



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**“MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE: ANÁLISIS DEL SISTEMA DE
BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE VALENCIA”**

TESIS DOCTORAL
PROGRAMA DE DOCTORADO 3172
DPTO. EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE

Presentado por el estudiante:

Rudi Hermann Seifert García

Dirigido por los profesores/as:

Dra. María Teresa Pellicer Chenoll

Dr. Luis-Millán González Moreno

VALENCIA, JUNIO DE 2023

Dra. Maria Teresa Pellicer Chenoll, Profesora del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Facultad Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Valencia.

Dr. Luis Millán González Moreno, Profesor del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Facultad Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Valencia.

HACEN CONSTAR:

Que el presente trabajo, titulado:

"Movilidad urbana sostenible: análisis del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia"

ha sido realizado bajo su dirección por Rudi Hermann Seifert García para la obtención del título de Doctor por la Universidad de Valencia.

Habiendo concluido, y reuniendo las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación para que pueda ser defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expiden el presente documento en Valencia, 12 de junio de 2023.

PELLICER
CHENOLL
MARIA
TERESA -
20479969X

Firmado
digitalmente por
PELLICER CHENOLL
MARIA TERESA -
20479969X
Fecha: 2023.06.15
10:03:20 +02'00'

Firmado: Maria Teresa Pellicer Chenoll

LUIS
MILLAN|
GONZALEZ
|MORENO

Firmado
digitalmente por
LUIS MILLAN|
GONZALEZ|
MORENO
Fecha: 2023.06.15
09:58:16 +02'00'

Firmado: Luis Millán González Moreno

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mis directores de tesis, Dra. Maite Pellicer y Dr. Luis Millán González, por su constante apoyo, consejos y contribuciones. Por su confianza, paciencia, amistad y preocupación durante todos estos años hacia mí y mi familia.

A mi compañera María José y a nuestros hijos André y Rudi, a quienes admiro y agradezco tenerles a mi lado, por ser el soporte emocional y fuente de inspiración para seguir adelante en cada paso que damos juntos.

A mi madre y familia, por haber hecho todo lo posible para que pudiésemos educarnos y crecer con afecto. A Keka y Beto, por el cariño y la oportunidad que nos dieron para crecer como familia.

Agradezco al Estado de Chile, particularmente a la Universidad de Antofagasta y a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), instituciones que han colaborado considerablemente en mi formación y proyección académica.

Por último, reseñar que algunas partes del presente trabajo han sido financiadas bajo una ayuda de la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital (PROMETEO/2021/026) de la Comunidad Valenciana.

ÍNDICE

PREÁMBULO	15
CAPÍTULO I. ESTUDIO LONGITUDINAL DE LOS MOVIMIENTOS GENERADOS POR LOS USUARIOS DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE VALENCIA.....	27
I.1. INTRODUCCIÓN	29
I.2. MARCO TEÓRICO	31
I.2.1. El uso de la bicicleta como medio de transporte	31
I.2.2. Evolución y uso del sistema de bicicletas compartidas.....	34
I.2.3. Climatología y horas del día como factores que influyen en la práctica de actividad física	37
I.2.4. Estudios sobre el uso del sistema de bicicletas compartidas desde un punto de vista de la climatología y temporalidad	40
I.2.5. Objetivos.....	43
I.3. METODOLOGÍA.....	45
I.3.1. Diseño y procedimiento general	45
I.3.2. Área de estudio y descripción de la base de datos	46
I.3.3. Análisis de datos	51
I.3.4. Análisis estadístico.....	55
I.4. RESULTADOS	56
I.4.1. Análisis descriptivo de los movimientos y redes generadas	57
I.4.1.1. Análisis de los movimientos producidos y la red generada durante las diferentes fases del día: mañana, tarde y noche.....	57
I.4.1.2. Análisis de los movimientos producidos y la red generada durante las diferentes fases de la semana: entresemana y fin de semana.....	63
I.4.1.3. Análisis de los movimientos producidos y red generada durante las diferentes estaciones del año.....	67
I.4.2. Diferencias de medias en función de la hora del día, momento de la semana y estaciones del año.....	72
I.4.2.1. Hora del día.....	72

I.4.2.2. Momento de la semana	74
I.4.2.3. Estación del año	75
I.4.3. La climatología y el uso de Valenbisi	77
I.5. DISCUSIÓN	83
I.6. CONCLUSIONES	91
CAPÍTULO II. DIFERENCIAS DE GÉNERO EN EL USO DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE VALENCIA	93
II.1. INTRODUCCIÓN	95
II.2. MARCO TEÓRICO	97
II.2.1. Sistema de bicicletas compartidas y su contribución al desarrollo social	97
II.2.2. Sistema de bicicletas compartidas y género	101
II.2.3. Factores que influyen en los patrones de uso del SBC en función del género.....	105
II.2.4. Objetivos.....	107
II.3. METODOLOGÍA.....	108
II.3.1. Área de estudio y datos	108
II.3.2. Procesamiento de datos	111
II.3.3. Análisis de los desplazamientos realizados durante el día	112
II.3.4. Construcción y análisis de los grafos dirigidos (redes de usuarios)	112
II.3.5. Análisis espacial a través de polígonos de Voronoi.....	114
II.3.6. Análisis Estadístico.....	115
II.4. RESULTADOS	116
II.4.1. Valores de uso generales.....	116
II.4.2. Viajes en bicicleta en un día laborable y franjas horarias diarias	116
II.4.3. Redes de movimientos	117
II.4.4. Ocupación del espacio en función de las franjas horarias	119
II.5. DISCUSIÓN	121
II.6. CONCLUSIONES	126
CAPÍTULO III. ESTUDIO DE LOS PATRONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS Y USUARIAS DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE VALENCIA, “VALENBISI”, PRE Y POST COVID-19	127

III.1. INTRODUCCIÓN	129
III.2. MARCO TEÓRICO	131
III.2.1. Sistema de bicicletas compartidas durante la pandemia del COVID-19	131
III.2.2. Objetivos.....	134
III.3. METODOLOGÍA.....	136
III.3.1. Área de estudio e impacto de la pandemia.....	136
III.3.2. Base de datos y cálculo de parámetros.....	138
III.3.3. Mapas auto-organizados (SOM)	142
III.3.4. Análisis estadístico.....	147
III.4. RESULTADOS	148
III.4.1. Datos generales sobre desplazamientos y días en bicicleta antes y después del brote de COVID-19	148
III.4.2. Clasificación de los sujetos a través de mapas auto-organizados.....	149
III.4.3. Cambios en el comportamiento de uso	151
III.4.4. Diferencias de medias entre los grupos de personas que permanecieron en el mismo clúster y los que lo abandonaron	153
III.5. DISCUSIÓN	156
III.6. CONCLUSIONES	160
REFLEXIONES FINALES	163
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
ANEXOS	187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Ejemplo de un registro de un usuario del servicio	50
Tabla I.2. Ejemplo de un registro de movimiento de un usuario.....	50
Tabla I.3. Resumen de los tres nodos más importantes en cada franja horaria según el parámetro de centralidad analizado	58
Tabla I.4. Conexiones más importantes en los diferentes momentos del día.....	62
Tabla I.5. Resumen de los tres nodos más importantes en cada momento de la semana según el parámetro de centralidad analizado.....	66
Tabla I.6. Conexiones más importantes en los diferentes momentos de la semana	66
Tabla I.7. Resumen de los tres nodos más importantes en cada estación del año según el parámetro de centralidad analizado	70
Tabla I.8. Conexiones más importantes en las diferentes estaciones del año	72
Tabla I.9. Comparación entre el momento del día de los parámetros de centralidad analizados.....	73
Tabla I.10. Comparación entre el momento de la semana de los parámetros de centralidad analizados.....	75
Tabla I.11. Comparación entre las estaciones de los parámetros de centralidad analizados.....	76
Tabla I.12. Estadísticos descriptivos de los factores climático de los días analizados en el estudio	80
Tabla II.1. Diferencias de género en el número de viajes según franjas horarias diarias	117
Tabla III.1. Diferencias de medias en las variables calculadas entre los grupos de usuarios que permanecieron en el mismo clúster (REMAIN) o cambiaron de clúster (LEAVE) en los dos años testados.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura P1. Draisienne, antepasado de la bicicleta, inventado en 1816 por el Barón Karl von Drais (1785-1851).....	18
Figura P2. La bicileta como vehiculo del empoderamiento de la mujer (Tomada de National Geographic)	20
Figura I.1. Geolocalización de la ciudad de Valencia en España	46
Figura I.2. Plano de la ciudad de Valencia realizado en 1704	47
Figura I.3. Mapa de la infraestructura básica de la ciudad de Valencia	49
Figura I.4. Ejemplo de matriz de adyacencia y grafo resultante.....	54
Figura I.5. Redes de movimiento entre nodos de la red resultante de los movimientos de un año	56
Figura I.6. Dinámica de los movimientos a lo largo del día.....	58
Figura I.7. Redes de movimiento entre nodos en las tres franjas horarias de un día	59
Figura I.8. Fotografía de la estación 17, ESTACION RENFE I, localizada en la Calle de Játiva, 24, 46002 Valencia (tomada de Google Maps).....	60
Figura I.9. Fotografía de la estación 96, AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6, localizada en la Avenida Blasco Ibáñez 6, 46021 Valencia (tomada de Google Maps)	61
Figura I.10. Fotografía de la ubicación estación 23, GRAN VÍA FERNANDO EL CATÓLICO, localizada en la Calle Erudito Orellana, 2, 46008 Valencia (modificada de Google Maps)	61
Figura I.11. Conexión más importante en la franja horaria de tarde (modificada de Google Maps)	63
Figura I.12. Dinámica de los movimientos en un día promedio entresemana y fin de semana	64
Figura I.13. Redes de movimiento entre nodos entresemana y fin de semana	65
Figura I.14. Conexiones más importantes día promedio entresemana (modificada de Google Maps)	67
Figura I.15. Dinámica de los movimientos en las diferentes estaciones del año	68
Figura I.16. Redes de movimiento entre nodos en las diferentes estaciones del año.....	69
Figura I.17. Nodos con mayor intermediación en las diferentes estaciones del año (modificada de Google Maps)	71

Figura I.18. Factor de intermediación entre semana y fin de semana	74
Figura I.19. Promedio de movimiento en función de la estación	76
Figura I.20. Comportamiento de la temperatura, humedad y viento del periodo analizado	79
Figura I.21. Comportamiento del parámetro NET (<i>Net effective temperature</i>) del periodo analizado.....	80
Figura I.22. Movimientos totales día y la temperatura promedio/día temporada 2017-2018	81
Figura I.23. Curva de ajuste de los movimientos totales día en relación con la temperatura promedio /día temporada 2017-2018.....	82
Figura II.1. Mapa de la zona estudiada	109
Figura II.2. Distribución por grupos de edad de la población de Valencia y de los usuarios del SBC	111
Figura II.3. Dinámica de viajes por género en días entre semana	116
Figura II.4. Redes de movimiento de hombres y mujeres, y su comparación por grado de similitud.....	118
Figura II.5. Espacios de Voronoi utilizados por hombres y mujeres a lo largo del día según zona a la que pertenecen.....	119
Figura III.1. Flujo de trabajo del estudio y las distintas fases del análisis realizado	136
Figura III.2. Distribución por sexo y edad de los usuarios del SBC (n=4,355)	139
Figura III.3. Diagrama de flujo del algoritmo SOM no supervisado	145
Figure III.4. Evolución del índice de Davies-Bouldin en función del número de conglomerados (k-means).....	146
Figura III.5. Incidencia de la COVID-19 y movilidad en la ciudad de Valencia en 2020.....	149
Figura III.6. Mapa de golpes, número de usuarios por clúster y etiquetas (n=8.710)	150
Figura III.7. Planos componentes de las variables analizadas.....	151
Figura III.8. Ejemplo de cambios en el clúster C5 durante 2020.....	152
Figura III.9. Residentes y emigrantes de diferentes clústeres tras el recrudescimiento de la pandemia COVID-19	153

PREÁMBULO

En las últimas décadas, el crecimiento del transporte urbano junto con la demanda de los servicios de movilidad de la población, han sido identificados como parte del proceso del desarrollo de las sociedades modernas. La forma en que las personas se trasladan a lo largo y ancho de sus ciudades, es el resultado de factores personales, ambientales, sociales y económicos. Parece, que el aumento del uso de transportes urbanos activos genera una mejora en la calidad de vida de la población. En consecuencia, el estudio de nuevas formas de planificación, organización y convivencia de la movilidad urbana es una prioridad en el desarrollo urbanístico de nuestras conurbaciones.

En ese contexto, los sistemas de transporte inteligentes y sostenibles juegan un rol clave en el desarrollo de las urbes del futuro. Los entornos metropolitanos son un lugar privilegiado del desarrollo económico, social y cultural, fundamentalmente debido a que el potencial de las ciudades, es el resultado de la combinación de tres elementos: la accesibilidad, entendida como la capacidad de acceder y trasladarse de un sitio a otro, la densidad de actividades al servicio de las personas (empleos, viviendas, servicios, etc.); y la concentración de estas actividades en determinadas zonas que cumplen una función específica, como pueden ser los centros de formación (colegios, institutos y universidades), los centros destinados al comercio, sitios de recreación y ocio, zonas destinadas al desempeño laboral (oficinas, polígonos empresariales, etc.).

La movilidad sostenible se ha convertido en una preocupación para los gobiernos de diversas partes del mundo, quienes pretenden sensibilizar a la población sobre la importancia que supone para su progreso como país, la adopción de medidas que respondan al desafío que plantea el desarrollo urbano. Los avances en tecnología vial y los distintos estudios e investigaciones sobre el transporte sostenible, han dado lugar al desarrollo y posterior fortalecimiento del sistema de transporte público, entre ellos, el no motorizado y compartido.

La bicicleta, entendida como un medio de transporte cotidiano y saludable, ha generado un cambio de mentalidad y de hábitos de los ciudadanos debido a las ventajas que ofrece y a la gran cantidad de inversión que en los últimos años se ha realizado tanto en infraestructuras

como en la instalación de sistemas de bicicletas compartidas en las ciudades. Todo ello le otorga una mayor visibilidad a la bicicleta urbana.

La bicicleta como medio de transporte

Parte del éxito del ser humano en su subsistencia como especie, ha estado ligada a su capacidad de trasladarse de un lugar a otro y a su capacidad de adaptación al entorno. Para ello ha desarrollado diferentes tecnologías que le han apoyado a lo largo de su historia. En su proceso de desarrollo socioeconómico, la humanidad, ha estado guiada por los avances en materia de investigación y aplicación de políticas que invitan a discutir y a pensar en nuevos sistemas de transporte idóneos que ofrezcan soluciones viables, económicas y eficientes. Sin embargo, no todas las soluciones son adecuadas y cumplen estos requisitos. El uso masivo de medios de transporte basados en combustibles fósiles, ha provocado un número elevado de efectos negativos, entre los cuales destaca el aumento del efecto invernadero que producen los gases que se desprenden de la combustión. Generando una gran preocupación en los representantes de las comunidades a nivel político, que son finalmente quienes deben legislar sobre el aumento desmedido del uso de estos medios de transporte.

En este replanteamiento de criterios, existen algunos condicionantes de primer orden como son los aspectos ambientales y de salud (1). En ese contexto, uno de los desafíos ambientales más importantes de estos tiempos, es la reducción del comportamiento individual de la movilidad. El creciente proceso de motorización y privatización de los medios de transporte y las carreteras, ha tenido una significativa incidencia en los patrones tanto en la movilidad de las personas como en la calidad de vida de las mismas, como por ejemplo, el uso desmesurado del transporte motorizado que, si bien es una alternativa de traslado por las ventajas que otorga como la flexibilidad, el confort y la privacidad en el trayecto, ha generado por consecuencia graves problemas ambientales y sociales como los altos niveles de polución, la escasez de paseos peatonales, de áreas verdes y la congestión vehicular que se observa en los centros urbanos.

Así pues, el uso de la bicicleta como medio de transporte en las ciudades, plantea justamente una alternativa que revierte y mejora los factores condicionantes, en la misma línea que otras iniciativas e ideas que impulsan el posicionamiento del modelo vial y urbano, como el fortalecimiento del transporte público, el fomento del transporte motorizado no contaminante, la promoción del transporte no motorizado y el aumento de infraestructura para el transporte sostenible que incluya el aprovechamiento de áreas verdes y priorice el uso del espacio público. Además, la bicicleta ofrece efectos muy positivos para el individuo, ya que incentiva la práctica de actividad física, lo que es beneficioso para su salud.

Por otro lado, el uso de la bicicleta en comparación con otros medios de transporte tradicional también tiene algunas desventajas, como la comodidad en el trayecto, la exposición a las condiciones climáticas y la dependencia de una cierta condición física relacionada con el esfuerzo que hay que realizar al momento de utilizarla (2).

Este preámbulo pretende, antes de presentar los resultados de los tres estudios realizados, referirse a algunos antecedentes históricos que dan a conocer la evolución de la bicicleta como medio de transporte, su impacto en el desarrollo de la sociedad, y su rol desde su creación hasta la actualidad.

Suele suceder que muchas veces los inventos más sencillos son los más revolucionarios y los que mayor impacto tienen en la vida de las personas. En realidad, no es posible atribuir este invento (i.e. el de la bicicleta) a un solo individuo, ya que ha sido producto de un trabajo incansable de varias personas ingeniosas que han visto en este medio de transporte un instrumento de evolución constante.

La bicicleta es un sistema que se desarrolla durante el siglo XIX, tiempos en los que el vapor muestra su eficacia en arrastre de masas a través de un sistema capaz de transformar la energía térmica en mecánica, utilizada también para traslados de personas y cargas. Sin embargo, en 1817, el ingeniero alemán Karl Von Drais dio origen a lo que él llamó “la máquina corredora”, más tarde conocida como “Draisienne”, una máquina formada por dos ruedas unidas mediante una barra (ver figura P1), mecanismo que difícilmente podría imaginar que en el tiempo cambiaría la manera de movilizarse de millones de personas en todo el mundo.

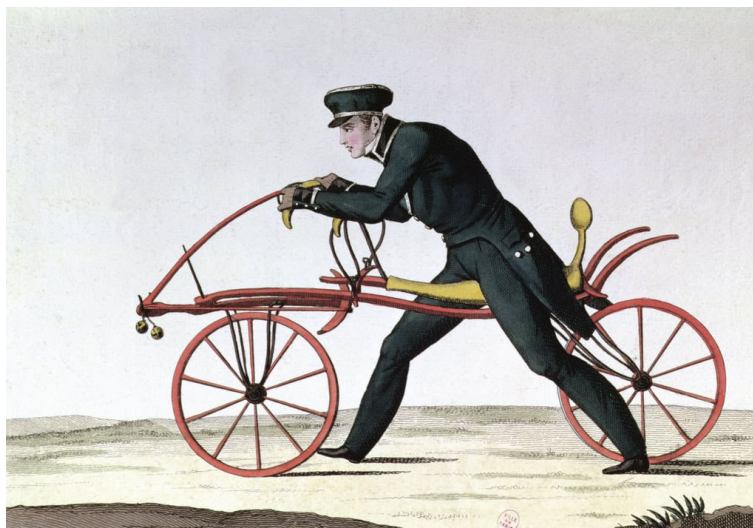


Figura P1. Draisienne, antepasado de la bicicleta, inventado en 1816 por el Barón Karl von Drais (1785-1851)

En aquel entonces la Draisienne era más un patinete impulsado por los pies que una bicicleta propiamente tal como las que conocemos hoy en día. Una máquina inspirada en un velocípedo primitivo denominado celerífero, ideado veinte años antes (1790) por el francés Mede de Sivrac, y al que Von Drais le agregó un manillar, causando un gran impacto en las clases acomodadas de Francia, Alemania e Inglaterra (3). A partir de aquel momento, fueron muchos los que se aventuraron poco a poco a perfeccionar aquel primitivo diseño de bicicleta. A finales de la década de los treinta del siglo XIX (1837-1839), el escocés Kirkpatrick Macmillan implantó una importante mejora en el velocípedo de Drais, dotándolo de pedales cuyo empuje y tracción conseguían que la rueda trasera girase. Por otro lado, Pierre Michaux y su hijo Ernest (1861), incorporaron tanto la tracción de pedales en la rueda delantera, cuyo tamaño era mucho más grande que la rueda trasera, como también un sistema de frenos que se basaba en situar una placa de hierro que se activaba desde el manillar con una palanca, provocando la fricción entre el hierro de la rueda y el hierro de la placa de freno generando chispas. A esta bicicleta se la denominó la “Michaulina” (4).

En la década de los 60 del siglo XIX, aparece el velocípedo de Pierre Lallement, un fabricante de carritos para bebés, que patentó la primera bicicleta a pedales, conocida popularmente como “quebrantahuesos”, por los efectos que causaba la incomodidad en su uso a la hora de trasladarse; y porque además al no contar con neumáticos ni amortiguadores, su utilización suponía un gran reto, principalmente en las carreteras duras y empedradas de la época.

A finales de los 60 (1867-1869) del mismo siglo, Robert William Thompson, compatriota de Macmillan sustituye las ruedas de madera por neumáticos hinchables que combinaban cuero y goma, neumáticos que tiempo después fueron mejorados por el escocés John Boyd Dunlop (1888) quien les añadió una cámara de aire. Años más tarde (1885), el concepto de bicicleta fue perfeccionada por el inglés Kemp Starley, quien dio finalmente forma a la conocida popularmente como “bicicleta de seguridad” (que en 1876 ya había sido diseñada por el inglés Harry Lawson), una bicicleta modelo Rover, entre cuyas características constaba la tracción trasera, la incorporación de frenos y cambios de velocidades y dos ruedas de tamaño similar que la hacía mucho más estable que diseños anteriores de ruedas altas (5). A comienzos del siglo XX la bicicleta ya había alcanzado su edad adulta y se había consolidado como un medio de movilización de masas, entre las mujeres, por ejemplo, que vieron en la bicicleta un símbolo de libertad de movimiento e independencia (figura P2). También las agrupaciones militares vieron el potencial de la bicicleta y en tiempos de guerra la utilizaron para realizar labores de transporte y vigilancia ya que era un medio de transporte silencioso y ágil (6). La bicicleta en el siglo XX, se convirtió en el modo de transporte de uso diario de la clase trabajadora, además de ser un medio destinado a la práctica deportiva y recreativa, y una forma de hacer frente al predominio del transporte motorizado.

En términos cuantitativos, el 54 % de la población mundial vive en zonas urbanas y se calcula que para el año 2050, el porcentaje de habitantes en zonas urbanas alcanzará el 66 % (7), lo que equivale a dos tercios de la población mundial. Al mismo tiempo, la cantidad de personas que viaja diariamente representa uno de los grandes problemas de sostenibilidad actualmente (8), y aunque existen formas sostenibles de viajar, como trasladarse en medios con menor emisión de gases o en transportes eléctricos, los esfuerzos por generar sociedades sostenibles son insuficientes. En ese contexto, sigue siendo fundamental identificar estrategias y diseñar soluciones que promuevan la movilidad sostenible (9), como por ejemplo, evitar el uso masivo del automóvil particular pero a su vez evitar sobrecargas del transporte público. Precisamente estas estrategias que se han expandido significativamente con el paso de los años, han centrado en reconocer a la bicicleta como un medio de transporte sostenible (10).



Figura P2. La bicileta como vehiculo del empoderamiento de la mujer (Tomada de National Geographic)

Del mismo modo, soluciones como la creación de sistemas de transporte sostenible que satisfagan las necesidades de las personas de manera equitativa y fomenten hábitos de vida saludable y a su vez cuidados por el medio ambiente, requiere al menos la posibilidad de reformular según las prioridades, la planificación urbana de las ciudades. Fortalecer el transporte público, la red ciclista, el espacio público y facilitar opciones de trayecto seguro a los peatones, permite construir un sistema de transporte amplio y equilibrado.

En ese sentido, la bicicleta como medio de transporte tiene un gran rendimiento, es simple, segura y eficaz. La bicicleta no es solo un medio de transporte rápido, económico, saludable, amigable y respetuoso con el medio ambiente, sino que además contribuye a la interacción e inclusión social, dado a que al igual que el transporte público, se considera como la clave para reducir la desigualdad de movilidad que experimentan las personas para llegar a su destino y

acceder a algunos servicios, reduciendo el tiempo de viaje en trayectos de corta distancia y el coste del servicio. Además, en cuanto al espacio que utilizan para el traslado de personas, la bicicleta puede trasladar a 1.500 personas a una velocidad entre los 10 y 14 km/h, mientras el automóvil puede desplazar en un metro de calle entre 120 y 220 personas a una velocidad entre los 15 y 25 km/h (11), lo que evidencia el poco espacio que requiere la bicicleta para trasladar a una mayor cantidad de personas.

En cuanto al espacio donde se desenvuelve la bicicleta, existen muchos estudios que datan sobre la relación positiva que existe entre la mejora de la infraestructura ciclista y el aumento del interés por parte de las instituciones por considerar a la bicicleta como su medio de transporte prioritario, la percepción de seguridad y comodidad en el trayecto por parte de los usuarios (12–16). Lo que es evidente, es que los ciudadanos perciben que los carriles para bicicletas no solo apoyan a los usuarios de bicicletas, si no que a su vez estimulan a que más personas quieran usarla y se adapten a los usuarios que se movilizan en otros medios de transporte alternativo, lo que ayuda y contribuye a garantizar un entorno más seguro para los peatones, más habitable y a reducir la dependencia de las personas con el automóvil.

Del mismo modo, mejorar la infraestructura ciclista tendría mayor implicación para las personas que viven marginadas en la periferia de las ciudades y con menos opciones de transporte (17), por lo que desde ese punto de vista, el uso de la bicicleta como medio de transporte también contribuye a promover la equidad de los servicios de traslado.

Ante el gran aumento de la población, los problemas que genera el incremento desmesurado de coches en las ciudades, los altos índices de contaminación y los problemas para la salud que conlleva, generaron que los gobiernos implementaran en muchas ciudades del mundo los sistemas de bicicleta pública. Estos servicios constituyen una innovación para la movilidad cotidiana de las personas, sin las molestias derivadas del riesgo de robo de la bicicleta, el mantenimiento de esta y la búsqueda de un sitio para aparcarla. Es así como tanto la bicicleta como el sistema de bicicleta pública instalada en las ciudades, se transforma en una importante herramienta de marketing y un gran agente de cambio, impactando a las 6 dimensiones de la oferta de un medio de movilidad: la infraestructura, el equipamiento, la

información, los servicios de marketing , la formación de la ciudadanía en con la finalidad de generar una cierta cultura vial y las normas de tráfico (18).

Es posible categorizar a la bicicleta como un medio de transporte beneficioso. La utilización excesiva del coche está provocando la congestión circulatoria de numerosas ciudades de todo el mundo. El aumento del uso de las bicicletas en ciudades, significaría una reducción del uso del coche que sería provechosa tanto para reducir los impactos medio ambientales que esto genera, como también los impactos en la salud de las personas provocada por la contaminación a través de la emisión de gases que el tráfico motorizado conlleva. En Europa, el 50 % de los desplazamientos urbanos no superan los 5 kilómetros (19), distancias podrían ser cubierta sin dificultad en bicicleta. Esto ha generado que los sistemas de bicicleta pública fuesen implementados con el objetivo de incrementar el número de viajes y el uso de la bicicleta. Este tipo de incremento puede originarse por un aumento directo de los desplazamientos de personas usuarias de la bicicleta pública, o bien, usuarios con bicicleta privada que, al ver mejoras en la infraestructura ciclista, generan interés en optar por ese tipo de traslado. Según encuestas realizadas en algunas ciudades de España (Sevilla, Barcelona, Valencia y Zaragoza), el 49,1 % de personas usuarias del sistema de bicicletas públicas tienen una bicicleta particular, y de éstos el 71,2 % no suele utilizarla. Del mismo modo, el 17,2 % de personas usuarias que no cuenta con una bicicleta particular o privada (el 50,9 % del total) está pensando en comprarse una (20).

Otro de los beneficios que genera el uso de la bicicleta como medio de transporte es la reducción de la contaminación atmosférica. Conocido es que la emisión de agentes contaminantes no es un problema específico de una localidad, sino que es un problema global. Los usuarios de la bicicleta pública y privada, contribuyen a disminuir los gases emitidos por los coches como el Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (N_xO_y) y las partículas en suspensión que afectan considerablemente la salud de las personas, al mismo tiempo, los gases provocados por efecto invernadero, como el Dióxido de Carbono (CO_2) son gran parte de los causantes del cambio climático que afecta al planeta, por lo que las autoridades deberían centrar sus esfuerzos en el diseño de la planificación urbana en función de las necesidades actuales, insistir en la reducción del coche como medio prioritario de transporte,

ofrecer alternativas de transporte sostenible y al alcance de las personas con la finalidad de mejorar su calidad de vida (21).

En ese contexto, el transporte sostenible se ha convertido en una parte cada vez más importante de las estrategias de planificación para promover la salud pública, dentro de este cambio, el uso de la bicicleta ha jugado un rol fundamental en las comunidades, lo que se ha materializado en la mejora de la infraestructura ciclista, y en programas de fomento y difusión para incentivar su uso por parte de organizaciones deportivas y gubernamentales. En este caso, no es novedad que el uso de la bicicleta requiere de cierto esfuerzo físico, dado a que la mecánica de desplazamientos es a través del empuje de los pedales de forma continua. Existen estudios que hablan sobre los beneficios para la salud de las personas que utilizan frecuentemente la bicicleta como medio de transporte o bien de forma recreativa (22–24). Andar en bicicleta, está asociado con una mayor actividad física (25), con la reducción de enfermedades cardiovasculares (26), de la diabetes (27), del cáncer (28), y la mejora de la salud mental (29). Sin embargo, no todo son beneficios, ya que los usuarios de la bicicleta pública y privada, están más expuestos que los automovilistas a agentes contaminantes (30), a riesgo de accidentes de tránsito (31) o al estrés que generan las aglomeraciones vehiculares y al ruido (32). Es más, los ciclistas están aún más expuestos que los automovilistas a inhalar gases contaminantes dado a que su tasa de ventilación es más alta y sus viajes tienen mayor duración (33), pero al mismo tiempo, cambiar tus viajes en coche por una bicicleta durante al menos 5 años, reduce un 12,4 % el riesgo de mortalidad para las personas (34). En trayectos de corta distancia, la generalización del uso de la bicicleta es un componente esencial para cualquier política efectiva para obtener atmósferas libres de contaminación, y en trayectos de larga distancia, la combinación bicicleta – transporte público (35), es una alternativa efectiva y más económica para reducir emisiones de gases y mejorar la calidad de vida de las personas.

Existen estudios que indican que la decisión de las personas sobre el hecho de utilizar la bicicleta o no, depende de diferentes factores, algunos de ellos asociados a la distancia del trayecto (36), junto con algunas características personales como la edad (37), la motivación personal y la familiarización con este tipo de transporte (38), si es un actividad individual que requiera ir en busca de otra persona o realizar algún tipo de trámite (39).

Otros estudios asociados a la orografía y diseño de las ciudades (40), como por ejemplo si los sitios a los cuales suelo desplazarme están en zonas con pendiente o relieves, y por último, factores asociados a las condiciones climáticas, tales como la temperatura, las condiciones de luz, la humedad, el viento y especialmente si hay o no pronosticada precipitaciones (41). Otro tipo de decisiones son las que toman los usuarios respecto a la utilización de la bicicleta privada o pública, dado que las características de ambas principalmente en su confección y estructura no suelen ser las mismas. La bicicleta pública para efectos de evitar ser víctima de actos vandálicos suele ser más pesada y en consecuencia más lenta, por lo que es utilizada con mayor frecuencia para trayectos de corta distancia, mientras que las bicicletas particulares, son más ligeras, rápidas y con mayor opción de cambio de marchas que ayudan a evitar la sensación de agotamiento, y suelen ser utilizadas para trayectos que impliquen distancias más largas (42).

El análisis de los transportes urbanos se centra habitualmente en aspectos relacionados con los vehículos a motor, sin embargo, organizar las ciudades priorizando a las personas que se desplazan activamente andando a pie o en bicicleta, cumple un rol clave en la planificación urbana y el desarrollo de ciudades con cultura sostenible. Las necesidades del siglo XXI demandan una planificación urbana que sea capaz de conectar los espacios físicos, los servicios fundamentales y los sistemas de transporte con las personas. Una planificación y organización urbana responsable con la eficiencia, el ahorro energético y el cuidado del medioambiente, una planificación que sea inclusiva y disminuya la brecha existente de equidad social, vulnerabilidad y vandalismo, aumentando la habitabilidad de las personas y calidad de vida urbana, extremando recursos para promover políticas de movilidad y minimizar los impactos del sistema de transporte actual. Al fin y al cabo, es necesario instalar una forma de planificar cuya primera prioridad en el sistema de movilidad ciudadana sean los peatones, como aquellas personas que utilizan frecuentemente el transporte sostenible y el transporte público. Para todo ello, es necesario tener conocimiento del funcionamiento socioespacial de las ciudades, ya que las posibilidades de elección sobre el sistema de transporte a utilizar por parte de las personas dependen directamente de las alternativas reales de acceso, la optimización de los tiempos de viaje, la seguridad y comodidad del trayecto y la facilidad de acceder a bienes y otros sitios de interés individual y colectivo.

Antes de terminar este preámbulo el lector debe saber que este trabajo está estructurado en tres estudios que aparecen en 3 capítulos diferenciados. En el primer capítulo se presenta un estudio longitudinal de los hábitos de personas usuarias del sistema de bicicletas compartidas (en adelante SBC) con especial énfasis en variables relacionadas con el momento del día, estación del año y meteorología. En el segundo capítulo se ha realizado un análisis específico de las diferencias de género en la movilidad de las personas usuarias del SBC en la ciudad de Valencia. Por último, y como consecuencia de la pandemia de COVID-19 que apareció a mitad de la confección de este trabajo de investigación, el tercer capítulo aborda el cambio en los patrones de movilidad de los usuarios del SBC antes y después de la aparición de la pandemia.

Este manuscrito pretende generar conciencia y sentido de responsabilidad social con la finalidad de replantear de mejor forma el diseño y mantenimiento de las infraestructuras de transporte en las ciudades, la promoción de hábitos de vida saludables y el cuidado del medio ambiente, con el objetivo de contribuir a la toma de futuras decisiones políticas sobre el desarrollo sostenible de las ciudades.

CAPÍTULO I. ESTUDIO LONGITUDINAL DE LOS MOVIMIENTOS GENERADOS POR
LOS USUARIOS DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE
VALENCIA

I.1. INTRODUCCIÓN

Para comprender lo que será expuesto en este capítulo, es importante mencionar algunas cosas que han contribuido al desarrollo del mismo. Sin duda, la manera en cómo nos movemos genera curiosidad en los investigadores, los cuales intentan relacionar el movimiento y la manera en que nos desplazamos con otros aspectos de la vida, como, por ejemplo, las circunstancias personales, el entorno, o el medio ambiente entre otros muchos factores que podrían influir en nuestro comportamiento diario. Es un hecho que toda actividad que realicemos requiere de un desplazamiento, una intención, una necesidad. Razón por la cual, el cómo nos movemos también parece ser un tema interesante digno de análisis a la hora de comprender ciertos fenómenos sociales. La optimización de los tiempos, de manera tal que se pueda sacar el máximo provecho del día, ha generado que las personas consideren distintos factores a la hora de desplazarse, entre ellos, la comodidad, el tiempo de traslado y el costo económico de estos.

En este contexto, el sistema de bicicletas compartidas (SBC) ha sido un medio útil, eficaz y cómodo para las personas que no desean tener inconvenientes con aglomeraciones del tráfico, pérdidas de tiempo, dificultades a la hora de encontrar aparcamiento para el coche, o simplemente para realizar actividad física que les permita mantenerse saludables. Por supuesto a esta dimensión utilitaria, se suma la dimensión ecológica, ya que la elección de transportes sostenibles contribuye a la disminución de agentes contaminantes del medio ambiente.

Ante lo anteriormente expuesto, de forma natural, surgen muchas preguntas a investigar: ¿Cuál es la dimensión del sistema de bicicletas compartidas?, ¿Cuál es el impacto del sistema de bicicletas compartidas en la vida de las personas?, ¿Qué factores influyen en cómo estas se mueven?, ¿Cuáles son las características del usuario y las motivaciones que hacen del transporte verde una alternativa de desplazamiento habitual?, ¿Cómo influye la climatología y los horarios en el uso de la bicicleta compartida?... Parte de estas interrogantes, a las cuales se pretende dar respuesta en este capítulo, crean un vínculo interesante entre actividad física

y urbanismo, analizando los factores sociodemográficos, de entorno construido y medio ambiental en el uso del sistema de bicicletas compartidas.

La primera parte de este trabajo intenta establecer el marco teórico que sustenta las preguntas a investigar. En esta parte del trabajo, se analiza un gran número de artículos relacionados con el uso de sistemas de bicicletas compartidas. A pesar de que la literatura científica es muy extensa, son pocos los trabajos que han usado los factores climáticos y de temporalidad como elementos determinantes. Todo este trabajo de revisión aparece de forma resumida en este primer apartado del capítulo. El marco teórico termina con la exposición de los principales objetivos del estudio.

Una vez expuestos los antecedentes, el capítulo continúa con la explicación de los métodos usados para obtener los principales resultados. Debido a que el trabajo usa técnicas de análisis avanzado y métodos matemáticos propios de la teoría de grafos, se ha intentado realizar una exposición pedagógica, extendiendo las explicaciones para que aquellos lectores que no estén familiarizados con este tipo de estudios puedan entender la forma en que se actuó.

En el apartado de resultados, se han expuesto los principales hallazgos de la forma más gráfica posible. A través de un número elevado de mapas, especialmente desarrollados para este trabajo, se han presentado los principales descubrimientos. No obstante, cuando la ocasión lo ha requerido, se han realizado análisis numéricos que resumen de forma más concisa y precisa lo hallado. Asimismo, se han incluido algunos enlaces a material suplementario cuando el formato del trabajo no permitía su exposición (por ejemplo, vídeos).

A continuación, en la discusión, se invita al lector a reflexionar críticamente sobre el contraste de los resultados obtenidos en este estudio con los hallazgos existentes mencionados en la bibliografía. Finalmente, las conclusiones, pretenden responder a los objetivos planteados en el estudio.

I.2. MARCO TEÓRICO

I.2.1. El uso de la bicicleta como medio de transporte

Una de las características del ser humano es su necesidad de trasladarse de un sitio a otro. Esta peculiaridad le ha permitido colonizar los lugares más remotos de la tierra. De hecho, podríamos afirmar que “todo el mundo parece estar en movimiento constante” (43). Tomando como ejemplo los transportes aéreos, más de 4.000 millones de personas volaron de un lugar a otro en 2017 (44). A pesar de ser un ejemplo impactante, no podemos olvidar que estas cifras se quedan pequeñas en comparación con el número de viajes que se producen dentro de una ciudad. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la población mundial vive en entornos urbanos, el transporte en estas urbes cobra una importancia vital.

En la ciudad, las personas se mueven continuamente para desarrollar su trabajo, visitar a otras personas, divertirse, etc. Esta necesidad, los lleva a recorrer en ocasiones grandes distancias que requieren de medios de transporte que le faciliten la tarea. El conjunto de opciones que tienen las personas que habitan en una determinada zona para trasladarse de un lugar a otro, es lo que habitualmente entendemos como “sistemas de transporte urbano”.

En función de que decisiones se tomen a nivel político (45), los sistemas de transporte pueden ser una ventaja o una desventaja para el desarrollo sostenible de las ciudades. Estas decisiones pueden tener influencia en diferentes ámbitos y niveles, desde el desarrollo histórico de las sociedades, su economía, medioambiente y/o desarrollo social (46). Tal es así, que estudios realizados sobre el transporte utilizado en países europeos y americanos a finales de la década de los 80, manifestaban que las decisiones tomadas por las personas para trasladarse, no dependían solamente de factores económicos ni tecnológicos, sino que principalmente de las facilidades del uso del medio de transporte para llegar de un lugar a otro y del entorno construido para que ese traslado fuese cómodo y seguro (47).

Debido al crecimiento de las poblaciones y el desarrollo de las localidades, existe una multitud de posibilidades a la hora de implementar medios de transporte en las ciudades. Estos sistemas pueden ser de acceso público, como por ejemplo el metro, el autobús, el tranvía, etc., o de uso privado, como los coches, motocicletas etc. Gran parte de estos sistemas se han basado en el uso desproporcionado de vehículos motorizados cuyo número ha ido en aumento sin restricción alguna. El uso excesivo del transporte privado se puede explicar debido a que los desplazamientos del transporte público son reducidos como consecuencia de las deficiencias que presentan generalmente los sistemas públicos. A esto se le suma que en general, en las ciudades españolas existe una escasa infraestructura para el uso de vehículos no motorizados. El aumento del uso del sistema de transporte motorizado, genera gran parte de los problemas de la insostenibilidad de la movilidad urbana (48), ya que casi en su totalidad, dependen de energías fósiles no renovables, lo que va en desmedro tanto del medio ambiente, aumentando las emisiones de gases, como también en la eficacia de los sistemas energéticos y la optimización de estos recursos.

Los esfuerzos para contribuir en el desarrollo de ciudades sostenibles deben estar asociados a la instalación de nuevas tecnologías de transporte que pretendan ser eficaces en el desplazamiento de las personas, responsables y conscientes respecto al uso energético y al tipo de combustible que utilice. Los sistemas de transporte poco contaminantes y de fácil acceso, son una alternativa de traslado en los centros urbanos, descongestionando el tráfico vehicular y urbano en aquellos medios ya colapsados, ofreciendo un traslado seguro y fluido en su recorrido.

Un medio de transporte sostenible, económico y muy utilizado por las personas en todo el mundo es la bicicleta. Si bien su creación y denominación del concepto “bicicleta ordinaria” se remonta a la década de los años 70, los historiadores no están de acuerdo con el año de su invención, ya que su evolución involucró el esfuerzo de muchos. Ya después del año 1900, esta evolucionó a lo que finalmente conocemos como bicicleta moderna, mejorando su diseño, modificando sus materiales y componentes, para finalmente mantenerse en el tiempo (49). La bicicleta no solo ha cumplido un rol en el traslado de las personas, sino que, además, cumple un rol fundamental en la sociedad como medio de transporte, de recreación y ocio,

de actividad física y deporte, y como oposición a una sociedad cada vez más consumista. En los países en vías de desarrollo, la bicicleta es un medio de transporte que sustenta el traslado de las personas que, en su mayoría, no pueden permitirse la adquisición de un vehículo motorizado. En algunos países de Europa, la bicicleta cumple un rol de complemento a la red motorizada (20 % a 30 % del desplazamiento habitual de las personas), mientras que en algunos países de Asia, los desplazamientos en bicicleta llegan incluso al 50 % (50).

En España, la bicicleta ha tenido éxito en la planificación urbana de algunas ciudades como Barcelona, Valencia, Zaragoza y Sevilla. Mencionando estas dos últimas, en Zaragoza, por ejemplo, se ha generado conciencia sobre el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible. Esto a través de inversiones del municipio que han considerado el incremento de kilómetros de carriles para uso exclusivo de la bicicleta, aumentando así la adquisición de esta por parte de los habitantes de la ciudad (51). Del mismo modo en Sevilla, el uso de la bicicleta se ha convertido en un sello de identidad de la ciudad, no tan solo por la promoción que han realizado para su uso, sino que además, por la inversión que se materializado en una red de más de 120 kilómetros de carriles bidireccionales que conectan a la ciudad, cruzando por los principales focos de comercio y de atracción turística, lo que se refleja en que ya en el año 2011 en Sevilla, el 6% de los desplazamientos de las personas correspondían al uso de la bicicleta (52).

Así como el uso frecuente de la bicicleta por parte de las personas es un excelente medio para combatir los altos índices de contaminación ambiental de las ciudades, también está relacionado con la disminución de las tasas de mortalidad. Esto debido a que por una parte su uso promueve la práctica sistemática de actividad física, y por consecuencia, la mejora tanto de las capacidades condicionales como coordinativas. Por otra parte, está directamente relacionada con la cantidad de entorno construido para su utilización. Esto último, asociado a que a mayor cantidad de carriles de bicicletas que conformen la red de transporte, mayores serán los niveles de seguridad en el traslado, razón por la que disminuyen las probabilidades de sufrir algún tipo de lesión o de accidente (53).

En China, la bicicleta pasó a ser en la década de los 90 un medio que reflejaba la actividad económica del país (54). En el año 2011, año de publicación del artículo, China produjo 83.000.000 millones de bicicletas, de las cuales, 56.000.000 millones fueron exportadas a otros países. El problema de China pasó por la escasez de entorno construido para la utilización de la bicicleta, teniendo que, en definitiva, trasladarse por las mismas vías y rutas que los vehículos motorizados. Escenario muy distinto el de Holanda, en Ámsterdam por ejemplo, más de 500 kilómetros son considerados para tránsito y traslado de personas usuarias de bicicletas, donde el 90 % de sus calles conviven con un carril para bicicleta o una ruta habilitada para su utilización (54).

I.2.2. Evolución y uso del sistema de bicicletas compartidas

Tal es el uso de la bicicleta por parte de la comunidad en general, que hay países que se han organizado a través de modelos de transporte urbano instalados en las ciudades, redes de desplazamiento conocidas como sistemas de bicicletas compartidas (SBC)

, modelo que ha ido creciendo a lo largo de los últimos años debido al reconocimiento de las grandes ciudades como uno de los medios de transporte verde más sostenibles y económicos (55). El crecimiento del modelo no tan solo ha favorecido a la fluidez y descongestión vehicular que genera el aumento de automóviles en circulación, sino que ha sido una alternativa económicamente viable de movilidad, que ha respondido a las necesidades de los usuarios para combatir las alzas del combustible y los preocupantes cambios climáticos que hoy afectan al planeta.

La historia de este modelo tuvo cabida en tres versiones que establecieron su evolución y desarrollo. La primera versión del sistema de uso compartido de bicicletas, originalmente se puso en marcha en la década de los 60. Específicamente en Ámsterdam en el año 1965, donde se instalaron bicicletas comunes con la finalidad de que el usuario llegara a destino y la pusiera a disposición del siguiente cliente. En aquel entonces, el vandalismo y el uso inapropiado de las bicicletas, no contribuyeron al óptimo desarrollo del sistema en la ciudad. Del mismo modo entre los años 1991 y 2000, en algunas ciudades de Dinamarca, Francia y Alemania se dio vida a una segunda versión del sistema de transporte urbano, preocupándose de mejorar la calidad

del material de las bicicletas que son recogidas y devueltas en puntos específicos de la ciudad denominados estaciones, presentando mejoras significativas en términos de la tecnología utilizada, como el uso de tarjetas inteligentes, cerraduras de bloqueo de bicicletas y acceso a través de aplicación móvil.

Sin embargo, no fue hasta en el año 2005 que, en Lyon, Francia, se ejecuta el proyecto de uso de bicicletas compartidas masivo llamado Velo'v. Iniciativa que tuvo un impacto y crecimiento exitoso para el transporte público francés, motivando así a otros países a replicar tal proyecto (56).

Básicamente esto es así, porque se trata de una forma fácil, eficaz y ecológica de transporte para las personas de las distintas ciudades del mundo que tienen implementado tal estructura de transporte urbano. Es un sistema cómodo en cuanto al ahorro energético, que contribuye a facilitar el proceso de transición desde el vehículo privado motorizado a uno sostenible y no contaminante.

Es interesante añadir que la dimensión económica y saludable también está presente en estos nuevos sistemas, ya que la conservación energética es importante a la hora de ahorrar combustible en el traslado diario y el incremento de la práctica de la actividad física. Esto se ve reflejado además, en estudios que relacionan el uso del sistema tanto en personas que utilizan el modelo para trasladarse a sus lugares de trabajo, como aquellos que lo usan para asistir a los diferentes centros educacionales, especialmente en las universidades (57).

En relación con la instalación este modelo de transporte sostenible en ciudades, es necesario considerar diferentes aspectos como la adaptación de la comunidad al SBC. En este contexto, existe un cierto rechazo por un gran número de personas que suele trasladarse en vehículos privados. Lo anterior, se genera a raíz de los espacios de tránsito compartido que requiere la instalación del sistema con sus respectivos carriles bici, medio con el que conviven día a día los vehículos motorizados y no motorizados, puede suscitar a un cambio de ruta de los usuarios de vehículos motorizados al percibir al SBC como un medio invasivo.

Al mismo tiempo, para el SBC, la dependencia del automóvil puede ser considerado como la principal amenaza a la sostenibilidad del sistema de transporte urbano (58). Asimismo, la primera generación de bicicletas compartidas en ciudades, tenían un sistema de seguridad limitado, lo que, en definitiva, generaba inconvenientes en su utilización debido al alto porcentaje de vandalismo, desencadenando la inestabilidad del sistema y el fracaso de la estabilidad del modelo.

El aumento de la infraestructura construida (carril bici y entorno) para su uso y la implementación de nuevas tecnologías en el SBC, contribuyeron a que la adaptación por parte de la comunidad en ciudades y la familiarización con el sistema fuese más amigable. Al incrementar los estándares de seguridad y establecer precios de suscripción económicamente sostenibles, fomentó además, la participación de la población respecto al uso del sistema (59).

La fluidez del sistema está determinada en parte por la cantidad de conexiones que tenga esta red dirigida, para ello, es fundamental que exista un estudio no tan sólo de la geografía de la ciudad donde se implementará el modelo, sino que también de los puntos de mayor demanda de tránsito, favoreciendo así, a la descongestión vehicular y a la fluidez del sistema. Considerando esto, la localización de estaciones requiere de un estudio de tráfico y demanda de personas. La conexión entre estaciones o nodos y el reequilibrio de bicicletas en ellas, será transcendental a la hora de optimizar los tiempos de traslado de las personas usuarias y la posibilidad de acceder fácilmente al lugar de destino. En cuanto al género, existen estudios que indican que hay un mayor uso del SBC en hombres que en mujeres, así como además en cuanto al traslado, los hombres preferentemente suelen realizar trayectos más largos (sobre los 4 kilómetros de distancia) que las mujeres (por debajo de los 4 kilómetros de distancia) (60).

Estos modelos de transporte verde son muy frecuentes y útiles tanto para personas que se trasladan hacia y desde sus lugares de trabajo, como para aquellas personas que asisten a sus establecimientos educacionales. En la ciudad de Valencia (2013), se publicó un artículo relacionado a un estudio realizado a estudiantes universitarios que se trasladan en bicicleta a sus instituciones, dando como resultado una mejora en la condición física de los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad, evidenciadas en una disminución del peso

corporal, y por otra parte, en un incremento del 7 % al 11 % de estudiantes universitarios suscritos al SBC una vez finalizada la temporada académica (57).

En síntesis, la utilización de los sistemas de transporte no motorizados, constituyen una alternativa a los inconvenientes que plantea el modelo actual de transporte urbano, contribuyendo así a combatir los focos de contaminación, los problemas de conectividad de las redes de tránsito y la disminución de la promoción y práctica de la actividad física de las personas residentes en grandes ciudades.

I.2.3. Climatología y horas del día como factores que influyen en la práctica de actividad física

El tiempo meteorológico, considerado como un estado atmosférico, es identificado por un lado como una de las barreras percibidas por las personas a la hora de practicar actividad física. Para la Organización Meteorológica Mundial (OMM), entenderemos al clima, como un promedio de los valores atmosféricos registrados en un lugar y tiempo determinado estudiado por la climatología, que considera las variaciones de tales fenómenos atmosféricos y analiza las condiciones que hacen la diferencia entre un clima favorable y uno no favorable. Hablaremos de clima favorable entonces, cuando estos valores atmosféricos permitan a las personas realizar actividades sociales sin inconvenientes, que consideran el estado de salud, la seguridad y el bienestar general que apoya la toma de decisiones de estas y que permita realizar una determinada acción según la adaptación de la persona a tales condiciones atmosféricas. Asimismo, entenderemos al tiempo como el estado atmosférico de un lugar y momento determinado que suele ser objeto de estudio de la meteorología (61).

Del mismo modo, se ha demostrado que unas condiciones climáticas óptimas, influyen en la toma de decisiones de las personas contribuyendo al incremento de la práctica de actividad física y deportiva. Lo anterior puede entenderse, por ejemplo, a que los climas extremos de bajas y altas temperaturas, van a afectar principalmente la práctica de actividad física, deportiva y la elección sobre la utilización de un medio de transporte u otro para trasladarse, siendo probable, que medios de transporte activos como la bicicleta y marchar a pie, se vean afectados por tales condiciones.

Para Rhodes, Rachel & Temmel (62), la práctica de la actividad física puede estar condicionada por las conductas, motivaciones y elecciones de los individuos. Mientras que para Brennan, Brownson, & Hovmand (63), estas variables pueden estar condicionadas por las características del entorno y medio ambientales. Es tal la importancia del rol que juega los factores climáticos en la práctica de la actividad física, que no solo condicionan la ejecución de actividades al aire libre, sino que además, la interacción social (64).

En virtud de lo señalado por la OMM y según la literatura existente asociada a la influencia de las condiciones climáticas en el uso del SBC, es un hecho que cuando estas son favorables, la demanda del uso del SBC es mayor. Esto a su vez, requiere de mayor eficiencia de los controladores del sistema en cuanto a la reposición de bicicletas (“rebalancing”) en aquellas estaciones de mayor flujo, que permitirá mantener el equilibrio del tránsito continuo y fluido de usuarios. No obstante, entenderemos como “clima desfavorable”, aquellas condiciones que no reúnen las características meteorológicas suficientes para apoyar la toma de decisiones de los individuos y realizar actividades laborales y/o sociales sin inconveniente alguno.

En relación con las horas del día, existen estudios que indican que hay un aumento del uso del SBC los días de entresemana respecto a los fines de semana en horarios de tarde (sobre las 12:00 pm). Este comportamiento puede explicarse, tanto por la cantidad de trabajadores que utilizan este medio de transporte como una alternativa de regreso a casa o de acercamiento a otro medio de transporte, como de estudiantes que finalizando su jornada académica deciden utilizar el SBC para trasladarse de regreso a su domicilio u otros sitios. Asimismo, las actividades de entresemana (lunes a viernes), suelen ser mayores a las de fines de semana (sábado y domingo). Estas últimas, asociadas mayoritariamente a tiempos de recreación y ocio (65), así como el incremento en el uso cuando se trata de trayectos de corta distancia (66). Del mismo modo, la ubicación geográfica del contexto testado, determinará la condición climática a la cual se exponen las personas, lo que influirá en un aumento o disminución de la práctica de actividad física y deportiva. Por ejemplo, en ciudades donde en verano predominan las altas temperaturas y altos porcentajes de humedad, hay una disminución de

la práctica deportiva aún mayor que cuando existen condiciones climáticas frías en invierno (67).

