

Impactes de les infraestructures verdes urbanes en la qualitat de l'aire

Un breu resum de l'estat de l'art i consideracions per l'Àrea Metropolitana de Barcelona, preparat per l'Alba Badia i la Gara Villalba des del projecte ERC Consolidador: Integrated System Analysis of Urban Vegetation and Agriculture (URBAG) <https://urbag.eu>

La contaminació de l'aire, principalment per la mobilitat del transport, la calefacció i la refrigeració a les ciutats, es considera un dels perills més grans per a la salut ambiental d'Europa i és responsable de 467.000 morts prematures l'any (EEA, 2016). A zones urbanes, on viu més gent i hi ha una quantitat més elevada d'emissions, la implementació de les infraestructures verdes és una de les estratègies de mitigació per millorar la qualitat de l'aire. Les infraestructures verdes inclouen arbres, bardisses, cobertes verdes, murs verds, agricultura urbana i periurbana i barreres verdes.

La vegetació pot millorar la qualitat de l'aire urbà de manera directa i indirecta. De manera directa, elimina els contaminants a través dels seus estomes, interceptant i descomponent compostos (Baker et al., 1989) i actuant com a barrera física, perquè provoca la deposició de contaminants atmosfèrics sobre el fullatge (augmentant la rugositat superficial) (Yang et al., 2008) i pertorba el flux del vent (Ghasemian et al., 2017). En particular, s'ha demostrat que les barreres verdes o tanques verdes disminueixen les concentracions de contaminants atmosfèrics específics d'una àrea. Per exemple, darrere d'una tanca verda, les partícules (PM) i el diòxid de nitrogen (NO₂) poden disminuir fins a un 60% i un 53%, respectivament (Tomson et al., 2021).

Els espais verds també poden reduir la contaminació indirectament, a causa de l'efecte de refredament de la vegetació. Aquest refredament és degut a l'evapotranspiració (és a dir, l'evaporació de les plantes i la superfície terrestre més la transpiració de les plantes) que proporciona un mecanisme per mitigar l'efecte de l'illa de calor urbana (Feyisa et al., 2014), particularment a la nit, quan aquest efecte és significatiu. Aquest refredament també és important per reduir l'impacte de les onades de calor (Gilabert et al., 2021) que cada vegada són més freqüents a causa del canvi climàtic. A banda d'això, el refredament que provoquen els espais verds reforça el flux del canó del carrer, tot dispersant els contaminants i reduint les concentracions de contaminants primaris com els diòxids de nitrogen (NO i NO₂) fins a un 50% (Baik et al., 2012). L'efecte del refredament de la vegetació, especialment a l'estiu, redueix encara més els contaminants perquè disminueix la velocitat de les reaccions fotoquímiques que formen l'ozó (O₃) (Akbari et al., 2001), mentre que redueix el consum d'electricitat per produir aire condicionat als edificis (Rowe et al., 2011). Tenint en compte que els edificis són responsables del 20%-40% de la demanda global d'energia total (Pérez-Lombard et al., 2008), la implantació d'espais verds podria reduir el consum d'energia i, a la vegada, la contaminació.

No obstant això, encara hi ha molt poca evidència quantitativa de l'eficàcia o eficiència dels espais verds a les ciutats per millorar la qualitat de l'aire. Segons el tipus d'infraestructura verda, el clima i la morfologia de la ciutat i la regió que l'envolta, els impactes poden canviar quantitativament i qualitativament. Per exemple, alguns estudis han demostrat que la implementació de les infraestructures verdes pot tenir conseqüències no desitjades, com ara reduir la dispersió de contaminants al nucli de la ciutat a causa de l'alteració de les brises naturals (Tomson et al., 2021), augmentar els compostos orgànics volàtils biogènics (bCOV) (Kumar et al., 2019) i augmentar les emissions de pol·len i provocar més al·lèrgies (Cariñanos et al., 2011). Tot i que la gran majoria dels COV emesos a escala global són d'origen

