



Guía para el desarrollo de proyectos ambientales en centros escolares

Calidad del aire y
contaminación acústica



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Dirección del proyecto:

Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental

Elaboración y coordinación:

Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita:

©: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)
Madrid 2022
www.miteco.es

Plaza de San Juan de la Cruz 10
28003 Madrid
ESPAÑA

NIPO: 665-22-006-2
ISBN: 978-84-18508-72-1

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
<https://cpage.mpr.gob.es>

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	6
1. 1. Antecedentes	7
1. 1. 1. Ciencia ciudadana	7
1. 1. 2. Calidad del aire	8
1. 1. 3. Contaminación acústica	10
1. 1. 4. Cambio climático	11
1. 1. 5. Las iniciativas de ciencia ciudadana: experiencias previas	12
1. 2. Finalidad de la Guía	17
1. 3. Objetivos de los proyectos	17
1. 3. 1. Calidad del aire	17
1. 3. 2. Contaminación acústica	18
1. 4. Población objetivo del proyecto	18
2. Calidad del aire	19
2. 1. Funciones de los actores implicados	20
2. 1. 1. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	21
2. 1. 2. Comunidades autónomas y/o Ayuntamientos	21
2. 1. 3. Equipo coordinador	21
2. 1. 4. Centros participantes	22
2. 2. Metodología	24
2. 2. 1. Instrumentos de medida de la calidad del aire	24
2. 2. 2. Periodo de medición	25
2. 2. 3. Fases y Tareas	25
2. 2. 4. Instrucciones para tareas específicas (centros escolares)	33
3. Contaminación acústica	36
3. 1. Funciones de los actores implicados	37
3. 2. Metodología	37
3. 2. 1. Posibles actividades a desarrollar y fases	37
3. 2. 2. Instrumentos de medición	38
3. 2. 3. Puntos de medida	39
3. 2. 4. Referencias de medida	39
4. Bibliografía y recursos documentales de apoyo	40
4. 1. Bibliografía de apoyo	41
4. 1. 1. Calidad del aire	41
4. 1. 2. Ruido	43
4. 2. Portales web	44
4. 2. 1. Calidad del aire	44
4. 2. 2. Ruido	44
4. 3. Legislación	44
4. 3. 1. Calidad del aire	44
4. 3. 2. Ruido	45

4. 4. Recursos documentales	45
4. 4. 1. Calidad del aire	45
4. 4. 2. Ruido	46
Anexo I. Tablas de recogida de datos (AEMA)	47
Anexo II. Normativa y valores de referencia	51
Anexo III. Análisis de dióxido de nitrógeno (NO ₂), por espectrofotometría Uv-vis con captadores pasivos y cartucho con trietanolamina	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

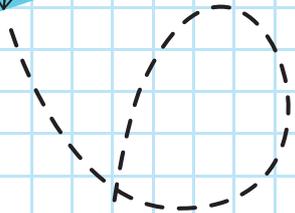
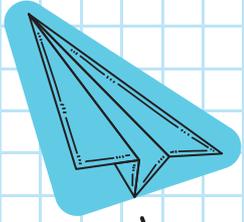
Ilustración 1. Esquema de beneficios y oportunidades de la Ciencia Ciudadana	7
Ilustración 2. Tráfico y contaminación en la ciudad	9
Ilustración 3. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud	10
Ilustración 4. Efectos de la contaminación acústica sobre la salud	11
Ilustración 5. Mapa de muestreo del proyecto Curieuze Neuzen en Antwerp	13
Ilustración 6. Mapa de todos los centros escolares participantes en el proyecto CleanAir@School	13
Ilustración 7. Mapa de centros escolares participantes en el proyecto CleanAir@School en Sabadell	14
Ilustración 8. Mapa del Proyecto Hush City en Granada	16
Ilustración 9. Mapa de actores implicados	20
Ilustración 10. Ejemplos de material de concienciación	22
Ilustración 11. Infografía PNCCA sector transporte	23
Ilustración 12. Ejemplos de sensores pasivos	24
Ilustración 13. Esquema fases	26
Ilustración 14. Recuperación temporal de calles en entornos escolares en Madrid	32
Ilustración 15. Ejemplos de localización de los puntos de muestreo alrededor de un centro escolar del proyecto CleanAir@School en España	34
Ilustración 16. Ejemplos de colocación de los tubos	34
Ilustración 17. Aplicación/app móvil con función de sonómetro	38
Ilustración 18. Aplicación/app de sonómetro en móvil con altavoz	39
Ilustración 19. Sonómetro de bajo coste	39

ÍNDICE DE TABLAS

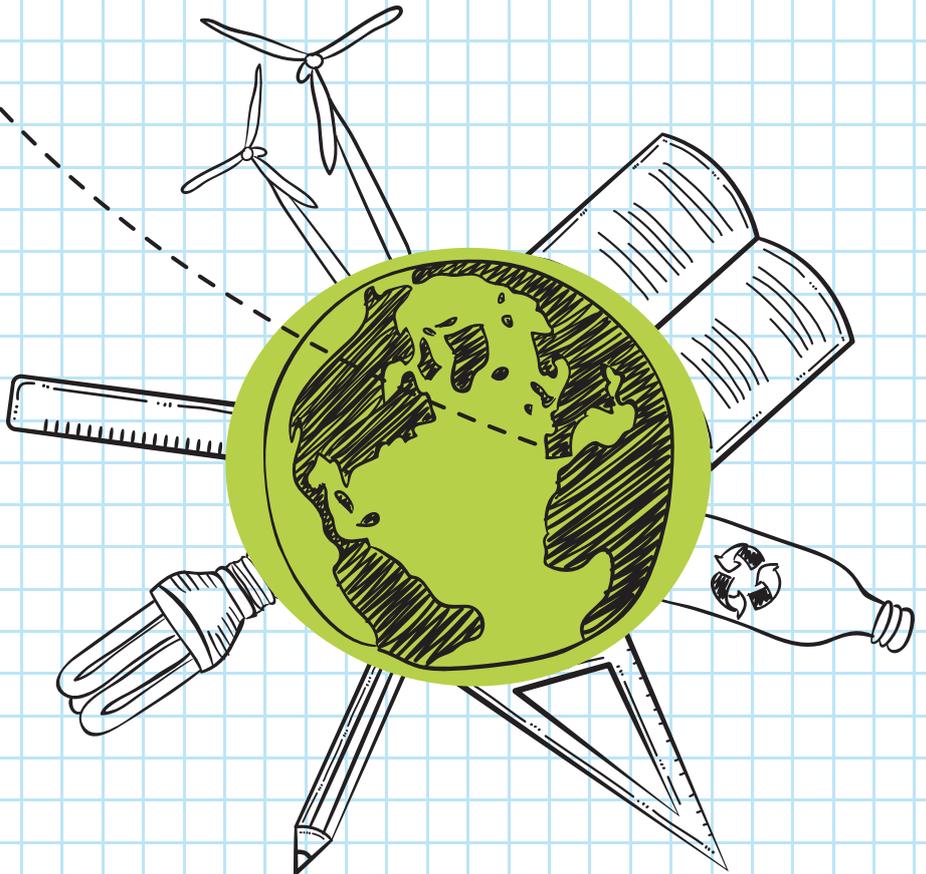
Tabla 1. Cronograma conjunto por fases. Actores implicados	27
Tabla 2. Formulario centros escolares	48
Tabla 3. Formulario punto de muestreo	49
Tabla 4. Formulario resultados	50
Tabla 5. Valores legislados a nivel europeo frente a los valores guía de la OMS	53

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
CC. AA.	Comunidades Autónomas
dB(A)	Decibelios (ponderados)
EEA	European Environment Agency, inglés para la AEMA
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (del inglés, Global Positioning System)
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
PF	Puntos cercanos a vías de tráfico
PI	Punto interior en alguna aula próxima a vías con tráfico principal
PNCCA	Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica
PM	Material particulado
PM10	Material particulado cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm
PSF	Puntos sin tráfico
s.f.	Sin fecha
WHO	<i>World Health Organization</i> , siglas en inglés para la OMS
µg/m ³	Microgramos/metro cúbico



1. Introducción



1. 1. ANTECEDENTES

1. 1. 1. CIENCIA CIUDADANA

“Nunca dudes de que un pequeño grupo de ciudadanos comprometidos pueda cambiar el mundo.”

Margaret Mead (antropóloga).

La ciencia ciudadana se puede definir como la participación no profesional de personal voluntario en el proceso científico, comúnmente en la recolección de datos, pero también en otras fases, como aseguramiento de la calidad, análisis e interpretación de datos, definición de problemas y difusión de resultados. De este modo, se permite a personas sin formación técnica explorar directamente cuestiones que les afectan y preocupan y comprender diferentes problemáticas, participando y contribuyendo de manera informada en el debate público.

La ciencia ciudadana permite la recopilación de datos, el análisis y la difusión de resultados y

contribuye a llenar las lagunas de datos donde las fuentes de datos convencionales pueden no ser suficientes. Además, puede proporcionar datos temporales y espaciales complementarios que respaldan los sistemas de monitoreo oficiales y ayuda a validar y afinar los sistemas de monitoreo y pronóstico a nivel nacional. Además, es un canal para crear conciencia sobre los problemas ambientales, entre otros los relativos a la contaminación ambiental, como la mala calidad del aire y la contaminación acústica, así como para involucrar y empoderar a la ciudadanía y promover cambios de comportamiento sostenibles.

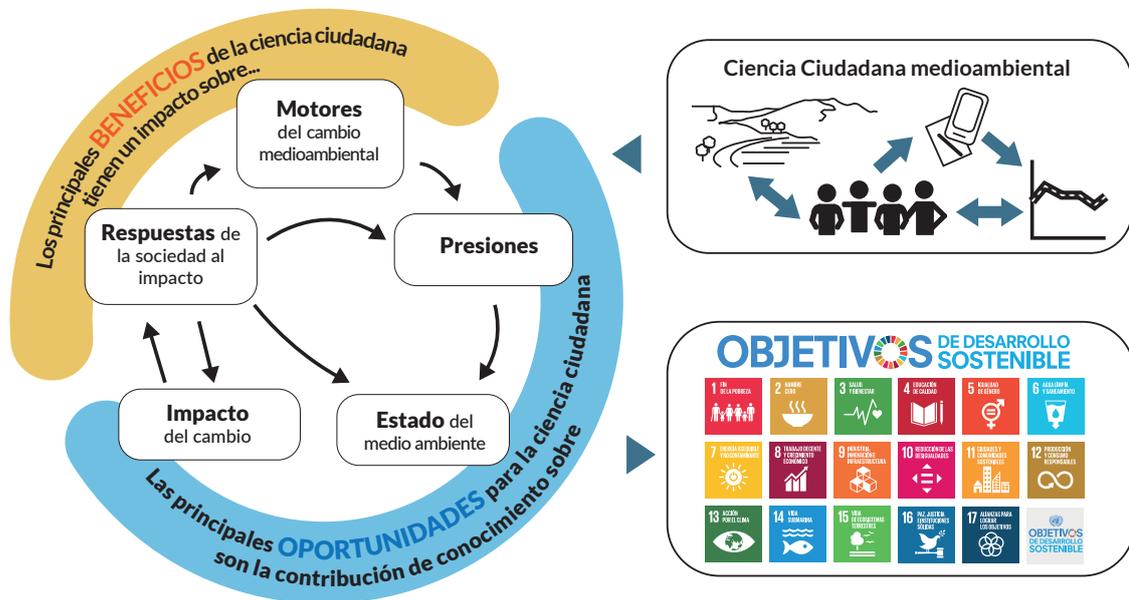


Ilustración 1. Esquema de beneficios y oportunidades de la Ciencia Ciudadana.

Fuente: Adaptado de Pocock et al. (2019)¹

¹ <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13279>

A pesar de que existen desafíos que impiden una adopción más amplia de proyectos de ciencia ciudadana, como preocupaciones sobre la calidad de los datos, heterogeneidad de los mismos, accesibilidad, etc., estas iniciativas están ganando impulso a medida que los sensores de bajo coste, los teléfonos inteligentes y las infraestructuras de datos se vuelven más accesibles.

Además, tal y como establece la Comisión Europea (CE) en el documento "[Best Practices in Citizen Science for Environmental Monitoring](#)"², "el conocimiento medioambiental generado en las iniciativas de ciencia ciudadana contribuirá a cumplir con las ambiciones, estrategias y planes en el marco del Pacto Verde Europeo. En particular, la ciencia ciudadana podría ofrecer una valiosa fuente de información complementaria para la estrategia de biodiversidad para 2030, el plan de contaminación cero, el nuevo plan de acción de economía circular, el objetivo de neutralidad climática y la estrategia "de la granja a la mesa" sobre alimentación sostenible".

En esta línea, la CE destaca en el "[Paper on Citizen Science and Zero Pollution](#)"³ el valor y el

potencial de las iniciativas de ciencia ciudadana para contribuir al "[Plan de acción de contaminación cero](#)"⁴. El Plan de acción se basa, entre otros aspectos, en una base sustancial de conocimientos, avances tecnológicos e innovación social, una mayor digitalización y la promoción de patrones de producción y consumo sostenibles en nuestra sociedad, todo lo cual requiere enfoques innovadores de compromiso social, como la ciencia ciudadana.

Es por todo ello que, tanto la Comisión Europea como la Red Europea de Directores de Agencias de Protección del Medio Ambiente (EPA) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) han apoyado diversos proyectos para promover las iniciativas de ciencia ciudadana.

Si bien el ámbito de aplicación de las iniciativas de ciencia ciudadana abarca el seguimiento de un abanico muy extenso de temas, tales como la biodiversidad, los plásticos, la calidad del agua o el riesgo de inundaciones, **la calidad del aire** y la **contaminación acústica** son las áreas en las que se centrará esta Guía.

1.1.2. CALIDAD DEL AIRE

Pese a los avances en calidad del aire en la última década, **los problemas de calidad del aire siguen siendo muy importantes en Europa**. La mala calidad del aire se transforma en una factura dramática en términos de vidas humanas: **la Organización Mundial de la Salud** cifra en 4,2 millones las muertes prematuras⁵ en todo el mundo vinculadas a la contaminación atmosférica; la **Agencia Europea de Medio Ambiente**⁶ estima que en Europa cerca de 400.000 personas al año mueren prematuramente debido a la exposición a partículas finas; en **España**, se producen más de 25.000 muertes prematuras

al año como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica y varias ciudades y zonas de calidad del aire españolas registran aún superaciones de los valores reglamentarios de calidad del aire (partículas PM10, dióxido de nitrógeno y ozono).

Por tanto, la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera y la mejora de la calidad del aire es todavía un reto por conseguir para cumplir con los objetivos de la normativa europea tanto de emisiones como de calidad del aire y reducir las muertes prematuras. Para

² https://ec.europa.eu/environment/legal/reporting/pdf/best_practices_citizen_science_environmental_monitoring.pdf

³ https://epanet.eea.europa.eu/reports-letters/reports-and-letters/citizen-science-and-zero-pollution_inter-est-group-on-citizen-science.pdf

⁴ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a1c34a56-b314-11eb-8aca-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&-format=PDF

⁵ [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)

⁶ EEA (2020) EEA Report No 09/2020 "Air quality in Europe – 2020 Report". European Environment Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

ello, ya el Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica (PNCCA) que se lanzó en 2019 establecía medidas para la reducción de los contaminantes con efectos en la salud. De hecho, esta Guía de Ciencia Ciudadana debe ser considerada como parte de

las medidas de concienciación y sensibilización ciudadana incluidas en el PNCCA, pues mejorar la información que recibe la población y su repercusión en la calidad del aire es un tema muy relevante.



Ilustración 2. Tráfico y contaminación en la ciudad.

Fuente: Parlamento Europeo ©Elcovalana/AdobeStock.⁷

Una alta proporción de la población europea vive en áreas en las que la contaminación atmosférica pone en riesgo su salud, lo cual es especialmente relevante en las ciudades, donde se producen concentraciones peligrosas para la salud⁸ de material particulado (PM) y, sobre todo, de dióxido de nitrógeno (NO₂). El dióxido de nitrógeno (NO₂) tiene su origen, fundamentalmente, en la actividad humana, sobre todo en el tráfico rodado (principalmente en los combustibles diésel) y la industria. Prueba de ello es que, **en las ciudades, más del 75% del NO₂ se debe al tráfico**⁹ y, normalmente, cuanto mayor es la ciudad, mayores son sus niveles, siendo

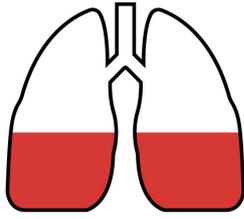
sus efectos sobre la salud muy diversos¹⁰: inflamación de vías aéreas, problemas de hígado, del sistema circulatorio e inmunitario, infecciones pulmonares, insuficiencia respiratoria, etc. Por otra parte, tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, produciendo acidificación y eutrofización y limitando el crecimiento de la flora y afecta también sobre las infraestructuras, edificios y monumentos.

