

Cycling with Clean Air

Madrid

13 de diciembre de 2022

CYCLING WITH CLEAN AIR

*¿Quieres conocer la calidad del aire que respiras
mientras pedaleas?*



www.cyclingwithcleanair.conbici.org



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ESTADO DE DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN ZBE	4
3. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE	5
3.1. Contaminación del aire medida en la ciudad de MADRID	5
3.2. Distribución espacial de los niveles de contaminación	9
4. RECOMENDACIONES	12
4.1. Relativas a la implantación de ZBE	12
4.2. Relativas a la ciclabilidad	13
5. CONCLUSIONES	14

1. INTRODUCCIÓN

EL proyecto **Cycling with Clean Air** es un proyecto de ciencia ciudadana de **ConBici** que se propone conocer y difundir la correlación entre contaminación atmosférica, tráfico de vehículos y calidad del aire, incidir en la opinión pública proponiendo medidas concretas y útiles para la mejora de la calidad del aire, e incidir políticamente para que las medidas previstas en los planes de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) sean útiles y permitan una buena implementación.

Durante 2022 se ha medido la concentración de PM2.5 en **14 ciudades españolas** que suman 9 millones de habitantes: Madrid, Barcelona, Valencia, Lorca, Málaga, Alicante, Valladolid, Vigo, Gijón, Terrassa, Cartagena, Burgos, Albacete y Zaragoza. El principal pilar del proyecto son las **personas voluntarias** de entidades socias de ConBici que desde enero de 2021 están midiendo en sus ciudades con medidores portátiles que llevan consigo mientras se desplazan en bicicleta o caminando. La contribución por ciudad al conjunto de medidas se muestra en la Figura 1.

Las personas voluntarias del proyecto Cycling with Clean Air en MADRID forman parte del colectivo **Pedalibre**. Este equipo ha contribuido hasta el 1 de noviembre de 2022 con 703 recorridos, lo que supone un total de 379 horas de medición.

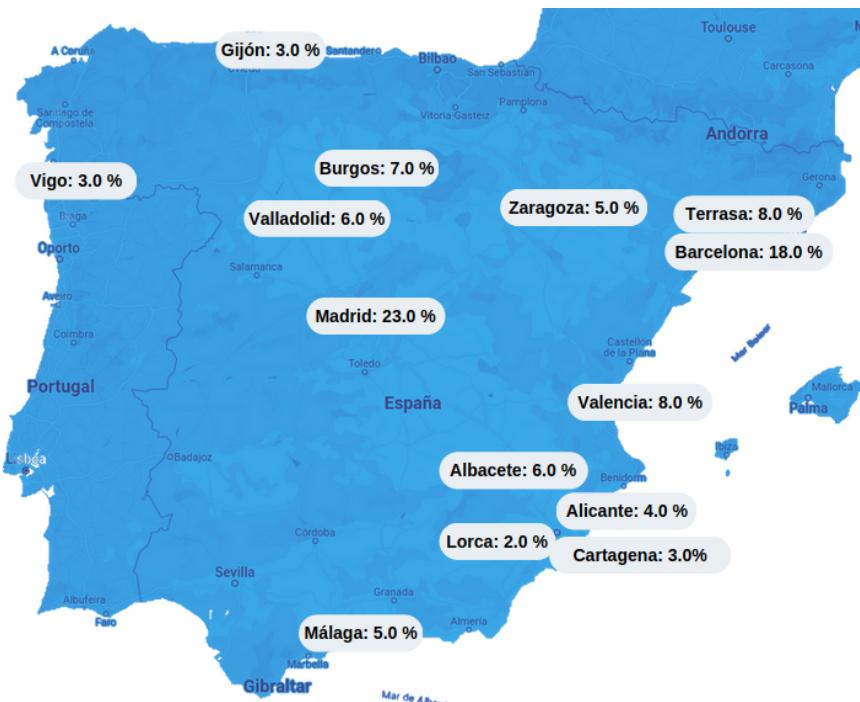


Figura 1. Contribución a la base de datos de medidas por ciudad participante. Proyecto Cycling with Clean Air del 01/01/22 al 01/11/22.