La literatura existente en esta materia, indica que es un hecho que los factores climáticos y medioambientales influyen en el incremento y disminución de la práctica de actividad física. En Toronto (2011), se publicó un estudio que analizó el impacto climatológico en diferentes medios de transporte, entre ellos, el uso de la bicicleta, el uso del automóvil y los paseos caminando. Los resultados de este estudio arrojaron que las bajas temperaturas afectan tanto los traslados en bicicleta (menor a 15 °C) como los de caminata (menor a 5 °C), disminuyendo así, las alternativas de traslado en aquellos medios. En cuanto a la presencia de altas velocidades de viento, el traslado en bicicleta disminuye el doble que los traslados caminando, mientras que, en presencia de lluvia, sigue impactando negativamente más a los ciclistas que a los peatones (68).

A pesar de que las condiciones climáticas se manifiestan de manera diferente dependiendo de la localización geográfica del lugar de análisis, hay condiciones meteorológicas que tienen un impacto y un comportamiento similar en diferentes países cuando de práctica de actividad física se trata. Es frecuente que en los meses en los que se dan temperaturas extremas, tanto bajas como altas, exista una disminución de la práctica de actividad física y deportiva. Esta situación ha generado necesidades en las organizaciones deportivas y organismos políticos que han llevado a invertir en adaptaciones y nuevas consideraciones de construcción en las instalaciones deportivas según temporada, fomentando así, la ejecución de actividad física durante todo el año tanto en interiores como al aire libre (69).

Respecto a lo anterior, podemos decir que, efectivamente las condiciones climáticas y sus variaciones, cumplen un rol fundamental en la toma de decisiones de las personas a la hora de realizar o no actividad física y deportiva en los diferentes momentos del día. Así como también sobre el medio de transporte a utilizar para su traslado hacia actividades de tipo laboral, social y/o recreativa.

I.2.4. Estudios sobre el uso del sistema de bicicletas compartidas desde un punto de vista de la climatología y temporalidad

Respecto al SBC, es necesario mencionar en cuanto al uso y la frecuencia de este, que los factores meteorológicos asociados al clima y temperatura del aire en los diferentes momentos, indican de cierta forma, el comportamiento de las personas usuarias respecto a las preferencias de uso y los trayectos que realiza. Estos eventos climáticos dependerán de la geografía de la ciudad de la cual hablemos y de sus condiciones climáticas dependerán de su localización. Así como también la categorización de los rangos de temperatura, velocidad del viento, humedad y sensación térmica, estarán determinadas por los mismos criterios expuestos en el punto anterior.

Si nos basamos en el factor seguridad, y en el análisis de artículos referentes a este tema, es necesario mencionar que en días de lluvia y nieve, el uso de los SBC disminuye significativamente, siendo de preferencia para el usuario, aquellos días soleados de temperatura sobre los 22° C (70).

Existen estudios en los que ha sido considerado el análisis de parámetros como la humedad, la temperatura y las estaciones del año, donde se evidencia que existe una relación positiva entre las altas temperaturas, el bajo porcentaje de humedad y el escaso nivel de nieve en suelo, respecto al incremento de pasajeros activos que utilizan el sistema de bicicletas compartidas (71). Este comportamiento puede explicarse por la seguridad que ofrece el sistema y su entorno (infraestructura para su utilización) en condiciones climáticas favorables que permiten trasladarse con menor probabilidad de sufrir un accidente. Las inclemencias climáticas, han sido un factor influyente en la disminución de los paseos y actividades recreativas en bicicletas (72).

Para una sociedad, los factores medio ambientales y climáticos son uno de los aspectos que motivan a la hora de elegir un medio de transporte u otro. Esto es así, dado a que los aumentos del uso de sistemas de transporte no motorizados, como por ejemplo la bicicleta y el SBC, entre sus beneficios, disminuyen considerablemente las emisiones de gases, mejorando así las condiciones medio ambientales e incentivando la promoción de transportes activos. Asimismo, la temperatura es un factor influyente en la preferencia del medio de transporte a

utilizar por parte de una comunidad (67), que prefieren utilizar el SBC en días menos contaminados como en escenarios climatológicos más cálidos y carentes de lluvias. Para informar a las personas sobre el uso de estos modelos de transporte, las decisiones políticas sobre cómo orientar y educar a las personas, permitirán generar conciencia sobre los impactos de la movilidad urbana basada en el incremento del uso del automóvil o vehículos motorizados.

En un estudio realizado en la ciudad de Washington D.C. (2014), se analizó el comportamiento de uso del SBC de la ciudad en función de las diferentes condiciones climáticas. Al mismo tiempo, consideraron los tiempos de luz y oscuridad del día, con la finalidad de conocer el comportamiento del viaje y el uso de alternativas de traslado más seguras como el metro.

Los resultados de este estudio indican que los mayores flujos de viaje y la mayor demanda del sistema, se produce en temperaturas entre los 26,7 °C y los 31,7 °C. En días de lluvia, por ejemplo, aquellas estaciones (nodos) que manifiestan una disminución significativa en el uso, son aquellas que están próximas a una estación de metro. Lo anterior se indica dado los niveles de seguridad que otorga un medio de transporte subterráneo como el metro cuando las condiciones meteorológicas son adversas. En general, se observa que las bajas temperaturas, los altos porcentajes de humedad y las altas velocidades del viento, siguen siendo factores influyentes en la disminución del uso del SBC (73).

En Singapur (2018), con el objetivo de comprender el uso de los sistemas de intercambio de bicicletas, se analizaron patrones espacio-temporales del modelo y el impacto de las condiciones climáticas en el uso del sistema por parte de los usuarios. La ciudad de Singapur cuenta con un clima ecuatorial, es decir, que mantiene altas temperaturas durante todo el año y abundantes precipitaciones principalmente en horarios de mañana. A pesar de que los habitantes de esta ciudad están acostumbrados a climas cálidos y tropicales, los resultados evidencian una disminución del tráfico de bicicletas en las mañanas y un aumento del uso del SBC en las jornadas de la tarde y la noche, horarios en donde las temperaturas fluctúan entre los 25 °C y 30 °C. En relación con la temporalidad del uso del SBC en el mismo estudio, Singapur es una ciudad con una baja utilización del SBC. Tal es así, que el promedio diario de inactividad de la bicicleta en la ciudad es de 23,5 horas y los traslados efectuados en tiempo promedio

diario, no fueron superiores a los 15 minutos en horarios entre las 16:00 y 20:00 horas. Asimismo, podemos decir que las condiciones climáticas son influyentes en el uso del SBC (74).

Otro estudio realizado en Singapur (2016), y en cuanto a las preferencias climáticas por parte de los usuarios del SBC, estos optan por condiciones que se expresan en temperaturas relativamente inferiores que fluctúan entre los 29,5 °C y 31,5 °C, a un porcentaje de humedad que va entre el 52,3 % - 62,7 % y a la no presencia de precipitaciones (en últimos 60 minutos previo al viaje). Las temperaturas poco atractivas para los usuarios del SBC de Singapur, describen como condiciones no óptimas para el uso del modelo, aquella que manifiesta temperaturas más altas a los 30,9 °C, a un porcentaje de humedad superior al 55,8 % y a la presencia de precipitaciones superiores a los 0,28 mm en últimos 60 minutos previos al viaje. Lo anterior, según este estudio, tiende a modificar el comportamiento de los ciclistas debido al riesgo de sufrir un accidente de tráfico y a la decisión de modificar su ruta y medio de transporte para su traslado (75).

En Nueva York (2019), se realizó un estudio donde se analizaron factores climáticos y temporales sobre el uso del SBC respecto a la ubicación de las estaciones. En él, se evidencia que más personas prefiere andar en bicicleta en un día soleado (temperatura media entre los 12 °C y los 24 °C) que en un día frío y/o de lluvia. Comparando factores como la temperatura y la humedad, la lluvia y nieve en suelo, tienen un mayor impacto en el uso del SBC, razón por la que, en los inviernos, el uso del modelo disminuye hasta 3 veces lo que suele ser la frecuencia del SBC en verano (76). Con relación a la temporalidad, la frecuencia en el uso es similar durante todos los días de la semana, aumentando y disminuyendo el tránsito, y en cuanto a la distribución de bicicletas, dependiendo del momento de la semana (entresemana y fin de semana).

Este modelo no solo es aplicable en las grandes ciudades, sino que también en pequeñas ciudades en las que el SBC juega un rol fundamental en el transporte de las personas. En Cork, Irlanda (2017), si bien es una ciudad sin tradición en el uso de la bicicleta, es una ciudad donde este medio de transporte activo, es cada vez más popular. Los resultados del estudio exponen que los viajes cortos son los predominantes en las personas que utilizan el SBC en Cork,

principalmente en aquellos días cálidos y de temperatura sobre los 10 °C (77). Los días de lluvia y de bajas temperaturas, tiene un impacto negativo en el uso de este modelo.

En cuanto al efecto que tienen las extremas temperaturas (muy bajas o muy altas) respecto al uso del SBC, en Daedeok, Corea del Sur (2018), la promoción de políticas de uso de transporte activo, han contribuido al ahorro energético, a disminuir la congestión vehicular, el porcentaje de agentes contaminantes de la ciudad y a promover la vida saludable de sus habitantes. Este estudio abordó el análisis de los factores climáticos (temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento) y la influencia en el uso del SBC. Los resultados de esta investigación, exponen que el número de personas usuarias en tránsito de bicicletas aumenta a medida que la temperatura media (14 °C) también lo hace. Sin embargo, si la temperatura es superior a los 30 °C, la tendencia en el uso del SBC de Daedeok disminuye, así como también en los días de bajas temperaturas y de altas precipitaciones.

Finalmente, y de acuerdo con lo anteriormente expuesto, podemos decir que la climatología y la temporalidad, son factores influyentes en la distribución y uso de las redes del SBC. Que permiten establecer parámetros de frecuencia en función de los momentos del día, de la semana y en las diferentes estaciones del año.

I.2.5. Objetivos

Una vez analizada la literatura científica existente en torno a los sistemas de uso de bicicletas compartidas, el siguiente paso fue establecer los objetivos del estudio. Se ha comprobado que ya existen algunos trabajos que analizan los principales parámetros de los movimientos que producen los usuarios, aunque el número de estudios es pequeño. Asimismo, la cantidad de trabajos que han optado por realizar un análisis basado en la teoría de grafos es anecdótico. Por estas razones, se ha planteado un estudio del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia, Valenbisi, en el cual se aportan cálculos novedosos y que pueden dar nueva información sobre los usos y costumbres de los usuarios del sistema. Por lo tanto, los objetivos que se plantean en este estudio son:

- Describir los movimientos realizados por los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia.

- Comparar los movimientos realizados por los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia en función del momento del día, momento de la semana y estación del año.
- Construir las redes de movimientos generadas por los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia en función del momento del día, momento de la semana y estación del año.
- Calcular los principales parámetros de centralidad de las redes producidas por los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia.
- Relacionar los movimientos de los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia con los parámetros climatológicos básicos.

I.3. METODOLOGÍA

En este punto se expresará el tipo de estudio, la población analizada y sus variables. Al mismo tiempo, se detallará la manera en la que se ha confeccionado este trabajo, en función de los distintos pasos seguidos para asegurar la fiabilidad y la calidad de los resultados expuestos en este capítulo.

I.3.1. Diseño y procedimiento general

El presente estudio responde a un diseño exploratorio de las redes de movimiento que se producen al usar el SBC. El trabajo se basa en técnicas de minería de datos. La digitalización y los avances tecnológicos, han permitido que la información se pueda seleccionar, explorar, limpiar, transformar, almacenar, procesar, evaluar y difundir de forma fácil. La minería de datos, puede ser definida como un modelo de construcción y extracción de conocimiento no trivial desde bases de datos masivas (78).

Cómo primer paso de nuestro trabajo, se llevaron a cabo diferentes reuniones con los responsables del Ayuntamiento de Valencia y de la empresa JCDecaux. Ambos entes son responsables del servicio de uso compartido de bicicletas de la ciudad de Valencia (Valenbisi) (79). En estas reuniones se establecieron las premisas para la selección de los datos generados por los usuarios del servicio a lo largo de los últimos años (enero 2015 – julio 2018). Se establecieron las premisas de protección de datos y uso de estos con fines de investigación. Una vez llegado al acuerdo final, los datos fueron descargados en 43 ficheros en Excel y almacenados en un disco duro para su posterior análisis. Ya conseguidos los datos, el equipo investigador mantuvo diferentes reuniones en las que se establecieron hipótesis de trabajo y un plan de uso de los datos para su posterior análisis e investigaciones. El presente trabajo es parte de un proyecto mayor en el que se van a analizar los datos desde diferentes perspectivas, a saber: urbanismo, sociología, epidemiología, ecología, actividad física, entre otras.

Los datos obtenidos fueron complementados con el uso de diferentes mapas de la localidad analizada (i.e. la ciudad de Valencia). Asimismo, también se obtuvieron algunos datos generales geolocalizados que complementaban a los ya obtenidos. Con todos estos datos, se

realizaron diferentes análisis que quedarán resumidos en los siguientes 5 pasos, a saber: i. recuperación de la información, ii. selección del conjunto de datos objeto del estudio y limpieza de datos anómalos, iii. análisis de las propiedades de los datos, iv. transformación de los datos de entrada, y v. selección y aplicación de las técnicas de minería de datos. Por último, se realizaron diferentes análisis estadísticos para facilitar la interpretación de los datos. A continuación, se describe de forma detallada todos los pasos llevados a cabo.

I.3.2. Área de estudio y descripción de la base de datos

El presente trabajo ha analizado el área urbana de Valencia. Valencia es una ciudad costera situada al Este de España (Comunidad Europea) y que es capital de la Comunidad Autónoma Valenciana. Se trata de una urbe con una población en torno a 798.538 personas censadas en 2018. La superficie de la ciudad comprende un total de 134,65 km² con una densidad de población de 5882 hab/km². En la figura I.1 se puede observar la geolocalización de la ciudad en su contexto nacional. Como se puede ver, existe un núcleo urbano muy delimitado y una zona ligeramente alargada y aislada en la que se encuentra el parque natural de la albufera.



Figura I.1. Geolocalización de la ciudad de Valencia en España

En el panel de la izquierda aparece señalado con una flecha roja la ciudad de Valencia en su contexto nacional. En el panel de la derecha se puede ver una ampliación del término municipal de Valencia con su línea de costa.

Ciudad mediterránea situada en una amplia llanura costera, poblada inicialmente por romanos en el año 138 a.C, específicamente en las cercanías del río Turia, río que se genera producto de los deshielos de sectores montañosos propios de la geografía de la ciudad (80). Ya en tiempos de la conquista, en torno al año 1.238, Valencia tomó una forma moderna. El clima templado y los suelos aluviales profundos de la ciudad, fueron una de las principales virtudes que hoy en día significan una gran fuente de ingreso y productividad a través de la agricultura. En la figura I.2, se puede observar la ciudad de Valencia a principios del siglo XVIII según el plano del Padre Tosca, catedrático, doctor en teología y de gran interés por la cartografía y la arquitectura. En esta figura, se pueden visualizar espacios urbanos, edificios, pervivencias y cambios que ha sufrido la ciudad desde aquel momento hasta nuestros días (81).



Figura I.2. Plano de la ciudad de Valencia realizado en 1704

La ciudad está dividida en 87 barrios y 19 distritos, y rodeada por 15 núcleos urbanos sin solución de continuidad. Asimismo, existen varias localidades cercanas que aportan una población flotante que acude a la ciudad para trabajar, estudiar y pasar parte de su tiempo de ocio. En total se calcula que la suma de la ciudad de Valencia y sus localidades colindantes tienen una población total de más de 1.600.000 de habitantes. Todos estos datos demográficos de la ciudad de Valencia, son extraídos de la página oficial del ayuntamiento de Valencia (82).

Valencia posee un clima de tipo mediterráneo que prevalece sobre la comunidad autónoma, con inviernos lluviosos y suaves; más crudos en el interior. La precipitación en el transcurso del año es baja (de 400 a 500 mm), y la riqueza agrícola de las llanuras costeras se basa en el riego intensivo. La precipitación anual oscila entre los 430 mm (17 pulgadas) de la provincia de Castellón y los 280 mm (11 pulgadas) de los alrededores de Elche; el número de meses sin lluvia va en aumento de norte a sur (83).

En cuanto a su orografía podemos afirmar que la ciudad tiene un relieve eminentemente plano con una altitud promedio de 16 metros respecto al nivel del mar (84).

Como es lógico, al tratarse de una población con un gran número de personas se requieren de un gran número de estructuras urbanísticas de soporte. A modo de resumen, Valencia cuenta con una red ferroviaria conectada tanto con las grandes ciudades de España cómo con las poblaciones cercanas (trenes de cercanías). Posee un aeropuerto muy próximo a la ciudad que está conectado a esta por metro. Asimismo, existe una red de transporte urbano y suburbano de autobús con un total de 60 líneas (44 diurnas y 12 nocturnas), más de 1.101 paradas (85) y con más de 95.000.000 millones de prestaciones anuales durante el 2017. En cuanto al metro, existen 9 líneas con 345 paradas que unen la ciudad atravesándolas y llegando a pueblos y ciudades cercanas. Es un medio de transporte bastante importante para el traslado de las personas, considerando que, en el año 2017 movilizó a más de 63.000.000 millones de personas y el año 2021, aun existiendo cierta sensación de inseguridad a las aglomeraciones de personas post pandemia, movilizó a más de 42.000.000 de personas (86). En la figura I.3 se puede observar algunas de las infraestructuras claves de la ciudad de Valencia y las 276 estaciones de Valenbisi superpuestas (87). En el ANEXO 1 se puede consultar el número, nombre, latitud y longitud de cada una de las estaciones.

En cuanto a los servicios públicos de Valencia, existe una amplia oferta educativa asociada a establecimientos educacionales públicos, concertados y privados. Además, cuenta con instituciones de la educación superior, llámese centros de formación, institutos y universidades públicas y privadas que reciben no tan solo a estudiantes de la comunidad valenciana, sino que alumnos provenientes de todas partes del mundo.

En cuanto a la sanidad, existen 4.559 centros sanitarios tanto públicos (203) como privados (4.356), de los cuales 14 de ellos son centros hospitalarios que atienden a más de 129.000 atenciones anuales.

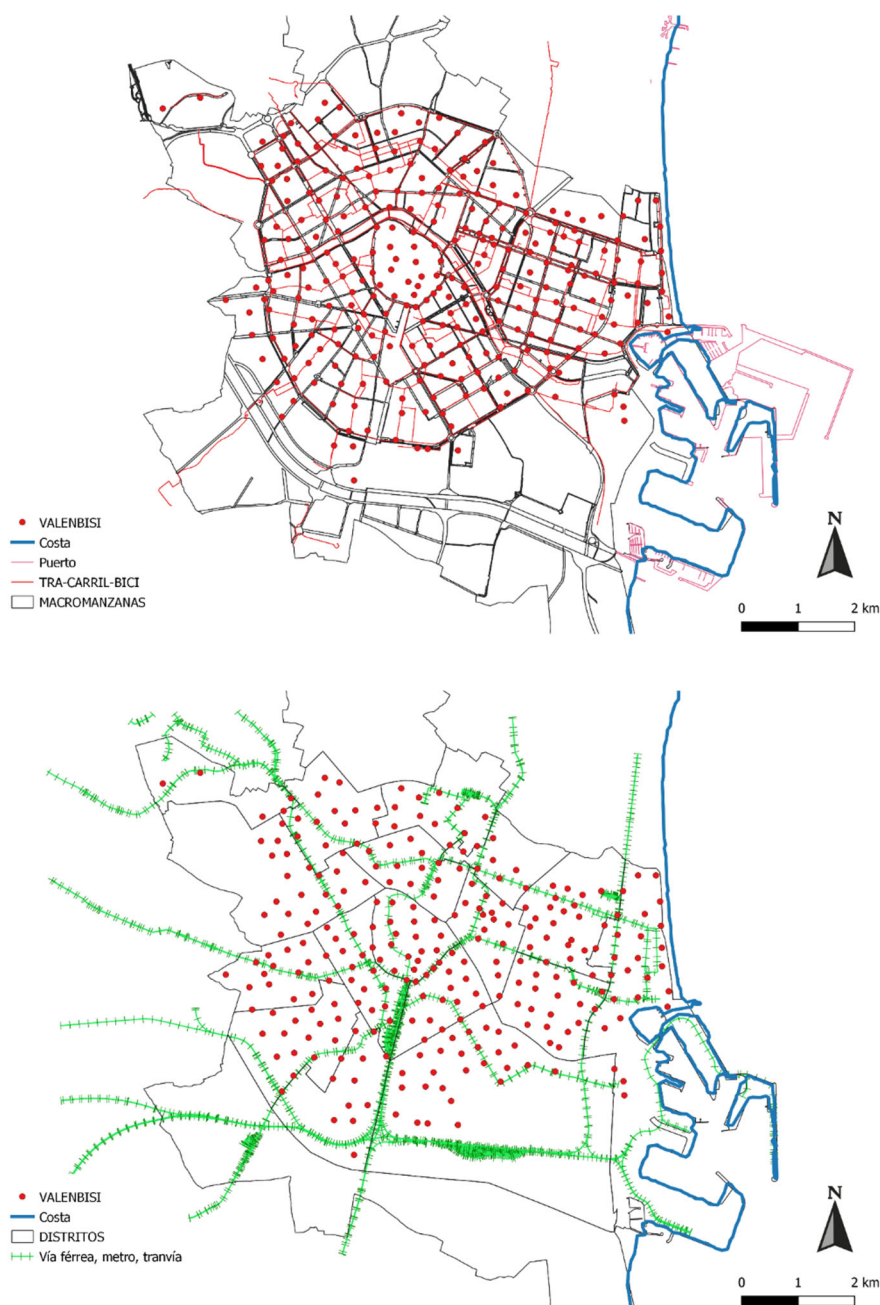


Figura I.3. Mapa de la infraestructura básica de la ciudad de Valencia

Las principales actividades económicas se centran en la actividad agrícola y ganadera, el comercio ambulante, la industria y la construcción, pero principalmente sustentada por el turismo (82) (datos oficiales del Ayuntamiento de Valencia).

Los datos obtenidos para el análisis de este trabajo, se basan en los datos de movimientos de 40.339 personas usuarias del SBC de la ciudad de Valencia. Tales registros estaban ordenados en 43 ficheros con datos del mes (enero del año 2015 a julio del año 2018) en dos tipos de archivos. Por un lado, los datos del usuario (ver tabla I.1), registrados en 18 columnas y por otro los datos de movimientos en 12 columnas (ver tabla I.2).

Tabla I.1. Ejemplo de un registro de un usuario del servicio

Contrat	Código de abonado	Label sous-type abonné	Código postal	Dpt-Arc	Código ciudad	Sexo del abonado	Franja de edad	Début abo	Fin abo	Nb loc	Date de première	Sous-type de prélèvement	Type de réabonneme	Type de badge	Label type de tarif abonné	Idioma abonado	Estado usuario
Valence	12466	LargaDuracion	46022	Non renseigné	Valencia	Hombre	36 - 45 años	22/06/2013	21/06/2014	539	24/05/2010	Post Payé CB	N/A	Tarjeta de abonado	LargaDuracion	Español	Válido

La tabla ha sido maquetada para facilitar su lectura en el documento

Tabla I.2. Ejemplo de un registro de movimiento de un usuario

estación de salida	Borneta de salida	Tipo de trayecto	Fecha de salida	Tipo de abono largo	Subtype Kiwi subscription	Code abonné	Número de la bicicleta	Flag devolución	Fecha de devolución	estación de devolución	duración del trayecto (minutos)
001_GUILLEN_D E_CASTRO	1	Salida por alquiler	02/01/2015 17:03	Larga Duración	Larga Duracion MOBILIS	283907	1527	Oui	02/01/2015 17:15	001_GUILLEN_D E_CASTRO	12

La tabla ha sido maquetada para facilitar su lectura en el documento

Estos datos se corresponden al servicio de bicicletas compartidas de Valencia cuyo nombre comercial es Valenbisi. Esta red de bicicletas compartidas es ofertada por la empresa JCDecaux a través de un concurso público promovido por el ayuntamiento de la ciudad de Valencia, presente en la ciudad desde el año 2010. Desde aquel entonces hasta la actualidad, el SBC de la ciudad ha ido creciendo en número de estaciones y de bicicletas, y adicionalmente en cantidad de rutas a través de los carriles de bicicletas que conviven con el entorno urbano y permite a las personas desplazarse a lo largo y ancho de la ciudad.

Por otro lado, y con la intención de enriquecer el análisis, se obtuvieron los datos climáticos de la ciudad de Valencia durante el periodo de tiempo analizado. Estos datos fueron cedidos

de forma gratuita por AEMET tras realizar una petición formal. El fichero de datos climatológicos incluía las siguientes variables medidas con una resolución de 1 hora: temperatura en °C, humedad relativa en %, velocidad del viento (m/s) y precipitación en décimas de milímetro. Este último dato no fue incluido en el análisis debido a que el número de días con precipitaciones acumuladas (24 h) por encima de 10 l/m² no superó la treintena de días. Con los datos de temperatura, humedad y viento se calculó variable *net effective temperature* (NET) (88) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NET = 37 - \frac{37 - T}{0,68 - 0,0014 RH + \frac{1}{(1,76 + 1,4 v^{0,75})}} - 0,29 T (1 - 0,01 RH)$$

Donde T es la temperatura ambiente (en °C), v es la velocidad del viento (en ms⁻¹) y RH es la humedad relativa (en %).

I.3.3. Análisis de datos

Una vez almacenada la base de datos se procedió a su análisis. Para realizar los cálculos se implementó un programa especialmente diseñado para este estudio. Con la intención de que este pueda ser reutilizado por otros investigadores, en el ANEXO 2 se puede consultar las líneas de código escritas en el lenguaje de programación MATLAB R2018b (Mathworks Inc., Natick, MA, USA). A continuación, se describe de forma detallada cada una de las fases del análisis:

i. Recuperación de la información

La información estaba almacenada en ficheros Excel. Como se indicó anteriormente, nuestra base de datos tenía dos tipos de ficheros. Por un lado, las características de los usuarios y por otro los movimientos que estos realizaban. En nuestro estudio tan sólo hemos empleado los datos de movimiento de las personas usuarias prescindiendo de sus características.

Los 43 ficheros de movimientos fueron cargados uno en uno y transformados en matrices de datos y texto con extensión “. mat”. Como primer paso de la recuperación, se realizó una transformación de las direcciones de cada una de las estaciones (tanto de las estaciones de

salida cómo las de llegada) en un único número. Por ejemplo, la estación “001_GUILLEN_DE_CASTRO” fue transformada en el número 1. De esta forma lo que estaba expresado en lenguaje natural fue convertido en un único identificador numérico. Para ello se empleó la función de matlab “strmatch”.

También se recuperó la fecha y hora en formato de texto, en la que se recogía la bicicleta y se entregaba. Estos datos se almacenaron en un formato vectorial y/o un número de serie expresado en función del tiempo transcurrido desde enero de año 0.

Como tercer paso se geolocalizaron cada una de las estaciones de salida con su latitud y longitud. Para ello se empleó los datos facilitados por el ayuntamiento de la localización de las estaciones (89).

Por último, el dato de duración del trayecto también fue almacenado.

Todos estos datos en formato numérico fueron almacenados en una única matriz con más de 5.000.000 millones de filas y un total de 9 columnas.

ii. Selección del conjunto de datos objeto del estudio y limpieza de datos anómalos

Entre los diferentes años testados, para el presente trabajo se seleccionaron los registros comprendidos entre julio de 2017 hasta junio de 2018. Estos doce meses fueron preferidos debido a que son los más actuales de la serie histórica que tenemos en nuestra base de datos. Cómo en cualquier base datos, existen en ocasiones errores de codificación o datos anómalos. En concreto, algunos registros fueron eliminados si cumplían al menos alguna de estas condiciones:

- a) movimientos en que el usuario recoge la bicicleta y no la devuelve.
- b) movimientos en que la estación de salida y llegada eran la misma.
- c) movimientos en que el usuario recoge la bicicleta y la devuelve en la estación de reparaciones.

d) aquellos movimientos en que el tiempo de trayecto total fuera superior a 60 minutos (es necesario tener en cuenta en este punto que el usuario no debe superar los 30 minutos en único trayecto ya que incrementa la tarifa que paga).

Por último, debido a que nuestro trabajo intenta establecer patrones de normalidad, los datos de los días festivos oficiales fueron también eliminados. Otros estudios que pretendan establecer cómo los festivos u otras efemérides, influyen sobre el uso del SBC, deberán usar estos datos descartados.

iii. Franjas de interés y construcción de las matrices de adyacencia

Para constituir las propiedades de los datos, se establecieron diferentes franjas de interés. Para fijar los comportamientos diarios de las personas que usaban el servicio se dividió el tiempo de un día en tres franjas horarias de mañana, tarde y noche. Para el horario de mañana se consideró una franja desde las 06:01 a.m. a 12:00 p.m., la tarde de 12:01 a 18:00 p.m. y el horario de noche de 18:01 p.m. a 06:00 a.m.

Asimismo, se dividió el fichero en función de los movimientos generados entre semana (lunes a viernes) y fin de semana (sábado y domingo). Por último, también se establecieron cuatro grandes periodos correspondientes a las estaciones del año.

Una vez dividido el fichero en diferentes periodos se calcularon las matrices de adyacencia para cada uno de ellos. Una matriz de adyacencia es una matriz cuadrada en la cual se establecen las relaciones entre los diferentes nodos o actores que la componen. En nuestro caso para la construcción se usaron las estaciones como nodos de la matriz de adyacencia.

De esta forma, nuestra matriz tenía un tamaño de 276 filas x 276 columnas. El proceso comienza con la construcción de la matriz del tamaño deseado con valores igual a cero. A partir de este momento, cada uno de los movimientos generados por los usuarios queda confinado en la fila y columna correspondiente. Al tratarse de una matriz de adyacencia dirigida se distinguió entre el nodo de entrada y de salida (i.e. no simétrica).

Con la matriz de adyacencia se construyeron los grafos correspondientes a cada una de las franjas horarias. Un grafo es una representación de la relación entre diferentes vértices o

nodos (en nuestro caso estaciones) unidos por enlaces denominados arcos o aristas. Matemáticamente un grafo queda definido por $G = (V, E)$ donde V es el conjunto de vértices y E es el conjunto de aristas, que son pares ordenados de elementos de V . Utilizamos el par ordenado $\{a, b\}$ para indicar que es una arista dirigida del vértice a al vértice b .

De forma resumida se puede ver en la figura I.4 un ejemplo de una matriz de adyacencia y el grafo resultante.

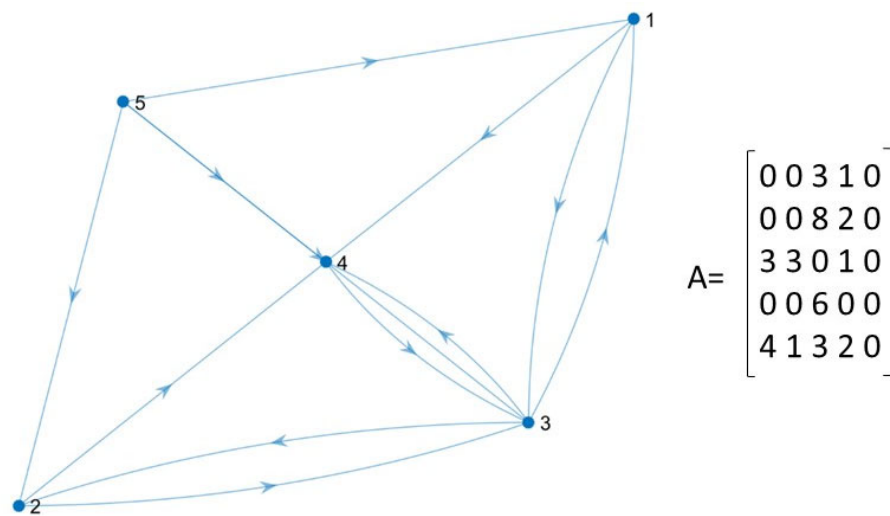


Figura I.4. Ejemplo de matriz de adyacencia y grafo resultante

iv. Cálculo de parámetros de los dígrafos resultantes

Para cada una de las matrices de adyacencia resultantes se calcularon diferentes parámetros de centralidad de cada uno de los nodos (estaciones) de la red. Para ello se escogieron parámetros clásicos de centralidad de la teoría de grafos, a saber:

- *Weight indegree*
- *Weight outdegree*
- *Incloseness*
- *Outcloseness*
- *Betweenness*
- *Pagerank*

En teoría de grafos y análisis de redes, la centralidad en un grafo se refiere a una medida posible de un nodo en dicho grafo, que determina su importancia relativa dentro de éste.

Estos parámetros fueron calculados a través de las funciones implementadas en Matlab. Para una descripción detallada de cómo funcionan cada uno de los algoritmos, se puede visitar la página web del fabricante (90).

I.3.4. Análisis estadístico

A nivel estadístico los datos fueron tratados con el software SPSS 17 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Como paso previo al análisis, se comprobó los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y de homocedasticidad (Levene). En nuestro caso ninguno de los dos supuestos fue violado.

De todas las variables se calcularon estadísticos descriptivos estándar de centralidad y dispersión. Al tratarse de un trabajo exploratorio se realizaron análisis para cada uno de los factores por separado. Para las comparaciones entre franjas horarias, momento de la semana y estaciones del año, se realizó una MANOVA de un factor. En los casos en que la diferencia fue significativa, se empleó un test post-hoc de Bonferroni. Para el cálculo del tamaño del efecto se calculó el valor eta cuadrado (η^2). En todos los análisis se estableció un error α menor o igual que el 5 %.

Por otro lado, para establecer grupos de nodos con comportamientos similares, se realizó un análisis de clústeres usando para ello el algoritmo VOS. El citado algoritmo está implementado en el software Pajek (version 1.28; Batagelj and Mrvar, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia). El proceso matemático emplea como base el parámetro de centralidad por intermediación (Betweenness) de la red de nodos. El algoritmo VOS, trabaja de forma muy similar al escalamiento multidimensional, ya que calcula distancias euclídeas entre objetos en un espacio cartesiano. Para una explicación más detallada de cómo funciona el proceso, el lector puede consultar los trabajos de Waltman y Blondel (91,92).

I.4. RESULTADOS

Durante los meses de julio de 2017 y junio de 2018, los usuarios realizaron un total de más de 5.000.000 millones de desplazamientos. En el siguiente enlace se puede ver un video en el que se muestran los movimientos de las personas usuarias durante todos los días registrados. (<https://figshare.com/s/bb7ff475a7695fb0d0de>)

La red de los movimientos a lo largo de un año se muestra en la figura I.5. Una inspección visual del mapa nos muestra que los principales movimientos ocurren en la zona Este del mapa (zona de Tarongers) y centro de Valencia, con un nodo central muy activo en la zona de la estación Norte. Tan sólo 87 nodos tuvieron actividad por encima de los 1.000 viajes. El nodo 17 registró el máximo número de salida y llegada con un total de 232.453 movimiento en un año.

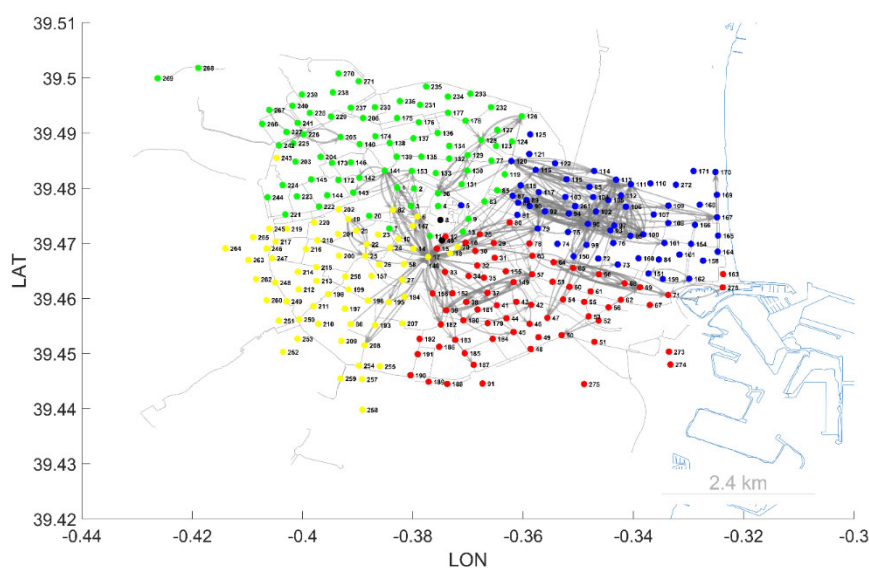


Figura I.5. Redes de movimiento entre nodos de la red resultante de los movimientos de un año

Cada nodo está numerado de acuerdo con el número de estación correspondiente (ver ANEXO 1). Las flechas señalan movimientos generados por los usuarios (umbral > 1000 movimientos). Los colores de los nodos representan el clúster de pertenencia. Para descargar la figura y mejorar su visionado consultar la siguiente dirección web: <https://figshare.com/s/2aebc36d5716f7be4def>

También se puede observar en la figura I.5, que cuando se realizó un análisis de clústeres, surgieron 5 grupos importantes de nodos con actividad similar. Estos clústeres coinciden con las zonas geográficas de Valencia (colores amarillo, verde, azul y rojo). Destaca en el centro de

la ciudad un clúster con dos nodos (nº 8 y 40) en color negro, que muestran un comportamiento diferenciado a otros nodos centrales. Por último, el nodo nº 148 aparece en color blanco y en solitario, esto es así debido a que es un nodo que fue construido al mismo tiempo que las otras estaciones, pero ha estado inhabilitado su uso por razones técnicas durante el año analizado.

A continuación, se muestran los resultados derivados de esta gran red, pero segmentados en función del momento del día, momento de la semana y estación del año.

I.4.1. Análisis descriptivo de los movimientos y redes generadas

I.4.1.1. Análisis de los movimientos producidos y la red generada durante las diferentes fases del día: mañana, tarde y noche

Como ya se indicó en el apartado material y métodos a lo largo de año analizado, se produjo un gran número de movimientos. Concretamente, una vez eliminados los días festivos, se puede observar que el número de movimientos totales que se realizaron durante el año fue de 5.540.129. Respecto a la mañana, en total fueron 1.343.071, por la tarde 2.138.078 y por la noche 2.058.980. En la figura I.6 se puede observar el promedio de movimientos que se produjeron durante las 24 horas de un día.

El principal pico de movimiento se genera durante la tarde sobre las 15:00 horas. Otros picos significativos ocurren sobre las 09:00 de la mañana y las 20:00 horas. A partir de las 23:00 horas se produce un descenso del tráfico hasta pasadas las 06:00 de la mañana.

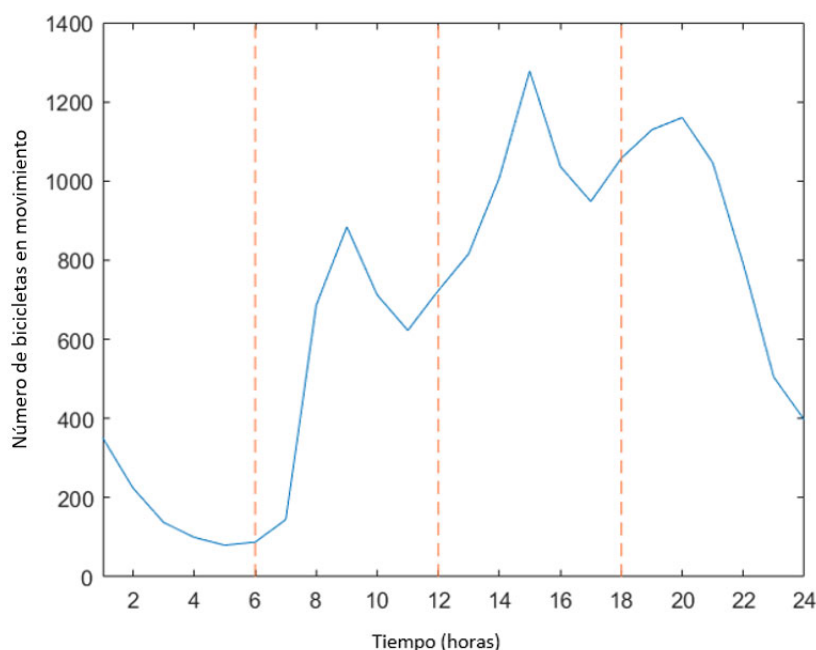


Figura I.6. Dinámica de los movimientos a lo largo del día

Las líneas rojas señalan las franjas horarias

Respecto a las redes que estos movimientos generaron a lo largo del día, en la figura I.7 se pueden ver las redes producidas por la mañana, por la tarde y por la noche. Estas redes han sido geolocalizadas, siendo cada punto (nodo) una estación del SBC Valenbisi.

La tabla I.3 representa los tres nodos con valores más altos en los parámetros de centralidad analizados.

Tabla I.3. Resumen de los tres nodos más importantes en cada franja horaria según el parámetro de centralidad analizado

Momento del día	Weight outdegree	Weight indegree	Outcloseness	Incloseness	Betweenness	Pagerank
Mañana	17, 96, 79	17, 112, 87	23, 179, 244	181, 178, 218	23, 179, 146	17, 87, 79
Tarde	17, 96, 113	17, 96, 102	217, 239, 187	188, 207, 77	188, 239, 273	17, 96, 36
Noche	17, 96, 102	96, 17, 79	136, 255, 91	240, 248, 242	240, 189, 244	17, 96, 120

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor valor en cada uno de los parámetros. En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

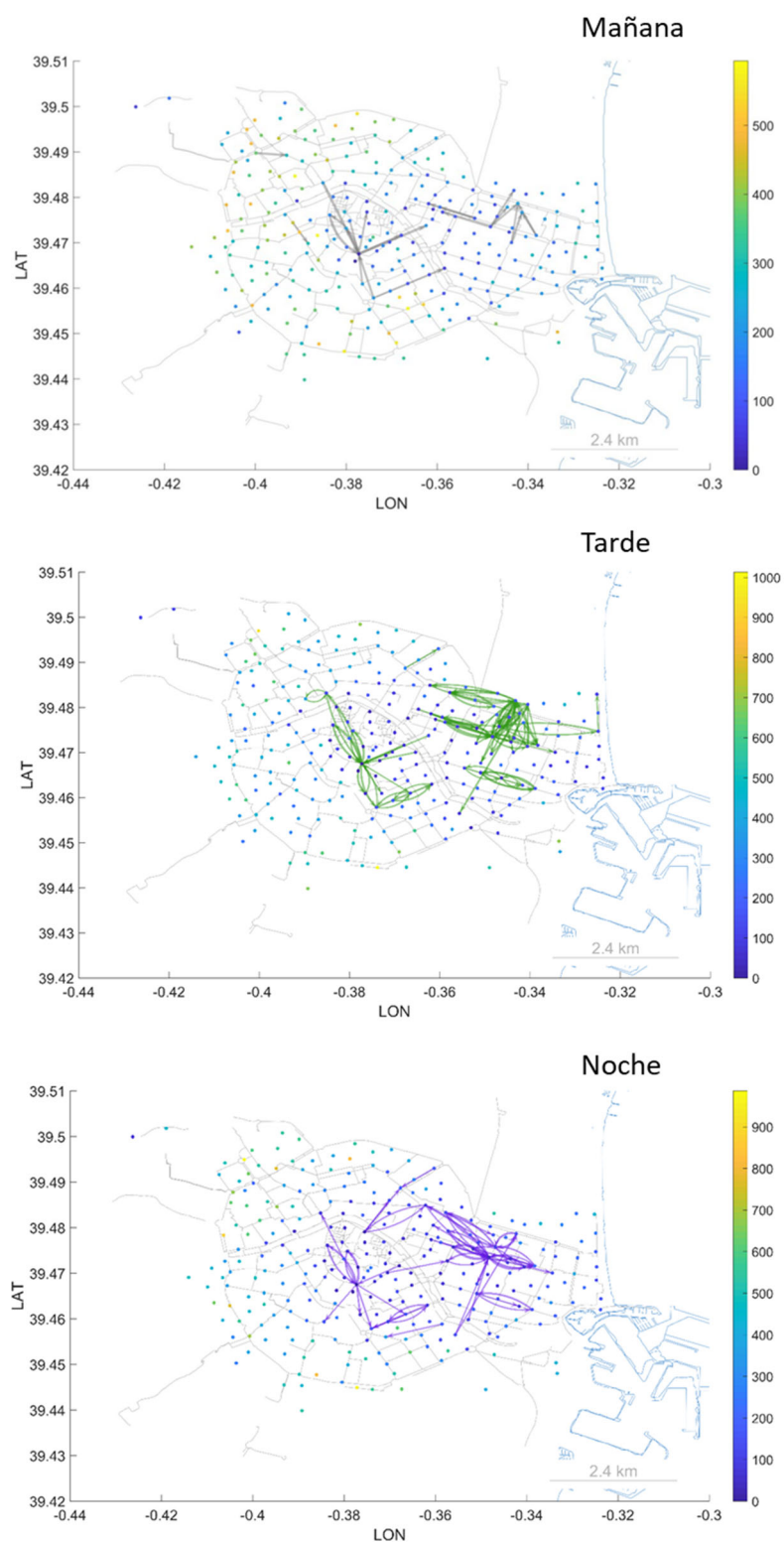


Figura I.7. Redes de movimiento entre nodos en las tres franjas horarias de un día

Los paneles representan las redes de mañana, tarde y noche respectivamente. Las líneas de diferentes colores representan los links (desplazamientos) entre nodos. Para mejorar la visualización tan solo están representados aquellos links con valores superiores a 600 movimientos. Los colores de los nodos representan el valor de intermediación (betweenness) que adquieren en cada franja. La línea gris representa los carriles bici de la ciudad de Valencia. La línea azul representa la línea de costa de la ciudad de Valencia.

Respecto al parámetro de Weight outdegree que supone el número de veces que sale una bicicleta de un nodo a otro, podemos observar que los mayores valores aparecieron en los nodos 17 (ESTACION RENFE I; figura I.8) y 96 (AVDA. BLASCO IBAÑEZ 6; figura I.9) en las tres franjas horarias. Por otro lado, las llegadas tienen un patrón similar, aunque el nodo 112 (AVDA. DE LOS NARANJOS) está en segundo lugar durante las mañanas.

En el parámetro de Betweenness, que supone el número de intermediaciones entre un nodo y otro, podemos observar que los mayores valores se apreciaron en los nodos 23 en la mañana (GRAN VÍA FERNANDO EL CATÓLICO; figura I.10), en la tarde el nodo 188 (HOSPITAL NUEVA FE) y por la noche el nodo 240 (CAMP DEL TURIA AVDA CORTES VALENCIANAS).

Por último, el Pagerank de la red, que supone la importancia del nodo en función del número de entrada y salidas de bicicletas de cada estación, su comportamiento es similar al parámetro Weight outdegree.



Figura I.8. Fotografía de la estación 17, ESTACION RENFE I, localizada en la Calle de Játiva, 24, 46002 Valencia (tomada de Google Maps)



Figura I.9. Fotografía de la estación 96, AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6, localizada en la Avenida Blasco Ibáñez 6, 46021 Valencia (tomada de Google Maps)

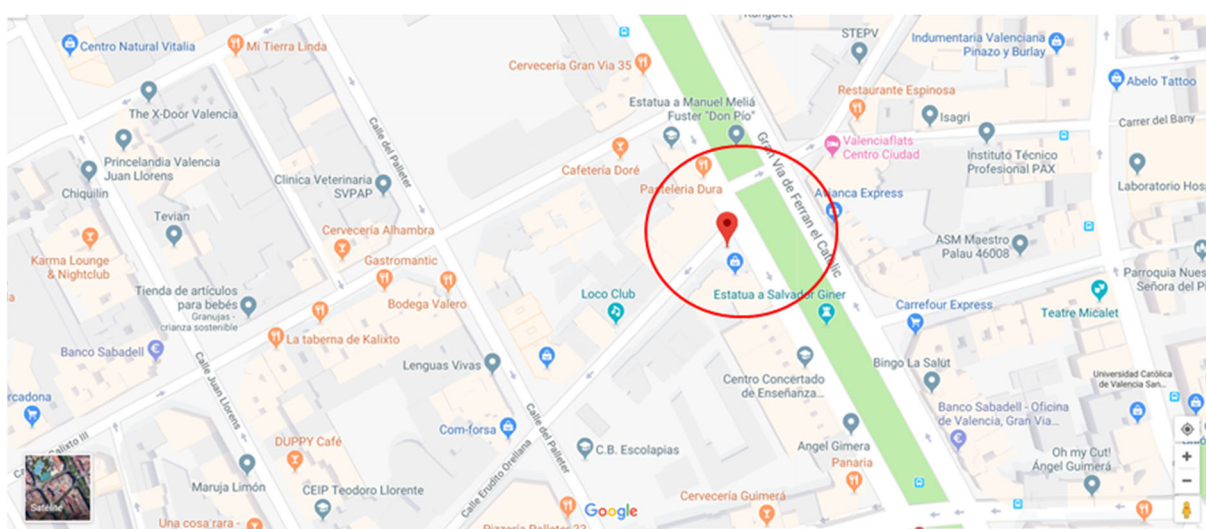


Figura I.10. Fotografía de la ubicación estación 23, GRAN VÍA FERNANDO EL CATÓLICO, localizada en la Calle Erudito Orellana, 2, 46008 Valencia (modificada de Google Maps)

Quando se miró no sólo la importancia de los nodos, sino que también se analizó las conexiones entre ellos más usuales (tabla I.4), se vio que, durante las mañanas, la conexión más importante se producía entre la estación 141 (C/ GREGORIO GEA (PEATONAL)) y la estación 17 (ESTACION RENFE I), siendo el primer nodo descrito la estación de salida y el segundo nodo mencionado la estación de llegada.

Tabla I.4. Conexiones más importantes en los diferentes momentos del día

Momento del día	Salida	Llegada	Peso
Mañana	141	17	914
	17	28	902
	17	80	871
Tarde	17	82	1222
	113	96	1222
	96	113	1144
Noche	92	96	1214
	102	112	1104
	96	99	1080

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor peso en cada una de las conexiones entre nodos en los diferentes momentos de un día promedio. En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

Por la tarde, la conexión más importante es la que se genera entre la estación 113 (ETS CAMINOS) y 96 (AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6). Interactuando entre sí tanto como estación de salida como de llegada respectivamente (ver figura I.11).

Sin embargo, por la noche, la conexión más importante se genera entre el nodo 92 (AVDA. DE ARAGON, 4 - ESQ AVDA BLASCO IBÁÑEZ) y el nodo 96 (AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6). Repitiéndose este último como una estación tanto de salida como de llegada en el mismo momento del día indicado.

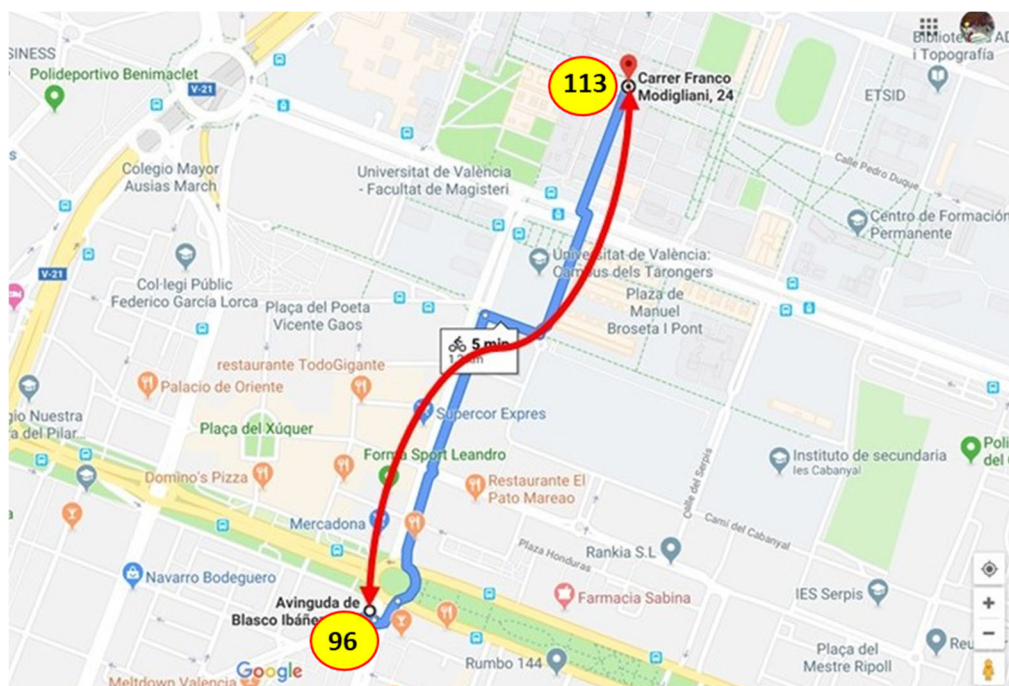


Figura I.11. Conexión más importante en la franja horaria de tarde (modificada de Google Maps)

Los nodos representados son: nodos 113 (ETS CAMINOS) y 96 (AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6). La línea roja señala la conexión (link) bidireccional entre ambos nodos (113 y 96) tanto de salida como de llegada en la franja horaria de la tarde. La línea azul indica la aproximación más posible de la ruta entre ambos nodos, que calcula el algoritmo utilizado por google maps y que considera el desplazamiento y distancia en bicicleta (no necesariamente por un carril bici) en la ciudad de Valencia.

I.4.1.2. Análisis de los movimientos producidos y la red generada durante las diferentes fases de la semana: entresemana y fin de semana.

Como ya hemos mencionado y descrito, la cantidad de movimientos e interacciones se llevan a cabo a todas las horas del día, teniendo picos de uso más altos en algunas franjas horarias y disminuciones del uso del SBC en otras. Para profundizar en este análisis de movimientos, es necesario conocer el uso y comportamiento del SBC tanto los días de entresemana como los fines de semana.

En la figura I.12 se puede observar el promedio de bicicletas en movimiento que se produjeron en el transcurso de un día tipo entresemana y fines de semana.

