

LA CIRCULACIÓN DE BICICLETAS EN BARCELONA, CALLE POR CALLE



Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a los voluntarios que han colectado datos para este proyecto: Albert Orta, Álvaro Urbano, Andrés Navarro, Carlos Ortí, Carlos Padilla, Carlos Ramiro, Claudio Cattaneo, Dani Rodés Almer, Eduard Folch, Erundina González, Felix Vilaseca, Fred U., Gerard Feliu, Guiller, Ignasi Orta, Ingrid Vives, John Owen, Juan Granero, Laura Heckmann, Mercedes Vidal, Mònica Enrich, Montse Aulinas, Rosemarie Nagel, Silvia Martin, Toni Carneros, Xavier Ballart, Xesc Arbona.

Autores

Jordi Honey-Rosés
Luca Liebscht
Gerard Castilla
Adrià Arenas
Helene Ballart
Laura Chaves
Mintu Miah
Samuel Nel.lo-Deakin
Gemma Simón-i-Mas
Carmen Georgina Treviño
Frederic Udina
Patricio Reyes

Citación

Honey-Rosés, J., L, Liebscht, G. Castilla, A. Arenas, H. Ballart, L. Chaves, M. Miah, S. Nel.lo-Deakin, G. Simón-i-Mas, C.G. Treviño, F. Udina, P. Reyes (2025) La Circulación de Bicicletas en Barcelona, calle por calle. City Lab Barcelona, Institut de Ciència i Tecnologies Ambientals (ICTA-UAB), Barcelona Supercomputing Center (BSC) Bicicleta Club de Catalunya (BACC).

Diseño, ilustración y maquetación

Laura Chaves

Fotografía

Tomas Russi

Septiembre 2025

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
Métodos	7
Origen de los datos.	7
1. Caracterización de calles de la ciudad	8
2. Recolección de datos con BiciZen	10
3. Control calidad de los datos	12
4. Patrones temporales y expansión	13
5. Modelado y predicción	14
Resultados	15
1. Caracterización calles ciudad	15
2. Recolección de datos con BiciZen	16
3. Generación modelos de circulación (AADBT)	18
4. Predicción para los segmentos de calle	19
Conclusiones	21
Bibliografía	22
Financiamiento	23
Apéndice - Control calidad de los datos	24

Resumen Ejecutivo

Este informe presenta una primera estimación del volumen de bicicletas y patinetes que se mueven por Barcelona, calle por calle. Utilizando técnicas avanzadas de modelización se ha estimado el Tráfico Ciclista Promedio Diario Anual (AADBT, Average Annual Daily Bicycle Traffic, por sus siglas en inglés) a escala de segmento de calle para más de 20.000 tramos viarios. Las estimaciones se nutren de datos de los contadores automáticos del ayuntamiento y datos colectados por voluntarios y la sociedad civil.

El modelo más preciso, XGBoost, permite visualizar los flujos ciclistas en toda la ciudad y constituye una herramienta valiosa para la planificación urbana, la mejora de la infraestructura y los estudios de seguridad vial. Uno de los principales logros del estudio ha sido demostrar cómo la participación ciudadana mejora la calidad y representatividad de las estimaciones: gracias al trabajo de 43 voluntarios, se ha logrado cubrir tipologías de calle y zonas fuera del alcance de los contadores automáticos.

A pesar de estas mejoras, el modelo sigue presentando algunas sobreestimaciones, especialmente en calles sin infraestructura ciclista. No obstante, esta versión beta ofrece una base sólida para futuros desarrollos.

Este proyecto ilustra el potencial de la ciencia ciudadana y la colaboración interdisciplinaria para avanzar hacia una movilidad más sostenible, equitativa y basada en evidencia en Barcelona.



Introducción

La movilidad urbana está experimentando una transformación significativa a medida que las ciudades buscan alternativas sostenibles al uso del automóvil. En este contexto, la bicicleta y otras modalidades de micro movilidad se han convertido en un medio de transporte clave para reducir la congestión, mejorar la calidad del aire y fomentar hábitos de movilidad más saludables. Sin embargo, su integración en el tejido urbano requiere una planificación basada en datos que permita diseñar infraestructuras seguras y eficientes.

En comparación a otros modos de movilidad, como el automóvil o el transporte público, sobre la movilidad ciclista sabemos menos. Una inercia histórica a favor del automóvil ha creado herramientas, tecnologías, modelos y estudios dedicados al tránsito motorizado. En cambio, para la movilidad ciclista, no tenemos el mismo grado de conocimiento.

Un claro ejemplo de esa asimetría se manifiesta en los modelos de circulación. En Barcelona, como en la mayoría de ciudades globales, existe un sofisticado modelo de circulación de vehículos privados y motorizados. A través de la recogida de datos por las diferentes calles de la ciudad y el área metropolitana, equipos de técnicos e ingenieros han creado modelos dinámicos y predictivos para estimar los flujos de coches y motos que pasan por nuestra ciudad. Además, este modelo de circulación vehicular tiene peso en la toma de decisiones, ya que programas de pacificación de calles o propuestas de reducciones de capacidad viaria pueden ser rechazadas por el impacto previsto en la movilidad motorizada. Son modelos que influyen en decisiones importantes y por lo tanto, tienen un impacto material en cómo diseñamos nuestra ciudad.

Mientras el modelo de circulación de tránsito motorizado ocupa un lugar de peso en las decisiones de diseño en nuestra ciudad, no existe un equivalente para la movilidad ciclista o peatonal. Por ejemplo, en el año 2025 el ayuntamiento financió el trabajo de modelización de transporte público en un contrato con un valor de 300 mil euros, pero hasta la fecha, desconocemos semejante inversión para la modelización ciclista (Ajuntament de Barcelona 2025). Aún falta equiparar la movilidad ciclista con las mismas herramientas, datos, fuentes de información y financiación que la movilidad motorizado.

Sin embargo, la priorización de la movilidad activa ha quedado plasmada en documentos estratégicos, como lo es el Plan de Movilidad Urbana de Barcelona 2024 (Ajuntament de Barcelona, 2024), y en unos valores cambiantes de la sociedad. El presente trabajo pretende ayudarnos a entender y visualizar cómo la comunidad ciclista se mueve por la ciudad de Barcelona, calle por calle. Hemos desarrollado una estimación del número de bicicletas y patinetes que circulan por los carriles bici con la combinación de datos de varias fuentes: datos de los contadores automáticos del Ayuntamiento de Barcelona, datos colectados por más de 40 voluntarios utilizando la plataforma colaborativa BiciZen, y datos recolectados por el BACC.

Los resultados permiten caracterizar la red existente, e identificar oportunidades para su expansión y mejora. El trabajo es fruto de la colaboración entre el Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB), el Barcelona Supercomputing Center (BSC) y el Bicicleta Club de Catalunya (BACC). Con una combinación de análisis de datos y modelización avanzada, este estudio sienta las bases para una planificación ciclista más informada y adaptable a las necesidades de la ciudad.



Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un primer modelo de circulación de micro-movilidad (bicicletas y patinetes) en Barcelona.

Objetivos específicos

- **Contribución de conocimiento**
 - » Aportar nuevo conocimiento sobre la circulación ciclista en las calles de Barcelona
- **Aportación científica y metodológica**
 - » Desarrollar nuevos modelos para estimar los flujos de bicicletas en la ciudad.
 - » Comparar modelos e identificar los modelos con mayor precisión.
 - » Integrar datos recolectados a diferentes escalas, desde la ciencia ciudadana hasta los contadores automáticos, para mejorar las estimaciones
- **Estimación de circulación y seguridad**
 - » Contribuir a los estudios de seguridad viaria, ofreciendo unas capas de **'exposición'** que son esenciales para los estudios de seguridad viaria, permitiendo identificar puntos de riesgo vial según volumen de ciclistas por calle e intersección.
- **Inclusión y participación**
 - » Fomentar la colaboración y participación ciudadana en la generación de conocimiento, diagnóstico y análisis de la movilidad ciclista, a través de la plataforma BiciZen.
- **Divulgación y comunicación**
 - » Impulsar el debate urbano sobre la modelización ciclista, incentivando el desarrollo de más estudios liderados por el Ayuntamiento y otros que nos permitan entender las dinámicas de movimientos de la comunidad ciclista y el uso de los carriles bici de la ciudad de Barcelona.

Preguntas de investigación

¿Cuál es la estimación del número de ciclistas y otros usuarios, calculada en Tráfico Ciclista Promedio Diario Anual (Annual Average Daily Bicycle Traffic - AADBT, por sus siglas en inglés) por segmento de calle en la red viaria de Barcelona?

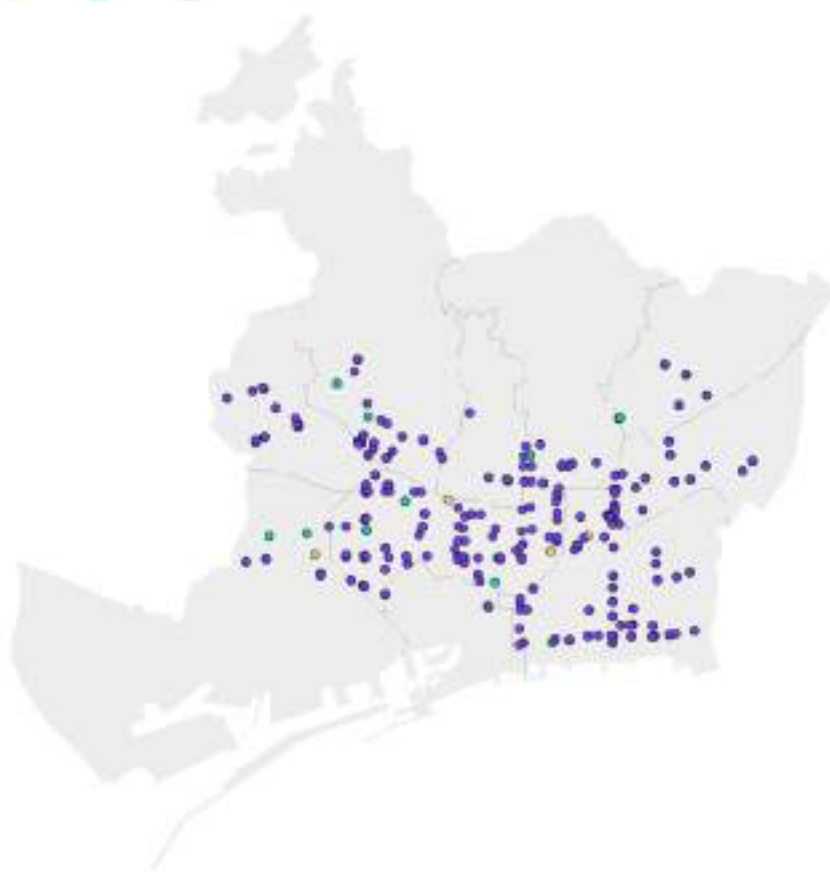
¿Cómo pueden el **'crowdsourcing'** y la ciencia ciudadana contribuir a la mejora de los modelos de estimación de la demanda ciclista y cuáles son limitaciones?

