
Avaluació de la qualitat de l'aire en el programa Protegim les escoles

20
21



C S B Consorci Sanitari de Barcelona



Agència de Salut Pública



Salut ambiental

C S B Consorci Sanitari
de Barcelona



Salut ambiental

Connectem



www.aspb.cat

©2023 Agència de Salut Pública de Barcelona

Tots els drets reservats.

<https://www.aspb.cat/>

Edita: Agència de Salut Pública de Barcelona, 10 de juliol de 2023

Aquesta publicació està sota una llicència Creative Commons

Reconeixement – No Comercial – No Derivades (BY-NC-ND)

<https://creativecommons.org/>



Autoria de la imatge de portada: Alex Losada

Avaluació de la qualitat de l'aire en el programa Protegim les escoles 2021

Gerenta de l'Agència de Salut Pública de Barcelona

Carme Borrell i Thió

Responsables de l'Informe

Teresa Arechavala

Laia Font

Mariona Ferrer-Fons

Marc Rico

Anna Gómez

Elisenda Realp

Col·laboradors/es

Jordi Remírez

Jaume Arimón

Direcció d'Estratègia Urbana, Gerència de l'Arquitecte en cap - Ecologia Urbana

Entitat col·laboradora



Agraïments

A tots els que amb la paciència infinita, heu fet el mostreig de passius

Cita recomanada

Aechavala T, Font-Ribera L, Ferrer-Fons M, Rico M, Gómez-Gutiérrez A, Realp, E. Avaluació de la qualitat de l'aire en el programa Protegim les escoles 2021. Barcelona: Agència de Salut Pública de Barcelona. 2023.

Índex

Resum executiu	4
Resumen ejecutivo	6
Executive summary	8
Introducció	10
Objectius	12
Mètodes	13
Resultats	16
Conclusions	26
Recomanacions	28
Referències	29

Resum executiu

El **programa “Protegim les escoles”** realitza intervencions urbanístiques als entorns escolars amb l'objectiu de millorar-los perquè siguin més segurs i saludables, amb més espais d'estada i de joc, menys accidentalitat i soroll, i també menys contaminació de l'aire. L'objectiu d'aquest informe és avaluar si aquest programa ha reduït la contaminació de l'aire als entorns escolars dels centres intervinguts durant l'edició del 2021, mitjançant dos estudis.

L'estudi 1, és un estudi quasi-experimental pre-post que avalua si s'ha reduït la concentració de NO₂ a l'exterior de les escoles, mitjançant una mostra de 15 escoles intervingudes i d'un grup de comparació format per 13 punts. Les mesures de NO₂ es van fer amb difusors passius en dues campanyes de 15 dies, abans (juny del 2021) i després (novembre 2021) de fer-se les intervencions a les escoles. No es van detectar diferències significatives entre el canvi de concentració pre-post en el grup intervingut respecte el grup control (7,3 i 7,7 µg/m³ de NO₂ respectivament), ni tampoc quan es va considerar el tipus d'intervenció. La mida mostral reduïda, l'ús d'un mètode indicatiu de mesura de NO₂ i l'heterogeneïtat de les intervencions avaluades podrien explicar la no detecció d'una reducció significativa en la concentració de NO₂ als entorns escolars.

L'estudi 2 és un estudi de detall en una escola intervinguda amb una pacificació. S'avalua si s'ha reduït la concentració de NO₂ i de PM₁₀ a l'entorn escolar, analitzant concentracions horàries d'aquests contaminants mesurades amb una unitat mòbil i comparades amb les concentracions horàries mesurades a les estacions de qualitat de l'aire de la ciutat. Es van fer dues campanyes de mesura durant 7 setmanes cadascuna, abans i després de la intervenció (maig-juny i novembre-desembre del 2021, respectivament). La diferència de les concentracions horàries entre l'escola i l'estació de referència es va reduir de forma estadísticament significativa després de la intervenció en el cas de l'NO₂ (al voltant d'1-2 µg/m³ (4%)), però no de les PM₁₀. La millora detectada en aquesta pacificació és petita, probablement perquè l'escola ja tenia poc trànsit abans de la intervenció.

En **conclusió**, aquests resultats indiquen que el programa Protegim les escoles (2021) ha millorat la qualitat de l'aire a l'entorn escolar d'alguns centres, però

només de forma lleugera. Per aconseguir una millora més important en la qualitat de l'aire als entorns escolars, caldria que les intervencions del programa poguessin reduir més el trànsit, en particular, als centres escolars amb més contaminació.

Resumen ejecutivo

El programa “Protegemos las escuelas” realiza intervenciones urbanísticas en los entornos escolares con el objetivo de mejorarlos para que sean más seguros y saludables, con más espacios de estancia y de juego, menos accidentalidad y ruido, y también menos contaminación del aire. El objetivo de este informe es evaluar si este programa ha reducido la contaminación del aire en los entornos escolares de los centros intervenidos durante la edición de 2021, mediante dos estudios.

El estudio 1, es un estudio cuasi-experimental pre-post que evalúa si se ha reducido la concentración de NO₂ en el exterior de las escuelas, mediante una muestra de 15 escuelas intervenidas y de un grupo de comparación formado por 13 puntos. Las medidas de NO₂ se realizaron con difusores pasivos en dos campañas de 15 días, antes (junio de 2021) y después (noviembre de 2021) de realizarse las intervenciones en las escuelas. No se detectaron diferencias significativas entre el cambio de concentración pre-post en el grupo intervenido respecto al grupo control (7,3 y 7,7 µg/m³ de NO₂ respectivamente), ni tampoco cuando se consideró el tipo de intervención. El tamaño muestral reducido, el uso de un método indicativo de medida de NO₂ y la heterogeneidad de las intervenciones evaluadas podrían explicar la no detección de una reducción significativa en la concentración de NO₂ en los entornos escolares.

El estudio 2 es un estudio de detalle en una escuela intervenida con una pacificación. Se evalúa si se ha reducido la concentración de NO₂ y de PM₁₀ en el entorno escolar, analizando concentraciones horarias de estos contaminantes, medidas con una unidad móvil y comparadas con las concentraciones horarias medidas en las estaciones de calidad del aire de la ciudad. Se realizaron dos campañas de medida durante 7 semanas cada una, antes y después de la intervención (mayo-junio y noviembre-diciembre de 2021, respectivamente). La diferencia de las concentraciones horarias entre la escuela y la estación de referencia se redujo de forma estadísticamente significativa después de la intervención en el caso del NO₂ (alrededor de 1-2 µg/m³ (4%)), pero no de las PM₁₀.

La mejora detectada en esta pacificación es pequeña, probablemente porque la escuela tenía ya poco tráfico antes de la intervención.

En **conclusión**, estos resultados indican que el programa Protegemos las escuelas (2021) ha mejorado la calidad del aire en el entorno escolar de algunos centros, pero sólo de forma ligera. Para conseguir una mayor mejora en la calidad del aire en los entornos escolares, las intervenciones del programa deberían reducir más el tráfico, en particular, en los centros escolares con mayor contaminación.

Executive summary

The "**Let's protect the schools**" program carries out urban planning interventions in school surroundings with the aim of making them safer and healthier, with more places to stay and play, less accidents and noise, and also less air pollution. The aim of this report is to evaluate whether this program has reduced air pollution in the surroundings of the transformed schools during the 2021 edition, through two studies.

Study 1 is a quasi-experimental pre-post study that evaluates whether the concentration of NO₂ in the schools surroundings has decreased. In a sample of 15 intervened schools and a comparison group of 13 points, NO₂ concentrations were measured with diffusion tubes in two 15-day campaigns, before (June 2021) and after (November 2021) the urban interventions in the schools. No significant differences were detected between the pre-post concentration change in the intervention group compared to the control group (7.3 and 7.7 µg/m³ of NO₂ respectively), nor when the type of intervention was considered. The small sample size, the use of an indicative method to measure NO₂ and the heterogeneity of the evaluated interventions could explain the lack of detection of a significant reduction in NO₂ concentration in the school surroundings.

Study 2 is an in-depth study in a school intervened with a pacification. It evaluates whether the concentration of NO₂ and PM₁₀ has decreased in the school surrounding, analyzing hourly concentrations of these pollutants measured with a mobile unit and compared with the hourly concentrations measured at the air quality stations of the city. Two measurement campaigns were carried out for 7 weeks each, before and after the intervention (May-June and November-December 2021, respectively). The difference in hourly concentrations between the school and the reference station was statistically significantly reduced after the intervention in the case of NO₂ (around 1-2 µg/m³ (4%)), but not of PM₁₀. The improvement detected in this pacification is small, probably because the school already had little traffic before the intervention.

In **conclusion**, these results indicate that the Let's protect the schools program (2021) has improved the air quality in the surroundings of some schools, but only

slightly. To stronger improve air quality in the school surroundings, the program interventions should increase traffic reductions, in particular in the school with higher air pollution.

Introducció

Entre els principals contaminants atmosfèrics que comprometen la bona qualitat de l'aire trobem el diòxid de nitrogen (NO₂) i les partícules en suspensió, tant les de 10 µm de diàmetre (PM₁₀), com les més petites, de 2,5 µm de diàmetre (PM_{2,5}). Alguns d'aquests contaminants, com l'NO₂ i les partícules més petites, estan fortament lligats a les emissions del trànsit. La qualitat de l'aire és un dels principals determinants ambientals de la salut ja que l'exposició crònica a la contaminació atmosfèrica s'associa al risc de patir diferents problemes de salut, com ara les malalties cardiovasculars i respiratòries^{1,2}, inclòs el càncer de pulmó³, afectant a totes les etapes de la vida. Entre elles, la infància és una etapa de la vida especialment vulnerable a les exposicions ambientals ja que els infants estan en desenvolupament i encara no tenen el sistema respiratori madur. A més, els infants tenen un ritme respiratori més ràpid, fet que fa que inspirin un volum més gran d'aire en proporció al seu pes i talla, i també tenen una alta activitat física. Per això, els infants poden rebre dosis més altes de contaminants que els adults. En els infants, l'exposició a la contaminació atmosfèrica s'associa a l'asma infantil⁴ i a problemes en el seu neurodesenvolupament cognitiu^{5,6}.

“Protegim les escoles” és un programa de la ciutat de Barcelona que té per objectiu millorar els entorns escolars perquè siguin llocs més segurs i saludables, amb més espais d'estada i de joc, menys accidentalitat i soroll, i també menys contaminació de l'aire. Per assolir-ho, en els entorns escolars es realitzen intervencions urbanístiques que s'adapten a la ubicació i característiques de cada centre educatiu. Les actuacions es fonamenten en diferents tipus d'accions com pacificar el trànsit i millorar els accessos i la visibilitat de les escoles, ampliar les zones d'estada i del verd, crear zones de joc espontani, i instal·lar nou mobiliari urbà i elements de seguretat a l'espai. El programa es va iniciar l'any 2020 actuant sobre 26 centres educatius, l'any 2021 es va ampliar a 76 centres més, i es calcula que fins el 2023 haurà implicat la transformació de més de 200 entorns escolars de la ciutat⁷.

L'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB) gestiona i avalua la qualitat de l'aire a la ciutat de Barcelona d'acord amb la normativa europea a través de la Xarxa de

Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) la qual té estacions d'anàlisi de qualitat de l'aire repartides per Barcelona en punts representatius del trànsit i del fons urbà i també realitza avaluacions sobre l'impacte en la qualitat de l'aire d'intervencions urbanístiques importants o projectes de ciutat.

En aquest informe es presenta l'avaluació sobre la qualitat de l'aire del programa "Protegim les escoles". És un estudi de detall centrat en la possible millora de la **qualitat de l'aire** deguda les intervencions realitzades als entorns escolars i s'emmarca en una avaluació més global també realitzada per l'ASPB que té l'objectiu d'avaluar l'impacte de la transformació dels entorns escolars en termes d'ús, temps estada, interacció social, joc espontani, percepció de seguretat viària i percepció de la contaminació ambiental ⁸.

Objectius

Objectiu general

Avaluar el canvi en la qualitat de l'aire als entorns escolars dels centres educatius participants del programa Protegim les escoles 2020-2021.

Objectius específics

1. Avaluar el canvi en la concentració de NO_2 , abans i després de les intervencions, en una mostra de centres educatius participants en el programa l'any 2021.
2. Avaluar el canvi en les concentracions horàries de NO_2 i partícules PM_{10} , abans i després de la intervenció, en una de les escoles participant en el programa l'any 2021 on s'han dut a terme actuacions de pacificació del trànsit (escola Lavínia).

Mètodes

Per l'assoliment dels objectius, es plantegen dos estudis que combinen diferents dissenys i metodologies:

Estudi 1

Disseny

L'estudi 1 respon al primer objectiu que consisteix en descriure les concentracions de NO₂ a l'exterior dels centres educatius abans i després de les intervencions del programa en l'edició del 2021.

S'ha dissenyat un estudi quasi-experimental pre-post a partir d'una mostra de centres educatius participants en l'edició de 2021 del programa. Es van seleccionar 15 centres amb intervencions (grup intervenció) que podien tenir un impacte en la qualitat de l'aire degut a l'afectació que tenen en el volum de trànsit:

- pacificacions de carrer (es prohibeix el pas de vehicles o és zona prioritària de vianants),
- reduccions de carrils (eliminar un o més carrils de circulació) i
- allunyaments de trànsit (per exemple, ampliant l'espai de l'entorn escolar ocupant un carril de servei d'un carrer adjacent al centre educatiu).

El grup comparació està format per 13 punts de mesura que inclouen centres no participants en el programa, centres que participaran en l'edició de 2022, i estacions urbanes de qualitat de l'aire de Barcelona.

Mètodes

Per mesurar la concentració de NO₂ es van instal·lar difusors passius de NO₂ a fanals propers a les entrades dels centres educatius i a les estacions. Per cada punt de mesura es van instal·lar 3 difusors, agafant com a resultat la mitjana dels 3, per tal d'assegurar la validesa dels resultats. Els difusors passius van romandre

instal·lats entre els dies 3 i 17 de juny de 2021, període abans que s'iniciessin les obres als centres educatius, i entre el 11 i 25 de novembre de 2021, després de finalitzar-se les obres.

Un cop retirats els difusors passius, es van enviar a analitzar al laboratori de l'ASPB. La concentració de NO₂ obtinguda és el promig dels nivells NO₂ existents durant tot el període temporal de mostreig. Aquestes concentracions es van corregir a partir d'una recta de calibració generada a partir de les dades de la XVPCA aportades per les estacions de la ciutat i els difusors de control instal·lats a les estacions. Per cada punt, es va calcular el coeficient de variació entre cada difusor mantenint aquells que presentaven un coeficient de variació inferior al 10%. Per cada punt de mesura es va calcular la mitjana de les tres mostres obtenint la mitjana de la concentració de NO₂.

Es presenten les concentracions de NO₂ obtingudes en cada període (pre i post intervenció) i la diferència entre períodes per cada centre educatiu i pel conjunt d'escoles intervingudes i pel grup de comparació. Es calcula la mitjana de les concentracions de NO₂, amb la desviació estàndard (DE), i es fa un test estadístic per valorar si les diferències entre períodes (pre i post intervenció) són estadísticament significatives (p-valor<0,05). També s'han fet els mateixos càlculs agrupant els resultats segons la intervenció realitzada (pacificació, reducció de carril o allunyament del trànsit).

Estudi 2

Disseny

L'estudi 2 respon al segon objectiu, mesurar les concentracions horàries de NO₂ i partícules PM₁₀, abans i després de la intervenció en una escola participant en el programa l'any 2021 on s'han dut a terme actuacions de pacificació del trànsit (escola Lavínia).

S'ha realitzat un disseny quasi-experimental pre-post, sent l'escola Lavínia el punt d'intervenció i com a punt de comparació s'ha seleccionat l'estació de qualitat de l'aire amb nivells de qualitat d'aire i dinàmica similar amb el centre. El tipus d'intervenció a l'escola Lavínia va consistir en pacificar completament el carrer de davant del centre educatiu, creant un espai de vianants, protegit del pas dels vehicles motoritzats, entre el centre educatiu i la plaça que hi ha just davant. Tot i

que la pacificació és el tipus d'intervenció on s'espera més impacte en la qualitat de l'aire, cal tenir present que l'escola Lavínia es troba en un entorn de poca intensitat de trànsit i per tant, amb uns nivells de NO_2 menors que el conjunt d'escoles de la ciutat.

Mètodes

Aquest estudi es va realitzar amb la unitat mòbil (UM) que està equipada, entre altres equips, amb un monitor en continu de partícules ambientals (sigles TEOM en anglès) que mesura el contaminant PM_{10} , i un analitzador de quimioluminescència que detecta traces de NO_x , NO i NO_2 . Aquests equips són equivalents als equips instal·lats a les estacions fixes de la xarxa de vigilància. La unitat mòbil es va instal·lar davant de l'escola Lavínia entre el 7 de maig i el 24 de juliol de 2021 (període pre-intervenció), i entre el 4 de novembre i 21 de desembre (període post-intervenció).

Es disposa de dades dels contaminants PM_{10} i NO_2 amb una freqüència horària. Per definir el punt de comparació, es va obtenir la mateixa informació per totes les estacions de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA) de Barcelona. Es van analitzar les correlacions de Pearson entre les concentracions horàries a l'escola Lavínia i cadascuna de les estacions de qualitat de l'aire, i es va construir un model de regressió lineal per determinar l'estació amb un comportament dels contaminants atmosfèrics més semblant.

Per determinar les possibles diferències pre- i post- i avaluar la intervenció, es calcula la diferència entre la concentració a l'escola Lavínia i a l'estació de comparació per cada hora analitzada (1.973 hores per NO_2 i 1.377 hores per PM_{10}). Posteriorment s'ha calculat la mitjana i la desviació estàndard (DE) de la diferència de concentracions a cada període d'estudi i s'ha fet un test estadístic per valorar si existien diferències significatives entre el període pre i post intervenció. Per estimar l'efecte de la intervenció es calcula la "diferència en diferències (mètode DD)", és a dir, la diferència entre les diferències pre-post a l'escola Lavínia i les diferències pre-post al punt de comparació. L'anàlisi es fa pel total d'hores setmanals (24 hores dels 7 dies de la setmana) i també restringint per les hores escolars (de dilluns a divendres de 8h a 18h).

Resultats

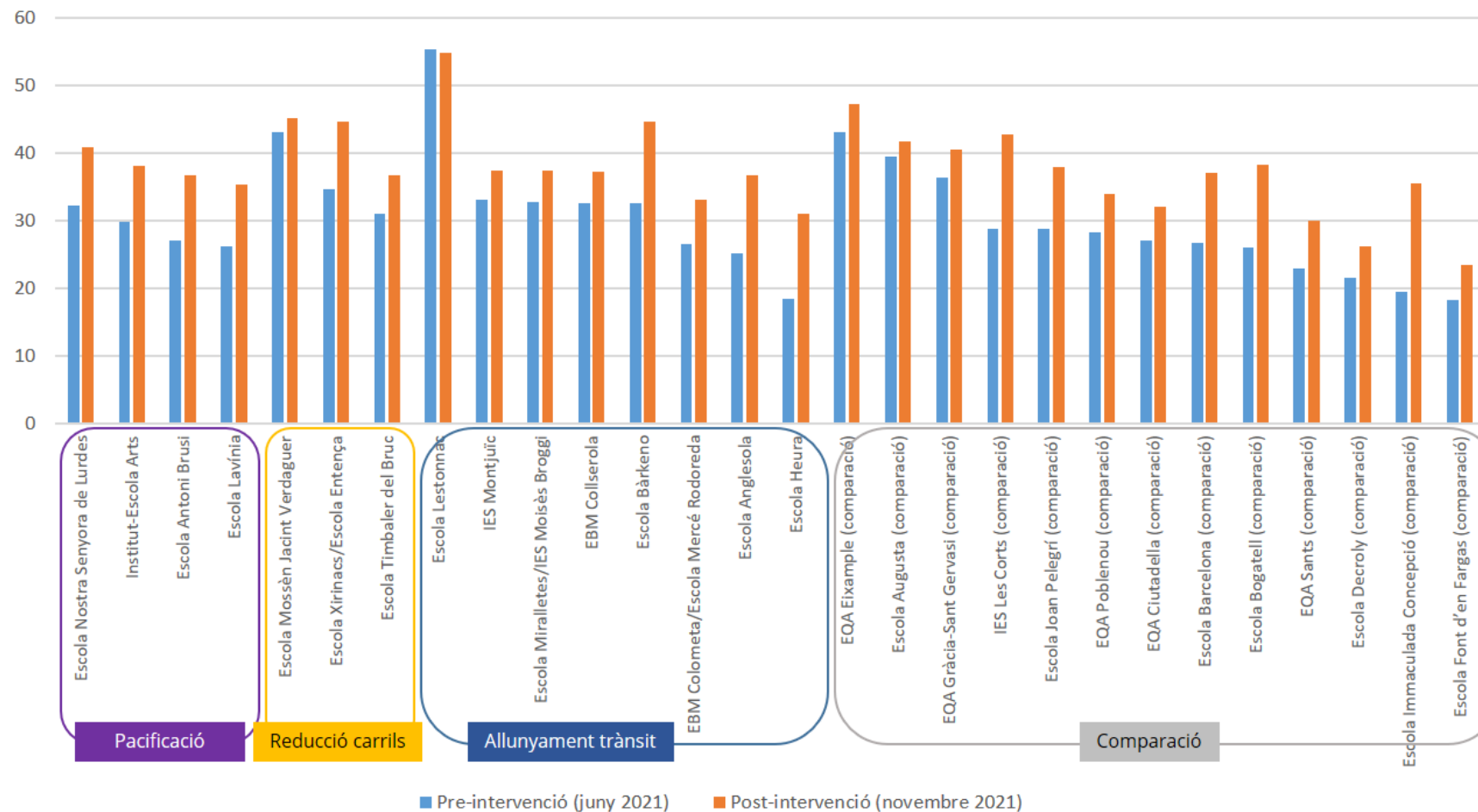
Estudi 1

Els primers resultats que es presenten són els que corresponen a l'estudi sobre el mesurament de NO₂ a una selecció de centres educatius participants en l'edició del 2021 del programa mitjançant difusors passius.

La **Figura 1** mostra la distribució de les concentracions de NO₂ dels 15 centres del grup intervenció i dels 13 punts del grup comparació (8 centres educatius i 5 estacions de qualitat de l'aire) en els dos períodes d'estudi, abans de la intervenció (pre, juny del 2021) i després de la intervenció (post, novembre del 2021). Els resultats mostren força variabilitat en la concentració de NO₂ a l'entorn dels centres educatius en els dos períodes d'estudi, amb valors que oscilen entre els 18 µg/m³ i els 55 µg/m³ de NO₂. La majoria dels centres educatius avaluats estan situats en entorns escolars que presenten nivells de contaminació per NO₂ per sota dels nivells màxims legals establerts per la Unió Europea (40 µg/m³ de mitjana anual), però molt per sobre dels nivells guia de protecció de la salut establerts per l'OMS (10 µg/m³). Aquesta situació és representativa del conjunt de centres educatius de la ciutat⁹.

Les concentracions de NO₂ durant el període post intervenció (novembre 21) van ser més elevades que en el període pre (juny 21), tant als punts intervinguts com als punts de control. Aquesta diferència s'explica principalment per canvis en la meteorologia que es donen durant l'any i afecten de forma diferent a la dispersió de contaminants. El juny (mesures pre) va ser més favorable per a la dispersió de contaminants en comparació amb el novembre (mesures post), amb més estancament atmosfèric i dificultat per a la dispersió dels contaminants

Figura 1 Mitjana de NO₂ (µg/m³) a l'entorn dels centres educatius de l'estudi, segons la intervenció rebuda i segons el període (pre i post intervenció). Protegim les escoles 2021.



EQA: Estació de qualitat de l'aire.

La **Taula 1** mostra les mitjanes de les concentracions de NO₂ en els dos grups i pels dos períodes. Com ja s'ha comentat, per efecte de la meteorologia, les concentracions van ser més elevades al període post-intervenció que al període pre-intervenció, tant pel grup intervenció com pel grup de comparació. Per poder avaluar els canvis amb independència de les condicions meteorològiques, es calculen les diferències de concentració entre les escoles del grup d'intervenció i el punts del grup comparació. La diferència de concentracions post-pre intervenció és gairebé igual pel grup intervenció i pel grup comparació (7,3 i 7,7 µg/m³ respectivament), sense diferències estadísticament significatives. No s'observa doncs, un impacte de les intervencions urbanístiques en conjunt en la reducció de NO₂ a les escoles. Si l'anàlisi estadístic es fa amb medianes i tests no paramètrics, enlloc de mitjanes i tests paramètrics, els resultats són molt semblants.

Taula 1 Descripció de les concentracions de NO₂ (µg/m³) mesurades als centres educatius segons el grup i el període de mostreig. Protegim les escoles 2021.

