

CONAMA LOCAL VILADECANS 2025

Encuentro de Pueblos y Ciudades por la Sostenibilidad



CONAMA LOCAL VILADECANS 2025

Encuentro de Pueblos y Ciudades por la Sostenibilidad



MonitorAireNO₂: La Ciencia Ciudadana en el monitoreo de la calidad del aire

Comunicación Técnica



Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Òscar Larraga Domènech. Especialista en Antropología Social y en Community Engagement en Science for Change.

Otros Autores: Rosa Arias. Directora Ejecutiva y Fundadora. Science for Change.



Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Índice

1. Introducción	1
2. Metodología	2
2.1 Fase 1: Preparación y captación	2
2.2 Fase 2: Implementación de talleres de cocreación y trabajo de campo	3
2.3 Fase 4: Análisis y Retorno de Resultados	4
3. Resultados	5
3.1 Ámbito Científico-Técnico: Resultados del Monitoreo	5
3.2 El ámbito participativo	6
4. Conclusiones	7
5. Bibliografía	8



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

1. Introducción

El proyecto “MonitorAire NO₂” surge como una iniciativa de ciencia ciudadana impulsada por el Departamento de Salud Pública de la Diputació de Barcelona, con el apoyo científico del Institut de Salut Global (ISGlobal) y la implementación metodológica de Science For Change (SFC). Su objetivo principal es desplegar un proyecto participativo para medir, en la demarcación de Barcelona, la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂), un contaminante atmosférico clave asociado principalmente al tráfico rodado.

En su primera fase, el proyecto se llevó a cabo en el municipio de Vic, cuyo Ayuntamiento manifestó su interés en participar activamente, dada su voluntad de avanzar en políticas de mejora de la calidad del aire y su compromiso con la salud ambiental del territorio.

La estructura del proyecto responde a una doble finalidad esencial. Por un lado, busca sensibilizar y empoderar a la ciudadanía local respecto a la calidad del aire que respira y sus implicaciones en la salud pública. Por otro lado, pretende evaluar, validar y optimizar un protocolo de monitoreo participativo que pueda ser replicable y escalable a otros municipios del territorio, garantizando la fiabilidad de los resultados y la sostenibilidad del modelo.

Asimismo, la iniciativa se alinea estratégicamente con objetivos de alcance múltiple. En el ámbito europeo, contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 3 (Salud y Bienestar) y el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles). Además, cobra especial relevancia en el actual contexto normativo europeo, tras la aprobación de la Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo [1], que reduce de manera sustancial el valor límite anual legal de concentración de NO₂, pasando de 40 µg/m³ a 20 µg/m³ en 2030.

A nivel regional, el proyecto se integra de forma coherente en el “Pla de Qualitat de l’Aire Horitzó 2027” de la Generalitat de Catalunya [2], concretamente como acción vinculada al Grupo 10 “Sensibilización, educación, información y comunicación”, contribuyendo así al seguimiento y la reducción de uno de los contaminantes atmosféricos prioritarios del plan.

El éxito del proyecto ha sido posible gracias a una estrecha cooperación entre administraciones públicas, instituciones científicas y entidades privadas, asegurando un enfoque interdisciplinar y una distribución eficaz de responsabilidades en función de la especialización de cada socio. En este marco, la Diputació de Barcelona ha actuado como entidad impulsora y financiadora; ISGlobal ha sido responsable de la conceptualización



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

del protocolo y de su validación técnico-metodológica; SFC ha liderado el diseño participativo, la implementación en campo y el análisis de resultados; mientras que el Ayuntamiento de Vic ha ejercido el papel de socio local facilitando el contexto, la logística y parte de la implicación ciudadana.