Métodos

Orígen de los datos.

Mapa de puntos de recuento en Barcelona

BACC BiciZen Contadores



Mapa de puntos de recuento en Barcelona - Map data: BCC - Created with Datawrapper

- **Contadores municipales:** Barcelona cuenta con una red de contadores a lo largo de su infraestructura ciclista, capturando datos constantes sobre el flujo de bicicletas en distintos puntos, momentos y direcciones. Se realizó una solicitud de información pública para pedir datos con mayor resolución temporal, y como resultado, se obtuvo un conjunto de datos con resolución de 15 minutos entre 2017 y 2024, sumando un total de 66,5 millones de observaciones. Cada registro incluye el identificador del contador, fecha, hora, recuento de bicicletas y el error asociado.

El número de estaciones ha ido variando a lo largo de los años, alcanzando su máximo en 2024, con 381 contadores. Las estaciones están ubicadas exclusivamente en carriles bici, lo que dificulta la modelización de los flujos de bicicletas en otros tipos de vías. La información de los contadores fijos presenta un sesgo, ya que están instalados en calles con altos flujos ciclistas e infraestructura específica.

- **BiciZen:** Para complementar los datos de los contadores automáticos, se realizó un conteo ciudadano mediante la plataforma colaborativa BiciZen (bicizen.org), una plataforma de ciencia ciudadana que permite registrar observaciones de manera colaborativa (Honey-Rosés et al 2025). Además, la movilización de personas voluntarias permitió recopilar datos sobre edad y género, y muestrear en tipología de calles fuera de la red ciclista donde existen contadores del ayuntamiento.

Reclutamos a 43 voluntarios que recopilaron datos en 30 puntos estratégicos, logrando 1063 conteos en 182 horas y 32 minutos de observación. Las ubicaciones se seleccionaron según la tipología de calle y volumen de tráfico, asegurando la calidad y representatividad de los datos. Además, la observación directa permitió registrar información adicional, como tipo de vehículo (bicicleta, patines u otros), género percibido (hombre o mujer) y edad percibida (infante, adulto o senior).

En este informe solo presentamos resultados de los conteos totales, dejando el análisis por género y edad para futuros informes.

- **BACC:** Para complementar los datos de BiciZen y contadores fijos, se obtuvieron datos de la Radiografía ciclista de Barcelona (2023-2024) del BACC. Se realizaron observaciones con cámaras en seis ubicaciones, seleccionadas según la red ciclista, ausencia de contadores, tipo de carril y flujo de uso. Las grabaciones permitieron identificar tipo de bicicleta, propulsión (eléctrica o mecánica) y, de forma percibida, el género de las personas. En 2024, se contabilizaron 11,322 observaciones en 5 ubicaciones distintas (BACC, 2024).

Figura 1.

Recolectamos datos sobre la circulación de bicicletas en la ciudad de Barcelona

Metodología

Además de la colección de datos relevantes al conteo de personas usuarias de la infraestructura ciclista, se realizaron los siguientes pasos:

1. **Caracterización de las calles de la ciudad:** Se clasificaron las calles de Barcelona según su infraestructura ciclista, tipo de carril y nivel de tráfico.
2. **Recolección de datos con BiciZen:** Voluntarios recopilaron datos a través de la plataforma BiciZen.
3. **Control de calidad de los datos:** Se revisaron los datos de los contadores fijos para identificar y corregir errores, como ubicaciones incorrectas o datos inconsistentes. También se validaron las observaciones ciudadanas para garantizar su calidad.
4. **Patrones temporales y expansión:** Se analizaron los patrones de los contadores fijos para generar factores de expansión. Estos factores permitieron ajustar y estimar con mayor precisión los datos de los voluntarios en diferentes momentos y lugares.
5. **Modelado y predicción:** Se desarrolló un modelo para predecir el AADBT a partir de variables contextuales, como la infraestructura y el tráfico. Este modelo se aplicó a todos los segmentos de calle de la ciudad,

1. Caracterización de calles de la ciudad

Para estimar el AADBT a escala de segmento de calle, fue necesario caracterizar la red vial de Barcelona. La ciudad cuenta con 3.976 calles divididas en 21.661 segmentos, que constituyen la unidad de análisis del estudio.

Para definir la red viaria se compararon distintas fuentes: una versión simplificada del ayuntamiento en su modelo de tránsito motorizado, una más detallada del Instituto Geográfico Nacional, y otra procedente de OpenStreetMap. Finalmente, se eligió la red viaria utilizada para modelizar el tráfico motorizado, por su nivel de detalle y atributos (número de carriles, dirección, clasificación viaria, AADT, etc.).

El último paso consistió en unir la red ciclista con la red viaria. Esto se resolvió mediante un join espacial, asignando a cada segmento de calle la infraestructura ciclista más próxima a su centroide.

Uno de los atributos clave considerados es la tipología de infraestructura ciclista, dado que se espera un mayor volumen de uso en aquellas vías con infraestructura de mayor calidad.

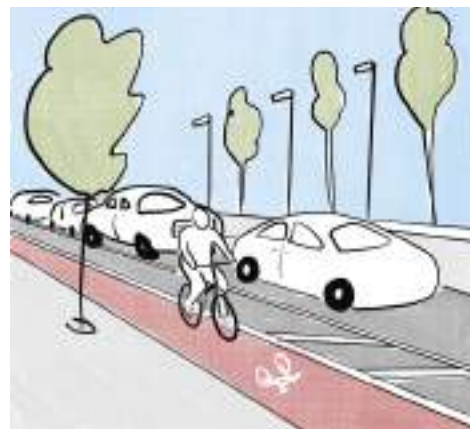
La clasificación distingue, en primer lugar, entre tramos compartidos con otros usuarios (coches, peatones o buses) y tramos segregados. A su vez, los compartidos se reclasifican según con quién se comparte el espacio, y los segregados según su ubicación y tipo de separación. Esta clasificación no pretende ser exhaustiva —tarea más propia de la administración—, sino útil para distinguir entre tipologías con diferente impacto en el uso ciclista. Clasificamos la infraestructura ciclista de Barcelona en una tipología con siete categorías (*Figura 2*).

La primera versión de esta clasificación se elaboró a partir de datos abiertos del ayuntamiento, enriquecidos con información sobre separadores y plazas de aparcamiento, y revisada posteriormente en colaboración con el BACC. Más adelante se integró una versión mejorada de la red ciclista municipal, que incluía detalles como el año de construcción, ubicación (calzada o acera) y si era compartida con otros vehículos.



Carril bici protegido

Calzada reservada exclusivamente para las bicicletas y con separación física de la circulación del tráfico motorizado.



Carril bici protegido por aparcamiento

Separado de la calzada por una fila de coches aparcados u otros elementos.



Carril bici en eje central

Ubicado en el centro de una vía, a veces con separadores físicos.



Acera-bici

Los peatones y las bicicletas comparten el uso de la acera con un espacio reservado a la circulación de los ciclistas convenientemente señalizado.



Carril compartido con vehículos

Calle de 30km/h que indican espacio compartido con prioridad ciclista.



Carril bus-bici

Espacio exclusivo para autobuses y bicicletas (señalizado con pictogramas).



Carril bici (sin protección)

Vía exclusivamente reservada a las bicicletas, situada en la calzada y separada del resto de la circulación por marcas viales que la delimitan.

Figura 2. Tipología de infraestructura ciclista en Barcelona

2. Recolección de datos con BiciZen

- **Reclutamiento y capacitación de voluntarios**

Reclutamos a más de 40 voluntarios/as para observar el uso de los carriles bici en la ciudad. Se realizaron sesiones de formación online y presenciales para explicar la metodología y se difundió material detallado a través de una lista de correo electrónico y WhatsApp.

- **Estrategia de muestreo**

El muestreo tuvo dos objetivos: (1) obtener una muestra equilibrada de observaciones en calles con y sin infraestructura ciclista y (2) caracterizar los patrones de uso en sitios donde ya tenemos datos de los contadores automáticos, pero no edad y género. Para ambos casos, utilizamos una muestra aleatoria y estratificada. Recordamos que el muestreo con ciencia ciudadana es esencial para equilibrar el modelo, que en caso de solo usar los datos de los contadores automáticos, nos produciría una sobreestimación.

- **Muestreo de segmento de calles estratificado por infraestructura ciclista y volumen de tráfico**

Seleccionamos a segmentos de calle de manera aleatorización y estratificada según: **(i) tipo de infraestructura ciclista, y (ii) nivel de tráfico (alto, medio y bajo).**

Esto permite medir flujos de micromovilidad en calles con menor tráfico, evitando una sobreestimación del volumen real basada solo en contadores automáticos.

- **Muestreo de contadores estratificado por Distrito**

Se estratificaron los contadores por los 10 distritos de la ciudad de Barcelona y seleccionamos uno por distrito mediante un generador de números aleatorios en Excel. Este enfoque garantiza una representación de un contador por cada distrito de la ciudad. Aunque no presentamos los resultados por edad y género en este informe, nuestra estrategia de muestreo observó las características demográficas de las personas usuarias de la bicicleta en los puntos con contadores automáticos.