⁷ <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/press-room/20200712IPR83215/car-emissions-meps-set-end-on-gap-between-lab-and-real-driving-emission-tests>

⁸ <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science> (p.8)

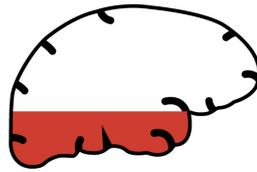
⁹ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>

¹⁰ <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science> (p.8)



36%

DE LAS MUERTES POR
CÁNCER DE PULMÓN



34%

DE LAS MUERTES POR
**ICTUS Y DERRAMES
CEREBRALES**



27%

DE LAS MUERTES POR
CARDIOPATÍAS

Ilustración 3. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.

Fuente: reelaboración y traducción de material de campaña "BreathLife" de la OMS.¹¹

1.1.3. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Se considera contaminación acústica a "la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente"¹².

Junto a la calidad del aire, el ruido es un factor ambiental con graves efectos sobre la salud pública. En muchas ocasiones, las mismas fuentes de contaminación atmosférica actúan como emisores de ruido o vibraciones, que implican riesgos y daños para la población y amenazan el buen desarrollo de sus actividades.

Asimismo, la contaminación acústica se relaciona con enfermedades cardíacas y alteraciones graves del sueño, problemas cerebrovasculares y metabólicos, hipertensión o diabetes. Además, el ruido deteriora las facultades cognitivas de la infancia, mientras que deteriora la salud mental, reduce el bienestar psicológico y la capacidad auditiva. Por otra parte, los efectos sobre la naturaleza también son relevantes.

¹¹ <https://breathelife2030.org/>

¹² Web Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/>

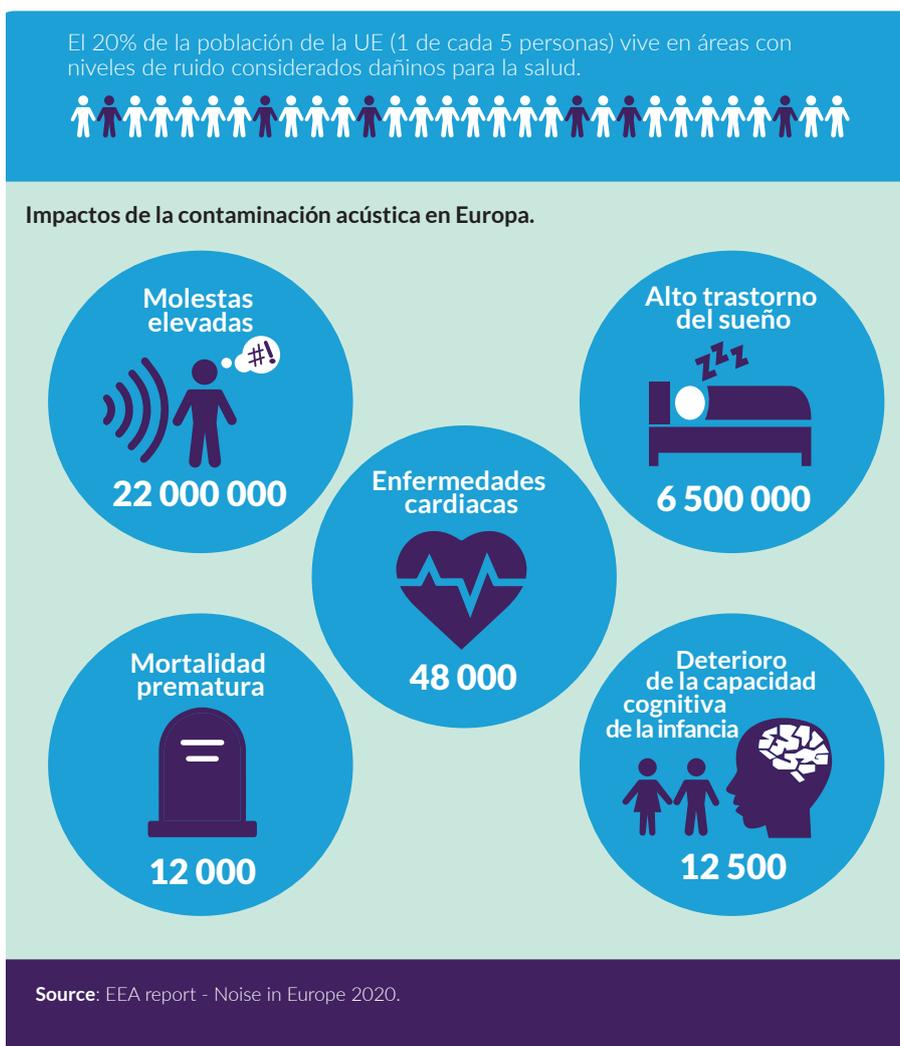


Ilustración 4. Efectos de la contaminación acústica sobre la salud.

Fuente: reelaboración y traducción de material de la Comisión Europea "EEA report – Noise in Europe 2020"¹³

Es por todo ello, que esta Guía incluye un capítulo dedicado a la contaminación acústica. En él se describen posibles actividades a desarrollar en el aula para fomentar un mayor conocimiento y conciencia sobre este grave problema ambiental y de salud y para comprender las

posibles molestias derivadas de los comportamientos individuales y sociales. Asimismo, las actividades propuestas permiten identificar fuentes emisoras de ruido en nuestro entorno y reflexionar sobre posibles cambios en éste para reducir la contaminación acústica.

1.1.4. CAMBIO CLIMÁTICO

A los problemas de contaminación atmosférica y acústica hay que añadir los impactos ligados al cambio climático que las ciudades van a experimentar cada vez más frecuente e intensamente. Dichos efectos van a suponer un verdadero reto para el confort climático y la salud de la ciudadanía, además de generar sinergias negativas con los problemas de contaminación

atmosférica antes mencionados.

La contaminación provocada por el tráfico y las actividades industriales, los pavimentos y superficies impermeables, que retienen el calor, y la dificultad para la liberación de calor debida a la estructura urbana son la causa del efecto conocido como "isla de calor urbana", que se agravará en

¹³ https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2020/infographics/noise-pollution/image/image_view_fullscreen

los próximos años a consecuencia del aumento previsto de las temperaturas y la incidencia creciente de las olas de calor en nuestro país.

Las consecuencias sobre la salud y el bienestar de la ciudadanía serán muy graves, especialmente para los grupos más vulnerables (infancia, personas mayores o con enfermedades), si no se emprenden acciones ambiciosas que reduzcan las fuentes de contaminación urbana –y de emisión de gases– a la vez que se adaptan los espacios públicos, los edificios residenciales y los equipamientos a escenarios de mayor temperatura, a través de la creación y mejora de es-

pacios verdes (parques, arbolado) y azules (ríos urbanos, estanques, fuentes), el sombreado de calles, el aislamiento de edificios, la sustitución de asfalto por superficies permeables, entre otras iniciativas .

El efecto amortiguador de zonas naturalizadas ante las altas temperaturas, la contaminación y el ruido, está además ampliamente demostrado, así como los cobeneficios que produce para la salud física (respiratoria y cardiovascular), mental (por reducción de estrés) y emocional de la población en general, y de niños y niñas en particular (para su adecuado neurodesarrollo)¹⁴.

1.1.5. LAS INICIATIVAS DE CIENCIA CIUDADANA: EXPERIENCIAS PREVIAS

En este apartado se abordan las distintas iniciativas en el ámbito de la calidad del aire y la contaminación acústica que se han llevado a cabo en distintos ámbitos y que han generado el contexto y la información para desarrollar esta Guía.

Calidad del aire

A pesar de las estrictas normativas de la Unión Europea (UE) para la medición de la calidad del aire ambiente mediante métodos de referencia normalizados, la variabilidad de la contaminación atmosférica en el tiempo y el espacio exige un seguimiento y una medición más localizados con el fin de proporcionar información útil para las intervenciones locales. El desarrollo de tecnologías fáciles de usar y la mayor disponibilidad de dispositivos de bajo coste, como muestreadores y sensores pasivos, están permitiendo un seguimiento más frecuente de la contaminación atmosférica a nivel local, aunque la calidad de esas mediciones sigue exigiendo una interpretación cuidadosa y un uso prudente de los resultados.

Los enfoques de la ciencia ciudadana pueden proporcionar datos sobre la calidad del aire complementarios al sistema de vigilancia oficial de la misma. Asimismo, las iniciativas de cien-

cia ciudadana pueden generar información útil sobre la calidad del aire local. Esa información puede utilizarse, por ejemplo, para mejorar los modelos oficiales de calidad del aire utilizados para estimar los niveles de contaminación e identificar las acciones adecuadas para mejorar la calidad del aire. Además, estas iniciativas también contribuyen a sensibilizar a la población sobre los problemas de contaminación atmosférica, lo que puede dar lugar a medidas públicas más contundentes para abordar el problema o a cambios en el comportamiento personal, como dejar de conducir para ir a pie o en bicicleta¹⁵.

En este sentido, existen varios proyectos implementados en el ámbito de la UE. Merece la pena mencionar, el proyecto belga **CurieuzeNeuzen (“narices curiosas”) Vlaanderen**¹⁶, a partir del cual, 20.000 personas midieron la concentración de NO₂ cerca de sus hogares en mayo de 2018. El objetivo de dicho proyecto era recopilar un mapa detallado de la calidad del aire en todo Flandes (Bélgica), tanto en las ciudades como en el campo, a partir de una iniciativa similar que se había realizado en Amberes en 2016 (2.000 participantes). El conjunto de datos a gran escala también sirvió para validar los modelos de transporte químico atmosférico utilizados por la Agencia Flamenca de Medio

¹⁴ <https://www.isglobal.org/es/ciudadesquequeremos#espacios-verdes>

¹⁵ <https://www.eea.europa.eu/highlights/citizen-science-on-air-quality>

¹⁶ <https://curieuzeneuzen.be/>

Ambiente (VMM) para estimar los niveles de calidad del aire. La iniciativa ha tenido repercusiones sociales, científicas y políticas en Flandes y fuera de ella, contribuyendo a la comprensión de la gran variabilidad de la contaminación atmosférica relacionada con el tráfico y aumentando la concienciación sobre su impacto real en las zonas rurales.

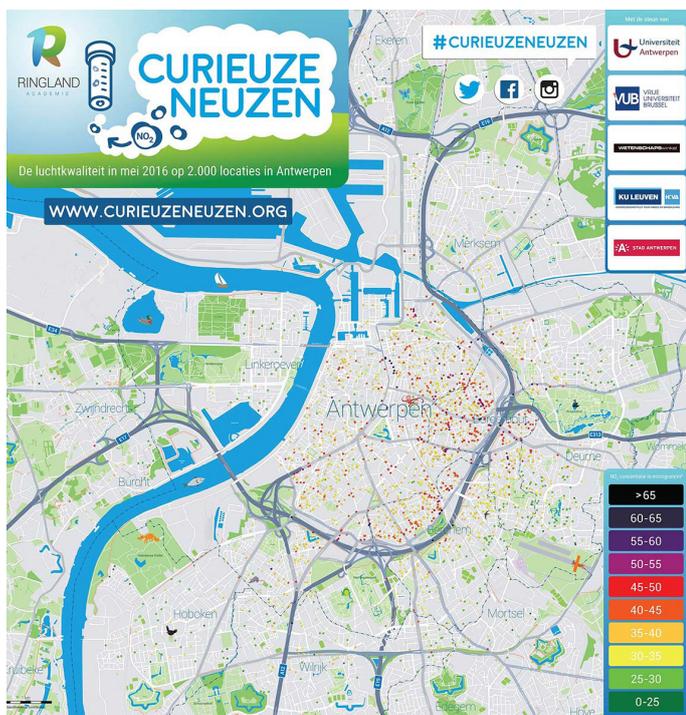


Ilustración 5. Mapa de muestreo del proyecto Curieuze Neuzen en Antwerp.

Fuente: CurieuzeNeuzen | Resultaten

A raíz de esta iniciativa, surgió el proyecto **CleanAir@School ("Airelimpio@escuelas")**^{17 18}, desarrollado entre los años 2018 y 2020 en ocho países de la UE: Países Bajos, Italia, España, Irlanda, Eslovaquia, Estonia, Malta y Reino Unido¹⁹ cuyo objetivo era concienciar e informar sobre calidad del aire a estudiantes, docentes y familias, usando dispositivos de bajo coste y permitiendo al alumnado medir los niveles de dióxido de nitrógeno en su entorno escolar. Además de los resultados científicos de las mediciones en las escuelas, la iniciativa ha demostrado el potencial de estos enfoques para aumentar la conciencia sobre los problemas ambientales y

¹⁷ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair/>

¹⁸ <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/cleanair-at-school>

¹⁹ En el año 2020, Reino Unido todavía formaba parte de la UE.

²⁰ <https://www.cleanairtogether.ie/>

la movilidad sostenible, incluido el cambio de los comportamientos de desplazamiento hacia y desde las escuelas.



Ilustración 6. Mapa de todos los centros escolares participantes en el proyecto CleanAir@School.

Fuente: <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair/>

Una de las instituciones que participaron en CleanAir@School, la EPA irlandesa, ha continuado con este enfoque de ciencia ciudadana, lanzando un proyecto de seguimiento del dióxido de nitrógeno a gran escala (estiman unas mil personas voluntarias) junto con el National Trust for Ireland, llamado **Clean Air Together ("aire limpio juntos")**. Este proyecto pretende aumentar el conocimiento y el compromiso del público con los problemas de la calidad del aire y evaluar el impacto de la vigilancia ciudadana de la calidad del aire en el cambio de políticas, la concienciación y las actitudes.

Otro miembro de la Red EPA que participó en CleanAir@School, el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente (RIVM) de los Países Bajos, puso en marcha en 2016 una plataforma

de mediciones de ciencia ciudadana denominada **Samen Meten (“midiendo juntos”)**²¹ en la que se comparte información sobre qué aspectos medioambientales pueden medirse (con un enfoque inicial en la calidad del aire, pero ahora ampliado a la calidad del agua y el ruido) y cómo puede hacerse con diferentes sensores. Se trata de un portal de datos abiertos²², en el que se muestran y comparten continuamente los datos de varios proyectos de ciencia ciudadana.

En España, el proyecto CleanAir@School contó con la participación de las ciudades de Girona²³ y Sabadell²⁴, se desarrolló durante el año 2019 y contó con la colaboración del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, además de la participación del Área Metropolitana de Barcelona y de los ayuntamientos de Girona y Sabadell, respectivamente. En el caso de Girona, el proyecto se desarrolló en nueve centros educativos, participaron 300 alumnos y se obtuvieron mediciones en 195 puntos de medida repartidos por toda la ciudad. Por su parte, Sabadell participó con ocho centros educativos, consiguiendo obtener mediciones en 113 puntos e involucrar a 175 estudiantes.

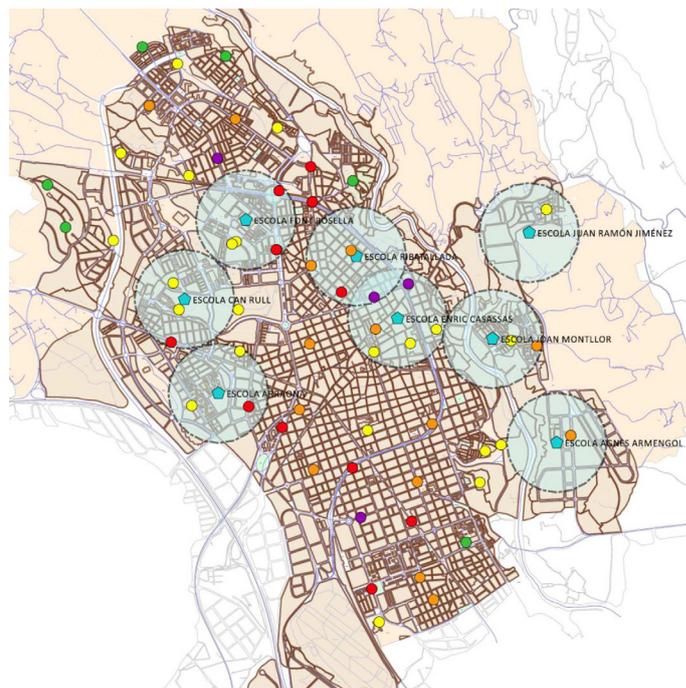


Ilustración 7. Mapa de centros escolares participantes en el proyecto CleanAir@School en Sabadell.