Este documento forma parte del Informe final del proyecto *Cycling with Clean Air 2022* y ofrece los resultados de la ciudad de MADRID. El **objetivo** es presentar los resultados de las mediciones de contaminación del aire en la ciudad, exponer el estado de definición e implantación del plan de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) y con todo ello ofrecer recomendaciones para las administraciones locales que contribuyan a mejorar la calidad del aire y asegurar el éxito de las medidas a implementar en la MADRID.

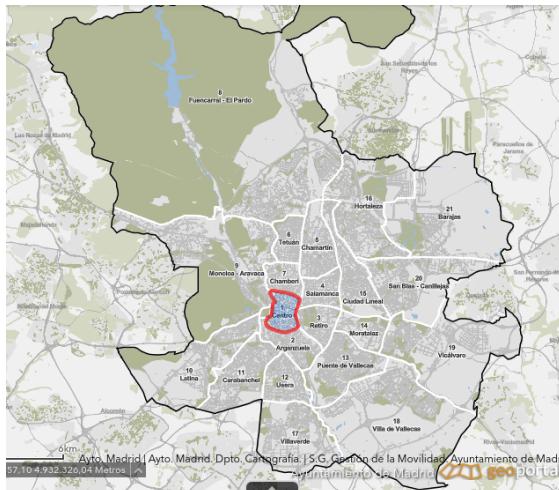
2. ESTADO DE DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN ZBE

A fecha de redacción de este informe no se ha podido mantener la entrevista con el equipo del Ayuntamiento de MADRID encargado de definir e implantar el plan ZBE.

La información sobre el alcance geográfico o **zonificación** se ha obtenido de la página web del Ayuntamiento de Madrid. En la ciudad de Madrid existen las siguientes ZBE:

- Madrid ZBE*: abarca la totalidad de las vías sujetas a la Ordenanza de Movilidad Sostenible dentro del término municipal, por la que se prohíbe la circulación de los vehículos más contaminantes (clasificación ambiental A en el Registro de Vehículos de la DGT)
- ZBEDEP Distrito Centro*
- ZBEDEP Plaza Elíptica*: esta zona de bajas emisiones de especial protección entró en vigor en diciembre de 2021

Disponen de una Ordenanza de Movilidad Sostenible, de 5 de octubre de 2018, que se modifica según [Ordenanza 10/2021, de 13 de septiembre](#).



Fuente: [Geoportal](#). Ayuntamiento de Madrid. ZBEDEP Distrito Centro (izquierda) y ZBEDEP Plaza Elíptica (derecha).

3. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE

MADRID inició el proyecto con 4 medidores pero en la actualidad dispone de 3 debido a la avería de uno de los medidores. El número de horas de medición a fecha 20/10/22 era de 347 horas. Después de procesar los datos identificando recorridos no válidos por incidencias técnicas, el número de horas de medición en MADRID es de 379 horas.

Tiempo de medición	nº recorridos	nº medidas	Promedio de PM2.5
379 horas	703	1.201.380	6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 1. Base de datos procesados de la ciudad de MADRID a fecha 01/11/2022.

El promedio de PM2.5 de las medidas registradas entre el 01/01/22 y el 01/11/22 en MADRID es de 6,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el promedio por franjas horarias durante el día se muestra en la Tabla 2.

	07:00 - 09:00	09:00 - 18:00	18:00 - 20:00
Promedio de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,8	6,9	5,3
Nº medidas	174.963	660.107	217.941

Tabla 2. Promedio de PM2.5 por franjas horarias y número de medidas.

3.1. Contaminación del aire medida en la ciudad de MADRID

Las medidas de concentración de PM2.5 realizadas en la ciudad de MADRID se pueden consultar en la plataforma de datos abiertos a través de este [enlace](#). Cada punto del mapa representa una sesión de medida o recorrido y el color del marcador indica la concentración de PM2.5 promedio de ese recorrido según los umbrales establecidos en la plataforma (ver barra inferior que ofrece la plataforma). Al seleccionar uno de los puntos obtenemos la información

completa del recorrido: la serie temporal de la concentración de PM2.5 y simultáneamente la representación del recorrido sobre el plano de la ciudad.