Calles seleccionadas para el muestreo

Calles	Distrito	Infraestructura	Volumen Total
C/ Aristides Maillol 3106	Les Corts	Carril bici protegido	1422
Av. d'Icària 178	Sant Martí	Acera-bici	1680
Av. Maria Cristina – Palau de Congressos	Sants-Montjuïc	Carril bici en eje central	1602
Av. Meridiana 82	Sant Martí	Carril bici protegido	1104
Av. Rio de Janeiro 59	Nou Barris	Carril bici protegido por aparcamiento	406
Av. Diagonal 670	Sarrià-Sant Gervasi	Acera-bici	246
Av. d'Icària 178	Sant Martí	Acera-bici	1110
C/ Calabria	Eixample	Carril bici protegido	1038
C/ d'Àngel Guimerà 14	Sarrià-Sant Gervasi	Carril bici (sin protección)	516
C/ de Bac de Roda 42	Sant Martí	Carril bici protegido por aparcamiento	876
C/ de la Creu Coberta 113	Sants-Montjuïc	Carril bici protegido	3186
C/ de la Diputació 385	Eixample	Carril bus-bici	1824
C/ de Pi i Margall 114	Gràcia	Carril bici (sin protección)	1596
C/ de Sants 403	Sants-Montjuïc	Carril bus-bici	342
C/ Gran de Gràcia	Gràcia	Sin Infraestructura	186
C/ Joan Blanques	Gràcia	Sin Infraestructura	36
C/ Jocs Florals 175	Sants-Montjuïc	Sin Infraestructura	974
C/ Pontons 1	Sants-Montjuïc	Sin Infraestructura	114
C/ Pujades 3	Ciutat Vella	Carril bici protegido por aparcamiento	468
C/ Torrent de la Carbassa 20	Gràcia	Sin Infraestructura	0

C/ Torrent de la Carbassa 20	Gràcia	Sin Infraestructura	0
C/ Bisbe Català 3	Sants-Montjuïc	Sin Infraestructura	60
C/ Bonaplata 22	Sarrià-Sant Gervasi	Sin Infraestructura	870
C/ Calabria 166	Eixample	Carril bici (sin protección)	4572
C/ Garcilaso 64	Sant Andreu	Carril bici protegido	54
C/ Rosselló 161	Eixample	Sin Infraestructura	354
C/ Sant Antoni Maria Claret amb Rambla Volart	Horta-Guinardó	Carril bici en eje central	3210
Pg. Maragall 242	Horta-Guinardó	Sin Infraestructura	1764
Pg. Maragall 84	Horta-Guinardó	Carril bici protegido por aparcamiento	2490
Pg. de la Zona Franca 189	Sants-Montjuïc	Carril bici protegido por aparcamiento	1488
Pg. de Valldaura 259	Nou Barris	Sin Infraestructura	396
Pg. Pujades 3	Ciutat Vella	Carril bici en eje central	2892
Pg. Sant Joan 8	Eixample	Carril bici en eje central	5404
Rambla de Badal 125	Sants-Montjuïc	Carril bici en eje central	84
Rambla de l'Onze de Setembre 2	Sant Andreu	Carril compartido	146
C/ Ramelleres 15	Ciutat Vella	Sin Infraestructura	174
Ronda Guinardó 111	Horta-Guinardó	Carril bici protegido	4362
Travessera de Gràcia 260	Gràcia	Carril bici protegido	10302
Via Augusta 360	Sarrià-Sant Gervasi	Carril bici protegido	564
C/ de Bilbao 117	Sant Martí	Carril bici protegido	54

Creado con Datawrapper

Tabla 1. Calles seleccionados para el muestreo: nombre de calle, distrito, tipología de infraestructura y volumen de vehículos motorizados.

3. Control calidad de los datos

3.1 Datos contadores

Se tomaron medidas para asegurar la calidad de los datos recolectados con los contadores automáticos. En primer lugar, se filtraron los datos en función del error estimado (%), un atributo proporcionado por el ayuntamiento, con el objetivo de descartar aquellas observaciones registradas durante períodos en los que el sensor presentaba fallos. Este proceso permitió analizar las dinámicas y conservar únicamente las observaciones en las que el sensor estaba plenamente operativo.

Una vez hecha esta depuración, se agregaron los datos a nivel horario, y aplicaron las siguientes reglas para determinar qué observaciones se consideraban válidas.

1. Un mismo contador no puede tener 90 o más horas de ceros consecutivos.
2. No puede haber 6 o más observaciones idénticas mayores que 5.
3. El total de registros nocturnos (20 h - 8 h) no puede superar al total de registros diurnos (8 h - 20 h).
4. El volumen horario no debe superar las 885 bicicletas, y el diario las 11.225 bicicletas.
5. Un día se considera inválido si tiene menos de 22 horas de datos válidos.
6. Un mes se considera inválido si cuenta con menos de tres semanas de datos.
7. Un año se considera inválido si tiene datos de menos de 11 meses (aplicable solo al cálculo del factor mes-año).

Una vez realizado el control de calidad, se ha calculado el volumen de bicicletas diario (DBT) y luego el promedio anual para cada contador (AADBT) (Miah et al., 2024).

A partir de los datos recolectados por los contadores automáticos durante 2023 y 2024 (más de 24 millones de observaciones), se descartó un 5,5% debido a errores detectados por el propio sistema —según el indicador de fiabilidad proporcionado por el Ayuntamiento—, que señalaba fallos en el funcionamiento del sensor.

Posteriormente, los datos se agregaron a nivel horario, conservando únicamente aquellas horas con al menos 30 minutos de datos válidos. Tras esta agregación, se aplicaron las reglas de control de calidad previamente descritas, lo que permitió clasificar como válidas el 79,2% de las observaciones.

3.2 Datos observaciones

- **Datos BiciZen**

En el caso de los datos de BiciZen, el principal problema era asegurarse que la cantidad de observaciones para un punto de muestreo concreto fuese suficiente para obtener resultados fiables. Inicialmente, se planteaban un mínimo de 30 observaciones, que es una cifra frecuentemente utilizada en estudios de movilidad. Esto fue bajado a 10 para retener una mayor cantidad de lugares de muestreo.

- **Datos BACC**

Los datos del BACC se agruparon en intervalos de una hora, a partir de conteos realizados cada 15 minutos. En los casos en que no se disponía de la hora completa, los valores se escalaron proporcionalmente. Dado que muchas ubicaciones corresponden a carriles bidireccionales y no se diferenciaba el sentido del flujo, el total de bicicletas observadas se dividió entre dos. Como resultado, se obtuvieron datos para 6 estaciones con un total de 21 meses de observaciones válidas.

4. Patrones temporales y expansión

Los datos observacionales consisten en conteos de entre 10 a 30 minutos, para un lugar y dirección específica. El objetivo de este apartado es explicar cómo se han transformado estas observaciones en una estimación del Volumen de Bicicletas Diario Promedio (AADBT). Para ello, se han generado factores de expansión a partir de los patrones estacionales obtenidos de los contadores automáticos.

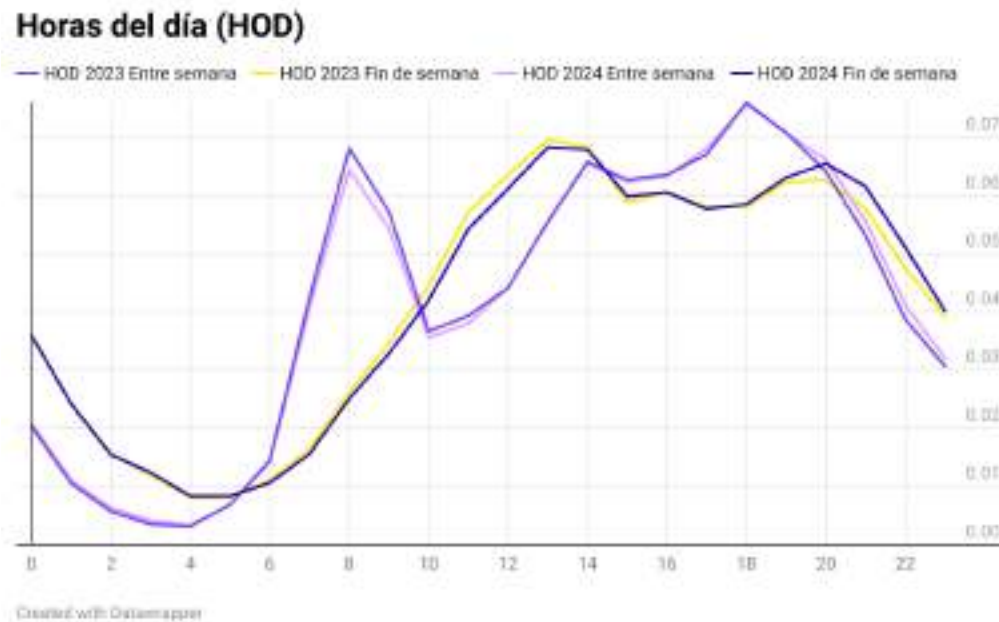


Figura 3. Distribución horaria de la movilidad entre semana

4.1 Generar Factores de Expansión

Los factores de expansión son proporciones o índices que permiten “ampliar” los datos de conteo recogidos durante un período corto para estimar el tráfico de bicicletas durante todo un año. Se han calculado tres factores de expansión:

- **Patrón Diario (HOD, Hour of Day):** Relaciona el tráfico en una hora específica con el tráfico total del día, calculado por separado para días laborables y fines de semana.
- **Patrón Semanal (DOW, Day of Week):** Relaciona el tráfico de un día específico de la semana con el promedio semanal, para capturar variaciones entre días laborables y fines de semana.
- **Patrón Anual, (MOY, Month of Year):** Relaciona el tráfico mensual con el tráfico anual, permitiendo tener en cuenta la estacionalidad en el uso de la bicicleta.