Fuente: http://ca.sabadell.cat/MediAmbient/d/CLEANAIR_GuiaSBD.pdf

Por otro lado, en la ciudad de Barcelona, entre los meses de febrero y marzo de 2018, se desarrolló el proyecto **xAire**²⁵ con una metodología muy similar²⁶ ²⁷a la de los proyectos de Girona y Sabadell. El proyecto xAire movilizó a más de 1.600 voluntarios a través de 18 centros escolares repartidos por la ciudad (2 por distrito) y midieron el NO₂ en 725 puntos, lo cual permitió realizar un mapeo de la calidad del aire en los distritos en los que se encontraban dichos centros escolares. Los resultados fueron muy nota-

²¹ <https://www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl/>

²² <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal/>

²³ Targa, J., Banyuls, L. & Ripoll, A. (2019) “Cleanair@schools: Proyecto de ciencia ciudadana en escuelas de Girona – año 2019”. 4sfera Innova SLU. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/cleanairschools-girona-2019_tcm30-509918.pdf

²⁴ Targa, J., Banyuls, L. & Ripoll, A. (s.f.) “Cleanair@schools Projecte de ciència ciutadana: Com respira Sabadell?”. 4sfera Innova SLU. Disponible en: https://web.sabadell.cat/images/Aire/Anexo1_Sabadell_informe_escuelas.pdf

²⁵ Perelló, J., Cigarini, A., Vicens, J., Bonhoure, I., Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M. J., ... & Ripoll, A. (2021). “Large-scale citizen science provides high-resolution nitrogen dioxide values and health impact while enhancing community knowledge and collective action”. *Science of The Total Environment*, 789, 147750. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147750>

²⁶ Perelló, J., Targa, J., Daher, C., Alonso, M., Francis, L., Masha-Caminals, A., ... & Carrasco-Turigas, G. (2021). “Large-scale citizen science protocol provides high-resolution nitrogen dioxide values while enhancing community knowledge and collective action”. *MethodsX*, 8, 101475. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101475>

²⁷ Perelló, J., Targa, J., Daher, C., Alonso, M., & Masha-Caminals, A. (2018). X Aire. Guia d’ús per a centres educati-us. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3718949>

bles tanto en la precisión de los datos como en su importante efecto en el conocimiento y concienciación sobre la problemática de la calidad del aire entre los miembros de las comunidades escolares.²⁸

Además, en España se han desarrollado otros proyectos de ciencia ciudadana relacionados con la calidad del aire, tales como ParticipAIRE ("Participación Científica Escolar para la Calidad del Aire")²⁹ o Vigilantes del Aire 2020³⁰.

ParticipAIRE, coordinado por CRECIM (Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica) e ISGlobal (Institut de Salut Global) durante el curso 2018/2019, buscó involucrar al alumnado de Ciclo Superior (5º y 6º de Educación Primaria) en el proceso de aprender ciencia escolar participando en la ciencia real. El objetivo fue que los niños y niñas participasen en diferentes prácticas en su contexto escolar que simulasen lo que hace la ciencia real y que, al hacerlo, mejorasen su interés por la ciencia, aumentase su conocimiento sobre qué significa hacer ciencia y sobre el contenido de ciencias de la etapa, además de prepararse para la participación en el ámbito científico.

Vigilantes del Aire, por su parte, realizó durante el último trimestre de 2020 medidas de calidad del aire en áreas urbanas y rurales españolas utilizando macetas de fresa como biosensores de la calidad del aire, dadas las propiedades magnéticas de la contaminación metálica acumulada en hojas de fresa.

Con un enfoque que abarca un mayor número de temas, The GLOBE Program³¹ es una iniciativa patrocinada por la NASA estadounidense que promueve por todo el mundo proyectos de ciencia ciudadana en centros escolares para mejorar el conocimiento sobre el medio ambiente y promover la concienciación. En Irlanda, The GLOBE

Ireland lleva varios años lanzando una campaña sobre calidad del aire, centrada en mediciones de NO₂, apoyada en la ciencia ciudadana.³²

Contaminación acústica

En el caso de la contaminación acústica, también existen iniciativas para involucrar a la población en la cartografía de la misma, mediante el registro de los niveles sonoros para informar a autoridades locales, aunque las tecnologías y metodologías requieren una cuidadosa consideración.

En este sentido, quizá la iniciativa más desarrollada es la de la aplicación **Hush City**³³, la cual utiliza una novedosa metodología mixta para identificar, evaluar y planificar las "zonas tranquilas cotidianas" urbanas, es decir, pequeños lugares tranquilos a poca distancia de los lugares donde trabajamos y vivimos. Mientras que los planes tradicionales de zonas tranquilas en las aglomeraciones suelen incluir enormes parques y zonas verdes identificadas según criterios acústicos, la aplicación tiene en cuenta las preferencias de las personas para identificar esas "zonas tranquilas cotidianas", como exige la Directiva sobre el ruido ambiental (2002/49/CE). Los resultados de un exitoso proyecto piloto en Berlín (en cooperación con el Senado de Berlín) se incorporaron al plan de acción contra el ruido de Berlín (2018-2023). Otras ciudades en Europa y otros lugares, ya han comenzado a utilizar la aplicación para el desarrollo de políticas locales.

²⁸ xAire. (2020). *Monitoratge de la qualitat de l'aire a Barcelona - Presentació resultats de les escoles participants*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3699613>

²⁹ <https://sites.google.com/view/participaire/inici>

³⁰ <https://vigilantesdelaire.ibercivis.es/>

³¹ <https://www.globe.gov/about>

³² <https://www.globe.gov/web/ireland/home/overview-of-air-quality-campaign>

³³ <http://www.opensourcesoundscapes.org/hush-city/>

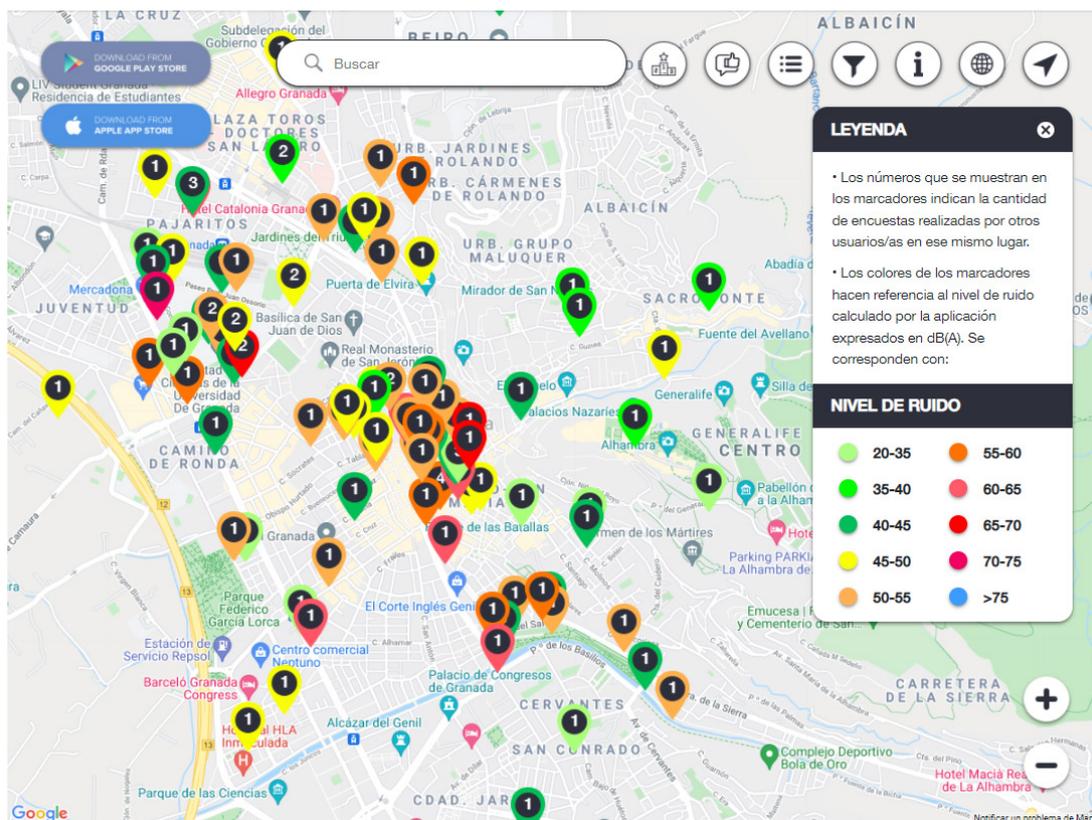


Ilustración 8. Mapa del Proyecto Hush City en Granada.

Fuente: Proyecto Hush City ³⁴

Otros proyectos europeos como MakingSense o GroundTruth2.0 también han probado enfoques participativos para abordar la contaminación acústica en ciudades europeas, como Barcelona³⁵ (España) y Malinas³⁶ (Bélgica), respectivamente.

Sin salir de nuestro país, se pueden encontrar iniciativas promovidas por administraciones públicas, que han producido amplio material que puede tomarse como modelo:

- ▶ Proyecto “Menos Ruido, Más Vida”, con materiales desarrollados por M^a Dolores

Zúñiga Giménez, J. Antonio Blanco Arjona y Joaquín García Sousa³⁷. Incluye la elaboración de “mapas de ruidos”³⁸ y de “paisajes sonoros”³⁹.

- ▶ Ayuntamiento de Madrid – Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudadanía (2005-2007): “Educar para vivir sin ruido. Ruidos y sonidos en la ciudad. Material didáctico”, con múltiples materiales tanto de guía para el profesorado como para trabajar con los estudiantes, adaptado por niveles.⁴⁰

³⁴ <https://map.opensourcesoundscapes.org/view-area>

³⁵ <http://making-sense.eu/making-sense-noise-pollution-placa-del-sol/>

³⁶ <https://mechelen.meetmee.be/c/english-summary/>

³⁷ Disponibles en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-719-1-MENOS_RUIDO_MAS_VIDA- CUADERNO DE ACTIVIDADES/40-719-1.htm

³⁸ Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-719-1-ME-NOS_RUIDO_MAS_VIDA- CUADERNO DE ACTIVIDADES/40-719-1/3_MAPA_DE_RUIDOS.PDF

³⁹ Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-719-1-ME-NOS_RUIDO_MAS_VIDA- CUADERNO DE ACTIVIDADES/40-719-1/5_PAISAJE_SONORO.PDF

⁴⁰ Disponibles en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Educacion-Ambiental/Publicaciones/Educar-para-vivir-sin-ruido-Ruidos-y-sonidos-en-la-ciudad-Material-didactico/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=83a554084bffd210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=ed0479ed268fe410VgnVCM-1000000b205a0aRCRD>

- ▶ Recursos educativos de la Generalitat de Catalunya-Medi Ambient i Sostenibilitat: Talleres de prevención de la contaminación acústica⁴¹.
- ▶ Gobierno de Aragón – Proyecto Contaminación Acústica⁴².
- ▶ Universitat de València – Unidad de Educación Ambiental Sonora: Guía “No me grites que es peor”⁴³.

1. 2. FINALIDAD DE LA GUÍA

La finalidad de esta Guía es el establecimiento de unas directrices comunes para el desarrollo de proyectos de ciencia ciudadana sobre calidad del aire (en concreto para la medición de NO₂ siguiendo la línea de trabajo del proyecto CleanAir@School) y sobre contaminación acústica en centros escolares, que favorezcan la sensibilización y concienciación sobre dichas problemáticas. Para ello, presenta los objetivos, actores implicados y metodología de estos proyectos.

El público objetivo de esta Guía es el siguiente:

- ▶ **Centros escolares**⁴⁴ que opten por implementar proyectos de medición de calidad

del aire (en concreto, los niveles de dióxido de nitrógeno) y de contaminación acústica.

- ▶ **Instituciones** implicadas en los proyectos (comunidades autónomas, ayuntamientos, etc.) ya sea como promotores de los mismos o como colaboradores.
- ▶ **Entidades que ejerzan labores de coordinación** de proyectos implementados entre distintos centros escolares.

La unidad territorial de trabajo mínima es el centro escolar, aunque sería deseable la adopción de la iniciativa a nivel de municipio, conjunto de municipios o comunidad autónoma.

1. 3. OBJETIVOS DE LOS PROYECTOS

1. 3. 1. CALIDAD DEL AIRE

Los proyectos ambientales a los que se refiere esta Guía, en su componente de calidad del aire, pueden definirse con objeto de dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- ▶ Mejora del conocimiento sobre la situación de la calidad del aire en los centros escolares, sus inmediaciones y sus rutas de acceso.
- ▶ Incremento de la concienciación y formación sobre el problema de la calidad del aire y la emisión de contaminantes, y sus efectos para la salud.
- ▶ Promoción de la movilidad sostenible, impulsando el cambio modal hacia medios de transporte menos contaminantes, como el transporte público o la movilidad activa.

⁴¹ https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_acustica/sensibilitzacio-educacio-ambiental/recursos-edu-activitats/tallers-prevencio-contaminacio-acustica/index.html

⁴² <https://dgafprofesorado.catedu.es/2021/02/03/proyecto-contaminacion-acustica/>

⁴³ <https://www.uv.es/educamb/documentos/nomegrites.pdf>

⁴⁴ Centros escolares: dirección, profesorado, alumnado, familias...

Idealmente, el proyecto deberá resultar en el refuerzo del compromiso de estudiantes, docentes y familias en la consecución de estos objetivos, lo cual podrá alcanzarse:

- ▶ Poniendo a disposición del alumnado dispositivos de medida de la calidad del aire, tales como dispositivos simples de bajo coste para aprender a medir los niveles de dióxido de nitrógeno (NO₂) en sus centros escolares e inmediaciones, así como implantando la metodología de muestreo y de obtención de resultados.
- ▶ Facilitando herramientas al alumnado para desarrollar conclusiones, a partir de una evaluación de primera mano sobre el efecto de diferentes factores del entorno en la calidad del aire, como, por ejemplo, el tráfico.
- ▶ Ofreciendo información a los participantes en el proyecto –responsables de los centros, familias, administración local, etc.- que les permita tomar decisiones tanto para reducir la exposición a niveles elevados de contaminación como para ajustar sus pautas de conducta y favorecer una movilidad sostenible.

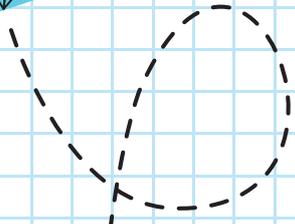
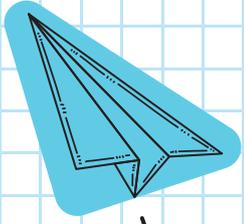
1.3.2. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Las actividades consideradas en este documento, en relación a la contaminación acústica, van encaminadas a:

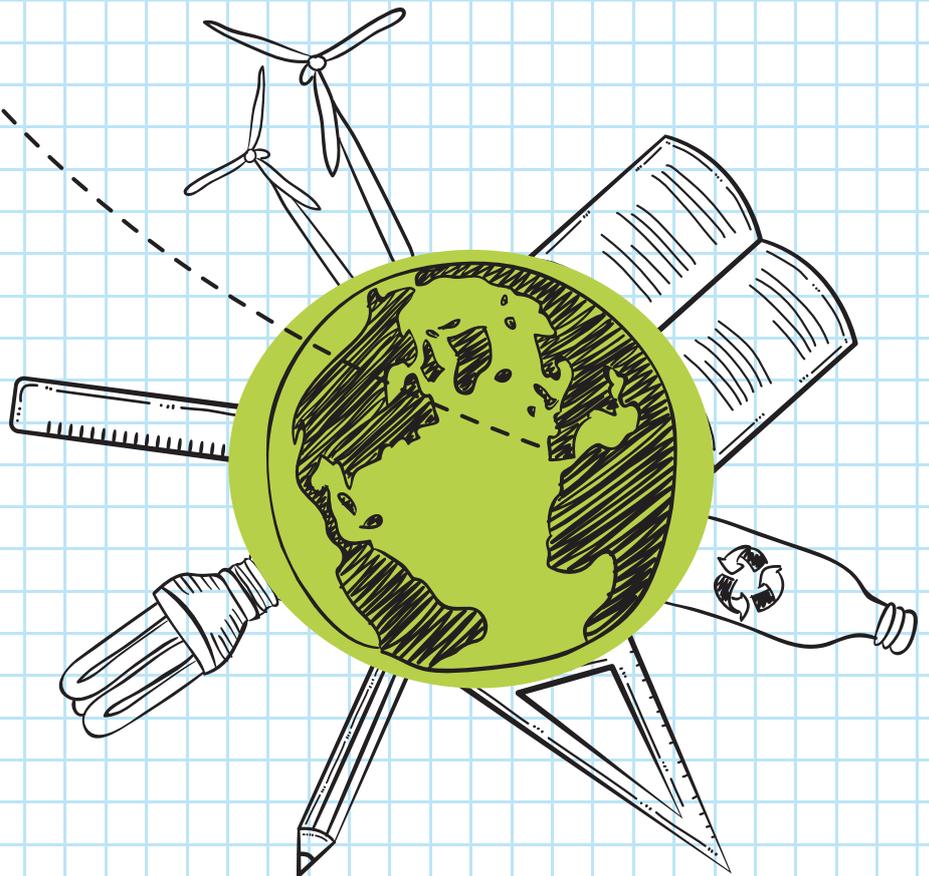
- ▶ Explicar nociones básicas sobre el concepto de ruido, su medición y características físicas.
- ▶ Trasladar los efectos negativos para la salud, así como posibles abordajes del problema.
- ▶ Estudiar sobre el terreno la variabilidad y causas del ruido:
- empleando instrumentos de medición accesibles, como aplicaciones de sonómetro en los teléfonos móviles.
- analizando los datos recogidos a través, por ejemplo, de la elaboración de “mapas de ruido”.
- ▶ Debatir posibles cambios en los comportamientos y en el entorno urbano para favorecer una mayor calidad acústica.