Para el proyecto *Cycling with Clean Air* los rangos establecidos son los siguientes:

0 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ VERDE **6 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AMARILLO** **16 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NARANJA** **> 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ROJO**

MADRID * Datos del 01/01/22 al 01/11/22 *****

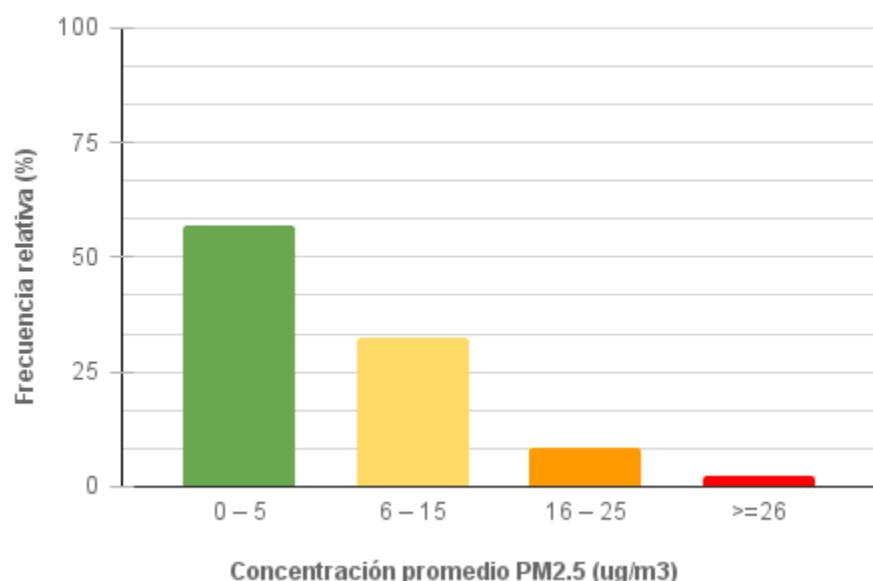


Figura 2. Frecuencia relativa de medidas de concentración de PM2.5 en MADRID agrupadas por rangos según los umbrales definidos para el proyecto.

El análisis estadístico realizado muestra que el 57% de las medidas realizadas en MADRID se encuentran en el rango **0 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ VERDE** y el 32% se encuentran en el rango **6 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ AMARILLO**. El 11 % restante superaron los **16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La Figura 2 muestra cómo de frecuente es cada rango o niveles de calidad del aire en el conjunto de medidas de MADRID.

Medidas de contaminación por hora del día

La distribución diaria de la concentración de PM2.5 promedio horario y el número de medidas disponibles desde el inicio del proyecto hasta 01/11/22 se muestra en la Figura 3. En promedio no se superan los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el perfil diario muestra la huella del tráfico de la ciudad con un aumento a las 07.00 y 08.00 de la mañana coincidiendo con el momento de la mañana con más desplazamientos por trabajo o estudios y al final de la tarde, a partir de las 20.00 horas. En la horas centrales del día se observa también un descenso del promedio horario de PM2.5. Cuando el número de medidas es elevado el perfil de PM2.5 está claramente relacionado con el tráfico.

