

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid



**El despliegue de la bicicleta pública en
áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de
proximidad en la ciudad dispersa**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Beatriz Martínez Rico

Arquitecta

Madrid, 2025



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de
Madrid

Doctorado en Sostenibilidad y Regeneración Urbana

**El despliegue de la bicicleta pública en
áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de
proximidad en la ciudad dispersa**

TESIS DOCTORAL

Presentada para optar al título de Doctor por:

Beatriz Martínez Rico

Arquitecta

Bajo la dirección de:

Dr. Francisco José Lamíquiz Daudén

Dr. Gustavo Romanillos Arroyo

Madrid, 2025

Título: El despliegue de la bicicleta pública en áreas metropolitanas: Abordando el desafío del urbanismo de proximidad en la ciudad dispersa

Autor: Beatriz Martínez Rico

Programa de Doctorado: Doctorado en Sostenibilidad y Regeneración Urbana

Dirección de tesis:

Dr. Francisco José Lamíquiz Daudén, Profesor Contratado Doctor, Universidad Politécnica de Madrid

Dr. Gustavo Romanillos Arroyo, Profesor Contratado Doctor, Universidad Complutense de Madrid

Revisores externos:

Dra. Andrea Alonso Ramos, Profesora Contratada Doctora, Universidad Politécnica de Madrid

Dra. Daniela Arias Molinares, Investigadora Postdoctoral, Universidad de Twente

Dra. Isabel Cunha, Profesora Auxiliar, Universidad de Lyon

Tribunal de tesis:

Fecha de defensa:

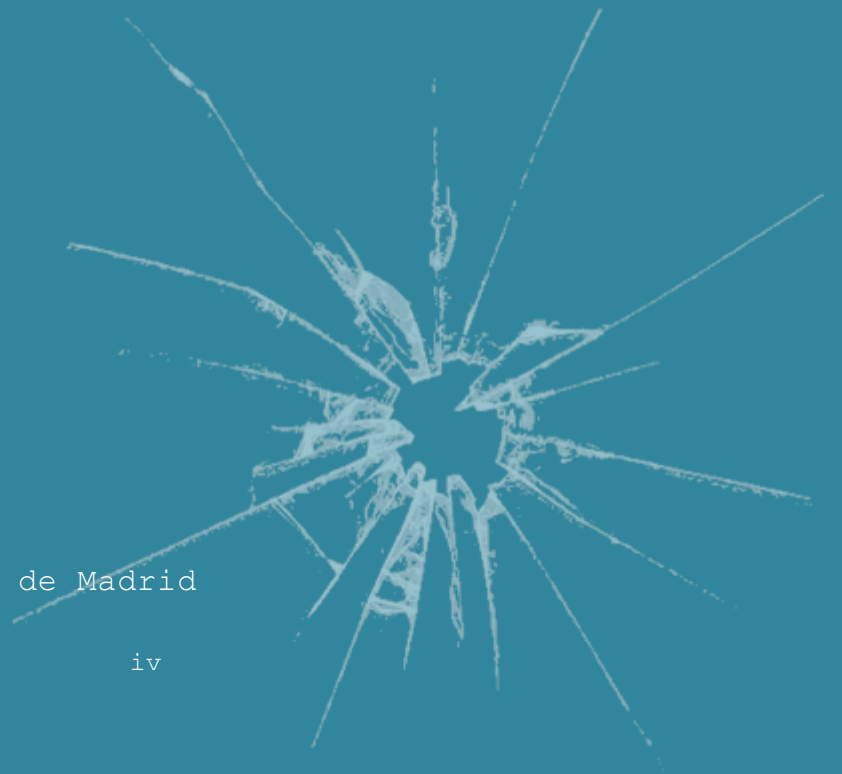
El despliegue de la bicicleta pública en áreas metropolitanas:

Abordando el desafío del urbanismo
de proximidad en la ciudad dispersa.

*The role of the public bicycle in the
metropolitan areas: Addressing the challenge
of proximity planning in the city sprawl.*

Tesis Doctoral
Beatriz Martínez Rico

Universidad Politécnica de Madrid



Agradecimientos

Cuando uno emprende un viaje en bicicleta, es necesario llevar una mochila con lo esencial que pueda necesitar por el camino. Hay una advertencia: llevar demasiadas cosas nos ralentizará, pero no tener lo esencial puede complicarnos la vida. La tesis doctoral ha sido para mí un símbolo de este viaje.

A lo largo de estos cuatro años he tenido que aprender a crear ese equilibrio entre obtener el conocimiento suficiente para poder desarrollar la investigación, sin alejarme demasiado del mundo profesional, con el objetivo de que ambos aspectos se enriquezcan mutuamente. No ha sido un camino recto ni llano, pero estoy inmensamente agradecida a mis compañeros de viaje por ayudarme a aligerar la carga.

A mis directores de tesis, Patxi y Gustavo, por vuestro tiempo y dedicación. Por guiarme en cada etapa del proceso, desde una visión teórica más amplia hasta los valiosos conocimientos técnicos necesarios para el análisis, lo que ha sido clave para mi crecimiento como investigadora.

For my time at the Technical University of Munich, where I spent my research stay, I am grateful to the entire TUM Research Group Accessibility Planning team. A special thanks to Benjamin Büttner and David Duran for making me feel at home and providing valuable input, such as expanding the case studies to more cities, which greatly contributed to my thesis.

A mi madre, por hacerme ver que "aprender es bonito" y por transmitirme tu vocación por la enseñanza. Por animarme a centrarme en el "quiero hacer" en lugar del "tengo que hacer". Por tu generosidad y tu luz infinita.

A mi padre, por inculcarme el valor del esfuerzo y por motivarme siempre a luchar hasta alcanzar cada reto. Y como no, por enseñarme a montar en bicicleta.

A mi hermano y a Miguel, mis otros dos pilares. A mi hermano Sergio, por ser siempre mi referente y darme la mano en cada paso que doy. Un agradecimiento especial por tus conocimientos informáticos, que han sido fundamentales en la recopilación de datos para esta tesis.

A Miguel, por creer siempre en mí y aliviar mi carga, quitándome piedras de la mochila y llevándolas tú cuando la ruta se volvía

difícil. Gracias por tu paciencia y por la paz que me das. Un agradecimiento especial por tu ayuda en el procesamiento de los datos.

A toda mi familia, por vuestro amor y apoyo incondicional.

A mis amigos, por ser testigos y cómplices de mi crecimiento personal y profesional, acompañándome en todo el proceso. Por las escapadas, quedadas y girasoles que salvan.

Y a ti, Lala, que siempre formarás parte de mi viaje.

Abstract

Urban mobility faces significant challenges due to the impact of motorised transport on pollution, congestion, health, and the consumption of public space. This research contributes to the debate on sustainable mobility and the transition towards urban models based on proximity, such as the 15-minute city. These models present challenges in large metropolitan areas, where travel times and distances are greater. In this context, public bicycles represent an opportunity both at the local level within each municipality and in their integration with public transport at the metropolitan level, promoting a multimodal transport system.

Studies on bike-sharing systems have primarily focused on central cities, while their role in the peripheral municipalities of large metropolitan areas has received little attention in the literature. This thesis examines the factors that influence the use of public bicycles in these environments to better understand their integration into metropolitan mobility.

The study analyses cases in the metropolitan areas of Barcelona, Madrid, and Milan, as well as Bergamo, considering variables such as accessibility to stations, proximity to activity areas and public transport, the design of cycling infrastructure, and the feasibility of inter-municipal travel.

The results show a significant correlation ($r = 0.78$) between proximity and accessibility to stations and their use. The population aged 20 to 49 in the immediate vicinity of the stations is the most relevant factor. Proximity to public transport is the second most significant factor, with a greater impact on the outskirts than in the central city. Proximity to points of interest, such as shopping areas, educational institutions, and sports centres, ranks third, followed by cycling infrastructure, whose effectiveness depends on the continuity and connectivity of the network. Income level is only significant in the case of Madrid, possibly due to the greater heterogeneity of the municipalities selected in this metropolitan area.

In peripheral municipalities, the possibility of making inter-municipal trips is more relevant than in urban centres. In the Metropolitan Area of Barcelona, where a single bike-sharing system operates with integrated fares and coordinated planning between municipalities, usage levels are higher than in other metropolitan areas that lack these measures.

Finally, interviews suggest that promotional and awareness campaigns can play a key role in establishing the bicycle as a viable mode of transport, fostering new habits and mobility patterns. The methodologies and findings of this thesis enhance knowledge about bike-sharing systems in metropolitan areas and support decision-making on cycling mobility policies in these environments.

Resumen

La movilidad urbana enfrenta desafíos significativos debido al impacto del transporte motorizado en la contaminación, congestión, salud y consumo de espacio público. Esta investigación contribuye al debate sobre la movilidad sostenible y la transición hacia modelos urbanos basados en la proximidad, como la ciudad de los 15 minutos. Estos modelos presentan retos en grandes áreas metropolitanas, donde los tiempos y distancias de desplazamiento son mayores. En este contexto, la bicicleta pública supone una oportunidad, tanto a nivel local dentro de cada municipio, como en su integración con el transporte público a nivel metropolitano, favoreciendo un sistema de transporte multimodal.

Los estudios sobre sistemas de bicicleta pública han puesto el foco principalmente en la ciudad central, mientras que su papel en municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas apenas ha recibido atención en la literatura. Esta tesis estudia los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública en estos entornos para comprender mejor su integración en la movilidad metropolitana.

La investigación adopta un enfoque metodológico mixto que combina el análisis de datos espaciales con entrevistas a responsables de sistemas de bicicleta pública. Se han analizado casos en las áreas metropolitanas de Barcelona, Madrid y Milán, además de Bérgamo, considerando variables como la accesibilidad a las estaciones, la proximidad a zonas de actividad y al transporte público, el diseño de la infraestructura ciclista y la viabilidad de los desplazamientos intermunicipales.

Los resultados muestran una correlación significativa ($r = 0,78$) entre la proximidad y accesibilidad a las estaciones y su uso. La población de entre 20 y 49 años en el entorno próximo de las estaciones es el factor más relevante. La proximidad al transporte público es el segundo factor más significativo, con mayor impacto en la periferia que en la ciudad central. La proximidad a puntos de interés, como zonas comerciales, centros educativos o deportivos, ocupa el tercer lugar, seguida de la infraestructura ciclista, cuya efectividad depende de la continuidad y conectividad de la red. El nivel de ingresos únicamente resulta significativo en los casos de Madrid, posiblemente por la mayor heterogeneidad de los municipios escogidos en esta área metropolitana.

En municipios periféricos, la posibilidad de realizar viajes intermunicipales adquiere mayor relevancia que en los centros urbanos. En el Área Metropolitana de Barcelona, donde existe un sistema único de bicicleta pública con integración tarifaria y planificación coordinada entre los municipios, los niveles de uso son más altos que en otras áreas metropolitanas que carecen de estas medidas.

Finalmente, las entrevistas indican que las estrategias de promoción y sensibilización pueden desempeñar un papel clave en la consolidación de la bicicleta como modo de transporte, fomentando nuevos hábitos y patrones de movilidad. Las metodologías y hallazgos de esta tesis pueden fortalecer el conocimiento sobre los sistemas de bicicleta pública en áreas metropolitanas y ayudar a la toma de decisiones sobre políticas de movilidad ciclista en estos entornos.

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	v
Abstract	vii
Resumen	viii
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tablas	xv
Lista de Mapas	xvi
Abreviaturas y Acrónimos	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Motivación e interés	2
1.1.1. Para quién, para qué, cómo y quién escribe	2
1.1.2. Interés científico de la investigación	5
1.2. Objeto de la investigación	8
1.3. Hipótesis	11
1.4. Objetivos de la investigación	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Estructura de la tesis	17
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Contextualización	22
2.1.1. Interrelación entre el uso del vehículo privado y la dispersión urbana	22
2.1.2. Movilidad activa y escala urbana: un análisis crítico de la ciudad de los 15 minutos	25
2.1.3. Las periferias metropolitanas como punto de mira	34
2.1.4. La bicicleta como alternativa al vehículo privado	36
2.2. Factores determinantes en el uso de la bicicleta	39
2.2.1. Factores del entorno urbano	39
2.2.2. Factores socioeconómicos	45
2.2.3. Factores sociodemográficos	47
2.2.4. Factores temporales	49
2.2.5. Factores culturales y políticos	50
2.2.6. Factores subjetivos	53
2.3. Los sistemas de bicicleta pública	56
2.3.1. Factores determinantes en el uso de los sistemas de bicicleta pública. Revisión sistemática de la literatura	59
2.3.2. Proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública. Métricas y herramientas	66

2.3.3.	Multimodalidad e integración con otros modos de transporte	69
2.3.4.	Inicios y evolución de la bicicleta pública en Europa y en España ..	56
2.4.	Síntesis e introducción a los criterios de selección de la metodología de la investigación	75
2.4.1.	El marco teórico como soporte a la metodología	75
2.4.2.	Antecedentes en la recopilación de datos y el desarrollo metodológico	79
3.	CASOS DE ESTUDIO	86
3.1.	Análisis comparativo de diferentes áreas metropolitanas	87
3.1.1.	Clasificación de 40 áreas metropolitanas europeas según su escala urbana y reparto modal	89
3.1.2.	Diferencias entre el centro y la periferia en grandes áreas metropolitanas	94
3.2.	Selección de casos de estudio	96
3.2.1.	Criterios para la selección de tres áreas metropolitanas europeas ..	96
3.2.2.	Criterios para la selección de municipios con sistemas de bicicleta pública dentro de las áreas metropolitanas seleccionadas	98
3.3.	Análisis descriptivo de los municipios seleccionados y sus sistemas de bicicleta pública	100
3.3.1.	Barcelona: Cornellá de Llobregat, Sant Boi de Llobregat y El Prat de Llobregat	100
3.3.2.	Madrid: Boadilla del Monte, Getafe y Rivas-Vaciamadrid	103
3.3.3.	Milán y Bérgamo: Monza, San Donato Milanese y Bérgamo	105
3.4.	Conclusiones del análisis de casos de estudio	109
4.	METODOLOGÍA	111
4.1.	Justificación y selección de las variables seleccionadas	116
4.1.1.	Variable dependiente	116
4.1.2.	Variables explicativas	116
4.1.3.	Disponibilidad de datos y granularidad	118
4.2.	Procedimiento para la obtención y procesamiento de datos	118
4.2.1.	Variable dependiente	119
4.2.2.	Variables explicativas	121
4.3.	Procedimiento para el análisis estadístico descriptivo	124
4.4.	Procedimiento para el análisis geoespacial con Sistemas de Información Geográfica	126
4.4.1.	Análisis de accesibilidad a escala municipal	127
4.4.2.	Análisis de regresión OLS a escala de proximidad	128
4.5.	Procedimiento para la cualificación de los resultados del análisis: Entrevistas con distintos responsables de los sistemas de bicicleta pública	130
4.6.	Limitaciones del modelo de análisis propuesto	133
5.	RESULTADOS	138
5.1.	Estadísticas de los distintos municipios	139
5.1.1.	Estadísticas anuales por municipio y meses del año	139

5.1.2.	Estadísticas promedio de uso entre semana y fines de semana por municipio y por estación dentro de cada municipio	145
5.1.3.	Estadísticas por estaciones a hora punta	148
5.2.	Análisis comparativo del uso de los distintos sistemas de bicicleta pública	156
5.2.1.	Resultados del análisis de proximidad y accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública y su impacto en el uso	157
5.2.2.	Resultados del análisis de regresión OLS y obtención de variables significativas	166
5.2.3.	Viajes intramunicipales e intermunicipales. El caso de AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona.	191
5.2.4.	Obtención de los valores atípicos ("outliers")	195
5.3.	Resultados de las entrevistas	201
6.	DISCUSIÓN	212
6.1.	Relación de los resultados con estudios previos, objetivos e hipótesis de la investigación	213
6.2.	Contribuciones novedosas de la investigación; Error! Marcador no definido.	
6.3.	Limitaciones de la tesis ¡Error! Marcador no definido.	
7.	CONCLUSIONES	232
7.1.	Conclusiones en base a los objetivos de la investigación	233
7.2.	Futuras líneas de investigación	245
8.	CONCLUSIONS	248
8.1.	Conclusions based on the research objectives	249
8.2.	Future lines of research	260
	Referencias	263
	Anexos	287

Lista de Figuras

Figura 1. Relación entre la pregunta inicial, temas derivados y objetivos de la investigación.....	16
Figura 2. Tendencias de los indicadores de movilidad para los residentes británicos en el período de 1972-2002.....	23
Figura 3. Componentes clave y métricas de la ciudad de los 15 minutos....	33
Figura 4. Efecto de la ocupación de diferentes modos de transporte en las emisiones de CO2.....	37
Figura 5. Área cubierta (ha) según el tiempo de viaje y el modo de transporte.....	39
Figura 6. Ciclo de retroalimentación entre el transporte y el uso del suelo.....	41
Figura 7. Ciclismo en 14 países europeos en 1998.....	44
Figura 8. Tendencias inversas en las tasas de mortalidad en bicicleta y los kilómetros anuales recorridos por los habitantes en los Países Bajos.....	44
Figura 9. Porcentaje de uso de la bicicleta por grupo de edad.....	47
Figura 10. Género y nivel de uso de la bicicleta en ciudades y países....	48
Figura 11. Tendencia en kilómetros recorridos en bicicleta por habitante y año en Países Bajos y Reino Unido, 1952-2006.....	50
Figura 12. Teoría del Comportamiento Planeado.....	54
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática de la literatura.....	61
Figura 14. Literatura seleccionada para los sistemas de bicicleta pública.	61
Figura 15. Resumen de los términos de accesibilidad centrados en la proximidad y en los modos activos encontrados en la literatura.....	66
Figura 16. Mapa conceptual de los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública.....	78
Figura 17. Comparativa de escala de 40 áreas metropolitanas europeas.....	91
Figura 18. Reparto modal en 40 áreas metropolitanas europeas.....	92
Figura 19. Relaciones de origen-destino en cada anillo metropolitano de Madrid.....	94
Figura 20. Modo de transporte según el lugar de residencia (%).....	95
Figura 21. Modelo conceptual de la metodología de la investigación.....	112
Figura 22. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.....	141

Figura 23. Viajes mensuales por habitante de cada municipio estudiado...	142
Figura 24. Viajes anuales por habitante de lunes a jueves y por hora del día de cada municipio estudiado.....	143
Figura 25. Viajes anuales por habitante los viernes y por hora del día de cada municipio estudiado.....	144
Figura 26. Viajes anuales por habitante los sábados y domingos y por hora del día de cada municipio estudiado.....	144
Figura 27. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado, diferenciando la media de viajes los días entre semana (lunes - viernes) y fines de semana (sábado - domingo).....	146
Figura 28. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado y por estación de bicicletas públicas, diferenciando la media de viajes los días entre semana (lunes - viernes) y fines de semana (sábado - domingo).....	147
Figura 29. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Cornellá de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).....	150
Figura 30. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Getafe y Rivas-Vaciamadrid, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).	153
Figura 31. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Bérgamo, Monza y San Donato Milanese, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).....	155
Figura 32 Accesibilidad de la población a los sistemas de bicicleta pública a una distancia de 400 metros desde las estaciones.....	163
Figura 33. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.....	164
Figura 34. Correlación entre la accesibilidad de la población a las estaciones de bicicleta pública y el número de viajes por habitante.....	165
Figura 35. Proporción de viajes intramunicipales en intermunicipales del sistema AMBici en los tres casos de estudio del Área Metropolitana de Barcelona.....	192
Figura 36. Suscripciones al servicio BicicRivas de los últimos dos años entre los 14 y 25 años.....	208

Lista de Tablas

Tabla 1. Factores del entorno urbano y social para los sistemas de bicicleta pública.....	64
Tabla 2. Herramientas y métricas de accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública encontradas en la literatura.....	68
Tabla 3. Métodos de recopilación y procesamiento de datos de viajes en sistemas de bicicleta pública según la literatura.....	81
Tabla 4. Diferentes metodologías de estudios revisados sobre sistemas de bicicleta pública.....	82
Tabla 5. Características de los sistemas de bicicleta pública seleccionados.....	108
Tabla 6. Síntesis de las fuentes y granularidad de los datos para el análisis.....	122
Tabla 7. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.....	140
Tabla 8. Síntesis comparativa de la gestión, implementación e impacto por eje temático y sistema de bicicleta pública.....	202
Tabla 9. Síntesis comparativa de la multimodalidad en los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.....	204
Tabla 10. Factores determinantes citados en las entrevistas y cuestionario para los casos de estudio de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.	205
Tabla 11. Síntesis comparativa de fortalezas y debilidades en los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.....	206
Tabla 12. Análisis del porcentaje de error en los datos obtenidos de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.....	207
Tabla 13. Síntesis comparativa de la posible expansión y futuro de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.....	210
Tabla 14. Resumen de la discusión de resultados.....	225

Lista de Mapas

Mapa 1. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Área Metropolitana de Barcelona.....	159
Mapa 2. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Área Metropolitana de Madrid.....	160
Mapa 3. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	161
Mapa 4. Densidad de población - Área Metropolitana de Barcelona.....	174
Mapa 5. Densidad de población - Área Metropolitana de Madrid.....	175
Mapa 6. Densidad de población - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	176
Mapa 7. Nivel de renta media por hogar - Área Metropolitana de Barcelona.....	177
Mapa 8. Nivel de renta media por hogar - Área Metropolitana de Madrid.....	178
Mapa 9. Usos del suelo - Área Metropolitana de Barcelona.....	179
Mapa 10. Usos del suelo - Área Metropolitana de Madrid.....	180
Mapa 11. Usos del suelo - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	181
Mapa 12. Puntos de interés (POIs) - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo	182
Mapa 13. Puntos de interés (POIs) - Área Metropolitana de Madrid.....	183
Mapa 14. Puntos de interés (POIs) - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo	184
Mapa 15. Transporte público - Área Metropolitana de Barcelona.....	185
Mapa 16. Transporte público - Área Metropolitana de Madrid.....	186
Mapa 17. Transporte público - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	187
Mapa 18. Red ciclista - Área Metropolitana de Barcelona.....	188
Mapa 19. Red ciclista - Área Metropolitana de Madrid.....	189
Mapa 20. Red ciclista - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	190
Mapa 21. Viajes intermunicipales OD (anuales) - Área Metropolitana de Barcelona.....	193
Mapa 22. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Área Metropolitana de Barcelona.....	196
Mapa 23. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Área Metropolitana de Madrid.....	197
Mapa 24. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo.....	198

Abreviaturas y Acrónimos

AMB	Área Metropolitana de Barcelona
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones (<i>"Application Programming Interface"</i> en inglés)
ATB	Empresa de transportes de Bérgamo (<i>"Azienda Trasporti Bergamo"</i> en italiano)
ATM	Empresa de transportes de Milán (<i>"Azienda Trasporti Milanesi"</i> en italiano)
AUF	Área Urbana Funcional
BSS	Sistemas de Bicicleta Pública (<i>"Bike-Sharing Systems"</i> en inglés)
CROW	Centro de Regulación e Investigación en Construcción de Suelos, Agua y Carreteras y Tecnología del Tráfico (<i>"Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek"</i> en holandés)
CRTM	Consorcio Regional de Transportes de Madrid
MaaS	Movilidad como servicio (<i>"Mobility as a Service"</i> en inglés)
MAUP	Problema de la Unidad de Área Modificable (<i>"Modifiable Areal Unit Problem"</i> en inglés)
MHs	Centros de movilidad (<i>"Mobility hubs"</i> en inglés)
OLS	Análisis de Mínimos Cuadrados Ordinarios (<i>"Ordinary Least Squares"</i> en inglés)
OSM	OpenStreetMap
POIs	Puntos de Interés (lugares de trabajo, educación, compras, salud u ocio)
SIG	Sistemas de Información Geográfica
TOD	Desarrollo Orientado al Transporte Público (<i>"Transport Oriented Development"</i> en inglés)
TMB	Transports Metropolitans de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación e interés

Toda investigación nace de una pregunta inicial, una inquietud que impulsa y justifica su desarrollo. En este caso, el punto de partida de la presente tesis fue la siguiente cuestión: **¿Qué factores determinan la elección de la bicicleta como modo de transporte en distintos contextos?** Aunque esta pregunta marcó el inicio de la investigación, llevó a reformularla hasta definir las hipótesis concretas presentadas en el apartado 1.3.

El interés de este trabajo trasciende el ámbito académico, ya que se vincula tanto a las necesidades de las ciudades como a la experiencia y preocupaciones de la investigadora. Con el fin de fundamentar y contextualizar la investigación, este apartado aborda la motivación que sustenta el estudio desde una doble perspectiva. En primer lugar, se examina el interés personal y profesional que ha llevado a la investigadora a abordar esta temática, a modo de prefacio (1.1.1). En segundo lugar, se analiza la relevancia científica y social de la investigación en el campo de los estudios urbanos y la movilidad (1.1.2).

1.1.1. Para quién, para qué, cómo y quién escribe

“En términos de salud, el código postal es más importante que el código genético” (Conde Gutiérrez del Álamo et al., 2020). Numerosos estudios han evidenciado esta **relación entre el modelo de ciudad y el entorno en el que vivimos con la salud física, mental, ambiental y la cohesión social** (Büttner et al., 2022; Capolongo et al., 2018; Fariña Tojo et al., 2022; Guagliardo, 2004; Liberati et al., 2009; Moreno, 2020; Pozueta, 2000; Pucher & Buehler, 2010; Ramírez-Saiz et al., 2024; Sallis et al., 2016).

Jane Jacobs, con su visión de la ciudad como un ecosistema dinámico, destaca la importancia de la diversidad, la interacción social y la accesibilidad para una vida urbana saludable. Argumenta que una ciudad bien diseñada promueve la salud a través de calles activas, diversidad de usos y espacios públicos accesibles que fomentan la actividad física y la interacción social, reduciendo el estrés y el aislamiento (Jacobs, 1961).

Por su parte, Jan Gehl enfatiza que las ciudades deben priorizar a las personas, promoviendo entornos que fomenten la salud física, mental y la interacción social, a través de los desplazamientos a pie o en bicicleta y los espacios

públicos de calidad. Gehl sostiene que el diseño urbano influye directamente en los hábitos de movilidad y el bienestar de los ciudadanos (Gehl, 1989, 2013).

La necesidad de cambio en el modelo urbano y de movilidad actual, hacia uno que no dependa del automóvil, se apoya en varias razones: la **lucha contra el cambio climático**, la **reducción de la congestión**, la **recuperación del espacio público**, la **mejora de la equidad** en la movilidad y la disminución del **sedentarismo** (Conde Gutiérrez del Álamo et al., 2020). Si la ciudad facilita el uso de modos activos de desplazamiento como caminar o ir en bicicleta, se proporciona un recurso valioso para combatir enfermedades como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Higueras García, 2020; Ramírez-Saiz et al., 2024). Además, las medidas y políticas de movilidad urbana que combinan incentivos para los viajes a pie y en bicicleta con restricciones al uso del coche han demostrado ser particularmente efectivas (Dill & McNeil, 2013; Hrelja & Rye, 2023; Pucher & Buehler, 2008, 2017).

¿Y por qué la bicicleta? Numerosas investigaciones han demostrado los **beneficios de la bicicleta como modo de transporte**. En el plano individual, ofrece mayor independencia, ahorro económico y reducción del tiempo de viaje, siendo uno de los modos más equitativos junto con caminar (Pucher & Buehler, 2008; Sanz et al., 1999), y permitiendo cubrir mayores distancias que los viajes a pie (Romanillos, 2018). Colectivamente, su uso disminuye la contaminación del aire, el ruido y la congestión, mejorando la calidad de vida urbana (Francke, 2022; i Palenzuela, 2021; Kabra et al., 2018; Lois et al., 2015; Walsh et al., 2008). En cuanto a los sistemas de bicicleta pública, desempeñan un papel fundamental en los viajes multimodales, especialmente como solución para la primera y última milla en combinación con el transporte público (Ma et al., 2015; Ploeger & Oldenziel, 2024; Romanillos, 2018).

Al inicio de esta tesis, la cuestión principal era **determinar si los hábitos de movilidad son inherentes a cada individuo o si están condicionados por el contexto**. Quien escribe esta investigación ha vivido en varias ciudades, experimentando distintas formas de desplazamiento: en Virginia (Estados Unidos), donde el coche era la única opción; en Lyon, utilizando principalmente la bicicleta pública; en Barcelona, combinando los desplazamientos a pie y en

bicicleta pública; en Rotterdam, donde la bicicleta personal era la norma; en Múnich, donde también se desplazaba en su bicicleta personal; y en Madrid, su base y donde siempre ha vuelto tras sus diferentes estancias.

En Madrid, cuando vivía en la periferia se desplazaba en coche, y ahora, residiendo en una zona más céntrica, camina para los trayectos cortos y utiliza el transporte público para los más largos. En Madrid, casi nunca se desplaza en bicicleta, aunque sí lo ha intentado en numerosas ocasiones. Quien escribe defiende que Madrid derrocha inseguridad y estrés para los ciclistas: las rotondas, los adelantamientos agresivos, los pitidos, el humo del coche que tienes delante... Todo esto conforma un entorno que, desde esta perspectiva personal, hace que la bicicleta en Madrid no sea el modo de transporte saludable, seguro, cómodo y atractivo que sí ha experimentado en otras ciudades.

Además, en lugares como Rotterdam y otras ciudades de los Países Bajos, Dinamarca o Alemania, la **brecha de género** en el uso de la bicicleta no existe (Kisters et al., 2016; Pucher & Buehler, 2008). En Madrid, en cambio, únicamente el 18% de los ciclistas son mujeres (Romanillos, 2018). De esta forma, **las grandes áreas metropolitanas como Madrid representan un desafío para la promoción del uso de la bicicleta, especialmente en los municipios periféricos.**

A lo largo de estos cuatro años de investigación, el proceso no ha sido lineal, a pesar de que en esta tesis se presente de esa manera para facilitar su lectura. Como ocurre en muchas investigaciones de este tipo, el desarrollo ha ido evolucionando en función de los conocimientos adquiridos y las situaciones que se han ido presentando. En un principio, se planificó obtener los datos para el análisis cuantitativo a través de los ayuntamientos, pero este método resultó ser ineficiente. Ante esta barrera, se adoptó una nueva metodología. Aunque el obstáculo inicial pudo parecer una limitación, **este cambio metodológico ha permitido ampliar el análisis**, inicialmente centrado en Madrid, a municipios de Barcelona, Milán y Bérgamo, **enriqueciendo significativamente el alcance del estudio.**

Por último, es importante subrayar nuevamente el interés individual y colectivo de esta investigación. Todavía recuerdo, hace cuatro años, volver de trabajar en Rotterdam en mi bicicleta, desconectando del día, charlando con una amiga mientras pedaleábamos juntas, haciendo ejercicio y sin

sentir ni una pizca de envidia por aquellos pocos que volvían a casa en coche, a pesar de los días lluviosos. Esa experiencia, ese bienestar, es parte del motor de esta tesis.

1.1.2. Interés científico de la investigación

El interés científico de esta investigación radica en su contribución a un campo de estudio en plena expansión: la movilidad ciclista en el contexto metropolitano, con un enfoque particular en los sistemas de bicicleta pública.

En la actualidad, los sistemas de bicicleta pública están siendo analizados desde múltiples perspectivas por investigadores de diversas disciplinas, como psicólogos, ingenieros de transporte, planificadores urbanos, geógrafos, científicos sociales, científicos de datos y desarrolladores de software. Este enfoque multidisciplinar refleja la complejidad inherente a la movilidad ciclista. Además, el crecimiento exponencial de la investigación en este campo evidencia su interés.

Si bien numerosas investigaciones han abordado este tema (Broach et al., 2012; Faghih-Imani et al., 2017; Fazio et al., 2021; Hong et al., 2020; Knap et al., 2023; Krizek & Johnson, 2006; Muñoz et al., 2013, 2014; Ploeger & Oldenziel, 2024; Pucher & Buehler, 2008, 2012; Vandenbulcke et al., 2011), **la mayoría de los estudios han puesto el foco en los centros de las ciudades o en urbes pequeñas y medianas**, donde los patrones de movilidad son más homogéneos y las distancias más cortas.

Sin embargo, **las grandes áreas metropolitanas** presentan una realidad mucho más compleja, que va más allá de la ciudad central. **Una parte significativa de la población de estas áreas metropolitanas reside en las zonas periféricas**, donde las condiciones de movilidad se ven directamente afectadas por **mayores tiempos y distancias de viaje**, así como por una diversidad de culturas y hábitos de desplazamiento (Cervero & Murakami, 2010). En este contexto, **el estilo de vida influye en la elección del modo de transporte, del mismo modo que la accesibilidad a los distintos modos de transporte moldea los estilos de vida de las personas** (Schwanen & Mokhtarian, 2005).

Mientras que las ciudades más pequeñas pueden adaptarse al concepto de **ciudad de proximidad** o al más reciente concepto de **ciudad de los 15 minutos** (Moreno et al., 2021), las grandes áreas metropolitanas requieren de un análisis y

enfoque más amplio. En esta línea, el estudio de Bruno et al. (2024) examina la accesibilidad urbana mediante la comparación de 10.000 ciudades, entre las que se incluyen Barcelona, Madrid, Milán y Bérgamo, casos de estudio de esta tesis. El estudio revela **disparidades espaciales tanto entre diferentes áreas metropolitanas como dentro de ellas, entre la ciudad central y las zonas periféricas**. Se observa así un patrón recurrente: una mayor concentración de servicios y oportunidades en las zonas centrales, frente a una menor proximidad a los servicios y conectividad en las áreas periféricas, donde persisten déficits estructurales que dificultan la aplicación efectiva del modelo de ciudad de los 15 minutos (Bruno et al., 2024). Los resultados del estudio pueden explorarse a través del siguiente mapa interactivo: <https://whatif.sonycs1.it/15mincity/index.php>

Estas diferencias hacen evidente la **necesidad de comprender las dinámicas de transporte en las periferias urbanas de las grandes áreas metropolitanas**. De esta manera, se busca poder identificar las estrategias de movilidad efectivas y sostenibles que contemplen las particularidades de cada territorio (Newman & Kenworthy, 1989).

La movilidad ciclista, en particular, está condicionada por un amplio abanico de **factores del entorno urbano, socioeconómicos, temporales, culturales, políticos y psicológicos** (Duran-Rodas et al., 2019; Geipel et al., 2024; Rondinella et al., 2010). Por ello, su estudio ha sido abordado desde distintas disciplinas, lo que ha generado un notable incremento de publicaciones, conferencias y proyectos de investigación en las últimas décadas. Este creciente interés académico no es casual: el uso de la bicicleta se ha convertido en un símbolo de la transformación urbana que muchas metrópolis persiguen (Banister, 2008).

La bicicleta, como vehículo, está profundamente influenciada por los modos de vida que propicia. Sus beneficios pueden apreciarse en el plano individual, pero se multiplican cuando se consideran sus efectos positivos a nivel colectivo (Handy et al., 2010; i Palenzuela, 2021; Kabra et al., 2018; Lois et al., 2015; Walsh et al., 2008). Frente a los problemas generados por los modos de transporte motorizados (la contaminación atmosférica, el ruido, la congestión o la ocupación del espacio público), **la bicicleta plantea una respuesta a las exigencias sociales, medioambientales y**

económicas del siglo XXI (Francke, 2022; Papadopoulos et al., 2023; Pucher & Buehler, 2017).

Numerosos estudios, incluida la presente investigación, aunque sin ser su objetivo principal, buscan **proporcionar herramientas que faciliten la toma de decisiones políticas y técnicas**, orientadas a evaluar la ubicación de las estaciones de bicicleta pública, la infraestructura ciclista y, en general, las medidas a promover y desarrollar en el futuro. En última instancia, el propósito es identificar los factores clave para gestionar mejor la movilidad en grandes áreas metropolitanas, fomentando un modelo de ciudad que tenga presente tanto las limitaciones de los recursos naturales como las necesidades de sus habitantes (Pucher & Buehler, 2017; Silva, 2017).

Comprender las distintas dinámicas de movilidad permite diseñar ciudades más humanas, habitables y resilientes, donde el transporte activo no sea una alternativa marginal, sino una pieza central del modelo de movilidad (Gehl, 2013). Así, esta investigación no solo aporta conocimiento científico sobre los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública, sino que también contribuye a un debate necesario sobre el futuro de las metrópolis y la calidad de vida de sus habitantes.

Esta tesis **desplaza el foco del centro a la periferia**, especialmente en grandes áreas metropolitanas donde los tiempos y distancias de desplazamiento son considerablemente mayores. En este contexto, la bicicleta, y particularmente la bicicleta pública, tiene el potencial de jugar un papel determinante, tanto a nivel local dentro de cada municipio, como en su integración con el transporte público a nivel metropolitano, **favoreciendo un sistema de transporte multimodal** (Duran-Rodas et al., 2019; Fazio et al., 2021; Kabra et al., 2018; Ma et al., 2015; Muñoz et al., 2014; Olafsson et al., 2016; Pucher & Buehler, 2008; Rietveld, 2000), y **permitiendo optimizar los viajes de primera y última milla** (Anaya-Boig et al., 2021; Ma et al., 2015; Ploeger & Oldenziel, 2024; Romanillos, 2018).

1.2. Objeto de la investigación

“Transformar la ciudad, ¿es un sueño concebible? Y la bicicleta, ¿tiene un papel protagonista en esa revolución?” (Augé, 2009: 18).

Esta afirmación de Marc Augé subraya las posibilidades de la bicicleta para transformar el entorno urbano. Frente a una ciudad dominada por el vehículo motorizado, **el ciclismo emerge como una alternativa que no solo ofrece un modo de transporte sostenible y eficiente, sino que también reconfigura la relación entre los ciudadanos y su entorno** (Banister, 2008). Sin embargo, el desarrollo de la movilidad ciclista enfrenta múltiples desafíos en un contexto en el que la expansión urbana ha favorecido el dominio del automóvil y el distanciamiento entre las personas y sus actividades diarias (Buehler et al., 2021; Newman & Kenworthy, 1989; Silva, 2017; Silva et al., 2023).

A partir de mediados del siglo XX, la llegada del vehículo motorizado fomentó la dispersión urbana, dedicando una gran parte del espacio público a los coches (Roca-Riu et al., 2020). Actualmente, el transporte motorizado es responsable del 14,5% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en Europa (Comisión Europea, 2019). Además, los impactos negativos del coche van más allá de las cuestiones ambientales, afectando también a la economía y la sociedad. Entre estos impactos destacan el aumento de las desigualdades socioeconómicas, el aumento de accidentes, la pérdida de tiempo y dinero debido a la congestión, el incremento de enfermedades cardiovasculares y la ocupación desproporcionada del espacio urbano (Duran-Rodas et al., 2021; Litman & Burwell, 2006). De hecho, en muchas ciudades, las carreteras y los aparcamientos ocupan entre el 30% y el 60% de la superficie construida total (Roca-Riu et al., 2020).

Ante esta situación, los planificadores urbanos se enfrentan al reto de reorientar el desarrollo de las ciudades hacia el **urbanismo de proximidad** (Allam et al., 2022; Gil Solá & Vilhelmson, 2018; Ramírez-Saiz et al., 2024), un concepto que, si bien no es nuevo, ha cobrado especial relevancia con la pandemia de COVID-19 y la consolidación de la idea de la ciudad de los 15 minutos. Este modelo busca garantizar que los ciudadanos puedan acceder a la mayoría de las actividades diarias dentro de su propio barrio, reduciendo la dependencia del vehículo privado y promoviendo los modos activos, como

los viajes a pie y en bicicleta (Moreno, 2020). Por lo tanto, la movilidad activa contribuye a la eficiencia del uso del espacio y a una mejor integración entre el transporte y el entorno urbano (Koning et al., 2020; Litman & Burwell, 2006; Pozueta et al., 2009).

En este contexto, los sistemas de bicicleta pública han cobrado una mayor importancia (Francke, 2022; Romanillos, 2018). Estos sistemas ofrecen bicicletas de alquiler a corto plazo disponibles en el espacio público y han experimentado un crecimiento significativo desde la década de 2000, pasando de unos pocos sistemas iniciales a aproximadamente dos mil en todo el mundo en 2020 (Duran-Rodas et al., 2019; Shaheen et al., 2020).

Los sistemas de bicicleta pública pueden contribuir a mejorar el acceso a la bicicleta y sus **beneficios** como modo de transporte activo, facilitar las conexiones de primera y última milla con el transporte público y fomentar un cambio de actitud hacia el ciclismo (Ma et al., 2015; Ploeger & Oldenziel, 2024). Además, pueden desempeñar un papel relevante en la reducción de emisiones de CO₂, dependiendo de su capacidad para sustituir viajes en vehículo privado y de la eficiencia en la redistribución de las bicicletas dentro del sistema (Kabra et al., 2018; Pucher & Buehler, 2017; Verlinghier et al., 2021).

Sin embargo, estos beneficios se distribuyen de forma desigual, ya que los usuarios tienden a ser hombres jóvenes con un nivel socioeconómico alto (Ricci, 2015). Además, existen **barreras** en la implementación de estos sistemas, como la resistencia al cambio por parte de los potenciales usuarios y de los actores involucrados (Moro et al., 2018). Desde una perspectiva operativa, persisten problemas como el desequilibrio en la distribución de bicicletas (Ricci, 2015), así como la falta de una proyección adecuada de la demanda y los elevados costes operativos, lo que ha sido determinante en el fracaso de algunos sistemas (Anaya-Boig et al., 2021; Moro et al., 2018).

A pesar del creciente número de estudios sobre movilidad ciclista y sistemas de bicicleta pública, hay aspectos que siguen estando relativamente inexplorados. Uno de estos es **el papel de la bicicleta pública en la movilidad metropolitana, particularmente en las zonas periféricas de grandes áreas metropolitanas**. Estas áreas concentran una gran parte de los desplazamientos metropolitanos (Consorcio

Regional de Transportes de Madrid, 2018), pero han recibido menor atención tanto en la literatura académica como en las políticas urbanas, que suelen orientarse a la ciudad central (Francke, 2022).

Esta tesis se focaliza en el análisis del uso de la bicicleta pública en municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas. Mediante un enfoque metodológico que **integra datos cuantitativos sobre factores urbanos y socioeconómicos con información cualitativa obtenida a través de entrevistas** a representantes de los sistemas de bicicleta pública analizados, se identifican los **factores determinantes en su uso en contextos menos explorados**. El estudio se centra en el análisis de municipios periféricos de las **áreas metropolitanas de Barcelona, Madrid y Milán, además del caso de Bérgamo** (a 50 km de Milán).

A través de la recopilación de datos de uso de las estaciones de bicicleta pública de los municipios estudiados, se analizan de manera independiente para identificar posibles diferencias en sus patrones de movilidad. Además, se estudian en conjunto, con el objetivo de extraer factores comunes que influyen en el uso de la bicicleta pública, y poder extrapolar las conclusiones a otros contextos similares. Por otro lado, se analiza el grado de precisión de las metodologías desarrolladas en estudios previos para la recopilación de datos (Chen et al., 2017; Faghih-Imani et al., 2017; Kabra et al., 2018; Levy et al., 2019; O'Brien et al., 2014; Radzimski & Dzięcielski, 2021; Wang & Kim, 2018).

Asimismo, esta tesis busca **contribuir al debate sobre cómo los sistemas de bicicleta pública pueden facilitar la transición hacia modelos urbanos basados en la proximidad**, como la ciudad de los 15 minutos o el concepto de territorios de 30 minutos. En la actualidad, tanto las administraciones públicas como diversas instituciones están invirtiendo importantes recursos para fomentar la movilidad ciclista. En este contexto, los sistemas de bicicleta pública han ganado popularidad y se han expandido rápidamente en la última década, tanto a nivel global (Fishman et al., 2013) como en España (Anaya-Boig et al., 2021). El análisis de la movilidad ciclista y la distribución de estaciones de bicicleta pública en el entorno urbano es crucial para evaluar la efectividad de las políticas y de la implementación de estaciones e infraestructura ciclista.

1.3. Hipótesis

Esta investigación parte de la hipótesis de que **el uso de la bicicleta pública en las periferias metropolitanas está determinado principalmente por las características del entorno urbano**, mientras que otros factores tienen una influencia secundaria. Se espera que variables como la densidad poblacional, la diversidad de usos del suelo, la proximidad a estaciones de transporte público y el diseño de la infraestructura ciclista estén positivamente asociadas con su uso en estos contextos.

Asimismo, en cuanto a las **diferencias entre las periferias metropolitanas y la ciudad central**, se plantea que la proximidad al transporte público, la conectividad intermunicipal mediante un sistema unificado de bicicleta pública y la continuidad de la red ciclista entre municipios son factores que inciden de manera más significativa en las periferias que en el centro.

Para contrastar estas hipótesis, la investigación se enfoca en los siguientes aspectos clave:

A. Accesibilidad y cobertura del servicio

Se espera que la proporción de personas que residen a una distancia considerada como próxima a una estación de bicicletas públicas influya directamente en el número de viajes realizados. Asimismo, se plantea que la accesibilidad a estas estaciones es mayor en la ciudad central que en los municipios periféricos.

B. Actividad y oportunidades del entorno próximo.

Se espera que una mayor diversidad de usos del suelo y la proximidad a puntos de interés (comercios, centros educativos, zonas de ocio, entre otros) incrementen el uso de la bicicleta pública.

C. Patrones sociodemográficos

Se plantea que la edad y el nivel de renta de la población circundante influyen en el uso de la bicicleta pública, con una mayor participación de los grupos de edad entre 20 y 49 años.

D. Conexión con el transporte público y multimodalidad

Se espera que la proximidad a estaciones de tren, metro o tranvía favorezca un mayor uso del servicio, evidenciando una integración modal significativa.

E. Infraestructura ciclista y conectividad

Se plantea que la presencia y continuidad de infraestructura ciclista en las proximidades de las estaciones favorezca un mayor uso del sistema y facilite los desplazamientos locales e intermunicipales.

F. Movilidad intermunicipal y expansión del sistema

Se plantea que la existencia de un sistema de bicicleta pública con cobertura intermunicipal aumenta la demanda del servicio y fomenta los desplazamientos entre municipios.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

El objetivo principal de esta investigación es **analizar el papel de la bicicleta pública en las grandes áreas metropolitanas, con especial atención a los municipios periféricos**. A pesar de concentrar una parte significativa de los desplazamientos diarios, estos municipios han recibido **escasa atención en la literatura** y apenas han sido considerados en las políticas urbanas.

La investigación busca comprender las posibilidades actuales y futuras de la bicicleta pública en estos entornos. Como se señala en el apartado 1.1.2 sobre el interés científico de la investigación, esta tesis pretende aportar una contribución novedosa al debate sobre la transformación del modelo urbano y de movilidad. En particular, se estudia **el papel de la bicicleta pública en grandes áreas metropolitanas, en el contexto del urbanismo de proximidad**.

Para ello, se analizan casos de estudio en las áreas metropolitanas de **Barcelona, Madrid y Milán**, así como el caso particular de **Bérgamo**. Esto permite obtener una visión integral del uso de la bicicleta pública en estos entornos con el fin de facilitar la extrapolación de conclusiones a otros contextos metropolitanos.

1.4.2. Objetivos específicos

Mientras el objetivo general se centra en la pertinencia del contexto de estudio, los objetivos específicos abordan temas más concretos, los cuales se explican a continuación.

O1. Analizar cómo la escala urbana influye en los patrones de movilidad ciclista en áreas metropolitanas europeas.

La escala urbana constituye un factor determinante en los patrones de movilidad ciclista en áreas metropolitanas europeas. Por ello, se analizan factores como el tamaño, la estructura urbana, la densidad poblacional y las distancias de desplazamiento, que influyen en el reparto modal y la cultura ciclista. Se identifican tendencias comunes y diferencias en el uso de la bicicleta, prestando especial atención a la complejidad y heterogeneidad que presentan las grandes áreas metropolitanas frente a las pequeñas y medianas.

Se desarrolla principalmente en el apartado 3.1. Análisis comparativo de diferentes áreas metropolitanas.

O2. Evaluar la proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública en distintos contextos metropolitanos.

La distribución de las estaciones de bicicleta pública desempeña un papel fundamental en la eficiencia de los sistemas. Por ello, resulta clave analizar su accesibilidad en distintos contextos metropolitanos, entendida como la proporción de población que dispone de una estación a 400 metros, distancia considerada como próxima según la literatura. De esta manera, se analiza la posible correlación entre la accesibilidad y el nivel de uso del servicio.

Se desarrolla principalmente en el apartado 5.2.1. Resultados del análisis de proximidad y accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública y su impacto en el uso.

O3. Identificar los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública en municipios periféricos.

El uso de la bicicleta pública está condicionado por múltiples factores, como la densidad de población y sus características sociodemográficas, la proximidad a puntos de interés, el diseño de la infraestructura ciclista y la integración con otros modos de transporte, entre otros. También influyen aspectos socioeconómicos, como el nivel de renta. Esta investigación aborda el grado de importancia de estos factores en los municipios periféricos seleccionados.

Se desarrolla principalmente en los apartados 5.2.2. Resultados del análisis de regresión OLS y obtención de variables significativas y 5.3. Resultados de las entrevistas.

O4. Evaluar el papel de la bicicleta pública en el transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas.

Entre los factores determinantes abordados en el objetivo anterior, la multimodalidad cobra especial relevancia, especialmente en grandes áreas metropolitanas, donde las distancias son mayores, dificultando los desplazamientos exclusivamente a pie o en bicicleta. Por ello, se analiza el nivel de integración de la bicicleta pública con otros modos de transporte, como el tren, metro o tranvía, y su papel para los desplazamientos de primera y última milla.

Se desarrolla principalmente en los apartados 5.1.3. Estadísticas por estaciones a hora punta y 5.2.2. Resultados del análisis de regresión OLS y obtención de variables significativas y 5.3. Resultados de las entrevistas.

O5. Analizar el impacto de los viajes intermunicipales en la demanda del sistema de bicicleta pública.

La posibilidad de desplazarse en bicicleta pública entre municipios, mediante un sistema integrado, puede incidir en su uso. A su vez, la existencia de infraestructura ciclista intermunicipal conectada puede incrementar el uso del sistema y mejorar la conectividad dentro del área metropolitana.

Se desarrolla principalmente en el apartado 5.2.3. Viajes intramunicipales e intermunicipales. El caso de AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona.

O6. Establecer similitudes y diferencias en el uso de la bicicleta pública entre los municipios estudiados.

Los patrones de uso de la bicicleta pública pueden variar entre municipios, dependiendo del contexto local. La comparación entre los municipios estudiados permite identificar elementos comunes y diferencias derivadas de sus condiciones específicas, así como evaluar cómo la planificación urbana y las políticas de movilidad han influido en la implantación y éxito de los sistemas de bicicleta pública.

Se desarrolla principalmente en los apartados 5.1. Estadísticas de los distintos municipios y 5.3. Resultados de las entrevistas.

O7. Ofrecer un marco analítico que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre políticas e infraestructuras para la movilidad ciclista en áreas metropolitanas.

El desarrollo de un marco analítico basado en estrategias prescriptivas extraídas de la literatura especializada y casos de éxito busca aportar una herramienta con potencial para apoyar la toma de decisiones en políticas e infraestructuras orientadas a la movilidad ciclista en áreas metropolitanas. Este marco integra medidas "*push*" y "*pull*" que pretenden tanto desincentivar el uso del automóvil como fomentar el uso de la bicicleta, y que se deberán adaptar a las particularidades de los diferentes contextos urbanos. Las recomendaciones derivadas ofrecen una base sólida para futuras aplicaciones políticas y discusiones que promuevan la movilidad sostenible y la integración efectiva de los sistemas de bicicleta pública.

Se desarrolla principalmente en el Anexo 1, que incluye estrategias y recomendaciones extraídas de la literatura, estudios de caso y resultados de esta investigación.

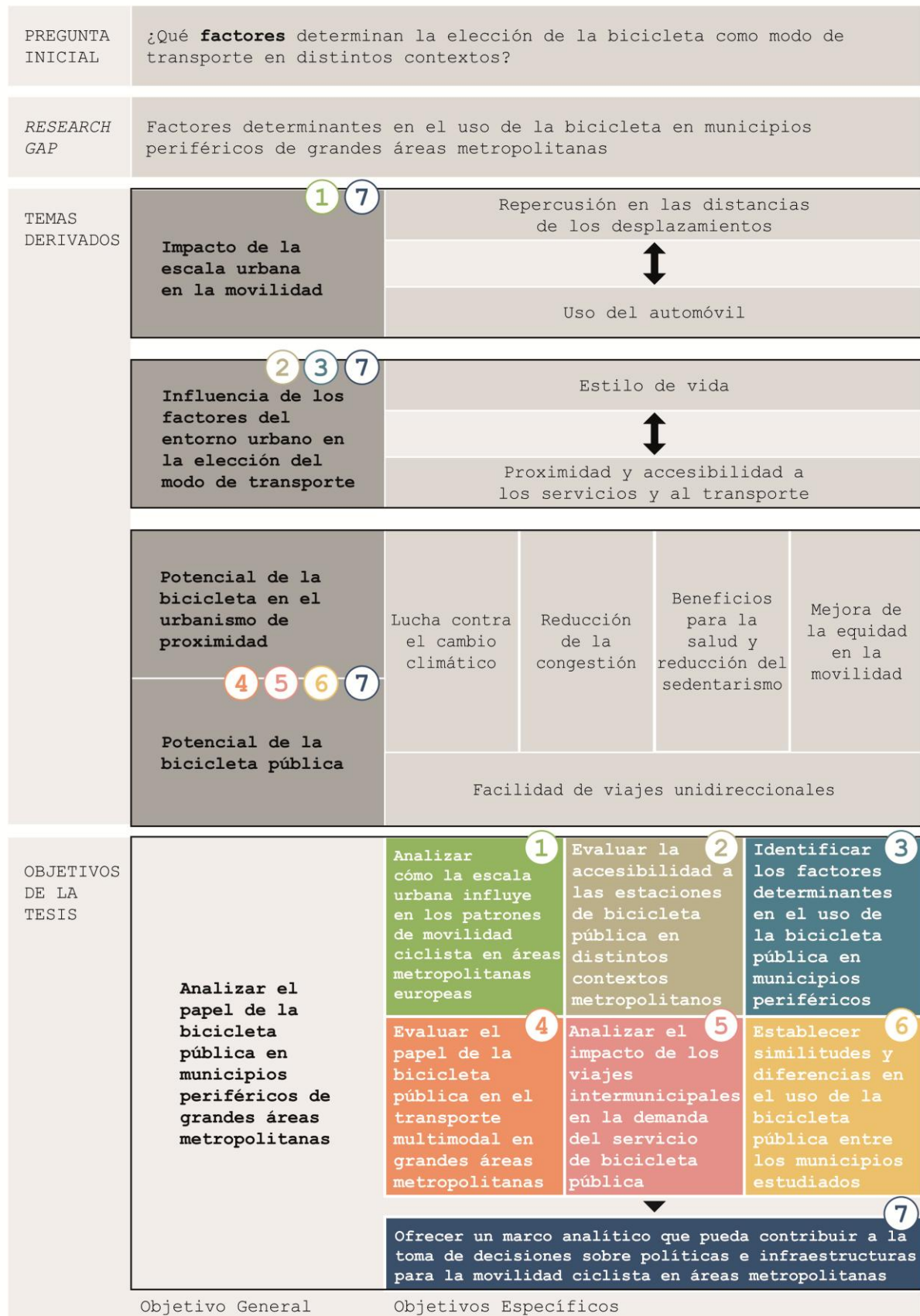


Figura 1. Relación entre la pregunta inicial, temas derivados y objetivos de la investigación.

Fuente: Elaboración propia

1.5. Estructura de la tesis

La estructura de esta tesis refleja el proceso seguido para confirmar o refutar las hipótesis planteadas. A continuación, se describen los principales capítulos y sus objetivos.

Capítulo 1: Establecer el marco de referencia de la investigación.

El primer capítulo introduce la investigación, destacando la relevancia del tema abordado. Se presenta el objetivo general y los objetivos específicos definidos para responder a las hipótesis formuladas, las cuales también se incluyen en este capítulo. Finalmente, se describe la estructura de la tesis, proporcionando una visión general de su desarrollo.

Capítulo 2: Profundizar en el estado de la cuestión mediante la revisión bibliográfica.

Este capítulo contextualiza la investigación dentro de un marco teórico basado en una extensa revisión de la literatura. Se aborda, en primer lugar, la problemática de la dispersión urbana y la dependencia del automóvil, así como el papel potencial de la bicicleta pública en el urbanismo de proximidad. Luego, se analizan los factores que influyen en el uso de la bicicleta y se profundiza en los sistemas de bicicleta pública. En este capítulo, se hace referencia a un primer artículo publicado en la revista *Transport Reviews* titulado "*Spatial factors associated with usage of different on-demand elements within mobility hubs: a systematic literature review*" - Geipel, Martínez Rico, Büttner, & Duran-Rodas, David (2024).

Posteriormente, se lleva a cabo una revisión de la literatura de las herramientas y métricas de proximidad y accesibilidad a estaciones de bicicleta pública. Además, se analiza su papel en la multimodalidad y su evolución.

Finalmente, se sintetiza el marco teórico en apoyo a la metodología, proporcionando una revisión de las técnicas utilizadas para la recopilación de datos en el uso de estos sistemas, y los principales factores identificados en la literatura. Este proceso ha permitido delimitar el objeto de estudio y justificar la selección de variables y métodos de análisis.

Capítulo 3: Seleccionar los casos de estudio según criterios alineados con el objetivo de la investigación.

En este capítulo se presentan los casos de estudio, que incluyen un total de nueve municipios periféricos en las áreas metropolitanas de Barcelona (tres municipios), Madrid (tres municipios) y Milán (dos municipios), además del caso de Bérgamo. Se detallan los criterios de selección de estos casos, teniendo en cuenta factores como la escala urbana, el reparto modal, la existencia de sistemas de bicicleta pública y la disponibilidad de datos. Finalmente, se proporciona un análisis descriptivo de las principales características de cada municipio y sistema estudiado.

Capítulo 4: Definir la metodología y herramientas de análisis.

Este capítulo detalla la metodología utilizada en la investigación. Se explica la selección de variables para el análisis, el proceso de obtención y tratamiento de datos, así como las técnicas empleadas en el análisis estadístico y en el análisis geoespacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para este último, se describe la metodología para el análisis de accesibilidad y para el análisis de regresión que permite identificar las variables significativas. Además, se presenta la metodología utilizada para la realización de las entrevistas con los responsables de algunos de los sistemas de bicicleta pública estudiados.

Capítulo 5: Analizar los datos y presentar los resultados.

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a partir de los análisis estadísticos y geoespaciales, así como de las entrevistas realizadas. Se incluyen gráficos comparativos entre los distintos municipios, lo que permite identificar patrones de uso, diferencias y factores comunes, así como el papel de la bicicleta pública en la multimodalidad. También se ofrece un análisis comparativo del uso de los sistemas de bicicleta pública mediante mapas que muestran la correlación entre su uso y diversos factores como la densidad, diversidad, diseño de la infraestructura ciclista y relación con el transporte público, entre otros. Además, se examina el impacto de los viajes intermunicipales en el uso de la bicicleta pública. Finalmente, se presentan los resultados de las entrevistas, organizados por temáticas, que han servido para validar y enriquecer los hallazgos del estudio.

Capítulo 6: Discutir los resultados a la luz de la revisión bibliográfica.

Este capítulo constituye una fase fundamental de la investigación, donde se analizan en profundidad las implicaciones de los resultados en relación con las hipótesis planteadas. Se comparan los hallazgos con la literatura existente y el marco teórico previamente desarrollado, destacando las principales aportaciones del estudio. Por último, se discuten las principales limitaciones metodológicas del trabajo.

Capítulo 7: Extraer las conclusiones de la investigación e introducir futuras líneas de investigación.

El último capítulo recoge las conclusiones generales y específicas de la investigación. Se determina la validez de las hipótesis y su aplicabilidad a otros contextos, además de señalar las limitaciones del estudio y posibles líneas de investigación futura. También se discuten las oportunidades de difusión del trabajo realizado y futuras aplicaciones de los resultados obtenidos.

Finalmente, en el **Anexo 1**, dedicado al análisis prescriptivo, se presentan recomendaciones de estrategias extraídas de la literatura y de casos de éxito, que integran tanto medidas disuasorias como acciones orientadas a fomentar el uso de la bicicleta. El **Anexo 2** presenta el guion utilizado en las entrevistas, mientras que el **Anexo 3** ofrece una descripción detallada del contenido de estas. Por último, el **Anexo 4** recoge los resultados del análisis de regresión OLS.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Contextualización

2.1.1. Interrelación entre el uso del vehículo privado y la dispersión urbana

En el siglo XX se fragmenta, en gran medida, la continuidad física de las ciudades, una característica que las había acompañado desde la Edad Media (Pozueta et al., 2009). Especialmente en Estados Unidos y posteriormente en Europa, la generalización del uso del automóvil ha facilitado esta fragmentación y la dispersión urbana (Pozueta, 2000; van Goeverden, 2022; Wegener & Fuerst, 2004). Este proceso ha incrementado las distancias que las personas deben recorrer para llevar a cabo sus actividades diarias, lo que ha derivado en una mayor dependencia del uso del automóvil (Calthorpe, 1993; Martínez, 2021; Sanz et al., 1999). Como consecuencia, el uso del vehículo privado impulsa la dispersión urbana, y a su vez, la expansión de las áreas urbanas incrementa la dependencia del automóvil, estableciendo una relación bidireccional entre ambos fenómenos (Pozueta, 2000).

Según la literatura, la evolución de las ciudades, profundamente marcada por los avances en el sector del transporte, ha generado distintos modelos urbanos a lo largo del tiempo (Pozueta, 2000), los cuales se exponen brevemente a continuación.

A. Previo al siglo XIX

Las ciudades eran compactas, con las viviendas y los lugares de trabajo y de ocio próximos, lo que facilitaba una movilidad limitada a pie o en carruajes.

B. Siglo XIX: Revolución Industrial

La llegada del ferrocarril sirvió para conectar ciudades, reforzando la infraestructura urbana existente. Aunque las ciudades crecieron, mantuvieron su carácter compacto.

C. Mediados del siglo XX

El crecimiento económico y las innovaciones en el transporte resultaron en una demanda de vida suburbana y de la propiedad de automóviles. Aunque con la llegada del automóvil se incrementó la velocidad en los desplazamientos, el tiempo diario de viaje se mantuvo estable (van Goeverden, 2022), ya que la distancia recorrida aumentó en paralelo (**Figura 2**). Este modelo prioriza la movilidad sobre la proximidad (Silva

et al., 2023), ya que el aumento de velocidad facilitó la dispersión de actividades y la vida en la periferia.

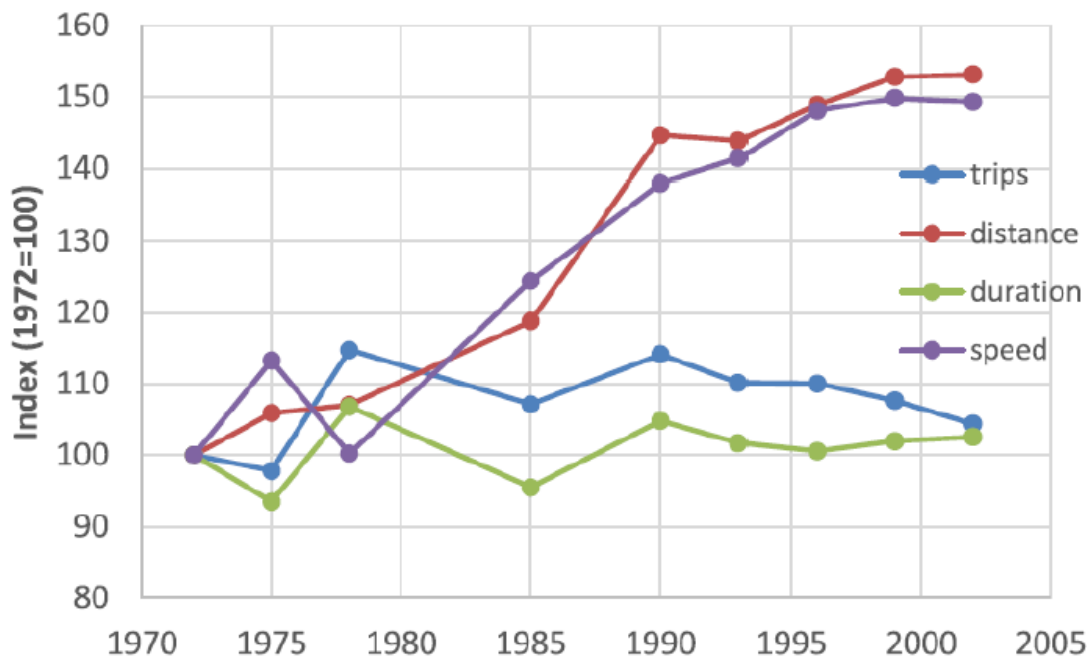


Figura 2. Tendencias de los indicadores de movilidad para los residentes británicos en el periodo de 1972-2002.

Fuente: (van Goeverden, 2022)

Es importante señalar que, aunque tanto la suburbanización como la dispersión urbana generan dependencia del automóvil, sus connotaciones son muy distintas (Ewing et al., 2011):

- **Suburbanización** (connotación "positiva"): Estilo de vida basado en viviendas unifamiliares con jardín, acceso a zonas verdes y la flexibilidad que brinda el uso del automóvil.
- **Dispersión urbana** (connotación "negativa"): Desarrollos de baja densidad con áreas residenciales alejadas de los centros de actividad, fuerte dependencia del automóvil y segregación social.

La realidad es que ambos procesos están marcados por una expansión hacia la periferia, incrementando la longitud de los desplazamientos (Martínez, 2021). Además, la zonificación que se produce en estas zonas elimina ciertas características urbanísticas fundamentales, como la heterogeneidad (Jacobs, 1967), al reducir la oferta de servicios y actividades a poca distancia de las viviendas (Lamíquiz Daudén, 2011; Martínez, 2021; Pozueta, 2000; Pozueta et al., 2009). En definitiva, esta interdependencia

entre el modelo espacial y la movilidad otorga al planeamiento urbanístico un papel crucial en el desarrollo de las políticas de transporte (Pozueta et al., 2009).

Este modelo espacial, que impulsó un crecimiento suburbano sin precedentes, ha generado impactos negativos en el medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida:

- El 45% de la **contaminación del aire** en ciudades europeas, y su impacto en el **medio ambiente**, puede ser directamente atribuido al vehículo privado (Kabra et al., 2018). La Agenda 2030 ya advertía que el 70% de la contaminación global se origina en las áreas urbanas. Esta relación se evidenció durante la pandemia de COVID-19, cuando la reducción de actividades en las zonas urbanas resultó en un descenso significativo en las emisiones (Francke, 2022; Pérez-Aragón & Lacasaña, 2020).
- Además, el modelo de ciudad centrado en el automóvil ha derivado en problemas para la **salud pública** (Capolongo et al., 2018; Higuera, 2010), principalmente **el sedentarismo y el aumento de enfermedades relacionadas con la falta de actividad física**, como la obesidad y las enfermedades cardiovasculares (Conde Gutiérrez del Álamo et al., 2020).
- Por otro lado, la **calidad de vida urbana** ha quedado en segundo plano en las ciudades contemporáneas, que priorizan la movilidad y el acceso a infraestructuras externas, como aeropuertos y autopistas (Augé, 2009: 18) frente a la proximidad (Silva et al., 2023). Este enfoque ha descuidado el potencial de las ciudades para crear entornos que promuevan la **interacción social**. Como señalan Pozueta et al. (2009:11), "es fuera de los automóviles, cuando se producen las relaciones más directas e intensas de las personas con el entorno físico y social".

En respuesta a estos desafíos, en los últimos años ha emergido un nuevo paradigma de movilidad, que no se centra exclusivamente en el automóvil. Este nuevo enfoque promueve políticas con una mejor integración de usos del suelo y opciones de transporte más sostenibles, como el transporte público y los modos activos (Litman, 2013; Pozueta et al., 2009; Silva et al., 2023).

2.1.2. Movilidad activa y escala urbana: un análisis crítico de la ciudad de los 15 minutos

Las ciudades, debido al rápido crecimiento tecnológico, económico, social y cultural, necesitan reinventarse, al igual que los conceptos de planificación urbana. El modelo de la ciudad de los 15 minutos no es radicalmente nuevo, ya que parte de conceptos más antiguos como la ciudad de proximidad. Sin embargo, su rápido crecimiento y adopción indican la urgencia de abordar los fracasos del modelo de ciudad orientado al automóvil (Büttner et al., 2022). Al poner a los ciudadanos en el punto de mira, la ciudad de los 15 minutos busca garantizar que todos los servicios y actividades básicas (trabajo, educación, compras, salud, ocio) se encuentren a 15 minutos a pie o en bicicleta desde los hogares (Gil Solá & Vilhelmson, 2018; Moreno, 2020; Ramírez-Saiz et al., 2024).

El concepto fue acuñado por Carlos Moreno en 2016, y ha cobrado especial relevancia en los últimos años, tras la pandemia del COVID-19 en 2020. Se trata de un ejemplo de política de urbanismo de proximidad exitosa en una gran metrópolis como París, que fue popularizada por su alcaldesa Anne Hidalgo. Este modelo urbano tiene el potencial para enfrentar los problemas asociados con la dispersión urbana y la dependencia del automóvil.

A. Antecedentes del urbanismo de proximidad y la ciudad de los 15 minutos

La proximidad ha sido abordada implícitamente a lo largo de la historia del urbanismo. A finales del siglo XIX y principios del XX, urbanistas pioneros desarrollaron modelos alternativos al crecimiento descontrolado de las ciudades:

- **Arturo Soria y Mata** fue uno de los primeros en plantear la importancia del transporte en la planificación urbana con su **Ciudad Lineal** en 1882. En su diseño, una línea de ferrocarril conectaba áreas urbanizadas como un cinturón, facilitando la movilidad en transporte público y reduciendo las distancias caminables a las estaciones (idealmente menos de 400 metros). Este enfoque introdujo la idea de proximidad al acceso a infraestructuras de movilidad como un eje fundamental para organizar el espacio urbano (Sambricio, 1982).
- **Ebenezer Howard**, con su **Ciudad Jardín** en 1902, propuso un modelo que equilibraba lo rural y lo urbano, en donde

- la proximidad no solo tenía que ver con los servicios, sino también con la naturaleza, planteando límites de crecimiento urbano y un enfoque regional para evitar el caos metropolitano (Howard, 1898; Sallis et al., 2016).
- **Clarence Perry** introdujo en 1929 el concepto de la **Unidad Vecinal**, que subrayaba la importancia de la proximidad y la vida comunitaria para el bienestar social, marcando un cambio en la escala de la planificación urbana. Perry concibió un diseño modular donde los servicios esenciales, como escuelas, parques y tiendas, debían estar a una distancia peatonal de 400 a 600 metros (Mumford, 1965; Perry, 1929).
 - A lo largo del siglo XX, teóricos como **Jane Jacobs** y **Torsten Hägerstrand** profundizaron en la relación entre el entorno urbano y el tiempo invertido en desplazamientos. **Jacobs** defendía la vitalidad de los barrios densos y diversos, la importancia de la mezcla de usos del suelo y la movilidad peatonal (Jacobs, 1961). **Hägerstrand**, con su **Geografía del Tiempo**, abordó el análisis del tiempo invertido en los desplazamientos diarios, destacando la importancia de reducirlos a través de la planificación urbana basada en la proximidad (Hägerstrand, 1970).
 - En las últimas décadas del siglo XX y principios del XXI, movimientos como el **New Urbanism** surgieron como respuesta a los problemas del urbanismo orientado al automóvil. Este movimiento promovió la reducción de la dependencia del coche y un urbanismo a escala humana, basado en la proximidad, la densidad, la conectividad peatonal y la mezcla de usos (Calthorpe, 1993; Gehl, 1989). Además, el concepto de **Desarrollo Orientado al Transporte Público (TOD)** tomó relevancia, promoviendo el acceso peatonal y en transporte público a las principales infraestructuras y servicios (Bertolini & Straatemeier, 2019).
 - Más recientemente, la propuesta de la **ciudad de los 15 minutos**, impulsada por **Carlos Moreno** en París, se ha convertido en una aplicación tangible de estas ideas. La ciudad de los 15 minutos promueve un urbanismo basado en la proximidad, donde los residentes pueden acceder a sus necesidades diarias en 15 minutos a pie o en bicicleta, minimizando la necesidad de realizar desplazamientos largos (Moreno, 2020). Este enfoque ha

sido adoptado como un paradigma contemporáneo de sostenibilidad urbana, eficiencia y bienestar, integrando la movilidad activa con la idea de comunidades locales autosuficientes (Büttner et al., 2022).

En la actualidad, otros conceptos también ponen énfasis en la proximidad como medio para mejorar la calidad de vida y reducir el impacto ambiental asociado con los largos desplazamientos (Büttner et al., 2022; Silva, 2017; Speck, 2020). Modelos emergentes, como la **Ciudad del Cuidado** y la **Ciudad Inclusiva**, se enfocan en la proximidad para personas dependientes, y garantizar la equidad en el acceso a las actividades urbanas (Hanson, 2004; Ramírez Saiz et al., 2022; Sánchez-de Madariaga, 2020). Por otro lado, la **Ciudad Saludable** y las políticas de **Calles Completas** también resaltan el papel de la proximidad en la promoción de un estilo de vida más saludable y equitativo, al fomentar la movilidad activa y reducir el uso del automóvil en las calles (Fariña Tojo et al., 2022; LaPlante & McCann, 2008).

En conjunto, estos antecedentes históricos y contemporáneos muestran la evolución del concepto de proximidad, que ha transitado desde una idea de planificación de barrios hasta convertirse en un principio rector para la transformación de las ciudades hacia un futuro más equitativo y sostenible (Anzani & Scullica, 2022; Banister, 2008; Sallis et al., 2016). Estos conceptos, combinados con estrategias contemporáneas de sostenibilidad como el **Ecourbanismo** y el **Crecimiento Inteligente**, consolidan la idea de que la proximidad es un componente central para la creación de ciudades más humanas, saludables y sostenibles (Capolongo et al., 2018; Carpio-Pinedo, Pozo Menéndez, et al., 2021; Ramírez-Saiz et al., 2024).

B. Principios clave del concepto

El concepto de la ciudad de los 15 minutos se basa en varios principios fundamentales de planificación urbana que buscan maximizar la accesibilidad a los servicios urbanos esenciales y reducir la necesidad de desplazamientos largos. Los principios clave incluyen la densidad, diversidad, proximidad, ubicuidad y digitalización (Allam et al., 2022; Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2010; Moreno et al., 2021; Pozoukidou & Chatziyiannaki, 2021).

- **Densidad:** La densidad adecuada de personas, servicios y actividades garantiza la proximidad entre viviendas y servicios esenciales (Ewing & Cervero, 2010). La densidad también permite la creación de vecindarios más autosuficientes y sostenibles (Büttner et al., 2022).
- **Diversidad:** La diversidad en los usos del suelo y en la composición demográfica es crucial para crear barrios vibrantes y resilientes (Moreno, 2020), promoviendo entornos multifuncionales que reduzcan la necesidad de desplazarse a otras zonas de la ciudad (Carpio-Pinedo, Benito-Moreno, et al., 2021; Moreno et al., 2021). Este enfoque fomenta la inclusión social y económica, al permitir que diferentes grupos de personas puedan acceder a una amplia variedad de servicios en su vecindario (Pouzoukidou & Chatziyiannaki, 2021).
- **Proximidad:** La proximidad a los servicios esenciales, a una distancia caminable o en bicicleta de las viviendas, es un objetivo central (Gil Solá & Vilhelmson, 2018; Moreno, 2020). Esto mejora la calidad de vida de las personas, al disminuir los tiempos de viaje y promover estilos de vida más saludables y sostenibles (Higueras García, 2020; Ramírez-Saiz et al., 2024), fomentando la movilidad activa y reduciendo la dependencia del automóvil (Reimer, 2020).
- **Ubicuidad:** Este principio se refiere a la disponibilidad equitativa de servicios esenciales para todos los ciudadanos, independientemente de su ubicación en la ciudad (Duran-Rodas et al., 2021). La idea es que todos los habitantes, sin importar su nivel socioeconómico o su ubicación geográfica, puedan acceder a servicios de calidad en su entorno inmediato (Allam et al., 2022). Este enfoque busca cerrar las brechas de desigualdad y fomentar la equidad urbana, asegurando que los beneficios de la ciudad de los 15 minutos estén disponibles para toda la población (Papas et al., 2023).
- **Digitalización:** La implementación de tecnologías digitales es otro componente clave en la ciudad de los 15 minutos, pudiendo mejorar la accesibilidad a los servicios y optimizando la movilidad urbana a través de aplicaciones de movilidad compartida, plataformas de bicicletas públicas y sistemas inteligentes de

transporte (Knap et al., 2023). En París, por ejemplo, la adopción de tecnologías digitales ha sido fundamental para mejorar la experiencia de movilidad y reducir los tiempos de desplazamiento (Moreno et al., 2021).

El concepto de la ciudad de los 15 minutos también promueve un cambio en los **hábitos de movilidad** y en la relación entre los ciudadanos y su entorno. La reducción de los desplazamientos largos y del tiempo en el tráfico, y el fomento de la movilidad activa, contribuyen a la mejora de la calidad de vida de las personas (Moreno et al., 2021) y a reducir las emisiones de carbono asociadas con los desplazamientos (Megahed et al., 2024).

Por otro lado, es necesario ajustar los modelos urbanos a las **características específicas de cada ciudad**, considerando tanto su morfología como sus necesidades y características específicas (Newman & Kenworthy, 1989). El éxito del modelo de la ciudad de los 15 minutos también depende de su capacidad para **adaptarse a diferentes contextos**. Aunque el modelo fue diseñado originalmente para ciudades densamente pobladas, se ha expandido a otras realidades. En áreas rurales o regiones de baja densidad, se ha propuesto el concepto de **Territorio de los 30 minutos**, que adapta el principio de proximidad para contextos con menor densidad de servicios y población (Pouzoukidou & Chatziyiannaki, 2021). Esta flexibilidad del concepto lo convierte en una herramienta valiosa para diferentes tipos de entornos urbanos, siempre que se adapte adecuadamente a las características locales (Marquet et al., 2025).

A nivel global, la ciudad de los 15 minutos sigue siendo una propuesta adaptable (Moreno et al., 2021). El concepto de la **ciudad de X minutos**, propuesto por algunos autores, sugiere que la proximidad ideal puede variar según el contexto local y las necesidades específicas de los ciudadanos (Knap et al., 2023; Logan et al., 2022; Megahed et al., 2024). Es fundamental que las ciudades se diseñen para maximizar el acceso a servicios y oportunidades dentro de un rango de tiempo razonable (Gil Solá & Vilhelmson, 2018; Megahed et al., 2024). Además, la implementación de este modelo debe ir acompañada de un **liderazgo político** claro, y de la **participación ciudadana** facilitada por la digitalización (Moreno et al., 2021).

C. Beneficios y desafíos

La ciudad de los 15 minutos presenta múltiples **beneficios**. Desde un punto de vista de la **salud**, fomenta la actividad física diaria, lo que puede reducir los niveles de obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, entre otras, y mejorar la salud mental (Higueras García, 2020; Ramírez-Saiz et al., 2024). También favorece la **cohesión social**, ya que la proximidad de servicios esenciales facilita el encuentro entre vecinos y el fortalecimiento de la comunidad (Büttner et al., 2022; Higueras García, 2020; Moreno, 2020).

Además, al repensar las ciudades para facilitar la movilidad activa, como caminar e ir en bicicleta, también se fomenta la creación de parques, plazas y espacios públicos. Estos entornos accesibles no solo promueven la interacción social, sino que ayudan a **reducir las desigualdades sociales**, especialmente en zonas donde los servicios urbanos son limitados (Duran-Rodas et al., 2021; Gehl, 2013).

Sin embargo, su implementación enfrenta **desafíos**, especialmente en **áreas periféricas**, donde la dispersión y la dependencia del automóvil son mayores (Vitale Brovarone, 2022). En estas áreas, persisten las **desigualdades espaciales** en la accesibilidad a los servicios urbanos, lo que aún **no ha sido ampliamente integrado en el concepto de ciudad de los 15 minutos** (Bruno et al., 2024; Büttner et al., 2022; Ferrer-Ortiz et al., 2022; Guagliardo, 2004; Vitale Brovarone, 2022).

Otro desafío clave podría ser **la extensión del modelo más allá de los límites municipales para alinear intereses y objetivos** entre diferentes unidades territoriales, teniendo en cuenta las diferencias económicas entre las comunidades (Büttner et al., 2022). Existe una **brecha de investigación en torno a la equidad espacial** (Ferrer-Ortiz et al., 2022), ya que la mayoría de los estudios se han focalizado en las zonas céntricas, ignorando las necesidades de las periferias, donde la infraestructura de transporte y la accesibilidad a los servicios es más limitada (Bruno et al., 2024; Francke, 2022).

Otro desafío importante es **la distancia cada vez mayor entre el lugar donde uno vive y donde trabaja** (Augé, 2009: 18), lo que hace que los viajes laborales tengan una mayor proporción de viajes en automóvil que otros tipos de viajes (Zhao et al., 2023). En muchas ciudades, el tiempo promedio para

acceder al lugar de trabajo es de dos horas diarias (Pindado, 2007), mientras que varios estudios han demostrado que los ciudadanos están dispuestos a viajar hasta 30 minutos para llegar a su trabajo (Logan et al., 2022; Wu et al., 2019). Por ello, la ubicación de las oportunidades de empleo es un elemento clave.

En el caso de la bicicleta, su uso en muchas ciudades ha sido marginado a actividades recreativas, como señala Marc Augé (2009:28): "La distancia cada vez mayor entre el lugar donde uno vive y el lugar donde trabaja ha confinado la bicicleta al terreno del deporte y del tiempo libre".

D. Velocidad y tiempo de viaje

Según la literatura, la duración del **tiempo** invertido en transporte apenas ha variado a lo largo de los siglos, es una constante. De esta manera, las personas empleamos tanto tiempo para el transporte como en la Edad Media, y no existe tampoco diferencia sustancial entre la media del tiempo individual de viaje en los países industrializados y en los países en desarrollo (Bleijenberg, 2021).

En cuanto a modos de transporte, la **velocidad** del automóvil ha desplazado modos de transporte activos, como los desplazamientos a pie y en bicicleta (Silva et al., 2023). Frente a esto, uno de los elementos centrales para combatir la dispersión urbana en grandes ciudades es la combinación de la movilidad activa con un transporte público eficiente (Pozueta, 2000). Al fortalecer el transporte público, se puede reducir la dependencia del automóvil y promover un entorno urbano más saludable y cohesionado (Ploeger & Oldenziel, 2024).

Conceptos como el Desarrollo Orientado al Transporte Público (TOD), donde los barrios se estructuran en torno a estaciones de transporte público, han surgido para dar respuesta a estos desafíos. Sin embargo, la proximidad a centros urbanos y la provisión de transporte público no son suficientes, y se necesita un entorno compacto y de usos mixtos para fomentar modos de transporte sostenibles (Zhao et al., 2023).

E. Métricas y herramientas

La evaluación del cumplimiento con los principios de la ciudad de proximidad varía considerablemente entre estudios debido a la **heterogeneidad de metodologías, umbrales temporales, unidades espaciales y fuentes de datos** utilizadas (Papadopoulos et al., 2023). Algunos estudios toman como **métrica** la **distancia**, mientras que otros el **tiempo**, especialmente en los últimos años con la popularización del concepto de la ciudad de los 15 minutos (Moreno et al., 2021).

Respecto a las **herramientas**, los estudios más recientes han realizado análisis de redes para medir áreas de cobertura o isocronas (Carpio-Pinedo, Pozo Menéndez, et al., 2021; Fazio et al., 2021; Macioszek & Kurek, 2020; Moreno et al., 2021; Radzimski & Dziecielski, 2021; Silva et al., 2023), a diferencia de estudios previos que utilizaban buffers (Faghih-Imani et al., 2017; Tran et al., 2015; Vale et al., 2015; Wu et al., 2019) o distancias lineales (Guerra et al., 2012; Krizek & Johnson, 2006; Olszewski & Wibowo, 2005; Soriguera et al., 2018). Además, otros estudios han señalado la falta de una métrica estandarizada para analizar la digitalización a nivel de barrio (Capasso Da Silva et al., 2019).

En la **Figura 3** se puede observar la diversidad de métricas y herramientas empleadas para medir la ciudad de los 15 minutos. Además, se aprecia que la accesibilidad a pie ha recibido mucha atención en la literatura, mientras que **la accesibilidad en bicicleta ha recibido muy poca atención** (Logan et al., 2022; Papadopoulos et al., 2023; Vale et al., 2015; Wu et al., 2019).

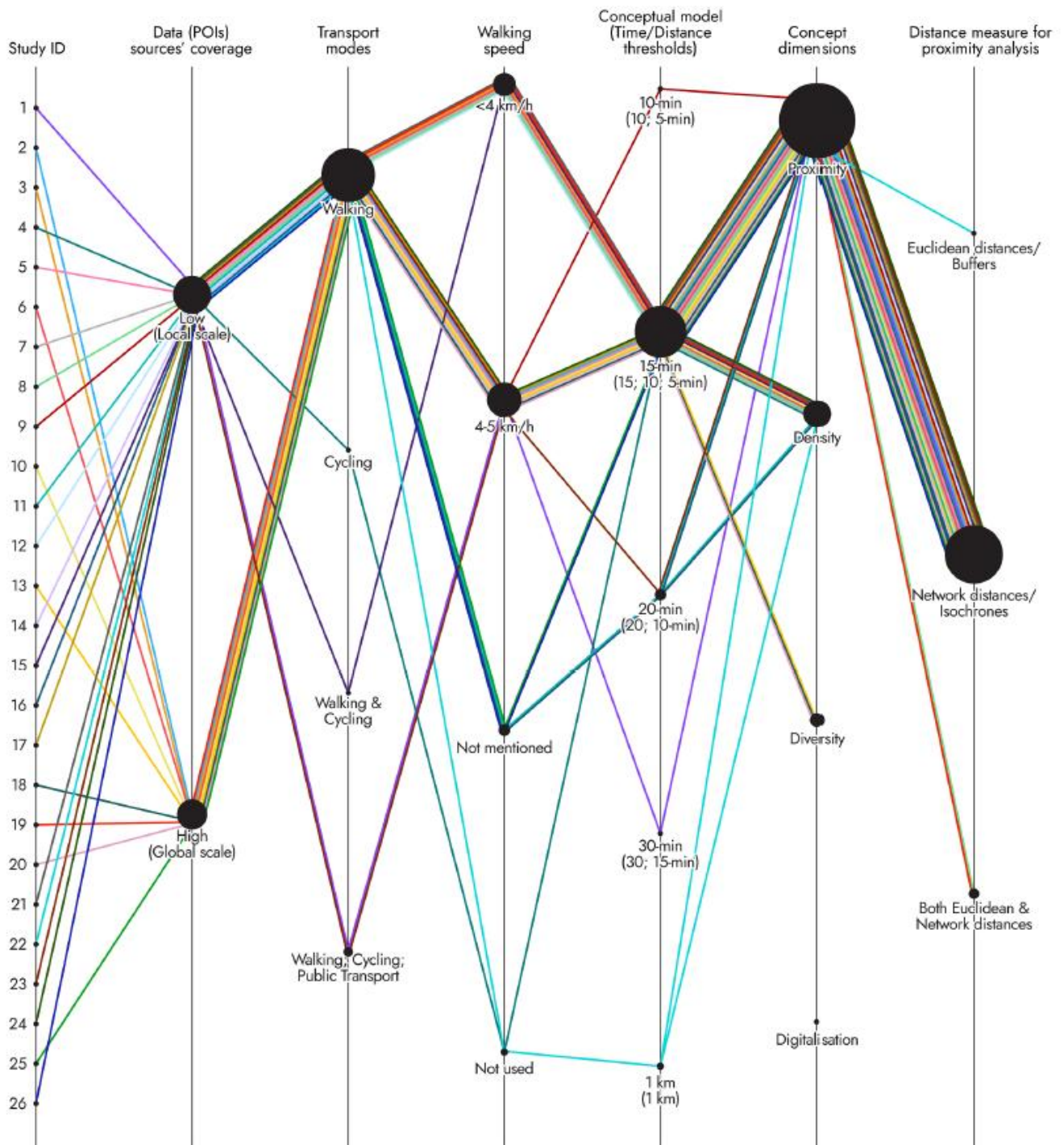


Figura 3. Componentes clave y métricas de la ciudad de los 15 minutos.

Fuente: (Papadopoulos et al., 2023)

2.1.3. Las periferias metropolitanas como punto de mira

La dispersión urbana, caracterizada por una creciente dependencia del automóvil, ha llevado a que, en muchos casos, ya no se pueda hablar únicamente de ciudades, sino de áreas metropolitanas (Rodríguez & Oviedo, 2001). En las grandes metrópolis, el alcance va mucho más allá de la ciudad central, **siendo la periferia la fuente de gran parte de la población y los viajes** (Francke, 2022).

Es por ello por lo que las periferias metropolitanas han cobrado un protagonismo creciente en las discusiones sobre movilidad y planificación urbana, con su compleja configuración y los desafíos que presentan (de Lucio, 2007; González Medina & de Gregorio Hurtado, 2021). Sin embargo, **la mayoría de las investigaciones se han focalizado en los centros de las ciudades**, además de que gran parte de las **políticas** relacionadas con la movilidad sostenible se han desarrollado a su vez estas áreas, sin considerar muchas veces el área metropolitana en su conjunto (Francke, 2022).

A. Definición de área metropolitana

En este contexto, es necesario comprender los límites que definen un área metropolitana, su extensión y las interrelaciones entre la ciudad central y los municipios periféricos. Sin embargo, establecer esta delimitación es a menudo complejo y varía según el territorio.

Aunque existen numerosas definiciones de lo que constituye un área metropolitana, muchos estudios en la literatura se basan en la definición de Rodríguez & Oviedo (2001), que establecen que un área metropolitana se define por la presencia de una **ciudad central** con una población mínima de 50.000 habitantes, así como por una **conexión económica y social significativa con los municipios periféricos**, lo que implica un total de al menos 100.000 habitantes. Además, esta área debe cumplir con ciertos criterios de **densidad y actividad económica**, incluyendo una **población económicamente activa** predominantemente no agraria y una densidad poblacional de al menos 50 habitantes por kilómetro cuadrado.

B. Periferias metropolitanas vs. Ciudad de los 15 minutos

El crecimiento suburbano en estas áreas metropolitanas ha generado **barrios residenciales de baja densidad alejados de polos comerciales, de ocio y de empleo** (Pozueta, 2000; Vitale Brovarone, 2022). Este modelo entra en conflicto con enfoques recientes como el de la ciudad de los 15 minutos, que busca

facilitar la accesibilidad a servicios esenciales dentro de distancias cortas, con predominio de los modos activos como los desplazamientos a pie o en bicicleta (Martínez, 2021; Moreno et al., 2021; Pozueta, 2000).

La implementación de este modelo en áreas suburbanas presenta obstáculos significativos, como las **restricciones de zonificación** que limitan el uso mixto del suelo y la menor densidad poblacional, lo que pone en duda su viabilidad fuera de contextos urbanos densos (Zakariasson, 2022). Además, reducir la dependencia del automóvil en estas áreas, requiere **importantes inversiones** en infraestructura, algo que las comunidades periféricas, especialmente las más pequeñas o con menos recursos, podrían no estar en condiciones de afrontar (Büttner et al., 2022). Esto refuerza la dependencia del automóvil y perpetúa los problemas de congestión y emisiones en las áreas metropolitanas.

C. Aspectos clave a considerar

Para abordar estos desafíos, es necesario considerar varios aspectos clave, como **la descentralización de los servicios y la conectividad interna**, con el fin de crear áreas urbanas complejas y diversas (Martínez, 2021). Un **modelo policéntrico** permite distribuir la oferta comercial y de ocio entre diferentes centros urbanos accesibles, evitando la concentración en un único núcleo y reduciendo los desplazamientos pendulares (de Lucio, 2007). Respecto a la conectividad interna, es fundamental crear una **red de itinerarios** que no solo vincule la ciudad central con las periferias, sino también las distintas zonas suburbanas, evitando el aislamiento que generan las grandes autopistas (Pozueta et al., 2009).

Por otra parte, los **procesos de gentrificación** se reducen cuando una red de transporte eficiente se extiende por toda la ciudad, evitando que solo las áreas céntricas se beneficien de mejoras en el espacio público (i Palenzuela, 2021). Un reto importante será, por lo tanto, extender este modelo más allá de los límites municipales y coordinar objetivos entre las diferentes unidades territoriales (Halásková & Halásková, 2009).

2.1.4. La bicicleta como alternativa al vehículo privado

Como respuesta a los desafíos derivados de la dependencia del automóvil mencionados previamente, una de las metas en las últimas décadas en Europa es la minoración de su uso, promoviendo el transporte público y los viajes no motorizados, como los desplazamientos a pie o en bicicleta. Iniciativas como el programa Horizon 2020 ha planteado reducir a la mitad los vehículos de combustión (Comisión Europea, 2020).