1.4. POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO

Si bien el proyecto tiene como población objetivo recomendada el alumnado de educación primaria y, en concreto, aquel entre los 8 y 12 años de edad, podría adaptarse a estudiantes de mayor y menor edad.



2. Calidad del aire



2. 1. FUNCIONES DE LOS ACTORES IMPLICADOS

Los actores implicados en el proyecto de ciencia ciudadana en los centros escolares son los siguientes:

- ▶ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).
- ▶ Ayuntamiento(s) o CC. AA. (donde se localizan los centros escolares).
- ▶ Equipo coordinador del proyecto.
- ▶ Centros educativos implicados.



Ilustración 9. Mapa de actores implicados.

Fuente: elaboración propia a partir de Targa, Banyuls y Ripoll, 2019 y s.f.

A continuación, se describen las **funciones** de cada uno de los actores implicados.

Por otra parte, atendiendo al contexto local, se puede involucrar a otros actores con el fin de aprovechar su conocimiento, experiencia y buscar sinergias con otras iniciativas en marcha.

Este fue el caso del desarrollo del proyecto CleanAir@School en diferentes países, en el que se tejieron alianzas con ONG (Irlanda), con asociaciones ciclistas y con l'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI) (Italia)⁴⁵.

⁴⁵ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair/>

2.1.1. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) facilita la presente guía práctica para la realización del proyecto.

2.1.2. COMUNIDADES AUTÓNOMAS Y/O AYUNTAMIENTOS

Las comunidades autónomas y/o ayuntamientos interesados en lanzar el proyecto en su territorio podrán proponer centros escolares para la toma de muestras.

En paralelo, se podrán encargar de financiar y supervisar el trabajo del equipo coordinador, de la realización de dos campañas de medición en los puntos de las redes oficiales de evaluación de la calidad del aire y de recoger los datos de

éstas para la comparación, y corrección de los datos obtenidos en las campañas.

Adicionalmente, puede ser de gran interés que los ayuntamientos participen haciendo una presentación, previa al desarrollo de la actividad práctica, sobre los problemas de calidad del aire en su territorio y las políticas seguidas para disminuir estos problemas de contaminación.

2.1.3. EQUIPO COORDINADOR

El equipo coordinador podrá estar integrado por personas externas a los centros escolares y pertenecientes a una organización, institución o empresa con experiencia en materia de evaluación de la calidad del aire.

Podrá estar a cargo de coordinar las campañas de muestreo en los diferentes centros, darles las instrucciones precisas para el desarrollo del proyecto, de acuerdo con las indicaciones recogidas en esta Guía, y revisar las decisiones de éstos. Igualmente, podrá recoger las muestras en los tubos de captación pasiva para, a continuación, entregarlas en un laboratorio con reconocida experiencia en la medición de la calidad del aire.

Estos laboratorios podrán ser tanto laboratorios privados, como laboratorios pertenecientes a universidades, o el Laboratorio Nacional de Referencia de Calidad del Aire⁴⁶.

El equipo coordinador también podrá estar a cargo de elaborar la documentación donde se recopilarán ordenadamente los valores obteni-

dos en los tubos, pudiendo también, para una mayor precisión del resultado, validarlas con las estaciones de la red oficial de calidad del aire. Este equipo también podrá elaborar mapas de calidad del aire situando cada valor en su posición cartográfica. En caso de que el Centro Escolar opte por una aproximación simplificada, podrá realizar valoraciones de los resultados de los tubos con carácter exclusivamente cualitativo, identificando así los puntos más problemáticos del centro (ver descripción del procedimiento simplificado en el apartado 2.2.).

El equipo coordinador podrá compartir y explicar esta documentación a los centros, así como a ayuntamientos o, en su caso, comunidades autónomas.

⁴⁶ <https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/SanidadAmbiental/Paginas/LaboratorioNacionalReferenciaCalidadAire.aspx>

2.1.4. CENTROS PARTICIPANTES⁴⁷

Cada centro escolar participante podrá organizar campañas de concienciación sobre calidad del aire y contaminación atmosférica dirigida al alumnado, antes y después de la recogida de muestras, complementando así el currículo escolar relacionado con la temática del proyecto.

Estas actividades pueden ser muy diversas. Por ejemplo, el proyecto CleanAir@School⁴⁸ en Ir-

landa desarrolló una narrativa atractiva para el alumnado, convirtiéndolos en detectives que debían investigar el “crimen de la contaminación atmosférica”. Por su parte, en Escocia y Malta organizaron un concurso de pancartas que después fueron colgadas en la entrada de los centros durante el desarrollo del proyecto.



Ilustración 10. Ejemplos de material de concienciación.

Fuente: [CleanAir@School-Irlanda-Escocia-Malta](https://discomap.eea.europa.eu/cleanair)

Asimismo, como recurso didáctico para esta fase, pueden ser útiles las infografías divulgativas elaboradas en el marco del PNCCA⁴⁹.

Por otro lado, los centros deberán realizar una propuesta de localización de los tubos de muestras en las instalaciones -tanto interiores como exteriores- del centro, sus inmediaciones y rutas de acceso, siguiendo las indicaciones recibidas por el equipo coordinador. A continuación, deberán organizar y llevar a cabo la instalación de las muestras y su recogida, en-

tregándolas finalmente al equipo coordinador.

Para preparar y coordinar el proyecto, la persona encargada del mismo en el centro deberá asistir a las reuniones con el equipo coordinador y el ayuntamiento/comunidad autónoma.

⁴⁷ Centros participantes: dirección, profesorado, alumnado, familias...

⁴⁸ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair>

⁴⁹ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/po-med/informes.aspx>



PROGRAMA NACIONAL DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Sector Transporte

Cambiando nuestra manera de movernos podemos reducir de forma significativa las emisiones que generamos y también la cantidad de contaminación que respiramos.

El tráfico rodado es una de las mayores fuentes de contaminación en las grandes ciudades, donde puede suponer casi un 50% de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y un 55% de las partículas finas.



El dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas finas (PM_{2,5}) fueron responsables de 7.700 y 24.100 muertes prematuras en España al año, respectivamente. Un aire limpio ayuda a mejorar nuestra salud y calidad de vida en general, además de contribuir a la lucha contra el cambio climático.

¡Ayúdanos a mejorar la calidad del aire!



Cuando **priorizas el transporte público** y otras alternativas de movilidad para tus desplazamientos disminuyes las emisiones.



Cuando **caminas o te mueves en bici, patinete** o similares consigues cero contaminación y muchos beneficios para la salud.



Como empresario, **fomenta los planes de movilidad en tu empresa** y como trabajador, **únete a estos planes**. Prioriza el teletrabajo o la flexibilidad horaria y busca una movilidad sostenible.



Acude a **estaciones de servicio con dispositivos para la recuperación de vapores de gasolina**. Y recuerda, durante el repostaje, intenta no derramar combustible.



¡Apuesta por vehículos cero emisiones! Reducen la contaminación local y el ruido. Infórmate sobre los planes de ayudas existentes para la compra de este tipo de vehículos.



Cuando **optimizas tus desplazamientos, conduces de manera más eficiente y compartes vehículo**, reduces el consumo de combustible.

PNCCA



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Ilustración 11. Infografía PNCCA sector transporte.

Fuente: PNCCA ⁵⁰

⁵⁰ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/pol-med/informes.aspx>

2. 2. METODOLOGÍA

Resulta recomendable que estos proyectos se enmarquen en una intervención coordinada a nivel local o autonómico, cualquier centro escolar puede diseñar un proyecto de aire limpio, como el que aquí se expone, de manera independiente dada la sencillez de la metodología y su bajo coste.

Pueden, por tanto, adoptarse uno de los dos enfoques metodológicos siguientes para abordar el proyecto:

- ▶ alumnado está cursando Educación Primaria, Secundaria o Bachillerato: el enfoque puede ser de carácter cualitativo, en el que se persiga la comparación de concentraciones

entre los diferentes puntos de muestreo. En este caso, el centro escolar seguiría la metodología descrita en el siguiente apartado, siendo posible prescindir del proceso de validación con las estaciones de la red oficial.

- ▶ alumnado está cursando Bachillerato y el centro escolar dispone de un laboratorio adecuado: se podrá seguir la metodología descrita en el siguiente apartado para desarrollar el proyecto completo, analizando las muestras en su laboratorio, de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo III de este documento.

2. 2. 1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LA CALIDAD DEL AIRE⁵¹

Para el presente proyecto, se recomienda usar **captadores pasivos "tipo tubo" o dosímetros**. Existen captadores pasivos "tipo tubo" para muestrear dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), y Ozono (O_3) principalmente. Estos tubos absorben las moléculas del contaminante objeto de medición por difusión molecular a lo largo del tubo inerte hacia un medio absorbente. El medio absorbente es una membrana impregnada de trietanolamina (TEA)

colocada en el tapón superior del captador, que absorbe el NO_2 del aire. El transporte del gas a través del tubo es debido al proceso físico de difusión. El tubo debe situarse a 2,5m por encima del nivel del suelo, tanto para asegurar su comparabilidad con las medidas de las estaciones de referencia de las redes oficiales de control de la calidad del aire, como para evitar el acceso de personas ajenas al proyecto.



Ilustración 12. Ejemplos de sensores pasivos.

Fuente: Comunidad de Madrid (2016)⁵²

El equipo docente puede valorar el empleo de instrumentos de medida diferentes de acuerdo

a objetivos específicos que puedan plantearse. Por ejemplo, el proyecto CleanAir@School en

⁵¹ <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science> (p.12)

⁵² Comunidad de Madrid (2016) *Evaluación de las emisiones difusas mediante la utilización de captadores pasivos*. Nº de Instrucción Técnica ATM-E-ED-07. Disponible en: https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/cma-mam-atm-e-ed-07_it_evaluacion_emisiones_difusas_mediante_captadores_pasivos-rev2.pdf

Escocia⁵³ empleó sensores de mayor precisión en el tiempo, permitiendo obtener datos minuto a minuto para poder precisar los niveles de contaminación en los horarios de llegada y salida del centro.

Si bien esta Guía se centra en las mediciones

2. 2. 2. PERIODO DE MEDICIÓN

Con los captadores pasivos, la resolución temporal es igual al periodo de exposición, que suele ser de 4 semanas y que permite obtener un resultado medio para dicho periodo. Por esta razón, los resultados obtenidos solo se pueden comparar con valores referentes a medias mensuales o anuales y no a medias horarias ya que el método no es capaz de medir en una resolución de tiempo tan pequeña.

Se recomienda realizar dos campañas de medición sucesivas, de 4 semanas cada una, alargándose en total la medición por un periodo continuo de 8 semanas en total, ya que la segunda campaña comienza el mismo día que finaliza la primera. En función de condicionantes loca-

de NO₂, podría valorarse la opción de ampliar el ámbito de aplicación del proyecto midiendo otros contaminantes, como es el caso del proyecto Escola Respira del Ayuntamiento de Barcelona⁵⁴ en el que se emplean aparatos medidores de las partículas en suspensión (PM10).

les, podrá variarse este esquema. El proyecto CleanAir@School⁵⁵ en Irlanda realizó las campañas con ocho meses de separación, de cara a valorar el efecto de la estación del año. En Estonia, se realizó una única campaña para ahorrar tiempo y recursos. En Malta, se realizó una campaña previa sin participación del alumnado durante las vacaciones de verano, para poder comparar y medir el efecto de la actividad del centro. Por su parte, en Escocia, tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, se emplearon sensores que daban la posibilidad de obtener datos minuto a minuto, lo que permitió valorar los niveles de contaminación en días y horas específicos, como la hora de entrada y salida del centro en días de clase.

2. 2. 3. FASES Y TAREAS

A continuación, se propone un esquema de planificación de las fases del proyecto, que podrá adaptarse en función de las peculiaridades de cada proyecto. Por ejemplo, en el caso de que

un centro escolar lleve a cabo el proyecto sin la coordinación de un ayuntamiento o comunidad autónoma, este esquema podrá verse simplificado.

⁵³ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair>

⁵⁴ <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/ca/escoles-sostenibles/tags/page/recursos-1>

⁵⁵ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair>

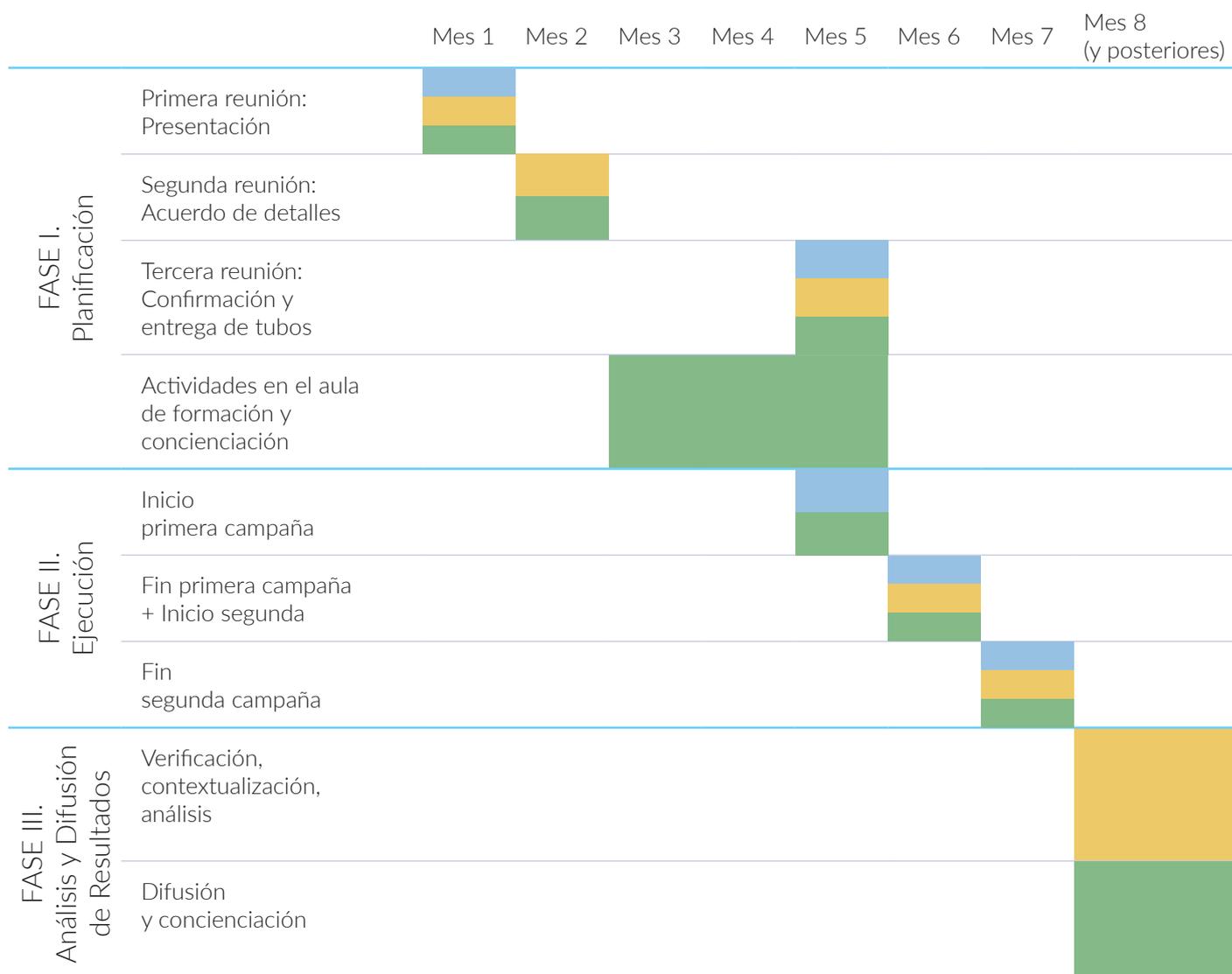


Ilustración 13. Esquema fases.

Fuente: elaboración propia a partir de Targa, Banyuls y Ripoll, 2019 y s.f.

Tabla 1. Cronograma conjunto por fases. Actores implicados.

Fuente: elaboración propia a partir de Targa, Banyuls y Ripoll, 2019 y s.f.



Ayuntamiento /comunidad autónoma

Equipo coordinador

Centro escolar

FASE I. PLANIFICACIÓN

Primera reunión: Presentación

Cronograma: Mes 1°.

Actores implicados: **equipo coordinador** + **centros escolares participantes** (+ Representante del **ayuntamiento / comunidad autónoma**).