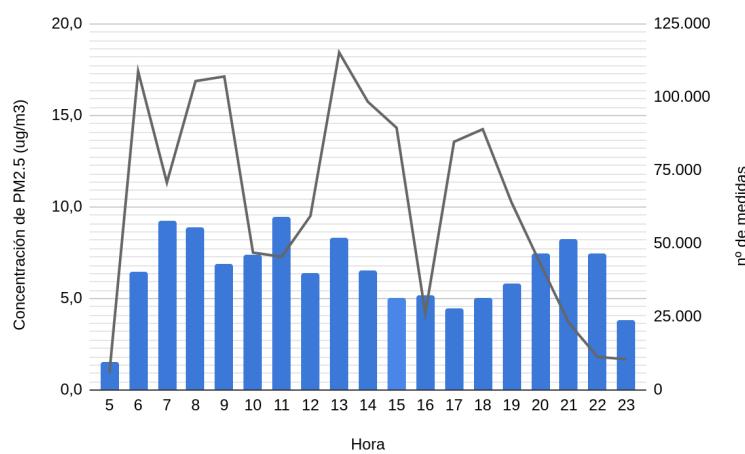


Figura 3. Figura 2. Distribución del número de medidas (línea gris) y concentración promedio horario de PM2.5 (barras azules) a lo largo del día. Datos de MADRID del 01/01/22 al 01/11/22.

Medidas de contaminación por día de la semana

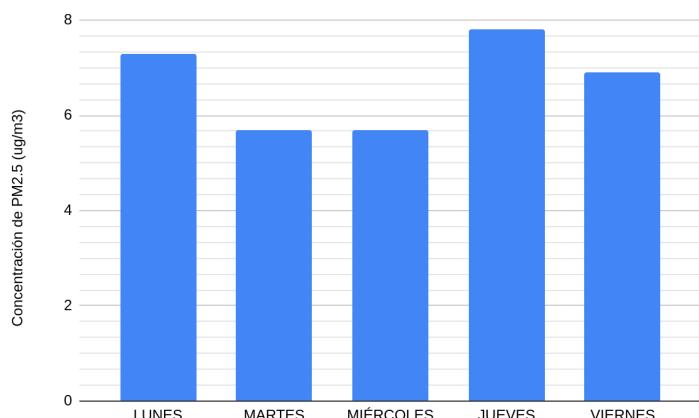


Figura 4. Distribución de la concentración promedio diaria de PM2.5 a lo largo de la semana. Datos de MADRID del 01/01/22 al 01/11/22.

Medidas de contaminación por mes

Los meses de enero y febrero muestran los niveles de contaminación por PM2.5 más elevados según las mediciones *Cycling with Clean Air*. Esto puede ser debido a las condiciones atmosféricas durante estos meses ya que diciembre y enero es cuando más frecuentes son las [inversiones térmicas en la provincia de Madrid](#) y esto genera situaciones prolongadas de estancamiento atmosférico, especialmente bajo condiciones anticiclónicas.

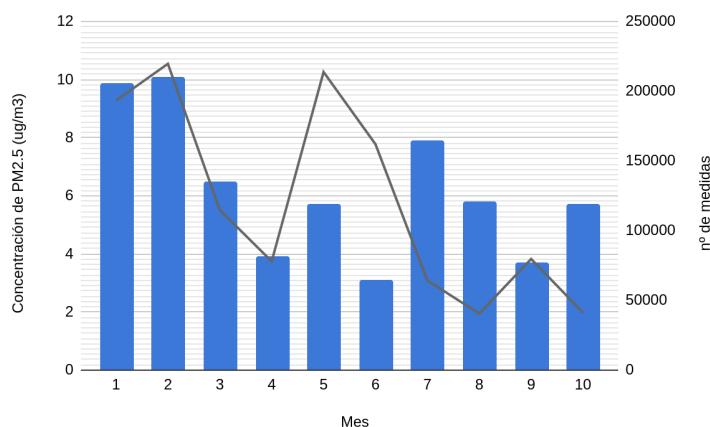


Figura 5. Distribución de la concentración promedio mensual de PM2.5 durante los 10 meses de proyecto. Datos de MADRID del 01/01/22 al 01/11/22.

3.2. Distribución espacial de los niveles de contaminación



Figura 6. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 promedio del 01/01/22 al 01/11/22 en MADRID.