Además, en términos de sostenibilidad ambiental, social y económica, la bicicleta se presenta como una buena alternativa frente al automóvil, al cubrir mayores distancias que los viajes a pie (Pucher & Buehler, 2010). Entre los **beneficios** del uso de la bicicleta como modo de transporte, se encuentran los siguientes:

- **Beneficios individuales directos:** Reducción del tiempo de viaje, mayor independencia y ahorro económico, convirtiéndose en uno de los modos de transporte más equitativos junto con caminar (Pucher & Buehler, 2008; Sanz et al., 1999).
- **Beneficios individuales a largo plazo:** Mejora de la salud física y mental, y menor impacto ambiental, dado que la energía que requiere es la proporcionada por el propio ciclista (Lois et al., 2015; Pucher & Buehler, 2008; Sanz et al., 1999).
- **Beneficios colectivos:** Disminución de la contaminación del aire, alivio de la congestión, reducción del ruido y mejora de la calidad de vida urbana (Francke, 2022; Handy et al., 2010; i Palenzuela, 2021; Kabra et al., 2018; Lois et al., 2015; Walsh et al., 2008). Además, en cuanto a la ocupación del espacio, la bicicleta es también más eficiente (Kabra et al., 2018; Roca-Riu et al., 2020; Walsh et al., 2008), ya que en el espacio que ocupa un coche se pueden estacionar hasta 20 bicicletas, y la capacidad de una vía ciclista puede llegar a ser 10 veces superior a la de una vía destinada a automóviles (Sanz et al., 1999).

La **Figura 4** muestra la relación entre las emisiones de CO₂ de distintos modos de transporte y su ocupación en el espacio público, destacando a la bicicleta como la opción menos contaminante y con menor demanda de espacio, junto con los desplazamientos a pie, que no se incluyen en la figura.

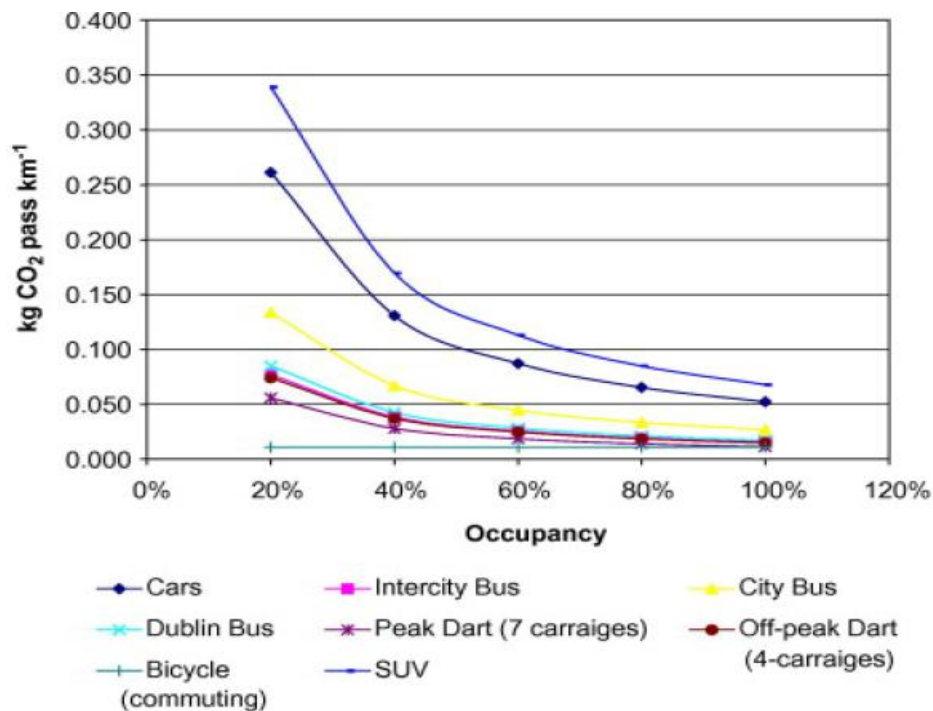


Figura 4. Efecto de la ocupación de diferentes modos de transporte en las emisiones de CO₂.

Fuente: (Walsh et al., 2008)

A pesar de estos beneficios, uno de los principales obstáculos al uso masivo de la bicicleta es la reticencia de las personas que habitualmente se desplazan en coche, aunque se ha demostrado que estos disminuyen a medida que aumenta la experiencia y el hábito del ciclismo (Muñoz et al., 2013). En España, por ejemplo, las barreras persisten, aunque los beneficios de la bicicleta son ampliamente conocidos (Lois et al., 2015).

Se destacan tres **barreras principales** entre los usuarios no frecuentes (Fernández-Heredia & Monzón, 2010):

- **Orografía:** Las condiciones topográficas desfavorables en ciertas ciudades actúan como un obstáculo significativo (Faghih-Imani et al., 2017; Rondinella et al., 2010). A pesar de esto, las bicicletas eléctricas se presentan como una opción particularmente atractiva en ciudades donde la orografía pueda suponer un obstáculo para las bicicletas convencionales (i Palenzuela, 2021), e incluso como una alternativa viable para reemplazar viajes en automóvil (Zhao et al., 2023).
- **Riesgo percibido:** La percepción del riesgo en el tráfico es un factor crucial que disuade a muchos de optar por la bicicleta como modo de transporte (Rondinella et al., 2010). Sin embargo, diversos estudios han señalado que el ciclismo no es inherentemente peligroso. Los riesgos dependen más de la interacción con otros elementos del sistema de transporte que del acto de montar en bicicleta per se (Jacobsen, 2003).
- **Distancia y tiempo:** Las grandes distancias y tiempos de viaje pueden ser una barrera (Rondinella et al., 2010). Sin embargo, estudios han demostrado que la bicicleta tiene potencial para sustituir a otros modos de transporte (Ploeger & Oldenziel, 2024; Romanillos, 2018; Sanz et al., 1999), ya que los trayectos en automóvil a menudo se ven prolongados por el tráfico y por el tiempo requerido para estacionar y retirar el vehículo (Shoup, 2006). Por su parte, el transporte público suele experimentar demoras debido a las paradas en estaciones y los tiempos de espera (Pozueta et al., 2009).

Frente a estos modos de transporte, como se observa en la **Figura 5**, la bicicleta es competitiva para viajes de corta y media distancia, hasta los 21 minutos (Romanillos, 2018) o 5 kilómetros (Sanz et al., 1999). De hecho, se estima que la mayoría de los desplazamientos por debajo de los 7,5 km podrían migrar del automóvil a la bicicleta (CROW, 2011).

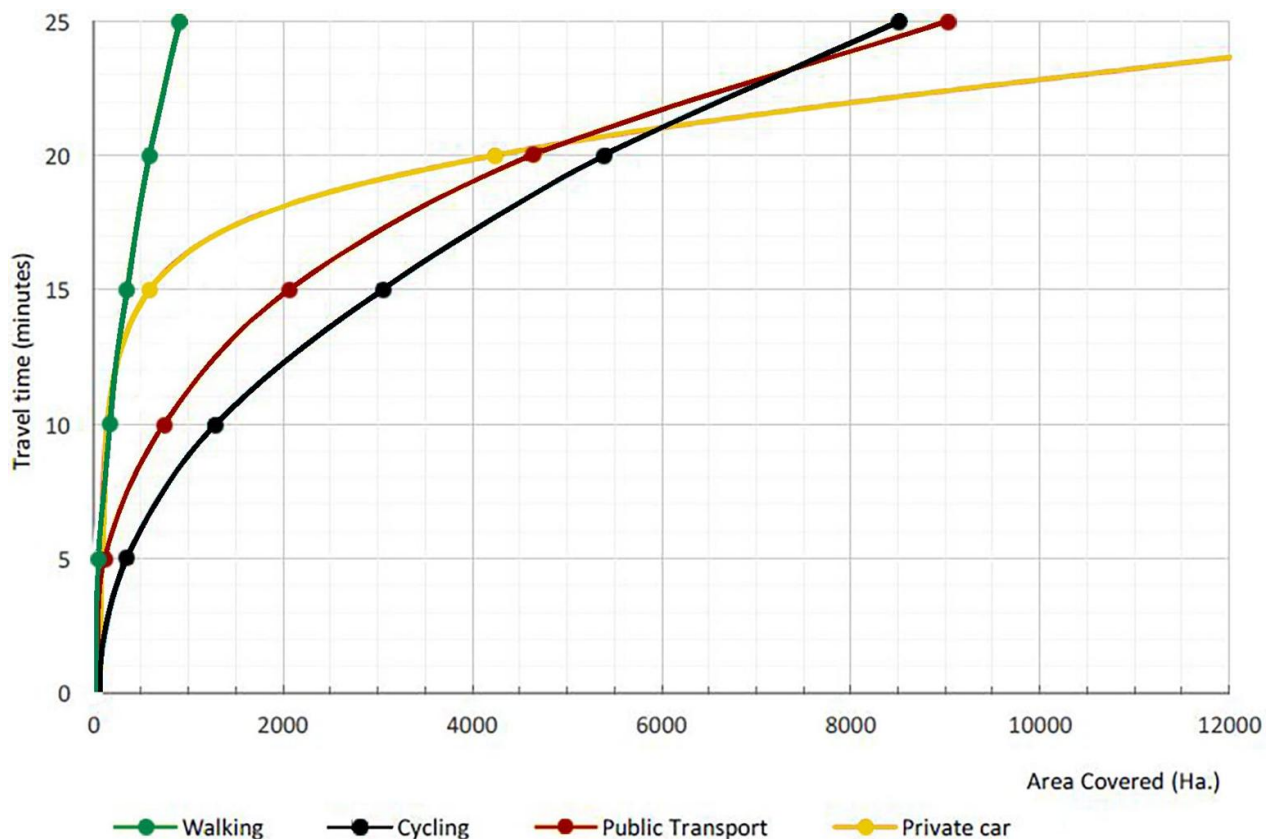


Figura 5. Área cubierta (ha) según el tiempo de viaje y el modo de transporte.

Fuente: (Romanillos, 2018)

2.2. Factores determinantes en el uso de la bicicleta

2.2.1. Factores del entorno urbano

La literatura existente demuestra una clara **relación entre el entorno urbano, la elección del modo de transporte** (Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2010; Handy, 2005) **y el estilo de vida** (Handy et al., 2010).

Según el estudio de Handy et al. (2010), los residentes que eligen vivir en áreas con un entorno favorable para el uso de la bicicleta tienen 1,69 veces más probabilidades de utilizarla, lo que resalta el efecto de autoselección en la decisión de transporte. De esta forma, una alta **densidad poblacional**, la **diversidad o mezcla de usos**, y los **itinerarios ciclistas bien diseñados**, están vinculados a distancias de viaje más cortas y una disminución en los viajes motorizados (Cervero & Radisch, 1996; Ewing & Cervero, 2010; Fazio et al., 2021; Nello-Deakin & Harms, 2019; Schwanen & Mokhtarian, 2005; Sun et al., 2017; Vandebulcke et al., 2011; Zhao et al., 2023).

2.2.1.1. Densidad

La relación entre la densidad y el transporte fue ampliamente discutida tras el estudio de Newman & Kenworthy (1989), que comparó densidades medias en ciudades estadounidenses y el consumo de energía en transporte, señalando que la expansión urbana de baja densidad en Estados Unidos era una de las principales causas de la congestión y la ineficiencia de recursos. Este estudio provocó un debate público sobre la relación entre la densidad y los problemas de movilidad, así como sobre la forma en que se mide dicha densidad.

De hecho, los vecindarios más compactos tienden a experimentar menos congestión de tráfico en comparación con las áreas suburbanas o menos densas, debido a distancias de viaje más cortas, calles más conectadas y mejores opciones de transporte (Litman, 2013). Las ciudades con una alta densidad tienden a mostrar una mayor inclinación hacia el uso del transporte público y los modos activos (Newman & Kenworthy, 1989).

Sin embargo, se ha identificado en la literatura que la densidad tiene un comportamiento de umbral: si no se alcanzan ciertos niveles, es improbable que se produzcan viajes locales, mientras que superar esos umbrales puede tener efectos negativos en el bienestar urbano (Pont, 2021). Es por ello por lo que es necesario encontrar un equilibrio que garantice que los espacios públicos sigan siendo atractivos y funcionales para sus habitantes (Pozueta et al., 2009).

En España, la Ley del Suelo de 1975 fijaba límites de densidad de 75 viviendas por hectárea, con un máximo excepcional de 100 viviendas por hectárea (Pozueta et al., 2009). Ejemplos como el Ensanche del siglo XIX y principios del XX, donde se superan las 200 viviendas por hectárea, destacan por su alta densidad. No obstante, hoy en día es raro encontrar densidades habitacionales por encima de 40 viviendas por hectárea.

En términos de movilidad ciclista, la literatura indica que **una mayor densidad está asociada con una mayor proporción de desplazamientos en bicicleta** (Arias Molinares, 2023; Dill et al., 2022; Duran-Rodas et al., 2019; Elmashhara et al., 2022; Faghih-Imani et al., 2014; Geipel et al., 2024; Maas et al., 2021; Rondinella et al., 2010; Tran et al., 2015).

2.2.1.2. Diversidad

La **relación entre la diversidad de usos del suelo y la movilidad** es clave para comprender los patrones de desplazamiento urbano (Carpio-Pinedo, Benito-Moreno, et al., 2021). Como señalan Wegener & Fuerst (2004), "los viajes no son causados por el número de personas, sino por su necesidad de movilidad para realizar actividades". Esta necesidad está directamente vinculada a la accesibilidad a una variedad de servicios, lo que implica que la elección del modo de transporte no solo depende de su disponibilidad, sino también de la distribución y oferta de bienes y servicios en el entorno urbano (Hine, 2012).

Desde la perspectiva de Jane Jacobs (1961), la diversidad de usos contribuye a la seguridad y vitalidad de los barrios a través del concepto de los "ojos en la calle" (Jacobs, 1961). Esta dinámica, además de fortalecer el tejido social, fomenta el uso de modos de transporte activos y el transporte público (Ewing & Cervero, 2001, 2010).

En este sentido, movilidad y diversidad de usos forman un ciclo de retroalimentación (**Figura 6**): la mejora en la infraestructura de transporte aumenta la accesibilidad, lo que a su vez impulsa el desarrollo urbano y genera nuevas necesidades de inversión en transporte (Wegener & Fuerst, 2004).

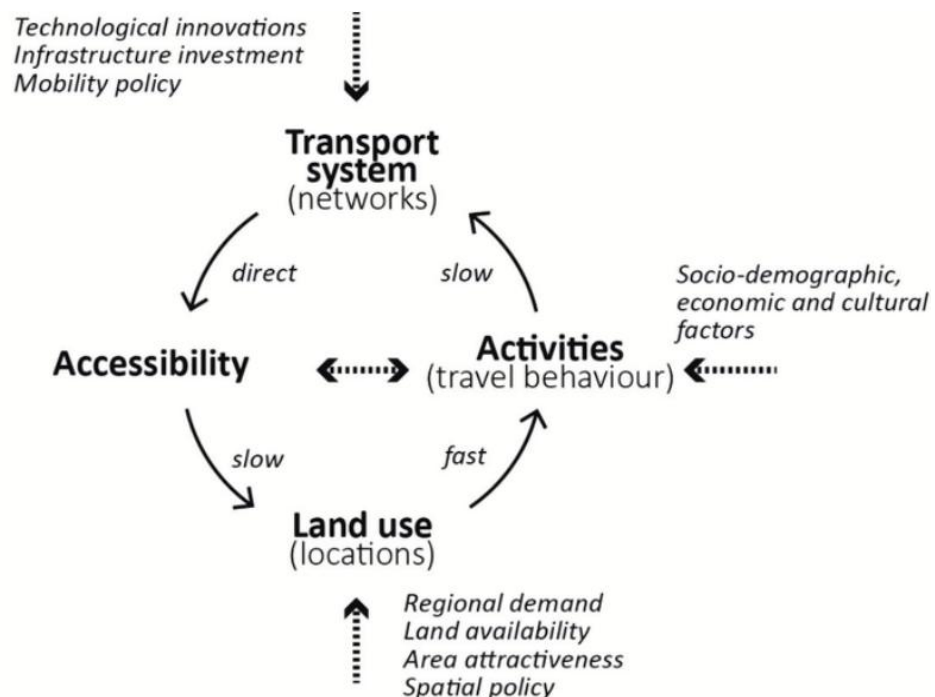


Figura 6. Ciclo de retroalimentación entre el transporte y el uso del suelo.

Fuente: (Wegener & Fuerst, 2004)

Uno de los grandes retos del urbanismo contemporáneo es lograr la integración del comercio en los tejidos urbanos consolidados, especialmente en áreas con una zonificación rígida (Pozueta et al., 2009), como en las zonas periféricas. La segregación de usos ha provocado una menor cohesión social, ya que el espacio público pierde su función como punto de encuentro y diversidad social (Jacobs, 1961), lo que afecta a su vez a la movilidad (Ghorra-Gobin, 2001). Además, la diversidad en el urbanismo no solo implica variedad en los usos del suelo, sino también en los perfiles de sus usuarios (Moreno et al., 2021).

En lo que respecta a la movilidad ciclista, un argumento a favor del trazado por las calles principales es precisamente la acumulación de actividades terciarias, comerciales o recreativas, así como de los estacionamientos cerca de los principales nodos de actividad (Gea21, 2016). Respecto al motivo de viaje, las variables relacionadas con el entorno construido tienen una influencia más marcada en las decisiones sobre el modo de transporte utilizado para los viajes de compras que para los desplazamientos al trabajo (Zhao et al., 2023). Además, **la presencia de puntos de interés (POIs) heterogéneos conlleva a un mayor uso de la bicicleta** y a menores requisitos de reequilibrio en las estaciones de bicicleta pública (Faghih-Imani et al., 2017).

No obstante, al igual que ocurre con la densidad, la mezcla de usos por sí sola no siempre conlleva una reducción en la dependencia del automóvil, sobre todo en entornos diseñados para su uso (Stevens, 2017). Este fenómeno sugiere que la mezcla de usos por sí sola no es suficiente, y necesita complementarse con infraestructura que favorezca la movilidad activa y el transporte público.

2.2.1.3. Diseño

La relación entre el diseño de la red ciclista y el uso de la bicicleta ha recibido escasa atención en la literatura, en parte debido a su complejidad, al estar relacionado con experiencias espaciales, pero también sociales y sensoriales (Liu et al., 2021). A pesar de esto, la inversión en una red ciclista bien diseñada es fundamental para motivar a más personas a optar por este modo de transporte (Dill & McNeil, 2013; Ewing & Cervero, 2010; Francke, 2022; Pucher & Buehler, 2010).

En la literatura, se destacan varios **factores clave de diseño** que influyen en el uso de la bicicleta, como la presencia de infraestructura segregada y el calmado de tráfico, que contribuyen a una experiencia más segura (Saelens & Handy, 2008). Además, la señalización y las marcas viales también juegan un papel crucial, ya que mejoran la visibilidad de los ciclistas (Pucher & Buehler, 2012). Finalmente, la disponibilidad de instalaciones como aparcamientos seguros, duchas y vestuarios, aumentan su comodidad y atractivo (Pucher & Buehler, 2010).

A. Requisitos de la red ciclista según el CROW

Los requisitos de diseño de la red ciclista según el Manual de Diseño para el Tráfico Ciclista en los Países Bajos son los siguientes (CROW, 2011):

- **Coherente:** La red debe ser accesible y estar conectada a puntos clave dentro de la trama urbana.
- **Directa:** Las rutas deben ser cortas y eficientes, considerando la importancia de las intersecciones.
- **Segura:** La separación del tráfico motorizado y la reducción de velocidad son esenciales para la seguridad de los ciclistas.
- **Cómoda:** La minimización de obstáculos y la facilidad de tránsito son fundamentales, considerando el estado del pavimento y la señalización.
- **Atractiva:** La creación de un paisaje urbano que incentive el uso de la bicicleta es otro de los requisitos clave.

B. Relación entre el diseño y la seguridad

En lo que respecta a la **seguridad**, se trata del factor más relevante en los niveles de uso de la bicicleta según la literatura. Como se puede ver en la **Figura 7, aumentar el número de ciclistas contribuye a reducir los accidentes**, ya que los conductores ajustan su comportamiento ante la presencia de usuarios vulnerables (Jacobsen, 2003). Se trata de diseñar infraestructuras que no solo atiendan a los ciclistas experimentados, sino que también sean accesibles y seguras para usuarios más vulnerables, como los niños y ancianos (Kisters et al., 2016).

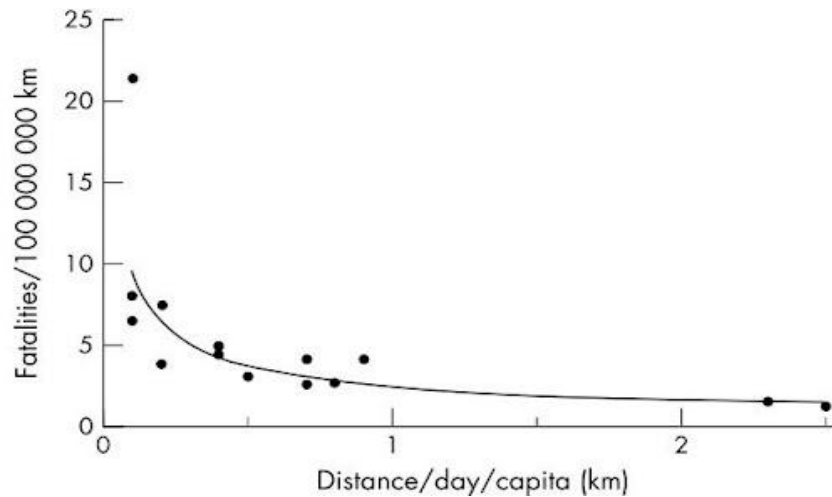


Figura 7. Ciclismo en 14 países europeos en 1998.

Fuente: (Jacobsen, 2003)

Como ejemplo de esto y como se observa en la **Figura 8**, en los años 50 en los Países Bajos, la priorización del automóvil llevó a un aumento de accidentes y disminución del uso de la bicicleta. Sin embargo, entre 1980 y 1998, la implementación de carriles ciclistas y políticas de restricción al tráfico motorizado resultaron en un aumento de los desplazamientos en bicicleta y una disminución de los accidentes (Pucher & Buehler, 2008).

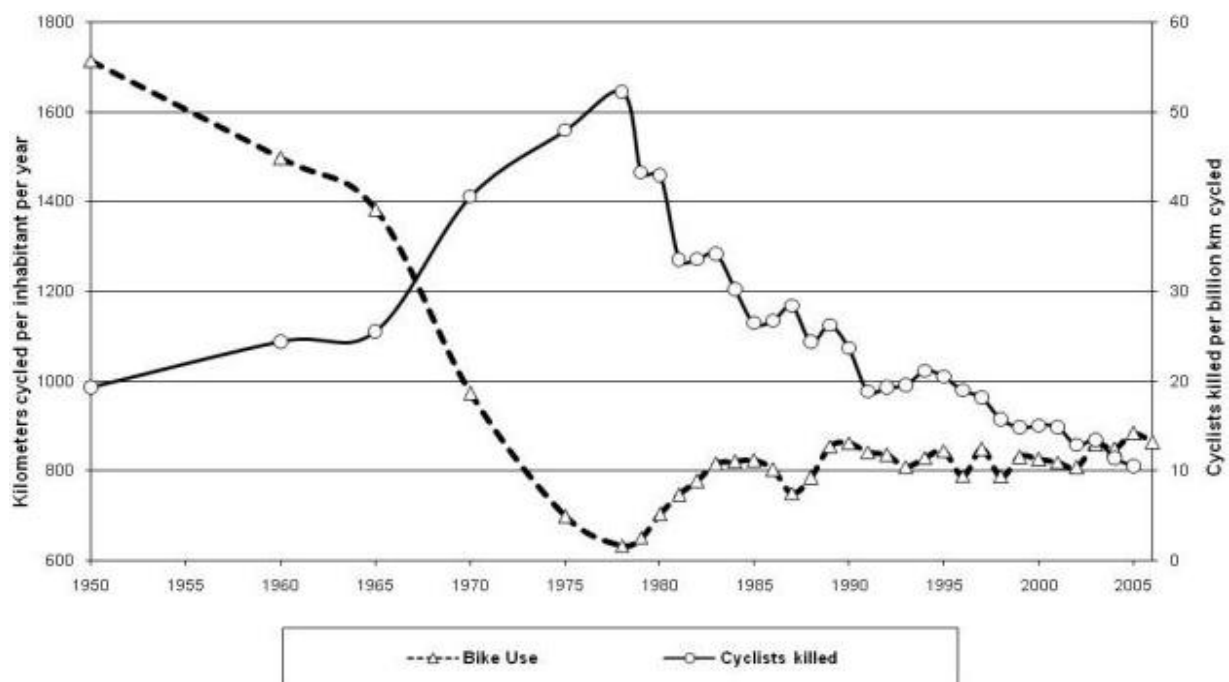


Figura 8. Tendencias inversas en las tasas de mortalidad en bicicleta y los kilómetros anuales recorridos por los habitantes en los Países Bajos.

Fuente: (Pucher & Buehler, 2008)

C. Métodos de análisis

Según el estudio de Schön et al. (2024), en el que se revisa la literatura de 54 artículos sobre conectividad en redes ciclistas, existen diversos **métodos para analizar el diseño y la conectividad** de estas redes, cada uno con enfoques y niveles de complejidad distintos. El método de **nivel de estrés del tráfico** evalúa la infraestructura ciclista según factores como la velocidad del tráfico, la separación de vehículos motorizados y el diseño de intersecciones. Los **métodos basados en betweenness**, identifican las rutas más utilizadas en la red, ayudando a priorizar mejoras en infraestructura. El **análisis configuracional**, basado en Space Syntax (Hillier & Hanson, 1984), se centra en la configuración y topología de la red, priorizando la minimización de giros. También se aplican enfoques como la **circuidad**, que mide la relación entre la distancia real recorrida y la distancia en línea recta, o los **modelos de demanda directa**, que estiman flujos ciclistas en base a datos de uso y características del entorno.

2.2.2. Factores socioeconómicos

La literatura sugiere que las características socioeconómicas influyen en la toma de decisiones de movilidad (Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2010; Hine, 2012; Kitamura et al., 1997; Winterton & Warburton, 2011; Zhao et al., 2023).

Además de la accesibilidad geográfica, la literatura señala que la **accesibilidad económica** es un factor clave en la elección del modo de transporte, influenciada por variables como el **estatus socioeconómico y el nivel de motorización del hogar** (Knap et al., 2023; Suárez-Vega et al., 2023; Yang et al., 2024). De esta forma, los hogares con mayor **índice de motorización** (número de automóviles por cada 1.000 habitantes) tienden a depender menos de modos de transporte alternativos como la bicicleta (Zhao et al., 2023).

Algunos autores como Morris et al. (1979), propusieron métodos para estratificar la población y analizar la **accesibilidad a destinos clave**, tomando en cuenta variables como el **nivel de ingresos, el estatus socioeconómico y el número de vehículos en el hogar**. A su vez, Kitamura et al. (1997) incorporaron las **actitudes y estilos de vida** en sus modelos. Otros estudios como el de Dios Ortúzar & Willumsen (2011), emplean **encuestas de origen-destino** para

modelar los desplazamientos, agrupando los datos por zonas e incorporando factores socioeconómicos para analizar su impacto en la elección modal.

Respecto a la movilidad ciclista, **aunque el nivel de renta es un predictor importante en la elección del modo de transporte, tiene menor influencia que los factores del entorno urbano en el uso de la bicicleta** (Handy et al., 2010). Otros factores como la disponibilidad de una bicicleta propia, el acceso a un lugar seguro para estacionarla y las características del viaje, como la distancia y la duración, también tienen un impacto más directo en su uso (Muñoz et al., 2014; Ye et al., 2020).

No obstante, el **nivel de ingresos** puede representar una **barrera** para el uso de la bicicleta. En el caso de la bicicleta individual, por la adquisición del vehículo y los costes asociados a su mantenimiento. En cuanto a los **sistemas de bicicleta pública**, los usuarios tienden a ser hombres jóvenes con un nivel socioeconómico alto (Ricci, 2015). Con el fin de superar estas barreras, es esencial planificar estos sistemas de manera que se logre un equilibrio entre eficiencia y justicia social, garantizando una distribución equitativa (Duran-Rodas et al., 2021; Lucas et al., 2016).

En este sentido, diversos estudios señalan que los beneficios asociados a la infraestructura ciclista tienden a concentrarse en áreas centrales y de mayor nivel socioeconómico, excluyendo sistemáticamente a los grupos más vulnerables y a las zonas periféricas (Cunha et al., 2024). Esta distribución desigual responde, en gran medida, a la escasa integración de criterios de **justicia espacial** en los procesos de planificación y evaluación (Cunha & Silva, 2023; Duran-Rodas et al., 2021). Si bien los discursos sobre accesibilidad y cohesión social han ganado presencia, la equidad continúa siendo poco priorizada en la práctica, ya que las inversiones siguen centradas en las zonas más favorecidas (Cunha et al., 2024).

2.2.3. Factores sociodemográficos

Además de los factores del entorno urbano y socioeconómicos, los factores sociodemográficos como la edad, el sexo o el nivel educativo, también influyen en el uso de la bicicleta (Broach et al., 2012; Handy et al., 2010; Ye et al., 2020). Según el modelo propuesto por S. L. Handy et al. (2010), **la edad tiene un efecto negativo sobre el uso de la bicicleta, mientras que un mayor nivel educativo aumenta las probabilidades de utilizarla.**

En países con una fuerte cultura ciclista, como los Países Bajos, Dinamarca y Alemania, la bicicleta se utiliza de manera equitativa entre los diferentes grupos de edad y niveles de ingresos. En la **Figura 9** se observa que en estos países el porcentaje de uso de la bicicleta entre las personas mayores de 70 años es considerablemente más alto que en países con un menor uso de este modo de transporte, como Estados Unidos e Inglaterra (Pucher & Buehler, 2021). Este patrón también se observa en ciudades españolas, como Madrid, donde el uso de la bicicleta es casi nulo en los grupos de mayor edad (Romanillos, 2018).

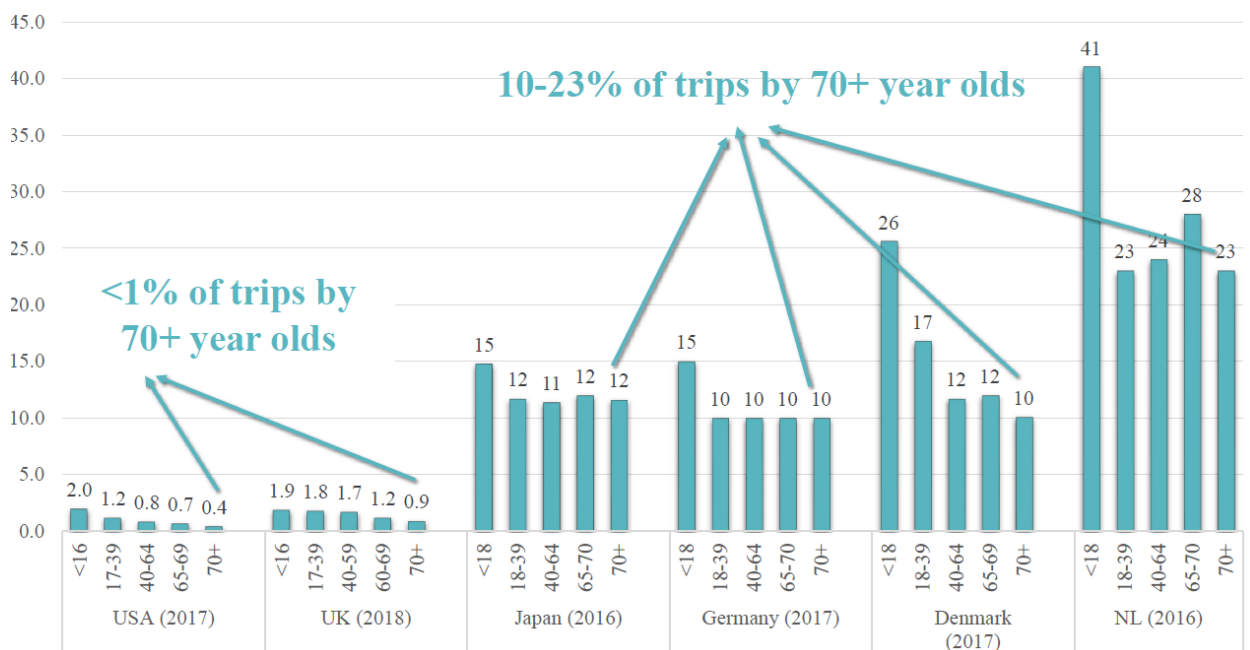


Figura 9. Porcentaje de uso de la bicicleta por grupo de edad.

Fuente: (Pucher & Buehler, 2021)

Por el contrario, **en los países con baja cultura ciclista, la distribución social de los ciclistas es más desequilibrada, con una mayoría de hombres jóvenes** (Goel et al., 2022; Pucher & Buehler, 2008, 2021; Romanillos, 2018). En estos países, la falta de infraestructura ciclista segura contribuye a la menor participación de las mujeres en el ciclismo, que tienden a ser más sensibles a los problemas de seguridad vial (Broach et al., 2012; Pucher & Buehler, 2021). Sin embargo, **en ciudades y países líderes en el uso de la bicicleta, las mujeres representan entre el 45 y el 55% de los ciclistas** (Pucher & Buehler, 2008). En la **Figura 10** se puede observar esta relación positiva entre el reparto modal de la bicicleta y el porcentaje de mujeres que se desplazan en este modo de transporte (Goel et al., 2022).

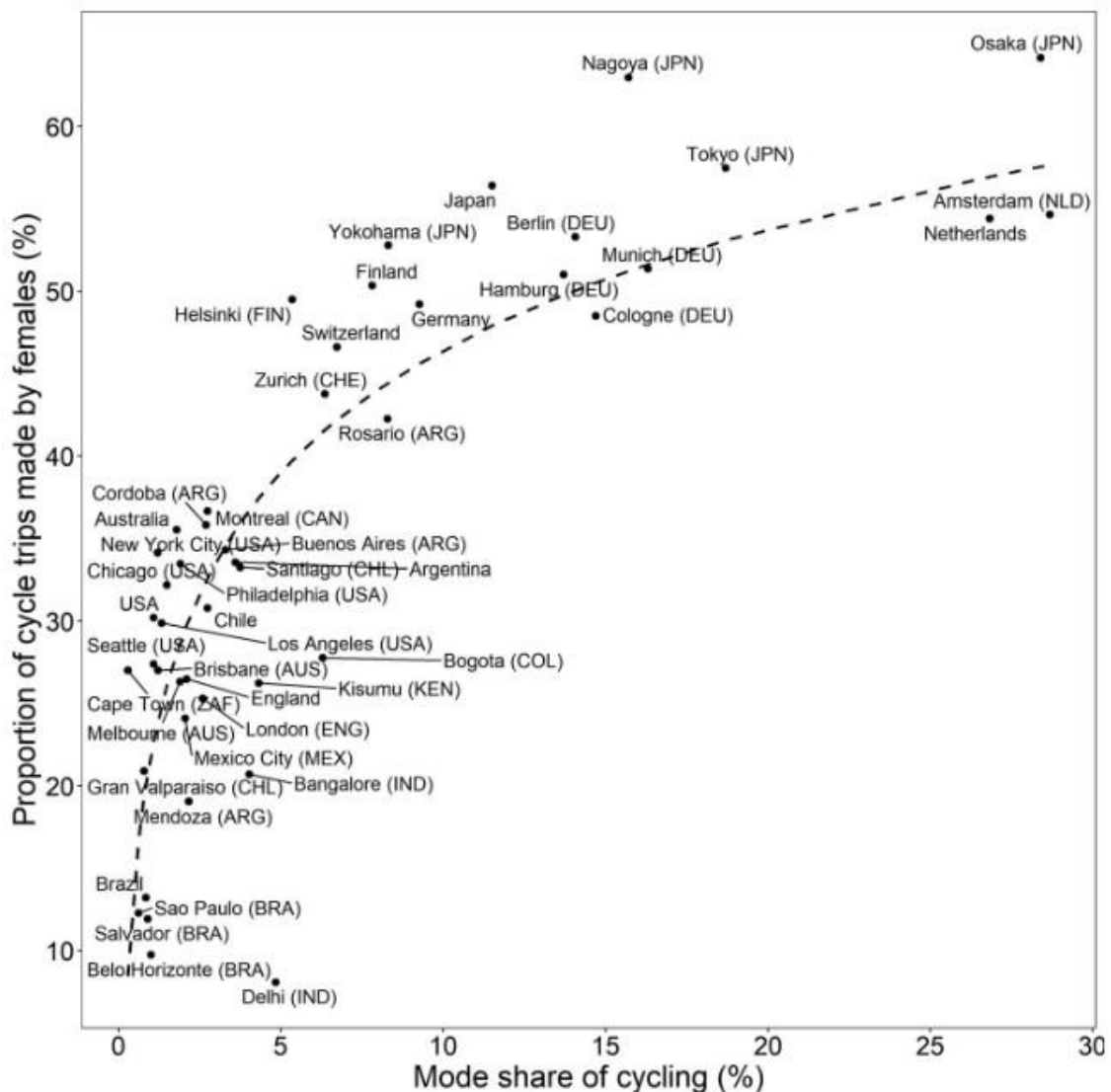


Figura 10. Género y nivel de uso de la bicicleta en ciudades y países.

Fuente: (Goel et al., 2022)

Otro aspecto que está impulsando el uso de la bicicleta es el **cambio generacional y cultural**. Las generaciones más jóvenes, particularmente las personas de entre 20 y 30 años, han mostrado una mayor disposición a adoptar modos de transporte activos y sostenibles, como la bicicleta o el transporte público, en comparación con generaciones anteriores (Pucher & Buehler, 2017).

2.2.4. Factores temporales

La literatura muestra que las **condiciones climatológicas** adversas, como la lluvia, el viento, el frío o el calor extremo, pueden suponer una **barrera** para el uso de la bicicleta (Helbich et al., 2014; Maas et al., 2021; Talavera-García et al., 2021). En ciudades con inviernos largos y duros, los ciclistas tienden a reducir su actividad durante los meses más fríos y lluviosos (Helbich et al., 2014; Hyland et al., 2018), aunque en ciertos casos la infraestructura ciclista protegida ha mitigado los efectos negativos del clima (Hong et al., 2020). En el caso de los usuarios ocasionales, la estacionalidad es más dramática respecto a los usuarios frecuentes, probablemente porque un porcentaje importante de ellos son turistas (Maas et al., 2021; Talavera-García et al., 2021).

Además, en relación con las **preferencias de desplazamiento según el día de la semana o la hora del día**, los estudios indican que el ciclismo recreativo se concentra principalmente durante los fines de semana y en horarios de ocio. En cambio, los ciclistas que utilizan la bicicleta como modo de transporte habitual suelen hacerlo en las horas punta de los días laborables (Gallop et al., 2011; Romanillos, 2018; Talavera-García et al., 2021).

2.2.5. Factores políticos

Los factores políticos han sido determinantes en países como Dinamarca, Alemania y los Países Bajos (Goel et al., 2022), que no siempre fueron líderes en movilidad ciclista. Durante las décadas de los 50 y 70, el uso de la bicicleta descendió considerablemente (Pucher & Buehler, 2008) debido a políticas que favorecían el uso del automóvil (Newman & Kenworthy, 1989). Sin embargo, a partir de los años 70, en estos países se produjo un cambio significativo, impulsado por nuevas políticas que promovieron el uso de la bicicleta, el transporte público y la movilidad peatonal. Estas políticas incluyeron **mejoras en la infraestructura ciclista y restricciones al uso del coche** (Pucher & Buehler, 2008). En la **Figura 11** se pueden observar las diferencias en el uso de la bicicleta entre los Países Bajos, donde se implementaron políticas para fomentar el ciclismo, e Inglaterra, donde esto no se aplicó.

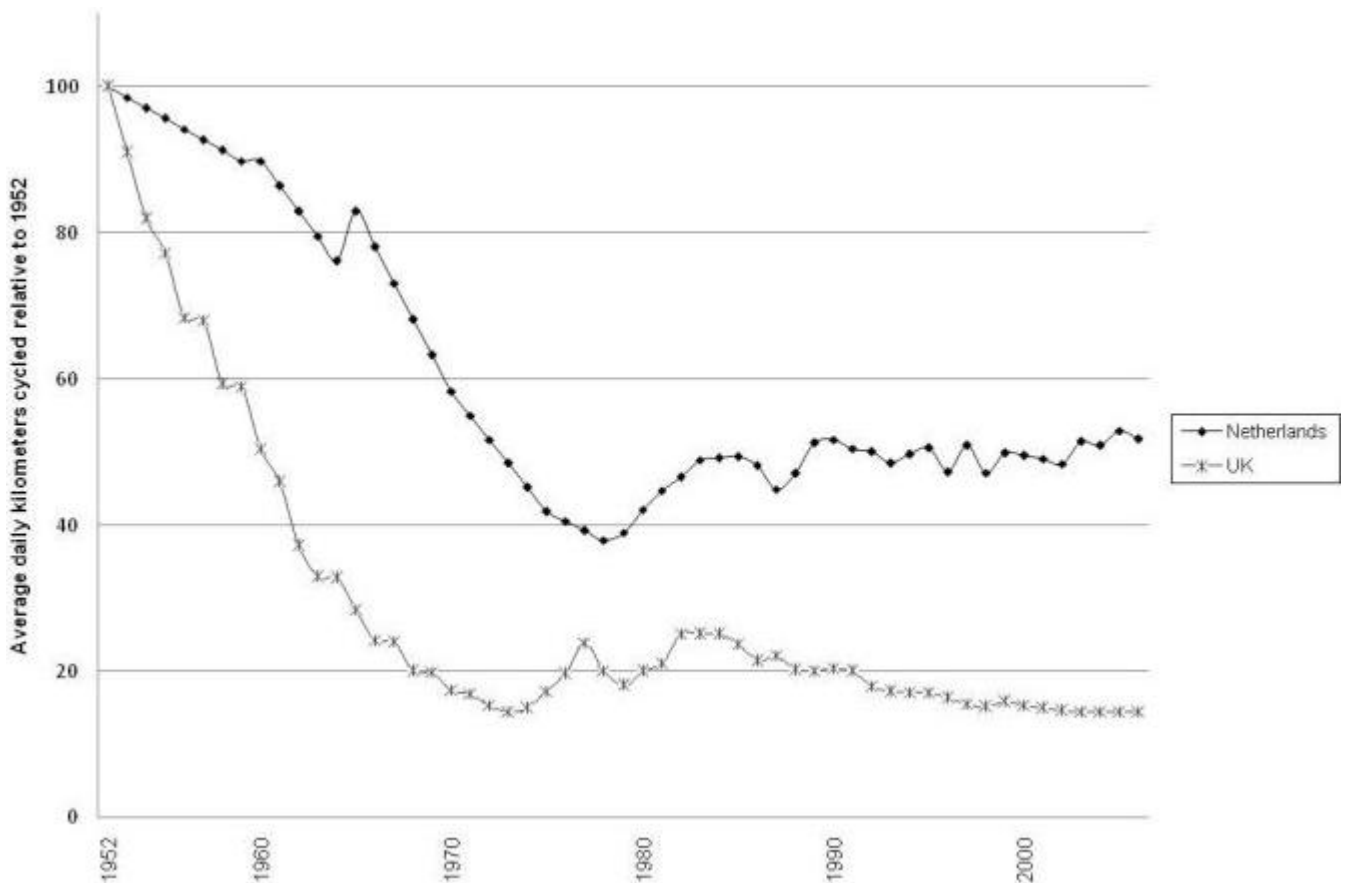


Figura 11. Tendencia en kilómetros recorridos en bicicleta por habitante y año en Países Bajos y Reino Unido, 1952-2006.

Fuente: (Pucher & Buehler, 2008)

“Las estrategias más eficaces no parecen ser las políticas radicales que conducen a la rápida consecución de los objetivos sobre transporte sostenible, por ejemplo, mediante la aplicación de medidas muy restrictivas para el coche, sino en las que las rutinas y las normas cambian gradualmente, de modo que las medidas de restricción del coche se convierten poco a poco en parte de la forma normal de hacer la planificación del transporte. **Las medidas que benefician especialmente a los desplazamientos a pie, en bicicleta y en transporte público crean conjuntamente una dirección de desarrollo que conduce a la realización de los objetivos de reducción de los desplazamientos en coche**” (Hrelja & Rye, 2023).

De esta manera, las políticas de movilidad urbana que combinan incentivos para el ciclismo (políticas “pull”) con restricciones al uso del coche (políticas “push”) han demostrado ser particularmente efectivas (Pucher & Buehler, 2008).

A. Políticas “push”

Estas políticas pretenden restar atractivo a los coches de forma directa. Esto, por ejemplo, se traduce en encarecer el uso del coche y hacerlo menos cómodo (Pucher & Buehler, 2008). Algunos aspectos clave se mencionan a continuación:

- Las políticas deben ir acompañadas de mejoras en la seguridad vial, tales como límites de velocidad más bajos y la reducción del tráfico motorizado en áreas urbanas, para proteger a los ciclistas y fomentar un entorno más agradable y menos estresante (Pucher & Buehler, 2017).
- En ciudades donde se ha desincentivado el uso del coche, debido a medidas como la reducción de plazas de aparcamiento, el aumento de su coste, Zonas de Bajas Emisiones o la implementación de peajes urbanos, los niveles de ciclismo han aumentado significativamente. Estas políticas son especialmente útiles para promover una transición hacia modos de transporte más sostenibles (Pucher & Buehler, 2008).
- Las políticas “push” han demostrado ser más efectivas que las “pull” para impulsar el uso combinado de la bicicleta y el tren (Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021).

B. Políticas "pull"

Estas políticas se asocian a un efecto positivo. Se centran en introducir modos alternativos de transporte, como la bicicleta, y hacerlos más cómodos, rápidos y modernos. Algunos ejemplos se mencionan a continuación:

- **Infraestructura y seguridad vial:** La infraestructura ciclista, como carriles bici protegidos y aparcamientos seguros, es clave para hacer que el ciclismo sea una opción viable y segura (Pucher & Buehler, 2017).
- **Educación y promoción:** Formación vial desde edades tempranas y políticas de promoción del ciclismo.

Además, la literatura identifica la **colaboración entre los distintos niveles de gobierno y otros actores relevantes** como un elemento crucial para implementar políticas ciclistas efectivas (Jittrapirom et al., 2018). Es fundamental involucrar a todos los actores, desde los gobiernos locales hasta las empresas privadas, en la creación de entornos seguros y adecuados para el ciclismo (Fernández-Heredia & Monzón, 2010; Lois et al., 2015). En este aspecto, los ayuntamientos suelen ser los principales impulsores de la movilidad ciclista, pero su éxito depende también del apoyo de la administración central, de marcos regulatorios claros, de la colaboración del sector privado, y de la aceptación de los ciudadanos (Sanz et al., 1999).

Además, el hecho de involucrar a los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones facilita que las políticas aborden las necesidades de toda la población, incluidas las de aquellas personas que no utilizan la bicicleta (Pindado, 2007). Esto puede lograrse a través de experimentos temporales de tráfico, que podrían convertirse en permanentes si tienen éxito y son bien recibidos (Francke, 2022), o mediante los "living labs", en los que se involucra a los ciudadanos, usuarios o comunidades en todo el proceso, desde la concepción hasta la implementación, permitiendo que sus experiencias, necesidades y comentarios influyan directamente en la evolución de los proyectos (te Brömmelstroet et al., 2020), entre otras iniciativas.

2.2.6. Factores culturales

Los factores culturales se refieren a las normas sociales, hábitos, valores y actitudes compartidas que influyen en la elección del modo de transporte. En el caso del ciclismo urbano, estos factores están estrechamente relacionados con la percepción social del uso de la bicicleta, la educación en movilidad desde edades tempranas y el grado de aceptación del ciclismo como una práctica cotidiana.

En países como Dinamarca o los Países Bajos, el alto nivel de uso de la bicicleta está ligado a una **cultura ciclista consolidada**, construida a lo largo del tiempo a través de múltiples mecanismos:

- **Educación vial:** La formación en el uso seguro de la bicicleta desde la infancia genera hábitos de movilidad ciclista que perduran en la edad adulta (Fernández-Heredia & Monzón, 2010; Lois et al., 2015).
- **Campañas y eventos culturales:** Iniciativas como los “*Bike-to-work Days*” o campañas públicas de sensibilización refuerzan la imagen positiva del ciclismo, destacando beneficios económicos, de salud y de calidad de vida (Dill & McNeil, 2013; Pucher & Buehler, 2008).
- **Cultura institucional pro-ciclismo:** La persistencia de políticas de apoyo al ciclismo en ciudades como Copenhague o Utrecht ha contribuido a mejorar la infraestructura y, en general, a construir una cultura compartida (CROW, 2011).

2.2.7. Factores subjetivos

La **Teoría del Comportamiento Planeado** (Ajzen, 1991) ofrece un marco útil para analizar los factores subjetivos, centrándose en tres componentes (**Figura 12**): **actitudes, normas subjetivas y percepción de control**, los cuales se han complementado con **el hábito y la identidad social** en estudios posteriores (Lois et al., 2015).

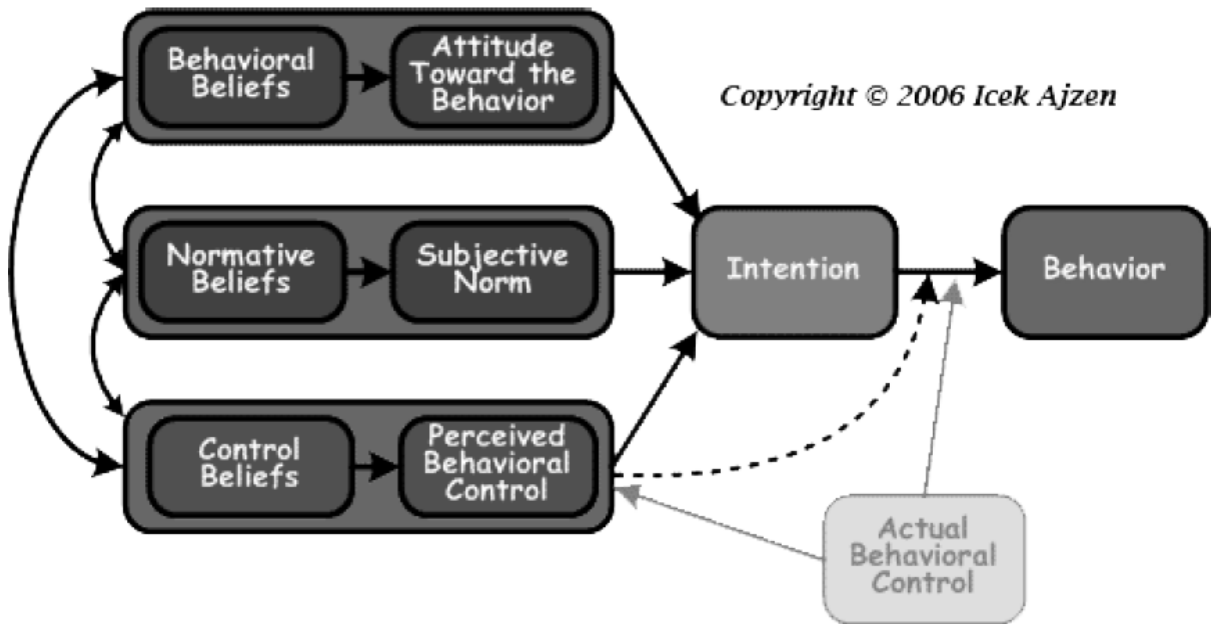


Figura 12. Teoría del Comportamiento Planeado.

Fuente: (Ajzen, 1991)

Según el estudio de Lois et al. (2015), **el hábito** es uno de los factores subjetivos más influyentes en la decisión de desplazarse en bicicleta. Las personas que ya usan la bicicleta tienden a seguir haciéndolo por inercia, mientras que aquellas que no lo hacen, necesitan un incentivo para cambiar su comportamiento (Lois et al., 2015; Muñoz et al., 2014). Esto subraya la importancia de las campañas dirigidas a usuarios potenciales que no han desarrollado el hábito del ciclismo (Muñoz et al., 2014), con el fin de capacitar a las personas para que adquieran nuevas experiencias que les permitan romper con su comportamiento habitual (Francke, 2022).

En lo que respecta a **la identidad ciclista y la percepción de pertenencia**, se ha demostrado que cuando las personas se identifican como ciclistas, tienden a adoptar más frecuentemente este modo de transporte (Lois et al., 2015). Además, el **apoyo social**, tanto de familiares como amigos o compañeros de trabajo o estudio, influye en la decisión de utilizar la bicicleta (Muñoz et al., 2013). Estudios recientes han confirmado la relevancia de los **efectos de pares o "peer effects"** en contextos universitarios y laborales, evidenciando cómo el comportamiento ciclista se difunde dentro de grupos sociales cohesionados y cómo las decisiones individuales se ven influenciadas por las elecciones de otros individuos cercanos (Kim et al., 2018; Lambotte et al., 2023; Manca et al., 2019).

En estos entornos, la interacción con compañeros que ya utilizan la bicicleta o los sistemas de bicicleta pública incrementa significativamente la probabilidad de que otros adopten este modo de transporte (Lambotte et al., 2023; Manca et al., 2019). Además, se ha observado que las dinámicas sociales entre miembros del mismo hogar o vecindario condicionan las decisiones modales, dado que las experiencias y elecciones de estas personas influyen directamente en el comportamiento de movilidad individual (Kim et al., 2018).

En contextos donde el uso de la bicicleta no está extendido, los individuos pueden sentir que usar la bicicleta no está socialmente aceptado, lo que frena su adopción (Fernández-Heredia & Monzón, 2010). Como consecuencia, se necesita crear una identidad positiva en torno a este modo de transporte para superar el estigma que lo asocia con una opción de bajo estatus o solo para deportistas o ecologistas (Gea21, 2016; Sanz et al., 1999), ya que la visibilidad de ciclistas en la calle incentiva a más personas a optar por este modo de transporte (Dill & McNeil, 2013). En este sentido, estudios recientes han señalado que, en entornos como los campus universitarios, las campañas de concienciación, la promoción del uso de la bicicleta, y la percepción de apoyo entre pares generan cambios significativos en la actitud hacia la movilidad ciclista (Cunha & Cadima, 2024).

La **percepción de seguridad** también constituye un factor determinante en la adopción de la bicicleta como modo de transporte (Dill & McNeil, 2013; Geller, 2006; Rondinella et al., 2010). La mejora tanto la infraestructura como de las condiciones de seguridad, puede generar experiencias positivas del ciclismo urbano, reduciendo las barreras psicológicas (Liu et al., 2021; Lois et al., 2015). A esto se suma la necesidad de cambiar las actitudes, también de los responsables de planificación urbana, cuyo escepticismo sobre el potencial del ciclismo puede actuar como barrera estructural en muchos casos (Bicalho et al., 2019).

En conjunto, los factores subjetivos, como los hábitos, la identidad, el apoyo social, la percepción de seguridad y los efectos de pares, influyen en la decisión de adoptar modos activos como la bicicleta y, en particular, los sistemas de bicicleta pública. Considerar estas dimensiones sociales es clave para el diseño de políticas públicas más eficaces en la promoción de la movilidad sostenible.

2.3. Los sistemas de bicicleta pública

2.3.1. Inicios y evolución de la bicicleta pública

A. Transformaciones tecnológicas y organizativas en la movilidad urbana

En las últimas décadas, la movilidad urbana ha sido objeto de una reconfiguración significativa impulsada por **la digitalización, el crecimiento de los servicios compartidos y la necesidad de reducir la dependencia del automóvil**. La **economía colaborativa** constituye uno de los motores principales de esta transformación (Cheng, 2016), y ha dado lugar a una transición de sistemas centrados en la propiedad individual del vehículo hacia la **movilidad compartida** en sus diversas formas (Arias Molinares, 2023; Geipel et al., 2024; Shaheen et al., 2020).

En paralelo, la irrupción del concepto de **Mobility as a Service (MaaS)** permite a los usuarios planificar, reservar y pagar por diversos modos de transporte desde una sola aplicación (Arias Molinares, 2023). Esta solución tiene como objetivo integrar los sistemas de transporte público con los nuevos servicios de movilidad compartida, incluyendo bicicletas públicas, patinetes eléctricos, coches y motos eléctricas (Jittrapirom et al., 2018).

No obstante, si bien muchas iniciativas tecnológicas han logrado avances en la integración de información en tiempo real y planificadores multimodales, pocos sistemas han alcanzado el nivel de madurez suficiente para ofrecer **paquetes de movilidad con suscripción mensual** (Arias Molinares, 2023; Jittrapirom et al., 2018). La falta de coordinación entre actores, la ausencia de marcos regulatorios comunes y los conflictos en torno a modelos de negocio y distribución de beneficios han ralentizado su implementación (Arias Molinares, 2023).

En este contexto, los sistemas de bicicleta pública desempeñan un papel clave como elemento de micromovilidad urbana, contribuyendo a la cobertura de la primera y última milla en viajes multimodales (Kabra et al., 2018; Ploeger & Oldenziel, 2024; Pucher & Buehler, 2017).

B. La bicicleta pública en Europa

El concepto de bicicleta pública se originó en **Ámsterdam** a finales de los años 60 como una respuesta a los crecientes problemas de tráfico y contaminación derivados del uso del automóvil (Pucher & Buehler, 2017). El proyecto conocido como **"White Bikes"** ofrecía bicicletas gratuitas sin anclaje ni regulación, disponibles para cualquier ciudadano, pero problemas como el vandalismo y el robo provocaron su rápida desaparición (Anaya-Boig et al., 2021). A pesar de esto, dejó un legado importante al destacar la necesidad de modos de transporte más sostenibles y eficientes (Anaya-Boig et al., 2021; Fishman et al., 2013).

El salto cualitativo en la evolución de la bicicleta pública se dio en 2005, con la introducción del sistema **Vélo'V** en **Lyon**, que incorporó estaciones con anclaje y un modelo de gestión basado en tecnología avanzada (Tran et al., 2015). Este sistema permitió mejorar la seguridad, la disponibilidad y la gestión de las bicicletas, convirtiéndose en un referente para otras ciudades europeas (Anaya-Boig et al., 2021).

Otro caso emblemático es el sistema **Vélib'** de **París**, lanzado en 2007, que no solo destacó por su éxito operativo, sino también por su impacto ambiental. En solo seis años, el sistema facilitó 173 millones de viajes y contribuyó a una reducción de 137.000 toneladas de emisiones de CO₂ (Kabra et al., 2018).

Hoy en día, los sistemas de bicicleta pública son una realidad en la mayoría de las ciudades europeas, habiéndose expandido incluso a las áreas rurales (Fishman et al., 2013), con un aumento notable en las investigaciones académicas sobre el tema. Estos sistemas han evolucionado para responder a necesidades específicas, integrándose con otros modos de transporte y adaptándose a distintos contextos urbanos y culturales (Duran-Rodas et al., 2019; Shaheen et al., 2020).

C. La bicicleta pública en España

España es uno de los países europeos con niveles más altos de uso del transporte público (Comisión Europea, 2014) y de viajes a pie (Pozueta et al., 2009). Sin embargo, el uso de la bicicleta como modo de transporte es limitado (Martínez Rico, 2022; Muñoz et al., 2013; Romanillos, 2018), suponiendo un 3% del reparto modal en España y apenas el 1,2% en Madrid (Büttner et al., 2022). Esto contrasta con los Países Bajos, entre otros, donde el 36% de los desplazamientos se realizan en bicicleta (Goel et al., 2022).

No fue hasta el año 2007 cuando se implementó el primer sistema moderno de bicicleta pública en España, el sistema **Bicing** de **Barcelona**. Este modelo inspiró la creación de sistemas similares (Anaya-Boig et al., 2021). Anaya-Boig et al. (2021) analizaron las características de estos sistemas en España, tanto de los que han cerrado como de los que permanecen operativos, evaluando los factores que influyen en su supervivencia.

Según este análisis, **hasta 2018, el 62% de los sistemas de bicicleta pública en España habían cerrado** (81 de 131). Las características comunes de los sistemas cerrados incluyen un bajo número de estaciones, localización en ciudades con menos de 100.000 habitantes y falta de un modelo financiero sostenible. Por el contrario, los sistemas más resilientes, que representaban el 38% operativo en 2018, tenían más de 30 estaciones y mostraban un uso más consistente (Anaya-Boig et al., 2021). Otro patrón significativo es que **el 76% de los sistemas operativos en 2018 llevaban más de siete años en funcionamiento**, mientras que el 50% de los que cerraron no alcanzaron los tres años en funcionamiento (Anaya-Boig et al., 2021).

En definitiva, los sistemas de bicicleta pública que han sobrevivido a condiciones económicas adversas suelen ser aquellos **ubicados en municipios más poblados, con mejores infraestructuras y mejor integración con otros modos de transporte** (Anaya-Boig et al., 2021).

2.3.2. Factores determinantes en el uso de los sistemas de bicicleta pública. Revisión sistemática de la literatura

Este apartado forma parte de una investigación en la que he colaborado y que fue publicada en la revista *Transport Reviews*: "Spatial factors associated with usage of different on-demand elements within mobility hubs: a systematic literature review" – Michel Geipel, Beatriz Martínez Rico, Benjamin Büttner, y David Duran-Rodas (2024). <https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2400363>

En este artículo, se llevó a cabo una **revisión sistemática de la literatura** para identificar los factores espaciales del entorno construido y social que son comunes a los elementos que conforman los "**mobility hubs**" (MHs) o **centros de movilidad**. Estos se conciben como nodos estratégicos que facilitan la intermodalidad entre diferentes modos de transporte sostenible, como bicicletas públicas, patinetes eléctricos, servicios de coche compartido, taxis o estaciones de recarga para vehículos eléctricos. Además, su papel es fundamental como solución para los desplazamientos de primera y última milla en coordinación con el transporte público.

A pesar de su creciente implantación en planes de movilidad urbana, el concepto de "*mobility hub*" sigue careciendo de una definición consensuada. No obstante, la literatura coincide en que se trata de ubicaciones físicas reconocibles donde se integran varias opciones de movilidad compartida, generalmente próximas al transporte público. Además, su implementación debe adaptarse a las características sociales, económicas y de movilidad del entorno en el que se sitúan, lo que refuerza la necesidad de entender qué factores espaciales condicionan su uso.

En este contexto, el artículo identifica diferentes componentes de los MHs: elementos principales de movilidad (como el transporte público), elementos secundarios (como los sistemas de bicicleta pública o los patinetes compartidos), infraestructuras relacionadas con la movilidad (por ejemplo, estaciones de recarga eléctrica) y servicios no relacionados directamente con la movilidad (como áreas de espera o taquillas de paquetería). La revisión realizada evidencia que existe un conjunto de factores del entorno urbano, como la densidad de estaciones de transporte público,

la actividad comercial o la infraestructura ciclista, que influyen en el uso de estos elementos.

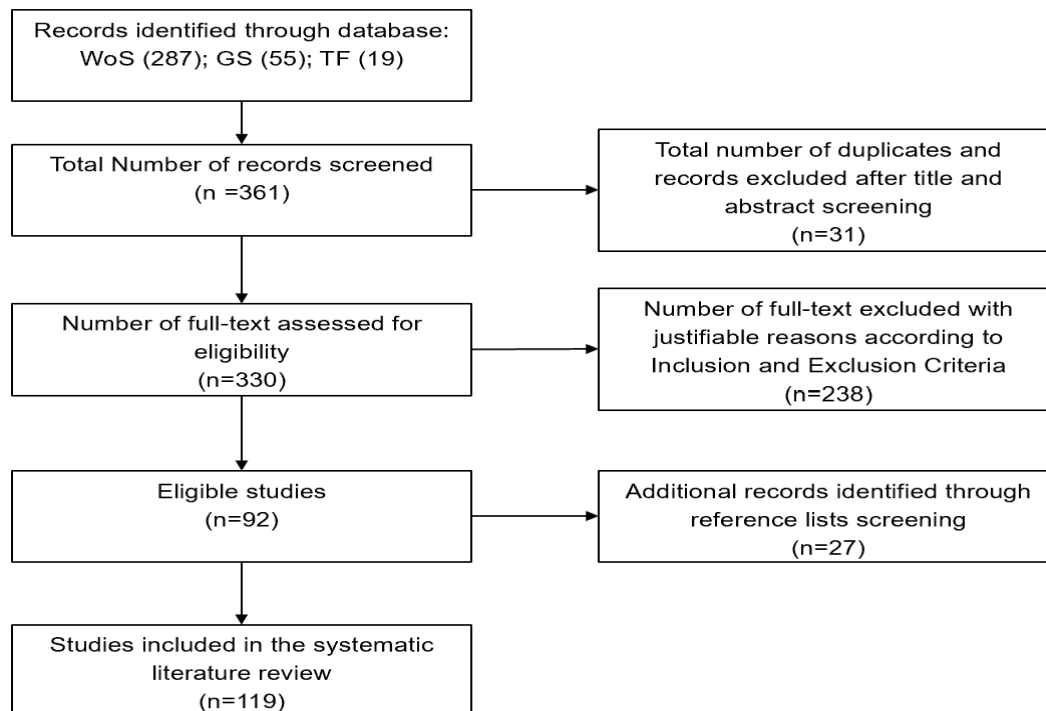
En este apartado del marco teórico, se sintetizan los resultados más relevantes de esta revisión en el caso concreto de los sistemas de bicicleta pública, extrayendo los factores del entorno construido y social que determinan su uso y que, además, pueden resultar útiles para la planificación e implementación efectiva de los “*mobility hubs*”.

A. Metodología: revisión sistemática de la literatura

Para la revisión sistemática de la literatura, se ha implementado un enfoque de meta-síntesis descriptiva (Elmashhara et al., 2022; Khalaj et al., 2020; Limkakeng et al., 2014; Xiao & Watson, 2019), incluyendo un conteo de frecuencia de los factores.

Los estudios seleccionados para la revisión de la literatura abarcaron artículos publicados entre 2011 y marzo de 2022 e incluyeron tres tipos de investigaciones: **estudios espaciales, estudios basados en usuarios y guías prácticas**. Los estudios espaciales se basan en el análisis de los datos de viajes en un área específica mediante metodologías de análisis espacial, haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los estudios basados en usuarios identifican factores asociados con la demanda a través de encuestas o entrevistas. Por último, se incluyeron guías científicas o prácticas especializadas en movilidad. Los artículos utilizados se obtuvieron de plataformas como Web of Science (WoS), Google Scholar (GS) y Taylor & Francis Online (TF).

Únicamente se incluyeron artículos revisados por pares en inglés, lo cual responde a la práctica común en revisiones sistemáticas. Además, se recopilieron datos adicionales de los estudios, tales como modelos estadísticos o geográficos, datos específicos de cada país, y el tipo de sistema (sin estaciones o con estaciones fijas), facilitando así su comparativa (Geipel et al., 2024). En el caso de la literatura seleccionada para los sistemas de bicicleta pública, del total de 119 artículos revisados para los elementos de los “*mobility hubs*” en su conjunto (**Figura 13**), 34 son de sistemas de bicicleta pública (**Figura 14**).



Note: WoS: Web of Science / GS: Google Scholar / TF: Taylor & Francise Online

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática de la literatura.

Fuente: (Geipel et al., 2024)

Bike sharing:

a: Faghih-Imani et al. (2014), b: Noland et al. (2016), c: Faghih-Imani et al. (2017), d: T. D. Tran et al. (2015), e: Rixey (2012), f: Daddio (2012), g: Buck and Buehler (2012), h: Wang et al. (2016), i: Nair et al. (2013), j: Hampshire and Marla (2011), F. González et al. (2016), l: Lin and Yang (2011), m: Faghih-Imani and Eluru (2015), n: Duran-Rodas et al. (2019), o: Médard de Chardon et al. (2017), p: Mateo-Babiano et al. (2016), q: Bao et al. (2017), r: Sun et al. (2018), s: El-Assi et al. (2017), t: Yuanyuan Guo and He (2020), u: H. Li et al. (2021) / I: Dimitrios Efthymiou et al. (2013), II: Bachand-Marleau et al. (2012), III: Buck et al. (2013), IV: Fuller et al. (2011), V: Bachand-Marleau et al. (2011), VI: Murphy and Usher (2015), VII: Susan A. Shaheen et al. (2011), VIII: Du and Cheng (2018), IX: Campbell et al. (2016), X: Fishman et al. (2015) / A: Ambroz et al. (2016), B: Gauthier et al. (2014), C: Büttner et al. (2011), D: McCormack et al. (2011)

Figura 14. Literatura seleccionada para los sistemas de bicicleta pública.

Fuente: (Geipel et al., 2024)

En la revisión sistemática de la literatura, los factores espaciales se analizaron para evaluar su correlación con el uso histórico de bicicletas públicas a partir de modelos y de la interpretación de los autores en cada estudio. Así, cada factor en los estudios revisados obtuvo un valor positivo (+) si se asociaba con un mayor uso, negativo (-) si indicaba una reducción en el uso, y neutral (o) si no mostraba asociación. Esta metodología se complementó con un proceso de normalización de los datos de cada factor, mediante el método *Min-Max Nominalization* (Han et al., 2012), que permitió asignar puntuaciones para clasificar los factores según su grado de presencia en la literatura. Esto facilita el análisis para una posible predicción de su influencia en futuros sistemas de bicicleta pública (Robinson & Oshlack, 2010; Rybarczyk & Wu, 2014).

B. Resultados: factores determinantes en el uso de los sistemas de bicicleta pública (BSS)

Los factores más repetidos en la literatura para los BSS fueron principalmente aquellos relacionados con la presencia de **infraestructura de movilidad activa (como carriles ciclistas o ejes peatonales)**, la **densidad de población**, la **densidad de empleo**, la **proximidad al transporte público** y la **disponibilidad de puntos de interés recreativos**. Estos resultados destacan la importancia de la **localización estratégica** de las estaciones de bicicleta pública para garantizar su accesibilidad y proximidad.

Adicionalmente, la presencia de **pendientes pronunciadas** fue identificada como un factor negativo y una posible barrera para el uso de estos sistemas, evidenciando la necesidad de considerar el terreno y la infraestructura ciclista disponible en la planificación de los BSS. Por otro lado, los usos industriales y puntos de culto mostraron una correlación neutral.

En la **Tabla 1** se pueden observar estos factores determinantes con sus respectivos valores.

Bike Sharing - Factor Table			Spatial Studies																	User-based Studies (Survey)										Guidelines				SUM	
			a	b , q	c , j	d	e	f , g	h	i	k	l	m	n	o	p	r	s	t	u	I	II	III	IV , V	VI	VII	VIII	IX	X	A	B	C	D	(n=35)	
			(+) Positive Correlation										(-) Negative Correlation										(o) Neutral Correlation												
Groups	Sub-Groups	Factors																																	
Social Environment	Population	City Population				+		+							+																	+		4	
		Population Density	+	+	+			+	+					+	+	+			+												+		+	11	
		Employment Density	+	+	+	+			+	+	+		+					+		+								+	+	+			+	14	
	Socio-Demography	High Household Income (Affluence Neighbourhood)						+	+													+	+	+		+		-		+				6	
		Household Size				+																	+			+								3	
		Household Car Ownership (No or Low)							+																									1	
		Household/Personal Education Level							+														+			+		+						4	
Built Environment	Topography	Slope (Hilly Terrain)				-											-	-														-	-4		
	Urban Structure	Short Distance to or within City Center (Central Business Districts)	+						+	+					+				+			+		+				+						8	
		Commercial/Retail Activity	+	+	+			+	+			+								+				+		+					+		+	11	
		Mixed Land use		+					+											+										+	+			5	
		Industrial Land use																		+											+			1	
		Residential Land use		+											+			+		+	+									+				6	
	Transport Infrastructure (Availability)	Overall Public Transport		+	+						+		+	+	+				+	+	+					+	+				+	+	+	+	15
		Metro (Subway)	+	+					+			+	+	+						o	+				+		+							7	
		Railway Station					+		+																+	+								4	
		Bus Stop							+									+																2	
		Taxi Stop													+																			1	
		Micro Mobility or Car Sharing Stop														+																		1	
		Major Roads	-																	-													-2		
		Minor Roads													+																			1	
		Intersection Proximity & Frequency			-																-													-2	
		Embankment road					+																											1	
		Active-Mode Infrastructure (Cycle-, Walking zones, Pedestrian Safety)	+	+				+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+				+				+		+	+	+		18	
	POIs Recreation (Origins, Destinations)	Overall Recreation POIs			-	+									+		+		+							+								4	
		Cinema					+								+											+								3	
		Worship POIs					-																											-1	
		Hotel					+													-														0	
		Restaurant (Food Businesses)	+	+	+	+				+				+	+											+								8	
		Tourist Attractions																			-											+		0	
		Parks							+					+	+					+					+							+		6	
		Public Squares																		+	-													0	
	Sports Centers																			+					+								1		
	POIs Business (Origins, Destinations)	Financial Institutions																			-													-1	
		Universities or Educational Facilitis (Also Schools & Student Housing)	+				+			+								+	+		+													6	
		Medical Institutions (e.g. Hospitals)																			-													-1	
Factors not mentioned in Literature		Industrial Land use, Single Land use, Tram station, Airport Proximity, Ferry Terminal Proximity, Parking Lot Availability																																	

Tabla 1. Factores del entorno urbano y social para los sistemas de bicicleta pública

Fuente: (Geipel et al., 2024)

C. Distribución geográfica de los estudios

El análisis geográfico de los estudios incluidos en la revisión sistemática de la literatura revela que el 47% de los estudios espaciales proceden de Estados Unidos, seguidos por Europa (20%) y China (15%), lo que pone en evidencia una focalización de estos estudios en regiones altamente urbanizadas. Por otro lado, las investigaciones basadas en usuarios alcanzaron una mayor diversidad geográfica, con un 24% realizados en Europa y un 21% en Estados Unidos.

D. Conclusiones del estudio

La recopilación y priorización de los factores asociados al uso de los sistemas de bicicleta pública ha permitido identificar patrones espaciales que determinan su nivel de uso. Por ejemplo, la densidad de infraestructura para modos activos, como carriles ciclistas, se correlaciona positivamente con un uso intensivo, destacándose entre los factores de mayor influencia (Duran-Rodas et al., 2021).

Por último, en la revisión sistemática de la literatura se destaca que, en ciudades como París, el aumento de la disponibilidad de bicicletas y la reducción de la distancia a los puntos de anclaje generaron un incremento significativo en su uso, con variaciones de hasta un 29,41% según las preferencias de los usuarios (Faghih-Imani et al., 2017; Kabra et al., 2018). Esto subraya la importancia de una oferta amplia y de la facilidad de acceso en el éxito de los sistemas de bicicleta pública en áreas urbanas.

2.3.3. Proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública. Métricas y herramientas

En el contexto del urbanismo de proximidad, el análisis de la accesibilidad urbana ha generado una distinción conceptual entre enfoques centrados en la proximidad y aquellos centrados en la movilidad (Silva et al., 2023). Ambos cuentan con **métricas e implicaciones particulares** para el diseño de los sistemas de bicicleta pública y otros modos activos (**Figura 15**).

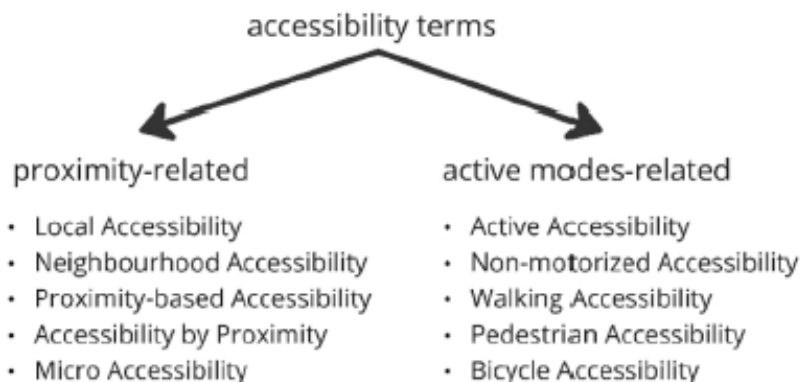


Figura 15. Resumen de los términos de accesibilidad centrados en la proximidad y en los modos activos encontrados en la literatura.

Fuente: (Silva et al., 2023)

- **Modelo de proximidad centrada en la accesibilidad (distancia)**

Este modelo se caracteriza por medir la accesibilidad local a los servicios dentro de distancias fijas (Silva et al., 2023). En la mayoría de los casos, se establece que una **distancia** de acceso razonable a pie oscila **entre 400 y 800 metros**, lo que equivale a un tiempo de desplazamiento promedio de 5 a 10 minutos (Arias Molinares, 2023; Carpio-Pinedo, Pozo Menéndez, et al., 2021; Guerra et al., 2012; Olszewski & Wibowo, 2005). En estudios específicos de sistemas de bicicleta pública, se han identificado distancias que oscilan **entre los 250 y los 750 metros**, dependiendo de la densidad de estaciones (Faghih-Imani et al., 2014; Soriguera et al., 2018; Wu et al., 2019).

- **Modelo de proximidad centrado en la movilidad (tiempo)**

Estudios recientes han adoptado métricas de accesibilidad basadas en un rango de **15 minutos**, en línea con el concepto de la ciudad de los 15 minutos (Moreno et al., 2021), y midiendo la accesibilidad en términos de **tiempo** de viaje (Silva et al., 2023).

Los estudios demuestran que este modelo de accesibilidad centrado en la movilidad favorece las infraestructuras de transporte rápido, optimizando las velocidades de desplazamiento (Silva et al., 2023). De esta manera, los **aumentos en la velocidad** no han reducido los tiempos de viaje en términos generales, sino que han permitido que las personas residan en ubicaciones cada vez más alejadas, incrementando las distancias promedio y fomentando la dispersión urbana (Silva & Altieri, 2022; Zahavi, 1974). Esta estrategia ha generado una mayor dependencia del automóvil y un alejamiento de los servicios básicos en áreas residenciales (Newman & Kenworthy, 1989).

Por lo tanto, se concluye que la literatura muestra una tendencia favorable hacia la definición de proximidad como una medida de **distancia, en lugar de tiempo**, para evitar interpretaciones ambiguas que dependen del modo de transporte y de la infraestructura de movilidad disponible (Silva & Altieri, 2022; van Goeverden, 2022).

En lo que respecta a las **herramientas** para medir la accesibilidad, se han aplicado distintos enfoques metodológicos en la literatura sobre bicicleta pública. Estas suelen considerar distancias lineales o la delimitación de áreas de cobertura a través de buffers circulares o isócronas generadas con **Sistemas de Información Geográfica** (Faghih-Imani et al., 2014; Tran et al., 2015). Finalmente, la literatura revisada sugiere que el uso de **isócronas** para medir la accesibilidad proporciona una estimación más precisa, ya que estas representan rutas de acceso real a través de la red de calles y no solo distancias lineales (Radzimski & Dzięcielski, 2021).

En la **Tabla 2**, se pueden observar las distintas métricas y herramientas utilizadas en la literatura revisada para medir la distancia y/o el tiempo a estaciones de bicicleta pública, o de transporte público en algunos casos.

Literatura revisada	Métricas		Herramientas
	metros	minutos	
(Garnier, 1917)	600		Distancia lineal
(Olszewski & Wibowo, 2005)	400; 800		Distancia lineal
(Krizek & Johnson, 2006)	400; 1600		Distancia lineal
(Guerra et al., 2012)	400; 800		Distancia lineal
(Faghih-Imani et al., 2014)	250		Buffer
(Tran et al., 2015)	300		Buffer
(Vale et al., 2015)	400		Buffer
(Soriguera et al., 2018)	750		Distancia lineal
(Wu et al., 2019)	700		Buffer
(Macioszek & Kurek, 2020)		5; 10	Isocronas
(Radzimski & Dzięcielski, 2021)	500		Isocronas
(Moreno et al., 2021)		15	Isocronas
(Carpio-Pinedo, Pozo Menéndez, et al., 2021)	400; 800	5; 10	Isocronas
(Silva et al., 2023)	1600		Isocronas
(Arias Molinares, 2023)	400		Isocronas

Tabla 2. Herramientas y métricas de accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública encontradas en la literatura.

Fuente: Elaboración propia

Según Krizek & Johnson (2006), los sujetos que viven a menos de **400 metros** de una instalación de bicicletas tienen una probabilidad significativamente mayor de utilizar este modo de transporte. Como conclusión, esta es la distancia más repetida en la literatura y responde a la necesidad de que las estaciones se encuentren en ubicaciones estratégicas, accesibles en un tiempo y distancia adecuados para incentivar el uso de la bicicleta (Macioszek & Kurek, 2020; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021; Radzimski & Dzięcielski, 2021).

2.3.4. Multimodalidad e integración con otros modos de transporte

Este apartado del marco teórico toma de referencia la revisión bibliográfica realizada para el artículo publicado en la revista Territorios en Formación, bajo el nombre "La bicicleta pública como parte del transporte multimodal en el área metropolitana de Madrid" (Martínez Rico, 2022).

La multimodalidad ha sido una preocupación estratégica en la planificación del transporte durante décadas, que consiste en la integración de diferentes modos de transporte en un único trayecto. Esto permite a las personas combinar alternativas como el transporte público, la bicicleta, y los desplazamientos a pie o en coche compartido, entre otros (Olafsson et al., 2016). "Lo más importante es integrar la bicicleta como un auténtico medio de movilidad dentro de la oferta de transporte público, consiguiendo así un objetivo hoy en día ineludible si de transporte sostenible hablamos" (Muñoz et al., 2014).

El objetivo de **combinar la bicicleta y el transporte público es fortalecerse mutuamente**, sin competir en el mercado, ya que ubicar estaciones de bicicleta cerca de las estaciones de transporte público beneficia a ambos modos (Ma et al., 2015; Sanz & Pérez Senderos, 1999). Para la bicicleta, la conexión con el transporte público permite cubrir distancias fuera de su alcance, mientras que, para el transporte colectivo, la bicicleta es un instrumento para ampliar su radio de cobertura (Fazio et al., 2021; Gea21, 2016).

En muchas ocasiones, el desarrollo de infraestructura ciclista ha sido fragmentado e insuficiente, llegando incluso a invadir espacios peatonales al ocupar parte de la acera. Esto no solo afecta la movilidad a pie, sino que también deja intactas las condiciones para el tráfico motorizado (Sanz & Pérez Senderos, 1999). Un ejemplo de esta problemática se dio en la República Federal de Alemania entre 1976 y 1982, cuando el impulso al uso de la bicicleta se realizó en detrimento de los desplazamientos peatonales (Holzapfel, 1987). Frente a estas medidas, la **alianza de la bicicleta con los peatones** y sus objetivos comunes es fundamental para reducir la dependencia del automóvil (Krizek & Johnson, 2006).

Este enfoque multimodal fomenta un uso eficiente de los recursos, reduce el impacto ambiental y mejora la accesibilidad en las áreas urbanas y metropolitanas (Gea21, 2016; Newman & Kenworthy, 1989; Pucher & Buehler, 2008).

A. Ventajas de la integración multimodal de la bicicleta pública

Los sistemas de bicicleta pública han emergido como una herramienta clave en la promoción de la multimodalidad (Fazio et al., 2021; Olafsson et al., 2016). Además de ofrecer una solución de movilidad flexible, económica y accesible, amplían el alcance de los sistemas de transporte público (Ma et al., 2015). Algunas de las ventajas de la bicicleta pública como parte del transporte multimodal son las siguientes:

- **Reducción del impacto ambiental y mejora de la salud:** Una mayor integración multimodal reduce las emisiones totales de CO₂, especialmente si se combina con transporte público de bajas emisiones (Pucher & Buehler, 2008), además de promover hábitos de transporte más saludables (Pucher & Buehler, 2017).
- **Disminución de tiempos y costes de viaje:** La bicicleta permite conectar estaciones de transporte público de forma más eficiente y económica, reduciendo la dependencia de otros modos de transporte, como el coche privado o el taxi (Gea21, 2016; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021).
- **Accesibilidad y conexión de la primera y última milla:** El problema de la primera milla y la última milla se refiere a la brecha de conexión entre el hogar/lugar de trabajo y la estación de transporte público (Ma et al., 2015). La mayor vulnerabilidad del transporte público es cómo los viajeros experimentan los puntos de transferencia y cómo resolverlo para competir con la conveniencia puerta a puerta del automóvil (Ploeger & Oldenziel, 2024).

En este contexto, las bicicletas públicas juegan un papel crucial al ofrecer una solución eficiente y flexible para superar estas brechas, facilitando el acceso a las estaciones (Kabra et al., 2018). Esto sucede en ciudades referentes en cuanto a la cultura ciclista, donde se fomenta también la ubicación de estaciones de bicicleta pública y aparcamientos de bicicletas privadas junto a las estaciones de transporte público, especialmente las de tren (Duran-Rodas et al., 2019; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021; Pucher & Buehler, 2008).

Además, en áreas con menor servicio de transporte público, las bicicletas permiten un acceso más equitativo a la red multimodal (Mohiuddin et al., 2023; Olafsson et al., 2016).

- **Flexibilidad para trayectos unidireccionales:** La principal ventaja en comparación con las bicicletas privadas es su conveniencia, ya que facilitan el uso de diferentes modos de transporte en los viajes de ida y vuelta, permitiendo incluso viajes unidireccionales (Anaya-Boig et al., 2021; Kabra et al., 2018), lo que aumenta la conveniencia y reduce barreras de uso (Muñoz et al., 2014).

El sistema Vélib' de París y el sistema Bicing en Barcelona, así como su reciente ampliación al área metropolitana con AMBici, son ejemplos destacados de cómo la integración bicicleta-transporte público puede fomentar una movilidad urbana más sostenible y accesible. En París, la amplia cobertura de Vélib' ha demostrado ser un complemento esencial al transporte público, especialmente en trayectos de corta distancia (Kabra et al., 2018).

B. Limitaciones y desafíos de la integración multimodal de la bicicleta pública

Pese a sus ventajas, la integración de la bicicleta pública en el transporte multimodal enfrenta desafíos significativos:

- **Costes de implementación:** La implementación de sistemas de bicicleta pública requiere inversiones considerables (Anaya-Boig et al., 2021; Moro et al., 2018). También es necesario abordar los desafíos logísticos y financieros asociados con la operación y el mantenimiento.

Desde una perspectiva de eficiencia económica, la inversión en sistemas de bicicleta pública puede compensar cuando existe una densidad de población suficiente (Martínez, 2021). En estos casos, resulta más económica, ya que sus costes de implementación y operación son considerablemente menores que los de los autobuses o tranvías (CROW, 2011). Sin embargo, es fundamental realizar análisis rigurosos, como la ubicación de las estaciones y la fiabilidad del sistema, aspectos que a menudo se pasan por alto (Tangel, 2014).

Costes de infraestructura ciclista: Además, requiere costes en infraestructura básica, como la construcción de carriles bici (CROW, 2011; Ma et al., 2015; Olafsson et al., 2016), siguiendo modelos exitosos como los de Utrecht y Ámsterdam.

- **Desigualdad territorial:** Las estaciones de bicicleta pública suelen concentrarse en áreas céntricas, dejando

desatendidas zonas periféricas o económicamente desfavorecidas (Duran-Rodas et al., 2021; Francke, 2022; Ploeger & Oldenziel, 2024).

- **Falta de coordinación entre modos de transporte:** En algunos contextos, la falta de sincronización entre horarios de transporte público y disponibilidad de bicicletas limita la efectividad de la multimodalidad (Olafsson et al., 2016). Además, la integración del sistema de bicicleta pública con otros modos de transporte es de particular importancia en ciudades donde existen varios operadores de transporte público, en cuyo caso la cooperación entre ellos es primordial (Muñoz et al., 2014).
- **Impacto ambiental de la redistribución:** Persisten problemas como el desequilibrio en la distribución de bicicletas en estaciones, que además genera emisiones indirectas debido al uso de vehículos motorizados para su transporte (Ricci, 2015). A pesar de esto, estudios indican que el 51% de los viajes en camión podrían sustituirse por *cargo bikes* o similar (Verlinghieri et al., 2021).

En este contexto, y más allá del análisis de barreras específicas, conviene adoptar una mirada crítica sobre la expansión de estos sistemas. Como señalan Ricci (2015) y Goodman & Cheshire (2014), estos sistemas se implementan sobre entramados urbanos preexistentes, marcados por desigualdades y dinámicas sociales complejas. En este sentido, más allá de evaluar su eficiencia técnica o económica, es fundamental preguntarse qué tipo de ciudad se promueve con su implementación, a quién beneficia y en qué condiciones.

C. Avances tecnológicos

Las tecnologías de la información han transformado los sistemas de bicicleta pública, facilitando su integración en redes multimodales. Algunos de los avances más destacados incluyen:

- **Aplicaciones móviles:** Informan sobre disponibilidad de bicicletas en tiempo real, rutas optimizadas, y la combinación con otros modos de transporte (Muñoz et al., 2014; Pucher & Buehler, 2017).
- **Sistemas de pago unificados:** Permiten a los usuarios acceder a múltiples modos de transporte con una sola tarjeta o aplicación (Muñoz et al., 2014).

- **Análisis de big data:** Tiene como objetivo mejorar la redistribución de bicicletas y predecir patrones de demanda, reduciendo costes operativos (Kabra et al., 2018).
- **Bicicletas eléctricas** y su integración en los sistemas públicos: Amplían su accesibilidad, permitiendo a las personas superar barreras como largas distancias o pendientes pronunciadas (Fazio et al., 2021; Pucher & Buehler, 2008, 2017). "El motor eléctrico es el instrumento de la perfecta igualdad, la única forma indiscutible de discriminación positiva" (Augé, 2009:86).
- **Integración en modelos MaaS:** Muchas aplicaciones móviles ya ofrecen planificación multimodal y pago, pero pocas incluyen suscripciones mensuales (Arias Molinares, 2023). Las barreras actuales son más de gobernanza que tecnológicas.

Finalmente, las ciudades que han adoptado estrategias de integración de la bicicleta con el transporte público, haciendo uso además de los avances tecnológicos, han mostrado mejoras notables en la movilidad urbana. Por ejemplo, los Países Bajos han desarrollado infraestructuras que conectan estaciones ferroviarias con amplias redes ciclistas (Ploeger & Oldenziel, 2024), destacando el sistema OV-Fiets, que permite a los usuarios alquilar bicicletas mediante una tarjeta unificada para todos los modos de transporte público (Pucher & Buehler, 2008). En ciudades como Lisboa, el sistema GIRA ha mostrado cómo las bicicletas eléctricas pueden incentivar el uso de la bicicleta en áreas con pendientes pronunciadas, complementándose con otros modos de transporte y atrayendo a nuevos usuarios (Raposo & Silva, 2022).

D. Estrategias de políticas públicas

La bicicleta debe integrarse de manera coherente y gradual en el conjunto de los modos de transporte y en el esquema de generación de necesidades de desplazamiento urbano (Sanz et al., 1999). Para ello, la representación e imaginación de las formas en que el ciclismo interactúa con otros modos de transporte y depende de ellos, debería proporcionar una base para el desarrollo de políticas que promuevan el ciclismo y la movilidad sostenible (Olafsson et al., 2016).

En cuanto a las políticas emergentes, muchas tienen como objetivo promover el ciclismo hasta los puntos de conexión con el transporte público y los sistemas de bicicleta pública (Parkes

et al., 2013; Rietveld, 2000). No obstante, en algunos contextos los indicadores y las políticas de infraestructura continúan siendo esencialmente unimodales, tratando cada modo por separado (Olafsson et al., 2016).

Para fomentar la integración de la bicicleta en redes multimodales, algunas de las estrategias clave que se han identificado en la literatura son las siguientes:

- **Incentivos económicos:** Subsidios para el uso de bicicletas públicas y descuentos, como la primera hora gratuita para fomentar los viajes cortos y el transporte multimodal (Muñoz et al., 2013, 2014).
- **Ampliación de horarios y conectividad:** Extensión de los horarios del servicio para alinearlos con los horarios del transporte público (Muñoz et al., 2013).
- **Campanñas educativas y culturales:** Se recomienda enfocar los esfuerzos en incrementar el uso sistemático de la bicicleta para los desplazamientos al trabajo y a los lugares de estudio. En este tipo de experiencias es donde los usuarios incorporan nueva información a sus intenciones y comportamientos (Rondinella et al., 2010), y se puede crear el hábito de usar la bicicleta (Muñoz et al., 2013).

Iniciativas como el Día de la Bicicleta al Trabajo o la disponibilidad de bicicletas en empresas para sus empleados, buscan normalizar su uso como parte de una estrategia multimodal (Muñoz et al., 2014).

Como conclusión de este apartado, las bicicletas públicas tienen gran potencial cuando se combinan con el transporte público, especialmente en áreas metropolitanas más grandes, donde las distancias son largas. Es crucial facilitar la conexión, no solo entre el centro y la periferia, sino también entre las áreas periféricas, rompiendo así el aislamiento al que conduce el modelo de dispersión urbana (Pozueta et al., 2009:100).

2.4. Síntesis e introducción a los criterios de selección de la metodología de la investigación

2.4.1. El marco teórico como soporte a la metodología

En este apartado, se presenta una síntesis de la literatura revisada sobre los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública. Estos factores permiten **contextualizar el análisis y guiar la elección de las variables**.

La revisión bibliográfica subraya que el uso de la bicicleta pública depende de una combinación de factores urbanos, socioeconómicos, sociodemográficos, temporales, operativos del sistema y culturales de cada contexto (Dill et al., 2022; Duran-Rodas et al., 2019; Elmashhara et al., 2022; Geipel et al., 2024; Handy et al., 2010; Maas et al., 2021; Nello-Deakin & Harms, 2019; Rondinella et al., 2010; Tran et al., 2015; Ye et al., 2020), que se sintetizan a continuación.

A. Factores del entorno urbano

La **densidad** urbana, la **diversidad** de usos del suelo y la **infraestructura ciclista** influyen en la elección del modo de transporte (Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2010). Una alta densidad de población y empleo favorece el uso de la bicicleta pública, al reducir las distancias de viaje (Dill & McNeil, 2013; Geipel et al., 2024; Maas et al., 2021). Asimismo, la proximidad al transporte público y a puntos de interés facilitan la accesibilidad a estos sistemas (Duran-Rodas et al., 2021; Geipel et al., 2024; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021). Por otro lado, una red ciclista coherente, directa, segura, cómoda y atractiva, fomenta el uso de la bicicleta (CROW, 2011), mientras que las **pendientes pronunciadas** pueden actuar como una barrera para su uso (Geipel et al., 2024).

