

Els efectes de la contaminació en les persones: què en sabem i de què busquem evidències?

Xavier Basagaña (xavier.basagana@isglobal.org) Institut de Salut Global de Barcelona (ISGlobal).

En aquest article es descriu el problema de la contaminació atmosfèrica centrant-se en els efectes que produeix en la salut humana. Així, descriu breument què és la contaminació, per què ens pot afectar, i quina evidència hi ha dels problemes de salut que pot causar. L'article resumeix efectes establerts, com els respiratoris i cardiovasculars, i d'altres que són àrees actives de recerca, com els possibles efectes cognitius. En aquest darrer cas, es resumeixen els resultats d'un estudi que es va dur a terme recentment a Barcelona i es descriuen els objectius d'un nou projecte que està en fase de preparació.

Paraules clau: Contaminació atmosfèrica, Salut, Partícules en suspensió

This article describes the problem of air pollution focusing on the effects that it has on human health. We describe briefly what air pollution is, why it can affect us, and what evidences there are about the human health problems it can cause. This article summarizes which health effects are well established, e.g. the effects on respiratory and cardiovascular diseases, and which others are an emerging research field, e.g. cognitive effects. Finally, we describe some results of a study that was recently carried out in Barcelona and the objectives of new research project that is just starting.

Keywords: Air pollution, Health, particulate matter

INTRODUCCIÓ

En els últims anys ha crescut la preocupació de ciutadans i científics sobre la contaminació atmosfèrica i els seus efectes sobre la nostra salut. L'episodi de contaminació l'any 1952 a Londres marca una fita important en l'estudi dels efectes de la contaminació en la salut humana. Durant un període d'una setmana, un episodi d'estancament de l'aire va multiplicar els nivells de contaminació per 9, en una època on les fàbriques i les cases cremaven carbó -una de les energies més contaminants (Figura 1). Durant aquells dies, la mortalitat va passar d'unes 300 morts diàries a unes 900, i setmanes després de que els nivells haguessin tornat a la normalitat el nombre de morts diàries encara era de més de 400, més elevat que les habituals. Des de llavors hi ha hagut centenars d'estudis científics fets des de diferents disciplines científiques: medicina, química, biologia, estadística, etc. que intenten identificar i obtenir evidències sobre quins contaminants estan

presentes a l'aire, com ens afecten i quines mesures caldria impulsar per disminuir els seus efectes.



Figura 1. Fotografia de dia durant l'episodi de contaminació de 1952 a Londres (Dooley, 2002)

QUÈ ÉS LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA I QUINS TIPUS DE CONTAMINANTS HI HA A L'AIRE?

L'Agència de Protecció del Medi Ambient dels Estats Units defineix la contaminació atmosfèrica com una o més substàncies que tenen concentracions a l'aire suficientment altes com per produir danys als humans, a altres animals, a vegetació o a materials. Els contaminants es poden classificar de diverses maneres, però una d'elles és dividir-los en gasos i partícules en suspensió (moltes vegades conegudes com a PM, de l'anglès *particulate matter*). Els gasos són aquells contaminants que estan en estat gasós o vapor. Els gasos contaminants més rellevants per les seves conseqüències en la salut són el diòxid de nitrogen (NO₂), el diòxid de sofre (SO₂) o l'ozó troposfèric (O₃) (no confondre amb l'ozó estratosfèric, la coneguda capa d'ozó, que es troba a 20 km d'altura i ens protegeix de la radiació ultraviolada). Les partícules en suspensió inclouen totes aquelles substàncies que es troben en l'aire en estat líquid o sòlid. Aquestes inclouen, per exemple, la pols d'origen mineral (sorra) o el sutge.

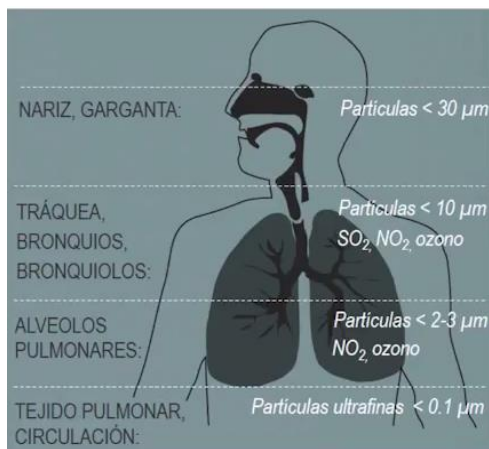


Figura 2. Parts del cos on poden arribar les partícules segons la seva mida. Font: ISGlobal

La mida és important per a la nostra salut

Una característica important de les partícules és la seva mida, ja que això determina, en part, els efectes que poden causar en la salut. Els humans hem desenvolupat maneres de filtrar les partícules, sobretot les d'origen natural, que són més grans. Així, les partícules de més de 10 µm queden retingudes al nas o la gola (Figura 2). Les de menys de 10 µm ja són respirables, arriben al pulm3n, però si són de més de 2.5 µm només

poden arribar als bronquis o als bronquiolos. Les partícules de menys de 2.5 µm, anomenades fines, poden arribar fins als alv3ols. Finalment, les partícules ultrafines, de menys de 0.1 µm, poden arribar al teixit pulmonar i passar al torrent sanguini, des d'on poden arribar a qualsevol part del cos i causar problemes, cosa que les fa més perilloses.

La Figura 3 il·lustra la mida de diferents partícules segons els seu origen. En les no respirables hi trobem el pol·len, algunes espores, la pols mineral (sorra) i les cendres més grans. De 1 a 10 µm hi trobem la majoria de bacteries, la pols de casa, àcars, al·lèrgens, i algunes partícules de combustió, sobretot d'olis. En el rang d'ultrafines hi trobem partícules provinents de la combustió, per exemple dels vehicles, de fàbriques o del tabac, i els virus.

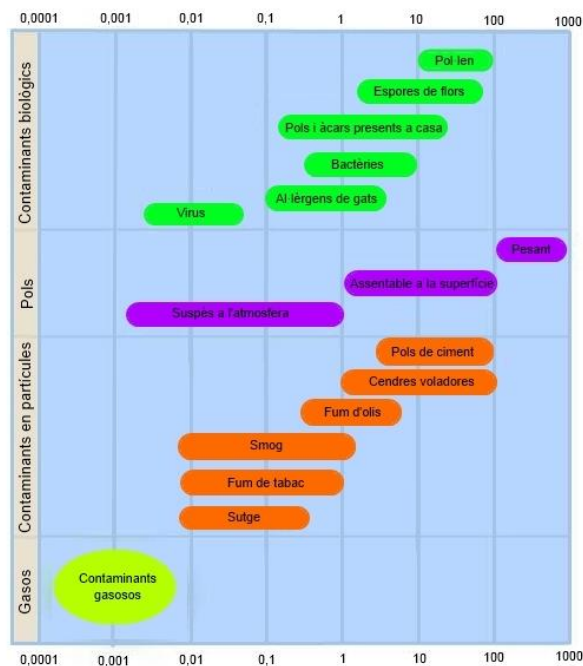


Figura 3. Exemples de mida de les partícules segons tipus o origen expressada en µm. Font: Viquipèdia.

QUINS EFECTES TENEN SOBRE LA NOSTRA SALUT?

Quan es descriuen els efectes de la contaminació en la salut normalment es separen els efectes d'una exposició aguda (per exemple, un dia puntual amb molta contaminació) i els efectes d'una exposició crònica (viure durant anys respirant aire contaminat). L'exposició aguda afecta

majoritàriament a poblacions susceptibles, sobretot a gent amb problemes de salut preexistents (per exemple asmàtics o malalts del cor). En canvi, l'exposició crònica pot contribuir a desenvolupar condicions cròniques (per exemple asma o aterosclerosi) en persones que altrament haguessin estat sanes, cosa que al seu torn les posa també a risc de patir els efectes d'exposició aguda. En general, els efectes en la salut de l'exposició crònica a contaminació són molt més grans que els de l'exposició aguda. Aquesta divisió entre efectes d'exposició aguda i crònica serveix per la majoria de grans grups de malalties que s'han relacionat amb la contaminació, les quals es passen a descriure tot seguit.

Efectes en la salut respiratòria

L'exposició aguda a contaminació (dies amb pics de contaminació) augmenta el risc de morir o de ser hospitalitzat per malalties respiratòries. També augmenta el nombre de gent que pateix atacs d'asma i el consum de medicaments relacionats amb el sistema respiratori. Com s'ha comentat, aquests augments de risc es donen en població ja susceptible. A més a més, també s'han documentat disminucions transitòries (recuperables) de la capacitat pulmonar, sobretot en asmàtics o persones amb malaltia pulmonar obstructiva crònica. Un exemple és un estudi a Londres que feia passejar durant dues hores a asmàtics per Oxford Street (carrer molt transitat) i en una altra ocasió per Hyde Park (un parc sense trànsit) (McCreanor i altres, 2007). Després de les dues hores passejant per Oxford Street, els participants patien una reducció del 6% de la capacitat pulmonar, mentre que això no es donava quan passejaven per Hyde Park.

Pel que fa als efectes d'exposició crònica a contaminació, hi ha estudis que la relacionen amb més risc de desenvolupar asma i càncer de pulmó (Thurston i altres, 2017). També s'ha vist que l'exposició a contaminació afecta a la capacitat pulmonar en totes les fases de la vida. La capacitat pulmonar va augmentant amb l'edat, fins que assolim el nostre màxim al voltant dels 20 anys. A partir d'aquí, comença una lenta disminució fins al final de la vida (línia verda de la Figura 4). Quan s'assoleixen uns nivells massa baixos de capacitat pulmonar s'entra en una situació d'extrema fragilitat que ens posa a risc de patir esdeveniments fatals. Com s'ha dit, la contaminació incideix en la capacitat pulmonar en totes les edats. Durant la joventut, pot endarrerir-ne el creixement i evitar que s'assoleixi el màxim de capacitat pulmonar que

s'hagués assolit vivint en una zona menys contaminada (línies inferiors de la Figura 4, negra i groga). Això fa que es tingui menys marge de declivi fins a arribar a nivells crítics a la vellesa (s'hi arribarà abans), per tant, l'exposició a contaminació durant la infància incideix en el que passarà a la vellesa. Igualment, en l'edat adulta, estar exposat a nivells alts de contaminació pot accelerar el decreixement de capacitat pulmonar (línies vermella i negra a la Figura 4). Això també facilita que s'arribi abans als nivells crítics.

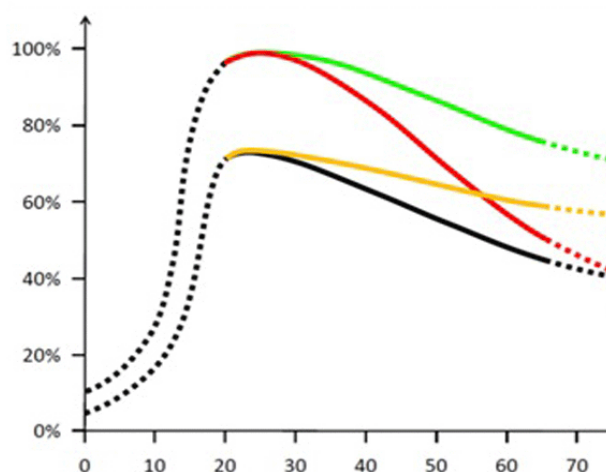


Figura 4. Exemple esquemàtic de possibles trajectòries de capacitat pulmonar al llarg de la vida, expressada en anys (Melén i Guerra 2017).

Efectes en la salut cardiovascular

Els efectes de la contaminació en la salut respiratòria són els primers que es van descriure, per ser també els més obvis (respirem la contaminació, per tant pot afectar als pulmons). No obstant, avui en dia hi ha molta evidència de que la contaminació provoca també efectes cardiovasculars (Brook i altres, 2010; Thurston i altres, 2017). Els pics de contaminació provoquen augments del risc d'infart de miocardi, insuficiència cardíaca, ictus i arítmies, així com també augments de la pressió arterial. Aquests increments de risc es tradueixen en augments del nombre de morts prematures i hospitalitzacions per causes cardiovasculars. Al tractar-se d'exposicions agudes, afecten sobretot a persones amb problemes cardiovasculars previs.

No obstant, també hi ha evidències que l'exposició crònica a contaminació contribueix al desenvolupament de l'aterosclerosi i a la gènesi de la hipertensió crònica. L'aterosclerosi, el procés d'enduriment de les artèries i la formació de

plaques a les artèries, és el principal mecanisme que porta a patir infarts de miocardi o ictus. La hipertensió, per la seva banda, també és un dels principals factors associats al risc d'infart o ictus. Així doncs l'exposició a contaminació contribueix no només a l'empitjorament de les malalties cardiovasculars, sinó també a la seva aparició.

Efectes cognitius

En els darrers anys està creixent l'evidència que la contaminació pot afectar al cervell i provocar efectes cognitius tant a la infància (alentiment del desenvolupament) com en la vellesa (acceleració del declivi cognitiu) (Block i altres, 2012). Alguns estudis també suggereixen que la contaminació podria augmentar el risc de demència, Alzheimer, Parkinson o depressió. Malgrat que les evidències continuen creixent, la comunitat científica de moment considera que la relació entre contaminació i efectes cognitius és possible però no establerta (Grandjean and Landrigan 2014).

Quines evidències tenim que reforcen la relació entre cognició i contaminació?

Un estudi recent va detectar nanopartícules de magnetita en teixit cerebral humà (Maher i altres, 2016). Aquestes partícules es formen durant la combustió, per exemple en els vehicles. Així, aquest estudi va demostrar que partícules formades a l'exterior del cos podien accedir al cervell, que anys enrere es considerava estanc a partícules externes. Aquestes partícules són tòxiques pel cervell i podrien ser un dels mecanismes que expliquen l'associació entre contaminació, cognició i malalties neurodegeneratives.

Recentment a Barcelona es va dur a terme un estudi (estudi BREATHE) en el que van participar 2715 nens de 7 a 10 de 39 escoles (J. Sunyer i altres, 2015). En l'estudi es van mesurar les concentracions de contaminació a les escoles, tant dins de les aules com als patis. També es van administrar diversos tests de memòria de treball i d'atenció als nens en quatre visites diferents durant un any. Aquestes capacitats estan en ple desenvolupament durant aquestes edats, i per tant es va poder observar una trajectòria de millora durant l'any d'estudi. No obstant, analitzant els resultats en funció dels nivells de contaminació de cada escola, i controlant per altres variables que poguessin explicar l'associació com el nivell socioeconòmic, es va veure que els alumnes d'escoles més contaminades tenien un

desenvolupament més lent que els d'escoles menys contaminades (Figura 5). En concret, mentre que en les escoles menys contaminades hi havia una millora d'un 12% durant un any, en les més contaminades la millora era d'un 7%.

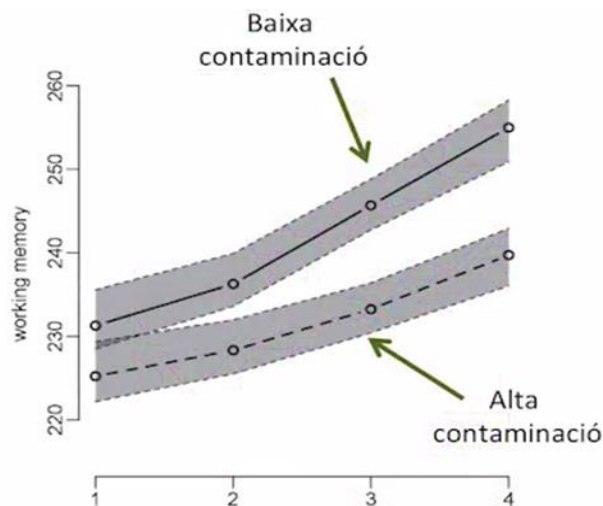
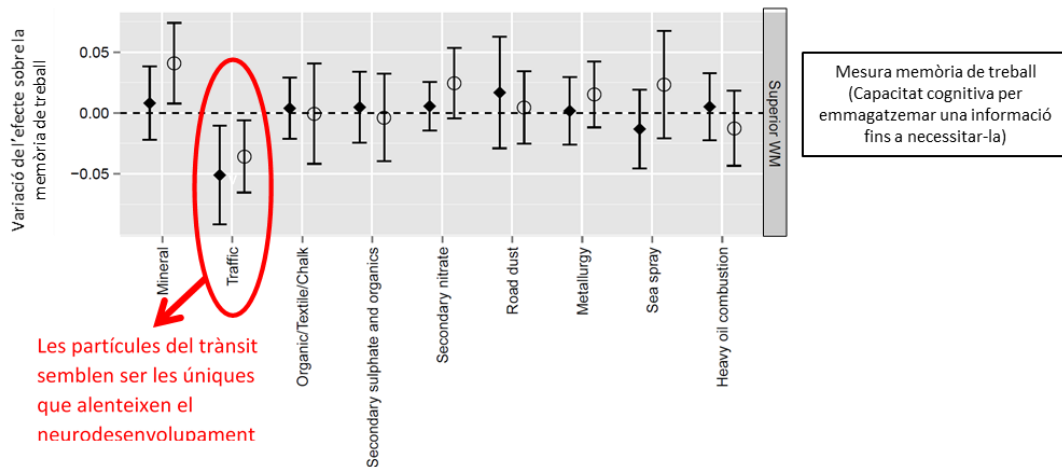


Figura 5. Trajectòries de la memòria de treball durant un any en escoles amb alta i baixa contaminació (Sunyer i altres, 2015).

L'estudi BREATHE ha produït altres resultats rellevants. Per exemple, gràcies a l'anàlisi química de les partícules que quedaven atrapades en els filtres dels aparells de mesura es va poder quantificar quines eren les fonts de les partícules i quin percentatge representaven en cada escola. Per exemple, als patis, el percentatge més alt de partícules eren d'origen mineral, provinent de la sorra dels patis, mentre que a l'interior de les classes les més nombroses corresponien al grup que contenia partícules provinents de la pell i de la roba dels nens i del guix. Quan es va repetir l'anàlisi de la relació entre tests cognitius i partícules diferenciant pel seu origen, només les partícules provinents del trànsit van mostrar efectes perjudicials per la cognició (Figura 6) (Basagaña i altres, 2016). En un subestudi de BREATHE amb 263 nens es van fer ressonàncies magnètiques del cervell i es va confirmar l'alentiment de la maduració del cervell en els que assisteixen a escoles més contaminades (Pujol i altres, 2016). A part d'analitzar els efectes de l'exposició crònica a contaminació, una altra anàlisi va observar que la capacitat d'atenció també és vulnerable als pics de contaminació. Independent de l'escola on anaven, els dies amb nivells més alts de contaminació es recollien pitjors tests d'atenció que en els dies amb nivells més baixos (Sunyer i altres, 2017).



Fonts de les partícules PM2.5

Figura 6. Canvi en la trajectòria de la memòria de treball superior el funció de les partícules amb intervals de confiança al 95%. Valors negatius indiquen un alentiment del desenvolupament (Basagaña i altres, 2016).

ALGUNES EVIDÈNCIES QUE ESTEM BUSCANT

Recentment ha començat el projecte de recerca ATENCIÓ, liderat conjuntament per l'Institut de Salut Global de Barcelona (ISGlobal) i el Centre de Recerca per a l'Educació Científica i Matemàtica (CRECIM), i que compta amb el suport de RecerCaixa, un programa impulsat per l'Obra Social "la Caixa" amb la col·laboració de l'ACUP. Aquest projecte pretén confirmar algunes de les troballes de l'estudi BREATHE fent servir un disseny experimental. Una de les crítiques que tenen els estudis observacionals, com BREATHE, és que per molt que s'intenti controlar per altres variables importants sempre es pot haver deixat fora alguna cosa que expliqui la relació observada i que no sigui la contaminació. Els experiments permeten esvair aquests dubtes, encara que sovint són més difícils d'implementar. Moltes vegades, com en el cas d'ATENCIÓ, es restringeixen a avaluar associacions a curt termini. Els experiments també compten moltes vegades amb problemes ètics. Per exemple, no es pot posar algú a respirar aire amb nivells de contaminació molt alts, o assignar a algú a viure en una zona contaminada. Al projecte ATENCIÓ solucionem el problema ètic no contaminant l'aire sinó purificant-lo, cosa que ens permet comparar les condicions actuals (contaminació alta) amb escenaris més nets.

Així, en el projecte ATENCIÓ volem veure si purificant l'aire, i per tant disminuint el nivell de partícules, es millora el rendiment en els tests d'atenció. Per fer-ho, dividirem aleatòriament a

classes de 3er d'ESO en dos grups, que aniran a dues aules diferents, una amb un purificador que funcionarà correctament, i l'altra amb un purificador que només recircularà l'aire sense filtrar-lo. En les dues aules es realitzaran les mateixes activitats, i al cap de 2 hores, els alumnes realitzaran els tests d'atenció. Si detectem que els alumnes de l'aula amb aire purificat responen millor, tindrem una evidència més que l'exposició a partícules pot alterar les capacitats d'atenció a curt termini.

REDUIR LA CONTAMINACIÓ FUNCIONA!

Tot i que a nivell científic quedin encara preguntes per resoldre, hi ha evidències suficients com per exigir que es prenguin mesures per disminuir els nivells de contaminació atmosfèrica a les ciutats el més aviat possible. Els efectes cardiovasculars, respiratoris i de mortalitat prematura, molt més establerts, així com algunes anàlisis econòmiques, justifiquen aquestes accions. La confirmació del efectes cognitius, així com d'altres efectes en la salut on comença a haver-hi evidències emergents, com els efectes en la diabetis o la reproducció, no farien res més que confirmar aquesta necessitat i fer-la més palesa.

A més, ja hi ha estudis que mostren els beneficis de les reduccions dels nivells de contaminació. Per exemple, a EEUU, on s'han fet polítiques que han permès reduir a la meitat les concentracions de partícules contaminants de menys de 2,5 micres entre 1980 i 2010, s'han reduït un 33% les morts prematures degudes a la contaminació i en conseqüència s'ha augmentat en 6 mesos l'esperança de vida (Fann i altres. 2017).

A Califòrnia, un estudi ha mostrat com el decreixement de les concentracions de partícules ha anat en paral·lel a la disminució del percentatge de nens amb baixa capacitat pulmonar (Figura 7) (Gauderman i altres. 2015). Un altre estudi també a Califòrnia va mostrar com les comunitats que havien experimentat reduccions més grans en els nivells de partícules eren les que mostraven una reducció més gran en el percentatge de nens amb símptomes de bronquitis, mentre que en les comunitats on les reduccions de partícules eren modestes, el percentatge de bronquitis es mantenia pràcticament igual (Berhane i altres, 2016).

Per totes les raons exposades en aquest article, la reducció dels nivells de contaminació atmosfèrica suposen una de les actuacions de salut pública amb un potencial de beneficis més ampli arreu del planeta.

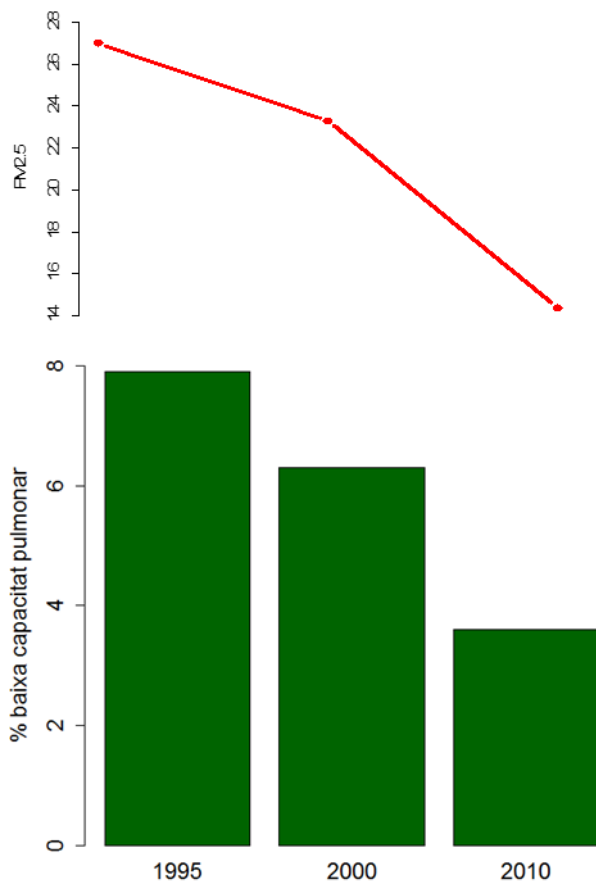


Figura 7. Evolució de les concentracions de partícules i el percentatge de nenes amb baixa capacitat pulmonar a Califòrnia (Gauderman i altres, 2015)

AGRAÏMENTS

Aquest article s'ha desenvolupat en el marc dels projectes "Ciència Ciutadana per analitzar l'efecte de la contaminació en al funció cognitiva dels adolescents (ATENCIÓ)" finançat per RecerCaixa (2017 ACUP 00274) i "ParticipAIRE" (FCT-17-11955).

BIBLIOGRAFIA

- BASAGAÑA, X., ESNAOLA, M., RIVAS, I. i altres (2016). Neuro-developmental Deceleration by Urban Fine Particles from Different Emission Sources: A Longitudinal Observational Study. *Environmental Health Perspectives* 124 (10): 1630–36.
- BERHANE, K., CHANG, C. C., MCCONNELL, R., i altres. (2016). Association of Changes in Air Quality With Bronchitic Symptoms in Children in California, 1993-2012. *JAMA* 315 (14): 1491–1501.
- BLOCK, M. L., ELDER, A., AUTEN, R. L. i altres (2012). The Outdoor Air Pollution and Brain Health Workshop. *Neurotoxicology* 33 (5): 972–84.
- BROOK, R. D., SANJAY RAJAGOPALAN, POPE, C. i altres (2010). Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An Update to the Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* 121 (21): 2331–78.
- DOOLEY, E. E. (2002). "Fifty Years Later: Clearing the Air over the London Smog." *Environmental Health Perspectives* 110 (12): A748.
- FANN, N., KIM, S., OLIVES, C. SHEPPARD, L. (2017). Estimated Changes in Life Expectancy and Adult Mortality Resulting from Declining PM2.5 Exposures in the Contiguous United States: 1980-2010. *Environmental Health Perspectives* 125 (9): 097003.
- GAUDERMAN, W., URMAN, J. R., AVOL, E., i altres. (2015) Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children. *The New England Journal of Medicine* 372 (10): 905–13.
- GRANDJEAN, P., LANDRIGAN, P. (2014). Neurobehavioural Effects of Developmental Toxicity. *The Lancet. Neurology* 13 (3): 330–38.

- MAHER, B. A., AHMED, I. A. M., KARLOUKOVSKI, i altres (2016). Magnetite Pollution Nanoparticles in the Human Brain." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (39): 10797–801.
- MCCREANOR, J., CULLINAN, P., NIEUWENHUIJSEN, M. J., i altres (2007). Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma. *The New England Journal of Medicine* 357 (23): 2348–58.
- MELÉN, E., GUERRA, S. (2017). Recent Advances in Understanding Lung Function Development. *F1000Research* 6: 726.
- PUJOL, J., MARTÍNEZ-VILAVELLA, G., MACIÀ, D. i altres (2016). Traffic Pollution Exposure Is Associated with Altered Brain Connectivity in School Children. *NeuroImage* 129 (April): 175–84.
- SUNYER, J., M. ESNAOLA, M. ALVAREZ-PEDREROL, J. i altres (2015). Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *Plos Medicine* 12 (3).
- SUNYER, J., SUADES-GONZÁLEZ, E., GARCÍA-ESTEBAN, R. i altres (2017). Traffic-Related Air Pollution and Attention in Primary School Children: Short-Term Association. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)* 28 (2): 181–89.
- HURSTON, G. D., KIPEN, H., ANNESI-MAESANO, I. i altres (2017). A Joint ERS/ATS Policy Statement: What Constitutes an Adverse Health Effect of Air Pollution? An Analytical Framework. *The European Respiratory Journal* 49 (1).