Para analizar cómo varían los niveles de contaminación del aire en la ciudad hemos utilizado la distribución espacial de la concentración de PM2.5 del 01/01/22 al 01/11/22 que genera la plataforma de datos abierta: [Enlace a la plataforma de datos abiertos](#). Las medidas Cycling with Clean Air muestran que en la ciudad predomina el nivel amarillo y destaca el entorno de la ZBEDEP Plaza Elíptica por el nivel verde. Las zonas de la MADRID donde se ha registrado un elevado número de medidas de concentración de PM2.5 superior a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los 10 meses de proyecto Cycling with Clean Air se muestra en la Figura 7. Estas concentraciones corresponden al rango naranja-rojo. A partir de la información de la plataforma de datos abiertos, se han identificado de forma cualitativa zonas de la ciudad que requieren especial atención:

- M-30 con Paseo de la Castellana (1)
- Entorno autovía del Nordeste cruce con M-30 (2)
- Atocha (3)
- Puente de Vallecas (4)
- Entorno M-30 - Puente de Segovia y Puente de Toledo (5)

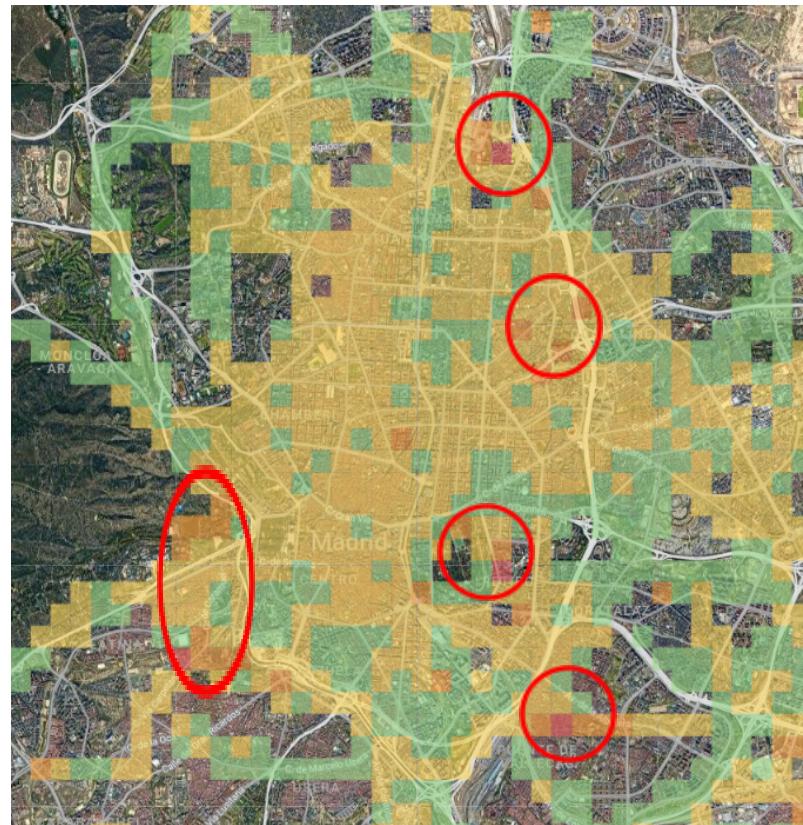


Figura 7. Distribución espacial de los niveles de concentración de PM2.5 a mayor resolución espacial. Marcado con círculos color rojo las zonas con nivel de PM2.5 superiores a $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naranja ([enlace](#)).

Comparación de las medidas con la red de vigilancia de la administración pública

El Ayuntamiento de MADRID dispone de estaciones de vigilancia y control de la calidad del aire cuyos datos se pueden consultar siguiendo este [enlace](#). Las estaciones urbanas de tráfico que miden PM2.5 son: Castellana, Cuatro Caminos, Escuelas Aguirre, Plaza Elíptica y Plaza de Castilla.

