



“Contaminación del aire, características urbanas e impactos en la salud en América Latina”

Nelson Gouveia
Departamento de Medicina Preventiva
Faculdade de Medicina
Universidade de Sao Paulo
Brazil
ngouveia@usp.br



Latin América

- mayoría de las ciudades no cuentan con monitoreo de la calidad del aire
- ¿media anual de $PM_{2,5}$ y NO_2 cumple con las directrices de la OMS?
- ¿Cuántos y quiénes están expuestos?
- ¿Qué factores urbanos influyen en la calidad del aire?
- ¿Cuáles son los impactos en la salud?

Métodos

Información sobre la contaminación del aire

- $PM_{2.5}$ y NO_2 estimados a partir de mediciones satelitales
- Ponderación por mediciones de estaciones de monitoreo y modelo de transporte geoquímico aplicado
- Medias anuales y mensuales
- Formato de cuadrícula donde cada celda de la cuadrícula representa 0,01 grados por 0,01 grados ($\sim 1.1\text{km}$ por 1.1km)

Datos de Contaminación del Aire a Partir de Lecturas de Satélite

Los puntos azules muestran lecturas satelitales de la contaminación del aire para áreas de 1 km x 1 km en São Paulo.



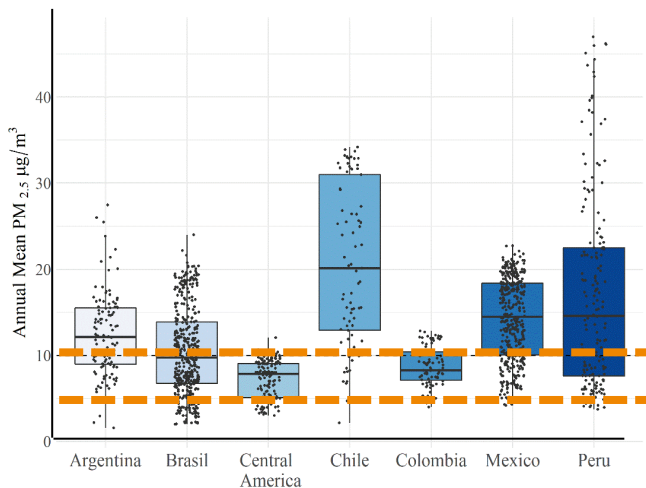
Métodos

factores de países, ciudades y “subciudades”

- Densidad de población
- PIB
- Fragmentación (número de áreas urbanas/superficie total)
- Precio del gas (ajustado al salario mínimo)
- Transporte público (BRT + metro + tranvía/superficie)
- Tasa de motorización
- Densidad de intersecciones (densidad de nodos del conjunto de nodos con más de una calle que emana de ellos)
- Índice de retrasos en el viaje/congestión
- Verdor (NDVI)

Contaminación del aire: exposición

Media anual de PM_{2.5}



371 ciudades para PM_{2.5}

Gouveia, Kephart et al. *Science of the Total Environment* (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145035>

Media anual de NO₂

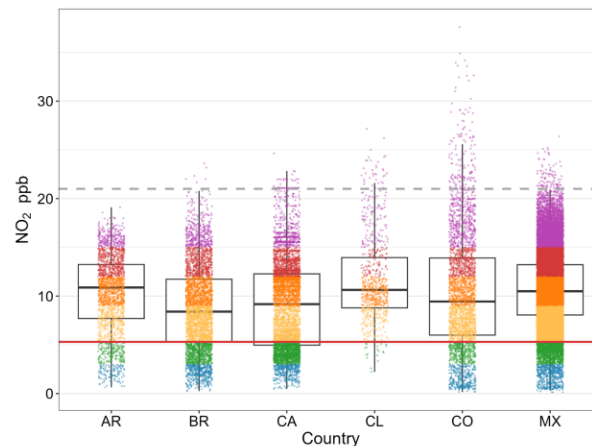


Figure 3. Annual ambient NO₂ within 47,187 urban neighborhoods in Latin America. Each dot represents annual NO₂ in one neighborhood. The red horizontal line represents the 2021 WHO guidelines for annual NO₂ (10 µg/m³ ≈ 5.3 ppb). The grey dashed line represents the pre-2021 guideline for annual NO₂ (40 µg/m³ ≈ 21 ppb), for reference. AR=Argentina; BR=Brazil; CA=cities in the Central American countries of Costa Rica, Guatemala, and Panama; CL=Chile; CO=Colombia; MX=Mexico.

