

CONAMA 2022

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Cycling with Clean Air

Medimos la calidad del aire
mientras pedaleamos



Autor Principal:

Carlos Pérez Olozaga (ConBici y Kalapie)

Otros autores:

María José Sales Montoliu (ConBici)

Marian Sintes Marco (ConBici)

José Antonio Meoqui Echeverría (Kalapie)

ÍNDICE MÍNIMO

1. Título

Cycling with Clean Air. Medimos la calidad del aire mientras pedaleamos.

2. Resumen

El Área de Salud y Medioambiente de ConBici, en colaboración con personas voluntarias de Asociaciones Ciclistas de 14 municipios españoles, ha puesto en marcha una iniciativa pionera de ciencia ciudadana consistente en medir la calidad del aire en tiempo real mientras se desplazan por su ciudad en bici realizando recorridos diarios habituales al trabajo, estudios, ocio...

El proyecto que se desarrolla a lo largo de 2022 utiliza monitores portátiles AirBeam3 de partículas PM2.5 que han sido testados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU) con resultados de correlación muy satisfactorios con sus estaciones fijas.

Asimismo, en un estudio del CSIC con sensores portátiles de bajo coste existentes en el mercado, el AirBeam fue el que presentó mejor correlación con las estaciones fijas.

Al finalizar cada recorrido, el personal voluntario registra y envía las medidas a una plataforma cloud que posteriormente permite compartir, consultar, descargar y analizar los datos.

Finalmente, señalar que los resultados preliminares indican que la metodología utilizada es adecuada para analizar los niveles de contaminación en las Zonas de Bajas Emisiones de una ciudad, antes y durante su implantación.

3. Bibliografía

[1] Directrices de la OMS sobre calidad del aire (2021)
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

[2] Kalapie.

<http://kalapie.org/>

[3] Medidor portátil AirBeam3. Características técnicas y guía de usuario:
<https://www.habitatmap.org/>

[4] Listado de medidores de calidad del aire evaluados por Air Quality Sensor Performance Evaluation Center, AQ-SPEC:

<http://www.aqmd.gov/aq-spec/>

[5] JORNADA SOBRE SENSORES PARA LA MEDIDA DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO. Madrid, 25 de febrero de 2016. María Cruz Minguillón, Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), CSIC.

http://tecnaire-cm.org/wp-content/uploads/2016/03/Tecnaire-CM_25feb2016_for-pdf_Minguillon.pdf

[6] Williams, R., Vasu Kilaru, E. Snyder, A. Kaufman, T. Dye, A. Rutter, A. Russell, AND H. Hafner. Air Sensor Guidebook. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14/159 (NTIS PB2015-100610), 2014.

1. INTRODUCCIÓN

La **Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética**, obligará a partir del 1 de enero de 2023, a todos los municipios españoles de más de 50.000 habitantes, a adoptar planes de movilidad sostenible que incluyan zonas de bajas emisiones (ZBE). La obtención de datos de calidad del aire previos y posteriores a la implantación de **ZBE** en una ciudad son una clave para su éxito. Además, los municipios de más de 20.000 habitantes también deberán aprobar zonas de bajas emisiones si su calidad del aire no es buena. Por todo ello, será primordial reforzar los sistemas de control e información de la contaminación atmosférica en las ciudades.

La contaminación del aire en las ciudades se mide a través de las redes de vigilancia y control de la calidad del aire de las comunidades autónomas o bien mediante redes propias de entidades locales. Estas estaciones no son tan numerosas como para ofrecer información ciudadana a escala local y si lo hacen, la información no siempre está accesible y su interpretación puede resultar compleja. Las personas que se desplazan por la ciudad en bicicleta o caminando necesitan información en tiempo real sobre la contaminación atmosférica para tomar mejores decisiones de protección de nuestra salud. Con ella podremos comprender mejor algunos fenómenos físicos que determinan los niveles de calidad del aire de la ciudad.

Los avances tecnológicos de estos monitores portátiles de medición de la calidad del aire en tiempo real hacen que cada vez sean más populares, permitiendo que las asociaciones ciclistas, grupos ecologistas y ciudadanía puedan desarrollar un papel activo, a través de iniciativas de ciencia ciudadana, midiendo la calidad del aire de forma complementaria a los datos aportados por las estaciones fijas. Estos dispositivos están demostrando ser de gran utilidad en proyectos de ciencia ciudadana.