En las siguientes secciones se presenta, en primer lugar, la metodología aplicada y los principales aprendizajes derivados de su implementación, con el propósito de identificar los puntos fuertes y las áreas de mejora del protocolo participativo. Posteriormente, se exponen los resultados obtenidos, tanto en términos de evaluación del modelo de participación ciudadana como en lo referente a los hallazgos científico-técnicos sobre la concentración de NO₂ en el municipio. Finalmente, la comunicación concluye con una reflexión general que resume las ideas clave y plantea las líneas de continuidad del proyecto y su potencial replicabilidad en otros territorios de la demarcación.

2. Metodología

La implementación del proyecto se fundamenta en metodologías de "ciencia ciudadana extrema", en la que los participantes no son meros recolectores de datos, sino agentes activos que se involucran en la definición de las preguntas de investigación y en la interpretación de los resultados. Asimismo cabe destacar que en cuanto a la metodología, destaca la metodología técnica, relacionada con la metodología utilizada para la parte de investigación, y por otro lado, la metodología participativa, entendido como las actividades de engagement y los procesos participativos. Sin embargo, no pueden entenderse como metodologías separadas, ya que ambas se entrelazan y participan una de la otra en el mismo proceso.

A nivel técnico, cabe destacar que la herramienta que se decidió usar para medir la concentración de NO₂ fueron los tubos de difusión tipo Palmes. Estos dispositivos registran la concentración media de NO₂ en un punto determinado durante un periodo concreto de exposición. Los tubos Palmes son de acrílico (7,1 cm de largo y 1,1 cm de diámetro interno) y contienen una membrana impregnada de trietanolamina (TEA) que absorbe el NO₂ por difusión molecular.

Su uso es sencillo y no requiere conocimientos científicos ni habilidades técnicas, lo que permite la participación de ciudadanos no profesionales. Entre sus ventajas destacan su bajo coste, la posibilidad de instalar múltiples puntos de muestreo simultáneamente y la facilidad de instalación y mantenimiento, ya que no requieren calibración ni electricidad.



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Tras un periodo de exposición de dos a cuatro semanas, los tubos se sellan y se envían al laboratorio, donde se analizaron por espectrofotometría para determinar la concentración de NO₂ en µg/m³.

En cuanto a la metodología integral, esta se ha dividido en 4 partes con objetivos y actividades distintas.

2.1 Fase 1: Preparación y captación

Esta fase inicial fue fundamental para contextualizar y adaptar el protocolo articulado por ISGlobal. La tarea principal de SFC consistió en traducir el protocolo metodológico de ISGlobal a los requerimientos del Ayuntamiento de Vic y a un formato accesible para el público general. Esto implicó una reunión de lanzamiento con el Ayuntamiento de Vic para definir el alcance del proyecto, el perfil de los participantes (abierto a todos los mayores de 18 años) y el área de estudio que se amplió a todo el territorio municipal, con especial énfasis en el núcleo urbano.

Paralelamente, SFC adaptó todos los materiales para las sesiones y modificó la forma de las sesiones de cocreación planteadas en el protocolo para adaptarlas al uso del "Kit SFC Tools", una herramienta innovadora basada en piezas hexagonales reutilizables para fomentar la sostenibilidad del proceso.

La tarea más intensiva de esta fase fue la captación de participantes. Se partió de un listado inicial de 21 entidades (temáticas y vecinales) facilitado por el Ayuntamiento de Vic, pero la respuesta inicial fue baja. Esto requirió un esfuerzo proactivo por parte de SFC, que expandió el mapeo a más de 45 nuevas organizaciones y desplegó una estrategia de *snowball* (bola de nieve), realizando un seguimiento intensivo y personalizado por vía telefónica y correo electrónico para asegurar la participación necesaria.

2.2 Fase 2: Implementación de talleres de cocreación y trabajo de campo

Esta fase representa el núcleo de la metodología de ciencia ciudadana extrema, donde se define colectivamente el rumbo de la investigación por medio de talleres participativos de creación colectiva.