5. Modelado y predicción

Se han combinado los datos del AADBT de los contadores, BiciZen y el BACC, que será el conjunto de datos utilizado para modelizar. Los siguientes sub apartados explican cómo se han caracterizado los lugares de conteo, cómo se han seleccionado las variables explicativas más relevantes, qué modelos se han generado, cómo se ha elegido el mejor, y finalmente. cómo se ha utilizado el modelo final para predecir el flujo de cada calle.

5.1 Caracterización de los puntos de conteo y selección de variables

La caracterización de los sitios de conteo se ha centrado en enriquecer su contexto, incorporando variables como la cercanía a centros educativos y distintos usos del suelo (incluyendo zonas verdes y cuerpos de agua). También se añadieron elementos de movilidad (aparcamientos de bicicletas, Bicing, señalización ciclista, transporte público), datos socio demográficos (edad, género, ingresos), características de la infraestructura ciclista, flujos de tráfico, morfología de la vía, así como altitud y pendiente del terreno.

La selección de variables se inició filtrando aquellas con una correlación superior a 0.15 con la variable dependiente. Luego se eliminaron las que presentan multicolinealidad y, por último, se descartaron las variables explicativas con una correlación mutua superior a 0.6.

5.2 Desarrollo del modelo de predicción del AADBT

Una vez seleccionadas las variables explicativas, se entrenaron cuatro tipos de modelos para predecir el AADBT: regresión de Poisson, Random Forest, XGBoost y una red neuronal convolucional (CNN). Estos modelos permiten abordar diferentes enfoques, desde métodos estadísticos tradicionales hasta técnicas avanzadas de aprendizaje automático y profundo.

Para evaluar y comparar su rendimiento, se utilizaron cuatro métricas complementarias: MAE (error absoluto medio), RMSE (raíz del error cuadrático medio), MAPE (error porcentual absoluto medio) y R^2 (coeficiente de determinación). Estas métricas permitieron analizar la precisión, la robustez y la capacidad explicativa de cada modelo.

5.3 Aplicación del modelo para predicción en la red viaria.

Seleccionado el modelo con mejor rendimiento, se extrajeron los centroides de los segmentos de calle como base para la predicción. Estos puntos fueron enriquecidos con las variables explicativas utilizadas en el entrenamiento del modelo. En el caso de calles bidireccionales, se generaron los atributos para ambas direcciones de circulación.

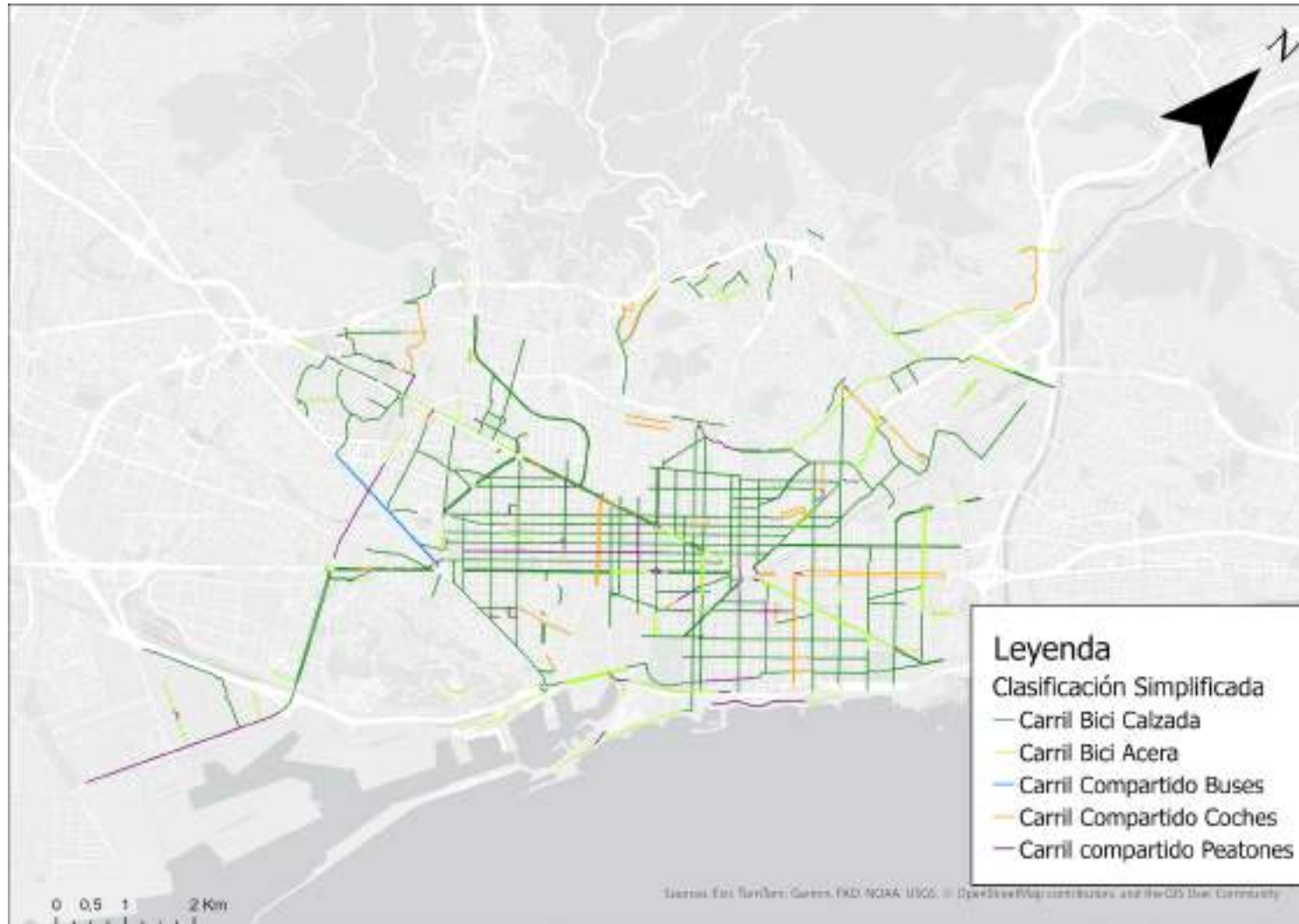
El AADBT se predijo de forma independiente para cada dirección, y posteriormente se calculó el total sumando ambas. Finalmente, los resultados se unieron a la geometría original de los segmentos viarios, lo que permitió su visualización espacial y análisis sobre el conjunto de la red.



Resultados

1. Caracterización calles ciudad

Construimos una clasificación de la infraestructura ciclista en Barcelona, agrupada en cinco categorías con fines de visualización. Para facilitar la lectura a escala urbana, todos los carriles bici ubicados en calzada se han representado como una sola categoría.



Como se puede observar en la *Tabla 2 (Apéndice)* se detallan las categorías de infraestructura ciclista utilizadas en el modelo, junto con la longitud total (en km) de cada una y el número.

Figura 4. Vías ciclistas de Barcelona 2024

2. Recolección de datos con BiciZen

A través de BiciZen, se recopilaron un total de 182 horas y 32 minutos de observaciones en las ubicaciones previamente mencionadas. Este período de registro permitió obtener 1.063 observaciones con 43 personas voluntarias. (*Apéndice, Figura 12*)

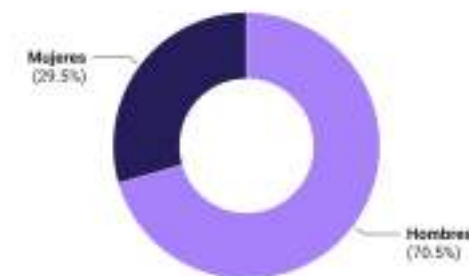
A partir de esta información, se han desarrollado los siguientes análisis que reflejan la dinámica ciclista observada en Barcelona: de segmentos asociados.

En las gráficas se presenta la información sobre las tres principales diferenciaciones del estudio.

- **Tipología de vehículo**, muestra claramente que el medio de transporte más utilizado es la bicicleta, representando el 74,3% de las observaciones, seguida del patinete eléctrico, con un 24,3%.
- **Género percibido de quienes se desplazan en bicicleta**, se observa que el 70,5% son hombres y el 29,5%, mujeres.
- **Edad percibida de las personas usuarias de las vías ciclables**, la mayoría (95,3%) son personas adultas (18-64 años), mientras que la presencia de personas adultas mayores (65 años o más) es del 3%, al igual que la de infancias y adolescencias (17 años o menos).

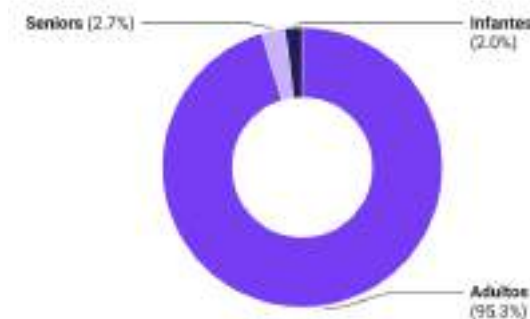
5a.

Género percibido



5b.

Edad percibida



5c.

Tipología de Vehículo

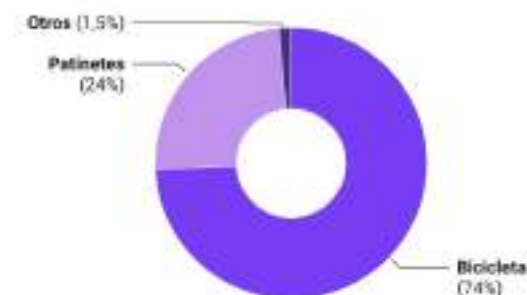


Figura 5. La distribución de género percibida (5a), edad (5b) y tipología de vehículo (5c) en las observaciones de ciencia ciudadana con la plataforma BiciZen.