Desde 2013 sabemos que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que la materia particulada presente en el aire contaminado está estrechamente relacionada con la creciente incidencia del cáncer (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS). Según datos de 2019, el 99% de la población mundial vive en lugares donde no se respetaban las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire. La mejora de la calidad del aire aún sigue siendo un gran reto al que nos enfrentamos. Para ello, se impone la necesidad de continuar avanzando científica y técnicamente para ampliar conocimiento, desarrollando, revisando y aplicando normativa, así como sensibilizando e implicando a las personas en la lucha contra la contaminación del aire.

La exposición al material particulado plantea un grave riesgo de **salud pública**. Para valorar si la concentración de un contaminante en aire ambiente supera los límites de protección de la salud, se recomienda comparar la medida con los valores guía de calidad del aire para la protección de la salud humana de la Organización Mundial de la Salud

(OMS). Estos valores fueron actualizados en 2021 [1]. El Cuadro 1 resume las Directrices de la OMS para las partículas PM2.5 (inferiores a 2.5 micras)

Cuadro 1. Directrices de la OMS (2021) para el contaminante PM2.5

		Periodo de cálculo del promedio	Nivel de referencia para la protección de la salud
Directrices OMS (2021)	PM2,5	Anual	5 µg/m ³
		24 horas	15 µg/m ³

Fuente: Proyecto Cycling with Clean Air

La contaminación atmosférica y el impacto en la calidad del aire es un problema complejo que requiere de soluciones por parte de la academia, la industria, el sector público y la sociedad civil. Desde **ConBici, coordinadora en defensa de la bicicleta en España** que reúne a 72 asociaciones y colectivos de ciclistas, somos conscientes de todo ello y promovemos el uso habitual de la bicicleta como medio de transporte seguro, saludable y sostenible. Con el propósito de contribuir a mejorar la calidad del aire en las ciudades priorizando la movilidad activa, a finales de 2021 arrancamos el proyecto Cycling with Clean Air ¹ que tiene una duración de 1 año.

Este proyecto de ciencia ciudadana se basa en la experiencia de la Asociación ciclista donostiarra Kalapie [2] que desde 2017 está midiendo en la ciudad y territorio de Gipuzkoa la contaminación del aire por partículas PM2.5 procedente fundamentalmente de los vehículos a motor mediante monitores portátiles AirBeam.

Desde el **Área de Salud y Medioambiente de ConBici** queremos contribuir a la 16ª Edición del Congreso Nacional de Medioambiente con esta comunicación para presentar el proyecto Cycling with Clean Air, sus objetivos, la metodología y algunos resultados preliminares.

A través de esta comunicación queremos dar a conocer cómo el proyecto Cycling with Clean Air contribuye a conocer mejor cómo varían los niveles de contaminación del aire en la ciudad, aumentando así la sensibilización e implicación ciudadana en la mejora de la calidad del aire y ofrecer algunos resultados previos del proyecto.

¹ <https://cyclingwithcleanair.conbici.org>



CYCLING WITH CLEAN AIR

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

www.cyclingwithcleanair.conbici.org

ConBici

2. CYCLING WITH CLEAN AIR: UN PROYECTO DE CIENCIA CIUDADANA

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 para proponer medidas concretas y útiles para la mejora de la calidad del aire, e incidir políticamente para que las medidas adoptadas sean útiles y permitan una buena implementación de las Zonas de Bajas Emisiones y su ciclabilidad.

Estamos midiendo por las calles de 14 ciudades españolas que suman 9 millones de habitantes: Madrid, Barcelona, Valencia, Zaragoza, Málaga, Alicante, Valladolid, Vigo, Gijón, Terrassa, Cartagena, Burgos, Albacete y Lorca.

El dispositivo de medida utilizado es el AirBeam3² [3] que ofrece en tiempo real medida indicativa de la concentración de PM_{2,5} en el aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Este medidor de reducido tamaño y coste es de procedencia norteamericana y ha sido testado por la EPA (Environmental Protection Agency, EEUU), habiendo sido incluido en el listado de medidores de calidad del aire evaluados por Air Quality Sensor Performance Evaluation Center, AQ-SPEC³.