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

La primera sesión (19 de mayo de 2025) contó con 15 asistentes. El taller no se limitó a una presentación unidireccional, sino también presentó un diagnóstico participativo. Tras las contextualizaciones clave sobre el urbanismo de Vic y los impactos del NO₂ en la salud humana, se dio paso al taller de codiseño de las preguntas de investigación. Facilitado por SFC con el Kit SFC Tools, este proceso permitió a los participantes articular sus preocupaciones y conocimiento del territorio en preguntas investigables. Dichas preguntas fueron priorizadas por las personas participantes y refinadas por el equipo de ISGlobal y SFC para trabajarlas en el siguiente taller participativo.

La segunda sesión (29 de mayo, con 13 asistentes) fue la fase operacional de la cocreación. Su objetivo principal fue el mapeo colectivo de puntos de monitoreo para cada pregunta de investigación. El grupo se dividió en 2 mesas, cada una de las cuales trabajó sobre una pregunta de investigación. Las preguntas elegidas fueron:

- ¿Hay diferencias de concentración de NO₂ entre escuelas cercanas a zonas verdes y escuelas no cercanas?
- ¿Qué diferencias se dan en la concentración de dióxido de nitrógeno entre vías principales, secundarias y vecinales?

SFC facilitó la dinámica para que los participantes decidieran estratégicamente dónde colocar los tubos de difusión pasiva. La sesión culminó con la formación técnica sobre la instalación y el reparto de los kits de medición.

El trabajo de campo se desarrolló entre el 30 de mayo y el 17 de junio. Durante este periodo, los 19 participantes activos instalaron los tubos de difusión pasiva en los puntos acordados. Esta fase fue sostenida por un pilar fundamental: el seguimiento y acompañamiento constante por parte de SFC. No fue un proceso pasivo o desatendido, sino que se mantuvo una comunicación fluida vía correo electrónico para enviar recordatorios de instalación, resolver dudas y gestionar incidencias.

El 17 de junio, todas las personas participantes devolvieron sus tubos a SFC, junto con la ficha de campo, y SFC se encargó de enviarlos al laboratorio para que los analizaran.

2.3 Fase 4: Análisis y Retorno de Resultados



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Tras la recepción de los datos del laboratorio, se inició la fase de análisis. El primer paso fue una rigurosa limpieza de datos. De los 70 tubos gestionados (incluyendo 3 de control y 3 de referencia), 64 fueron desplegados por la ciudadanía. De estos, 3 desaparecieron y 1 no fue analizable por el laboratorio. Crucialmente, el equipo científico (SFC e ISGlobal) descartó 8 tubos adicionales por desviarse del protocolo de instalación (colocados a más de 4 metros de altura), ya que el objetivo era medir la exposición a nivel humano. Por lo tanto, el análisis técnico final se construyó sobre un robusto conjunto de 52 tubos válidos instalados por la ciudadanía. El análisis estadístico consistió en calcular las medias y rangos de concentración, y compararlos directamente con las variables de las preguntas co-diseñadas (proximidad a zonas verdes y tipo de vía).

El proyecto no finalizó con el análisis, sino con el retorno. Esta fase es de vital importancia para la ciencia ciudadana, ya que "cierra el círculo" y evita que la participación sea meramente extractiva. El 22 de octubre se realizó la sesión de retorno y co-análisis. SFC e ISGlobal no solo presentaron los resultados, sino que facilitaron una interpretación colaborativa con los 13 asistentes. En esta última etapa, se alcanzó el nivel más alto de empoderamiento: los ciudadanos, ahora armados con evidencia científica que ellos mismos habían ayudado a generar, utilizaron esos datos en un taller final de codiseño para formular un conjunto de propuestas de planificación urbana concretas para Vic, transformando así los datos en acción potencial.