Tipología de ciclistas según la infraestructura ciclista



Created with Datawrapper

Figura 6. Tipología de ciclista según la infraestructura ciclista

Observaciones por día

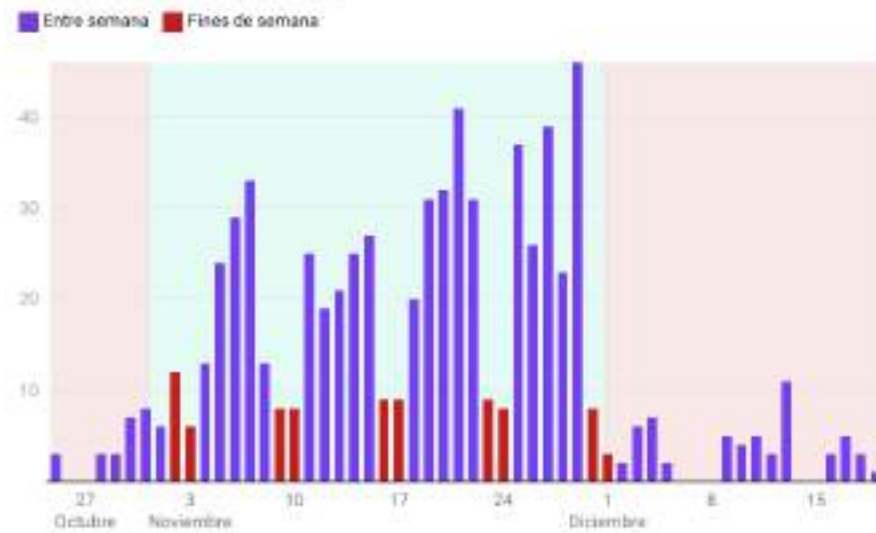


Figura 7. Número observaciones por día con los conteos de BiciZen

Asimismo, también se realizó un desglose considerando la tipología de la infraestructura ciclable y el perfil de usuario. En este análisis, destaca que la mediana diaria de ciclistas, según el tipo de infraestructura, revela un bajo porcentaje de mujeres en aquellas zonas donde las vías son deficientes o inexistentes.



3. Generación modelos de circulación (AADBT)

3.1 Caracterización de los puntos de conteo y selección de variables

Se generaron 71 variables para las 642 observaciones anuales (AADBT), que aumentaron a 122 tras convertir las variables categóricas en dummies, de las cuales 605 son contadores, 26 de BiciZen y 11 datos del BACC.

Durante la selección, se descartaron 86 variables por baja correlación, 6 por multicolinealidad y 7 por alta correlación mutua, quedando un total de 23 variables explicativas.

3.2 Modelización AADBT

Se utilizaron 23 variables explicativas relacionadas con usos del suelo, movilidad, accesibilidad, entorno físico y factores socio demográficos. Se entrenaron y evaluaron cuatro modelos: regresión de Poisson, Random Forest, XGBoost y una red neuronal convolucional (CNN). La comparación se realizó utilizando Mean Average Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE), Mean Average Percent Error (MAPE) y R². El modelo XGBoost ofreció el mejor rendimiento global, con el menor error (MAE: 643.74) y el mayor poder explicativo (R²: 0.787), mejorando significativamente frente al resto de enfoques. Nombramos modelo ‘beta’, a nuestro mejor resultado, que en este caso fue el modelo XGBoost.

Comparativa de los modelos

Modelo	MAE	RMSE	MAPE	R2
Poisson Regression	1192.72 ± 74.48	1515.42 ± 109.65	63.53 ± 10.75	0.398 ± 0.108
Random Forest	950.53 ± 90.43	1256.10 ± 121.66	48.10 ± 13.67	0.599 ± 0.064
XGBoost	544.26 ± 81.98	906.04 ± 182.25	24.55 ± 11.09	0.787 ± 0.074
CNN	754.42 ± 113.48	1122.24 ± 221.15	34.67 ± 18.94	0.646 ± 0.176

Created with Datawrapper

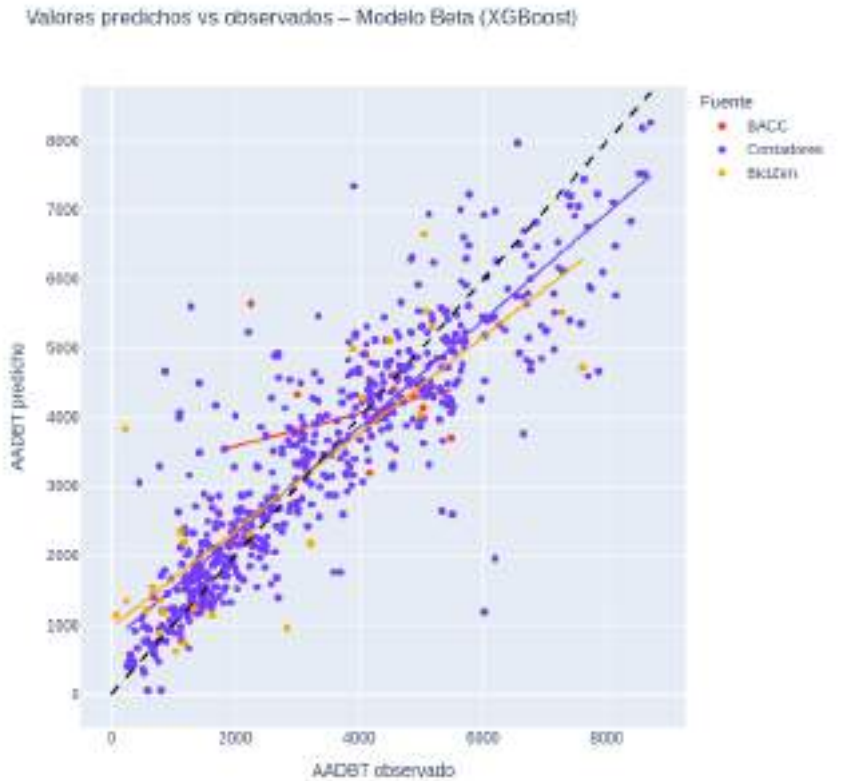


Figura 8. Evaluamos el modelo beta comparando la predicción (eje y) de AADBT con el valor observado (eje x). Un modelo perfecto se alinearía en la línea y=x. Observamos sobreestimaciones, sobre todo en los valores bajos.

Tabla 3. Comparación de modelos de circulación de bicicletas y patinetes en Barcelona

4. Predicción para los segmentos de calle

Se extrajeron 17.787 segmentos de calle, de los cuales 3.077 eran bidireccionales y fueron duplicados, resultando en un total de 20.864 segmentos. Para cada uno se calculó el centroide, que fue enriquecido con las 23 variables del modelo. A partir de estos datos, se generó una predicción individual por segmento. En el caso de los bidireccionales, se agregaron las predicciones de ambas direcciones. Finalmente, los resultados se unieron a la geometría original de los segmentos, permitiendo visualizar los flujos estimados en la Figura 10.

Mientras una estimación naif usando solo los datos de los contadores automáticos estimaba que el volumen promedio por calle de alrededor de 4 mil bicicletas y patinetes, cuando se incorporaron las observaciones de la ciencia ciudadana, esta estimación se reduce en un 17%, y se acerca a unas estimaciones más realistas. Actualmente, el modelo beta estima que un día promedio, el volumen de bicicletas y patinetes que circulan es de 3.284 bicicletas y patinetes por día. Este valor seguramente aún es una sobreestimación, sobre todo en calles sin infraestructura ciclista y en calles con baja circulación.

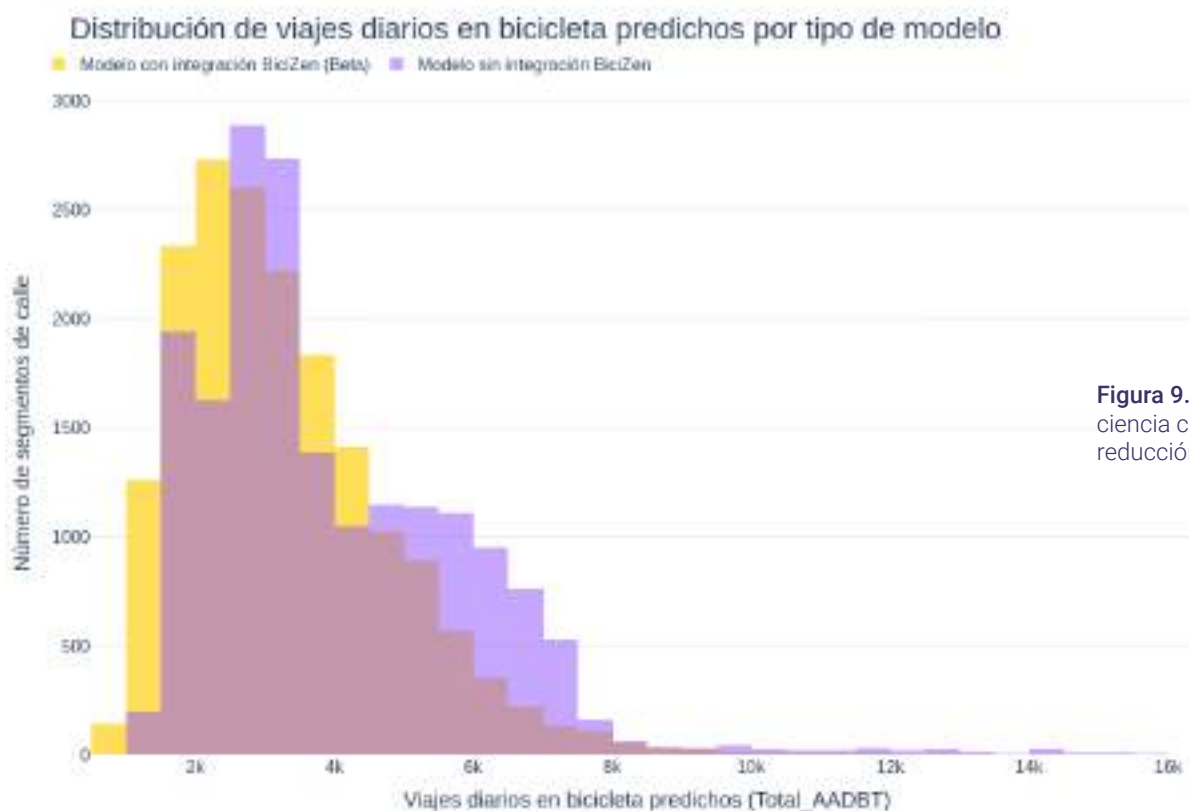


Figura 9. Comparamos nuestro modelo beta con el mismo modelo pero sin los datos de ciencia ciudadana. Observamos cambios en la distribución de las estimaciones con una reducción en el pico, la mediana y muchos de los valores mas altos se eliminan.