Los resultados de la evaluación AQ-SPEC muestran una buena correlación de las medidas de PM_{2.5} del Air Beam3 con las de un monitor GRIMM cuyo sistema de medida está considerado Método Equivalente Federal (FEM) por la EPA : $0.82 < R^2 < 0.92$ promedio 1 hora ⁴[4].

2 <https://www.habitatmap.org/>

3 <http://www.aqmd.gov/aq-spec/sensors>

Asimismo, en un estudio del CSIC con sensores portátiles de este tipo existentes en el mercado, el AirBeam fue el medidor que presentó mejor correlación con las estaciones fijas de referencia [5].

El principal pilar del proyecto son las **personas voluntarias** de entidades socias de ConBici que miden en tiempo real la calidad del aire mientras se desplazan por su ciudad en bici realizando recorridos diarios habituales al trabajo, estudios, ocio, etc. Utilizan monitores portátiles de material particulado PM2.5 que llevan en su bicicleta y registran medidas en tiempo real. Al finalizar cada recorrido, la persona voluntaria registra y envía las medidas a una plataforma cloud que permite posteriormente compartir, consultar, descargar y analizar los datos: http://aircasting.habitatmap.org/mobile_map

El proyecto cuenta con 45 personas voluntarias y desde finales de diciembre de 2021 hasta el 1 de agosto de 2022 se han realizado 2.180 recorridos lo que supone un total de 1.458 horas de medición con 4.171.299 medidas de concentración de PM2.5 registradas. El Cuadro 2 muestra el número de recorridos y medidas registradas por ciudad.

Cuadro 2. Número de recorridos realizados y medidas de PM2.5 por ciudad registradas desde finales de diciembre de 2021 hasta 1 de agosto de 2022.

Ciudad	nº medidas PM2.5	% medidas respecto del total	nº recorridos
Albacete	278.212	6,7	152
Alicante	151.945	3,6	63
Barcelona	755.987	18,1	258
Burgos	342.365	8,2	209
Cartagena	135.551	3,2	64
Gijón	161.499	3,9	146
Lorca	80.665	1,9	38
Madrid	961.949	23,1	547
Málaga	218.930	5,2	163
Terrassa	195.287	4,7	96
Valencia	330.676	7,9	166
Valladolid	214.956	5,2	123
Vigo	132.518	3,2	71
Zaragoza	210.759	5,1	84
	4.171.299	100	2.180

Fuente: Proyecto Cycling with Clean Air, ConBici

Según el Libro Blanco de la Ciencia Ciudadana (White Paper on Citizen Science for Europe, Socientize 2014), el proyecto Cycling with Clean Air contribuye a:

- Ayudar a recolectar datos para uso científico - e.g. toma de muestras geolocalizadas, rellenando encuestas...
- Participar de forma consciente e informada en un experimento para ser estudiado - e.g. pruebas piloto...
- Participar en actuaciones comunitarias que buscan evidencia o rigor científica para resolver problemas sociales - e.g. actuaciones cuestionando la gestión urbanística, ...

Las **fases** en las que se estructura el proyecto son las siguientes:

Fase 1. Recogida de datos: Adquisición de monitores portátiles. Formación al equipo y voluntariado. Realización de mediciones y publicaciones parciales de datos. Recogida y procesado de los datos. Publicación de datos en la web para que puedan verlos tanto los participantes en las mediciones como el público en general.

Fase 2. Elaboración de informes parciales y globales basados en las mediciones tomadas en la primera fase. Propuestas generales y locales de recomendaciones para las Zonas de Bajas Emisiones.

Fase 3. Campañas de difusión en medios estatales y locales y canales de comunicación de ConBici. Trabajo conjunto con entidades colaboradoras de la campaña Clean Cities⁵ en España y con agentes locales involucrados en el diseño de las ZBE: asociaciones vecinales y de comerciantes, ONGs ambientales y otros agentes sociales.

Fase 4. Campaña de incidencia, coordinando la presentación y reuniones con autoridades públicas estatales y locales involucradas en las Zonas de Bajas Emisiones y aportando a las administraciones locales los resultados y conclusiones de las mediciones para que los incorporen en sus planes de movilidad sostenible y la definición de sus zonas de bajas emisiones.

5 <https://spain.cleancitiescampaign.org/>

2.1. Midiendo la contaminación del aire en la ciudad.

El PM2.5 es un contaminante que produce importantes efectos en la salud de las personas. En las ciudades, la principal fuente de emisión de este contaminante son los vehículos de combustión. La concentración en aire ambiente en un momento y lugar determinado de la ciudad depende principalmente de la intensidad de tráfico, de la meteorología y de la topografía urbana. Por ello, los niveles de emisión del tráfico y los niveles de inmisión que registramos con un medidor no siempre presentan correlación ni resulta sencilla la interpretación de las medidas. Además, existen otras fuentes de emisión de PM2.5, naturales y antropogénicas.

El proyecto Cycling with Clean Air se propone mejorar el nivel de información y formación del voluntariado participante y del público en general sobre la medición de la contaminación del aire urbano, y con ello, poder conocer la calidad del aire que se respira mientras nos desplazamos en bici por la ciudad.

Cada ciudad cuenta con un equipo de voluntariado y unos medidores portátiles que comparten para medir por diferentes zonas de la ciudad y en diferentes momentos del día. Las medidas que se realizan son medidas indicativas de contaminación del aire que presentan un gran potencial en proyectos de formación y sensibilización ciudadana [6]. Mediante un dispositivo móvil las medidas se envían a la plataforma AirCasting⁶ de HabitatMap y cualquier persona puede acceder a ellas. La persona voluntaria identifica y graba cada uno de los recorridos que realiza y posteriormente las medidas pueden ser consultadas, descargadas y analizadas desde la plataforma.

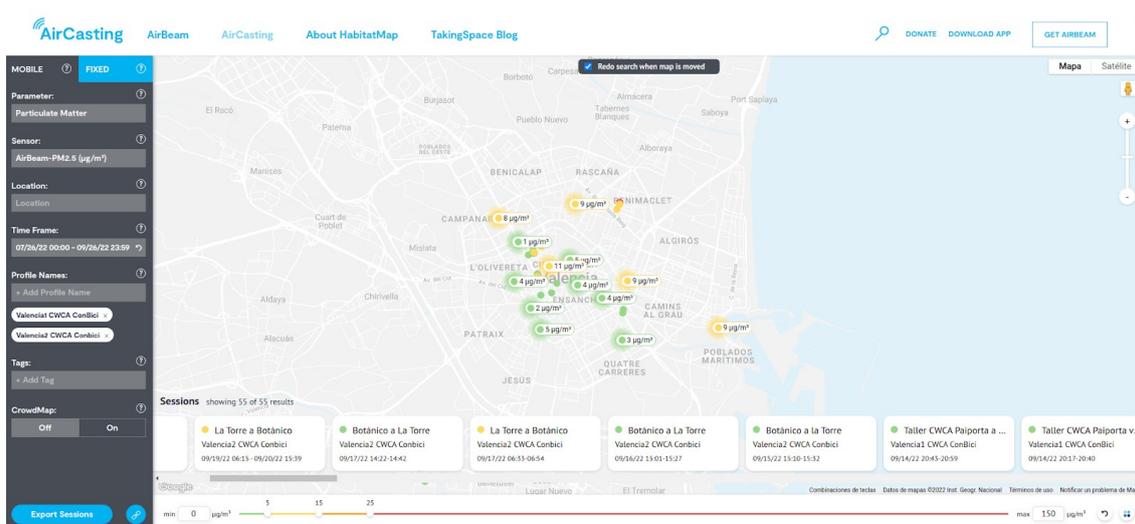


Figura 1. Imagen de la plataforma utilizada para consultar y analizar medidas de PM2.5. La imagen muestra a modo de ejemplo el resultado de la búsqueda de recorridos realizados por el equipo de voluntariado de la

6 http://aircasting.habitatmap.org/mobile_map

ciudad de Valencia entre el 26 de Julio y el 26 de septiembre de 2022. Cada punto indica un recorrido y con un color se representa el nivel de contaminación promedio de ese recorrido (verde, amarillo, naranja o rojo).

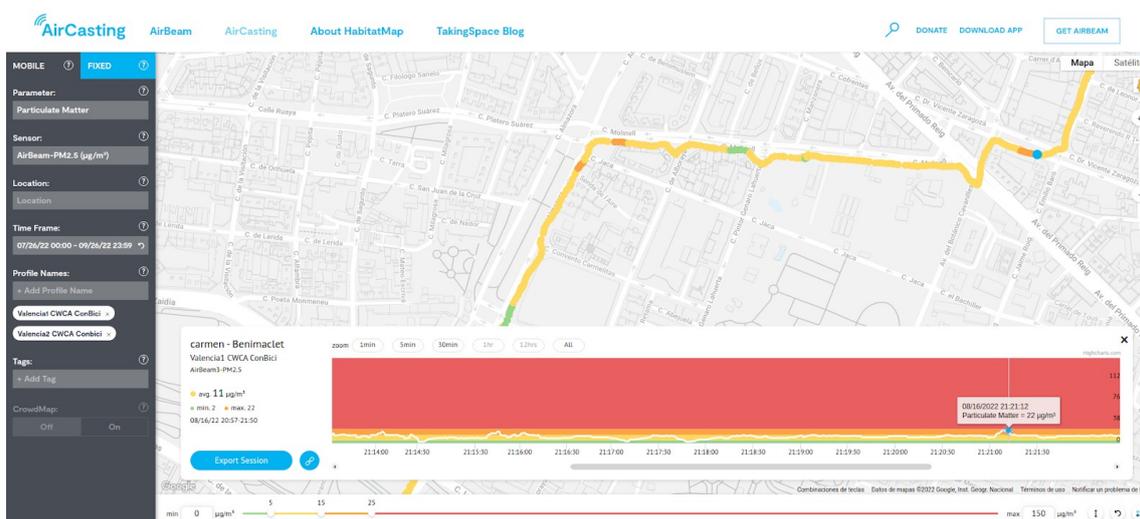


Figura 2. Imagen que representa las medidas realizadas durante un recorrido en bicicleta por la ciudad. El ejemplo corresponde al día 16/08/22 de 20:57-21:50 horas. El mapa permite consultar el itinerario seguido y los niveles de contaminación en cada punto. La gráfica inferior representa la evolución con el tiempo de la concentración de PM2.5 durante todo el recorrido. Esta herramienta permite identificar puntos donde la calidad del aire es mejor respecto de otros puntos del recorrido.

El proyecto Cycling with Clean Air se inició a finales de diciembre de 2021 y su duración es de 1 año. Con las medidas registradas desde el inicio del proyecto hasta el 1 de agosto de 2022 hemos realizado un análisis inicial para conocer la situación global de cada ciudad y saber cómo varían los niveles de PM2.5 a lo largo del día y de la semana. El Cuadro 2 muestra el número de medidas y recorridos realizados en cada ciudad permitiendo comparar las 14 ciudades.

La duración de los recorridos es variable. Las medidas registradas hasta el 1 de agosto de 2022 han sido realizadas principalmente en días laborables. El 86.3 % del total de las medidas se han realizado de lunes a viernes y el 13.7% durante fines de semana (sábado y domingo). Con respecto a los días laborables, destaca el viernes con mayor nivel de contaminación por PM2.5 (Figura 3).

Las medidas registradas hasta el momento muestran niveles de contaminación más elevados entre las 07.00 y las 09.00 horas con un valor promedio en este intervalo de 15.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 4). Estas horas son los momentos del día que registran mayor intensidad de tráfico en cualquier ciudad. Por tanto, para mejorar la calidad del aire podemos empezar por modificar la forma de desplazarnos al trabajo o ir a estudiar. Cycling with Clean Air propone cambiar a una **movilidad activa**.

Distribución semanal (DÍAS LABORABLES) *** 14 Ciudades *** Diciembre 21 - Agosto 22

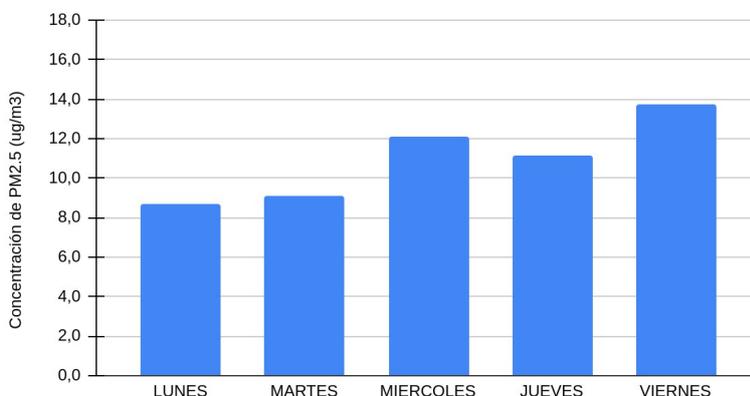


Figura 3. Distribución semanal del promedio de concentración de PM2.5 calculado a partir de todas las medidas del proyecto (14 ciudades) desde Diciembre 2021 a Agosto 2022.

Distribución horaria *** 14 Ciudades *** Diciembre 21 - Agosto 22

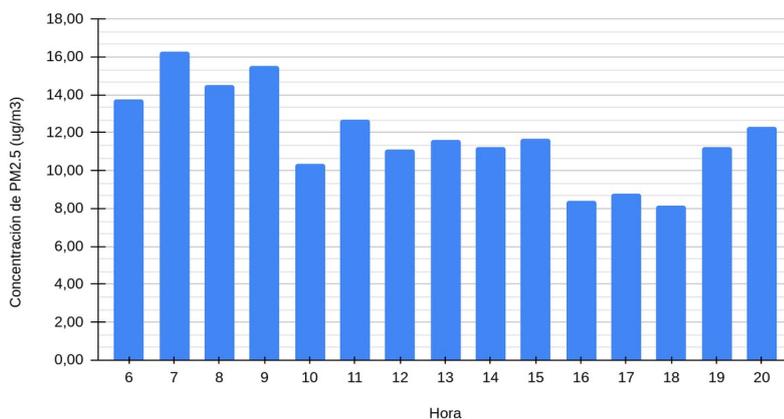
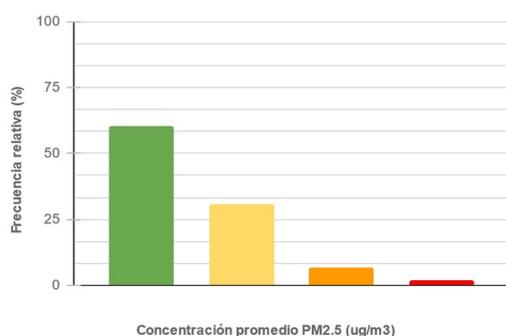


Figura 4. Distribución horaria del promedio de concentración de PM2.5 calculado a partir de todas las medidas del proyecto (14 ciudades) desde Diciembre 2021 a Agosto 2022.

Con todas las medidas realizadas hasta 1 de agosto de 2022, la concentración promedio por recorrido varía de 0 - 25 µg/m³. Para cada ciudad se ha representado gráficamente la distribución de frecuencia de los siguientes rangos de medida: 0 - 5 µg/m³ VERDE; 6-15 µg/m³ AMARILLO; 16-25 µg/m³ NARANJA; >= 26 µg/m³ ROJO. (Figura 5). Esto nos permite analizar cómo varían las medidas registradas hasta el momento y qué niveles de calidad del aire se han registrado en cada ciudad en diferentes momentos y lugares.

BURGOS *** Datos: Diciembre 21 - Agosto 22 ***



LORCA *** Datos: Diciembre 21 - Agosto 22 ***

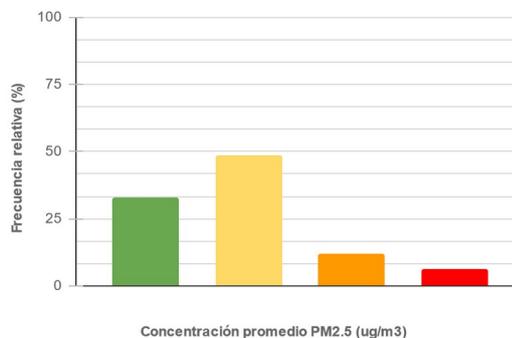


Figura 5. Gráficos de frecuencia de niveles de calidad del aire calculada con las medidas Cycling with Clean Air registradas entre Diciembre 2021 y Agosto 2022. Ejemplos: Burgos (izquierda) y Lorca (derecha).

Es importante destacar que las medidas de PM2.5 registradas durante un recorrido pueden no deberse exclusivamente a las emisiones del tráfico urbano y ser debidas a **otras fuentes de emisión antropogénica**, como por ejemplo actividades de construcción, industria, etc. o fuentes de emisión naturales como son las intrusiones de polvo sahariano o un incendio. Incluso determinadas condiciones meteorológicas pueden aumentar los niveles de contaminación. Un análisis más detallado de las medidas, la información meteorológica y datos de las redes de vigilancia y control de la contaminación atmosférica, permitirían concretar acerca de las fuentes de emisión responsables de los niveles de inmisión registrados.

2.2. Identificando zonas de la ciudad con elevada contaminación por PM2.5

Los niveles de contaminación del aire en la ciudad, como ya se ha comentado anteriormente, varían de unas zonas a otras, dependiendo principalmente de la intensidad de tráfico rodado, la meteorología y la topografía urbana. El voluntariado del proyecto Cycling with Clean Air, que es quien registra medidas de PM2.5 mientras se desplaza por la ciudad en bici, está conociendo bien este aspecto que en ocasiones complica la interpretación de las medidas.

Una vez tenemos mediciones suficientes de una zona podemos realizar el promedio de las mismas sobre esa zona. Obteniendo así la distribución espacial de los niveles de contaminación del aire por material particulado (PM2.5) correspondiente a un intervalo de tiempo concreto. Así por ejemplo, la Figura 6 muestra la distribución espacial del nivel de PM2.5 en Burgos desde el inicio del proyecto hasta principios de agosto de 2022 generada con la Plataforma AirCasting.



Figura 6. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 generada a partir de las medidas de Burgos desde el inicio del proyecto CWCA hasta Agosto 2022. En verde, las zonas con valor promedio de concentración de PM2.5 por debajo de los 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en amarillo las zonas con valores promedio entre 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en naranja las zonas con valores promedio entre 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Una vez finalice la fase de medidas, con todos los registros generamos mapas de distribución espacial de contaminación por partículas y los compararemos con los mapas de Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) que cada Ayuntamiento habrá definido en cumplimiento de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética. Esta comparación ofrecerá una estimación del nivel de calidad del aire en cada zona antes del inicio de la puesta en funcionamiento de las medidas ZBE y en el futuro permitirá conocer cómo se va avanzando en el cumplimiento de los objetivos de mejora de la calidad del aire que cada ciudad se haya planteado.

3. CONCLUSIONES

El proyecto Cycling with Clean Air tiene una duración prevista de un año y esta comunicación ha presentado la metodología seguida y algunos de los resultados preliminares obtenidos durante los primeros 7 meses. Será necesario ampliar la base de datos de medidas y realizar un completo análisis de los datos para generar resultados representativos de cada ciudad.

Los resultados preliminares indican que la metodología es adecuada para analizar los niveles de contaminación en las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) de una ciudad, antes y durante su implantación. Sin embargo, es necesario disponer de un elevado volumen de datos con una adecuada distribución espacial. Por otra parte, el proyecto indica que los medidores utilizados y la plataforma de consulta de medidas son buenas herramientas para el desarrollo de un proyecto de ciencia ciudadana, permitiéndonos cumplir con los objetivos de información y formación sobre la contaminación del aire urbano del voluntariado y la ciudadanía en general.

Finalmente, los autores desean agradecer la participación e implicación de todas las personas voluntarias que están colaborando en las 14 ciudades y que son un pilar fundamental del proyecto Cycling with Clean Air.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Directrices de la OMS sobre calidad del aire (2021)
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [2] Kalapie. <http://kalapie.org/>
- [3] Medidor portátil AirBeam3. Características técnicas y guía de usuario:
<https://www.habitatmap.org/airbeam/users-guide>
- [4] Listado de medidores de calidad del aire evaluados por Air Quality Sensor Performance Evaluation Center, AQ-SPEC:
<http://www.aqmd.gov/aq-spec/sensors>
- [5] JORNADA SOBRE SENSORES PARA LA MEDIDA DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO. Madrid, 25 de febrero de 2016. María Cruz Minguillón, Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), CSIC.
http://tecnaire-cm.org/wp-content/uploads/2016/03/Tecnaire-CM_25feb2016_for-pdf_Minguillon.pdf
- [6] Williams, R., Vasu Kilaru, E. Snyder, A. Kaufman, T. Dye, A. Rutter, A. Russell, AND H. Hafner. Air Sensor Guidebook. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14/159 (NTIS PB2015-100610), 2014.