3. Resultados

El principal desafío metodológico en esta fase fue el sistema dual de registro: los participantes debían registrar la información tanto en una ficha de campo en papel como en la aplicación móvil 'CleanAir@Schools'. Esta duplicidad fue la queja más recurrente, siendo descrita como "feixuc" (engorrosa) y "redundant" ("per què... per duplicat?"). El seguimiento de SFC fue vital para mitigar la confusión generada por esta fricción y asegurar la calidad de los datos, en ocasiones teniendo que validar manualmente las ubicaciones de las fichas en papel cuando la aplicación fallaba o no se utilizaba. SFC también gestionó toda la logística técnica, desde la preparación y refrigeración de los kits hasta la instalación de los 3 tubos de referencia en la estación oficial de calidad del aire y la logística de recogida y envío refrigerado al laboratorio.

Los resultados del proyecto son dobles, abarcando tanto el proceso participativo como los datos técnicos sobre la calidad del aire.



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

3.1 Ámbito Científico-Técnico: Resultados del Monitoreo

Es crucial contextualizar que los resultados técnicos se obtuvieron en junio, un periodo considerado como "temporada de baja concentración" de NO₂. Por tanto, es previsible que las medias anuales reales sean superiores a las aquí presentadas.

La media general de los 52 puntos de medición urbanos fue de 16,8 µg/m³. Este valor se sitúa por debajo del futuro límite legal de la Directiva (UE) 2024/2881 (20 µg/m³ para 2030), pero supera significativamente la recomendación anual de la OMS (10 µg/m³). El dato más alarmante es que, incluso en esta temporada favorable, 12 de los 52 puntos (un 23% de la muestra) ya superaron el límite de 20 µg/m³, señalando la existencia de "puntos calientes" (*hotspots*) de contaminación que requerirían acción inmediata. El rango de mediciones fue amplio, desde un mínimo de 5,2 µg/m³ en una zona residencial tranquila (Sentfores) hasta un máximo de 29,9 µg/m³ en la Avinguda Generalitat, una vía muy transitada.

Otra conclusión clave fue la no representatividad de la estación de medición oficial. Los tubos de referencia allí instalados promediaron 11,5 µg/m³, un valor muy inferior a la media urbana (16,8 µg/m³) y drásticamente más bajo que los puntos de mayor exposición, demostrando la necesidad de redes de medición hiperlocales para capturar la exposición real de la ciudadanía.

El análisis procuró dar respuesta a las preguntas co-diseñadas:

- **Influencia de las zonas verdes:** Se encontró una correlación contundente. Los puntos lejos de zonas verdes, establecidos como aquellas situadas a una distancia mayor a 100m, promediaron 23,1 µg/m³, mientras que los puntos ubicados a menos de 100m promediaron 13,4 µg/m³. Esta diferencia de 9,7 µg/m³ demuestra que la presencia de espacios abiertos y vegetación es un factor claro de dispersión y reducción de contaminantes. Sin embargo, debido a la escasez de puntos ubicados en centros escolares alejados de zonas verdes, no se pudo comparar aquellos que estaban cerca de zonas verdes con los que estaban lejos.
- **Impacto del tipo de vía:** La correlación fue igualmente clara. Las vías principales (definidas por su alto volumen de tráfico) arrojaron una media de 23,0 µg/m³, frente a los 14,8 µg/m³ de las vías vecinales. De modo que el tráfico de combustión se confirma como el principal determinante de los niveles de NO₂, aunque la alta



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

variabilidad en las vías vecinales sugiere que la morfología urbana también juega un papel crucial en la acumulación de contaminantes. Por otro lado, se percibió que la variabilidad en la concentración de NO₂ está influenciada por muchos factores, en los que puede destacarse el tránsito a motor, la morfología urbana, la actividad antrópica, la ventilación y la irradiación solar.