biogènica (*Guenther et al. 2012*), les emissions antropogèniques són relativament més importants a les zones urbanes. Tanmateix, l'isoprè, que té fonts biogèniques i antropogèniques, és elevat a les zones urbanes, especialment a l'estiu. En el context de les infraestructures verdes urbanes, les emissions de COV més importants són les dels arbres, perquè en gairebé totes les situacions urbanes aportaran la major part de la biomassa foliar. Les emissions biogèniques varien considerablement en la composició química entre les espècies d'arbres. Els COV participen en reaccions químiques a l'atmosfera que poden conduir a la formació de contaminants atmosfèrics secundaris com l'ozó (*Chameides et al. 1988*) i les partícules orgàniques secundàries (*Wyche et al. 2014*). Com que aquestes reaccions químiques triguen unes quantes hores a generar concentracions elevades de contaminants d'ozó o partícules, l'emplaçament precís de la infraestructura verda que emet bCOV dins de la coberta urbana no és important. Això contrasta amb els efectes de dispersió i deposició de les infraestructures verdes, que són molt específics de l'emplaçament. Aleshores, des d'una perspectiva política, quan s'implementa una infraestructura verda per al control de la contaminació per dispersió i deposició, els efectes negatius sobre la contaminació atmosfèrica secundària (és a dir, la formació d'ozó i partícules) es poden considerar separatament, perquè no són efectes locals.

Les emissions a les zones urbanes de COV d'una població arbòria típica contribueixen en un 10% a les concentracions de O₃ de les grans ciutats-regions (*Calfapietra et al. 2013*). Malauradament, no hi ha cap manera fàcil de predir de manera fiable si una determinada espècie d'arbre emet o no un determinat bCOV, ni a quina velocitat específica. No obstant això, si s'ha de modificar significativament la població d'arbratge urbà total (més d'un ~10%), s'ha de prestar atenció a l'elecció de les espècies d'arbre utilitzades, per tal de no agreujar les taxes d'emissió de bCOV. S'han desenvolupat algunes bases de dades d'emissions de bCOV (<http://www.es.lanccs.ac.uk/cnhgroup/iso-emissions.pdf>; Keenan et al. 2009; <http://bai.acom.ucar.edu/Data/BVOC>) per ajudar a seleccionar les espècies d'arbres que volem plantar, d'acord amb les seves emissions bCOV.

L'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) compta amb més de tres milions de persones i és l'àrea urbana més poblada de la costa mediterrània i una de les metròpolis més grans d'Europa. Barcelona, la seva capital, registra anualment un dels nivells de contaminació atmosfèrica més alts d'Europa, i els contaminants més problemàtics són les partícules (PM_{2.5}, PM₁₀) i NO₂ (*Rico et al., 2019*). Hi ha un altre problema de qualitat de l'aire a la plana de Vic, que registra nivells molt alts d'ozó, i supera els recomanats per l'Organització Mundial de la Salut (OMS), quan la brisa marina transporta la contaminació des de l'AMB terra endins fins a aquesta zona rural (*Querol et al., 2017*).

A escala de l'AMB, cada vegada hi ha més interès en les infraestructures verdes, com ara els corredors verds —se'n volen crear més de 750 km durant els anys vinents—, els parcs urbans —se'n volen augmentar unes 3586.74 ha— i l'agricultura urbana i periurbana —que es vol recuperar a zones abandonades. En l'estudi realitzat pel Centre d'Investigació Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) es va calcular que en un any els arbres de Barcelona són capaços d'eliminar més de 305 tones de contaminants (*Chaparro et al., 2009*): 5 tones de monòxid de carboni (CO), 55 tones de diòxid de NO₂, 72 tones de O₃, 166 tones de partícules de menys de 10 µm (PM₁₀) i 7 tones de diòxid de sofre (SO₂). Així i tot, els COV que emeten anualment els arbres de la ciutat ascendeixen a 184 tones i poden tenir un impacte negatiu en la qualitat de l'aire. Un altre estudi publicat per l'Institut de Salut Global de Barcelona (ISGlobal), determina que l'excés de contaminació atmosfèrica, soroll i calor i la manca d'accés als espais verds a Barcelona provoquen més de 900 morts a l'any, que representa el 7% de la mortalitat prematura total (*Iungman et al., 2021*).

