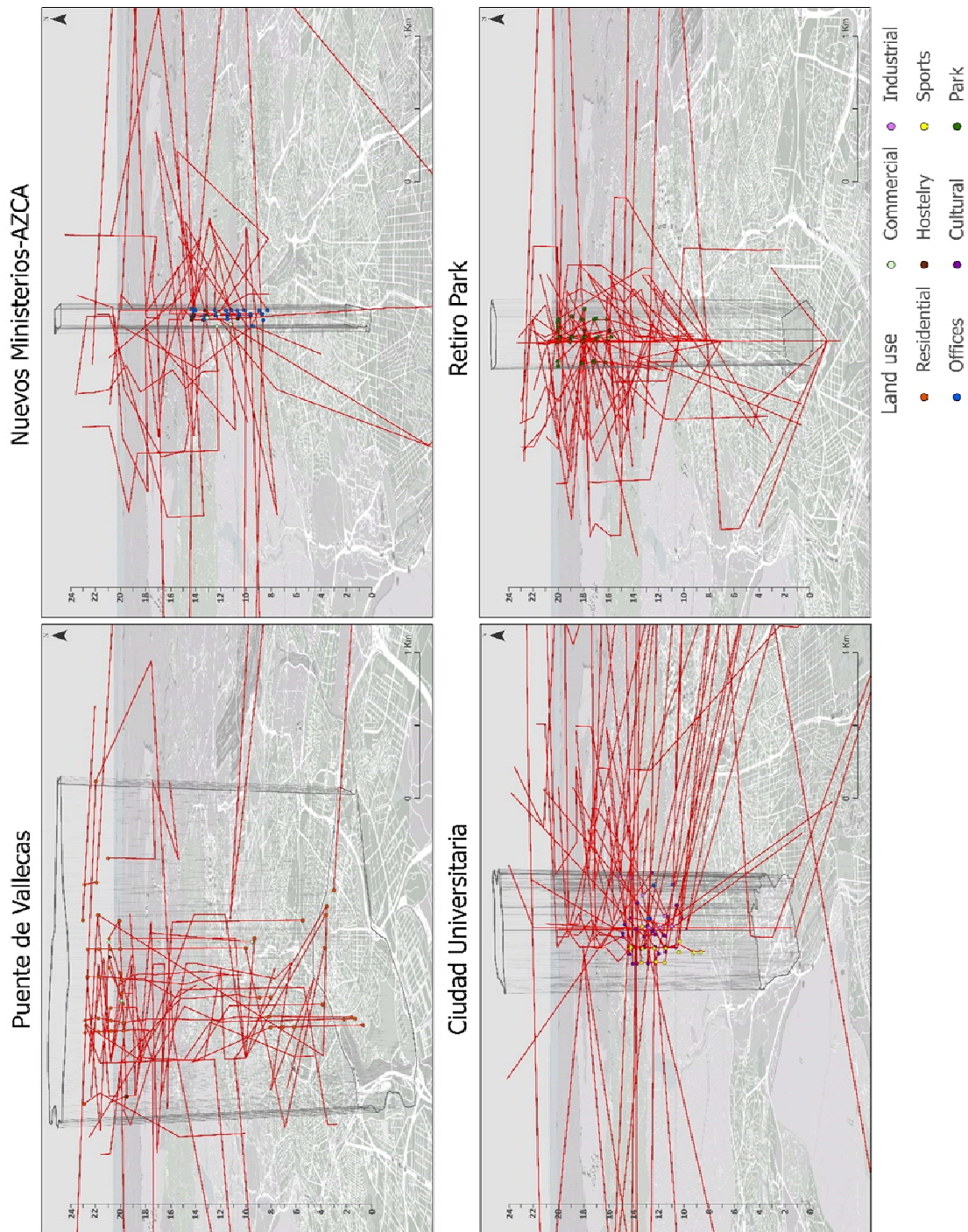


Fig. 5 – Caminos espaciotemporales a lo largo del día (3D).

4. CONCLUSIONES

La evolución en los últimos años de los SIG para el análisis y computación de datos, aunada con la aparición de nuevas fuentes de datos basadas en las TIC, han propiciado una nueva etapa en la Geografía del Tiempo. Una de las herramientas más empleadas en este campo es el camino espacio-temporal diseñado por Hägerstrand. Este tipo de análisis estaba limitado tradicionalmente por la disponibilidad de datos. Sin embargo, los datos

procedentes de telefonía móvil o de redes sociales geolocalizadas, permiten hoy el procesado de caminos espaciotemporales con una alta resolución espacial y temporal.

En esta tesis se ha buscado indagar en las oportunidades de los datos de Twitter y las herramientas y visualizaciones necesarias para conocer la movilidad temporal de usuarios de distintos tipos de espacios urbanos.

De forma general se ha podido apreciar que los ciudadanos se desplazan a las áreas especializadas en trabajo por la mañana y regresan a sus residencias a lo largo de la tarde.

La distribución de los usos del suelo por hora concuerda con la visualización de la distribución de los usuarios de Twitter en el área de estudio, pudiéndose apreciar usuarios principalmente en usos de suelo relacionados con oficinas y estaciones de transporte por la mañana, y un número en aumento en parcelas residenciales a lo largo de la tarde.

Algunas limitaciones tradicionales de la geografía del tiempo consisten en que habitualmente, las vidas diarias presentan varias rutas o actividades, que, aunque ocurren en ciertas localizaciones primarias, pueden ocasionalmente ser conducidas en localizaciones alternativas. Igualmente, un individuo puede no realizar las mismas actividades en los mismos tiempos todos los días, o puede ir a un mismo sitio siguiendo una ruta alternativa (Q. Huang & Wong, 2015). El uso de filtros en datos de Twitter en función al número de días en los que un usuario ha estado en unas coordenadas espaciales y temporales puede ayudar a paliar estas limitaciones eliminando puntos aleatorios, y mostrando los puntos adecuados para realizar un camino espacio-temporal preciso y concurrente.

La cartografía tanto en 2D como en 3D realizada permite mostrar la utilidad del uso de Twitter como alternativa para la construcción de caminos espaciotemporales. Los datos de Twitter tienen la ventaja de una alta resolución espacial, en forma de coordenadas (x, y) a diferencia de los datos de telefonía, y la posibilidad de obtener datos a un coste bajo. Además, estos datos pueden enriquecerse con datos complementarios, como los usos de suelo del Catastro para poder estudiar la actividad principal de los usuarios en las distintas zonas de estudio a determinadas horas.

Sin embargo, este trabajo ha tenido algunos retos y limitaciones a tener en cuenta. El principal problema encontrado ha sido la baja muestra de usuarios en cada zona de estudio.

Este problema se debe principalmente al sesgo de la red social y a la poca cantidad de usuarios de Twitter que activan la opción de geolocalizar sus tweets. Otro desafío consiste en que habitualmente, las actividades diarias de la población se realizan en unas pocas localizaciones habituales (casa, trabajo, etc.), pero ocasionalmente pueden realizarse en localizaciones alternativas. Igualmente, un individuo puede no realizar una misma

actividad en distintos tiempos según los días, o puede ir a un mismo sitio siguiendo una ruta alternativa (Q. Huang & Wong, 2015).

El uso de filtros en datos en función del número de días en los que un usuario ha estado en unas coordenadas espaciales y temporales puede ayudar a paliar estas limitaciones eliminando puntos aleatorios.

Un aumento del periodo temporal de la muestra permitiría recopilar más usuarios o caminos espaciotemporales más precisos, al disponer de mayor cantidad de localizaciones. Sin embargo, el aumento de la muestra también conlleva un mayor riesgo de obtener puntos aleatorios. Precisamente, otra mejora puede ser aumentar el número de días máximos en los que un usuario haya twitteado en un lugar a una hora para disminuir la probabilidad de tener puntos aleatorios, permitiendo el aumento de la muestra incrementar el filtro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación del Minsiterio de Educación, Cultura y Deporte (Programa FPUAP2015- 0147), y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) (Proyecto DynMobility, RTI2018-098402-B-I00).

REFERENCIAS

CHEN, J., SHAW, S.-L., YU, H., LU, F., CHAI, Y., & JIA, Q. (2011). Exploratory data analysis of activity diary data: a space–time GIS approach. *Journal of Transport Geography*, 19(3), 394–404.

GARCÍA-PALOMARES, J. C., SALAS-OLMEDO, M. H., MOYA-GÓMEZ, B., CONDEÇO-MELHORADO, A., & GUTIÉRREZ, J. (2018). City dynamics through Twitter: Relationships between land use and spatiotemporal demographics. *Cities*, 72, 310–319

KESKIN, M., ÇELIK, B., DOĞRU, A. Ö., & PAKDIL, M. E. (2014). A Comparison of Space-Time 2D and 3D Geovisualization. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/281643999>

HÄGERSTRAAND, T. (1970). What about people in regional science? *Papers in Regional Science*, 24(1), 7–24

HUANG, Q., & WONG, D. W. S. (2015). Modeling and Visualizing Regular Human Mobility Patterns with Uncertainty: An Example Using Twitter Data. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(6), 1179–1197.

- MILLER, H. J. (1991). Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5(3), 287–301.
- MILLER, H. J. (2005). Necessary space - Time conditions for human interaction. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(3), 381–401.
- MILLER, H. J. (2017). Time Geography and Space-Time Prism. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, 1–19.
- NEUTENS, T., VAN DE WEGHE, N., WITLOX, F., & DE MAEYER, P. (2008). A three-dimensional network-based space - Time prism. *Journal of Geographical Systems*, 10(1), 89–107
- REN, F., & KWAN, M.-P. (2007). Geovisualization of Human Hybrid Activity-Travel Patterns. *Transactions in GIS*, 11(5), 721–744.
- SCHWANEN, T., & KWAN, M. P. (2008). The Internet, mobile phone and space-time constraints. *Geoforum*, 39(3), 1362–1377.
- SHAW, S. L., YU, H., & BOMBOM, L. S. (2008). A space-time GIS approach to exploring large individual-based spatiotemporal datasets. *Transactions in GIS*, 12(4), 425–441.
- YIN, L., SHAW SHIH-LUNG, S. L., & YU, H. (2011). Potential effects of ICT on face-to-face meeting opportunities: A GIS-based time-geographic approach. *Journal of Transport Geography*, 19(3), 422–433.