B. Accesibilidad al transporte público: multimodalidad

La **combinación bicicleta-transporte público** permite ampliar la cobertura y eficiencia del sistema sin generar competencia directa (Ma et al., 2015; Sanz et al., 1999). La proximidad de estaciones de bicicleta pública a nodos de transporte facilita los transbordos y aumenta la demanda (Duran-Rodas et al., 2021; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021). Además, la **integración con los desplazamientos a pie** refuerza estos beneficios (Krizek & Johnson, 2006).

C. Factores socioeconómicos

El **nivel de ingresos** y la **motorización del hogar** afectan a la elección modal, pero no siempre son significativos en el uso de la bicicleta (Handy et al., 2010). Factores como la disponibilidad de bicicletas privadas, el acceso a estacionamientos seguros y la duración del viaje tienen mayor peso en la decisión de uso (Muñoz et al., 2014; Ye et al., 2020). Respecto a los sistemas de bicicleta pública, la literatura concluye que suponen una oportunidad para mejorar la equidad en la movilidad si su infraestructura está bien planificada (Duran-Rodas et al., 2021; Lucas et al., 2016).

D. Factores sociodemográficos

La **edad**, el **género** y el **nivel educativo** influyen en la decisión de desplazarse en bicicleta (Handy et al., 2010; Ye et al., 2020). En países con una cultura ciclista consolidada, la bicicleta es utilizada equitativamente entre los diferentes grupos sociales, mientras que en otros contextos predomina su uso entre hombres jóvenes (Goel et al., 2022; Romanillos, 2018). La mejora en infraestructura y seguridad vial puede reducir esta **brecha de género** y fomentar su uso entre diversos grupos de la población (Broach et al., 2012; Pucher & Buehler, 2008, 2021).

E. Factores temporales

Las **condiciones climáticas adversas** disminuyen el uso de la bicicleta (Helbich et al., 2014; Hyland et al., 2018). Además, los **patrones de uso** de la bicicleta varían según el día y la hora: el uso recreativo predomina en fines de semana, mientras que los ciclistas habituales suelen hacerlo en las horas punta de los días laborables (Gallop et al., 2011; Romanillos, 2018; Talavera-García et al., 2021).

F. Factores políticos

Las políticas urbanas inciden significativamente en el estilo de vida (Handy et al., 2010) y en el uso de la bicicleta (Newman & Kenworthy, 1989; Pucher & Buehler, 2008). Países como Dinamarca, Alemania y los Países Bajos han promovido el ciclismo mediante estrategias **"push"** o restricciones al automóvil, y estrategias **"pull"**, que consisten en mejoras e incentivos para el uso de la bicicleta (Hrelja & Rye, 2023). Además, la **participación ciudadana** y la **colaboración intergubernamental** se detectan como factores clave en la implementación de medidas exitosas (CROW, 2011; Jittrapirom et al., 2018).

G. Factores culturales

Los factores culturales engloban normas, valores y actitudes sociales que influyen en la movilidad ciclista, como la percepción del uso de la bicicleta y su aceptación como práctica cotidiana. En países como Dinamarca o los Países Bajos, una cultura ciclista consolidada se ha desarrollado mediante la educación vial desde edades tempranas (Fernández-Heredia & Monzón, 2010; Lois et al., 2015), campañas de sensibilización (Dill & McNeil, 2013; Pucher & Buehler, 2008) y una cultura institucional que refuerza el ciclismo desde la administración pública (CROW, 2011).

H. Factores subjetivos

Las **actitudes, normas sociales y percepción de seguridad** son determinantes en la elección modal según la Teoría del Comportamiento Planeado (Ajzen, 1991). El **hábito** y la **identidad ciclista** también influyen en el uso de la bicicleta (Lois et al., 2015). Además, la falta de aceptación social puede desincentivar su uso, mientras que una mayor visibilidad de ciclistas en el espacio urbano normaliza y promueve la bicicleta como alternativa de movilidad (Gea21, 2016; Liu et al., 2021).

I. Características del sistema de bicicletas públicas

Las características operativas del sistema, como su alcance (**intramunicipal o intermunicipal**), el tipo de bicicleta (convencional o eléctrica), los **sistemas de pago**, la **disponibilidad** y los **costes**, influyen en su uso. Las bicicletas eléctricas pueden incrementar la demanda en áreas con pendientes o trayectos largos (Dill & McNeil, 2013). Asimismo, la integración de los sistemas de pago con otros modos de transporte facilita el acceso y fomenta su adopción (Dill & McNeil, 2013; Gea21, 2016).

Finalmente, a partir del marco teórico específico, se ha construido un mapa conceptual que resume los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública (

Figura 16).

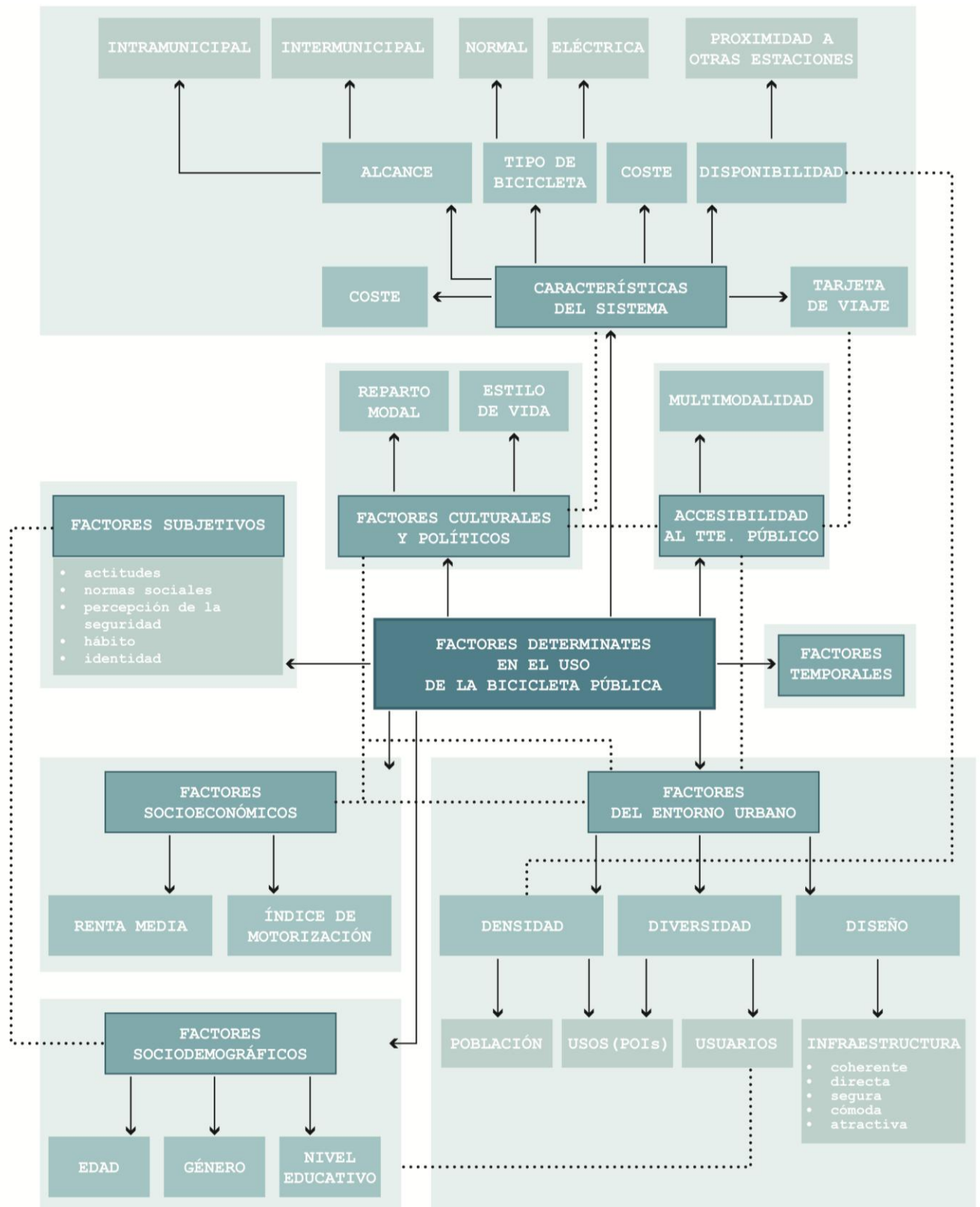


Figura 16. Mapa conceptual de los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Antecedentes en la recopilación de datos y el desarrollo metodológico

Este apartado aborda las principales prácticas documentadas en la literatura para la recopilación y el análisis geoespacial de los datos de viajes de origen y destino desde las estaciones de bicicleta pública. Se exploran aspectos clave como **la frecuencia de recolección, las herramientas y métodos empleados, las estrategias de corrección** para asegurar la calidad de los datos y **las limitaciones** inherentes a las bases de datos disponibles.

A. Métodos de recopilación y análisis de datos

La **automatización en la recopilación y análisis de datos** es una práctica extendida en los estudios sobre sistemas de bicicleta pública, que permite **optimizar los procesos** de recopilación y garantizar la coherencia en los análisis comparativos. La recopilación de datos en estos sistemas se suele realizar mediante APIs u otros métodos similares. Estas APIs capturan **información en tiempo real** sobre el estado de las estaciones, incluyendo el número de bicicletas disponibles y los anclajes libres, con **frecuencias** de actualización que varían desde un minuto (Chen et al., 2017) hasta diez minutos (Radzimski & Dzięcielski, 2021), considerando que las tasas de eventos simultáneos son estadísticamente bajas (Kabra et al., 2018).

De esta forma, la disponibilidad de datos en intervalos regulares permite realizar análisis de patrones temporales y espaciales, como los identificados por Wang & Kim (2018) y Kabra et al. (2018), al aplicar **modelos predictivos para identificar flujos de movilidad**. Levy et al. (2019) subrayaron la relevancia de analizar los patrones de oferta y demanda en **distintos momentos del día**, señalando que las **variables temporales** desempeñan un papel crucial en la efectividad operativa de los sistemas de bicicleta pública.

En la mayoría de los estudios se excluyen los viajes de menos de 2 minutos, ya que se consideran intentos de usar una bicicleta que no funciona correctamente, por lo que se toma y se devuelve inmediatamente a la misma estación. Además, estudios como el de Kabra et al. (2018), implementaron filtros específicos para excluir datos correspondientes a fines de semana y a períodos con alta variabilidad en la disponibilidad de bicicletas, lo cual se atribuyó a ajustes operativos realizados por los gestores del sistema.

Por otro lado, O'Brien et al. (2014) diseñaron scripts en Python para extraer información de más de 80 ciudades durante dos años, y Chen et al. (2017) combinaron datos de diferentes sistemas para generar **bases de datos homogéneas**, eliminando valores anómalos. A su vez, la investigación realizada por Lozano et al. (2018), tiene como objetivo hacer que el sistema sea lo suficientemente genérico como para integrar datos de diferentes tipos de sistemas de bicicleta pública. Para ello, existe un proyecto llamado PyBikes, que unifica el acceso a esta información a través de una API común para un gran número de sistemas de bicicleta pública actuales (Lozano et al., 2018). Sin embargo, **esta información solo está disponible para los sistemas de bicicleta pública ubicados en las ciudades centrales, quedando excluidas las periferias metropolitanas.**

Además, el **uso de modelos estadísticos y geoespaciales** ha facilitado la interpretación de los datos, utilizando **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**. Enfoques como el de Frade & Ribeiro (2015) han utilizado modelos de optimización para maximizar la cobertura de estaciones en función de la demanda potencial. Duran-Rodas et al. (2019) aplicaron un modelo basado en áreas de cobertura o isócronas para evaluar la proximidad de estaciones de bicicleta pública a puntos de interés (POIs) e infraestructuras de transporte, considerando además variables sobre las características socioeconómicas del entorno. Este enfoque multicriterio, se ha utilizado en otros estudios, como el de Fazio et al. (2021), para priorizar la ubicación de las estaciones, teniendo en cuenta variables como la accesibilidad, el diseño de la infraestructura ciclista, el atractivo del entorno urbano y las características socioeconómicas.

Otros enfoques muy populares en los últimos años han incorporado nuevas dimensiones, como el **análisis de rutas GPS y características sociodemográficas** de los usuarios (Broach et al., 2012; Romanillos, 2018). Por ejemplo, el estudio de Romanillos (2018) identificó los ejes clave de flujo ciclista y la correlación de patrones de uso con variables como el género, la edad y el motivo de viaje.

A continuación, se presentan dos tablas que resumen información clave para la metodología de esta tesis. La primera (**Tabla 3**) recoge las principales métricas y herramientas utilizadas en la recopilación de datos. La segunda (**Tabla 4**) sintetiza los objetivos, metodologías, tipos de datos y resultados de estudios destacados en el campo.

Literatura revisada	Frecuencia recolección	Métrica principal	Período de análisis	Observaciones adicionales
(Wang & Kim, 2018)	1 minuto	Bicicletas disponibles y anclajes libres	Junio-julio 2017	Datos divididos en intervalos de 5 y 10 minutos, usados para entrenar modelos de predicción
(Kabra et al., 2018)	2 minutos	Bicicletas disponibles y anclajes libres	Mayo-agosto 2013	Análisis de la accesibilidad y disponibilidad de bicicletas públicas
(O'Brien et al., 2014)	2 minutos	Bicicletas disponibles y anclajes libres	Septiembre 2012	Base de datos que abarca más de 80 ciudades durante dos años (para el análisis toman un único mes)
(Radzimski & Dziecielski, 2021)	Inicialmente 2 minutos, luego 10 minutos	Datos de estaciones de bicicleta pública y transporte público	Mayo-octubre 2019	Uso de modelo autorregresivo espacial para analizar patrones de movilidad
(Chen et al., 2017)	1 minuto	Tráfico horario en estaciones de bicicleta pública	2014-2015	Análisis de patrones anuales de viaje
(Levy et al., 2019)	2 minutos	Bicicletas disponibles y anclajes libres	2 años	Incluye estudios comparativos entre 38 sistemas
(Faghih-Imani et al., 2017)	5 minutos	Llegadas y salidas a una estación de bicicleta pública, agregadas por hora	2014	Combinan datos de ocupación de estaciones, demografía, economía y POIs

Tabla 3. Métodos de recopilación y procesamiento de datos de viajes en sistemas de bicicleta pública según la literatura.

Fuente. Elaboración propia

Literatura revisada	Objetivo	Metodología	Datos analizados	Resultados clave
(O'Brien et al., 2014)	Monitorear el uso de sistemas de bicicleta en múltiples ciudades	Scripts en Python para extraer datos de APIs	Datos en tiempo real de más de 80 ciudades	Identificación de patrones temporales y espaciales en el uso de bicicletas públicas
(Kabra et al., 2018)	Analizar flujos de viajes en sistemas de bicicleta pública	Modelos predictivos basados en decrementos en estaciones	Datos de disponibilidad de bicicletas en estaciones	Comparativa entre los factores de accesibilidad y disponibilidad en estaciones de bicicleta pública
(Romanillos, 2018)	Identificar patrones en rutas ciclistas y variables relacionadas	Análisis de rutas GPS	6022 rutas ciclistas (GPS) con variables socio demográficas	Identificación de ejes clave de flujo y relación con características individuales
(Duran-Rodas et al., 2019)	Evaluar estaciones en función de áreas de cobertura	Modelos espaciales multicriterio	Datos de proximidad a POIs, transporte, características socioeconómicas	Integración de datos espaciales para priorizar la ubicación de estaciones de bicicleta pública
(Fazio et al., 2021)	Diseñar infraestructuras óptimas para los sistemas	Modelos espaciales multicriterio	Variables de accesibilidad, del entorno urbano y datos de estaciones	Identificación de ubicaciones óptimas para estaciones de bicicleta pública
(Chen et al., 2017)	Generar bases homogéneas de datos para sistemas de bicicleta pública	Fusión de datos de diferentes sistemas	Datos históricos de múltiples sistemas	Mejora en la calidad de datos mediante limpieza y eliminación de valores anómalos
(Broach et al., 2012)	Analizar preferencias de rutas ciclistas	Modelos basados en encuestas y rutas reales	Preferencias y características individuales	Identificación de preferencia por carriles bici segregados

Tabla 4. Diferentes metodologías de estudios revisados sobre sistemas de bicicleta pública.

Fuente: Elaboración propia

B. Limitaciones metodológicas

A pesar de los avances metodológicos, persisten importantes limitaciones. En la mayoría de los estudios, no se dispone de **datos detallados sobre las características socioeconómicas y sociodemográficas** de las personas, ni sobre las **rutas a pie desde los puntos de partida hasta las estaciones**, lo que restringe la capacidad de realizar análisis más amplios. Además, muchos carecen de información específica sobre los **motivos de los viajes** o las **preferencias individuales**, como la percepción de seguridad, comodidad o la infraestructura preferida (Broach et al., 2012).

En el contexto de esta tesis doctoral, se integran elementos basados en la literatura existente, tanto en la recopilación y procesamiento de los datos, como en el análisis geoespacial mediante SIG, delimitando áreas de cobertura alrededor de las estaciones. Estos métodos permiten evaluar con mayor precisión la relación entre las variables identificadas como determinantes en la literatura, y los patrones de uso. Además, el análisis comparativo entre casos de estudio, incluyendo sistemas exitosos y un sistema que ha cerrado, contribuye a la identificación de los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública.

3. CASOS DE ESTUDIO

3.1. Análisis comparativo de diferentes áreas metropolitanas

Ciudades como Utrecht y Copenhague han sido reconocidas por su éxito en la promoción de la bicicleta como modo de transporte, logrando a su vez una reducción significativa en el uso del automóvil (Knap et al., 2023; Pucher & Buehler, 2008). Estos ejemplos ilustran el concepto de **ciudades de 15 minutos**, donde los residentes pueden acceder a los servicios básicos a pie o en bicicleta (Moreno, 2020). Sin embargo, aunque muchas de las estrategias implementadas en estas ciudades han demostrado ser efectivas, **su aplicación en áreas metropolitanas más extensas y pobladas presenta desafíos considerables** (Miralles-Guasch, 2011).

En estos entornos, caracterizados por un **mayor volumen de desplazamientos y patrones de movilidad más complejos**, el acceso a los servicios esenciales suele extenderse hasta los 30 minutos, mientras que los trayectos hasta los lugares de trabajo o estudios pueden superar los 40 minutos (Büttner et al., 2022; Consorcio Regional de Transportes de Madrid, 2018; Institut Metropolità de Barcelona, 2024). Esta realidad exige un análisis más detallado para comprender y abordar las necesidades específicas de estas áreas.

En el marco de la globalización, el área metropolitana ha emergido como la escala territorial óptima para el desarrollo sostenible, habiendo sido impulsada en la última década por distintos países europeos (González Medina & de Gregorio Hurtado, 2021). Para llevar a cabo un análisis comparativo sólido, es fundamental definir qué se entiende por **área metropolitana**, ya que su delimitación puede variar según el contexto.

Los límites de las áreas metropolitanas no son uniformes, ya que dependen de múltiples **factores territoriales, demográficos y funcionales**. Esta investigación adopta un **criterio que considera el área funcional de las áreas metropolitanas más que los límites administrativos**. El Instituto Nacional de Estadística, por ejemplo, define el Área Urbana Funcional (AUF), que incluye la ciudad y su zona de influencia laboral (INE, 2024).

Aunque existen diversas definiciones, numerosos estudios coinciden con la propuesta de Rodríguez & Oviedo (2001), quienes establecen que un área metropolitana debe contar con los elementos que se indican a continuación.

- **Una ciudad central** con al menos **50.000 habitantes**.
- **Una fuerte conexión económica y social** con los municipios periféricos, lo que implica un total mínimo de **100.000 habitantes** en el área metropolitana.
- **Una población económicamente activa** predominantemente no agraria.

Parte de este análisis fue presentado en el Congreso *mobil.TUM 2024*, celebrado en Múnich del 10 al 12 de abril de 2024, bajo el título "*Proximity and cycling share in 40 European metropolitan areas*".

3.1.1. Clasificación de 40 áreas metropolitanas europeas según su escala urbana y reparto modal

Según Stead & Marshall (2001), el **entorno construido** abarca múltiples escalas geográficas, desde la regional hasta la local, e incluye factores como la **distancia al centro de la ciudad, el tamaño y forma de los asentamientos, la mezcla de usos del suelo, la densidad de desarrollo y la accesibilidad a la red de transporte.**

Para la selección de los casos de estudio, se han analizado 40 áreas metropolitanas europeas en base a criterios como la escala urbana y los patrones de movilidad. El concepto de **escala urbana** hace referencia a la dimensión espacial y demográfica de una ciudad o área metropolitana, lo que influye directamente en la organización de su infraestructura, servicios y movilidad. Por otro lado, los **patrones de movilidad** describen cómo se distribuyen los desplazamientos dentro de un área, incluyendo la proporción de viajes realizados en distintos modos de transporte y las diferencias entre el centro y la periferia (Muñiz et al., 2017).

La **Figura 17** muestra la clasificación de las áreas metropolitanas en cuatro grupos, según su población total y la de la ciudad central:

- **Ciudades pequeñas (<1 millón de habitantes en el área metropolitana):** Friburgo, Vitoria-Gasteiz, Utrecht, Münster, Dresde, Gotemburgo, Bratislava, Grenoble, Vilnius, Tallín, Luxemburgo, Estrasburgo y Burdeos.
- **Ciudades medianas (1-3 millones de habitantes):** Praga, Helsinki, Zagreb, Viena, Ámsterdam, Zúrich, Hamburgo, Estocolmo, Copenhague, Varsovia, Múnich, Oslo, Sofía, Cracovia, Lyon, Valencia, Bruselas, Dublín, Sevilla y Lisboa.
- **Ciudades grandes (3-8 millones de habitantes):** Berlín, Barcelona, Madrid, Roma y Milán.
- **Ciudades extragrandes (>8 millones de habitantes):** Londres y París.

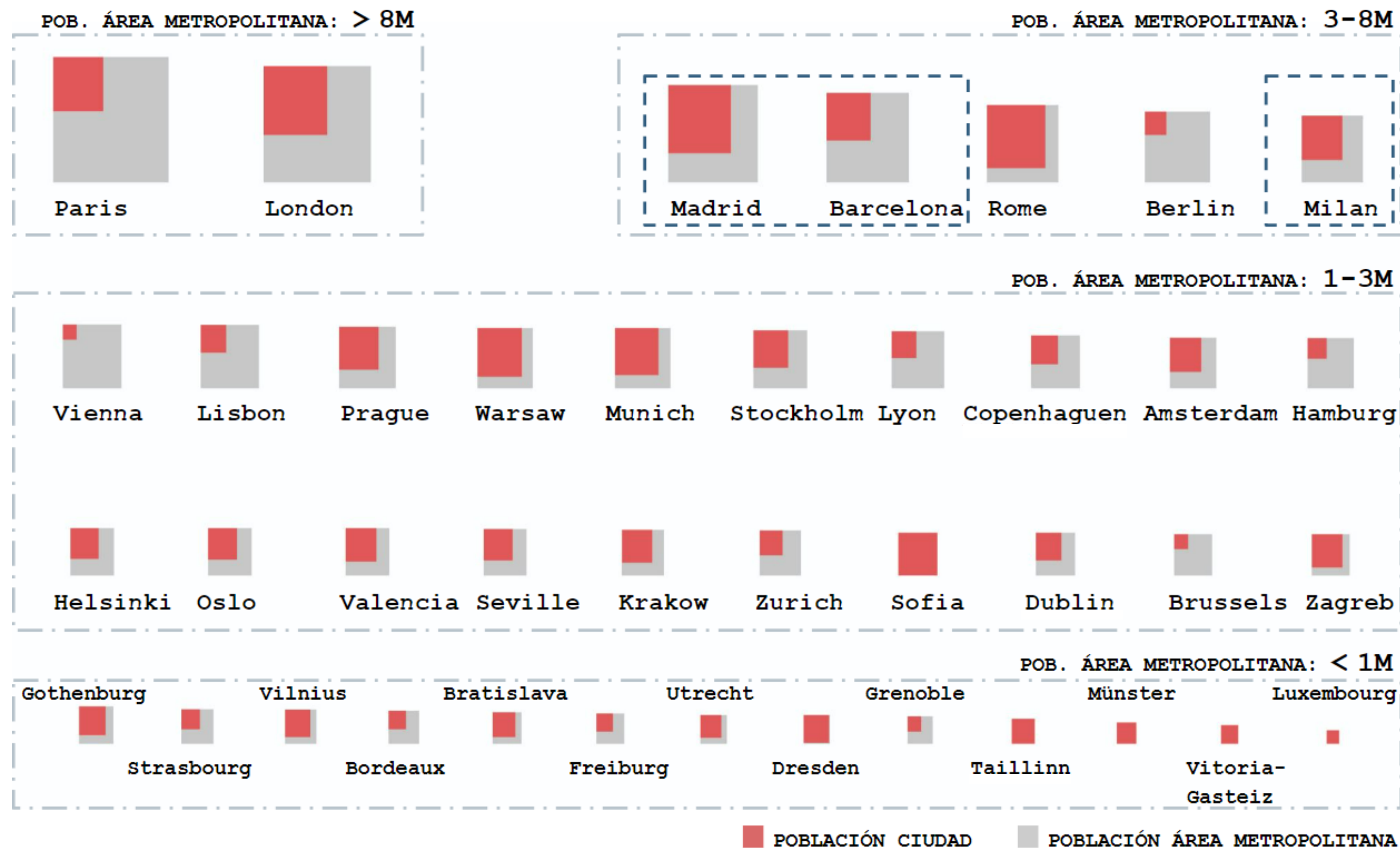


Figura 17. Comparativa de escala de 40 áreas metropolitanas europeas.

Fuente: European Mobility Venture 2021 Report (MCube, TUM) and various other studies. Elaboración propia, basada en el estilo de representación de (Burdett et al., 2014).

La **Figura 18** muestra la comparativa del **reparto modal entre bicicleta y vehículo privado** en las 40 áreas metropolitanas analizadas, organizadas por número de población, de mayor a menor, en sentido horario.

En ambas figuras (**Figura 17** y

Figura 18), se han señalado las áreas metropolitanas de Madrid, Barcelona y Milán, que son las escogidas como casos de estudio de esta investigación, y cuyos criterios de selección se explicarán más detalladamente en los siguientes apartados.

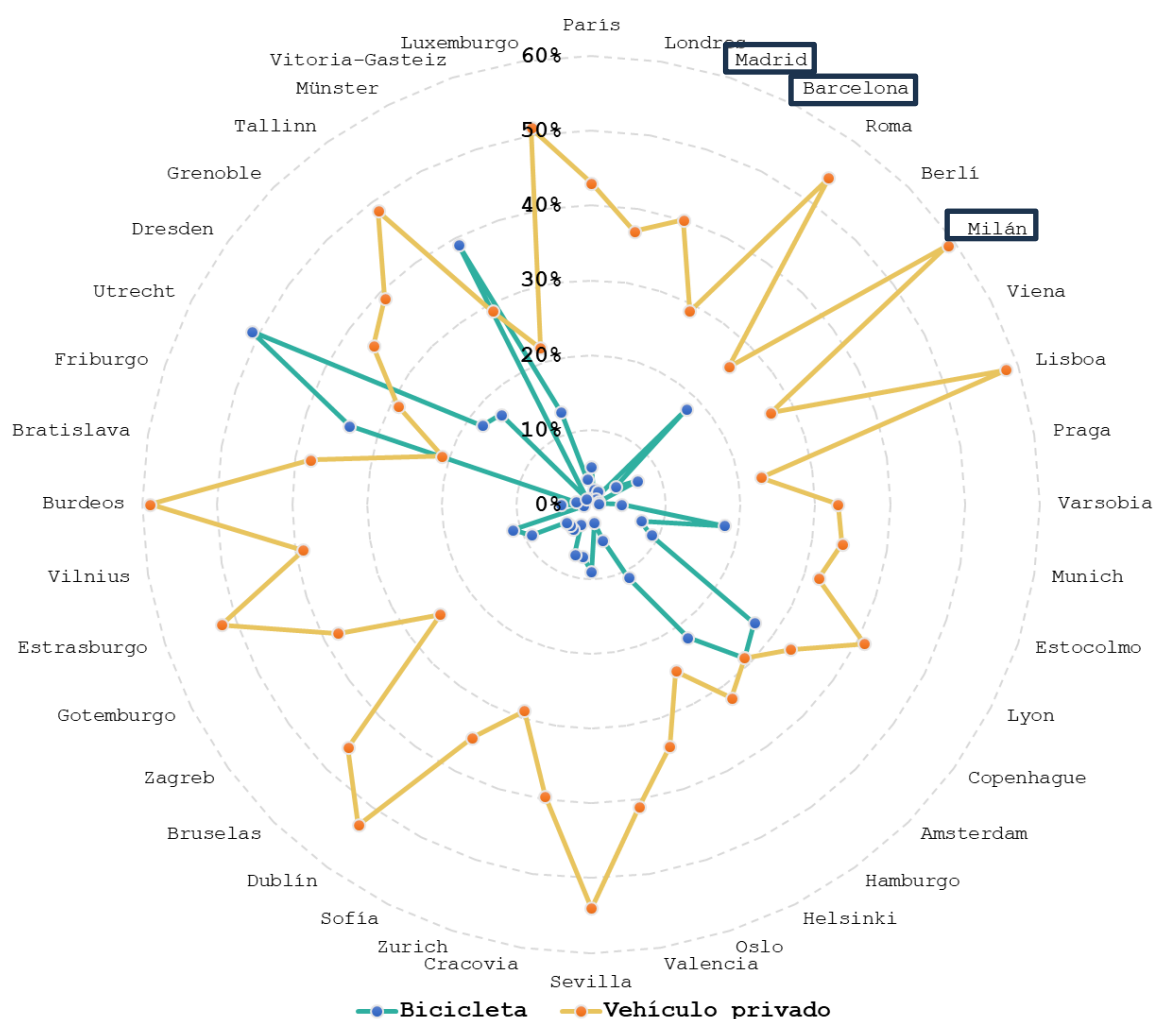


Figura 18. Reparto modal en 40 áreas metropolitanas europeas.

Fuente: European Mobility Venture 2021 Report (MCube, TUM), Household Mobility Survey 2018 (Consorcio Regional de Transportes de Madrid), entre otros estudios. Elaboración propia.

Los datos reflejan variaciones en el reparto modal según la escala urbana. A continuación, se analizan las características de las áreas metropolitanas con mayor y menor uso de la bicicleta a nivel global.

A. Áreas metropolitanas con mayor uso de la bicicleta

- Todas son **áreas metropolitanas pequeñas**, con menos de 1 millón de habitantes. **Utrecht (Países Bajos)** lidera con un **51% de reparto modal en bicicleta**, seguida de **Münster (39%) y Friburgo (34%)**, ambas en Alemania. Dentro del contexto español, **Vitoria-Gasteiz** se posiciona como la ciudad con **mayor uso de la bicicleta (13%)**.
- También destacan **Ámsterdam (29%) y Copenhague (27%)**, ambas áreas metropolitanas medianas de unos 2 millones de habitantes.

B. Áreas metropolitanas con menor uso de la bicicleta

- En grandes áreas metropolitanas como **París, Londres, Madrid, Barcelona o Milán**, el reparto modal ciclista suele oscilar **entre el 1% y el 5%**, mientras que el uso del vehículo privado es significativamente mayor que en áreas de menor tamaño (Büttner et al., 2022).
- Entre las áreas metropolitanas con menor uso de la bicicleta destaca **Madrid (0,81%)**, debido a su **infraestructura ciclista limitada**, entre otros factores (Büttner et al., 2022).

El análisis revela que **la escala urbana influye de manera significativa en los patrones de movilidad**. En áreas metropolitanas pequeñas y medianas, la bicicleta desempeña un papel más relevante en el reparto modal. En cambio, en grandes áreas metropolitanas, las distancias son mayores y la dependencia del vehículo privado tiende a aumentar (Silva et al., 2023). A partir de ciertos umbrales de tamaño, resulta inviable conformar un área metropolitana donde todos los desplazamientos puedan realizarse exclusivamente a pie o en bicicleta (Pozueta et al., 2009), lo que hace imprescindible su combinación con el transporte público (Olafsson et al., 2016; Radzinski & Dziecielski, 2021).

3.1.2. Diferencias entre el centro y la periferia en grandes áreas metropolitanas

En el apartado anterior se ha argumentado la importancia de enfocar la investigación en **grandes áreas metropolitanas**, donde el desafío de lograr un mayor reparto modal de la bicicleta es aún más significativo. En este contexto, esta tesis pone el foco en los **municipios periféricos**, donde la distancia entre el hogar y el lugar de trabajo, un fenómeno que Broto (2022) describe como “nuevo, fuerte y silencioso”, se intensifica notablemente.

Como se observa en la **Figura 19**, en el Área Metropolitana de Madrid, el **33,9%** de los viajes se producen entre la Corona Metropolitana y la Almendra Central, y aproximadamente la mitad, un **49,2%**, atraviesan la Corona Metropolitana (Consortio Regional de Transportes de Madrid, 2018).

Relación Origen-Destino	Viajes Totales
Almendra Central - Almendra Central	11,1%
Almendra Central - Periferia Urbana	11,0%
Almendra Central - C. Metropolitana	5,2%
Almendra Central - C. Regional	0,5%
Almendra Central - Exterior Comunidad de Madrid	0,1%
Periferia Urbana - Periferia Urbana	22,1%
Periferia Urbana - C. Metropolitana	8,0%
Periferia Urbana - C. Regional	0,6%
Periferia Urbana - Exterior Comunidad de Madrid	0,2%
C.Metropolitana - C. Metropolitana	33,9%
C.Metropolitana - C. Regional	2,1%
C.Metropolitana - Exterior Comunidad de Madrid	0,4%
C.Regional - C. Regional	4,5%
C.Regional - Exterior Comunidad de Madrid	0,1%
Comunidad de Madrid	100%

Figura 19. Relaciones de origen-destino en cada anillo metropolitano de Madrid.

Fuente: (Consortio Regional de Transportes de Madrid, 2018). Elaboración propia.

En cuanto al **reparto modal**, los municipios periféricos concentran una gran parte de los desplazamientos en vehículo privado (Francke, 2022). La **Figura 20** muestra que el **48%** de los desplazamientos en la Corona Metropolitana de Madrid se realizan en vehículo privado, frente al **20%** en la Almendra Central. Asimismo, los desplazamientos a pie constituyen una proporción significativa del reparto modal, alcanzando el 40% en el centro y situándose entre el 30% y el 34% en las zonas periféricas (Consortio Regional de Transportes de Madrid, 2018). Sin embargo, su potencial de crecimiento es más limitado en comparación con el uso de la bicicleta, cuyo reparto modal es apenas del 0,81% (Büttner et al., 2022).

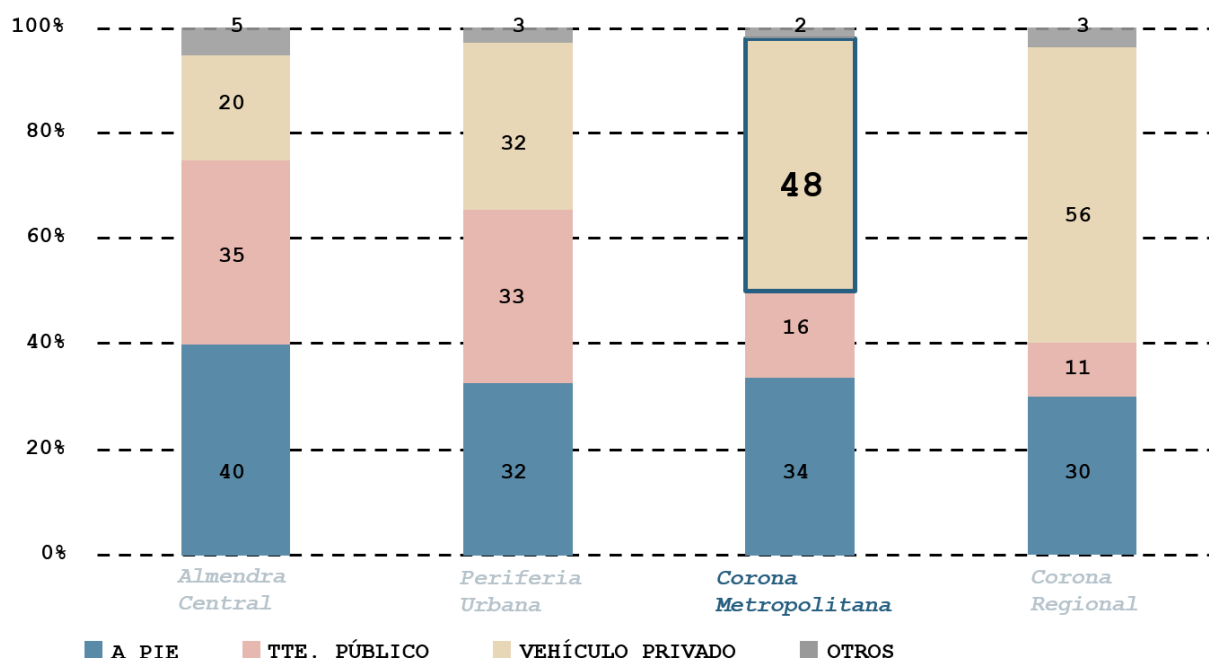


Figura 20. Modo de transporte según el lugar de residencia (%)

Fuente: (Consortio Regional de Transportes de Madrid, 2018). Elaboración propia.

Este patrón no es exclusivo de Madrid, sino que también se observa en otras grandes áreas metropolitanas como Barcelona o Milán. En **Barcelona**, el uso del vehículo privado representa el **16,1%** de los desplazamientos dentro de la ciudad. Sin embargo, en la Primera Corona Metropolitana, la cifra asciende al **26%**, y en la Segunda Corona Metropolitana alcanza el **44,4%**, lo que refleja una mayor dependencia del coche en las zonas periféricas (Institut Metropolità de Barcelona, 2024). En el caso del área metropolitana de **Milán**, el vehículo privado es el modo de transporte predominante, representando el **59%** de los

desplazamientos, especialmente en las zonas periféricas (Realini et al., 2021).

Estas diferencias en el uso del vehículo privado entre el centro y la periferia en grandes áreas metropolitanas resaltan la **necesidad de centrar la investigación y las políticas de movilidad sostenible en los municipios periféricos** (Francke, 2022).

3.2. Selección de casos de estudio

3.2.1. Criterios para la selección de tres áreas metropolitanas europeas

La selección de las áreas metropolitanas para esta investigación se ha basado en la necesidad de comparar casos que presenten **similitudes estructurales y funcionales**. No obstante, también se ha buscado una diversidad suficiente entre las áreas seleccionadas para contemplar distintas realidades metropolitanas que enriquezcan el análisis, permitiendo **extraer conclusiones significativas y extrapolables a otros contextos**.

Finalmente, se seleccionan las áreas metropolitanas de **Madrid, Barcelona y Milán**, basándose en los siguientes criterios:

A. Relación entre la ciudad central y los municipios periféricos

Cada una de las áreas metropolitanas seleccionadas cuenta con una ciudad central de gran tamaño y actividad económica que actúa como atractor de movilidad. A su vez, presentan municipios periféricos con una densidad suficiente para generar un flujo significativo de viajes hacia la ciudad central y entre los propios municipios.

Las áreas metropolitanas de Madrid, Barcelona y Milán, pertenecientes al grupo de grandes áreas metropolitanas con poblaciones **entre 5 y 8 millones de habitantes**. Presentan un equilibrio poblacional entre la ciudad central y la periferia, con al menos un **40%** de la población residiendo fuera del centro. Además, todas ellas cuentan con municipios periféricos densamente poblados (en su mayoría con **más de 50.000 habitantes**) que presentan una fuerte relación con la ciudad central, siguiendo la definición de Rodríguez & Oviedo (2001).

B. Características socioeconómicas

Madrid, Barcelona y Milán presentan estructuras socioeconómicas comparables en términos de **PIB per cápita, sector productivo predominante y niveles de renta media**. Estas características influyen en los patrones de movilidad y en la adopción de modos de transporte sostenible, como la bicicleta pública (Anaya-Boig et al., 2021).

C. Cultura de movilidad y predominio del vehículo privado

Uno de los aspectos clave ha sido la similitud en la cultura de movilidad, caracterizada por un predominio del vehículo privado, especialmente en la periferia metropolitana. En cuanto al uso del automóvil, Milán lidera con un **59%**, seguido de Madrid con un **40%** y Barcelona con un **29%**, según los últimos datos de las encuestas metropolitanas.

No obstante, estas áreas presentan diferencias en el reparto modal ciclista, lo que enriquece el análisis comparativo. Las áreas metropolitanas de Madrid y Milán se encuentran en una fase inicial del uso de la bicicleta, con aproximadamente un 1% de reparto modal ciclista. En cambio, el área metropolitana de Barcelona está en una fase de consolidación con un uso ciclista del 3-5%.

D. Presencia de sistemas de bicicleta pública en la ciudad central y en la periferia

Un aspecto fundamental es que cada una de estas áreas cuenta con **sistemas de bicicleta pública tanto en la ciudad central como en algunos municipios periféricos**. Respecto a las tres áreas seleccionadas como casos de estudio, se presentan diferencias en su implementación que permiten analizar distintas estrategias de integración del servicio.

El Área Metropolitana de Barcelona cuenta con un único sistema de bicicleta pública (AMBici) para los municipios periféricos, y con la posibilidad de tarifas compartidas con el sistema Bicing del centro de la ciudad. Por el contrario, en las áreas metropolitanas de Madrid y Milán, los sistemas varían entre los diferentes municipios.

E. Disponibilidad de datos

El acceso a datos ha sido un factor determinante en la selección de los casos de estudio. En las tres áreas metropolitanas escogidas, se dispone de **datos abiertos** para poder llevar a cabo el análisis geoespacial. Por otro lado, en Madrid y Barcelona,

la existencia de **contactos con los ayuntamientos y responsables de los sistemas de bicicleta pública** ha facilitado la obtención de información cualitativa mediante entrevistas. En el caso de Milán, si bien no ha sido posible obtener entrevistas, sí se cuenta con datos suficientes para llevar a cabo el análisis cuantitativo.

En conclusión, la selección de las áreas metropolitanas de Madrid, Barcelona y Milán como casos de estudio responde a una combinación de criterios espaciales, socioeconómicos, de movilidad y de disponibilidad de datos, asegurando la comparabilidad y diversidad en el análisis. Su estudio conjunto permite identificar **patrones comunes y particularidades** en la implementación de la bicicleta pública en grandes áreas metropolitanas europeas.

3.2.2. Criterios para la selección de municipios con sistemas de bicicleta pública dentro de las áreas metropolitanas seleccionadas

Se han seleccionado tres municipios periféricos en cada una de las áreas metropolitanas analizadas, con la excepción de Milán, donde solo dos municipios periféricos cuentan con sistemas de bicicleta pública. Por ello, se ha incorporado también el caso de la ciudad de Bérgamo (a 50 km de Milán), que mantiene una relación funcional con esta. En total, se han considerado **nueve municipios como casos de estudio**.

- **Área Metropolitana de Barcelona**

En 2023, Barcelona impulsó la implementación de AMBici, un **sistema de bicicleta pública integrado que abarca 15 municipios del área metropolitana, facilitando trayectos intermunicipales**.

Para este estudio, se han seleccionado los municipios de **Cornellà de Llobregat, Sant Boi de Llobregat y El Prat de Llobregat**. Esta elección responde a la posibilidad de analizar los viajes intermunicipales entre estos municipios, dada su proximidad geográfica. Aunque en futuras investigaciones podría ser relevante incluir municipios con mayor diversidad socioeconómica, los casos seleccionados ya ofrecen una variedad significativa en cuanto a las características urbanas, lo que permite estudiar diferentes patrones de uso del sistema.

- **Área Metropolitana de Madrid**

A pesar de ser una de las áreas metropolitanas más pobladas de Europa, el Área Metropolitana de Madrid carece de una autoridad metropolitana que coordine políticas comunes (González Medina & de Gregorio Hurtado, 2021). Esta fragmentación dificulta la implementación de estrategias coordinadas a nivel metropolitano, como se refleja en la gestión de los sistemas de bicicleta pública. A diferencia de Barcelona, que cuenta con un sistema de bicicleta pública integrado, **en Madrid operan diversos sistemas independientes.**

Entre los municipios que disponen de estos sistemas destacan Boadilla del Monte, Rivas-Vaciamadrid, Getafe, Leganés y Alcalá de Henares. El municipio de Majadahonda también contaba con un sistema de bicicleta pública, pero este cerró en 2016. Recientemente, se ha anunciado la futura expansión del sistema de bicicleta pública del centro de Madrid, BiciMAD, al municipio de Pozuelo de Alarcón, lo que marcaría la primera integración de este servicio en un municipio del área metropolitana (<https://gacetinmadrid.com/2025/01/13/almeida-bicimad-extendera-pozuelo-autobuses-emt/>).

Para el presente estudio, se han seleccionado los municipios de **Boadilla del Monte, Getafe y Rivas-Vaciamadrid**. Esta elección responde a varios factores: en primer lugar, su diversa localización geográfica dentro del área metropolitana (Boadilla del Monte al noroeste, Getafe al sur y Rivas-Vaciamadrid al sureste). En segundo lugar, la heterogeneidad de sus características socioeconómicas, con Boadilla del Monte presentando un nivel de renta más elevado en comparación con los otros dos municipios. Además, la selección se ha visto condicionada por la posibilidad de contacto con responsables de los sistemas de bicicleta pública locales para la recopilación de información cualitativa mediante entrevistas.

- **Área Metropolitana de Milán**

En relación con Milán, los únicos municipios periféricos que contaban con un sistema de bicicleta pública al inicio de la recopilación de datos para este estudio (octubre de 2023) eran **Monza**, al norte del centro de Milán, y **San Donato Milanese**, al sur. No obstante, el sistema de bicicleta pública de San Donato Milanese cerró en marzo de 2024, durante el proceso de recopilación de datos.

Dado que en los casos de Madrid y Barcelona se han seleccionado tres municipios, en el caso de Milán se ha optado por incluir un tercer caso para equilibrar la comparabilidad. Se ha seleccionado la **ciudad de Bérgamo**, situada a 50 km al noreste de Milán, dentro de la región de Lombardía. A pesar de no formar parte estrictamente del área metropolitana de Milán, Bérgamo mantiene una relación funcional con la capital lombarda, especialmente en términos de movilidad y conexiones laborales. Su inclusión permite ampliar el análisis a una dinámica territorial más amplia, considerando el papel de las ciudades secundarias en la movilidad dentro de las regiones metropolitanas.

3.3. Análisis descriptivo de los municipios seleccionados y sus sistemas de bicicleta pública

La comparativa entre municipios de Madrid, Barcelona, Milán y Bérgamo permite analizar cómo diferentes modelos de gobernanza metropolitana influyen en la implementación y expansión de los sistemas de bicicleta pública, proporcionando un marco de referencia para futuras investigaciones sobre bicicleta pública en contextos metropolitanos diversos.

A continuación, se presenta un breve análisis descriptivo de los municipios seleccionados, centrándose en sus características del entorno urbano, socioeconómicas, y en la implementación y funcionamiento de sus sistemas de bicicleta pública.

3.3.1. Barcelona: Cornellà de Llobregat, Sant Boi de Llobregat y El Prat de Llobregat

En el Área Metropolitana de Barcelona, se han seleccionado los municipios de Cornellà de Llobregat, Sant Boi de Llobregat y El Prat de Llobregat. Estos municipios cuentan con el sistema de bicicleta pública **AMBici**, implementado en 2023, que permite viajes intermunicipales. La primera fase del proyecto ha incluido 15 municipios.



Figura 21. Ubicación de los casos de estudio en el Área Metropolitana de Barcelona.
Fuente: Elaboración propia.

El **nivel de integración** de AMBici se considera **parcial**. Aunque permite viajar entre los 15 municipios y ofrece un abono conjunto con Bicing (sistema de bicicleta pública del centro de Barcelona), las bicicletas de ambos sistemas son diferentes. Esta distinción impide una integración total, a diferencia de modelos como Vélib' en París.

- **Cornellà de Llobregat:**

Con una población de **91.589 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **11.236 hab/km²**, Cornellà de Llobregat se caracteriza por su estructura urbana compacta y densa, con una combinación de áreas residenciales, comerciales e industriales. Se trata de un nodo clave dentro del área metropolitana debido a su proximidad a Barcelona y su conexión con múltiples modos de transporte.

- **Actividad urbana:** La actividad comercial se concentra en el centro urbano y a lo largo de la avenida de Salvador Allende. La zona industrial de Almeda y los parques empresariales albergan un gran número de empleos.

- **Características socioeconómicas:** Se observa una diversidad socioeconómica, con diferencias entre barrios más acomodados y otros con menor renta media. La renta neta media por hogar en el municipio es de 36.173 € (INE, 2022), inferior a la media del Área Metropolitana de Barcelona, de 40.927 € (INE, 2022). En general, la población presenta una composición equilibrada en términos de edad y género.
- **Transporte público:** Dispone de varias estaciones de metro (L5), ferrocarriles de la Generalitat (FGC) y trenes de Cercanías (R1, R4 y R7). Además, cuenta con una amplia red de autobuses metropolitanos.

- **Sant Boi de Llobregat:**

Con **84.831 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **3.251 hab/km²**, Sant Boi de Llobregat es un municipio que combina áreas residenciales con espacios agrícolas y naturales, lo que le otorga un carácter particular dentro del área metropolitana.

- **Actividad urbana:** El centro del municipio es el núcleo principal de actividad comercial y servicios, mientras que las zonas industriales se encuentran en el sur.
- **Características socioeconómicas:** Sant Boi muestra un nivel socioeconómico medio. La renta neta media por hogar en el municipio es de 38.137 € (INE, 2022), algo inferior a la media del Área Metropolitana de Barcelona, de 40.927 € (INE, 2022). Cuenta con un perfil poblacional relativamente joven y una importante diversidad de nacionalidades en algunos barrios.
- **Transporte público:** Dispone de estaciones de FGC (L8) y conexiones con autobuses metropolitanos que facilitan el acceso a Barcelona y otros municipios.

- **El Prat de Llobregat:**

Con **66.184 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **3.670 hab/km²**, El Prat de Llobregat se encuentra en una ubicación estratégica debido a su proximidad al aeropuerto de Barcelona y al delta del Llobregat. Aunque el municipio dispone de carriles bici, la bicicleta es utilizada mayoritariamente para desplazamientos locales debido a la relativa desconexión física con otros municipios.

- **Actividad urbana:** La actividad económica se concentra en torno al aeropuerto, el sector logístico y las áreas comerciales del centro urbano.
- **Características socioeconómicas:** La población presenta un nivel de renta medio-alto y un alto grado de empleo en actividades vinculadas al transporte y la logística. La renta neta media por hogar en el municipio es de 38.952 € (INE, 2022), algo inferior a la media del Área Metropolitana de Barcelona, de 40.927 € (INE, 2022).
- **Transporte público:** Cuenta con estaciones de Cercanías (R2) y metro (L9), además de una red de autobuses que lo conecta con Barcelona y municipios cercanos.

3.3.2. Madrid: Boadilla del Monte, Getafe y Rivas-Vaciamadrid

En el área metropolitana de Madrid, los municipios seleccionados son Boadilla del Monte, Getafe y Rivas-Vaciamadrid. A diferencia de los casos de Barcelona, cada uno de estos municipios cuenta con su propio sistema de bicicleta pública.



Figura 22. Ubicación de los casos de estudio en el Área Metropolitana de Madrid.

Fuente: Elaboración propia.

El **nivel de integración** de los tres sistemas analizados en el Área Metropolitana de Madrid es **inexistente**, ya que no hay conexión entre los sistemas de los municipios periféricos ni integración con BiciMAD, el sistema de bicicleta pública del centro de Madrid.

- **Boadilla del Monte:**

Con **65.839 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **1.021 hab/km²**, Boadilla se caracteriza por su dispersión urbana y su elevado nivel socioeconómico. Predominan las urbanizaciones de baja densidad como Las Lomas y Montepríncipe. El sistema **BiBO**, operativo desde 2018, cuenta con 10 estaciones de bicicletas eléctricas, aunque no cubre las urbanizaciones más alejadas.

- **Actividad urbana:** Se concentra principalmente en el casco urbano y en torno a la Avenida Siglo XXI.
- **Características socioeconómicas:** Presenta una de las rentas per cápita más altas del área metropolitana, con una renta neta media por hogar de 82.812 € (INE, 2022), en comparación con la media del Área Metropolitana de Madrid, de 37.687 € (INE, 2022). Cuenta con una alta proporción de familias jóvenes.
- **Transporte público:** El municipio está conectado mediante el Metro Ligerio (7 estaciones de la ML3) y varias líneas de autobuses interurbanos.

- **Getafe:**

Con **189.906 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **5.527 hab/km²**, Getafe es un municipio densamente poblado con una combinación de usos residenciales, comerciales e industriales. Su sistema de bicicletas públicas **GBici**, en funcionamiento desde 2012, cuenta con 18 estaciones de bicicletas convencionales.

- **Actividad urbana:** La actividad económica se distribuye entre el centro y los polígonos industriales.
- **Características socioeconómicas:** Getafe presenta una diversidad de niveles socioeconómicos, con barrios más acomodados y otros con menor renta media. La renta neta media por hogar en el municipio es de 39.455 € (INE, 2022), algo superior a la media del Área Metropolitana de Madrid, de 37.687 € (INE, 2022).
- **Transporte público:** Dispone de 3 estaciones de Cercanías y 7 de MetroSur.

- **Rivas-Vaciamadrid:**

Con **101.949 habitantes** (INE, 2024) y una densidad de **2.036 hab/km²**, Rivas ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas décadas, con un perfil poblacional joven. El sistema **BicinRivas**, operativo desde 2011, cuenta con 33 estaciones tras su expansión en 2022.

- **Actividad urbana:** Se concentra principalmente en el centro y en Rivas Futura, con modernas urbanizaciones.
- **Características socioeconómicas:** Alto nivel educativo y nivel de ingresos, con una renta neta media por hogar de 50.907 € (INE, 2022), superior a la media del Área Metropolitana de Madrid, de 37.687 € (INE, 2022). Cuenta con una notable presencia de familias jóvenes.
- **Transporte público:** Dispone de 3 estaciones de Metro de la línea 9.

3.3.3. Milán y Bérgamo: Monza, San Donato Milanese y Bérgamo

En el contexto italiano, se han seleccionado los municipios de Monza, San Donato Milanese y Bérgamo. Como ocurre en el Área Metropolitana de Madrid, cada uno de estos municipios cuenta con su propio sistema de bicicleta pública.



Figura 23. Ubicación de los casos de estudio en Milán y Bérgamo.

Fuente: Elaboración propia.

El **nivel de integración** de los sistemas analizados en Milán es también **inexistente**, ya que no hay conexión entre los sistemas de los municipios periféricos ni integración con BikeMi, del centro de Milán. En el caso de Bérgamo, tampoco está integrado con el sistema BikeMi.

- **Monza:**

Con una población de **122.883 habitantes** (Istat, 2024) y una densidad de **3.841 hab/km²**, Monza es una ciudad de gran importancia histórica y económica situada al norte de Milán. Su sistema de bicicleta pública, **Monza Bike Sharing**, fue implementado en 2016.

- **Actividad urbana:** La actividad económica se concentra en el centro histórico y en parques empresariales al sur del municipio.
- **Características socioeconómicas:** Monza presenta un nivel de renta medio-alto, con una renta neta media por hogar de 46.165 € (Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2022).

- **Transporte público:** Cuenta con estaciones de tren regional y de alta velocidad, así como una densa red de autobuses, pero no tiene metro ni tranvía.

- **San Donato Milanese:**

Con **32.221 habitantes** (Istat, 2024) y una densidad de **2.716 hab/km²**, San Donato Milanese es un importante centro empresarial al sureste de Milán. Su sistema de bicicleta pública, **In bici è meglio**, operó desde 2015 hasta su cierre en marzo de 2024.

- **Actividad urbana:** Predomina la actividad empresarial con sedes de grandes compañías y una concentración de oficinas.
- **Características socioeconómicas:** San Donato tiene una población de alto nivel educativo y nivel de ingresos, con una renta neta media por hogar de 48.890 € (Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2022).
- **Transporte público:** Dispone de una estación de metro (M3) y una amplia red de autobuses hacia Milán.

- **Bérgamo:**

Con **120.157 habitantes** (Istat, 2024) y una densidad de **2.864 hab/km²**, Bérgamo combina un casco histórico medieval con desarrollos urbanos modernos. Su sistema de bicicleta pública **LaBigi**, está en funcionamiento desde 2012.

- **Actividad urbana:** Se concentra en el centro histórico y en zonas industriales al sur.
- **Características socioeconómicas:** Presenta una renta neta media por hogar de 44.914 € (Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2022) y una población equilibrada en edad y género.
- **Transporte público:** Dispone de trenes regionales, funiculares que conectan la ciudad alta con la baja y la línea de tranvía T1 que enlaza Bérgamo con el Valle de Seriana.

La **Tabla 5** presenta un resumen de las principales características de los municipios seleccionados como casos de estudio, junto con información clave sobre sus sistemas de bicicleta pública. Entre los aspectos considerados se incluyen la población del municipio, el tipo de bicicleta utilizada en el sistema (mecánica o eléctrica) y la tarifa del servicio.

Área	Municipio	Nº de habitantes	Nombre sistema	Tipo de bicicletas	Tarifa
BARCELONA	Cornellà de Llobregat	91.589	AMBici	Eléctricas	40 €/año (65 €/año en combinación con Bicing) +
	El Prat de Llobregat	66.184			< 30 min: 0,15 €
	Sant Boi de Llobregat	84.831			< 2 h: 0,5 €/30 min > 2 h: 5 €/hora
MADRID	Boadilla del Monte	65.839	BiBO	Eléctricas	< 30 min: gratis > 30 min: 0,5 €/30 min
	Getafe	189.906	Gbici	Mecánicas	35,89 €/año
	Rivas-Vaciamadrid	101.949	Bicin rivas	Mecánicas y eléctricas (en transición a 100% eléctricas)	30 €/año o < 1 h: 0,5 € < 2 h: 1 € Tiempo máximo: 2 h
MILÁN	Monza	122.883	Monza Bike Sharing	Mecánicas	30 €/año + < 30 min: gratis < 90 min: 1 € > 90 min: 2 €/hora
	San Donato Milanese	32.221	In bici è meglio	Mecánicas	20 €/año + < 1 h: gratis < 2 h: 1 € < 3 h: 2 € > 3 h: 5 €/hora
BÉRGAMO	Bérgamo	120.157	La BiGi	Mecánicas y eléctricas	40 €/año + < 30 min: gratis < 1 h: 0,5-1 € > 1 h: 4-9 €/hora

Tabla 5. Características de los sistemas de bicicleta pública seleccionados.

Fuente: INE (2024), Istat (2024), sitios web oficiales de los sistemas de bicicleta pública y elaboración propia.

3.4. Conclusiones del análisis de casos de estudio

La selección de los casos de estudio en esta investigación responde a una combinación de criterios espaciales, socioeconómicos, de movilidad y de disponibilidad de datos, con el objetivo de garantizar la comparabilidad y diversidad en el análisis. A su vez, la disponibilidad de datos abiertos y la posibilidad de acceso a información cualitativa han condicionado la selección de los municipios.

La elección de las áreas metropolitanas de Madrid, Barcelona y Milán permite estudiar la implantación de sistemas de bicicleta pública en contextos urbanos con características estructurales y funcionales similares, pero con diferencias en su gobernanza metropolitana y en la integración de estos sistemas en sus periferias.

Barcelona representa un modelo de coordinación metropolitana con un sistema unificado (AMBici), que facilita los viajes intermunicipales. En contraste, Madrid y Milán cuentan con sistemas independientes, con diferencias significativas en su cobertura territorial. La comparativa entre estos casos permite identificar patrones comunes y diferencias en la planificación e implementación de sistemas de bicicleta pública.

4. METODOLOGÍA

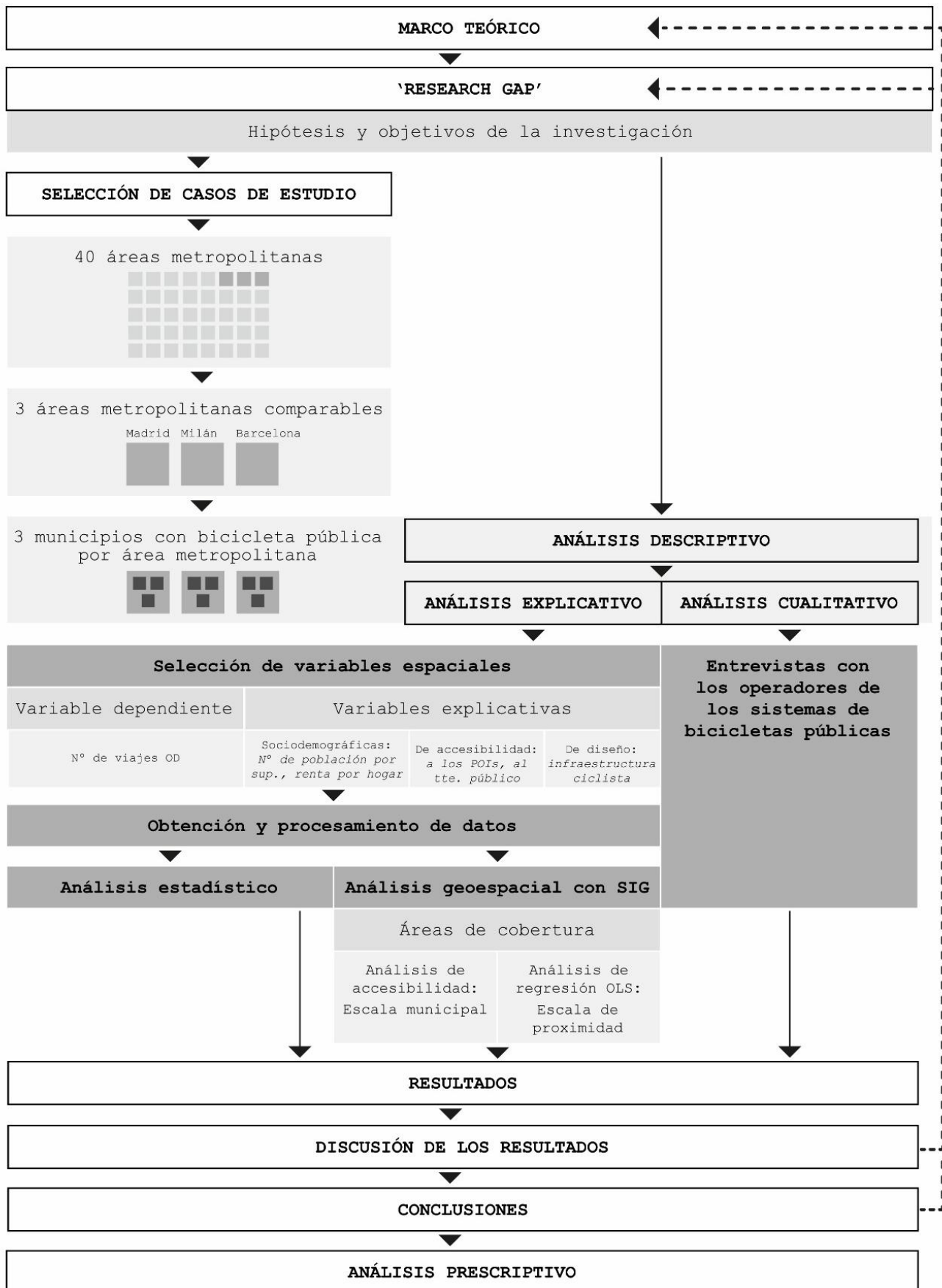


Figura 24. Modelo conceptual de la metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

La metodología de esta investigación se ha diseñado para abordar el objetivo principal de la tesis: comprender las posibilidades que tiene la bicicleta pública en los municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas. La **Figura 21** resume la metodología adoptada, destacando los diferentes tipos de análisis, las técnicas empleadas, y su integración en el marco general de la investigación.

En particular, **se busca analizar la relación entre la elección de este modo de transporte y diversos factores como la densidad urbana, la mezcla de usos del suelo, el diseño de la infraestructura, la accesibilidad al transporte público y factores sociodemográficos, culturales y políticos**. Para ello, se consideran tres escalas de análisis:

- **Escala metropolitana:** El papel de los sistemas de bicicleta pública **como parte de la red de transporte multimodal** en grandes áreas metropolitanas.
- **Escala municipal:** La contribución de estos sistemas a la **movilidad local** dentro de los municipios estudiados.
- **Escala de proximidad:** Los factores determinantes en el uso la bicicleta pública, **medidos en el entorno próximo** de las estaciones mediante áreas de cobertura.

La **hipótesis** planteada en el capítulo 1 establece que **la decisión de utilizar la bicicleta pública está influida principalmente por las características del entorno próximo**, una cuestión que se contextualiza en la revisión bibliográfica del capítulo 2. En dicho capítulo, se ha revisado cómo se están abordando este tipo de estudios sobre sistemas de bicicleta pública y los factores que determinan su uso, poniendo de manifiesto el desarrollo reciente de métodos de recopilación de datos de estos sistemas, las métricas y herramientas de análisis.

Además, en el capítulo 3 se describe el proceso de selección de casos de estudio, fundamentado en un análisis comparativo de 40 áreas metropolitanas europeas. A partir de este análisis, se han identificado tres áreas y, dentro de ellas, se han seleccionado nueve municipios en total situados fuera de la ciudad central, todos ellos con sistemas de bicicleta pública. En el capítulo 3 también se ha realizado un análisis descriptivo de las características de los municipios seleccionados y sus sistemas de bicicleta pública, lo que permite comprender el funcionamiento de los sistemas,

resaltar ciertas características, e identificar las cuestiones a explorar.

En este capítulo 4 de metodología, se presenta el enfoque metodológico y técnicas de análisis, así como sus fundamentos y transferibilidad. Posteriormente, se procede a la justificación y selección de las variables seleccionadas, y a los procedimientos para la obtención y procesamiento de datos, para el análisis estadístico descriptivo y para el análisis geoespacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Finalmente se detalla el procedimiento para la cualificación de los resultados del análisis, y las limitaciones del modelo propuesto.

A. Enfoque metodológico

El enfoque elegido para el análisis es mixto, combinando técnicas **cuantitativas** y **cualitativas**, con predominio del análisis cuantitativo, al considerar que la descomposición en variables medibles permite identificar y evaluar su influencia en el uso de los sistemas de bicicleta pública. El análisis cuantitativo aborda la influencia y peso de las distintas variables o factores determinantes, considerando tanto su descripción mediante medidas espaciales cuantitativas como su influencia conjunta en el uso de la bicicleta pública. En cuanto al análisis cualitativo, se realizan entrevistas a responsables de los sistemas de bicicleta pública para cualificar los resultados obtenidos, aportando una interpretación más rica y matizada de los resultados.

A continuación, se expone la propuesta metodológica de esta investigación, justificando el cómo, el dónde y el cuándo, que se entienden adecuados para comprobar la hipótesis.

- **¿Cómo?**

Se emplean técnicas como la recopilación y procesamiento de datos, la representación gráfica de patrones estadísticos, el análisis geoespacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y entrevistas a actores locales clave.

El análisis explicativo incluye dos enfoques principales:

- **Análisis estadístico descriptivo:** Se realizan gráficos para visualizar los patrones de uso de los sistemas de bicicleta pública, considerando

variaciones temporales y espaciales, así como su posible relación con el transporte público.

- **Análisis geoespacial con SIG:** Utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), se espacializan las variables y se analiza su influencia en el entorno próximo a las estaciones de bicicleta pública. Los resultados se interpretan en el contexto de las características particulares de cada área de estudio, permitiendo identificar patrones y correlaciones.

Las medidas o indicadores definidos para cada variable serán un número diferente en cada caso, dependiendo de su importancia y posibilidades. Un poco más adelante, en la sección 4.1., se justifica su elección y se describen los mismos.

- **¿Dónde?**

La investigación se centra en tres municipios de la corona metropolitana de Madrid, Barcelona y Milán (y en este último caso italiano se añade además la ciudad de Bérgamo, a 50 km de Milán), seleccionados por cumplir los siguientes criterios:

- Municipios con disponibilidad de un sistema de bicicleta pública.
- Ubicados fuera de la ciudad central.
- Conectados mediante una red de transporte público, como tren, metro, o tranvía/metro ligero.
- Con una población superior a 50.000 habitantes (excepto San Donato Milanese, que cuenta con algo más de 32.000 pero cumple con los demás requisitos).

- **¿Cuándo?**

La recopilación de datos se lleva a cabo entre el 1 de octubre de 2023 y el 30 de septiembre de 2024 (un año completo). Los análisis cuantitativos se desarrollan entre septiembre y diciembre de 2024, y las entrevistas cualitativas en diciembre de 2024.

B. Fundamentos y transferibilidad

Dada la relevancia de la escalabilidad en la movilidad urbana, la metodología está diseñada para ser replicable en otras áreas metropolitanas, permitiendo realizar ampliaciones futuras del análisis. Este estudio analiza un total de nueve municipios de áreas metropolitanas distintas, posibilitando la transferibilidad de los métodos y resultados a otros contextos.

Además, los métodos seleccionados están basados en el apartado 2.4. del marco teórico, de síntesis e introducción a los criterios de selección de la metodología de la investigación, que incluye las métricas y herramientas de análisis documentadas en la literatura reciente.

4.1. Justificación y selección de las variables seleccionadas

El análisis explicativo se centra en las **variables del entorno urbano y en algunas variables sociodemográficas**, seleccionadas por su relevancia en la literatura (Geipel et al., 2024) y por su relación con los objetivos de la investigación. Estas variables permiten evaluar la influencia de diferentes factores en el uso de las estaciones de bicicleta pública. Su selección responde, además, a su **capacidad para ser cuantificadas y espacializadas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, priorizando un alto grado de precisión, que en muchos casos se ha logrado a nivel de sección censal o incluso de parcela.

En este apartado, se justifica la elección de las variables del análisis y se describen sus características principales.

4.1.1. Variable dependiente

La **variable dependiente** es el **total de viajes anuales** (del 1 de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024) **por municipio y estación de bicicleta pública**, desagregándose a su vez por mes, día de la semana y hora del día en función de las necesidades para cada análisis. Este indicador refleja de manera directa el uso de las estaciones, permitiendo analizar su relación con las variables explicativas seleccionadas.

4.1.2. Variables explicativas

Las **variables explicativas** se han seleccionado en función de su relevancia en la literatura revisada y la disponibilidad de datos. Estas variables se han organizado en cuatro grupos

principales: variables sociodemográficas, de proximidad a las estaciones y paradas de transporte público, de diversidad y proximidad a puntos de interés (POIs), y de diseño de la red ciclista.

A. Variables sociodemográficas

- **Población:** Se utiliza como sustituto de la densidad poblacional, ya que el número total de habitantes por sección censal o parcela refleja de manera implícita la densidad. Además, la variable de población es directamente relevante para el análisis, al representar el potencial de usuarios de cada estación.
- **Población entre 20 y 49 años:** Este rango etario se analiza como un posible factor de mayor precisión que el anterior, al considerar que corresponde al grupo de población joven con mayor probabilidad de utilizar la bicicleta pública según estudios previos (Goel et al., 2022; Handy et al., 2010; Romanillos, 2018).
- **Renta neta media por hogar:** El poder adquisitivo se presenta en la revisión bibliográfica efectuada como uno de los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública. Como consecuencia, en los casos de estudio españoles se utiliza la variable explicativa de renta media por hogar, obtenido por sección censal. Sin embargo, no se dispone de información actualizada de los municipios italianos.

B. Proximidad a las estaciones y paradas de transporte público

Como bien indica la literatura, la integración de la bicicleta pública con el transporte público es un factor determinante en el uso de la bicicleta (Duran-Rodas et al., 2019; Faghih-Imani et al., 2014; Fazio et al., 2021; Geipel et al., 2024; Ma et al., 2015), espacialmente relevante en áreas metropolitanas (Martínez Rico, 2022). Por ello, se incluye la proximidad a estaciones de **tren, metro y/o tranvía/metro ligero**, en función del transporte público propio de cada municipio estudiado.

C. Diversidad y proximidad a puntos de interés (POIs)

La **mezcla de usos** es una variable recurrente en la literatura (Duran-Rodas et al., 2019; Faghih-Imani et al., 2017; Geipel et al., 2024; Zhao et al., 2023), y su inclusión permite analizar la presencia de actividad

en el entorno urbano, en las áreas de cobertura de las estaciones. Se utiliza la geolocalización de puntos de interés (**POIs**) mediante datos de Open Street Maps y fuentes municipales, en lugar de otras metodologías como los datos catastrales, debido a su mayor transferibilidad y aplicación a otros contextos.

D. Diseño de la red ciclista

Se incluye la infraestructura ciclista como una variable clave de diseño, al fomentar el uso de la bicicleta según la literatura revisada (Dill & McNeil, 2013; Francke, 2022; Pucher & Buehler, 2010).

4.1.3. Disponibilidad de datos y granularidad

La granularidad de los datos y su disponibilidad ha sido determinante para definir las variables explicativas del análisis. Aunque algunas variables podrían haber aportado valor adicional, como el **índice de motorización, densidad de empleo, género o edad**, no se han incluido debido a la falta de datos suficientemente desagregados o actualizados. Por ejemplo, en el caso del índice de motorización, la literatura indica que la propiedad de automóviles está negativamente asociada al uso de la bicicleta (Nello-Deakin & Harms, 2019). A pesar de que se reconoce la potencial relevancia de esta variable, la **falta de datos desagregados por secciones censales o actualizados** para los municipios italianos ha llevado a su exclusión, lo que representa una de las limitaciones de la investigación.

4.2. Procedimiento para la obtención y procesamiento de datos

En esta investigación, la obtención y procesamiento de datos han sido tareas especialmente complejas, dado el volumen de datos y la precisión espacial necesaria para el análisis. El uso de herramientas como Sistemas de Información Geográfica (GIS) y Jupyter, ha permitido automatizar procesos que de forma manual serían inviables o menos precisos. A continuación, se describen los procedimientos empleados para cada variable y tipo de análisis, y se abordan aspectos clave como las métricas, la granularidad de los datos y sus limitaciones.

4.2.1. Variable dependiente

A. Métricas y herramientas

La variable dependiente, que es el número de viajes por estación de bicicleta pública, se ha calculado a partir de datos extraídos automáticamente de las **páginas web de los sistemas de bicicleta pública**. Estas proporcionan información en tiempo real sobre el número de bicicletas y estacionamientos disponibles en cada estación.

Siguiendo lo que se indica en la literatura existente, la investigación da por supuesto que cada decremento en el número de bicicletas disponibles en una estación es una instancia de una bicicleta siendo retirada y utilizada (Wang y Kim, 2017; Kabra, Belavina y Girotra, 2013; O'Brien, Cheshire y Batty, 2012; Radzimski y Dzięcielski, 2019; Chen et al., 2014; Levy, Golani y Ben-Elia, 2012).

La frecuencia de recopilación fue de dos minutos, métrica basada en la literatura existente (Kabra, Belavina y Girotra, 2013; O'Brien, Cheshire y Batty, 2012; Radzimski y Dzięcielski, 2019; Levy, Golani y Ben-Elia, 2012). Esto garantiza una precisión suficiente para capturar patrones horarios, como horas pico y horas valle, y estacionales, entre otros.

La extracción, procesamiento y almacenamiento de los datos se ha realizado mediante funciones desarrolladas en PHP, que analizaban el código HTML de las páginas web de cada sistema de bicicleta pública, descargaban los datos y los almacenaban en una base de datos MySQL. Se han agrupado los datos de 159 estaciones en total durante un año (1 de octubre de 2023 a 30 de septiembre de 2024), generando aproximadamente un total de **41.785.200 registros**, posteriormente agregados por hora para facilitar el análisis (1.392.840 registros).

La representatividad de los datos se ha optimizado además eliminando los valores atípicos, como transferencias de bicicletas mediante camiones por parte de los operadores del sistema.

B. Limitaciones de los datos

- **Falta de datos sobre las características de los usuarios y de las rutas**

Una de las limitaciones de la recopilación de los datos de esta investigación, es que los datos proporcionan las variaciones en cada estación, pero sin especificar

el flujo de bicicletas de una estación a otra o datos sobre las características de los usuarios. Como consecuencia, no se tienen datos como el género o la edad, el motivo de viaje, la duración o la distancia de la ruta. Además, no se cuenta con información sobre el trayecto de los usuarios hasta las estaciones, lo que dificulta el análisis de sus características y comportamiento.

A pesar de esto y gracias a las entrevistas, cuya metodología se explica posteriormente en el apartado 4.5., en el caso de los municipios del Área Metropolitana de Barcelona, se han podido obtener las estaciones de origen y destino de los viajes, pudiendo analizar si estos son intramunicipales o intermunicipales. Esto es especialmente relevante en el caso de Barcelona, ya que, a diferencia del resto de casos de estudio, el sistema AMBici es común a todos los municipios del área metropolitana. Estos datos obtenidos a través de los responsables de los sistemas de bicicleta pública suelen ser más precisos, pero actualmente muchos de estos datos son difíciles de obtener. Inicialmente, se planeaba obtener los datos a través de los operadores de los servicios de cada ayuntamiento, pero este método resultó ineficiente. La metodología se cambió, lo que permitió ampliar el análisis a un mayor número de municipios, enriqueciendo significativamente el estudio.

- **Simultaneidad y transferencias operativas**

Siguiendo la metodología aplicada en la literatura, se ha asumido que cada decremento en bicicletas disponibles representaba un viaje. Sin embargo, podrían existir casos de simultaneidad o traslados masivos por los operadores mediante camiones. Estos últimos se han mitigado excluyendo periodos con más de tres movimientos en dos minutos, siguiendo también los criterios de la literatura relevante sobre el tema (Kabra et al., 2018). Otra de las limitaciones de este método de recopilación de datos sería la posible simultaneidad de las bicicletas retiradas y devueltas en ese periodo de tiempo. Sin embargo, la literatura indica que las tasas observadas de estas actividades indican que tal simultaneidad ocurre con una frecuencia de menos del 1% (Kabra et al., 2018).

- **Limitaciones en el acceso a datos**

Los datos históricos de sistemas de bicicleta pública no están disponibles de forma generalizada, lo que restringe la posibilidad de comparar con áreas no incluidas en el estudio (O'Brien, Cheshire y Batty, 2012). En los últimos años, sí que en algunas ciudades se ha empezado a dar acceso abierto a estos datos y a publicarlos, pero esto aún no ocurre cuando se trata de sistemas de bicicleta pública de municipios periféricos.

En esta investigación, a través de las entrevistas, se han podido obtener los datos reales de los tres municipios del Área Metropolitana de Barcelona, de Rivas-Vaciamadrid y Boadilla del Monte en el caso de Madrid, pudiendo realizar una comparativa entre estos datos y los datos obtenidos en el estudio. En el capítulo de 5 de resultados, se detalla el porcentaje de error de la metodología utilizada para la recopilación de datos.

4.2.2. Variables explicativas

A. Métricas y herramientas

Las variables explicativas incluyen métricas sobre población y renta, transporte público, puntos de interés (POIs) e infraestructura ciclista. El objetivo del estudio y las propias características de los datos han hecho imprescindible manejar distintas unidades espaciales de referencia (punto, eje, parcela, sección censal). Además, los datos se han obtenido de múltiples fuentes.

Si bien en la literatura revisada se identifican otras variables relevantes (Tabla 6), como la densidad de empleos o la pendiente, estas no se han incluido en el análisis por falta de datos disponibles. Por otro lado, en la Tabla 6 también se distinguen categorías de POIs, como restaurantes, hoteles o parques. No obstante, en esta investigación interesa agrupar los POIs en una única variable para analizar su efecto agregado. A pesar de estas limitaciones, las variables seleccionadas se consideran suficientes para captar los principales factores explicativos.

En la **Tabla 6** se presentan un resumen de las fuentes de datos y su granularidad para el análisis.

	VARIABLE DEPENDIENTE		VARIABLES EXPLICATIVAS									
	Viajes OD (n° viajes/año)		N° de habitantes 20-49 años (hab.)		Renta neta media por hogar (€)		Estaciones de transporte público (uds.)		Puntos de interés: POIs (uds.)		Infraestructura ciclista (metros)	
	Fuente y año	Granularidad de Datos	Fuente y año	Granularidad de Datos	Fuente y año	Granularidad de Datos	Fuente y año	Granularidad de Datos	Fuente y año	Granularidad de Datos	Fuente y año	Granularidad de Datos
Boadilla el Monte	Ayuntamiento de Boadilla del Monte (Datos 2021)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Consorcio Regional de Transportes de Madrid (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Getafe	API GBici (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Consorcio Regional de Transportes de Madrid (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Rivas-Vaciamadrid	API Bicinrivas (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Consorcio Regional de Transportes de Madrid (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Cornellà de Llobregat	API AMBici (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
El Prat de Llobregat	API AMBici (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Sant Boi de Llobregat	API AMBici (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	Instituto Nacional de Estadística (Últimos datos: 2022)	Sección censal	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Monza	API BicinCità (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nazionale di Statistica (Últimos Datos: 2021)	Sección censal	Ministero dell'Economia e delle Finanze (Últimos Datos: 2022)	Municipio	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
San Donato Milanese	API Comune di San Donato Milanese (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nazionale di Statistica (Últimos Datos: 2021)	Sección censal	Ministero dell'Economia e delle Finanze (Últimos Datos: 2022)	Municipio	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea
Bergamo	API Bike Share Map (Datos octubre 2023-septiembre 2024)	Punto	Instituto Nazionale di Statistica (Últimos Datos: 2021)	Sección censal	Ministero dell'Economia e delle Finanze (Últimos Datos: 2022)	Municipio	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Punto	OpenStreetMap (Últimos Datos: 2024)	Línea

Tabla 6. Síntesis de las fuentes y granularidad de los datos para el análisis.

Fuente: Elaboración propia.

- **Población y renta:** Datos catastrales y censales de España (Dirección General del Catastro e INE) y de Italia (Geoportale della Regione Lombardia e Istat).

Aunque los datos de población se obtienen a nivel de sección censal, se ha redistribuido a nivel de parcela para mejorar la precisión, considerando solo áreas residenciales y descartando zonas verdes o viales, entre otros, que podrían desvirtuar los resultados.

En el caso de la renta, cuando un área de cobertura abarca varias secciones censales, se ha realizado una media ponderada en proporción a la superficie que se encuentra en cada sección censal para obtener la renta aproximada de la zona en concreto.

- **Estaciones de transporte público:** Datos obtenidos y clasificados según su tipo (estaciones de tren, metro, tranvía o metro ligero) a partir de OpenStreetMap (OSM) y bases de datos municipales. Estas estaciones se geolocalizan como **puntos**.
- **Puntos de interés (POIs):** Datos extraídos de OpenStreetMap (OSM), seleccionados según literatura relevante sobre la ciudad de proximidad (Gil Solá & Vilhelmson, 2018; Moreno, 2020). Estos son los puntos de ocio, cultura y vida comunitaria, servicios y comercio, universidades y colegios, eliminando otros datos como las basuras o los bancos, por ejemplo. Al igual que ocurre en el caso de las estaciones de transporte público, los POIs toman como **unidad de análisis** el **punto**.
- **Infraestructura ciclista:** Datos extraídos de OpenStreetMap (OSM). En este caso la **unidad de análisis** es la **longitud** total de la infraestructura ciclista.

El procesamiento de los datos ha incluido el uso de **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** para geolocalizar las variables y realizar análisis espaciales.

B. Limitaciones de los datos

- **Población y renta:** En este estudio, la representatividad de la granularidad sobre el número de población mejora sin duda la de otras investigaciones similares consultadas, que consideran zonas más extensas como secciones censales, barrios o el municipio en su conjunto.

A pesar de esto, aunque la redistribución de población a nivel de parcela mejora la precisión, se asume proporcionalidad uniforme dentro de las áreas residenciales, lo que podría introducir sesgos. Además, no se dispone de los datos de renta de los municipios italianos. Por otro lado, no se dispone de datos de densidad de empleo, otro factor citado en la literatura que influye en el uso de la bicicleta pública (Geipel et al., 2024).

- **Transporte público:** No se dispone de datos sobre el volumen de pasajeros en estaciones de transporte público, lo que limita la capacidad para analizar diferencias entre estaciones.
- **Infraestructura ciclista:** Los datos de OpenStreetMap no incluyen información sobre la calidad de la infraestructura ciclista.

Todas estas limitaciones se podrían solventar haciendo peticiones de datos más específicos a las distintas administraciones, o con metodologías cualitativas como la observación participante, entre otras. Sin embargo, esto conllevaría una inversión considerable de tiempo y se considera que los datos analizados tienen el potencial suficiente para derivar las conclusiones relevantes que contribuyen al conocimiento sobre el tema.

4.3. Procedimiento para el análisis estadístico descriptivo

El análisis estadístico descriptivo se realiza para explorar y visualizar patrones de uso de los sistemas de bicicleta pública, considerando variaciones temporales y espaciales, así como su posible relación con el transporte público. Este análisis se ha llevado a cabo empleando herramientas como Jupyter, que permiten procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente.

Pretende dar respuesta a los siguientes objetivos de la investigación:

O4. Evaluar el papel de la bicicleta pública en el transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas.

O6. Establecer similitudes y diferencias en el uso de la bicicleta pública entre los municipios estudiados.

A continuación, se detalla el procedimiento del análisis.

A. Estadísticas anuales por municipio y meses del año

Se han generado gráficos para comparar los niveles de uso anual entre municipios y observar las variaciones mensuales en cada sistema. Para ello, se han agrupado los datos de viajes por mes y municipio, destacando aquellos con un uso más constante frente a las que tienen mayores fluctuaciones, y se han calculado los valores promedio y totales mensuales.

En el procesamiento de los datos, se han encontrado algunas anomalías:

- En el sistema **BiBO** de Boadilla del Monte, se han identificado comportamientos atípicos con un uso elevado incluso durante horas nocturnas. Tras investigar al respecto y mantener una entrevista con uno de los responsables del sistema BiBo (detallada en el apartado 4.5.), se ha confirmado un error en la página web del sistema. Los datos reales se han obtenido entonces a través de este gestor de manera directa.
- El sistema de bicicleta pública de **San Donato Milanese** cerró el 1 de marzo de 2024. Es por ello por lo que no se registran datos a partir de esta fecha.

B. Estadísticas anuales por municipio y por hora del día

Se han analizado las variaciones horarias en los datos de uso, con el objetivo de identificar horas punta y horas valle, tanto entre semana como los fines de semana. Los resultados se han representado mediante gráficos que muestran las diferencias en patrones horarios entre municipios.

C. Estadísticas promedio de uso entre semana y fines de semana por municipio y por estación

El análisis se ha desglosado para identificar la variación del uso de la bicicleta pública entre días laborables y fines de semana en los distintos municipios analizados. En primer lugar, se clasifican temporalmente separando los datos en tres categorías: días laborables (lunes a jueves), viernes y fines de semana (sábado y domingo). Esta distinción se realiza debido a que, en estudios previos sobre sistemas de bicicleta pública, se ha observado que los viernes presentan patrones de uso distintos tanto respecto a los días laborables como a los fines de semana, lo que justifica su

análisis por separado. Para cada una de estas categorías se ha calculado el promedio de viajes en cada municipio y por estación dentro de los mismos. Esto se ha representado mediante un gráfico comparativo de todos los municipios y uno por cada municipio.

D. Estadísticas por estaciones en horas punta y posible relación con la proximidad al transporte público

Se ha analizado la posible integración de la bicicleta y el transporte público en horas punta en las estaciones de los distintos municipios. El objetivo es evaluar si existe una integración multimodal significativa que respalde la hipótesis de que los sistemas de bicicleta pública forman parte de la red multimodal.

En primer lugar, se han identificado las estaciones próximas a nodos de transporte público, específicamente de tren, metro y tranvía/metro ligero. En el caso de las paradas de autobús se han terminado excluyendo del análisis debido a la falta de correlación significativa. Esta información se ha cruzado con los datos del número de viajes de origen y destino en estaciones cercanas a los nodos de transporte en días laborables y horas pico, comparándolos con las estaciones donde no existe esta proximidad. Esto se ha visualizado gráficamente, mostrando los diferentes patrones de uso.

4.4. Procedimiento para el análisis geoespacial con Sistemas de Información Geográfica

El análisis geoespacial se ha realizado utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de incorporar la dimensión espacial al estudio. Esto ha permitido mapear las variables, definir su granularidad y analizar la relación entre la variable dependiente y las variables explicativas.

Pretende dar respuesta a los siguientes objetivos de la investigación:

02. Evaluar la proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública en distintos contextos metropolitanos.

03. Identificar los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública en municipios periféricos.

04. Evaluar el papel de la bicicleta pública en el transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas.

05. Analizar el impacto de los viajes intermunicipales en la demanda del sistema de bicicleta pública.

En cuanto a las **métricas y herramientas** utilizadas para el análisis, se basan en la literatura revisada (apartado 2.3.2.). Para delimitar el área de estudio, se han generado **áreas de cobertura a 400 y 800 metros** alrededor de las estaciones de bicicleta pública, siguiendo las **distancias más citadas en la literatura** (Arias Molinares, 2023; Carpio-Pinedo, Pozo Menéndez, et al., 2021; Guerra et al., 2012; Krizek & Johnson, 2006; Olszewski & Wibowo, 2005; Vale et al., 2015). Los análisis realizados han mostrado que **la cobertura a 400 metros presenta un mayor coeficiente de determinación (R^2)** y una relación más significativa con las variables evaluadas. Por lo tanto, se ha adoptado esta distancia para la representación de los resultados.

El análisis se ha realizado a dos niveles: a escala municipal y a escala de proximidad.

4.4.1. Análisis de accesibilidad a escala municipal

El **objetivo** principal de este análisis es **determinar si existe una correlación entre la proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública y su nivel de uso**. Para ello, se estudian los nueve municipios seleccionados como casos de estudio, junto con la ciudad central de las áreas metropolitanas de Barcelona, Madrid y Milán. Este enfoque permite obtener una visión tanto a escala municipal como metropolitana.

A. Hipótesis del análisis

- **Hipótesis 1:** La ciudad central tiene mayor accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública que los municipios periféricos, ya que cuenta con mayor población viviendo cerca de estas estaciones.
- **Hipótesis 2:** Un mayor número de personas viviendo cerca de las estaciones de bicicleta pública se traduce en un mayor número de viajes realizados en bicicleta pública.

B. Procedimiento del análisis

La herramienta principal utilizada en este análisis es el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). En cuanto a las métricas, se han generado áreas de cobertura o isócronas de 400 metros a pie para evaluar la accesibilidad peatonal a las estaciones de bicicleta pública. Estas áreas de cobertura se han intersecado con los datos de población por sección censal, obtenidos del INE para los casos españoles y del Istat para los italianos. Esto permite

calcular el **porcentaje de población que vive a 400 metros a pie de una estación de bicicleta pública**.

Finalmente, se comparan estos resultados con los datos de uso de cada municipio, con el objetivo de identificar si existe una correlación entre la accesibilidad de la población a las estaciones de bicicleta pública y el número de usos, comprobando así las hipótesis planteadas. Además, se identificarán los **valores atípicos**, que se tratarán de explicar con la posterior cualificación de los datos mediante entrevistas a diferentes responsables de los sistemas de bicicleta pública.

4.4.2. Análisis de regresión OLS a escala de proximidad

En este análisis, se realiza un estudio más en detalle en el entorno próximo de cada estación de bicicleta pública, considerando los 400 metros alrededor de las mismas. Para ello, se analiza la influencia de los factores asociados al uso de la bicicleta pública en el entorno de las estaciones, mediante un modelo de regresión OLS (*“Ordinary Least Squares”*).

A. Hipótesis del análisis

La investigación trata de averiguar si los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública identificados en la literatura son los mismos para las periferias metropolitanas, y el peso de cada variable en función del contexto. Las hipótesis sobre la relación de las variables explicativas con la variable dependiente son las siguientes:

- **Población total y población de entre 20 y 49 años:** Se espera que un mayor número de habitantes en el área de cobertura de una estación aumente el número de viajes registrados, siendo posiblemente más significativo el subgrupo etario de 20 a 49 años.
- **Renta media por hogar:** A pesar de que se podría pensar que, a mayor nivel de renta, más propiedad del automóvil y por lo tanto menor uso de otros modos de transporte alternativos como la bicicleta pública, la literatura indica que esto no es así (Dill et al., 2022; Mohiuddin et al., 2023; Suárez-Vega et al., 2023; Yang et al., 2024). Por lo tanto, se espera que esto también ocurra en los municipios estudiados, y que, a mayor nivel de renta media por hogar, mayor uso de la bicicleta pública.

- **Proximidad al transporte público:** Se espera que las estaciones ubicadas cerca de nodos de transporte público (tren, metro, tranvía o metro ligero) tengan un mayor uso, especialmente las estaciones de tren (Duran-Rodas et al., 2019; Pucher & Buehler, 2008; Rietveld, 2000).
- **Diversidad y proximidad a puntos de interés (POIs):** Se prevé que una mayor mezcla de usos y proximidad a puntos de interés aumente el uso de la bicicleta pública.
- **Diseño de la infraestructura ciclista:** Se espera que la proximidad a infraestructura ciclista incremente el uso de las estaciones de bicicleta pública.