Aquestes xifres reflecteixen la importància d'afegir més espais verds a les ciutats. Així i tot, s'han de tenir en compte els efectes negatius de la vegetació, com l'augment de COVs i el canvi en la dispersió

de contaminants. Per aquest motiu, encara falten estudis que avaluïn els beneficis de les infraestructures verdes, com la deposició de contaminants, contra els potencials de formació de contaminants secundaris de les infraestructures verdes. Per poder-ne fer estudis més acurats, s'ha de fer una revisió de les espècies més adequades en cada regió abans de fer cap implementació d'infraestructura verda a les ciutats.

A part de la implementació de les infraestructures verdes a les zones urbanes, on hi ha nivells molt alts d'emissions, també es poden aplicar altres estratègies que poden ajudar a millorar la qualitat de l'aire, com ara el teletreball (*Badia et al., 2021*) o les zones de baixes emissions (*Rodríguez-Rey et al., 2022*). Les restriccions de mobilitat per la pandèmia van obligar molta gent a treballar des de casa, cosa que va incrementar el teletreball i va millorar la qualitat de l'aire a les ciutats. Partint d'aquesta situació excepcional, els investigadors del projecte URBAG de l'ICTA-UAB van realitzar un estudi pilot a gran escala que permet reflexionar sobre les lliçons apreses durant el confinament en termes de reducció de la contaminació de l'aire. La conclusió principal d'aquest estudi, publicat al npj Urban Sustainability (*Badia et al., 2021*), és que implantar el sistema de teletreball dos, tres i quatre dies per setmana permetria reduir els nivells de diòxid de NO₂, el principal contaminant relacionat amb les emissions de trànsit, d'un 4%, d'un 8% i d'un 10%.

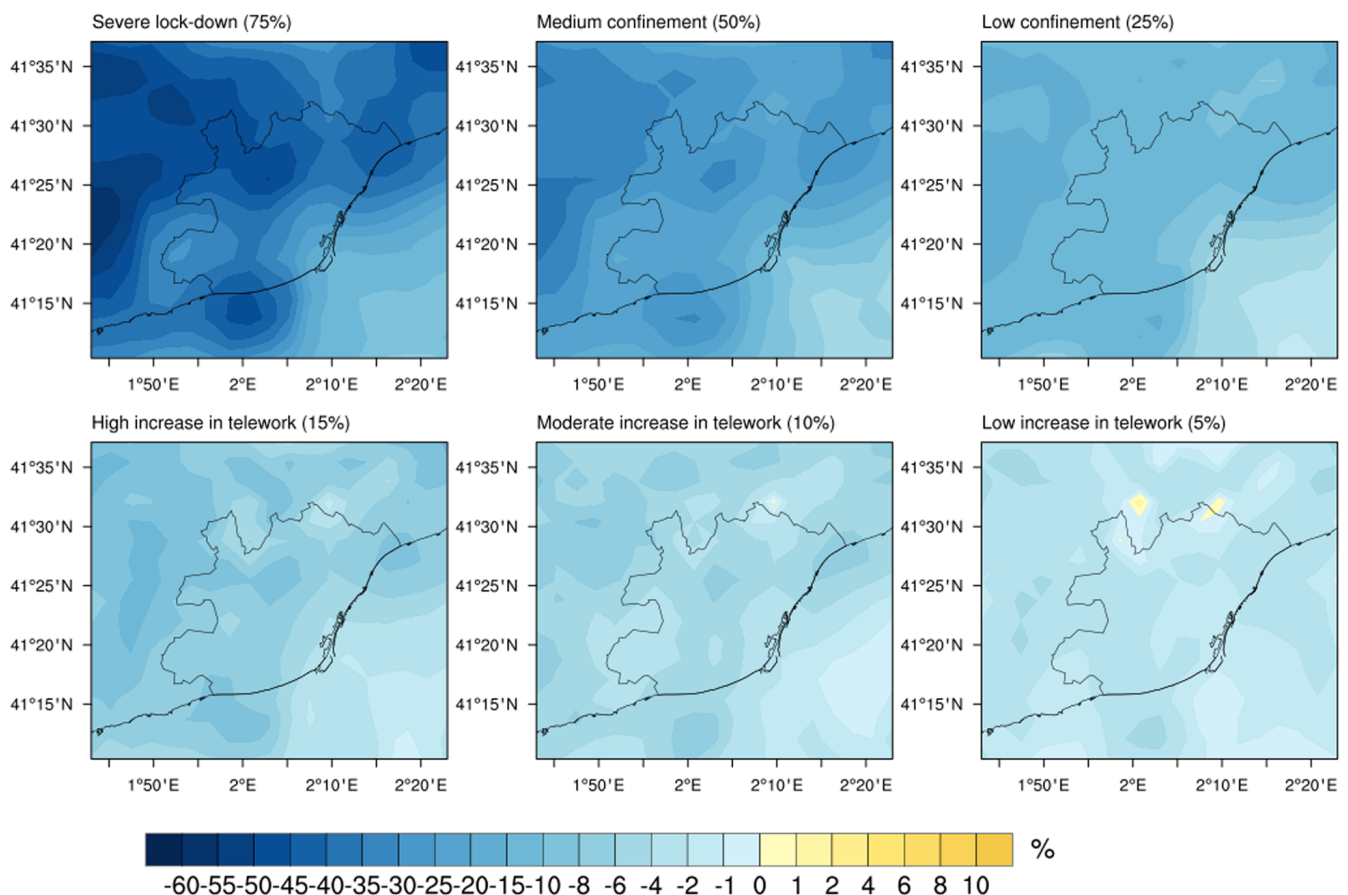


Figure 1: Difference (in %) in NO₂ concentrations between the base case and each scenario during typical morning high pollution peak hours (7–9 h) in the Metropolitan Area of Barcelona for March 2016 (only weekdays days Monday–Friday) from *Badia et al., 2021*.

References

- EEA. Stronger measures needed to tackle harm from air pollution. (2016).
- Baker, A. J. M. & Brooks, R. R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 81–126 (1989).
- Yang, J., Yu, Q. & Gong, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmos. Environ.* 42, 7266–7273 (2008).
- Ghasemian, M., Seyedmorteza, A. & Marko, P. The influence of roadside solid and vegetation barriers on near-road air quality. *Atmos. Environ.* 170, 108–117 (2017).
- M. Tomson, P. Kumar, Y. Barwise, P. Perez, H. Forehead, K. French, L. Morawska, J.F. Watts
Green infrastructure for air quality improvement in street canyons *Environ. Int.*, 146 (2021), Article 106288
- Feyisa, G. L., K. Dons, and H. Meilby (2014), Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa, *Landscape Urban Plann.*, 123, 87–95, doi:10.1016/j.landurbplan.2013.12.008.
- Gilabert, J., Ventura, S., Segura, R., Martilli, A., Badia, A., Llasat, C., Corbera, J., & Villalba, G. (2021). Abating heat waves in a coastal Mediterranean city: What can cool roofs and vegetation contribute? In *Urban Climate* (Vol. 37, p. 100863). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100863>
- Baik, J. J., Kwak, K. H., Park, S. B. & Ryu, Y. H. Effects of building roof greening on air quality in street canyons. *Atmos. Environ.* 61, 48–55 (2012).
- Akbari, H., Pomerantz, M. & Taha, H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Sol. Energy* 70, 295–310 (2001).
- Rowe, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environ. Pollut.* 159, 2100–2110 (2011).
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J. & Pout, C. A review on buildings energy consumption information. *Energy Build.* 40, 394–398 (2008).
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., Hoang, U., Hama, S., Tiwari, A., Sharma, A., Abhijith, K. V., Adlakha, D., McNabola, A., Astell-Burt, T., Feng, X., Skeldon, A. C., de Lusignan, S., & Morawska, L. (2019). The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. In *Environment International* (Vol. 133, p. 105181). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>
- Cariñanos, P., & Casares-Porcel, M. (2011). Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. In *Landscape and Urban Planning* (Vol. 101, Issue 3, pp. 205–214). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.006>
- Guenther, A. B., Jiang, X., Heald, C. L., Sakulyanontvittaya, T., Duhl, T., Emmons, L. K., and Wang, X.: The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions, *Geosci. Model Dev.*, 5, 1471–1492, <https://doi.org/10.5194/gmd-5-1471-2012>, 2012.
- Chameides, W. L., Lindsay, R. W., Richardson, J., & Kiang, C. S. (1988). The Role of Biogenic Hydrocarbons in Urban Photochemical Smog: Atlanta as a Case Study. In *Science* (Vol. 241, Issue 4872, pp. 1473–1475). American Association for the Advancement of Science (AAAS). <https://doi.org/10.1126/science.3420404>
- Wyche, K. P., Ryan, A. C., Hewitt, C. N., Alfarra, M. R., McFiggans, G., Carr, T., Monks, P. S., Smallbone, K. L., Capes, G., Hamilton, J. F., Pugh, T. A. M., and MacKenzie, A. R.: Emissions of biogenic volatile organic compounds and subsequent photochemical production of secondary organic aerosol in mesocosm studies of temperate and tropical plant species, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12781–12801, <https://doi.org/10.5194/acp-14-12781-2014>, 2014.
- Calfapietra, C., Fares, S., Manes, F., Morani, A., Sgrigna, G., & Loreto, F. (2013). Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review. In *Environmental Pollution* (Vol. 183, pp. 71–80). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.012>

- Rico, M. et al. Informe qualitat de l'aire de Barcelona, Technical report. Agència de Salut Pública de Barcelona. (2019).
- Querol, X., Gangoiti, G., Mantilla, E., Alastuey, A., Minguillón, M. C., Amato, F., Reche, C., Viana, M., Moreno, T., Karanasiou, A., Rivas, I., Pérez, N., Ripoll, A., Brines, M., Ealo, M., Pandolfi, M., Lee, H.-K., Eun, H.-R., Park, Y.-H., Escudero, M., Beddows, D., Harrison, R. M., Bertrand, A., Marchand, N., Lyasota, A., Codina, B., Olid, M., Udina, M., Jiménez-Esteve, B., Soler, M. R., Alonso, L., Millán, M., and Ahn, K.-H.: Phenomenology of high-ozone episodes in NE Spain, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 2817–2838, <https://doi.org/10.5194/acp-17-2817-2017>, 2017.
- Chaparro, L.; Terradas, J. Serveis ecològics del verd urbà a Barcelona. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), Ajuntament de Barcelona, 2009.
- Iungman, T., Khomenko, S., Nieuwenhuijsen, M., Barboza, E. P., Ambròs, A., Padilla, CindyM., & Mueller, N. (2021). The impact of urban and transport planning on health: Assessment of the attributable mortality burden in Madrid and Barcelona and its distribution by socioeconomic status. In *Environmental Research* (Vol. 196, p. 110988). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110988>
- Badia, A., Langemeyer, J., Codina, X. *et al.* A take-home message from COVID-19 on urban air pollution reduction through mobility limitations and teleworking. *npj Urban Sustain* 1, 35 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00037-7>
- Rodríguez-Rey, D., Guevara, M., Linares, M. P., Casanovas, J., Armengol, J. M., Benavides, J., Soret, A., Jorba, O., Tena, C., & García-Pando, C. P. (2022). To what extent the traffic restriction policies applied in Barcelona city can improve its air quality? In *Science of The Total Environment* (Vol. 807, p. 150743). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150743>