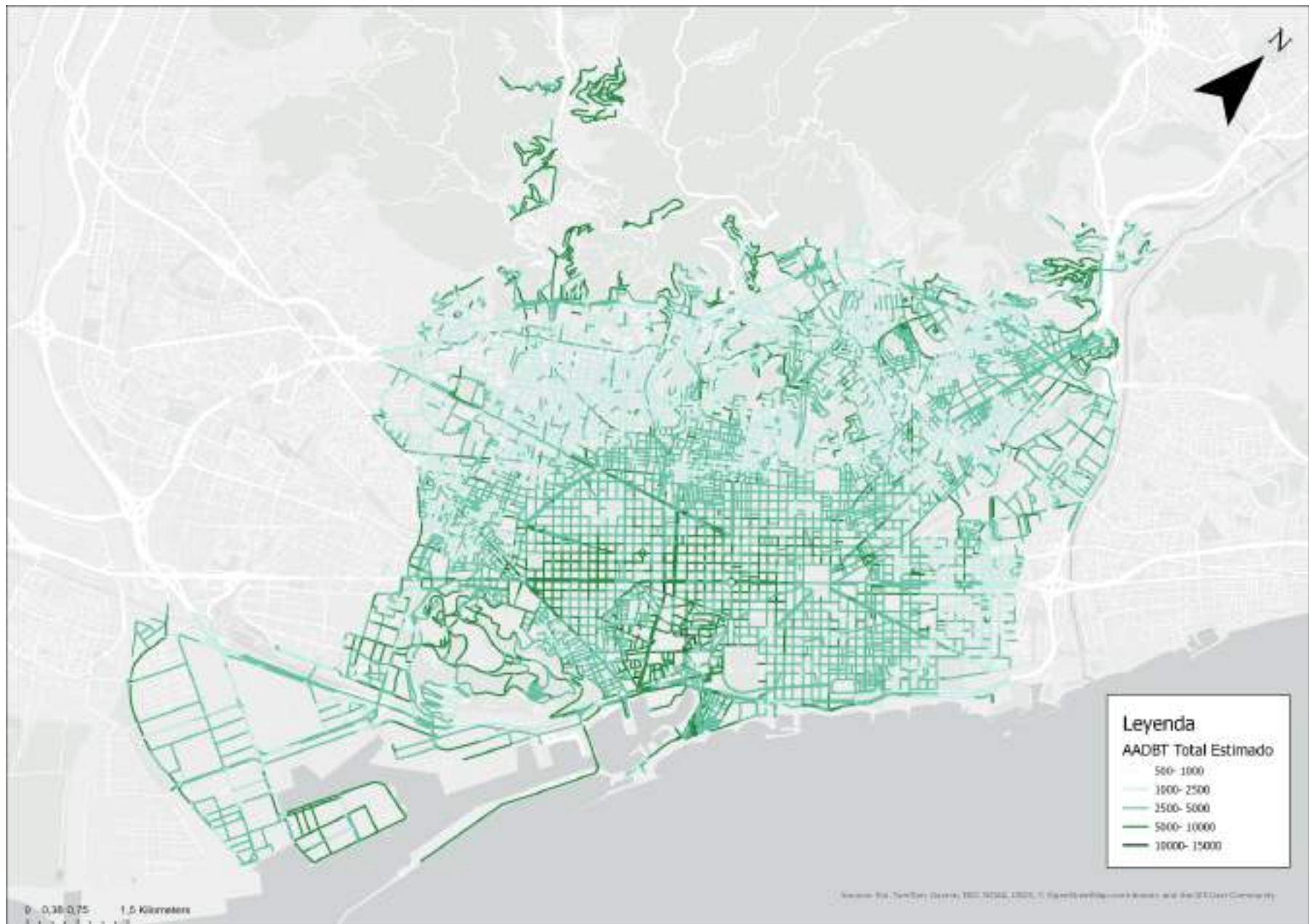


Figura 10. Las estimaciones de bicicletas y patinetes en las calles de Barcelona, según el modelo beta.

Conclusiones

Este trabajo es una primera aproximación para entender el flujo de bicicletas en Barcelona a escala de segmento de calle. Desde hace décadas, qué ingenieros de tráfico han desarrollado modelos para dar estos valores para la movilidad motorizada, aún desconocemos el equivalente para la movilidad ciclista. Contribuimos presentando un primer modelo de circulación de micromovilidad en Barcelona.

Observamos como las estimaciones de los volúmenes de bicicletas y patinetes en Barcelona se han visto mejoradas por las contribuciones de la ciencia ciudadana. En todas las tipologías de calles, las estimaciones se reducen al incluir observaciones de voluntarios.

La comparación de modelos ha permitido comprobar que el algoritmo XGBoost da los mejores resultados de manera regular. El modelo beta tiene sus deficiencias, pero sigue siendo un importante avance respecto a lo que se ha hecho hasta la fecha. Incorpora las condiciones y características de cada calle y la existencia de infraestructura ciclista. Además, el modelo tiene en cuenta la direccionalidad de los carriles bici.

El mapa generado ofrece una idea del patrón del movimiento de bicicletas y patinetes que circulan por Barcelona, teniendo en cuenta factores que influyen en el uso de la micromovilidad. En futuros trabajos, hay que integrar los datos de Strava, separar las bicicletas de los patinetes y desglosar el flujo de usuarios por edad y género.

Este proyecto ilustra lo que se puede lograr con la colaboración de la comunidad ciclista, las organizaciones ciclistas y un equipo internacional de investigadores. Se ofrece una primera estimación inicial del flujo de bicicletas y patinetes en las calles de Barcelona. Este modelo no solo representa un avance técnico, sino también un ejemplo del poder de la ciencia ciudadana para transformar los conocimientos sobre la movilidad urbana y apoyar a la toma de decisiones en la ciudad.



Bibliografia

- **Ajuntament de Barcelona (2025).** "Servei d'assistència tècnica a la Direcció de Serveis de Mobilitat lligada al Pla de Mobilitat Urbana (PMU) 2025-2030 per la modelització de la xarxa de transport en superfície, metro i ferrocarril suburbà, si s'escau, la xarxa de transport en bicicleta." MOMENTUM GABINET D'ENGINYERIA SL. 368.318,26 €: URL <https://licitacions.bcn.cat/licitacion/licitaciones/detalle?id=9587091> URL:<https://contractaciopublica.cat/ca/detall-publicacio/4fd78048-9ee6-4ab7-af00-729842f26157/300439880>
- **Ajuntament de Barcelona. (2024).** Pla de Mobilitat Urbana de Barcelona 2024. https://bcnroc.ajuntament.barcelona.cat/jspui/bitstream/11703/128157/1/Pla%20de%20Mobilitat%20Urbana_bcn_2024.pdf
- **Bicicleta Club de Catalunya (BACC). (2024).** Radiografia ciclista de Barcelona 2024: Resultats de l'estudi. Recuperado de <https://bacc.cat/radiografia-ciclista-de-barcelona-2024-resultats-de-lestudi/>
- **Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques. (2005).** Manual de diseño de vías ciclistas de Cataluña. Recuperado de <https://terra.bibliotecadigital.gencat.cat/bitstream/handle/20.500.13045/262/manual-dise%C3%B1o-vias-ciclistas-catalu%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- **Honey-Rosés, J., Liebscht, L., Batista, P., Benatallah, B., Brussel, M., Flacke, J., Häkli, J., Kallio, K. P., Lynn, T., Mäkelä, M., Melo, L., Simón-i-Mas, G., & Vilariño, F. (2025).** BiciZen: Lessons in the development of a crowdsourcing mobile app to make cities more bikeable. Journal of Participatory Research Methods, 6(1), 143–168. <https://doi.org/10.35844/001c.126552>
- **Nelson, T., Roy, A., Ferster C., Fischer J., Brum-Bastos V., Laberee K., Yu H., Winters M. (2021).** Generalized model for mapping bicycle ridership with crowdsourced data. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 125, April 2021, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.102981>
- **Miah, Md. Mintu, Hyun, K., & Mattingly, S. (2024).** A review of bike volume prediction studies. Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research, 16. <https://doi.org/10.1080/19427867.2024.2310831>
- **Miah, Md. Mintu, Griswold, J., Proulx, F., Bigham, J., & Grembek, O. (2024).** Methodology of a large-scale bicycle exposure estimation.
- **Sevtsuk, A., Alhassan, A., (2025).** Madina Python Package: Scalable Urban Network Analysis for Modeling Pedestrian and Bicycle Trips in Cities. Journal of Transport Geography 123:104130. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2025.104130>
- **Simón-i-Mas G., Honey-Rosés, J. (2024).** A Global Overview of Bike Bus: A Journey Toward a Child-Friendly City. International Journal of Sustainable Transportation. 18(12):1012-1025 doi: 10.1080/15568318.2024.2432654
- **Tacq, Roxy, Knol, Arjan. (2025)** 75% Bicycle Intensity Maps. How intensity maps can support cities to achieve UN Road Safety Performance Target 4. Accessed: 2025-05-08. dokdata.nl and iRAP, 2024. <https://storymaps.arcgis.com/stories/4c3d8d6d9b53499d97ca1768e26058b0>
- **Vuk G., Bradley, M. Bowman, J., Overgard C. 2022.** Modeling of Bicycling in the COMPASS Activity-Based Model for Copenhagen. TRB presentation RSG. URL: <https://rsginc.com/wp-content/uploads/2022/01/Modeling-of-Bicycling-in-the-COMPASS-Activity-Based-Model-for-Copenhagen.pdf>

Financiamiento

Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del Acuerdo de Subvención n.º 101016888, por el programa SMART-ER de ECIU. Este resultado refleja únicamente la opinión del autor y la UE no se responsabiliza del uso que pueda hacerse de la información que contiene. Jordi Honey-Rosés ha recibido el apoyo de la Ramón y Cajal (RyC-2019-027279-I) y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España a través del programa "María de Maeztu" para Unidades de Excelencia (CEX2019-000940-M).



Contadores seleccionados para el muestreo de ciencia ciudadana

Distrito	ID	Ubicación
Ciutat Vella	20112	Pg. Pujades - Lluís Companys (sentido Llobregat)
Eixample	20326	C/ Calabria - Aragó (sentido montaña)
Gràcia	20099	Travessera de Gràcia - En Grassot (sentido Besòs)
Horta-Guinardó	20347	Ronda Guinardó - Torrent Melis 2 (sentido Llobregat)
Les Corts	20241	C/ Aristides Maillol - Cardenal Reig (carril bici)
Nou Barris	20194	C/ de Pi Ferrer - C/ del Garrofers (sentido montaña)
Sant Andreu	20227	C/ Garcilaso - Av. Meridiana (sentido Llobregat)
Sant Martí	20248	Av. Meridiana - Clot (carril bici)
Sants-Montjuïc	20169	Av. Maria Cristina - Pl. Espanya (sentido mar)
Sarrià-Sant Gervasi	20404	Via Augusta - Pg. de la Bonanova (sentido montaña)

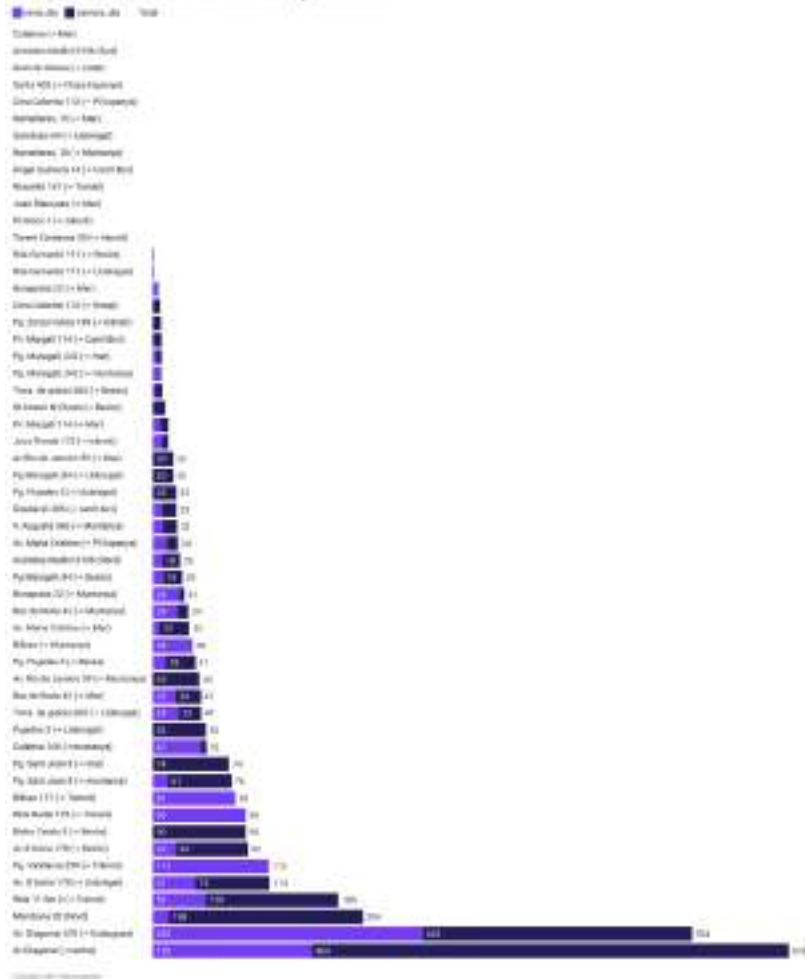
Created with Datawrapper

Longitud y segmentos por tipo de infraestructura ciclista

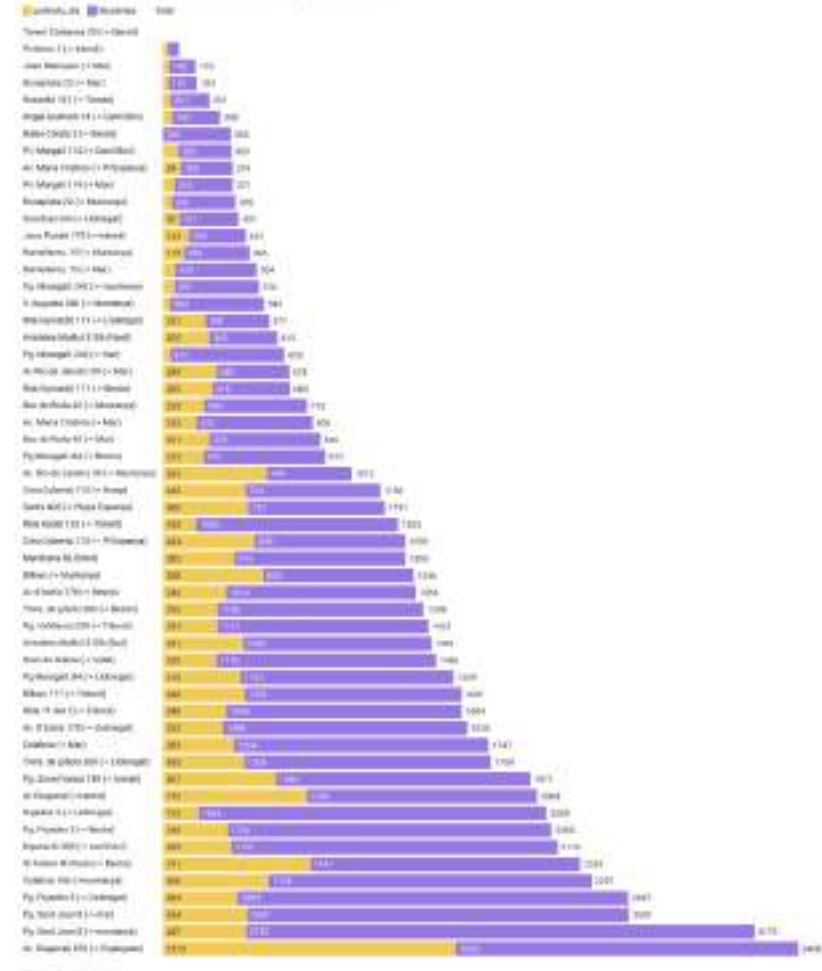
Infraestructura	Longitud total	Cantidad segmentos
Carril central	9,947	35
Sin separación	848	3
Protegido por aparcamiento	62,130	246
Protegido por separador	107,586	526
Carril compartido Bus/Bici	4,156	14
Ciclocalles	34,467	207
Acera	53,392	250

Created with Datawrapper



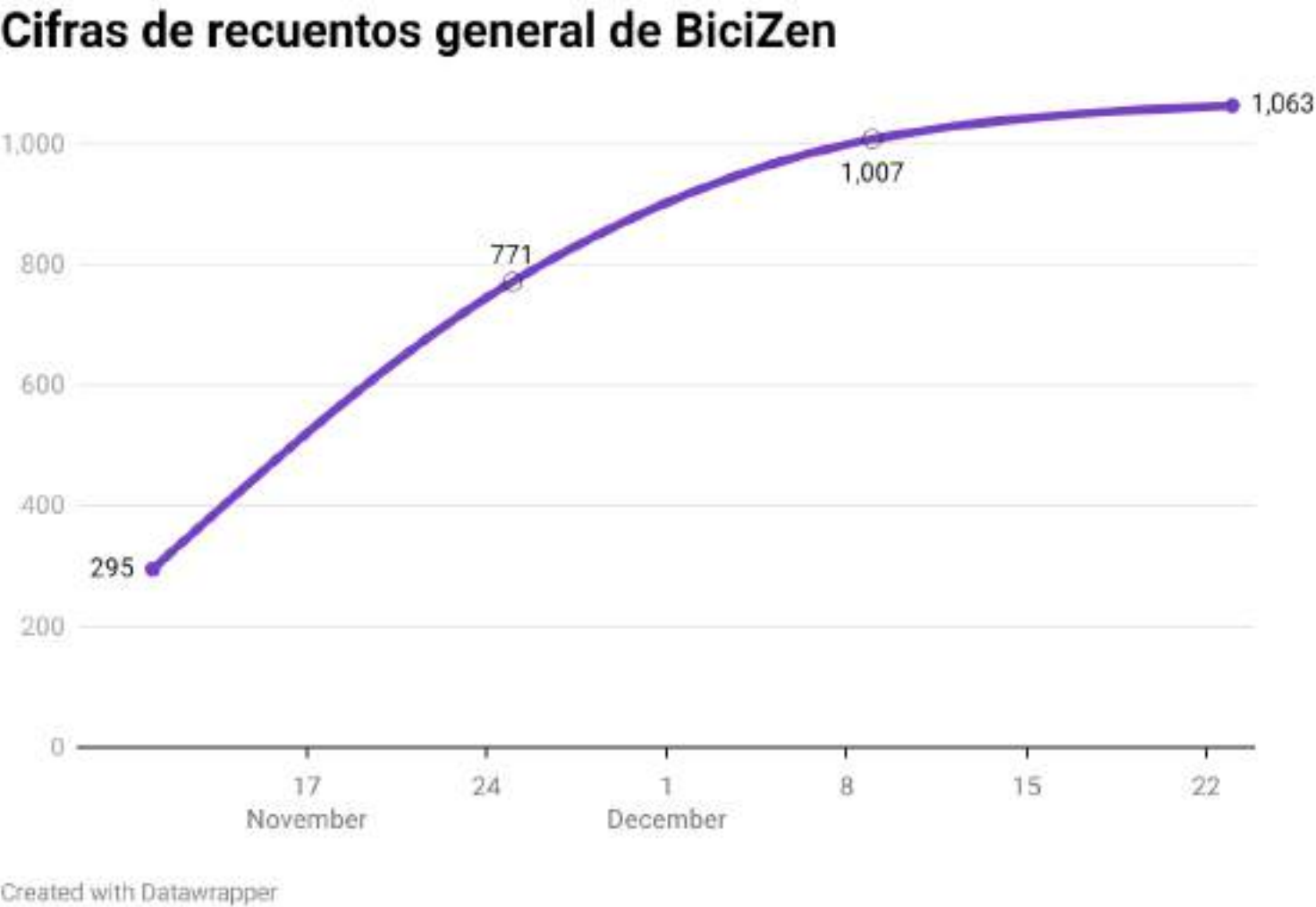


(b) Número de observaciones BiciZen Edad.

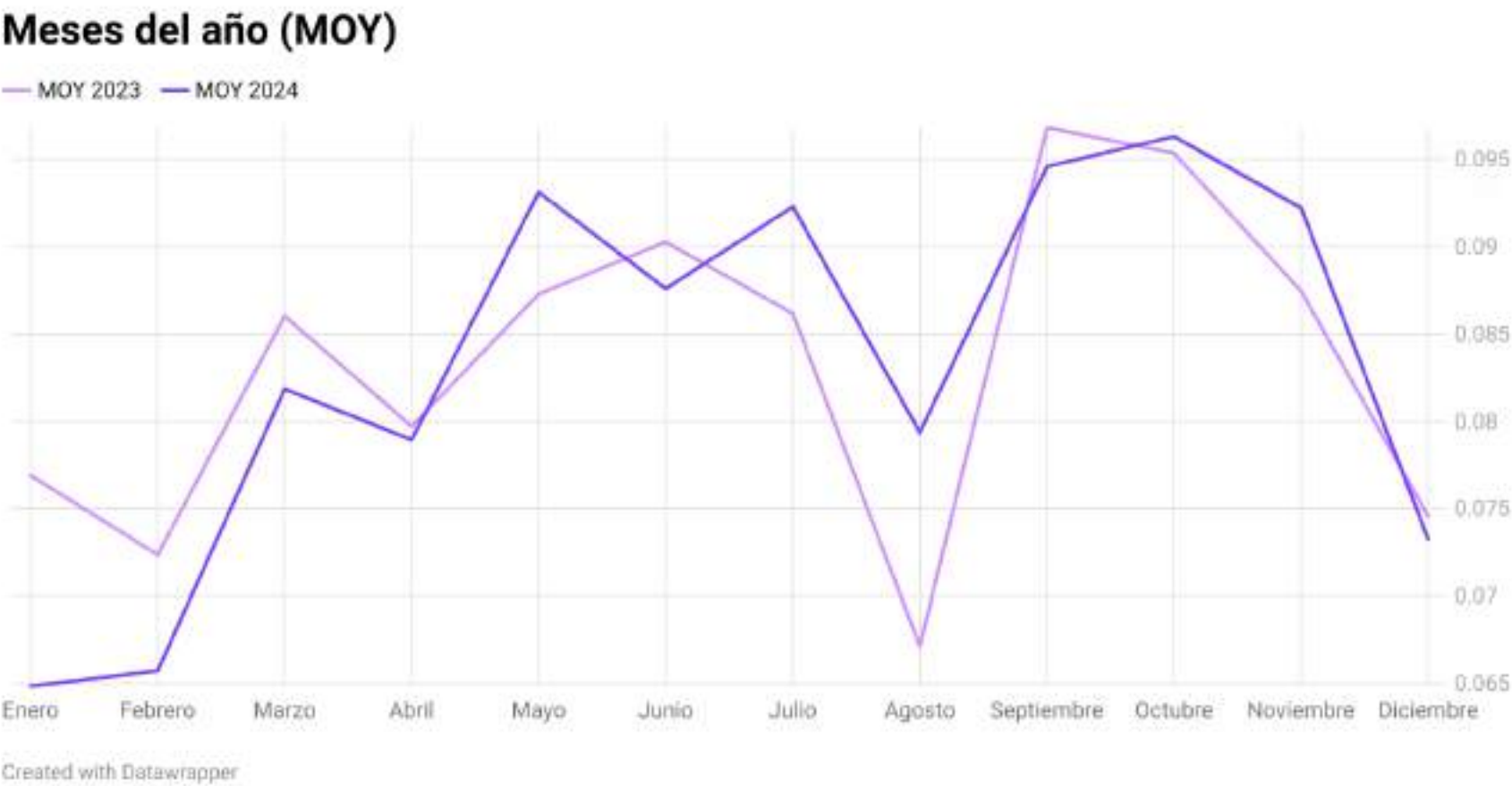


(c) Número de observaciones BiciZen por tipo de Vehículo.

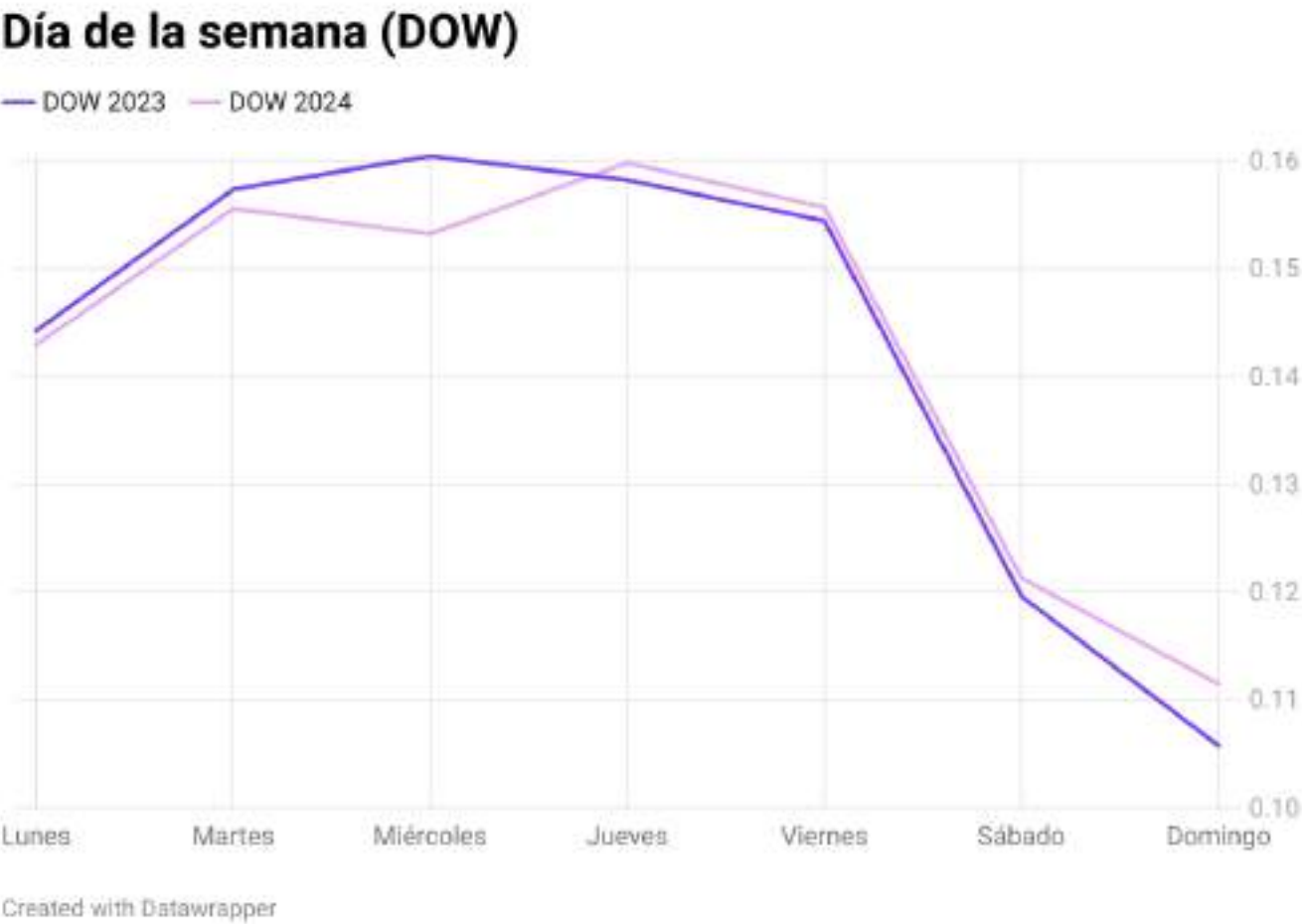
Apéndice 3. Las observaciones de ciencia ciudadana con la plataforma BiciZen en los puntos observados. **(a)** Número de observaciones BiciZen_Género, **(b)** Número de observaciones BiciZen_Edad, **(c)** Número de observaciones BiciZen por tipo de Vehículo. Periodo de observación entre octubre y diciembre de 2025.



Apéndice 4. Número de observaciones de ciencia ciudadana realizadas durante el periodo de observación entre octubre y diciembre de 2025.



Apéndice 5. Los contadores automáticos nos permiten caracterizar la estacionalidad en el uso de la bicicleta al largo de año y generar factores de expansión para realizar estimaciones anuales con observaciones en solo una época del año.



Apéndice 6. Los patrones semanales se extrajeron de los contadores automáticos para tener en cuenta el día de la semana.

Estimaciones AADBT por tipología de infraestructura ciclista

Tipo de infraestructura ciclista	Conteo promedio (Modelo Beta)	% Reducción con ciencia ciudadana
Sin infraestructura ciclista	3193	-17
Carril bici protegido	3570	-22
Carril bici protegido por aparcamiento	3842	-19
Acera-bici	3179	-12
Carril compartido con vehículos	3594	-22
Carril bici en eje central	4538	-17
Carril bus-bici	4569	-14
Carril bici (sin protección)	3409	-49

Created with Datawrapper

Apéndice 7. Las estimaciones AADBT por tipología de calle con infraestructura ciclista en Barcelona. Observamos que el modelo beta aún produce valores altos, que probablemente son sobreestimaciones. Sin embargo, la inclusión de las observaciones de los voluntarios nos han ayudado a reducir estas observaciones en un 12- 49%