		Pre-intervenció (µg/m ³)	Post-intervenció (µg/m ³)	Diferència post-pre (µg/m ³)
		Mitjana (DE)	Mitjana (DE)	Mitjana (DE)
Comparació	13	28,3 (7,5)	36,0 (6,7)	7,7 (4,3)
Intervenció	15	32,1 (8,4)	39,4 (5,9)	7,3 (3,8)
p-valor*		n.s.	n.s.	n.s.
Segons tipus d'intervenció				
Allunyar el trànsit	8	32,1 (10,7)	39,1 (7,5)	7,0 (4,7)
Reducció de carrils	3	36,3 (6,1)	42,2 (4,8)	5,9 (3,9)
Pacificació del carrer	4	28,9 (2,7)	37,8 (2,4)	8,9 (0,5)
p-valor **		n.s.	n.s.	n.s.

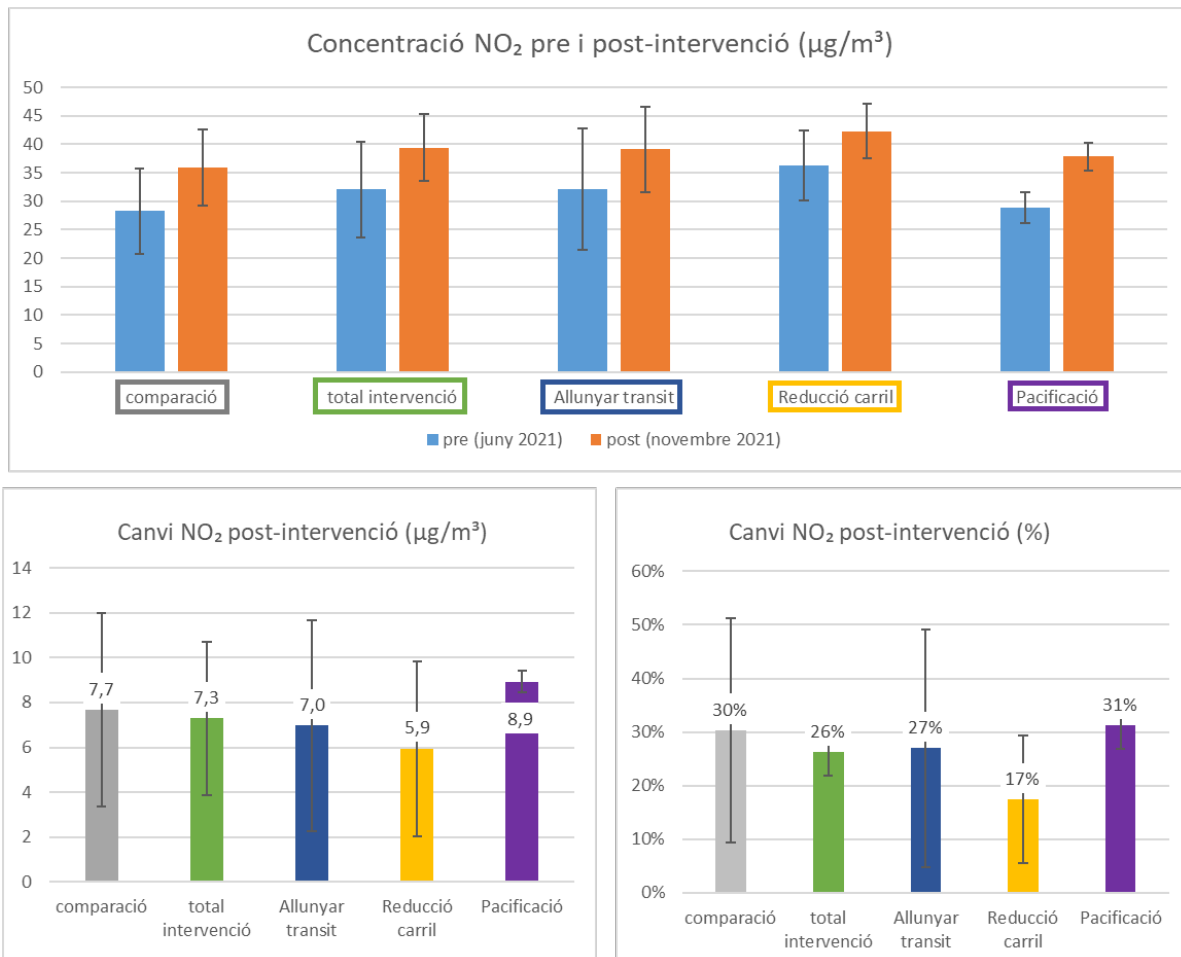
*Comparació de les mitjanes (ttest) entre el grup intervenció i comparació.

** Comparació de les mitjanes (ANOVA) entre els quatre grups. n.s.: estadísticament no significatiu (p-valor>0,05).

A la segona part de la **Taula 1** i a la **Figura 2** es mostren novament les concentracions mitjanes de NO₂ a les escoles abans i després de la intervenció, però diferenciant segons el tipus d'intervenció realitzada. Quan es comparen les mitjanes o les medianes dels quatre grups, els resultats indiquen que no hi ha una diferència estadísticament significativa (p>0,05) en els canvis en la concentració de NO₂ entre els grups. Per tant, amb aquest anàlisi no s'ha detectat una reducció

significativa de la concentració de NO₂ als grups intervinguts respecte el grup comparació.

Figura 2 Canvi en les mitjanes de les concentracions de NO₂ als entorns escolars abans i després de la intervenció, segons el tipus d'intervenció. Protegim les escoles 2021.



Cal tenir en compte les limitacions d'aquest primer estudi: la mostra de centres educatius intervinguts és petita (15 centres), el mètode de mesura de NO₂ és indicatiu i és difícil que pugui detectar diferències poc marcades, i les intervencions realitzades a les escoles, inclús dins d'un mateix grup d'intervenció, són molt variades.

Estudi 2

A continuació es presenten els resultats de l'estudi 2, que és l'estudi de detall realitzat a l'escola Lavínia, per dos contaminants atmosfèric (NO_2 i PM_{10}). La intervenció a l'escola Lavínia va consistir en pacificar completament el carrer de davant del centre educatiu. Cal tenir en compte que, tal i com mostra la **Figura 1**, l'escola Lavínia es troba en un entorn amb nivells de NO_2 menors que el promig d'escoles de la ciutat.



Escola Lavínia abans i després de la intervenció del programa Protegim les Escoles 2021

NO_2

En aquest estudi de detall s'ha seleccionat l'estació de qualitat de l'aire de Sants com a comparació atès que és l'estació que presenta una correlació més elevada ($r=0,92$) amb els nivells horaris de NO_2 mesurats a l'escola Lavínia i també una millor similitud en les mitjanes obtingudes en el període pre intervenció. Els registres horaris analitzats són els que tenen dades tant pel punt intervenció com pel punt de comparació: 1037 hores pre-intervenció i 936 hores post intervenció respectivament.

A la **Taula 2** es mostren les mitjanes de les concentracions de NO_2 mesurades en els períodes pre i post a l'escola Lavínia i al punt de comparació (estació de mesura de Sants). Tal i com mostrava l'estudi 1, entre el període pre i el post va haver un augment de les concentracions de NO_2 tant a l'escola com a Sants, atribuïble a les diferents condicions meteorològiques i de dispersió dels contaminants atmosfèrics.

Taula 2. Mitjanes de les concentracions horàries de NO₂ (µg/m³) a l'escola Lavínia i al punt de comparació (estació de qualitat de l'aire de Sants) per període. Protegim les Escoles 2021.

NO ₂	Punt mesura	Pre-intervenció (µg/m ³)	Post-intervenció (µg/m ³)	Diferència post-pre (µg/m ³)	p-valor*
		Mitjana (DE)	Mitjana (DE)	Mitjana	
24h tota setmana	Escola Lavínia	23,0 (14,8)	34,6 (23,1)	11,6	<0,01
	Sants	19,7 (13,9)	32,7 (21,3)	13,0	<0,01
	Diferència Lavínia-Sants	3,3 (5,7)	1,9 (6,4)	-1,4	<0,01
		N=1037	N=936		
Horari escolar**	Escola Lavínia	27,1 (18,1)	35,8 (17,6)	8,7	<0,01
	Sants	22,5 (17,9)	32,3 (14,8)	9,8	<0,01
	Diferència Lavínia-Sants	4,7 (6,4)	3,5 (7,1)	-1,2	0,038
		N=333	N=254		

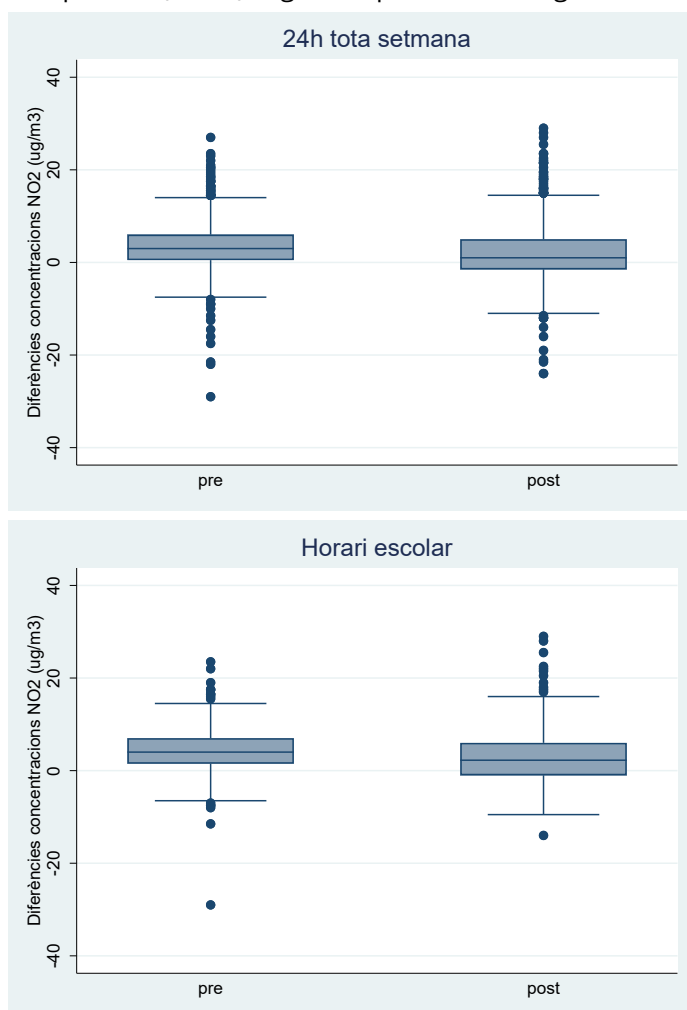
*test de la diferència de les mitjanes (ttest) entre el període pre i post intervenció.

**Dilluns a divendres de 9h a 18h.

Per poder avaluar els canvis amb independència de les condicions meteorològiques, es calculen les diferències de concentració entre el punt d'intervenció (escola Lavínia) i el punt de comparació (Sants) per cada hora de mesurament de NO₂ i durant els dos períodes d'estudi. Aquesta diferència és superior en el període pre-intervenció que en el post-intervenció, tant si s'analitzen totes les hores de la setmana com només les hores d'horari escolar (**Taula 2** i **Figura 3**). Aquesta "diferència en diferències" indica una reducció petita però estadísticament significativa després de la intervenció de 1,4 µg/m³ de l'NO₂ (reducció del 6%) si es consideren totes les hores de la setmana o bé una reducció de 1,2 µg/m³ de l'NO₂ (reducció del 4%) si es considera només l'horari escolar.

S'ha realitzat el mateix anàlisi estadístic amb medianes i tests no paramètrics, enlloc de mitjanes i tests paramètrics, i els resultats són molt semblants amb disminucions al voltant d'1-2 µg/m³ de NO₂ després de la intervenció.

Figura 3 Diferència de les concentracions de NO₂ entre l'escola Lavínia i el punt de comparació (Sants) segons el període. Protegim les escoles 2021.



Resultats pel total del període (24 hores 7 dies a la setmana; N=1037 i 936) i per l'horari escolar (de dilluns a divendres de 8h a 18h; N=333 i 254).

PM₁₀

Per l'avaluació de les concentracions de PM₁₀ a l'escola Lavínia s'ha utilitzat les estacions de qualitat de l'aire de Gràcia-Sant Gervasi i de l'Eixample com a estacions de comparació. D'una banda, l'Eixample presentava unes concentracions més similars a l'escola Lavínia i, de l'altra, Gràcia es caracteritzava per un perfil horari més semblant ($r=0,67$ i $r=0,75$ respectivament). Els registres horaris analitzats són els que tenen dades tant pel punt intervenció com pels dos punts de comparació, que són 628 hores pre-intervenció i 749 hores post intervenció.

A la **Taula 3** es mostren les concentracions en µg/m³ de PM₁₀ obtingudes als tres punts de mesura. L'Eixample i l'escola Lavínia presenten concentracions similars i

més altes que l'estació de Gràcia, tant en el període pre com en el post. També s'observa que en el període post intervenció els nivells de PM₁₀ van ser inferiors que en el pre.

Taula 3. Mitjanes de les concentracions horàries de PM₁₀ (µg/m³) per període a l'escola Lavínia i als punts de comparació (estacions de qualitat de l'aire Gràcia i Eixample). Protegim les Escoles 2021.

PM ₁₀		Pre-intervenció (µg/m ³)	Post-intervenció (µg/m ³)	Diferència post-pre (µg/m ³)	
Punt mesura		Mitjana (SD)	Mitjana (SD)	Mitjanes	p-valor*
24h tota setmana	Escola Lavínia	30,6 (16,9)	21,2 (11,6)	-9,4	<0,01
	Gràcia	23,6 (11,1)	15,6 (7,6)	-8,0	<0,01
	Diferència Lavínia-Gràcia	6,9 (11,0)	5,6 (7,9)	-1,3	<0,01
	Eixample	31,1 (14,3)	23,2 (11,1)	-7,8	<0,01
	Diferència Lavínia-Eixample	-0,5 (12,8)	-2,1 (7,2)	-1,6	<0,01
		N=628	N=749		
Horari escolar**	Escola Lavínia	33,8 (16,5)	25,6 (12,6)	-8,2	<0,01
	Gràcia	28,0 (10,8)	19,4 (8,2)	-8,6	<0,01
	Diferència Lavínia-Gràcia	5,8 (13,2)	6,1 (10,0)	0,3	0,799
	Eixample	37,1 (14,4)	28,1 (10,8)	-9,0	<0,01
	Diferència Lavínia-Eixample	-3,3 (15,1)	-2,5 (8,7)	0,8	0,549
		N=195	N=184		

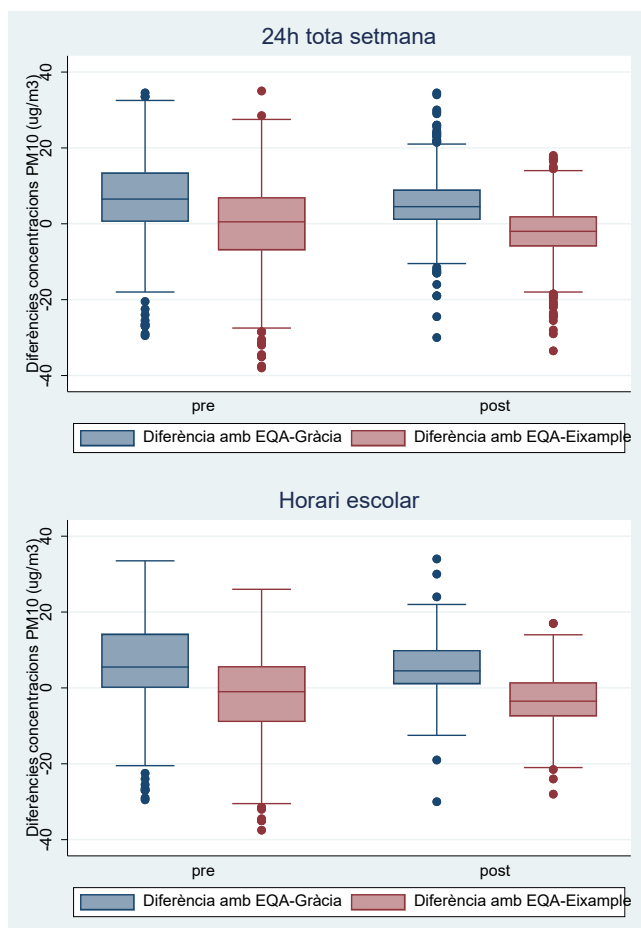
*test de la diferència de les mitjanes (ttest) entre el període pre i post intervenció.

**Dilluns a divendres de 9h a 18h.

A l'analitzar els nivells de PM₁₀ entre l'escola Lavínia i els punts de comparació durant totes les hores de la setmana (**Taula 3** i **Figura 4**), s'observa que la diferència entre l'escola i el punt de comparació es redueix de forma estadísticament significativa en el període post respecte el pre (1,3 µg/m³ per Gràcia i 1,6 µg/m³ per l'Eixample), el que significa una reducció del 4-5%. Quan es restringeix l'anàlisi a l'horari escolar (de dilluns a divendres de 8h a 18h), ja no es detecta aquesta reducció. Aquests resultats indiquen que la intervenció a l'escola

Lavínia no ha reduït la concentració de PM₁₀ a l'entorn escolar durant l'horari escolar.

Figura 4. Diferència de concentracions de PM₁₀ (µg/m³) entre l'escola Lavínia i els punts de comparació (Gràcia i Eixample). Protegim les escoles 2021.



EQA: estació de qualitat de l'aire.

Com a resum del segon estudi, l'anàlisi detallat de les mitjanes horàries de NO₂ i PM₁₀ a l'entorn d'una escola intervinguda amb una pacificació (l'escola Lavínia) ha permès detectar una millora de la qualitat de l'aire que es situa en el 4-5% de disminució de les concentracions inicials. Si es restringeix l'anàlisi a l'horari escolar, la millora es situa al voltant del 4% de la concentració de NO₂, però sense diferències significatives en el cas de les partícules PM₁₀. Aquests resultats són consistents amb el fet que l'NO₂ és un contaminant molt relacionat amb les emissions del trànsit, mentre que les partícules tenen també altres fonts d'emissió importants no associades al trànsit.

A nivell més general, cal destacar que la majoria d'intervencions urbanístiques més ambicioses (en particular, les pacificacions com la que s'ha analitzat aquí), on s'espera un major impacte en la millora de la qualitat de l'aire, s'han dut a terme en carrers d'entorns escolars que ja tenien un únic carril de circulació i que, ja abans de la intervenció, es caracteritzaven per baixos nivells de circulació de trànsit, sobretot, en comparació amb els carrers que formen la xarxa bàsica de la ciutat. Per tant, és consistent que la millora en qualitat de l'aire detectada sigui lleu. En altres actuacions de pacificació en entorns de trànsit molt elevat, com alguna de les actuacions implantades en el context del projecte superilles, s'han pogut trobar millores de la qualitat de l'aire de fins al 25% de disminució¹⁰.

Conclusions

El programa "Protegim les escoles" té per objectiu millorar els entorns escolars perquè siguin llocs més segurs i saludables, amb més espais d'estada i de joc, menys accidentalitat i soroll, i també menys contaminació de l'aire. L'avaluació general realitzada per l'ASPB⁸ mostra com la intervenció incrementa el temps d'estada, la interacció social, les oportunitats de joc espontani, la percepció de la seguretat viària i ha suposat un impacte positiu en el benestar de la comunitat educativa. L'impacte més rellevant es dona als centres amb pacificacions o intervencions més destacades. A continuació es detallen les conclusions de l'avaluació de detall presentada en aquest informe sobre la millora de la qualitat de l'aire:

- Les concentracions de partida de l'NO₂ a l'entorn dels centres educatius analitzats són força variables, amb valors que oscil·len entre els 18 µg/m³ i els 55 µg/m³ de NO₂. La majoria dels centres educatius avaluats estan situats en entorns escolars que presenten nivells de contaminació de NO₂ per sota dels nivells màxims legals establerts per la Unió Europea, però molt per sobre dels nivells guia de protecció de la salut establerts per l'OMS. Aquesta situació és representativa del conjunt de centres educatius de la ciutat.
- L'avaluació de les concentracions de NO₂ en una mostra de les escoles intervingudes (15) no ha permès detectar una millora en la concentració de NO₂ en el conjunt d'aquestes escoles. No obstant, cal tenir en compte que la mostra de centres analitzada és petita, que s'ha utilitzat un mètode de mesura de NO₂ indicatiu que no permet detectar millores de poca magnitud, i que les intervencions realitzades a les escoles són molt variades, el que ha dificultat detectar canvis petits en la qualitat de l'aire.
- L'avaluació en detall de la millora de la qualitat de l'aire d'una escola intervinguda amb una acció de pacificació en un entorn de poc trànsit (CEIP Lavínia) ha permès detectar una millora de la qualitat de l'aire que es situa en el 4-5% de disminució de les concentracions inicials. Si es restringeix l'anàlisi a l'horari escolar, la millora es situa al voltant del 4% de la concentració de NO₂, però no s'observa millora per les partícules PM₁₀. La millora detectada en qualitat de l'aire és petita però l'entorn inicial de l'escola ja era de trànsit reduït

i la pacificació del carril de circulació en aquests entorns pot no ser suficient per tenir un efecte més important en la qualitat de l'aire.

- Els resultats de les avaluacions realitzades mostren que el programa Protegim les escoles (2021) ha millorat la qualitat de l'aire a l'entorn escolar d'alguns centres, però només de forma lleugera. Això suggereix que l'àmbit de les intervencions és massa reduït en l'entorn immediat de les escoles i per aconseguir una millora més important en la qualitat de l'aire, calen intervencions d'escala més ampla en el territori i prioritzar la reducció del trànsit (via pacificacions i/o eliminació de carrils de circulació), en particular, als centres amb nivells més alts de contaminació.

Recomanacions

Realitzem les següents recomanacions per maximitzar la millora de la qualitat de l'aire en els entorns escolars en el marc del programa "protegim les escoles":

- Potenciar les actuacions que redueixin el trànsit com les pacificacions o l'eliminació dels carrils de circulació.
- Augmentar l'escala espacial d'actuació més enllà de l'entorn immediat de les escoles.
- Prioritzar les actuacions als centres escolars amb nivells més elevats de contaminació.

Referències

1. WHO Regional Office for Europe. (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project: Technical Report. WHO Regional Office for Europe. Disponible a: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf
2. Héroux, M. E., Anderson, H. R., Atkinson, R., Brunekreef, B., Cohen, A., Forastiere, F., Hurley, F., Katsouyanni, K., Krewski, D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Mills, I., Querol, X., Ostro, B., & Walton, H. (2015). Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *International journal of public health*, 60(5), 619–627. <https://doi.org/10.1007/s00038-015-0690-y>
3. Hamra, G. B., Laden, F., Cohen, A. J., Raaschou-Nielsen, O., Brauer, M., & Loomis, D. (2015). Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental health perspectives*, 123(11), 1107–1112. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408882>
4. Khreis, H., Kelly, C., Tate, J., Parslow, R., Lucas, K., & Nieuwenhuijsen, M. (2017). Exposure to traffic-related air pollution and risk of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 100, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.11.012>
5. Rivas, I., Querol, X., Wright, J., & Sunyer, J. (2018). How to protect school children from the neurodevelopmental harms of air pollution by interventions in the school environment in the urban context. *Environment international*, 121(Pt 1), 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.063>
6. Castagna, A., Mascheroni, E., Fustinoni, S., & Montirosso, R. (2022). Air pollution and neurodevelopmental skills in preschool- and school-aged children: A systematic review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 136, 104623. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104623>
7. Ajuntament de Barcelona. Protegim les escoles. <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/ca/que-fem-i-per-que/urbanisme-per-als-barris/protegim-escoles>
8. Ferrer-Fons M, López MJ, Brugueras S, Continente X, Cortés E, Artazcoz L. Avaluació del programa Protegim les Escoles. Barcelona: Agència de Salut Pública de Barcelona; 2023. <https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2023/03/Avaluacio-programa-Protegim-Escoles.pdf>
9. Rico M, Font L, Arimon J, Gómez A, Realp E. Avaluació de la qualitat de l'aire a la ciutat de Barcelona 2021. Barcelona: Agència de Salut Pública de Barcelona; 2022.

Disponible a: [https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2021/07/Informe_qualitat-
aire-2021_221124.pdf](https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2021/07/Informe_qualitat-
aire-2021_221124.pdf)

- 10.** Informe de resultats dels efectes mediambientals i en la salut del model Superilles a Barcelona. Projecte Salut Als Carrers (SAC). Agència de Salut Pública de Barcelona. Barcelona, 2021. [https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2021/09/ASPB_salut-
carrers-avaluacio-superilles.pdf](https://www.aspb.cat/wp-content/uploads/2021/09/ASPB_salut-
carrers-avaluacio-superilles.pdf)