Tareas:

- ▶ Presentación del proyecto por parte del centro escolar o ayuntamiento/CC. AA. dependiendo de en quién recaiga la iniciativa. El equipo coordinador explicará a las personas representantes de cada centro: objetivos, metodología e implicaciones.
- ▶ El equipo coordinador ofrecerá instrucciones sobre cómo escoger los puntos para los sensores y cómo llevar a cabo la instalación del tubo⁵⁶.
- ▶ Entre todos los participantes se tomará la decisión del número de localizaciones de medición alrededor de cada centro (idealmente, en torno a 20 puntos por cada centro, aunque pueden ser menos si hay limitaciones), siempre teniendo en cuenta una cierta variedad de ubicaciones. Antes del inicio de la campaña de colocación, los centros presentarán una propuesta de ubicación de los dosímetros que tendrá que ser validada por el equipo coordinador.
- ▶ El equipo coordinador explica a los centros cómo elaborar la documentación relativa al propio centro y a los diferentes puntos de muestreo, siguiendo las tablas modelo de la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) recogidas en el Anexo I de esta Guía. La tabla de punto de muestreo permite identificar cada punto con sus datos específicos (código, coordenadas, etc.), pero también aporta alguna información del contexto de cada ubicación.
- ▶ Resolución de dudas.

Segunda reunión: Acuerdo de detalles

Cronograma: Mes 2°.

Actores implicados: **equipo coordinador** + todos los **centros escolares**.

Tareas:

- ▶ Los centros presentan sus propuestas de distribución de puntos de medida. El equipo coordinador revisa y da el visto bueno, corrigiendo o no alguna de las decisiones. Si fuera necesario, se organizaría una visita para estudiar la distribución de puntos *in situ*.
- ▶ Se acuerda el calendario y horario de la instalación y recogida de los tubos para las dos campañas.
- ▶ Resolución de dudas.

Tercera reunión: Confirmación y entrega de tubos

Cronograma: Mes 5°.

Actores implicados: **equipo coordinador** + todos los **centros escolares** + **ayuntamiento / comunidad autónoma**.

Tareas:

- ▶ Presentación final de los puntos escogidos y distribución por el municipio(s) o comunidad autónoma, puesta en común.
- ▶ Resolución de últimas dudas.
- ▶ Entrega de tubos a los centros y al ayuntamiento/CC. AA., para que puedan colocarlos en las estaciones oficiales de control de la calidad del aire.

Actividades en el aula de formación y concienciación

Cronograma: Meses 3°, 4° y 5°.

⁵⁶ Antes de la colocación de los tubos, se solicitarán los correspondientes permisos de instalación a los respectivos ayuntamientos, indicando los motivos del estudio y acreditando que se trata de un método no invasivo y temporal, que no dañará en ningún caso el mobiliario urbano.

Actores implicados: todos los **centros escolares** + **ayuntamiento / comunidad autónoma** (opcional)

Tareas:

Antes de comenzar con las actividades de tipo práctico, es necesario ofrecer al alumnado una cierta base teórica sobre la calidad del aire y contaminación atmosférica. Para ello, el equipo docente dedicará una o varias sesiones para abordar los siguientes aspectos:

- ▶ Explicación de nociones y conceptos básicos.
- ▶ Formas de medición, indicadores y unidades.
- ▶ Explicación y reflexión sobre las implicaciones para la salud y el medio ambiente.
- ▶ Explicación de tipos de fuentes emisoras y sus diferentes tipos.

Se proponen algunos recursos que puede utilizar el equipo docente:

- ▶ Guía didáctica "[Vigilantes del Aire](#) –Ciencia ciudadana para medir la calidad del aire."⁵⁷ Ibercivis.
- ▶ Guía "La Aventura de Aprender: [Reclamar el Aire](#)"⁵⁸.
- ▶ Guías del proyecto "[Airegem-nos](#)"⁵⁹. Ajuntament de Barcelona.
- ▶ Guías del proyecto "Com és l'aire de la nostra escola?": [Material docente](#)⁶⁰ y [Material para el alumnado](#)⁶¹. Ajuntament de Barcelona.
- ▶ Documentación del proyecto "[participAL-RE](#)"⁶².

FASE II. EJECUCIÓN

Inicio primera campaña de medida

Cronograma: mes 5º.

Actores implicados: cada **centro escolar** individualmente + **ayuntamiento / comunidad autónoma**.

Tareas:

- ▶ Colocación de tubos a la hora acordada.
- ▶ Cada centro forma pequeños grupos de estudiantes (idealmente 5 ó 6) y una persona adulta para instalar cada tubo.
- ▶ El alumnado instala el soporte y el dosímetro en cada uno de los puntos predeterminados.
- ▶ Se realiza una fotografía de la localización, de la instalación y se anota la hora exacta de instalación.
- ▶ El ayuntamiento o CC. AA., de forma sincronizada, coloca los tubos en ubicaciones coincidentes con las estaciones de la red oficial de calidad del aire previa autorización del gestor de dicha red, con el objeto de validar los datos. Esta tarea podría ser prescindible en aquellos proyectos desarrollados por un centro escolar sin la participación de otras instituciones o entidades, tal y como se describe en el epígrafe 2.2. de este documento.

Recogida de tubos de primera campaña + Inicio segunda campaña

Cronograma: Mes 6º (cuatro semanas después del anterior):

Actores implicados: cada **centro escolar** individualmente + **equipo coordinador** + **ayuntamiento / comunidad autónoma**.

⁵⁷ https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2020/11/VIGILANTES_UNIDAD_DIDA%CC%81CTICA1.pdf

⁵⁸ https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2018/09/NereaCalvillo_aireD.pdf

⁵⁹ <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/ca/escoles-sostenibles/tags/page/recursos-4>

⁶⁰ <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/guiadocentescolarespira.pdf>

⁶¹ <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/materialalumnatescolarespira.pdf>

⁶² https://drive.google.com/file/d/1McE0i2WU0bcKn9fev4bRSS3OXFPZ_wpy/view

Tareas:

- ▶ A la hora acordada, cada centro escolar y el ayuntamiento/CC. AA. recogen los tubos de la primera campaña.
- ▶ A continuación, y también a la hora acordada, cada centro y el ayuntamiento/CC. AA. instalan los tubos de la segunda campaña.
- ▶ Los encargados de cada centro y del ayuntamiento/CC. AA. entregan los tubos de la primera campaña al equipo coordinador en el lugar previamente designado.
- ▶ El equipo coordinador recoge y revisa el material de la primera campaña para, a continuación, enviarlo al laboratorio.

Recogida de tubos de segunda campaña

Cronograma: mes 7º (cuatro semanas después del anterior):

Actores implicados: cada **centro escolar** individualmente + **equipo coordinador** + **ayuntamiento / comunidad autónoma**.

Tareas:

- ▶ A la hora acordada, cada centro y el ayuntamiento/CC. AA. recogen los tubos de la segunda campaña.
- ▶ Los encargados de cada centro y del ayuntamiento/CC. AA. entregan los tubos al equipo coordinador en el lugar previamente designado.
- ▶ El equipo coordinador recoge y revisa el material de la segunda campaña y lo envía al laboratorio.

FASE III. ANÁLISIS Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Cronograma: mes 8º y posteriores

Actores implicados: **equipo coordinador** (análisis) y cada **centro escolar** individualmente + **ayuntamiento / comunidad autónoma** (difusión y concienciación).

Tareas:

El **equipo coordinador** realizará los siguientes análisis:

- ▶ **Verificación de los datos** (precisión y exactitud medida):
 - Los dosímetros pasivos ofrecen datos con cierta incertidumbre, que puede llegar hasta el 34% según algunos estudios⁶³. Ventajas como su bajo coste, sencilla manipulación y versatilidad en el emplazamiento justifican su empleo en proyectos como los que aquí se proponen, pero los valores cuantitativos obtenidos se ven condicionados por factores ambientales como la temperatura, la presión, la humedad o la variación del viento.
 - Por este motivo, los datos obtenidos por este método son útiles para estudios de base que proporcionan medias para periodos de entre una semana y un mes, pero no ofrecen datos tan fiables como para evaluar el cumplimiento normativo en materia de calidad del aire.
 - Por ello y para facilitar la comparación, siempre que sea posible es importante hacer una validación a través de la colocación de algunos dosímetros en ubicaciones coincidentes con las estaciones de referencia de la red oficial, de modo que se puedan comparar los datos proporcionados por dichos medidores con los que ofrecen las estaciones.

⁶³ Delgado Saborit, Juana M.^a (2005) *Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea*. Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, Universitat Jaume I. Castellón de la Plana.

- ▶ Contextualización de los datos.
 - Concentraciones de NO₂ en estación de referencia
 - Análisis detallado de la variación temporal de las concentraciones de NO₂
 - Variación de concentraciones de NO₂ en el estudio
- ▶ Análisis concentraciones de NO₂ en el municipio de referencia.
- ▶ Análisis concentraciones de NO₂ en la red oficial de calidad del aire.
 - Concentraciones de NO₂ en el fondo urbano de la red
 - Concentraciones de NO₂ en las zonas de tráfico de la red
- ▶ Análisis concentraciones de NO₂ en los centros educativos.
 - Por centro

En la Tabla 5 del Anexo II de esta Guía, se presenta un resumen de la normativa europea y estatal en materia de calidad del aire y se establecen los valores objetivos de referencia que deberían tenerse en cuenta a la hora de analizar los resultados obtenidos en las campañas de muestreo.

A continuación, el **equipo coordinador** presentará a los **centros** los resultados de los análisis.

Por su parte, los **centros** podrán **difundir** los resultados entre sus estudiantes y familias, haciendo una reflexión general sobre los resultados en la ciudad y, más específicamente, en el entorno del centro. Por ejemplo, el alumnado y profesorado pueden crear un vídeo divulgativo,

como hicieron los centros de Eslovaquia e Italia en el proyecto CleanAir@School⁶⁴.

Esta difusión de resultados, idealmente, debería acompañarse por un **proceso colectivo de propuesta de posibles medidas** a tomar para mejorar la calidad del aire en el entorno del centro escolar, valorando las posibilidades de cambio de hábitos de los miembros de la comunidad educativa, y en la ciudad en general. Esta reflexión podría apoyarse en los resultados de una encuesta sobre percepciones y patrones de movilidad de familias y profesorado, como en los casos de Malta y Eslovaquia en el proyecto CleanAir@School⁶⁵.

Por su parte, el **ayuntamiento** o la **comunidad autónoma** podrán realizar la difusión de resultados y campaña de concienciación que consideren oportuna. Asimismo, podrá participar en los procesos de definición de posibles medidas, o recibir, valorar e implementar, en su caso, las propuestas que reciban de los centros escolares participantes.

POSIBLES MEDIDAS DE MEJORA

Los resultados del proyecto, como ya se ha dicho, pueden animar a la comunidad educativa a hacer propuestas de medidas que contribuyan no solo a mejorar la calidad del aire del centro escolar y su entorno sino a hacer de estos espacios lugares más seguros, acogedores y saludables para la infancia como colectivo ciudadano especialmente vulnerable⁶⁶.

Las medidas pueden plantearse según los espacios y actores implicados, por ejemplo, distinguiendo las transformaciones en el patio, en los accesos al centro o en el espacio público próximo, así como aquellas medidas que serían responsabilidad de alguna administración o bien de la propia comunidad educativa. La Guía de Diseño de Entornos Escolares del Ayunta-

⁶⁴ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair>

⁶⁵ <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair>

⁶⁶ Entornos escolares seguros y saludables. Para la conversión de los entornos escolares en áreas de protección de la salud de la infancia: <https://entornos Escolares.es/>

miento de Madrid⁶⁷ plantea organizar las propuestas en diferentes niveles de proximidad: el entorno inmediato del centro (accesos, áreas de descanso, zonas cubiertas), el entorno próximo (caminos de acceso, zonas de juego próximas, zonas de aparcamiento) y el barrio.

Las medidas propuestas deberán favorecer una mejor distribución del espacio para dar prioridad a la movilidad sostenible (peatonal, ciclista y transporte público) y para limitar el impacto del tráfico: pacificación o peatonalización de calles de acceso; creación de corredores seguros; ampliación de aceras; incorporación de infraestructura ciclista (vías y aparcamiento); incremento de la vegetación, arbolado y otros elementos de sombra; y sustitución de zonas de aparcamiento que se encuentren dentro del recinto escolar por áreas estanciales y de confort, con vegetación y elementos de juego.

Además, deberán plantearse medidas que vayan orientadas al cambio de hábitos de movilidad del alumnado, las familias y el profesorado, de forma que contribuyan a la mejora de la calidad ambiental del entorno del centro a través de sus opciones de desplazamiento.



Calle cerrada al tráfico junto al colegio Miguel de Unamuno, en Madrid. Diana Moreno



Calle cerrada al tráfico junto al colegio Miguel de Unamuno, en Madrid. Diana Moreno

Ilustración 14. Recuperación temporal de calles en entornos escolares en Madrid.

Fuente: UNICEF Ciudades Amigas de la Infancia⁶⁸.

⁶⁷ Ayuntamiento de Madrid (2017) "Guía de Diseño de Entornos Escolares". Disponible en: https://www.madridsa-lud.es/pdf/guia_diseno_entornos_escolares_opt.pdf

⁶⁸ <https://ciudadesamigas.org/revuelta-escolar/>

En este sentido, los proyectos de control de la calidad del aire que esta Guía promueve, centrados en el análisis y la concienciación, pueden ser el detonante de otros proyectos que supongan una serie de transformaciones de mayor calado, como la implantación de los llamados caminos escolares (ver, por ejemplo, el proyecto

“Camino escolar, espacio amigo” del Ajuntament de Barcelona⁶⁹), que permiten la llegada y vuelta del centro del alumnado a pie y en condiciones de seguridad y mayor independencia, sociabilidad, aprendizaje y conocimiento de su entorno.

2. 2. 4. INSTRUCCIONES PARA TAREAS ESPECÍFICAS (CENTROS ESCOLARES)

A continuación, se dan una serie de indicaciones sobre las tareas a realizar por los centros escolares.

Detalles sobre la selección de puntos de medida

Cada centro escolar elaborará una propuesta de ubicación de puntos de medida en espacios interiores y exteriores de sus instalaciones, así como en su entorno urbano inmediato (a no más de 500 metros). Cada punto de medida debe identificarse según la tabla modelo propuesta por la AEMA (ver Anexo I).

Para permitir caracterizar una variedad de situaciones y evaluar el impacto del entorno y el tráfico, se recomienda localizar en total entre 15 y 20 puntos por centro, incluyendo los siguientes:

- ▶ Punto interior en alguna aula próxima a vías con tráfico principal (PI).
- ▶ Punto exterior en el patio principal.
- ▶ Punto a la entrada principal de la escuela.
- ▶ Puntos sin tráfico (PSF).
- ▶ Puntos cercanos a vías de tráfico (PF).

En caso de que solo se quieran o puedan realizar mediciones en el centro escolar, como mínimo deben seleccionarse los siguientes puntos: un punto en el patio, otro en el interior del centro escolar y otro en la entrada principal.

Los puntos de **tráfico** (PF) deben localizarse junto a vías con tráfico de vehículos motorizados y los tubos se ubicarán en farolas o señales

de tráfico generalmente situadas **a menos de 10 metros de la calzada**. Los puntos **sin tráfico** (PSF) son aquellos situados **a más de 25 metros** de la vía de vehículos motorizados más cercana. Por ejemplo, en plazas, parques o calles peatonales.

Deben seleccionarse **al menos un 10% de cada tipo** (tráfico y fondo), intentando mantener un equilibrio entre ambos.

Los puntos deben situarse en una **ubicación segura** que permita la libre circulación del aire y a más de 10 metros de distancia de extractores de aire, ventiladores, paradas de taxi o de autobús, cruces o semáforos.

Se aconseja igualmente dejar al menos **100 metros de distancia** entre cualesquiera dos puntos de medición exteriores.

Como ya se ha explicado, además de los puntos situados en el entorno de los centros, podrían instalar, con autorización previa del gestor de la red correspondiente, **medidores localizados junto a las estaciones de las redes oficiales de calidad del aire**, utilizando el mismo tipo de dosímetro que se utiliza en los centros escolares y durante el mismo periodo de exposición. Debido a que los instrumentos de medida de la red oficial son más sofisticados y precisos, la colocación de tubos en estos mismos puntos permite contrastar los valores, de cara a realizar una validación de los mismos.