Balance anual

Zona	Estación	Contaminante	Valor Límite/Umbrales	2019	2020	2021	2022
Zona 01 (Interior M-30)	Castellana	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	9	10	10	9
	Cuatro Caminos	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	10	10	9	10
	Escuelas Aguirre	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	10	10	9	10
	Méndez Álvaro	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	10	8	10	9
	Plaza de Castilla	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	9	8	10	9
Zona 03 (Noreste)	Sanchinarro	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	10	9	9	8
Zona 04 (Noroeste)	Casa de Campo	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	9	9	10	9
Zona 05 (Suroeste)	Plaza Elíptica	Partículas en suspensión < 2,5µm	Valor límite anual = 25µg/m ³	12	10	10	11

Figura 8. Promedio anual de PM2.5 por estación: [consulta](#)

El promedio anual de PM2.5 correspondiente al año 2022 es inferior al promedio obtenido en otras ciudades, sin embargo aún se supera en todas las estaciones los 5 µg/m³ que es el valor guía de protección de la salud humana recomendado por la OMS (2021). Lo que indica que se han de continuar implantando medidas de ZBE en la ciudad.

4. RECOMENDACIONES

A fecha de redacción del presente informe, no se ha podido mantener la entrevista con el equipo municipal responsable de la implantación del plan ZBE en MADRID. No obstante, con las medidas y la información sobre el alcance geográfico se pueden generar las siguientes recomendaciones.

4.1. Relativas a la implantación de ZBE

Con respecto al análisis del plan de ZBE, se observa que en el entorno a las grandes vías de circulación se registran valores de PM2.5 altos, como es el caso del entorno M-30 - Puente de Toledo, Avenida de Manzanares, Avenida de la Paz y Avenida de la Ciudad de Barcelona. Es recomendable controlar los niveles de inmisión de PM2.5 en los barrios del entorno de estas vías y analizar su evolución. Se recomienda utilizar indicadores de seguimiento y publicar los informes que se vayan generando para evaluar la reducción de emisiones en términos de vehículos y la reducción de los niveles de inmisión.

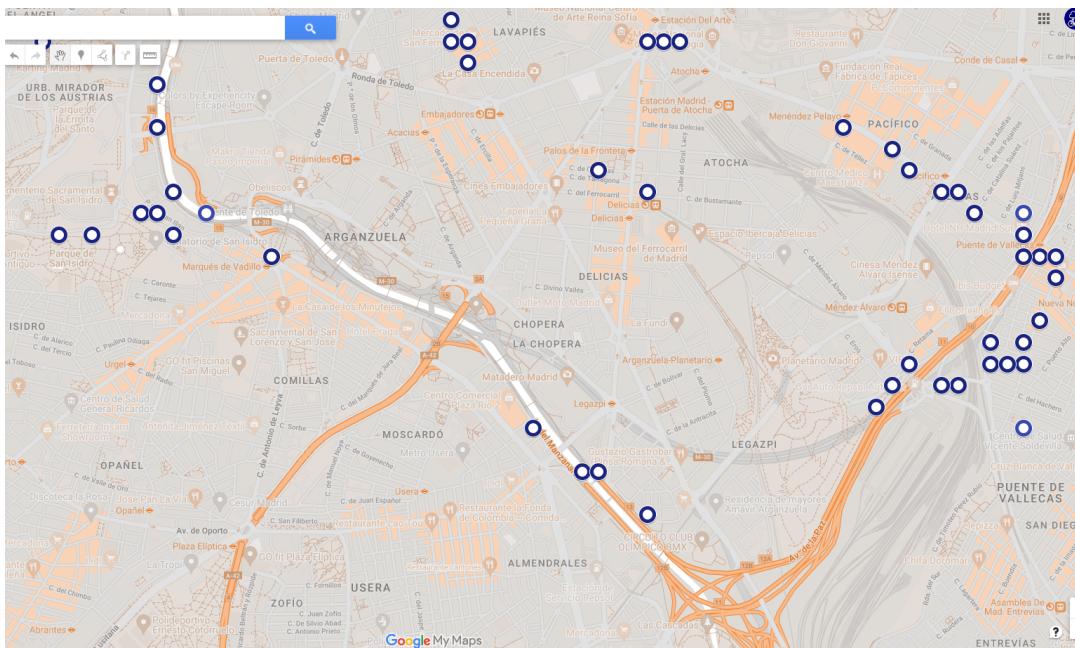


Figura 9. Plano de la ciudad que incluye la ZBEDEP Plaza Elíptica y parte de la ZBEDEP Distrito Centro ambas separadas por grandes vías de circulación de tráfico. Con marcadores azules representados los puntos de la ciudad donde se han registrado medidas Cycling with Clean Air elevadas durante el proyecto.

Por otra parte, en las zonas identificadas con niveles de PM2.5 más altos, en naranja, se recomienda profundizar en su estudio para identificar necesidades relacionadas con la protección de la salud de las personas que frecuentan esas zonas, así como valorar la definición e implantación de nuevas medidas en las ZBE: medidas de movilidad peatonal, ciclista o transporte público.

4.2. Relativas a la ciclabilidad

Las herramientas y políticas ciclistas que pueden ser aplicadas a todas las ciudades españolas para acompañar el despliegue de ZBE son las siguientes:

- Fomentar la movilidad activa a través de las siguientes estrategias:
 - Mejorar la calidad y seguridad de la infraestructura ciclista y peatonal para motivar a las personas a caminar y usar la bicicleta de manera más habitual y en una mayor diversidad de motivos de desplazamiento, promoviendo así un estilo de vida saludable.
 - Aumentar las plazas de aparcamiento seguro de bicicletas.
 - Aumentar las interconexiones e intermodalidad con todos los modos de transporte, especialmente el transporte público.
 - Implantar programas de uso compartido de bicicletas.
- Fomentar la ciclo-logística para que las bicicletas o los triciclos realicen el reparto de mercancías en la ZBE estableciendo el marco normativo y los cambios necesarios para impulsar este modelo.
- Garantizar una dotación presupuestaria estable para el desarrollo y mantenimiento de las redes de movilidad activa así como del transporte público.

En resumen, proponemos la bicicleta como una aliada en la implantación de las Zonas de Bajas Emisiones que contribuya a superar la crisis sanitaria, sea parte de la solución en la crisis ambiental y con un gran potencial en la crisis socio-económica.

5. CONCLUSIONES

El análisis del estado de definición e implantación del plan ZBE en la ciudad no se ha podido completar. Durante 2023 se espera poder realizar este análisis con la colaboración de la Concejalía de Medioambiente y Movilidad del Ayuntamiento de MADRID.

Al contrastar las medidas Cycling with Clean Air con las medidas de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid se observa que el promedio de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenido durante los 10 meses de proyecto es ligeramente inferior al promedio que ofrecen las medidas de las estaciones, $8-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ambos en el rango amarillo definido para el proyecto.

Los resultados muestran que la distribución de la contaminación por PM2.5 se puede relacionar con el tráfico de las grandes vías. Las medidas Cycling with Clean Air muestran que en la ciudad predomina el nivel amarillo y destaca el entorno de la ZBEDEP Plaza Elíptica porque ofrece un nivel verde. No obstante, la continuidad del proyecto en 2023 permitirá aumentar la base de datos. Necesitamos medidas bien distribuidas espacial y temporalmente, y que representan diferentes condiciones meteorológicas y de emisión para mejorar los resultados.

Con la metodología propuesta podemos identificar zonas de la ciudad sobre las que centrar la atención para reducir emisiones y contrastarlas con las zonas de bajas emisiones. Sin embargo, en Madrid este análisis ha resultado algo más costoso que en otras de las ciudades participantes porque la plataforma de datos abiertos presenta limitaciones en la visualización de los promedios espaciales ya que limita a 100 el número de sesiones que promedia en cada vista y esto dificulta el estudio mediante el análisis gráfico. Durante 2023, proponemos revisar la metodología Cycling with Clean Air para adecuarla a ciudades grandes, con mayor volumen de medidas y/o con un estado avanzado de implantación de las ZBE.

El equipo de ConBici quiere agradecer especialmente al equipo de voluntariado de MADRID su colaboración e implicación en el proyecto, tanto en la fase de medición como en la posterior fase de procesado de datos, interpretación de resultados y contacto con el Ayuntamiento. Sin las personas voluntarias de Cycling with Clean Air el proyecto no sería posible.