B. Procedimiento del análisis

En primer lugar, se han incorporado todas las variables descritas en el apartado 4.1., integrando múltiples conjuntos de datos con el objetivo de obtener un modelo analítico robusto. Posteriormente, se ha realizado un análisis OLS conjunto de los nueve municipios estudiados, para obtener resultados que se puedan extrapolar a otros contextos, descartando las variables no significativas y puliendo otras. Por otro lado, se ha realizado este mismo análisis OLS por cada área metropolitana: uno para los municipios de Cornellá de Llobregat, el Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat (Barcelona), otro para Boadilla del Monte, Rivas-Vaciamadrid y Getafe (Madrid) y, por último, otro para Monza, San Donato Milanese (Milán), y Bérgamo. De esta forma, el análisis se adapta también a las particularidades de cada lugar, para identificar diferencias culturales y contextuales en el uso de la bicicleta pública.

En cuanto a la visualización de los resultados, se representan en mapas temáticos por cada área metropolitana, incluyendo:

- Mapas de accesibilidad y cobertura (400 metros).
- Mapas de número de población por sección censal (densidad de población).
- Mapas de renta por hogar por sección censal.
- Mapas de usos del suelo y parcelas.
- Mapas comparativos de uso y proximidad a puntos de interés (POIs).

- o Mapas comparativos de uso y proximidad al transporte público.
- o Mapas comparativos de uso y proximidad a infraestructura ciclista continua.
- o Mapas de viajes intramunicipales e intermunicipales. El caso de AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona.
- o Mapas del análisis de regresión OLS.

Estos mapas facilitan la identificación de **patrones espaciales y valores atípicos**, proporcionando una visión integral de las relaciones entre los factores del entorno urbano y socioeconómicos con el uso de la bicicleta pública en distintos contextos metropolitanos. Los valores atípicos se tratan de explicar con la posterior cualificación de los datos mediante entrevistas a los distintos responsables de los sistemas de bicicleta pública.

4.5. Procedimiento para la cualificación de los resultados del análisis: Entrevistas con distintos responsables de los sistemas de bicicleta pública

El **análisis cualitativo** no sustituye a las metodologías cuantitativas descritas previamente, sino que las complementa. La integración de enfoques cualitativos permite comprender los datos desde una perspectiva que contempla las experiencias y opiniones de los actores involucrados, reduciendo el riesgo de interpretaciones sesgadas o incompletas (Creswell, 2014; Flick, 2018; Liu et al., 2021). Este **enfoque mixto** permite corroborar los resultados cuantitativos, identificar y explicar valores atípicos, y llenar vacíos de información que los datos puedan presentar. Además, este procedimiento cualitativo aporta una capa de comprensión sobre las particularidades y las fortalezas y debilidades de los sistemas de bicicleta pública estudiados.

Además, este procedimiento cualitativo responde directamente a los siguientes objetivos específicos de la investigación:

O3. Identificar los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública en municipios periféricos.

O4. Evaluar el papel de la bicicleta pública en el transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas.

O6. Establecer similitudes y diferencias en el uso de la bicicleta pública entre los municipios estudiados.

En cuanto al procedimiento para la cualificación de los resultados, se han llevado a cabo tres entrevistas semiestructuradas con responsables de los sistemas de bicicleta pública analizados, y en un cuarto caso la información se ha obtenido a través de un cuestionario, dado que el responsable optó por no participar en una entrevista. La elección de **entrevistas semiestructuradas** se justifica por su capacidad para combinar una estructura común con la flexibilidad para profundizar en aspectos que surgen durante la conversación. Este formato resulta adecuado en investigaciones que abordan distintas realidades locales (Adams, 2015; Kallio et al., 2016), como ocurre con los casos de estudio de esta tesis. El guion se ha diseñado con preguntas abiertas agrupadas por temáticas.

Aunque el número de entrevistas realizadas es reducido, diversos estudios señalan que una muestra pequeña pero bien seleccionada puede ser suficiente para obtener información relevante del fenómeno analizado (Guest et al., 2006; Malterud et al., 2016). En este caso, los participantes eran responsables directos de los sistemas analizados, lo que aporta valor y fiabilidad a los datos recogidos.

La credibilidad del análisis cualitativo se ha reforzado mediante el contraste con los datos cuantitativos disponibles. No obstante, debe señalarse como limitación la falta de entrevistas o cuestionarios con responsables de los municipios italianos, lo que reduce la posibilidad de comparar directamente ambos contextos nacionales. En el caso de Getafe, se recurrió al uso de un cuestionario estructurado, basado en la misma guía utilizada en las entrevistas, como medida alternativa ante la negativa a participar en una entrevista, siguiendo un plan de contingencia diseñado previamente.

A. Contactos para las entrevistas

Tras los esfuerzos para contactar con los responsables de los sistemas de bicicleta pública analizados, finalmente se lograron concretar tres entrevistas clave, que proporcionaron información detallada sobre los seis municipios españoles estudiados.

- **Rosend Bosch**, responsable de proyectos de la Dirección de Servicios de Movilidad Sostenible del **Área Metropolitana de Barcelona (AMB)**. Entrevista realizada el 4 de diciembre de 2024, modalidad online. Este

intercambio permitió obtener datos relevantes sobre el sistema AMBici, poniendo énfasis en los municipios estudiados de **Cornellá de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat**.

- **Ignacio Barrueco**, Coordinador de Obra Civil de los Servicios Técnicos del Área de Obra Civil del Ayuntamiento de **Boadilla del Monte**. Entrevista realizada el 9 de diciembre de 2024, modalidad online. La información obtenida se centró en el sistema **BiBO**, su implementación y futura ampliación.
- **Jose Jiménez**, Técnico Especialista de Movilidad del Ayuntamiento de **Rivas-Vaciamadrid**. Entrevista realizada el 16 de diciembre de 2024, modalidad online. Se recabó información detallada sobre el sistema **BicinRivas**, su implementación y futura expansión del sistema.
- Responsable del Servicio de Movilidad y Transporte del Ayuntamiento de **Getafe**. En el caso del sistema **GBici** de Getafe, preferían responder a las preguntas mediante un cuestionario, en lugar de concertar una entrevista.

No obstante, no fue posible obtener entrevistas con los responsables de los municipios italianos.

B. Procedimiento de las entrevistas y diseño del guion

Las entrevistas se realizaron de manera virtual, con una duración de entre 1 hora y 15 minutos y 1 hora y 40 minutos. Se eligió un formato semiestructurado, lo que permitió seguir un guion, pero también adaptarse a las respuestas de los entrevistados para profundizar en aspectos inesperados, lo que enriqueció el análisis cualitativo.

El guion cuenta con 17 preguntas organizadas en temas específicos, con adaptaciones puntuales según las características del municipio y los datos cuantitativos disponibles. Los temas tratados han sido los siguientes:

- **Introducción y visión general** (3 preguntas): Enfoque en la historia y el propósito general del sistema de bicicleta pública.
- **Multimodalidad** (4 preguntas): Integración de las bicicletas públicas con otros modos de transporte.
- **Factores determinantes en el uso del sistema** (3 preguntas): Elementos que fomentan o limitan el uso.

- **Fortalezas y debilidades del sistema** (2 preguntas): Evaluación de puntos destacados y áreas de mejora.
- **Datos** (2 preguntas): Validación de los resultados cuantitativos y contraste con las perspectivas cualitativas.
- **Expansión y futuro del sistema** (3 preguntas): Perspectivas y proyectos futuros.

El guion utilizado en las entrevistas se encuentra en el **Anexo 2**, que incluye las preguntas empleadas para cada municipio. El **Anexo 3** contiene una descripción detallada de los resultados de las entrevistas.

C. Implementación y adaptaciones

Durante las entrevistas, las preguntas se presentaron a los entrevistados a través de pantalla compartida, asegurando un enfoque estructurado sin perder de vista los objetivos principales. Sin embargo, se permitió la formulación de preguntas adicionales derivadas de las respuestas proporcionadas, lo que resultó en información complementaria y no prevista inicialmente.

D. Análisis de las entrevistas

El análisis de los datos cualitativos obtenidos ha incluido las siguientes etapas:

- **Codificación inicial:** Identificación de temas recurrentes en las respuestas de los entrevistados.
- **Contraste con los resultados cuantitativos:** Validación de resultados estadísticos y explicación de valores atípicos.
- **Identificación de áreas de interés emergentes:** Reconocimiento de factores contextuales no previstos en el análisis inicial.

Este procedimiento ha contribuido significativamente a contextualizar y enriquecer los resultados, demostrando el valor añadido de la metodología cualitativa en la investigación.

4.6. Limitaciones del modelo de análisis propuesto

Cualquier metodología de investigación tiene sus limitaciones; sin embargo, el principal desafío no radica en su existencia, sino en desconocerlas o ignorarlas. En el modelo de análisis adoptado para este estudio, se identifican

tanto limitaciones menores como otras más significativas que requieren una valoración detallada por referirse a aspectos específicos de la investigación.

A. Limitaciones menores

- **Falta de datos sociodemográficos:** Los datos analizados no incluyen información detallada sobre edad, género o nivel educativo.
- **Falta de datos de motivo de viaje:** Los datos analizados no alcanzan un nivel de desagregación suficiente para capturar los motivos de viaje y las variaciones entre diferentes tipos de usuarios.

B. Limitaciones significativas

- **Datos incompletos sobre movilidad ciclista general:** Contar con información sobre el uso de bicicletas privadas frente a públicas en cada municipio permitiría contextualizar mejor los patrones observados.
- **Falta de datos sobre índice de motorización y reparto modal por secciones censales:** Disponer de estos datos enriquecería el análisis espacial y ayudaría a interpretar mejor las dinámicas locales de movilidad.
- **Acceso limitado a datos abiertos:** Aunque algunos municipios proporcionan datos, la falta de acceso abierto limita la precisión y el alcance del análisis. Una mayor disponibilidad de datos públicos podría mejorar la calidad de los resultados.
- **Limitaciones derivadas del uso de OpenStreetMap como fuente de datos:** Tanto la infraestructura ciclista como los puntos de interés (POIs) se han obtenido a partir de OpenStreetMap, una plataforma colaborativa cuya calidad depende del conocimiento y participación de los usuarios locales. Esto puede generar variaciones entre zonas, así como omisiones o inconsistencias en el etiquetado de elementos como carriles bici protegidos. Aunque se han consultado también datos oficiales proporcionados por varios municipios, en la mayoría de los casos resultaron más incompletos o desactualizados que los disponibles en OpenStreetMap. Por esta razón, se optó por esta fuente, complementando su validación con comprobaciones visuales en Google Earth que permitieron confirmar muchos de los datos.

- **Limitaciones asociadas al uso de datos agregados por secciones censales:** El análisis espacial de esta investigación se basa en datos disponibles a nivel de sección censal, que constituyen el nivel más desagregado de información estadística oficialmente publicado y accesible para los municipios estudiados. No obstante, estas unidades administrativas no siempre reflejan adecuadamente los procesos espaciales reales, ya que pueden contener una gran heterogeneidad interna tanto en perfiles sociodemográficos como en características del entorno urbano. Este problema se acentúa especialmente en municipios periféricos de áreas metropolitanas, donde las secciones censales tienden a ser considerablemente más extensas que en los centros urbanos, como ocurre en Madrid o Barcelona. En estos casos, una misma sección puede abarcar barrios con dinámicas sociales, estructuras urbanas y niveles de accesibilidad muy distintos, lo que introduce un sesgo potencial en la interpretación de los patrones espaciales observados.

Esta situación se enmarca en el denominado “*Modifiable Areal Unit Problem*” (MAUP), que advierte sobre cómo los resultados de los análisis pueden variar en función de la escala o la configuración espacial de las unidades utilizadas. Sería deseable que las administraciones impulsaran la publicación de datos abiertos más detallados a escala local, por ejemplo, a nivel de barrio u otras unidades más representativas, con el fin de facilitar análisis espaciales más precisos.

A pesar de estas limitaciones, los resultados no se ven sustancialmente afectados, ya que **existen precedentes suficientes de investigaciones similares que respaldan la validez de la metodología empleada**. Además, el uso de indicadores como el número de viajes entre semana y fines de semana, la proximidad a estaciones de transporte público, y los picos horarios permiten inferir tendencias relacionadas con el motivo de viaje incluso en ausencia de datos explícitos (e.g., viajes al lugar de trabajo o estudios, o viajes por uso recreativo). Pese a las limitaciones, la metodología ofrece una base sólida para entender los sistemas de bicicleta pública en distintos contextos.

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación. En el apartado 5.1 se exponen los resultados del análisis estadístico, mientras que en el 5.2 se detallan los del análisis comparativo realizado mediante Sistemas de Información Geográfica. Este último incluye: la accesibilidad a escala municipal (subapartado 5.2.1), el análisis de regresión OLS a escala de proximidad (subapartado 5.2.2), los patrones de viajes intermunicipales e intramunicipales (subapartado 5.2.3) y la identificación de valores atípicos (subapartado 5.2.4). Por último, el apartado 5.3 recoge la cualificación de los datos a través de entrevistas.

Cabe destacar que la discusión e interpretación de estos resultados se desarrolla en el capítulo 6, donde se analizan sus implicaciones en relación con las variables estudiadas y su conexión con la literatura revisada.

5.1. Estadísticas de los distintos municipios

5.1.1. Estadísticas anuales por municipio y meses del año

Se han elaborado gráficos para comparar los niveles de uso anual entre los diferentes municipios, en primer lugar, y analizar las variaciones mensuales en cada sistema, en segundo lugar. Para ello, los datos de los viajes se han agrupado por mes y municipio, y se han calculado los valores promedio y totales mensuales. Estos resultados se presentan a continuación en la **Tabla 7, Figura 25 y**

Figura 26, permitiendo identificar fácilmente los municipios con mayor y menor uso de la bicicleta pública. Para la representación, se han asignado tonalidades según el área metropolitana: **rojos y rosados para los tres municipios del Área Metropolitana de Barcelona, azules para Madrid, verdes para Milán y amarillo para Bérgamo.**

Con el fin de normalizar los datos y hacer comparables los municipios de distintos tamaños y número de población, se ha calculado el indicador de **viajes por habitante.**

Municipio	Zona	Viajes anuales	Nº de habitantes	Viajes/Nº habitantes
Cornellà de Llobregat	Área Metropolitana de Barcelona	252.181	91.589	1,87
El Prat de Llobregat	Área Metropolitana de Barcelona	98.486	66.184	1,51
Sant Boi de Llobregat	Área Metropolitana de Barcelona	90.571	84.831	1,09
Boadilla del Monte	Área Metropolitana de Madrid	16.092	65.839	0,27
Getafe	Área Metropolitana de Madrid	11.484	189.906	0,06
Rivas-Vaciamadrid	Área Metropolitana de Madrid	107.380	101.949	1,16
Bérgamo	Bérgamo (Región de Lombardía)	154.046	120.157	1,29
Monza	Área Metropolitana de Milán (Región de Lombardía)	21.853	122.883	0,18
San Donato Milanese	Área Metropolitana de Milán (Región de Lombardía)	4.106	32.221	0,13

Tabla 7. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

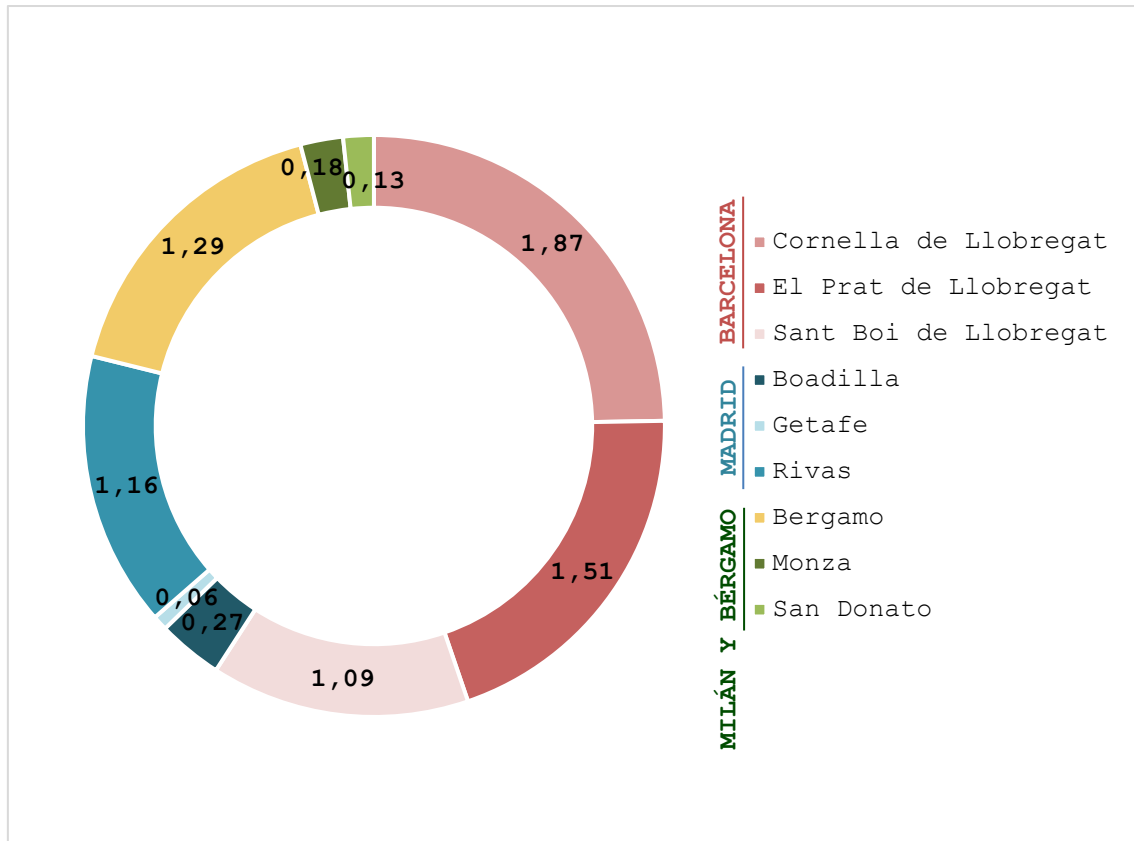


Figura 25. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.

Fue: INE, Istat y elaboración propia.

Como resultados destacados de este análisis se pueden diferenciar municipios con sistemas de bicicleta pública consolidados, con mayor uso, y sistemas todavía en fase inicial, con menor uso.

- Los tres municipios del Área Metropolitana de Barcelona, Rivas-Vaciamadrid y Bérgamo presentan un mayor número de viajes anuales y por habitante. Cornellà de Llobregat lidera con 1,87 viajes por habitante.
- En el Área Metropolitana de Madrid, Boadilla del Monte y Getafe tienen niveles bajos de uso de la bicicleta pública (0,06 a 0,27 viajes por habitante respectivamente). En el Área Metropolitana de Milán, Monza y San Donato Milanese muestran valores similares (0,18 a 0,13 viajes por habitante respectivamente).

Respecto a los municipios del Área Metropolitana de Barcelona, cabe destacar que este sistema de bicicleta pública es el más reciente de todos, inaugurado en enero de 2023, y lidera en número de usos comparado con los sistemas de las áreas metropolitanas de Madrid y Milán.

Por otro lado, en el siguiente gráfico se representa el número de viajes por mes del año y municipio. Cabe destacar que el sistema de bicicleta pública de San Donato Milanese cerró el 1 de marzo de 2024, por lo que no se registran datos a partir de esa fecha.

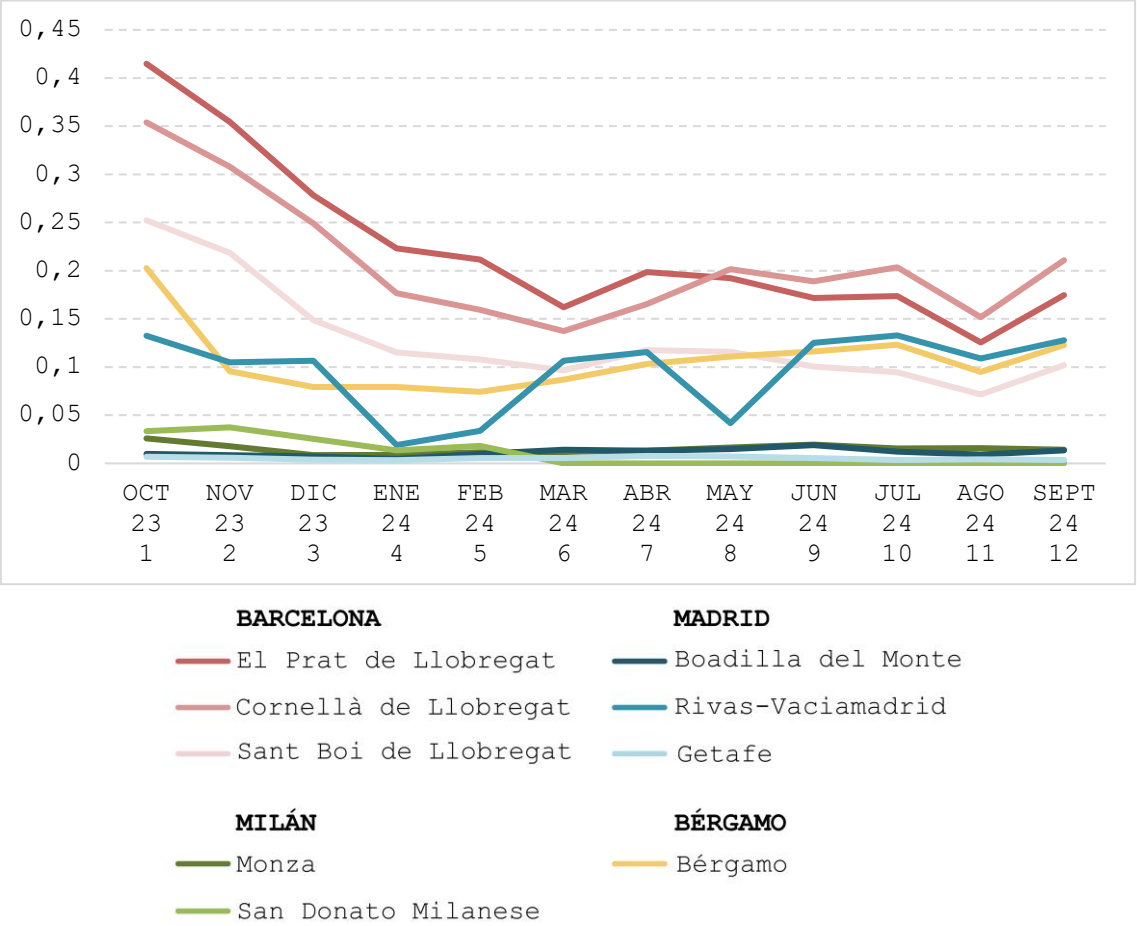


Figura 26. Viajes mensuales por habitante de cada municipio estudiado.
Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

En la

Figura 26 se pueden destacar las siguientes variaciones mensuales:

- Uso reducido en invierno (enero y febrero) y un pico bajo en agosto.
- Los municipios del Área Metropolitana de Barcelona muestran un uso inicial elevado, que se estabiliza tras el primer año desde su inauguración en enero de 2023.
- En Bérgamo, el uso es bastante constante con un pico en octubre.
- En Rivas-Vaciamadrid, los picos son pronunciados, con un descenso anómalo en mayo.

5.1.1. Estadísticas anuales por municipio y hora del día

Se han analizado las variaciones horarias en los datos de uso, con el objetivo de identificar horas punta y horas valle, tanto entre semana, diferenciando de lunes a jueves (

Figura 27) respecto a los viernes (

Figura 28), como los fines de semana (

Figura 29). Los gráficos muestran las diferencias en patrones horarios entre los municipios, destacando aquellos municipios con un uso más constante frente a los que tienen mayores fluctuaciones. Para la representación, se han asignado tonalidades según el área metropolitana: **rojos y rosados para los tres municipios del Área Metropolitana de Barcelona, azules para Madrid, verdes para Milán y amarillo para Bérgamo.**

Respecto al sistema de bicicleta pública BiBO de Boadilla del Monte, y como se ha indicado en el capítulo 4 de metodología, únicamente se han podido obtener los datos más genéricos, sin desglosar por cada hora del día. Como consecuencia, no se incluyen en los gráficos los viajes de este sistema.

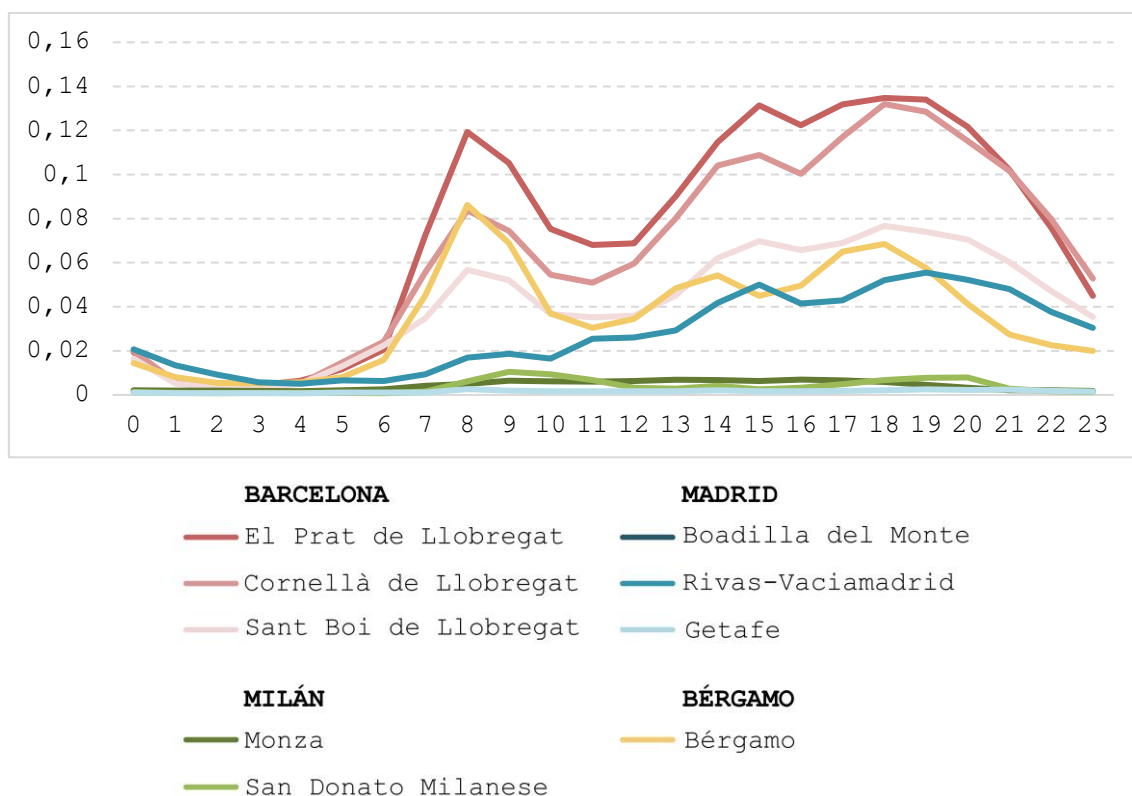


Figura 27. Viajes anuales por habitante de lunes a jueves y por hora del día de cada municipio estudiado.

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

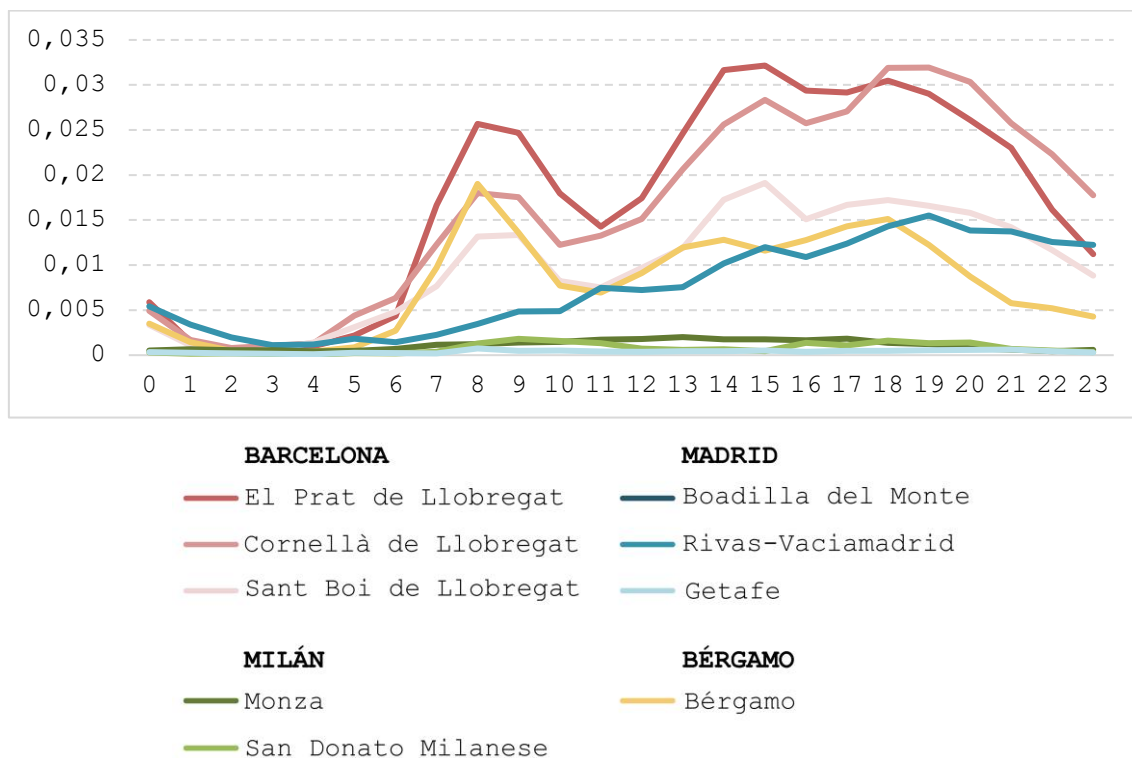


Figura 28. Viajes anuales por habitante los viernes y por hora del día de cada municipio estudiado.

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

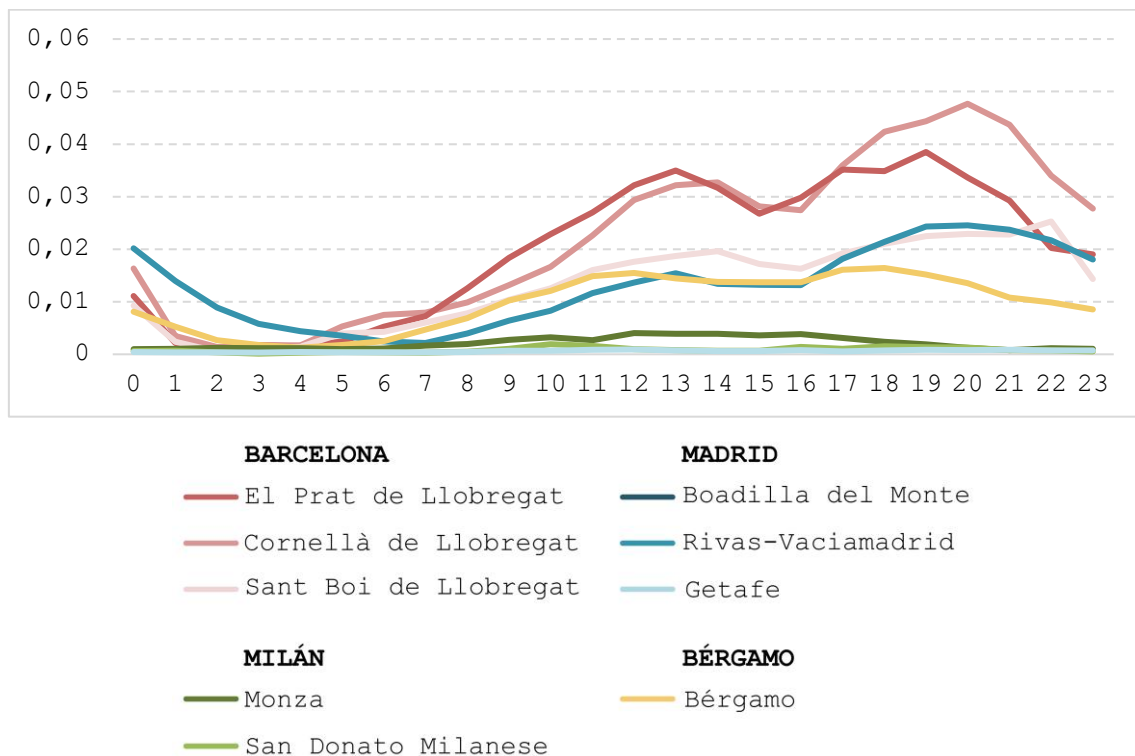


Figura 29. Viajes anuales por habitante los sábados y domingos y por hora del día de cada municipio estudiado.

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

En los gráficos anteriores, se puede destacar lo siguiente:

- **Horas pico los días laborables:** Pico por la mañana (7-10 h) y un pico más prolongado por la tarde (13-21 h), destacando las horas más comunes de salida del trabajo, entre las 17-20 h.
- **Horas pico los viernes:** Patrones similares a los registrados de lunes a jueves, aunque el pico de la tarde ocurre en un horario más temprano.
- **Horas pico los fines de semana:** Picos de 12-14 h (antes de la comida en España) y de 17-22 h. Se pueden identificar diferencias culturales con los casos italianos, donde en Bérgamo, por ejemplo, el pico matutino se produce entre las 11-12 h.

Además, se han identificado resultados significativos relacionados con el **motivo de los viajes:**

- **"Commuting"** (viajes por estudios o trabajo): Se identifica por picos en horas de entrada y salida del trabajo. Un ejemplo de esto es el caso de los municipios analizados del Área Metropolitana de Barcelona.

- **Ocio:** En el caso de Rivas-Vaciamadrid los picos se concentran entre las 15-22 h.
- **Uso nocturno:** Relevante en municipios con menos transporte público nocturno, como en el caso de Rivas-Vaciamadrid.

5.1.2. Estadísticas promedio de uso entre semana y fines de semana por municipio y por estación dentro de cada municipio

Se ha llevado a cabo un análisis comparativo para determinar las variaciones en el uso de la bicicleta pública entre días laborables (de lunes a viernes) y fines de semana (sábado y domingo), calculando el promedio de viajes para cada categoría en cada municipio. Para ello, se ha calculado el número de viajes en bicicleta pública por habitante, dividiendo entre cinco en los días laborables y entre dos en los fines de semana. Esto se ha representado mediante un gráfico comparativo de todos los municipios (**Figura 30**).

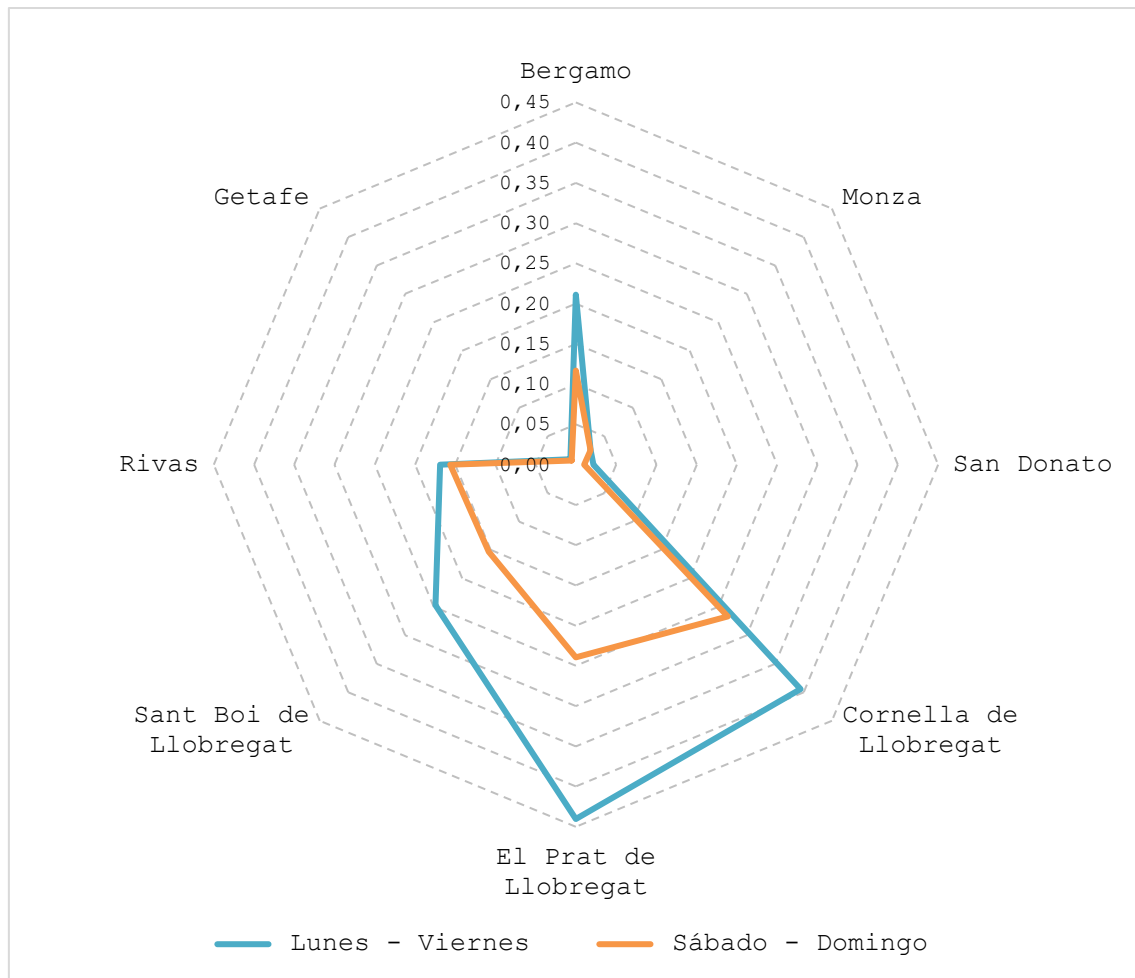


Figura 30. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado, diferenciando la media de viajes los días entre semana (lunes - viernes) y fines de semana (sábado - domingo).

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

Se han identificado resultados significativos relacionados con el **motivo de los viajes**:

- **Commuting (viajes por estudios o trabajo):** Como ya se ha mencionado anteriormente, en el caso de los tres municipios estudiados del Área Metropolitana de Barcelona, los viajes en bicicleta pública se producen predominantemente entre semana, indicando posible motivo laboral o viajes al lugar de estudios.
- **Viajes por ocio o recreativos:** En los casos de Rivas-Vaciamadrid, Getafe, Bérgamo, Monza y San Donato Milanese, los patrones de uso son más equilibrados entre semana y fines de semana, lo que indica que muchos de estos desplazamientos podrían tener un propósito recreativo o de ocio.

Por otro lado, este mismo análisis se ha realizado de forma individual para cada municipio estudiado. En la **Figura 31** se pueden apreciar distintos patrones, así como variaciones más o menos marcadas entre las estaciones de los diferentes municipios.

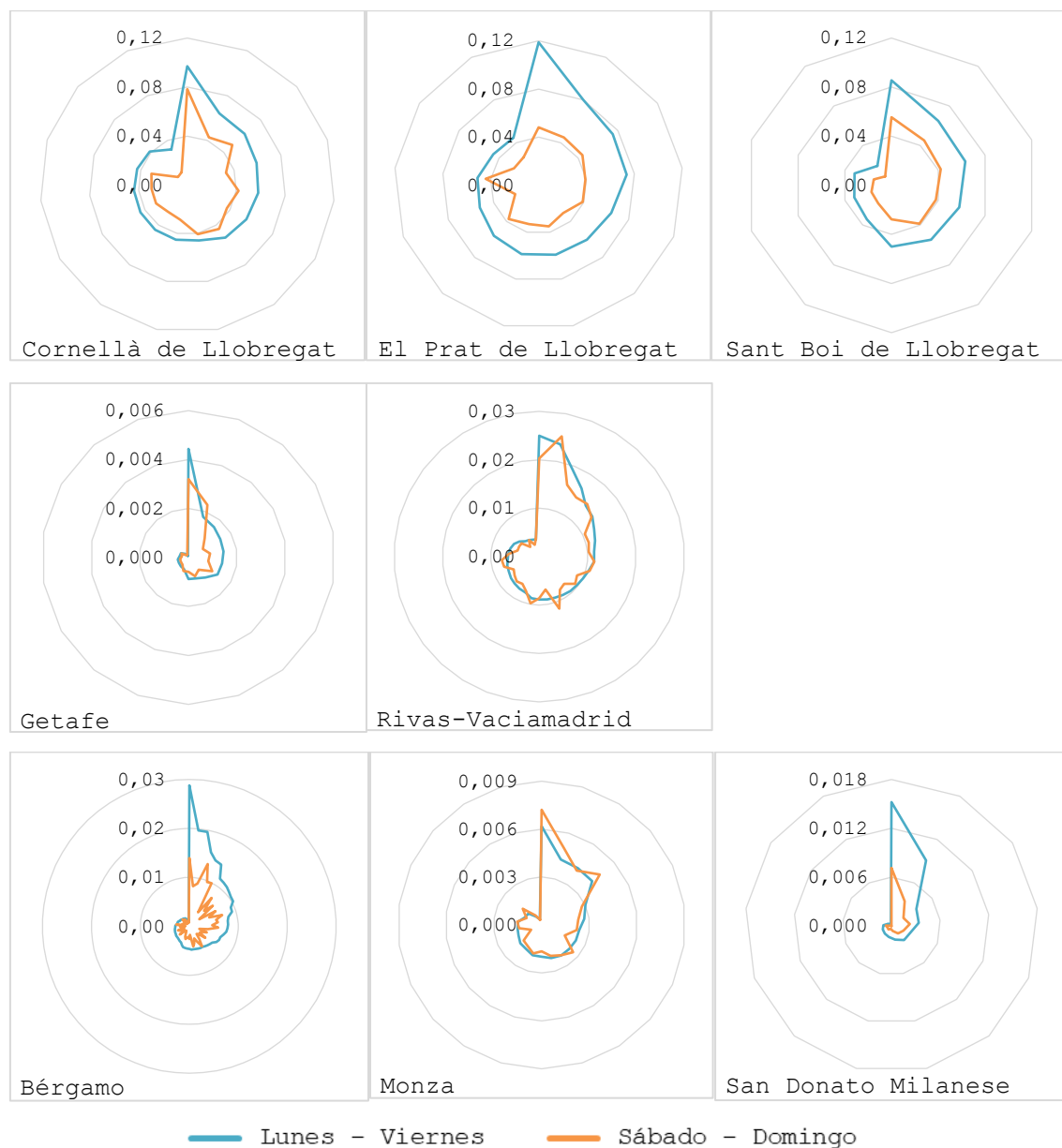


Figura 31. Viages anuales por habitante de cada municipio estudiado y por estación de bicicletas públicas, diferenciando la media de viajes los días entre semana (lunes - viernes) y fines de semana (sábado - domingo).

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

En cuanto a las estaciones de los municipios estudiados con un mayor número de usos, se observa lo siguiente:

- En el **Área Metropolitana de Barcelona**, las estaciones de bicicleta pública próximas a las estaciones de tren suelen registrar un número de viajes significativamente mayor entre semana que durante los fines de semana. Ocurre lo contrario en la estación *Jardins de Mon Raco* en el del **Prat de Llobregat**, ubicada en un parque público, ya que muestra una cantidad de usos muy similar entre los días laborables y los fines de semana, destacando su uso recreativo.
- En los **casos italianos** de **Bérgamo** y **San Donato Milanese**, también se concentra la mayor parte de los usos entre semana y en las estaciones de bicicleta pública próximas a las de transporte público.
- En **Getafe**, ocurre algo parecido, con más viajes entre semana, especialmente en estaciones como las de *Renfe Las Margaritas* o *Getafe Central*. Por otro lado, destaca la estación del *Polideportivo Alhóndiga*, que cuenta con un mayor número de viajes en fin de semana.
- En **Rivas-Vaciamadrid**, apenas se percibe diferencia en el número de viajes entre semana y fines de semana, lo que también ocurre en el caso de **Monza**.

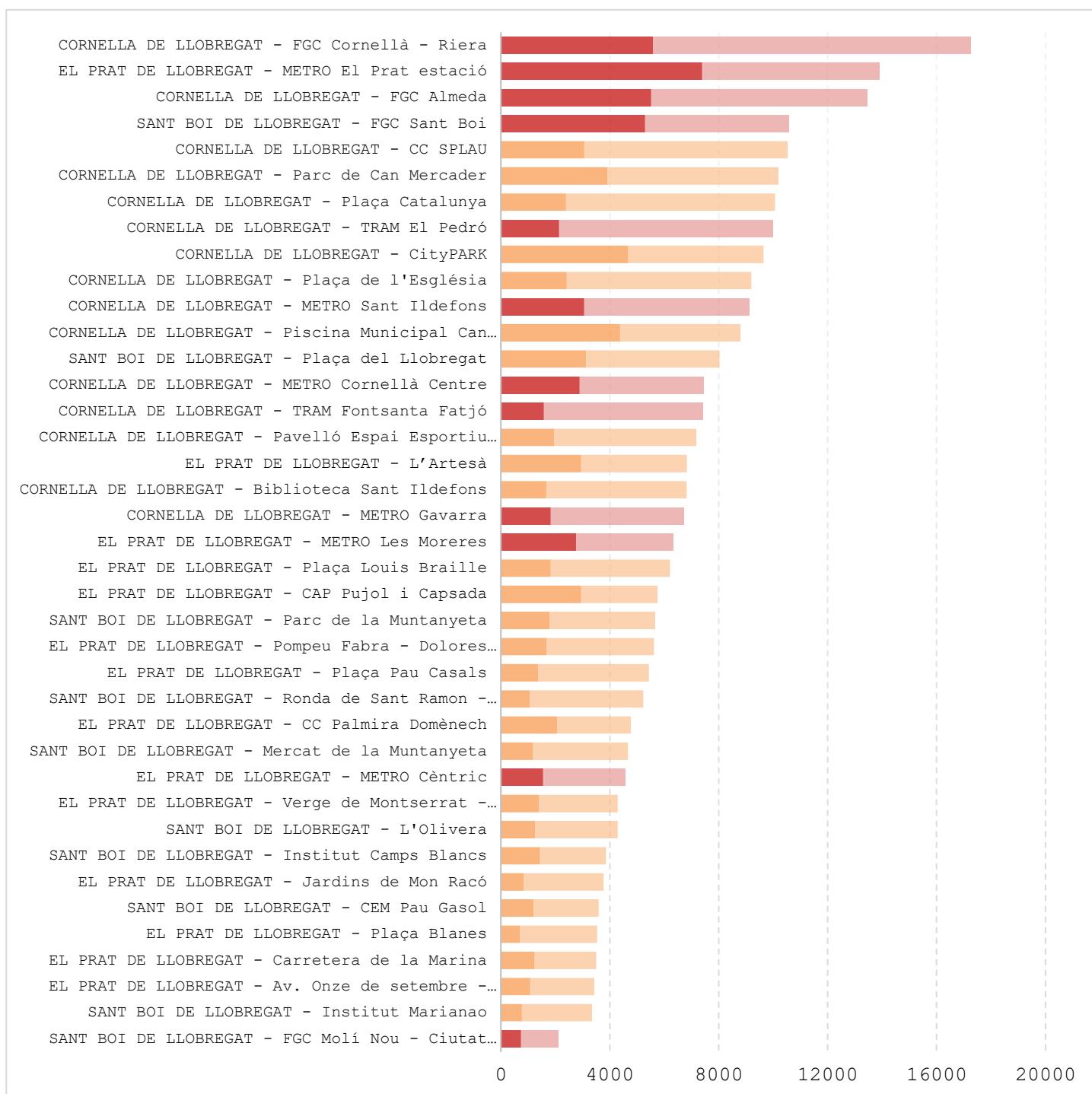
5.1.3. Estadísticas por estaciones a hora punta

En este subapartado se ha analizado la posible integración de la bicicleta y el transporte público durante las horas punta en las estaciones de los distintos municipios. El objetivo es evaluar si dicha integración es lo suficientemente significativa como para respaldar la hipótesis de que los sistemas de bicicleta pública forman parte de una red multimodal. El objetivo es, por lo tanto, comprobar si la mayor cantidad de viajes de **origen** y **destino** durante las horas pico se concentra en estaciones de bicicleta pública cercanas a estaciones de transporte público.

Para este análisis se han seguido los siguientes pasos:

- **Identificación de estaciones de bicicleta pública próximas a nodos de transporte público:** En primer lugar, se han identificado las estaciones cercanas a nodos de transporte público (tren, metro y tranvía). Inicialmente, este análisis también incluía las paradas de autobús. Sin embargo, al no detectarse una correlación significativa, se decidió excluirlas del estudio.
- **Selección de horas punta,** considerando únicamente las horas punta entre semana:
 - Horas punta por la mañana (7-10 h): Se ha analizado el número de viajes de **destino** por estación (donde se deja la bicicleta para coger el transporte público).
 - Horas punta por la tarde (17-20 h): Se ha considerado el número de viajes de **origen** (donde se coge la bicicleta para volver a casa).
- **Cruce de datos:** Se ha analizado la información de los viajes con origen y destino en estaciones cercanas a nodos de transporte público y en el resto de las estaciones, comparando sus patrones de uso.
- **Representación gráfica:** Para ilustrar los resultados, se han realizado tres gráficos, uno para los casos de estudio del **Área Metropolitana de Barcelona (Figura 32)**, otro para los del **Área Metropolitana de Madrid (Figura 33)**, y otro para los casos del **Área Metropolitana de Milán y Bérgamo (Figura 34)**.

Los gráficos se han ordenado por número de usos, de mayor a menor, y se ha destacado en otro color las estaciones de bicicleta pública próximas a estaciones de transporte público (tren, metro o tranvía).



■ Viajes Destino
 ■ Viajes Origen
■ Viajes Destino junto a estación de tte. público
 ■ Viajes Origen junto a estación de tte. público

Figura 32. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).

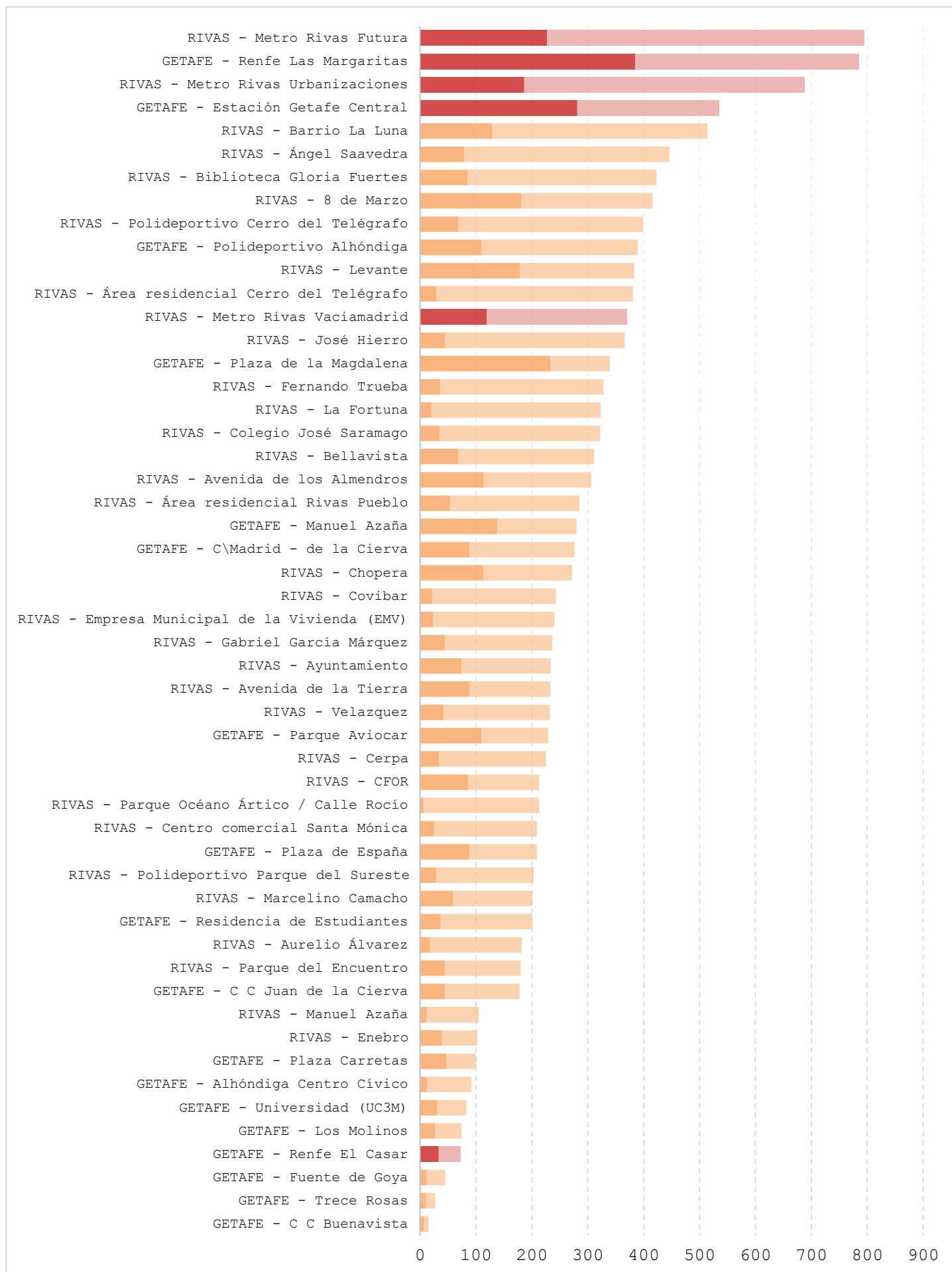
Fuente: Elaboración propia.

En los tres municipios analizados del **Área Metropolitana de Barcelona**, se observa cómo las estaciones de bicicleta pública que registran un mayor número de usos durante las horas punta son aquellas que se encuentran junto a paradas de transporte público, especialmente de tren.

- En **Cornellà de Llobregat**, destacan las estaciones **FGC Cornellà-Riera** y **FGC Almeda**.
- En **Sant Boi de Llobregat**, la estación **FGC Sant Boi** es la que más viajes concentra durante las horas pico.
- En **El Prat de Llobregat**, la estación **METRO El Prat Estació**, que cuenta con paradas de metro y tren, también destaca por su número de usos.

Estas estaciones, junto con otras como **TRAM El Pedró** o **METRO Sant Ildefons** en **Cornellà de Llobregat**, reúnen la mayor parte de los viajes durante las horas punta.

Sin embargo, algunas estaciones ubicadas junto a paradas de transporte público, como **METRO Céntric** en **El Prat de Llobregat** y **FGC Molí Nou-Ciutat Cooperativa** en **Sant Boi de Llobregat**, presentan una cantidad notablemente menor de viajes, tanto de origen como de destino. Esto indica que los viajes multimodales en estos casos tienden a concentrarse principalmente en estaciones de tren específicas.



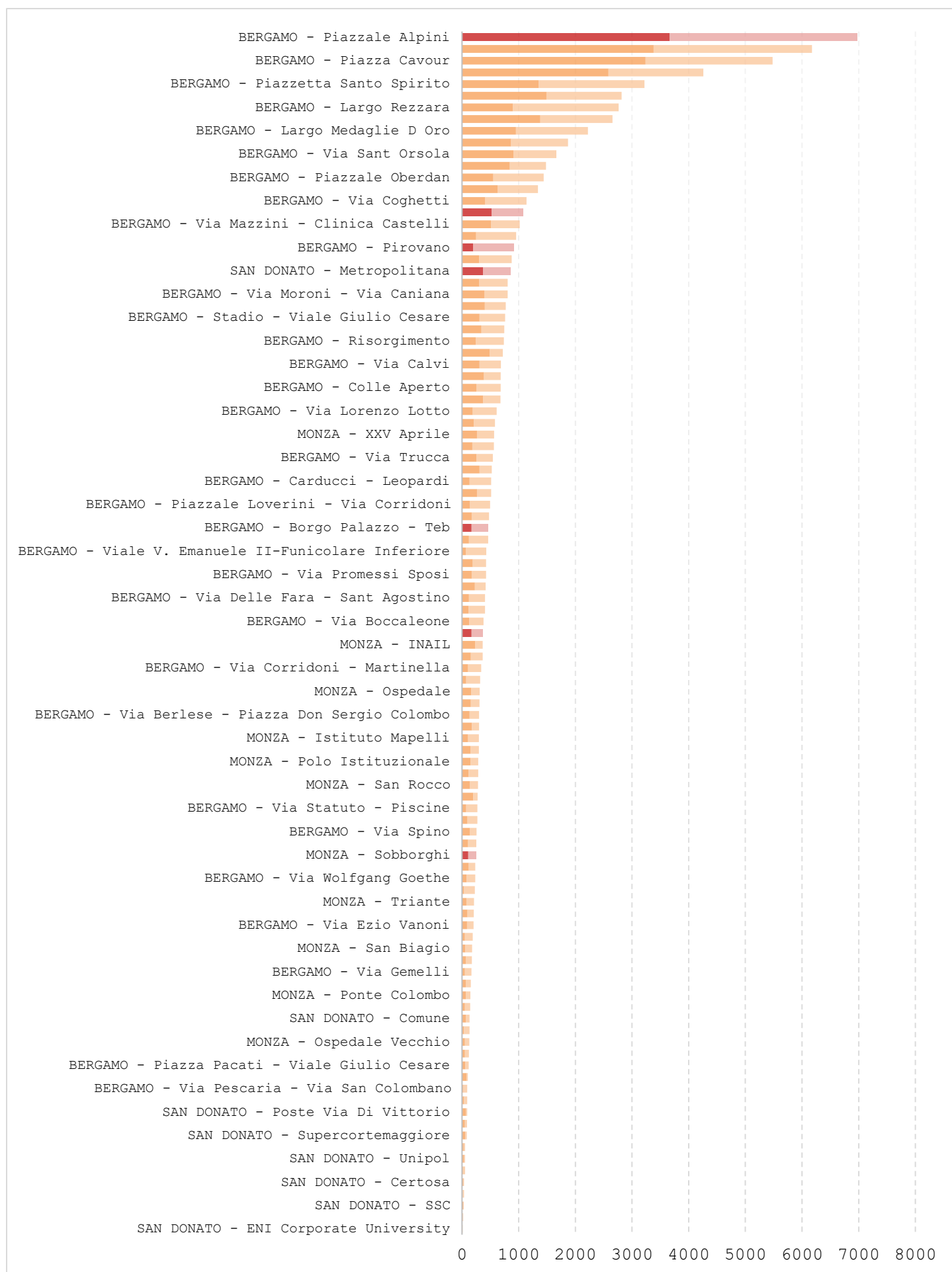
■ Viajes Destino
 ■ Viajes Origen
 ■ Viajes Destino junto a estación de tte. público
 ■ Viajes Origen junto a estación de tte. público

Figura 33. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Getafe y Rivas-Vaciamadrid, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).

Fuente: Elaboración propia.

En los municipios de **Rivas-Vaciamadrid** y **Getafe**, situados en el **Área Metropolitana de Madrid**, se observa una dinámica similar a la de Barcelona. Algunas estaciones de transporte público concentran la mayoría de los viajes multimodales durante las horas punta, mientras que otras, a pesar de estar cerca de estaciones de transporte público, tienen un menor número de viajes.

- En **Rivas-Vaciamadrid**, las estaciones **Metro Rivas Futura** y **Metro Rivas Urbanizaciones** concentran la mayoría de los viajes de **origen** y **destino** en bicicleta pública durante las horas pico, mientras que **Metro Rivas Vaciamadrid** también tiene un número considerable de viajes, pero en menor cantidad.
- En **Getafe**, las estaciones **Renfe Las Margaritas** y **Getafe Central** son las que registran la mayor parte de los viajes, mientras que **Renfe El Casar** tiene muy pocos viajes, incluso en las horas pico. Esto sugiere que el uso de la bicicleta pública se combina principalmente con las estaciones de tren más relevantes.



■ Viajes Destino
 ■ Viajes Origen

■ Viajes Destino junto a estación de tte. público
 ■ Viajes Origen junto a estación de tte. público

Figura 34. Viajes Origen y viajes Destino por cada estación de bicicletas públicas de Bérgamo, Monza y San Donato Milanese, diferenciando las estaciones ubicadas junto a estaciones de transporte público (tren, metro y tranvía).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se analizan los casos de los municipios italianos de **Monza, San Donato Milanese y Bérgamo**, donde también se observa una relación similar entre el uso de la bicicleta pública y las estaciones de transporte público.

- **Bérgamo** cuenta con una estación de tren y paradas de tranvía. La estación de bicicleta pública **Piazzale Alpini**, la más utilizada en el municipio con **20.537 viajes anuales**, se encuentra junto a la **Estación Central de tren de Bérgamo**, que también tiene paradas de tranvía.
- **Monza**, aunque no tiene metro, cuenta con una estación de tren (Línea S7) que la conecta con el centro de Milán y con Lecco, cerca del Lago de Como. El municipio tiene una estación de bicicleta pública junto a la **Estación Central de tren** y otra cerca de la **Estación de tren Monza Sobborghi**. La **Estación Central** es la cuarta con más viajes en el municipio, pero la mayoría de los viajes en bicicleta pública son locales.
- **San Donato Milanese** contaba con 12 estaciones de bicicleta pública antes de su cierre, y los resultados indican que casi la mitad de los viajes eran multimodales. La estación de bicicleta pública **Metropolitana**, junto a la estación de metro (Línea 3, que conecta con el centro de Milán), concentraba la mayor parte de los viajes en el municipio, representando el **44%** del total de viajes anuales.

Finalmente, se realiza una comparativa entre los municipios estudiados en cuanto al uso multimodal. En el caso del **Área Metropolitana de Milán y Bérgamo**, se observa que un **14%** de los viajes en bicicleta pública se registran en estaciones cercanas a paradas de tren, metro o tranvía durante las horas punta de lunes a viernes. En los tres municipios analizados del **Área Metropolitana de Madrid**, esta proporción aumenta al **22%**, mientras que, en los casos de estudio del **Área Metropolitana de Barcelona**, el impacto es significativamente mayor, alcanzando un **40%**.

5.2. Análisis comparativo del uso de los distintos sistemas de bicicleta pública

Este apartado tiene como objetivo **evaluar la accesibilidad y proximidad de la población a las estaciones de bicicleta pública en distintos sistemas, así como analizar la relación entre los patrones de uso y los factores del entorno urbano.**

Se busca identificar posibles desigualdades en el acceso a estas estaciones y examinar cómo su ubicación influye en la demanda. Para ello, se considera su proximidad a diversas actividades urbanas, tanto relacionadas con la movilidad, incluyendo la cercanía a otras estaciones de transporte público, como con actividades cotidianas.

El análisis geoespacial se ha llevado a cabo utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que ha permitido incorporar la dimensión espacial a la investigación. Este enfoque posibilita **mapear las variables, definir su granularidad y analizar las relaciones entre la variable dependiente y las variables explicativas.** Las métricas empleadas incluyen la generación de **áreas de cobertura o isócronas** alrededor de las estaciones, determinando finalmente una cobertura de **400 metros**, ya que es la que muestra el mayor coeficiente de determinación (R^2).

El análisis se ha realizado a **dos niveles: a escala municipal y a escala de proximidad**, a 400 metros de cada estación de bicicletas públicas. La variable dependiente, definida en el capítulo de metodología, es el número de viajes anuales por municipio y estación registrados entre el 1 de octubre de 2023 y el 30 de septiembre de 2024.

5.2.1. Resultados del análisis de proximidad y accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública y su impacto en el uso

El análisis comparativo de la proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública se extiende a los **nueve municipios** seleccionados como casos de estudio, **incluyendo también la ciudad central** de cada una de las tres áreas metropolitanas: Barcelona, Madrid y Milán. De este modo, el enfoque abarca tanto la **escala municipal** como la **metropolitana**.

El objetivo principal es determinar la influencia de la accesibilidad y proximidad a las estaciones de bicicleta pública en el uso de estas. Para ello, se ha calculado el **porcentaje de población que vive a 400 metros de una estación de bicicletas públicas**. Las hipótesis planteadas, desarrolladas en el capítulo de metodología, son las siguientes:

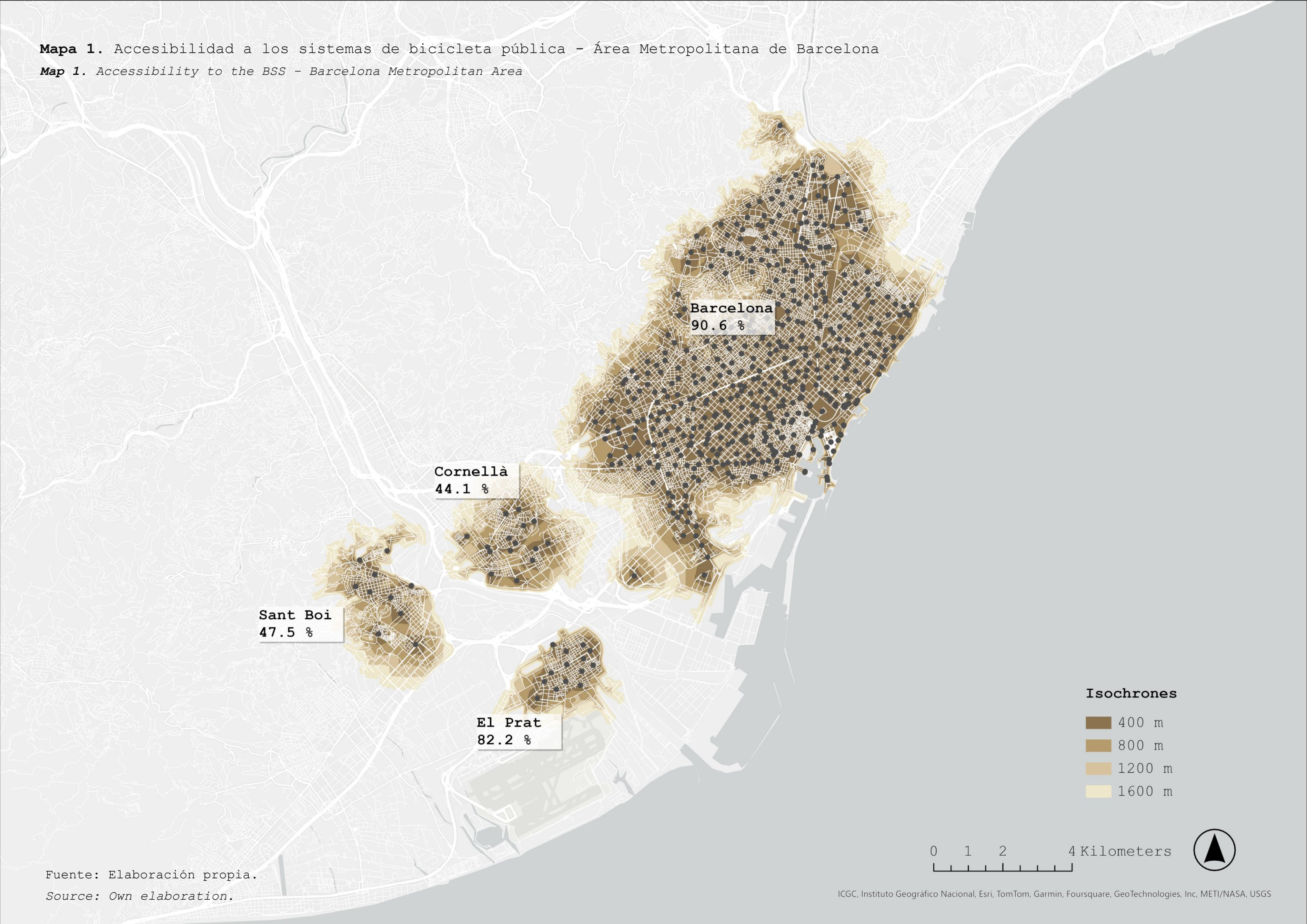
- **Hipótesis 1:** La ciudad central tiene mayor accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública que los municipios periféricos, ya que cuenta con mayor población viviendo cerca de estas estaciones.
- **Hipótesis 2:** Un mayor número de personas viviendo cerca de las estaciones de bicicleta pública se traduce en un mayor número de viajes realizados en bicicleta pública.

Los datos utilizados para este análisis son los siguientes:

- El **número de población**, obtenido a nivel de sección censal en todos los casos de estudio.
- El **número de viajes anuales** registrados entre el 1 de octubre de 2023 y el 30 de septiembre de 2024 para los municipios y sistemas seleccionados.

Mapa 1. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Área Metropolitana de Barcelona

Map 1. Accessibility to the BSS - Barcelona Metropolitan Area



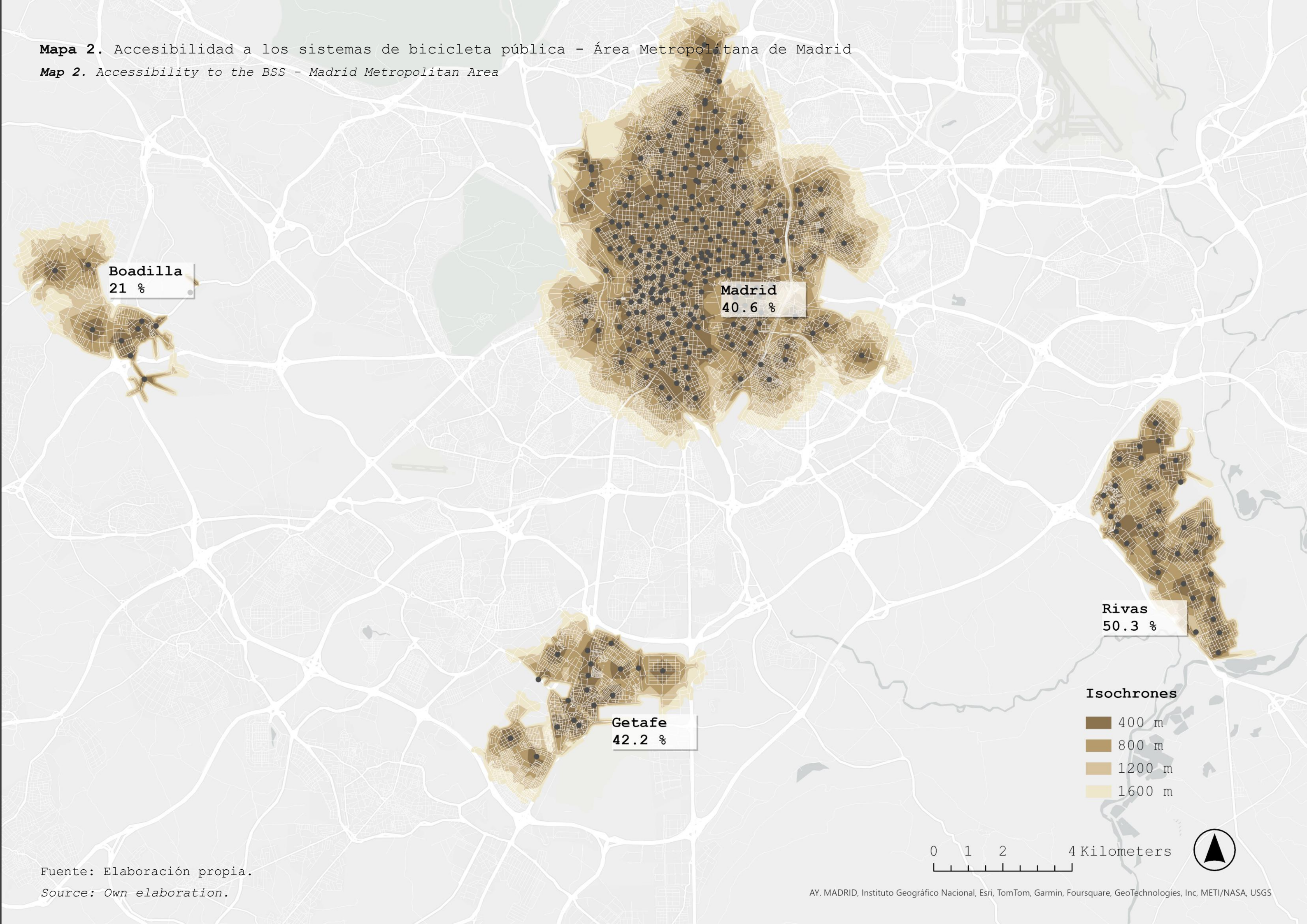
Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

ICGC, Instituto Geográfico Nacional, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS

Mapa 2. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Área Metropolitana de Madrid

Map 2. Accessibility to the BSS - Madrid Metropolitan Area

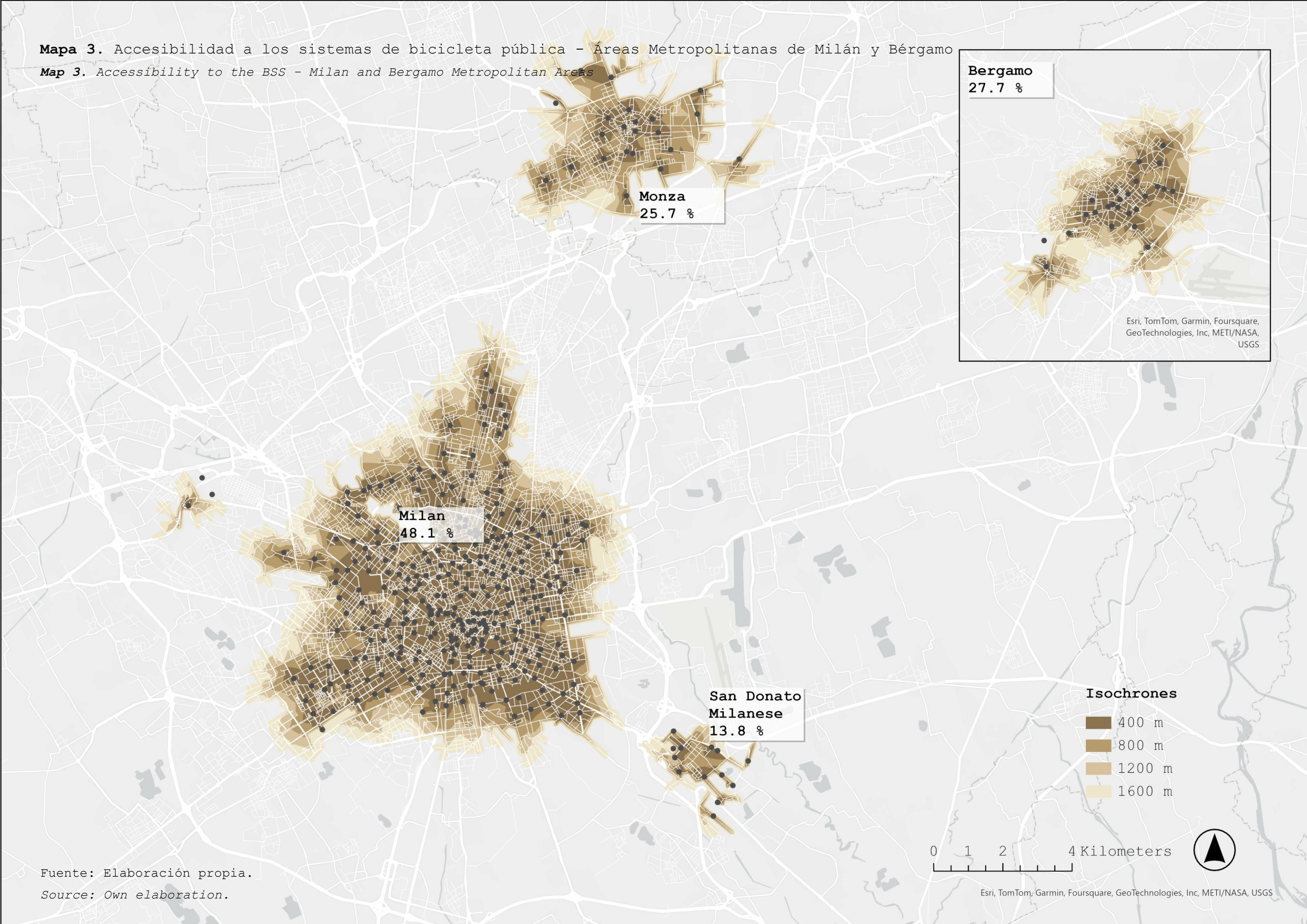


Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

Mapa 3. Accesibilidad a los sistemas de bicicleta pública - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo

Map 3. Accessibility to the BSS - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos en cada una de las áreas metropolitanas estudiadas.

A. Área Metropolitana de Barcelona

El análisis se ha realizado en el entorno de las estaciones del sistema AMBici en los casos de estudio de Cornellà, El Prat y Sant Boi de Llobregat, junto con las estaciones del sistema Bicing en el centro de Barcelona. Los resultados muestran que:

- El **90,6%** de la población del centro de **Barcelona** vive a menos de 400 metros de una estación de Bicing, liderando en accesibilidad respecto al resto de sistemas analizados.
- El **Prat de Llobregat** también se sitúa a la cabeza con un **82,2%** de accesibilidad, mientras que **Sant Boi de Llobregat** y **Cornellà de Llobregat** muestran porcentajes más bajos, con un **47,5%** y un **44,1%** respectivamente.

B. Área Metropolitana de Madrid

El análisis incluye los sistemas de bicicleta pública de los municipios de Boadilla del Monte (BiBO), Getafe (GBici), y Rivas-Vaciamadrid (BicinRivas), además de BiciMAD en el centro de Madrid. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Rivas-Vaciamadrid** tiene el mayor porcentaje de accesibilidad de entre los casos de estudio del Área Metropolitana de Madrid, con un **50,3%**, seguido por GBici en **Getafe** con un **42,2%** y BiciMAD en el centro de **Madrid** con un **40,6%**.
- **Boadilla del Monte** registra la accesibilidad más baja, con solo el **21%** de la población viviendo a menos de 400 metros de una estación del sistema BiBO.

C. Área Metropolitana de Milán y ciudad de Bérgamo

El análisis abarca los sistemas de bicicleta pública en Monza, San Donato Milanese, Bérgamo y el centro de Milán (BikeMi). Los resultados muestran que:

- El **48,1%** de la población del centro de **Milán** vive a menos de 400 metros de una estación de BikeMi.
- **Bérgamo**, con un **27,7%**, y **Monza**, con un **25,7%**, presentan niveles bajos de accesibilidad, mientras que **San Donato Milanese** registra el valor más bajo, con un **13,8%**.

D. Correlación entre accesibilidad y uso de la bicicleta pública

Tras el análisis por área metropolitana, se ha realizado una comparativa global. En la **Figura 35** se ordenan de mayor a menor los porcentajes de población con accesibilidad a una estación de bicicleta pública a menos de 400 metros.

Barcelona lidera con un 90,6%, seguida por El Prat de Llobregat (82,2%). Por otro lado, el caso del centro de Madrid (40,6%) se sitúa por debajo de municipios periféricos como Rivas-Vaciamadrid (50,3%) y de las ciudades de Barcelona y Milán. Esto refuta parcialmente la **Hipótesis 1**, ya que no siempre la ciudad central presenta una mayor accesibilidad respecto a los municipios periféricos.

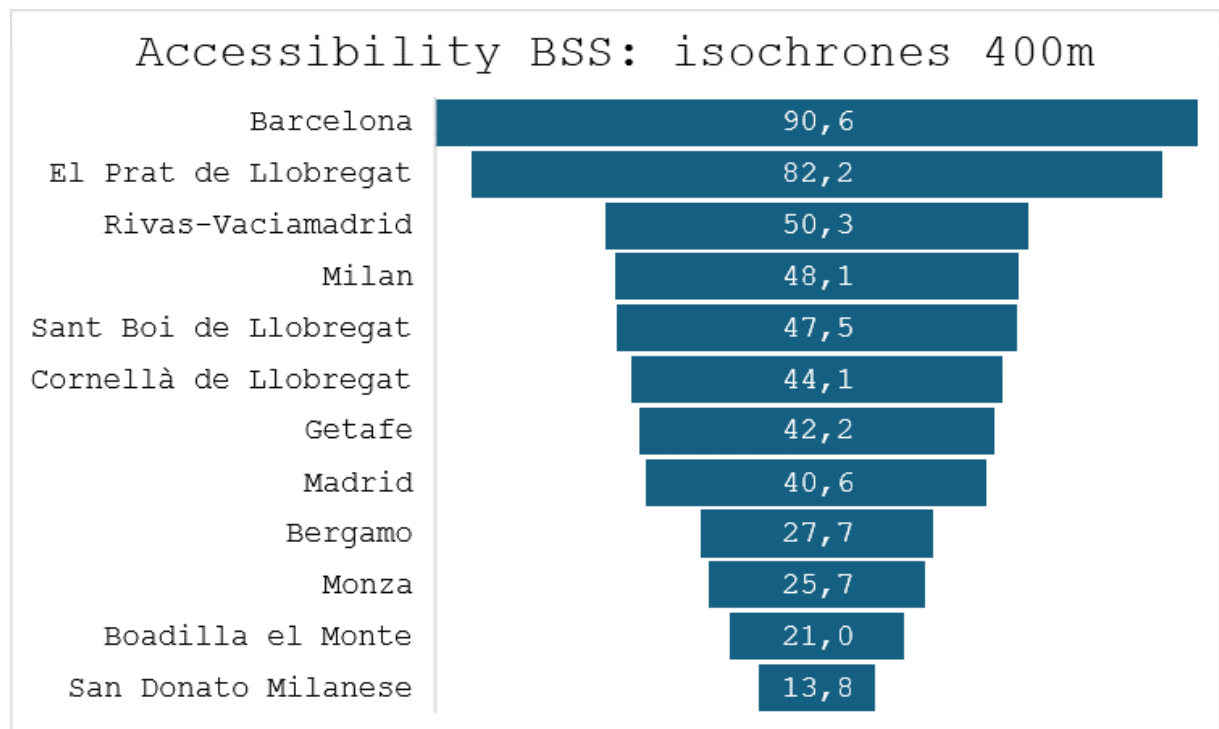


Figura 35 Accesibilidad de la población a los sistemas de bicicleta pública a una distancia de 400 metros desde las estaciones.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al uso, la **Figura 36** muestra los viajes anuales por habitante. Barcelona encabeza la lista con 4,5 viajes por habitante, seguida de Milán, Cornellà de Llobregat, y El Prat de Llobregat, cuyos registros oscilan entre 1 y 2,2 viajes por habitante. Por debajo de esta cifra se encuentran municipios como Boadilla del Monte y San Donato Milanese, con menos de 0,5 viajes anuales por habitante.

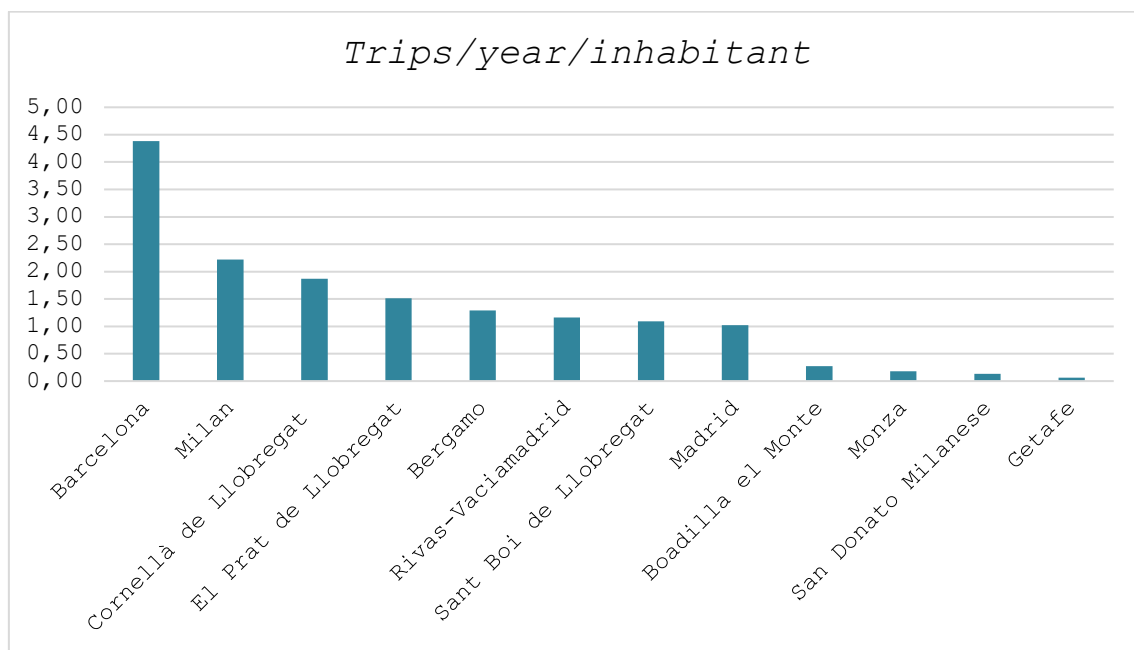


Figura 36. Viajes anuales por habitante de cada municipio estudiado.

Fuente: INE, Istat y elaboración propia.

Finalmente, el análisis de correlación entre accesibilidad y número de viajes anuales (**Figura 37**) confirma la **Hipótesis 2**, ya que se ha encontrado una correlación significativa ($r = 0,78$). Esto demuestra que **una mayor accesibilidad se traduce en un mayor uso de los sistemas de bicicleta pública**.

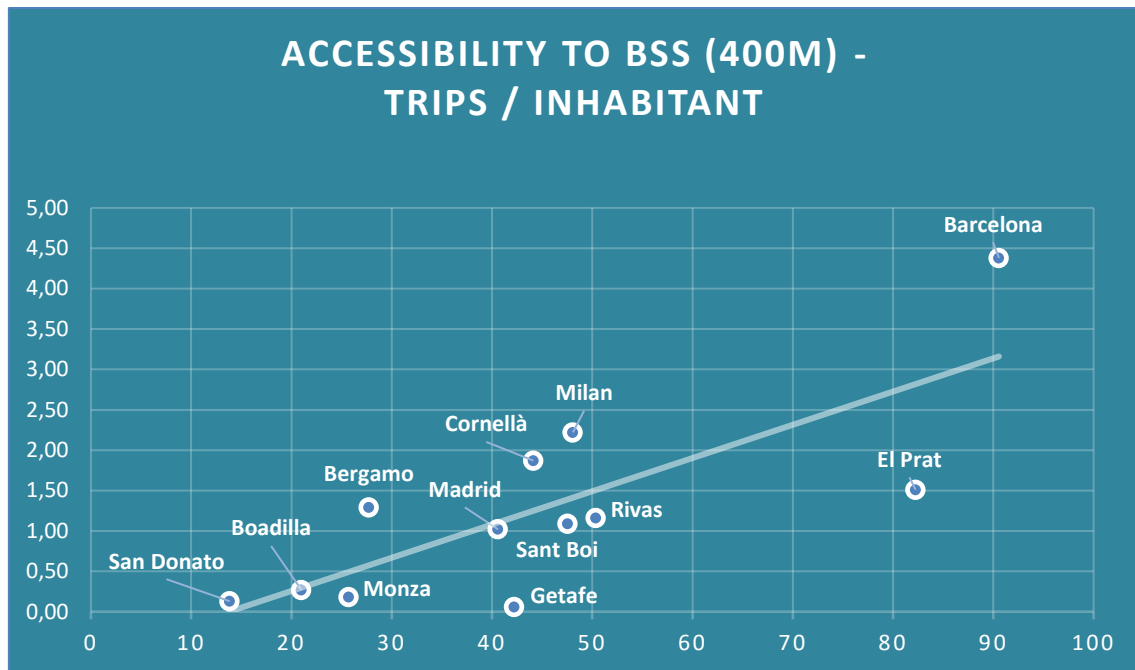


Figura 37. Correlación entre la accesibilidad de la población a las estaciones de bicicleta pública y el número de viajes por habitante.

Fuente: Elaboración propia.

Una versión preliminar de este trabajo se presentó en el *Proximity Planning International Congress* celebrado en la Universidad Politécnica de Madrid (26-28 de junio de 2024), bajo el título "*Bike-Sharing Systems and Proximity in Large Metropolitan Areas: A Comparative Analysis of Madrid, Barcelona, and Milan*". Este trabajo fue publicado en el libro de abstracts en la página 286: <https://doi.org/10.20868/UPM.book.82998>.

5.2.2. Resultados del análisis de regresión OLS y obtención de variables significativas

Una de las contribuciones más relevantes de esta investigación es la identificación de los **factores más significativos que influyen en el uso de la bicicleta pública** en municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas, así como el peso relativo de cada uno de estos factores.

Este análisis tiene un doble objetivo:

- Determinar los **factores comunes a todos los casos de estudio**, susceptibles de ser extrapolados a otros contextos.
- Comprender aquellos **factores que, debido a su dependencia del contexto local, varían en peso e importancia** entre diferentes municipios.

Para ello, y como se ha explicado en la metodología, se ha realizado un análisis de regresión OLS ("*Ordinary Least Squares*") en dos niveles.

- En primer lugar, se ha llevado a cabo un análisis conjunto de los 9 municipios estudiados, con el propósito de obtener resultados generalizables.
- En segundo lugar, se ha realizado un análisis diferenciado para cada área metropolitana: uno para los municipios de Boadilla del Monte, Rivas-Vaciamadrid y Getafe (Área Metropolitana de Madrid), otro para Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat (Área Metropolitana de Barcelona), y finalmente uno para Monza y San Donato Milanese (Área Metropolitana de Milán) y Bérgamo. Esta aproximación ha permitido considerar las particularidades de cada región.

El análisis OLS se ha realizado a escala de proximidad, considerando el entorno próximo a las estaciones de bicicleta pública definido por **áreas de cobertura de 400 metros**. Para el procesamiento de datos y la representación espacial de las variables clave, se ha utilizado a su vez **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**. Esto ha permitido identificar patrones y correlaciones en el entorno próximo a las estaciones. Los resultados brutos del análisis están documentados en el **Anexo 4: Resultados del análisis de regresión OLS**.

Los resultados están organizados conforme a las hipótesis concretas descritas en el capítulo 4 de metodología, y han sido representados mediante mapas temáticos que permiten visualizarlos en los municipios analizados. Según los resultados del modelo, las variables determinantes son las siguientes: población, renta media por hogar (en el caso de Área Metropolitana de Madrid), diversidad y proximidad a puntos de interés (POIs), proximidad al transporte público y diseño de la infraestructura ciclista.

Además, se ha evaluado la autocorrelación espacial usando **Moran's I** sobre los residuos de los modelos OLS para todos los casos, empleando ArcGIS Pro, sin encontrar autocorrelación significativa. Estos resultados también se incluyen en el **Anexo 4**, tras los análisis OLS.

A. Población total y población de entre 20 y 49 años

El análisis confirma la hipótesis inicial: un mayor número de habitantes en el área de cobertura de una estación incrementa el uso de la bicicleta pública, siendo especialmente significativo el grupo etario de 20 a 49 años.

- **Coeficiente:** 14,33.
- **p-value (Probability [b]):** 0,000000* (altamente significativo).
- **t-Statistic:** 12,89.
- **VIF:** 1,32 (baja colinealidad).

Interpretación: El impacto es particularmente relevante en la población de 20 a 49 años, lo que sugiere que este grupo etario es el principal usuario del sistema. Esto refuerza la importancia de ubicar estaciones en zonas densamente pobladas para maximizar su uso.

B. Renta media por hogar

Aunque la hipótesis plantea una relación positiva entre renta media y uso de la bicicleta pública, los resultados difieren según el área de estudio. En el análisis conjunto, la variable ha sido descartada debido a la falta de datos detallados en los casos italianos y la homogeneidad de renta en los municipios escogidos de Barcelona. Sin embargo, **en los casos de Madrid, la variable resulta significativa:**

- **Coeficiente:** 0,057.
- **p-value (Probability [b]):** 0,033179* (significativo).

- **t-Statistic:** 2,19.
- **VIF:** 1,39 (baja colinealidad).

Interpretación: Aunque el efecto es pequeño, en los municipios de Boadilla del Monte, Getafe y Rivas-Vaciamadrid (Área Metropolitana de Madrid), su significancia sugiere que el nivel socioeconómico influye en los patrones de movilidad.

C. Diversidad y proximidad a puntos de interés (POIs)

La proximidad a puntos de interés se confirma como un factor determinante.

- **Coefficiente:** 21,49.
- **p-value (Probability [b]):** 0,000133* (altamente significativo).
- **t-Statistic:** 3,93.
- **VIF:** 1,07 (baja colinealidad).

Interpretación: Las zonas con alta concentración de puntos de interés atraen más usuarios, lo que refuerza la importancia de la densidad y diversidad de actividades urbanas.

D. Proximidad al transporte público

La hipótesis de que la proximidad a nodos de transporte público aumenta el uso de la bicicleta pública queda respaldada.

- **Coefficiente (general):** 3017,15.
- **p-value (Probability [b]):** 0,000002* (altamente significativo).
- **t-Statistic:** 5,07.
- **VIF:** 1,26 (baja colinealidad).

Interpretación: Este efecto es altamente significativo y estadísticamente sólido. Los resultados confirman que la integración de la bicicleta pública con el transporte público favorece su uso, resaltando la importancia de una planificación urbana orientada al transporte multimodal.

E. Diseño y continuidad de la infraestructura ciclista

Estudios previos han señalado la importancia de la infraestructura ciclista en el uso de la bicicleta pública (Duran-Rodas et al., 2019; Geipel et al., 2024). Basándose en la literatura, la variable inicialmente utilizada para

representar la infraestructura ciclista era la cantidad de metros lineales dentro del área de cobertura de cada estación.

Sin embargo, esta variable no resultó significativa, lo que sugiere que **la simple presencia de infraestructura ciclista dentro del área de cobertura de una estación no es suficiente** para explicar su impacto en el uso de la bicicleta pública. Para abordar esta limitación, se han incorporado dos nuevas variables que permiten capturar de manera más precisa el impacto de la infraestructura ciclista.