Como se puede ver, el uso de la bicicleta compartida los días entresemana es mayor que los fines de semana. Los picos de movimiento entresemana, se produce durante las 15:00 horas. Otros picos significativos ocurren sobre las 09:00 de la mañana y las 20:00 horas,

comportamiento similar al uso de la bicicleta en un día promedio. A partir de las 21:00 horas se produce un descenso del tráfico hasta pasadas las 06:00 de la mañana.

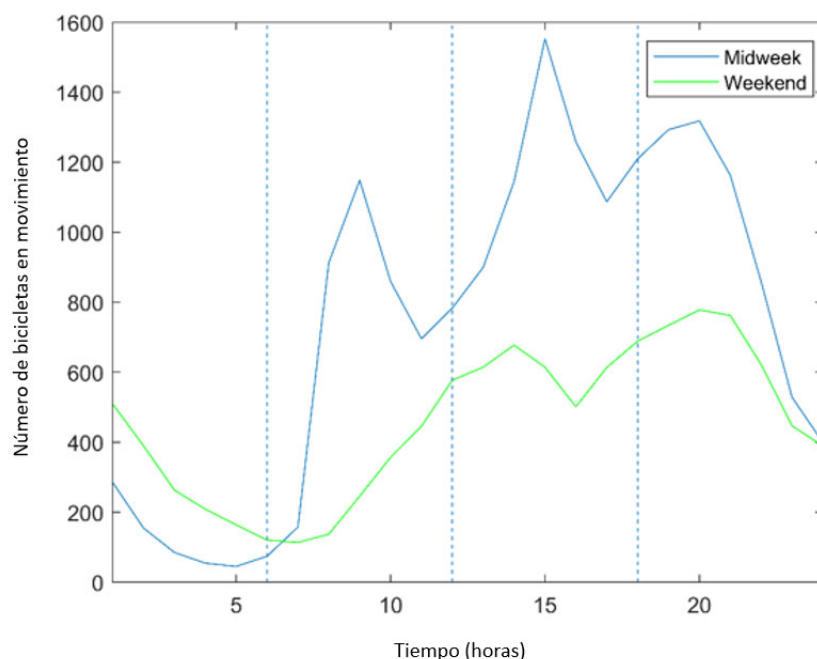


Figura I.12. Dinámica de los movimientos en un día promedio entre semana y fin de semana

Las líneas entre cortadas azules señalan las franjas horarias establecidas. La línea continua azul, representa el promedio de movimientos en bicicletas en un día tipo entre semana. La línea continua verde, indica el promedio de movimientos en bicicleta en un día tipo los fines de semana.

En cuanto al promedio de movimientos los fines de semana, el pico de movimiento se produce durante las 20:00 horas. Otro pico de movimiento se produce sobre las 14:00 horas. A partir de las 21:00 horas se produce un descenso del tráfico hasta pasadas las 08:00 de la mañana.

En las redes generadas con estos movimientos (figura I.13), se puede constatar que existe un mayor uso entre semana respecto a los fines de semana, siendo en el primer caso la red más extendida y en el segundo más concentrada.

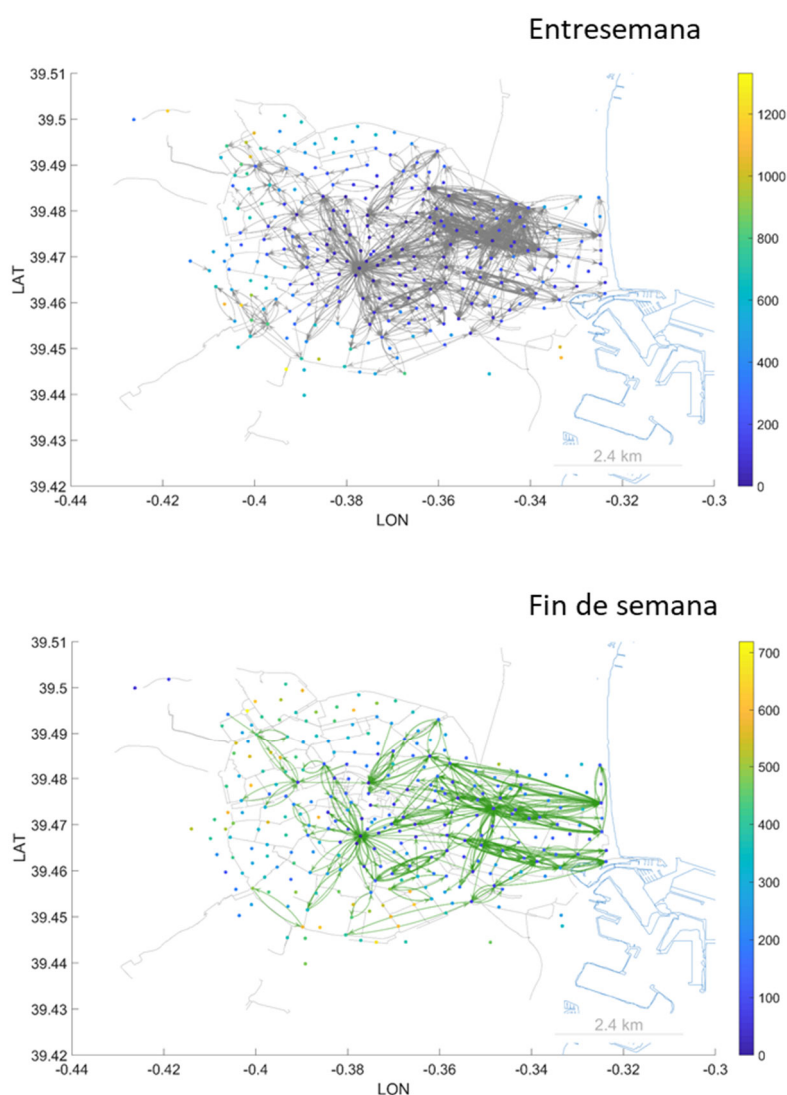


Figura I.13. Redes de movimiento entre nodos entresemana y fin de semana

Los paneles representan las redes de un día promedio entresemana y fin de semana respectivamente. Las líneas de diferentes colores representan los links (desplazamientos) entre nodos. Para mejorar la visualización tan solo están representados aquellos links con valores superiores a 600 movimientos. Los colores de los nodos representan el valor de intermediación (betweenness) que adquieren en cada franja. La línea gris representa los carriles bici de la ciudad de Valencia. La línea azul representa la línea de costa de la ciudad de Valencia.

En la tabla I.5 se representa los tres nodos con valores más altos en los parámetros analizados en los diferentes momentos de la semana. Como se puede observar el comportamiento entresemana y fin de semana no varía ostensiblemente, siendo los nodos más importantes en todos los parámetros prácticamente los mismo.

Tabla I.5. Resumen de los tres nodos más importantes en cada momento de la semana según el parámetro de centralidad analizado

Momento semana	Weight outdegree	Weight indegree	Outcloseness	Incloseness	Betweenness	Pagerank
Entre semana	17, 96, 102	17,96, 102	239, 188, 181	212, 259, 239	259, 249, 268	17, 96, 102
Fin de semana	17, 96, 36	17, 96, 36	255, 203, 179	23, 184, 192	240, 188, 239	17, 96, 36

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor valor en cada uno de los parámetros tanto los días promedio entre semana como los días de fin de semana. En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

La tabla I.6 representa las tres conexiones con valores más altos en cuanto al número de movimientos entresemana y fin de semana.

Entresemana, es posible observar que la conexión más importante es entre la estación 17 (ESTACION RENFE I) y la estación 82 (GUILLÉN DE CASTRO TORRES DE QUART). Estaciones que, entre ambas, tienen más de 2.500 conexiones alternando los roles tanto de llegada como de salida (ver figura I.14).

Tabla I.6. Conexiones más importantes en los diferentes momentos de la semana

Días	Salida	Llegada	Peso
Entresemana	17	82	2356
	82	17	2276
	17	06	2111
Fin de semana	102	112	612
	112	102	538
	96	99	530

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor peso en cada una de las conexiones entre nodos entresemana y fin de semana. En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

En relación con un día promedio de fines de semana, la conexión más importante en la red del SBC Valenbisi, se produjo entre la estación 102 (AVDA. RAMON LLUL) y la estación 112 (AVDA. DE LOS NARANJOS), con 612 conexiones respectivamente.

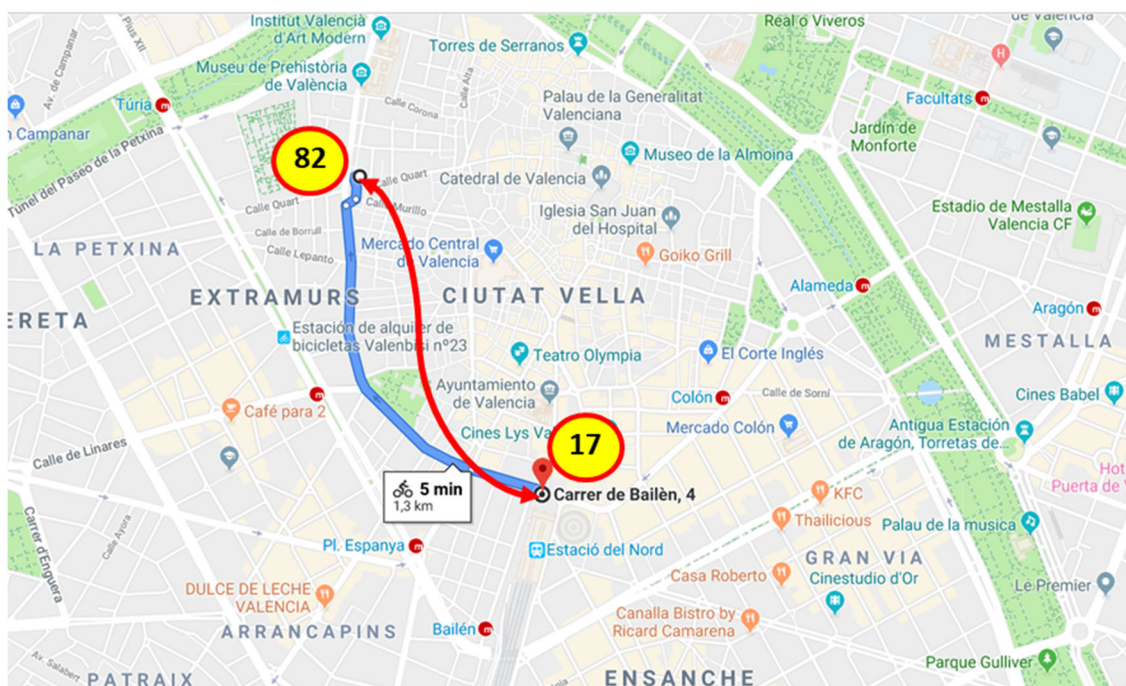


Figura I.14. Conexiones más importantes día promedio entre semana (modificada de Google Maps)

Los nodos representados son: nodos 17 (ESTACION RENFE I) y 82 (GUILLEN DE CASTRO TORRES DE QUART). La línea roja señala la conexión (link) bidireccional entre ambos nodos (17 y 82) tanto de salida como de llegada. La línea azul indica la aproximación más posible de la ruta entre ambos nodos, que calcula el algoritmo utilizado por google maps y que considera el desplazamiento y distancia en bicicleta (no necesariamente por un carril bici) en la ciudad de Valencia.

1.4.1.3. Análisis de los movimientos producidos y red generada durante las diferentes estaciones del año.

El análisis de movimientos de bicicletas en uso, permite conocer el comportamiento del SBC en los distintos factores analizados. Para ello, es necesario establecer una relación durante las distintas estaciones del año que permitan contrastar estos datos con los ya descritos anteriormente. Lo anterior, sugiere analizar y describir los movimientos de bicicletas en tránsito del sistema en invierno, primavera, verano y otoño.

En la figura I.15 se puede observar el promedio de bicicletas en movimiento que se produjeron en el transcurso de las diferentes estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño).

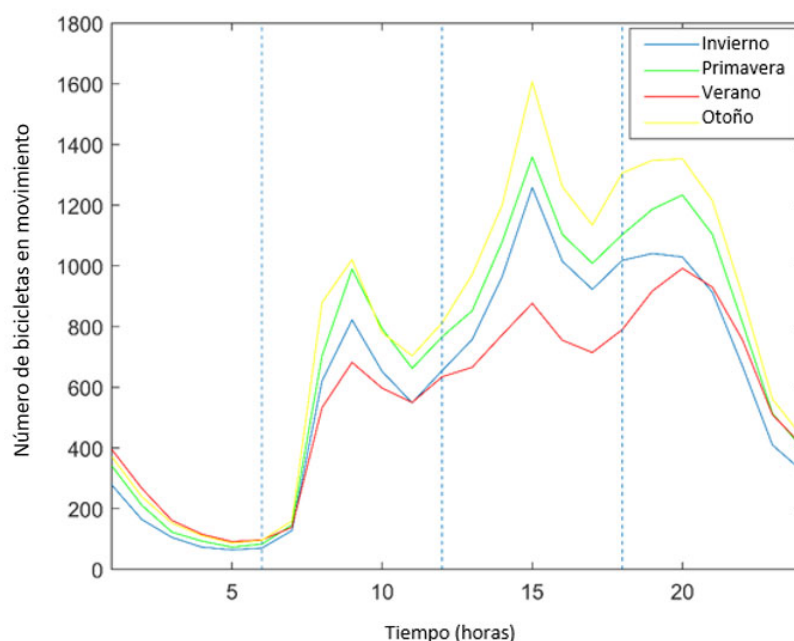


Figura I.15. Dinámica de los movimientos en las diferentes estaciones del año

Las líneas entre cortadas azules señalan las franjas horarias establecidas. La línea continua azul, representa el promedio de movimientos en bicicletas en un día promedio en invierno. La línea continua verde, indica el promedio de movimientos en bicicleta en un día promedio de primavera. La línea continua roja, señala los movimientos en bicicleta en un día promedio de verano. La línea continua amarilla, representa los movimientos en bicicleta en un día promedio de otoño. La línea segmentada azul, establece las franjas horarias de un día (mañana, tarde y noche).

Como se puede observar, los picos de mayor uso en cada estación (en sus proporciones) comparten un horario similar. Sobre las 15:00 horas se presenta el mayor uso de bicicletas en cada estación, posteriormente sobre las 20:00 horas, y finalmente sobre las 09:00 horas de la mañana. Los descensos se producen sobre las 21:00 horas hasta las 06:00 horas de la mañana respectivamente. En cuanto al uso de la bicicleta en el SBC, el otoño es la estación del año con un mayor pico de bicicletas con aproximadamente 1.600 movimientos sobre las 15:00 horas, seguido por la primavera, que registra sobre 1.300 movimientos, el invierno con sobre 1.200 movimientos y finalmente el verano que registra sobre los 800 movimientos en el mismo horario.

En los picos de mayor número de bicicletas en movimiento anteriormente mencionados, es posible observar que el otoño lidera el registro de uso en cada momento del día, seguido por la primavera, posteriormente el invierno y finalmente el verano. Siendo curioso que este último si bien registra los movimientos de bicicletas más bajos en cada franja horaria, es la

estación que termina por tener mayor número de bicicletas en movimiento en el descenso (sobre las 00:00 horas).

Las redes generadas se pueden visualizar en la figura I.16.

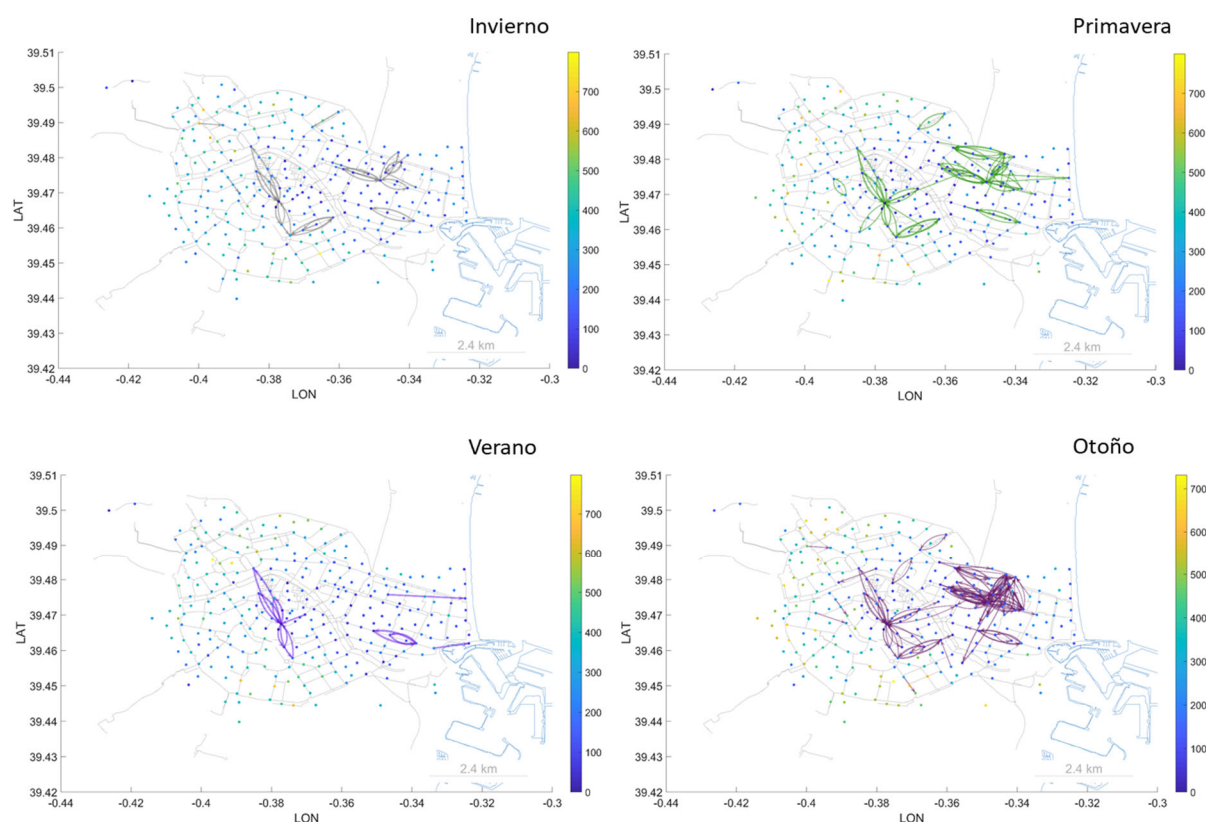


Figura I.16. Redes de movimiento entre nodos en las diferentes estaciones del año

Los paneles representan las redes de las diferentes estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño). Las líneas de diferentes colores representan los links (desplazamientos) entre nodos. Para mejorar la visualización tan solo están representados aquellos links con valores superiores a 600 movimientos. Los colores de los nodos representan el valor de intermediación (betweenness) que adquieren en cada franja. La línea gris representa los carriles bici de la ciudad de Valencia. La línea azul representa la línea de costa de la ciudad de Valencia. Para cambiar el tamaño de la visualización consultar <https://figshare.com/s/cf377d871552ab48a65c>.

La tabla I.7 representa los tres nodos con valores más altos en los parámetros analizados en las diferentes estaciones del año. Como se observa, la estación 17 (ESTACION RENFE I), 96 (AVDA. BLASCO IBÁÑEZ 6), 79 (AVDA. ARAGÓN II) y 102 (AVDA. RAMÓN LLUL), cobran una gran importancia en todas las estaciones del año tanto para el número de veces de salida (weight outdegree) como de llegada (weight indegree) de una bicicleta de un nodo a otro. Asimismo, son estaciones (exceptuando al nodo 79) que cobran un nivel de importancia en el pagerank,

que supone el número de interacciones de un nodo a otro, incluyendo al nodo 92 (AVDA. DE ARAGÓN, 4 - ESQ AVDA BLASCO IBÁÑEZ) en la estación de primavera y al nodo 36 (PZA. LOS FUEROS CONDE TRENOR) en la estación de verano.

Tabla I.7. Resumen de los tres nodos más importantes en cada estación del año según el parámetro de centralidad analizado

Estaciones del año	Weight outdegree	Weight indegree	Outcloseness	Incloseness	Betweenness	Pagerank
Invierno	17, 96, 102	17, 96, 102	173, 255, 142	184, 49, 228	184, 228, 226	17, 96, 102
Primavera	17, 96, 92	17, 96, 102	259, 138, 185	245, 145, 262	259, 204, 271	17, 96, 92
Verano	17, 96, 79	17, 96, 79	27, 229, 191	146, 139, 183	204, 146, 191	17, 96, 36
Otoño	17, 96, 102	17, 96, 102	244, 67, 125	250, 12, 247	186, 244, 215	17, 96, 102

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor valor en cada uno de los parámetros en las distintas estaciones del año. En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

En relación a los nodos de mayor valor en cuanto a la intermediación de la red en las distintas estaciones del año, se apreciaron en los nodos 184 (CALLE BOMBER RAMÓN DUART) en la estación de invierno, 259 (CALLE PIO IX POLIDEPORTIVO RAMBLETA) en la estación de primavera, 204 (AVDA. GENERAL AVILES) en la estación de verano y en el nodo 186 (CALLE INGENIERO JOAQUÍN BENLLOCH) en la estación de otoño. Cabe destacar que el nodo 259, de mayor valor de intermediación en primavera, también es el nodo de mayor intermediación en un día promedio entresemana (ver figura I.17).



Figura I.17. Nodos con mayor intermediación en las diferentes estaciones del año (modificada de Google Maps)

Los nodos representados son: nodos 184 (CALLE BOMBER RAMÓN DUART) en la estación de invierno, 259 (CALLE PIO IX POLIDEPORTIVO RAMBLETA) en la estación de primavera, 204 (AVDA. GENERAL AVILES) en la estación de verano y nodo 186 (CALLE INGENIERO JOAQUÍN BENLLOCH) en la estación de otoño.

En la tabla I.8 se listan las conexiones más importantes entre nodos en las diferentes estaciones del año.

Respecto a los nodos con mayor valor de conexiones tanto de salida como de llegada en cada una de las estaciones, es posible observar que el nodo 102 (AVDA. RAMÓN LLUL) como punto de salida y el nodo 112 (AVDA. DE LOS NARANJOS) como punto de llegada, se produce como la conexión más importante tanto en la estación de invierno (661 conexiones) como en la estación de otoño (994 conexiones).

Del mismo durante la primavera, se establece como la conexión más importante (773 conexiones) al nodo 17 (ESTACION RENFE I) como punto de salida y al 82 (GUILLÉN DE CASTRO TORRES DE QUART) como punto de llegada.

Tabla I.8. Conexiones más importantes en las diferentes estaciones del año

Días	Salida	Llegada	Peso
Invierno	102	112	661
	17	82	586
	82	17	557
Primavera	17	82	773
	17	6	698
	82	17	655
Verano	69	65	536
	17	82	526
	17	6	509
Otoño	102	112	994
	17	82	929
	82	17	916

Los números representan las estaciones de Valenbisi que tienen un mayor peso en cada una de las conexiones entre nodos en las diferentes estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño). En el ANEXO 1 se puede consultar la geolocalización de estas estaciones.

I.4.2. Diferencias de medias en función de la hora del día, momento de la semana y estaciones del año

I.4.2.1. Hora del día

Al comparar las medias de los diferentes momentos del día (mañana, tarde y noche), en el análisis multivariante se encontraron diferencias significativas $F(12) = 55,17$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,37$. Posteriormente se comprobó que en los análisis univariados tan sólo las variables promedio $F(1,64, 452,93) = 146,272$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,34$, weight indegree $F(1,38, 381,09) = 136,499$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,33$, weight outdegree $F(1,64, 452,93) = 146,272$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,34$, incloseness $F(2, 550) = 107,689$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,28$ y outcloseness $F(2,550) = 77,647$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,22$ presentaron diferencias entre al menos uno de los momentos.

Respecto a las comparaciones por pares, en la tabla I.9 es posible observar en relación al promedio de movimientos, el momento de mañana presenta diferencias significativas ($p < 0,001$) cuando se compara con los otros dos momentos del día (tarde y noche).

Significancia que no existe cuando se comparan los movimientos promedio entre la tarde y la noche. El momento de tarde es el que presenta mayor número de movimientos, seguido por el momento de noche y posteriormente el momento de mañana.

En cuanto al resto de variables en la tabla I.9 se puede ver todas las comparaciones.

Tabla I.9. Comparación entre el momento del día de los parámetros de centralidad analizados

	Media	Desviación estándar	Post-hoc momento(a)-momento(b); probabilidad
Promedio día mañana (1)	13,98	9,07	1-2: p<0,001
Promedio día tarde (2)	22,26	15,58	1-3: p<0,001
Promedio día noche (3)	21,44	15,88	2-3: p>0,001
Weight indegree mañana (1)	4866,20	4038,24	1-2: p<0,001
Weight indegree tarde (2)	7746,66	5227,32	1-3: p<0,001
Weight indegree noche (3)	7460,07	5283,27	2-3: p>0,001
Weight outdegree mañana (1)	4866,20	3157,03	1-2: p<0,001
Weight outdegree tarde (2)	7746,66	5421,53	1-3: p<0,001
Weight outdegree noche (3)	7460,07	5525,08	2-3: p>0,001
Incloseness mañana (1)	1,84E-03	1,35E-04	1-2: p<0,001
Incloseness tarde (2)	1,78E-03	1,36E-04	1-3: p<0,001
Incloseness noche (3)	1,78E-03	1,36E-04	2-3: p>0,001
Outcloseness mañana (1)	1,84E-03	1,28E-04	1-2: p<0,001
Outcloseness tarde (2)	1,79E-03	1,42E-04	1-3: p<0,001
Outcloseness noche (3)	1,78E-03	1,43E-04	2-3: p>0,001
Betweenness mañana (1)	256,08	126,47	N.S
Betweenness tarde (2)	271,22	180,82	
Betweenness noche (3)	272,88	194,02	
Pagerank mañana (1)	3,62E-03	2,46E-03	N.S
Pagerank tarde (2)	3,62E-03	1,84E-03	
Pagerank noche (3)	3,62E-03	1,90E-03	

N.S. señala diferencias no significativas entre todas las estaciones $p>0.05$

I.4.2.2. Momento de la semana

Cuando se compararon los momentos de la semana, en el análisis multivariante encontramos diferencias significativas $F(6) = 419,26$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,90$. Posteriormente se comprobó que en los análisis univariados tan sólo las variables promedio $F(1,275) = 583,475$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,68$, weight indegree $F(1,275) = 560,761$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,67$, weight outdegree $F(1,275) = 583,475$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,68$, incloseness $F(1,275) = 848,005$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,75$, outcloseness $F(1,275) = 631,949$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,69$ y betweenness $F(1,275) = 12,370$; $p < 0,005$; $\eta^2 = 0,04$ presentaron diferencias en todos los momentos.

Respecto a las comparaciones por pares, en la figura I.18 es posible observar que, respecto al promedio de movimientos, en el factor de intermediación (betweenness) existió diferencias significativas ($p < 0,005$).

El momento del día entresemana presenta mayor número de movimientos promedio que los fines de semana.

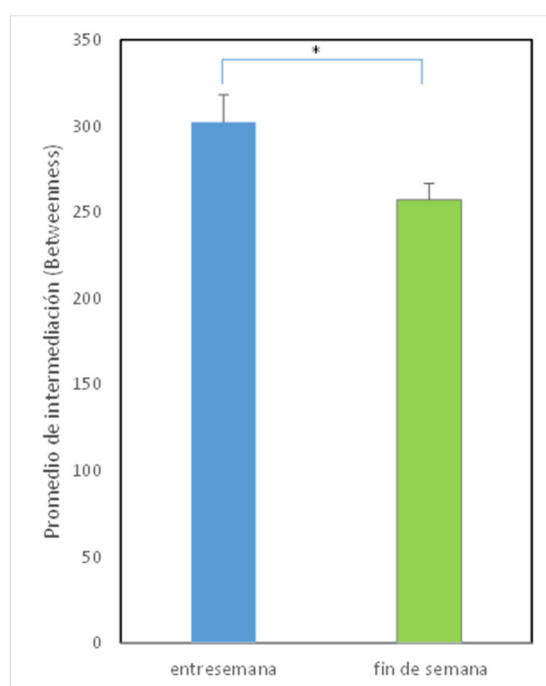


Figura I.18. Factor de intermediación entresemana y fin de semana

*El * señala diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los momentos de la semana.*

En cuanto al resto de variables en la tabla I.10 se puede ver todas las comparaciones.

Tabla I.10. Comparación entre el momento de la semana de los parámetros de centralidad analizados

	Media	Desviación estándar	Post-hoc momento(a)-momento(b); probabilidad
Promedio entresemana (1)	58,03	39,00	1-2: p<0,001
Promedio fin de semana (2)	14,69	10,61	
Weight indegree entresemana (1)	16017,24	10907,88	1-2: p<0,001
Weight indegree fin de semana (2)	4055,69	2876,32	
Weight outdegree entresemana (1)	16017,24	10763,28	1-2: p<0,001
Weight outdegree fin de semana (2)	4055,69	2927,18	
Incloseness entresemana (1)	1,67E-03	1,51E-04	1-2: p<0,001
Incloseness fin de semana (2)	1,83E-03	1,32E-04	
Outcloseness entresemana (1)	1,68E-03	1,62E-04	1-2: p<0,001
Outcloseness fin de semana (2)	1,83E-03	1,34E-04	
Betweenness entresemana (1)	302,21	263,17	1-2: p<0,005
Betweenness fin de semana (2)	257,29	156,31	
Pagerank entresemana (1)	3,62E-03	1,94E-03	N.S
Pagerank fin de semana (2)	3,62E-03	2,01E-03	

N.S. señala diferencias no significativas entre todas las estaciones $p>0.05$

I.4.2.3. Estación del año

Cuando se compararon las estaciones del año, en el análisis multivariante encontramos diferencias significativas $F(21)=89,79$; $p<0,001$; $\eta^2=0,43$. Posteriormente se comprobó que en los análisis univariados tan sólo las variables promedio $F(3,825)= 612,429$; $p<0.001$; $\eta^2=0,69$, weight indegree $F(1.47, 404.94)= 237,091$; $p<0.001$; $\eta^2=0,46$, weight outdegree $F(1.47, 406.52)= 239,919$; $p<0.001$; $\eta^2=0,46$, incloseness $F(3,825)= 20,402$; $p<0.001$; $\eta^2=0,69$ y outcloseness $F(3,825)= 17,760$; $p<0.001$; $\eta^2=0,61$ presentaron diferencias entre al menos uno de los momentos.

Respecto a las comparaciones por pares, en la figura I.19 es posible observar que respecto al promedio de movimientos/día en las diferentes estaciones del año, existió diferencias

significativas ($p < 0,001$) en cada una de las estaciones. Siendo el otoño seguido de la primavera, las estaciones con mayor promedio de movimientos.

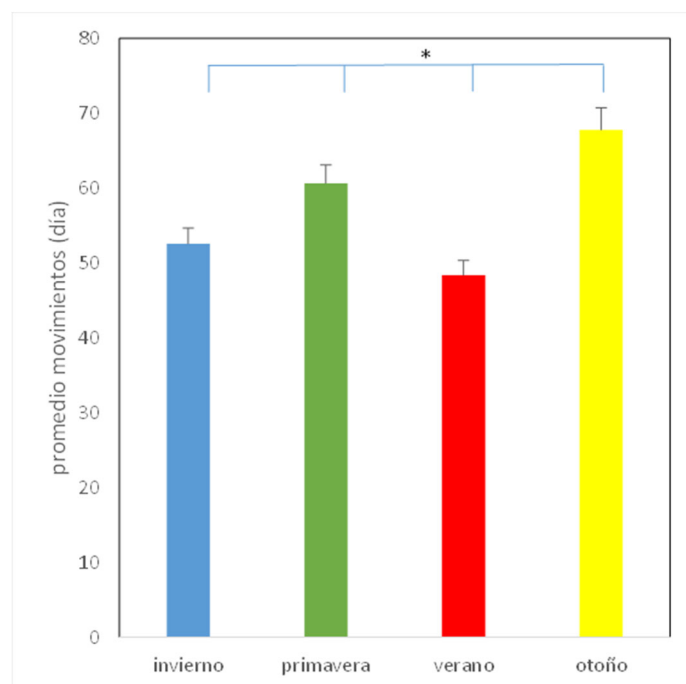


Figura I.19. Promedio de movimiento en función de la estación

*El * señala diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre todas las estaciones*

Respecto a las otras variables que calculamos, en la tabla I.11 se puede consultar sus valores descriptivos, así como los contrastes post-hoc realizados.

Tabla I.11. Comparación entre las estaciones de los parámetros de centralidad analizados

	Media	Desviación estándar	Post-hoc momento(a)-momento(b); probabilidad
Weight indegree invierno (1)	4310,16	2915,10	1-2: $p < 0,001$
Weight indegree primavera (2)	5338,55	3589,03	1-3: $p < 0,001$
Weight indegree verano (3)	3918,98	2647,27	1-4: $p < 0,001$
Weight indegree otoño (4)	5898,53	4236,13	2-3: $p < 0,001$
			2-4: $p < 0,001$
			3-4: $p < 0,001$
Weight outdegree invierno (1)	4310,16	2893,47	1-2: $p < 0,001$
Weight outdegree primavera (2)	5338,55	3552,64	1-3: $p < 0,001$
Weight outdegree verano (3)	3918,98	2622,69	1-4: $p < 0,001$
Weight outdegree otoño (4)	5898,53	4210,12	2-3: $p < 0,001$
			2-4: $p < 0,001$
			3-4: $p < 0,001$

Tabla I.11. Continuación...

	Media	Desviación estándar	Post-hoc momento(a)-momento(b); probabilidad
Incloseness invierno (1)	1,82E-03	1,34E-04	1-2: p<0,001
Incloseness primavera (2)	1,80E-03	1,35E-04	1-3: p>0,001 1-4: p<0,001
Incloseness verano (3)	1,82E-03	1,32E-04	2-3: p<0,001
Incloseness otoño (4)	1,79E-03	1,31E-04	2-4: p>0,001 3-4: p<0,001
Outcloseness invierno (1)	1,82E-03	1,32E-04	1-2: p<0,005
Outcloseness primavera (2)	1,80E-03	1,40E-04	1-3: p>0,001 1-4: p<0,001
Outcloseness verano (3)	1,83E-03	1,40E-04	2-3: p<0,001
Outcloseness otoño (4)	1,80E-03	1,44E-04	2-4: p>0,001 3-4: p<0,001
Betweenness invierno (1)	261,66	132,87	N.S
Betweenness primavera (2)	265,70	161,92	
Betweenness verano (3)	259,83	145,75	
Betweenness otoño (4)	267,78	164,00	
Pagerank invierno (1)	3,62E-03	1,93E-03	N.S
Pagerank primavera (2)	3,62E-03	1,91E-03	
Pagerank verano (3)	3,62E-03	1,94E-03	
Pagerank otoño (4)	3,62E-03	2,03E-03	

N.S. señala diferencias no significativas entre todas las estaciones $p>0.05$

I.4.3. La climatología y el uso de Valenbisi

Antes de establecer cómo el tiempo atmosférico influye sobre los movimientos de los usuarios de Valenbisi, es necesario conocer los cambios que estos parámetros tienen a lo largo de un año, o incluso durante un día. En la figura I.20 aparecen los valores de temperatura, humedad y viento por horas durante los meses julio de 2017 hasta junio de 2018. En la figura I.21 se incluye el comportamiento del parámetro NET.

En relación a la temperatura durante la temporada 2017-2018, en el panel superior se puede observar que las altas temperaturas se generan en las estaciones de primavera y verano, principalmente en las franjas horarias de la tarde (12:00 a 18:00 horas). Del mismo modo, las

bajas temperaturas, se corresponden a las estaciones de otoño e invierno, principalmente en las franjas horarias de mañana y de noche.

Es interesante comentar respecto a la humedad, que se mantiene constante durante todo el año. Como se aprecia en el panel intermedio de la figura I.20, los índices más altos de humedad se generan en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la noche.

En cuanto al panel inferior, que hace referencia al viento, es posible observar que, a lo largo del año, no hay altos índices de viento, exceptuando entre los meses de enero y abril en los horarios de medio día.

Con relación al NET (temperatura efectiva neta), en la figura I.21 se aprecia que la temperatura cambia según estación del año. En primavera y verano la NET es mayor, mientras que, en otoño e invierno, este valor disminuye. Básicamente creemos que tiene un comportamiento similar a la temperatura debido a que la humedad es constante en el transcurso del año.

Como primer paso en nuestro análisis del tiempo atmosférico y el uso de Valenbisi, queremos expresar cuales son los valores promedio de las temperaturas y otros parámetros a lo largo del año testado. En la tabla I.12 se observan los valores descriptivos de estas variables.

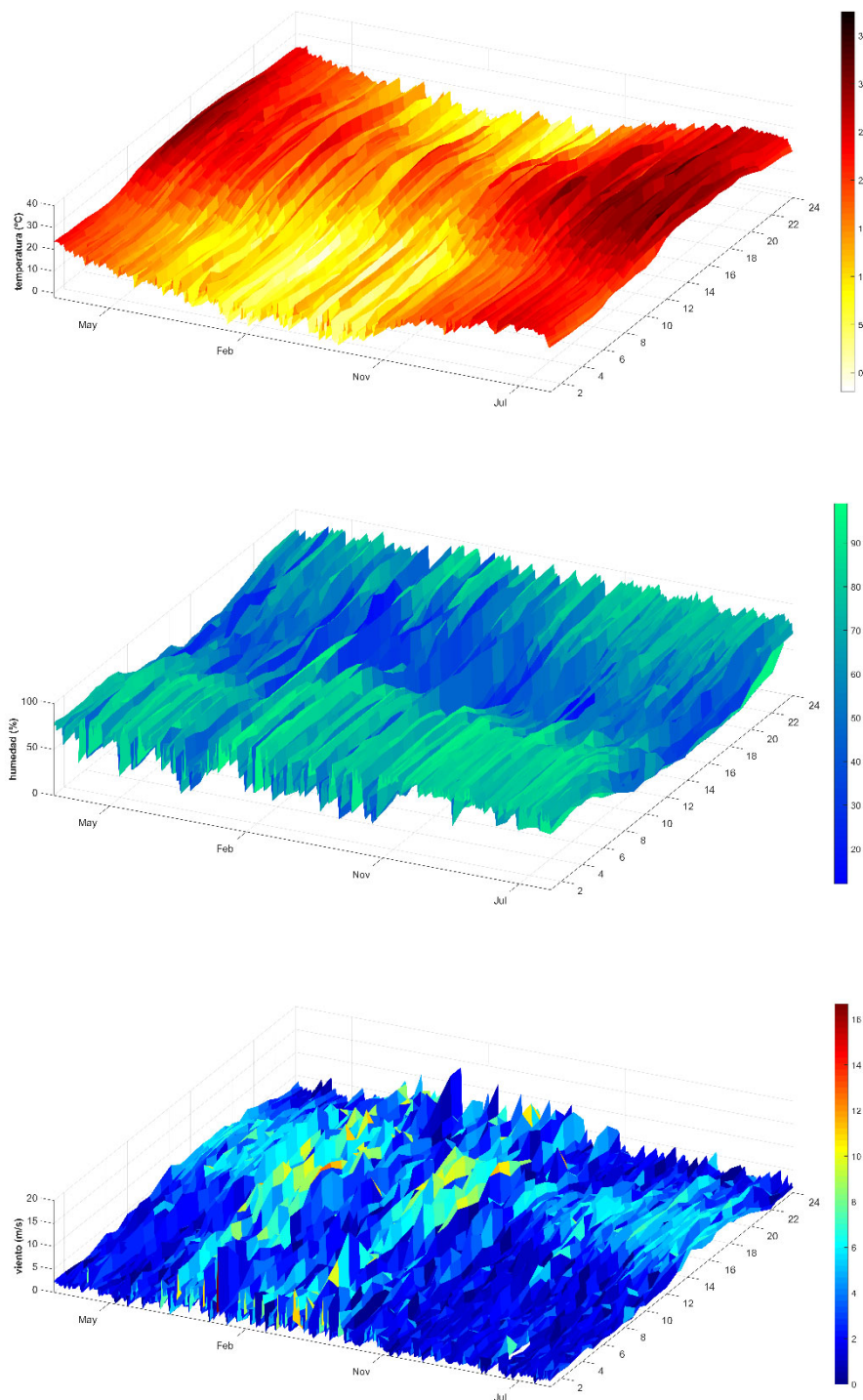


Figura I.20. Comportamiento de la temperatura, humedad y viento del periodo analizado

En el eje x aparece las horas del día (24 horas). En el eje y los días del año (365 días comprendidos entre julio de 2017 y junio de 2018). El eje z expresa en cada uno de los paneles un parámetro diferente.

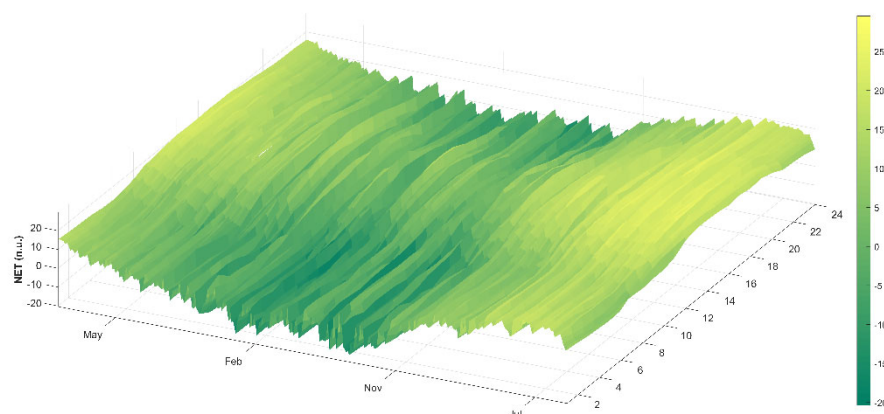


Figura I.21. Comportamiento del parámetro NET (*Net effective temperature*) del periodo analizado

El parámetro NET muestra el comportamiento de la temperatura corregido en función del viento y la humedad relativa de acuerdo con la ecuación propuesta originalmente por Hentschel en 1987 y reformulada por Li y Chan en 2000 (88). En el eje x aparece las horas del día (24 horas). En el eje y los días del año (365 días comprendidos entre julio de 2017 y junio de 2018). El eje z representa el parámetro calculado NET.

En la tabla I.12 se puede observar que en relación humedad, la máxima promedio en el transcurso de un año fue del 93 % y la mínima promedio es de 31,96 %. Del mismo modo la temperatura máxima y mínima promedio es 29,61 °C y a los 5,27 °C respectivamente.

Tabla I.12. Estadísticos descriptivos de los factores climático de los días analizados en el estudio

	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Viento (m/s)	NET (n.u.)
N	365	365	365	365
Media	17,40	61,84	3,44	5,99
Mediana	17,60	63,29	2,96	6,15
Desviación estándar	6,36	11,91	1,63	8,79
Mínimo	5,27	31,96	1,08	-10,83
Máximo	29,61	93,00	9,79	21,53

Tabla I.12. Continuación...

		Temperatura	Humedad	Viento	NET
		(°C)	(%)	(m/s)	(n.u.)
Percentiles	10	8,76	45,07	1,80	-5,99
	20	10,87	51,32	2,25	-2,64
	30	13,10	55,60	2,52	-0,03
	40	15,26	59,26	2,77	2,93
	50	17,60	63,29	2,96	6,15
	60	19,62	66,01	3,30	9,35
	70	21,57	69,30	3,62	12,05
	80	23,87	72,25	4,25	14,97
	90	26,40	76,33	5,92	18,58

En la figura I.22 se muestra el cambio de temperatura diario y el número de movimientos promedio de cada uno de los días.

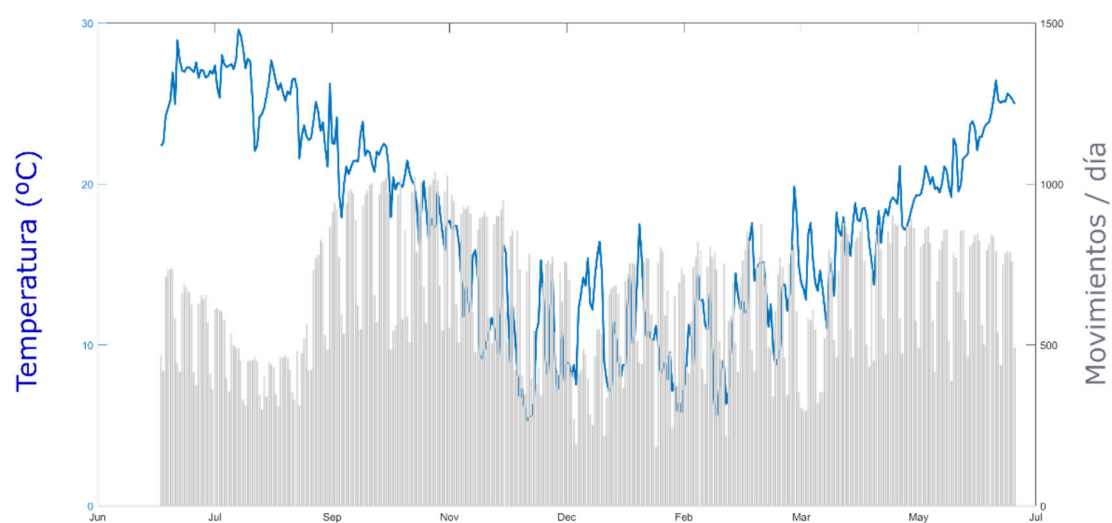


Figura I.22. Movimientos totales día y la temperatura promedio/día temporada 2017-2018

La línea azul representa la temperatura. Las barras grises representan los movimientos totales durante el día en el transcurso del año testado.

Es interesante describir que cuando hay altas temperaturas, hay una disminución de movimientos. Comportamiento similar hay cuando la temperatura es muy baja.

Obviamente esta figura no es suficiente para establecer una relación entre estos factores. Por ello, hemos decidido establecer un ajuste polinomial, entre los datos de temperatura registrados a las horas intermedias del día y los movimientos producidos a las horas citadas. El ajuste da como resultado un modesto valor de $R^2 = 0,13$. En la figura I.23 es posible observar la forma del ajuste (i.e. cuadrático negativo) del comportamiento de los movimientos en función de la temperatura.

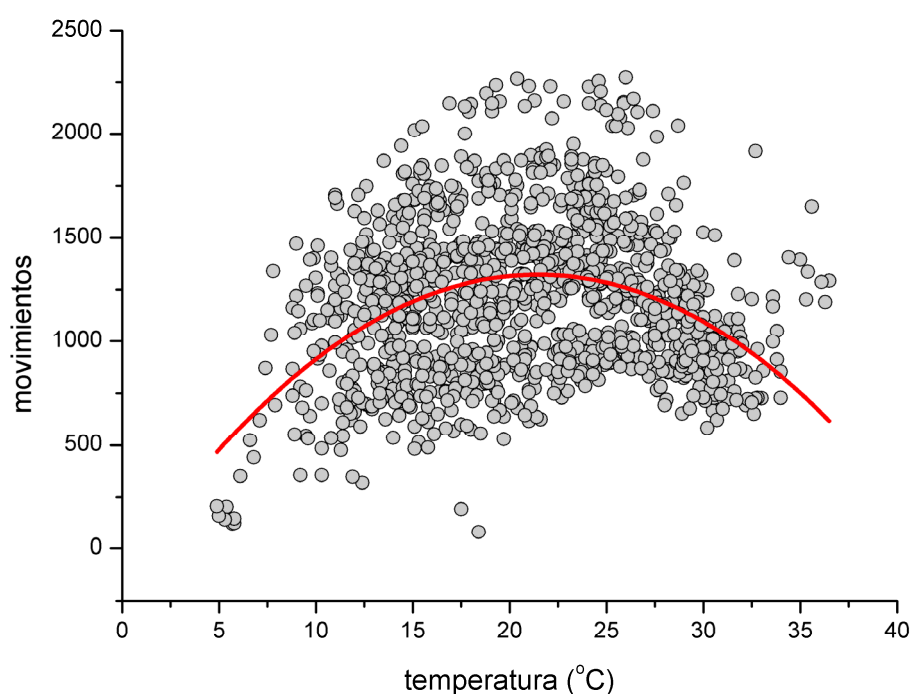


Figura I.23. Curva de ajuste de los movimientos totales día en relación con la temperatura promedio /día temporada 2017-2018

La línea roja representa el ajuste de la ecuación cuadrática empleada que relaciona ambos factores

I.5. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos de este estudio, los movimientos de las personas usuarias del SBC de la ciudad de Valencia, “Valenbisi”, varía según momento del día, momento de la semana y según la estación del año. Este comportamiento, además, está relativamente influenciado por los factores climáticos analizados como la temperatura, la humedad, el viento y la NET. En este trabajo hemos explorado la influencia de los diferentes factores en la movilidad de las personas de la ciudad de Valencia.

A continuación, se desglosará cada uno de ellos y se pondrán en valor con las investigaciones que le preceden.

El momento del día es un factor muy analizado en la literatura científica. El hecho de que los seres humanos cambien su comportamiento en función de sus biorritmos, ha sido comprobado a lo largo de los últimos años en infinidad de estudios. Las franjas horarias que categorizan los momentos del día, dependen del país y de la estación del año en que se encuentre, de manera que, en vista de optimizar el uso de luz solar, y por consecuencia, considerar un importante ahorro de energía, se van adelantando o atrasando las horas del día en relación con otros continentes. Del mismo modo, las franjas horarias se pueden establecer en función del objeto de estudio y los objetivos que este persigue.

En nuestro estudio, como se ha mencionado anteriormente en el apartado de material y métodos, se han definido 3 franjas horarias estructuradas en momentos de mañana, que considera de las 6:00 am a las 12:00 pm, momentos de tarde, de 12:01 pm a 18:00 pm, y momentos de noche, que comprende de las 18:01 pm hasta las 5:59 am. Las franjas horarias establecidas en cada uno de los estudios analizados y citados, son por lo general una consideración de los investigadores según la geografía y clima de la ciudad testada, así como también las horas de productividad y recreativas de las personas habitantes de cada localidad, en este caso, Valencia.

Los resultados de nuestro estudio afirman que, en las tardes y las noches, existen diferencias significativas de movimientos comparado con el momento de la mañana. Esto dado a que, en las tardes y noches, los momentos picos de movimientos promedio se producen en horarios

en donde posiblemente los trabajadores y estudiantes terminan sus jornadas laborales para destinar tiempo a otro tipo de actividades recreativas y de ocio (88). Las franjas horarias pertenecen a momentos del día que, dependiendo los objetivos del estudio, las variables y el lugar analizado, se expresarán en resultados similares o que difieren al expuesto en nuestro trabajo.

En un estudio muy parecido al nuestro, que analiza el patrón de movimiento de los usuarios del SBC realizado en la ciudad de Múnich, Alemania (2015), el comportamiento del uso promedio en los momentos del día, es similar a los resultados obtenidos en nuestro estudio. Los resultados muestran que posterior a las 20:00 horas, el flujo de movimientos disminuye considerablemente, teniendo un repunte posterior a las 06:00 am. Coincide además con nuestro estudio en 2 de los 3 picos de movimientos del día, en los que destaca el de las 09:00 am y el de las 20:00 pm, presentando una disminución del flujo alrededor de las 23:00 horas (93) .

En otro estudio realizado en Toronto (2017) sobre los efectos del entorno construido y el clima en la demanda del uso de la bicicleta compartida, establece franjas horarias en 5 momentos del día: momento de mañana (06:01 am-10:00am); del medio día (10:01 am a 14:00 pm); de la tarde (14:01 pm-18: 00 pm); de noche (18:01 pm-23: 00 pm) y madrugada (23:01 pm-6: 00); (71). Asimismo, consideró datos meteorológicos que incluyeron factores como la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, la sensación térmica y la nieve en suelo para momentos del día. Los datos el año testado (2013) sobre el uso de la bicicleta compartida, incluyeron datos asociados a la fecha, hora y duración del viaje de origen y destino. En él, los momentos del día con mayor demanda de uso se concentraron en horas pico principalmente de medio día y de tarde.

Estudios sobre el impacto del SBC en las ciudades y sus formas de uso antes y después de la expansión del modelo, fue el realizado en Zhongshan, China (2016), el cual estableció franjas horarias para aquellos picos de demanda en momentos del día. En ese contexto, los picos de la mañana se consideraron entre las 07:00 am y las 09:00 am. En tanto los picos de la tarde establecieron una franja común en el uso del SBC entre las 17:00 pm y las 19:00 pm. En este estudio, fueron testados los meses de marzo de tres años consecutivos (2012, 2013 y 2014),

en donde los resultados ponen en manifiesto que el promedio de viajes por hora es mayor en las tardes que en momentos de mañana.

Al igual que en nuestro estudio, es posible observar que en todas las investigaciones analizadas que hablan sobre franjas horarias, prevalece el mayor uso de movimientos por la tarde, seguido de la noche y finalmente de mañana. El análisis que hacen los investigadores de estos comportamientos obedecen particularmente a los tiempos que tienen las personas para realizar otro tipo de actividades durante la tarde, en los momentos posteriores a la jornada laboral y escolar (94).

En relación a los momentos de la semana, el concepto de semana propiamente tal, universalmente considera el periodo de tiempo al cual pertenecen los 7 días que la componen (de domingo a sábado). Socialmente fue subdividida para estructurar organizacionalmente las jornadas laborales y escolares con aquellos días de descanso o cambios de rutina.

Se les denominó días entresemana, a aquellos días que no consideraban ni el primer día de la semana (domingo) ni el último (sábado), es decir, de lunes a viernes. Así como fines de semana, a los sábados y domingos.

Particularmente es un patrón común en investigación científica, que se establezcan comparaciones de los factores y objetos de estudio en los diferentes momentos del día y de la semana. En nuestro caso, permitirá establecer relaciones del comportamiento de personas usuarias del SBC y cómo estas se movilizan en relación a los momentos mencionados.

Los resultados de nuestro estudio, proyectan que el flujo de usuarios en movimiento es significativamente mayor entresemana que los fines de semana, donde posiblemente existe un mayor número de usuarios del SBC que utiliza la bicicleta como un medio de transporte laboral y que coincide con la cantidad de carriles bici construidos y habilitados para su uso (88). Este comportamiento, también se replica en otros contextos, donde el pico de movimientos y uso del SBC entresemana se produce en jornadas de tarde (68).

El mayor uso del SBC entresemana en comparación con los fines de semana, podría explicarse de cierta forma, debido a que las condiciones de suscripción de algunas empresas implican un mínimo de edad. Por lo que, en actividades de fines de semana, que, por lo general, suelen

ser de carácter familiar y recreativa, los niños de la familia con edad inferior al mínimo de suscripción, deben utilizar bicicletas particulares en vez que aquellas que ofrece el sistema (69). En nuestro caso, esta hipótesis puede ser válida, dado a que el mínimo de edad para suscribirse que establece la empresa que pone en marcha el SBC en la ciudad de Valencia, Valenbisi, es de 16 y 17 años mínimo (95). Para esta medida, puede que hayan sido considerados algunos factores como, por ejemplo, las características de la bicicleta habilitada para este sistema, que tiene un peso y un tamaño que podría perjudicar el uso y traslado de un niño o niña menor de 16 años de edad. En este contexto, la restricción en la edad de suscripción al SBC también se replica en otras ciudades como en Brisbane, Australia (2014), donde se realizó un estudio sobre el impacto de factores externos en el uso y la distribución espacial del sistema de bicicletas compartidas también fue mayor los días de entresemana respecto al números de movimientos realizados el fin de semana (72).

En ese escenario, estudios del promedio de viajes realizados durante el año 2013 del SBC de Múnich, Alemania (2015), analizó el comportamiento de la demanda de uso del modelo en distintos momentos de la semana, comparándolo con el modelo de vehículos compartidos. Los resultados de este estudio son similares a los que nuestro trabajo expone, dado a que el artículo realizado en Alemania, señala que los picos de movimientos en los momentos de entresemana, son a las 09:00 am, a las 14:00 pm y a las 20:00 pm respectivamente. Mientras que los picos de movimientos los fines de semana, se producen en horarios de 15:00 y 20:00 horas (93).

En China (2016), para efectos de estudio del comportamiento de la red funcional del SBC, los resultados exponen que, al igual que en nuestro estudio, el uso y la frecuencia del SBC es mayor los días de entresemana que los fines de semana, comportamiento que se explica dado a que este medio de transporte activo, es utilizado principalmente con fines laborales de traslado (94).

En Singapur (2018), respecto al comportamiento de uso del SBC en los momentos de semana, estos tuvieron, a diferencia de nuestro estudio, un mayor flujo de bicicletas los fines de semana que algunos días de entresemana. Lo anterior puede explicarse, dado a que en los días testados (9 días, de miércoles de una semana a jueves de la semana siguiente), la empresa

que instala en SBC en la ciudad, puso a disposición de los suscriptores, promociones de uso gratuito los 30 primeros minutos los fines de semana y una franja gratuita (06:00 am a 20:00 horas) de uso los días entresemana (74). Fomentando así, a través de un incentivo como la gratuidad, el uso de la bicicleta como medio de transporte.

En Nueva York (2019) por ejemplo, si bien el patrón de uso del SBC es similar durante toda la semana, el mayor número de movimientos se concentra en horarios diferentes según momentos de la misma. Los días de entresemana, existen 2 picos de mayor uso establecidos entre las 07:00 am y las 10:00 am, y entre las 16:00 pm y las 20:00 horas, que coinciden en general, con los horarios de entrada y de salida de las actividades laborales. Por el contrario, los fines de semana, la concentración de mayor número de bicicletas en movimiento está distribuido entre las 09:00 am y las 19:00 horas (76).

En relación con la temporalidad del viaje en los momentos de la semana, en Cork (2017), ocurre que los viajes de entresemana tienen un tiempo promedio que va entre los 9 y 10 minutos. Mientras que los fines de semana el promedio del tiempo de viaje es mayor, que va entre los 12 y 13 minutos. Lo anterior, puede explicarse, según el estudio, dado a que el comportamiento de viaje de los usuarios de suscripción anual es menor al de los suscriptores temporales de sistema que por lo general, realizan viajes asociados a actividades de tipo recreativas (77).

Otro factor interesante de análisis es el de la influencia de las estaciones del año en el desplazamiento de las personas. Las estaciones del año, son considerados periodos de tiempo no mayor a tres meses, donde las condiciones ambientales imperantes suelen ser constantes según región y geografía del lugar. Estas a su vez, están categorizadas en 4 momentos: otoño, invierno, primavera y verano. Estos cambios ambientales que definen los periodos estacionales, se caracterizan por factores que se mencionarán a continuación como la temperatura, la humedad, el viento, la sensación térmica y la presencia de precipitaciones con y sin nieve en suelo.

Existen diferentes estudios que hablan sobre la influencia de la estacionalidad tanto en el desarrollo de la actividad física como en el desplazamiento de las personas (96).

Los resultados de nuestro estudio sugieren que los mayores flujos de bicicletas en tránsito ocurren en otoño y primavera. Esto podría explicarse dado a que los meses que componen estas estaciones, se corresponden a temperaturas medias que no son ni muy bajas ni muy altas, por ende, tiende a aumentar la práctica de actividad física y deportiva programada. Situación muy distinta a la estación de invierno, por ejemplo, en donde suele disminuir la práctica deportiva dada a las bajas temperaturas y días de lluvia (93). Del mismo modo, la relación de las estaciones del año, con sus diferentes características climáticas y el uso del SBC, se describirán y analizarán de manera similar o diferente según la ubicación geográfica de la ciudad que ha sido objeto de estudio. Ejemplo de lo anterior, es que, en este trabajo, específicamente en el presente apartado de discusión, podremos ver que las condiciones climáticas en algunas ciudades del mundo, el parámetro de temperatura entre los 20 °C y los 30 °C aumentan el uso del SBC, así como a mayor porcentaje del parámetro humedad, disminuye como en nuestro estudio, el uso de la bicicleta (68). Mientras que en otras ciudades, ya en registros de temperatura sobre los 9°C, existe un aumento del uso del SBC (77). Si bien la demografía del lugar y su relación con la climatología no es nuestro objeto de análisis, es necesario mencionar que cumple un rol influyente en el incremento o disminución de la actividad física (63).

Un estudio realizado en Brisbane (2014) anteriormente mencionado, analizó el impacto de las condiciones meteorológicas (lluvia, temperatura y viento) en momentos de la semana (entresemana y fines de semana) para comprender la dinámica y variaciones del modelo. La influencia de las condiciones meteorológicas en ambos momentos de la semana, sugieren que los días de viento (superiores a 5,5 kilómetros por hora) y de lluvia (en seco y húmedo), tienen una influencia mayor en la disminución de viajes tanto en días de entresemana como en fines de semana. Por el contrario, la influencia de la temperatura en la disminución del uso del SBC es menor comparado con días de lluvia y viento. La baja influencia de la temperatura en el uso del SBC se explica dado a que en Brisbane prima el clima tropical, que varía entre los 12°C como mínima y los 30°C como máxima (72).

Las inclemencias del tiempo en relación a la temperatura, ponen en manifiesto que, en situaciones extremas, de altas temperaturas (sobre 40 °C) y bajas temperaturas (menores a

4°C), disminuyen el uso de la bicicleta compartida. La lluvia y el viento, por ejemplo, son factores que son parte de las condiciones meteorológicas en diferentes estaciones del año. Su presencia disminuye significativamente el flujo de movimientos promedio en aquellos días, siendo detractores del SBC tanto para fines laborales como de recreación y ocio (72). Lo anterior puede entenderse, dado que la seguridad en el traslado en condiciones climáticas adversas, no es la misma que en condiciones climáticas favorables.

En relación al estudio realizado en Múnich (2015), sobre los efectos del clima en el uso de la bicicleta compartida, y por el contrario a los resultados en nuestro estudio, la estación de verano fue la de mayor demanda. Lo anterior se explica dada las condiciones climáticas del año testado (2013), que se categorizaron en días de buen y mal tiempo según la temperatura y la precipitación en las diferentes estaciones del año (excluyendo el invierno). Aquellos días con temperaturas superiores a 5°C y con precipitaciones menores a 0,5 mm, fueron considerados días de buen tiempo. Por el contrario, días con intervalos de temperaturas inferiores a 5°C y precipitaciones mayores a 0,5 mm, fueron considerados días de mal tiempo. Es en función de esta categorización de temperatura y precipitación según estación del año, que los resultados de este estudio exponen que el verano es la estación con mayor número de viajes, seguido por la primavera y posteriormente por el otoño. Esto difiere con los resultados de nuestro estudio, debido a que tal categorización climatológica de buen y mal tiempo, no es aplicable para las condiciones meteorológicas de la ciudad de Valencia. Asimismo, este estudio sugiere que, en los días de lluvia, hay un impacto negativo en el número de viajes y uso del SBC. Comportamiento que atribuyen al hecho de que las personas no se exponen a la lluvia en aquellos días, privilegiando el uso del transporte público (93).

Si comparamos estos resultados con nuestro estudio, sería correcto establecer una diferencia respecto a las características de las condiciones climáticas de una ciudad y otra. Múnich se caracteriza por poseer un clima continental, de grandes variaciones atmosféricas en estaciones del año opuestas (como el verano y el invierno). Valencia por su parte, se caracteriza por poseer un clima mediterráneo, como anteriormente hemos mencionado en este trabajo, de clima templado con condiciones atmosféricas subtropicales en algunas estaciones del año (63). El hecho que el mayor número de movimientos de personas usuarias

del SBC de Múnich tenga lugar en la estación de verano, con máximas de 24°C y mínimas de 22°C, puede ser relacionado con la estación de otoño de la ciudad de Valencia. Lo anterior, ya que no solo es la estación del año en con mayor cantidad de movimientos en el SBC de la ciudad española en el año testado, sino que, además, el otoño de la ciudad de Valencia, con máximas de 28°C en septiembre y con mínimas de 19°C en el mes de noviembre (84), presenta condiciones climáticas similares en el parámetro de temperatura respecto al verano de Múnich.

Limitaciones y futuras líneas de trabajo

Existen algunas limitaciones en nuestro trabajo que deben ser tenidas en cuenta. Nuestro estudio sólo expone datos del SBC y no incluye todos aquellos desplazamientos que se realizan en bicicletas particulares. Este último grupo debería ser incluido en futuros trabajos, circunstancia que permitiría dar una visión más general y menos sesgada a nuestros resultados.

Por otro lado, nuestros datos tan sólo analizan los desplazamientos entre nodos y no incluyen los lugares exactos por los que transitan los ciclistas. Además, solo fueron considerados aquellos usuarios suscritos anualmente, excluyendo a todos los usuarios temporales. Finalmente, los días festivos no fueron considerados en el estudio, y la razón de la exclusión de estos datos, obedece al comportamiento poco habitual en términos de movimiento que se genera en esos días.

En cuanto a las futuras líneas de trabajo, pensamos que otros estudios, deberían ahondar en los aspectos sociales ligados al uso de bicicletas compartidas, como por ejemplo la influencia de género, edad, situación socioeconómica, etc. También sería interesante desarrollar herramientas matemáticas que permitieran realizar estimaciones de las rutas elegidas por los usuarios.

No queremos terminar este trabajo sin incidir en la importancia que tendría para nuestra salud y medioambiente, el que futuros trabajos intentaran cuantificar el impacto sobre la producción de CO₂ que tiene el SBC y otros medios de transporte no contaminantes. Esta línea de trabajo no sólo podría aportar interesantes descubrimientos científicos, sino que muy posiblemente, ayudaría a salvar nuestro entorno y a nosotros mismos como especie.

I.6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se desprenden de los datos analizados en el presente estudio son las siguientes:

- Desde julio de 2017 hasta finales de junio de 2018, se produjeron un total de 5.540.129 millones de viajes en el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia (Valenbisi). La mayor parte de estos movimientos ocurrieron en torno a la zona centro de Valencia y en la zona de Tarongers (noreste de la ciudad).
- Se encontraron tres picos importantes en los que se realizaban más desplazamientos, a las 09:00 horas, 15:00 horas y 20:00 horas. La tarde fue el momento del día en el que hubo significativamente más actividad respecto a la mañana y la noche. Entresemana se usó significativamente más el sistema que los fines de semana. El otoño es la estación en la que se vio un aumento mayor de la actividad, siendo el verano la época en la que menos viajes se produjeron.
- Se generó una red con 276 nodos en la cual destacan 5 clústeres activos y 1 inactivo. Tan sólo 87 de los 276 nodos tuvieron más de 1.000 movimientos durante el año analizado. El nodo 17 (ESTACION RENFE I) registró el máximo número de salidas y llegadas con un total de 232.453 movimiento en un año.
- Los parámetros de centralidad calculados (i.e., Weight indegree; Weight outdegree; Incloseness; Outcloseness; Betweenness y Pagerank) mostraron diferencias significativas tanto en el momento del día, de la semana y las estaciones del año. En consecuencia, podemos afirmar que son parámetros sensibles a estos cambios e ideales para cuantificar este tipo de redes de transporte.
- Los datos climáticos muestran una relación cuadrática con los movimientos de los usuarios del sistema de bicicletas compartidas. Se obtuvo un discreto ajuste $R^2=0,13$ entre la temperatura y los movimientos de los usuarios.

CAPÍTULO II. DIFERENCIAS DE GÉNERO EN EL USO DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA CIUDAD DE VALENCIA

II.1. INTRODUCCIÓN

Debido a la gran cantidad de desplazamientos que se realizan en el entorno urbano y los altos costes del transporte motorizado, entre un sinfín de razones ya argumentadas y relacionadas principalmente con la salud ambiental y la calidad de vida de la ciudadanía, existe una necesidad cada vez más patente de trasladarse en medios de transporte más económicos y sostenibles. Los intereses sociales y políticos como la conciencia sobre los cuidados del medio ambiente, la optimización de tiempos, la priorización de los recursos económicos particulares y comunitarios, el acceso, el uso de nuevas tecnologías para trasladarnos y la búsqueda de un aumento en la calidad de vida de las personas que habitan las ciudades, han contribuido, principalmente por parte de las nuevas generaciones, a la disminución de la conducción y uso de vehículos motorizados (97).

El uso de la bicicleta y su impacto en un desarrollo sostenible de las ciudades, ha permitido la propagación de los sistemas de bicicletas compartidas como medio de transporte verde, colaborando con mejorar las condiciones del entorno que favorecen a la transición del traslado de las personas acostumbradas al uso de vehículos motorizados a uno no motorizado (98). Los sistemas de bicicletas compartidas son populares en muchas ciudades del mundo (56,99–102), y pretenden además de otros beneficios, ofrecer un servicio de traslado cómodo, seguro y al alcance de cualquier persona (103). Los SBC al igual que otros modelos de transporte urbano, han mejorado con el desarrollo de la tecnología y se han convertido en una alternativa de transporte que permite contribuir con el desarrollo del entorno, con la promoción de hábitos de vida saludable y con el cuidado del medio ambiente.

Ante lo expuesto anteriormente, podemos decir que los SBC son, por tanto, alternativas activas y ecológicas al transporte motorizado, que pueden ayudar a resolver los problemas de congestión de la movilidad urbana y los problemas de salud relacionados con la inactividad, ya que permiten al usuario ir en bicicleta por la ciudad, aunque no disponga de bicicleta propia.

Uno de los temas que generan interés acerca de los SBC es el perfil de las personas usuarias habituales. Es importante conocer las características de las personas que utilizan el SBC y saber

cuáles son sus patrones de uso, esto nos ayuda a conocer si la infraestructura creada y el sistema en sí puede ser utilizado por todas las personas de la misma manera.

Aunque existen estudios que se enfocan en observar las características de las personas usuarias del SBC, son pocos los que han observado diferencias en los patrones de comportamiento en función de estas. En este estudio se han querido analizar los movimientos de las personas usuarias con perspectiva de género, ya que, es importante que un sistema que nace con la intención de generar comportamientos ecológicos y saludables alcance por igual a todas las personas independientemente de su género.

Los estudios existentes sobre los factores de uso que influyen tanto en hombres como mujeres son múltiples y variados (98). Por ejemplo, un factor que ha demostrado ser determinante en las diferencias de uso en función de las características de los usuarios, es la eficacia de la red de transporte, que viene en parte determinada por la cantidad de estaciones y la capacidad de las mismas para satisfacer la demanda de bicicletas necesaria (104,105). Del mismo modo, el uso del suelo, como la densidad de población, la densidad de empleo y la distancia desde el hogar a una estación, también afectan a la utilización del SBC (104,106–108). Por el contrario, el número de puntos de interés y encuentro que estén ubicados cerca de estaciones del SBC, como por ejemplo, restaurantes, universidades y tiendas comerciales, aumentan el uso del SBC como medio de transporte (104,108).

Al igual que en el capítulo anterior, en este, se ha seguido una estructura clásica, que comienza con el marco teórico que sustenta la investigación y termina con las principales conclusiones encontradas en el estudio.

II.2. MARCO TEÓRICO

II.2.1. Sistema de bicicletas compartidas y su contribución al desarrollo social

El crecimiento desenfrenado de la población, ha generado un incremento de vehículos particulares y del transporte público en circulación, lo que trae consigo grandes problemas sociales y ambientales como el incómodo ruido en las zonas urbanas y céntricas de las ciudades, y una gran densidad de tráfico que produce grandes congestiones de vehículos y contaminación del aire (109,110). En ese sentido, los SBC en ciudades son aceptados como un medio de transporte que persigue objetivos que pretenden combatir tales inconvenientes, pero estos cambios culturales de desplazamiento no han sido fáciles de asumir. Para resumir brevemente cómo ha ido evolucionando la sociedad y su convivencia con este tipo de modelos, podemos decir que los SBC en sus inicios, como ya se mencionó en el capítulo I, nacen en Ámsterdam (1965), con la primera generación de bicicletas compartidas denominadas “bicicletas blancas” (Free Bike Systems) (111). Este sistema de bicicletas era de uso público y gratuito para toda la comunidad, sin embargo, el vandalismo y el mal uso del modelo, hizo que fracasara en poco tiempo. Así pues, se pasó a una segunda generación de bicicletas nacida en Dinamarca (1991), basada en un cobro reembolsable al terminar de utilizar la bici sin límite de tiempo, una tercera generación en Francia (1998) donde no solo se facilitaron los medios de acceso inteligente (tarjeta) al uso de la bici, sino que además se invirtió en sofisticar las características de la bicicleta, a una mucho más familiar y amigable para las personas usuarias (101). Actualmente, podemos hablar de una cuarta generación del SBC que responden a las necesidades de la sociedad del siglo XXI, algunos de los sistemas constan de bicicletas acopladas a estaciones y otros sistemas cuentan con bicicletas sin base de aparcamiento fija (112), esto sumado a la o colaboración de aplicaciones propias de la tecnología móvil, asistencia de reposición y geolocalizadas por sistema (113–115).

En los últimos años, ha aumentado la atención que se les presta a los SBC como un modo asequible y sostenible de transporte (116). Dada la cantidad de beneficios que brinda el SBC a las personas usuarias en diversas ciudades del mundo, es un hecho que la contribución del sistema a la mejora de la calidad de vida de las personas y su entorno, está asociado al

desarrollo urbano y social de las comunidades. El SBC no solo facilitó el traslado y la movilidad de la población, sino que, además, la llegada del modelo a las ciudades logró de cierta forma, mejorar las condiciones urbanas, económicas, de salud, infraestructura, medioambientales y de seguridad ciudadana con las que conviven las personas. De hecho, en términos de salud, los SBC no sólo incentivan y promueven la actividad física y el deporte, si no que ofrecen estos beneficios principalmente a los estratos sociales más vulnerables, donde por lo general, se tiende a tener las tasas de obesidad más altas (117,118).

Los cambios de hábitos en el traslado, en cuanto a medios de transporte, pueden contribuir al desarrollo social de las ciudades y de las personas. Además, ofrecer este tipo de servicios, motivan a las personas a optar por un medio de transporte activo, lo que generará beneficios que pueden ser determinantes en el cuidado del medioambiente a través de la reducción de agentes contaminantes (gases, aire y ruido), el incremento de la economía de los países, la reducción de la congestión vehicular y el desenfrenado consumo de combustibles fósiles (119).

Considerando lo anterior, y a la vista de toda la literatura revisada, se puede afirmar que el incremento del uso de la bicicleta como medio de transporte genera un impacto muy positivo en la sociedad. La disminución de emisión de gases (CO₂) producto de la descongestión de principales carreteras de tráfico vehicular, la fiscalización a empresas que en su producción generan altos porcentajes de agentes contaminantes y la instauración de políticas de desarrollo sustentable, podrían ser parte del compromiso que año a año asumen países de todo el mundo como en organizaciones y tratados que tienen por objetivo combatir los efectos negativos que produce el acelerado cambio climático. Asimismo, la liberación de espacios urbanos que eran destinados a la movilidad motorizada y a la reorganización de los mismos como, por ejemplo, paseos peatonales o dar prioridad del espacio al uso del cualquier transporte no motorizado, promueven efectivamente estilos de vida activa y una movilidad socialmente más inclusiva. En tal escenario, los sistemas de bicicletas compartida, son presentados como una pieza central en el desarrollo de un modelo de movilidad urbana menos dependiente del automóvil (120–122).

Antes del año 2016 en China, las proporciones de vehículos particulares, transporte público y bicicletas era de 29,8 %, 31,2 % y 5,5 % respectivamente. Después de la aparición del modelo de bicicletas compartidas en el país (2016), los porcentajes variaron al 26,5 % en el uso de vehículos particulares, el 30,7 % en el uso de transporte público, mientras que el uso de la bicicleta se incrementó a un 11,2 % (123).

Un estudio que utilizó el conteo manual de bicicletas realizado en Lisboa entre los años 2016 y 2018, arrojó resultados que datan de un incremento significativo asociado a 3,5 veces el volumen de ciclistas en el centro de la ciudad tras la expansión y mejora de la infraestructura ciclista y 2,5 veces más después de la aparición del SBC en el año 2017 (124).

Según el Barómetro de la bicicleta (125), en España, las personas que utilizan la bicicleta al menos una vez a la semana pasaron de 8,1 a más de 11 millones, lo que se traduce en un aumento del 40 % entre los años 2019 y 2022. En cuanto a las diferencias de género en el uso, este informe indica además que, al año 2022, tanto hombres como mujeres han aumentado el uso de la bicicleta, como también que se reduce la brecha de género del año 2019 al 2022 en cuanto a su uso.

En Sevilla, las autoridades comunitarias, motivadas por las necesidades de la ciudadanía, expandieron la infraestructura ciclista aumentando exponencialmente el número de ciclovías, pasando de 12 kilómetros de carril bici construido en el año 2003 a 180 km en el 2019, lo que podría explicar el aumento de ciclistas en las calles año tras año, especialmente de mujeres, que aumentaron el uso frecuente de la bicicleta pasando de un 25 % a un 36 % del total de usuarios (126).

Es posible pensar que los gobiernos que invierten en movilidad, invierten en desarrollo. Tal es así, que son más de 400 ciudades que han instalado el modelo de bicicletas compartidas (127), debido a los beneficios que esto genera en la comunidad, como por ejemplo, la optimización de los tiempos de traslado de las personas, que permite que estas puedan llegar a destino a la hora deseada y por lo tanto, lograr parte de los objetivos propuestos en los sistemas de traslado.

Este tipo de modelos de transporte han evolucionado en el tiempo según las necesidades del entorno y la de las personas usuarias. En ese sentido, las políticas de instalación del modelo han buscado disminuir la brecha social y la inequidad en el servicio. En muchas ciudades del mundo, existen personas que se han ido cambiando de modalidad en su rutina de transporte habitual. Y si bien no superan por lo general al número de desplazamientos realizados en el transporte motorizado, es un hecho de que cada vez son más las personas conscientes de los cambios sociales, a nivel de salud y ambientales que trae consigo modificar su hábito de desplazamiento. Por ejemplo, según un estudio realizado en varias ciudades de China, los SBC de Beijing, Shanghái y Hangzhou, un 5,2 %, un 4 % y el 0,46 % del total de viajes en automóvil, fueron reemplazados por viajes en bicicleta (132). Otro estudio indica que en Montreal, Toronto, Washington, DC, Minneapolis-Saint Paul y Londres, los porcentajes de cambio modal del automóvil a la bicicleta compartida fueron del 3,6 %, 2,0 %, 2,1 %, 1,9 %, 2 %, respectivamente (133). Sin embargo, en el estado de Minnesota, en Melbourne y en Brisbane, las cifras son muy optimistas, con un 19 %, 21 % y 19 % respectivamente del total de viajes que pasaron de ser realizados en vehículos motorizados a ser realizados con bicicleta compartida (128). Asimismo, es posible que dado a la importancia que tiene la bicicleta en nuestras vidas y el rol que ha asumido como medio de transporte alternativo, esta sea un agente que actúe como herramienta de transformación social en otros ítems de nuestra vida diaria, derribando barreras culturales que contribuyan a una vida saludable y a una utilización de servicios básicos más diversa, equitativa e igualitaria.

Como se ha ido nombrando, diferentes estudios han analizado los efectos que las mejoras en el SBC tienen en las personas usuarias. Sin embargo, es fundamental garantizar que esas mejoras tanto en la tecnología utilizada como en la infraestructura, tenga el mismo impacto positivo que en todas las personas que utilizan el sistema independientemente de sus recursos económicos, su cultura o su género.

II.2.2. Sistema de bicicletas compartidas y género

El sistema de bicicletas compartidas, como bien se ha expuesto anteriormente, ofrece innumerables beneficios en la calidad de vida de las personas y del entorno, siendo un servicio que optimiza los tiempos de traslado, e influye positivamente en el flujo de la red de transporte. Por ejemplo, el ciclismo en las ciudades se asocia a la reducción de la mortalidad, a la mejora de la condición física y a la disminución de enfermedades cardiovasculares (130). Sin embargo, es interesante destacar que existe cierta preocupación por parte de la comunidad científica en el uso del sistema de bicicletas compartidas en las ciudades en función del género. En este sentido, es importante generar conocimiento para que las empresas que instalan los servicios de SBC conozcan la distribución y proporción de uso de la bicicleta compartida, con la finalidad de analizar los factores que limitan o favorecen su utilización visto con perspectiva de género, y que, al mismo tiempo, estos datos permitan que organismos públicos, privados y gubernamentales, mejoren las condiciones de igualdad comunitaria en el SBC. Por lo tanto, abordar el análisis del ciclismo en función del género, permitirá contribuir con la promoción equitativa de la actividad física y deportiva.

La promoción de la bicicleta es una acción que impulsa el desarrollo sostenible. Esto es, dado a que pretende satisfacer las necesidades de la sociedad actual, intentando garantizar un proceso que comprenda un equilibrio de los factores involucrados en el bienestar social. Dicho esto, al considerar el contexto actual es necesario ofrecer igualdad de derechos y oportunidades a mujeres y hombres en la utilización de bienes y servicios en áreas como la economía, accesibilidad, movilidad o la seguridad. En ese escenario, el transporte no puede ser sostenible si no asegura ser equitativo en cuanto a género (131).

La literatura existente respecto a estudios de género y el SBC, describe diferencias principalmente en el uso de la bicicleta compartida y de las distintas variables que influyen en el uso de la misma. Estos estudios tratan de poner de manifiesto las desigualdades de género existentes, ahondando en las condiciones del modelo que podrían mejorar esta red de transporte, especialmente en zonas donde existe disparidad de género en el uso de la bicicleta (132). Esta disparidad está presente en prácticamente todo el mundo a excepción de Alemania, Dinamarca y Países Bajos, que debido a la infraestructura ciclista generada, la modificación de

las intersecciones para favorecer a los ciclistas, la regulación del tráfico y la integración con el transporte público entre otros factores han conseguido tasas de accidentes muy bajas y una percepción de seguridad que no se da en otros países, consiguiendo que la proporción de uso de la bicicleta entre hombres y mujeres sea similar (133).

Aunque la ciudadanía presenta cada vez un mayor interés en la promoción de las políticas sobre el uso de la bicicleta, estas políticas parecen no estar enfocadas a mejorar la equidad o la diversidad. Por ejemplo, en Londres, menos del 20 % del total de personas usuarias del SBC son mujeres (99). En Melbourne y en Brisbane, solo el 23 % y el 40 % del total de suscripciones del SBC son mujeres (128), y menos de un tercio de los viajes del SBC en Nueva York son realizados por mujeres (134).

En algunas ciudades de Australia, por ejemplo, las diferencias en el uso del SBC establecen una brecha significativa entre hombres y mujeres. En Queensland, solo el 24 % de los ciclistas son mujeres (135), mientras que en Sídney, las mujeres realizan sólo un 17 % del total de los viajes hechos en bicicleta, una situación similar a la que se da en Melbourne, donde tan solo un 25 % de los viajes en bicicleta son llevados a cabo por mujeres. Este comportamiento de uso se repite en países como Estados Unidos y Canadá (136) debido, en gran parte a las desigualdades del sistema de SBC y lo mismo sucede en Reino Unido (137). Una investigación realizada en Nueva York que analiza las diferencias de género en los SBC, indicó que más allá de que las mujeres realicen menos viajes en bicicleta que los hombres, el perfil de la usuaria habitual del SBC es principalmente la de mujer joven (menor de 40 años), de nivel educacional completo, desempleada y de bajo ingreso económico familiar (138).

En el caso de Estados Unidos, solo el 25 % de ciclistas en áreas urbanizadas son mujeres. En algunas ciudades como, por ejemplo, Washington DC, según Capital Bikeshare (empresa gestora del SBC de esta ciudad) en el año 2010, el 52 % del total de personas usuarias del SBC fueron mujeres. Sin embargo, en el año 2014, esta cifra disminuyó considerablemente a un 41 % (139). Una de las posibles razones de tal disminución, puede estar relacionada con una mayor percepción del riesgo a la hora de trasladarse por parte de las mujeres (140).

Esta situación de desigualdad debido a la inseguridad puede darse también en otros medios de transporte, por ejemplo, un estudio en Nueva York revela que las mujeres prefieren pagar

más por utilizar automóviles privados o de alquiler, que utilizar el transporte público, debido a la percepción de riesgo e inseguridad que provoca la irresponsabilidad de terceros al volante, el miedo al acoso, y las preocupaciones por la seguridad de las instalaciones habilitadas para el tránsito (141). Este argumento puede justificar en parte el menor uso de la bicicleta por parte de la mujer respecto al hombre, razón por la cual se debería trabajar mayoritariamente en el nivel de seguridad que ofrece la infraestructura ciclista, y que así las mujeres no queden excluidas de las numerosas ventajas que tiene utilizar la bicicleta a diario, como el ahorro de dinero en el transporte y los beneficios que genera para la salud. Invertir en mejorar las condiciones de los carriles bici y la infraestructura vial de las ciudades podría reducir la disparidad de género en el uso de los SBC (138,142).

Otros estudios realizados en la Unión Europea, Estados Unidos, Canadá y Australia, destacan que las mujeres utilizan en menor grado la bicicleta respecto a los hombres, existiendo una proporción de 1:2, es decir, los hombres duplican el uso de la bicicleta en SBC respecto a las mujeres (133,143).

Encuestas aplicadas por el barómetro español sobre el servicio de bicicletas compartidas entre el mes de enero y septiembre del 2020, muestran que el SBC es utilizado por el 23,4 % de los hombres y por el 19,1 % de mujeres. En la localidad de Vilagarcía de Arousa, España, las mujeres realizan el 29,7 % del total de viajes (144), mientras que en Palmas de Mallorca, realizan el 40 % de los viajes (145).

Derivado de los estudios expuestos, se puede afirmar que el uso de los SBC está fuertemente sesgado por el género, debido a la inequidad de la prestación de servicios y condiciones con las que conviven las mujeres a la hora de trasladarse, por la que puede que estas no siempre se sientan impelidas a usar sistemas como este. En muchos países, el uso de la bicicleta en general, está asociado particularmente a gente joven, en su mayoría hombres y con una formación educacional y económica acomodada (120,146–149). Es más, se ha hecho referencia al género como un indicador (i.e. *indicator species*) para conocer diferencias y similitudes en sistemas como los SBC (134,150), por lo que podemos hablar del género como indicador diagnóstico para conocer la calidad de los sistemas, las diferencias y similitudes de la prestación, y transformarse en un instrumento que permita mejorar entre otras cosas, la

igualdad de los servicios que brinda el SBC. Algunos estudios señalan que a pesar de que los SBC pueden ser modelos de transporte equitativos y eficientes en cuanto a género siempre y cuando estos se gestionen correctamente (151), suelen tener un mayor beneficio para “usuarios privilegiados”, es decir, todos aquellos que reúnen las características mencionadas anteriormente en el perfil de la persona usuaria predominante (152).

Los SBC ofrecen a la sociedad un acceso rápido, fluido y económico para desplazarse a los diversos sitios de destino, buscando aumentar de cierto modo la competitividad y la equidad social del transporte público de las ciudades a través de la entrega de un servicio que permita reducir los tiempos de viaje, los costos asociados al mismo, los tiempos de espera, la comodidad en el trayecto y la flexibilidad horaria principalmente en zonas donde el acceso al transporte no es óptimo, como los sectores ubicados en la periferia de las ciudades. Estas ventajas pueden evidenciarse gracias a estudios dedicados a analizar el comportamiento de accesibilidad y traslado de la bicicleta con el transporte público tradicional (153–155).

Cabe destacar que las tasas de desigualdad en este tipo de modelos pueden estar también relacionadas con el manejo y adopción de tecnologías. Por ejemplo, para contar con la información que te permita conocer en detalle la cantidad de bicicletas por estaciones, la cantidad de aparcamientos en cada una de ellas y tu ubicación en la red de SBC, necesitas contar con un dispositivo móvil o similar para que, a través de las aplicaciones habilitadas para estos efectos, los usuarios puedan acceder a esta información y facilitar el uso del sistema.

Para argumentar y conocer con mayor profundidad el comportamiento de uso en función del género en los sistemas de bicicletas compartidas en diversas ciudades del mundo, se hace necesario conocer y analizar los factores que influyen en las motivaciones para las personas usuarias y el impacto que estas tienen en este tipo de modelos de transporte.

II.2.3. Factores que influyen en los patrones de uso del SBC en función del género

Existen muchos factores detrás de las diferencias de género en el uso de la bicicleta. Es conocido que los patrones de uso de los SBC, al igual que el del resto de medios de transporte, difieren en función del género (98). Varios estudios afirman que la agenda diaria de las mujeres viene dictada por diversas exigencias añadidas, que hacen que sus pautas de actividad y desplazamiento sean en general más complejas y heterogéneas que las de sus homólogos masculinos (156,157). A esto se le suman factores como la seguridad, la accesibilidad, la infraestructura o la percepción de riesgo, que parecen influir en el uso de los SBC, presentando agudas diferencias de género, especialmente en función de determinadas franjas horarias, días de la semana, condiciones meteorológicas, distancias y zonas de viaje.

Existen estudios que reportan una diferencia de género en el tipo de uso que se hace de la bicicleta, mostrando que las mujeres realizan más desplazamientos con fines recreativos, mientras que los hombres realizan más desplazamientos con fines laborales (158,159). Los comportamientos predominantes de las mujeres con fines ciclistas no utilitarios sobre los desplazamientos instrumentales de los hombres se muestran también en el uso de muchos SBC (160,161).

Algunas de las variables que han mostrado las diferencias de género más amplias son las percepciones de seguridad y riesgo, como las lesiones, los accidentes y los desplazamientos entre coches, que hacen que las mujeres monten menos en bicicleta que los hombres (162–164). Estas percepciones parecen estar relacionadas con una preferencia mucho más pronunciada de las mujeres por utilizar mejores instalaciones y carriles bici fuera de la vía pública y separadas del tráfico motorizado que los hombres (165–167). La seguridad y el riesgo parecen desempeñar un papel fundamental en la elección del uso de la bicicleta por parte de las mujeres, y existen estudios que afirman que el miedo a la delincuencia y la violencia influye en un menor uso de la bicicleta por parte de las mujeres (164,168). Además, las mujeres muestran mayor preferencia que los hombres por las vías verdes y el uso de la bicicleta alrededor de los parques, mientras que la densidad del tráfico se asocia negativamente con la proporción de desplazamientos en bicicleta de las mujeres (167,169).

En este sentido, otra de las variables de seguridad que se reportan como determinantes es la falta de iluminación en algunas áreas o el uso de zonas periféricas (159,170). Por todo lo nombrado anteriormente, se puede afirmar que la falta de infraestructura óptima parece afectar mucho más a las mujeres que a los hombres en su decisión de uso de la bicicleta y del SBC (171). De la misma manera, la ubicación de las estaciones de los SBC y su capacidad de albergar bicicletas influirá profundamente en el uso de la bicicleta compartida especialmente por parte de las mujeres (172).

Otra de las barreras que presenta una influencia diferente en hombres y mujeres es la desigual división sexual del trabajo y del tiempo, en especial, las tareas domésticas y las responsabilidades del cuidado de los hijos. Estas cargas adicionales afectan a todos los ámbitos de la vida de la mujer, e impiden también que las mujeres se desplacen en bicicleta en igual medida que los hombres (162,173).

En lo que se refiere específicamente a los SBC, existen menos estudios que se centren en las diferencias de género en relación con aquellos que tratan sobre el uso de la bicicleta en general. Sin embargo, estudios señalan que el uso de la bicicleta compartida en mujeres es menor respecto al uso en hombres, razón por la cual gran mayoría de los resultados de estas investigaciones, exponen que el SBC podría considerarse un servicio sesgado en función del género, manifestando que las mujeres están sustancialmente infrarrepresentadas (172,174,175).

Sin embargo, en cuanto al uso de estos SBC, se puede afirmar que los patrones de desplazamiento al trabajo difieren en función del sexo, ya que los hombres realizan desplazamientos de menor duración que las mujeres y éstas realizan desplazamientos más largos con un uso más pronunciado de los carriles ciclistas que los hombres (176,177). Se puede afirmar que la distancia es un factor influyente en el uso de la bicicleta. En ese contexto, hay estudios que indican que cuando la distancia entre el domicilio y el lugar de trabajo es corta, existe una alta aceptación por parte de las mujeres a trasladarse en bicicleta incluso mayor que la de los hombres (178). Siguiendo con los propósitos del viaje, existen estudios que afirman que si bien las diferencias de distancias recorridas en bicicleta entre hombres y mujeres no es extremadamente significativa, sugieren que efectivamente la mujer realiza

trayectos más largos que el hombre (179,180). Otros estudios señalan que cuanto mayor es el tiempo de duración del viaje, menor es la sensación de comodidad por parte de las usuarias, por lo que la probabilidad de querer usar la bicicleta en trayectos largos disminuye (123). Por tanto, el hecho de que las mujeres realicen trayectos más largos, probablemente en busca de infraestructura adecuada, podría estar penalizando el uso de la bicicleta por parte de las mismas.

Estos datos sobre las diferencias de género en el uso de los SBC sugieren dinámicas similares a las del comportamiento general en bicicleta. No obstante, hay que señalar que no abundan las investigaciones centradas en las diferencias de género en el uso de la bicicleta urbana, especialmente en lo que se refiere a ciertas variables poco estudiadas que surgen en la revisión anterior, como las franjas horarias diarias, la luz diurna, la densidad de uso y las zonas de la ciudad.

Pese a esto, y extrapolando aquello que sucede en los estudios sobre el uso de la bicicleta general u otras formas de movilidad activa, sería lógico pensar que los trayectos por entornos urbanos de alta afluencia de personas, con iluminación adecuada, carriles bici espaciosos y exclusivos para el uso del transporte no motorizado, se percibirían mucho más seguros para las usuarias de los SBC, y contribuiría a aumentar el uso de la bicicleta en mujeres.

II.2.4. Objetivos

Este estudio presenta dos objetivos principales:

- Identificar los patrones de uso de los SBC de Valencia según género
- Analizar el uso del espacio por parte de hombres y mujeres usuarias de los SBC de la ciudad de Valencia en función de las redes de transporte y las zonas habilitadas para el ciclismo durante las tres franjas horarias de luz.

II.3. METODOLOGÍA

II.3.1. Área de estudio y datos

El estudio que se presenta en este trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Valencia, que tiene unos 800.000 habitantes y está situada en el Este de España (véase la figura II.1). Incluyendo su área metropolitana, Valencia alcanza una población total de 1,5 millones de personas. Es la tercera ciudad más grande del país después de Madrid y Barcelona. La densidad de población es alrededor de 5900 habitantes/km². El turismo es una de las principales actividades económicas, en parte debido a su suave clima mediterráneo y a un conjunto de infraestructuras centradas en el turismo cultural y de entretenimiento. La economía valenciana se sustenta predominantemente en el pequeño comercio y en las pequeñas y medianas industrias. Cuenta con dos universidades públicas (Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia) con 80.000 estudiantes y es especialmente atractiva para los estudiantes de intercambio, principalmente de Europa. Valencia también cuenta con cuatro grandes hospitales públicos. Para una descripción más detallada descripción de la ciudad véase el trabajo de Prytherch y Boira Maiques (80).

En cuanto al transporte, Valencia cuenta con una red ferroviaria conectada tanto con las mayores ciudades de España como con las poblaciones cercanas. Cuenta con un aeropuerto muy cercano a la ciudad al que se puede acceder directamente en metro. También existe una red de autobuses urbanos y de cercanías con un total de 60 líneas y más de 1.101 paradas. También hay 9 líneas de metro que atraviesan la ciudad y se dirigen a las poblaciones cercanas. A pesar de las infraestructuras de transporte, Valencia recibe una media de 40.000 vehículos motorizados diarios. En cuanto al transporte en bicicleta, en 2018 se registró una intensidad media de tráfico de más de 1.300 bicicletas en los carriles bici de la ciudad. Esto significa que cerca del 1,8 % del total de los desplazamientos se realizan en bicicleta (82). Este porcentaje es ligeramente superior al 1,3 % del conjunto de España.

El uso de la bicicleta también ha aumentado en los últimos años y la mayoría de los nuevos usuarios son mujeres (181). La red de carriles bici en Valencia se ha ampliado de 83 km en 2008 a más de 148 km en 2018 (182).

Desde 2010 Valencia cuenta con un servicio público de bicicletas compartidas bajo el nombre comercial de Valenbisi. Este servicio está gestionado indirectamente por la empresa JCDecaux y cuenta con un total de 276 estaciones y 2.750 bicicletas. Los ciudadanos pueden utilizar este servicio a través de diferentes tipos de contratos. Existen 5 tipos de abono, dos de los cuales tienen cuotas anuales que oscilan entre los 26 y los 29,21 €, y este último incluye una tarjeta para el sistema de transporte público de Valencia. Los ciudadanos mayores de 55 años tienen un precio especial de 24 €. Los otros 2 tipos son tarjetas semanales a un precio de unos 13 €. Todos los tipos tienen acceso gratuito al sistema Valenbisi durante un máximo de 30 minutos por viaje. Si quieren utilizarlo durante más tiempo, tienen que cambiar la bicicleta o pagar un suplemento de 0,50 € entre 30 minutos y 1 hora o 2,08 € por cada hora adicional. El presente estudio se basa en la base de datos de suscriptores facilitada por la empresa. Para mayor detalle e información sobre la ciudad de Valencia, ver estudio 1.

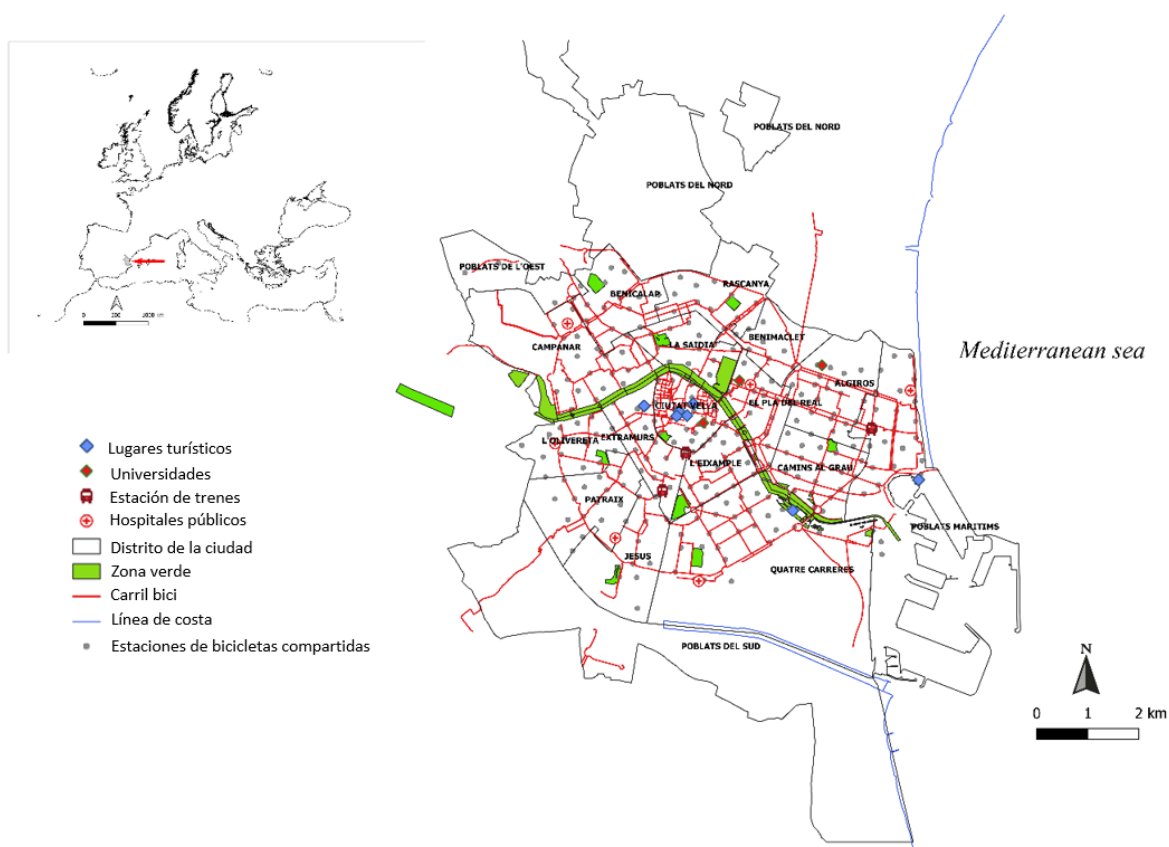


Figura II.1. Mapa de la zona estudiada

Arriba a la izquierda, ubicación de la provincia de Valencia en Europa. La flecha roja señala la ciudad de Valencia. Derecha, mapa de la ciudad de Valencia y sus principales infraestructuras. Las líneas rojas indican la estructura de la red de carriles bici en 2018.

La base de datos utilizada en este trabajo estaba compuesta por los registros de desplazamientos de todos los usuarios del SBC de Valencia desde enero de 2015 hasta julio de 2018. Mismos registros utilizados en el estudio 1 y almacenados en 43 ficheros de Excel. Los ficheros cuentan con 12 columnas que describen cada uno de ellos, variando el número de filas en función del número de usuarias de cada mes (normalmente más de 500.000 desplazamientos al mes). Para los análisis sólo se utilizaron las siguientes columnas: código de socio (numérico), estación de salida (texto), estación de retorno (texto), fecha de salida y llegada (texto: DD/MM/AAAA HH:MM:SS) y tiempo de viaje (numérico). Se calculó una estimación de la distancia mínima entre estaciones (es decir, la distancia más corta entre estaciones) utilizando la API Distance Matrix (Google Maps Platform).

Por otro lado, los datos sociodemográficos de cada uno de los usuarios se almacenaron en un archivo independiente debidamente anonimizado. De este archivo, los datos sociodemográficos sólo se extrajeron dos campos, a saber: código de socio (numérico) y sexo (numérico: hombre/mujer). Este fichero contiene básicamente dos tipos de abonados: anuales (≈ 40.000) y semanales (≈ 11.000). Como en el primer estudio, sólo se seleccionaron para el análisis los datos de los abonados de larga duración que realizaron al menos un viaje durante los 4 años del estudio (es decir, 25.360), de los cuales el 60,19 % eran hombres y el 39,81 % mujeres. El grupo de 18 a 25 años (≈ 30 %) fue el que más usuarias tuvo, seguido por el de 26 a 35 años (≈ 26 %) (véase la figura II. 2 para la comparación con la población de Valencia). Se realizaron varios análisis de los viajes de estos miembros en los años siguientes para establecer diferencias en el comportamiento de hombres y mujeres.

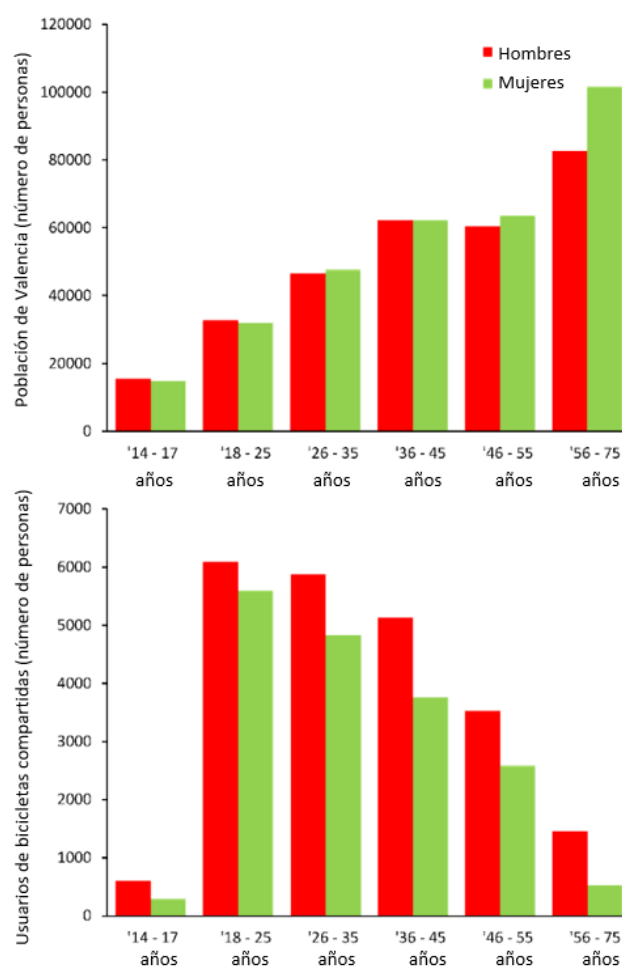


Figura II.2. Distribución por grupos de edad de la población de Valencia y de los usuarios del SBC

Panel superior, datos de la población de Valencia. Panel inferior, datos de los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de Valencia con abono anual.

II.3.2. Procesamiento de datos

Se escribieron funciones en el entorno de programación Matlab para el preprocesamiento de los datos y los análisis posteriores. Como primer paso, se geolocalizaron las estaciones donde las personas usuarias recogían y dejaban sus bicicletas. A través de su código de usuarios, se etiquetó cada uno de los viajes como masculino o femenino según correspondiese, teniendo en cuenta el archivo de datos sociodemográficos. Se suprimieron todos los desplazamientos que tenían lugar los fines de semana (sábado y domingo), los días festivos oficiales y las vacaciones escolares, para centrar el análisis sólo en aquellos días laborables. También se eliminaron los viajes realizados por usuarias que tenían una suscripción de corta duración, así como los que tenían la misma estación de salida y llegada o aquellas que mostraban trayectos

anómalos (por ejemplo, cuando la bicicleta no llegaba a su destino). Una vez depurados los datos y segmentados los viajes por género, se guardaron las matrices para los análisis posteriores.

II.3.3. Análisis de los desplazamientos realizados durante el día

En este ítem, la luz del día se utilizó como criterio para establecer las tres franjas horarias del día. La noche se definió como una hora después de la puesta de sol hasta una hora antes de amanecer. La franja de mañana se definió como una hora antes del amanecer hasta las 12:00 horas, y la tarde se estableció como el tiempo entre la mañana y la noche. Por lo tanto, estas franjas horarias eran flexibles, debido a que dependían tanto de la salida como de la puesta del sol diaria. Lo anterior, es considerada como una decisión de base cultural, ya que los conceptos de mañana, tarde y noche, son términos flexibles en España, dado a que la vida cotidiana está fuertemente condicionada por la variación de la luz diurna durante el año. Una vez establecidas las franjas horarias, se calcularon las medias de los viajes y la desviación estándar de cada hora del día y sus respectivas franjas horarias. Además, se realizaron los mismos cálculos, pero con la diferencia que previamente se normalizó el número de viajes en función del número de usuarias potenciales de cada grupo (mujeres y hombres).

II.3.4. Construcción y análisis de los grafos dirigidos (redes de usuarios)

Un grafo (G) se describe como un conjunto no vacío de vértices (V) y un conjunto de aristas (E), donde cada arista determina un conjunto de dos vértices denominados puntos finales de la arista. En el caso de que la conexión entre los dos vértices tenga una dirección, es decir, vértice inicial y vértice de término, el grafo se denomina grafo dirigido y se define de la siguiente manera:

$$G = (V, A)$$

Donde V es un conjunto finito y no vacío de vértices o nodos. A , es una serie de pares ordenados de vértices (u, v) llamados arcos.

Las matrices de adyacencia no simétricas (276 x276) se construyeron con los datos de viaje y con una resolución de 1 hora. Se trata de una matriz cuadrada con igual número de los nodos pertenecientes a la red (en nuestro caso, cada nodo es una estación de Valenbisi; 276 x 276). Los elementos de una matriz indican la relación entre los pares de nodos conectados (por ejemplo, adyacentes entre sí) en la red. Calculando el grado ponderado de cada uno de los nodos.

Este parámetro indica el número de veces que un nodo es utilizado por las personas usuarias del SBC, siendo la suma de las entradas y salidas de un nodo en la red (183,184). Al igual que con el total de viajes, la ponderación de todos los grados también se normalizó según el número de usuarios potenciales. Todos los análisis se segmentaron por género de forma similar al de los viajes realizados, representando los 100 viajes más habituales entre nodos, diferenciando los mismos entre mujeres y hombres.

Para comparar las redes de mujeres y hombres se calcularon dos parámetros diferentes; la densidad de cada red y el grado de similitud entre ambas. Para calcular el primer parámetro, se utilizó la siguiente ecuación (185):

$$Density = \frac{2 \cdot m}{n(n - 1)}$$

Donde m es el número de líneas directas y n es el número de vértices de la red. La densidad varía de 0 (ninguna conexión en la red) a 1 (todos los vértices están interrelacionados).

En cuanto al segundo parámetro, el grado de similitud, se utilizó el algoritmo descrito por Blondel et al en 2004 (186). Esto se realizó usando la función de similitud de grafos que es parte del programa *Matlab Tools for Network Analysis of MIT* (Grupo de Investigación de Ingeniería Estratégica del MIT: Oliver L. de Weck, sf) (187). Básicamente, este algoritmo calcula la similitud entre los vértices de dos redes dirigidas. Las puntuaciones de similitud altas, significan que el comportamiento del ciclista entre ambos vértices es muy similar, y las puntuaciones bajas significan totalmente lo contrario. Por lo tanto, este último parámetro se

utilizó para representar las diferencias entre las redes dirigidas de mujeres y hombres según sus viajes.

En el siguiente link se puede ver un video con los movimientos producidos por hombres y mujeres y el grafo resultante: <https://figshare.com/s/b32d3cfbbbd5233fa901>

II.3.5. Análisis espacial a través de polígonos de Voronoi

El porcentaje de desplazamientos en cada uno de los nodos, se calculó para el análisis espacial de dichos desplazamientos. Estos porcentajes también se obtuvieron para cada una de las franjas horarias (mañana, tarde y noche). Con estos porcentajes, además, se calcularon tres clústeres mediante un algoritmo de k-means iterativo. Los clústeres resultantes se distribuyeron en tres zonas denominadas zonas de: baja frecuencia, media frecuencia y alta frecuencia de visitas.

Para representar estos clústeres, se calcularon los espacios de Voronoi para cada uno de los nodos. Los espacios de Voronoi, se basan en la triangulación de Delaunay y su principal propiedad, es que una vez establecidos los espacios, cualquier punto dentro de una zona siempre estará más cerca de su nodo de referencia que cualquier otro nodo (188).

Estos espacios se utilizaron para calcular el área de cada una de las zonas. Debido a que el cálculo de los espacios de Voronoi deja algunas áreas abiertas, las áreas externas fueron cerradas por los límites de la ciudad.

La intención de este análisis, es establecer el área en km^2 que las personas usuarias del SBC de Valencia utilizan o dejan de utilizar cuando llegan a un determinado nodo. Cuando una usuaria devuelve su bicicleta, normalmente elige el nodo más cercano a su destino. De este modo, al calcular los espacios de Voronoi alrededor de cada uno de los nodos, podemos establecer el espacio más lógico utilizado por el usuario.

II.3.6. Análisis Estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software IBM SPSS (versión 26). El supuesto de normalidad se comprobó antes de los análisis mediante una prueba de Kolmogorov-Smirnov. Dado que algunas variables no cumplían el supuesto de normalidad, se optó por realizar pruebas no paramétricas. Se utilizó, además, una prueba de rangos con signo de Wilcoxon para establecer diferencias entre los nodos de la red entre mujeres y hombres. Para cada una de las comparaciones, se calculó el tamaño del efecto según la siguiente ecuación (189):

$$r = \frac{Z}{\sqrt{n}}$$

Donde n es el número total de observaciones en las que se basa el valor Z . Debido a que el número de comparaciones es elevado dado a que el archivo está segmentado en diferentes franjas horarias, se utilizó un ajuste de corrección de Bonferroni para evitar un error de tipo α . De modo que el valor de $\alpha=0,05$ se dividió por el número total de comparaciones realizadas.

II.4. RESULTADOS

II.4.1. Valores de uso generales

Las personas usuarias del SBC de la ciudad de Valencia, realizaron un total de 5.300.328 viajes en los 1.212 días laborales. Los hombres realizaron aproximadamente el 67 % (3.535.930) de los viajes y las mujeres el 33 % restante (1.764.398) con una media de 12 minutos por viaje (11,84 minutos para los hombres y 12,13 minutos para las mujeres). Según las estimaciones, si los usuarios utilizan el camino más corto entre los nodos, los hombres recorrieron una distancia media de 3.389 metros y las mujeres 3.369 metros por viaje, lo que sugiere que los viajes de las mujeres se realizaron a una velocidad ligeramente menor a la de los hombres.

II.4.2. Viajes en bicicleta en un día laborable y franjas horarias diarias

Como se puede apreciar en la figura II.3, hubo dos picos claros de actividad durante los días entresemana en torno a la 9:00 (am) de la mañana y las 15:00 (pm) de la tarde tanto para mujeres como para hombres, y un tercer pico en torno a las 20:00 (pm) de la noche. También se observa que cuando se divide el día en tres franjas horarias, es decir, mañana tarde y noche, se establecieron diferencias significativas entre mujeres y hombres ($p \leq 0,05$) en los tres momentos.

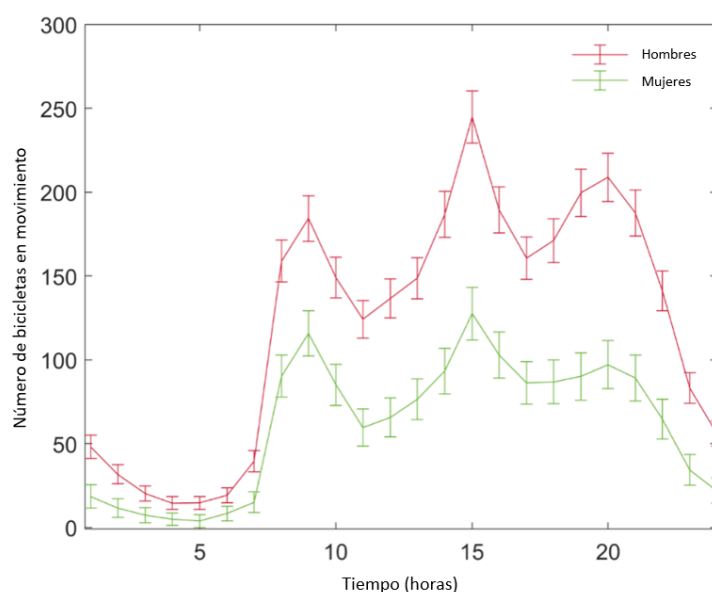


Figura II.3. Dinámica de viajes por género en días entresemana

Las líneas expresan el promedio de los desplazamientos en los 4 años analizados. Las barras de error indican la desviación estándar.

Estas diferencias también aparecieron cuando el momento medio se normalizó por el número de usuarios potenciales testados. Los hombres por su parte, realizaron un mayor número de desplazamientos en bicicleta que las mujeres en cada una de las franjas horarias establecidas y en cada variable de estudio. Sin embargo, el tamaño del efecto de la diferencia (valor r), fue mayor durante la noche que por las franjas horarias de mañana y tarde (ver Tabla II.1).

Tabla II.1. Diferencias de género en el número de viajes según franjas horarias diarias

	Hombres	Mujeres	Prueba de rango con signo de Wilcoxon
Noche (viajes · hora-1)	71,89 (47,61)	29,84 (21,29)	$Z = -25,53$ $p < 0,001$ *, $r = -0,84$
Mañana (viajes · hora-1)	132,21 (122,32)	70,01 (70,12)	$Z = -29,375$ $p < 0,001$ *, $r = -0,57$
Tarde (viajes · hora-1)	185,88 (164,45)	89,58 (84,44)	$Z = -21,662$ $p < 0,001$ *, $r = -0,62$
Noche (viajes · hora-1 · usuarios-1)	0,005 (0,003)	0,003 (0,002)	$Z = -18,405$ $p < 0,001$ *, $r = -0,53$
Mañana (viajes · hora-1 · usuarios-1)	0,009 (0,008)	0,007 (0,007)	$Z = -7,429$ $p < 0,001$ *, $r = -0,21$
Tarde (viajes · hora-1 · usuarios-1)	0,012 (0,011)	0,009 (0,008)	$Z = -9,447$ $p < 0,001$ *, $r = -0,27$

Los datos se expresan en mediana (rango intercuartílico). El * indica una diferencia significativa después de aplicar el ajuste de Bonferroni (α / no. De comparaciones). Los usuarios indican el número de personas que han utilizado el servicio al menos una vez durante los días testados.

II.4.3. Redes de movimientos

Los viajes realizados durante los 1.212 días de entresemana considerados en el estudio, trazan la red de viajes generada por género. En el caso de los hombres, presentan una mayor densidad (0,78) que la de las mujeres (0,66). El parámetro promedio de la red de viajes de hombres fue de 433,08 y de 367,42 para la red de viaje de mujeres. Esto pone en evidencia que la red de viaje generada por los hombres tiene un mayor número de conexiones con otros nodos que la red generada por mujeres.

En la figura II.4, es posible apreciar en el panel superior y el panel central, las redes de viajes trazadas por mujeres y hombres respectivamente. Para comparar ambas redes, se calculó el grado de similitud de los nodos del SBC de Valencia, que se presenta en el panel inferior. Como

se observa en este panel, la mayor similitud se da en la zona centro de la ciudad y en la zona centro-este de la ciudad, así como también la menos similitud en la periferia de la ciudad.

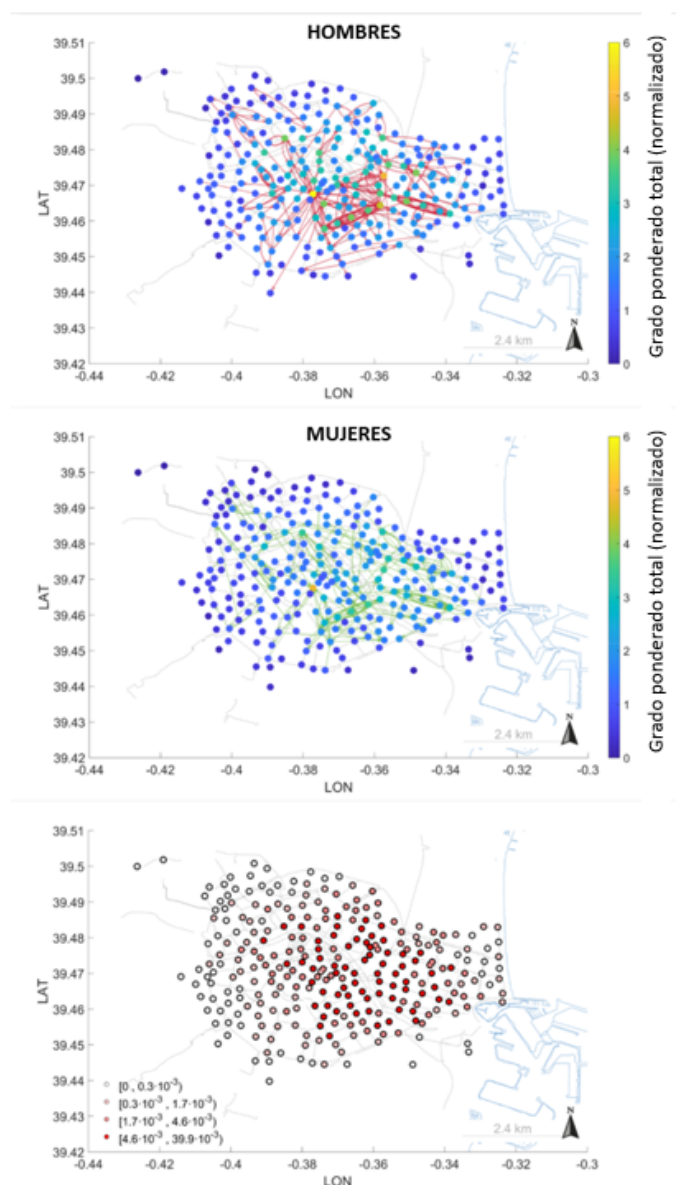


Figura II.4. Redes de movimiento de hombres y mujeres, y su comparación por grado de similitud.

Los paneles superior y central, muestran los 100 viajes más comunes de los hombres (línea roja) y mujeres (línea verde) respectivamente. El ancho de los arcos expresa el número de viajes entre nodos. Un ancho mayor, indica mayor número de viajes. El color de los nodos indica la ponderación estandarizada de todos los grados de cada uno de los nodos. El panel inferior indica el grado de similitud entre la red de viaje de hombres y mujeres. Los valores cercanos a 0 significan una similitud baja y los valores altos a una alta similitud de redes.

II.4.4. Ocupación del espacio en función de las franjas horarias

El espacio ocupado en los desplazamientos en bicicleta de mujeres y hombres, se extrajeron del análisis espacial de Voronoi en las tres franjas horarias del día. Identificando tres grupos o zonas con patrones de viaje similares. La figura II.5 muestra la zona C con un mayor número de viajes (alta frecuencia de visitas, mostradas en amarillo), la zona B con un número intermedio de viajes (frecuencia media de visitas, mostradas en verde) y la zona A con menor número de viajes (baja frecuencia de visitas, mostradas en color azul).

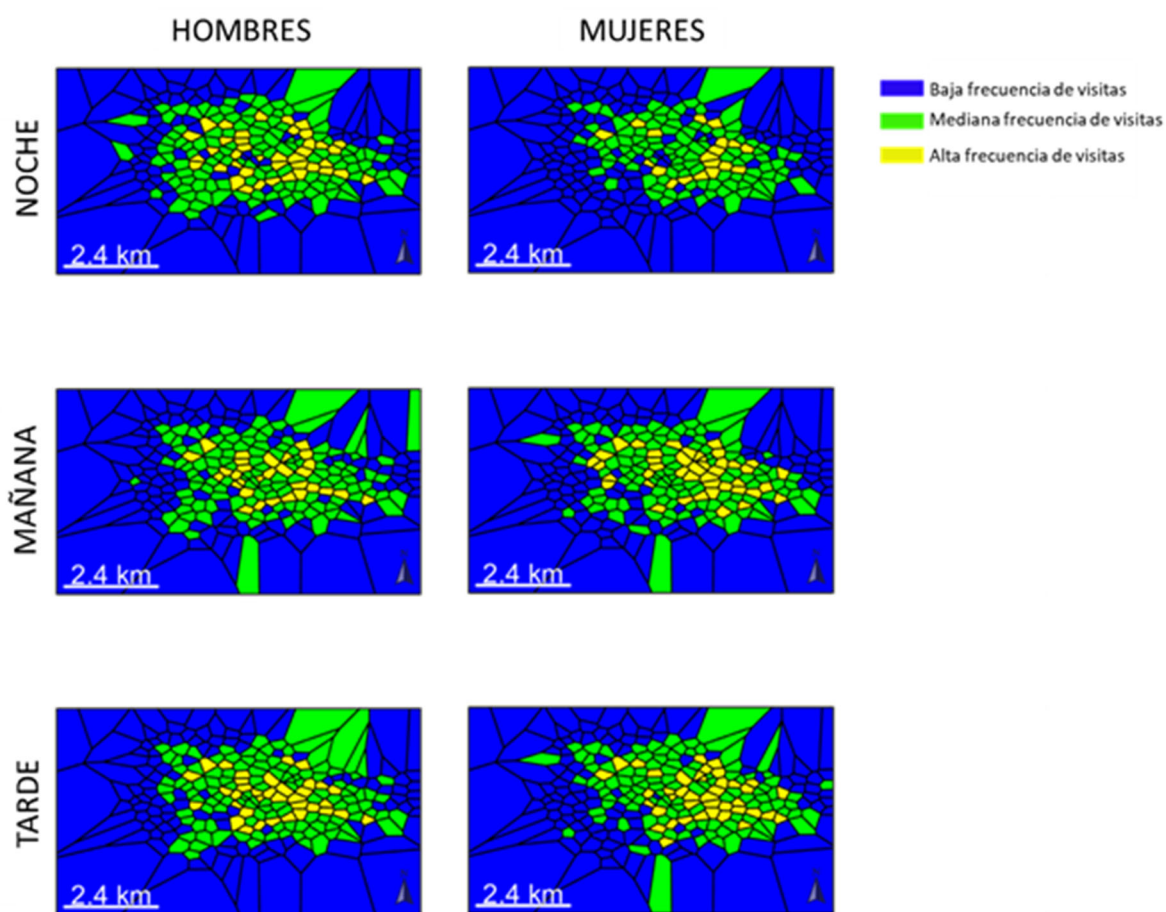


Figura II.5. Espacios de Voronoi utilizados por hombres y mujeres a lo largo del día según zona a la que pertenecen

Las zonas A, B y C, son los 3 grupos analizados para cada franja horaria y género. La zona A agrupa los espacios de baja frecuencia de visitas (azul), la zona B de frecuencia intermedia (verde) y la zona C de alta frecuencia (amarillo). La superficie de las tres zonas durante la franja horaria de mañana y tarde fue similar para mujeres y hombres. Mientras que, en la noche, la zona A, de baja frecuencia de vivitas, es 8 km² mayor para mujeres que para hombres.

El área cubierta por cada grupo, depende de la hora del día. La máxima diferencia entre hombres y mujeres se produjo durante la noche y, como puede verse en la figura II.5, la zona A como la menor utilizada (baja frecuencia de visitas, mostradas en azul) es 8 km² más grande en mujeres que en hombres.

En otras palabras, las mujeres solo utilizan las zonas más céntricas de la ciudad (Zonas B y C) por la noche. En otros momentos del día, las diferencias entre mujeres y hombres fueron inferiores a 3 km² (ver figura II.5).

II.5. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se han analizado los patrones de uso del SBC de la ciudad de Valencia en función del género. Por un lado, se han observado la cantidad de movimientos en función de las horas, y por otro lado se ha estudiado el uso del espacio por parte de las personas usuarias. Los resultados obtenidos han identificado diferencias entre hombres y mujeres en el comportamiento de uso de este modelo de transporte. La obtención de estos resultados fue posible tras analizar más de 5 millones de viajes realizados por los 25.360 suscriptores abonados al SBC de la ciudad de Valencia en un periodo de tiempo de 3 años y medio.

Uno de los principales resultados del análisis muestra que los hombres realizaron muchos más viajes que las mujeres durante el periodo testado. Esta mayor participación de hombres es similar a resultados obtenidos en otros estudios centrados en los SBC y el uso de la bicicleta en muchas ciudades del mundo (120,190–192). En el caso de las usuarias mujeres del SBC de la ciudad de Valencia, se observó que realizan un 10 % más viajes en bicicleta que las mujeres ciclistas en otras ciudades del mundo, como Londres por ejemplo (137), aunque este modelo de transporte siga teniendo un fuerte sesgo de género también en la ciudad de Valencia. De hecho, el porcentaje de viajes de los hombres (67 %) en Valencia es el doble que el de las mujeres (33 %), resultados acordes con las diferencias en el uso de la bicicleta por género encontradas en otros estudios (143,193). Esta diferencia es menor que en Chicago, donde el 79 % de los viajes son realizados por hombres y el 21 % por mujeres (194). Sin embargo, los resultados de nuestro estudio están más cerca de investigaciones realizadas en ciudades de baja prevalencia del ciclismo, principalmente asociados a países de habla inglesa, que a ciudades de alta prevalencia del ciclismo como ocurre en el norte de Europa (133). Esto, probablemente se deba a la reciente creación y mejoramiento de la infraestructura para este tipo de transporte en ciudades españolas como Valencia y Sevilla (195). El porcentaje de viajes realizados por mujeres en Valencia (33 %) es ligeramente inferior al porcentaje encontrado en otros estudios sobre el ciclismo general realizado en la misma ciudad de Valencia y otras ciudades de España (≈ 39 %) (181,196), lo que puede explicarse por las diferencias metodológicas utilizadas entre los estudios de los SBC y el ciclismo en general, los SBC que

están construidas con datos objetivos a través de la minería de datos y los estudios llevados a cabo con ciclistas particulares se realizan a través de encuestas.

En términos de tiempo de uso de la bicicleta, las personas usuarias del SBC de Valencia, dedicaron un promedio de 12,2 minutos por viaje los días de entresemana, cercanos a los 14,6 minutos que promedio de Minneapolis, Estados Unidos (197). Sin embargo, es sustancialmente inferior a los 18,3 minutos promedio de Washington (73) e incluso muy inferior a los 21,8 minutos promedio de los viajes realizado en Sevilla, aunque cabe destacar que estas dos últimas ciudades incluyen en sus tiempos promedios de uso de la bicicleta también los fines de semana, y en el caso de Sevilla también incluyen al transporte en bicicleta en general (195). Además, los tiempos promedios de viaje en cada ciudad puede estar muy mediado por la distancia entre estaciones, o la densidad de las mismas (198).

Por su parte, la dinámica de los desplazamientos a lo largo de un día de entresemana, indica tres picos de mayor actividad, a las 9:00 horas, a las 15:00 horas y las 20:00 horas. Estos picos se manifiestan de la misma manera en el SBC de Barcelona, situada tan solo 350 kilómetros al norte de Valencia (199). Los dos primeros picos (mañana y tarde) parecen estar relacionados con el horario escolar (entrada y salida de estudiantes), mientras que el tercer pico (noche) a las 20:00 horas, parece estar relacionado con el horario de cierre del comercio y término de funciones laborales (cierre de oficinas) en la ciudad de Valencia. El hecho de que específicamente en el tercer pico (20:00 horas) el uso por parte de las mujeres sea inferior al de los hombres, puede tener varias explicaciones. Una de los argumentos que podría explicar las diferencias en este horario son las diferencias en la percepción de seguridad entre hombres y mujeres, que se manifiesta de forma mucho más pronunciada en las franjas horarias en las que no hay luz, lo que sucede en Valencia a las 20:00 horas durante más de la mitad del año (200,201).

El mayor pico de uso de la bicicleta se produce a las 15:00 horas, mientras que en otros estudios este pico se produce tres horas más tarde o incluso más aún (73,194,199,202), lo que probablemente puede explicarse debido a las diferentes culturas de actividad social y laboral que definen los horarios de mayor o menor flujo de personas. No obstante, las mujeres que

utilizan SBC de Valencia lo hacen con mayor presencia en la jornada de mañana que de noche, situación similar a lo que ocurre en el SBC de Monreal (104).

La dinámica de los viajes diarios y los picos de actividad de movimiento de las personas que utilizan el SBC de Valencia, pueden estar relacionados con un uso con fines instrumentales de desplazamiento, al igual que el SBC de Chicago (194). Más importante para los fines de este estudio son las significativas diferencias de género en los viajes en cada franja horaria diaria (mañana, tarde y noche), ya que los hombres realizaron más viajes que las mujeres, siendo la tarde el periodo en el que más viajes realizan tanto mujeres como hombres.

Otros estudios realizados en Reino Unido, Australia y China, sugieren un comportamiento similar a expuestos en los resultados de nuestro estudio en el uso entre hombres y mujeres, señalando que los hombres realizan un mayor número de viajes por año y un mayor número de viajes en horas pico (193,203,204). Sin embargo, estudios realizados en Londres sobre el uso del SBC, señala que las mujeres utilizan la bicicleta compartida en mayor porcentaje y duración los fines de semana y en vacaciones (191), lo que podría reflejar la preferencia de la mujer en realizar viajes por ocio, a menor velocidad y de mayor duración (205).

Una de las aportaciones de este trabajo, ha sido identificar las zonas de uso de viaje en bicicleta y observar en ellas las diferencias de género en el uso del espacio utilizado. Aunque las zonas de uso de los hombres y las mujeres presentan una distribución similar en las diferentes franjas horarias se puede observar que la red de hombres presenta una mayor densidad de usuarios en movimiento que la red de mujeres. En cuanto al análisis del grado de similitud en las zonas de viaje, ambos géneros muestran un comportamiento comparable en la zona centro de la ciudad como y en la zona este de la misma, donde la velocidad de los vehículos motorizados es menor (según los límites de velocidad establecidos por la normativa vigente de la ciudad), las lesiones y accidentes son menos graves y existe mayor cantidad de carriles de bicicleta (206,207). Sin embargo, estos comportamientos van variando en torno a las 69 estaciones de bicicleta de las zonas periféricas de la ciudad, que muestran un mayor uso por parte de los hombres sobre las mujeres.

Como hemos mencionado anteriormente, las mujeres se muestran más reacias a situaciones de riesgo que los hombres, así como también tienen una mayor percepción de inseguridad

respecto a la infraestructura vial destinada para el tránsito de transporte no motorizado lo que explica que exista una menor ocupación por parte de las mujeres en las confluencias de las grandes vías de la ciudad, donde existe un mayor flujo de vehículos motorizados y donde hay una presencia menor de carriles bici, (143,207–209). De hecho, según los estudios realizados por Beecham y Wood en 2014 en los que se utilizó una metodología similar, se concluyó que el diferente comportamiento de desplazamiento en ambos géneros es consecuencia especialmente de la preferencia por parte de las mujeres de utilizar la bicicleta en zonas alejadas de las carreteras principales de la ciudad y en zonas de menor tráfico de vehículos (191).

Los resultados del análisis de Voronoi del uso del espacio en las distintas franjas horarias, también refuerzan los resultados sobre la comparación de las redes de desplazamiento. La cantidad de espacio cubierto por hombres y mujeres en las tres zonas de estudio, fueron diferentes en cada franja horaria. La movilidad de los usuarios en bicicleta en la ciudad de Valencia, es similar en hombres y mujeres tanto en la franja horaria de mañana como la franja de tarde, aunque siempre considerando que los hombres, como se ha mencionado anteriormente, tienen un mayor número de desplazamientos que las mujeres en las tres franjas horarias. En el mismo contexto, la mayoría de los viajes de mujeres y hombres en bicicleta se realizan y concentran en el centro de la ciudad, en la zona universitaria y en los lugares donde se encuentran los principales centros de transporte de personas. Esta situación está en consonancia con lo que ocurre también en otros estudios (71,191,194). Sin embargo, entre las personas usuarias del SBC de Valencia como se puede observar en el apartado de resultados, las mujeres se desplazan mucho menos en la franja de la noche en los barrios que se encuentran en la periferia de la ciudad. En ese sentido, los espacios donde las mujeres se inhiben de utilizar la bicicleta durante la noche conforman un área de 8 km², que precisamente se encuentran en mayor proporción en los barrios periféricos de la ciudad. Como evidencian también otros estudios (73,191,207,208), la escasa iluminación sumado a los riesgos que tiene un desplazamiento en bicicleta, influye en el comportamiento de las mujeres ciclistas de la ciudad de Valencia.

En general, como se demuestran este y otros estudios, las diferencias de género en la preferencia por el uso de la bicicleta están condicionadas por las diferencias socioculturales, la distribución del trabajo, el tiempo y por la percepción de riesgo y seguridad que ofrece el servicio de SBC de Valencia y su infraestructura.

El presente estudio tiene dos limitaciones principales. En primer lugar, los resultados se basan en los datos proporcionados por los usuarios suscritos al sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia, y no podemos garantizar ni generalizar el comportamiento, debido a que las tarjetas pertenecientes a los usuarios podrían ser utilizadas por otras personas que no estén registradas como miembros oficiales del servicio. Sin embargo, la gran cantidad de datos recopilados en este estudio, minimiza el efecto de un posible uso fraudulento de la tarjeta de usuario. En segundo lugar, este estudio solo utiliza las estaciones de bicicleta en las que los usuarios recogieron y dejaron aparcadas las mismas. La geolocalización de todos los viajes, podrían proporcionar una información diferente a la expuesta en este trabajo. Futuros estudios deberían probar el algoritmo de la estimación de la ruta de viaje y utilizar dispositivos de GPS para mejorar la fiabilidad de la investigación.

II.6. CONCLUSIONES

Este estudio se ha llevado a cabo utilizando una perspectiva de minería de datos sobre un gran número de personas (anónimas) usuarias del SBC de la ciudad de Valencia, centrándose en determinadas variables de interés relativas al género y al comportamiento de los usuarios observados en sus desplazamientos. Los beneficios del tamaño de la muestra y los sesgos no conductuales por observación, no son parte del trabajo, pero pueden a través de cuestionarios, estudios subjetivos y culturales del comportamiento de usuarios mediante estudios cualitativos, complementar la base de datos en este tipo de estudios y otros similares.

Dicho lo anterior, las principales conclusiones que se desprenden de los datos analizados en el presente estudio son las siguientes:

- Los hombres utilizan más el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia respecto a las mujeres en todas las franjas horarias analizadas.
- Las mujeres reducen la movilidad en bicicleta por las noches principalmente en zonas periféricas de la ciudad de Valencia.
- Este trabajo, es uno de los pocos que enfatiza el rol que juega el género, en especial, las mujeres, como “especie indicadora” que permiten evaluar la calidad e igualdad de los servicios ofrecidos por los SBC.

Los patrones de desigualdad de género en el uso de la bicicleta y la utilización de los espacios observados en este estudio, ofrecen información útil para que las empresas dedicadas a montar los SBC y para los responsables de las políticas de transporte de los países y ciudades, adopten la necesidad de buscar en la mejora del servicio, la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres tanto en servicios como en bienes. Al mismo tiempo, este estudio, contribuye a ampliar los conocimientos sobre las diferencias de género en el uso de la bicicleta y a que temas como este, sean prioritarios y tratadas con mayor importancia en futuras investigaciones.

CAPÍTULO III. ESTUDIO DE LOS PATRONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS
USUARIOS Y USUARIAS DEL SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTIDAS DE LA
CIUDAD DE VALENCIA, “VALENBISI”, PRE Y POST COVID-19

III.1. INTRODUCCIÓN

El primer caso de neumonía de origen desconocido se detectó en diciembre de 2019 en Wuhan, China (210), cuando se identificó un nuevo tipo de coronavirus denominado SARS-CoV-2 como principal causante de esta enfermedad, el COVID-19. El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el virus como pandemia, lo que obligó a los gobiernos a tomar medidas drásticas de distanciamiento social y movilidad humana para mitigar la transmisión del COVID-19.

Se observaron fuertes correlaciones entre estas medidas y una disminución de las infecciones durante las primeras semanas después del brote (211,212), aunque la vida cotidiana de las personas se vio gravemente afectada y hubo un impacto significativo en áreas como la economía (213), el medio ambiente (214), la actividad física y el tiempo sedentario (215), las compras (216), las comunicaciones (217), la salud mental (218) y el transporte (219).

El modo de vida se vio especial y radicalmente afectado por la pandemia en las ciudades, sobre todo cuando se adoptaron las medidas más severas y de bloqueo. Algunas ciudades se vieron obligadas a alterar su dinámica urbana y la distribución de la población en relación con el uso del suelo. Un proyecto de investigación basado en encuestas realizado en el área metropolitana de Chicago sobre los cambios generales en las tendencias de movilidad informó de cambios en rutinas establecidas desde hacía mucho tiempo, ya que las compras, los desplazamientos y las reuniones de negocios fueron sustituidos por alternativas en línea (220).

Romanillos et al. (221) aportaron pruebas de los cambios en la actividad humana debidos a las restricciones impuestas en Madrid mediante un análisis de datos móviles. Aunque las actividades de las personas se redujeron significativamente en todas las zonas urbanas analizadas, las relacionadas con el comercio, la industria y la salud mantuvieron mejor sus actividades que las educativas y de ocio. Aun así, en algunos países como Alemania, la mitad de la población adulta salía de casa para realizar actividades de ocio y recados. En este caso, los adultos jóvenes parecían ser más activos que los demás grupos de edad (222).

El transporte urbano fue uno de los sectores más afectados por las restricciones a la circulación, aunque de forma diferente según los tipos de transporte. El transporte público,

en particular, se redujo drásticamente porque ofrece las circunstancias ideales para la transmisión del virus (223). Tanto las estaciones como los medios de transporte se consideraron lugares con un alto riesgo de contagio debido al limitado espacio disponible y a las numerosas superficies que podían contribuir a la propagación del virus (224). Según las primeras estimaciones posteriores al brote, el transporte público disminuyó hasta un 80-90 % en las principales ciudades de China, Irán y EE.UU., y hasta un 70 % en el caso de algunos operadores del Reino Unido (225).

Una encuesta realizada en India demostró que, tras el inicio de la pandemia, la gente redujo los desplazamientos innecesarios y evitó utilizar el transporte público, los taxis u otros medios de transporte masivo, optando por andar a pie y el uso de la bicicleta (226). Además, la demanda de transporte público en Budapest experimentó una reducción del 80 %, el uso de la bicicleta del 23 % y las bicicletas compartidas disminuyeron un 2 %, mientras que el uso del coche privado aumentó un 25 % (227). Según Choi et al. (228), citando un informe del Instituto de Tecnología de Seúl, se produjo una reducción del 32 % en los desplazamientos en transporte público de Seúl tras el brote, y del 27,4 % entre los usuarios del metro. Una encuesta polaca también constató una reducción del 66 % del tiempo empleado en los desplazamientos, independientemente del grupo de edad y del sexo (229).

III.2. MARCO TEÓRICO

III.2.1. Sistema de bicicletas compartidas durante la pandemia del COVID-19

Durante la pandemia se fomentaron los medios de transporte activos, como caminar o montar en bicicleta para minimizar el riesgo de contagio (230). Como las bicicletas ayudan a sus usuarios a ahorrar tiempo (231) y no tienen que compartir espacio con nadie (menor riesgo de contagio), muchas autoridades recomendaron el uso de los SBC (232) porque disminuyen los riesgos para la salud pública en los transportes públicos abarrotados de personas, lo que por sí solo podría explicar el aumento significativo del uso de bicicletas en diferentes países durante la pandemia (233).

Los sistemas de SBC se habían hecho bastante populares en los 20 años anteriores a la pandemia en muchas ciudades, ya que se consideraba que tenían efectos beneficiosos para la salud de los usuarios, podían combinarse con otros medios de transporte público, ayudaban a reducir el uso de vehículos de motor y, por tanto, disminuían las emisiones de gases de efecto invernadero (234). Durante el confinamiento, los SBC de Boston, Chicago y Nueva York ofrecieron un servicio gratuito a los trabajadores sanitarios y otro personal esencial para fomentar el uso del transporte en bicicleta durante la pandemia (235), mientras que Houston, Atlanta y Nueva Orleans, en EE UU (236), y Santander en España, suspendieron su servicio de SBC (237). En Bogotá, Nueva York y Barcelona se ampliaron, añadieron o acondicionaron los carriles bici, y en Budapest y Oakland redujeron los precios de sus SBC (236,238,239).

A pesar de las diferencias en las decisiones políticas, muchas ciudades de todo el mundo (por ejemplo, Pekín, Boston, Budapest, Chicago, Coruña, Londres, Nueva York, Seúl) experimentaron reducciones extremas en el uso de bicicletas compartidas tras el brote, pero se observó una recuperación posterior en comparación con otros modos de transporte, aunque no siempre alcanzando el nivel anterior a la pandemia, especialmente cuando se reabrieron los SBC o se relajaron las restricciones (227,240–247). Esta información se obtuvo de varios estudios, que utilizaron diferentes métodos de recopilación de datos y la mayoría de ellos coincidieron en que los SBC eran más resistentes que otras formas de movilidad pública. Esto se debe a la versatilidad y flexibilidad de los SBC, que no pierden su capacidad de

funcionamiento ni se recuperan fácilmente cuando se ven expuestos a cambios o sacudidas (248).

Aparte de la resistencia general de los SBC, durante la pandemia se observaron variaciones con respecto a las restricciones de movilidad y las características particulares de cada SBC y red comunitaria. Por ejemplo, tras el aumento del número de usuarios al inicio de la pandemia, en Budapest no se observó posteriormente una clara recuperación del número de usuarios de bicicletas compartidas (238). Las variaciones en el caso del uso del SBC en Chicago siguieron un patrón de "aumento-decrecimiento-rebote", considerando un periodo prepandémico que coincidió con el aumento y un periodo pandémico que coincidió con el descenso y el rebote (241). Un análisis espaciotemporal halló cambios más detallados en diversas partes de Chicago, como: 1) las zonas con más residentes blancos, asiáticos y menos afroamericanos redujeron su uso antes y en mayor medida, recuperándose más tarde; 2) los espacios abiertos y las zonas residenciales mostraron una reducción menor y se recuperaron antes; 3) el centro de la ciudad y las zonas de altos ingresos presentaron un aumento temprano con un descenso y un tiempo de recuperación retrasados; y 4) las estaciones aisladas desempeñaron un papel más importante en la pandemia, con un aumento prepandémico más relativo y un descenso postpandémico menos relativo. A partir de los datos del SBC de Pekín, Chai et al. (249) observaron una reducción general del uso de bicicletas del 64 % y una recuperación posterior del 15,9 %, mientras que el uso compartido de bicicletas experimentó una reducción cercana al 40 %. Las primeras reducciones afectaron especialmente a las estaciones de metro, las empresas de alta tecnología y los centros comerciales, mientras que las zonas residenciales, los supermercados y los hospitales se vieron menos afectados. La recuperación posterior del uso compartido de bicicletas se observó especialmente en empresas de alta tecnología y ordinarias.

Desde el inicio de la pandemia, también se encontraron variaciones en el tiempo y la duración del uso del SBC en diferentes ciudades de todo el mundo. En Londres, Pekín, Boston y Nueva York se observó un aumento del tiempo de alquiler de bicicletas compartidas y de la duración media de los desplazamientos, a veces con trayectos cortos (240,244–247). En Washington DC, más personas estaban dispuestas a utilizar el SBC para su desplazamiento completo en

lugar de sólo utilizarlo para los últimos kilómetros (250), y la distancia del viaje apareció como un efecto relevante en el uso del SBC en Barcelona durante la pandemia (239).

Las disparidades detalladas anteriormente en el uso de los SBC también incluyen algunas desigualdades socioeconómicas en el uso después del brote, que probablemente ya existían antes de la pandemia pero que se exacerbaban bajo las condiciones creadas por la pandemia. Por ejemplo, el uso compartido de bicicletas parecía más prevalente en las zonas de Chicago con más residentes blancos, de altos ingresos y con estudios, y con mayor densidad de población (241). Los habitantes de los barrios más ricos de Nueva York fueron más capaces de mantener el distanciamiento social que los de las zonas más pobres con un alto porcentaje de trabajadores esenciales con salarios bajos (251). Los estudios de predicción también indicaron que los niveles de renta y educación más altos de los residentes en Barcelona y Tesalónica surgieron como un efecto relevante en el uso de los SBC durante la pandemia (239,252). De hecho, estos resultados exacerbaban las barreras sociodemográficas para los grupos marginados y vulnerables, que carecían de la capacidad, la accesibilidad y el incentivo para utilizar los servicios de uso compartido de bicicletas desde antes de la pandemia (253).

Según las variables sociodemográficas, el uso de los SBC se vio moderadamente afectado por la pandemia en diferentes ciudades porque siguió reduciendo las tendencias anteriores a la pandemia. Por ejemplo, los días laborables atrajeron un mayor uso de los SBC que los fines de semana, aunque se produjo un aumento durante los días no laborables durante la pandemia en Barcelona y Pekín (239,249). Los hombres seguían tendiendo a utilizar el SBC más que las mujeres durante la pandemia, pero el inicio de COVID-19 provocó un aumento de mujeres usuarias en Barcelona y Shiraz, Irán (239,254), con una frecuencia similar en Lisboa (255). Los individuos más jóvenes eran más propensos a utilizar el uso compartido de bicicletas que las personas mayores, aunque se observó un aumento entre las personas mayores durante la pandemia en Nanjing (256). Los hombres mostraron una mayor propiedad de bicicletas y eran más propensos a utilizar bicicletas personales que las mujeres si el SBC no estaba disponible, mientras que las mujeres combinaban con más frecuencia el SBC con el transporte público y eran más propensas a utilizar el transporte personal si el SBC no estaba disponible (255). Al igual que en la investigación previa a la pandemia, el comportamiento de las mujeres parecía

estar más afectado por una percepción de miedo a los riesgos medioambientales (por ejemplo, lesiones, accidentes) y a la inseguridad social (por ejemplo, violencia, acoso) (257,258).

Varios estudios constataron que las infraestructuras y el entorno de la ciudad también se vieron afectados por la pandemia, con una gran repercusión en el uso de los SBC por parte de los ciudadanos. Por ejemplo, un estudio realizado en Shiraz informó de que un entorno favorable a las personas con usos del suelo mixtos, diversos, densos y accesibles, así como una infraestructura favorable a los ciclistas tuvieron efectos importantes sobre los desplazamientos activos durante la pandemia (254). Otros estudios realizados en Chicago y Seúl señalaron que los espacios abiertos y las zonas verdes tenían efectos positivos estadísticamente significativos sobre el uso de bicicletas compartidas, mientras que las zonas industriales presentaban una relación negativa (241,259). Según Kim y Lee (242), los espacios al aire libre, la accesibilidad a las estaciones de metro y los carriles bici han aumentado significativamente el uso de bicicletas compartidas desde el brote de COVID-19. Estos hallazgos indican el impacto de la ampliación de la infraestructura pública de bicicletas para promover el SBC y el uso de la bicicleta, como también se constató en otros estudios (238,239,247). De hecho, esta es la razón por la que Bustamante et al. (239) consideraron que la ampliación de la duración del uso compartido de la bicicleta y la transformación de las calles en espacios aptos para las bicicletas fueron las decisiones políticas más importantes para promover el uso de la bicicleta tomadas como consecuencia de la pandemia del COVID-19.

III.2.2. Objetivos

En este contexto, el objetivo general del presente trabajo es analizar las pautas de comportamiento de los usuarios del SBC de Valencia antes y después del brote de COVID-19, en particular de aquellos que mantuvieron o modificaron sus rutinas de transporte. Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la movilidad de los usuarios del SBC (número de desplazamientos y % de días en bicicleta) antes y después de los años del brote de COVID-19;

- Clasificar a los usuarios de los SBC mediante el análisis de mapas auto-organizados (SOM) e identificar sus cambios de comportamiento en función de las modificaciones de sus grupos en los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19; y
- Caracterizar los perfiles de los usuarios de SRS que permanecieron y los que abandonaron sus conglomerados mediante la identificación de los diferentes hábitos antes y después del brote de COVID-19 en las 25 variables utilizadas para este fin.

La importancia de alcanzar estos propósitos era triple. En primer lugar, este trabajo es, hasta donde sabemos, el primero en establecer los patrones de comportamiento de un mismo grupo de usuarios del SBC con datos objetivos mediante la comparación entre antes del brote de COVID-19 y el año posterior al brote. Investigaciones anteriores, basadas en datos objetivos, realizaron estudios comparativos antes y durante la pandemia sobre el uso del SBC, pero no con los mismos participantes en diferentes momentos, lo que reduce su eficacia para medir los cambios encontrados, ya que las comparaciones se refieren a grupos diferentes en dos o más momentos distintos. En el presente estudio, los cambios se identificaron mediante comparaciones entre sujetos de un grupo de usuarios de SBC de Valencia, obteniendo mediciones más precisas y fiables que las comparaciones entre sujetos. En segundo lugar, el presente estudio se centró en caracterizar los tipos de usuarios, especialmente los participantes que cambiaron y los que mantuvieron sus rutinas normales de uso del SBC, identificando las diferencias antes y después del brote de COVID-19 en las 25 variables utilizadas para este fin. En tercer lugar, aplicamos un innovador análisis de redes artificiales, basado en modelos matemáticos de aprendizaje automático, a diferencia del modelo lineal más tradicional de análisis estadístico, y especialmente adecuado cuando se manejan y analizan datos múltiples y muchas variables. De hecho, según Wang y Biljecki (260), la aplicación de métodos analíticos avanzados para establecer patrones de comportamiento es muy importante en los estudios urbanos porque representan el complejo mundo real de los sistemas urbanos a múltiples escalas mediante la integración de datos de múltiples fuentes.

III.3. METODOLOGÍA

Este trabajo responde a un diseño intrasujetos de un grupo de usuarios del SBC antes y después del inicio de la pandemia en el que se utilizaron técnicas de minería de datos. La figura III.1 muestra el flujo de trabajo del estudio y las distintas fases del análisis realizado.

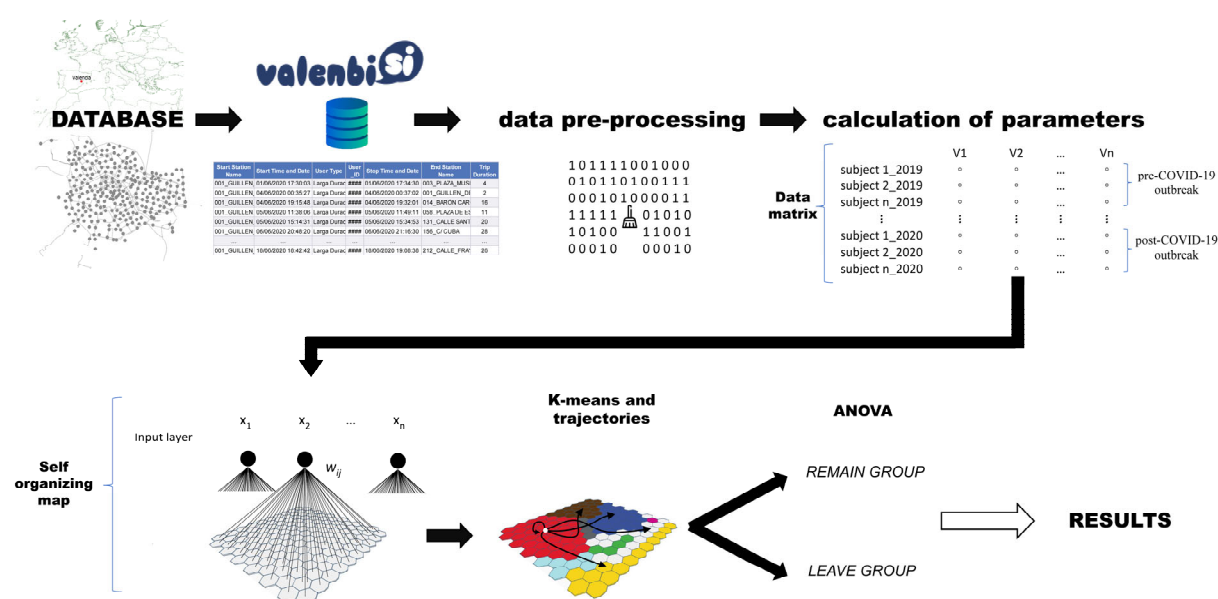


Figura III.1. Flujo de trabajo del estudio y las distintas fases del análisis realizado

III.3.1. Área de estudio e impacto de la pandemia

El presente trabajo se centra en el análisis de los usuarios del sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia. Valencia es una ciudad de tamaño medio ($\approx 800,000$ habitantes) situada en el Este de España. Se trata de la tercera ciudad en número de habitantes del país. La densidad de la población ronda los 5900 habitantes/km². El turismo es una de las principales fuentes de ingreso económico, en parte, debido a las bondades de su clima mediterráneo y a un conjunto de infraestructuras centradas en el turismo cultural y el entretenimiento. En los trabajos previos de Prytherch and Boira-Maiques (261) y Pellicer-

Chenoll y colaboradores (258) se puede ver una descripción más extensa de las características de la ciudad.

El primer caso de contagio por COVID-19 en Valencia, España, fue reportado el 19 de febrero del 2020 (262). Al igual que otras ciudades de Europa, a partir de este punto, se desencadenaron una serie de medidas legislativas que tenían como objetivo disminuir los contagios y muertes que se estaban produciendo. De forma general las primeras medidas estaban encaminadas a disminuir la movilidad de los ciudadanos, y al mismo tiempo se fueron añadiendo recomendaciones higiénicas que sirvieran como barrera a la transmisión. A continuación se hace un breve resumen de las principales medidas adoptadas durante el año 2020 en la ciudad de Valencia (263).

- El periodo comprendido entre el 15 de marzo y el 17 de mayo del 2020 (el denominado periodo de bloqueo o Fase 0). En esta fase fueron restringidos, por orden gubernamental, cualquier desplazamiento que no fuera esencial. Se contemplaban diversas excepciones, como adquirir alimentos o medicinas, atender emergencias o acudir al puesto de trabajo (en el caso en que la profesión a realizar estuviera catalogada como esencial). Las restricciones también incluyeron la clausura de centros educativos y establecimientos, como bares, restaurantes, discotecas, cafeterías, cines, negocios comerciales y minoristas.
- El periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 31 de mayo del 2020 (denominado periodo de Fase 1). Durante este periodo se permitía circular por los municipios que integran la provincia a la que se pertenecía (en nuestro caso la provincia de Valencia) y no se permitía viajar a otras provincias diferentes. El resto de restricciones y excepciones se mantuvieron de igual manera a la fase 0. El comercio minorista vuelve a abrir. Se recomienda el uso de mascarillas.
- El periodo comprendido entre el 1 de junio y el 14 de junio del 2020 (denominado periodo de Fase 2). Se mantiene la prohibición de viajar fuera de la provincia y se permite realizar actividad física por franjas de edad en diferentes horarios. El uso de mascarillas es obligatorio al aire libre y en espacios cerrados para mayores de 6 años.
- El periodo comprendido entre el 15 de junio y el 20 de junio del 2020 (denominado periodo de Fase 3). Se permiten desplazamientos dentro de la comunidad autónoma

(tres provincias). Desaparecen las franjas horarias para la realización de actividad física. Se permite la apertura de los parques infantiles recreativos y otros pequeños y grandes comercios con aforos reducidos.

III.3.2. Base de datos y cálculo de parámetros

La base de datos utilizada en este trabajo, ha estado compuesta por los registros de los movimientos de todos los usuarios del SBC de la ciudad de Valencia, Valenbisi, con registro desde el mes de enero del 2019 hasta febrero del 2021. Estos datos fueron divididos en dos periodos: pre-COVID (desde 1 de enero de 2019 hasta 31 de diciembre de 2019) y COVID (desde 1 de febrero de 2020 hasta 31 de enero de 2021). El mes de enero de 2020 no fue utilizado ya que se trata de un mes de transición, en el cual ya había comenzado la pandemia, pero no se habían contabilizado casos en nuestra ciudad. Los ficheros están compuestos por 12 columnas que describen cada mes en función del número de usuarios (normalmente más de 500.000 viajes al mes). Para los análisis solo se utilizaron las siguientes columnas: código de afiliado (numérico), estación de salida (texto), estación de destino (texto), fecha de salida y llegada (texto: DD/MM/AA HH:MM:SS) y duración del viaje (numérico).

Por otra parte, los datos sociodemográficos de cada uno de los usuarios se almacenaron en un fichero independiente debidamente anonimizado. De este fichero de datos solo se extrajeron cuatro campos, concretamente: Código de afiliado (numérico), género (nominal: masculino/femenino), edad (ordinal: 1 ='Menor de 26 años', 2 ='26 - 55 años', 3='Más de 55 años') y código postal (numérico). La distribución por sexo y edad de los usuarios del SBC puede verse en la figura III.2.

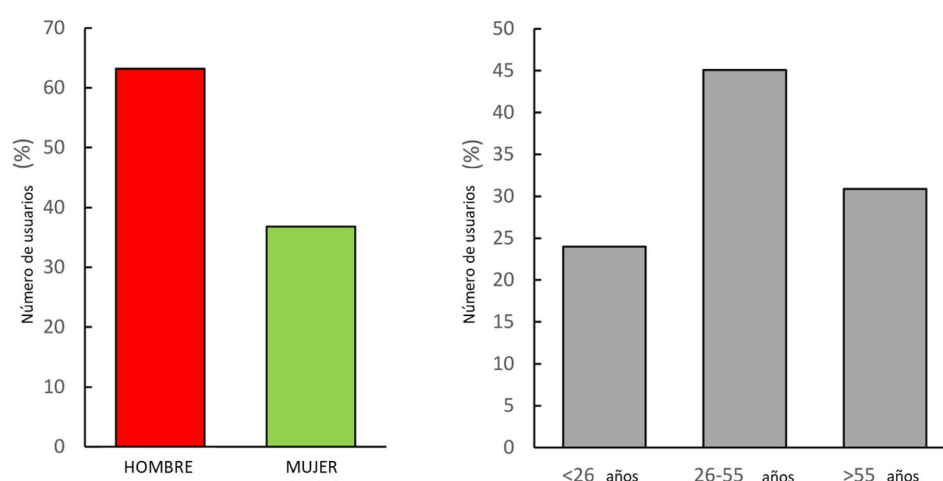


Figura III.2. Distribución por sexo y edad de los usuarios del SBC (n=4,355)

En nuestro estudio solo se analizaron los usuarios que utilizaron de forma habitual el sistema de bicicletas compartidas. Se estableció un umbral de uso mínimo de al menos 300 movimientos a lo largo de todo el año 2019. Asimismo, aquellos usuarios que no realizaron movimientos en los dos periodos testados (i.e. pre-COVID y COVID) también fueron eliminados. Finalmente, nuestra muestra incluye un total de 4355 personas.

De forma previa al cálculo de parámetros que caracterizaran el comportamiento de cada uno de los usuarios se realizó un preprocesado de los registros. Se procedió de la siguiente manera. Todos aquellos registros que superaban en más de 10 minutos el tiempo máximo de uso establecido por la empresa gestora del servicio (i.e. 30 minutos) fueron eliminados. También aquellos registros con una duración inferior a 3 minutos fueron descartados. Por último, los movimientos con principio y fin en la misma estación no se emplearon para los análisis posteriores, al igual que aquellos registros en los que no aparecía el destino final (esto ocurre ocasionalmente cuando las bicicletas no son devueltas o son enviadas a reparación).

Una vez fueron eliminados los movimientos anómalos, se calcularon 25 variables para cada uno de los usuarios habituales con la intención de caracterizar su comportamiento. Para el cálculo de estas variables se escribió un script en el entorno de programación de Matlab (Matlab R2021b, Mathworks Inc., Natick, USA). Los cálculos fueron realizados por separado

tanto para el año pre-COVID y como para el año COVID. A continuación, se realiza una breve explicación de los parámetros calculados.

Como primera y segunda variables se calculó el total de movimientos realizados por el usuario y el porcentaje de días del año en que emplearon el servicio de bicicletas compartidas. Son las dos únicas variables que hacen referencia a la cantidad de uso que se realizó en cada año.

A continuación, sobre el total de movimientos se calcularon los porcentajes de viajes que correspondían a cada estación del año, días de entresemana y de fin de semana. También se obtuvieron los porcentajes de viajes que se realizaban por la mañana, tarde y noche. Asimismo, con todos los registros horarios se calculó la mediana de uso del SBC. Esta mediana señala la hora en que los sujetos habían realizado al menos la mitad de los desplazamientos.

Por otro lado, se estableció el porcentaje de movimientos que el usuario realizaba con otros usuarios al mismo tiempo. Obviamente el anonimato de nuestros datos no nos permite establecer con total fiabilidad si los usuarios realizaban un viaje sólo o en compañía. Sin embargo, se establecieron algunas reglas lógicas que nosotros hemos etiquetado como “movimientos en compañía”. Se trata de los movimientos realizados por dos a o más usuarios que cogen una bicicleta en la misma estación y la dejan en la misma estación con una diferencia de tiempo inferior a 2 minutos.

Cinco variables se calcularon después de construir un grafo dirigido con los datos de los usuarios. Un grafo dirigido (o digrafo) G consiste en un conjunto de vértices V y un conjunto de arcos E . A los vértices se les llama también nodos o puntos y a los arcos aristas dirigidas o líneas dirigidas. Un arco es un par ordenado de vértices (v, w) donde v es la cola y w la cabeza del arco. Se dice que un arco $v \rightarrow w$ va de v a w y que w es adyacente a v . En consecuencia, una vez fueron eliminados los loops (i.e. movimientos que empiezan y terminan en el mismo nodo) para la construcción del grafo dirigido se empleó todos los movimientos del usuario y se construyó la matriz de adyacencia. Sobre esta matriz de adyacencia se calculó el número ciclos que existían para cada usuario. Existe un ciclo en un grafo cuando hay una trayectoria no vacía en el que solo se repiten el primer y último nodo. En concreto se calcularon los porcentajes de movimientos que contenían ciclos con una longitud igual a 2 o 3 nodos. Un ejemplo de un ciclo es: (Node1 $\rightarrow$ Node2 $\rightarrow$ Node3 $\rightarrow$ Node1). Sobre este grafo también se

calculó la densidad. La densidad de un grafo representa la relación entre las aristas presentes en el mismo y el número máximo de aristas que el grafo puede contener. Tanto las variables de porcentajes de ciclos como la variable densidad nos muestran la complejidad de movimientos que realizan los sujetos. Por otro lado, también se cuantificó el porcentaje de veces que los usuarios tomaban el mismo camino.

Teniendo en cuenta que durante el año 2020 existieron algunas franjas horarias en las que la movilidad en muchos casos estaba restringida por ley, se calculó el porcentaje de movimientos que se realizaban en estas franjas, y fueron etiquetados como “movimientos sospechosos”. Hay que tener en cuenta que durante el año 2019 no existieron este tipo de movimientos, pero para poder establecer comparaciones, en los días en que estaba prohibido circular en 2020 también se calculó el valor de 2019.

Dos variables fueron calculadas teniendo en cuenta el tiempo y la distancia que recorrían los usuarios. El tiempo empleado fue extraído de nuestros registros, mientras que la distancia que separa las estaciones fue descargada a través de Distance Matrix API (264) introduciendo la latitud y longitud de la estación de salida y llegada, especificando que el recorrido se realizaría en bicicleta. Con estos datos se calculó el promedio de kilómetros recorridos en cada movimiento y la velocidad promedio.

Por último, se calcularon 5 variables relacionadas con las zonas que visitaban los usuarios. De forma previa al análisis se geolocalizó las estaciones que estaban a menos de 65 metros de un punto de especial interés (POI) turístico, estación de tren o autobús, centro deportivo, centro educativo, centro de ocio (265). Se empleó los datos abiertos publicados por ayuntamiento para localizar todos ellos (266). A partir de estos datos, se calculó el porcentaje de movimientos que finalizaban en alguno de estas categorías.

III.3.3. Mapas auto-organizados (SOM)

En nuestro trabajo hemos usado redes neuronales no supervisadas, en concreto mapas auto-organizados (SOM). El objetivo principal del SOM es transformar un patrón de señal de entrada de dimensiones arbitrarias en un mapa discreto de dos dimensiones, y realizar esta transformación adaptativa de una manera topológicamente ordenada. Se trata de un innovador modelo no lineal de análisis de datos, especialmente adecuado cuando los datos son numerosos y se desconoce el modelo de ecuación que explica las relaciones entre las variables, como en este estudio. Se trata de un método de clasificación que en comparación con otros más tradicionales (e.g. principal componentes análisis; PCA) muestra unos mejores resultados de resolución (267,268).

El análisis SOM, en nuestro caso, se ha usado para clasificar a los sujetos de nuestro estudio en función de un vector de variables muy amplio (269). Cada usuario tiene dos vectores de datos que le caracterizan en dos momentos en el tiempo (i.e. año pre-COVID y año COVID). El sistema agrupa los comportamientos similares en un espacio cercano. Obviamente si el usuario ha tenido el mismo comportamiento en ambos años es clasificado en el mismo sitio. Por el contrario, si en el primer año tenía un comportamiento, y en el segundo año su comportamiento ha cambiado ostensiblemente, el sistema clasifica al usuario en dos sitios separados entre sí.

Para realizar los SOM se empleó el programa Matlab R2021b (Mathworks Inc., Natick, USA) y la SOM toolbox (versión 2.0 beta) para Matlab. El proceso comienza con la construcción de una red de neuronas o nodos cuyo tamaño depende del número de casos que se incluyen en el análisis. La matriz de datos que hemos empleado como entrada tiene una longitud de 8710 casos (i.e. 4355 sujetos $\times$ 2 años). Para poder hacer un seguimiento de la evolución de cada sujeto a lo largo de los 2 años se asignó un identificador a cada usuario donde se especificaba el año en que se habían tomado los datos siguiendo las especificaciones de Ling & Delmelle (270). En nuestro estudio la red o rejilla tuvo una forma rectangular con un tamaño de 26 x 18 neuronas de alto y ancho respectivamente. La forma de las neuronas fue hexagonal, así cada neurona tuvo un total de 6 neuronas vecinas.

Una vez determinado el tamaño y la forma de la rejilla, se asignó un valor para cada una de las variables de entrada a cada una de los nodos o neuronas (i.e., inicialización). La inicialización del SOM se realizó de dos formas diferentes que explicamos a continuación. La inicialización aleatoria ocurre cuando los vectores de peso son inicializados con un valor aleatorio pequeño. La inicialización lineal ocurre cuando los vectores de peso son inicializados de forma ordenada a lo largo de un subespacio lineal atravesado por los dos principales vectores propios (eigenvectors) de la serie de datos de entrada.

Los pesos asignados inicialmente se modifican a lo largo del proceso de entrenamiento. En este estudio se aplicaron dos algoritmos de entrenamiento diferentes (i.e. secuencial y batch). En la fase de entrenamiento cada una de las neuronas que componen la rejilla compite por ganar cada uno de los vectores de entrada o casos que componen la muestra. La neurona ganadora de cada caso es aquella cuya distancia euclídea entre su vector de pesos y el vector de entrada es menor. Cabe destacar que los vectores de entrada o casos son normalizados entre 0 y 1 antes de comenzar el proceso de entrenamiento. Esto se hace así para que la escala de las variables no influya en el entrenamiento del SOM.

Este proceso competitivo da paso a un proceso adaptativo por el cual, una vez asignado el vector de datos de entrada a una neurona, los pesos de la neurona ganadora y de las neuronas vecinas se modifican y al mismo tiempo se ordenan topológicamente (i.e. fases de ordenación y convergencia).

En la ecuación 1 se muestra el cálculo que se emplea durante el entrenamiento de la red neuronal. Como puede apreciarse los pesos después de cada iteración se ven modificados en función de las diferencias entre los pesos iniciales y el vector de entrada, la función de vecindad y el ratio de aprendizaje (figura III.3).

$$w_j(n+1) = w_j(n) + \eta(n)h_{j,i(x)}(n)(x - w_j(n)) \quad (1)$$

Donde w_j es el vector de pesos de la neurona j , η es el ratio de aprendizaje, $h_{j,i(x)}$ es la función de vecindad y x es el vector de entrada. Como se ha visto, los pesos se modificaban después de cada interacción basándose en las diferencias entre los pesos iniciales y el vector de entrada, la función de vecindad y el ratio de aprendizaje. La función de vecindad se utilizó para que la neurona ganadora y sus vecinas más cercanas pudieran ajustar sus pesos para

parecerse más al vector de entrada que las neuronas alejadas de la neurona ganadora. Para este estudio, se probaron cuatro funciones de proximidad diferentes: (i) Gaussian, (ii) cut Gaussian, (iii) Epanechicov and (iv) Bubble.

El ratio de aprendizaje es un valor alto durante las primeras iteraciones y va disminuyendo progresivamente hasta valores muy pequeños. De esta forma, al comienzo del entrenamiento se producen grandes cambios en los pesos de las neuronas que van modificándose de forma más discreta a medida que avanza el proceso.

Todo el proceso descrito se repite 100 veces. Esto se debe a que el resultado final del análisis depende de algunos procesos aleatorios (e.g. inicialización y orden de entrada de los input vector). Al repetir 100 veces todo el proceso se aumentan las probabilidades de encontrar la mejor solución al problema. Ya que empleamos dos métodos de entrenamiento diferentes, cuatro funciones de vecindad y dos métodos de inicialización se obtuvieron finalmente 1600 SOM (i.e. $100 \times 2 \times 4 \times 2$). Se seleccionó como el mejor aquel que mostró un menor producto entre el error de cuantización y el error topográfico. El error de cuantización expresa lo bien que representa el vector de pesos de las neuronas a aquellos casos que pertenecen a cada una de las neuronas. El error topográfico está relacionado con la posición y el valor de las neuronas. Este error será bajo cuando las neuronas próximas se parecen entre sí más que las que están más alejadas.

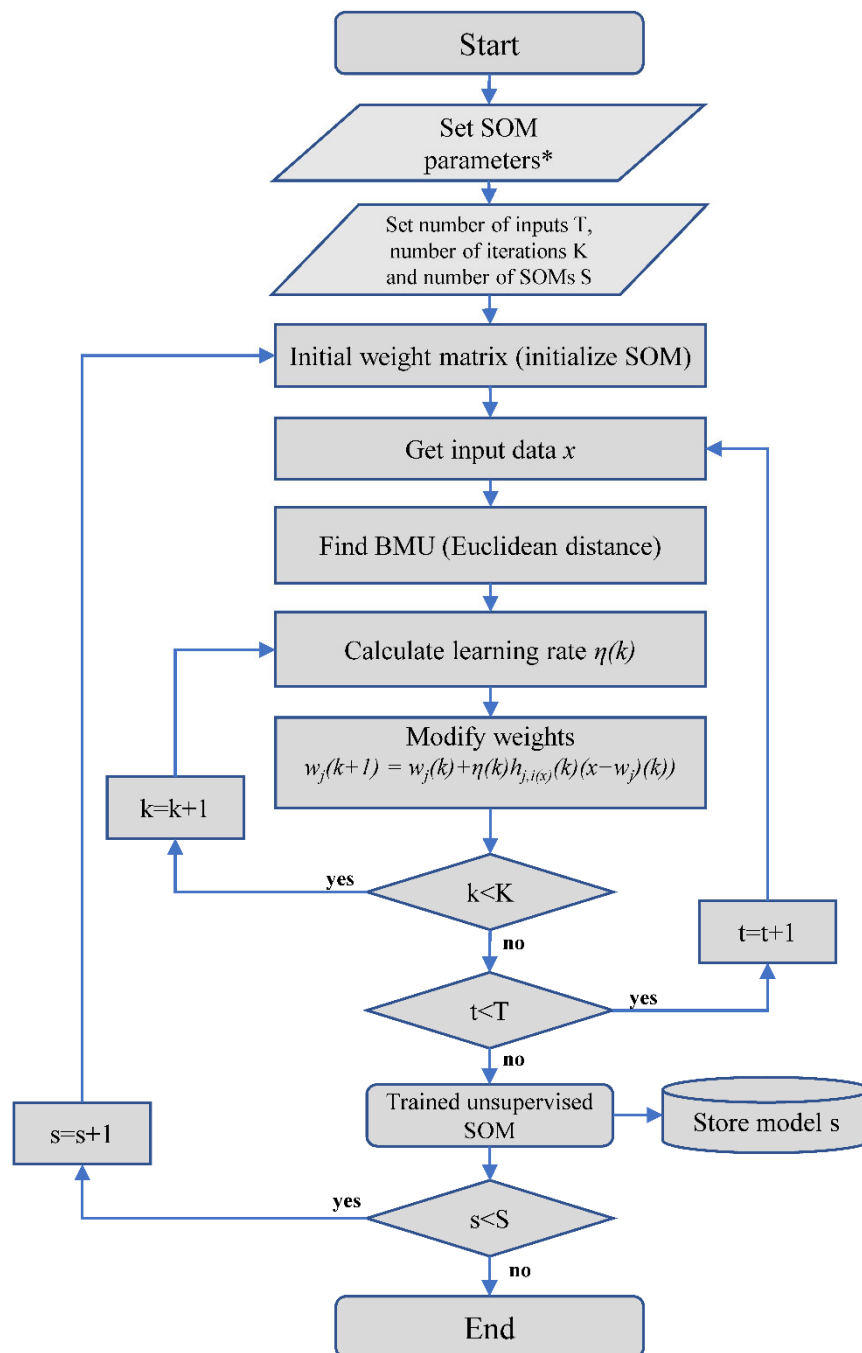


Figura III.3. Diagrama de flujo del algoritmo SOM no supervisado

* Utilizamos los siguientes parámetros en la construcción de SOMs, inicialización=lineal vs. aleatoria; métodos de entrenamiento=secuencial vs. por lotes; funciones de vecindad=Gaussiana vs cut Gaussian, Epanechicov y Bubble

De entre las diferentes variables de nuestra base de datos, las variables género y edad no fueron incluidas en el análisis SOM. Estas variables se emplearon para etiquetar las neuronas en función del porcentaje de sujetos que pertenecían a una u otra categoría.

A pesar de que los SOM tienen por finalidad agrupar casos de características similares en la misma neurona (i.e. cada neurona representa en sí mismo un clúster), ocasionalmente, para establecer grupos más grandes de personas, se realiza un análisis clúster. Para elegir el número correcto de conglomerados utilizamos el índice de Davies-Bouldin (271), que es uno de los utilizados habitualmente para elegir la mejor solución. En general, un índice más pequeño muestra un mejor ajuste. Para nuestro estudio probamos soluciones entre 2 y 10 conglomerados. Como la reducción del índice era inferior a una décima después de 6 clústeres (véase la figura III.4), optamos por la solución de 6 clústeres, que ofrecía la solución más sencilla con un error similar a las demás.

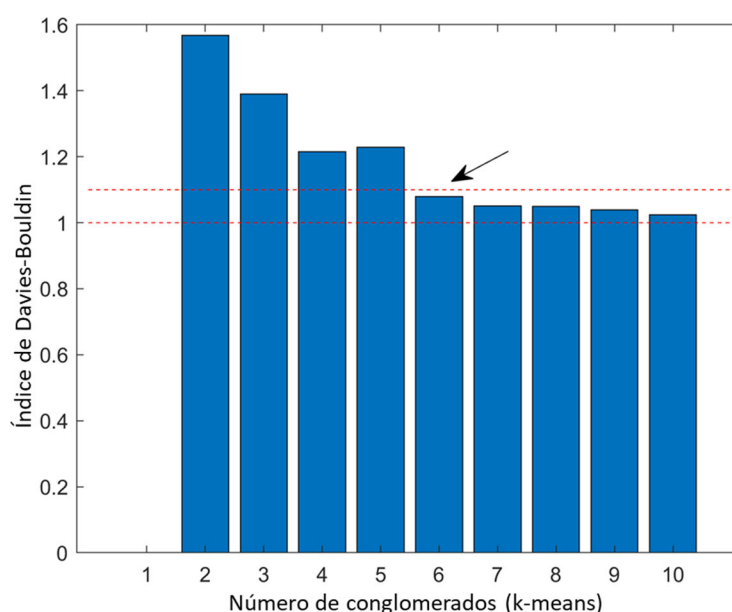


Figure III.4. Evolución del índice de Davies-Bouldin en función del número de conglomerados (k-means)

Asimismo, con la intención de valorar la movilidad entre clústeres de los sujetos se calculó la distancia recorrida en los mapas auto-organizados por cada persona, tomando como referencia la neurona desde la que partían en el año pre-COVID y a la que llegaban en el año COVID. Los desplazamientos fueron calculados mediante la distancia euclídea entre el valor de la neurona en el momento inicial y el valor de la neurona en el momento final.

Finalmente, se realizó un análisis específico del número de usuarios que cambiaban de clúster antes y después de la aparición del COVID-19. Al grupo de personas que cambiaron de clúster se le asignó el nombre de LEAVE, y al grupo cuyos miembros siguieron en el mismo clúster se le asignó el nombre de REMAIN.

III.3.4. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS para Windows V.26. Se calcularon la media y la desviación estándar para todas las variables dependientes. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de modelo mixto para probar los efectos del grupo (REMAIN vs. LEAVE), los efectos del tiempo (pre-COVID vs. COVID), y la interacción grupo x tiempo para cada una de las 25 variables dependientes. Cuando fue necesario, se utilizaron comparaciones múltiples con ajuste de confianza por el procedimiento de Bonferroni para el análisis post hoc análisis. El Alpha se fijó en $p \leq 0.05$ para todos los análisis.

III.4. RESULTADOS

III.4.1. Datos generales sobre desplazamientos y días en bicicleta antes y después del brote de COVID-19

Antes de presentar nuestros datos debemos caracterizar la influencia de las medidas anti-COVID-19 en la movilidad de la ciudad de Valencia. La figura III.5 muestra los datos epidemiológicos de 2020, acompañados de nuestros propios datos sobre la SBC de la ciudad y estimaciones de la localización de la población extraídas de registros disponibles en Google (272). Los datos epidemiológicos son valores absolutos (coloreados en rojo). Los valores de movilidad de del SBC y los informes de movilidad de Google se expresan como cambios porcentuales con respecto a un valor de referencia o línea base (es decir, un día de referencia representa un valor normal para el día de la semana, o el valor medio del periodo de 5 semanas entre el 3 de enero y el 6 de febrero de 2020).

Nuestra base de datos mostró un descenso de alrededor del 40 % en el número de movimientos tras el estallido de la pandemia. En 2019 (antes del brote de COVID-19) hubo un total de 3.159.890 movimientos, que se redujeron a 1.315.861 en el primer año después del brote. El número de usuarios que realizaron al menos 1 desplazamiento también se redujo de 22.248 en 2019 (pre brote COVID-19) a 15.693 en el año posterior al brote COVID-19.

Un comportamiento similar presentaron quienes utilizan habitualmente el SBC de Valencia ($n=4.355$). El número de desplazamientos que realizaron se redujo de 1.344.965 a 693.907 ($p<0,001$; $d=1,05$) y el porcentaje de días de bicicleta se redujo del 41 % al 23 % ($p<0,001$; $d=1,31$), comparando los años pre y post brote COVID-19.

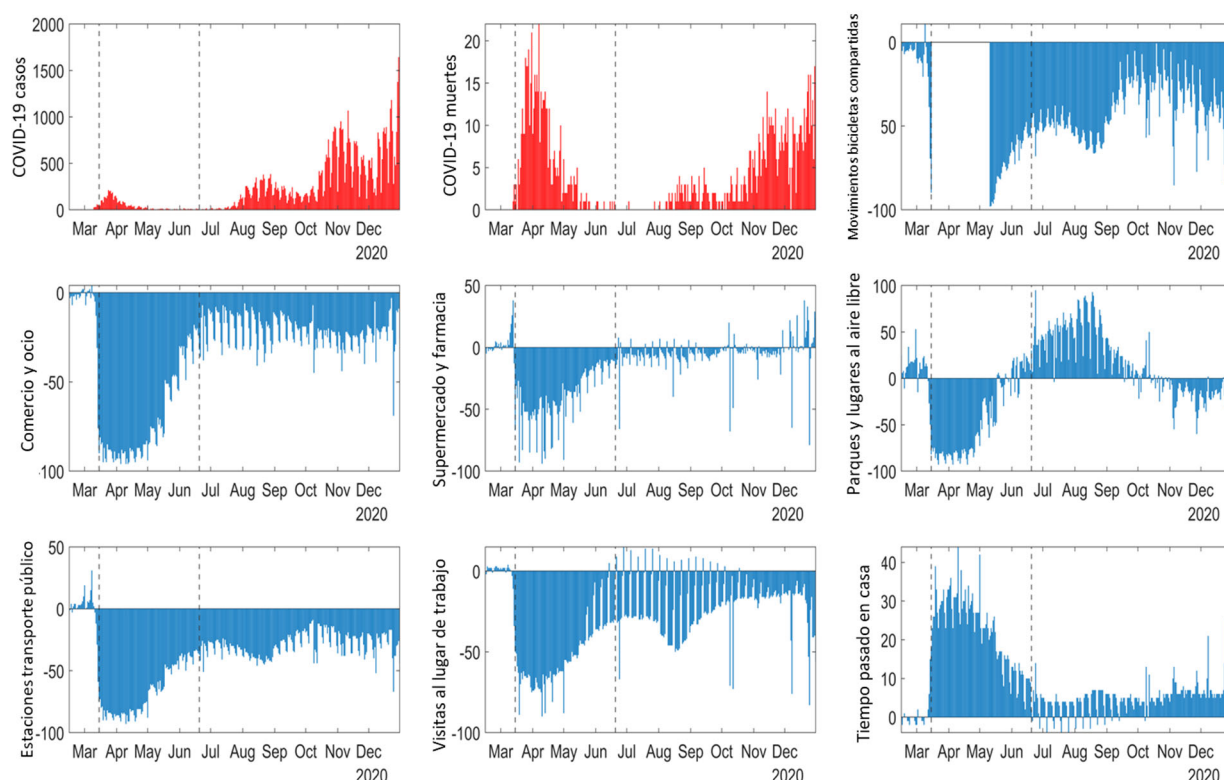


Figura III.5. Incidencia de la COVID-19 y movilidad en la ciudad de Valencia en 2020.

Fila superior (en rojo): Casos de COVID-19 diagnosticados por polymerase chain reaction (PCR) y fallecidos en el primer año de pandemia. Fila superior (en azul): Movimientos del SBC como porcentaje de la línea base. Los datos correspondientes al periodo del 15 de marzo al 15 de mayo están en blanco debido a la suspensión del servicio. Filas segunda y tercera: tendencias de movimientos según los Informes de Movilidad de Google, como cambio porcentual respecto al valor de referencia. Los datos se agrupan en categorías de lugares, como tiendas, centros de ocio, supermercados, farmacias, parques, estaciones, lugares de trabajo y zonas residenciales. Las líneas verticales discontinuas indican el periodo en el que estuvieron en vigor las restricciones gubernamentales a la circulación (Fases 0-3).

III.4.2. Clasificación de los sujetos a través de mapas auto-organizados

Los movimientos totales indican que las restricciones locales y nacionales debidas a la pandemia influyeron en el comportamiento de los usuarios. Sin embargo, para lograr el segundo propósito del estudio, comenzamos con una clasificación de los comportamientos de los usuarios mediante una red neuronal no supervisada (SOM). La figura III.6 muestra el mapa de golpes (*hit map*) y los clústeres resultantes. El mapa de golpes muestra los lugares en los que se clasificaron los usuarios. Las neuronas más llenas son aquellas en las que la mayoría de los sujetos se clasificaron juntos. La distribución de los usuarios (*hit map*) fue homogénea, ya

que se distribuyen por igual en todo el espacio, teniendo en cuenta que cada usuario tenía un vector de datos pre y post COVID-19.

Aunque los SOM constituyen un sistema de clusterización en sí mismo, cuando se tiene un gran número de neuronas puede ser útil agruparlas en conjuntos más grandes, para lo cual se puede encontrar la solución con menor error mediante un algoritmo k-means, que en nuestro caso fue de 6 clústeres.

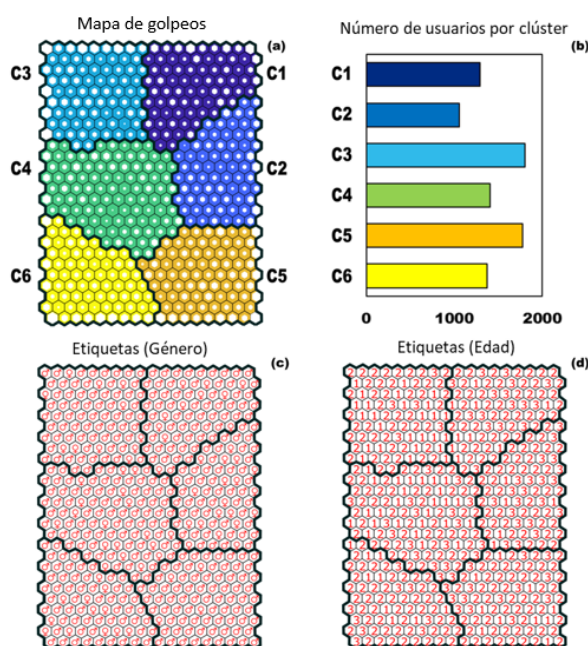


Figura III.6. Mapa de golpes, número de usuarios por clúster y etiquetas (n=8.710)

(a) C1-C6 denota clúster 1, clúster 2, ..., clúster 6; en cada neurona, cuanto mayor es la sombra blanca mayor es el número de usuarios incluidos. (b) El tamaño de las barras muestra el número total de usuarios clasificados en cada clúster. (c) Sexo: σ =Hombre, φ =Mujer. (d) Edad: 1 ='Menos de 26', 2 ='26 - 55', 3 ='Más de 55'.

Una vez clasificados los usuarios, los planos componentes (ver figura III.7) nos permiten visualizar que valor obtienen los diferentes sujetos incluidos en cada neurona en las diferentes variables analizadas. De esta forma podemos visualmente conocer los valores de diferentes grupos de neuronas en todo el vector de datos analizado.

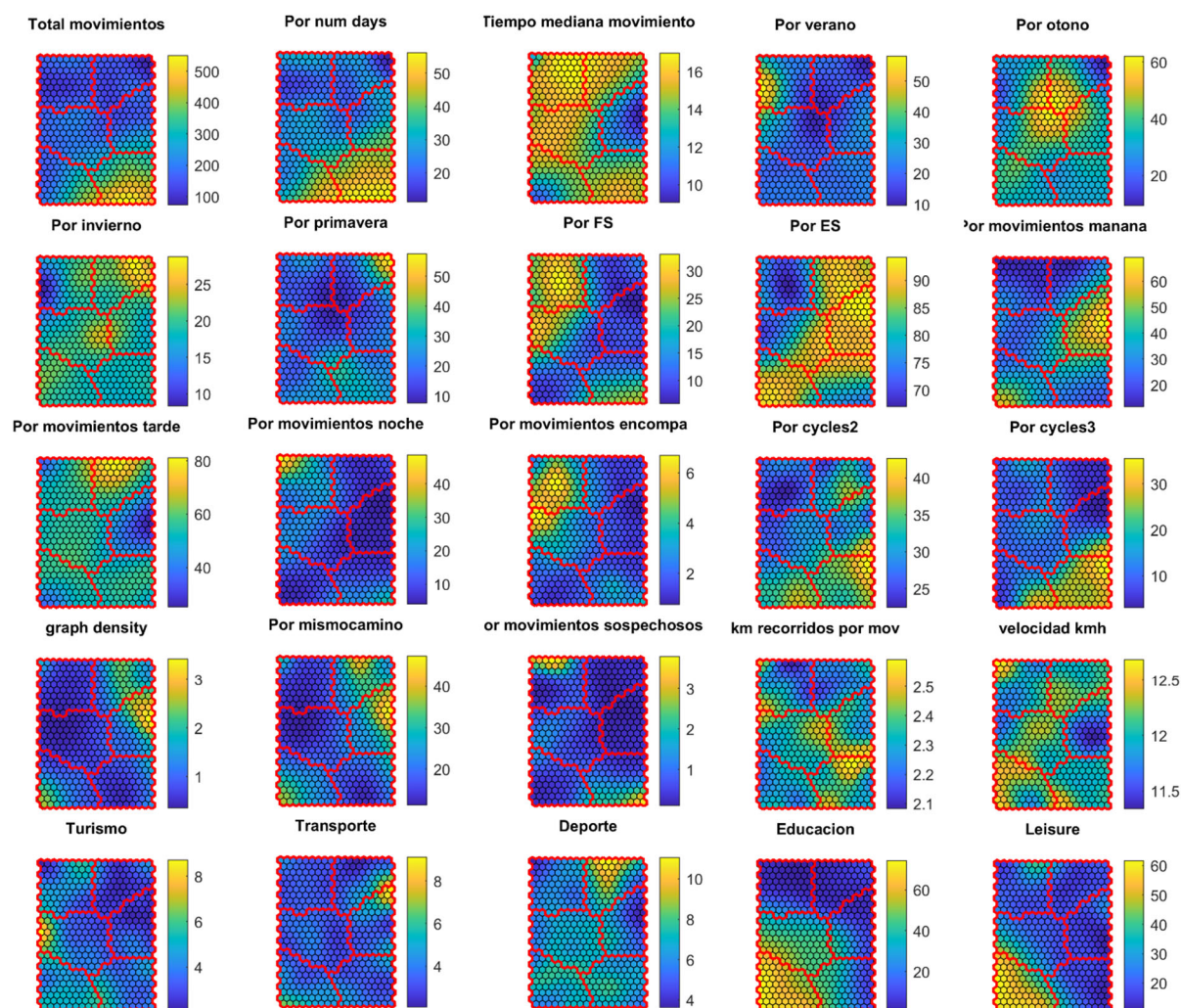


Figura III.7. Planos componentes de las variables analizadas

Los tonos cálidos muestran valores altos de la variable y al contrario los tonos fríos valores bajos. La línea roja delimita el espacio de los diferentes clústeres encontrados

III.4.3. Cambios en el comportamiento de uso

Tras clasificar a los usuarios, se cuantificó el número de personas de cada conglomerado en el año anterior al brote de COVID-19, así como el número de los que abandonaron el conglomerado y el de los que permanecieron durante el año posterior al brote de COVID-19. Un ejemplo de estos movimientos puede verse en el conglomerado C5 (figura III.8). Este análisis se realizó individualmente para todos los conglomerados (C1-C6).

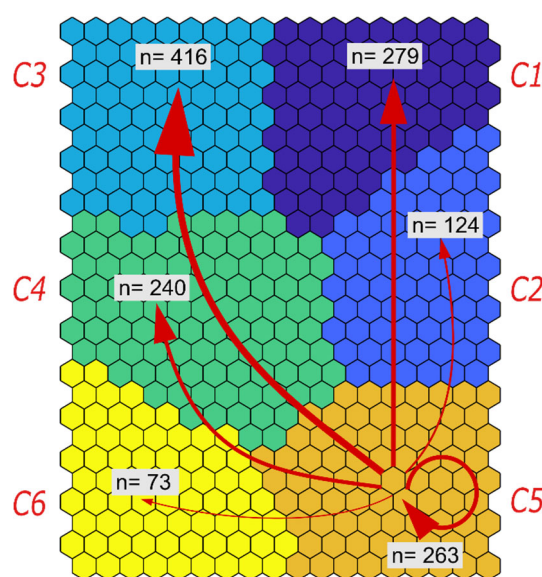


Figura III.8. Ejemplo de cambios en el clúster C5 durante 2020

El tamaño de las líneas rojas muestra el número de sujetos que cambiaron de conglomerado en el año posterior al brote de COVID-19. El círculo rojo muestra el número de sujetos clasificados en el conglomerado C5 en los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19. n= denota el número de usuarios que migraron del conglomerado 5 a otras áreas o que permanecieron en él. Los sujetos que permanecieron en el mismo clúster en ambos años fueron etiquetados como grupo REMAIN, mientras que los que lo abandonaron fueron etiquetados como grupo LEAVE. Este análisis, dado como ejemplo, se llevó a cabo en todos los clústeres.

Tomando como punto de partida el año anterior al brote de COVID-19, vemos que el 63 % de los usuarios cambiaron sus hábitos en el año posterior al brote de COVID-19 (es decir, cambiaron de clúster) y el 37 % continuaron con la misma dinámica de comportamiento a pesar de la pandemia (es decir, permanecieron en el mismo clúster). El panel superior de la Figura III.9 muestra el número de usuarios que cambiaron o mantuvieron su comportamiento en cada clúster. Como resultado de los movimientos, el clúster más densamente poblado antes del brote era el C5, mientras que el C3 lo fue después.

Dado que ambos clústeres son topológicamente muy diferentes, esto muestra en general un gran cambio en el comportamiento de los que emigraron de un clúster a otro. El panel inferior de la figura III.9 muestra las distancias interneuronales recorridas por los usuarios entre los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19. Los sujetos de C5 fueron, por término medio, los que recorrieron una mayor distancia o, en otras palabras, los que más cambiaron su comportamiento en este periodo. Hay que recordar que, si un sujeto estaba clasificado en la misma neurona en ambos años, la distancia recorrida era 0 y si iba a la neurona más lejana

(por ejemplo, de la neurona de la esquina inferior derecha a la neurona de la esquina superior izquierda) su valor es ≈ 27 .

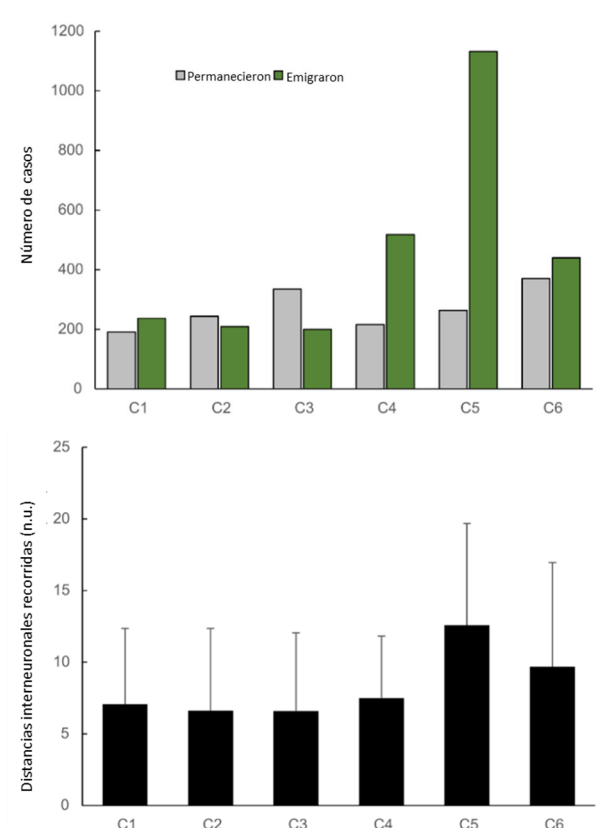


Figura III.9. Residentes y emigrantes de diferentes clústeres tras el recrudecimiento de la pandemia COVID-19

Panel superior: en gris los usuarios que permanecieron en el mismo clúster en los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19. En verde los que emigraron a otros clústeres tras el brote. Panel inferior: distancias interneuronales recorridas por los usuarios entre los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19. La distancia 0 significa que el usuario fue clasificado en el mismo clúster en ambos años. Las distancias mayores significan que los sujetos se clasificaron en clústeres diferentes y alejados entre sí. Las barras de error muestran la desviación estándar.

III.4.4. Diferencias de medias entre los grupos de personas que permanecieron en el mismo clúster y los que lo abandonaron

Tras clasificar a los sujetos y formar los grupos de usuarios (REMAIN y LEAVE), se calcularon las diferencias de medias entre ambos grupos en las variables antes y después del brote.

La interacción entre el tiempo (antes y después del brote de COVID-19) y el patrón de comportamiento (LEAVE vs. REMAIN) mostró diferencias significativas ($p \leq 0,001$). De todos los

parámetros analizados, los contrastes univariantes de 15 de las 25 variables calculadas mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Como puede observarse en la Tabla III.1, tanto las personas que permanecieron en la misma agrupación (grupo REMAIN) como las que emigraron muestran cambios significativos antes y después del brote (grupo LEAVE).

Tanto los desplazamientos totales como el porcentaje de días en los que utilizaron el servicio se redujeron significativamente en ambos grupos, aunque los cambios fueron más acusados en el grupo LEAVE. Se observa que en ambos grupos los sujetos realizaron más desplazamientos en otoño y menos en primavera tras el repunte de COVID-19. El grupo REMAIN aumentó sus movimientos matutinos y redujo los vespertinos, a diferencia del grupo LEAVE. Sin embargo, sólo los sujetos del grupo LEAVE mostraron diferencias significativas en la distribución entre los movimientos de los días laborables y los fines de semana.

En las variables derivadas del dígrafo, ambos grupos redujeron el porcentaje de ciclos que realizaron y aumentaron la densidad del grafo y el porcentaje de veces que realizaron el mismo recorrido, lo que indica que el grafo de cada sujeto se hizo menos complejo, con menos conexiones y calles por las que circulan.

Ambos grupos muestran un ligero aumento de su velocidad de desplazamiento, ligeramente superior en el grupo REMAIN. Por último, el grupo LEAVE experimentó una pequeña reducción en el porcentaje de días que acudió a lugares relacionados con la educación o el ocio, mientras que no se encontraron diferencias en el grupo REMAIN.

En cuanto a las variables de género y edad, el porcentaje de hombres y mujeres fue similar en ambos grupos (≈ 65 % hombres, ≈ 35 % mujeres). También encontramos una distribución por edades similar en ambos grupos (REMAIN y LEAVE) (≈ 45 % en 'Entre 26 - 55', ≈ 30 % 'Mayores de 55', y 25 % 'Menores de 26').

Tabla III.1. Diferencias de medias en las variables calculadas entre los grupos de usuarios que permanecieron en el mismo clúster (REMAIN) o cambiaron de clúster (LEAVE) en los dos años testados

		LEAVE		REMAIN	
		M	SD	M	SD
Total de movimientos (counts)	pre-COVID	315,16*	(2,99)	298,15*	(3,89)
	COVID	139,81	(2,54)	192,33	(3,30)
Días con movimiento (%)	pre-COVID	41,57*	(0,22)	40,47*	(0,29)
	COVID	20,54	(0,27)	26,67	(0,35)
Movimientos otoño (%)	pre-COVID	32,95	(0,24)	34,20	(0,31)
	COVID	34,84*	(0,35)	38,15*	(0,45)
Movimientos primavera (%)	pre-COVID	30,06*	(0,21)	28,34*	(0,27)
	COVID	16,95	(0,29)	12,84	(0,37)
Movimientos fin de semana (%)	pre-COVID	17,04	(0,21)	16,42	(0,27)
	COVID	18,10*	(0,24)	16,05	(0,31)
Movimientos entresemana (%)	pre-COVID	82,96*	(0,21)	83,58	(0,27)
	COVID	81,90	(0,24)	83,95	(0,31)
Movimientos mañana (%)	pre-COVID	31,08	(0,33)	32,31	(0,43)
	COVID	30,69	(0,35)	33,56*	(0,46)
Movimientos noche (%)	pre-COVID	13,67	(0,25)	14,38*	(0,33)
	COVID	14,15*	(0,27)	13,86	(0,35)
Cycles 2 (%)	pre-COVID	33,04*	(0,23)	32,33*	(0,3)
	COVID	28,87	(0,27)	31,03	(0,36)
Cycles 3 (%)	pre-COVID	19,14*	(0,26)	16,92*	(0,34)
	COVID	9,96	(0,25)	12,87	(0,32)
Graph Density (n.u.)	pre-COVID	0,89	(0,04)	1,28	(0,05)
	COVID	1,07*	(0,05)	1,67*	(0,06)
Movimientos mismo camino (%)	pre-COVID	20,43	(0,27)	24,26	(0,35)
	COVID	20,98*	(0,28)	25,59*	(0,37)
Velocidad (km/h)	pre-COVID	12,09	(0,04)	11,91	(0,05)
	COVID	12,13*	(0,04)	12,09*	(0,05)
Movimientos finalizan en centros Educativos (%)	pre-COVID	31,73*	(0,5)	29,84	(0,65)
	COVID	20,11	(0,5)	29,56	(0,65)
Movimiento finalizan en lugares de Leisure (%)	pre-COVID	26,38*	(0,41)	26,97	(0,53)
	COVID	24,87	(0,41)	27,39	(0,54)

*Todas las variables muestran, interacción significativa entre tiempo y grupo ($P < 0.05$). *señala diferencias significativas ($p < 0.05$) pre-COVID vs. COVID*

III.5. DISCUSIÓN

Hasta donde sabemos, éste es el primer trabajo que establece los cambios de comportamiento antes y después del brote de COVID-19 en un grupo de usuarios del SBC de Valencia, en el que se comparan datos objetivos intrasujetos. Los principales resultados obtenidos están relacionados con los tres objetivos específicos definidos al principio de este capítulo.

El primer resultado principal se refiere a la drástica reducción de los movimientos de los SBC en los primeros meses tras el brote de la pandemia COVID-19 (Fases 0 y 1), seguida de una recuperación durante el resto del segundo año sin alcanzar los niveles prepandémicos, como en muchas otras ciudades del mundo (227,240–247). La reducción fue del 40 % durante todo el año posterior al brote, el mismo porcentaje que en Pekín (249) y cercano al 32,35 % registrado en Chicago (241), pero lejos del 2 % de reducción observado en Budapest (227) y del 70 % comunicado en Nueva York (246). La variación de los movimientos del SBC en Valencia evolucionó en función de las restricciones nacionales y locales. En concreto, se observó una recuperación progresiva tras el fin del bloqueo, desde mayo hasta mediados de agosto, tras un pequeño descenso y una posterior subida pronunciada hasta finales de 2020, pero por debajo del nivel de la línea base. Aunque la mayoría de las zonas de la ciudad recuperaron los movimientos del SBC, solo los centros comerciales y las farmacias aumentaron los movimientos hasta el nivel de la línea base, y los parques y espacios al aire libre experimentaron un aumento sustancial por encima del nivel de la línea base, especialmente entre junio y octubre de 2020. Estas variaciones muestran cómo las restricciones nacionales y locales afectaron al uso de los SBC en Valencia, pero también cómo los patrones de uso diferían según las actividades desarrolladas en las distintas zonas de la ciudad, tal y como descubrieron Hu et al. (241) en Chicago.

Más allá de la dinámica de uso de los SBC y de cómo la pandemia afectó a los patrones de uso de la bicicleta, el segundo propósito del estudio era clasificar el comportamiento de los usuarios de los SBC e identificar los cambios, según las modificaciones de su agrupación en los años anteriores y posteriores al brote de COVID-19. A este respecto, nuestro análisis muestra que el 63 % de los usuarios modificaron sus pautas de uso del SBC tras el inicio de la pandemia,

y el 37 % mantuvieron su comportamiento o sólo introdujeron ligeros cambios. Este porcentaje de usuarios que sólo realizaron cambios mínimos en su rutina de movilidad coincide con algunos estudios anteriores realizados en Portugal. En particular, la encuesta-estudio de Costa et al. (273) en Lisboa constató que el 39 % de los encuestados no modificó el número de desplazamientos en bicicleta que realizaba antes y después de los primeros meses de confinamiento. Teixeira et al. (274), también descubrieron que el 35 % de los usuarios del SBC de Lisboa no se vieron especialmente afectados por la pandemia. Estos datos muestran que un segmento considerable de la población reaccionó a las restricciones realizando menos cambios en su movilidad ciclista que el resto de la población en respuesta a los numerosos cambios que se produjeron durante 2020.

Las variables del presente estudio no permiten identificar directamente las razones subyacentes de este comportamiento ni saber si este comportamiento influyó en la dinámica de la pandemia. Es posible que muchos de los que no modificaron su comportamiento pertenecieran a profesiones esenciales que ya se habían desplazado por el SBC antes de la pandemia y siguieron haciéndolo cuando ésta estalló. Aun así, en términos prácticos es importante explorar su comportamiento para descubrir los detalles que permitirían ascender en la SBC o evitar consecuencias indeseables para la salud de la población general en situaciones excepcionales como una pandemia.

El tercer resultado principal, vinculado al tercer propósito de este trabajo, indica que los usuarios pertenecientes al 37 % del grupo de usuarios del SBC de Valencia que PERMANECEN, al igual que el 63 % del grupo que ABANDONAN, se vieron afectados en 15 de las variables analizadas. La principal diferencia es que el primer grupo realizó pequeños cambios antes y después de la ruptura que no alteraron sus patrones generales de comportamiento (es decir, no cambiaron de clúster). Aunque los cambios fueron pequeños, es importante entender qué cambió realmente en el comportamiento de este grupo, ya que eso nos ayudará a crear el perfil de las personas que componían el grupo REMAIN. En este sentido, se observa que el grupo REMAIN redujo sus desplazamientos y el número de viajes solo en un ≈ 35 % durante 2020. Este grupo de usuarios tuvo un porcentaje de días de bicicleta equivalente al del año anterior, a pesar de que hubo restricciones legales a los desplazamientos durante 4 meses.

Por otro lado, el grupo LEAVE redujo sus desplazamientos en torno al 56 %, lo que indica un cambio algo más drástico en sus rutinas.

En cuanto a las franjas horarias del día, el grupo REMAIN realizó pequeños cambios de comportamiento ciclista antes y después de la ruptura, con un ligero aumento de los desplazamientos matutinos respecto a los realizados por la tarde. Este resultado está en consonancia con el estudio de Fernández-Pozo et al. (275) que constataron la desaparición de las horas punta vespertinas tras el confinamiento en comparación con el periodo pre-fuga. De hecho, éste fue el único cambio en la rutina del grupo REMAIN tras el brote de COVID-19, probablemente debido a una serie de limitaciones nocturnas en los meses posteriores a las restricciones de las Fases 1-3 que provocaron un desplazamiento de algunos movimientos nocturnos hacia las franjas horarias de luz diurna.

El análisis de los dígrafos muestra que ambos grupos (especialmente el grupo LEAVE) redujeron la complejidad de la red formada por el total de movimientos del SBC realizados en 2020. Los usuarios siguieron rutas más predecibles durante la pandemia (265), simplificaron el número de conexiones y aumentaron la densidad de la red. Esto indica que realizaron viajes a menos estaciones, únicamente a las que eran importantes para ellos y renunciaron a la mayoría de sus desplazamientos más imprevistos. Por último, detectamos un ligero aumento de la velocidad de desplazamiento, posiblemente relacionado con la hora del día del viaje, ya que investigaciones anteriores indican que los desplazamientos por la mañana y entre semana suelen ser más rápidos (276).

A la hora de interpretar nuestros resultados, es preciso tener en cuenta ciertas limitaciones. Como ya se ha mencionado, nuestros datos procedían de los registros del SBC y éstos no incluían todos los desplazamientos en bicicleta realizados en Valencia. Probablemente algunos ciudadanos de esta ciudad, alarmados por la pandemia, pueden haber decidido utilizar sus propias bicicletas para evitar el uso de material compartido con otros. Sin embargo, esto no influyó en nuestros resultados, ya que sólo comparamos los usuarios del SBC en ambos años del estudio (antes y después del brote de COVID-19), siempre y cuando nuestros lectores no extrapolen el conjunto de los movimientos en bicicleta de Valencia a partir del presente trabajo sólo sobre los movimientos del SBC. Además, utilizamos un número reducido de

variables sociodemográficas, como el sexo, la edad y el código postal, que dificultan una explicación detallada y en profundidad de los comportamientos de los SBC valencianos de ambos grupos (REMAIN y LEAVE). Por lo tanto, en futuros trabajos sería necesario aumentar el número de variables sociológicas e incluso utilizar un enfoque de método mixto que incluya datos objetivos de movimiento más encuestas o entrevistas con los usuarios. Por último, el etiquetado de los grupos REMAIN y LEAVE como debe considerarse con cierta cautela, ya que el primero estaba formado por personas que permanecieron en el mismo clúster antes y después del brote de COVID y no implica que su vector de datos antes y después no variara, ya que simplemente indica que las variaciones no fueron lo suficientemente grandes como para asignarlas a un clúster diferente. Una visión más restrictiva de nuestros datos (por ejemplo, asignando sólo los usuarios que no cambiaron su neurona al grupo REMAIN) podría tener un ligero efecto sobre nuestros resultados. Los estudios futuros también deberían centrar su atención en este subgrupo de la población, que parecía ser más "resistente" o que, al pertenecer a profesiones esenciales, ya utilizaba este medio de transporte antes del estado de emergencia. Sus diferentes características sociológicas, económicas, médicas y psicológicas deberían identificarse y examinarse detenidamente en el futuro. Los resultados de tales estudios ayudarían a los responsables de dirigir las políticas sanitarias a diseñar planes de contingencia en futuras emergencias o pandemias, maximizando los aspectos positivos de su comportamiento y reduciendo al mínimo los riesgos detectados en este subgrupo de población.

III.6. CONCLUSIONES

Este estudio pretendía determinar los patrones de comportamiento y los cambios de los usuarios del SBC de Valencia antes y después del brote de COVID-19 en forma de patrones de respuesta a emergencias de los habitantes de la ciudad, de los cuales se mencionan las siguientes conclusiones:

- La primera conclusión general planteó la drástica reducción de los desplazamientos en los SBC, establecida en un 40 % durante todo el año posterior al brote. Se observó una recuperación durante el resto de 2020, pero sin alcanzar los niveles pre pandémicos y con variaciones en función de las actividades en las distintas zonas de la ciudad.
- Una segunda conclusión importante se refería al 63 % de los usuarios del SBC que redujeron sustancialmente sus patrones de uso tras el inicio de la pandemia (grupo LEAVE), y al 37 % que mantuvieron sus patrones de comportamiento o sólo introdujeron ligeros cambios (grupo REMAIN).
- Por último, la tercera conclusión se refería a la caracterización de estos dos grupos de usuarios del SBC. El grupo LEAVE mostró un perfil caracterizado por una reducción sustancial de los desplazamientos y del porcentaje de días en bicicleta, mientras que el grupo REMAIN muestra una reducción menor de 1/3 de los desplazamientos y viajes durante 2020. El grupo REMAIN aumentó sus movimientos matutinos y redujo los vespertinos, a diferencia del grupo LEAVE. Los usuarios del grupo REMAIN también estuvieron activos en un número de días de bicicleta equivalente al del año anterior (excluyendo los días de cierre), simplificando el número de conexiones y aumentando la densidad de la red, así como la velocidad de desplazamiento.

El mantenimiento de los comportamientos de SBC del grupo REMAIN en el año posterior al brote de COVID-19 está probablemente relacionado con la seguridad de la bicicleta como medio de transporte, ya que implica que, naturalmente, uno se mantiene a distancia de los demás. La decisión de estas personas de no cambiar sus hábitos de viaje fue probablemente

la correcta. Sin embargo, desde una perspectiva sociológica, es sorprendente que un porcentaje significativo de la población continuara con sus rutinas habituales después del brote de COVID-19, dado el gran número de muertes y casos de contagio que se produjeron en este periodo.

Las conclusiones de este estudio permiten conocer cómo se desplazaban las personas en bicicleta por la ciudad de Valencia durante la pandemia de COVID-19, comportamiento que puede haber sido similar al de otras ciudades. Esta información puede ser útil para evaluar lo ocurrido, contribuyendo así a la toma de decisiones de aquellos profesionales, investigadores y políticos relacionados con el ciclismo urbano y la salud pública a nivel local y nacional. Así, estas conclusiones pueden ayudar a justificar las inversiones necesarias en base a la evidencia, aunque reconocemos que no es una práctica habitual ni en España ni en otros lugares.

En particular, destacamos las implicaciones más importantes de nuestros resultados. Una general se deriva de la primera conclusión, ya que el SBC se ha revelado como un medio de transporte relevante en Valencia, así como en muchas otras ciudades, durante una situación extrema y perturbadora como una pandemia, aunque tras el brote no se tomaron medidas para aumentar la frecuencia de uso. Más allá de ser sostenible y respetuoso con el medio ambiente, el SBC es un modo de transporte que evita los sistemas públicos abarrotados cuando el distanciamiento social es una cuestión importante para la salud pública. Este es, en sí mismo, un nuevo argumento para que los responsables de las políticas públicas amplíen y mejoren los servicios del SBC en las ciudades para facilitar la accesibilidad al mayor número posible de ciudadanos. Los gestores de los SBC también deberían considerar la posibilidad de aumentar la flexibilidad de los SBC para evitar concentraciones o altas densidades de desplazamientos en determinadas zonas con una gran demanda durante las pandemias, teniendo en cuenta que las enfermedades infecciosas probablemente se producirán con más frecuencia en el futuro. Se trata de un gran reto, teniendo en cuenta que los acontecimientos perturbadores se producen en periodos de tiempo relativamente cortos y requieren decisiones rápidas y flexibles para realizar las adaptaciones oportunas.

Otra implicación importante está relacionada con la segunda y la tercera conclusión, que tienen que ver con los dos grupos emergentes de usuarios del SBC cuando se comparan antes

y después de COVID-19: el grupo más numeroso LEAVE, que cambió significativamente su comportamiento ciclista con una reducción especial de los desplazamientos, y el grupo más pequeño REMAIN, que mantuvo su comportamiento. Ambos grupos deberían tenerse en cuenta en las campañas de información urbana y en las acciones de salud pública en futuras pandemias y eventos perturbadores, sin olvidar al grupo REMAIN, que aparentemente no aceptó las restricciones pero que probablemente esté compuesto por trabajadores esenciales. En cuanto al último grupo de usuarios, los gestores de los SBC deberían al menos garantizar el mantenimiento y la limpieza de las infraestructuras ciclistas durante futuras pandemias.

La viabilidad de las implicaciones políticas anteriores dependerá de si las acciones derivadas incluyen o no la reducción de precios o el acceso gratuito a los SBC, la creación de nuevos espacios amigables en la calle o la reducción de la densidad de circulación en determinadas zonas de la ciudad. Algunas acciones para promover el uso de los SBC en situaciones de emergencia fomentarán hábitos saludables y respetuosos con el medio ambiente que podrían mantenerse sólo durante el periodo de emergencia. Otras acciones llevarán más tiempo y superarán los periodos de interrupción, pero pueden ser importantes para la mejora a largo plazo vinculada a la infraestructura, como carriles bici nuevos y separados, vías anchas, marcas en el pavimento, orientación clara en las intersecciones y más centros y zonas de aparcamiento. Todas estas acciones, derivadas de las implicaciones políticas, son fácilmente realizables en un futuro próximo en la ciudad de Valencia y en otras ciudades.

También sería deseable introducir otras mejoras para conseguir una red de transporte más amplia y flexible que esté mejor preparada para futuros acontecimientos perturbadores. Sin embargo, es necesario seguir investigando para comprender mejor a estos dos grupos en el brote posterior a COVID-19, lo que puede ayudar a la toma de decisiones en futuros eventos perturbadores y el papel que desempeñan los SBC en las ciudades.

REFLEXIONES FINALES

En un mundo en constante evolución y con un crecimiento acelerado de la población urbana, las ciudades del futuro enfrentan desafíos significativos en términos de movilidad, congestión del tráfico, contaminación y salud pública. El transporte en bicicleta se presenta como una solución sostenible y eficiente que puede desempeñar un papel crucial en la configuración de ciudades más habitables y amigables con el medio ambiente.

Una de las principales ventajas del transporte en bicicleta es su bajo impacto ambiental. Las bicicletas no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes atmosféricos, lo que ayuda a reducir la huella de carbono de las ciudades y a mejorar la calidad del aire. Al fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte principal o complementario, las ciudades pueden reducir significativamente la dependencia de los vehículos motorizados y disminuir la congestión del tráfico, lo que a su vez contribuye a la reducción de los niveles de ruido y estrés en las calles.

Además, el uso de la bicicleta promueve un estilo de vida activo y saludable. El pedaleo regular beneficia tanto al cuerpo como a la mente, ayudando a mantener un buen estado físico, reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mejorar la salud mental. Al implementar una infraestructura adecuada para bicicletas, como carriles exclusivos y segregados del tráfico, estacionamientos seguros y sistemas de alquiler, las ciudades pueden fomentar la adopción de hábitos saludables entre sus ciudadanos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la accesibilidad. Las bicicletas son una opción de transporte asequible y accesible para una amplia gama de personas. Permiten la movilidad de aquellos que no pueden permitirse un automóvil o el costo del transporte público, así como brindan una mayor flexibilidad en términos de horarios y rutas. Además, las bicicletas son ideales para distancias cortas o medianas, lo que las convierte en una opción conveniente para los desplazamientos diarios en las áreas urbanas.

Para que las ciudades del futuro aprovechen al máximo el potencial del transporte en bicicleta, es fundamental invertir en infraestructuras adecuadas y políticas de apoyo. Esto implica desarrollar y mantener una red extensa y segura de carriles para bicicletas, mejorar la

señalización vial y la iluminación, y garantizar la conectividad con otros modos de transporte, como el transporte público. Además, es necesario promover la educación vial y la conciencia entre los ciudadanos, así como ofrecer incentivos y beneficios para fomentar su uso.

Todo lo que he expuesto en los párrafos anteriores está basado tanto en la literatura existente como en los hallazgos que hemos encontrado en los tres estudios que componen el presente manuscrito. A continuación, expondremos brevemente lo que consideramos más destacado de nuestros tres trabajos.

En relación con el primer trabajo, podemos concluir que, entre julio del 2017 y junio del 2018 de un total de más de 5.000.000 millones de viajes realizados en el sistema de bicicletas compartidas de la ciudad de Valencia (Valenbisi), la mayor parte de esos movimientos ocurrieron en la zona centro y estudiantil de la ciudad. La primera muy concurrida por sus atractivos turísticos, por la oferta comercial y por la conectividad con la principal estación de trenes de la ciudad. Así como también la zona universitaria, por encontrarse en ella gran parte de la infraestructura destinada para el desarrollo académico y educativo (universidades, colegios e institutos).

En cuanto a los movimientos generados en los distintos momentos del día, de la semana y estaciones del año. Durante el día, se encontraron tres picos importantes con mayor desplazamiento de usuarios del SBC, las 9:00 horas, las 15:00 horas y las 20:00 horas. Picos horarios que pueden explicarse porque coinciden con los horarios tanto de inicio como término de la jornada laboral y académica. La tarde fue la franja horaria con mayor cantidad de desplazamientos respecto a la franja de mañana y la de noche. Así como también se realizan mayores cantidades de desplazamientos en el SBC los días entresemana respecto a los fines de semana, lo que puede explicarse debido a que los fines de semana los desplazamientos tienen una finalidad mayoritariamente de recreación u ocio. En cuanto a las estaciones del año, el otoño es donde se produjo un mayor número de actividad, siendo el verano la época en la que menos viajes se produjeron, resultado que podría entenderse debido a lo que hemos ido exponiendo en este trabajo, respecto a las condiciones que ofrece el clima en cada estación del año, donde tanto en altas como en bajas temperaturas, la actividad y el uso del SBC disminuye.

En relación a la red de nodos, de un total de 276 nodos, solo el 31,5 % (87) de esos nodos tuvieron más de 1.000 movimientos durante el año testado. La estación de trenes, popularmente conocida como RENFE I, fue la que registro el mayor número de salidas y llegadas de bicicletas compartidas con más de 230.000 movimientos en 1 año, lo que podría explicarse, dado a que la principal estación de trenes de la ciudad de Valencia, también coincide por localización con el casco histórico de la ciudad, principal atractivo turístico y del comercio.

Por otra parte, en cuanto a los datos climáticos, como se ha manifestado anteriormente, son variables que influyen en el uso del SBC y en consecuencia, en el comportamiento de la red. Así como los parámetros de centralidad calculados en los distintos momentos testados, son sensibles a cambios en el comportamiento de los usuarios e ideales para cuantificar este tipo de redes de transporte.

En cuanto a la relación género y comportamiento de las usuarias, hemos detectado en la forma de usar el sistema de bicicletas compartidas que existen desigualdades. A pesar de que nuestros datos no permiten establecer causa efecto, hemos constatado que la sensación de seguridad es un factor que puede estar mediando en este comportamiento. Las mujeres evitan las zonas de la periferia de Valencia y las zonas donde existe un alto flujo de tráfico. De esta forma, podemos deducir que las infraestructuras que mejoren las vías de transporte urbanas (e.g. carril bici) pueden aumentar el patrón de uso que hacen las mujeres de la bicicleta.

Respecto al comportamiento de los usuarios del SBC durante la presencia del COVID, podemos decir que dado al escenario que el mundo atraviesa en un contexto sanitario, ha significado adoptar tanto nuevas formas para relacionarse socialmente como nuevas formas de trasladarse. Con la finalidad de evitar la propagación de este virus o exponerse frecuentemente a él, la bicicleta es un medio de transporte seguro, individual y que respeta todas las normativas indicadas por las autoridades locales, pero, aun conociendo los riesgos para la salud, principalmente en los meses más complicados de la pandemia, llama la atención que a nivel sociológico un porcentaje significativo de la población continuara con sus rutinas de viaje.

Los estudios y los resultados expuestos en este trabajo ayudarán a los responsables de las políticas de transporte y sanitarias, para diseñar planes de desarrollo que permitan construir ciudades más seguras y sostenibles, personas más activas y saludables, y a generar conciencia sobre todo en las nuevas generaciones, sobre el cuidado del medioambiente.

Para finalizar, es importante hacer una última reflexión, la bicicleta es un medio de transporte que transmite emociones. A pesar de que nuestro estudio no permite inferir conclusiones sobre las emociones de los usuarios, es importante reflexionar sobre ello antes de cerrar el presente trabajo.

El placer de montar en bicicleta es una experiencia única que combina la emoción, la libertad y la conexión con el entorno. Desde el momento en que te subes a la bicicleta y comienzas a pedalear, te sumerges en un mundo de sensaciones y emociones que solo los amantes de la bicicleta pueden entender. La bicicleta te permite explorar el mundo a tu propio ritmo, descubrir nuevos lugares y disfrutar de la belleza de la naturaleza que te rodea. Es una forma de transporte que te conecta directamente con tu entorno, te hace sentir parte de él en lugar de simplemente observarlo a través de una ventana.

El placer de montar en bicicleta no solo se encuentra en el destino final, sino en todo el proceso. Además, montar en bicicleta es un momento de desconexión, un espacio personal donde puedes reflexionar, encontrar inspiración o simplemente disfrutar del silencio.

En definitiva...

“Si aún no has experimentado el placer de montar en bicicleta, te invito a que lo descubras por ti mismo y te dejes llevar por esta maravillosa forma de moverte por el mundo.”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La bicicleta como medio de transporte en Andalucía - Publicaciones - Junta de Andalucía [Internet]. [citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/45577.html#>
2. Caballero R, Franco P, Mustaca A, Jakovcevic A. Uso de la Bicicleta como Medio de Transporte: Influencia de los Factores Psicológicos. Una Revisión de la Literatura. Psico. 29 de octubre de 2014;45(3):316-27.
3. Puig i Boix J. La bicicleta: un vehículo para cambiar nuestras ciudades. Ecol Política. 1999;(17):37-43.
4. Moor P de. El libro de las bicicletas: Todo sobre el mejor invento de la historia. Siruela; 2022. 152 p.
5. bicihome. La historia de la bicicleta [Internet]. Bicihome. 2013 [citado 14 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://bicihome.com/la-historia-de-las-bicicleta/>
6. Horton D, Rosen P, Cox P. Cycling and Society. Routledge; 2016. 222 p.
7. Nations U. Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo | Naciones Unidas [Internet]. United Nations. United Nations; [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/es/desa/world-urbanization-prospects-2014>
8. Changing mobility practices during the COVID-19 pandemic : what can practice theory teach us about sustainable mobility in Finland [Internet]. [citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/333891>
9. Conticelli E, Gobbi G, Saavedra Rosas PI, Tondelli S. Assessing the Performance of Modal Interchange for Ensuring Seamless and Sustainable Mobility in European Cities. Sustainability. enero de 2021;13(2):1001.
10. Šťastná M, Vaishar A, Zapletalová J, Ševelová M. Cycling: A benefit for health or just a means of transport? Case study Brno (Czech Republic) and its surroundings. Transp Res Part F Traffic Psychol Behav. 1 de mayo de 2018;55:219-33.
11. Lowe MD. Alternatives to the automobile: transport for livable cities. Worldwatch Pap. 1990;98.
12. Moudon AV, Lee C, Cheadle AD, Collier CW, Johnson D, Schmid TL, et al. Cycling and the built environment, a US perspective. Transp Res Part Transp Environ. 1 de mayo de 2005;10(3):245-61.
13. Garrard J, Rose G, Lo SK. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. Prev Med. 1 de enero de 2008;46(1):55-9.
14. Akar G, Clifton KJ. Influence of Individual Perceptions and Bicycle Infrastructure on Decision to Bike. Transp Res Rec. 1 de enero de 2009;2140(1):165-72.

15. Aldred R, Dales J. Diversifying and normalising cycling in London, UK: An exploratory study on the influence of infrastructure. *J Transp Health*. 1 de marzo de 2017;4:348-62.
16. Clark C, Mokhtarian P, Circella G, Watkins K. User Preferences for Bicycle Infrastructure in Communities with Emerging Cycling Cultures. *Transp Res Rec*. 1 de diciembre de 2019;2673(12):89-102.
17. Hwang U, Guhathakurta S. Exploring the Impact of Bike Lanes on Transportation Mode Choice: A simulation-based, route-level impact analysis. *Sustain Cities Soc*. 2023;89.
18. Balance General de la Bicicleta Publica en España by Fundación ECA Bureau Veritas - Issuu [Internet]. 2012 [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://issuu.com/fundacionecabv/docs/estudiobalancebicicletapublica>
19. Dekoster J, Schollaert U. Cycling : the way ahead for towns and cities. En 1999 [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cycling-%3A-the-way-ahead-for-towns-and-cities-Dekoster-Schollaert/47adb064111b93869b7a65cca324f283f67d16ca>
20. Barómetro Bicicleta - Infogram [Internet]. [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://infogram.com/barometro-bicicleta-1h8n6m1lj95j6xo>
21. Mueller N, Rojas-Rueda D, Cole-Hunter T, de Nazelle A, Dons E, Gerike R, et al. Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Prev Med*. 1 de julio de 2015;76:103-14.
22. Molina-García J, Castillo I, Queralta A, Sallis JF. Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain. *Health Promot Int*. 1 de junio de 2015;30(2):350-8.
23. Tucker P, Gilliland J. The effect of season and weather on physical activity: A systematic review. *Public Health*. 2007;121(12):909-22.
24. Schepers P, Fishman E, Beelen R, Heinen E, Wijnen W, Parkin J. The mortality impact of bicycle paths and lanes related to physical activity, air pollution exposure and road safety. *J Transp Health*. diciembre de 2015;2(4):460-73.
25. Buehler R, Pucher J, Merom D, Bauman A. Active Travel in Germany and the U.S.: Contributions of Daily Walking and Cycling to Physical Activity. *Am J Prev Med*. 1 de septiembre de 2011;41(3):241-50.
26. Cycling and walking for transport and their associations with diabetes and risk factors for cardiovascular disease - ScienceDirect [Internet]. [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140517309738?via%3Dihub>
27. Bicycling to school improves the cardiometabolic risk factor profile: a randomised controlled trial | *BMJ Open* [Internet]. [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://bmjopen.bmj.com/content/2/6/e001307>

28. Hou L, Ji BT, Blair A, Dai Q, Gao YT, Chow WH. Commuting physical activity and risk of colon cancer in Shanghai, China. *Am J Epidemiol.* 2004;160(9):860-7.
29. Morris EA, Guerra E. Mood and mode: does how we travel affect how we feel? *Transportation.* 1 de enero de 2015;42(1):25-43.
30. Hofman J, Samson R, Joosen S, Blust R, Lenaerts S. Cyclist exposure to black carbon, ultrafine particles and heavy metals: An experimental study along two commuting routes near Antwerp, Belgium. *Environ Res.* 1 de julio de 2018;164:530-8.
31. Buehler R, Pucher J. The growing gap in pedestrian and cyclist fatality rates between the United States and the United Kingdom, Germany, Denmark, and the Netherlands, 1990–2018. *Transp Rev.* 2 de enero de 2021;41(1):48-72.
32. Boogaard H, Borgman F, Kamminga J, Hoek G. Exposure to ultrafine and fine particles and noise during cycling and driving in 11 Dutch cities. *Atmos Environ.* 1 de septiembre de 2009;43(27):4234-42.
33. de Nazelle A, Nieuwenhuijsen MJ, Antó JM, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, et al. Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environ Int.* 1 de mayo de 2011;37(4):766-77.
34. Braun LM, Le HTK, Turley Voulgaris C, Nethery RC. Who benefits from shifting metal-to-pedal? Equity in the health tradeoffs of cycling. *Transp Res Part Transp Environ.* 2023;115.
35. Jäppinen S, Toivonen T, Salonen M. Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Appl Geogr.* 1 de septiembre de 2013;43:13-24.
36. The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances - ScienceDirect [Internet]. [citado 16 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920910001306>
37. Ma T, Liu C, Erdoğan S. Bicycle Sharing and Public Transit: Does Capital Bikeshare Affect Metrorail Ridership in Washington, D.C.? *Transp Res Rec.* 1 de enero de 2015;2534(1):1-9.
38. Heinen E, Maat K, van Wee B. Day-to-Day Choice to Commute or Not by Bicycle. *Transp Res Rec.* 1 de enero de 2011;2230(1):9-18.
39. Mullan E. Swapping the Lycra for the suit: determinants of cycling for transport among leisure cyclists in Ireland. *Int J Health Promot Educ.* 1 de septiembre de 2012;50(5):229-37.
40. Martens K. The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries. *Transp Res Part Transp Environ.* 1 de julio de 2004;9(4):281-94.

41. Spencer P, Watts R, Vivanco L, Flynn B. The effect of environmental factors on bicycle commuters in Vermont: influences of a northern climate. *J Transp Geogr.* 1 de julio de 2013;31:11-7.
42. Castillo-Manzano JI, López-Valpuesta L, Sánchez-Braza A. Going a long way? On your bike! Comparing the distances for which public bicycle sharing system and private bicycles are used. *Appl Geogr.* 2016;71:95-105.
43. Sheller M, Urry J. The new mobilities paradigm. *Environ Plan A.* 2006;38(2):207-26.
44. IATA - La fuente definitiva de estadísticas de la industria aérea. [Internet]. [citado 18 de junio de 2019]. Disponible en: https://go.updates.iata.org/stats-whitepaper?utm_source=Website&utm_medium=ContentBody&utm_campaign=BIS007-AirlineStats-2019
45. Kane L, Del Mistro R. Changes in transport planning policy: Changes in transport planning methodology? *Transportation.* mayo de 2003;30(2):113-31.
46. Rodrigue JP, Comtois C, Slack B. The geography of transport systems. New York: Routledge; 2013.
47. Boix JP i. La bicicleta: un vehículo para cambiar nuestras ciudades. *Ecol Política.* 1999;(17):37-43.
48. Mollinedo CL. Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. *Econ Soc Territ.* 2006;6(22):283-321.
49. Bicycle | vehicle [Internet]. Encyclopedia Britannica. [citado 18 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/bicycle>
50. Gardner G. When cities take bicycles seriously. *World Watch*; Washington. 1998;11(5):16-22.
51. Pueyo Campos Á, López Escolano C, Dieste Hernández J. L'évolution de Saragosse vers la mobilité durable : le vélo comme mode de transport urbain. Consensus, paralysie et conflits d'un modèle en effervescence. *Sud-Ouest Eur Rev Géographique Pyrén Sud-Ouest.* 1 de diciembre de 2015;(40):101-14.
52. Marqués Sillero R. Sevilla: una experiencia exitosa de promoción de la movilidad en bicicleta en el Sur de Europa. Sevilla: a successful experience of promotion of the mobility in bicycle in Europa's South [Internet]. 2011 [citado 19 de julio de 2019]; Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/48927>
53. Schepers P, Fishman E, Beelen R, Heinen E, Wijnen W, Parkin J. The mortality impact of bicycle paths and lanes related to physical activity, air pollution exposure and road safety. *J Transp Health.* diciembre de 2015;2(4):460-73.
54. Frame G, Ardila-Gomez A, Chen Y. The kingdom of the bicycle: What Wuhan can learn from Amsterdam. En 2017. p. 5040-58.

-
55. Castillo-Manzano JI, López-Valpuesta L, Sánchez-Braza A. Going a long way? On your bike! Comparing the distances for which public bicycle sharing system and private bicycles are used. *Appl Geogr.* 2016;71:95-105.
 56. DeMaio P. Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future. *J Public Transp.* 2009;12(4):41-56.
 57. Molina-García J, Castillo I, Queralt A, Sallis JF. Bicycling to university: evaluation of a bicycle-sharing program in Spain. *Health Promot Int.* 1 de junio de 2015;30(2):350-8.
 58. Caggiani L, Camporeale R, Ottomanelli M. Planning and Design of Equitable Free-Floating Bike-Sharing Systems Implementing a Road Pricing Strategy. *J Adv Transp.* 2017;UNSP 3182387.
 59. Shaheen SA, Cohen AP, Martin EW. Public Bikes sharing in North America Early Operator Understanding and Emerging Trends. *Transp Res Rec.* 2013;(2387):83-92.
 60. Wang Y, Liu Y, Ji S, Hou L, Han SS, Yang L. Bicycle Lane Condition and Distance: Case Study of Public Bicycle System in Xi'an, China. *J Urban Plan Dev.* junio de 2018;144(2):05018001.
 61. Organización Meteorológica Mundial [Internet]. Organización Meteorológica Mundial. 2019 [citado 25 de julio de 2019]. Disponible en: <https://public.wmo.int/es>
 62. Rhodes RE, Mark RS, Temmel CP. Adult sedentary behavior: a systematic review. *Am J Prev Med.* 2012;42(3):e3-28.
 63. Brennan LK, Brownson RC, Hovmand P. Evaluation of active living by design: Implementation patterns across communities. *Am J Prev Med.* 2012;43(5 SUPPL.4):S351-66.
 64. Ros EC, González A, Valenzuela VV, Pallarés JG, de la Cruz Sánchez E. Indicadores climáticos y geográficos asociados a la práctica de actividad física durante el tiempo libre en la población adulta española. *J Sport Health Res.* 2016;8(2):93-102.
 65. Faghih-Imani A, Eluru N. Determining the role of bicycle sharing system infrastructure installation decision on usage: Case study of montreal BIXI system. *Transp Res Part Policy Pract.* 2016;94:685-98.
 66. Du M, Cheng L. Better Understanding the Characteristics and Influential Factors of Different Travel Patterns in Free-Floating Bike Sharing: Evidence from Nanjing, China. *Sustainability.* abril de 2018;10(4):1244.
 67. Chan CB, Ryan DA. Assessing the Effects of Weather Conditions on Physical Activity Participation Using Objective Measures. *Int J Environ Res Public Health.* octubre de 2009;6(10):2639-54.
 68. Saneinejad S, Roorda MJ, Kennedy C. Modelling the impact of weather conditions on active transportation travel behaviour. *Transp Res Part Transp Environ.* 1 de marzo de 2012;17(2):129-37.
-

69. Tucker P, Gilliland J. The effect of season and weather on physical activity: A systematic review. *Public Health*. 2007;121(12):909-22.
70. Chen L, Zhang D, Wang L, Yang D, Ma X, Li S, et al. Dynamic Cluster-Based Over-Demand Prediction in Bike Sharing Systems. En Heidelberg: Assoc Comp Machinery; 2016. p. 841-52.
71. El-Assi W, Salah Mahmoud M, Nurul Habib K. Effects of built environment and weather on bike sharing demand: a station level analysis of commercial bike sharing in Toronto. *Transportation*. 2017;44(3):589-613.
72. Corcoran J, Li T, Rohde D, Charles-Edwards E, Mateo-Babiano D. Spatio-temporal patterns of a Public Bicycle Sharing Program: The effect of weather and calendar events. *J Transp Geogr*. 2014;41:292-305.
73. Gebhart K, Noland RB. The impact of weather conditions on bikeshare trips in Washington, DC. *Transportation*. 1 de noviembre de 2014;41(6):1205-25.
74. Shen Y, Zhang X, Zhao J. Understanding the usage of dockless bike sharing in Singapore. *Int J Sustain Transp*. 2018;12(9):686-700.
75. Meng M, Zhang J, Wong YD, Au PH. Effect of weather conditions and weather forecast on cycling travel behavior in Singapore. *Int J Sustain Transp*. 20 de octubre de 2016;10(9):773-80.
76. Zheng Z, Zhou Y, Sun L. A Multiple Factor Bike Usage Prediction Model in Bike-Sharing System. *Lect Notes Comput Sci Subser Lect Notes Artif Intell Lect Notes Bioinforma*. 2019;11204 LNCS:390-405.
77. Caulfield B, O'Mahony M, Brazil W, Weldon P. Examining usage patterns of a bike-sharing scheme in a medium sized city. *Transp Res Part Policy Pract*. 2017;100:152-61.
78. López CP. Minería de datos: técnicas y herramientas. 1ª Edición. Madrid: Editorial Paraninfo; 2007.
79. Valencia - Valenbisi [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.valenbisi.es/>
80. Prytherch DL, Boira Maiques JV. City profile: Valencia. *Cities*. abril de 2009;26(2):103-15.
81. ¡Cómo ha cambiado Valencia! [Internet]. MUVIM. 2017 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.muvim.es/es/content/como-cambiado-valencia-3>
82. Oficina de Estadística. Ayuntamiento de Valencia [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.valencia.es/ayuntamiento/estadistica.nsf/vDocumentosTituloAux/Ultimos%20datos?opendocument>

-
83. Valencia | autonomous area, Spain | Britannica.com [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.britannica.com/place/Valencia-autonomous-area-Spain>
 84. Meteorología AE de. El Tiempo: València (València/Valencia) - Predicción 7 días - Tabla - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/valencia-id46250>
 85. Planificador de rutas EMT [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <https://www.emtvalencia.es/geoportal/#>
 86. Datos de la red de Metrovalencia [Internet]. FGV. [citado 5 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fgv.es/conoce-fgv/fgv-en-cifras/metrovalencia-en-cifras/datos-de-la-red-de-metrovalencia/>
 87. Metrovalencia [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.metrovalencia.es/page.php?idioma=_es
 88. Li PW, Chan ST. Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. *Meteorol Appl.* 2000;7(4):369-75.
 89. Ayuntamiento de Valencia. Datos Abiertos. [Internet]. 2019 [citado 3 de julio de 2019]. Disponible en: <http://www.valencia.es/ayuntamiento/datosabiertos.nsf/resultadoCapas/95D6756F6861F9FDC1257C70003E4FBD?OpenDocument&lang=1&nivel=2&seccion=1&bdorigen=&idapoyo=22ADF97C1FD223B5C1257C55003BD01>
 90. Measure node importance - MATLAB centrality - MathWorks España [Internet]. 2019 [citado 3 de julio de 2019]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/graph centrality.html>
 91. Blondel VD, Guillaume JL, Lambiotte R, Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks. *J Stat Mech Theory Exp.* 2008;2008(10):P10008.
 92. Waltman L, van Eck NJ, Noyons ECM. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *J Informetr.* 1 de octubre de 2010;4(4):629-35.
 54. Reiss S, Bogenberger K. GPS-Data Analysis of Munich's Free-Floating Bike Sharing System and Application of an operator-based Relocation Strategy. En: 2015 Ieee 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems. New York: Ieee; 2015. p. 584-9.
 55. Zhang Y, Thomas T, Brussel MJG, Van Maarseveen MFAM. Expanding bicycle-sharing systems: Lessons learnt from an analysis of usage. *PLoS ONE* [Internet]. 2016;11(12). Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006410849&doi=10.1371%2fjournal.pone.0168604&partnerID=40&md5=ec1affc26f73e522df90260bd2328b5c>
-

56. Abónate / Valencia - Valenbisi [Internet]. 2019 [citado 19 de junio de 2019]. Disponible en: <https://abocas-valence.cyclocity.fr/Abonate>
57. Chan CB, Ryan DAJ, Tudor-Locke C. Relationship between objective measures of physical activity and weather: A longitudinal study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2006;3.
97. Dutzik T, Baxandall P. A New Direction: Our Changing Relationship with Driving and the Implications for America's Future. 2013 [citado 24 de febrero de 2020]; Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1250503>
98. Eren E, Uz VE. A review on bike-sharing: The factors affecting bike-sharing demand. *Sustain Cities Soc.* 15 de octubre de 2019;101882.
99. Goodman A, Green J, Woodcock J. The role of bicycle sharing systems in normalising the image of cycling: An observational study of London cyclists. *J Transp Health.* 1 de marzo de 2014;1(1):5-8.
100. Midgley P. Bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas. *U N Dep Econ Soc Aff.* 2011;8:1-12.
101. Shaheen SA, Guzman S, Zhang H. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future. *Transp Res Rec.* 1 de enero de 2010;2143(1):159-67.
102. Bonham J, Johnson M. *Cycling Futures* [Internet]. University of Adelaide Press; 2015 [citado 6 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.oapen.org/search?identifier=586710>
103. Buehler R, Pucher J. Making public transport financially sustainable. *Transp Policy.* enero de 2011;18(1):126-38.
104. Faghih-Imani A, Eluru N, El-Geneidy AM, Rabbat M, Haq U. How land-use and urban form impact bicycle flows: Evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *J Transp Geogr.* 2014;41:306-14.
105. Wang R, Liu C. Bicycle-Transit Integration in the United States, 2001–2009. *J Public Transp* [Internet]. 1 de septiembre de 2013;16(3). Disponible en: <https://scholarcommons.usf.edu/jpt/vol16/iss3/6>
106. Bachand-Marleau J, Lee BHY, El-Geneidy AM. Better Understanding of Factors Influencing Likelihood of Using Shared Bicycle Systems and Frequency of Use. *Transp Res Rec.* 1 de enero de 2012;2314(1):66-71.
107. Fuller D, Sahlqvist S, Cummins S, Ogilvie D. The impact of public transportation strikes on use of a bicycle share program in London: Interrupted time series design. *Prev Med.* 1 de enero de 2012;54(1):74-6.
108. Rixey RA. Station-Level Forecasting of Bikesharing Ridership: Station Network Effects in Three U.S. Systems. *Transp Res Rec.* 1 de enero de 2013;2387(1):46-55.

109. Morton C. Appraising the market for bicycle sharing schemes: Perceived service quality, satisfaction, and behavioural intention in London. *Case Stud Transp Policy*. marzo de 2018;6(1):102-11.
110. Nikitas A. Understanding bike-sharing acceptability and expected usage patterns in the context of a small city novel to the concept: A story of «Greek Drama». *Transp Res Part F-Traffic Psychol Behav*. julio de 2018;56:306-21.
111. Shaheen SA, Zhang H, Martin E, Guzman S. China's Hangzhou Public Bicycle Understanding Early Adoption and Behavioral Response to Bikesharing. *Transp Res Rec*. 2011;(2247):33-41.
112. Liu Y, Szeto WY, Ho SC. A static free-floating bike repositioning problem with multiple heterogeneous vehicles, multiple depots, and multiple visits. *Transp Res Part C-Emerg Technol*. julio de 2018;92:208-42.
113. Fishman E, Cherry C. E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of Research. *Transp Rev*. 2 de enero de 2016;36(1):72-91.
114. Gu T, Kim I, Currie G. To be or not to be dockless: Empirical analysis of dockless bikeshare development in China. *Transp Res Part Policy Pract*. 1 de enero de 2019;119:122-47.
115. Parkes SD, Marsden G, Shaheen SA, Cohen AP. Understanding the diffusion of public bikesharing systems: evidence from Europe and North America. *J Transp Geogr*. julio de 2013;31:94-103.
116. Bamwesigye D, Hlavackova P. Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustain Switz*. 2019;11(7).
117. Stewart SK, Johnson DC, Smith WP. Bringing Bike Share to a Low-Income Community: Lessons Learned Through Community Engagement, Minneapolis, Minnesota, 2011. *Prev Chronic Dis*. agosto de 2013;10:120274.
118. Xu D. Burn Calories, Not Fuel! The effects of bikeshare programs on obesity rates. *Transp Res Part Transp Environ*. 1 de febrero de 2019;67:89-108.
119. De Nazelle A, Nieuwenhuijsen MJ, Antó JM, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, et al. Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environ Int*. 2011;37(4):766-77.
120. Fishman E. Bikeshare: A Review of Recent Literature. *Transp Rev*. 2 de enero de 2016;36(1):92-113.
121. DeMaio P. The Bike-sharing Blog: The Bike-sharing World at the End of 2016 [Internet]. The Bike-sharing Blog. 2017 [citado 19 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://bike-sharing.blogspot.com/2017/01/the-bike-sharing-world-at-end-of-2016.html>
122. Meyer G, Shaheen S, editores. *Disrupting Mobility: Impacts of Sharing Economy and Innovative Transportation on Cities* [Internet]. Springer International Publishing; 2017

- [citado 19 de febrero de 2021]. (Lecture Notes in Mobility). Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783319516011>
123. Ye M, Zeng S, Yang G, Chen Y. Identification of contributing factors on travel mode choice among different resident types with bike-sharing as an alternative. *IET Intell Transp Syst.* 19 de marzo de 2020;14(7):639-46.
 124. Felix R, Cambra P, Moura F. Build it and give 'em bikes, and they will come: The effects of cycling infrastructure and bike-sharing system in Lisbon. *Case Stud Transp Policy.* junio de 2020;8(2):672-82.
 125. Moon. Barómetro de la Bicicleta 2022 [Internet]. Red de Ciudades por la Bicicleta. 2022 [citado 16 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.ciudadesporlabicicleta.org/barometro-de-la-bicicleta-2022/>
 126. Buehler R, Pucher J. *Cycling for Sustainable Cities*. MIT Press; 2021. 272 p.
 127. Fishman E, Washington S, Haworth N. Erratum to Bike share: A synthesis of the literature (Transport Reviews). *Transp Rev.* 2013;33(2).
 128. Fishman E, Washington S, Haworth N. Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transp Res Part Transp Environ.* 1 de agosto de 2014;31:13-20.
 129. Shaheen S, Martin E. Unraveling the Modal Impacts of Bikesharing – ACCESS Magazine [Internet]. 2015 [citado 23 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.accessmagazine.org/fall-2015/unraveling-the-modal-impacts-of-bikesharing/>
 130. Oja P, Titze S, Bauman A, Geus B de, Krenn P, Reger-Nash B, et al. Health benefits of cycling: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;21(4):496-509.
 131. Hanson S. Gender and mobility: New approaches for informing sustainability. *Gend Place Cult.* 2010;17(1):5-23.
 132. Munro C. *Australian Cycling Participation 2011* [Internet]. ISBN 978-1-921709-93-7. Austroads; [citado 16 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://austroads.com.au/publications/active-travel/ap-c91-11>
 133. Pucher J, Buehler R. Making cycling irresistible: Lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. *Transp Rev.* 2008;28(4):495-528.
 134. Wang K, Akar G. Gender gap generators for bike share ridership: Evidence from Citi Bike system in New York City. *J Transp Geogr.* 1 de abril de 2019;76:1-9.
 135. Sahlqvist SL, Heesch KC. Characteristics of utility cyclists in Queensland, Australia: An examination of the associations between individual, social, and environmental factors and utility cycling. *J Phys Act Health.* 2012;9(6):818-28.

-
137. Goodman A, Cheshire J. Inequalities in the London bicycle sharing system revisited: Impacts of extending the scheme to poorer areas but then doubling prices. *J Transp Geogr*. 2014;41:272-9.
 138. Reilly KH, Wang SM, Crossa A. Gender disparities in New York City bike share usage. *Int J Sustain Transp*.
 139. Virginia Tech Capital Bikeshare Study: A Closer Look at Casual Users and Operations. diciembre de 2011 [citado 16 de febrero de 2021]; Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1143530>
 140. Citi Bike: The First Two Years [Internet]. NYU Wagner. [citado 16 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://wagner.nyu.edu/impact/research/publications/citi-bike-first-two-years>
 141. Kaufman S. The Pink Tax on Transportation: Women's Challenges in Mobility | NYU Wagner [Internet]. 2018 [citado 22 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://wagner.nyu.edu/rudincenter/2018/11/pink-tax-transportation-womens-challenges-mobility>
 142. Teixeira JF, Silva C, Sa FM e. Empirical evidence on the impacts of bikesharing: a literature review. *Transp Rev*.
 143. Aldred R, Woodcock J, Goodman A. Does More Cycling Mean More Diversity in Cycling? *Transp Rev*. 2 de enero de 2016;36(1):28-44.
 144. Sanmiguel-Rodríguez A. Analysis of the ages, routes and minutes of use in the use of a shared bicycle system: The case of VaiBike in Vilagarcía de Arousa (Spain). *Retos*. 2019;(35):314-9.
 145. Pons JMS, Lladó JM, Pérez MR, Reynés MRM. Public bikesharing systems and sustainable urban mobility. An analysis in the city of Palma (Mallorca, Balearic Islands). *Boletín Asoc Geogr Espanoles*. 2016;2016(71):227-45.
 146. McNeil N, Broach J, Dill J. Breaking barriers to bike share: Lessons on bike share equity. *Inst Transp Eng ITE J*. 2018;88(2):31-5.
 147. Campbell KB, Brakewood C. Sharing riders: How bikesharing impacts bus ridership in New York City. *Transp Res Part Policy Pract*. 1 de junio de 2017;100:264-82.
 148. Who Are Public Bicycle Share Programs Serving? An Evaluation of the Equity of Spatial Access to Bicycle Share Service Areas in Canadian Cities - Kate Hosford, Meghan Winters, 2018 [Internet]. [citado 19 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198118783107>
 149. Martin EW, Shaheen SA. Evaluating public transit modal shift dynamics in response to bikesharing: a tale of two U.S. cities. *J Transp Geogr*. 1 de diciembre de 2014;41:315-24.
 150. Baker L. How to get more bicyclists on the road. *Sci Am*. 2009;301:28-9.
-

151. Nikitas A, Wallgren P, Rexfelt O. The paradox of public acceptance of bike sharing in Gothenburg. *Proc Inst Civ Eng - Eng Sustain*. 26 de octubre de 2015;169(3):101-13.
152. Médard de Chardon C. The contradictions of bike-share benefits, purposes and outcomes. *Transp Res Part Policy Pract*. 2019;121:401-19.
153. Boarnet MG, Giuliano G, Hou Y, Shin EJ. First/last mile transit access as an equity planning issue. *Transp Res Part Policy Pract*. 2017;103:296-310.
154. Pritchard JP, Stępnia M, Geurs KT. 5 - Equity analysis of dynamic bike-and-ride accessibility in the Netherlands. En: Lucas K, Martens K, Di Ciommo F, Dupont-Kieffer A, editores. *Measuring Transport Equity* [Internet]. Elsevier; 2019 [citado 19 de febrero de 2021]. p. 73-83. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148181000056>
155. Hamidi Z, Camporeale R, Caggiani L. Inequalities in access to bike-and-ride opportunities: Findings for the city of Malmo. *Transp Res Part -Policy Pract*. diciembre de 2019;130:673-88.
156. Meloni I, Bez M, Spissu E. Activity-Based Model of Women's Activity–Travel Patterns. *Transp Res Rec*. 1 de enero de 2009;2125(1):26-35.
157. Twaddle H, Hall F, Bracic B. Latent Bicycle Commuting Demand and Effects of Gender on Commuter Cycling and Accident Rates. *Transp Res Rec*. 1 de enero de 2010;2190(1):28-36.
158. Handy SL. The Davis bicycle study: Why do I bicycle but my neighbor doesn't? *Access*. 2011;(39):16-21.
159. Krizek K, Johnson P, Tilahun N. Gender Differences in Bicycling Behavior and Facility Preferences [Internet]. undefined. 2005 [citado 18 de febrero de 2021]. Disponible en: </paper/Gender-Differences-in-Bicycling-Behavior-and-Krizek-Johnson/c1e1177276ca0ba66b8ca19d09ec35e3c84a8cc3>
160. Beecham R, Wood J. Exploring gendered cycling behaviours within a large-scale behavioural data-set. *Transp Plan Technol*. 2 de enero de 2014;37(1):83-97.
161. Goodman A, Cheshire J. Inequalities in the London bicycle sharing system revisited: Impacts of extending the scheme to poorer areas but then doubling prices. *J Transp Geogr*. 2014;41:272-9.
162. Aldred R, Woodcock J, Goodman A. Does More Cycling Mean More Diversity in Cycling? *Transp Rev*. 2 de enero de 2016;36(1):28-44.
163. Kaplan S, Vavatsoulas K, Prato CG. Aggravating and mitigating factors associated with cyclist injury severity in Denmark. *J Safety Res*. 1 de septiembre de 2014;50:75-82.
164. Steinbach R, Green J, Datta J, Edwards P. Cycling and the city: A case study of how gendered, ethnic and class identities can shape healthy transport choices. *Soc Sci Med*. 1 de abril de 2011;72(7):1123-30.

165. Aldred R, Elliott B, Woodcock J, Goodman A. Cycling provision separated from motor traffic: a systematic review exploring whether stated preferences vary by gender and age. *Transp Rev.* enero de 2017;37(1):29-55.
166. Garrard J, Rose G, Lo SK. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Prev Med.* enero de 2008;46(1):55-9.
167. Heesch KC, Sahlqvist S, Garrard J. Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 8 de septiembre de 2012;9(1):106.
168. Emond CR, Tang W, Handy SL. Explaining Gender Difference in Bicycling Behavior. *Transp Res Rec.* 2009;(2125):16-25.
169. Brick E, McCarthy OT, Caulfield B. Bicycle Infrastructure Preferences: A Case Study of Dublin. En 2012 [citado 25 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1129038>
170. Akar G, Fischer N, Namgung M. Bicycling Choice and Gender Case Study: The Ohio State University. *Int J Sustain Transp.* 2013;7(5):347-65.
171. Reilly KH, Wang SM, Crossa A. Gender disparities in New York City bike share usage. *Int J Sustain Transp.*
172. Wang K, Akar G. Gender gap generators for bike share ridership: Evidence from Citi Bike system in New York City. *J Transp Geogr.* 1 de abril de 2019;76:1-9.
173. Prati G. Gender equality and women's participation in transport cycling. *J Transp Geogr.* enero de 2018;66:369-75.
174. Goodman A, Green J, Woodcock J. The role of bicycle sharing systems in normalising the image of cycling: An observational study of London cyclists. *J Transp Health.* 1 de marzo de 2014;1(1):5-8.
175. Fishman E, Washington S, Haworth N. Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. *Transp Res Part Transp Environ.* 1 de agosto de 2014;31:13-20.
176. Wang J, Lindsey G. Neighborhood socio-demographic characteristics and bike share member patterns of use. *J Transp Geogr.* julio de 2019;79:102475.
177. Zhao J, Wang J, Deng W. Exploring bikesharing travel time and trip chain by gender and day of the week. *Transp Res Part C Emerg Technol.* 1 de septiembre de 2015;58:251-64.
178. Antonakos CL. Environmental and travel preferences of cyclists. 1994;1.
179. Hanson S, Johnston I. Gender Differences in Work-Trip Length: Explanations and Implications. *Urban Geogr.* 1 de julio de 1985;6(3):193-219.

180. Lu XD, Pas EI. Socio-demographics, activity participation and travel behavior. *Transp Res Part -Policy Pract.* enero de 1999;33(1):1-18.
183. Taczanowska K, Bielański M, González LM, Garcia-Massó X, Toca-Herrera JL. Analyzing Spatial Behavior of Backcountry Skiers in Mountain Protected Areas Combining GPS Tracking and Graph Theory. *Symmetry.* 2017;9(12):317.
184. Rodrigue JP, Comtois C, Slack B. *The Geography of Transport Systems* [Internet]. 2013 [citado 15 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1285497>
185. Otte E, Rousseau R. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *J Inf Sci.* 1 de diciembre de 2002;28(6):441-53.
186. Blondel VD, Gajardo A, Heymans M, Senellart P, Van Dooren P. A Measure of Similarity between Graph Vertices: Applications to Synonym Extraction and Web Searching. *SIAM Rev.* 1 de enero de 2004;46(4):647-66.
187. MIT Strategic Engineering Research Group: Olivier L. de Weck [Internet]. 2019 [citado 25 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://strategic.mit.edu/downloads.php?page=matlab_networks
188. Erwig M. The graph Voronoi diagram with applications. *Networks.* 2000;36(3):156-63.
189. Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *J Exp Psychol Gen.* 2012;141(1):2-18.
190. Zhao J, Wang J, Deng W. Exploring bikesharing travel time and trip chain by gender and day of the week. *Transp Res Part C Emerg Technol.* 1 de septiembre de 2015;58:251-64.
191. Beecham R, Wood J. Exploring gendered cycling behaviours within a large-scale behavioural data-set. *Transp Plan Technol.* 2 de enero de 2014;37(1):83-97.
192. Murphy E, Usher J. The Role of Bicycle-sharing in the City: Analysis of the Irish Experience. *Int J Sustain Transp.* 2015;9(2):116-25.
193. Heesch KC, Sahlqvist S, Garrard J. Gender differences in recreational and transport cycling: a cross-sectional mixed-methods comparison of cycling patterns, motivators, and constraints. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 8 de septiembre de 2012;9(1):106.
194. Faghih-Imani A, Eluru N. Analysing bicycle-sharing system user destination choice preferences: Chicago's Divvy system. *J Transp Geogr.* 1 de abril de 2015;44:53-64.
195. Marqués R, Hernández-Herrador V, Calvo-Salazar M, García-Cebrián JA. How infrastructure can promote cycling in cities: Lessons from Seville. *Res Transp Econ.* 1 de noviembre de 2015;53:31-44.
196. Boig EA. Propuesta de evaluación de contajes ciclistas en la ciudad de València. :17.
197. Wang J, Lindsey G. Neighborhood socio-demographic characteristics and bike share member patterns of use. *J Transp Geogr.* julio de 2019;79:102475.

-
198. Saberi M, Ghamami M, Gu Y, Shojaei MH (Sam), Fishman E. Understanding the impacts of a public transit disruption on bicycle sharing mobility patterns: A case of Tube strike in London. *J Transp Geogr*. 1 de enero de 2018;66:154-66.
 199. Kaltenbrunner A, Meza R, Grivolla J, Codina J, Banchs R. Urban cycles and mobility patterns: Exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system. *Pervasive Mob Comput*. 1 de agosto de 2010;6(4):455-66.
 200. Garrard J, Rose G, Lo SK. Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Prev Med*. enero de 2008;46(1):55-9.
 201. Akar G, Fischer N, Namgung M. Bicycling Choice and Gender Case Study: The Ohio State University. *Int J Sustain Transp*. 2013;7(5):347-65.
 202. Reiss S, Paul F, Bogenberger K. Empirical Analysis of Munich's Free-Floating Bike Sharing System: GPS-Booking Data and Customer Survey among Bikesharing Users. En 2015 [citado 25 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1338247>
 203. Guo Y, Zhou J, Wu Y, Li Z. Identifying the factors affecting bike-sharing usage and degree of satisfaction in Ningbo, China. *Plos One*. 21 de septiembre de 2017;12(9):e0185100.
 204. Ogilvie F, Goodman A. Inequalities in usage of a public bicycle sharing scheme: Socio-demographic predictors of uptake and usage of the London (UK) cycle hire scheme. *Prev Med*. julio de 2012;55(1):40-5.
 205. Wheeler N, Conrad RG, Figliozzi M. A Statistical Analysis of Bicycle Rider Performance: The impact of gender on riders' performance at signalized intersections [Internet]. undefined. 2010 [citado 22 de febrero de 2021]. Disponible en: [/paper/A-Statistical-Analysis-of-Bicycle-Rider-The-impact-Wheeler-Conrad/4abd1cebf71cbe3eb7a064dfafbf9124434e4bf6](#)
 206. Kaplan S, Vavatsoulas K, Prato CG. Aggravating and mitigating factors associated with cyclist injury severity in Denmark. *J Safety Res*. 1 de septiembre de 2014;50:75-82.
 207. Fishman E, Schepers P. The Safety of Bike Share Systems. 3 de julio de 2018 [citado 18 de febrero de 2021]; Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/transport/the-safety-of-bike-share-systems_acf28971-en
 208. Steinbach R, Green J, Datta J, Edwards P. Cycling and the city: A case study of how gendered, ethnic and class identities can shape healthy transport choices. *Soc Sci Med*. 1 de abril de 2011;72(7):1123-30.
 209. Krizek KJ. Two approaches to valuing some of bicycle facilities' presumed benefits. *J Am Plann Assoc*. 2006;72(3):309-20.
 210. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet Lond Engl*. 15 de febrero de 2020;395(10223):497-506.
-

211. Badr HS, Du H, Marshall M, Dong E, Squire MM, Gardner LM. Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis*. 1 de noviembre de 2020;20(11):1247-54.
212. Xiong C, Hu S, Yang M, Luo W, Zhang L. Mobile device data reveal the dynamics in a positive relationship between human mobility and COVID-19 infections. *Proc Natl Acad Sci*. 3 de noviembre de 2020;117(44):27087-9.
213. Anoushiravani AA, O'Connor CM, DiCaprio MR, Iorio R. Economic Impacts of the COVID-19 Crisis. *J Bone Joint Surg Am*. 21 de abril de 2020;10.2106/JBJS.20.00557.
214. Khan I, Shah D, Shah SS. COVID-19 pandemic and its positive impacts on environment: an updated review. *Int J Environ Sci Technol*. 1 de febrero de 2021;18(2):521-30.
215. Castañeda-Babarro A, Arbillaga-Etxarri A, Gutiérrez-Santamaría B, Coca A. Physical Activity Change during COVID-19 Confinement. *Int J Environ Res Public Health*. enero de 2020;17(18):6878.
216. Tanveer M, Hassan S, Bhaumik A. Covid-19 Quarantine and Consumer Behavior that Change the Trends of Business Sustainability Development. *Acad Strateg Manag J* [Internet]. 19 de agosto de 2020 [citado 15 de junio de 2022];19(4). Disponible en: <https://www.abacademies.org/abstract/covid19-quarantine-and-consumer-behavior-that-change-the-trends-of-business-sustainability--development-9448.html>
217. Seufert A, Poignée F, Hoßfeld T, Seufert M. Pandemic in the digital age: analyzing WhatsApp communication behavior before, during, and after the COVID-19 lockdown. *Humanit Soc Sci Commun*. 2022;9(1).
218. Usher K, Durkin J, Bhullar N. The COVID-19 pandemic and mental health impacts. *Int J Ment Health Nurs*. junio de 2020;29(3):315-8.
219. Kim K. Impacts of COVID-19 on transportation: Summary and synthesis of interdisciplinary research. *Transp Res Interdiscip Perspect*. marzo de 2021;9:100305.
220. Shamshiripour A, Rahimi E, Shabanpour R, Mohammadian A (Kouros). How is COVID-19 reshaping activity-travel behavior? Evidence from a comprehensive survey in Chicago. *Transp Res Interdiscip Perspect*. 1 de septiembre de 2020;7:100216.
221. Romanillos G, García-Palomares JC, Moya-Gómez B, Gutiérrez J, Torres J, López M, et al. The city turned off: Urban dynamics during the COVID-19 pandemic based on mobile phone data. *Appl Geogr*. 1 de septiembre de 2021;134:102524.
222. Kolarova V, Eisenmann C, Nobis C, Winkler C, Lenz B. Analysing the impact of the COVID-19 outbreak on everyday travel behaviour in Germany and potential implications for future travel patterns. *Eur Transp Res Rev*. 1 de mayo de 2021;13(1):27.
223. Kim M, Cho GH. Analysis on bike-share ridership for origin-destination pairs: Effects of public transit route characteristics and land-use patterns. *J Transp Geogr*. 1 de mayo de 2021;93:103047.

-
224. Musselwhite C, Avineri E, Susilo Y. Editorial JTH 16 –The Coronavirus Disease COVID-19 and implications for transport and health. *J Transp Health*. 1 de marzo de 2020;16:100853.
225. Batsas, M. Public transport authorities and Covid-19 impact and response to a pandemic [Internet]. 2020 [citado 6 de enero de 2023]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiv86Gb-7L8AhU38rsIHbOCA1YQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.lek.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FPDFs%2FCOVID19-public-transport-impacts.pdf&usg=AOvVaw3-a2fv-sA2_O_7mcYJHOiC
226. Meena S. Impact of novel Coronavirus (COVID-19) pandemic on travel pattern: A case study of India. *Indian J Sci Technol*. 16 de julio de 2020;13(24):2491-501.
227. Bucsky P. Modal share changes due to COVID-19: The case of Budapest. *Transp Res Interdiscip Perspect*. 1 de noviembre de 2020;8:100141.
228. Choi SE, Kim J, Seo D. Travel patterns of free-floating e-bike-sharing users before and during COVID-19 pandemic. *Cities Lond Engl*. enero de 2023;132:104065.
229. Borkowski P, Jażdżewska-Gutta M, Szmelter-Jarosz A. Lockdowned: Everyday mobility changes in response to COVID-19. *J Transp Geogr*. 1 de enero de 2021;90:102906.
230. World Health Organization. Supporting healthy urban transport and mobility in the context of COVID-19 [Internet]. Geneva; 2020 [citado 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240012554>
231. Bullock C, Brereton F, Bailey S. The economic contribution of public bike-share to the sustainability and efficient functioning of cities. *Sustain Cities Soc*. 1 de enero de 2017;28:76-87.
232. Nikiforiadis A, Ayfantopoulou G, Stamelou A. Assessing the Impact of COVID-19 on Bike-Sharing Usage: The Case of Thessaloniki, Greece. *Sustainability*. enero de 2020;12(19):8215.
233. Buehler R, Pucher J. COVID-19 Impacts on Cycling, 2019–2020. *Transp Rev*. 4 de julio de 2021;41(4):393-400.
234. DeMaio P. Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. *Digital Commons @ University of South Florida*; 2009.
235. Bouhouras E, Basbas S, Ftergioti S, Paschalidis E, Siakantaris H. COVID-19's Pandemic Effects on Bike Sharing Systems: A New Reality for Urban Mobility? *Appl Sci*. enero de 2022;12(3):1230.
236. Miketa, Sun. As Mobility Patterns Change, Cities Shift Gears [Internet]. American Planning Association. 2020 [citado 5 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.planning.org/planning/2020/jun/intersections-transportation/>
-

237. Aloï A, Alonso B, Benavente J, Cordera R, Echániz E, González F, et al. Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). *Sustainability*. enero de 2020;12(9):3870.
238. Berezvai Z. Short- and long-term effects of COVID-19 on bicycle sharing usage. *Transp Res Interdiscip Perspect*. 1 de septiembre de 2022;15:100674.
239. Bustamante X, Federo R, Fernández-i-Marín X. Riding the wave: Predicting the use of the bike-sharing system in Barcelona before and during COVID-19. *Sustain Cities Soc*. 1 de agosto de 2022;83:103929.
240. Heydari S, Konstantinoudis G, Behsoodi AW. Effect of the COVID-19 pandemic on bike-sharing demand and hire time: Evidence from Santander Cycles in London. *PLOS ONE*. 2 de diciembre de 2021;16(12):e0260969.
241. Hu S, Xiong C, Liu Z, Zhang L. Examining spatiotemporal changing patterns of bike-sharing usage during COVID-19 pandemic. *J Transp Geogr*. 1 de febrero de 2021;91:102997.
242. Kim J, Lee S. Determining factors affecting public bike ridership and its spatial change before and after COVID-19. *Travel Behav Soc*. 1 de abril de 2023;31:24-36.
243. Orro A, Novales M, Monteagudo Á, Pérez-López JB, Bugarín MR. Impact on City Bus Transit Services of the COVID-19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain). *Sustainability*. enero de 2020;12(17):7206.
244. Padmanabhan V, Penmetsa P, Li X, Dhondia F, Dhondia S, Parrish A. COVID-19 effects on shared-biking in New York, Boston, and Chicago. *Transp Res Interdiscip Perspect*. 1 de marzo de 2021;9:100282.
245. Shang WL, Chen J, Bi H, Sui Y, Chen Y, Yu H. Impacts of COVID-19 pandemic on user behaviors and environmental benefits of bike sharing: A big-data analysis. *Appl Energy*. 1 de marzo de 2021;285:116429.
246. Teixeira JF, Lopes M. The link between bike sharing and subway use during the COVID-19 pandemic: The case-study of New York's Citi Bike. *Transp Res Interdiscip Perspect*. 1 de julio de 2020;6:100166.
247. Xin R, Ai T, Ding L, Zhu R, Meng L. Impact of the COVID-19 pandemic on urban human mobility - A multiscale geospatial network analysis using New York bike-sharing data. *Cities*. 1 de julio de 2022;126:103677.
248. Mattsson LG, Jenelius E. Vulnerability and resilience of transport systems – A discussion of recent research. *Transp Res Part Policy Pract*. 1 de noviembre de 2015;81:16-34.
249. Chai X, Guo X, Xiao J, Jiang J. Analysis of spatiotemporal mobility of shared-bike usage during COVID-19 pandemic in Beijing. *Trans GIS*. 2021;25(6):2866-87.
250. Chen Y, Sun X, Deveci M, Coffman D. The impact of the COVID-19 pandemic on the behaviour of bike sharing users. *Sustain Cities Soc*. 1 de septiembre de 2022;84:104003.

-
251. Pase F, Chiariotti F, Zanella A, Zorzi M. Bike Sharing and Urban Mobility in a Post-Pandemic World. *IEEE Access*. 2020;8:187291-306.
 252. Nikiforiadis A, Mitropoulos L, Kopelias P, Basbas S, Stamatiadis N, Kroustali S. Exploring mobility pattern changes between before, during and after COVID-19 lockdown periods for young adults. *Cities Lond Engl*. junio de 2022;125:103662.
 253. Teixeira JF, Silva C, Moura e Sá F. Empirical evidence on the impacts of bikesharing: a literature review. *Transp Rev*. 4 de mayo de 2021;41(3):329-51.
 254. Shaer A, Rezaei M, Moghani Rahimi B, Shaer F. Examining the associations between perceived built environment and active travel, before and after the COVID-19 outbreak in Shiraz city, Iran. *Cities*. 1 de agosto de 2021;115:103255.
 255. Teixeira JF, Cunha I. The effects of COVID-19 on female and male bike sharing users: Insights from Lisbon's GIRA. *Cities*. 1 de enero de 2023;132:104058.
 256. Hua M, Chen X, Cheng L, Chen J. Should bike-sharing continue operating during the COVID-19 pandemic? Empirical findings from Nanjing, China. *J Transp Health*. 1 de diciembre de 2021;23:101264.
 257. Graystone M, Mitra R, Hess PM. Gendered perceptions of cycling safety and on-street bicycle infrastructure: Bridging the gap. *Transp Res Part Transp Environ*. 1 de abril de 2022;105:103237.
 258. Pellicer-Chenoll M, Pans M, Seifert R, López-Cañada E, García-Massó X, Devís-Devís J, et al. Gender differences in bicycle sharing system usage in the city of Valencia. *Sustain Cities Soc*. 2021;65:102556.
 259. Jiao J, Lee HK, Choi SJ. Impacts of COVID-19 on bike-sharing usages in Seoul, South Korea. *Cities*. 1 de noviembre de 2022;130:103849.
 260. Wang J, Biljecki F. Unsupervised machine learning in urban studies: A systematic review of applications. *Cities*. 1 de octubre de 2022;129:103925.
 261. Prytherch DL, Boira Maiques JV. City profile: Valencia. *Cities*. 1 de abril de 2009;26(2):103-15.
 262. Romero García C, Iftimi A, Briz-Redón Á, Zanin M, Otero M, Ballester M, et al. Trends in Incidence and Transmission Patterns of COVID-19 in Valencia, Spain. *JAMA Netw Open*. 18 de junio de 2021;4(6):e2113818.
 263. Conselleria de Sanidad Universal y Salud Pública. Fases de desconfinamiento en la Comunidad Valenciana [Internet]. 2022 [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://coronavirus.san.gva.es/es/consejos-desconfinamiento>
 264. Overview | Distance Matrix API [Internet]. Google Developers. [citado 6 de abril de 2022]. Disponible en: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview>
-

265. Lucchini L, Centellegher S, Pappalardo L, Gallotti R, Privitera F, Lepri B, et al. Living in a pandemic: changes in mobility routines, social activity and adherence to COVID-19 protective measures. *Sci Rep.* 27 de diciembre de 2021;11(1):24452.
266. Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Valencia | Catálogo de Datos [Internet]. [citado 6 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.valencia.es/dadesobertes/es/data/>
267. Astel A, Tsakovski S, Barbieri P, Simeonov V. Comparison of self-organizing maps classification approach with cluster and principal components analysis for large environmental data sets. *Water Res.* 1 de noviembre de 2007;41(19):4566-78.
268. Li T, Sun G, Yang C, Liang K, Ma S, Huang L. Using self-organizing map for coastal water quality classification: Towards a better understanding of patterns and processes. *Sci Total Environ.* 1 de julio de 2018;628-629:1446-59.
269. Lasri R. Clustering and classification using a self-organizing MAP: The main flaw and the improvement perspectives. En: 2016 SAI Computing Conference (SAI). 2016. p. 1315-8.
270. Ling C, Delmelle EC. Classifying multidimensional trajectories of neighbourhood change: a self-organizing map and k-means approach. *Ann GIS.* 2 de julio de 2016;22(3):173-86.
271. Davies DL, Bouldin DW. A Cluster Separation Measure. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* abril de 1979;PAMI-1(2):224-7.
272. COVID-19 Community Mobility Report [Internet]. COVID-19 Community Mobility Report. [citado 5 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/covid19/mobility?hl=es>
273. Costa M, Félix R, Marques M, Moura F. Impact of COVID-19 lockdown on the behavior change of cyclists in Lisbon, using multinomial logit regression analysis. *Transp Res Interdiscip Perspect.* 1 de junio de 2022;14:100609.
274. Teixeira JF, Silva C, Moura e Sá F. The role of bike sharing during the coronavirus pandemic: An analysis of the mobility patterns and perceptions of Lisbon's GIRA users. *Transp Res Part Policy Pract.* 1 de mayo de 2022;159:17-34.
275. Fernández Pozo R, Wilby MR, Vinagre Díaz JJ, Rodríguez González AB. Data-driven analysis of the impact of COVID-19 on Madrid's public transport during each phase of the pandemic. *Cities.* 1 de agosto de 2022;127:103723.
276. Jensen P, Rouquier JB, Ovtracht N, Robardet C. Characterizing the speed and paths of shared bicycle use in Lyon. *Transp Res Part Transp Environ.* 1 de diciembre de 2010;15(8):522-4.

ANEXOS

ANEXO 1. Nombre y localización de las estaciones de Valenbisi

Número y dirección de la estación	Longitud	Latitud
001_GUILLEN_DE_CASTRO	-0,382860167035476	39,480101324478400
002_CALLE_SALVADOR_GINER_CALLE_MUSEO	-0,379797465044037	39,479933200242200
003_PLAZA_MUSICO_LOPEZ_CHAVARRI	-0,380381032725420	39,476775282898300
004_PLAZA_DE_LA_VIRGEN_CALLE_BAILIA	-0,375452697836908	39,476763159127000
005_PINTOR_LOPEZ_PZA_POETA_LLORENTE	-0,371263302482380	39,476884661065700
006_GUILLEN_CASTRO_CON_CALLE_SAN_PEDRO_PASCUAL	-0,379209933030156	39,474839019862300
007_PZA_DEL_MERCADO_TAUOLA_DE_CANVIS	-0,384288803215705	39,472692270697500
008_PLAZA_DE_LA_REINA_ESQUINA_CALLE_DEL_MAR	-0,375035785328454	39,474249312461400
009_PLAZA_TETUAN_4	-0,369948854996260	39,474440575348300
010_CALLE_DEL_HOSPITAL_FRENTE_CALLE_HORNO_DEL_HOSP	-0,382663033876811	39,470790849426800
011_PZA_AYTO_CON_CALLE_COTANDA	-0,376924409569241	39,471319079452400
012_CALLE_MINYANA	-0,374115580236883	39,471210592133600
013_PZA_ALFONSO_MAGNANIMO_CON_CALLE_LA_NAVE	-0,370920717093164	39,472093272358000
014_BARÓN CARCER	-0,379916383771749	39,469026293310000
015_RIBERA	-0,375673442594727	39,469038646031700
016_COLON I	-0,370448459610274	39,470127690125100
017_ESTACION RENFE I	-0,377252630762621	39,467533806370100
018_COLON II	-0,373264788888380	39,468182441877800
019_JUAN_LLORENS	-0,391745590530806	39,474400395335600
020_FERNANDO_EL_CATOLICO_CALLE_QUART	-0,387934372974774	39,474981427246800
021_JUAN_LLORENS_29	-0,390277964907419	39,472304435832800
022_JUAN_LLORENS_57	-0,388394527413139	39,469829753008500
023_GRAN_VIA_FERNANDO_EL_CATOLICO	-0,386329234692302	39,471594074741000
024_GRAN_VIA_RAMON_Y_CAJAL	-0,384176824242950	39,469167327233400
025_CALLE_DEL_ALBERIC	-0,388671438620971	39,467709908532600
026_CALLE_SAN_JOSE_DE_CALASANZ	-0,386136964881953	39,466175486388700
027_CALLE_SAN_VICENTE_MARTIR_129	-0,381941784938287	39,463369403525600
028_NAVARRO REVERTE	-0,367892499053930	39,471637338576900
029_PLAZA AMERICA	-0,365349131876481	39,470039202651900
030_CIRILO AMOROS	-0,368703681568815	39,468619767473000
031_CALLE SALAMANCA	-0,365159371694843	39,467368314866400
032_C/ CONDE DE ALTEA	-0,368350196731522	39,465972201374100
033_GRAN_VIA_GERMANIAS_ESQ_CALLE_RUZAFÁ	-0,374182477731692	39,464797878123100
34_AVDA. ANTIGUO REINO DE VALENCIA	-0,369909886094884	39,464061626454000
35_C/ DUQUE DE CALABRIA	-0,367120446768849	39,463755219212300
036_PZA LOS FUEROS CONDE_TRENOR	-0,375470557656284	39,479069798349100
37_AVDA. PERIS Y VALERO	-0,366480472668634	39,461002059144100
38_AVDA. PERIS Y VALERO	-0,370342339477106	39,459368848146800
39_AVDA. PERIS Y VALERO	-0,374001898522987	39,457857056841800
40_CALLE BARCAS_FRENTE TEATRO_PRINCIPAL	-0,374741975669701	39,470529960138500
41_AVDA. GRAL. URRUTIA	-0,364786057568447	39,458783529127500
42_AVDA. DE LA PLATA	-0,358554787964566	39,458840240846700
43_C/ DE ORIENTE	-0,361253519069918	39,459388028647300
44_AVDA. GRAL. URRUTIA	-0,363052100839761	39,456383902693700
45_AVDA. GRAL. URRUTIA	-0,361739986281602	39,453894732483300
46_AVDA. INSTITUTO OBRERO DE VALENCIA	-0,358859692603627	39,455387816169800
47_AVDA. AUTOPISTA DEL SALER	-0,355622377465242	39,456485327028900
48_AVDA. ANTONIO FERRANDIS	-0,358649216827160	39,450832464289400
49_C/ RICARDO MUÑOZ SUAY	-0,357220606999402	39,452945216517500
50_AVDA. AUTOPISTA DEL SALER	-0,353034013848884	39,453336399340000

51_PSO. DE LAS MORERAS	-0,347072170341427	39,452128456270100
52_C/ LUIS GARCIA BERLANGA	-0,346321394259661	39,455985074466800
53_C/ LUIS GARCIA BERLANGA	-0,348128532160220	39,456747005260800
54_PASEO ALAMEDA	-0,352765472856281	39,459807560520600
55_AVDA. DE FRANCIA	-0,348946347192078	39,459387195503800
56_AVDA. DE FRANCIA	-0,344498657413532	39,458384819374900
057_CALLE PINTOR MONLEON	-0,358403755475661	39,464368170032200
058_PLAZA DE ESPAÑA	-0,381638024446977	39,466200317747900
059_AVDA. DE BALEARES I	-0,354677130119951	39,463031176689600
060_AVDA.BALEARES II	-0,351609462585738	39,462096460694100
061_VICENTE VIDAL	-0,347792999967493	39,461297764292700
062_MENORCA	-0,342261319835604	39,459766079571500
063_AVDA. DEL PUERTO I	-0,358346384803056	39,467727120951900
064_AVDA. DEL PUERTO II	-0,354496296469094	39,466576497247900
065_AVDA. DEL PUERTO III	-0,350944856525609	39,465522646247300
066_GUILLEN DE ANGELOLA	-0,346281249262994	39,464380281324800
067_JUAN VERDEGUER	-0,337009810741623	39,458817108515500
068_AVDA. DEL PUERTO IV	-0,341624698918091	39,462751423424900
069_AVDA. DEL PUERTO	-0,338805221853099	39,462020273737300
70_CALLE COLON_ESQ_ ALMIRANTE_ROGER_DE_LAURIA	-0,371919558602255	39,469336300509400
071_AVDA DEL PUERTO VI	-0,333733001214480	39,460633830821300
072_RAMIRO MAETZU	-0,346393764634440	39,467229601810500
073_JERONIMO MONSORIU	-0,342843879549173	39,466139542170300
074_PLAZA SAN FELIPE NERI	-0,353776772407222	39,469920365309000
075_CAMPOAMOR I	-0,351872211253356	39,472021048165000
076_CAMPOAMOR II	-0,343659736900210	39,470049945668900
77_C/ MOLINELL	-0,365784558186404	39,484985537269200
078_AVDA. ARAGÓN I	-0,358878091638638	39,469955353880800
079_AVDA. ARAGON II	-0,357368593917588	39,472677701166000
080_AMADEO SAVOIA	-0,362441937496802	39,473765919284600
081_DOCTOR FORNOS	-0,361064163788052	39,475158013868800
082_GUILLEN DE CASTRO TORRES DE QUART	-0,383637594254531	39,476109942236600
83_PZA. DE LA LEGIÓN ESPAÑOLA	-0,367028255133214	39,477599552749100
84_SERRERIA_ESQ_PINTOR FERRER CALATAYUD	-0,335389724642000	39,467087079800900
085_AVDA BLASCO IBAÑEZ 1	-0,364720391186552	39,479610226821200
86_AVDA_GASPAR AGUILAR_ESQ_VICENTE_PARRA	-0,391288792062633	39,455366427629500
87_AVDA BLASCO IBAÑEZ 2	-0,361910453255579	39,478600544312200
088_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 3	-0,360923034431548	39,477352934829100
89_AVDA. BLASCO IBAÑEZ	-0,359404656687331	39,477849951504500
90_AVDA. BLASCO IBAÑEZ	-0,358818688313012	39,476746577753400
091_CALLE GRABADOR_JORDAN_46_PLAZA_ESCULTOR_PASTOR	-0,367363777910106	39,444566152226600
092_AVDA. DE ARAGON, 4 - ESQ AVDA BLASCO IBAÑEZ	-0,356053707996472	39,475782820764400
93_AVADA BLASCO IBAÑEZ DESP_C_POETA_DURAN TORTAJAD	-0,344182777312888	39,472340909801800
094_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 5	-0,351732177727439	39,475405131329800
95_AVDA. DE LOS NARANJOS	-0,347966145267038	39,480218767232000
096_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 6	-0,348282238507273	39,473506719232500
097_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 7	-0,343503628228457	39,473235457406500
098_SANTOS JUSTO Y PASTOR	-0,348508517636610	39,469692189479200
099_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 8	-0,340518912492466	39,471338446298100
100_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 9	-0,338219114267566	39,471601112694500
101_AVDA. BLASCO IBAÑEZ 10	-0,334384402750312	39,470053836096400
102_AVDA.RAMON LLUL	-0,346824582616094	39,475770677470800
103_RUBEN DARIO	-0,352350492979098	39,478410113215800
104_ALBALAT DELS TARONGERS	-0,347318355493033	39,478376450761700
105_AVDA. DE LOS NARANJOS	-0,344576109304960	39,477850517580100
106_AVDA. DE LOS NARANJOS	-0,341374099795915	39,476655117094000
107_C/ CAMPILLO ALTO BUEY	-0,336338016338511	39,475206539756200
108_LUIS PEIXO	-0,333688072762518	39,473677372536600

109_AVDA. NARANJOS	-0,333649348466621	39,476820510488700
110_KISSHOMARU	-0,336923306035162	39,480886406546800
111_COLEGIO MAYOR	-0,340468741039252	39,480699610321000
112_AVDA. DE LOS NARANJOS	-0,342262304307653	39,478666347627400
113_ETS CAMINOS	-0,343152257406289	39,481529700983000
114_ADOLFO SUAREZ	-0,347119987966791	39,483116183332600
115_C/ DR. VICENTE ZARAGOZA	-0,352147934494844	39,481603586565500
116_C/ DR. VICENTE ZARAGOZA	-0,357733291153330	39,483307266446100
117_PRIMADO REIG	-0,357189105815841	39,479258988530900
118_C/ DR. GOMEZ FERRER	-0,360455084777730	39,480504363852100
119_C/ JAIME ROIG	-0,363343808346348	39,482506828370600
120_C_DR VICENTE ZARAGOZA	-0,362148109704521	39,484921048260100
121_C_MURTA	-0,358891364985533	39,486189357776300
122_C_MÚSICO HIPÓLITO MARTÍNEZ	-0,354201186439576	39,484479094311700
123_C_ALBOCACER	-0,364927523471630	39,487668715692700
124_C/ AZAGADOR DE ALBORAYA	-0,362037571923443	39,488458960593200
125_C/MASQUEFA	-0,358733850320493	39,489735204596800
126_C/ ALFAUIR	-0,360259749853962	39,493040042673300
127_C/ DUQUE DE MANDAS	-0,364678622650987	39,490563873837500
128_C/ ALFAUIR	-0,367643911263838	39,488703234380400
129_C_ALMAZORA	-0,370082686219891	39,486001797469300
130_C/ CONVENTO CARMELITAS	-0,370142432774347	39,483183421497300
131_C/ ALBORAYA	-0,371154358792852	39,480701896541400
132_C/ RUAYA	-0,373420395731394	39,485356604323800
133_C/ ALFAMBRA	-0,375878338268891	39,482754571403800
134_C/ MAXIMILIANO THOUS	-0,373391371227474	39,487671189430200
135_AVDA. CONSTITUCIÓN	-0,378498421090556	39,485732546679200
136_CALLE_ECONOMISTA_GAY	-0,375523743481916	39,490016602408600
137_CALLE_ECONOMISTA_GAY	-0,379931239902822	39,489062061409500
138_SAN_PANCRACIO	-0,384208141428427	39,488176481972800
139_C/ REUS	-0,382951803359145	39,485715831631800
140_AVENIDA_CAMPANAR	-0,389668131431411	39,487983977744300
141_C/ GREGORIO GEA (PEATONAL)	-0,385139219201186	39,483188584126300
142_C/ GREGORIO GEA (PEATONAL)	-0,389721925684298	39,481886267082500
143_AVDA. MENENDEZ PIDAL	-0,390856707145503	39,479209130692600
144_CALLE_MARQUES_DE_SAN_JUAN	-0,395571427725320	39,478720331557600
145_PLAZA_BADAJOS	-0,398440521121507	39,481586332454700
146_AVDA. CAMPANAR	-0,391268342608355	39,484677675794300
147_CALLE_PIE_DE_LA_CRUZ_CALLE_DE_LA_REJA	-0,380018075466390	39,473148559453300
148_ESTACION RENFE	-0,378033505370777	39,465929853853800
149_AVDA. PERIS Y VALERO	-0,361757816107003	39,462957930867000
150_DR. MANUEL CANDELA	-0,350875518835312	39,467656131536800
151_JERONIMO MONSURIU	-0,337269271460484	39,464507538710900
152_C/ LITERATO AZORÍN	-0,372828071402873	39,460947553477500
153_C/ LLANO DE ZAIDA	-0,380212451472097	39,483122641166300
154_PESCADORES	-0,329555875952192	39,469879954649000
155_C/ SALAMANCA	-0,363171090411255	39,464926888136700
156_C/ CUBA	-0,376432195427508	39,460911869693200
157_AVENIDA_PEREZ_GALDOS	-0,387504837573792	39,464098197512900
158_DR. LLUNCH	-0,327370620384768	39,466847865325000
159_FRANCISCO CUBELLS	-0,334668753257215	39,463520051379900
160_JOSE MARIA DE HARO	-0,339104519879720	39,467279194132800
161_MEDITERRANEO	-0,331663470154890	39,467955451681300
162_PZA. ARMADA ESPAÑOLA	-0,329878518175510	39,463572284870200
163_PASEO NEPTUNO	-0,323733501713394	39,464403919394000
164_PAVIA 1	-0,324728196103320	39,468471704588000
165_PAVIA 2	-0,324651256530754	39,471388740390200
166_PROGRESO	-0,328842271852284	39,473340905307800

167_PAVIA 3	-0,324837500747238	39,474717220989400
168_AVDA. MALVARROSA	-0,327970368372376	39,476987391515700
169_PAVIA 4	-0,324879317047975	39,478781086177400
170_PAVIA 5	-0,325138701103597	39,482931033443700
171_CALLE GRAN CANARIA	-0,329108603329364	39,483085385267300
172_AVENIDA_PIO_XII	-0,393514831434405	39,481493953280000
173_AVENIDA_PIO_XII_34	-0,394689864817115	39,484583282803300
174_CALLE MONDUBER	-0,386800258611615	39,489432975523100
175_CALLE JUAN_XXIII	-0,382874615241860	39,492730497296300
176_CAMINO DE MONCADA_52	-0,378927154743847	39,491958239953000
177_CALLE ALCUDIA	-0,373642249215237	39,493667657829600
178_CALLE REIG_GENOVES	-0,370452247562208	39,492235184130700
179_AVENIDA DE LA PLATA_45	-0,366454986201579	39,455515154175900
180_AVENIDA DOCTOR_WAKSMAN	-0,370850928175095	39,456047117611200
181_CALLE DEL SALINAR	-0,368290831256479	39,457989108696500
182_AVDA AUSIAS_MARCH	-0,374935381745924	39,455283626145900
183_AVDA AUSIAS_MARCH	-0,372309742917561	39,452485619956600
184_CALLE BOMBER RAMON DUART	-0,365539496465433	39,452674663508100
185_AVDA AUSIAS_MARCH	-0,370599564766131	39,450068623128800
186_CALLE INGENIERO JOAQUIN_BENLLOCH	-0,375235417903243	39,451223694812600
187_AVDA AUSIAS_MARCH	-0,368982261487395	39,447965307175200
188_HOSPITAL NUEVA FE	-0,373781759744176	39,444512349701200
189_HOSPITAL NUEVA FE	-0,377150118041668	39,444892470709900
190_CTRA_MALILLA	-0,380452113153942	39,446075028916700
191_CTRA_MALILLA	-0,379123382436730	39,449900825589500
192_CTRA_MALILLA	-0,378786792636683	39,452676944609900
193_CALLE CARTEROS	-0,386863594922052	39,455147077913900
194_ESTACION_AVE JOAQUIN_SOROLLA	-0,381570196891854	39,460262016829200
195_CALLE GIORGETA	-0,384381543750042	39,459361394179100
196_AVDA_GASPAR AGUILAR	-0,388160614860262	39,459617563810200
197_CALLE FONTANARS_DELS_AFORINS	-0,392364577551434	39,458144451597100
198_CALLE FONTANARS_DELS_AFORINS	-0,395345313362076	39,460796822205700
199_CALLE BEATO NICOLAS_FACTOR	-0,391687680554333	39,461642682117700
200_AVDA_DEL_CID	-0,393412686873039	39,467735285466800
201_AVDA PEREZ_GALDOS	-0,393578677958040	39,471693856837900
202_PASEO_PECHINA	-0,393458037506721	39,476168504847900
203_CALLE REINA_VIOLANTE	-0,401304213614933	39,484817961201300
204_AVDA_GENERAL_AVILES	-0,396729844560414	39,485683033117400
205_CALLE NICASIO_BENLLOCH	-0,393108039575698	39,489268384210500
206_CALLE PERIODISTA_GIL_SUMBIELA	-0,389049117715634	39,492717671116700
207_CALLE MILLARES_ESQ CALLE FEDERICO_GARCA_LORCA	-0,381935882170005	39,455468583728500
208_CALLE CARTEROS_ESQ CALLE MOSSEN_FEBRER	-0,388765821123883	39,451514255486800
209_AVDA_GASPAR AGUILAR_ESQ CALLE MUSICO_PENELLA	-0,393002053956991	39,452276018817600
210_CALLE CAMPOS_CRESPO_ESQ CALLE JUAN DE GARAY	-0,397176286056770	39,455385723508200
211_CALLE FRAY_JUNÍPERO_SERRA_ESQ CALLE VALL_D'UIX	-0,398064814917860	39,458614560634400
212_CALLE FRAY_JUANÍPERO_SERRA_ESQ CALLE TORRENTE	-0,400719476475438	39,461642122912400
213_CALLE ARCHIDUQUE_CARLOS_ESQ CALLE JOSE_MA_MOR	-0,397487945165290	39,463178103513900
214_CALLE SANTA_CRUZ DE TENERIFE_ESQ CALLE LLOMBA	-0,400880093469949	39,464819808616200
215_CALLE MUSICO_AYLLON_ESQ CALLE FRANCISCO_DOLZ	-0,397511449729670	39,465665052661900
216_AVDA_DEL_CID_ESQ CALLE BURGOS	-0,399433936466820	39,468969272037500
217_CALLE_9 DE OCTUBRE_ESQ CALLE PINTOR_STOLZ	-0,404905212698008	39,470307779526600
218_CALLE SALVADOR_FERRANDIS_LUNA_ESQ CALLE JUAN_B	-0,397337842896168	39,470554579678200
219_CALLE CASTAN_TOBEÑAS_ESQ CALLE VELAZQUEZ	-0,402925065862060	39,472605820623800
220_CALLE CASTAN_TOBEÑAS_ESQ CALLE DE GOYA	-0,397940712715807	39,473791569797200
221_AVDA_MANUEL DE FALLA_ESQ CALLE HERNANDEZ LAZAR	-0,403152785378834	39,475232462727000
222_AVDA_MAESTRO RODRIGO_ESQ AVDA MANUEL DE FALLA	-0,397043826805670	39,476645276883700
223_CALLE VALLE_BALLESTERA_ESQ PLAZA POLICIA_LOCAL	-0,401042296174057	39,478527527246900
224_PLAZA JOSE_MONFORTE TUDELA_ESQ CALLE HERNANDEZ	-0,403640760741572	39,480549532922300

225_CALLE_PADRE_BARRANCO_DESPUES_CALLE_BENIFAIRO	-0,401684149154042	39,488136212115000
226_CALLE_SAFOR_ESQ_AVDA_DE_LAS_CORTES_VALENCIANAS	-0,399844706327212	39,489761678838600
227_CALLE_SAN_CLEMENTE_ENTRA_HOSPITAL_ARNAU_VILANO	-0,402933042560101	39,490191105260400
228_AVDA_NICASIO_BENLLOCH_ESQ_CALLE_L'HORTA_SUD	-0,398688646604694	39,493636587079500
229_CALLE_AITANA_ESQ_AVDA_BURJASSOT	-0,394852451227188	39,492992087072900
230_CALLE_POETA_SERRANO_CLAVERO_EQ_GENERAL_LLORENS	-0,386894054393391	39,494687175036800
231_CALLE_DE_ALCAÑIZ_ESQ_CALLE_CAMBRILS	-0,378692227795203	39,495114999416800
232_SAN_VICENTE_DE_PAUL_SANTIAGO_RUSIÑOL	-0,365813743652633	39,494679568116800
233_SAN_JUAN_BOSCO_SANTIAGO_RUSIÑOL	-0,369581125696935	39,497143226617600
234_PLAZA_MUSICO_ESPI_JOSE_ESTEVE	-0,373658849092161	39,496622890161100
235_CONDE_DE_TORREFIEL_CECILIO_PLA	-0,377593719415761	39,498430795586600
236_RIO_SEGRE_RAFAEL_COMPANY	-0,382383379749668	39,495789007375900
237_LEVANTE_UD_AVDA_ECUADOR	-0,391271219010501	39,494586277823200
238_SAN_JOSE_ARTESANO_FRANCISCO_MOROTE_GREUS	-0,394524876962323	39,497363584331800
239_LA_FLORISTA_TRANVIA_PALACIO_CONGRESOS	-0,400137130160499	39,496984827115400
240_CAMP_DEL_TURIA_AVDA_CORTES_VALENCIANAS	-0,401849504780846	39,494932507093300
241_VALL_DE_ALBAIDA_PEATONAL	-0,400905581689714	39,491830113111600
242_LA_SAFOR_AVDA_MAESTRO_RODRIGO	-0,404308581751895	39,487771544045000
243_ALBACETE_ESQ_MALUQUER	-0,404775833739635	39,485505769043800
244_AVDA_PIO_BAROJA_VALLE_DE_LA_BALLESTERA	-0,406363256003124	39,478340459199200
245_9_DE_OCTUBRE_CIEZA	-0,406067848347561	39,472645417943100
246_AVDA_TRES_CRUCES_ENTRADA_HOSPITAL_GENERAL	-0,406556761694813	39,469029371587600
247_AVDA_TRES_CRUCES_MUSICO_AYLLON	-0,405560617409491	39,467275276877000
248_AVDA_TRES_CRUCES_JOSE MARIA_MORTES_LERMA	-0,404998469573233	39,462875858822300
249_AVDA_TRES_CRUCES_SEGUNDA_REPUBLICA_ESPAÑOLA	-0,402925289944731	39,459480029746200
250_AVDA_TRES_CRUCES_PIO_XI	-0,400676409397822	39,456204599256300
251_ARQUITECTO_SEGURA_LAGO_CAMINO_NUEVO_DE_PICAÑA	-0,404322854747112	39,455961790861600
252_DE_LOS_GREMIOS_CAMPOS_CRESPO	-0,403596888781772	39,450287466805500
253_PLAZA_JOSE_MELIA_CASTELLO_CAMPOS_CRESPO	-0,400953604805161	39,452679611714800
254_AVDA_DR_TOMAS_SALA_CARTEROS	-0,389821658085578	39,447826356366800
255_SAN_VICENTE_MARTIR_TOMAS_DE_VILLAROYA	-0,386026880924542	39,447696015954000
256_AVDA_TRES_FORQUES_TURIS	-0,392273007694062	39,463999150441200
257_PLAZA_SALVADOR_SORIA_ESQ_PIO_X	-0,389244330725494	39,445338544074000
258_PINTOR_RAFAEL_SOLVES_ESQ_JOSE_SOTO_MICO	-0,389210174419534	39,439804501150600
259_CALLE_PIO_IX_POLIDEPORTIVO_RAMBLETA	-0,393136653870168	39,445478885481500
260_DELS_FERRERS_ESQ_TRAGINERS	-0,40655388485492	39,459701271566900
261_PZA_XUQUER_ESQ_VINALOPO	-0,350596048481294	39,476741396280800
262_AVDA_TRES_FORQUES_COLONIA_ESPANOLA_DE_MEXICO	-0,408470127503471	39,463495658882200
263_PADRE_ESTEBAN_PERNET_ANTES_CASA_MISERICORDIA	-0,409852779824159	39,466991187568500
264_AVDA_CID_ANTES_MARCONI	-0,414011458612152	39,469093284101400
265_C_ALCASSER_POETA_ALBERTO_LISTA	-0,408984705323212	39,471099981334300
266_PLANA_ALTA_ESQ_AVDA_MAESTRO_RODRIGO	-0,407341647076115	39,491640851286900
267_C_BENIFERRI_VICENTE_TOMAS_MARTI	-0,406074803944086	39,494186532591800
268_PZA_LUIS_CANO_5	-0,418943996661787	39,501810063342800
269_CAMPAMENTO_81	-0,426289005775801	39,499939193426700
270_CALLE_NINOT_ESQ_PZA_REGINO_MAS	-0,393494352636711	39,500785390257600
271_CALLE_SALVADOR_CERVERÓ_CALLE_CARLOS_CORTINA	-0,389828499955973	39,499386455266700
272_VICENTE_LA_RODA_C_INGENIERO_FAUSTO_ELIO	-0,332297585449407	39,480633029366200
273_CALLE_MORAIRA_CALLE_DALT_DE_LA_MAR	-0,333570551841713	39,450336488349100
274_MANUEL_ANDRES_CASTELL_DE_POLOP	-0,333300234907555	39,448000867232500
275_CAMINO_DE_LAS_MORERAS_ESQ_RONDA_DE_NAZARET	-0,348967676035539	39,444469211363000
276_EDIFICIO_VELES_E_VENTS	-0,323805327113063	39,461990326650800

ANEXO 2

```
%VALENBISI
clc; close all; clear all;
% % % hace los cálculos de temperatura, estaciones, finde, mañana tarde y noche
cd('E:\prometeo\VALENBISI\el tiempo\valencia');
[temperaD temperaT]=xlsread('termo.xlsx');
[vientoD vientoT]=xlsread('vientoLuis.xlsx');
[humedadD humedadT]=xlsread('humedad.xlsx');
cd('E:\prometeo\VALENBISI');
fiestas2017=xlsread('fiestas.xlsx');
[numeros textofi]=xlsread('datos estaciones.xlsx');
X=numeros(:,2);
Y=numeros(:,3);
cd('E:\prometeo\mapas')
Sc=shaperead('carrilbici2');
Slic=shaperead('costaeuropa');
Slicpuerto=shaperead('puerto');
pathcargar='E:\prometeo\VALENBISI\Movimientos usuarios\matriz adyacencia horas';
nume=1;
%%% ANALISIS TEMPERATURA
cd(pathcargar);
contenido=dir;
fila=1;
contador=1;
parafigura=0;
for i=3:size(contenido);
    load (contenido(i,1).name);
    dia=SADJ.fecha;
    esano=find((dia(:,1)==2017& dia(:,2)>=7)|(dia(:,1)==2018& dia(:,2)<7));
    esano=isempty(esano);
    dise=datenum(dia); [DayNumber,DayName] = weekday(dise);
    %esfies=find(datenum(dia)==datenum(fiestas2017));esfies=isempty(esfies);
    if esano==0% & esfies==1 & DayNumber>1 & DayNumber<6;
        parafigura(nume,1)=datenum(dia);
        nume=nume+1;
        for b=1:24;
            adj=SADJ.adjfinal(:,b);
            for diago=1:length(adj)
                adj(diago,diago)=0;          %borra los loops
            end
            movi=sum(adj); movi=sum(movi);
            TM(fila,1)=movi;
            coinci=find(dia(1)==temperaD(:,1)& dia(2)==temperaD(:,2)&dia(3)==temperaD(:,3));
            coinci=coinci(1);
            coinci2=find(dia(1)==vientoD(:,1)& dia(2)==vientoD(:,2)&dia(3)==vientoD(:,3));
            coinci2=coinci2(1);
            coinci3=find(dia(1)==humedadD(:,1)& dia(2)==humedadD(:,2)&dia(3)==humedadD(:,3));
            coinci3=coinci3(1);
            TM(fila,2)=temperaD(coinci,b+7)/10;
            TM(fila,3)=vientoD(coinci2,b+7);
            TM(fila,4)=humedadD(coinci3,b+7);
            TM(fila,5:10)=dia;
            TM(fila,11)=dise;
            TM(fila,8)=b;
            fila=fila+1;
            clear movi coinci adj coinci2 coinci3 coinci
        end
    end
end
end
```

```

%nonu=isnan(TM); nonu=sum(nonu,2);
%quita=find(nonu==1);
%TM(quita,:)=[];
%clear quita;
%quita=find(TM(:,6)==8);
%TM(quita,:)=[];
%indice NET
T=TM(:,2);
RH=TM(:,4);
v=TM(:,3).*(5/18);
TM(:,12)=37-((37-T)/0.68-0.0014.*(RH)+1./(1.76+1.4.*v.^0.75))-0.29.*T.*(1-0.01.*RH);
%figure;
%scatter(TM(:,2),TM(:,1));
me=1;
for f=1:24:length(T)
    tmedia(me,:)=mean(T(f:f+23,:), 'omitnan');
    movimedia(me,:)=mean(TM(f:f+23,1));
    RHmeida(me,:)=mean(RH(f:f+23,:), 'omitnan');
    vmedia(me,:)=mean(v(f:f+23,:), 'omitnan');
    NETmedia(me,:)=mean(TM(f:f+23,12), 'omitnan');
    me=me+1;
end
XH=1:1:24;XH=XH';
YH=unique(TM(:,11));
colu=1;
conta=1;
for f=1:24:length(TM(:,1));
    fila=1;
    for c=1:24;
        ZH3(fila,colu)=TM(conta,12);
        conta=conta+1;
        fila=fila+1
    end
    colu=colu+1;
end
figure;
%subplot(1,2,1);
s=surfc(XH,YH,ZH3');
datetick('y','mmm','kepticks');
xlim([1 24])
ylim([min(YH) max(YH)])
colormap summer
%colormap (flipud(winter))
colorbar
%s.LineWidth=0.01
s(1).EdgeColor='none';
ax = gca;
ax.FontSize = 12;
ylabel('mes', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('hora', 'FontSize', 16, 'FontWeight', 'bold');
zlabel('NET (n.u.)', 'FontSize', 14, 'FontWeight', 'bold');
view(-60.392684855674204, 20.440375640633171);
%figure;
%plotyy(parafigura,tmedia,parafigura,movimedia,@line,@bar);
%ax = gca;
%ax.FontSize = 16;
%datetick('x','mmm','kepticks');
%figure;
%dias=1:1:365;
%plotyy(dias,NETmedia,dias,movimedia,@line,@bar);

```

```
%% Mañana, tarde, noche
cd(pathcargar);
contenido=dir;
manana=zeros(276,276);
tarde=zeros(276,276);
noche=zeros(276,276);
totaldia=NaN(24,365);
contador=1;
for i=3:size(contenido);
    load (contenido(i,1).name);
    dia=SADJ.fecha;
    esano=find((dia(:,1)==2017& dia(:,2)>=7)|(dia(:,1)==2018& dia(:,2)<7));
    esano=isempty(esano);
    esfies=find(datenum(dia)==datenum(fiestas2017));esfies=isempty(esfies);
    if esano==0 & esfies==1;
        for b=1:24;
            adj=SADJ.adjfinal(:,b);
            for diago=1:length(adj)
                adj(diago,diago)=0;          %borra los loops
            end
            if b>=6 & b<=12
                manana=manana+adj;
                viamana=sum(adj,1); totaldia(b,contador)=sum(viamana);
                clear viamana
            end
            if b>=13 & b<=18
                tarde=tarde+adj;
                viamana=sum(adj,1); totaldia(b,contador)=sum(viamana);
                clear viamana
            end
            if b>=19 | b<6
                noche=noche+adj;
                viamana=sum(adj,1);
                totaldia(b,contador)=sum(viamana);
                clear viamana
            end
            clear adj
        end
        contador=contador+1;
    end
end
duradia(:,1)=manana; duradia(:,2)=tarde; duradia(:,3)=noche;
moviMANANAsps=sum(duradia(:,1),2)./repmat(contador-1,size(duradia,1),1);
moviTARDEsps=sum(duradia(:,2),2)./repmat(contador-1,size(duradia,1),1);
moviNOCHEsps=sum(duradia(:,3),2)./repmat(contador-1,size(duradia,1),1);
sps=[moviMANANAsps moviTARDEsps moviNOCHEsps];
%% ESTADISTICOS Y FIGURAS
PRODIA=nanmean(totaldia,2);
DESDIA=nanstd(totaldia,0,2);
SEM = DESDIA./sqrt(contador-1);
figure;
plot(PRODIA); hold on;plot(PRODIA+SEM,'LineStyle','--','color','green');
plot(PRODIA-SEM,'LineStyle','--','color','green');
line([6,6],ylim,'LineStyle','--');line([12,12],ylim,'LineStyle','--');
line([18,18],ylim,'LineStyle','--');xlim([1 24]);ylabel('number of bicycles on the move'); xlabel('time (hours)');
hold off;
cololi=[0.5 0.5 0.5; 0.2 0.6 0.1; 0.4 0.1 0.9];
for p=1:3;
    sel=duradia(:,p);
    G=digraph(sel);
```

```

inde(:,p) = centrality(G,'indegree');
out(:,p) = centrality(G,'outdegree');
Winde(:,p)=centrality(G,'indegree','Importance',G.Edges.Weight);
Wout(:,p)=centrality(G,'outdegree','Importance',G.Edges.Weight);
closein(:,p)=centrality(G,'incloseness','Cost',G.Edges.Weight);
closeout(:,p)=centrality(G,'outcloseness','Cost',G.Edges.Weight);
bet(:,p)=centrality(G,'betweenness','Cost',G.Edges.Weight);
%n = numnodes(G);
%betnorm(:,p) = 2*bet./((n-2)*(n-1));
pageanking(:,p)=centrality(G,'pagerank','Importance',G.Edges.Weight);
HU(:,p)=centrality(G,'hubs','Importance',G.Edges.Weight);
AU(:,p)=centrality(G,'authorities','Importance',G.Edges.Weight);
umbral=600;
under_umbral=find(sel<umbral);
sel(under_umbral)=0;
G=digraph(sel);
figure;
mapshow (Sc,'Color', [0.7 0.7 0.7]); hold on;
mapshow(Slic,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
mapshow(Slicpuerto,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
hold on;
X=X(1:276); Y=Y(1:276);
LWidths = 3*G.Edges.Weight/max(G.Edges.Weight);
h=plot(G,'LineWidth',LWidths,'XData',X,'YData',Y,...
    'NodeCData',bet(:,p),'MarkerSize',3); set(h,'EdgeColor', cololi(p,:), 'ArrowSize',8,...
    'ArrowPosition', 0.98);
ax = gca;
ax.FontSize = 16;
ylabel('LAT');
xlabel('LON');
colorbar;
c=makescale;
set(c(1,1),'EdgeColor',[1 1 1]); set(c(3,1),'FontSize',9, 'Color',[0.7 0.7 0.7]);
set(c,'LineWidth',0.5); set(c(2,1),'Color', [0.7 0.7 0.7]);
clear sel;
end
resultadosfinales=[inde out Winde Wout closein closeout bet...
    pageanking HU AU];
%%%%%ENTRE SEMANA FIN DE SEMANA
cd(pathcargar);
contenido=dir;
entresemana=zeros(276,276);
findesemana=zeros(276,276);
entreH=zeros(276,24);
finH=zeros(276,24);
contador=1;
contadorE=1;
contadorF=1;
for i=3:size(contenido);
    load (contenido(i,1).name);
    dia=SADJ.fecha;
    esano=find((dia(:,1)==2017& dia(:,2)>=7)|(dia(:,1)==2018& dia(:,2)<7));
    esano=isempty(esano);
    esfies=find(datenum(dia)==datenum(fiestas2017));esfies=isempty(esfies);
    dise=datenum(dia); [DayNumber,DayName] = weekday(dise);
    if esano==0 & esfies==1;
        for b=1:24;
            adj=SADJ.adjfinal(:,b);
            for diago=1:length(adj)
                adj(diago,diago)=0;          %borra los loops
            end
        end
    end
end

```

```

        if DayNumber>=2 & DayNumber<=6
            entresemana=entresemana+adj;
            entreH(:,b)=entreH(:,b)+sum(adj,2);
            contadorE=contadorE+1;
        end
        if DayNumber==1 | DayNumber==7
            findesemana=findesemana+adj;
            finH(:,b)=finH(:,b)+sum(adj,2);
            contadorF=contadorF+1;
        end
        clear adj
    end
    contador=contador+1;
end
endfin(:,1)=entresemana;
endfin(:,2)=findesemana;
%% ESTADISTICOS Y FIGURAS
entreH=sum(entreH,1);
entreH=entreH./repmat(((contadorE-1)/24),size(entreH,2),1)';
finH=sum(finH,1);
finH=finH./repmat(((contadorF-1)/24),size(finH,2),1)';
figure;
plot(entreH); hold on;
plot(finH,'color','green');
line([6,6],ylim,'LineStyle','--');line([12,12],ylim,'LineStyle','--');
line([18,18],ylim,'LineStyle','--');xlim([1 24]);ylabel('number of bicycles on the move'); xlabel('time (hours)');
hold off;
cololi=[0.5 0.5 0.5; 0.2 0.6 0.1; 0.4 0.1 0.9];
for p=1:2;
    sel=enfin(:,p);
    G=digraph(sel);
    inde(:,p) = centrality(G,'indegree');
    out(:,p) = centrality(G,'outdegree');
    Winde(:,p)=centrality(G,'indegree','Importance',G.Edges.Weight);
    Wout(:,p)=centrality(G,'outdegree','Importance',G.Edges.Weight);
    closein(:,p)=centrality(G,'incloseness','Cost',G.Edges.Weight);
    closeout(:,p)=centrality(G,'outcloseness','Cost',G.Edges.Weight);
    bet(:,p)=centrality(G,'betweenness','Cost',G.Edges.Weight);
    %n = numnodes(G);
    %betnorm(:,p) = 2*bet./((n-2)*(n-1));
    pageanking(:,p)=centrality(G,'pagerank','Importance',G.Edges.Weight);
    HU(:,p)=centrality(G,'hubs','Importance',G.Edges.Weight);
    AU(:,p)=centrality(G,'authorities','Importance',G.Edges.Weight);
    if p==1
        umbral=500;
    end
    if p==2
        umbral=200;
    end
    under_umbral=find(sel<umbral);
    sel(under_umbral)=0;
    G=digraph(sel);
    figure;
    mapshow (Sc,'Color', [0.7 0.7 0.7]); hold on;
    mapshow(Slic,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
    mapshow(Slicpuerto,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
    hold on;
    X=X(1:276); Y=Y(1:276);
    LWidths = 3*G.Edges.Weight/max(G.Edges.Weight);

```

```

h=plot(G,'LineWidth',LWidths,'XData',X,'YData',Y,...
'NodeCData',bet(:,p),'MarkerSize',3); set(h,'EdgeColor', cololi(p,:), 'ArrowSize',8,...
'ArrowPosition', 0.98);
ax = gca;
ax.FontSize = 16;
ylabel('LAT');
xlabel('LON');
colorbar;
c=makescale;
set(c(1,1),'EdgeColor',[1 1 1]); set(c(3,1),'FontSize',9, 'Color',[0.7 0.7 0.7]);
set(c,'LineWidth',0.5); set(c(2,1),'Color', [0.7 0.7 0.7]);
clear sel;
end
resultadosfinales=[inde out Winde Wout closein closeout bet...
pageanking HU AU];
%%%%ESTACIONES
inviernof=[2017 12 21 0 0 0; 2018 03 20 0 0 0];inviernof=datenum(inviernof);
primaveraf=[2017 06 01 0 0 0; 2017 06 20 0 0 0; 2018 03 21 0 0 0; 2018 06 20 0 0... 0];primaveraf=datenum(primaveraf);
veranof=[2017 06 21 0 0 0; 2017 09 20 0 0 0];veranof=datenum(veranof);
otonof=[2017 09 21 0 0 0; 2017 12 20 0 0 0];otonof=datenum(otonof);
cd(pathcargar);
contenido=dir;
invierno=zeros(276,276);
primavera=zeros(276,276);
verano=zeros(276,276);
otono=zeros(276,276);
inviernoH=zeros(276,24);
veranoH=zeros(276,24);
otonoH=zeros(276,24);
primaveraH=zeros(276,24);
contador=1;
contadorI=1;
contadorO=1;
contadorP=1;
contadorV=1;
for i=3:size(contenido);
load (contenido(i,1).name);
dia=SADJ.fecha;
dia2=datenum(dia);
esano=find((dia(:,1)==2017& dia(:,2)>=7)|(dia(:,1)==2018& dia(:,2)<7));
esano=isempty(esano);
esfies=find(datenum(dia)==datenum(fiestas2017));esfies=isempty(esfies);
dise=datenum(dia); [DayNumber,DayName] = weekday(dise);
if esano==0 & esfies==1;
for b=1:24;
adj=SADJ.adjfinal(:,b);
for diago=1:length(adj)
adj(diago,diago)=0; %borra los loops
end
if dia2>=veranof(1,:) & dia2<=veranof(2,:)
verano=verano+adj;
veranoH(:,b)=veranoH(:,b)+sum(adj,2);
contadorV=contadorV+1;
end
if dia2>=inviernof(1,:) & dia2<=inviernof(2,:)
invierno=invierno+adj;
inviernoH(:,b)=inviernoH(:,b)+sum(adj,2);
contadorI=contadorI+1;
end
if dia2>=otonof(1,:) & dia2<=otonof(2,:);
otono=otono+adj;

```

```

        otonoH(:,b)=otonoH(:,b)+sum(adj,2);
        contadorO=contadorO+1;
    end
    if dia2>=primaveraf(1,:) & dia2<=primaveraf(2,:) | dia2>=primaveraf(3,:) & dia2<=primaveraf(4,:)
        primavera=primavera+adj;
        primaveraH(:,b)=primaveraH(:,b)+sum(adj,2);
        contadorP=contadorP+1;
    end
    clear adj
end
contador=contador+1;
end
endfin(:,1)=invierno;
endfin(:,2)=primavera;
endfin(:,3)=verano;
endfin(:,4)=otono;
%%%%ESTADISTICOS Y FIGURAS
promedioI=sum(endfin(:,1),2)/(contadorI/24)
promedioV=sum(endfin(:,3),2)/(contadorV/24)
promedioP=sum(endfin(:,2),2)/(contadorP/24)
promedioO=sum(endfin(:,4),2)/(contadorO/24)
inviernoH=sum(inviernoH,1);
inviernoH=inviernoH./repmat(((contadorI-1)/24),size(inviernoH,2),1)';
primaveraH=sum(primaveraH,1);
primaveraH=primaveraH./repmat(((contadorP-1)/24),size(primaveraH,2),1)';
veranoH=sum(veranoH,1);
veranoH=veranoH./repmat(((contadorV-1)/24),size(veranoH,2),1)';
otonoH=sum(otonoH,1);
otonoH=otonoH./repmat(((contadorO-1)/24),size(otonoH,2),1)';
figure;
plot(inviernoH); hold on;
plot(primaveraH,'color','green');hold on;
plot(veranoH,'color','red');hold on;
plot(otonoH,'color','yellow');hold on;
line([6,6],ylim,'LineStyle','--');line([12,12],ylim,'LineStyle','--');
line([18,18],ylim,'LineStyle','--');xlim([1 24]);ylabel('number of bicycles on the move'); xlabel('time (hours)');
hold off;
cololi=[0.5 0.5 0.5; 0.2 0.6 0.1; 0.4 0.1 0.9; 0.4 0.1 0.4; 0.4 0.1 0.1];
for p=1:4;
    sel=endfin(:,p);
    G=digraph(sel);
    inde(:,p) = centrality(G,'indegree');
    out(:,p) = centrality(G,'outdegree');
    Winde(:,p)=centrality(G,'indegree','Importance',G.Edges.Weight);
    Wout(:,p)=centrality(G,'outdegree','Importance',G.Edges.Weight);
    closein(:,p)=centrality(G,'incloseness','Cost',G.Edges.Weight);
    closeout(:,p)=centrality(G,'outcloseness','Cost',G.Edges.Weight);
    bet(:,p)=centrality(G,'betweenness','Cost',G.Edges.Weight);
    %n = numnodes(G);
    %betnorm(:,p) = 2*bet./((n-2)*(n-1));
    pageanking(:,p)=centrality(G,'pagerank','Importance',G.Edges.Weight);
    HU(:,p)=centrality(G,'hubs','Importance',G.Edges.Weight);
    AU(:,p)=centrality(G,'authorities','Importance',G.Edges.Weight);
    umbral=400;
    under_umbral=find(sel<umbral);
    sel(under_umbral)=0;
    G=digraph(sel);
    figure;
    mapshow(Sc,'Color',[0.7 0.7 0.7]); hold on;
    mapshow(Slic,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])

```

```

mapshow(Slicpuerto,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
hold on;
X=X(1:276); Y=Y(1:276);
LWidths = 3*G.Edges.Weight/max(G.Edges.Weight);
h=plot(G,'LineWidth',LWidths,'XData',X,'YData',Y,...
'NodeCData',bet(:,p),'MarkerSize',3); set(h,'EdgeColor', cololi(p,:), 'ArrowSize',8,...
'ArrowPosition', 0.98);
ax = gca;
ax.FontSize = 16;
ylabel('LAT');
xlabel('LON');
colorbar;
c=makescale;
set(c(1,1),'EdgeColor',[1 1 1]); set(c(3,1),'FontSize',9, 'Color',[0.7 0.7 0.7]);
set(c,'LineWidth',0.5); set(c(2,1),'Color', [0.7 0.7 0.7]);
clear sel;
end
resultadosfinales=[inde out Winde Wout closein closeout bet...
pageanking HU AU];
%%% Hace el video
adj3=zeros(276,276);
pathcargar='E:\prometeo\VALENBISI\Movimientos usuarios\matriz adyacencia horas';
pathguardar='E:\prometeo\VALENBISI\Movimientos usuarios\video';
cd('E:\prometeo\VALENBISI');
[numeros textofi]=xlsread('datos estaciones.xlsx');
X=numeros(:,2);
Y=numeros(:,3);
cd('E:\prometeo\mapas')
Sc=shaperead('carrilbici2');
Slic=shaperead('costaeuropa');
Slicpuerto=shaperead('puerto');
%fid = figure;
cd(pathguardar)
writerObj = VideoWriter('year.avi'); Nombre del video
writerObj.FrameRate = 4; Frames por segundo
writerObj.Quality = 100;
open(writerObj);
hold on;
cd(pathcargar);
contenido=dir;
x0=10;
y0=10;
width=854;
height=480;
set(gcf,'position',[x0,y0,width,height]);
figure(fid);
mapshow(Sc,'Color', [0.7 0.7 0.7]); hold on; scatter(X,Y,'b');
mapshow(Slic,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
mapshow(Slicpuerto,'Color',[0.35,0.60,0.83]);xlim([-0.44,-0.3]); ylim([39.42,39.51])
hold on;
for i=3:size(contenido)
%la figura que cambia
load (contenido(i,1).name);
dia=SADJ.fecha;
esano=find((dia(:,1)==2017& dia(:,2)>=7)|(dia(:,1)==2018& dia(:,2)<7));
esano=isempty(esano);
dise=datetime(dia); [DayNumber,DayName] = weekday(dise);
if esano==0
umbral=5;
pause(0.1);
adj=zeros(276,276);

```

```
for b=1:24;
    adj2=SADJ.adjfinal(:,b);
    adj=adj+adj2;
    adj3=adj3+adj2;
end
for diago=1:length(adj)
    adj(diago,diago)=0;          %borra los loops
    adj3(diago,diago)=0;
end
G = digraph(adj);
inde = centrality(G,'indegree','Importance',G.Edges.Weight);
bet=centrality(G,'betweenness','Cost',G.Edges.Weight);
under_umbral=find(adj<umbral);
adj(under_umbral)=0;
G = digraph(adj);
X=X(1:276,:); Y=Y(1:276,:);
LWidths = 3*G.Edges.Weight/max(G.Edges.Weight);
h=plot(G,'LineWidth',LWidths,'XData',X,'YData',Y,...
    'NodeCData',inde,'MarkerSize',3); set(h,'EdgeColor', [0.5 0.5 0.5],'ArrowSize',8,...
    'ArrowPosition', 0.98);
ylabel('LAT');
xlabel('LON');
colorbar; caxis([0 400]);
c=makescale;
set(c(1,1),'EdgeColor',[1 1 1]); set(c(3,1),'FontSize',9, 'Color',[0.7 0.7 0.7]);
set(c,'LineWidth',0.5); set(c(2,1),'Color', [0.7 0.7 0.7]);
txt1=mean(bet);txt1=num2str(txt1,'%5f'); txt1=strcat('Betweenness=',txt1); h1= text(-0.437,39.433,txt1,'FontSize',9,
'Color',[0.5 0.5 0.5]);
txt2=datestr(SADJ.fecha); h2= text(-0.437,39.43,txt2,'FontSize',9, 'Color',[0.5 0.5 0.5]);
%txt2=mean(gini); txt2=num2str(txt2,'%5f'); txt2=strcat('Gini coefficient=',txt2); h3= text(-
0.437,39.427,txt2,'FontSize',9, 'Color',[0.5 0.5 0.5]);
%hold off;
%txt2=strcat(txt2,' hour=',num2str(b-1))
frame = getframe(gcf); % 'gcf' can handle if you zoom in to take a movie.
writeVideo(writerObj, frame);
delete(h); delete (h1); delete (h2); %delete(h3)
clear tbl adj inde G bet
end
clear adjfinal SADJ
end
fre=unique_counts;
nini=unique_pares(:,1);
nfin=unique_pares(:,2);
numnodos=276;
adj2pajek(adj3,'nombref');
close(writerObj); % Guarda el video
close all;
```