>47 mil barrios para NO₂

Kephart, Gouveia et al. *Lancet Planet Health* (2023)
[https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(23\)00237-1](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00237-1)

Contaminación del aire: factores asociados – PM_{2.5}

Table 3

Mean differences in annual mean PM_{2.5} µg/m³ concentrations at the sub-city level associated with a 1 SD higher value of city and sub-city-level characteristics.

	Univariable	Full model	Full model with motorization rate ^c
	Estimate (95% CI)	Estimate (95% CI)	Estimate (95% CI)
City factors			
GDP per capita	1.00 (0.52, 1.47)	0.87 (0.43, 1.32)	0.65 (0.22, 1.09)
Population	2.57 (1.49, 3.65)	0.01 (−1.54, 1.57)	−0.71 (−2.60, 1.18)
Population growth %, 2010 to 2015	−0.13 (−0.55, 0.30)	−0.29 (−0.66, 0.09)	−0.06 (−0.45, 0.32)
Mass transit infrastructure ^a	1.17 (−0.19, 2.53)	−1.91 (−3.39, −0.42)	−1.87 (−3.40, −0.34)
Gas cost	−0.17 (−1.68, 1.33)	−0.09 (−1.74, 1.56)	−1.75 (−4.36, 0.86)
Patch density ^b	0.47 (−0.31, 1.25)	0.64 (−0.18, 1.46)	0.67 (−0.21, 1.56)
Population density	−0.71 (−1.41, −0.01)	−0.90 (−1.60, −0.20)	−0.84 (−1.87, 0.18)
Travel delay index	1.05 (0.13, 1.97)	0.26 (−0.70, 1.22)	−0.62 (−2.09, 0.84)
Motorization rate	1.55 (0.93, 2.18)		0.78 (0.12, 1.43)
Sub-city factors			
Intersection density	1.92 (1.70, 2.14)	1.91 (1.65, 2.17)	1.96 (1.67, 2.25)
Greenness	−1.39 (−1.72, −1.07)	0.13 (−0.23, 0.49)	0.06 (−0.34, 0.46)

Note: figures in bold are statistically significant (p < 0.05).

^a Binary presence or absence of mass transit infrastructure

^b Measure of urban fragmentation that is additionally adjusted for z-standardized % built-up area.

^c Based on subsample with 241 cities.

Gouveia, Kephart et al. *Science of the Total Environment* (2021) (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145035>)

Contaminación del aire: factores asociados – NO₂

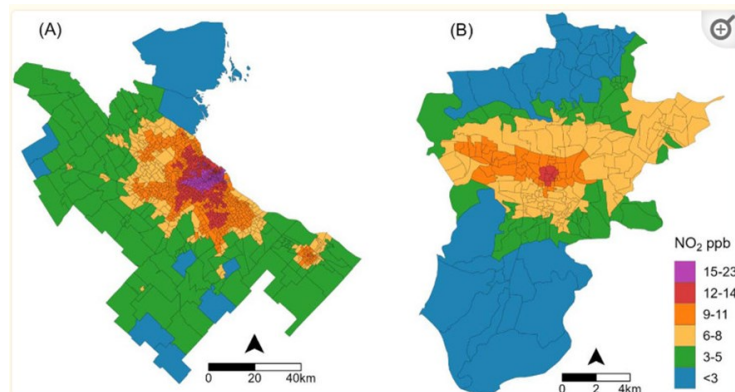


Table 3. Mean differences in neighborhood ambient NO₂ concentration (ppb) associated with a one-unit z-score increase in neighborhood- and city-level features in 47,187 urban neighborhoods in Latin America.

		Univariable		Multivariable (all)	
		Estimate	95% CI	Estimate	95% CI
Neighborhood-Level	Population density*	0.61	0.58 to 0.65	0.06	0.04 to 0.08
	Education*	1.80	1.77 to 1.84	0.64	0.61 to 0.67
	Intersection density*	0.56	0.53 to 0.59	0.02	-0.01 to 0.04
	Greenness*	-2.84	-2.87 to -2.82	-2.22	-2.25 to -2.19
	Distance from city center*	-1.79	-1.82 to -1.76	-0.87	-0.90 to -0.85
City-level	Population density*	0.47	0.10 to 0.84	0.34	0.06 to 0.63
	Education*	1.55	1.12 to 1.98	-0.05	-0.33 to 0.42
	Intersection density*	0.63	0.33 to 0.93	0.08	-0.15 to 0.30
	Greenness/vegetation*	-0.88	-1.16 to -0.61	0.08	-0.14 to 0.30
	Population size*	0.76	0.53 to 1.00	0.31	0.11 to 0.51
	GDP*	0.21	-0.05 to 0.47	-0.04	-0.23 to 0.16
	Congestion*	1.33	0.99 to 1.68	0.55	0.23 to 0.87

Kephart, Gouveia et al. *Lancet Planet Health* (2023)
[https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(23\)00237-1](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00237-1)

Características de la ciudad y niveles de contaminación del aire

Ciudades más grandes

Mayor PIB per cápita

Mayor tasa de motorización

Mayor congestión vehicular

Mayor densidad de intersecciones



mayor contaminación



Mayor densidad de población*

Más espacios verdes

Presencia de transporte público

Distancia del centro de la ciudad



menor contaminación



Asociación entre PM_{2.5} y mortalidad cardiovascular e respiratoria entre adultos

- 337 ciudades de 9 países
 - PM_{2.5} mensual (2009-2015)
 - Temperatura (ERA5-Land)
 - Medidas ponderadas por población
 - Mortalidad por ECV/Resp por subgrupos de sexo y edad (20-39, 40-59 y 60+ años)
- Modelos de Poisson específicos de cada ciudad, ajustados por estacionalidad, tendencia a largo plazo y temperatura.
 - Términos de interacción entre los cambios en PM_{2.5} y la edad.
 - Estimaciones combinadas específicas de cada ciudad mediante una metarregresión de efectos aleatorios.

Resultados

Estimated percent change in mortality (%) associated with 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in $\text{PM}_{2.5}$ by age group, 2009–2015 (n = 28,308 city-months from 337 cities).

	Both sexes		Males		Females	
	Change (95 % CI)	P-value	Change (95 % CI)	P-value	Change (95 % CI)	P-value
Cardiovascular						
All age groups	1.3 (0.4,2.2)	0.005	2.2 (1.1,3.3)	<0.001	0.3 (−0.9,1.5)	0.62
		0.002		<0.001		0.54
●20–39	−0.4 (−2.5,1.6)		0.1 (−2.3,2.7)		−0.5 (−3.7,2.9)	
●40–59	0.4 (−0.9,1.8)		1.1 (−0.5,2.7)		−0.5 (−2.0,1.1)	
●60+	1.5 (0.6,2.4)		2.5 (1.4,3.6)		0.4 (−0.8,1.6)	
Respiratory						
All age groups	0.9 (−0.6,2.4)	0.22	1.3 (−0.6,3.3)	0.17	0.4 (−1.3,2.2)	0.62
		0.06		0.13		0.20
●20–39	1.1 (−2.3,4.6)		2.0 (−2.3,6.5)		0.7 (−5.7,7.5)	
●40–59	2.6 (0.7,4.6)		2.9 (0.4,5.5)		3.0 (0.2,5.8)	
●60+	1.1 (−0.4,2.5)		1.8 (0.0,3.6)		0.3 (−1.5,2.1)	

Model included age (3 categories; 20–39, 40–64, 65+) + Interaction term between age and change in $\text{PM}_{2.5}$ + Time (seasonality; 12 months as categorical) + Time (overall trend; calendar month) + Monthly temperature (restricted cubic spline with knots at 10th, 75th, and 90th percentiles of city-specific distribution).

Note: For age-stratified estimates, the global p-value comes from a 3 degrees of freedom test where the null hypothesis is that all age coefficients are equal to zero.

Gouveia et al. Sci Total Environ. (2024) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171073>

Conclusiones

- Se analizaron 3.026.861 muertes cardiovasculares y 1.222.623 muertes respiratorias
- La población del estudio representa el 41 % de la población total de América Latina y el Caribe
- Un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el $\text{PM}_{2.5}$ mensual se asocia con un aumento del 1,3 % (0,4 a 2,2) en la mortalidad por ECV
- Asociación marginalmente significativa con la mortalidad respiratoria (0,9 % [IC del 95 %: -0,6 a 2,4])
- Los riesgos fueron mayores en los hombres, y la asociación con la mortalidad por ECV fue más fuerte a edades más avanzadas.