La primera variable es la **proximidad de las estaciones a la infraestructura ciclista**, que identifica si una estación de bicicletas está situada a menos de 100 metros de una vía ciclista. Los resultados muestran que, aunque el coeficiente positivo sugiere que la cercanía a una vía ciclista puede favorecer el uso de la bicicleta pública, la variable **no es estadísticamente significativa**.

La segunda variable es la **conectividad de la red ciclista**, que representa la cantidad de infraestructura ciclista continua accesible desde cada estación, incluyendo no solo los metros de carril bici dentro del área de cobertura, sino también aquellos que, estando fuera, forman parte de la misma red continua. En este caso, muestra un **efecto positivo y significativo**, confirmando que **una mayor longitud de infraestructura ciclista continua accesible desde la estación está asociada a un mayor uso de la bicicleta pública**.

Los resultados del análisis de esta última variable se muestran a continuación:

- **Coeficiente:** 0,40.
- **p-value (Probability [b]):** 0,002706* (altamente significativo).
- **t-Statistic:** 3,05.
- **VIF:** 1,25 (baja colinealidad).

Interpretación: La modificación en la metodología, incorporando los metros de infraestructura continua fuera del área de cobertura, ha permitido que **la variable sea significativa, lo que sugiere que la continuidad de la red es un factor clave** en la decisión de los usuarios de utilizar la bicicleta pública.

F. Evaluación global del modelo y análisis comparativo entre áreas metropolitanas

El modelo de regresión muestra un buen ajuste y validez estadística.

- **Número de observaciones:** 159 (número total de estaciones en los 9 municipios estudiados)
- **R² ajustado:** 0,673.
- **F-Statistic (Prob > F):** 0,000000* (significativo).
- **Pruebas de supuestos:** los residuos no son completamente normales, aunque la desviación no es muy grave (Jarque-Bera: Prob > chi-cuadrado = 0,022).

Por lo tanto, los resultados del análisis muestran que **los factores sociodemográficos, la proximidad al transporte público y a los puntos de interés (POIs), y la continuidad de la infraestructura ciclista, resultan ser los factores más influyentes en el uso de la bicicleta pública.**

Además de los resultados del análisis de regresión global correspondiente a los nueve casos de estudio, en el **Anexo 4** se presentan también los resultados de los modelos OLS desglosados por región o área metropolitana. Esto permite realizar un análisis comparativo del impacto de las variables analizadas en distintos contextos, identificando diferentes patrones en cuanto a la significancia y magnitud de los coeficientes.

- **Población de entre 20 y 49 años (POB20_49_INT)**

Esta variable resulta altamente significativa en los tres contextos, con coeficientes distintos, pero siempre positivos. Su peso relativo es mucho mayor en los municipios analizados del Área Metropolitana de Barcelona, probablemente por una mayor densidad urbana.

- **Proximidad a puntos de interés (POIs)**

Esta variable muestra significancia en los casos de estudio de Barcelona, Milán y Bérgamo, pero no en los de Madrid.

- **Transporte público (TTE_PUB)**

La integración modal entre la bicicleta y el transporte públicos resulta ser significativamente mayor en los casos de estudio del Área Metropolitana de Barcelona que en los casos de Madrid, Milán y Bérgamo.

- **Infraestructura ciclista (proximidad y continuidad)**

Proximidad a infraestructura ciclista:

Únicamente significativa en los casos de Madrid (coef. 2056,94; $p = 0,006$).

Continuidad de la red:

Significativa en Barcelona (coef. 0,063; $p = 0,033$) y Madrid (coef. 0,049; $p = 0,0005$).

- **Renta media por hogar**

Significativa en Madrid (coef. 0,057; $p = 0,033$).

La exclusión de esta variable en los modelos de Barcelona y Milán-Bérgamo se justifica por la homogeneidad del nivel socioeconómico en los casos de estudio de Barcelona y la falta de datos homogéneos en los casos italianos. No obstante, su significancia en Madrid indica que el nivel de ingresos podría ser un factor relevante en contextos caracterizados por una mayor segregación urbana.

Más adelante, en el apartado 5.3, que presenta los resultados de las entrevistas, se profundiza en las diferencias identificadas en este análisis, abordándolas de forma más específica en relación con las particularidades de cada municipio.

Finalmente, los **mapas temáticos** que se incluyen en las siguientes páginas, para cada una de las áreas metropolitanas, permiten visualizar los patrones descritos y las relaciones detectadas.

- **Mapas de número de población por sección censal (densidad de población)**

Los mapas muestran la distribución de la población a nivel metropolitano. En el caso de las áreas metropolitanas españolas (Barcelona y Madrid), se observa una mayor concentración de población en los núcleos urbanos principales. En cambio, en los casos de Milán y Bérgamo, la población está más fragmentada, especialmente en las áreas periféricas, con una notable disminución en el centro turístico.

- **Mapas de renta por hogar por sección censal**

Los mapas de renta por hogar permiten visualizar la distribución económica en los municipios analizados y el contexto socioeconómico en el que se insertan. En el caso

del Área Metropolitana de Barcelona, los datos muestran que las zonas de mayor poder adquisitivo están ubicadas en la periferia oeste, próximos a la montaña, y en el centro, especialmente cerca de la playa. Contrariamente, la periferia este presenta una menor capacidad económica. En los casos de estudio de Cornellà, El Prat y Sant Boi de Llobregat, las zonas cercanas al casco urbano tienden a ser menos favorecidas en términos de renta. En los casos de Madrid, la tendencia es similar, con la población de mayor renta en áreas como la periferia noroeste (incluyendo el municipio de Boadilla del Monte) y el eje de la Castellana en el centro. Los municipios de Getafe y Rivas-Vaciamadrid presentan una gran variabilidad en la renta en función de la zona, destacando una renta menor en el centro de los municipios y las zonas industriales. Como ya se ha mencionado anteriormente, no se han podido obtener datos desagregados del nivel de renta para los casos italianos.

○ **Mapas de usos del suelo y parcelas**

En estos mapas se diferencian las áreas residenciales, zonas industriales, equipamientos, hospitales y zonas verdes, habiendo enfocado el análisis en la concentración de población dentro de las áreas residenciales, como se ha explicado en el capítulo 4 de metodología. De esta manera, se muestra de manera visual las áreas con densidad poblacional, excluyendo los territorios no residenciales que podrían distorsionar los patrones observados.

○ **Mapas comparativos de uso y proximidad a puntos de interés (POIs)**

Los mapas comparativos entre el uso de la bicicleta pública y la proximidad a puntos de interés (POIs) muestran esta correlación, respaldada por los resultados del análisis OLS. Se concluye que las áreas con mayor actividad y puntos de atracción conllevan a un mayor número de desplazamientos en bicicleta pública. Esta información podría ser útil para identificar áreas clave donde incentivar aún más su uso.

○ **Mapas comparativos de uso y proximidad al transporte público**

Los mapas muestran gráficamente la relación entre la proximidad al transporte público y el número de usos de las estaciones de bicicleta pública, ya evidenciada en los resultados del análisis OLS. Para la elaboración de estos mapas, se han utilizado como base los mapas de isócronas de

accesibilidad a pie de 400, 800, 1200 y 1600 metros, del apartado 5.2.1.

En los municipios del Área Metropolitana de Barcelona, se observa una alta concentración de transporte público en comparación con los demás casos de estudio, lo que coincide con el mayor número de usos registrados. Se aprecia una **correlación clara entre la cantidad de estaciones de transporte público y el uso de la bicicleta pública**. **Cornellà de Llobregat** lidera en este aspecto, seguido por **El Prat de Llobregat** y, finalmente, **Sant Boi de Llobregat**. Además, en estos casos las estaciones de tren generan un mayor impacto en el uso, en comparación con las de metro y tranvía.

En los municipios del Área Metropolitana de Madrid también se confirma que las estaciones de transporte público concentran la mayor cantidad de viajes en bicicleta pública. En **Boadilla del Monte** destacan las estaciones de metro ligero; en **Getafe**, las de tren y metro, sobresaliendo la estación de tren *Las Margaritas*; y en **Rivas-Vaciamadrid**, las estaciones de metro, especialmente *Rivas-Urbanizaciones* y *Rivas Futura*.

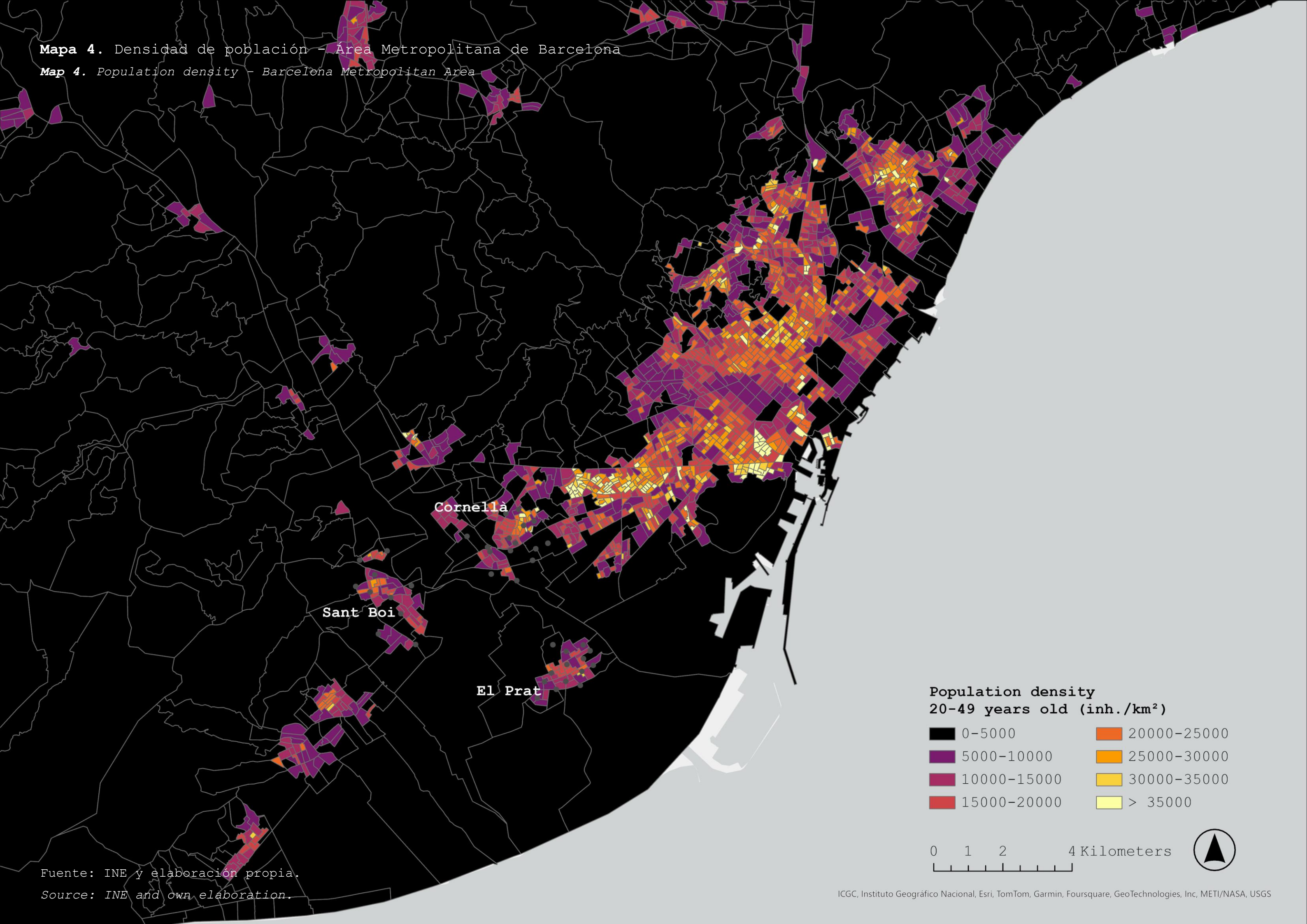
En los tres casos italianos, los patrones varían significativamente. **San Donato Milanese**, aunque con pocos usos en general, registra la mayoría en la única estación de metro del municipio. **Monza** presenta un comportamiento atípico, ya que sus estaciones de tren no concentran un alto número de viajes. Por último, **Bérgamo** muestra otro caso atípico, ya que su Estación Central no concentra tantos viajes como las estaciones de tranvía, aunque estas tampoco lideran en volumen total. En este municipio, las estaciones más concurridas se encuentran en el centro, donde se concentra la mayor parte de la actividad. Esto sugiere que, en Bérgamo, la bicicleta pública se utiliza principalmente para viajes locales.

o **Mapas comparativos de uso y proximidad a infraestructura ciclista continua**

La continuidad de la infraestructura ciclista muestra una clara correlación con el uso de la bicicleta pública en los casos de estudio. Destacan los municipios de Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Rivas-Vaciamadrid, donde una red ciclista más densa y conectada coincide con un mayor uso del servicio. Esto sugiere que una infraestructura ciclista bien conectada y accesible fomenta el uso de la bicicleta pública.

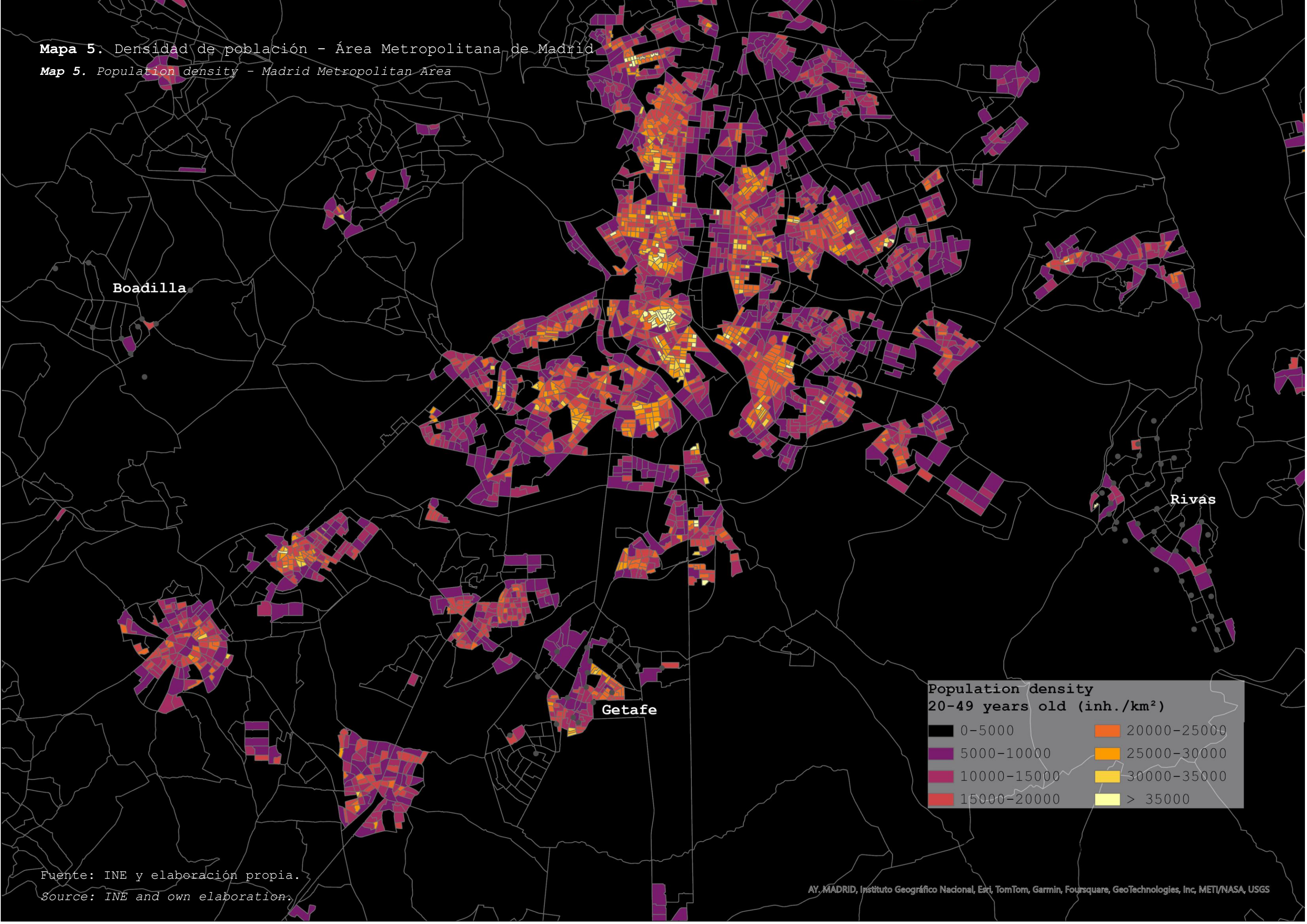
Mapa 4. Densidad de población - Área Metropolitana de Barcelona

Map 4. Population density - Barcelona Metropolitan Area



Mapa 5. Densidad de población - Área Metropolitana de Madrid

Map 5. Population density - Madrid Metropolitan Area

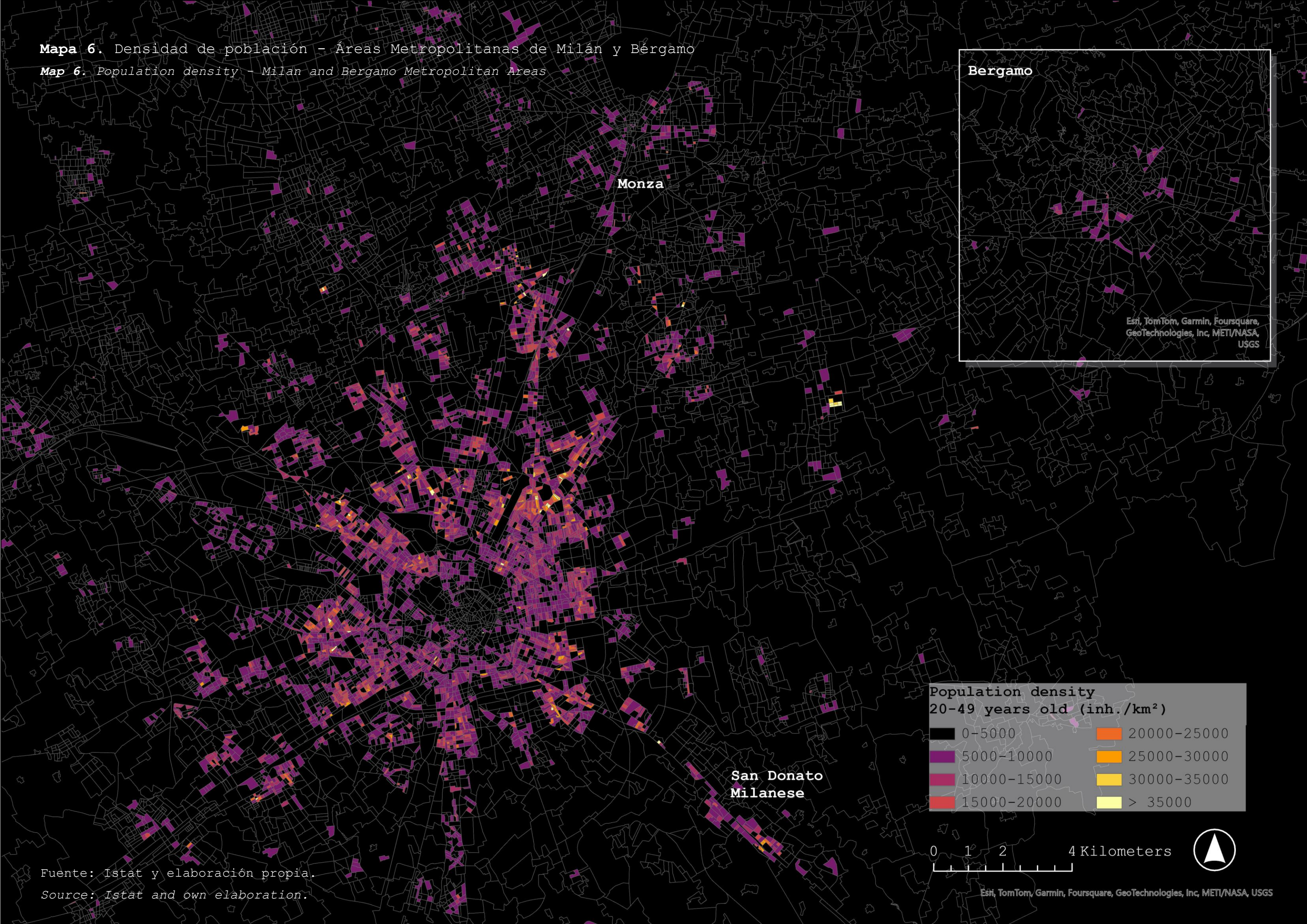


Fuente: INE y elaboración propia.

Source: INE and own elaboration.

Mapa 6. Densidad de población - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo

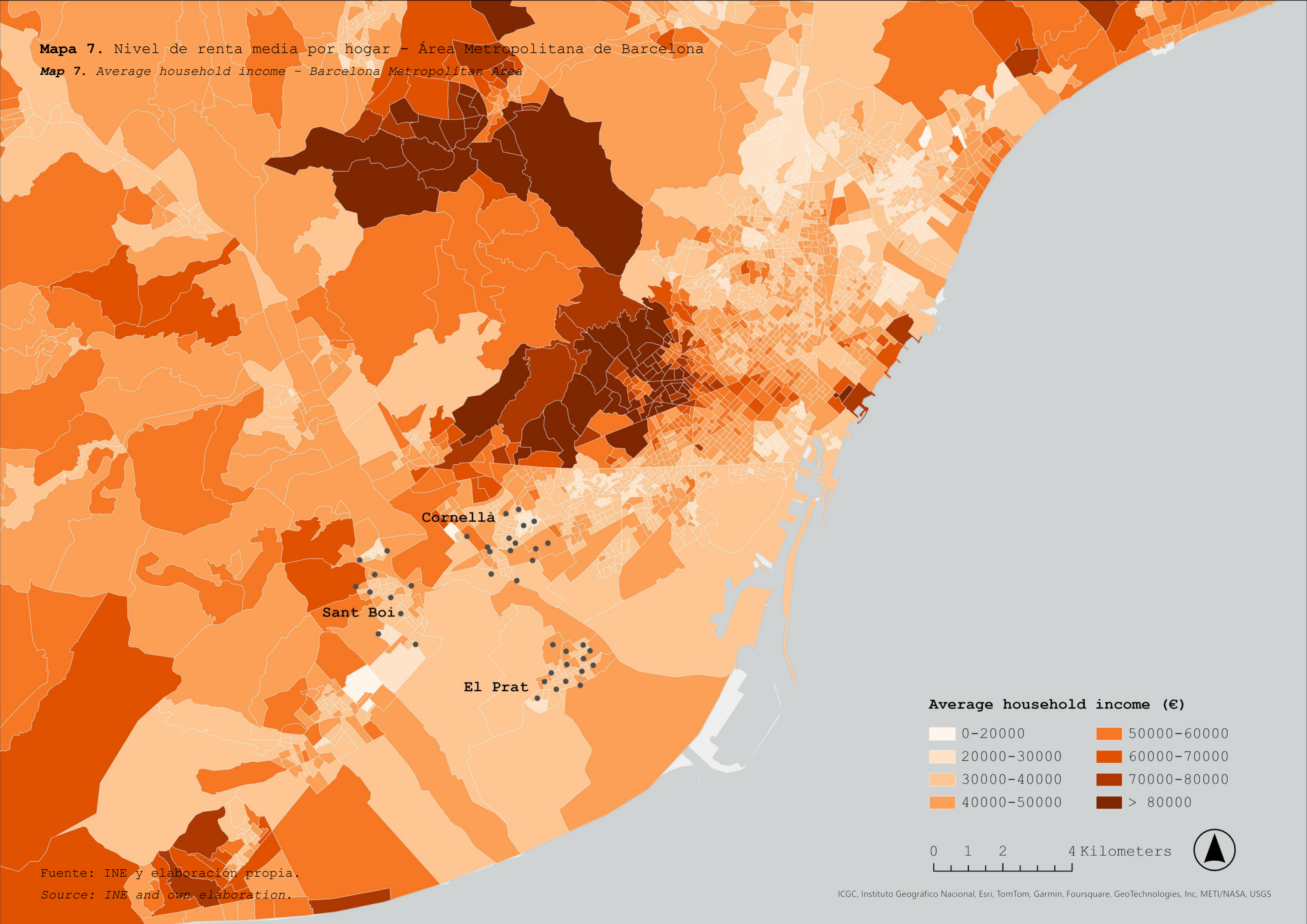
Map 6. Population density - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Fuente: Istat y elaboración propia.

Source: Istat and own elaboration.

Mapa 7. Nivel de renta media por hogar - Área Metropolitana de Barcelona
Map 7. Average household income - Barcelona Metropolitan Area



Average household income (€)

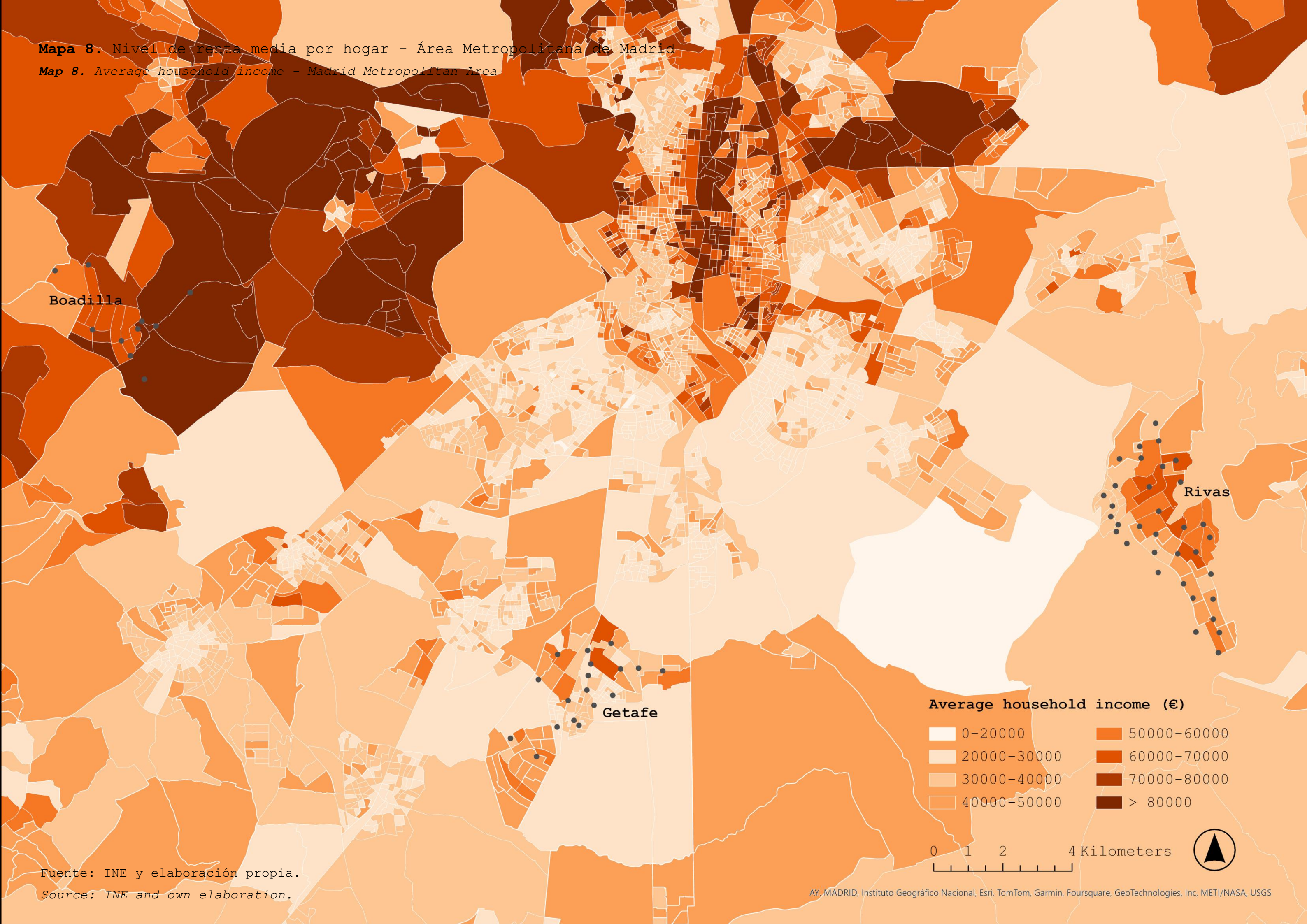
0-20000	50000-60000
20000-30000	60000-70000
30000-40000	70000-80000
40000-50000	> 80000

0 1 2 4 Kilometers



Fuente: INE y elaboración propia.
Source: INE and own elaboration.

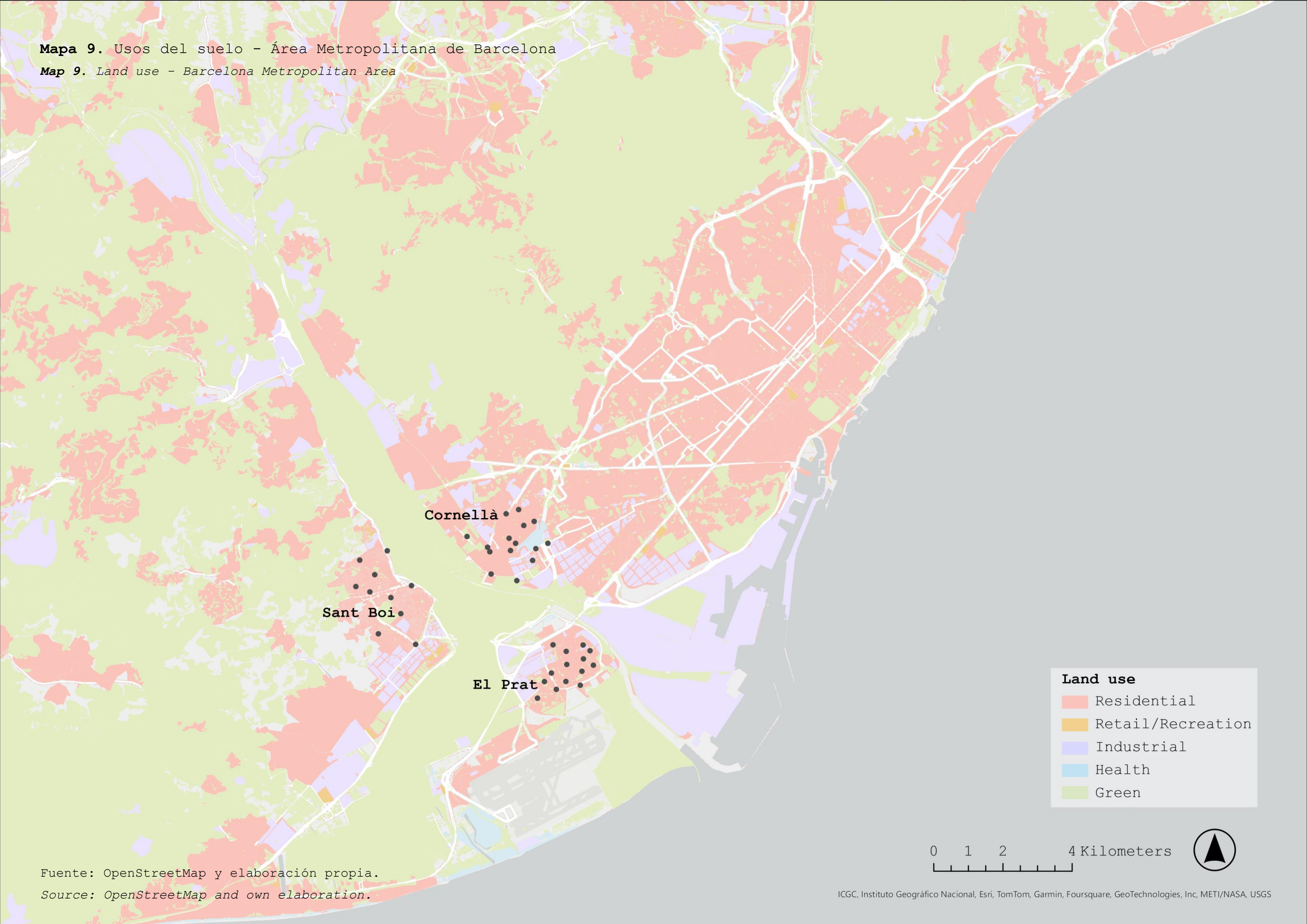
Mapa 8. Nivel de renta media por hogar - Área Metropolitana de Madrid
Map 8. Average household income - Madrid Metropolitan Area



Fuente: INE y elaboración propia.
 Source: INE and own elaboration.

Mapa 9. Usos del suelo - Área Metropolitana de Barcelona

Map 9. Land use - Barcelona Metropolitan Area



Land use

- Residential
- Retail/Recreation
- Industrial
- Health
- Green

Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.

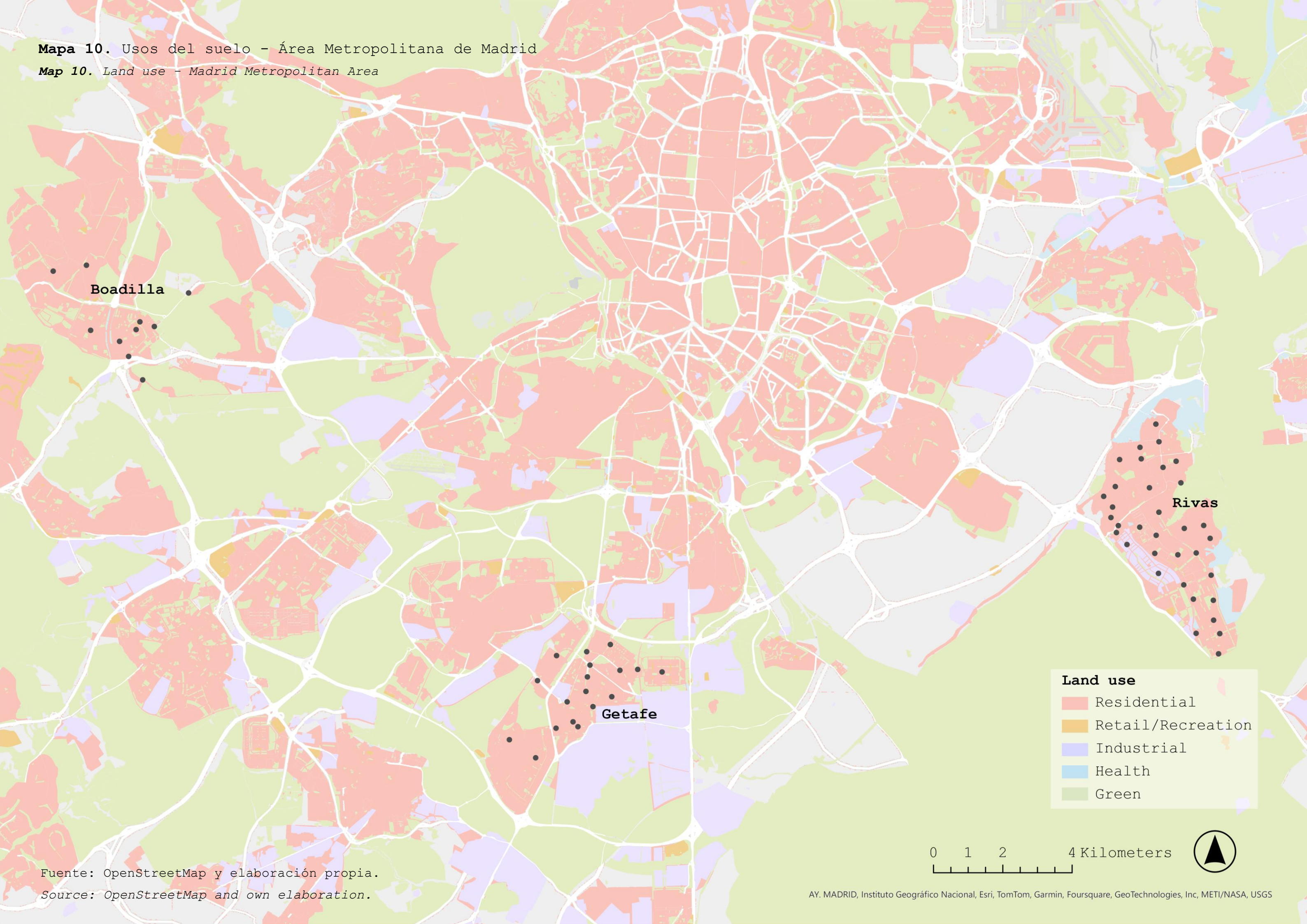
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

0 1 2 4 Kilometers



Mapa 10. Usos del suelo - Área Metropolitana de Madrid

Map 10. Land use - Madrid Metropolitan Area

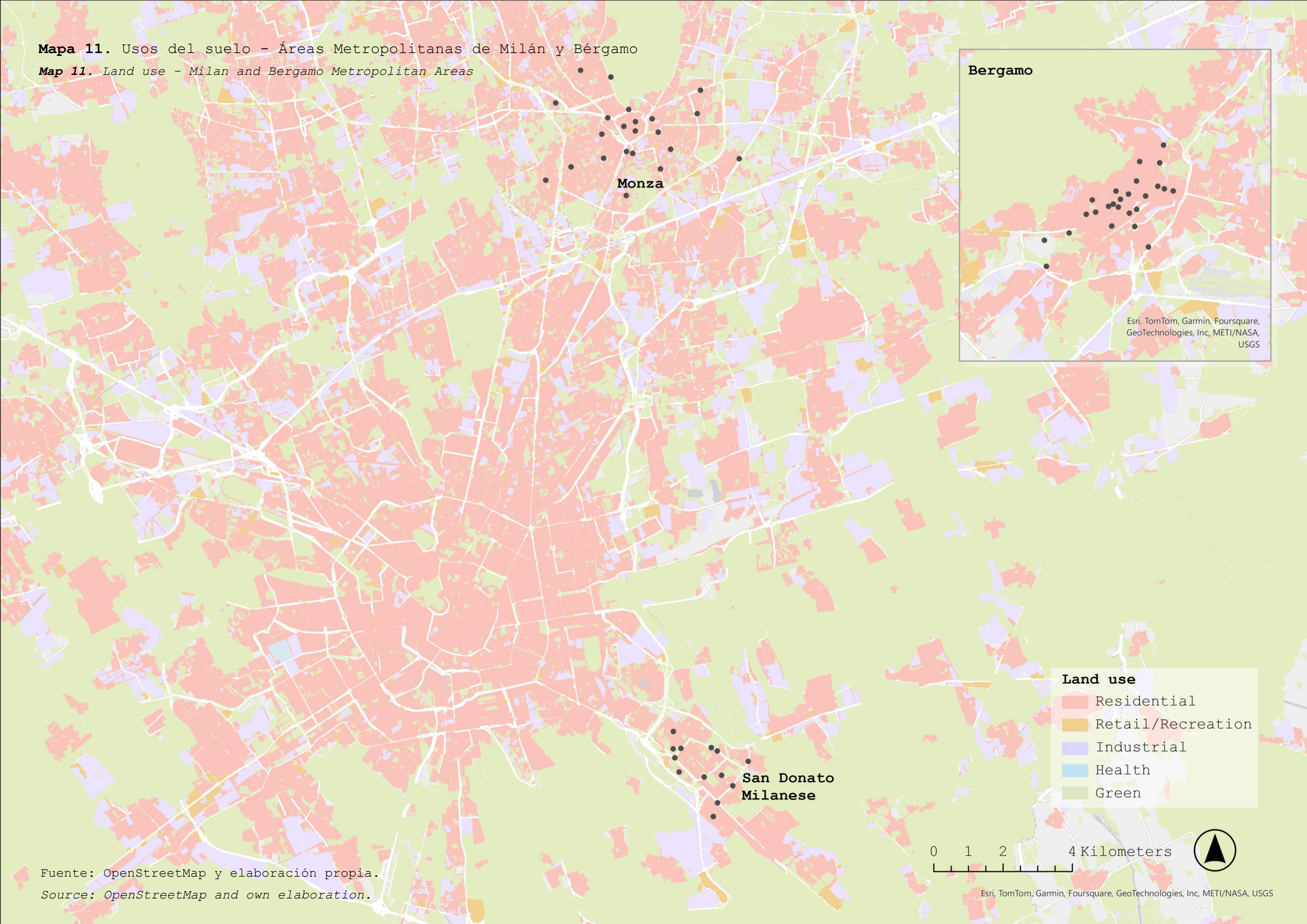


Land use

- Residential
- Retail/Recreation
- Industrial
- Health
- Green

Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

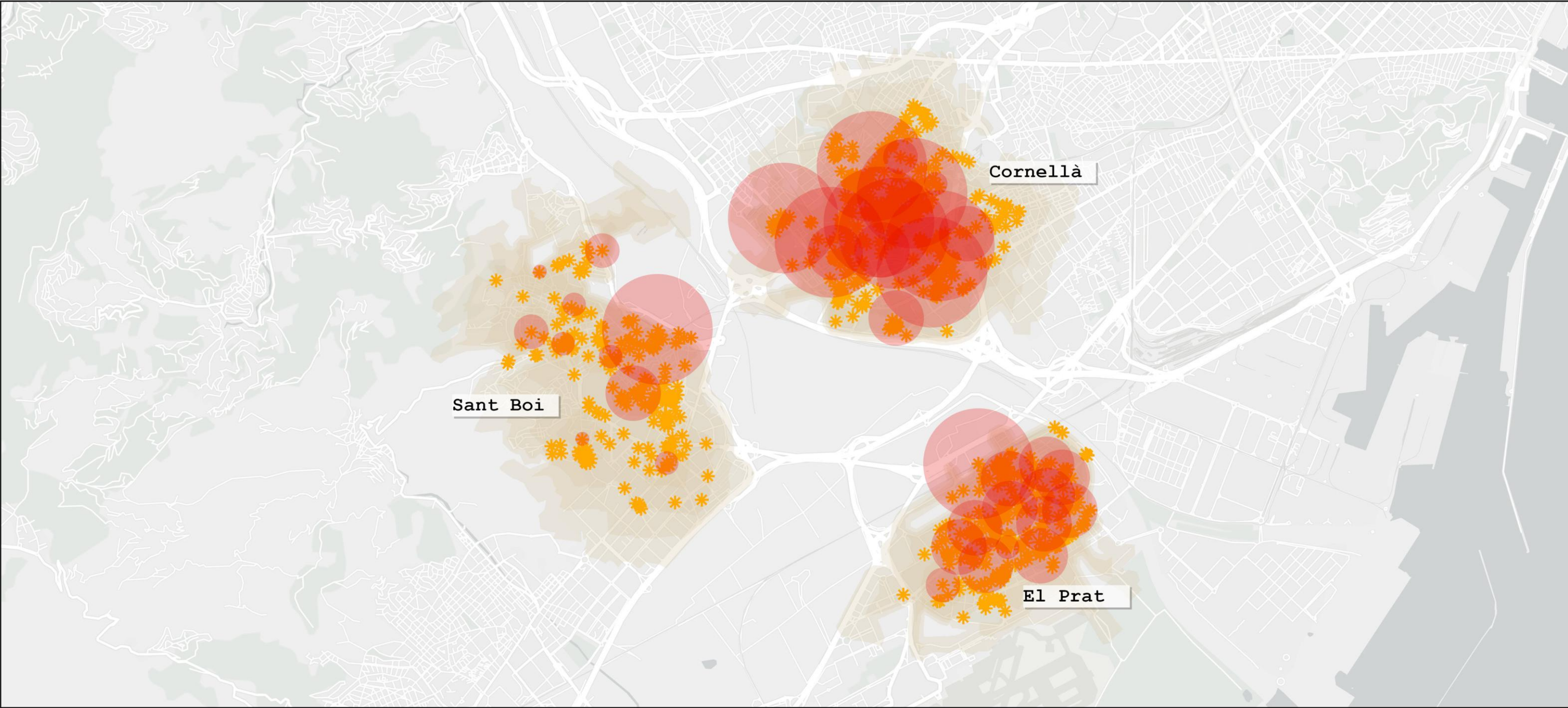
Mapa 11. Usos del suelo - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo
Map 11. Land use - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

Mapa 12. Puntos de interés (POIs) - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo

Map 12. Points Of Interest - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Points Of Interest
* Points Of Interest

Origin-Destination trips (per year)

●	0-2500
●	2500-5000

●	5000-10000	●	> 20000
●	10000- 20000		

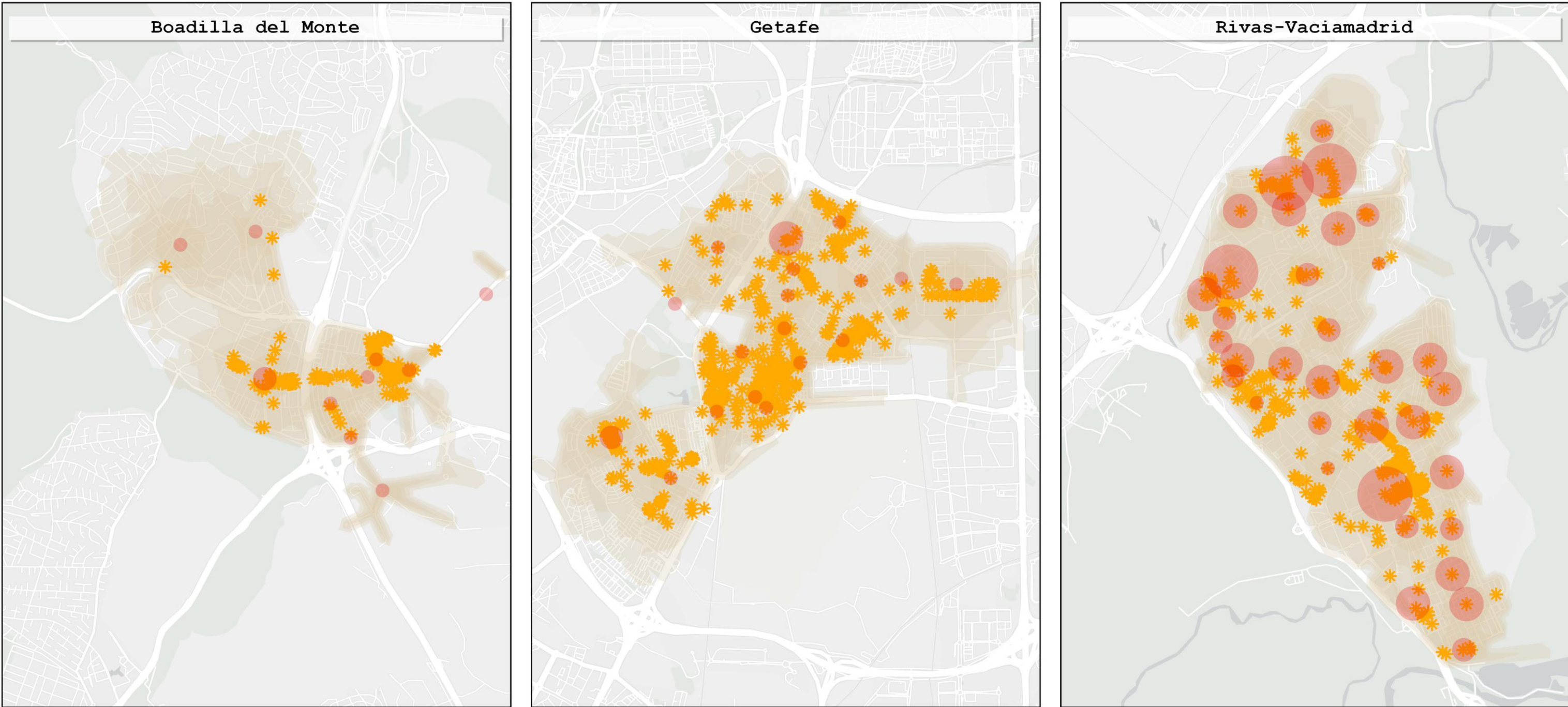
0 0,5 1 2 Kilometers



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

Mapa 13. Puntos de interés (POIs) - Área Metropolitana de Madrid

Map 13. Points Of Interest - Madrid Metropolitan Area



Points Of Interest
 * Points Of Interest

Origin-Destination trips (per year)
 ● 0-2500
 ● 2500-5000

● 5000-10000
 ● 10000- 20000
 ● > 20000

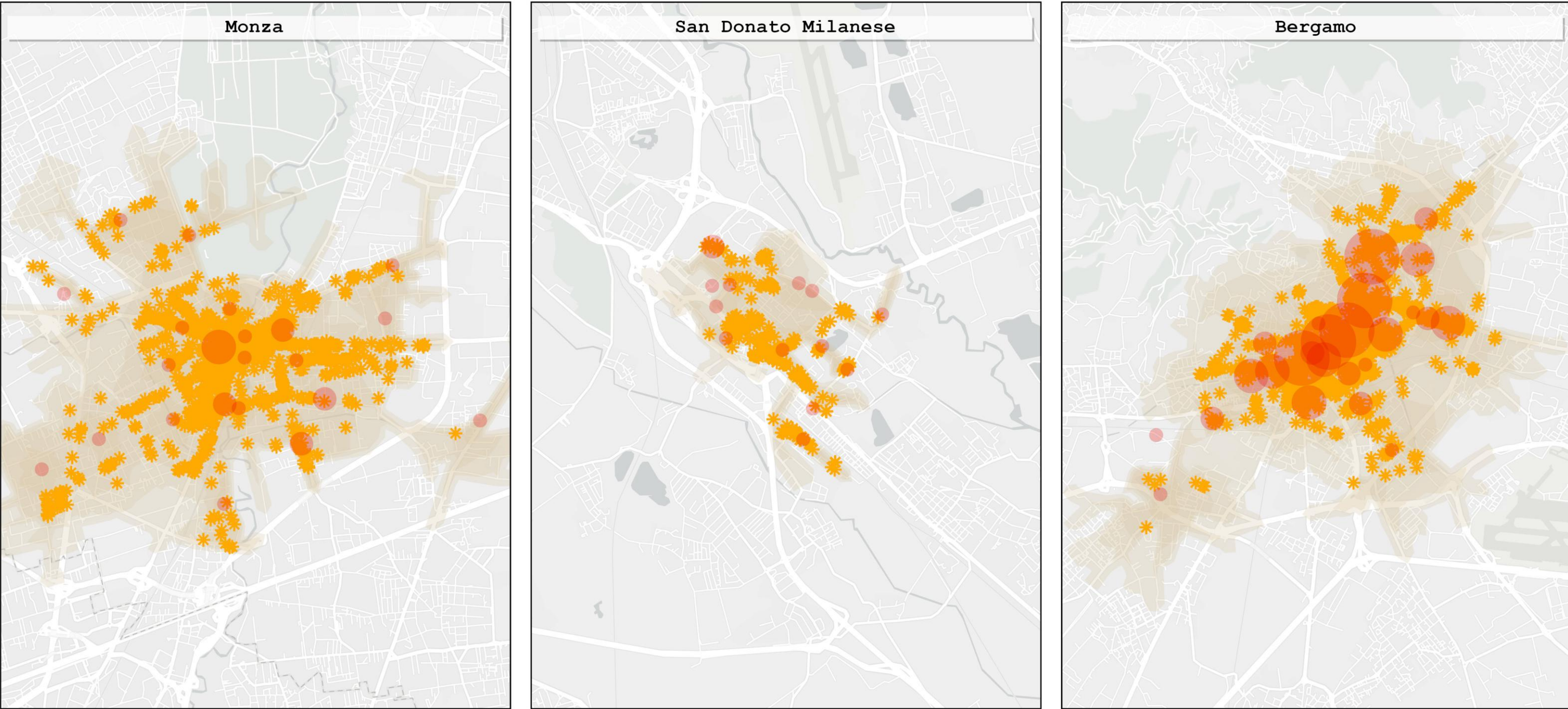
0 0,5 1 2 Kilometers



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
 Source: OpenStreetMap and own elaboration.

Mapa 14. Puntos de interés (POIs) - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo

Map 14. Points Of Interest - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Points Of Interest
* Points Of Interest

Origin-Destination trips (per year)
● 0-2500
● 2500-5000

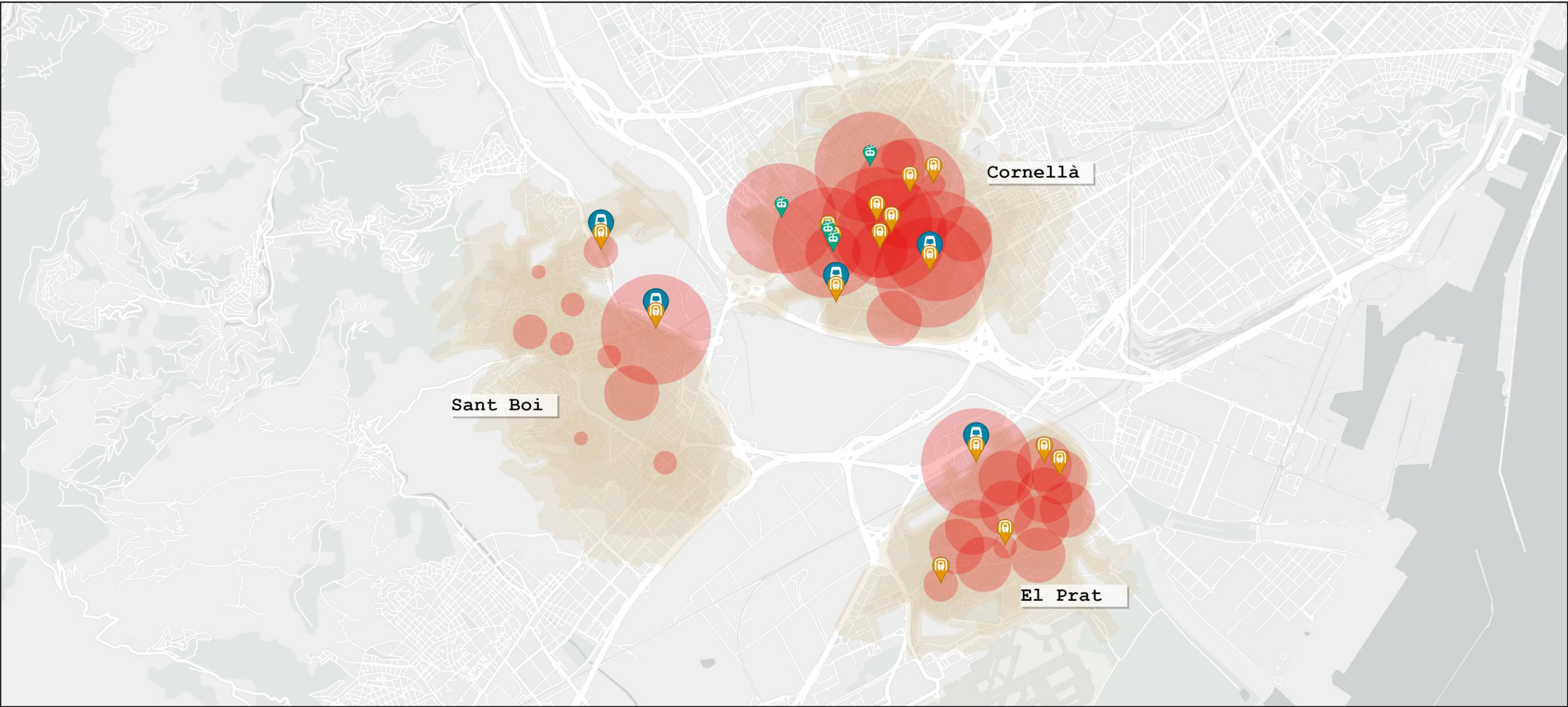
● 5000-10000
● 10000- 20000
● > 20000

0 0,5 1 2 Kilometers



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

Mapa 15. Transporte público - Área Metropolitana de Barcelona
Map 15. Public transport - Barcelona Metropolitan Area



Public transport

- Train
- Metro
- Tram

Origin-Destination trips (per year)

- 0-2500
- 2500-5000

5000-10000

10000- 20000

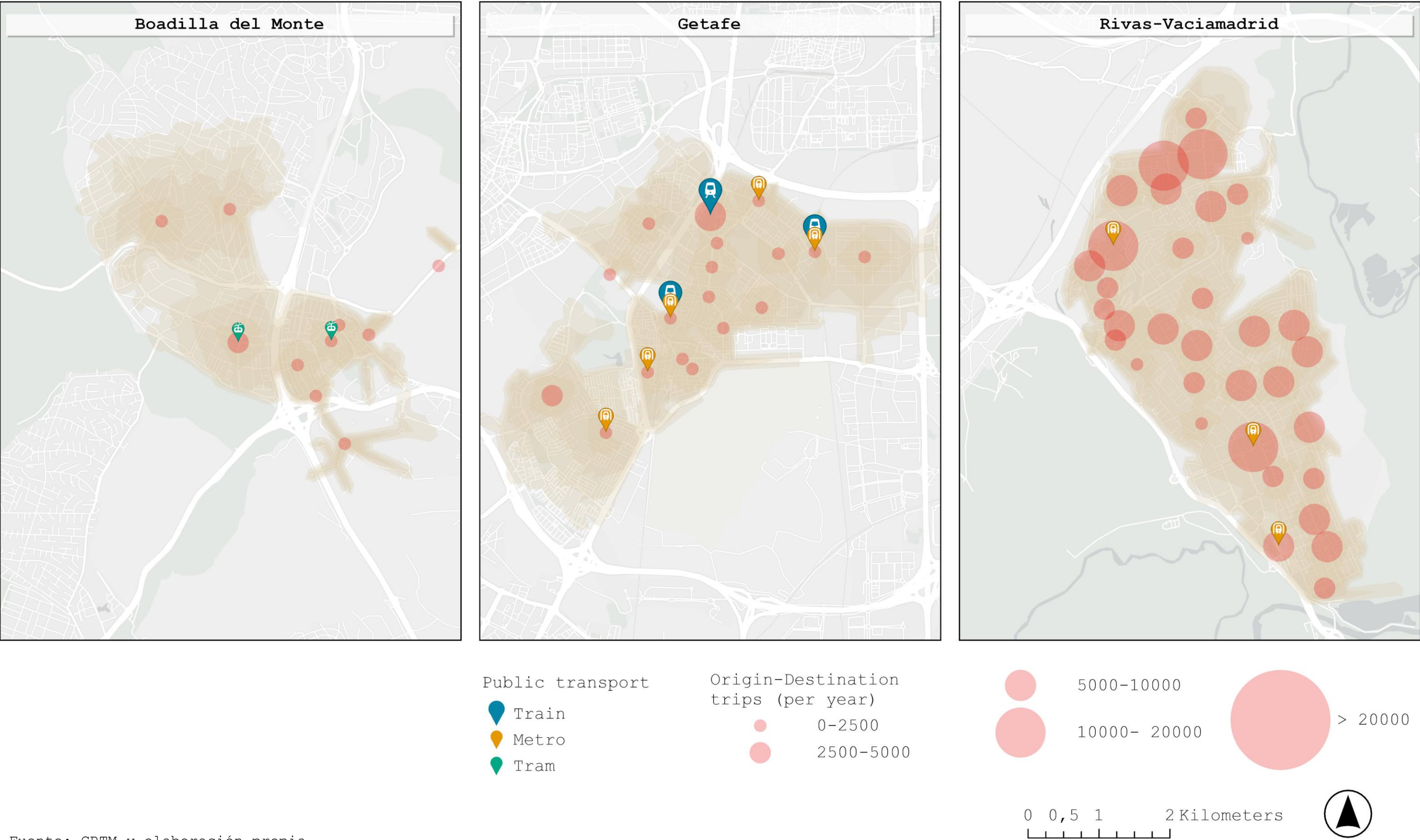
> 20000

0 0,5 1 2 Kilometers



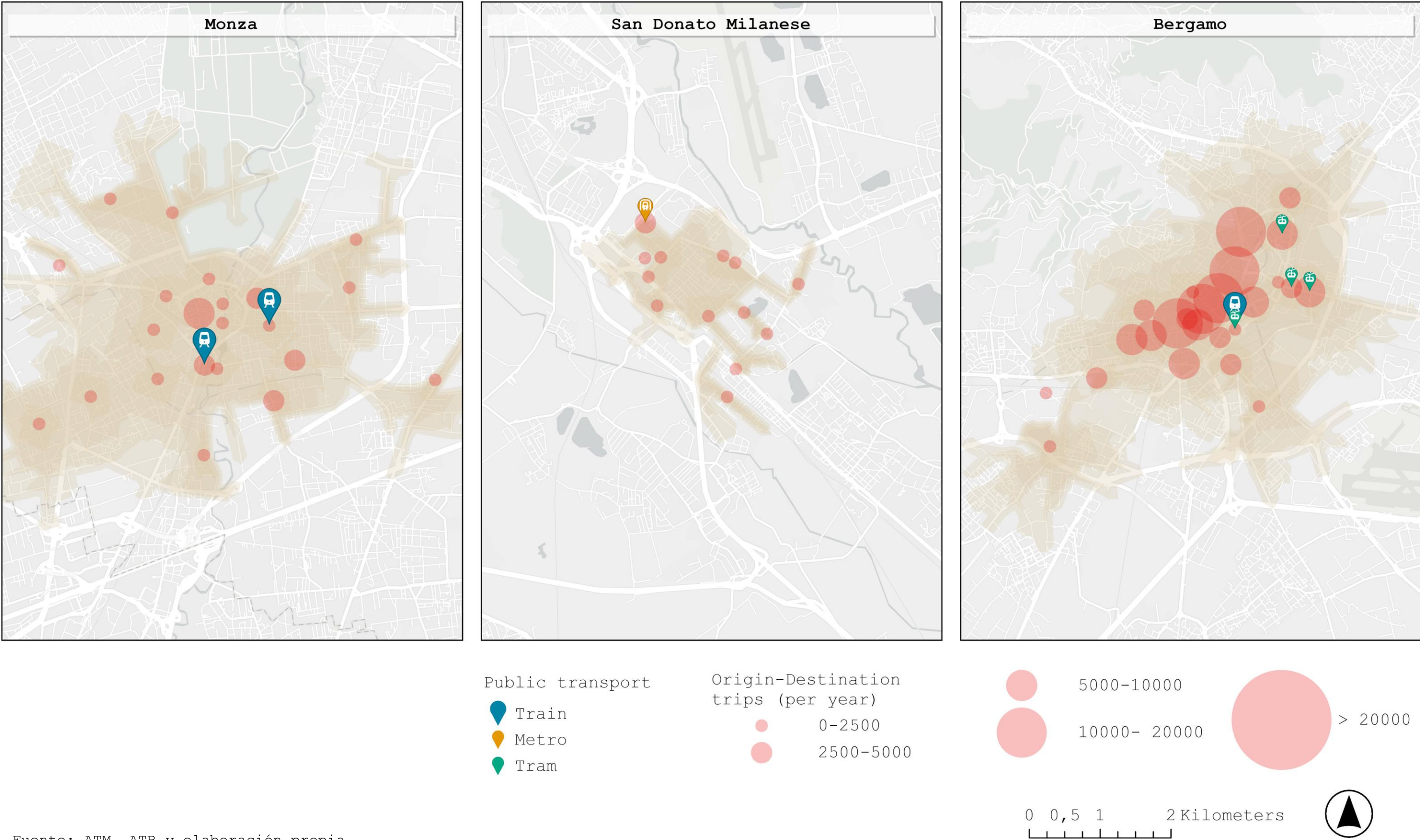
Fuente: AMB y elaboración propia.
Source: AMB and own elaboration.

Mapa 16. Transporte público - Área Metropolitana de Madrid
Map 16. Public transport - Madrid Metropolitan Area



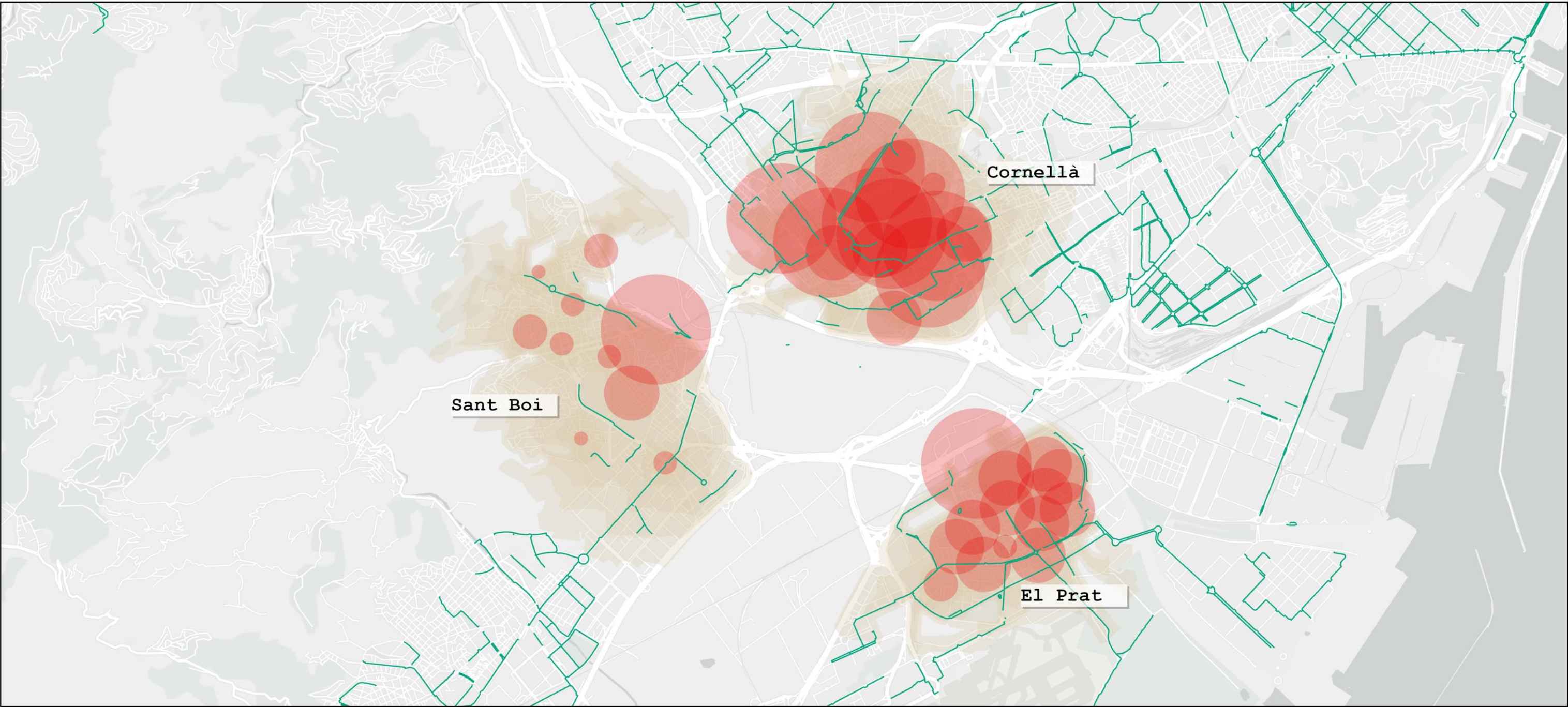
Fuente: CRTM y elaboración propia.
 Source: CRTM and own elaboration.

Mapa 17. Transporte público - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo
Map 17. Public transport - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Fuente: ATM, ATB y elaboración propia.
Source: ATM, ATB and own elaboration

Mapa 18. Red ciclista - Àrea Metropolitana de Barcelona
Map 18. Cycling network - Barcelona Metropolitan Area



Cycling
Network

Origin-Destination
trips (per year)

0-2500
2500-5000

5000-10000

10000- 20000

> 20000

0 0,5 1 2 Kilometers



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

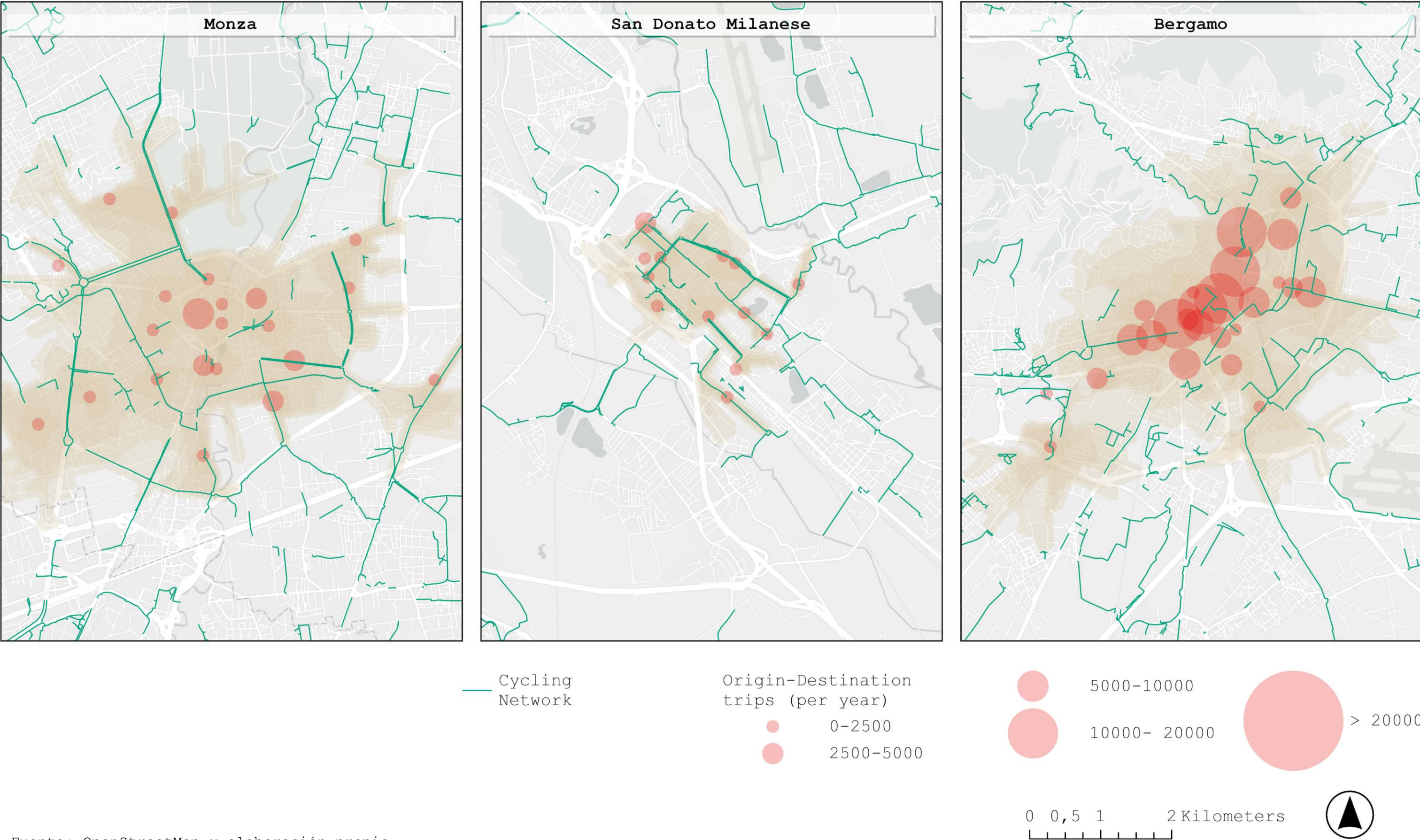
Mapa 19. Red ciclista - Área Metropolitana de Madrid
Map 19. Cycling network - Madrid Metropolitan Area



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.
Source: OpenStreetMap and own elaboration.

Mapa 20. Red ciclista - Áreas Metropolitanas de Milán y Bérgamo

Map 20. Cycling network - Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Fuente: OpenStreetMap y elaboración propia.

Source: OpenStreetMap and own elaboration.

5.2.3. Viajes intramunicipales e intermunicipales. El caso de AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona.

El sistema de bicicleta pública **AMBici**, en el Área Metropolitana de Barcelona, se distingue como uno de los pocos que opera bajo un **modelo unificado en múltiples municipios**. Actualmente, cubre 15 localidades y permite realizar **viajes intermunicipales**. En este sentido, AMBici, al igual que el sistema Vélib' en París, representa una excepción dentro del panorama europeo. La mayoría de los sistemas de bicicleta pública funcionan a nivel exclusivamente municipal, restringiendo los desplazamientos al territorio de cada ciudad, como ocurre en el resto de los casos de estudio de esta investigación.

La posibilidad de realizar viajes intermunicipales en el sistema AMBici permite realizar varios análisis. En primer lugar, se examina **si la conexión entre municipios influye en el número de usos de la bicicleta pública**, lo que podría proporcionar conclusiones valiosas para otros sistemas. Además, resulta fundamental identificar los **factores que explican por qué algunos municipios registran un mayor porcentaje de viajes intermunicipales** que otros, lo que contribuiría a comprender mejor las condiciones necesarias para implementar un sistema similar en otras áreas metropolitanas.

Cabe destacar que, debido a la metodología empleada en esta tesis para la recopilación de datos, no es posible obtener información detallada sobre el origen y destino de cada viaje. Sin embargo, gracias al contacto con los responsables del sistema AMBici, se ha logrado acceder a estos datos para el mismo periodo de análisis (del 1 de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024). Esto ha permitido identificar patrones de movilidad entre los municipios.

A continuación, en la **Figura 38** se presentan tres gráficos que muestran la **proporción de viajes intramunicipales** (dentro del municipio) **y viajes intermunicipales** (entre municipios) para los tres casos de estudio seleccionados en el Área Metropolitana de Barcelona: Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat.

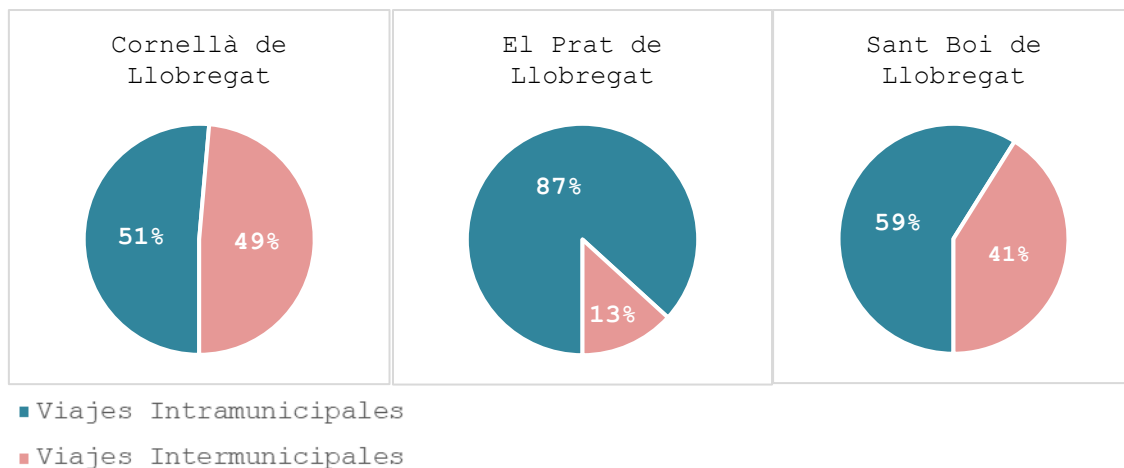


Figura 38. Proporción de viajes intramunicipales en intermunicipales del sistema AMBici en los tres casos de estudio del Área Metropolitana de Barcelona.

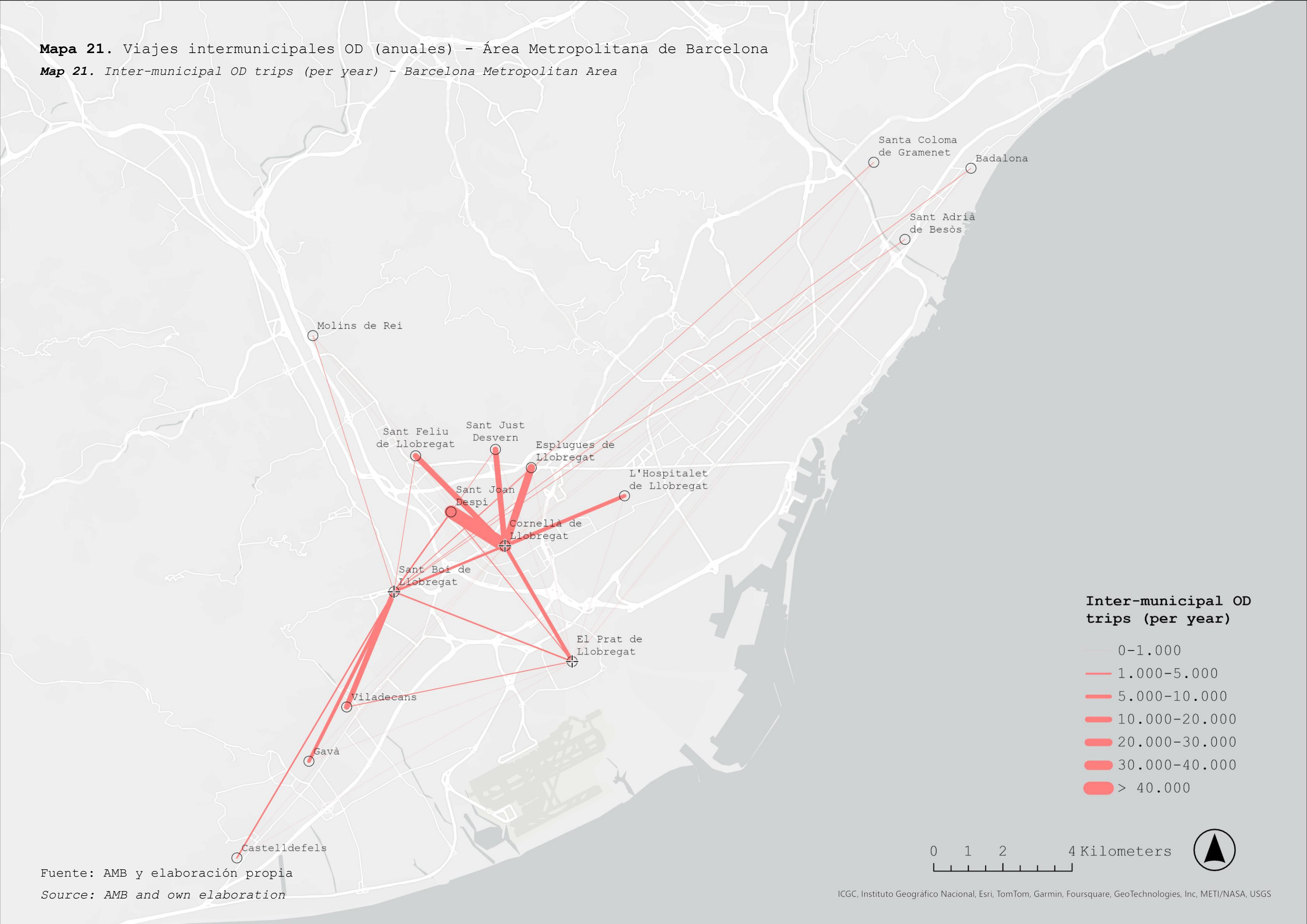
Fuente: Área Metropolitana de Barcelona y elaboración propia.

A partir de los gráficos, se observa que, en el municipio de **Cornellà de Llobregat**, casi la mitad de los viajes realizados son intermunicipales, representando el **49%** de los viajes. En **Sant Boi de Llobregat**, el porcentaje también es considerable, alcanzando el **41%**. Sin embargo, en **El Prat de Llobregat**, el porcentaje de viajes intermunicipales es más bajo, siendo de un **13%**. Estos tres municipios son los que registran el mayor número de viajes respecto al resto de casos de estudio, lo que sugiere una **posible correlación entre la capacidad de realizar viajes intermunicipales y el número total de usos de la bicicleta pública**.

Para complementar el análisis, se ha elaborado un mapa con las conexiones intermunicipales, facilitando la visualización de los vínculos entre los tres municipios y también de las interacciones con otros municipios dentro del sistema AMBici. En este mapa, las rutas con mayor volumen de viajes se resaltan con mayor grosor, permitiendo identificar fácilmente las conexiones principales.

Mapa 21. Viajes intermunicipales OD (anuales) - Área Metropolitana de Barcelona

Map 21. Inter-municipal OD trips (per year) - Barcelona Metropolitan Area



Fuente: AMB y elaboración propia

Source: AMB and own elaboration

Este análisis permite hacer las siguientes observaciones sobre los resultados obtenidos:

- **Cornellà de Llobregat** tiene un número elevado de viajes intermunicipales, especialmente con los municipios cercanos de **Sant Joan Despí, Esplugues de Llobregat, Sant Just Desvern y L'Hospitalet de Llobregat**.
- **Sant Boi de Llobregat** se conecta mayormente con **Viladecans y Gavà**, pero también mantiene interacciones significativas con otros municipios como **Cornellà de Llobregat y El Prat de Llobregat**.
- **El Prat de Llobregat** presenta una menor conectividad, pero mantiene viajes intermunicipales hacia los municipios de **Cornellà de Llobregat, Sant Boi de Llobregat, Viladecans y Sant Joan Despí**.

Al comparar este mapa con los de infraestructura ciclista presentados en el apartado anterior, se observa que las rutas intermunicipales coinciden, en su mayoría, con las zonas de mayor conectividad ciclista. Esto sugiere una **correlación positiva entre la continuidad de la infraestructura ciclista y el número de viajes intermunicipales**.

Por lo tanto, los resultados obtenidos sugieren que **la capacidad de realizar viajes intermunicipales tiene un impacto positivo en el uso**. Además, la relación entre la infraestructura ciclista y los viajes intermunicipales refuerza la idea de que una red ciclista bien planificada y conectada facilita la movilidad entre municipios, lo que podría ser clave para la expansión y el éxito de sistemas de bicicleta pública en otras áreas metropolitanas.

5.2.4. Obtención de los valores atípicos ("outliers")

El análisis de regresión OLS facilita la identificación de **patrones espaciales y valores atípicos**. Los valores atípicos del análisis muestran las estaciones de bicicleta pública en las que los resultados observados se han desviado significativamente de los valores predichos por el modelo. Estas discrepancias proporcionan **información relevante sobre las dinámicas locales y posibles limitaciones del modelo**.

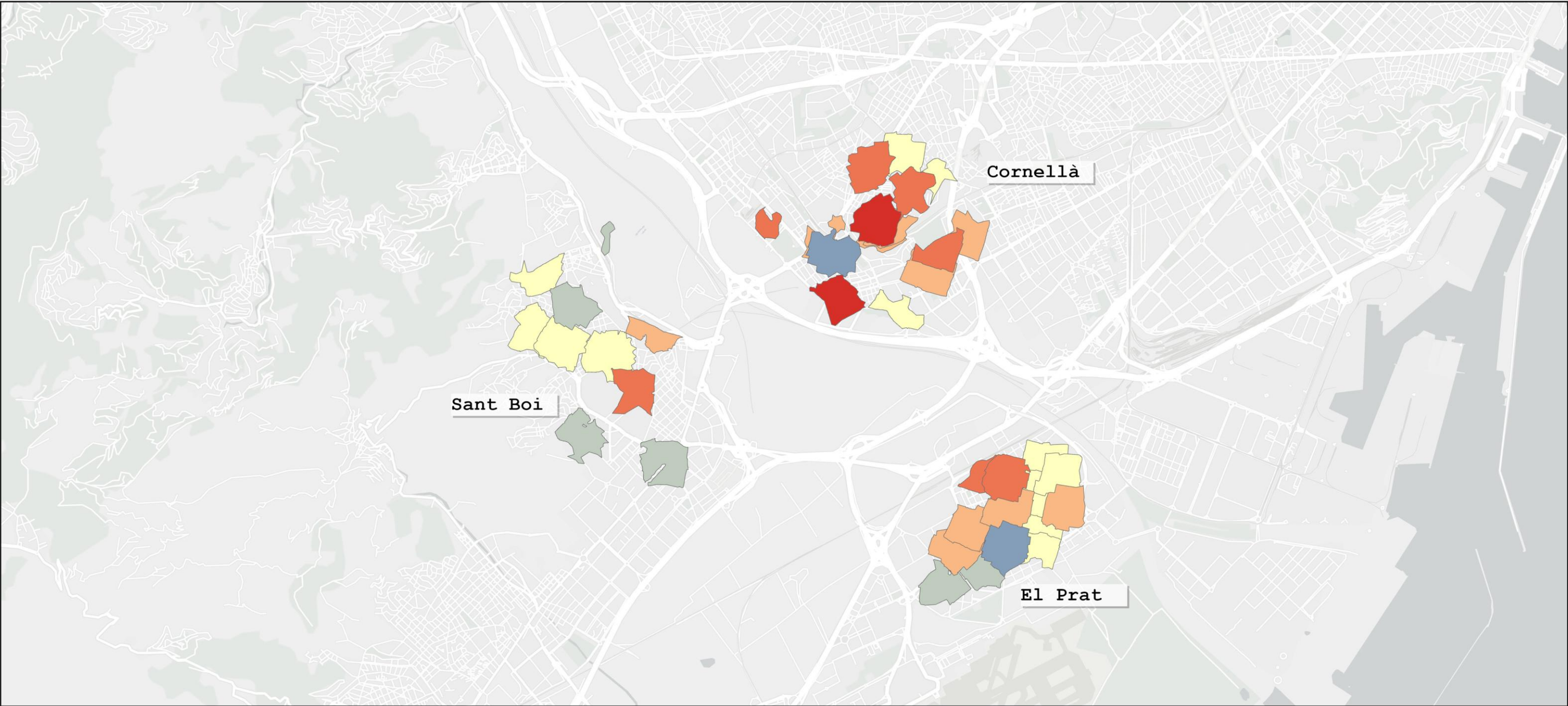
Los mapas extraídos del análisis de regresión OLS ofrecen una representación gráfica de los residuos estandarizados, que se representaron según los siguientes rangos y colores:

- **Áreas en rojo y naranja:** Ubicaciones donde los valores reales son mayores que los valores estimados por el modelo.
- **Áreas en azul y verde:** Ubicaciones donde los valores reales son menores que los valores estimados por el modelo.
- **Áreas en amarillo** (residuos cercanos a 0, ajuste correcto): Ubicaciones donde los valores reales están cerca de los valores estimados por el modelo.

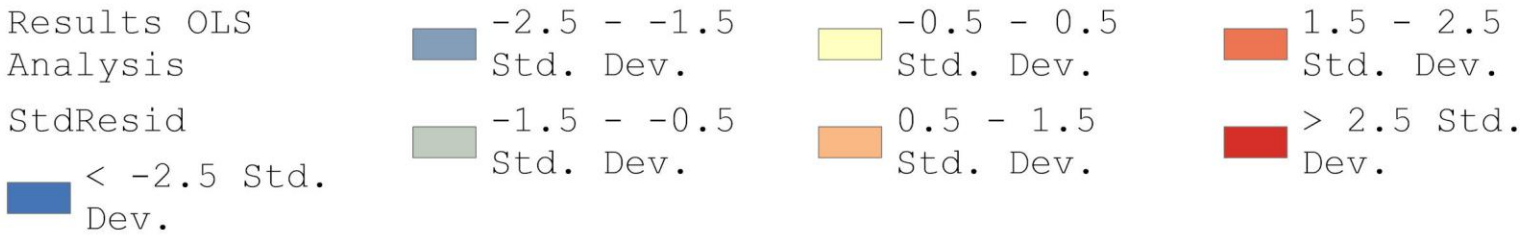
Las áreas con residuos extremos (fuera del rango de ± 2.5 desviaciones estándar, en rojo o azul) **se consideran valores atípicos**, mientras que las áreas amarillas indican estaciones donde el modelo predice adecuadamente la demanda.

Es importante destacar que los mapas presentados a continuación, correspondientes al análisis de regresión OLS, se muestran por área metropolitana para facilitar su visualización. Sin embargo, el análisis se ha realizado considerando en conjunto los nueve casos de estudio.

Mapa 22. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Área Metropolitana de Barcelona
Map 22. Results OLS analysis - Zoom case studies Barcelona Metropolitan Area



Nota: El análisis OLS incluye los nueve casos de estudio.
Note: The OLS analysis includes all nine case studies.

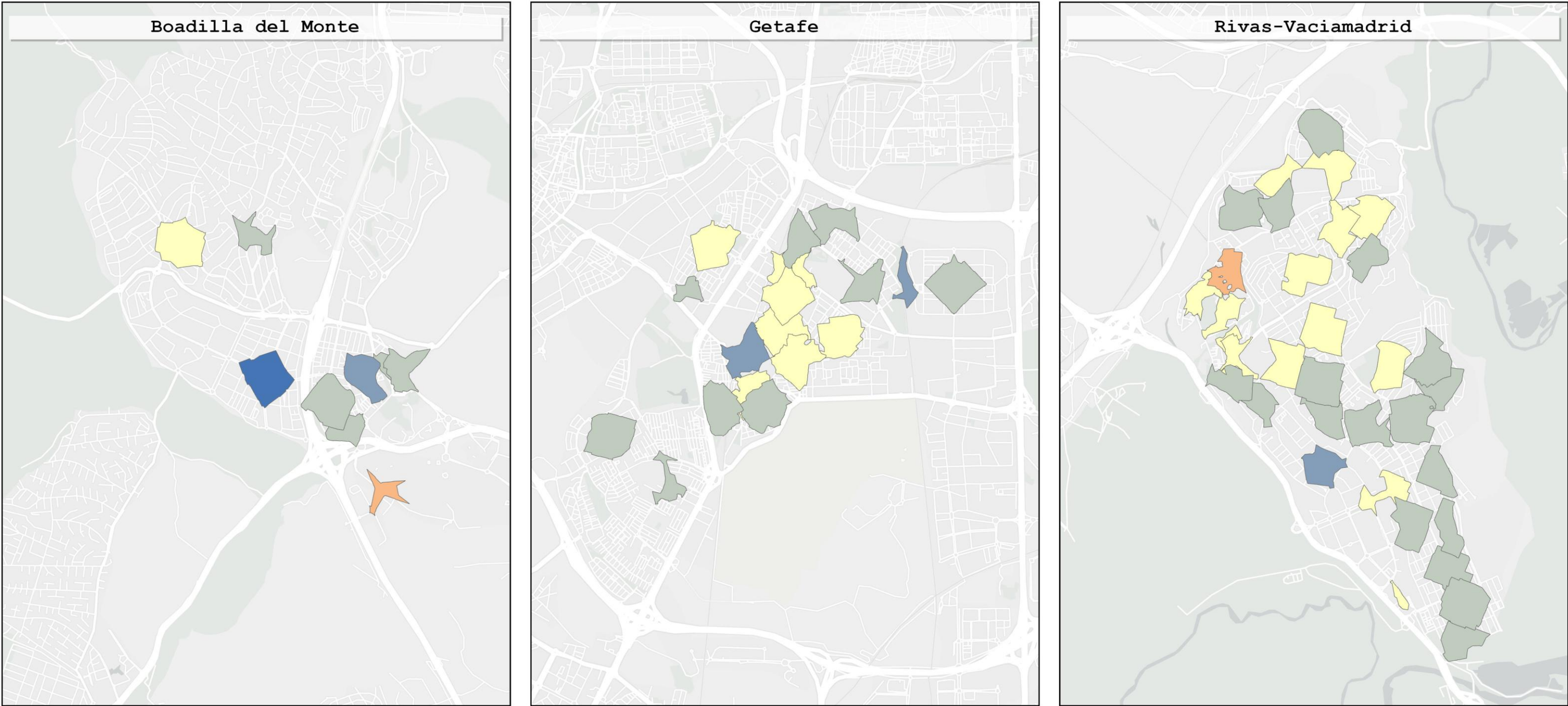


Fuente: Elaboración propia.
Source: Own elaboration.

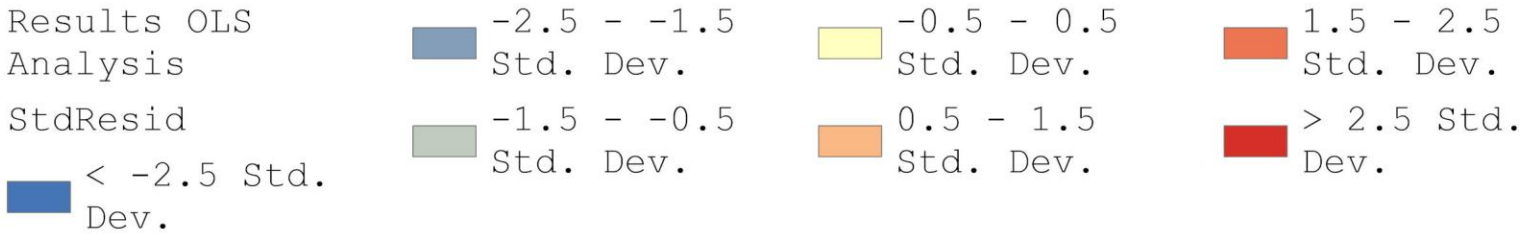
0 0,5 1 2 Kilometers



Mapa 23. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Área Metropolitana de Madrid
Map 23. Results OLS analysis - Zoom case studies Madrid Metropolitan Area



Nota: El análisis OLS incluye los nueve casos de estudio.
Note: The OLS analysis includes all nine case studies.