⁶⁹ “Camino escolar, espacio amigo” del Ajuntament de Barcelona. <https://ajuntament.barcelona.cat/educacio/es/camins-escolars>

Los pasos para la colocación de los tubos son los siguientes (se recomienda distribuir las tareas necesarias entre los miembros de los grupos responsables):

1. Llevar el mapa de ubicación de los puntos de muestreo para seguir una ruta adecuada con el alumnado.
2. Pegar la etiqueta identificativa de cada tubo (podría hacerse con anterioridad).
3. Rellenar las fichas de cada tubo, incluyendo una copia de la etiqueta con su número.
4. Comprobar que, efectivamente, el lugar elegido permite la libre circulación del aire (sin obstáculos) y se sitúa al menos a 10 metros de distancia de salidas de aire, ventiladores, paradas de taxis y semáforos.
5. Colocar el tubo a una altura de unos 2,5 metros de altura (con el fin tanto de que sea comparable con las medidas de las estaciones de referencia de la red oficial como de que no sea accesible a transeúntes) con la ayuda de un taburete o escalera portátil, Primero debe colocarse el elemento de sujeción, mediante bridas plásticas para meter posteriormente el tubo que debe quedar vertical y con la abertura hacia abajo (es importante guardar el tapón para la recogida). En caso de que el punto de muestreo (un poste o farola) esté situado junto a una vía con tráfico, el tubo debe colocarse de cara al tráfico, no al otro lado del poste.
6. Fotografiar el tubo ya colocado.
7. En caso de que haya habido cambios imprevistos de ubicación, corregir en el mapa el punto señalando la nueva situación.
8. Comprobar las coordenadas GPS -latitud y longitud- y anotarlas en la Tabla 3 del Anexo I, al igual que la dirección más cer-

cana. Estas coordenadas se pueden comprobar, por ejemplo, en un teléfono móvil o dispositivo GPS.

Detalles sobre la recogida de los tubos

La recogida de tubos se organizará de manera similar, también en grupos con puntos asignados y siguiendo recorridos adecuados.

Se completarán las fichas, comprobando los códigos y anotando informaciones relevantes (por ejemplo, posibles desperfectos o la presencia de insectos en los tubos).

Los tubos se recogen tapándolos con las tapas originales. En caso de extravío, se pueden sellar con celo.

La persona responsable en el centro recogerá todos los tubos y los entregará al equipo coordinador.

Detalles sobre las actividades de concienciación y reflexión sobre los resultados

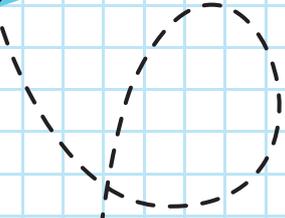
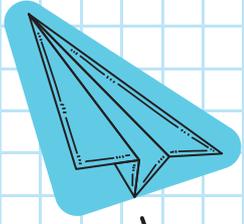
El equipo docente preparará una serie de actividades a desarrollar por el alumnado para reflexionar sobre los resultados obtenidos y favorecer la concienciación. Partiendo de las mediciones obtenidas, las actividades pueden integrar también las percepciones e ideas del alumnado (obtenidas en los paseos y observación, y puestas en común en el aula), así como datos y material complementario (documentos de difusión, vídeos, etc.).

Estas actividades pueden incluir igualmente paseos en el entorno del centro, fomentando una observación y reflexión crítica sobre éste. Como referencia, pueden emplearse los materiales preparados por el Ajuntament de Barcelona para el proyecto "Escoles + Sostenibles: Airegem-nos"⁷⁰ y "Com és el aire de la nostra escola? Microxarxa Escola Respira"^{71 72}.

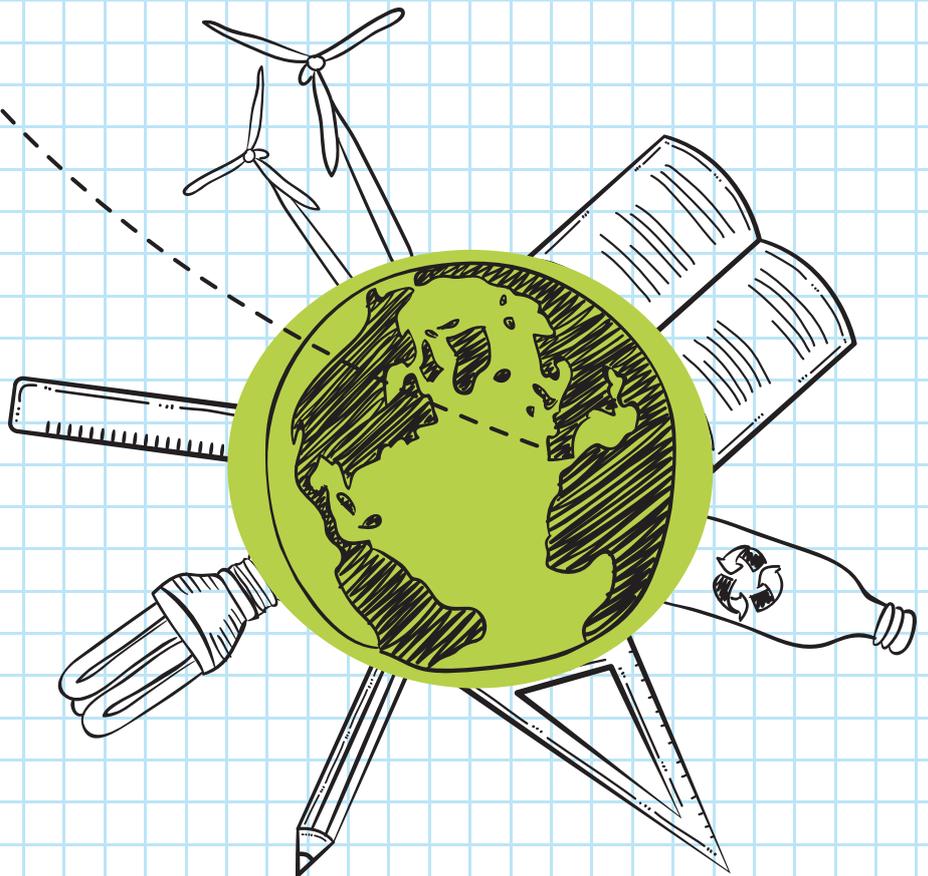
⁷⁰ Ferrer, C. y Seubas, J. (2021) "Dossier "Airegem-nos". Guia docent" e "Investiguem la qualitat de l'aire al centre educatiu". Guia per l'alumnat". Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/ca/escoles-sostenibles/tags/page/recursos-4>

⁷¹ Tena, È, Solé, C. y Couso, D. (2019) "Com és l'aire de la nostra escola? Material per a l'alumnat". Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/materialalummatescolarespira.pdf>

⁷² Tena, È, Solé, C. y Couso, D. (2019) "Com és l'aire de la nostra escola? Material docent". Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/guiadocentescolarespira.pdf>



3. Contaminación acústica



3. 1. FUNCIONES DE LOS ACTORES IMPLICADOS

Las posibles actividades que se proponen sobre ruido y contaminación acústica presentan un menor grado de complejidad que el proyecto presentado sobre calidad del aire, puesto que no requieren de análisis en laboratorio ni de un equipo que coordine a los diversos centros y agentes implicados.

Las actividades serán llevadas a cabo por los centros escolares que así lo decidan, de manera complementaria al proyecto sobre calidad del aire, o de forma independiente. Los centros serán responsables de las actividades educativas

y de concienciación, pudiendo hacer uso de los materiales preparados por el MITECO, comunidades autónomas y ayuntamientos.

En caso de que los centros educativos lleven a cabo las actividades propuestas en relación al ruido, puede ser de gran interés que los ayuntamientos o comunidades autónomas participen en las mismas, por ejemplo, haciendo una presentación en relación a los problemas de contaminación acústica en su territorio y las políticas seguidas para reducirlos, previamente al desarrollo de la actividad práctica.

3. 2. METODOLOGÍA

3. 2. 1. POSIBLES ACTIVIDADES A DESARROLLAR Y FASES

FASE A: ACTIVIDADES EN EL AULA DE TIPO TEÓRICO

Antes de comenzar con las actividades de tipo práctico, es necesario ofrecer al alumnado una cierta base teórica sobre el ruido y la contaminación acústica. Para ello, el equipo docente dedicará una o varias sesiones para abordar:

- ▶ Conceptos básicos.
- ▶ Formas de medición, indicadores y unidades.
- ▶ Fuentes de ruido: diferentes tipos.
- ▶ Sensibilidad frente al ruido y diferencias según tipos.

Estos contenidos pueden adaptarse al nivel del alumnado de educación primaria y, en concreto, al de entre 8 y 12 años de edad a quienes se dirige esta Guía de manera prioritaria. Los contenidos pueden relacionarse con el currículo del curso.

Para estas actividades, el equipo docente puede hacer uso de materiales preparados con anterioridad con los mismos objetivos⁷³.

FASE B: ACTIVIDADES DE TIPO PRÁCTICO

Tras proporcionar al alumnado una base suficiente sobre ruido y contaminación acústica, existen diversas posibilidades de actividades a desarrollar y que se aproximan a la noción de "ciencia ciudadana".

Entre estas actividades se encuentran:

1. Medición de los niveles sonoros y elaboración de "mapa de ruidos":

- a. De los diferentes espacios del centro (aulas, pasillos, comedor, patio, etc.).
- b. Del entorno urbano del centro escolar, abarcando una variedad de espacios (junto al viario, apartado, zonas verdes, calles comerciales, etc.) e identificando posibles fuentes de ruido.

2. Grabación de sonidos y elaboración de "paisajes sonoros", de forma cualitativa y sobre las percepciones subjetivas de los estudiantes.

⁷³ Ver, por ejemplo, los materiales preparados por el Ayuntamiento de Madrid (2005-2007), Grupo de Acústica (GA) de la Universidad del País Vasco (2003) y Zúñiga, Blanco y García (s.f.).

3. Encuestas al alumnado sobre ruido y contaminación acústica, percepciones y efectos personales, resultados estadísticos de la encuesta.

Los resultados de los tres tipos de actividades deberán ser expuestos y debatidos en las aulas y, en la medida de lo posible, con las familias, para favorecer una mayor comprensión del problema, concienciación y responsabilidad, así como para elaborar colectivamente una propuesta de cambios.

POSIBLES MEDIDAS DE MEJORA

Como en el proyecto de calidad del aire, los resultados del proyecto tienen la capacidad de estimular a la comunidad escolar a proponer

medidas para mejorar el ambiente sonoro del centro y su entorno.

En el caso de la contaminación acústica, los cambios en los hábitos pueden tener un importante efecto, por ejemplo, evitando los gritos innecesarios. Igualmente, aquellas personas que hagan uso del automóvil podrían adoptar modos de movilidad más sostenibles y menos ruidosos.

La transformación del entorno físico es también, como en el caso de la calidad del aire, otra vía de reducción de la contaminación acústica. La pacificación del tráfico viario supone un importante descenso de los niveles de ruido.

3. 2. 2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Como en el caso de los tubos de bajo coste para la medición de la calidad del aire, el avance tecnológico permite un fácil acceso a instrumentos que permiten medir los niveles de ruido con un grado de precisión suficiente para los objetivos educativos de las actividades propuestas.

a. Teléfonos móviles con "apps" de sonómetro

La opción más sencilla es la utilización de aplicaciones para teléfonos móviles ("apps") que sirven como sonómetro. Estas aplicaciones permiten medir los niveles medios/máximos/mínimos en dB(A).

b. Teléfonos móviles con "apps" de sonómetro + Altavoz

Se puede mejorar la precisión de las mediciones haciendo uso de micrófonos adicionales en el teléfono móvil diseñados para tal efecto.

Cada centro escolar valorará si merece la pena el desembolso económico adicional a cambio del aumento de precisión en las mediciones.

c. Sonómetros de bajo coste

Finalmente, si no es posible o se prefiere no recurrir a teléfonos móviles, también existen en el mercado sonómetros de bajo coste.



Ilustración 17. Aplicación/app móvil con función de sonómetro.

Fuente: elaboración propia



Ilustración 18. Aplicación/app de sonómetro en móvil con altavoz.

Fuente: elaboración propia



Ilustración 19. Sonómetro de bajo coste.

Fuente: elaboración propia

3. 2. 3. PUNTOS DE MEDIDA

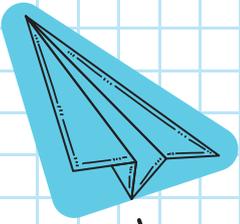
La selección de puntos de medición descrita en el apartado 2.2.4 de esta misma Guía para el proyecto de calidad del aire incluye diferentes tipos de localizaciones (interiores/exteriores, expuestas o apartadas del tráfico, etc.) que pueden aprovecharse también en este proyecto.

Coordinar ambas actividades permitirá una reflexión más rica sobre las fuentes de contaminación tanto acústica como atmosférica, que en muchas ocasiones pueden ser coincidentes (por ejemplo, el tráfico viario).

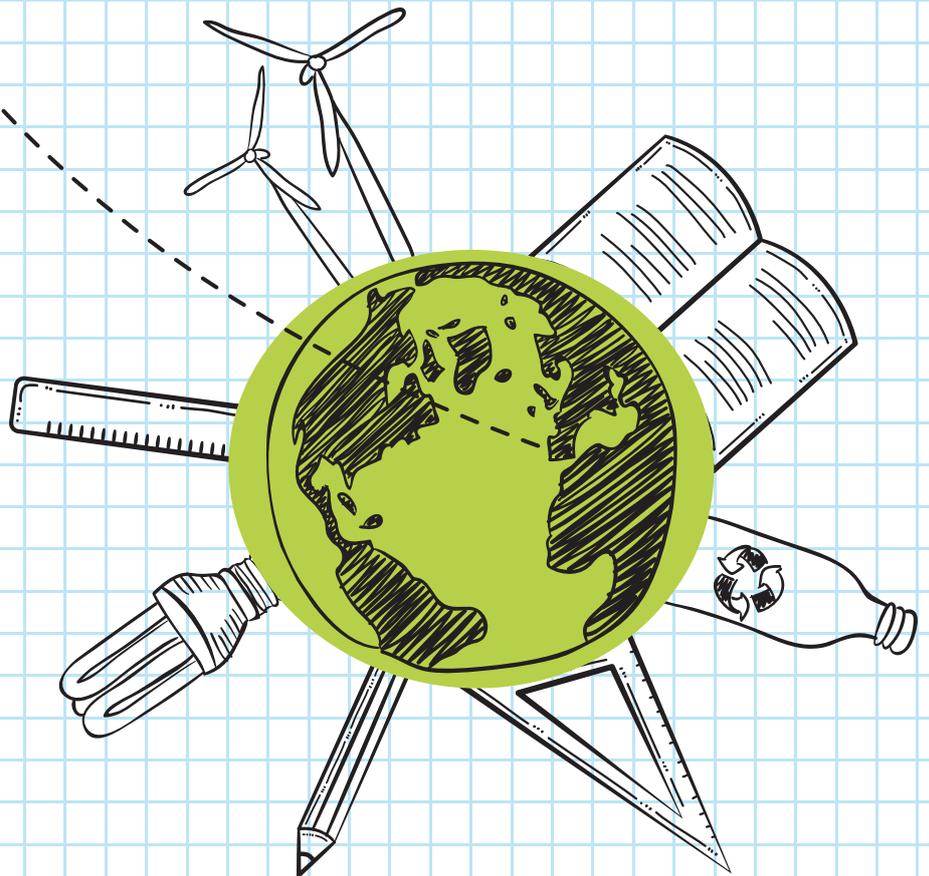
3. 2. 4. REFERENCIAS DE MEDIDA

En el Anexo II de esta Guía, se presenta un resumen de la normativa europea y estatal en materia de contaminación acústica y se establecen

los valores objetivo de referencia que deberían tenerse en cuenta a la hora de analizar los resultados obtenidos en las campañas de muestreo.