3.2 El ámbito participativo

La valoración cualitativa del proceso participativo fue muy positiva. Se constató un altísimo grado de compromiso y motivación por parte de los participantes que se involucraron en alguna de las fases, destacando su profundo conocimiento del territorio. La metodología de codiseño, especialmente el uso del "Kit SFC Tools", fue elogiada como "dinámica, lúdica y creativa", facilitando la articulación de preocupaciones complejas en preguntas investigables.

A nivel cuantitativo, participaron un total de 26 personas, de las cuales 19 instalaron hasta 64 tubos de difusión pasivos. Sin embargo, se obtuvo una muestra final de 52 mediciones válidas tras el proceso de depuración de datos. No obstante, el protocolo no estuvo exento de desafíos. La captación inicial fue difícil, requiriendo un esfuerzo proactivo de SFC más allá de los contactos institucionales. El tiempo en las sesiones presenciales se percibió como insuficiente, obligando a acelerar dinámicas participativas que requerían más deliberación.

Uno de los principales puntos de fricción fue el sistema dual de registro (ficha de papel y app 'CleanAir@Schools'). Los participantes lo describieron como engorroso y redundante, ya que los datos se registraban por duplicado, lo que generó confusión, siendo un claro aspecto a rediseñar en futuras réplicas, optando por una única vía de registro o una distribución del tipo de dato recolectado por cada herramienta.

Otro de los puntos que necesita ser refinado para mejorar el rigor de los resultados finales es la formulación de las preguntas de investigación y la necesidad de establecer criterios compartidos y variables claras *durante* la sesión de co-creación, y no *a posteriori*. Asegurar que todos los participantes comprenden y aplican de igual forma las variables (ej. distancia a zonas verdes, clasificación de vías) es crucial para guiar de forma efectiva el mapeo de la localización de los tubos.



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

4. Conclusiones

Más allá de los resultados técnicos sobre la calidad del aire, el proyecto MonitorAire NO₂ ha sido un éxito como piloto metodológico. Una de las ganancias principales ha sido la capacidad de detectar los déficits y las fricciones del protocolo original para poder aportar propuestas de cambio concretas para su futura replicación. El diálogo directo con las personas participantes, especialmente en la sesión de retorno, ha sido clave; han podido expresar abiertamente qué les ha gustado más del proceso, qué han echado en falta, y qué elementos se podrían modificar o eliminar por no aportar un valor añadido, siendo el sistema dual de registro de datos el punto de fricción más evidente.

A nivel científico, los datos aportados han sido suficientes para identificar tendencias claras, como la correlación directa entre el tráfico motor y el aumento de NO₂, y el papel positivo de las zonas verdes en la dispersión del contaminante. Sin embargo, hay que reconocer que no se ha podido contestar a las preguntas de investigación en su totalidad. La gran variedad de variables que influyen en cada punto (morfología urbana, altura, viento) y la propia distribución impiden un análisis estadísticamente controlado. Esto evidencia la necesidad de refinar el protocolo para que futuras réplicas, quizás, puedan focalizarse en espacios más controlados para aislar mejor las variables.

El objetivo final es, precisamente, replicar este protocolo ya refinado en otros municipios de la demarcación. A largo plazo, el proyecto MonitorAire NO₂ demuestra que las metodologías de ciencia ciudadana no son solo una herramienta de sensibilización, sino que tienen el potencial de convertirse en un modelo robusto de evaluación y monitorización de los niveles de calidad del aire, complementando las redes oficiales y empoderando a la ciudadanía con datos para la acción local.

Finalmente, esta experiencia refuerza la idea de que la participación ciudadana en la planificación territorial debe tener un peso mucho más importante. No basta con sesiones informativas; es necesario integrar estas metodologías de cocreación y diagnóstico compartido en las diferentes fases de los planes de movilidad, urbanismo y salud pública.



Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

5. Bibliografía

- [1] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2024). *Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa (versión refundida)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 20.11.2024.

- [2] Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. (2024). *Pla de qualitat de l'aire, horitzó 2027*.
https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/pla-qualitat-aire-horitzo-2027/