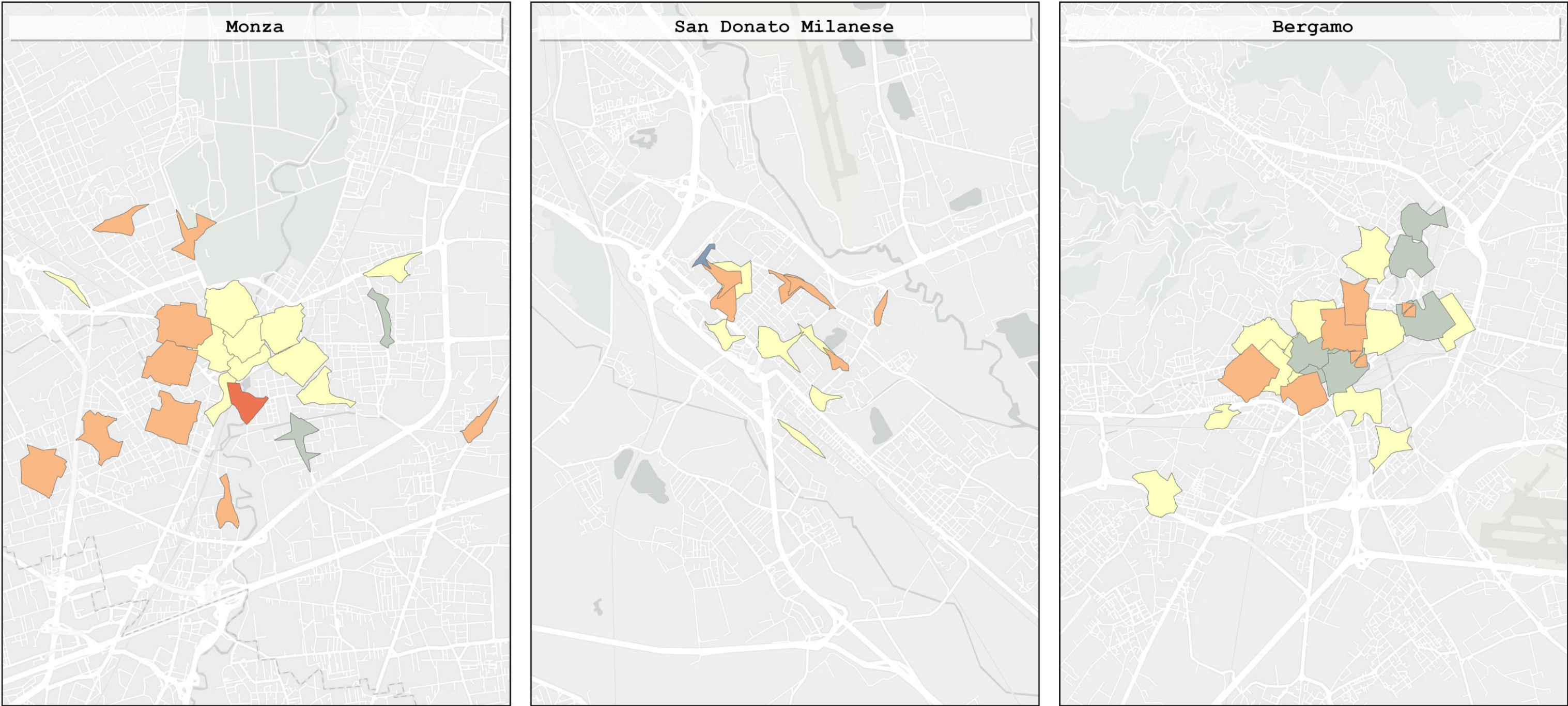
Fuente: Elaboración propia.
Source: Own elaboration.

0 0,5 1 2 Kilometers



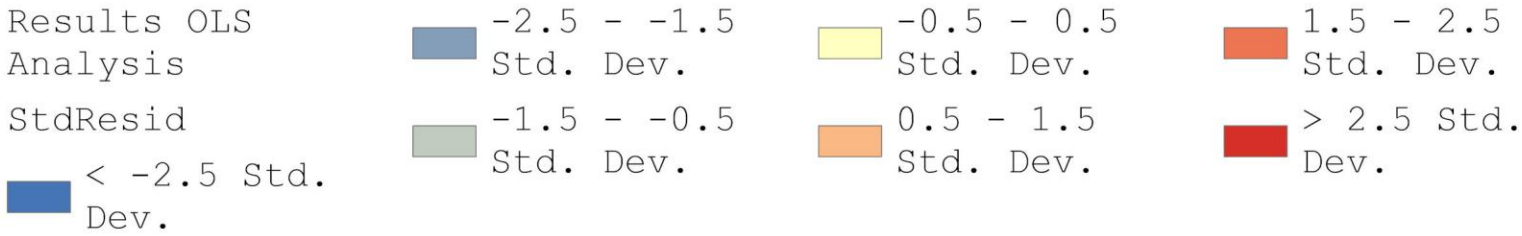
Mapa 24. Resultados del análisis OLS - Zoom casos de estudio Áreas Metropolitanas de Milán y Bérghamo

Map 24. Results OLS analysis - Zoom case studies Milan and Bergamo Metropolitan Areas



Nota: El análisis OLS incluye los nueve casos de estudio.

Note: The OLS analysis includes all nine case studies.



0 0,5 1 2 Kilometers



Fuente: Elaboración propia.

Source: Own elaboration.

Los valores atípicos se presentan a continuación para cada área metropolitana.

A. Área Metropolitana de Barcelona

En los municipios de **Cornellà de Llobregat**, **Sant Boi de Llobregat** y **El Prat de Llobregat**, se observaron los siguientes patrones:

- **Áreas en rojo y naranja:** Se concentran en estaciones situadas cerca de las estaciones de transporte público (especialmente estaciones de tren) en los tres municipios, así como en las zonas más céntricas y con alta densidad de puntos de interés (POIs) en los casos de **Cornellà** y **El Prat de Llobregat**, generando un uso mucho mayor al estimado. Estas áreas destacan por su accesibilidad multimodal y alta actividad económica, lo que las convierte en "puntos calientes" para el uso de bicicletas públicas.
- **Áreas en azul y verde:** Se encuentran en zonas periféricas de **Sant Boi** y **El Prat de Llobregat**, donde la falta de infraestructura ciclista y la menor densidad poblacional, limitan el uso. Un ejemplo de esto son las áreas residenciales aisladas con baja conectividad al transporte público. Además, en la estación de bicicleta pública de *Plaza de la Iglesia* de **Cornellà de Llobregat**, el valor real es menor al estimado, probablemente debido a que se encuentra muy próxima a la estación de bicicleta pública de *Metro Cornellà Centre*.

B. Área Metropolitana de Madrid

En los municipios de **Boadilla del Monte**, **Getafe** y **Rivas-Vaciamadrid**, los valores atípicos reflejan las siguientes dinámicas:

- **Áreas en rojo y naranja:** Existen pocas áreas en rojo en estos casos. Destaca la estación de metro de *Rivas-Urbanizaciones* en **Rivas-Vaciamadrid**. La proximidad al metro y a zonas residenciales densas y comerciales, explican la alta demanda observada, por encima de lo que predice el modelo.
- **Áreas en azul y verde:** En contraste, se identifican numerosas estaciones en los tres municipios con valores reales menores que los valores estimados. Destacan entre ellas las estaciones de *Plaza Virgen María* y *Piscina Cubierta* de **Boadilla del Monte**, a pesar de encontrarse próximas a las paradas de metro ligero. En este mismo

municipio destaca también la estación del *Polideportivo Rey Felipe VI*, situada en un área periférica de baja densidad de población, diversidad de usos y con limitada conectividad al transporte público. Por otro lado, en el caso de **Getafe** cabe destacar como valores atípicos la estación de *Getafe Central*, tanto de tren como metro, y la estación de *Renfe El Casar*. En cuanto al municipio de **Rivas-Vaciamadrid**, destaca la estación de bicicleta pública *CFOR*, con menor uso del estimado. Esto podría deberse a su ubicación en la zona industrial, con poca densidad de población y sin infraestructura ciclista.

C. Área Metropolitana de Milán y ciudad de Bérgamo

En los municipios de **Monza**, **San Donato Milanese** y **Bérgamo**, se han identificado los siguientes valores atípicos:

- **Áreas en rojo y naranja:** En **Monza**, estas áreas se localizan principalmente en la zona oeste, donde destaca una mayor presencia de carriles bici en el municipio. En **San Donato Milanese**, destaca la estación de metro, que actúa como un nodo multimodal, superando las predicciones del modelo. En **Bérgamo**, estas áreas se localizan principalmente en el centro histórico y en las proximidades a zonas comerciales con alta densidad de puntos de interés (POIs).
- **Áreas en azul y verde:** En **Bérgamo**, las estaciones cercanas a paradas de tranvía tienen un uso menor al estimado, lo que sugiere que la bicicleta pública se utiliza principalmente para viajes completos dentro de la ciudad, en lugar de como complemento al transporte público. En el caso de **Monza**, la zona más céntrica del municipio presenta valores reales menores que los valores estimados por el modelo. A pesar de su ubicación céntrica, la densidad de población en esta zona no es muy alta y apenas hay infraestructura ciclista.

La identificación de los valores atípicos evidencia las **limitaciones del modelo**, al no capturar completamente las dinámicas locales específicas. Las áreas en rojo (valores reales mayores a los estimados) identifican zonas con alto potencial de demanda, que podrían beneficiarse de una expansión del sistema. Por otro lado, las áreas en azul (valores reales menores a los estimados) reflejan la necesidad de intervenciones específicas para mejorar la integración del sistema en estas áreas, ya sea mediante mayor conectividad al transporte público o mejor infraestructura ciclista, entre otras.

5.3. Resultados de las entrevistas

En este apartado se presentan los resultados de las **entrevistas semiestructuradas con los responsables de los sistemas de bicicleta pública** de los municipios estudiados de Barcelona y Madrid: **AMBici (municipios del Área Metropolitana de Barcelona)**, **BiBO (Boadilla del Monte)**, **BicinRivas (Rivas-Vaciamadrid)** y **GBici (Getafe)**, este último mediante un cuestionario. Esto ha permitido cualificar los datos obtenidos en el análisis cuantitativo, de cara a evaluar el papel de estos sistemas en la movilidad urbana, los desafíos que enfrentan y las oportunidades de mejora. Respecto a los casos italianos, no ha sido posible acceder a entrevistas.

La información extraída se ha sintetizado en tablas, que contienen los puntos clave de cada entrevista. Para aquellos interesados en un análisis más detallado, se incluyen las transcripciones parciales y el análisis completo de las entrevistas en el **Anexo 3** de esta tesis.

A. Introducción y Visión General

Esta primera parte introductoria se centra en el papel del sistema de bicicleta pública en cada caso estudiado, el cual se resume de manera comparativa en la tabla siguiente.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Gestión y operación	-Operador técnico TMB y supervisión desde AMB. -Financiación mixta: 25% usuarios, 55% ayuntamientos, 20% AMB.	-Gestión municipal. -Cobertura de costes: 10-12% por abonos. <i>"Cualquier sistema de bicicletas públicas que se haya implantado como negocio probablemente acabe quebrando."</i>	-Gestión municipal y mantenimiento a cargo de empresa pública.	-Gestión municipal.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Implementación y adaptación	-Se ajusta el número de anclajes según demanda y presupuesto. -Posibilidad de aparcar fuera de estación. -Objetivo de integración modal. <i>"Estamos aprendiendo sobre la marcha. Algunas estaciones ya se han ampliado."</i>	-Sistema 100% eléctrico desde su inicio. -Implantación inicial con Banco Santander. -Recuperación post-COVID lenta. -Foco en gente joven.	-Accesible desde los 14 años (único caso). -Foco en gente joven.	-Objetivo de integración modal.
Impacto en la movilidad	-2-3% del reparto modal en menos de 2 años. -40% de los viajes son intermunicipales. <i>"Estamos viendo cómo Sant Just Desvern tiene una intermodalidad del 65%: eso es éxito."</i>	-Alta dependencia del coche. <i>"Aquí la bici no va a sustituir al coche, pero puede ser una alternativa más."</i>	-Uso localizado, pero con potencial de expansión. <i>"El sistema está preparado para más, pero la ciudad aún no lo está."</i>	-Objetivo: sistema complementario al transporte público.
Relación con políticas restrictivas	-Alineación con las ZBE metropolitanas. -Argumento político a favor de medidas restrictivas. <i>"No puedes prohibir el coche si no das alternativas. AMBici es la alternativa."</i>	-ZBE con bajo impacto, limitada al casco urbano. -No ha incentivado el uso del sistema.	-ZBE solo en entornos escolares, pero sin carriles bici en esas zonas. -No ha incentivado el uso del sistema.	-No se puede establecer vínculo causal.

Tabla 8. Síntesis comparativa de la gestión, implementación e impacto por eje temático y sistema de bicicleta pública

Fuente: Elaboración propia

Las entrevistas evidencian diferencias notables en el modelo de gestión y financiación entre sistemas. AMBici se apoya en una gobernanza metropolitana y una financiación mixta, lo que ha facilitado su rápida expansión y operación intermunicipal, mientras que otros sistemas funcionan exclusivamente a escala municipal y con recursos más limitados.

Los datos cuantitativos muestran que AMBici tiene un volumen de usos muy superior al resto de sistemas estudiados. Este hecho se alinea con las declaraciones de los entrevistados que apuntan a la gobernanza metropolitana y la cooperación intermunicipal como elementos clave del éxito. Además, la financiación compartida parece favorecer la sostenibilidad del sistema, en contraste con modelos como GBici, donde se observa un bajo número de usos y escaso impacto en la movilidad.

B. Multimodalidad

Los casos entrevistados muestran diferentes grados de integración con el transporte público. AMBici destaca por su estrategia de ubicación de estaciones en nodos de transporte, algo que se refleja en los patrones de uso. En otros sistemas, como BicinRivas y GBici, la integración está limitada por barreras técnicas o administrativas.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Estrategias	-Estaciones junto a nodos transporte público. -Estudio de integración con tarjeta de transporte y de incentivos cruzados (en proceso).	-Estaciones junto a paradas de metro ligero (pero no siempre).	-Estaciones al metro. -Sistema técnico compatible con BiciMAD (oportunidad). -Evaluación del uso de la tarjeta de tte. pub.	-Integración con la tarjeta de transporte público. -Deseo de conexión con sistemas vecinos (BiciMAD, Leganés).
Logros destacados	-Uso elevado en estaciones junto al tren. -Abono metropolitano con Bicing. -Modelo de gobernanza pública favorable.	-Inicio de conexión con metro ligero.	-Ampliación de estaciones en puntos clave (metro). -Posible integración futura con tarjeta de transporte.	-Integración con la tarjeta de transporte público.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Retos o barreras	-Barreras administrativas y contractuales. -Competencias compartidas con otras entidades.	-Obstáculos administrativos impidieron acuerdos pasados para la integración con otros sistemas.	-Falta de integración con BiciMAD o tarjeta del Consorcio.	-Carencias en infraestructura de apoyo -Falta de conexión técnica con sistemas vecinos.
Modelos de referencia	-Vélib' (París): expansión metropolitana exitosa. -Bilbao: integración metropolitana parcial.	-Expansión de BiciMAD a Pozuelo como referente local.	-BiciMAD (Madrid): como referencia técnica y oportunidad para futura integración.	-Safor Bici (Gandía): ejemplo inspirador aunque contexto distinto.

Tabla 9. Síntesis comparativa de la multimodalidad en los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

Fuente: Elaboración propia

Los análisis estadísticos (apartado 5.1.3) y de regresión lineal (apartado 5.2.2) muestran que la multimodalidad es uno de los factores más significativos para explicar el uso de los sistemas de bicicleta pública. Esto se ve reforzado por las entrevistas, donde se menciona reiteradamente que las estaciones ubicadas cerca del transporte público concentran la mayor parte de la demanda, como ocurre en los casos de AMBici.

C. Factores Determinantes en el Uso del Sistema

Las entrevistas identifican factores similares a los encontrados en el análisis cuantitativo (apartado 5.2.2), destacando las **zonas de actividad, multimodalidad y densidad de población**.

Los responsables de BiBO y BicinRivas coinciden en señalar que la edad joven de los usuarios y la existencia de zonas de alta actividad son determinantes en el uso de los sistemas. Esto se relaciona directamente con los resultados del análisis de regresión OLS, donde la población entre 20 y 49 años tiene un peso mayor que la población total. Además, la mención a barreras físicas como la pendiente o la falta de continuidad en la red ayudan a explicar casos atípicos, como el bajo uso en zonas con alta densidad poblacional pero escasa infraestructura ciclista continua o pendientes elevadas.

A continuación, en la **Tabla 10** se resumen los factores determinantes citados por cada sistema de bicicleta pública analizado en las entrevistas:

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Multimodalidad				
Densidad de población				
Zonas de actividad				
Centralidad				
Red de carriles bici				
Sociodemografía				
Nivel socioeconómico				
Pendiente				
Moda				
Barreras físicas				

Tabla 10. Factores determinantes citados en las entrevistas y cuestionario para los casos de estudio de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

Fuente: Elaboración propia

D. Fortalezas y Debilidades

Las entrevistas revelan una serie de fortalezas (como electrificación total, buena conectividad o precios asequibles) y debilidades (vandalismo, falta de redistribución, carencias tecnológicas). Además, algunos sistemas como GBici enfrentan dificultades estructurales que limitan su crecimiento.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Fortalezas	-Flota 100% eléctrica. -Accesibilidad al transporte público. -Conectividad intermunicipal.	-Buena financiación. -Bicicletas eléctricas. -Bajo vandalismo.	-Carril bici segregado. -Precio competitivo (30 €/año). -Servicio 24h.	-Ciudad favorable al ciclismo. -Precios asequibles. -App móvil funcional.
Debilidades	-Falta de estaciones en ciertas zonas. -Barreras físicas no resueltas. -Diferencia entre sistemas del centro y la periferia (Bicing y AMBici).	-Solo en el casco urbano (vecinos piden expansión). -Poca comunicación y promoción. -Calidad mejorable de las bicicletas.	-Pocas bicis en buen estado en zonas de alta demanda. -Vandalismo elevado en estaciones aisladas. -Falta de diversidad de usuarios. -Solo un tipo de abono disponible.	-Necesidad constante de redistribución. -Usuarios provienen de peatones o tte. pub. (no reduce uso del coche). -Bajo retorno económico. -Costes elevados dificultan electrificación. -Vandalismo difícil de gestionar.

Tabla 11. Síntesis comparativa de fortalezas y debilidades en los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

Fuente: Elaboración propia

E. Datos

Actualmente, ninguno de los sistemas de bicicleta pública analizados publica datos relativos al número de usos. Esto ha llevado a desarrollar una metodología específica para la obtención y procesamiento de datos. En los casos de AMBici, BicinRivas y GBici, se han podido obtener datos reales sobre el número de usos en el mismo periodo de tiempo del estudio (del 1 de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024).

Por lo tanto, **las entrevistas realizadas han cumplido una doble función** en este contexto: no solo han añadido una **capa cualitativa** valiosa a la investigación, sino que también han permitido **validar la precisión de la metodología empleada**, evaluando su margen de error y posibles limitaciones, como se muestra en la siguiente tabla:

	AMBici Cornellà	AMBici El Prat	AMBici Sant Boi	BicinRivas	GBici
Datos estimados (metodología)	338.497 usos/año	174.311 usos/año	128.470 usos/año	127.380 usos/año	5.742 usos/año
Datos reales (ayuntamientos)	384.209 usos/año	174.646 usos/año	124.225 usos/año	131.847 usos/año	5.745 usos/año
% de error	11,90 %	0,19 %	3,42 %	3,39 %	0,05 %
Observaciones	Error alto por volumen de uso y traslados en camión.	Metodología muy precisa.	Error moderado y aceptable.	Margen de error bajo y razonable.	Coincidencia casi exacta.

Tabla 12. Análisis del porcentaje de error en los datos obtenidos de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión, **la metodología desarrollada para la obtención de datos ha demostrado ser fiable**, con márgenes de error que oscilan entre el 0,05% y el 3,42% en la mayoría de los casos. Sin embargo, en Cornellà de Llobregat el margen de error alcanza el 11,90%. Esto podría deberse a que el elevado volumen de usos genera exclusiones incorrectas en los periodos con más de tres movimientos en dos minutos, considerados traslados en camión según la metodología aplicada. Una posible mejora futura sería reducir el intervalo de medición a un minuto o menos, aunque esto implicaría un procesamiento de datos más complejo y laborioso.

En lo que respecta a los datos sociodemográficos, se concluye que **los usuarios principales de los sistemas de bicicleta pública suelen ser jóvenes**, especialmente en municipios con infraestructura ciclista menos desarrollada. Además, esto coincide con los resultados del análisis de regresión OLS, donde la variable de población entre 20 y 49 años tiene un mayor impacto que la variable de población total. Respecto al género, aunque no fue posible incluir esta variable en el análisis cuantitativo por falta de datos, las entrevistas permiten evidenciar una clara **brecha de género** en el uso de la bicicleta pública. Esta desigualdad no parece estar relacionada con una

falta de interés por parte de las mujeres, sino con barreras estructurales como la percepción de inseguridad, la falta de infraestructura adecuada o el diseño del servicio.

En Barcelona, según la Encuesta de Mobilitat en Dia Feiner (2021), **el 75% de los desplazamientos en bicicleta son realizados por hombres y el 25% por mujeres**. Para profundizar en esta brecha de género, el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) realizó entre mayo y junio de 2023 una encuesta a 806 mujeres de la metrópolis de Barcelona (516 usuarias de bicicleta y 290 no usuarias).

Los resultados, obtenidos a través de la entrevista con Rossend Bosch (AMB) y compartidos por correo electrónico, indican que **el 50,7% de las no usuarias estarían interesadas en utilizar la bicicleta de forma recurrente**. Entre las mejoras necesarias destacan: infraestructura ciclista segura (33%), aparcamiento seguro en origen y destino (14%), y bicicletas adaptadas a necesidades personales (12%). **En Rivas-Vaciamadrid**, el TFG de Mario Fernández Trejo ("Bicicleta pública y brecha de género en la juventud de Rivas", 2024) aporta datos relevantes sobre la brecha de género en el uso del sistema BicinRivas. Según este estudio, **solo el 27,3% de los desplazamientos realizados entre enero de 2020 y diciembre de 2023 por jóvenes de 14 a 25 años fueron realizados por mujeres** (Fernandez Trejo, 2024).

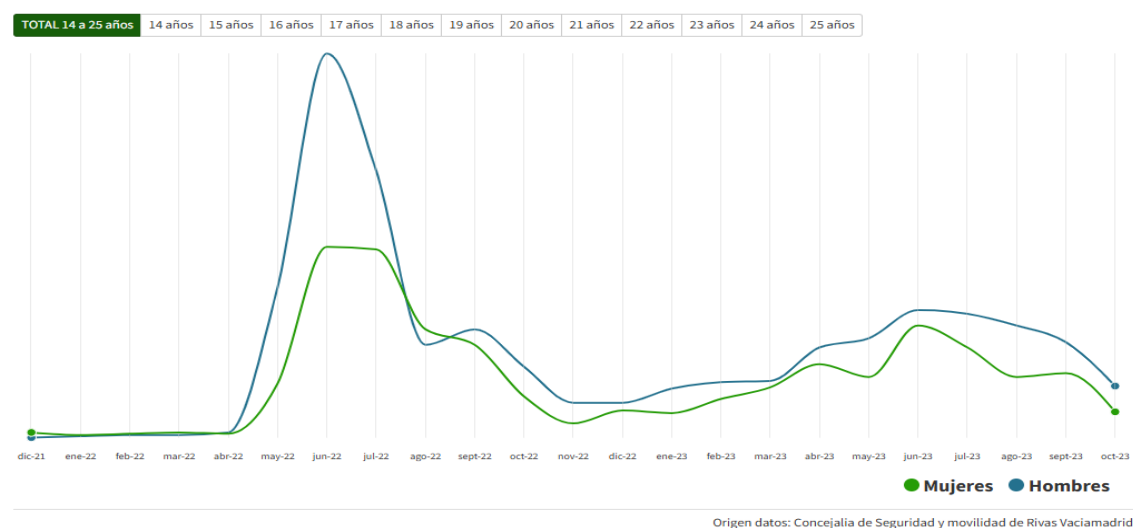


Figura 39. Suscripciones al servicio BicinRivas de los últimos dos años entre los 14 y 25 años.

Fuente: TFG Bicicleta pública y brecha de género en la juventud de Rivas, de Mario Fernández Trejo (2024)

Estas diferencias, ya documentadas en la literatura, refuerzan la necesidad de mejoras estructurales y culturales para promover una mayor igualdad en el uso de la bicicleta, como indican tanto Rossend Bosch (AMBici) como José Jiménez (BicinRivas) en las entrevistas.

F. Expansión y Futuro del Sistema

Este apartado ayuda a anticipar la evolución futura de los sistemas y a entender posibles divergencias en los resultados. Por ejemplo, el elevado uso de AMBici puede mantenerse o incluso aumentar con la futura expansión territorial y tecnológica. En contraste, la falta de planes de expansión en otros municipios, como Getafe, explica por qué el uso actual es bajo y difícilmente aumentará si no se superan las barreras administrativas o presupuestarias identificadas en las entrevistas.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Red ciclista actual y planes de mejora	-Nuevos carriles bici intermunicipales cofinanciados por AMB y ayuntamientos (50%-50%). -Uso de furgonetas eléctricas con previsión de electrificación total.	-Nuevos carriles bici homogéneos y compartidos bici/peatón. -Campañas informativas (Día de la Bicicleta, premios a usuarios, etc.).	-Refuerzo de carriles bici segregados en calzada (zonas residenciales). -Mejora de la última milla en zonas industriales con otros sistemas. -Campañas informativas y de sensibilización.	-Estrategia de micromovilidad en redacción que incluye mejora de la red ciclista.
Criterios para la ubicación	-Cercanía a estaciones de tte. pub. -En calzada y próximas a carriles bici. -Zonas densas, de actividad y céntricas. -Sin criterio fijo de distancia, pero con cobertura urbana.	-Máxima proximidad a viviendas (150-200 metros como objetivo).	-Mejora de cobertura espacial, priorizando áreas de alta densidad poblacional.	-No se prevén nuevas estaciones ni expansión.

	AMBici	BiBO	BicinRivas	GBici
Innov. y mejoras	-Mejora del mantenimiento de bicicletas. -Objetivo de integración con Bicing y tarjeta de transporte público (con barreras administrativas actuales).	-Desde enero de 2024: nuevo contrato con 12 estaciones de carga y 27 virtuales. -Mejora tecnológica global del sistema. -Introducción de abonos a largo plazo.	-En primavera de 2025: nuevo sistema operativo (de 35 a 42 estaciones), bicicletas 100% eléctricas (como BiciMAD). -Actualización de la plataforma tecnológica para mejorar experiencia de usuario.	-No hay mejoras tecnológicas previstas.

Tabla 13. Síntesis comparativa de la posible expansión y futuro de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

Fuente: Elaboración propia

6. DISCUSIÓN

6.1. Relación de los resultados con estudios previos, objetivos e hipótesis de la investigación

En este capítulo se interpretan los resultados obtenidos de los análisis presentados en el capítulo 5, integrando las referencias al marco teórico desarrollado en el capítulo 2. Se busca no solo contrastar las hipótesis iniciales, sino también profundizar en las implicaciones de los hallazgos para avanzar en el conocimiento sobre los sistemas de bicicleta pública en grandes áreas metropolitanas.

A. Accesibilidad y cobertura del servicio

Los resultados de esta investigación coinciden con estudios previos que destacan la relación entre la proximidad y accesibilidad a estaciones de bicicleta pública y su nivel de uso (Faghih-Imani et al., 2014; Kabra et al., 2018).

El análisis revela una **fuerte correlación ($r = 0,78$) entre la proximidad y accesibilidad a las estaciones y el uso de los sistemas de bicicleta pública, tanto en las periferias metropolitanas como en la ciudad central**. Esto confirma la hipótesis de que un mayor número de personas viviendo cerca de las estaciones de bicicleta pública se traduce en un mayor número de viajes realizados en este modo de transporte. Este resultado muestra que la ubicación estratégica de las estaciones es clave para garantizar una cobertura eficiente y maximizar su uso.

Además, los datos obtenidos permiten observar que los sistemas de bicicleta pública en centros urbanos, como Bicing en Barcelona, BiciMAD en Madrid y BikeMi en Milán, no siempre presentan una ventaja significativa en términos de accesibilidad y proximidad a las estaciones. Por ejemplo, en Barcelona, el **90,6%** de la población del centro vive a menos de 400 metros de una estación de Bicing. Sin embargo, algunos municipios periféricos, como El Prat de Llobregat, alcanzan niveles de accesibilidad similares, con un **82,2%**, superando incluso al centro de Madrid (**40,6%**) y Milán (**48,1%**). De manera similar, Rivas-Vaciamadrid registra una cobertura del **50,3%**, también superior a la del centro de Madrid. Estos datos sugieren que la accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública no es exclusiva de los centros urbanos y que algunos municipios periféricos ofrecen una cobertura comparable o incluso superior.

Las entrevistas realizadas respaldan estos resultados, al destacar cómo **la proximidad de las estaciones a zonas densamente pobladas se asocia con el uso de los sistemas de bicicleta**

pública. En el caso de Boadilla del Monte, Ignacio Barrueco destacó las limitaciones de accesibilidad del sistema BiBO debido a la **dispersión urbana** del municipio y a la menor densidad en algunas áreas, suponiendo un desafío estructural que afecta negativamente los niveles de uso. En la entrevista con Rossend Bosch, se destacó que el sistema AMBici del Área Metropolitana de Barcelona ha incorporado **estaciones con opciones de aparcamiento fuera de los anclajes** oficiales, lo que permite **adaptarse mejor a la demanda, aumentar la flexibilidad operativa y mejorar la experiencia del usuario.** Según Bosch, esta solución es especialmente beneficiosa en áreas de alta densidad, donde la saturación de estaciones puede dificultar la disponibilidad de bicicletas.

Los resultados del análisis, complementados por la información cualitativa de las entrevistas, sugieren que la planificación estratégica y la flexibilidad en la gestión de las estaciones son claves para maximizar el impacto de los sistemas de bicicleta pública en la movilidad metropolitana.

B. Actividad y oportunidades del entorno próximo

Según la literatura, el uso de la bicicleta está estrechamente relacionado con la intensidad urbana, entendida como el resultado de la interacción y el refuerzo mutuo de diversas variables (Nello-Deakin & Harms, 2019). Entre las más mencionadas en los estudios destacan la densidad y la mezcla de usos del suelo (Duran-Rodas et al., 2019; Ewing & Cervero, 2010; Geipel et al., 2024; Moreno et al., 2021; Nello-Deakin & Harms, 2019).

El análisis de regresión OLS realizado en esta investigación para los 9 municipios estudiados, con un **coeficiente de determinación (R^2) de 0,673**, confirma que estos factores del entorno urbano también son altamente significativos en municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas. Los resultados muestran que **la proximidad a puntos de interés (POIs)**, una variable que representa los usos del suelo según la literatura es la tercera más influyente en el uso de la bicicleta pública. Con un **coeficiente de 21,49 y un estadístico t de 3,93 (p-value = 0,000133*)**, su impacto es altamente significativo, aunque inferior al de la proporción de población de 20 a 49 años ($t = 12,89$) y al acceso al transporte público ($t = 5,07$). Estos resultados sugieren que **las estaciones ubicadas en zonas con alta densidad de actividades comerciales, educativas y**

recreativas están asociadas con un mayor uso de la bicicleta pública.

Las entrevistas realizadas aportan una perspectiva cualitativa que complementa los resultados cuantitativos. Como se observa en la **Tabla 10** (sección 5.3), la **presencia de zonas de actividad** es el único factor mencionado de manera recurrente en todas las entrevistas realizadas (sistemas AMBici, BiBO, Bicinrivas y GBici), lo que subraya su relevancia en el uso de la bicicleta pública. En todos los casos, se identificaron **limitaciones en zonas más periféricas o con menor concentración de actividades urbanas.**

C. Patrones sociodemográficos

Como ya se ha mencionado anteriormente, una alta densidad de población favorece el uso de la bicicleta pública, al reducir las distancias de viaje (Dill & McNeil, 2013; Geipel et al., 2024; Maas et al., 2021). En la literatura se destaca además la población de entre 20 y 49 años como grupo más propenso a utilizar la bicicleta pública (Romanillos, 2018; Ye et al., 2020), lo que puede explicarse por su mejor condición física y su participación en desplazamientos relacionados con el trabajo, la educación y actividades sociales.

El análisis de regresión OLS realizado confirma **una mayor significancia en el uso de la bicicleta pública al introducir la variable de población de entre 20 y 49 años** en lugar del total de la población en el entorno próximo a las estaciones, **aumentando el coeficiente de determinación (R^2) de un 0,655 considerando a toda la población, a un 0,673 considerando únicamente a este grupo.** El modelo OLS muestra que esta variable tiene un coeficiente de 14,33, un estadístico t de 12,89 y una **significancia estadística muy alta** (p-value = 0,000000*).

Además, las entrevistas realizadas confirman que los jóvenes constituyen la mayoría de los usuarios, tanto en el sistema **BiBO** como en **BicinRivas**. En este último, esta tendencia es especialmente notable en el **Barrio de La Luna**, una zona con una **alta concentración de población joven.**

La densidad de población en este rango de edad se confirma como un factor clave tanto en la ciudad central como en las periferias metropolitanas estudiadas en esta investigación. La literatura ha identificado los principales factores que determinan el uso de la bicicleta pública en el centro de Barcelona, Madrid y Milán. En el caso del servicio BiciMAD en el centro de Madrid,

los factores más influyentes son la densidad de población de entre 20 y 49 años en el entorno de las estaciones, seguida de la presencia de infraestructura ciclista y del uso comercial del suelo (Arias Molinares, 2023). Para el sistema Bicing en el centro de Barcelona y BikeMi en el centro de Milán, diversos estudios también destacan el impacto positivo de la densidad de población en el entorno de las estaciones, con un mayor uso durante los picos de movilidad de lunes a viernes en las zonas más densamente pobladas (Faghih-Imani et al., 2017; Orsatti & Masiero, 2019).

Estos resultados destacan además el **papel determinante de los factores del entorno urbano frente a los factores socioeconómicos**, ya que la variable socioeconómica de nivel de renta por hogar ha resultado significativa únicamente en el Área Metropolitana de Madrid, en su análisis por separado. En concreto, el coeficiente de la **variable de renta media por hogar** en los casos de Madrid ha sido de **0,063**, con una significación estadística del **2,14 %**, lo que indica que su impacto, aunque significativo, es reducido en comparación con otras variables del entorno urbano. Es importante señalar que esta limitación puede deberse a la **homogeneidad socioeconómica** en los municipios estudiados de Barcelona y a la falta de datos detallados en los casos italianos, así como a la **ausencia de otros indicadores más relacionados con el estilo de vida**, como el **índice de motorización**.

D. Conexión con el transporte público y multimodalidad

La integración de la bicicleta pública con otros modos de transporte ha demostrado ser un factor clave en el éxito de los sistemas de bicicleta pública, un factor ya identificado en la literatura (Duran-Rodas et al., 2021; Ma et al., 2015; Nello-Deakin & Brömmelstroet, 2021; Sanz et al., 1999; Vale et al., 2015).

El análisis de regresión OLS revela que **la proximidad a estaciones de transporte público es el segundo factor más significativo** en los municipios estudiados, solo superado por la proporción de población de entre 20 y 49 años en la proximidad de las estaciones, pero con un mayor impacto que otros elementos del entorno urbano, como la cercanía a puntos de interés (POIs) o la infraestructura ciclista. Los resultados muestran **un coeficiente de 3017,15 y un estadístico t de 5,07 (p-value = 0,000002*)**, lo que indica una alta significancia estadística.

El uso multimodal de la bicicleta pública es especialmente relevante en horas punta de días laborables (Duran-Rodas et al., 2019; Faghih-Imani et al., 2017; Martínez Rico, 2022). A pesar de ello, los resultados de esta tesis reflejan variaciones significativas tanto entre áreas metropolitanas como entre sus zonas centrales y municipios periféricos, como se explica a continuación.

- **Área Metropolitana de Barcelona**

Según el estudio de Faghih-Imani et al. (2017), en el sistema **Bicing** del centro de Barcelona, la densidad de estaciones y la proximidad a POIs son los factores más influyentes. En este estudio, la variable de POIs de transporte resulta en un t-estadístico de 2,336, lo que indica una **relación estadísticamente significativa, aunque con menor impacto que otras variables** (Faghih-Imani et al., 2017).

En contraste, en los municipios del sistema **AMBici** analizados en esta tesis doctoral, la cercanía al transporte público presenta **resultados significativamente más altos, con un t-estadístico de 3,96 (p-value = 0,000000*)**, como se puede observar en el **Anexo 4**. Esto confirma que **la integración con el transporte público es más relevante en los municipios periféricos de Barcelona que en la ciudad central**.

En el caso del sistema **AMBici**, el **40% de los usos se concentran en estaciones ubicadas junto a nodos de transporte público en horas punta de días laborables**. Según Rossend Bosch, responsable de proyectos de este sistema, la ubicación estratégica de las estaciones de bicicleta pública cerca de estaciones de tren especialmente ha sido clave para potenciar la conectividad y fomentar la multimodalidad. Así, las estaciones junto a nodos clave como **FGC Cornellà-Riera** registran los mayores volúmenes de uso.

Sin embargo, algunas estaciones ubicadas junto a paradas de transporte público, como **METRO Céntric** en **El Prat de Llobregat** y **FGC Molí Nou-Ciutat Cooperativa** en **Sant Boi de Llobregat**, presentan una cantidad notablemente menor de viajes, tanto de origen como de destino, durante las horas pico. Esto indica que los viajes multimodales en estos casos tienden a concentrarse principalmente en estaciones de tren específicas.

En la entrevista con Rossend Bosch se destacó a su vez la importancia de futuras iniciativas como la **integración con la tarjeta de transporte público e incentivos para usuarios** que combinen bicicleta y transporte público, como descuentos o abonos compartidos.

- **Área Metropolitana de Madrid**

El estudio de Arias Molinares (2023) del caso de **BiciMAD** en Madrid, indica que las variables más significativas en su uso son la densidad de estaciones, la infraestructura ciclista y los usos comerciales del suelo. Sin embargo, **la proximidad al transporte público no es un factor destacado** (Arias Molinares, 2023). En los municipios analizados, **solo el 22% de los usos en horas punta se registran junto a estaciones de transporte público**, un porcentaje mayor que en la zona central pero significativamente inferior al del sistema AMBici.

En el caso específico del sistema **BiBO** en Boadilla del Monte, su **menor nivel de uso** se debe, en parte, a la escasa integración con otros modos de transporte. Según Ignacio Barrueco, aunque algunas estaciones están cerca de paradas de metro ligero, **la dispersión urbana y la falta de conexión con BiciMAD han reducido su atractivo multimodal**.

En Rivas-Vaciamadrid, **las estaciones de BicinRivas ubicadas junto a las tres paradas de metro registran un mayor uso en horas punta**. Sin embargo, la demanda varía según la ubicación: **Metro Rivas Futura y Metro Rivas Urbanizaciones** presentan una mayor afluencia debido a su **proximidad a centros comerciales y grandes áreas residenciales**, respectivamente. En contraste, la estación junto a **Metro Rivas-Vaciamadrid**, situada en una zona menos poblada y con menor actividad comercial, muestra un menor volumen de uso.

Un patrón similar se observa en Getafe, en la estación de **GBici** junto a **Renfe El Casar**, ubicada en una **zona predominantemente residencial y con una demanda muy baja**. En cambio, estaciones como **Getafe Central o Renfe Las Margaritas-Universidad**, situadas cerca del casco urbano y la universidad, registran un uso significativamente mayor, impulsado por la **presencia de comercios y estudiantes**.

- **Área Metropolitana de Milán y el caso de Bérgamo**

El estudio de de Orsatti & Masiero (2019) señala que, en Milán, solo **el 12% de los viajes del sistema BikeMi en días laborables se originan en estaciones cercanas a nodos de transporte público**. Sin embargo, los datos de esta investigación muestran que **en municipios periféricos** como Monza y San Donato Milanese, así como en la ciudad de Bérgamo, este porcentaje es algo mayor, alcanzando un **14%**. Esto sugiere que la importancia del transporte público en la periferia de Milán es comparable a la del centro.

En **Bérgamo**, la relación entre la bicicleta y el transporte público es más evidente en la **estación de Piazzale Alpini, junto a la Estación Central de tren y paradas de tranvía**, concentrando aproximadamente el **12%** de los viajes en horas punta de días laborables. No obstante, a pesar de este nodo estratégico, el resto de las estaciones del sistema tienen una menor demanda.

En **Monza**, la **estación de bicicletas públicas junto a la Estación Central de tren**, que conecta el municipio con Milán y Lecco, es la cuarta más utilizada, concentrando el **12%** de los viajes en horas punta de días laborables. Este porcentaje, relativamente bajo, sugiere que la bicicleta pública sigue usándose principalmente para desplazamientos locales, con una integración limitada con el transporte público.

En **San Donato Milanese**, la **estación Metropolitana, ubicada junto a la estación de metro**, era la más utilizada antes del cierre del sistema, concentrando el **44%** de los viajes del municipio. Este dato es relevante, ya que **casi la mitad de los desplazamientos en bicicleta pública en el municipio eran parte de viajes multimodales**.

En general, mientras que en la ciudad central el uso de la **bicicleta pública se ve más influenciado por otros factores como la proximidad a puntos de interés, la infraestructura ciclista y la disponibilidad de estaciones**, en las periferias la integración con el transporte público es uno de los factores más determinantes para potenciar su uso.

E. Infraestructura ciclista y conectividad

Estudios previos han resaltado la importancia del diseño de la infraestructura ciclista en el uso de la bicicleta (Dill & McNeil, 2013; Duran-Rodas et al., 2019; Geipel et al., 2024; Pucher & Buehler, 2008). El análisis cuantitativo realizado en esta investigación confirma la afirmación *"If you build them, commuters will use them"* (Pucher & Buehler, 2012), pero introduce un matiz fundamental: **la simple existencia de infraestructura ciclista no basta, siendo imprescindible considerar la continuidad y conectividad de la red.**

Inicialmente, se incluyó en el modelo de regresión OLS una variable que medía la cantidad de metros lineales de infraestructura ciclista dentro del área de cobertura de cada estación. Sin embargo, esta variable no resultó significativa, lo que sugiere que la mera presencia de infraestructura, si está fragmentada, no garantiza un mayor uso de la bicicleta pública.

Para abordar esta limitación, se incorporaron **dos nuevas variables** que evalúan con mayor precisión el diseño de la infraestructura ciclista: **la accesibilidad de las estaciones a vías ciclistas y la conectividad de la red.** La primera mide si una estación se encuentra a menos de 100 metros de una infraestructura ciclista. Aunque su coeficiente ha resultado positivo, no es estadísticamente significativo. En contraste, la segunda variable, que cuantifica la **cantidad de infraestructura ciclista continua accesible desde cada estación, incluso fuera de su área de cobertura, sí resultó significativa.** Presenta un **t-estadístico de 3,05 (p-value = 0,002045*)**, lo que indica que **una mayor conectividad de la red ciclista está asociada a un mayor uso del sistema de bicicleta pública.**

Los estudios de caso reflejan esta relación de manera clara. En municipios como **Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Rivas-Vaciamadrid**, donde la **red ciclista es más densa y continua**, el uso de la bicicleta pública es significativamente mayor, registrando entre **1,16 y 1,87 viajes anuales por habitante.** En contraste, en **Monza**, donde la infraestructura ciclista **carece de continuidad**, el uso del sistema es considerablemente menor, con solo **0,18 viajes anuales por habitante.**

Las entrevistas realizadas complementan estos hallazgos con información cualitativa. Rossend Bosch, de **AMBici**, destacó que la infraestructura ciclista en el Área Metropolitana de Barcelona está diseñada para **conectar estaciones de bicicleta pública con nodos clave del transporte público y centros urbanos.**

No obstante, existen **barreras físicas** que dificultan su continuidad, como por ejemplo el río Llobregat y ciertas infraestructuras viales en El Prat de Llobregat. Bosch también señaló que algunos carriles bici carecen de un diseño adecuado, lo que desincentiva su uso.

En Rivas-Vaciamadrid, José Jiménez enfatizó que **la presencia de carriles bici segregados y bien señalizados ha favorecido el uso del sistema BicinRivas**. En contraste, en zonas sin esta infraestructura, los usuarios perciben un mayor riesgo y muestran menor disposición a utilizar la bicicleta pública. De esta forma, la **percepción de seguridad y comodidad** se confirma como un factor clave en la elección de este modo de transporte, en línea con estudios previos (Lois et al., 2015; Pucher & Buehler, 2008).

Los resultados de esta investigación subrayan que **la calidad de la infraestructura ciclista es tan relevante como su cantidad, destacando la necesidad de un enfoque integral en su diseño e implementación**. Para futuras investigaciones, se recomienda incluir variables que evalúen la **calidad de la infraestructura y la percepción de seguridad**. Asimismo, la integración con nodos clave del transporte público y la expansión de redes ciclistas entre municipios periféricos, como ocurre en el Área Metropolitana de Barcelona, que registra altos niveles de uso junto con Rivas-Vaciamadrid y Bérgamo, refuerza la idea de que una planificación adecuada puede incrementar significativamente el uso de la bicicleta pública.

Es importante matizar, no obstante, que las conclusiones sobre la percepción de seguridad y comodidad de la infraestructura ciclista se basan en entrevistas con responsables de los sistemas de bicicleta pública, y no directamente con los usuarios. Aunque estos gestores tienen un conocimiento profundo del funcionamiento del sistema y sus limitaciones, su perspectiva puede no reflejar con exactitud la experiencia subjetiva de quienes utilizan la bicicleta. Este sesgo potencial debe ser tenido en cuenta al interpretar los resultados. Para futuras investigaciones, sería recomendable incorporar entrevistas o encuestas dirigidas a usuarios, con el fin de contrastar y enriquecer esta dimensión cualitativa del análisis.

F. Movilidad intermunicipal y expansión del sistema

Otro de los factores determinantes analizados en esta tesis es **la movilidad intermunicipal a través de un sistema de bicicleta pública integrado**. Esta es una de las **aportaciones de la investigación**, dado que la interconexión entre municipios y su impacto en el uso de la bicicleta pública apenas han sido explorados en la literatura existente.

Un referente destacado en este ámbito es el **sistema Vélib' de París**, que opera tanto en el centro como en la periferia metropolitana, permitiendo desplazamientos más allá de los límites municipales y favoreciendo la conectividad regional. Este modelo refleja la **visión a largo plazo del sistema AMBici** en el Área Metropolitana de Barcelona, **en coordinación con Bicing** en la ciudad central, como destacó Rossend Bosch en la entrevista para esta investigación.

De los nueve casos de estudio analizados, solo los tres correspondientes al sistema AMBici, permiten tanto viajes intramunicipales como intermunicipales. Según Bosch, la capacidad del sistema para **conectar municipios físicamente cercanos, pero administrativamente independientes**, ha sido clave para su éxito. Esta conectividad no solo facilita los desplazamientos laborales, sino que también promueve el uso recreativo de la bicicleta.

En su primera fase, AMBici se ha implementado en 15 municipios y tiene previstos planes de expansión. A pesar de ser el sistema más reciente entre los casos analizados, ha alcanzado rápidamente **altos niveles de uso**, registrando 252.181 viajes anuales en Cornellà de Llobregat, 98.486 en El Prat y 90.571 en Sant Boi. Estas cifras superan entre 10 y 20 veces los registros de los sistemas de Boadilla del Monte, Getafe, Monza o San Donato Milanese.

Un factor determinante en este éxito es la **elevada proporción de desplazamientos intermunicipales, facilitados por una infraestructura ciclista conectada**. En municipios como **Cornellà de Llobregat y Sant Boi de Llobregat**, con una red ciclista relativamente bien conectada, el uso intermunicipal alcanza el **49% y el 41%**, respectivamente. En contraste, en **El Prat de Llobregat**, donde existen **barreras físicas** que limitan la conectividad, como el río Llobregat o la C-31, la proporción es significativamente menor, suponiendo un **13%** del total de los viajes anuales.

Además, la literatura destaca otros factores que influyen en el éxito de los sistemas de bicicleta pública, como **la interoperabilidad con otros modos de transporte y la integración tarifaria** (Dill & McNeil, 2013; Gea21, 2016). Bosch enfatizó que **la posibilidad de combinar la bicicleta con otros modos de transporte en distintos municipios amplía el alcance del sistema y lo posiciona como una alternativa viable al automóvil para trayectos más largos**. Esta integración no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de carbono y a la descongestión del tráfico en áreas metropolitanas.

Por el contrario, la **falta de integración administrativa y tecnológica en otros municipios periféricos**, como los de las áreas metropolitanas de Madrid y Milán, limita la adopción de la bicicleta pública como parte de una solución multimodal. Tanto José Jiménez (Rivas-Vaciamadrid) como Ignacio Barrueco (Boadilla del Monte) señalaron que **la ausencia de interoperabilidad técnica y tarifaria entre sistemas vecinos representa una barrera significativa para los desplazamientos intermunicipales**.

Estos resultados tienen implicaciones clave para la expansión de los sistemas de bicicleta pública en otras áreas metropolitanas. Como se ha señalado, la implementación de sistemas comunes a varios municipios no solo puede incrementar el número de usuarios, sino también fomentar la multimodalidad y fortalecer la cohesión territorial. Además, la planificación estratégica de estaciones en nodos clave y la mejora de la infraestructura ciclista intermunicipal deben ser pilares fundamentales en el diseño de nuevos sistemas.

En conclusión, **los casos de Vélib' en París y de AMBici en Barcelona, demuestran que la integración intermunicipal en los sistemas de bicicleta pública no solo es viable, sino que genera beneficios significativos**. A medida que más municipios reconozcan estas ventajas, este modelo podría convertirse en un estándar para abordar los retos de movilidad en grandes áreas metropolitanas.

En la **Tabla 14** se resumen los temas y subtemas tratados en la discusión de resultados.

Factores analizados	Resultados (verde = hipótesis confirmada; rojo = hipótesis refutada; gris = resultados inconclusos)	Relación con la literatura
Accesibilidad y cobertura del servicio	Existe una correlación significativa ($r = 0,78$) entre la proximidad y accesibilidad a las estaciones y su uso.	Estudios previos destacan la relación entre la proximidad y accesibilidad a estaciones de bicicleta pública y su nivel de uso (Faghih-Imani et al., 2014; Kabra et al., 2018).
	Municipios periféricos como El Prat con un 82,2% y Rivas-Vaciamadrid con un 50,3%, superan incluso al centro de Madrid (40,6%) y Milán (48,1%).	En las periferias, la infraestructura de transporte y la accesibilidad a los servicios es más limitada (Bruno et al., 2024; Francke, 2022).
Actividad y oportunidades del entorno próximo	El análisis de regresión OLS ($R^2 = 0,673$) confirma que la proximidad a POIs es la tercera variable más significativa en el uso del sistema ($t = 3,93$), por detrás de la proporción de población de 20-49 años ($t = 12,89$) y la proximidad al transporte público ($t = 5,07$).	El uso de la bicicleta está estrechamente relacionado con la interacción y el refuerzo mutuo de diversas variables, destacando la densidad y la mezcla de usos del suelo (Duran-Rodas et al., 2019; Ewing & Cervero, 2010; Geipel et al., 2024; Moreno et al., 2021; Nello-Deakin & Harms, 2019).
Patrones sociodemográficos	La población de 20 a 49 años es el factor más significativo que influye en el uso. Al centrarse en este grupo de edad, el R^2 del modelo mejora de 0,655 a 0,673.	Una alta densidad de población favorece el uso de la bicicleta pública, al reducir las distancias de viaje (Dill & McNeil, 2013; Geipel et al., 2024; Maas et al., 2021), siendo la población de entre 20 y 49 años el grupo más propenso a utilizar la bicicleta pública (Romanillos, 2018; Ye et al., 2020).

	Limitación: no se dispone de datos suficientemente desagregados del índice de motorización.	El nivel de ingresos y la motorización del hogar afectan a la elección modal, pero no siempre son significativos en el uso de la bicicleta (S. L. Handy et al., 2010).
Conexión con el transporte público y multimodalidad	Mientras en ciudades centrales influyen más otras variables, en la periferia la integración con el transporte público es determinante. En el sistema AMBici, el 40% de los usos en horas punta ocurren junto a nodos de transporte, mientras que en las áreas metropolitanas de Madrid y Milán este porcentaje es menor, del 22% y el 14% respectivamente.	Comparando los resultados con los de los estudios de Faghih-Imani et al. (2017), Arias Molinares (2023) y Orsatti & Masiero (2019), este análisis demuestra que, mientras en las ciudades centrales influyen más otros factores, en la periferia la integración con el transporte público es un factor determinante en el uso de la bicicleta pública.
Infraestructura ciclista y conectividad	Se demuestra que la infraestructura ciclista por sí sola no es suficiente, siendo imprescindible la continuidad y la conectividad de la red, y teniendo un impacto significativo en el uso ($t = 3,05$; $p = 0,002045^*$).	El diseño de la red ciclista es determinante en el uso de la bicicleta (Dill & McNeil, 2013; Duran-Rodas et al., 2019; Geipel et al., 2024; Pucher & Buehler, 2008).
Movilidad intermunicipal y expansión del sistema	Casos como Vélib' y AMBici evidencian los beneficios de la integración intermunicipal. En Cornellà y Sant Boi, el uso intermunicipal alcanza el 49% y el 41% respectivamente, mientras que, en El Prat, donde existen barreras físicas, es del 13%.	Otros factores que influyen en el éxito de los sistemas de bicicleta pública son la interoperabilidad con otros modos de transporte y la integración tarifaria (Dill & McNeil, 2013; Gea21, 2016).

Tabla 14. Resumen de la discusión de resultados.

Fuente: Elaboración propia.

G. Costes, beneficios y justificación social de los sistemas de bicicleta pública.

A pesar del valor social y medioambiental que representan los sistemas de bicicleta pública, no puede obviarse la magnitud de los costes que implican. La implementación y mantenimiento de estos sistemas requiere inversiones significativas (Anaya-Boig et al., 2021; Moro et al., 2018), especialmente si se busca garantizar una cobertura territorial adecuada y una fiabilidad del servicio que genere confianza entre los usuarios (Tangel, 2014). Este aspecto es aún más crítico en municipios periféricos, donde la menor densidad de población puede dificultar su viabilidad económica (Martinez, 2021).

Como afirmó Ignacio Barrueco, coordinador técnico del sistema BiBO en Boadilla del Monte, *"cualquier sistema de bicicletas públicas que se haya implantado como negocio probablemente acabe quebrando"*. Esta afirmación sintetiza una realidad ampliamente respaldada por la literatura y por otros responsables entrevistados: estos sistemas no son rentables en términos estrictamente comerciales, pero su valor no debe medirse únicamente desde esa óptica.

Sus beneficios en términos de sostenibilidad social y ambiental son numerosos y significativos, al contribuir a la reducción de emisiones de CO₂ (Kabra et al., 2018; Verlinghieri et al., 2021), a la mejora de la calidad del aire y a la disminución de la congestión (Francke, 2022; i Palenzuela, 2021). Además, tienen un fuerte potencial como solución de primera y última milla, integrándose con otros modos de transporte público (Ma et al., 2015; Romanillos, 2018), lo cual fue destacado por los responsables de AMBici, Bicinrivas y GBici como un objetivo estratégico. Además, en términos de eficiencia, los sistemas de bicicleta pública resultan más asequibles que otros modos de transporte público como el autobús o el tranvía (CROW, 2011), especialmente cuando se diseñan con criterios de adaptación progresiva, como el caso de AMBici, que ajusta el número de anclajes según la demanda y el presupuesto.

Por ello, aunque suponen una inversión considerable, la implementación y financiación pública de estos sistemas se justifica al comprenderse como infraestructuras sociales, no como negocios con fines lucrativos. Su pertinencia se refuerza aún más cuando se integran en el marco de políticas públicas de movilidad sostenible, como ocurre en el Área Metropolitana de Barcelona.

6.2. Contribuciones novedosas de la investigación

Un aspecto diferenciador de esta investigación es el **enfoque en municipios periféricos, un ámbito apenas explorado en la literatura sobre sistemas de bicicleta pública**. Mientras que la mayoría de los estudios han puesto el foco en los centros de las ciudades, esta tesis aborda las dinámicas de uso en áreas por lo general más fragmentadas, lo que **amplía el conocimiento sobre las condiciones necesarias para fomentar la movilidad ciclista en grandes áreas metropolitanas**.

En estos contextos, se observa que la planificación adecuada de estaciones cercanas a actividades clave, como estaciones de transporte público, colegios y centros comerciales, potencia significativamente el uso de la bicicleta pública, lo que **amplía los resultados previos al demostrar su validez también en municipios periféricos**. Esto permite a su vez identificar **retos específicos** que limitan el potencial de la bicicleta pública en estas zonas, como la fragmentación territorial, la baja densidad urbana en algunas áreas y la menor conectividad intermunicipal en comparación con la ciudad central.

Una de las contribuciones más significativas de este estudio es la **mayor relevancia del papel de la bicicleta pública como parte del sistema de transporte multimodal en las periferias metropolitanas**. Además, otra aportación es la cuantificación del **impacto de la intermodalidad en el uso**, así como la importancia de una red ciclista conectada y un sistema de bicicleta pública integrado entre municipios, como en el caso de AMBici.

La investigación también introduce una perspectiva novedosa al explorar la relación entre características **socioeconómicas y culturales** y el uso de la bicicleta pública. Aunque la renta por hogar no ha mostrado ser un factor decisivo en todos los contextos, las entrevistas realizadas destacan la relevancia de elementos como **el nivel educativo, la percepción de la bicicleta como modo de transporte sostenible y su aceptación cultural**. Esto permite comprender cómo en áreas periféricas, donde la cultura ciclista es más débil y la dependencia del automóvil es mayor, estos factores pueden actuar como **barreras o facilitadores** en la transición hacia una movilidad activa. Además, se indica que los municipios con mayores esfuerzos en campañas educativas y promoción de la bicicleta, como los de Barcelona, logran mejorar su percepción social, consolidándolo como una alternativa real al automóvil.

Otro aspecto clave de esta investigación es el análisis de la relación entre la **infraestructura ciclista y los patrones de uso**, que pone de relieve la **necesidad de priorizar la calidad, continuidad y conectividad de las redes ciclistas**. Por ejemplo, en áreas como Cornellà de Llobregat, la existencia de carriles bici bien conectados con estaciones de tren y puntos de interés refuerza el uso multimodal y promueve trayectos intermunicipales.

Finalmente, esta investigación subraya la importancia del contexto para diseñar políticas efectivas que promuevan el uso de la bicicleta pública. Esto incluye no solo mejoras en la infraestructura y la integración multimodal, sino también la **necesidad de mejorar la integración administrativa y tecnológica entre los sistemas de distintos municipios dentro de la misma área metropolitana**.

6.3. Limitaciones de la tesis

De cara a estimar el verdadero alcance de los resultados obtenidos, resulta conveniente recordar el contexto y las limitaciones del trabajo realizado. Además de algunas limitaciones del modelo de análisis propuesto ya discutidas en el capítulo 4 de metodología (sección 4.6.), y que se ha valorado que no afectan significativamente a los hallazgos principales de esta investigación, se han detectado varias limitaciones inherentes a la metodología adoptada, que se detallan a continuación:

- **Restricciones en la disponibilidad de datos**

Una de las principales limitaciones radica en la falta de disponibilidad de datos demográficos y socioeconómicos homogéneos y suficientemente desagregados en los municipios analizados. Por ejemplo, no se ha contado con información sobre **variables demográficas, como la edad y el género** de los usuarios, lo que ha impedido examinar diferencias importantes en los patrones de uso de la bicicleta pública entre diferentes grupos de población. Además, la ausencia de **datos socioeconómicos, como el índice de motorización o el nivel de estudios**, ha limitado la capacidad de explorar la influencia de estos factores en el estilo de vida y hábitos de movilidad.

Asimismo, la ausencia de **datos dinámicos sobre las rutas** ha restringido el análisis de aspectos como la **duración, velocidad, tipos de infraestructura utilizada y motivo de viaje**. Esto ha limitado la capacidad de comprender los flujos de movilidad y

cómo los usuarios eligen entre diferentes opciones de infraestructura ciclista. Por ejemplo, no se ha podido determinar las características específicas de las rutas (como carriles segregados o calles compartidas) que puedan favorecer un mayor uso del sistema, ni cómo se relacionan estos factores con la **percepción de seguridad y comodidad**. Además, no se disponía de información sobre la **calidad del diseño de la infraestructura ciclista**, como la amplitud de los carriles bici o su estado.

Aunque estas limitaciones no comprometen la validez de los resultados de esta investigación, sí resaltan la necesidad de ser abordadas en futuras investigaciones. Esto no solo enriquecerá la comprensión de los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública, sino que también proporcionará una base más sólida para la formulación de políticas y estrategias de movilidad adaptadas a las particularidades de los contextos metropolitanos.

- **Análisis de interacciones entre variables**

El modelo de regresión OLS empleado en esta tesis ha sido útil para identificar factores clave de manera individual, pero **no ha permitido captar las interacciones complejas entre variables que pueden influir de manera conjunta en el uso de la bicicleta pública**. Por ejemplo, la proximidad a estaciones de transporte público podría tener un efecto distinto según el nivel de ingresos de la población o la calidad de la infraestructura ciclista. Incorporar este tipo de análisis en futuras investigaciones podría proporcionar una visión más completa de cómo estos elementos se combinan para influir en las decisiones de los usuarios.

- **Factores subjetivos y cualitativos**

Las entrevistas cualitativas realizadas con los distintos responsables de los sistemas de bicicleta pública han aportado una valiosa perspectiva sobre su gestión y funcionamiento, pero **el análisis podría enriquecerse considerablemente con entrevistas a usuarios**. Este enfoque permitiría profundizar en aspectos clave, como la **percepción de la calidad de las infraestructuras, el nivel de satisfacción con el servicio y las experiencias personales relacionadas con su uso** (Liu et al., 2021).

Por ejemplo, a través de estas entrevistas se podría explorar cómo los usuarios perciben la seguridad en diferentes franjas

horarias, cómo valoran la accesibilidad y comodidad de las estaciones, y qué mejoras considerarían prioritarias. Estas percepciones no solo reflejarían la experiencia directa de los usuarios, sino que también ofrecerían pistas sobre las áreas que necesitan atención para mejorar el sistema.

Además, **entrevistar a usuarios potenciales o incluso a no usuarios** ampliaría aún más la comprensión de los factores que influyen en la adopción de ciertas soluciones. Esto permitiría identificar barreras como la falta de información sobre el servicio, percepciones negativas sobre la bicicleta como medio de transporte o la ausencia de infraestructuras ciclistas adecuadas.

- **Alcance geográfico**

Aunque el enfoque en municipios periféricos constituye una de las principales fortalezas de esta investigación, también supone una limitación en términos de alcance geográfico. La **ausencia de un análisis comparativo con sistemas de bicicleta pública en áreas centrales**, tanto en el modelo de regresión como en las entrevistas, restringe la posibilidad de evaluar de manera integral las dinámicas de movilidad en áreas metropolitanas. Incluir áreas más céntricas en futuros estudios permitiría **comprender con mayor precisión las diferencias y similitudes en los patrones de uso de la bicicleta pública**.

Asimismo, **expandir el alcance a otras áreas metropolitanas, tanto de mayor como de menor tamaño, o incluir casos fuera de Europa**, enriquecería el análisis. Además, lo haría más aplicable y relevante para distintos contextos urbanos, facilitando la transferencia del conocimiento a otros entornos con otras características.

7. CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones en base a los objetivos de la investigación

Toda investigación nace de una pregunta inicial, una inquietud que impulsa y justifica su desarrollo. En este caso, el punto de partida de la presente tesis fue la siguiente cuestión: **¿Qué factores determinan la elección de la bicicleta como modo de transporte en distintos contextos?**

Desde mediados del siglo XX, la llegada del vehículo motorizado ha impulsado la **dispersión urbana**, y se ha destinado gran parte del espacio público a los automóviles. Frente a estos retos, los modos de transporte activos, como caminar y el uso de la bicicleta, en combinación con el transporte público, emergen como **alternativas al uso del automóvil**. Es por ello por lo que muchas ciudades están experimentando una transformación urbana, apostando por modelos como la **ciudad de proximidad**, u otros conceptos más recientes como la ciudad de los 15 minutos.

En contextos donde las distancias superan lo razonable para recorridos a pie, la bicicleta se presenta como una opción competitiva frente al automóvil. Además, su **integración con el transporte público** facilita los desplazamientos de primera y última milla, en los que los sistemas de bicicleta pública juegan un papel determinante.

El objetivo principal de esta investigación es **analizar el papel de la bicicleta pública en las grandes áreas metropolitanas, con especial atención a los municipios periféricos**. A pesar de concentrar una parte significativa de los desplazamientos diarios, estos municipios han recibido **escasa atención en la literatura** y apenas han sido considerados en las políticas urbanas.

Para ello, se han analizado casos de estudio en las áreas metropolitanas de **Barcelona, Madrid y Milán**, así como el caso particular de **Bérgamo**. Esto ha permitido obtener una visión integral del uso de la bicicleta pública en estos entornos con el fin de facilitar la extrapolación de conclusiones a otros contextos metropolitanos.

Retomando la pregunta inicial sobre los **factores determinantes en la elección de la bicicleta como modo de transporte en distintos contextos**, de la cual se derivaron los principales temas y cuestiones abordados en esta tesis, se concluye que el **entorno urbano** es un factor determinante en el uso de la bicicleta pública. Si bien aspectos socioeconómicos, sociodemográficos, temporales, culturales, políticos y

subjetivos también influyen, como han señalado estudios previos, muchos de estos factores están implícitos en el contexto urbano. En este sentido, el entorno en el que se desarrolla la movilidad ciclista tiene un gran peso en su elección como modo de transporte.

Además de los resultados obtenidos en relación con los distintos objetivos de la investigación, es importante subrayar que la **metodología** desarrollada en esta tesis constituye, por sí misma, una contribución significativa. El uso de **enfoques cuantitativos, cualitativos y espaciales** ha permitido abordar el estudio de los sistemas de bicicleta pública en las periferias metropolitanas desde una perspectiva integral. Este diseño metodológico ha sido concebido desde el inicio como un modelo replicable, basado en estudios previos, y ha facilitado la comparación entre diversos contextos metropolitanos.

A continuación, se presentan las conclusiones de esta investigación, organizadas en torno a los objetivos definidos en el capítulo 1.4.

01. Comprender el impacto de la escala urbana en la cultura de movilidad ciclista

La movilidad ciclista y los sistemas de bicicleta pública han sido ampliamente estudiados en centros urbanos y ciudades de menor escala. Sin embargo, en grandes áreas metropolitanas como París, Barcelona, Berlín, Milán o Madrid, la movilidad presenta una complejidad adicional, ya que estas abarcan mucho más que sus núcleos históricos, extendiéndose hacia la periferia.

Los datos obtenidos en las encuestas de movilidad de las áreas metropolitanas analizadas reflejan que una parte significativa de los desplazamientos tiene como origen o destino municipios de la corona metropolitana. Estos municipios, muchos de los cuales superan los 50.000 habitantes, albergan una población considerable que influye directamente en los tiempos y distancias de viaje. De hecho, algunos de estos municipios cuentan con una población comparable o superior a ciudades ciclistas de referencia como Utrecht en Europa o Vitoria-Gasteiz en España.

Mientras que las áreas metropolitanas más pequeñas pueden ajustarse al concepto de la ciudad de los 15 minutos, las grandes metrópolis enfrentan desafíos adicionales debido a su mayor extensión y tiempos de viaje. Es por ello por lo que comprender las dinámicas de transporte en las periferias metropolitanas es

fundamental para ampliar el conocimiento sobre el tema y diseñar mejores estrategias de movilidad.

En este contexto, la bicicleta pública emerge como una opción de transporte competitiva para distancias cortas y medias, pudiendo desempeñar un papel clave dentro de un sistema de transporte multimodal en las grandes áreas metropolitanas. No obstante, su éxito depende de la integración con otros modos de transporte y de la planificación urbana.

Inicialmente, esta investigación se centró en el área metropolitana de Madrid. Sin embargo, con el objetivo de garantizar la transferibilidad de los resultados, el análisis se amplió a municipios de otras grandes áreas metropolitanas, como Barcelona y Milán. De cara a futuras investigaciones, sería pertinente extender este análisis a otras áreas metropolitanas con diferentes características, incluso fuera del contexto europeo.

Aportación: El tamaño, la población y las características sociodemográficas y económicas de un área metropolitana influyen directamente en sus patrones de movilidad. Esta tesis contribuye a la comprensión del papel de la bicicleta pública en la movilidad metropolitana, con especial énfasis en las periferias de grandes áreas metropolitanas, donde la dependencia del vehículo privado sigue siendo un desafío.

O2. Evaluar la proximidad y accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública en distintos contextos metropolitanos

Uno de los resultados principales de esta tesis doctoral es la correlación entre la cobertura de estaciones de bicicleta pública y su nivel de uso, con un coeficiente de $r = 0,78$. Se ha comprobado que un mayor porcentaje de población con acceso a una estación a menos de 400 metros se asocia significativamente con un incremento en los viajes en bicicleta pública.

Esta correlación sugiere que la expansión estratégica de la red de estaciones es fundamental para maximizar su uso, especialmente en zonas densamente pobladas. La reducción de la distancia entre estaciones ha demostrado ser una estrategia efectiva para incentivar el uso de la bicicleta pública, reforzando la importancia de una planificación basada en patrones de movilidad y necesidades locales.

Además, este análisis contribuye al conocimiento sobre el tema al comparar la accesibilidad entre el centro de la ciudad y municipios periféricos, evidenciando que la cobertura en algunas

áreas periféricas puede igualar o incluso superar la de los centros urbanos. Por ejemplo, en Barcelona, el 90,6% de la población del centro vive a menos de 400 metros de una estación de Bicing, mientras que municipios como El Prat de Llobregat alcanzan un 82,2%, superando la accesibilidad del centro de Madrid (40,6%) y Milán (48,1%). De manera similar, Rivas-Vaciamadrid presenta una cobertura del 50,3%, situándose por encima del centro de Madrid. Estos datos refutan la hipótesis de que la accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública es inherentemente mayor en la ciudad central.

El análisis cualitativo también ha permitido identificar desafíos específicos en la planificación de estos sistemas. En el caso de municipios con menor densidad, como Boadilla del Monte, la dispersión urbana representa una barrera estructural para la accesibilidad y el uso generalizado del sistema BiBO. En contraste, el sistema AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona ha incorporado estrategias como estaciones con opciones de aparcamiento fuera de los anclajes oficiales, lo que incrementa la flexibilidad operativa y mejora la experiencia del usuario. Estas estrategias pueden ser clave para optimizar la eficacia de los sistemas de bicicleta pública en contextos metropolitanos con distintas necesidades.

Por último, esta investigación destaca la necesidad de una mayor disponibilidad de datos abiertos sobre el uso de los sistemas de bicicleta pública en municipios periféricos. Aunque el análisis realizado ha mostrado un bajo porcentaje de error en la recopilación de datos (entre el 0,05% y el 3,42% en la mayoría de los casos), la publicación de estos datos por parte de los ayuntamientos facilitaría estudios futuros.

Aportación: Esta tesis proporciona herramientas clave para mejorar la planificación y distribución de estaciones de bicicleta pública. Al demostrar la relación entre proximidad y accesibilidad a las estaciones con el nivel de uso, ofrece una base sólida para predecir el impacto de nuevas estaciones.

O3. Identificar los factores determinantes en el uso de la bicicleta pública en municipios periféricos

Como se ha identificado en la revisión de la literatura, en el apartado 2.2 de esta tesis, la movilidad ciclista está influenciada por una amplia variedad de factores, que incluyen las características del entorno urbano (densidad, diversidad y diseño), factores socioeconómicos, temporales, culturales, políticos y subjetivos. Tradicionalmente, los estudios de

movilidad han asumido que las personas eligen los trayectos más rápidos y cortos. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que esta premisa no siempre se cumple. En áreas metropolitanas con baja cultura ciclista, como Madrid, los usuarios tienden a optar por otros modos de transporte a pesar de la competitividad de la bicicleta en distancias cortas y medias.

Esta investigación se centra en analizar las características del entorno urbano que influyen en el uso de las estaciones de bicicleta pública en grandes áreas metropolitanas.

Los resultados de la tesis coinciden con la literatura previa y confirman la relevancia de factores como la cobertura del sistema de bicicleta pública, la proximidad a nodos de transporte, la ubicación en zonas con alta densidad y actividad, y la accesibilidad a infraestructura ciclista continua. El análisis de regresión OLS realizado en los nueve municipios estudiados ($R^2 = 0,673$) ha demostrado que estos factores también son altamente significativos en municipios periféricos de grandes áreas metropolitanas, con algunos matices.

A continuación, se presentan los factores determinantes del uso de la bicicleta pública en orden de importancia según el análisis de regresión OLS.

- **Población y factores sociodemográficos**

El análisis confirma que la densidad de población de entre 20 y 49 años es el factor más significativo en el uso de la bicicleta pública ($t = 12,89$, $p\text{-value} = 0,000000*$). Este grupo etario, posiblemente debido a su mejor condición física y su participación en desplazamientos laborales, educativos y recreativos, es el más propenso a utilizar este modo de transporte. Esto es especialmente relevante en municipios como Rivas-Vaciamadrid y Getafe, donde las estaciones ubicadas en zonas con una alta concentración de jóvenes presentan un mayor uso del sistema de bicicletas públicas.

- **Conexión con el transporte público y multimodalidad**

La proximidad a estaciones de transporte público es el segundo factor más significativo en los municipios estudiados ($t = 5,07$, $p\text{-value} = 0,000002*$). La multimodalidad, especialmente en horas punta de días laborables, refuerza el uso de la bicicleta pública. En municipios periféricos de Barcelona, el 40% de los desplazamientos en bicicleta se realizan desde estaciones ubicadas junto a nodos de transporte. En los casos de Madrid y

en los casos italianos, este porcentaje es menor, aunque sigue siendo un factor significativo en su uso.

- **Actividad y oportunidades del entorno próximo**

En esta investigación, la proximidad a puntos de interés (POIs) se ha identificado como la tercera variable más influyente en el uso de la bicicleta pública ($t = 3,93$, $p\text{-value} = 0,000133^*$), después de la proporción de población de 20 a 49 años y el acceso al transporte público. Además, las entrevistas cualitativas confirmaron que la presencia de zonas de actividad fue el único factor mencionado en todas las entrevistas realizadas, resaltando su importancia en el uso de la bicicleta pública.

- **Infraestructura ciclista y conectividad**

El diseño y la continuidad de la infraestructura ciclista son clave en el uso de la bicicleta pública. El análisis cuantitativo confirma que la simple presencia de carriles bici no garantiza un mayor uso, sino que la conectividad de la red es determinante ($t = 3,05$, $p\text{-value} = 0,002045^*$). Municipios como Rivas-Vaciamadrid y Cornellà de Llobregat, con una red ciclista densa y continua, presentan tasas de uso de entre 1,16 y 1,87 viajes anuales por habitante, mientras que en Monza, donde la infraestructura es fragmentada, esta cifra se reduce a 0,18 viajes.

Las entrevistas también confirman que la percepción de seguridad y comodidad de la infraestructura ciclista influye en la disposición a utilizar la bicicleta pública, subrayando la necesidad de diseñar redes ciclistas bien conectadas y seguras para fomentar su uso.

Aportación: Esta tesis demuestra que la densidad de población de 20 a 49 años, la proximidad a estaciones de transporte público, la cercanía a puntos de interés y la conectividad de la infraestructura ciclista son factores clave en el uso de la bicicleta pública. Los resultados aportan conocimiento valioso para optimizar la ubicación de las estaciones, con un enfoque particular en municipios periféricos de grandes áreas metropolitana.

O4. Evaluar el papel de la bicicleta pública en el transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas

El análisis confirma que la bicicleta pública juega un papel fundamental dentro del transporte multimodal en grandes áreas metropolitanas como Madrid, Barcelona y Milán. Su integración

con el transporte público es un factor determinante para su uso, especialmente en zonas periféricas.

El análisis de regresión OLS revela que la proximidad a estaciones de transporte público es el segundo factor más influyente en los municipios estudiados, solo superado por la concentración de población de entre 20 y 49 años, superando en impacto a la cercanía a puntos de interés o a la infraestructura ciclista. Esto subraya la necesidad de mejorar la integración multimodal en estas zonas para optimizar el uso del sistema.

Los datos muestran que una parte significativa de los desplazamientos en bicicleta pública durante las horas punta de días laborables comienza o finaliza en estaciones de transporte público. En Barcelona, el **40 %** de los desplazamientos en bicicleta pública en estas franjas horarias se concentran en estaciones ubicadas junto a nodos de transporte, mientras que en Madrid la cifra es del **22 %** y en Milán, del **14 %**. Estas diferencias reflejan que, mientras en Barcelona la conexión con el transporte público es un factor clave para el uso de la bicicleta pública, en Madrid y Milán su impacto es menor. Esto sugiere que el uso multimodal de la bicicleta pública varía según la configuración urbana, la oferta de transporte y otros factores del contexto urbano.

El análisis también revela contrastes en el uso de la bicicleta pública entre el centro de las ciudades y sus periferias metropolitanas. En la ciudad central, los principales factores determinantes son la proximidad a puntos de interés, la infraestructura ciclista y la disponibilidad de estaciones, lo que indica un mayor uso para desplazamientos intramunicipales. En cambio, en los municipios periféricos, la integración con el transporte público es uno de los elementos clave para potenciar su uso. Como consecuencia, la ubicación estratégica de las estaciones en torno a nodos de transporte ha demostrado ser fundamental para el éxito de estos sistemas en áreas metropolitanas, como el caso del sistema AMBici en Barcelona.

Estas diferencias ponen de manifiesto la necesidad de adaptar las estrategias de planificación a las particularidades del contexto urbano y los hábitos de movilidad.

Aportación: La principal contribución de este estudio es la identificación de diferencias significativas en la accesibilidad de la bicicleta pública al transporte público entre áreas metropolitanas y entre el centro y la periferia. Mientras que en las ciudades centrales su uso se ve más influenciado por la

proximidad a puntos de interés y la infraestructura ciclista, en las periferias la integración con el transporte público es clave para fomentar su uso, especialmente para los desplazamientos de primera y última milla. Estos resultados pueden orientar futuras estrategias de planificación, promoviendo la integración tarifaria, la mejora de la infraestructura ciclista y el diseño de incentivos que fomenten el uso combinado de la bicicleta y el transporte público en distintos contextos.

O5. Analizar el impacto de los viajes intermunicipales en la demanda del sistema de bicicleta pública

El estudio del sistema AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona ha puesto de manifiesto la importancia de los viajes intermunicipales en la demanda de los sistemas de bicicleta pública. Se ha observado que los municipios con una mayor conectividad ciclista y mejor integración urbana, como Cornellà de Llobregat y Sant Boi de Llobregat, registran una elevada proporción de desplazamientos entre municipios (**49%** y **41%**, respectivamente). En contraste, municipios con barreras geográficas, como El Prat de Llobregat, presentan tasas significativamente más bajas (**13%**).

Estos resultados evidencian que la posibilidad de realizar viajes intermunicipales está estrechamente ligada al uso total del sistema. En este sentido, la interconectividad de la infraestructura ciclista, junto con la integración tarifaria y la interoperabilidad con otros modos de transporte, se consolidan como factores clave para potenciar la demanda del servicio y mejorar su eficiencia en entornos metropolitanos.

El éxito del sistema de bicicleta pública Vélib' en París refuerza esta conclusión. La existencia de un sistema unificado que conecta el centro con la periferia ha sido determinante en su consolidación. Además, su integración con la red de transporte metropolitano ha facilitado su adopción como una alternativa viable al automóvil. De manera similar, AMBici en Barcelona se posiciona como un modelo innovador al conectar municipios metropolitanos administrativamente independientes, lo que ha impulsado significativamente su uso. No obstante, y como comentó Rossend Bosch en la entrevista, aún queda pendiente su integración con el sistema Bicing del centro de Barcelona.

Por otro lado, la falta de coordinación administrativa y tecnológica en otras áreas metropolitanas, como Madrid y Milán, supone un obstáculo importante para la expansión de la bicicleta pública. Esta fragmentación dificulta los desplazamientos

intermunicipales y limita el potencial de estos servicios como alternativa eficiente al transporte motorizado, reduciendo su impacto en términos de sostenibilidad y cohesión territorial.

Para garantizar el éxito de futuros sistemas de bicicleta pública en áreas metropolitanas, resulta fundamental adoptar una estrategia de planificación integrada. Esto implica no solo la mejora de la infraestructura ciclista intermunicipal, sino también la implementación de tarifas unificadas y una mayor coordinación entre administraciones locales y regionales. La experiencia de AMBici demuestra que la cooperación entre municipios y la inversión en infraestructura conectada pueden impulsar el crecimiento del servicio y aumentar su atractivo para los usuarios.

Aportación: Esta investigación demuestra que la integración intermunicipal en los sistemas de bicicleta pública no solo incrementa la demanda del servicio, sino que también favorece la multimodalidad y fortalece la conectividad territorial. Los casos de Vélib' en París y AMBici en Barcelona evidencian que este modelo es viable y genera beneficios significativos. A medida que más municipios reconozcan estas ventajas, este enfoque podría convertirse en un estándar para abordar los retos de movilidad en grandes áreas metropolitanas.

06. Establecer similitudes y diferencias en el uso de la bicicleta pública entre los municipios estudiados

El análisis comparativo del uso de la bicicleta pública en los municipios estudiados revela diferencias y similitudes influenciadas por diversos factores.

En términos generales, los municipios del Área Metropolitana de Barcelona presentan los niveles de uso más elevados, con Cornellà de Llobregat liderando en viajes por habitante (**1,87**). En contraste, municipios del Área Metropolitana de Madrid, como Boadilla del Monte y Getafe, y del Área Metropolitana de Milán, como Monza y San Donato Milanese, muestran niveles significativamente más bajos (**entre 0,06 y 0,27** viajes por habitante).

Como ya se ha explicado previamente, uno de los principales factores que condicionan el uso de la bicicleta pública es la proximidad a estaciones de transporte público. En el sistema AMBici del Área Metropolitana de Barcelona, el **40%** de los viajes en bicicleta pública se inician o finalizan en estaciones cercanas a paradas de tren, metro o tranvía durante las horas

punta. En Madrid y Milán, esta proporción es considerablemente menor, con un **22%** y un **14%**, respectivamente.

De esta manera, en el Área Metropolitana de Barcelona, la bicicleta pública se usa mayoritariamente entre semana, lo que sugiere que responde a necesidades laborales o educativas. En cambio, municipios como Rivas-Vaciamadrid, Getafe, Bérgamo, Monza y San Donato Milanese presentan un uso más equilibrado entre semana y fines de semana, lo que indica una mayor proporción de viajes recreativos o de ocio.

La accesibilidad a las estaciones de bicicleta pública es otro factor relevante. El Prat de Llobregat lidera entre los municipios periféricos con un **82,2%** de la población a menos de 400 metros de una estación, seguido por Rivas-Vaciamadrid (**50,3%**). En el otro extremo, San Donato Milanese, cuyo sistema cerró durante el periodo de estudio, contaba con una baja accesibilidad (**13,8%**), lo que refuerza además la relación entre la supervivencia de estos sistemas y el número de habitantes, estaciones y bicicletas disponibles (Anaya-Boig et al., 2021). Este caso es particularmente significativo, ya que es el único municipio analizado con menos de 50.000 habitantes.

Por otro lado, municipios con una red ciclista densa y bien conectada, como Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Rivas-Vaciamadrid, registran un mayor uso de la bicicleta pública, lo que sugiere que el diseño de la infraestructura influye en su uso.

El estudio también permite identificar elementos específicos en cada sistema. En el caso de AMBici, la alta densidad de transporte público y la conectividad intermunicipal mediante un sistema integrado, han contribuido a su éxito. En contraste, el sistema BiBO enfrenta retos derivados de la menor densidad poblacional en algunas zonas y de factores sociodemográficos. En cuanto a GBici, la falta de planes de expansión y de innovaciones tecnológicas se identifica como uno de los posibles factores que limita su uso.

Aportación: Los patrones de uso varían según el contexto. En Barcelona, predominan los desplazamientos laborales, mientras que en municipios como Rivas-Vaciamadrid o Monza el uso es mayormente recreativo. El cierre de San Donato Milanese evidencia que los sistemas en municipios pequeños y con baja accesibilidad a las estaciones tienen menos posibilidades de mantenerse en funcionamiento. Para asegurar su éxito, es fundamental adaptar el diseño a las necesidades locales,

promover la integración con otros modos de transporte y garantizar su expansión y mantenimiento a largo plazo.

07. Contribuir a la toma de decisiones sobre políticas e infraestructuras para la movilidad ciclista en áreas metropolitanas

El impulso creciente por fomentar el uso de la bicicleta como modo de transporte sostenible ha involucrado a instituciones, autoridades y el ámbito académico, con un notable despliegue de recursos humanos y económicos. Sin embargo, persiste una brecha entre la investigación académica y su aplicación práctica, lo que en ocasiones resulta en soluciones basadas en metodologías desactualizadas o en estudios que no responden a las necesidades reales de las ciudades. En este contexto, esta investigación podría servir como un puente entre la academia y la planificación urbana, proporcionando conocimientos, metodologías y herramientas útiles para la toma de decisiones en materia de movilidad ciclista.

Los resultados de esta investigación poseen un valor tanto teórico como práctico, con implicaciones que trascienden el ámbito académico. En primer lugar, los resultados ofrecen un marco sólido para la planificación de la movilidad urbana, permitiendo una mejor comprensión de los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública. Además, contribuyen a identificar estrategias eficaces para promover su adopción, incluyendo la planificación de infraestructuras conectadas, la ubicación óptima de estaciones, así como la integración de la bicicleta pública en el transporte multimodal. Esta información es crucial para la formulación de políticas públicas y acuerdos con empresas.

Tal como se evidencia en la literatura, el éxito de la movilidad ciclista no depende exclusivamente de medidas enfocadas en la bicicleta, sino de su articulación con estrategias de planificación urbana, ordenación del espacio público y regulación del tráfico motorizado. La combinación de medidas que favorecen a peatones, ciclistas y transporte público ha demostrado ser una vía efectiva para reducir la dependencia del automóvil y avanzar hacia un modelo de movilidad más sostenible (Hrelja & Rye, 2023).

Ejemplos internacionales han demostrado la eficacia de modelos urbanos compactos que favorecen la movilidad activa. Los Países Bajos, por ejemplo, han consolidado esta visión mediante estrategias que priorizan densidades urbanas equilibradas, la mezcla de usos del suelo y un diseño urbano integrado. Alemania, por su parte, ha formulado objetivos específicos contra la dispersión urbana, mientras que ciudades como Berna han desarrollado sistemas de transporte multimodal que refuerzan la movilidad sostenible en regiones policéntricas.

A partir de la revisión de la literatura y el análisis de casos de estudio, el **Anexo 1** de esta tesis presenta un **análisis prescriptivo con una serie de recomendaciones concretas en materia de infraestructuras y políticas para la movilidad ciclista**. Estas estrategias no abogan por medidas drásticas y de rápida implementación, sino por un cambio progresivo en los hábitos de movilidad, donde las restricciones al automóvil se integren de manera orgánica en la planificación urbana.

Finalmente, esta investigación invita a reflexionar sobre cómo las soluciones de movilidad del futuro pueden encontrar en la simplicidad su mayor fortaleza. Como señala Marc Augé: "Veamos en las calles a los conversos recientes del ciclismo: hablan entre sí (sobre el itinerario, el paisaje o el tiempo) o se desplazan juntos en silencio, pero casi nunca usan su móvil" (Augé, 2009).

Esta observación nos recuerda que, en un mundo cada vez más tecnológico, la bicicleta no solo representa una alternativa al automóvil, sino también una forma de reconectar con el entorno urbano y con quienes lo habitan.

Aportación: Este estudio propone estrategias para la promoción de la movilidad ciclista en grandes áreas metropolitanas. Las recomendaciones desarrolladas en el **Anexo 1** son aplicables a diversos contextos urbanos, ofreciendo un marco transferible y adaptable.

7.2. Futuras líneas de investigación

Si bien los objetivos de esta investigación se han alcanzado satisfactoriamente, muchas de las cuestiones planteadas requieren una exploración más profunda. En este sentido, se identifican diversas líneas de investigación futuras que podrían contribuir al estudio de la bicicleta pública y su impacto en la movilidad metropolitana.

A. Características sociodemográficas, motivo de viaje y nivel de motorización

La falta de información sobre el **sexo**, la **edad** y el **motivo de viaje** ha limitado el análisis de los patrones de uso. Para abordar esta limitación, futuros estudios podrían enfocarse en la recopilación y el análisis de datos sobre las características de los usuarios en diversos contextos, lo que permitiría una mejor comprensión de las diferencias en el estilo de vida y los hábitos de movilidad.

Asimismo, la ausencia de **datos socioeconómicos**, como el **índice de motorización por hogar**, ha restringido la capacidad de evaluar la influencia de estos factores en los hábitos de movilidad. La inclusión de encuestas en investigaciones futuras permitiría incorporar este factor y analizar su impacto en el uso de la bicicleta pública.

B. Percepción y experiencias de los usuarios

Las entrevistas con responsables de los sistemas de bicicleta pública han proporcionado información cualitativa valiosa, pero futuras investigaciones podrían incluir **entrevistas con usuarios y no usuarios** para conocer sus percepciones sobre la seguridad, accesibilidad y calidad del servicio. Comprender las **barreras percibidas** podría ser clave para una mayor comprensión de los factores que influyen en el uso de la bicicleta pública.

C. Análisis de las rutas ciclistas en periferias metropolitanas

Esta investigación proporciona información estática sobre las variaciones en cada estación, sin aportar información sobre la ruta. Esta falta de datos sobre la **duración** y **distancia** del viaje, la **velocidad** y el **tipo de infraestructura** ciclista utilizada impide evaluar con precisión las preferencias y necesidades de los usuarios. Estudios futuros podrían centrarse en la recolección de **datos dinámicos** para identificar los **flujos de movilidad** y las infraestructuras más utilizadas en las periferias metropolitanas.

D. Evaluación de la relación entre la bicicleta pública y otros modos de transporte

Una conclusión de esta investigación es que **la bicicleta y los desplazamientos a pie** no deben verse como modos de transporte que compiten entre sí, sino como **complementarios**. Sin embargo, queda por explorar si el aumento del uso de la bicicleta pública contribuye a la reducción del uso del automóvil o si simplemente supone una migración desde los desplazamientos a pie o el transporte público.

De esta manera, resultaría valioso analizar hasta qué punto las **políticas de movilidad** han promovido la transición del automóvil a la bicicleta. Investigaciones futuras podrían analizar **estadísticas municipales** sobre el uso de distintos modos de transporte antes y después de la implementación del sistema de bicicleta pública, o a falta de ellas, mediante cuestionarios. Además, se podría examinar el papel de la **bicicleta privada** en la movilidad urbana y su interacción con la bicicleta pública.

F. Expansión geográfica del análisis

Aunque el enfoque en **municipios periféricos** constituye una de las principales fortalezas de esta investigación, también supone una limitación en términos de alcance geográfico. Sería relevante ampliar el estudio a áreas centrales y comparar dinámicas de movilidad en **distintos contextos urbanos**. Además, incluir otras áreas metropolitanas, incluso fuera de Europa, enriquecería el análisis e incrementaría su **transferibilidad**.

8. CONCLUSIONS

8.1. Conclusions based on the research objectives

All research originates from an initial question, a concern that drives and justifies its development. In this case, the starting point for this thesis was the following question: **What factors influence the decision to use cycling as a mode of transport in different contexts?**

Since the mid-20th century, the advent of the motorised vehicle has driven urban sprawl, allocating much public space to automobiles. In response to these challenges, active modes of transport, such as walking and cycling, in combination with public transport, are emerging as viable alternatives to car use. This is why many cities are undergoing urban transformation, adopting models such as **the proximity city, or other more recent concepts such as the 15-minute city.**

In contexts where walking distances are unreasonably long, cycling becomes a competitive alternative to car use. Moreover, its integration with public transport facilitates first- and last-mile journeys, in which bike-sharing systems (BSS) play a decisive role.

The main objective of this research is to **analyse the role of bike-sharing systems in large metropolitan areas, with a special focus on peripheral municipalities.** Despite accounting for a significant share of daily commuting, these municipalities have received little attention in the literature and have barely been considered in urban policies.

To this end, **case studies in the metropolitan areas of Barcelona, Madrid and Milan have been analysed, as well as the case of Bergamo.** This has provided a comprehensive view of BSS use in these environments, allowing conclusions to be extrapolated to other metropolitan contexts.

Revisiting the initial question on the factors influencing cycling as a mode of transport in different contexts, this study concludes that **the urban environment is a key factor in the BSS use.** While socio-economic, socio-demographic, temporal, cultural, political, and subjective factors also play a role, as highlighted in previous studies, many of these elements are inherently embedded within the urban context. In this sense, the environment in which cycling mobility takes place plays a crucial role in its adoption as a mode of transport.

Beyond the findings related to the different research objectives, it is important to emphasize that the **methodology**

developed in this thesis represents a valuable contribution on its own. By combining **quantitative, qualitative, and spatial approaches**, it offers a thorough perspective on bike-sharing systems in metropolitan peripheries. Designed from the beginning as a replicable model and based on previous studies, this methodology has also enabled meaningful comparisons across multiple metropolitan contexts.

The conclusions of this research are presented below, organised around the objectives defined in chapter 1.4.

O1. Understanding the impact of urban scale on cycling mobility

Cycling mobility and bike-sharing systems (BSS) have been extensively studied in urban centres and smaller-scale cities. However, in large metropolitan areas such as Paris, Barcelona, Berlin, Milan or Madrid, mobility presents additional complexity, as these cities extend far beyond their historical cores into the periphery.

The data obtained from mobility surveys in the metropolitan areas analysed show that a significant proportion of journeys originate in or are destined for municipalities in the metropolitan area. Many of these municipalities have populations exceeding 50,000 inhabitants, which directly affects journey times and distances. In fact, some of these municipalities have a population comparable to or even greater than that of leading cycling cities such as Utrecht in Europe or Vitoria-Gasteiz in Spain.

While smaller metropolitan areas may align with the concept of the 15-minute city, larger metropolises face additional challenges due to their greater size and longer travel times. This is why understanding transport dynamics in metropolitan peripheries is essential for expanding knowledge on the subject and designing more effective mobility strategies.

In this context, BSS emerge as a competitive transport option for short- and medium-distance trips and can play a key role in a multimodal transport system in large metropolitan areas. However, its success depends on integration with other modes of transport and urban planning.

Initially, this research focused on the metropolitan area of Madrid. However, to ensure the transferability of the results, the analysis was extended to municipalities in other large metropolitan areas, such as Barcelona and Milan. For future research, it would be valuable to expand this analysis to other

metropolitan areas with different characteristics, including those outside the European context.

Contribution: The size, population, socio-demographic, and economic characteristics of a metropolitan area directly influence its mobility patterns. This thesis contributes to understanding the role of BSS in metropolitan mobility, with special emphasis on the peripheries of large metropolitan areas, where dependence on private vehicles remains a challenge.

O2. Assessing proximity and accessibility to bike-sharing stations in different metropolitan contexts

One of the main findings of this doctoral thesis is the strong correlation ($r = 0.78$) between bike-sharing station coverage and usage levels. The analysis shows that a higher percentage of the population with access to a station within 400 metres is significantly associated with an increase in bike-sharing trips.

This correlation suggests that the strategic expansion of station networks is crucial to maximising usage, especially in densely populated areas. Reducing the distance between stations has proven to be an effective strategy to promote bike-sharing systems, reinforcing the importance of planning based on local mobility patterns and needs.

Furthermore, this analysis enhances knowledge on the subject by comparing accessibility between city centres and peripheral municipalities, revealing that station coverage in some peripheral areas can match or even exceed that of urban cores. For example, in Barcelona, 90.6% of the city-centre population lives within 400 metres of a Bicing station, while in municipalities such as El Prat de Llobregat, accessibility reaches 82.2%, surpassing the city centres of Madrid (40.6%) and Milan (48.1%). Similarly, Rivas-Vaciamadrid achieves a coverage of 50.3%, exceeding that of central Madrid. These findings challenge the assumption that accessibility to bike-sharing stations is inherently higher in city centres.

The qualitative analysis has also identified specific challenges in planning these systems. In lower-density municipalities such as Boadilla del Monte, urban sprawl represents a structural barrier to accessibility and widespread use of the BiBO system. In contrast, the AMBici system in the Barcelona Metropolitan Area has incorporated strategies such as stations with parking options outside official anchorages, increasing operational flexibility and improving user experience. Such strategies could

be key to optimising the effectiveness of bike-sharing systems (BSS) in diverse metropolitan contexts.

Finally, this research underscores the need for greater availability of open data on BSS usage in peripheral municipalities. While the analysis has shown a low error rate in data collection (between 0.05% and 3.42% in most cases), making these datasets publicly accessible would significantly facilitate future studies.

Contribution: This thesis provides key tools for improving the planning and distribution of bike-sharing stations. By demonstrating the relationship between proximity, accessibility, and station usage levels, it establishes a solid foundation for predicting the impact of new stations.

O3. Identifying key factors influencing bike-sharing use in peripheral municipalities

As discussed in the literature review (section 2.2), cycling mobility is shaped by a wide range of factors, including the characteristics of the urban environment (density, diversity, and design), as well as socio-economic, temporal, cultural, political, and subjective aspects. Traditionally, mobility studies have assumed that people choose the fastest and shortest routes. However, recent research has challenged this assumption, demonstrating that in metropolitan areas with a low cycling culture, such as Madrid, users often opt for other modes of transport despite cycling's competitiveness over short- and medium-distance trips.

This research focuses on analysing the urban environmental characteristics that influence the use of bike-sharing stations in large metropolitan areas.

The results align with existing literature and confirm the importance of key factors such as BSS coverage, proximity to transport nodes, location in high-density and high-activity areas, and accessibility to continuous cycling infrastructure. The OLS regression analysis conducted across nine municipalities ($R^2 = 0.673$) confirms that these factors are also highly significant in peripheral municipalities of large metropolitan areas, with some specific nuances.

The key factors of bike-sharing use are presented below, ranked by importance according to the OLS regression analysis.

- **Population and socio-demographic factors**

The analysis confirms that the population density of the 20-49 age group is the most significant factor influencing bike-sharing use ($t = 12.89$, $p\text{-value} = 0.000000^*$). This age group—likely due to their better physical condition and frequent work, education, and recreational trips—is the most inclined to use this mode of transport. This trend is particularly evident in municipalities such as Rivas-Vaciamadrid and Getafe, where stations in high-density youth areas exhibit higher bike-sharing usage rates.

- **Public transport and multimodality**

Proximity to public transport stations is the second most significant factor ($t = 5.07$, $p\text{-value} = 0.000002^*$). Multimodal integration, especially during peak weekday hours, plays a crucial role in encouraging bike-sharing use. In Barcelona's peripheral municipalities, 40% of bicycle trips originate from stations near transport hubs. While this percentage is lower in Madrid and Italy, it remains a significant predictor of bicycle usage.

- **Proximity to points of interest**

This study identifies proximity to points of interest (POIs) as the third most influential variable in bike-sharing ($t = 3.93$, $p\text{-value} = 0.000133^*$), following the population density of the 20-49 age group and public transport accessibility. Additionally, qualitative interviews confirm that the presence of activity zones, such as commercial areas, educational institutions, and recreational spaces, was mentioned in every interview, reinforcing its importance in bike-sharing use.

- **Cycling infrastructure and network connectivity**

The design and continuity of cycling infrastructure play a crucial role in bike-sharing use. The quantitative analysis confirms that the mere presence of cycle lanes does not necessarily increase ridership; rather, network connectivity is the decisive factor ($t = 3.05$, $p\text{-value} = 0.002045^*$). For example, Rivas-Vaciamadrid and Cornellà de Llobregat—which have dense and continuous cycling networks—report 1.16 to 1.87 trips per inhabitant per year. Monza, where cycling infrastructure is fragmented, records just 0.18 trips per inhabitant per year.

Furthermore, interviews highlight that perceived safety and comfort strongly influence the willingness to use bike-sharing

systems (BSS), emphasizing the need for well-connected and safe cycling networks to encourage widespread adoption.

Contribution: This thesis demonstrates that the population density of the 20-49 age group, proximity to public transport stations, proximity to points of interest, and cycling network connectivity are the key determinants of bike-sharing use. These findings provide valuable insights for optimising station placement, with a special focus on peripheral municipalities in large metropolitan areas.

O4. Evaluating the role of bike-sharing systems (BSS) in multimodal transport in large metropolitan areas

The analysis confirms that bike-sharing systems (BSS) play a fundamental role in multimodal transport in large metropolitan areas such as Madrid, Barcelona and Milan. Their integration with public transport is a key factor in their use, particularly in peripheral areas.

The OLS regression analysis reveals that proximity to public transport stations is the second most influential factor in the municipalities studied, surpassed only by the concentration of the population aged 20 to 49. It has a greater impact than proximity to points of interest or cycling infrastructure, highlighting the need to improve multimodal integration in these areas to optimize system efficiency.

The data show that a significant proportion of bike-sharing trips during weekday peak hours start or end at public transport stations. In Barcelona, 40% of trips occur at stations near transport hubs, compared to 22% in Madrid and 14% in Milan. These differences suggest that, while the connection to public transport is a key factor in bike-sharing use in Barcelona, its impact is lower in Madrid and Milan. This variation reflects differences in urban structure, transport availability, and other contextual factors.

The analysis also reveals contrasts between city centres and peripheral municipalities. In central areas, the main determining factors for bicycle use are proximity to points of interest, the presence of cycling infrastructure, and the availability of stations, indicating a greater prevalence of short, intra-municipal trips. In contrast, in peripheral municipalities, integration with public transport plays a fundamental role in increasing usage. The strategic location of bicycle stations near transport nodes has proven essential for

the success of these systems in metropolitan areas, as observed in the AMBici system in Barcelona.

These differences highlight the need to adapt planning strategies to the specific characteristics of each urban environment and its mobility dynamics.

Contribution: The main contribution of this study is the identification of significant differences in the integration of BSS with public transport across metropolitan areas and between central and peripheral zones. While in city centres bicycle use is primarily influenced by proximity to points of interest and cycling infrastructure, in peripheral areas the connection to public transport is crucial, particularly for first- and last-mile trips. These findings provide valuable insights for future planning strategies, reinforcing the importance of fare integration, the expansion of cycling infrastructure, and the development of incentives to encourage combined bicycle and public transport use in different metropolitan contexts.

05. Analysing the impact of inter-municipal trips on bike-sharing systems (BSS) demand

The study of the AMBici system in the Barcelona Metropolitan Area highlights the crucial role of inter-municipal trips in shaping BSS demand. Municipalities with greater cycling connectivity and better urban integration, such as Cornellà de Llobregat and Sant Boi de Llobregat, show a high proportion of inter-municipal trips (**49%** and **41%**, respectively). In contrast, municipalities with geographical barriers, such as El Prat de Llobregat, report significantly lower rates (**13%**).

These findings suggest that the ability to make inter-municipal trips is closely linked to overall system usage. In this regard, the interconnectivity of cycling infrastructure, fare integration, and interoperability with other transport modes are key factors in boosting demand and enhancing the system's efficiency in metropolitan environments.

The success of the Vélib' bike-sharing system in Paris reinforces this conclusion. The existence of a unified network connecting the city centre with peripheral areas has been decisive in its widespread adoption. Its seamless integration with the metropolitan transport network has further facilitated its use as a viable alternative to private vehicles. Similarly, AMBici in Barcelona stands out as an innovative model by linking administratively independent municipalities, significantly

increasing usage levels. However, as Rossend Bosch pointed out in an interview, the full integration of the Bicing bike-sharing system in Barcelona's city centre remains an ongoing challenge

Conversely, in other metropolitan areas such as Madrid and Milan, the lack of administrative and technological coordination poses a major obstacle to the expansion of bike-sharing systems (BSS). This fragmentation hampers inter-municipal travel, limiting the potential of these services as an efficient alternative to motorized transport and reducing their impact on sustainability and territorial cohesion.

To ensure the success of future BSS in metropolitan areas, an integrated planning strategy is essential. This entails not only improving inter-municipal cycling infrastructure but also implementing unified pricing schemes and fostering stronger coordination between local and regional administrations. The experience of AMBici demonstrates that municipal cooperation and investment in connected infrastructure can significantly enhance service growth and attractiveness for users.

Contribution: This research demonstrates that inter-municipal integration in BSS not only increases demand but also promotes multimodality and strengthens territorial connectivity. The cases of Vélib' in Paris and AMBici in Barcelona illustrate that this model is both feasible and highly beneficial. As more municipalities recognize these advantages, this approach could become a benchmark for addressing mobility challenges in large metropolitan areas.

O6. Identifying similarities and differences in bike-sharing use across the case studies

The comparative analysis of bike-sharing use in the municipalities studied reveals both differences and similarities influenced by various factors.

In general, municipalities in the Barcelona Metropolitan Area exhibit the highest usage levels, with Cornellà de Llobregat leading in trips per inhabitant (**1.87**). In contrast, municipalities in the Madrid Metropolitan Area, such as Boadilla del Monte and Getafe, as well as in the Milan Metropolitan Area, like Monza and San Donato Milanese, show significantly lower figures (ranging **between 0.06 and 0.27** trips per inhabitant).

As previously discussed, proximity to public transport stations is one of the primary factors influencing bike-sharing use. In the AMBici system of the Barcelona Metropolitan Area, **40%** of

bike-sharing trips during peak hours begin or end at stations near train, metro, or tram stops. In Madrid and Milan, this proportion is considerably lower, at **22%** and **14%**, respectively.

A distinct weekday-weekend usage pattern is also observed. In the Barcelona Metropolitan Area, the BSS is used predominantly on weekdays, suggesting that it serves primarily for commuting to work or educational institutions. In contrast, municipalities such as Rivas-Vaciamadrid, Getafe, Bergamo, Monza, and San Donato Milanese show a more balanced distribution between weekday and weekend use, indicating a higher proportion of recreational or leisure trips.

Accessibility to bike-sharing stations is another key factor. Among peripheral municipalities, El Prat de Llobregat stands out with **82.2%** of its population having a station within 400 metres, followed by Rivas-Vaciamadrid (**50.3%**). On the other hand, San Donato Milanese, whose system closed during the study period, had a much lower accessibility rate (**13.8%**), further reinforcing the correlation between system viability and factors such as population size, number of stations, and availability of bicycles (Anaya-Boig et al., 2021). This case is particularly significant as it is the only municipality analyzed with a population below 50,000 inhabitants.

Moreover, municipalities with a dense and well-connected cycling network, such as Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat, and Rivas-Vaciamadrid, report higher bike-sharing usage, suggesting that infrastructure design plays a crucial role in promoting cycling.

The study also highlights specific system characteristics in each case. In AMBici, high-density public transport and inter-municipal connectivity through an integrated system have contributed to its success. In contrast, the BiBO system faces challenges related to low population density in some areas and socio-demographic factors. Meanwhile, GBici is limited by the lack of expansion plans and technological innovations, which may explain its lower usage rates.

Contribution: Usage patterns vary depending on the local context. In Barcelona, commuting dominates, whereas in municipalities like Rivas-Vaciamadrid or Monza, recreational use is more prevalent. The closure of San Donato Milanese's system demonstrates that smaller municipalities with low station accessibility face greater challenges in maintaining BSS. To ensure long-term success, it is essential to adapt system design

to local needs, integrate with other transport modes, and ensure continuous expansion and maintenance.

07. From research to practice: Enhancing decision-making for cycling mobility in metropolitan areas

The increasing promotion of cycling as a sustainable mode of transport has mobilized institutions, authorities, and academia, leading to a significant allocation of human and financial resources. However, a persistent gap remains between academic research and its practical implementation, sometimes resulting in outdated methodologies or policies that fail to address the actual needs of cities. In this context, this research aims to bridge that divide, offering valuable knowledge, methodologies, and tools to support decision-making in cycling mobility planning.

The findings of this research hold both theoretical and practical significance, extending beyond academic discourse. Firstly, they provide a solid framework for urban mobility planning, facilitating a deeper understanding of the factors that influence bike-sharing use. Additionally, they help identify effective strategies to increase adoption, such as the development of well-connected infrastructure, optimal station placement, and the seamless integration of bike-sharing systems (BSS) within multimodal transport networks. This information is essential for shaping public policies and fostering collaborations with private entities.

As highlighted in the literature, the success of cycling mobility does not rely solely on cycling-specific measures but rather on their integration with broader urban planning strategies, public space management, and motorized traffic regulation. A combination of policies that prioritize pedestrians, cyclists, and public transport has proven to be an effective approach for reducing car dependency and advancing towards a more sustainable mobility model (Hrelja & Rye, 2023).

International experiences further underscore the effectiveness of compact urban models that support active mobility. In the Netherlands, for instance, urban planning strategies emphasise balanced population density, mixed land use, and integrated design to encourage cycling. Similarly, Germany has set explicit targets to counter urban sprawl, while cities like Bern in Switzerland have developed multimodal transport systems that promote sustainable mobility in polycentric regions.

Drawing on the literature review and case study analysis, **Annex 1** of this thesis presents a **prescriptive framework with concrete recommendations for cycling infrastructure and policy development**. Rather than advocating for abrupt, large-scale interventions, these strategies emphasize a gradual transition in mobility habits, where car-use restrictions are organically incorporated into urban planning initiatives.

Finally, this research invites broader reflection on how future mobility solutions may derive their greatest strength from simplicity. As Marc Augé insightfully observes: "Let's look at recent converts to cycling on the streets: they talk to each other (about the itinerary, the landscape or the weather) or ride together in silence, but almost never use their mobile" (Augé, 2009).

This perspective serves as a reminder that, in an increasingly digitized world, the bicycle is not just a practical alternative to the car but also a means of reconnecting with the urban environment and the people who inhabit it.

Contribution: This study proposes strategies for advancing cycling mobility in large metropolitan areas. The recommendations outlined in **Annex 1** are designed to be applicable across various urban contexts, offering a flexible and adaptable framework for policymakers and urban planners alike.

8.2. Future lines of research

While this research has successfully achieved its objectives, many of the questions raised require further exploration. In this regard, several future research directions are identified that could deepen the study of bike-sharing systems (BSS) and its impact on metropolitan mobility.

A. Socio-demographic characteristics, trip purpose and level of motorisation

The lack of detailed information on **gender, age, and trip purpose** has limited the analysis of usage patterns. Future studies could focus on collecting and analysing user data in different contexts, allowing for a more comprehensive understanding of variations in lifestyle and mobility habits.

Additionally, the absence of **socio-economic variables**, such as **household motorisation rates**, has restricted the ability to assess their influence on travel behaviour. Incorporating surveys into future research would help integrate these aspects and evaluate their impact on BSS.

B. Perceptions and experiences

Although interviews with BSS operators have provided valuable qualitative insights, future research could include **interviews with both users and non-users** to understand their perceptions regarding safety, accessibility, and service quality. Identifying **perceived barriers** would be key to better understanding the factors that influence bike-sharing use and potential strategies to increase adoption.

C. Analysis of cycling routes in metropolitan peripheries

This study has provided static information on variations at each station but has not analysed actual routes taken by users. The absence of data on **trip length, travel speed, and the type of cycling infrastructure** used prevents a precise assessment of user preferences and mobility needs. Future research could focus on collecting **dynamic data to identify travel flows** and the most frequently used infrastructure in metropolitan peripheries.

D. Assessment of the relationship between BSS and other modes of transport

One of the conclusions of this research is that **cycling and walking** should not be seen as competing modes of transport but as **complementary**. However, it remains to be explored whether

increased bike-sharing use contributes to a reduction in car use or simply represents a shift from walking or public transport.

A valuable approach would be to analyse how **mobility policies** have influenced the transition from car use to cycling. Future studies could examine **municipal transport statistics** before and after the implementation of BSS or, in the absence of such data, use surveys to measure modal shifts. Additionally, the role of **private cycling** in urban mobility and its interaction with BSS could be further investigated.

F. Geographical expansion of the analysis

While the focus on **peripheral municipalities** is one of the strengths of this research, it also represents a limitation in terms of geographical scope. Expanding the study to include central urban areas would provide a broader comparison of mobility dynamics in **different contexts**. Furthermore, incorporating case studies from other metropolitan areas, including non-European cities, would enrich the analysis and enhance the **transferability** of the findings to diverse urban environments.

Referencias

- Adams, W. C. (2015). Conducting Semi-Structured Interviews. In *Handbook of Practical Program Evaluation* (pp. 492-505). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119171386.ch19>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Allam, Z., Moreno, C., Chabaud, D., & Pratlong, F. (2022). Proximity-Based Planning and the "15-Minute City": A Sustainable Model for the City of the Future. In *The Palgrave Handbook of Global Sustainability* (pp. 1-20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38948-2_178-1
- Anaya-Boig, E., Douch, J., & Castro, A. (2021). The death and life of bike-sharing schemes in Spain: 2003-2018. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 149, 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.03.028>
- Anzani, A., & Scullica, F. (2022). *Care and design of places in the urban context*.
- Arias Molinares, D. (2023). *Análisis de los patrones espacio-temporales de los servicios de micromovilidad: situando BiciMAD en contexto* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/91202>
- Augé, M. (2009). *Elogio de la bicicleta* (A. Bixio, Trans.). Payot.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Bertolini, L., & Straatemeier, T. (2019). *Planning for accessibility: Balancing travel and place functions in the city*. Routledge.
- Bicalho, T., Silva, C., Cunha, I., Teixeira, J., & Proença, A. (2019). Planners' attitudes towards the cycling potential of

- their cities - Creating awareness for attitude change. *Travel Behaviour and Society*, 17, 96-103.
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.08.002>
- Bleijenberg, A. (2021). *The transport-urbanisation dialectic*.
<https://ariebleijenberg.nl/wp-content/uploads/Transport-urbanisation-dialectic-def2.pdf>
- Broach, J., Dill, J., & Gliebe, J. (2012). Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1730-1740.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.07.005>
- Broto, A. (2022). *Transports: les oubliés de la République: quand la route reconnecte le territoire*.
- Bruno, M., Monteiro Melo, H. P., Campanelli, B., & Loreto, V. (2024). A universal framework for inclusive 15-minute cities. *Nature Cities*, 1(10), 633-641.
<https://doi.org/10.1038/s44284-024-00119-4>
- Buehler, R., Teoman, D., & Shelton, B. (2021). Promoting Bicycling in Car-Oriented Cities: Lessons from Washington, DC and Frankfurt Am Main, Germany. *Urban Science*, 5(3), 58.
<https://doi.org/10.3390/urbansci5030058>
- Burdett, R., Rode, P., Shankar, P., & Vahidy, S. (2014, November 14). Governing Urban Futures. *LSE Cities Conference*.
<http://lsecities.net/>
- Büttner, B., Seisenberg, S., Larriva, M. T. B., Rivas, A., Haxhija, S., Ramírez, A., & McCormick, B. (2022). *Urban Mobility Next 9 ±15-Minute City: Human-centred planning in action - Mobility for more liveable urban spaces*. EIT Urban Mobility.
- Calthorpe, P. (1993). *The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream*. Princeton Architectural Press.
- Capasso Da Silva, D., King, D. A., & Lemar, S. (2019). Accessibility in Practice: 20-Minute City as a Sustainability Planning Goal. *Sustainability*, 12(1), 129.
<https://doi.org/10.3390/su12010129>

- Capolongo, S., Rebecchi, A., Dettori, M., Appolloni, L., Azara, A., Buffoli, M., Capasso, L., Casuccio, A., Oliveri Conti, G., D'Amico, A., Ferrante, M., Moscato, U., Oberti, I., Paglione, L., Restivo, V., & D'Alessandro, D. (2018). Healthy Design and Urban Planning Strategies, Actions, and Policy to Achieve Salutogenic Cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2698. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122698>
- Carpio-Pinedo, J., Benito-Moreno, M., & Lamíquiz-Daudén, P. J. (2021). Beyond land use mix, walkable trips. An approach based on parcel-level land use data and network analysis. *Journal of Maps*, 17(1), 23-30. <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1875063>
- Carpio-Pinedo, J., Pozo Menéndez, E., Lamíquiz Daudén, F. J., & Higuera García, E. (2021). When a city must be a tree: rethinking the spatial approach to fighting epidemics based on the notion of 'intermediate confinement.' *URBAN DESIGN International*, 26(4), 332-347. <https://doi.org/10.1057/s41289-021-00160-y>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Cervero, R., & Murakami, J. (2010). Effects of Built Environments on Vehicle Miles Traveled: Evidence from 370 US Urbanized Areas. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 42(2), 400-418. <https://doi.org/10.1068/a4236>
- Cervero, R., & Radisch, C. (1996). Travel choices in pedestrian versus automobile oriented neighborhoods. *Transport Policy*, 3(3), 127-141. [https://doi.org/10.1016/0967-070X\(96\)00016-9](https://doi.org/10.1016/0967-070X(96)00016-9)
- Chen, L., Ma, X., Nguyen, T.-M.-T., Pan, G., & Jakubowicz, J. (2017). Understanding bike trip patterns leveraging bike sharing system open data. *Frontiers of Computer Science*, 11(1), 38-48. <https://doi.org/10.1007/s11704-016-6006-4>

- Cheng, M. (2016). Sharing economy: A review and agenda for future research. *International Journal of Hospitality Management*, 57, 60-70. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.06.003>
- Comisión Europea. (2019). *Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990-2017 and Inventory Report 2019*.
- Comisión Europea. (2020). *Estrategia de movilidad sostenible e inteligente*. Comisión Europea.
- Comisión Europea, D. G. de M. y T. (2014). *Quality of Transport*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb18e0ed-52d0-41cd-be6c-61aad310fb53/language-en>
- Conde Gutiérrez del Álamo, F., Elosegui Gurmendi, U., Fariña Tojo, J., Gallardo Pino, C., Gallego Gamazo, C., García González, M. C., Higuera García, E., Lamiquiz Daudén, P. J., Ramasco Gutiérrez, M., Román López, E., & Saiz, S. (2020). *Sostenibilidad, urbanismo y salud: Caso de estudio en Alcorcón, Madrid. Entornos urbanos saludables y sostenibles* (E. Higuera García, E. Román López, & E. Pozo Menéndez, Eds.). Concejalía de Sostenibilidad, Movilidad y Energías Renovables del Ayuntamiento de Alcorcón.
- Consorcio Regional de Transportes de Madrid. (2018). *Encuesta Domiciliaria de Movilidad (2018)*. <https://www.crtm.es/conocenos/planificacion-estudios-y-proyectos/encuesta-domiciliaria/edm2018.aspx>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage.
- CROW. (2011). *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas*. CROW.
- Cunha, I., & Cadima, C. (2024). Active travel in the university setting: Assessing the effects of social behavior, socioeconomic, and spatial location. *Journal of Transport and Land Use*, 17(1), 707-730. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2024.2473>
- Cunha, I., & Silva, C. (2023). Equity impacts of cycling: examining the spatial-social distribution of bicycle-related

- benefits. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(6), 573-591. <https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2082343>
- Cunha, I., Silva, C., Büttner, B., & Toivonen, T. (2024). Pursuing cycling equity? A mixed-methods analysis of cycling plans in European cities. *Transport Policy*, 145, 237-246. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.11.001>
- de Dios Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*. John Wiley & Sons.
- de Lucio, R. L. (2007). *Construir Ciudad en la Periferia: Criterios de diseño para áreas residenciales sostenibles*. Mairera Libros.
- Dill, J., Ma, J., McNeil, N., Broach, J., & MacArthur, J. (2022). Factors influencing bike share among underserved populations: Evidence from three U.S. cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 112, 103471. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103471>
- Dill, J., & McNeil, N. (2013). Four Types of Cyclists? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2387(1), 129-138. <https://doi.org/10.3141/2387-15>
- Duran-Rodas, D., Chaniotakis, E., & Antoniou, C. (2019). Built Environment Factors Affecting Bike Sharing Ridership: Data-Driven Approach for Multiple Cities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2673(12), 55-68. <https://doi.org/10.1177/0361198119849908>
- Duran-Rodas, D., Wright, B., Pereira, F. C., & Wulffhorst, G. (2021). Demand And/oR Equity (DARE) method for planning bike-sharing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 97, 102914. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102914>
- Elmashhara, M. G., Silva, J., Sá, E., Carvalho, A., & Rezazadeh, A. (2022). Factors influencing user behaviour in micromobility sharing systems: A systematic literature review and research directions. *Travel Behaviour and Society*, 27, 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.10.001>

- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1780(1), 87-114. <https://doi.org/10.3141/1780-10>
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Ewing, R., Nelson, A. C., Bartholomew, K., Emmi, P., & Appleyard, B. (2011). Driving and the built environment: the effects of compact development on motorized travel, energy use, and CO2 emissions. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 4(1), 1-5. <https://doi.org/10.1080/17549175.2011.560614>
- Faghih-Imani, A., Eluru, N., El-Geneidy, A. M., Rabbat, M., & Haq, U. (2014). How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in Montreal. *Journal of Transport Geography*, 41, 306-314. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.01.013>
- Faghih-Imani, A., Hampshire, R., Marla, L., & Eluru, N. (2017). An empirical analysis of bike sharing usage and rebalancing: Evidence from Barcelona and Seville. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 97, 177-191. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.007>
- Fariña Tojo, J., Higuera García, E., Román López, E., & Pozo Menéndez, E. (2022). *Guía para planificar ciudades saludables*. Ministerio de Sanidad y Federación Española de Municipios y Provincias.
- Fazio, M., Giuffrida, N., Le Pira, M., Inturri, G., & Ignaccolo, M. (2021). Bike oriented development: Selecting locations for cycle stations through a spatial approach. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100576>
- Fernandez Trejo, M. (2024). *Bicicleta pública y brecha de género en la juventud de Rivas: proceso de diseño para una estrategia local de comunicación inclusiva* [Universitat Oberta de Catalunya]. <http://hdl.handle.net/10609/151210>

- Fernández-Heredia, Á., & Monzón, A. (2010). Cyclists' travel behaviour, from theory to reality. *12th World Conference on Transport Research (WCTR)*.
- Ferrer-Ortiz, C., Marquet, O., Mojica, L., & Vich, G. (2022). Barcelona under the 15-Minute City Lens: Mapping the Accessibility and Proximity Potential Based on Pedestrian Travel Times. *Smart Cities*, 5(1), 146-161. <https://doi.org/10.3390/smartcities5010010>
- Fishman, E., Washington, S., & Haworth, N. (2013). Bike Share: A Synthesis of the Literature. *Transport Reviews*, 33(2), 148-165. <https://doi.org/10.1080/01441647.2013.775612>
- Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). SAGE Publications.
- Frade, I., & Ribeiro, A. (2015). Bike-sharing stations: A maximal covering location approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.014>
- Francke, A. (2022). *Cycling during and after the COVID-19 pandemic* (pp. 265-290). <https://doi.org/10.1016/bs.atpp.2022.04.011>
- Gallop, C., Tse, C., & Zhao, J. (2011). A Seasonal Autoregressive Model Of Vancouver Bicycle Traffic Using Weather Variables. *I-Manager's Journal on Civil Engineering*, 1(4), 9-18. <https://doi.org/10.26634/jce.1.4.1694>
- Garnier, T. (1917). *Une Cité Industrielle*. Massin.
- Gea21. (2016). *Revisión y actualización del Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid (PDMC 2008 +)*.
- Gehl, J. (1989). *A changing street life in a changing society*. Danish Architectural Press.
- Gehl, J. (2013). *Cities for people*. Island Press.
- Geipel, M., Martinez-Rico, B., Büttner, B., & Duran-Rodas, D. (2024). Spatial factors associated with usage of different on-demand elements within mobility hubs: a systematic literature review. *Transport Reviews*, 44(6), 1258-1279. <https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2400363>

- Geller, R. (2006). *Four types of cyclists*. Portland Bureau of Transportation.
<http://www.portlandoregon.gov/transportation/article/264746>
- Ghorra-Gobin, C. (2001). *Réinventer le sens de la ville: les espaces publics à l'heure globale* (C. Ghorra-Gobin, Ed.). L'Harmattan.
- Gil Solá, A., & Vilhelmson, B. (2018). Negotiating Proximity in Sustainable Urban Planning: A Swedish Case. *Sustainability*, 11(1), 31. <https://doi.org/10.3390/su11010031>
- Goel, R., Goodman, A., Aldred, R., Nakamura, R., Tatah, L., Garcia, L. M. T., Zapata-Diomedí, B., de Sa, T. H., Tiwari, G., de Nazelle, A., Tainio, M., Buehler, R., Götschi, T., & Woodcock, J. (2022). Cycling behaviour in 17 countries across 6 continents: levels of cycling, who cycles, for what purpose, and how far? *Transport Reviews*, 42(1), 58-81. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1915898>
- González Medina, M., & de Gregorio Hurtado, S. (2021). El área metropolitana de Madrid: un caso singular de (des)institucionalización. In *X Congreso Internacional de Ordenación del Territorio: recuperación, transformación y resiliencia. El papel del territorio* (pp. 461-470).
- Guagliardo, M. F. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-3-3>
- Guerra, E., Cervero, R., & Tischler, D. (2012). Half-Mile Circle. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2276(1), 101-109. <https://doi.org/10.3141/2276-12>
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How Many Interviews Are Enough? *Field Methods*, 18(1), 59-82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 6-21. <https://doi.org/10.1007/BF01936872>

- Halásková, M., & Halásková, R. (2009). Administrative territorial structures in EU countries and their specifics. *Scientific Papers of the University of Pardubice. Series D, Faculty of Economics and Administration*, 15.
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). Data Preprocessing. In *Data Mining* (pp. 83-124). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381479-1.00003-4>
- Handy, S. (2005). Smart Growth and the Transportation-Land Use Connection: What Does the Research Tell Us? *International Regional Science Review*, 28(2), 146-167. <https://doi.org/10.1177/0160017604273626>
- Handy, S., Xing, Y., & Buehler, T. (2010). Factors associated with bicycle ownership and use: a study of six small U.S. cities. *Transportation*, 37(6), 967-985. <https://doi.org/10.1007/s11116-010-9269-x>
- Hanson, J. (2004). *The inclusive city: delivering a more accessible urban environment through inclusive design*.
- Helbich, M., Böcker, L., & Dijst, M. (2014). Geographic heterogeneity in cycling under various weather conditions: evidence from Greater Rotterdam. *Journal of Transport Geography*, 38, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.05.009>
- Higueras, E. (2010). *Urbanismo bioclimático*. Editorial Gustavo Gili.
- Higueras García, E. (2020). Accesibilidad universal, salud y ciudad de 15 minutos. *II Foro "15-Minute City & Health."*
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511597237>
- Hine, J. (2012). Mobility and transport disadvantage. In A. Editor & B. Editor (Eds.), *Mobilities: New Perspectives on Transport and Society* (1st ed., pp. 1-19). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315595733-3>

- Holzappel. (1987). The bicycle as an element of integrated transport planning. In Institute for Research in Urban and Rural Development (Ed.), *VeloCity* 87.
- Hong, J., Philip McArthur, D., & Stewart, J. L. (2020). Can providing safe cycling infrastructure encourage people to cycle more when it rains? The use of crowdsourced cycling data (Strava). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 133, 109-121. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.008>
- Howard, E. (1898). *Garden cities of tomorrow*. Faber & Faber.
- Hrelja, R., & Rye, T. (2023). Decreasing the share of travel by car. Strategies for implementing 'push' or 'pull' measures in a traditionally car-centric transport and land use planning. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(5), 446-458. <https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2051098>
- Hyland, M., Hong, Z., Pinto, H. K. R. de F., & Chen, Y. (2018). Hybrid cluster-regression approach to model bikeshare station usage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 115, 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.11.009>
- i Palenzuela, S. R. (2021). La supermanzana, nueva célula urbana para la construcción de un modelo funcional y urbanístico de Barcelona. In M. Á. L. Rosas & A. A. Collazo (Eds.), *Aproximaciones contemporáneas al paisaje urbano* (pp. 107-124).
- Institut Metropolità de Barcelona. (2024). *Enquesta de Mobilitat en Dia Feiner (EMEF) - 2023*. https://www.institutmetropoli.cat/wp-content/uploads/2024/07/EMEF_2023_Informe_AMB_ATM.pdf
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). *Cifras de población y censos demográficos (Datos del 1 de enero de 2024)*. <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=525>
- Jacobs, J. (1961). *The death and life of great American cities*. Random House.
- Jacobs, J. (1967). *The economy of cities*. Random House.

- Jacobsen, P. L. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention*, 9(3), 205-209. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205>
- Jittrapirom, P., Marchau, V., & Meurs, H. (2018). *Dynamic adaptive policymaking for implementing mobility as a service (MaaS)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11906.99524>
- Kabra, A., Belavina, E., & Girotra, K. (2018). Bike-Share Systems: Accessibility and Availability. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2555671>
- Kallio, H., Pietilä, A., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954-2965. <https://doi.org/10.1111/jan.13031>
- Khalaj, F., Pojani, D., Sipe, N., & Corcoran, J. (2020). Why are cities removing their freeways? A systematic review of the literature. *Transport Reviews*, 40(5), 557-580. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1743919>
- Kim, C., Parent, O., & vom Hofe, R. (2018). The role of peer effects and the built environment on individual travel behavior. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(3), 452-469. <https://doi.org/10.1177/2399808317740354>
- Kisters, C., Montes García, M., Rondinella, G., & Sanz Alduán, A. (2016). *Revisión y actualización del Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid*. Ayuntamiento de Madrid.
- Kitamura, R., Mokhtarian, P. L., & Daidet, L. (1997). A micro-analysis of land use and travel in five neighborhoods in the San Francisco Bay Area. *Transportation*, 24(2), 125-158. <https://doi.org/10.1023/A:1017959825565>
- Knap, E., Ulak, M. B., Geurs, K. T., Mulders, A., & van der Drift, S. (2023). A composite X-minute city cycling accessibility metric and its role in assessing spatial and socioeconomic inequalities - A case study in Utrecht, the Netherlands. *Journal of Urban Mobility*, 3, 100043. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100043>

- Koning, R. de, Tan, W. G. Z., & van Nes, A. (2020). Assessing Spatial Configurations and Transport Energy Usage for Planning Sustainable Communities. *Sustainability*, 12(19), 8146. <https://doi.org/10.3390/su12198146>
- Krizek, K. J., & Johnson, P. J. (2006). Proximity to Trails and Retail: Effects on Urban Cycling and Walking. *Journal of the American Planning Association*, 72(1), 33-42. <https://doi.org/10.1080/01944360608976722>
- Lambotte, M., Mathy, S., Risch, A., & Treibich, C. (2023). Disentangling peer effects in transportation mode choice: The example of active commuting. *Journal of Environmental Economics and Management*, 121, 102868. <https://doi.org/10.1016/j.jjeem.2023.102868>
- Lamíquiz Daudén, F. J. (2011). *Implicaciones de la accesibilidad configuracional en la movilidad peatonal. El caso de Madrid* [Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/15031/>
- LaPlante, J., & McCann, B. (2008). Complete streets: We can get there from here. *ITE Journal*, 78(5), 24-28.
- Levy, N., Golani, C., & Ben-Elia, E. (2019). An exploratory study of spatial patterns of cycling in Tel Aviv using passively generated bike-sharing data. *Journal of Transport Geography*, 76, 325-334. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.005>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*, 339(jul21 1), b2700-b2700. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- Limkakeng, A. T., de Oliveira, L. L. H., Moreira, T., Phadtare, A., Garcia Rodrigues, C., Hocker, M. B., McKinney, R., Voils, C. I., & Pietrobon, R. (2014). Systematic review and metasummary of attitudes toward research in emergency medical conditions. *Journal of Medical Ethics*, 40(6), 401-408. <https://doi.org/10.1136/medethics-2012-101147>

- Litman, T. (2013). The New Transportation Planning Paradigm. *ITE Journal-Institute of Transportation Engineers*, 83. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:106441875>
- Litman, T., & Burwell, D. (2006). Issues in sustainable transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, 6(4), 331. <https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2006.010889>
- Liu, G., Krishnamurthy, S., & van Wesemael, P. (2021). Conceptualizing cycling experience in urban design research: a systematic literature review. *Applied Mobilities*, 6(1), 92-108. <https://doi.org/10.1080/23800127.2018.1494347>
- Logan, T. M., Hobbs, M. H., Conrow, L. C., Reid, N. L., Young, R. A., & Anderson, M. J. (2022). The x-minute city: Measuring the 10, 15, 20-minute city and an evaluation of its use for sustainable urban design. *Cities*, 131, 103924. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103924>
- Lois, D., Moriano, J. A., & Rondinella, G. (2015). Cycle commuting intention: A model based on theory of planned behaviour and social identity. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 101-113. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.05.003>
- Lozano, Á., De Paz, J., Villarrubia González, G., Iglesia, D., & Bajo, J. (2018). Multi-Agent System for Demand Prediction and Trip Visualization in Bike Sharing Systems. *Applied Sciences*, 8(1), 67. <https://doi.org/10.3390/app8010067>
- Lucas, K., van Wee, B., & Maat, K. (2016). A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. *Transportation*, 43(3), 473-490. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9585-2>
- Ma, T., Liu, C., & Erdoğan, S. (2015). Bicycle Sharing and Public Transit. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2534(1), 1-9. <https://doi.org/10.3141/2534-01>
- Maas, S., Nikolaou, P., Attard, M., & Dimitriou, L. (2021). Heat, Hills and the High Season: A Model-Based Comparative Analysis of Spatio-Temporal Factors Affecting Shared Bicycle Use in

- Three Southern European Islands. *Sustainability*, 13(6), 3274. <https://doi.org/10.3390/su13063274>
- Macioszek, E., & Kurek, A. (2020). PARKING AND BIKE-SHARING SYSTEM AS SOLUTIONS SUPPORTING TRANSPORT ACCESSIBILITY OF THE CITY. *Transport Problems*, 15(4, Part 2), 275-286. <https://doi.org/10.21307/tp-2020-066>
- Malterud, K., Siersma, V. D., & Guassora, A. D. (2016). Sample Size in Qualitative Interview Studies. *Qualitative Health Research*, 26(13), 1753-1760. <https://doi.org/10.1177/1049732315617444>
- Manca, F., Sivakumar, A., & Polak, J. W. (2019). The effect of social influence and social interactions on the adoption of a new technology: The use of bike sharing in a student population. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 105, 611-625. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.02.010>
- Marquet, O., Anguelovski, I., Nello-Deakin, S., & Honey-Rosés, J. (2025). Decoding the 15-Minute City Debate: Conspiracies, Backlash, and Dissent in Planning for Proximity. *Journal of the American Planning Association*, 91(1), 117-125. <https://doi.org/10.1080/01944363.2024.2346596>
- Martinez, J. M. C. A. P. R. (2021). *Handbook of Quality of Life and Sustainability*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-50540-0>
- Martínez Rico, B. (2022). La bicicleta pública como parte del transporte multimodal en el área metropolitana de Madrid = The public bicycle as part of the multimodal transport in Madrid metropolitan area. *Territorios En Formación*, 20, 5-20. <https://doi.org/10.20868/tf.2022.20.5140>
- Megahed, G., Elshater, A., Afifi, S., & Elrefaie, M. A. (2024). Reconceptualizing Proximity Measurement Approaches through the Urban Discourse on the X-Minute City. *Sustainability*, 16(3), 1303. <https://doi.org/10.3390/su16031303>
- Miralles-Guasch, C. (2011). Dinámicas metropolitanas y tiempos de la movilidad. La región metropolitana de Barcelona como

- ejemplo. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 31(1), 125-145.
- Mohiuddin, H., Fitch-Polse, D., & Handy, S. (2023). Does bike-share enhance transport equity? Evidence from the Sacramento, California region. *Journal of Transport Geography*, 109, 103588. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103588>
- Moreno, C. (2020). *Droit de cité: De la "ville-monde" à la "ville du quart d'heure."* HAL.
- Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-Minute City": Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. *Smart Cities*, 4(1), 93-111. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>
- Moro, S. R., Imhof, A. C., Fettermann, D. C., & Cauchick-Miguel, P. A. (2018). Barriers to bicycle sharing systems implementation: analysis of two unsuccessful PSS. *Procedia CIRP*, 73, 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.312>
- Morris, J. M., Dumble, P. L., & Wigan, M. R. (1979). Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research Part A: General*, 13(2), 91-109. [https://doi.org/10.1016/0191-2607\(79\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0191-2607(79)90012-8)
- Mumford, L. (1965). *The city in history: Its origins, its transformations, and its prospects*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Muñiz, I., García-López, M. À., & Calatayud, D. (2017). *Relación entre forma urbana y patrones de movilidad: el caso del área metropolitana de Barcelona*.
- Muñoz, B., López, E., & Monzón, A. (2014). Transition to a cyclable city: policies and variables affecting cycling commuting. *XVIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística*.
- Muñoz, B., Monzon, A., & Lois, D. (2013). Cycling Habits and Other Psychological Variables Affecting Commuting by Bicycle in Madrid, Spain. *Transportation Research Record: Journal of*

- the Transportation Research Board*, 2382(1), 1-9.
<https://doi.org/10.3141/2382-01>
- Nello-Deakin, S., & Brömmelstroet, M. te. (2021). Scaling up cycling or replacing driving? Triggers and trajectories of bike-train uptake in the Randstad area. *Transportation*, 48(6), 3239-3267. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10165-9>
- Nello-Deakin, S., & Harms, L. (2019). Assessing the relationship between neighbourhood characteristics and cycling: Findings from Amsterdam. *Transportation Research Procedia*, 41, 17-36. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.005>
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1989). *Cities and automobile dependence: An international sourcebook*. Gower Publishing.
- O'Brien, O., Cheshire, J., & Batty, M. (2014). Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. *Journal of Transport Geography*, 34, 262-273. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.007>
- Olafsson, A. S., Nielsen, T. S., & Carstensen, T. A. (2016). Cycling in multimodal transport behaviours: Exploring modality styles in the Danish population. *Journal of Transport Geography*, 52, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.03.010>
- Olszewski, P., & Wibowo, S. (2005). Using Equivalent Walking Distance to Assess Pedestrian Accessibility to Transit Stations in Singapore. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1927, 38-45. <https://doi.org/10.3141/1927-05>
- Orsatti, F., & Masiero, A. (2019). *Factors influencing bike-sharing usage: the case of BikeMi in Milan* [Politecnico di Milano]. <https://hdl.handle.net/10589/165319>
- Papadopoulos, C., Fazio, M., & others. (2023). Sustainable urban mobility: New approaches for public bicycles. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102108.
- Papas, T., Basbas, S., & Campisi, T. (2023). Urban mobility evolution and the 15-minute city model: from holistic to

- bottom-up approach. *Transportation Research Procedia*, 69, 544-551. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.206>
- Parkes, S. D., Marsden, G., Shaheen, S. A., & Cohen, A. P. (2013). Understanding the diffusion of public bikesharing systems: evidence from Europe and North America. *Journal of Transport Geography*, 31, 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.003>
- Pérez-Aragón, A., & Lacasaña, M. (2020). *Efecto de la pandemia de COVID-19 en la calidad del aire: Impacto en la salud respiratoria*. Escuela Andaluza de Salud Pública. <https://www.easp.es/web/coronavirusysaludpublica/efecto-de-la-pandemia-de-covid-19-en-la-calidaddel-aire-impacto-en-la-salud-respiratoria/>
- Perry, C. (1929). *The neighborhood unit*. Regional Survey of New York and Its Environs.
- Pindado, P. V. (2007). *Experiencia de participación pública en la elaboración de Planes de Movilidad Urbana Sostenible en España*. IDAE y Consorcio de Transportes de Madrid.
- Ploeger, J., & Oldenziel, R. (2024). Bicycle-Oriented Development: How the Dutch Railroad Shaped Urban Planning and Discovered Cyclists along the Way, 1960-1990. *Journal of Urban History*, 50(5), 997-1017. <https://doi.org/10.1177/00961442221133080>
- Pont, M. B. (2021). *Spacematrix - Space, Density and Urban Form*.
- Pozoukidou, G., & Chatziyiannaki, Z. (2021). 15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia. *Sustainability*, 13(2), 928. <https://doi.org/10.3390/su13020928>
- Pozueta, J. (2000). Movilidad y Planeamiento Sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 30, 1-97.
- Pozueta, J., Lamíquiz, F. J., & Porto, M. (2009). *La ciudad paseable: Recomendaciones para la consolidación de los peatones en el planeamiento, el diseño urbano y la arquitectura*.

- Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 28(4), 495–528. <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2010). Walking and Cycling for Healthy Cities. *Built Environment*, 36(4), 391–414. <https://doi.org/10.2148/benv.36.4.391>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2012). *City cycling*. MIT Press.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2017). Cycling towards a more sustainable transport future. *Transport Reviews*, 37(6), 689–694. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1340234>
- Pucher, J., & Buehler, R. (2021). *Cycling for Sustainable Cities*. MIT Press.
- Radzimski, A., & Dziecielski, M. (2021). Exploring the relationship between bike-sharing and public transport in Poznań, Poland. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 145, 189–202. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.01.003>
- Ramírez Saiz, A., Alonso, A., Jiménez Martín, D., & Lamíquiz, P. (2022). Can Proximal Environments Prevent Social Inequalities Amongst People of All Ages and Abilities? An Integrative Literature Review Approach. *Sustainability*, 14(19), 12911. <https://doi.org/10.3390/su141912911>
- Ramírez-Saiz, A., Baquero Larriva, M. T., Lamiquiz Dauden, F. J., & Higuera García, E. (2024). Proximity planning for healthier cities: lessons from Barcelona, Bergamo, Ottawa, and Portland. *Cities & Health*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/23748834.2024.2414555>
- Raposo, M., & Silva, C. (2022). City-Level E-Bike Sharing System Impact on Final Energy Consumption and GHG Emissions. *Energies*, 15(18), 6725. <https://doi.org/10.3390/en15186725>
- Realini, A., Borgarello, M., Viani, S., Maggiore, S., Nsangwe Businge, C., & Caruso, C. (2021). Estimating the Potential of Ride Sharing in Urban Areas: the Milan Metropolitan Area Case Study. *Journal of Sustainable Development of Energy*,

- Water and Environment Systems*, 9(3), 1-17.
<https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0362>
- Reimer, J. (2020). *The 15-Minute Infrastructure Trend That Could Change Public Transit as We Know It*. <https://360.here.com/15-minute-cities-infrastructure>
- Ricci, M. (2015). Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation. *Research in Transportation Business & Management*, 15, 28-38.
<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.03.003>
- Rietveld, P. (2000). The accessibility of railway stations: the role of the bicycle in The Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 5(1), 71-75.
[https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(99\)00019-X](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(99)00019-X)
- Robinson, M. D., & Oshlack, A. (2010). A scaling normalization method for differential expression analysis of RNA-seq data. *Genome Biology*, 11(3), R25. <https://doi.org/10.1186/gb-2010-11-3-r25>
- Roca-Riu, M., Menendez, M., Dakic, I., Buehler, S., & Ortigosa, J. (2020). Urban space consumption of cars and buses: an analytical approach. *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, 8(1), 237-263. <https://doi.org/10.1080/21680566.2020.1749726>
- Rodríguez, A., & Oviedo, E. (2001). *Gestión urbana y gobierno de áreas metropolitanas*. UN. CEPAL. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos.
- Romanillos, G. (2018). *La huella digital de la ciudad ciclista: visualización y análisis de rutas ciclistas GPS* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5d8ac62b2999526923674bc6>
- Rondinella, G., Fernández-Heredia, Á., & Monzón, A. (2010). Nuevo enfoque en el análisis de los factores que condicionan el uso de la bicicleta como modo de transporte urbano. *IX Congreso de Ingeniería Del Transporte*.
- Rybarczyk, G., & Wu, C. (2014). Examining the Impact of Urban Morphology on Bicycle Mode Choice. *Environment and Planning*

- B: *Planning and Design*, 41(2), 272-288.
<https://doi.org/10.1068/b37133>
- Saelens, B., & Handy, S. (2008). Built Environment Correlates of Walking. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7), S550-S566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>
- Sallis, J. F., Bull, F., Burdett, R., Frank, L. D., Griffiths, P., Giles-Corti, B., & Stevenson, M. (2016). Use of science to guide city planning policy and practice: how to achieve healthy and sustainable future cities. *The Lancet*, 388(10062), 2936-2947. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30068-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30068-X)
- Sambricio, C. (1982). Arturo Soria y la Ciudad Lineal. *Q*, 22-30.
- Sánchez-de Madariaga, I. Z. E. (2020). Midiendo la movilidad del cuidado en Madrid. Un reto para las políticas de transporte. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 203. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.203.08>
- Sanz, A., Pérez Senderos, R., & Fernández, T. (1999). *La bicicleta en la ciudad. Manual de políticas y diseño para fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte*. Ministerio de Fomento.
- Schön, P., Heinen, E., & Manum, B. (2024). A scoping review on cycling network connectivity and its effects on cycling. *Transport Reviews*, 44(4), 912-936. <https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2337880>
- Schwanen, T., & Mokhtarian, P. L. (2005). What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods? *Journal of Transport Geography*, 13(1), 83-99. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.001>
- Shaheen, S., Cohen, A., Chan, N., & Bansal, A. (2020). Sharing strategies: carsharing, shared micromobility (bikesharing and scooter sharing), transportation network companies, microtransit, and other innovative mobility modes. In *Transportation, Land Use, and Environmental Planning* (pp. 237-262). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815167-9.00013-X>

- Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6), 479–486. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.005>
- Silva, C. (2017). *Transport, land-use and accessibility: Planning for sustainable travel*. Routledge.
- Silva, C., & Altieri, M. (2022). Is regional accessibility undermining local accessibility? *Journal of Transport Geography*, 101, 103336. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103336>
- Silva, C., Büttner, B., Seisenberger, S., & Rauli, A. (2023). Proximity-centred accessibility—A conceptual debate involving experts and planning practitioners. *Journal of Urban Mobility*, 4, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100060>
- Soriguera, F., Casado, V., & Jiménez, E. (2018). A simulation model for public bike-sharing systems. *Transportation Research Procedia*, 33, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.086>
- Speck, J. (2020). *Walkable city rules: 101 steps to making better places*. Island Press.
- Stead, D., & Marshall, S. (2001). The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. <https://doi.org/10.18757/EJTIR.2001.1.2.3497>
- Stevens, M. R. (2017). Does Compact Development Make People Drive Less? *Journal of the American Planning Association*, 83(1), 7–18. <https://doi.org/10.1080/01944363.2016.1240044>
- Suárez-Vega, R., Santana-Jiménez, Y., Hernández, J. M., & Santana-Figueroa, J. J. (2023). Assessment of the Bike-Sharing Socioeconomic Equity in the Use of Routes. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(8), 320. <https://doi.org/10.3390/ijgi12080320>
- Sun, B., Ermagun, A., & Dan, B. (2017). Built environmental impacts on commuting mode choice and distance: Evidence from Shanghai. *Transportation Research Part D: Transport and*

- Environment*, 52, 441-453.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.06.001>
- Talavera-Garcia, R., Romanillos, G., & Arias-Molinares, D. (2021). Examining spatio-temporal mobility patterns of bike-sharing systems: the case of BiciMAD (Madrid). *Journal of Maps*, 17(1), 7-13.
<https://doi.org/10.1080/17445647.2020.1866697>
- Tangel, A. (2014). City bike-sharing programs hit speed bumps. *The Wall Street Journal*. <http://on.wsj.com/1oJWjuv>
- te Brömmelstroet, M., Nikolaeva, A., Nello-Deakin, S., van Waes, A., Farla, J., Popkema, M., van Wesemael, P., Liu, G., Raven, R., de Vor, F., & Bruno, M. (2020). Researching cycling innovations: The contested nature of understanding and shaping smart cycling futures. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100247.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100247>
- Tran, T. D., Ovtracht, N., & d'Arcier, B. F. (2015). Modeling Bike Sharing System using Built Environment Factors. *Procedia CIRP*, 30, 293-298.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.156>
- Vale, D. S., Saraiva, M., & Pereira, M. (2015). Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility. *Journal of Transport and Land Use*.
<https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.593>
- van Goeverden, C. D. (2022). The value of travel speed. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100530. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100530>
- Vandenbulcke, G., Dujardin, C., Thomas, I., Geus, B. de, Degraeuwe, B., Meeusen, R., & Panis, L. I. (2011). Cycle commuting in Belgium: Spatial determinants and 're-cycling' strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), 118-137.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.11.004>
- Verlinghier, E., Itova, I., Collignon, N., & Aldred, R. (2021). *The Promise of Low-Carbon Freight: Benefits of Cargo Bikes in London*.

<https://static1.squarespace.com/static/5d30896202a18c0001b49180/t/61091edc3acfda2f4af7d97f/1627987694676/The+Promise+of+Low-Carbon+Freight.pdf>

- Vitale Brovarone, E. (2022). Accessibility and mobility in peripheral areas: a national place-based policy. *European Planning Studies*, 30(8), 1444-1463. <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1894098>
- Walsh, C., Jakeman, P., Moles, R., & O'Regan, B. (2008). A comparison of carbon dioxide emissions associated with motorised transport modes and cycling in Ireland. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(6), 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.07.002>
- Wang, B., & Kim, I. (2018). Short-term prediction for bike-sharing service using machine learning. *Transportation Research Procedia*, 34, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.11.029>
- Wegener, M., & Fuerst, F. (2004). Land-Use Transport Interaction: State of the Art. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1434678>
- Winterton, R., & Warburton, J. (2011). Models of care for socially isolated older rural carers: barriers and implications. *Rural and Remote Health*. <https://doi.org/10.22605/RRH1678>
- Wu, Y.-H., Kang, L., Hsu, Y.-T., & Wang, P.-C. (2019). Exploring trip characteristics of bike-sharing system uses: Effects of land-use patterns and pricing scheme change. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(3), 318-331. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2019.05.003>
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>
- Yang, Y., Gao, T., Xu, Z., Zhang, Y., Liu, C., Shang, F., & Li, R. (2024). Quantifying the relationship between mobility patterns and socioeconomic status of dockless bike-sharing

- users. *International Journal of Modern Physics C*, 35(09).
<https://doi.org/10.1142/S0129183124501080>
- Ye, M., Zeng, S., Yang, G., & Chen, Y. (2020). Identification of contributing factors on travel mode choice among different resident types with bike-sharing as an alternative. *IET Intelligent Transport Systems*, 14(7), 639–646.
<https://doi.org/10.1049/iet-its.2019.0581>
- Zahavi, Y. (1974). *Travel time budgets and mobility in urban areas*. Federal Republic of Germany, Bonn.
- Zakariasson, A. (2022). *A study of the 15-minute city concept: Identifying strengths, risks, and challenges through imagining the implementation of the 15-minute city concept in Munich* [KTH].
<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-315750>
- Zhao, B., Deng, M., & Shi, Y. (2023). Inferring nonwork travel semantics and revealing the nonlinear relationships with the community built environment. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104889. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104889>

Anexos

Anexo 1. Análisis prescriptivo: recomendaciones.

Anexo 2. Guion de las entrevistas semiestructuradas.

2.1. Guion entrevista sistema AMBici - Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat.

2.2. Guion entrevista sistema BiBO - Boadilla del Monte.

2.3. Guion entrevista sistema BicinRivas - Rivas-Vaciamadrid.

2.4. Cuestionario cumplimentado sistema GBici (Getafe).

Anexo 3. Descripción detallada del contenido de las entrevistas.

3.1. Introducción y Visión General.

3.2. Multimodalidad.

3.3. Factores Determinantes en el Uso del Sistema

3.4. Fortalezas y Debilidades.

3.5. Datos.

3.6. Expansión y Futuro del Sistema.

Anexo 4. Resultados del análisis de regresión OLS.

4.1. OLS de los 9 casos de estudio.

4.2. OLS de Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat (Área Metropolitana de Barcelona).

4.3. OLS de Boadilla del Monte, Rivas-Vaciamadrid y Getafe (Área Metropolitana de Madrid).

4.4. OLS de Monza, San Donato Milanese (Área Metropolitana de Milán) y Bérgamo.

Anexo 1.

Análisis prescriptivo: recomendaciones

Para fomentar una movilidad urbana sostenible y reducir la dependencia del automóvil, se han identificado estrategias extraídas de la literatura y de casos de éxito. Estas estrategias combinan medidas disuasorias ("*push factors*") con incentivos que promueven el uso de la bicicleta ("*pull factors*").

A. Medidas "*push*" (disuasorias para reducir el uso del automóvil)

Para inducir un cambio modal hacia modos de transporte sostenible, se deben establecer desincentivos que reduzcan la dependencia del automóvil. Estas medidas buscan limitar el volumen de tráfico y redistribuir el espacio urbano a favor de peatones y ciclistas.

- **Restricción del tráfico y aparcamiento**

- Implementar zonas de calmado de tráfico y restringir el acceso de coches a ciertas áreas durante los fines de semana.
- Establecer aparcamientos disuasorios en los accesos a los centros urbanos.
- Limitar y aumentar el coste del aparcamiento para coches y motocicletas, especialmente en zonas de alta densidad.
- Ampliar las zonas de bajas emisiones más allá del centro de la ciudad, incluyendo las periferias metropolitanas.
- Ajustar la prioridad en las intersecciones en el siguiente orden: peatones, ciclistas, transporte público y, por último, vehículos privados.

- **Regulaciones sobre vehículos contaminantes**

- Aplicar impuestos y restricciones a los vehículos más contaminantes, asegurando medidas compensatorias para grupos vulnerables.
- Diseñar políticas fiscales que incentiven el uso de vehículos menos contaminantes.

B. Medidas "pull" (de promoción de la bicicleta)

Estas estrategias buscan incentivar el uso de la bicicleta, favoreciendo a su vez otros modos de transporte sostenibles como los desplazamientos a pie y el transporte público.

- **Desarrollo de infraestructura ciclista y peatonal**

- Desarrollar una infraestructura ciclista segura, directa, bien conectada y sin comprometer el espacio destinado a peatones.
- Asegurar la continuidad de la red ciclista, evitando la implementación de tramos inconexos.
- Aplicar el concepto de "*Shared Streets*", o calles compartidas con el tráfico motorizado, únicamente en calles secundarias y con regulaciones que prioricen la seguridad ciclista y peatonal. En calles principales, introducir infraestructura ciclista segregada.
- Ampliar la red ciclista en las periferias metropolitanas para mejorar la accesibilidad y conectividad entre municipios periféricos y con la ciudad central.

- **Integración del sistema de bicicletas públicas**

- Implementar un sistema de bicicletas públicas de fácil integración en toda el área metropolitana, similar al sistema Vélib' en París.
- Reducir la edad mínima para el uso de bicicletas públicas, permitiendo que niños acompañados puedan utilizarlas, para poder fomentar su uso desde una edad temprana.
- Ofrecer acceso gratuito temporal a sistemas de bicicleta pública en ciudades con baja cultura ciclista.
- Permitir el transporte de bicicletas en el transporte público en ciudades con baja cultura ciclista.

- **Integración con el transporte público**

- Unificar la tarjeta de transporte público con la de la bicicleta pública, como ocurre en los Países Bajos.
- Proveer estacionamientos seguros para bicicletas en los nodos de transporte público.

- **Promoción y educación**

- Implementar campañas de sensibilización sobre los beneficios del ciclismo y su integración con el transporte público. En ciudades con una cultura ciclista incipiente, las diferencias de edad y género suelen ser más pronunciadas, por lo que es fundamental enfocar la promoción en mujeres y niños.
- Facilitar duchas y vestuarios en los lugares de trabajo.

Anexo 2.

Guion entrevistas semiestructuradas

- 2.1. Guion entrevistas sistema AMBici - Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat.
- 2.2. Guion entrevistas sistema BiBO - Boadilla del Monte.
- 2.3. Guion entrevistas sistema BicinRivas - Rivas-Vaciamadrid.
- 2.4. Cuestionario cumplimentado sistema GBici (Getafe).

TESIS DOCTORAL.

*El despliegue de la bicicleta pública en
áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de
proximidad en la ciudad dispersa.*

Beatriz Martínez Rico



POLITÉCNICA

Guión entrevista

Servicio de Bicicletas Públicas AMBici (Área Metropolitana de Barcelona)

Introducción y Visión General

- ¿Podrían comenzar por describir su labor y responsabilidades en la gestión del sistema de bicicletas públicas AMBici?
- ¿Qué papel consideran que tiene el sistema AMBici en la movilidad urbana de cada municipio y entre municipios? ¿Qué relevancia creen que tienen estos sistemas en la ciudad en su conjunto?
- Desde su perspectiva, ¿cómo influye la implementación de medidas restrictivas sobre el uso del automóvil, como la ZBE o la gestión de aparcamientos, en el uso de las bicicletas públicas?

Multimodalidad

- ¿Cómo valoráis la integración del sistema AMBici con otros modos de transporte público, como el tren, metro o tranvía?
- ¿Qué medidas o mejoras consideráis necesarias para lograr una mayor conectividad multimodal? ¿Conocéis alguna ciudad que consideréis un modelo de referencia en este aspecto?
- ¿Cómo valoráis la conexión del sistema AMBici del Área Metropolitana de Barcelona con el sistema Bicing del centro de la ciudad?
- ¿Qué propuestas o mejoras implementaríais para facilitar el uso combinado de ambos servicios? ¿Tenéis alguna ciudad de

referencia con un modelo exitoso de integración entre sistemas locales y metropolitanos?

Factores Determinantes en el Uso del Sistema AMBici

En la presente investigación se analizan específicamente los municipios de Cornellá, El Prat y Sant Boi de Llobregat, pioneros en la implementación del sistema AMBici.

- En su opinión, ¿cuáles son los factores clave que favorecen un mayor uso del sistema en Cornellá o en El Prat de Llobregat en comparación con Sant Boi de Llobregat?
- En cuanto a estaciones específicas, ¿qué factores consideran determinantes para un mayor uso en estaciones como FGC Cornellá-Riera o Plaza Catalunya, en Cornellá de Llobregat; Metro El Prat Estació o L'Artesà, en El Prat de Llobregat; o Parc de la Muntanyeta, ¿en Sant Boi de Llobregat?
- ¿Cuáles creen que son las razones detrás del menor uso en estaciones como el CEM Pau Gasol o el Institut Camps Blancs, en Sant Boi de Llobregat, o el metro Cèntric, en el Prat de Llobregat? ¿Qué acciones se podrían considerar para aumentar el uso en estas áreas?

Fortalezas, Debilidades y Barreras de AMBici

- ¿Cuáles consideran que son las principales fortalezas del sistema AMBici?
- ¿Cuáles son, en su opinión, las debilidades más relevantes? ¿Cómo consideran que podrían afrontarse o minimizarse?

Datos

- Según los registros de uso obtenidos mediante la web del servicio entre octubre de 2023 y septiembre de 2024, se han contabilizado 676.995 usos (OD) en total en Cornellá, 348.622 en el Prat, y 256.940 en Sant Boi. ¿Estos datos coinciden con los registros de la AMB? ¿Sería posible acceder a los datos más recientes?
- ¿Tienen datos demográficos (edad, género) y de motivo de viaje de los usuarios del sistema AMBici?

Expansión y Futuro del Sistema

- ¿Cómo evalúan la infraestructura ciclista actual en los distintos municipios?, ¿tienen planes para mejorarla?
- El sistema AMBici lleva en funcionamiento menos de dos años. ¿Qué planes de expansión tienen previstos? ¿Con qué criterios se decidirán los municipios donde implementar el servicio?, ¿y la ubicación de las estaciones?
- Las bicicletas actuales son eléctricas. ¿Tienen prevista alguna otra innovación o mejora tecnológica para el sistema en el futuro cercano?

TESIS DOCTORAL.

*El despliegue de la bicicleta pública en áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de proximidad en la ciudad dispersa.*

Beatriz Martínez Rico



POLITÉCNICA

Guión entrevista

Servicio de Bicicletas Públicas BiBO (Boadilla del Monte)

Introducción y Visión General

- ¿Podrían comenzar por describir su labor y responsabilidades en la gestión del sistema de bicicletas públicas BiBO?
- ¿Qué papel consideran que tiene el sistema BiBO en la movilidad urbana de su municipio? ¿Qué relevancia creen que tienen estos sistemas en la ciudad en su conjunto?
- Desde su perspectiva, ¿cómo influye la implementación de medidas restrictivas sobre el uso del automóvil, como la ZBE o la gestión de aparcamientos, en el uso de las bicicletas públicas?

Multimodalidad

- ¿Cómo valoráis la integración del sistema BiBO con otros modos de transporte público, como el metro ligero y/o el autobús?
- ¿Qué medidas o mejoras consideráis necesarias para lograr una mayor conectividad multimodal? ¿Conocéis alguna ciudad que consideréis un modelo de referencia en este aspecto?
- ¿Cómo valoráis la conexión del sistema BiBO de Boadilla del Monte con el sistema BiciMAD?
- ¿Qué propuestas o mejoras implementaríais para facilitar el uso combinado de ambos servicios? ¿Tenéis alguna ciudad de referencia con un modelo exitoso de integración entre sistemas locales y metropolitanos?

Factores Determinantes en el Uso del Sistema BiBO

- En su opinión, ¿cuáles son los factores clave que favorecen un mayor uso del sistema en estaciones específicas, como las de Plaza Virgen María, el Ayuntamiento, la Piscina Cubierta o el Auditorio Municipal?
- ¿Cuáles creen que son las razones detrás del menor uso en estaciones como la Ciudad Financiera? ¿Qué acciones se podrían considerar para aumentar el uso en estas áreas?

Fortalezas, Debilidades y Barreras de BiBO

- ¿Cuáles consideran que son las principales fortalezas del sistema BiBO?
- ¿Cuáles son, en su opinión, las debilidades más relevantes? ¿Cómo consideran que podrían afrontarse o minimizarse?

Datos

- Según los datos de uso que me compartieron de 2019 a 2022, ¿el uso se ha mantenido, disminuido o aumentado en los últimos dos años tras la pandemia? ¿A qué factores atribuye estas tendencias? ¿Sería posible contar con los datos más recientes?
- ¿Disponen de datos desglosados por hora del día y estación para analizar patrones de uso? ¿Sería posible acceder a esa información?
- ¿Tienen datos demográficos (edad, género) y de motivo de viaje de los usuarios del sistema BiBO?

Expansión y Futuro del Sistema

- ¿Cómo evalúan la infraestructura ciclista actual en el municipio?, ¿tienen planes para mejorarla?
- Además, he leído que el sistema BiBO añadirá 27 nuevas estaciones en 2025. ¿Podrían darme más detalles sobre este plan de expansión? ¿Con qué criterios se decidirán las nuevas ubicaciones de las estaciones?
- Las bicicletas actuales son eléctricas. ¿Tienen prevista alguna otra innovación o mejora tecnológica para el sistema en el futuro cercano?

TESIS DOCTORAL.

*El despliegue de la bicicleta pública en
áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de
proximidad en la ciudad dispersa.*

Beatriz Martínez Rico



POLITÉCNICA

Guión entrevista

Servicio de Bicicletas Públicas BicinRivas (Rivas-Vaciamadrid)

Introducción y Visión General

- ¿Podrían comenzar por describir su labor y responsabilidades en la gestión del sistema de bicicletas públicas BicinRivas?
- ¿Qué papel consideran que tiene el sistema BicinRivas en la movilidad urbana de su municipio? ¿Qué relevancia creen que tienen estos sistemas en la ciudad en su conjunto?
- Desde su perspectiva, ¿cómo influye la implementación de medidas restrictivas sobre el uso del automóvil, como la ZBE o la gestión de aparcamientos, en el uso de las bicicletas públicas?

Multimodalidad

- ¿Cómo valoráis la integración del sistema BicinRivas con otros modos de transporte público, como el metro o el autobús?
- ¿Qué medidas o mejoras consideráis necesarias para lograr una mayor conectividad multimodal? ¿Conocéis alguna ciudad que consideréis un modelo de referencia en este aspecto?
- ¿Cómo valoráis la conexión del sistema BicinRivas de Rivas-Vaciamadrid con el sistema BiciMAD del centro de la ciudad?
- ¿Qué propuestas o mejoras implementaríais para facilitar el uso combinado de ambos servicios? ¿Tenéis alguna ciudad de referencia con un modelo exitoso de integración entre sistemas locales y metropolitanos?

Factores Determinantes en el Uso del Sistema BicinRivas

- ¿Cuáles son, en su opinión, los factores clave que contribuyen a un mayor uso en estaciones específicas, como las de Metro Rivas Futura, Metro Rivas Urbanizaciones, Barrio La Luna u 8 de Marzo?
- ¿Cuáles creen que son las razones detrás del menor uso en estaciones como la del Centro de Formación (CFOR), Enebro, Marcelino Camacho o Manuel Azaña? ¿Qué acciones se podrían considerar para aumentar el uso en estas áreas?

Fortalezas, Debilidades y Barreras de BicinRivas

- ¿Cuáles consideran que son las principales fortalezas del sistema BicinRivas?
- ¿Cuáles son, en su opinión, las debilidades más relevantes? ¿Cómo consideran que podrían afrontarse o minimizarse?

Datos

- Según los registros de uso obtenidos mediante la web del servicio entre octubre de 2023 y septiembre de 2024, se han contabilizado 107.379 usos en total. ¿Estos datos coinciden con los registros del Ayuntamiento? ¿Sería posible acceder a los datos más recientes?
- ¿Tienen datos demográficos (edad, género) y de motivo de viaje de los usuarios del sistema BicinRivas?

Expansión y Futuro del Sistema

- ¿Cómo evalúan la infraestructura ciclista actual en los distintos municipios?, ¿tienen planes para mejorarla?
- He leído que se ha adjudicado el contrato de renovación del sistema BicinRivas, que contará con más estaciones y se duplicará el número de anclajes por estación. ¿Con qué criterios se decidirán las nuevas ubicaciones de las estaciones?
- Desde enero de este año, muchas de las bicicletas de BicinRivas se han convertido en eléctricas. ¿Se ha observado un aumento en el uso del sistema a raíz de este cambio? Además, también he leído que para 2025 todas las bicicletas serán eléctricas. ¿Tienen prevista alguna otra innovación o mejora tecnológica para el sistema en el futuro cercano?

TESIS DOCTORAL.

*El despliegue de la bicicleta pública en
áreas metropolitanas:
Abordando el desafío del urbanismo de
proximidad en la ciudad dispersa.*

Beatriz Martínez Rico



Cuestionario cumplimentado

Servicio de Bicicletas Públicas GBici - Getafe

Introducción y Visión General

- ¿Podrían comenzar por describir su labor y responsabilidades en la gestión del sistema de bicicletas públicas GBici?

Seguimiento del contrato de concesión para el Servicio:
datos de explotación y calidad.

- ¿Qué papel consideran que tiene el sistema GBici en la movilidad urbana de su municipio? ¿Qué relevancia creen que tienen estos sistemas en la ciudad en su conjunto?

Oferta de un modo de transporte público alternativo o complementario en aspectos importantes tales como la intermodalidad. LA combinación bici + Transporte Colectivo puede contribuir a la reducción del uso del coche.

Pueden contribuir a una mayor participación de la bicicleta en general (tanto pública como no pública) en el reparto modal.

- Desde su perspectiva, ¿cómo influye la implementación de medidas restrictivas sobre el uso del automóvil, como la ZBE o la gestión de aparcamientos, en el uso de las bicicletas públicas?

Sólo con datos se puede valorar: No han coincidido en el tiempo y no es posible valorarlo.

Multimodalidad

- ¿Cómo valoráis la integración del sistema GBici con otros modos de transporte público, como el tren o metro?

La integración de la tarjeta de transporte público ha sido muy positiva, al atraer al servicio usuarios de la misma.

- ¿Qué medidas o mejoras considerarías necesarias para lograr una mayor conectividad multimodal? ¿Conocéis alguna ciudad que consideréis un modelo de referencia en este aspecto?

Aparcamientos seguros para bicicletas en general, privadas y públicas (cerrados y cubiertos) en las estaciones ferroviarias)

- ¿Cómo valoráis la conexión del sistema GBici de Getafe con otros sistemas de bicicletas públicas en la ciudad como el sistema BiciMAD o el sistema de bicicletas públicas de Leganés?

Sería positivo pero es técnicamente difícil a todos los niveles

- ¿Qué propuestas o mejoras implementaríais para facilitar el uso combinado de ambos servicios? ¿Tenéis alguna ciudad de referencia con un modelo exitoso de integración entre sistemas locales y metropolitanos?

Gandía - SaforBici puede ser que en su momento estuviera funcionando bien, aunque no tenemos conocimiento de datos, si bien este caso tampoco sería comparable a grandes áreas metropolitanas.

Factores Determinantes en el Uso del Sistema GBici

- En su opinión, ¿cuáles son los factores clave que favorecen un mayor uso del sistema en estaciones específicas, como la Estación Las Margaritas, el Conservatorio, la Universidad, Getafe Central o Plaza de España?

Principalmente intermodalidad, así como proximidad a grandes centros atractores y a concentraciones urbanas de actividades.

- ¿Cuáles creen que son las razones detrás del menor uso en estaciones como la Estación El Casar, CC Alhóndiga, Polideportivo Alhóndiga o Buenavista? ¿Qué acciones se podrían considerar para aumentar el uso en estas áreas?

Cada caso es diferente. Principalmente barreras viarias, distancias y asimetría en los desplazamientos. No hay posibilidad de mejora, pero era necesario ofertar el servicio a todos los barrios con independencia de su potencial uso.

Fortalezas, Debilidades y Barreras de GBici

- ¿Cuáles consideran que son las principales fortalezas del sistema GBici?

Útil para determinados desplazamientos en el núcleo urbano siendo la alternativa más rápida y barata.

En general, funcionalmente bien integrado en una ciudad ideal para el uso de la bicicleta, por no tener grandes avenidas ni pendientes.

Precios asequibles.

Un numero aceptable de usos por abonado, en torno a 4,6 en el año pasado, lo cual indica fidelidad.

Haber sido capaz de adaptarse a la tecnología mediante app de móvil con bajo coste.

- ¿Cuáles son, en su opinión, las debilidades más relevantes? ¿Cómo consideran que podrían afrontarse o minimizarse?

No existir una red de estaciones en las que exista un mismo número de préstamos distribuido entre todas las estaciones a las mismas horas, de tal forma que no sea necesaria redistribución continua de bicicletas en las estaciones para garantizar su disponibilidad.

Los viajeros que capta el sistema probablemente no provienen de los desplazamientos en coche, sino que son caminantes o usuarios del transporte público. Aunque el Servicio es positivo para promover entre la ciudadanía la movilidad sostenible, la inversión no produce un retorno satisfactorio en lo que a explotación se refiere.

Aunque cabe pensar que pudiera ser el siguiente paso para mayor satisfacción de la ciudadanía, por los altos costes de implantación y mantenimiento no está claro que una electrificación de la flota logre mejorar ese retorno.

Más que debilidades, existen graves amenazas como el vandalismo, cuya solución es difícil.

Datos:

- Según los registros de uso obtenidos mediante la página web del servicio entre octubre de 2023 y septiembre de 2024, se han contabilizado 11.484 usos en total. ¿Estos datos coinciden con los registros de Getafe? ¿Sería posible acceder a los datos más recientes?

mes	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep
usos	804	661	471	383	339	506	486	708	627	551	397	262	354

- ¿Disponen de datos desglosados por hora del día y estación para analizar patrones de uso? ¿Sería posible acceder a esa información?

Hora del día No

Origen destino estaciones:

Origen Destino	01 - BUENAVISTA (AVENIDA MANUEL AZAÑA)	02 - CC CONSERVATORIO	03 - CC ALHÓNDIGA	04 - ESTACIÓN GETAFE CENTRAL	05 - AYUNTAMIENTO (PLAZA CARRETAS)	06 - PLAZA ESPAÑA	07 - CRUCE C/MADRID-AV. JUAN DE LA CIERVA	08 - CC JUAN DE LA CIERVA	09 - RESIDENCIA DE ESTUDIANTES	10 - FUENTE DE GOYA	11 - TRECE ROSAS	12 - PARQUE AVIOCAR	13 - POLIDEPORTIVO ALHÓNDIGA	14 - PLAZA DE LA MAGDALENA	15 - UNIVERSIDAD UC3M	16 - ESTACIÓN LAS MARGARITAS	17 - ESTACIÓN EL CASAR	18 - LOS MOLINOS	Total
00 - CIERRE MANUAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01 - BUENAVISTA (AVENIDA MANUEL AZAÑA)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
02 - CC CONSERVATORIO	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
03 - CC ALHÓNDIGA	0	0	13	2	2	1	5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	26
04 - ESTACIÓN GETAFE CENTRAL	1	0	2	6	5	1	7	0	0	0	27	11	0	5	10	0	0	0	75
05 - AYUNTAMIENTO (PLAZA CARRETAS)	0	0	1	2	4	0	2	5	0	2	1	0	0	4	3	1	2	1	28
06 - PLAZA ESPAÑA	0	0	0	3	2	27	0	6	0	3	5	0	0	0	0	1	0	0	47
07 - CRUCE C/MADRID-AV. JUAN DE LA CIERVA	0	9	3	14	1	7	6	0	0	3	5	0	0	0	2	1	0	0	51
08 - CC JUAN DE LA CIERVA	0	1	1	0	4	5	0	13	0	2	1	0	0	1	0	1	0	1	30
09 - RESIDENCIA DE ESTUDIANTES	0	0	0	0	1	0	0	0	7	1	4	0	0	0	4	14	0	0	31
10 - FUENTE DE GOYA	0	0	0	5	2	9	14	1	3	4	5	0	0	1	16	4	3	3	70
11 - TRECE ROSAS	0	0	1	24	0	5	4	0	0	6	9	0	0	11	3	25	0	0	88
12 - PARQUE AVIOCAR	0	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	12
13 - POLIDEPORTIVO ALHÓNDIGA	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	8
14 - PLAZA DE LA MAGDALENA	0	0	0	10	0	0	4	1	0	0	7	0	2	11	24	0	0	0	59
15 - UNIVERSIDAD UC3M	0	0	1	12	4	1	2	0	2	7	0	0	0	24	17	8	0	0	78
16 - ESTACIÓN LAS MARGARITAS	0	0	0	0	4	0	2	0	3	10	14	5	0	0	28	1	0	0	67
17 - ESTACIÓN EL CASAR	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	18	0	0	0	0	2	0	4	27
18 - LOS MOLINOS	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4
Total	2	14	22	83	33	56	51	28	15	40	96	16	2	61	111	62	5	11	708

- ¿Tienen datos demográficos (edad, género) y de motivo de viaje de los usuarios del sistema GBici?

No.

Expansión y Futuro del Sistema

- ¿Cómo evalúan la infraestructura ciclista actual en el municipio?, ¿tienen planes para mejorarla?

Se ha redactado una estrategia de micromovilidad que se está consensuando. Incluye mejoras en la infraestructura ciclista.

- ¿Tienen planes de expansión previstos? Si es así, ¿con qué criterios se decidirán las nuevas ubicaciones de las estaciones?

No.

- ¿Tienen prevista alguna innovación o mejora tecnológica para el sistema en el futuro cercano?

No.

Comentarios Finales

- ¿Hay alguna otra observación o comentario que quieran compartir sobre el tema?

Finalizado el servicio 25 de octubre de 2024

Está empezando a plantearse en otras ciudades servicios de bicicletas públicas de larga duración. Se está viendo cómo funcionan.

Anexo 3.

Descripción detallada del contenido de las entrevistas

- 3.1. Introducción y Visión General.
- 3.2. Multimodalidad.
- 3.3. Factores Determinantes en el Uso del Sistema
- 3.4. Fortalezas y Debilidades.
- 3.5. Datos.
- 3.6. Expansión y Futuro del Sistema.

En este **Anexo 3** se presenta una descripción detallada del contenido de las **entrevistas semiestructuradas con los responsables de los sistemas de bicicleta pública** de los municipios estudiados de Barcelona y Madrid: **AMBici (municipios del Área Metropolitana de Barcelona)**, **BiBO (Boadilla del Monte)**, **BicinRivas (Rivas-Vaciamadrid)** y **GBici (Getafe)**, este último mediante un cuestionario.

3.1. Introducción y Visión General.

Esta primera parte introductoria se centra en el papel del sistema de bicicleta pública en cada caso estudiado.

- **AMBici - Área Metropolitana de Barcelona**

La entrevista fue realizada a **Rossend Bosch**, responsable de proyectos de la Dirección de Servicios de Movilidad Sostenible del Área Metropolitana de Barcelona (AMB).

Bosch comenzó introduciendo el sistema AMBici, que fue inaugurado en 2023 como respuesta a la necesidad de implementar un sistema de bicicleta pública en el Área Metropolitana de Barcelona. El Área Metropolitana de Barcelona abarca tanto el centro de Barcelona, donde opera el sistema Bicing, como los 35 municipios de su alrededor.

La primera fase del proyecto AMBici ha incluido 15 municipios, seleccionados bajo el criterio de continuidad urbana con la ciudad de Barcelona, destacando la importancia de una conexión física y funcional. En el futuro, se prevé una segunda fase que integre más municipios, aunque esto dependerá de factores como la disponibilidad económica y la voluntad política de los gobiernos locales.

El **objetivo a largo plazo** de AMBici es **integrar los 35 municipios del área metropolitana bajo un mismo sistema de bicicleta pública y, eventualmente, unificarlo con Bicing** para crear una red completamente interoperable. No obstante, este proyecto enfrenta **retos contractuales y económicos que dificultan su implementación inmediata**.

- o Gestión y operación

La AMB ha encargado la organización y gestión operativa de AMBici a una empresa pública, **Transports Metropolitans de Barcelona (TMB)**, a través de un contrato con un operador técnico. Este operador se encarga de la logística diaria, incluyendo la redistribución de bicicletas mediante camiones, reparaciones y mantenimiento.

Rossend Bosch supervisa el trabajo de TMB, gestionando el presupuesto asignado y asegurando la calidad del servicio. Además, **la AMB actúa como intermediaria entre los ayuntamientos y el operador**, definiendo las aportaciones económicas anuales y colaborando con los gobiernos locales en la ubicación y oferta de bicicletas en cada municipio.

Según Bosch, todos los ayuntamientos comparten objetivos comunes respecto a la movilidad sostenible, pero **las barreras financieras han sido un desafío importante**. La primera fase se ha beneficiado de los **fondos Next Generation**, que han cubierto el 90% de la inversión inicial en infraestructura, complementados por aportaciones de la AMB (10%). Sin embargo, la gestión y el mantenimiento del sistema requieren de una financiación anual basada en un modelo de ingresos mixto: **aproximadamente el 25% proviene de las tarifas de usuario, el 55% de los ayuntamientos, y el 20% restante de la AMB**. Esta estructura evidencia el **carácter deficitario** del sistema, algo común en los servicios de bicicleta pública.

Aunque la financiación inicial contó con el apoyo de los fondos Next Generation, **las fases futuras probablemente dependerán únicamente de los recursos propios de la AMB y los ayuntamientos**, lo que podría limitar la velocidad y alcance de la expansión. A pesar de estas barreras, el **creciente interés de otros municipios por unirse al sistema** refleja el potencial de AMBici.

o Implementación y adaptación del sistema

Desde su lanzamiento, AMBici ha implementado estaciones en **puntos estratégicos, como estaciones de tren, zonas céntricas y áreas residenciales densas**. Estas estaciones, diseñadas inicialmente con un modelo estándar de **20 anclajes y 10 bicicletas**, se han ajustado en función de la demanda y de la disponibilidad económica. Algunos municipios han quedado más infradotados, pero Bosch indica que esto se pretende resolver en los próximos años. **En áreas con alta afluencia, se han añadido más anclajes y se ha introducido una opción de aparcamiento fuera de la estación**, utilizando un sistema que bloquea la rueda trasera. Esta solución, probada inicialmente como piloto, ahora es estable en el sistema.

El sistema utiliza bicicletas de la empresa alemana **NextBike**, similares a las empleadas en ciudades como Bérgamo y San Donato Milanese, que permiten estacionar fuera de los anclajes oficiales. Esta **flexibilidad** ha facilitado la gestión operativa

y mejorado la experiencia del usuario, aunque la redistribución de bicicletas sigue siendo un desafío constante.

o Impacto en la movilidad urbana

AMBici tiene como objetivo ser un modo de transporte relevante en la movilidad metropolitana, **siguiendo el modelo de Bicing en Barcelona**. Este último representa entre el **3-5% del reparto modal** en la ciudad, mientras que AMBici, con menos de dos años de operación, alcanza ya entre el **2-3%**, lo que lo posiciona como una opción emergente en la región.

Según Bosch, el sistema ha mostrado relevancia tanto en **desplazamientos intramunicipales** (60% aproximadamente) **como intermunicipales** (40% aproximadamente), aunque **estas proporciones varían según las características urbanas** de cada municipio y su conectividad con las localidades vecinas, como ya se ha podido observar en el apartado 5.2.3. de resultados. Bosch indica que municipios como El Prat de Llobregat presentan una baja proporción de viajes intermunicipales debido a su relativa desconexión física con los municipios vecinos, mientras que localidades como Cornellà de Llobregat o Sant Just Desvern, con una mayor integración urbana, alcanzan cifras de intermodalidad mucho más altas (**65%** en el caso de Sant Just Desvern).

Incluso municipios estratégicamente ubicados entre Barcelona y Badalona, como Sant Adrià de Besòs, presentan un alto porcentaje de desplazamientos intermunicipales, lo que **evidencia la importancia de la infraestructura ciclista para conectar áreas urbanas densamente pobladas**. Este impacto no solo ayuda a reducir los desplazamientos en coche, sino que también ofrece una **alternativa eficiente al transporte público en trayectos de corta y media distancia**.

o Relación con las políticas de movilidad restrictiva

Según Rossend Bosch, en el centro de Barcelona, el uso del coche para desplazamientos diarios es casi innecesario. Indica que este es el modelo que se busca replicar en los municipios periféricos. Sin embargo, la **heterogeneidad en la implementación de las Zonas de Bajas Emisiones** en términos de calendarios y niveles de restricción supone un **desafío para establecer un impacto homogéneo en toda el área metropolitana**.

Por otro lado, **la implementación de AMBici se alinea con las medidas restrictivas sobre el uso del automóvil**. Bosch explica que, aunque todavía **no hay datos concretos** sobre cuántos desplazamientos en coche se han sustituido directamente por

desplazamientos en bicicleta pública, el hecho de ofrecerle al ciudadano la alternativa de la bicicleta como un servicio de calidad amplio y con una oferta importante, facilita políticamente vender estas restricciones, ya que se les está dando una alternativa clara: AMBici conectado con el transporte público.

- **BiBO - Boadilla del Monte**

En el caso de BiBO, la entrevista fue realizada a **Ignacio Barrueco**, Coordinador de Obra Civil de los Servicios Técnicos del Área de Obra Civil del Ayuntamiento de Boadilla del Monte.

Boadilla del Monte se caracteriza por su **dispersión urbana y zonas de baja densidad**, como Las Lomas, lo que según Ignacio plantea desafíos para la implementación de un sistema de bicicleta pública. Además, el municipio se distingue por su **nivel socioeconómico alto**. Ignacio subraya la importancia de que los residentes sientan el sistema como suyo, lo que fomenta tanto el cuidado como la utilización responsable del servicio.

Además, Ignacio Barrueco destaca el sistema BiBO, operativo desde 2018, como una iniciativa pionera **a nivel nacional** al ser el **primer sistema exclusivamente eléctrico** en su lanzamiento.

- o Gestión y operación

BiBO se concibe como un servicio público cuyo objetivo principal es ofrecer una **alternativa de movilidad sostenible** a los ciudadanos, sin pretensiones de rentabilidad económica. Los abonos de usuarios solo cubren entre el 10 y el 12% del coste total del sistema. **"Cualquier sistema de bicicletas públicas que se haya implantado como negocio probablemente acabe quebrando"**, señala Ignacio.

- o Implementación y adaptación del sistema

El proyecto surgió de la **colaboración con el Banco Santander**, que promovió la instalación inicial de **10 estaciones**, en línea con las directrices del convenio establecido.

La tarifa de abono anual es de 25 euros, con la primera hora de uso gratuita. Ignacio Barrueco explica que esta estructura tarifaria resulta adecuada para los desplazamientos típicos dentro de Boadilla del Monte, ya que la mayoría de los trayectos pueden completarse en menos de una hora. Este enfoque busca fomentar el uso del sistema, especialmente entre los jóvenes, según indica Ignacio.

Cabe destacar que en el caso de BiBO, tras el COVID bajaron los abonados en casi un 30%, y como consecuencia los usos, y le ha costado recuperarse.

o Impacto en la movilidad urbana

Durante la entrevista, Ignacio destacó el margen de mejora y crecimiento del sistema BiBO. Aunque actualmente está limitado a 10 estaciones debido a los términos del convenio inicial, el Ayuntamiento considera opciones para su **ampliación futura, adaptándose a la demanda creciente de los residentes y a las necesidades del municipio.**

El éxito del sistema dependerá de su capacidad para seguir ofreciendo un **servicio accesible, eficiente y sostenible que diversifique las opciones de transporte en un municipio caracterizado por su dispersión urbana y dependencia del automóvil.** A largo plazo, Ignacio considera que BiBO apunta a consolidarse como una alternativa real y efectiva en Boadilla del Monte.

o Relación con las políticas de movilidad restrictiva

La Zona de Bajas Emisiones (ZBE) implantada en el municipio ha tenido un impacto limitado. Su aplicación al casco urbano responde más a un **cumplimiento normativo** que a una estrategia activa para reducir el uso del automóvil. Por tanto, **no se percibe una correlación directa entre la ZBE y el uso de BiBO.**

La estrategia de Boadilla del Monte se ha centrado exclusivamente en medidas para atraer usuarios con opciones atractivas como BiBO, sin apenas aplicar medidas restrictivas sobre el uso del coche. Por lo tanto, el sistema BiBO busca **complementar la movilidad local,** proporcionando una alternativa al automóvil.

• **BicinRivas – Rivas-Vaciamadrid**

El sistema de bicicleta pública BicinRivas, lleva en funcionamiento desde el año 2011. Durante la entrevista realizada a **José Jiménez,** Técnico Especialista de Movilidad del Ayuntamiento, se compartió información detallada sobre la implementación, operación y planes futuros del sistema.

o Gestión y operación

BicinRivas opera a través de un **modelo mixto de gestión.** La administración del sistema, incluyendo la asignación de abonos y la atención al usuario, recae en los Servicios de Movilidad del Ayuntamiento, mientras que las labores de mantenimiento y reparación son realizadas por una empresa pública municipal.

El abono anual tiene un coste de 30 euros, y como en muchos sistemas de bicicleta pública, **la financiación del servicio depende mayoritariamente del Ayuntamiento**. Asimismo, **los ingresos generados por los abonos no representan una proporción significativa de los costes operativos**, reflejando el enfoque público del sistema como un **servicio de transporte esencial y no como un modelo comercial**.

o Implementación y adaptación del sistema

Desde su implementación, BicinRivas busca consolidarse como una pieza **clave en la estrategia de movilidad sostenible de Rivas-Vaciamadrid**. A largo plazo, el objetivo sería **integrar su funcionamiento con otros sistemas, extendiendo su influencia más allá del ámbito local**, aunque José Jiménez indica que esto presenta numerosas dificultades.

Actualmente, **la mayoría de los usuarios son jóvenes**. Utilizan BicinRivas principalmente para desplazarse a los **institutos, estaciones de metro y centros deportivos del municipio**.

Uno de los aspectos más distintivos del sistema es que permite el **acceso a partir de los 14 años**, con supervisión de un tutor legal hasta los 18 años. Esta decisión, tomada tras un amplio debate, marca una diferencia respecto a otros servicios similares, que generalmente establecen la edad mínima en 16 años.

o Impacto en la movilidad urbana

José explicó que hoy en día el impacto del sistema BicinRivas se concentra en el ámbito local, aunque existe potencial para su influencia en la movilidad intermunicipal. Sin embargo, señaló que Rivas-Vaciamadrid enfrenta **desafíos significativos para lograr una mayor interconexión, tanto en términos de acuerdos administrativos entre sistemas de bicicleta pública como en la infraestructura ciclista que conecte el municipio con los barrios de Madrid**.

Además, destacó **el caso de AMBici en el Área Metropolitana de Barcelona como un ejemplo** positivo de integración y cooperación intermunicipal, aunque reconoció que replicar este modelo en el Área Metropolitana de Madrid presenta dificultades. Indica también que **a pesar de algunos intentos de contacto con BiciMAD, no se ha logrado establecer una colaboración hasta el momento**.

En definitiva, el futuro de BicinRivas pasa por superar las barreras de integración con otros sistemas y mejorar la infraestructura ciclista para facilitar viajes más largos e intermunicipales.

o Relación con las políticas de movilidad restrictiva

Rivas-Vaciamadrid no ha implementado una **Zona de Baja Emisiones (ZBE)** en el centro del municipio, pero sí **en los entornos de la mayoría de los centros educativos** de infantil y primaria. Esto se ha llevado a cabo con diferentes grados de restricción: desde peatonalizaciones completas hasta prohibiciones de aparcamiento en horarios específicos.

Sin embargo, **estas medidas no han tenido un impacto directo en el uso de BicinRivas**. Según José, esto se puede deber a que los menores de 14 años no pueden acceder al sistema, lo que limita el efecto de estas ZBE en la promoción del uso de la bicicleta pública. Por otro lado, la ausencia de carriles bici en las ZBE refuerza la **desconexión entre estas iniciativas y el sistema de bicicleta pública**.

• **GBici - Getafe**

En el caso del sistema GBici, se realizó un cuestionario dirigido al **Servicio de Movilidad y Transporte del Ayuntamiento de Getafe**, al no poder acceder a una entrevista con el responsable de este servicio.

Según lo indicado en las respuestas a este cuestionario, Gbici fue diseñado con el objetivo de **ofrecer un modo de transporte público alternativo o complementario al transporte público, que pueda contribuir a la reducción del uso del coche**. Además, estos sistemas de bicicleta pública pueden contribuir a una **mayor participación de la bicicleta** en el reparto modal, tanto pública como privada.

Respecto a la posible relación entre las medidas restrictivas del automóvil y el uso del sistema de bicicleta pública, se indica que no hay datos al respecto. Estas medidas no han coincidido en el tiempo con la implementación de GBici, por lo que no es posible valorarlo.

3.2. Multimodalidad.

En el marco teórico de esta investigación se revela la **importancia de la integración de los sistemas de bicicleta pública con el transporte público**, en la búsqueda de un modelo de movilidad sostenible y eficiente, **especialmente en grandes áreas metropolitanas**. A continuación, se presentan las estrategias, logros y retos en relación con la multimodalidad de los sistemas AMBici, BiBO, BicinRivas, y GBici, destacados en las entrevistas y en el cuestionario en el caso de GBici.

- **AMBici**

Rossend Bosch explica que el sistema AMBici **se diseñó desde sus inicios con el objetivo de ser un complemento al transporte público**, integrando la bicicleta como un apoyo fundamental al sistema de movilidad metropolitana. Este planteamiento estratégico busca, no solo aumentar el uso de la bicicleta pública, sino también fortalecer el transporte público.

Uno de los principales criterios de planificación de AMBici ha sido la **ubicación de estaciones junto a nodos de transporte público, especialmente estaciones de tren**. Esto responde a la centralidad que tienen estas infraestructuras en la movilidad de muchos municipios del área metropolitana, donde **el tren es un eje vertebrador del transporte diario**. Rossend Bosch indica además que **los datos corroboran que las estaciones de AMBici situadas en estas ubicaciones concentran el mayor número de usos**. Por otro lado, el sistema de autobuses, al ser más disperso y con una cobertura más amplia, no se ha integrado de manera tan directa con las estaciones de bicicleta pública. **Esto último concuerda con los resultados del análisis de esta investigación, donde se descartó la variable de las paradas de autobús al no resultar significativa**.

Por otro lado, un aspecto destacado del modelo de AMBici es su gestión por parte de la empresa pública de transporte TMB, un movimiento que busca generar sinergias y facilitar futuros proyectos de integración entre bicicleta y transporte público. **Entre las iniciativas de futuro, se encuentra la posibilidad de integrar AMBici en la tarjeta de transporte público**, lo que permitiría a los usuarios utilizar ambos servicios con un único soporte. **También se estudian incentivos cruzados**, donde los usuarios obtienen abonos de transporte público gratuitos o con precio reducido por cada desplazamiento realizado en bicicleta y viceversa, lo cual podría ser una herramienta poderosa para fomentar la multimodalidad.

Sin embargo, este nivel de integración enfrenta **barreras administrativas y contractuales, ya que la AMB no tiene competencias exclusivas sobre todo el sistema integrado**. Esto obliga a negociar con otros actores, como la Autoridad del Transporte Metropolitano, lo que ralentiza la implementación de las propuestas.

En cuanto a la interoperabilidad con otros sistemas de bicicleta pública, se han dado pasos hacia la creación de un abono metropolitano que cubre tanto AMBici como Bicing a un precio

reducido, fomentando el uso combinado de ambos servicios. Aunque actualmente se requiere un cambio de bicicleta al pasar de un sistema a otro, **el objetivo a largo plazo es unificar tecnologías** para que los usuarios puedan desplazarse entre diferentes áreas metropolitanas sin interrupciones.

Como modelo de referencia, Rossend mencionó el sistema Vélib' de París, que ha logrado expandirse con éxito desde la ciudad central a todos los municipios del área metropolitana. Este caso destaca por haber superado barreras administrativas al coordinarse con diversos municipios en un marco metropolitano unificado. En España, Bilbao también ha avanzado en la integración de sistemas en su área metropolitana, aunque enfrenta desafíos similares a los de AMBici relacionados con restricciones contractuales.

- **BiBO**

El sistema BiBO en Boadilla del Monte tiene un **uso limitado en combinación con el transporte público**, aunque se están tomando medidas para fomentar esta conexión. Ignacio Barrueco indicó en la entrevista que una de las estrategias en curso es la **ubicación de estaciones de bicicleta pública junto a las paradas de metro ligero, ofreciendo una alternativa al automóvil en el acceso a estas estaciones**.

No obstante, **la integración con otros sistemas** como BiciMAD en Madrid o la extensión del servicio a municipios vecinos como Majadahonda o Pozuelo de Alarcón, es vista como un desafío casi insuperable debido a las **complejidades administrativas y la falta de iniciativas conjuntas**. En el pasado, se intentó vincular BiBO con el abono joven de transporte público, pero los obstáculos en la gestión administrativa impidieron su implementación.

Es importante destacar que, en enero de 2025, se anunció la ampliación del servicio BiciMAD de Madrid al municipio de Pozuelo de Alarcón. Este avance refleja que, pese a las barreras señaladas en la entrevista con Ignacio Barrueco, **la interconexión entre municipios no solo es posible, sino que ya está comenzando a materializarse**.

- **BicinRivas**

En Rivas-Vaciamadrid, **la combinación de BicinRivas con el metro es una prioridad estratégica**, como señaló José Jiménez en la entrevista. Actualmente, las estaciones de bicicleta pública están siendo ampliadas en las cercanías de las paradas de metro,

que son los puntos de mayor demanda en el municipio. Por el contrario, no se ha trabajado en la integración con el sistema de autobuses, dado que este cubre un territorio más amplio y disperso.

Aunque se reconoce que **el nuevo sistema técnico de bicicletas tendrá características similares a BiciMAD**, permitiendo una futura conexión, **esta integración no está en la agenda inmediata**. Sin embargo, la **posibilidad de usar la tarjeta del Consorcio Regional de Transportes** como abono para BicinRivas es un proyecto en evaluación y podría ser implementado próximamente.

- **GBici**

El sistema **GBici de Getafe ha logrado integrar su servicio con la tarjeta de transporte público**, lo que ha sido bien recibido por los usuarios al facilitar el acceso al sistema. No obstante, se señalan carencias en la infraestructura de apoyo.

Por otro lado, **la conexión de GBici con sistemas vecinos, como BiciMAD o el servicio de Leganés, sería una mejora deseable, pero técnicamente compleja**.

En este caso, se menciona Safor Bici de Gandía como un ejemplo de un sistema local que podría ofrecer aprendizajes, aunque su escala y contexto no sean comparables.

3.3. Factores Determinantes en el Uso del Sistema.

El uso de la bicicleta pública depende de diversos factores, los cuales fueron abordados en las entrevistas sobre los casos de AMBici, BiBO, BicinRivas y GBici.

- **AMBici**

- **Multimodalidad:** Proximidad a las estaciones de transporte público, especialmente a las estaciones de tren, que concentran una gran parte de la demanda.
- **Densidad de población:** Municipios más densos presentan un mayor uso.
- **Zonas de actividad:** Estaciones cercanas a centros comerciales y zonas con alta actividad tienen mayor demanda.
- **Centralidad:** Las estaciones en áreas más céntricas dentro de los municipios suelen presentar un mayor uso.

- **Red de carriles bici:** Una infraestructura completa de carriles bici favorece el uso.
- **Nivel socioeconómico:** Municipios con niveles de renta medio-altos tienen más usuarios, como Sant Just Desvern, con una media de 5 usos por bicicleta al día, muy superior a la media de todos los municipios de entre 3 y 4 usos al día.
- **Pendiente:** Municipios con pendientes pronunciadas como Sant Boi de Llobregat presentan menos uso pese a contar con bicicletas eléctricas.
- **Barreras físicas:** El aislamiento de municipios como El Prat de Llobregat impacta negativamente en su uso.

Casos atípicos: Ejemplo de bajo uso en *Metro Cèntric*, en el Prat de Llobregat. En la entrevista, Rossend Bosch indica que es una estación muy importante y situada en el centro del municipio, por lo que le extraña que salga tan baja, en comparación por ejemplo con *El Prat Estació* o *Metro Las Moreras*, que tiene más usos. Desconoce los motivos, pero indica que puede que se deba a la propia ubicación de la estación de bicicleta pública, que quizás no es muy visible. Otros casos atípicos son la estación de *CEM Pau Gasol* y el *Institut Camps Blancs* en Sant Boi, sobre los que Rossend tampoco conoce las causas.

• BiBO

- **Densidad de población:** Áreas menos densas como urbanizaciones tienen menor uso (e.g. Las Lomas o la Ciudad Financiera del Santander).
- **Zonas de actividad:** Centros comerciales y centros educativos, como el St. Michels, el Mirabal, o el Colegio Virgen de Europa, son puntos clave.
- **Factores sociodemográficos:** Usuarios potenciales limitados en zonas con una media de edad alta.
- **Nivel socioeconómico:** Personas con mayor preparación y medios son más propensas a usar el sistema.
- **Pendiente:** Importancia de bicicletas eléctricas para superar pendientes.
- **Moda:** Disminución del interés inicial con el tiempo.

- **BicinRivas**

- **Multimodalidad:** Alta demanda en estaciones junto al metro (e.g., *Metro Rivas Futura, Rivas Urbanizaciones*).
- **Densidad de población:** Áreas menos densas presentan menor uso (e.g., las zonas de uso industrial presentan menor uso).
- **Zonas de actividad:** Centros de ocio y deportivos o educativos presentan mayor uso (e.g., *Estación 8 de marzo*).
- **Factores sociodemográficos:** Mayor porcentaje de usuarios jóvenes (especialmente en áreas como *Barrio La Luna*, donde la media de edad es baja, por lo que hay más usuarios potenciales).
- **Red de carriles bici:** La ausencia de carriles bici en algunas estaciones afecta la percepción de seguridad y reduce el uso.

En el caso de Rivas-Vaciamadrid, José Jiménez no considera que el nivel de renta sea un factor determinante en el uso de la bicicleta pública.

- **GBici**

- **Multimodalidad:** Proximidad a estaciones de tren y metro es determinante en el uso del sistema.
- **Zonas de actividad:** Influencia en el mayor uso del sistema de la proximidad a grandes centros atractores y a concentraciones urbanas de actividades.
- **Barreras físicas:** Las dificultades de acceso afectan el uso en estaciones periféricas.

A continuación, en la **Tabla 10** se resumen los factores determinantes citados por cada caso. Los factores más destacados (**zonas de actividad, multimodalidad y densidad de población**) coinciden con los resultados del análisis presentado en el apartado 5.2.2 de esta tesis.

3.4. Fortalezas y Debilidades.

- **AMBici**

- Fortalezas

1. Flota 100% **eléctrica**, lo que lo hace más atractivo en comparación con sistemas mixtos como Bicing.
2. Integración con el **transporte público**.

- Debilidades

1. Oferta insuficiente en algunas zonas, necesitando más estaciones.
2. **Barreras físicas** (e.g., ríos Besòs y Llobregat) con discontinuidades no siempre resueltas.
3. **Diferentes sistemas** en el centro (Bicing) y municipios colindantes, lo que limita la demanda, especialmente en l'Hospitalet.
4. **Esquema tarifario limitado** (un único abono). Este problema será abordado con nuevos abonos el próximo año.
5. Barrios periféricos desconectados con menor uso debido a su dispersión y alta dependencia del coche.

- **BiBO**

- Fortalezas

1. Buena financiación.
2. Bicicletas **eléctricas**.
3. Menor **vandalismo**.

- Debilidades

1. **Cobertura limitada** al casco urbano; los vecinos reclaman expansión, ya contemplada en el nuevo sistema.
2. Falta de **comunicación y promoción** del servicio.
3. **Calidad** mejorable en algunos aspectos de las **bicicletas**.

- **BicinRivas**

- Fortalezas

1. Existencia de **carril bici segregado**.
2. **Precio** competitivo: 30 € anuales.

3. **Horario** 24 horas.

o Debilidades

1. Escasa disponibilidad de **bicicletas** en buen estado en estaciones con alta demanda.
2. **Convivencia de bicicletas manuales con eléctricas**; las pendientes del municipio pueden limitar el uso.
3. Insuficiente número de vehículos y anclajes.
4. Alta incidencia de **vandalismo**, especialmente en estaciones aisladas como Manuel Azaña y Velázquez. Estas serán reubicadas para mejorar su visibilidad.
5. Usuarios principalmente jóvenes y hombres, **sin diversidad en perfiles**.
6. **Un único abono disponible** (anual).

• **GBici**

o Fortalezas

1. **Alternativa rápida y económica** para desplazamientos en el núcleo urbano.
2. **Bien integrado** funcionalmente en una ciudad apta para bicicletas (sin grandes avenidas ni pendientes).
3. **Precios** asequibles.
4. Alta fidelidad de los abonados.
5. **Adaptación tecnológica** mediante aplicación móvil.

o Debilidades

1. Necesidad constante de redistribución de bicicletas para garantizar disponibilidad.
2. Usuarios que antes eran peatones o usaban transporte público, pero no se desplazaban en coche.
3. Retorno insatisfactorio de las inversiones.
4. **Alta inversión y costes de mantenimiento**, que hacen incierta la electrificación de la flota.
5. **Vandalismo** como amenaza significativa y de difícil solución.

3.5. Datos.

Actualmente, ninguno de los sistemas de bicicleta pública analizados publica datos relativos al número de usos. Esto ha llevado a desarrollar una metodología específica para la obtención y procesamiento de datos. En los casos de AMBici, BicinRivas y GBici, se han podido obtener datos reales sobre el número de usos en el mismo periodo de tiempo del estudio (del 1 de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024).

Por lo tanto, **las entrevistas realizadas han cumplido una doble función** en este contexto: no solo han añadido una **capa cualitativa** valiosa a la investigación, sino que también han permitido **validar la precisión de la metodología empleada**, evaluando su margen de error y posibles limitaciones.

- **AMBici**

- **Cornellà de Llobregat**

- Datos obtenidos metodología basada en la literatura existente: 338.497 usos anuales

- Datos reales proporcionados por el Ayuntamiento: 384.209 usos anuales

- Porcentaje de error: **11,90%**

- **El Prat de Llobregat**

- Datos obtenidos metodología basada en la literatura existente: 174.311 usos anuales

- Datos reales proporcionados por el Ayuntamiento: 174.646 usos anuales

- Porcentaje de error: **0,19%**

- **Sant Boi de Llobregat**

- Datos obtenidos metodología basada en la literatura existente: 128.470 usos anuales

- Datos reales proporcionados por el Ayuntamiento: 124.225 usos anuales

- Porcentaje de error: **3,42%**

- **BicinRivas**

- Datos obtenidos metodología basada en la literatura existente: 127.380 usos anuales

- Datos reales proporcionados por el Ayuntamiento: 131.847 usos

Porcentaje de error: **3,39%**

- **GBici**

-Datos obtenidos metodología basada en la literatura existente: 5.742 usos anuales

-Datos reales proporcionados por el Ayuntamiento: 5.745 usos anuales

Porcentaje de error: **0,05%**

Como conclusión, **la metodología desarrollada para la obtención de datos ha demostrado ser fiable**, con márgenes de error que oscilan entre el 0,05% y el 3,42% en la mayoría de los casos. Sin embargo, en Cornellà de Llobregat el margen de error alcanza el 11,90%. Esto podría deberse a que el elevado volumen de usos genera exclusiones incorrectas en los periodos con más de tres movimientos en dos minutos, considerados traslados en camión según la metodología aplicada. Una posible mejora futura sería reducir el intervalo de medición a un minuto o menos, aunque esto implicaría un procesamiento de datos más complejo y laborioso.

3.6. Expansión y Futuro del Sistema.

- **AMBici**

Infraestructura ciclista actual y planes de mejora:

- Nuevos **carriles bici intermunicipales**, como el proyecto que conecta municipios al otro lado del río Llobregat (Castelldefels, Gavà, Viladecans, Sant Boi y Cornellà de Llobregat), con subvenciones compartidas entre la AMB y los ayuntamientos (50%-50%).
- **Furgonetas eléctricas** para el transporte de bicicletas, con previsión de electrificación total en el futuro.

Criterios para la ubicación de estaciones:

- **Proximidad a las estaciones de transporte público.**
- **En calzada y próximas a los carriles bici.**
- **Densidad** (e.g. en zonas urbanas y no en polígonos industriales). No tienen un criterio estricto de distancia entre estaciones, pero se trata de cubrir los barrios más urbanos de cada municipio.
- **Zonas de actividad.**

- **Lugares céntricos.**

Innovaciones y mejoras tecnológicas:

- Mejora en el mantenimiento de **bicicletas**.
- Idealmente **integración futura con Bicing y tarjeta de transporte público**, aunque actualmente esto presenta dificultades administrativas.

• **BiBO**

Infraestructura ciclista actual y planes de mejora:

- Creación de **nuevos carriles bici** homogéneos y compartidos para bicicletas y peatones.
- Campañas de **comunicación e información** (e.g., promoción del Día de la Bicicleta, premios a los mejores usuarios, etc.)

Criterios para la ubicación de estaciones:

- Máxima **proximidad a las viviendas** (150-200 metros como objetivo).

Innovaciones y mejoras tecnológicas:

- **Nuevo contrato en enero de 2024:** Contará con 12 estaciones de carga y 27 virtuales, que optimizan el uso y mantenimiento. Con ello, se duplica el presupuesto y las capacidades del sistema. Se va a tratar de un sistema flexible con capacidad para reubicar estaciones según la demanda y mejora tecnológica general del sistema.
- Incorporación de **abonos a largo plazo**.

• **BicinRivas**

Infraestructura ciclista actual y planes de mejora:

- Refuerzo de **carriles bici segregados** en calzada, priorizando zonas residenciales de alta densidad.
- Planes para mejorar la **última milla en la zona industrial**, mediante bicicletas de uso compartido o privadas, aunque esto sería un sistema diferente al de BicinRivas.
- Campaña de **comunicación e información** a todos los ciudadanos respecto a las ventajas del sistema (ahorro en tiempos de desplazamiento, etc.). Idealmente se tratará de aprovechar la publicidad del nuevo sistema

para también llegar a otro tipo de usuarios (edad, género).

Criterios para la ubicación de estaciones:

- **Cobertura espacial** mejorada y reforzada en áreas de alta **densidad** poblacional.

Innovaciones y mejoras tecnológicas:

- **Nuevo sistema operativo para primavera de 2025:** Se pasa de 35 estaciones a 42, con bicicletas 100% eléctricas con tecnología similar a BiciMAD.
- Actualización de la **plataforma tecnológica** para mejorar la experiencia del usuario.

• **GBici**

Infraestructura ciclista actual y planes de mejora:

- Redacción de una **estrategia de micromovilidad** que incluye mejoras en la infraestructura ciclista, actualmente en consenso.

Planes de expansión:

- No se prevén planes de expansión ni nuevas ubicaciones para estaciones.

Innovaciones y mejoras tecnológicas:

- No se tienen previstas innovaciones tecnológicas en el sistema actual.

En definitiva, **la colaboración entre municipios, la innovación tecnológica y la ampliación de la infraestructura ciclista** son necesarias para maximizar el impacto de los sistemas de bicicleta pública en grandes áreas metropolitanas. Sin embargo, estos avances enfrentan principalmente **barreras administrativas**.

Anexo 4.

Resultados del análisis de regresión OLS
y diagnóstico de autocorrelación espacial
con Moran's I

- 3.1. OLS de los 9 casos de estudio.
- 3.2. OLS de Cornellà de Llobregat, El Prat de Llobregat y Sant Boi de Llobregat (Área Metropolitana de Barcelona).
- 3.3. OLS de Boadilla del Monte, Rivas-Vaciamadrid y Getafe (Área Metropolitana de Madrid).
- 3.4. OLS de Monza, San Donato Milanese (Área Metropolitana de Milán) y Bérgamo.
- 3.5. Diagnóstico de autocorrelación espacial con Moran's I

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-6770,579290	951,551840	-7,115303	0,000000*	1219,252132	-5,553059	0,000000*	-----
POIS	21,488189	5,461934	3,934172	0,000133*	4,194678	5,122726	0,000001*	1,065392
TTE_PUB	3017,149943	595,465690	5,066875	0,000002*	884,996629	3,409222	0,000843*	1,257573
INFRA_PROX	1223,921881	820,570801	1,491549	0,137886	912,036161	1,341966	0,181602	1,234504
INFRA_CONT_S	0,040207	0,013184	3,049777	0,002706*	0,012810	3,138642	0,002045*	1,245782
POB20_49_INT	14,331766	1,111731	12,891395	0,000000*	1,672041	8,571423	0,000000*	1,318516

OLS Diagnostics

Input Features	ALL400	Dependent Variable	VIAJES_OD
Number of Observations	159	Akaike's Information Criterion (AICc)['d']	3141,686406
Multiple R-Squared['d']	0,683314	Adjusted R-Squared['d']	0,672965
Joint F-Statistic['e']	66,025772	Prob(>F), (5,153) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic['e']	158,086441	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic['f']	52,103301	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Jarque-Bera Statistic['g']	7,657310	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,021739*

Notes on Interpretation

* An asterisk next to a number indicates a statistically significant p-value ($p < 0,01$).

[a] Coefficient: Represents the strength and type of relationship between each explanatory variable and the dependent variable.

[b] Probability and Robust Probability (Robust_Pr): Asterisk (*) indicates a coefficient is statistically significant ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Robust Probability column (Robust_Pr) to determine coefficient significance.

[c] Variance Inflation Factor (VIF): Large Variance Inflation Factor (VIF) values ($> 7,5$) indicate redundancy among explanatory variables.

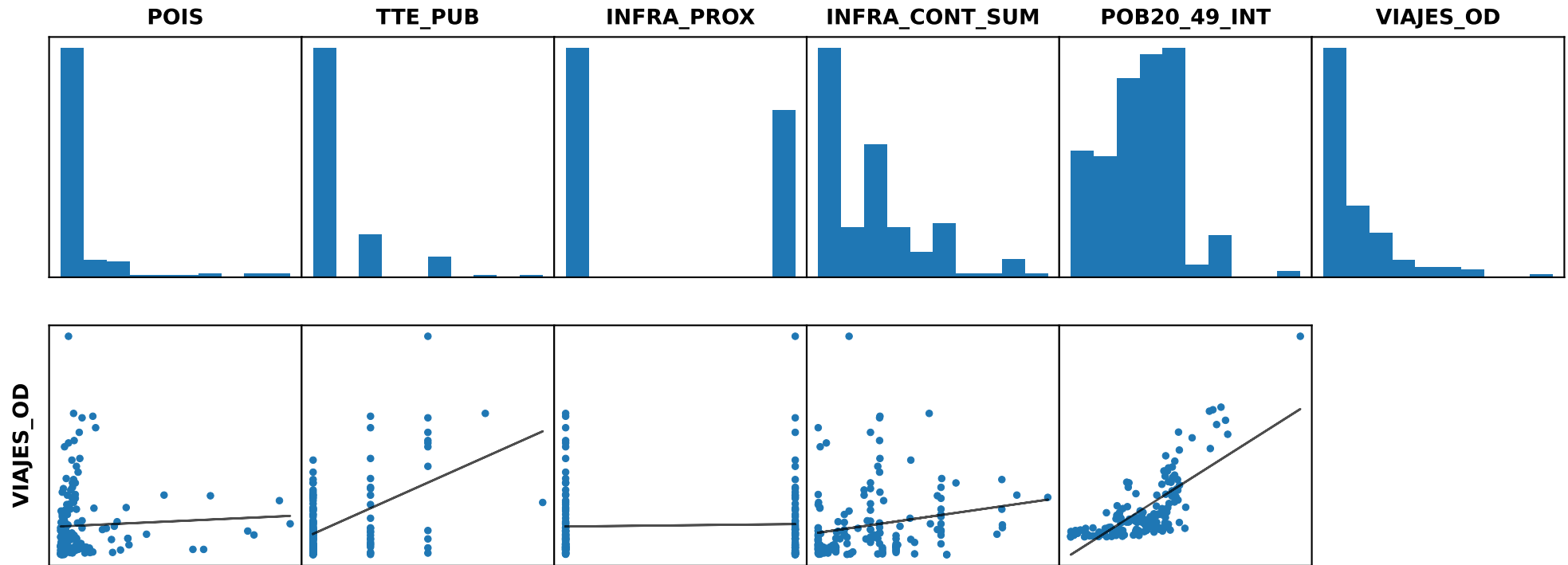
[d] R-Squared and Akaike's Information Criterion (AICc): Measures of model fit/performance.

[e] Joint F and Wald Statistics: Asterisk (*) indicates overall model significance ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Wald Statistic to determine overall model significance.

[f] Koenker (BP) Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$), the relationships modeled are not consistent (either due to non-stationarity or heteroskedasticity). You should rely on the Robust Probabilities (Robust_Pr) to determine coefficient significance and on the Wald Statistic to determine overall model significance.

[g] Jarque-Bera Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$) model predictions are biased (the residuals are not normally distributed).

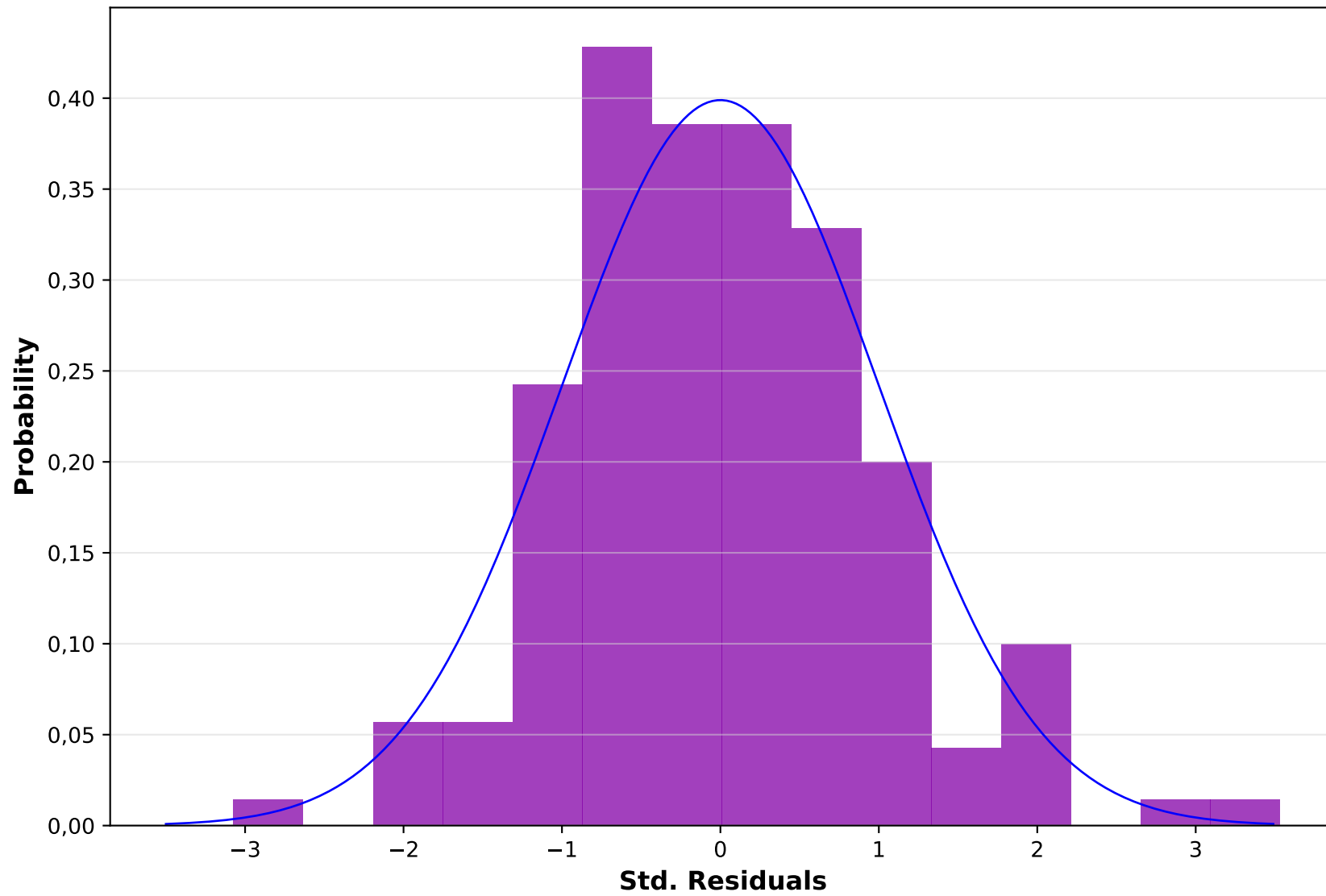
Variable Distributions and Relationships



The above graphs are Histograms and Scatterplots for each explanatory variable and the dependent variable. The histograms show how each variable is distributed. OLS does not require variables to be normally distributed. However, if you are having trouble finding a properly-specified model, you can try transforming strongly skewed variables to see if you get a better result.

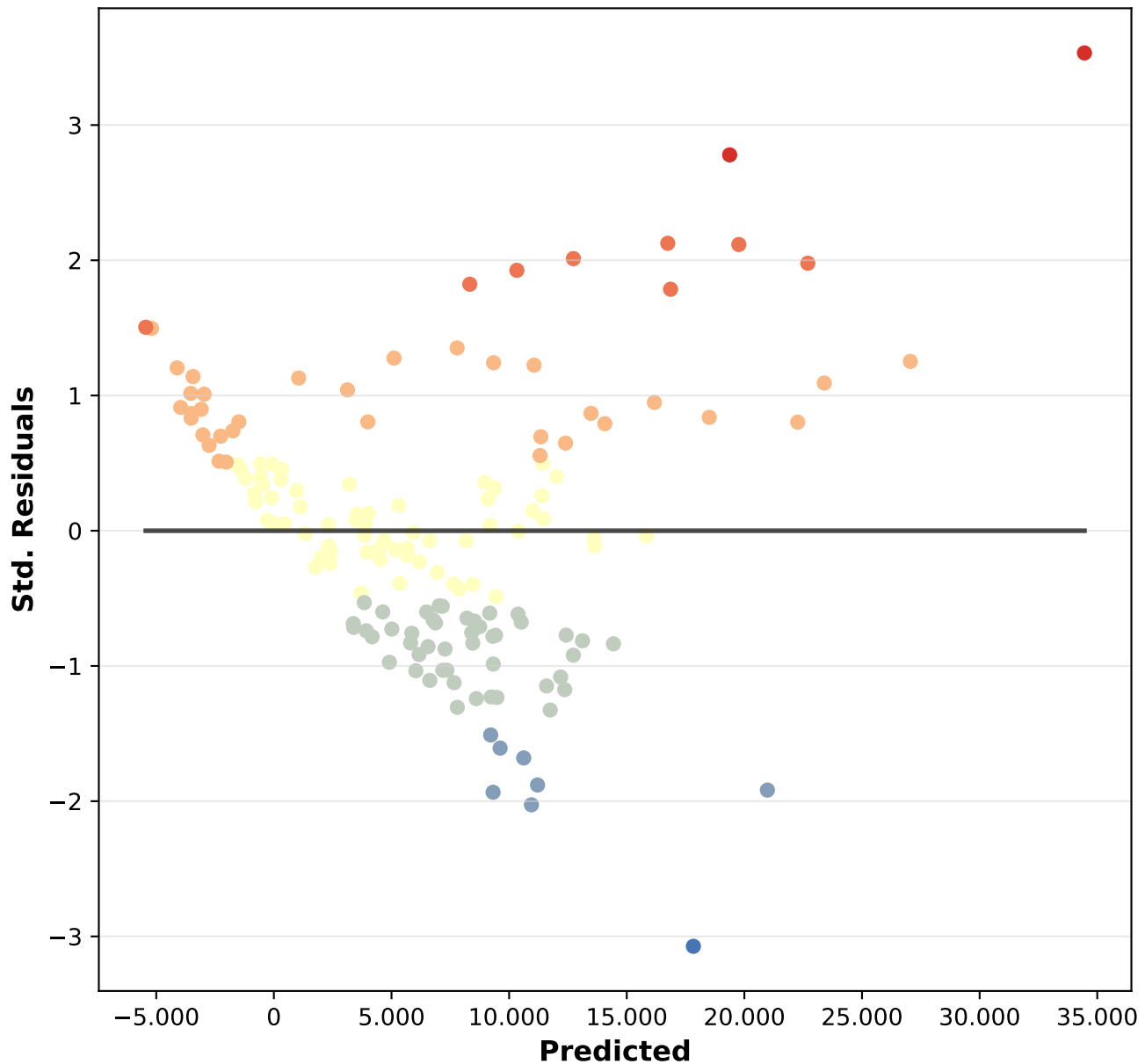
Each scatterplot depicts the relationship between an explanatory variable and the dependent variable. Strong relationships appear as diagonals and the direction of the slant indicates if the relationship is positive or negative. Try transforming your variables if you detect any non-linear relationships. For more information see the Regression Analysis Basics documentation.

Histogram of Standardized Residuals

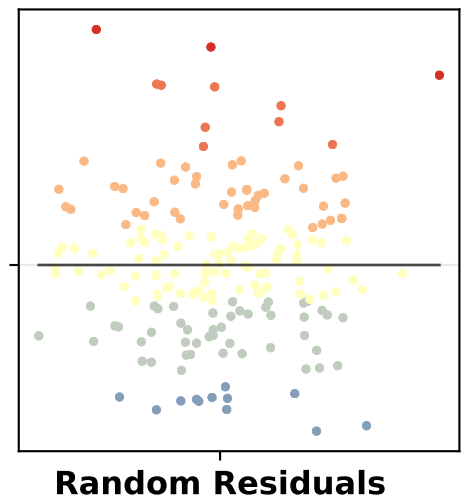


Ideally the histogram of your residuals would match the normal curve, indicated above in blue. If the histogram looks very different from the normal curve, you may have a biased model. If this bias is significant it will also be represented by a statistically significant Jarque-Bera p-value (*).

Residual vs. Predicted Plot



This is a graph of residuals (model over and under predictions) in relation to predicted dependent variable values. For a properly specified model, this scatterplot will have little structure, and look random (see graph on the right). If there is a structure to this plot, the type of structure may be a valuable clue to help you figure out what's going on.



Ordinary Least Squares Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	ALL400
Unique ID Field	ID_ALL
Output Feature Class	
Dependent Variable	VIAJES_OD
Explanatory Variables	POIS
	TTE_PUB
	INFRA_PROX
	INFRA_CONT_SUMMETROS
	POB20_49_INT
Selection Set	False

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-23722,42436	4188,122621	-5,664214	0,000002*	4541,377393	-5,223619	0,000009*	-----
POB20_49_INT	35,169889	4,593262	7,656843	0,000000*	4,680522	7,514095	0,000000*	1,267426
POIS	158,031178	70,699523	2,235251	0,032287*	69,947491	2,259283	0,030596*	1,210838
TTE_PUB	10769,654128	2722,771114	3,955402	0,000381*	1340,276561	8,035397	0,000000*	1,127327
INFRA_PROX	2094,276210	2142,340378	0,977565	0,335403	2042,364480	1,025417	0,312625	1,264463
INFRA_CONT_S	0,063417	0,028498	2,225291	0,033012*	0,028206	2,248397	0,031352*	1,401922

OLS Diagnostics

Input Features	BCN_400	Dependent Variable	VIAJES_OD
Number of Observations	39	Akaike's Information Criterion (AICc)['d']	791,451741
Multiple R-Squared['d']	0,789581	Adjusted R-Squared['d']	0,757699
Joint F-Statistic['e']	24,765994	Prob(>F), (5,33) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic['e']	139,589460	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic['f']	3,956440	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,555704
Jarque-Bera Statistic['g']	1,629537	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,442742

Notes on Interpretation

* An asterisk next to a number indicates a statistically significant p-value ($p < 0,01$).

[a] Coefficient: Represents the strength and type of relationship between each explanatory variable and the dependent variable.

[b] Probability and Robust Probability (Robust_Pr): Asterisk (*) indicates a coefficient is statistically significant ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Robust Probability column (Robust_Pr) to determine coefficient significance.

[c] Variance Inflation Factor (VIF): Large Variance Inflation Factor (VIF) values ($> 7,5$) indicate redundancy among explanatory variables.

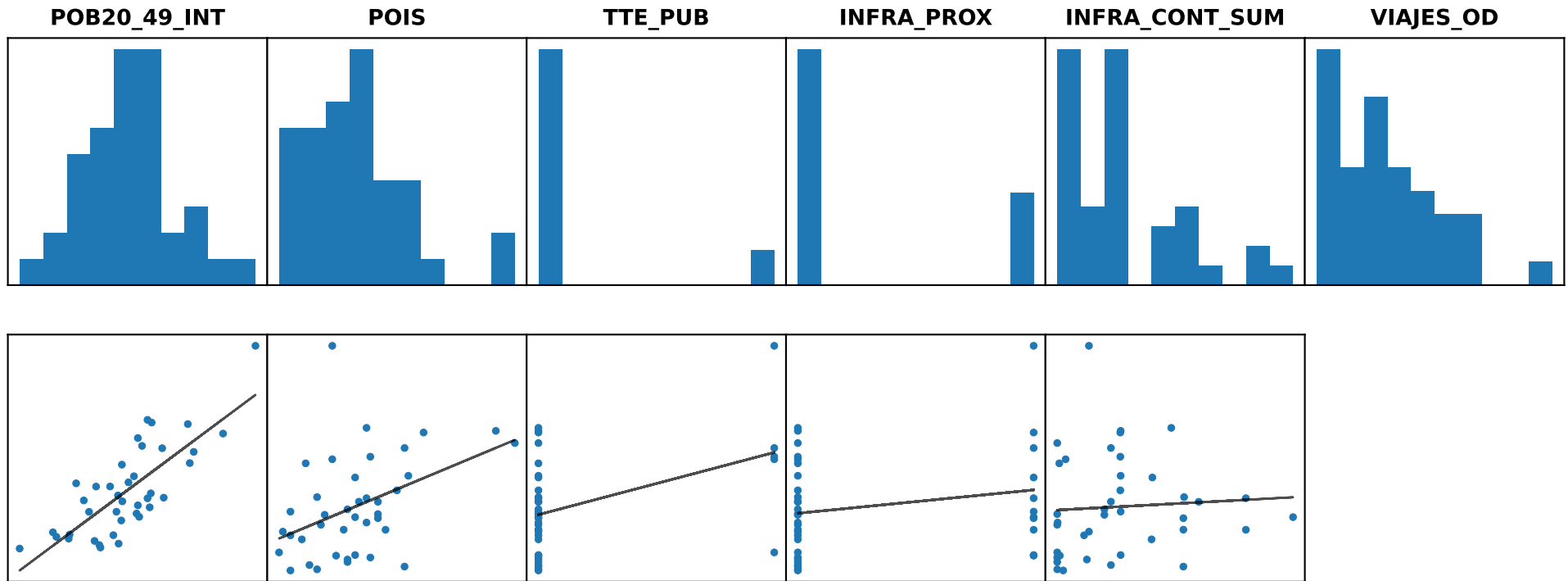
[d] R-Squared and Akaike's Information Criterion (AICc): Measures of model fit/performance.

[e] Joint F and Wald Statistics: Asterisk (*) indicates overall model significance ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Wald Statistic to determine overall model significance.

[f] Koenker (BP) Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$), the relationships modeled are not consistent (either due to non-stationarity or heteroskedasticity). You should rely on the Robust Probabilities (Robust_Pr) to determine coefficient significance and on the Wald Statistic to determine overall model significance.

[g] Jarque-Bera Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$) model predictions are biased (the residuals are not normally distributed).

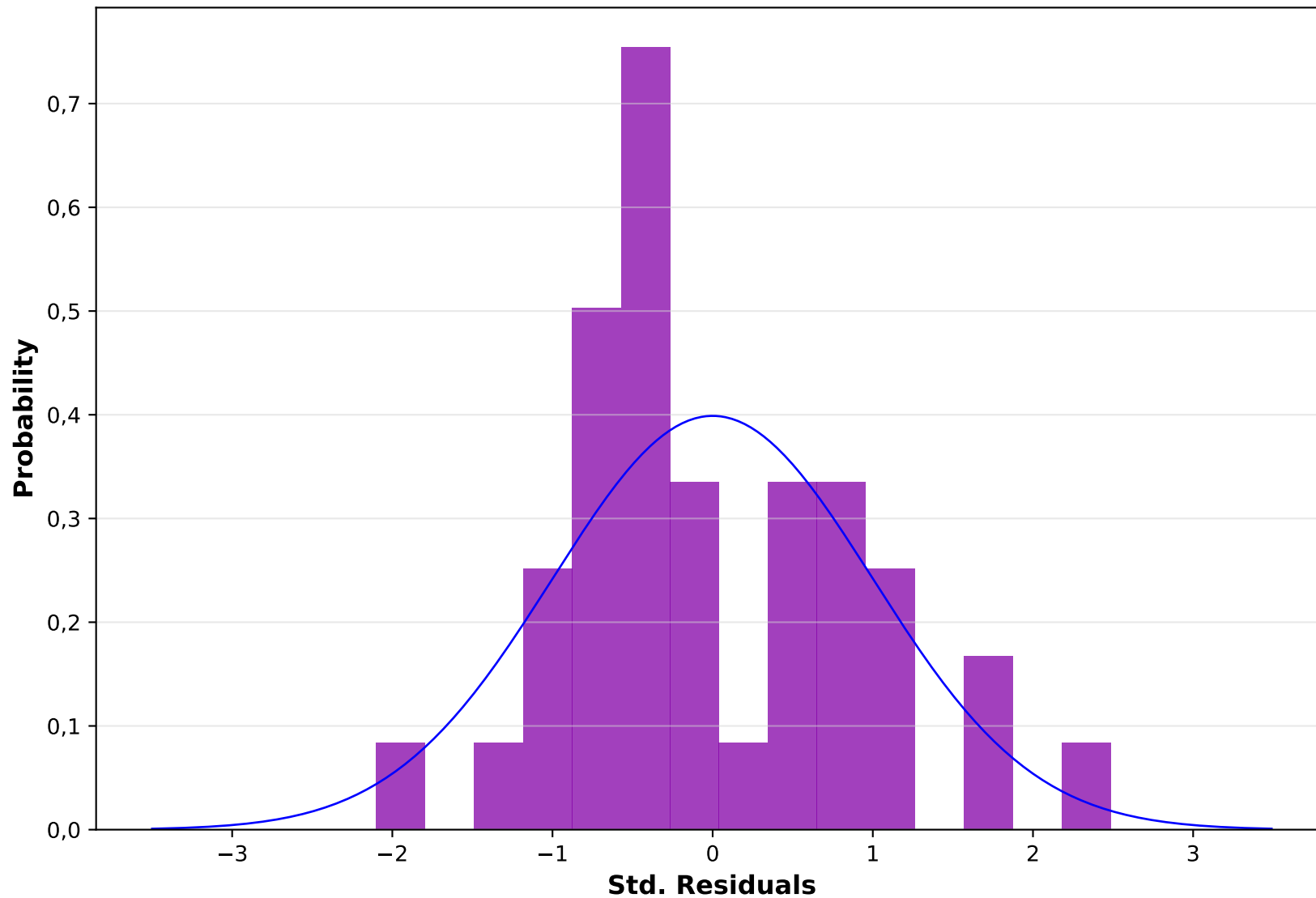
Variable Distributions and Relationships



The above graphs are Histograms and Scatterplots for each explanatory variable and the dependent variable. The histograms show how each variable is distributed. OLS does not require variables to be normally distributed. However, if you are having trouble finding a properly-specified model, you can try transforming strongly skewed variables to see if you get a better result.

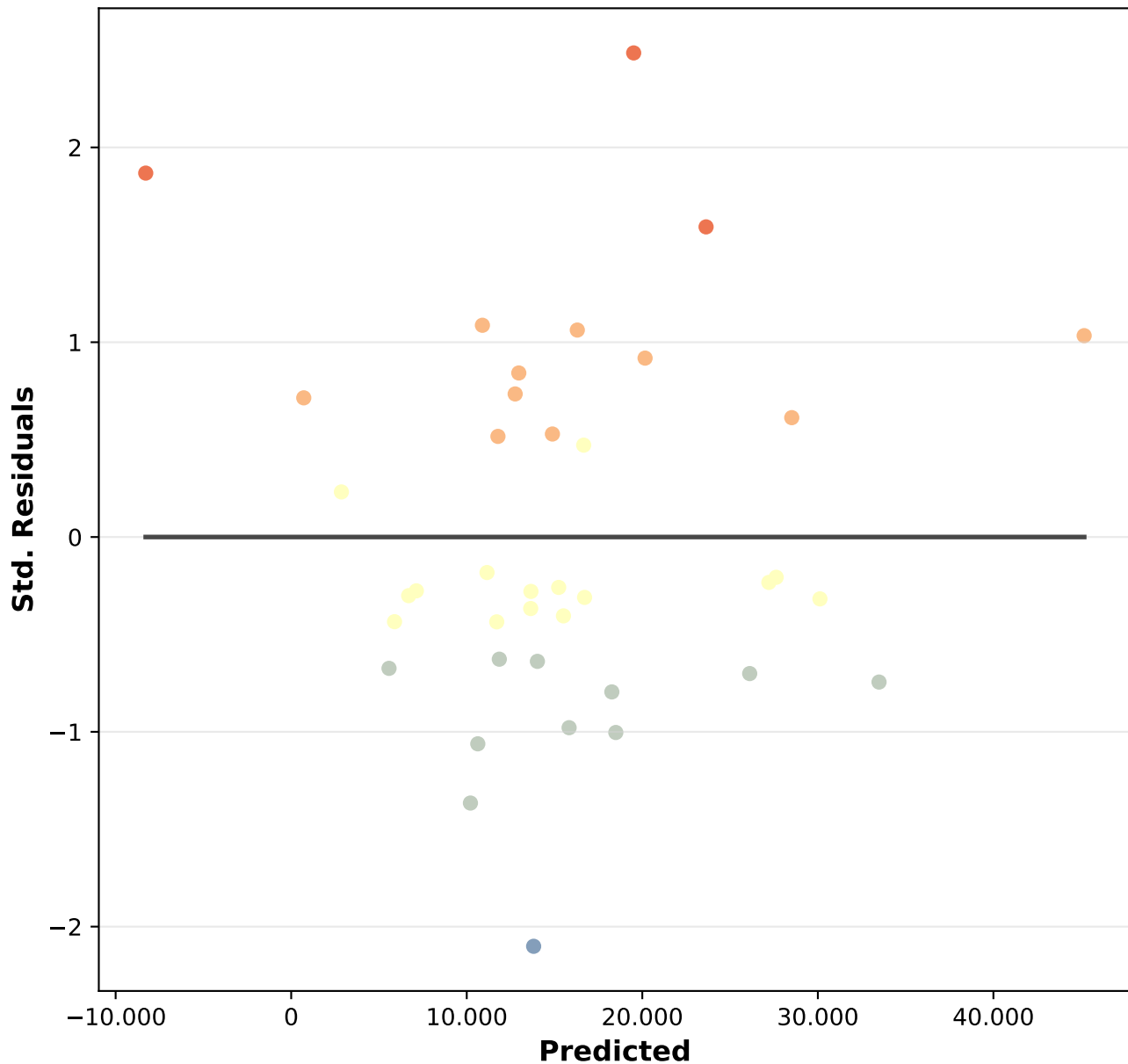
Each scatterplot depicts the relationship between an explanatory variable and the dependent variable. Strong relationships appear as diagonals and the direction of the slant indicates if the relationship is positive or negative. Try transforming your variables if you detect any non-linear relationships. For more information see the Regression Analysis Basics documentation.

Histogram of Standardized Residuals

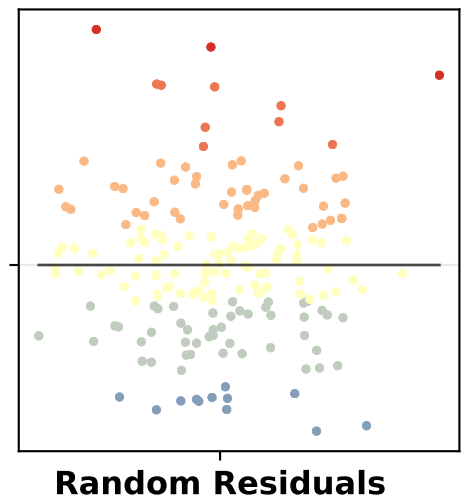


Ideally the histogram of your residuals would match the normal curve, indicated above in blue. If the histogram looks very different from the normal curve, you may have a biased model. If this bias is significant it will also be represented by a statistically significant Jarque-Bera p-value (*).

Residual vs. Predicted Plot



This is a graph of residuals (model over and under predictions) in relation to predicted dependent variable values. For a properly specified model, this scatterplot will have little structure, and look random (see graph on the right). If there is a structure to this plot, the type of structure may be a valuable clue to help you figure out what's going on.



Ordinary Least Squares Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	BCN_400
Unique ID Field	ID_ALL
Output Feature Class	
Dependent Variable	VIAJES_OD
Explanatory Variables	POB20_49_INT
	POIS
	TTE_PUB
	INFRA_PROX
	INFRA_CONT_SUMMETROS
Selection Set	False

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-6628,682976	2430,320803	-2,727493	0,008591*	2155,712076	-3,074939	0,003301*	-----
POB20_49_INT	8,546584	1,970851	4,336493	0,000065*	2,040002	4,189498	0,000105*	1,379006
RENTA_EUR	0,057446	0,026280	2,185883	0,033179*	0,016612	3,458143	0,001071*	1,399553
POIS	4,341075	25,574584	0,169742	0,865848	19,496708	0,222657	0,824644	1,149419
TTE_PUB	333,416738	646,852106	0,515445	0,608347	753,518087	0,442480	0,659912	1,122171
INFRA_PROX	2056,944403	722,921466	2,845322	0,006257*	651,398416	3,157736	0,002604*	1,215470
INFRA_CONT_S	0,049421	0,012236	4,039000	0,000172*	0,013378	3,694159	0,000518*	1,214916

OLS Diagnostics

Input Features	MAD_400	Dependent Variable	VIAJES_OD
Number of Observations	61	Akaike's Information Criterion (AICc)['d']	1139,068097
Multiple R-Squared['d']	0,539724	Adjusted R-Squared['d']	0,488582
Joint F-Statistic['e']	10,553480	Prob(>F), (6,54) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic['e']	63,609890	Prob(>chi-squared), (6) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic['f']	14,569108	Prob(>chi-squared), (6) degrees of freedom	0,023886*
Jarque-Bera Statistic['g']	14,766685	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,000622*

Notes on Interpretation

* An asterisk next to a number indicates a statistically significant p-value ($p < 0,01$).

[a] Coefficient: Represents the strength and type of relationship between each explanatory variable and the dependent variable.

[b] Probability and Robust Probability (Robust_Pr): Asterisk (*) indicates a coefficient is statistically significant ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Robust Probability column (Robust_Pr) to determine coefficient significance.

[c] Variance Inflation Factor (VIF): Large Variance Inflation Factor (VIF) values ($> 7,5$) indicate redundancy among explanatory variables.

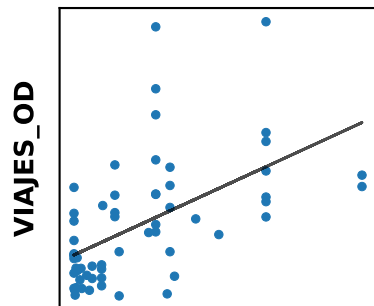
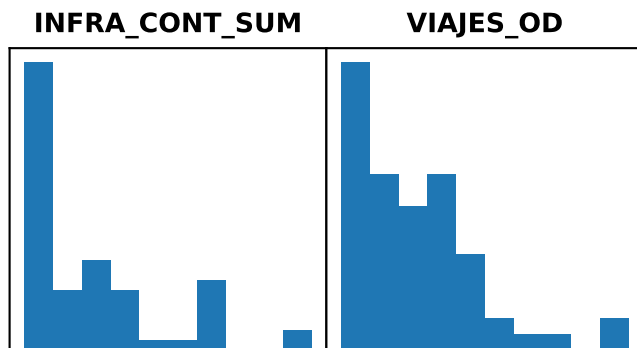
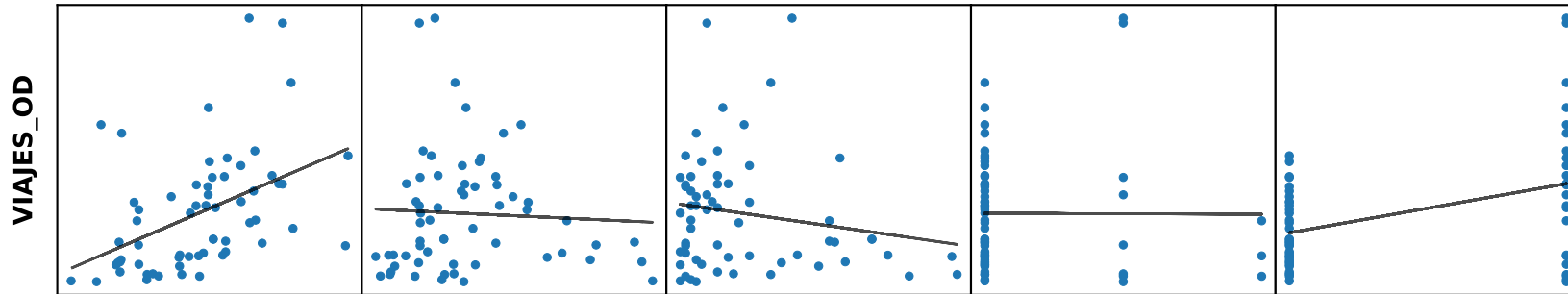
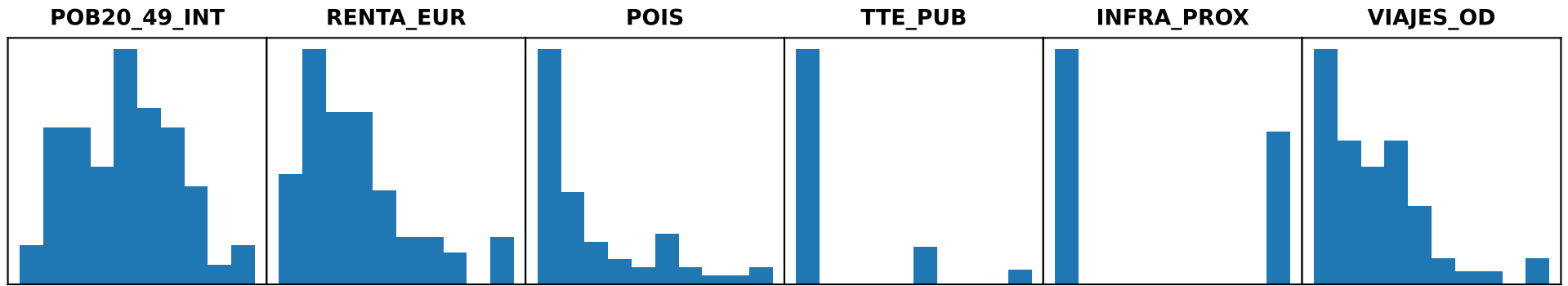
[d] R-Squared and Akaike's Information Criterion (AICc): Measures of model fit/performance.

[e] Joint F and Wald Statistics: Asterisk (*) indicates overall model significance ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Wald Statistic to determine overall model significance.

[f] Koenker (BP) Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$), the relationships modeled are not consistent (either due to non-stationarity or heteroskedasticity). You should rely on the Robust Probabilities (Robust_Pr) to determine coefficient significance and on the Wald Statistic to determine overall model significance.

[g] Jarque-Bera Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$) model predictions are biased (the residuals are not normally distributed).

Variable Distributions and Relationships

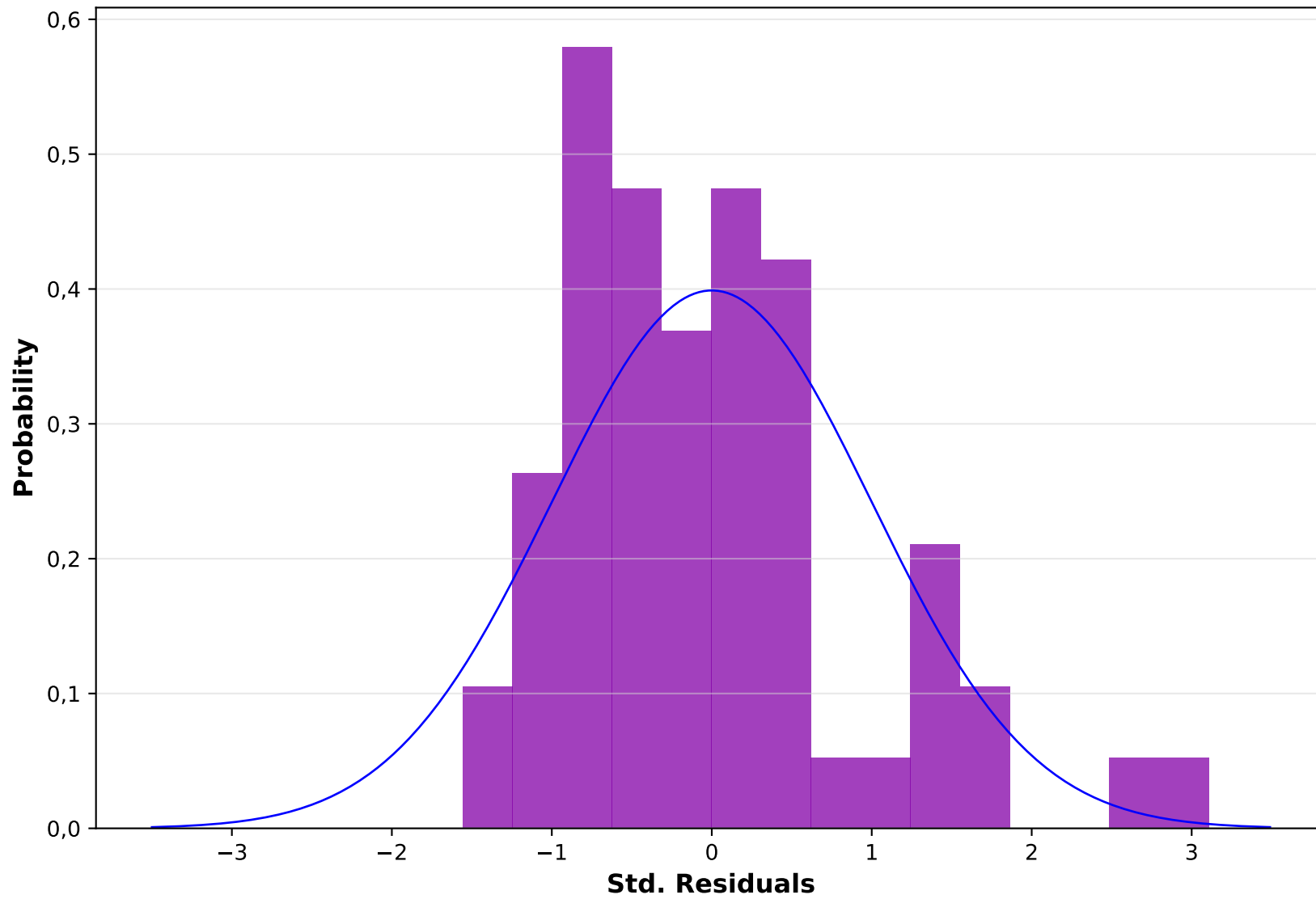


Variable Distributions and Relationships (Cont.)

The above graphs are Histograms and Scatterplots for each explanatory variable and the dependent variable. The histograms show how each variable is distributed. OLS does not require variables to be normally distributed. However, if you are having trouble finding a properly-specified model, you can try transforming strongly skewed variables to see if you get a better result.

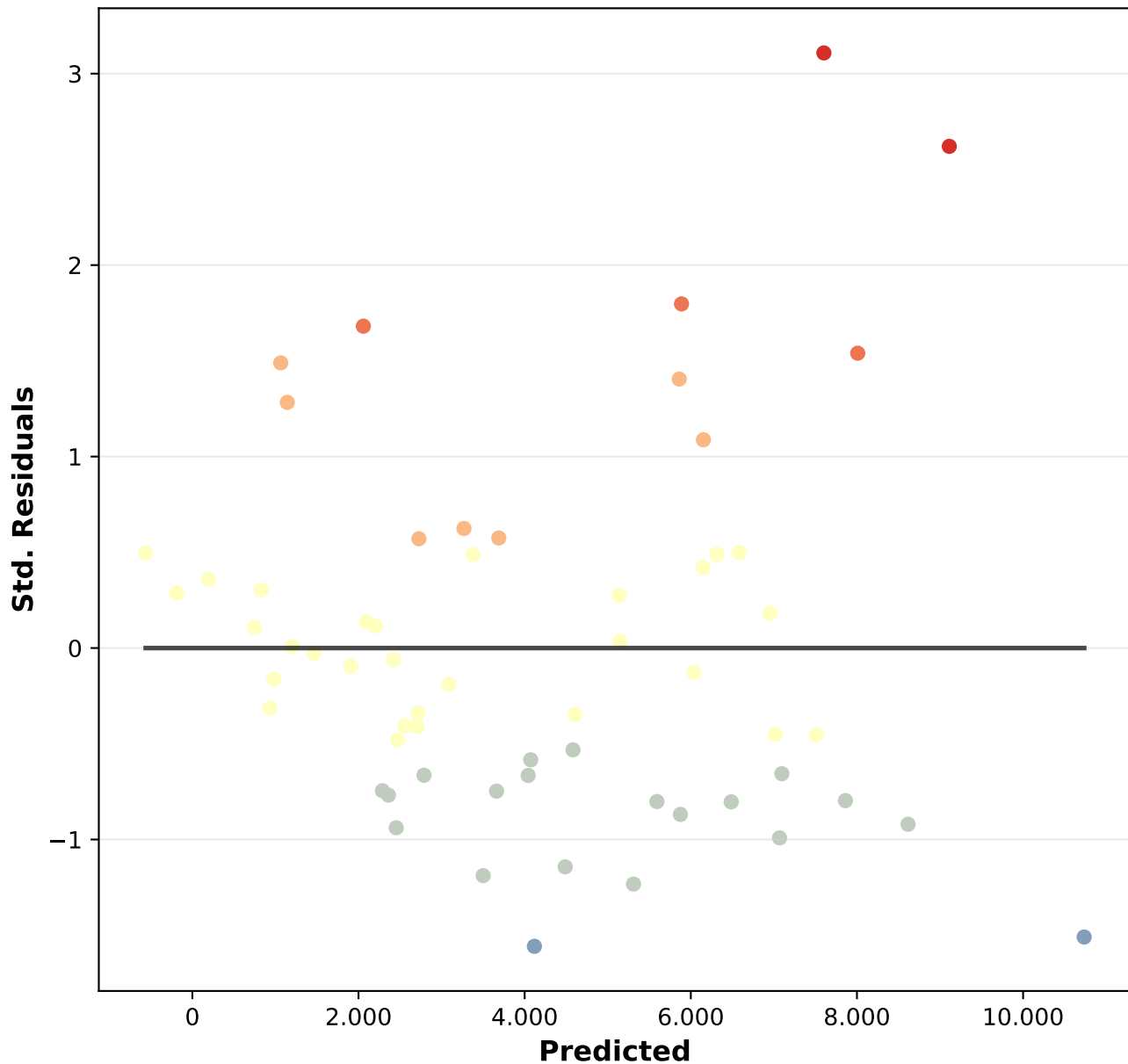
Each scatterplot depicts the relationship between an explanatory variable and the dependent variable. Strong relationships appear as diagonals and the direction of the slant indicates if the relationship is positive or negative. Try transforming your variables if you detect any non-linear relationships. For more information see the Regression Analysis Basics documentation.

Histogram of Standardized Residuals

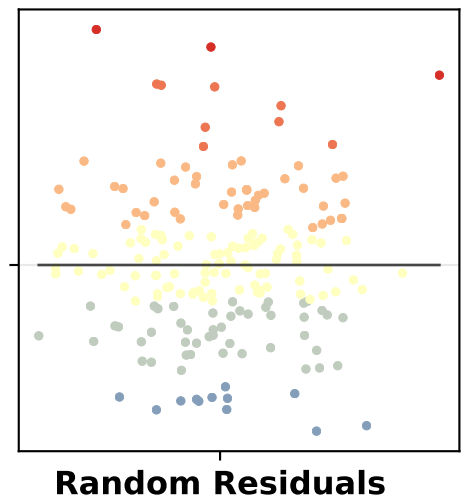


Ideally the histogram of your residuals would match the normal curve, indicated above in blue. If the histogram looks very different from the normal curve, you may have a biased model. If this bias is significant it will also be represented by a statistically significant Jarque-Bera p-value (*).

Residual vs. Predicted Plot



This is a graph of residuals (model over and under predictions) in relation to predicted dependent variable values. For a properly specified model, this scatterplot will have little structure, and look random (see graph on the right). If there is a structure to this plot, the type of structure may be a valuable clue to help you figure out what's going on.



Ordinary Least Squares Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	MAD_400
Unique ID Field	ID_ALL
Output Feature Class	
Dependent Variable	VIAJES_OD
Explanatory Variables	POB20_49_INT
	RENTA_EUR
	POIS
	TTE_PUB
	INFRA_PROX
	INFRA_CONT_SUMMETROS
Selection Set	False

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-1880,498041	806,223847	-2,332476	0,023505*	776,256629	-2,422521	0,018863*	-----
POB20_49_INT	8,483867	1,448610	5,856556	0,000000*	1,266892	6,696600	0,000000*	1,225033
POIS	14,433145	3,822843	3,775501	0,000407*	3,538903	4,078424	0,000154*	1,295468
TTE_PUB	2129,516191	962,594526	2,212267	0,031279*	1846,888444	1,153029	0,254071	1,187543
INFRA_PROX	777,514939	888,612251	0,874977	0,385532	671,464736	1,157939	0,252080	1,662323
INFRA_CONT_S	0,021280	0,014970	1,421463	0,161042	0,015351	1,386247	0,171478	1,553266

OLS Diagnostics

Input Features	MIL_400	Dependent Variable	VIAJES_OD
Number of Observations	59	Akaike's Information Criterion (AICc)['d']	1106,856686
Multiple R-Squared['d']	0,623308	Adjusted R-Squared['d']	0,587771
Joint F-Statistic['e']	17,539731	Prob(>F), (5,53) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic['e']	74,451986	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic['f']	30,372919	Prob(>chi-squared), (5) degrees of freedom	0,000012*
Jarque-Bera Statistic['g']	7,729780	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,020965*

Notes on Interpretation

* An asterisk next to a number indicates a statistically significant p-value ($p < 0,01$).

[a] Coefficient: Represents the strength and type of relationship between each explanatory variable and the dependent variable.

[b] Probability and Robust Probability (Robust_Pr): Asterisk (*) indicates a coefficient is statistically significant ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Robust Probability column (Robust_Pr) to determine coefficient significance.

[c] Variance Inflation Factor (VIF): Large Variance Inflation Factor (VIF) values ($> 7,5$) indicate redundancy among explanatory variables.

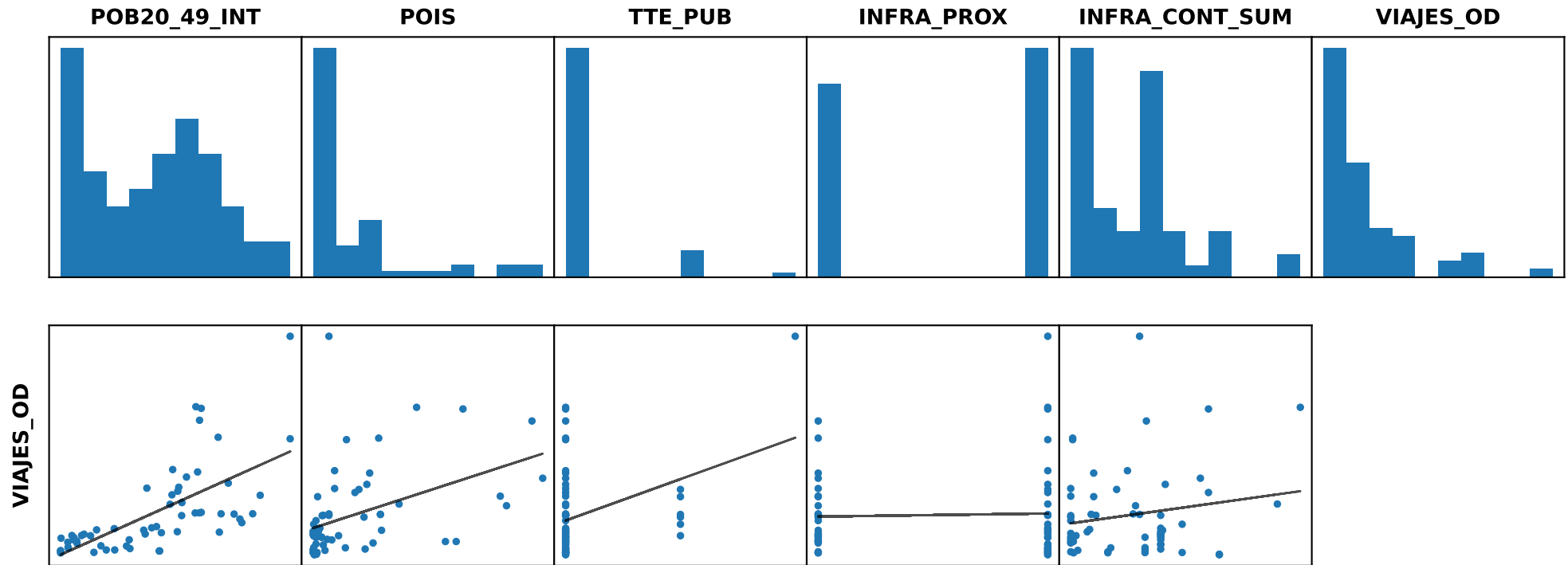
[d] R-Squared and Akaike's Information Criterion (AICc): Measures of model fit/performance.

[e] Joint F and Wald Statistics: Asterisk (*) indicates overall model significance ($p < 0,01$); if the Koenker (BP) Statistic [f] is statistically significant, use the Wald Statistic to determine overall model significance.

[f] Koenker (BP) Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$), the relationships modeled are not consistent (either due to non-stationarity or heteroskedasticity). You should rely on the Robust Probabilities (Robust_Pr) to determine coefficient significance and on the Wald Statistic to determine overall model significance.

[g] Jarque-Bera Statistic: When this test is statistically significant ($p < 0,01$) model predictions are biased (the residuals are not normally distributed).

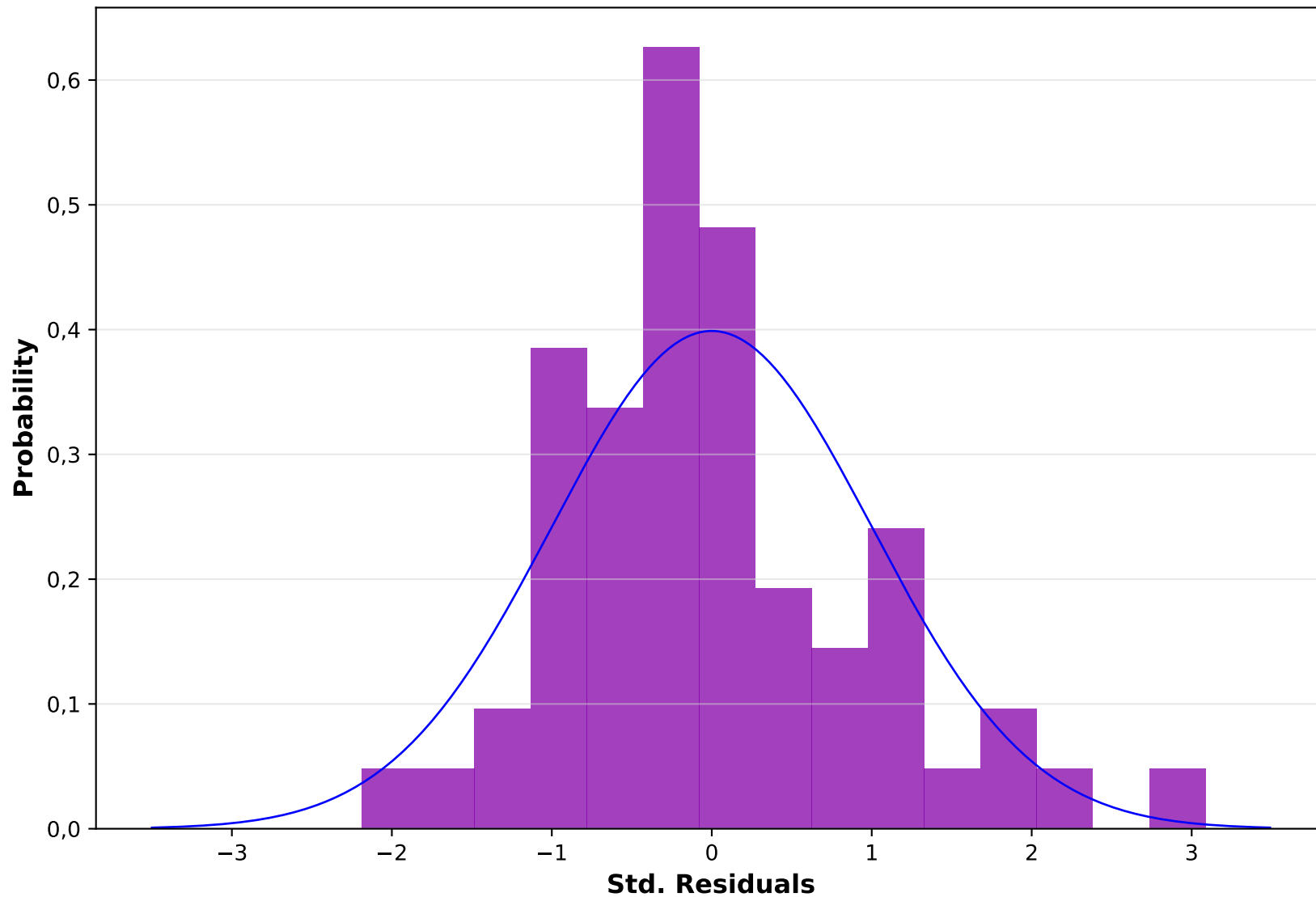
Variable Distributions and Relationships



The above graphs are Histograms and Scatterplots for each explanatory variable and the dependent variable. The histograms show how each variable is distributed. OLS does not require variables to be normally distributed. However, if you are having trouble finding a properly-specified model, you can try transforming strongly skewed variables to see if you get a better result.

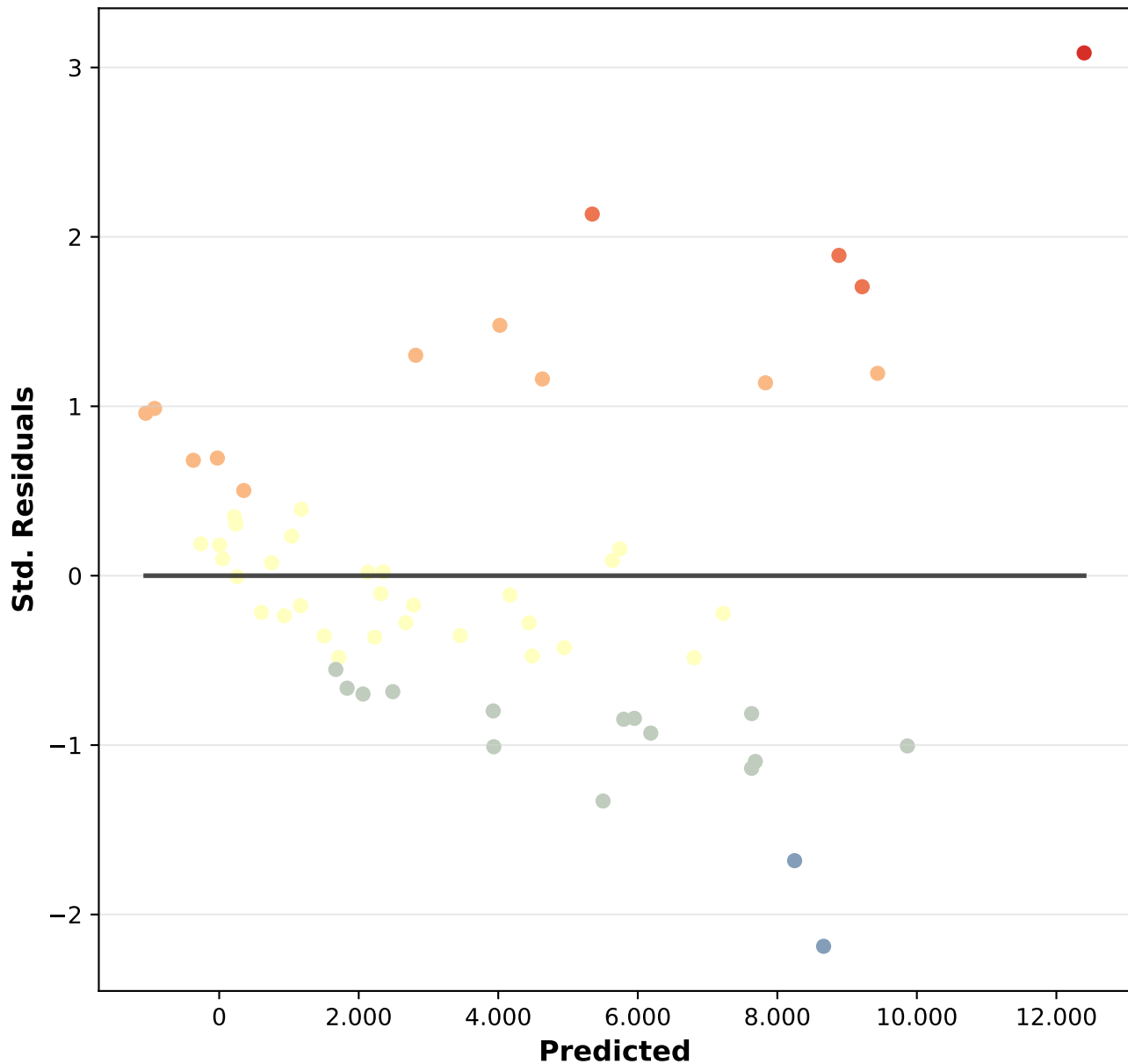
Each scatterplot depicts the relationship between an explanatory variable and the dependent variable. Strong relationships appear as diagonals and the direction of the slant indicates if the relationship is positive or negative. Try transforming your variables if you detect any non-linear relationships. For more information see the Regression Analysis Basics documentation.

Histogram of Standardized Residuals

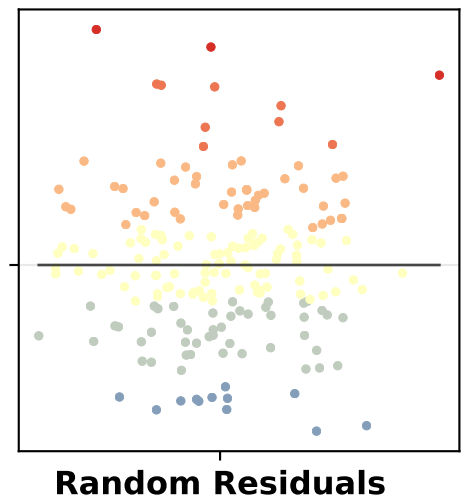


Ideally the histogram of your residuals would match the normal curve, indicated above in blue. If the histogram looks very different from the normal curve, you may have a biased model. If this bias is significant it will also be represented by a statistically significant Jarque-Bera p-value (*).

Residual vs. Predicted Plot



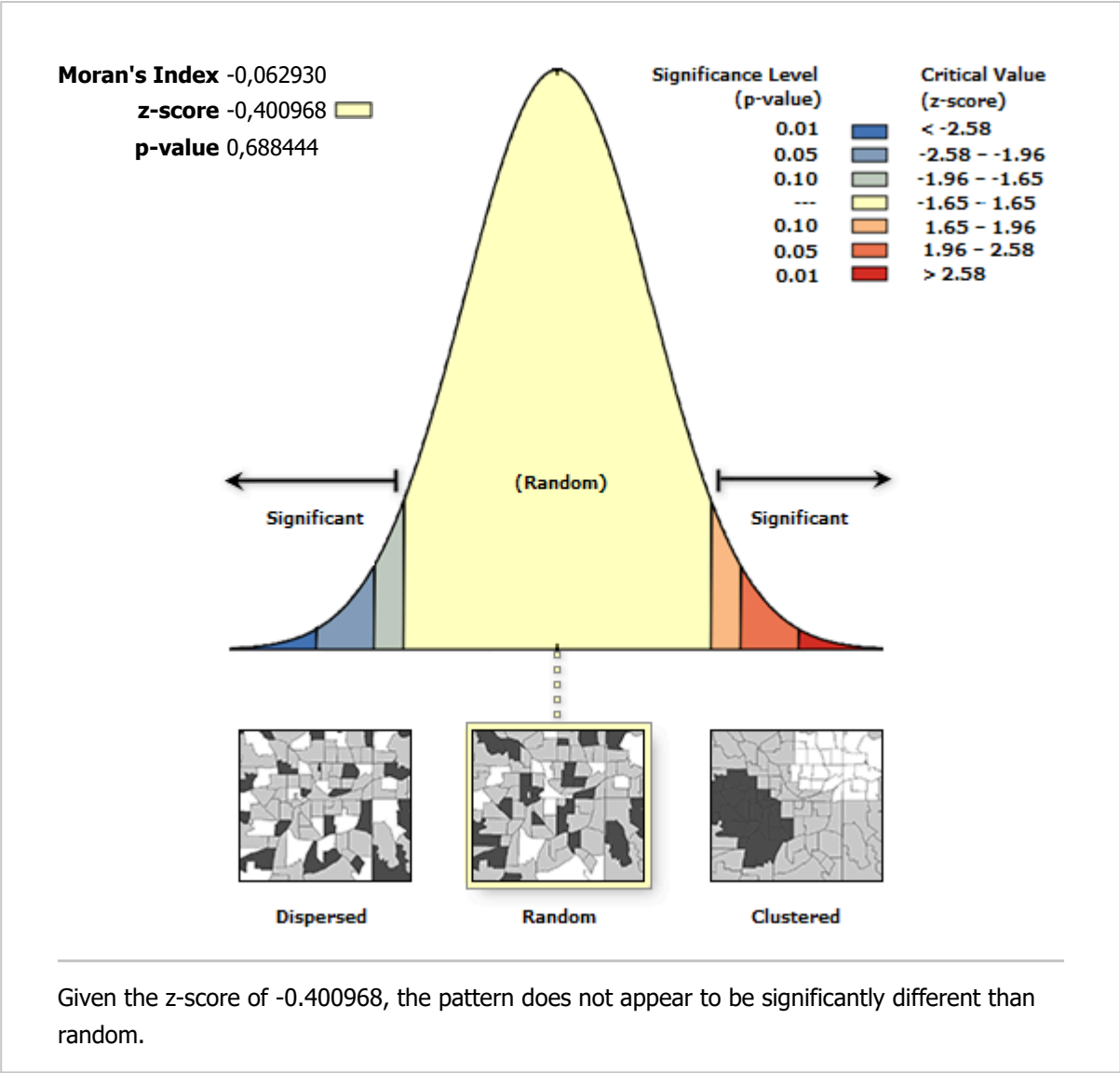
This is a graph of residuals (model over and under predictions) in relation to predicted dependent variable values. For a properly specified model, this scatterplot will have little structure, and look random (see graph on the right). If there is a structure to this plot, the type of structure may be a valuable clue to help you figure out what's going on.



Ordinary Least Squares Parameters

Parameter Name	Input Value
Input Features	MIL_400
Unique ID Field	ID_ALL
Output Feature Class	
Dependent Variable	VIAJES_OD
Explanatory Variables	POB20_49_INT
	POIS
	TTE_PUB
	INFRA_PROX
	INFRA_CONT_SUMMETROS
Selection Set	False

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

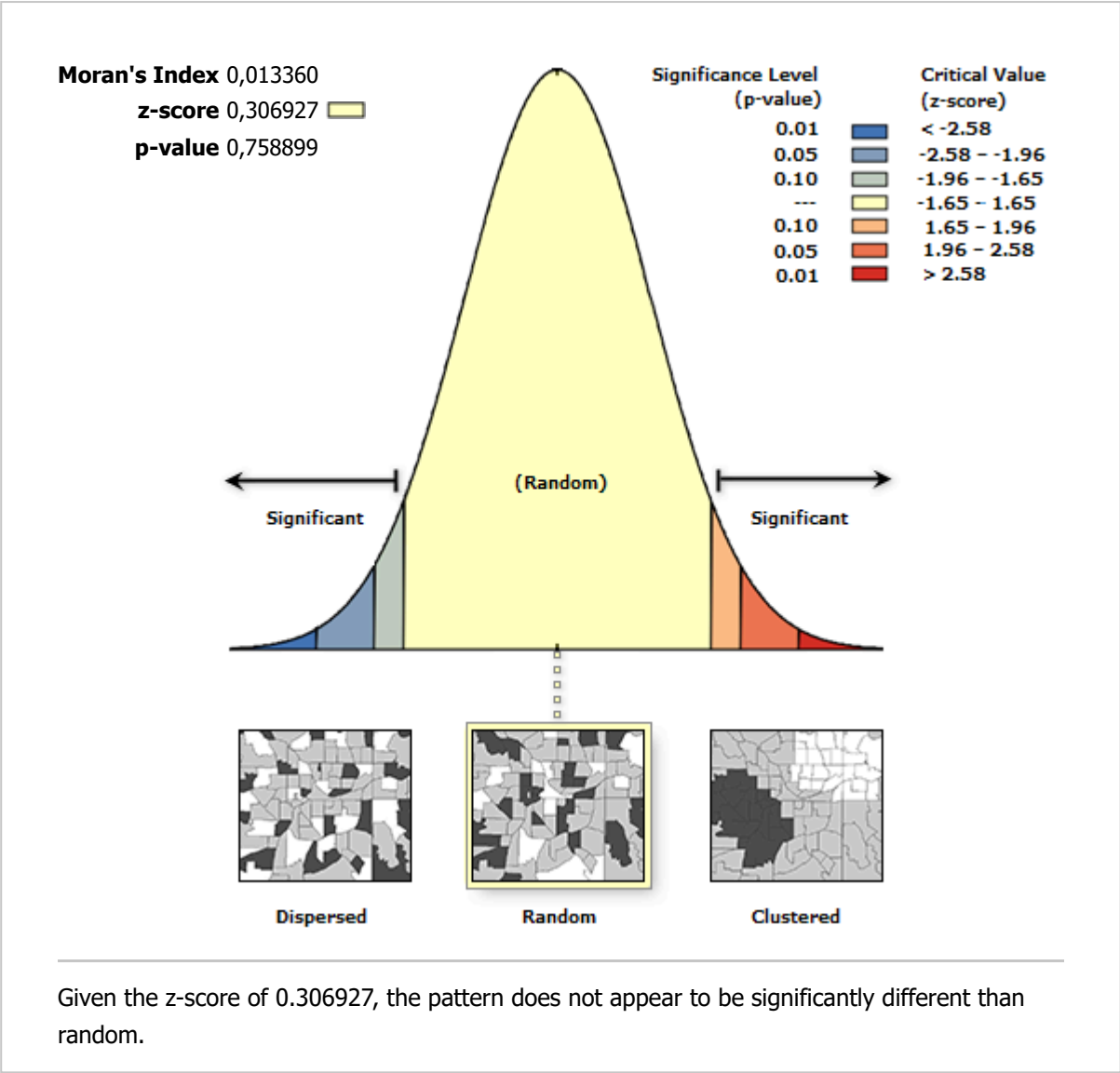
Moran's Index	-0,062930

Expected Index	-0,026316
Variance	0,008338
z-score	-0,400968
p-value	0,688444

Dataset Information

Input Feature Class:	OLS_BCN
Input Field:	RESIDUAL
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	1007,9965 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

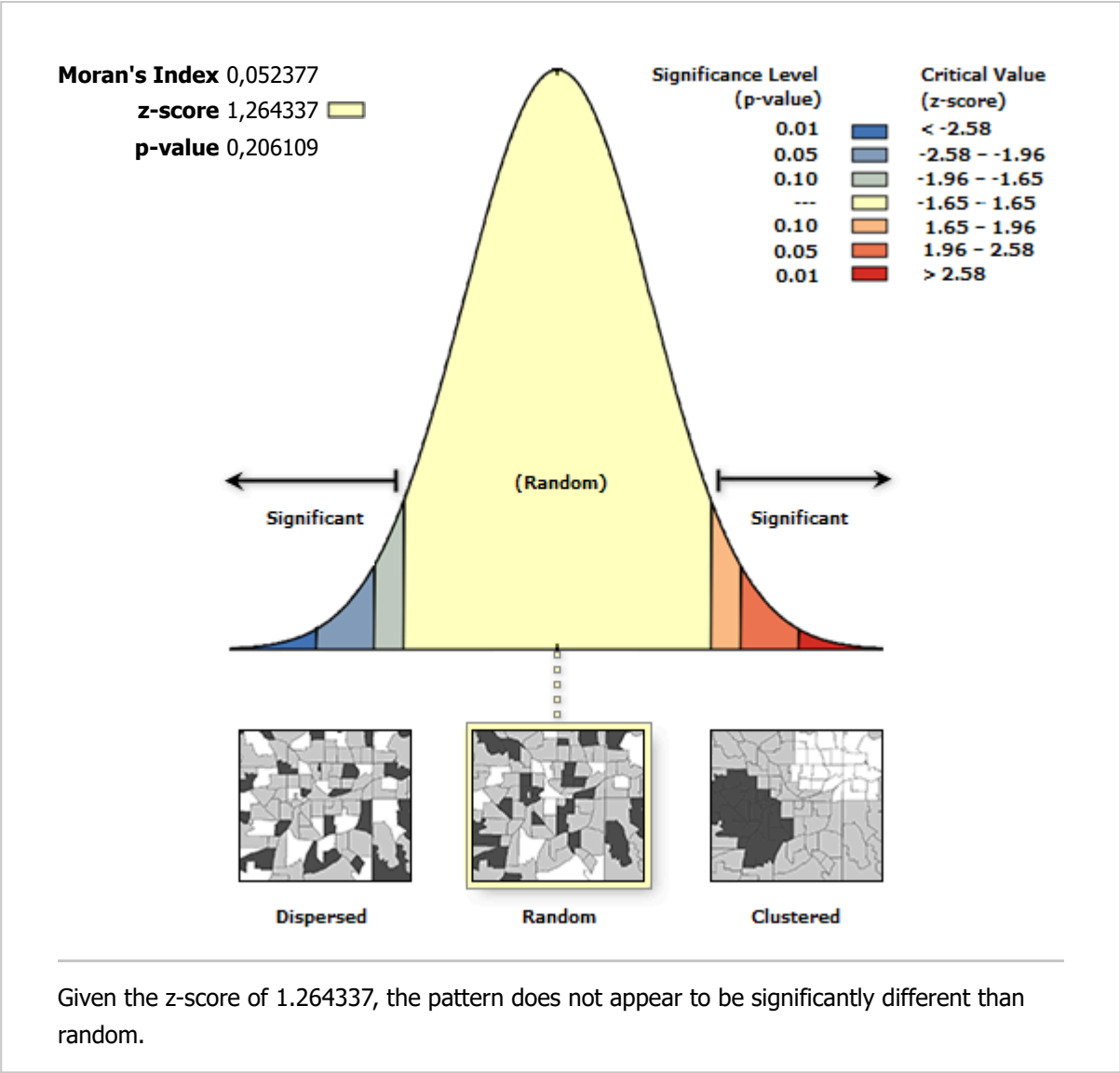
Moran's Index	0,013360

Expected Index	-0,016667
Variance	0,009571
z-score	0,306927
p-value	0,758899

Dataset Information

Input Feature Class:	OLS_MAD
Input Field:	RESIDUAL
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	956,8701 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

Moran's Index	0,052377

Expected Index	-0,017241
Variance	0,003032
z-score	1,264337
p-value	0,206109

Dataset Information

Input Feature Class:	OLS_MIL
Input Field:	RESIDUAL
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	1834,8534 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False