4. Bibliografía y recursos documentales de apoyo



4. 1. BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

4. 1. 1. CALIDAD DEL AIRE

- 4sfera Innova (s.f.) *Projecte de Ciència ciutadana: Qualitat de l'Aire a les Escoles*. 4sfera Innova SLU.
- Ayuntamiento de Madrid (2017) *Guía de Diseño de Entornos Escolares*. Disponible en: https://www.madridsalud.es/pdf/guia_diseno_entornos_escolares_opt.pdf
- Calvillo, N. (s.f.) *Reclamar el Aire*. La aventura de aprender. Disponible en: https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2018/09/NereaCalvillo_aireD.pdf
- Carslaw, D. & Ropkins, K. (2012). openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling and Software* 27-28, 52-61. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008>
- Comunidad de Madrid (2016) *Evaluación de las emisiones difusas mediante la utilización de captadores pasivos*. N° de Instrucción Técnica ATM-E-ED-07. Disponible en: https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/cma-mam-atm-e-ed-07_it_evaluacion_emisiones_difusas_mediante_captadores_pasivos-rev2.pdf
- DEFRA (s.f.). *Department for the Environment, Food and Rural Affairs*. <https://nerc.ukri.org/>
- Delgado Saborit, J.M^a (2005) *Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea*. Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, Universitat Jaume I. Castellón de la Plana.
- Díez Ojeda, M., Cordeiro Bizerra, A.M., Queiruga Dios, M.Á., Bruno Collados, D., Ibáñez Hernández, M.C. (s.f.) *Vigilantes del Aire –Ciencia ciudadana para medir la calidad del aire*. Ibercivis. Disponible en: https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2020/11/VIGILANTES_UNIDAD_DI-DA%CC%81CTICA1.pdf
- EEA (2019) EEA Report No 19/2019 "Assessing air quality through citizen science". European Environment Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science>
- European Commission (2017). *Attitudes of European citizens towards the environment*.
- European Commission & Societize (s.f.) "Green paper on Citizen Science for Europe". Disponible en: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/green-paper-citizen-science-europe-towards-society-empowered-citizens-and-enhanced-research#:~:text=POLICY%20AND%20LEGISLATION-,Green%20paper%20on%20Citizen%20Science%20for%20Europe%3A%20Towards%20a%20society,empowered%20citizens%20and%20enhanced%20research&text=As%20a%20result%20of%20this,on%20evidence%20informed%20decision%20making>.
- European Environment Agency (2018). Exceedance of air quality standards in urban areas (CSI 004). *EEA Report*, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exceedance-of-air-quality-limit-3/assessment-5>
- Ferrer, C. y Seubas, J. (2021) "Dossier "Airegem-nos". Guia docent" e "Investiguem la qualitat de l'aire al centre educatiu". Guia per l'alumnat". Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://>

www.barcelona.cat/barcelonasostenible/ca/escoles-sostenibles/tags/page/recursos-4

GBD 2016 Risk Factors Collaborators, 2 (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* 390(10100), 1345-1422. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(17\)32366-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(17)32366-8/fulltext)

HEI (2018). State of global air 2018, Special Report. *Health Effects Institute*, Boston, MA. Disponible en: <https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/soga-2018-report.pdf>

Lim S. S., ea (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* 380(9859), 2224-2260. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23245609/>

NERC (s.f.). *Natural Environment Research Council*. <http://www.nerc.ac.uk/> .

Perelló, J., Cigarini, A., Vicens, J., Bonhoure, I., Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M. J., ... & Ripoll, A. (2021). "Large-scale citizen science provides high-resolution nitrogen dioxide values and health impact while enhancing community knowledge and collective action". *Science of The Total Environment*, 789, 147750. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721028217>

Perelló, J., Targa, J., Daher, C., Alonso, M., Francis, L., Masha-Caminals, A., ... & Carrasco-Turigas, G. (2021). "Large-scale citizen science protocol provides high-resolution nitrogen dioxide values while enhancing community knowledge and collective action". *MethodsX*, 8, 101475. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016121002685>

Perelló, J., Targa, J., Daher, C., Alonso, M., & Masha-Caminals, A. (2018). *X Aire. Guia d'ús per a centres educatius*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3718949>

Pocock, MJO, Roy, HE, August, T, et al. (2019) "Developing the global potential of citizen science: Assessing opportunities that benefit people, society and the environment in East Africa." *J Appl Ecol*. 2019; 56: 274– 281. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13279>

Targa (2001). *Urban air quality monitoring in Girona by passive diffusion sampling*. Inf. téc. School of Biological, Molecular Sciences & School of Planning. Oxford Brookes University.

Targa, J., Banyuls, L. & Ripoll, A (2019) "*Cleanair@schools: Proyecto de ciencia ciudadana en escuelas de Girona – año 2019*". 4sfera Innova SLU. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/cleanairschools-girona-2019_tcm30-509918.pdf

Targa, J., Banyuls, L. & Ripoll, A. (s.f.) "*Cleanair@schools Projecte de ciència ciutadana: Com respira Sabadell?*". 4sfera Innova SLU. Disponible en: https://web.sabadell.cat/images/Aire/Anexo1_Sabadell_informe_escuelas.pdf

Tena, È. & Couso, D. (2019) "*ParticipAIRE – Participació Científica Escolar per a la Qualitat del Aire*". Laboratori i Virtualitat. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1McE0i2WU0bcKn-9fev4bRSS3OXFPZ_wpy/view

Tena, È, Solé, C. & Couso, D. (2019) “Com és l’aire de la nostra escola? Material per a l’alumnat”. Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/materialalumnatescolarespira.pdf>

Tena, È, Solé, C. & Couso, D. (2019) “Com és l’aire de la nostra escola? Material docent”. Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <https://www.barcelona.cat/barcelonasostenible/sites/default/files/pagines/document/12378/guiadocentescolarespira.pdf>

WHO (2005). Effects of air pollution on children’s health and development — a review of the evidence, *World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen*. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107652>

WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project, Technical Report. *World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen*. Disponible en: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>

WHO (2014). Burden of disease from ambient air pollution for 2012 — summary of results, *World Health Organization*. *World Health Organization*. Disponible en: https://www.who.int/airpollution/data/AAP_BoD_results_March2014.pdf

xAire. (2020). *Monitoratge de la qualitat de l’aire a Barcelona - Presentació resultats de les escoles participants*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3699613>

4. 1. 2. RUIDO

Ayuntamiento de Madrid – Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios a la Ciudadanía (2005-2007): “Educar para vivir sin ruido. Ruidos y sonidos en la ciudad. Material didáctico”. Disponible en: <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Educacion-Ambiental/Publicaciones/Educar-para-vivir-sin-ruido-Ruidos-y-sonidos-en-la-ciudad-Material-didactico/?-vgnnextfmt=default&vgnextoid=83a554084bff210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=ed0479ed268fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD>

Brüel & Kjær (2000) *Ruido Ambiental*. San Sebastián de los Reyes: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement. Disponible en: <https://www.bksv.com/media/doc/br1630.pdf>

García Gómez, J., Ivorra Català, E. y Collado Martínez, J. M. (2004) Guía “No me grites que es peor”. Unidad de Educación Ambiental Sonora – Universitat de València. Disponible en: <https://www.uv.es/educamb/documentos/nomegrites.pdf>

Generalitat de Catalunya – Secretaria de Medi Ambient i Sostenibilitat: Talleres de prevención de la contaminación acústica. Disponible en: https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactua-cio/atmosfera/contaminacio_acustica/sensibilitzacio-educacio-ambiental/recursos-edu-activitats/tallers-prevencio-contaminacio-acustica/index.html

Gobierno de Aragón (2021) Blog de Experiencias de Aula. Formación del Profesorado – Proyecto Contaminación Acústica. Disponible en: <https://dgafprofesorado.catedu.es/2021/02/03/proyecto-contaminacion-acustica/>

Grupo de Acústica (GA). Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (2003). Curso de Acústica en Bachillerato. EHU. Disponible en: <http://www.ehu.eus/acustica/bachillerato/index.html>

Sociedad Española de Acústica: Publicaciones de congresos, jornadas y seminarios. "43.10.Sv Educación en acústica". Disponibles en: <http://www.sea-acustica.es/index.php?id=98>

Zúñiga Giménez, M^a.D., Blanco Arjona, J.A. y García Sousa, J. (s.f.) *Menos Ruido, Más Vida. Cuaderno de Actividades*. Junta de Andalucía – Consejería de Medio Ambiente. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40-719-1-MENOS_RUIDO_MAS_VIDA- CUADERNO DE ACTIVIDADES/40-719-1.htm

4. 2. PORTALES WEB

4. 2. 1. CALIDAD DEL AIRE

- ▶ Agencia Europea de Medio Ambiente - Proyecto europeo "CleanAir@School" (introducción): <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/cleanair-at-school>
- ▶ Agencia Europea de Medio Ambiente - Proyecto europeo "CleanAir@School" (portal): <https://discomap.eea.europa.eu/cleanair/#>
- ▶ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/>
- ▶ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/pol-med/informes.aspx>

4. 2. 2. RUIDO

- ▶ Agencia Europea de Medio Ambiente – Ruido: <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>
- ▶ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/conceptos-basicos-ruido-ambiental/>

4. 3. LEGISLACIÓN

4. 3. 1. CALIDAD DEL AIRE

- ▶ Legislación europea:
 - Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=es>.
 - Directiva 2004/107/CE relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:ES:PDF>

- Directiva (UE) 2015/1480 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015L1480>
 - Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de diciembre de 2016 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=ES>
- ▶ Legislación estatal:
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/11/15/34/con>
 - Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Esta norma transpone al ordenamiento jurídico español el contenido de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008 y la Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre de 2004. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-1645>.

4. 3. 2. RUIDO

- ▶ Legislación europea:
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2002-81289>
- ▶ Legislación estatal:
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-20976>
 - Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18397>
 - Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2005/12/16/1513/con>

4. 4. RECURSOS DOCUMENTALES

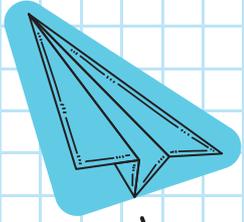
4. 4. 1. CALIDAD DEL AIRE

- ▶ Visores europeos de calidad del aire – a tiempo real:

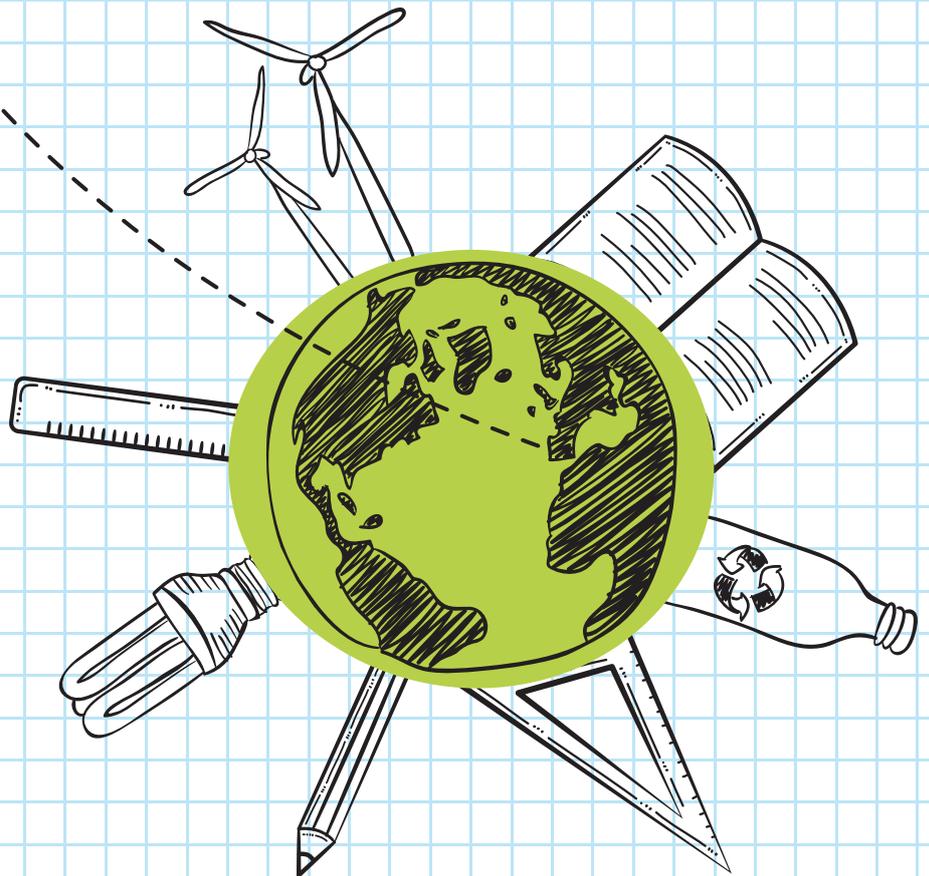
- <http://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index/index>
- <https://www.eea.europa.eu/themes/air/explore-air-pollution-data>
- ▶ Herramientas para calcular distancias y obtener latitud y longitud.
 - <https://www.google.com/maps>
 - <https://earth.google.com/web/>

4. 4. 2. RUIDO

- ▶ Sistema de Información sobre Contaminación Acústica (SICA) – Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
 - <http://sicaweb.cedex.es/>



ANEXO I.
Tablas de recogida de
datos (Agencia Europea
de Medio Ambiente)



Las siguientes tablas, elaboradas por la Agencia Europea de Medio Ambiente en el marco del proyecto *Cleanair@schools*, sirven para homogeneizar la recogida de datos por parte de los diferentes centros escolares. Así, resulta más

sencillo integrar todos los datos en una única base de cara a la explotación conjunta y la producción de gráficos y mapas en un Sistema de Información Geográfica.

Tabla 2. Formulario centros escolares

Nombre del Centro	
Código del Centro	Cualquiera (máx. 10 caracteres sin espacios, apóstrofes o comillas). Código único para cada centro, fundamental para unir las diferentes tablas. Lo más simple posible.
Tipo de centro	Valores: - Primaria - Secundaria - Bachillerato - Universidad o equivalente - Otro (a especificar)
Entorno del centro	Valores: - "urbano" (área urbana mayormente construida y con edificación en la alineación del viario). - "suburbano" (asentamiento de edificios aislados de diversos tamaños). - "rural" (áreas que no cumplen con los criterios de áreas urbanas o suburbanas).
Longitud	En grados decimales. (ej. 6.042384 al este de Greenwich o -6.042384 al oeste de Greenwich). Se puede tomar de GoogleMaps.
Latitud	En grados decimales. (ej. 52.542242)
Dirección	
Municipio	
Comunidad Autónoma	

Fuente: AEMA (2019). Nota: traducción propia.

Tabla 3. Formulario punto de muestreo

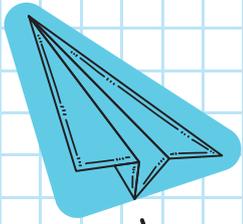
Código del Centro	Según tabla anterior.
Código del punto de medición	Cualquiera (máx. 10 caracteres sin espacios, apóstrofes o comillas). Código único para cada punto de medición, fundamental para unir las diferentes tablas. Lo más simple posible.
Macro-localización	Valores posibles: - "tráfico" (PF). - "industrial" (si se sitúa próximo a una fuente industrial, diferente al tráfico). - "fondo" (PSF). - Punto interior en alguna aula próxima a vías con tráfico principal (PI). - Punto exterior en el patio principal. - Punto a la entrada principal de la escuela.
Micro-localización	Valores: - muro - árbol - poste - valla - terraza - otro (a especificar)
Altura de la muestra	En metros con un decimal.
Distancia a la vía más cercana.	Para caracterizar la exposición al tráfico. En metros.
Tráfico en la vía más cercana	En puntos expuestos al tráfico, número de vehículos/día si es posible disponer del dato. Si no es posible disponer del dato, se pueden clasificar los puntos de muestreo de forma cualitativa, por ejemplo, de la siguiente manera: - Tráfico intenso - Tráfico moderado - Poco tráfico - Sin tráfico
Distancia a otras fuentes principales	En puntos industriales. En metros.
Longitud	En grados decimales. (ej. 6.042384 al este de Greenwich o -6.042384 al oeste de Greenwich). Se puede tomar de GoogleMaps.
Latitud	En grados decimales. (ej. 52.542242)
Foto	

Fuente: AEMA (2019). Nota: traducción propia.

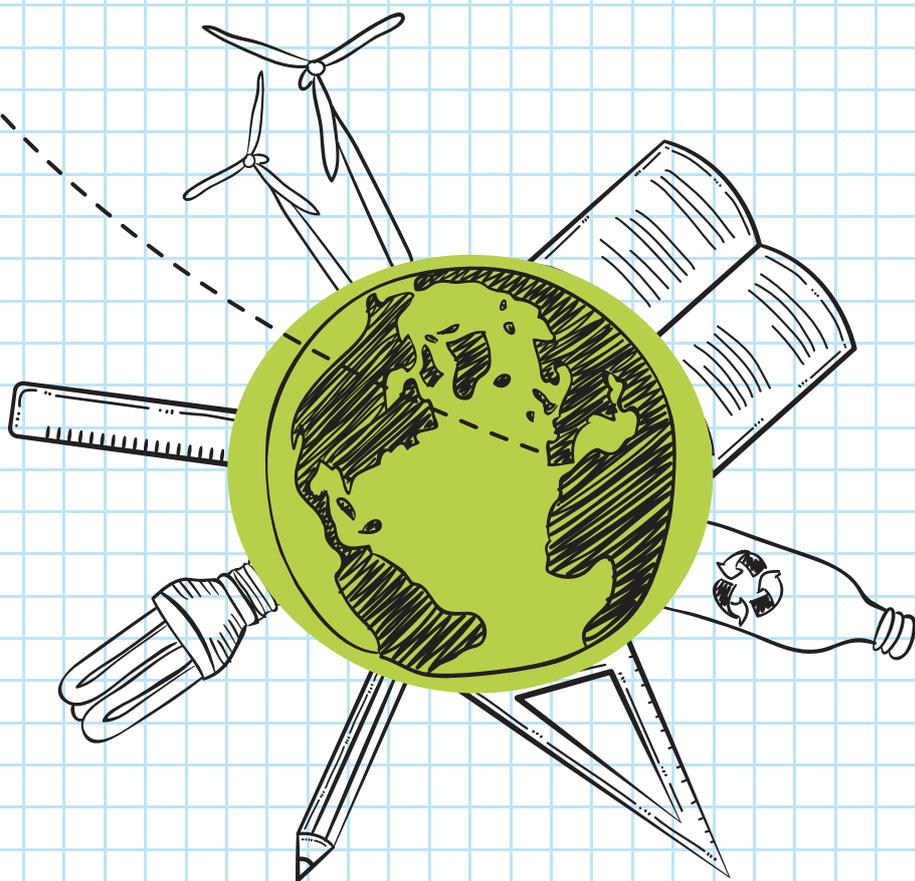
Tabla 4. Formulario resultados

Código del punto de medición	Según tabla anterior.
Código del tubo	Código único para cada punto de medición.
Estado del tubo de muestra	No operativo, operativo.
Marca	Ej.: Radiello.
Contaminante	NO ₂
Inicio de la exposición	dd/mm/aaaa hh:mm:ss
Final de la exposición	dd/mm/aaaa hh:mm:ss
Duración de la exposición	En minutos.
Valor antes de la corrección	
Valor corregido	
Unidad	µg/m ³
Comentarios	

Fuente: AEMA (2019). Nota: traducción propia.



ANEXO II.
Normativa y valores de referencia



PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE

La normativa en materia de calidad del aire tiene como objetivo prevenir, controlar y reducir los efectos dañinos de diferentes contaminantes sobre la salud y el medio ambiente.

► Legislación europea:

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa⁷⁴.
- Directiva 2004/107/CE relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente⁷⁵.
- Directiva (UE) 2015/1480 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente⁷⁶.

► Legislación estatal:

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera⁷⁷, que actualiza la base legal para los desarrollos relacionados con la evaluación y la gestión de la calidad del aire en España y tiene como fin último alcanzar unos niveles óptimos de calidad del aire para evitar, prevenir o reducir riesgos o efectos negativos sobre la salud humana, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza. Mediante la misma se habilita al gobierno a definir y establecer los objetivos de calidad del aire y los requisitos mínimos de

Establece valores cuantitativos que se deben cumplir para proteger la salud de la ciudadanía, fijando, además, métodos detallados de medida que conllevan implantación de una red de puntos de medida en la Unión Europea.

los sistemas de evaluación de la calidad del aire y sirve de marco regulador para la elaboración de los planes nacionales, autonómicos y locales para la mejora de la calidad del aire.

- Real Decreto 102/2011⁷⁸, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, que transpone la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008 y la Directiva 2004/107/CE, de 15 de diciembre de 2004. Se aprueba con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza. Establece las bases para la evaluación y gestión de la calidad del aire en España. Define y establece objetivos de calidad del aire para cada contaminante, la información a la población y a la Comisión Europea, las actuaciones que cada Administración pública debe desarrollar, así como la zonificación para llevar a cabo la evaluación y gestión de la calidad del aire. Igualmente, fija los plazos de cumplimiento, posibles excepciones y prórrogas. El Real Decreto obliga a las comunidades autónomas donde se incumplan los valores límite a aprobar planes de calidad del aire.

⁷⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=es>

⁷⁵ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:ES:PDF>

⁷⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015L1480>

⁷⁷ <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-19744-consolidado.pdf>

⁷⁸ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-1645>

Como valores objetivo de referencia⁷⁹, se deben tener en cuenta los valores legislados (obligado cumplimiento según la Directiva Europea),

siendo deseable llegar a alcanzar los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud⁸⁰.

Tabla 5. Valores legislados a nivel europeo frente a los valores guía de la OMS

Periodo	Valor legislado UE	Valor guía OMS (2021)
Media horaria	200 µg/m ³ (18 veces/año)	25µg/m ³ (> 3-4 veces/año)
Media anual	40 µg/m ³ (protección de la salud humana)	10 µg/m ³
	30 µg/m ³ (protección de la vegetación)	

PARA EVALUAR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La regulación en materia de contaminación acústica persigue la prevención y la reducción de esta importante forma de contaminación ambiental, que tiene un grave efecto sobre la salud y bienestar de las personas y sobre la calidad ambiental. Las diferentes normas europeas y la regulación estatal establecen una serie de obligaciones a cumplir por los diferentes emisores acústicos, y dotan a las administraciones de una serie de instrumentos para la evaluación y la gestión del ruido ambiental, dirigida a la disminución de los niveles de ruido y a conseguir que los diferentes usos del suelo se desarrollen en ambientes sonoros adecuados a los mismos.

► Legislación europea:

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental⁸¹. Aborda el ruido provocado por grandes emisores acústicos (grandes infraestructuras de transporte, pero también ruido industrial o de otro tipo en el medio ambiente sonoro de las ciudades -aglomeraciones-), sin abordar el ruido provocado por vecinos, actividades domésticas, interior de medios

de transporte o actividades militares. Esta Directiva nos ha dotado de una serie de instrumentos para abordar los problemas de ruido provocados por estos grandes emisores (Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción).

► Legislación estatal:

La legislación básica del estado, además de recoger la trasposición de la citada Directiva sobre ruido ambiental, tiene un mayor grado de ambición, no abordando sólo los problemas causados por grandes emisores acústicos, sino también otros emisores, y considerando la afeción por ruido de edificaciones y usos del suelo (como receptores del ruido provocado por las distintas fuentes sonoras). Además, aborda también las vibraciones, que en ciertos casos pueden ser una causa importante de contaminación acústica. La legislación básica en la materia está compuesta, fundamentalmente por las siguientes regulaciones:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido⁸². Es la norma básica en materia de ruido, abordando los principales conceptos, el ámbito de aplicación y distribución de competencias. Define y establece en que consiste la calidad

⁷⁹ <https://www.eea.europa.eu/publications/assessing-air-quality-through-citizen-science> (p.8)

⁸⁰ World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>.

⁸¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=ES>

⁸² <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-20976>

acústica, como ha de analizarse a través de indicadores, y cuáles son los objetivos a marcarse para estos indicadores para conseguir esta calidad acústica, en función del tipo de territorio/uso del suelo (Áreas acústicas).

De la misma manera establece los aspectos básicos en relación al cartografiado (mapas) del ruido, su prevención (a través de la planificación territorial, la intervención de la administración en procedimientos aplicables a los emisores acústicos o a las nuevas edificaciones) y la corrección de los problemas de ruido mediante Planes de Acción y delimitación de zonas específicas con problemas de ruido (protección o situación acústica especial). Por último, también establece el marco de inspección y régimen sancionador de los preceptos de la Ley.

- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental⁸³. Esta norma es la que desarrolla en detalle los instrumentos de los que nos ha dotado la Directiva Europea del Ruido para la evaluación y gestión del ruido ambiental de los grandes emisores acústicos, recogiendo de manera pormenorizada y detallada los diferentes indicadores, las metodologías de cálculo y evaluación y otros aspectos técnicos.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas⁸⁴. Desarrolla muchos aspectos en los que la normativa europea es ampliada por la normativa nacional, en defensa del medio ambiente sonoro. Así, desa-

rolla aspectos relativos a la zonificación acústica del territorio y los objetivos de calidad acústica y valores límite a cumplir en estas áreas, las emisiones sonoras de diferentes tipos de emisores sonoros, incluyendo infraestructuras y nuevas actividades, y los procedimientos y métodos de evaluación de la contaminación acústica.

- Desarrollo normativo por las comunidades autónomas y regulaciones a nivel municipal. La legislación básica estatal, en muchas ocasiones se encuentra completada por legislación elaborada por las comunidades autónomas y, en muchos municipios, ordenanzas municipales que establecen preceptos en relación a la contaminación sonora en los espacios urbanos.

Los valores de referencia para evaluar la contaminación acústica pueden tomarse de los objetivos fijados por la autoridad competente (normalmente el ayuntamiento) para el área donde se localice el centro escolar, de acuerdo a los artículos 5 y 13 del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas⁸⁵.

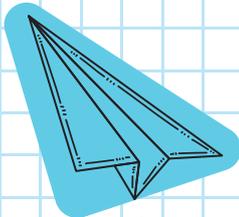
Asimismo, el artículo 14 del mismo Real Decreto 1367/2007 también establece valores objetivo que pueden tomarse como referencia en el entorno del centro escolar:

- 60 dB – objetivo de calidad acústica aplicable a entornos docentes (así como sanitarios y culturales).
- 65 dB – objetivo de calidad acústica en entornos residenciales.

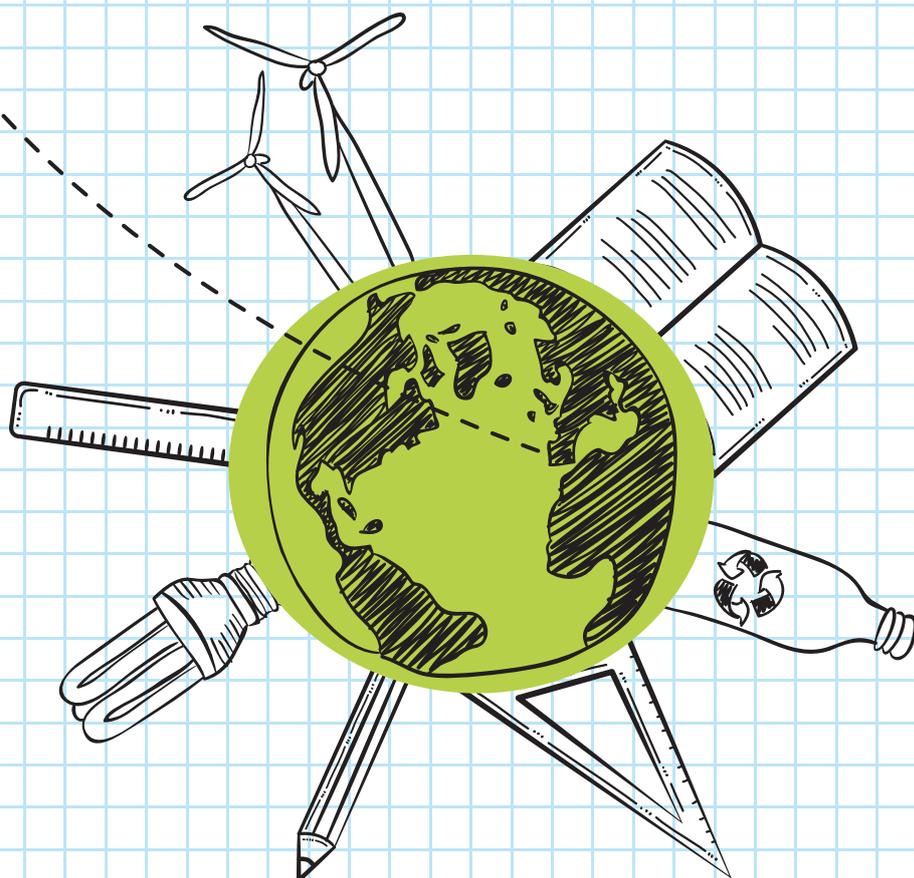
⁸³ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-20792>

⁸⁴ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18397>

⁸⁵ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18397>



ANEXO III.
Análisis de dióxido de nitrógeno (NO₂), por espectrofotometría UV-VIS con captadores pasivos y cartucho con trietanolamina



El análisis de NO_2 con captadores pasivos se basa en la capacidad de adsorción del NO_2 por la trietanolamina (TEA) presente en el cartucho adsorbente.

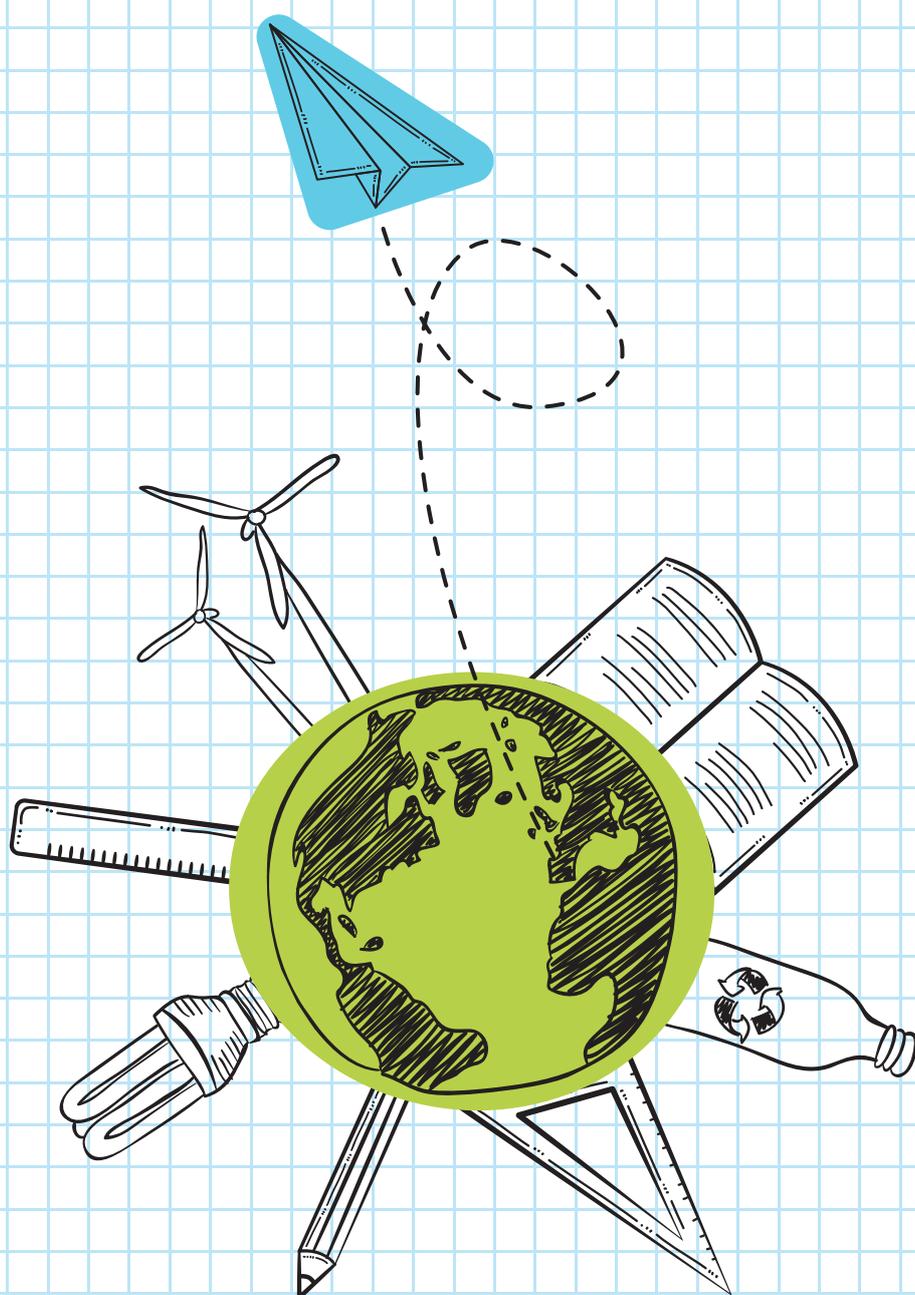
El NO_2 se reduce a nitrito que se analiza mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 540 nm (método Griess-Saltzman).

PROTOCOLO DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

1. Añadir 7 ml de agua destilada en el vial de plástico que contiene el cartucho adsorbente.
2. Cerrar el vial y sumergir en un baño de ultrasonidos durante 30 minutos.
3. En este tiempo se puede preparar la recta de calibrado con las disoluciones patrón de nitrito deseadas (1 $\mu\text{g/ml}$, 2 $\mu\text{g/ml}$, 3 $\mu\text{g/ml}$, 4 $\mu\text{g/ml}$ y 6 $\mu\text{g/ml}$). Para preparar estas disoluciones se cogen los volúmenes deseados de la solución patrón, 100 $\mu\text{g/ml}$. Se enrasan en 50 ml.
4. De cada vial (muestra/patrón) se toman 100 μl que se añaden a un tubo de vidrio limpio. Se prepara un tubo más con 100 μl de agua que será el blanco del experimento.
5. A cada nuevo tubo se añaden 3 ml de reactivo mixto y agitar el tubo. Dejar la reacción un mínimo de 15 min y un máximo de 75 min antes de realizar la lectura.
6. Realizar la lectura de las absorbancias a una longitud de onda de 540 nm.
7. Análisis de resultados. Construir la recta de calibrado de las concentraciones patrón frente a las absorbancias obtenidas. Calcular la concentración de cada muestra según la recta de calibrado obtenida.

PREPARACIÓN DE 1 LITRO DE REACTIVO MIXTO:

1. Pesarse en una balanza analítica 20 g de sulfanilamina y diluir en 250 ml de agua de calidad.
2. Añadir 50 ml de ácido fosfórico.
3. Pesarse 0,070 g de N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride (NEDA) y disolver en agua.
4. Mezclar ambas disoluciones y enrasar a 1 litro.
5. Trasvasar a una botella de vidrio color topacio para proteger de la luz.
6. Almacenar en nevera.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO