

La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021

Mayo 2022

Aidan Farrow¹, Andreas Anhäuser², Yung Jen Chen², Tatiana Cespedes³

¹ Laboratorio de Investigación de Greenpeace, Facultad de Ciencias de la Vida y el Medio Ambiente, Centro de Innovación Fase 2, Universidad de Exeter, Exeter, Reino Unido, ²Greenpeace East Asia, ³Greenpeace Andino

Hallazgos

- **¿Cuáles fueron las concentraciones de PM2.5 en 2021?**

La concentración media anual de PM_{2,5} estimada para el 2021 en Bogotá fue de 13,7 µg/m³, más del doble si se tiene en cuenta los parámetros de calidad del aire recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

- **¿Cuáles fueron los impactos en la salud?**

Se estima que la exposición a largo plazo a las partículas PM_{2,5} en Bogotá contribuyó a 3.400 fallecimientos prematuros durante 2021.

Si los parámetros y las directrices de la OMS de las concentraciones de PM_{2,5} se hubieran cumplido, la cantidad de fallecimientos prematuros atribuibles a la contaminación por PM_{2,5} podría haberse reducido en un 64 %, salvando unas 2200 vidas cada año.

- **¿Cómo se comparan los fallecimientos por contaminación del aire con los fallecimientos por otras causas?**

Se estima que hay 3.400 fallecimientos prematuros atribuibles a la exposición a PM_{2,5} en 2021. Per cápita, esta tasa de mortalidad es comparable con la del tabaquismo y es mucho mayor que las tasas de mortalidad por homicidio intencional o consumo de drogas en Colombia.

- **¿Cómo se puede mejorar la calidad del aire en Bogotá?**

Colombia debe comprometerse a mejorar la calidad del aire. La combinación de estrategias dirigidas hacia los mayores emisores de partículas finas (PM_{2,5}), incluida la reducción del uso de vehículos privados, los controles de fuentes industriales, las flotas de vehículos de baja y cero emisiones y los sistemas de limpieza vial ayudarán a lograr una buena calidad del aire a corto y largo plazo.

Tabla de Contenido

Hallazgos	1
Introducción	2
Métodología	4
Mediciones de Calidad del Aire Cerca del Suelo	5
Evaluación del Impacto en la Salud	5
Incertidumbre	7
Resultados	9
Conclusiones	12
Referencias	12

Introducción

“La carga global de enfermedades asociadas con la exposición a la contaminación del aire tiene un costo masivo en la salud humana en todo el mundo: se estima que la exposición a la contaminación del aire causa millones de fallecimientos y años perdidos de vida saludable anualmente. Ahora se estima que la carga de enfermedad atribuible a la contaminación del aire está a la par con otros importantes riesgos para la salud mundial, como la dieta poco saludable y el tabaquismo, y la contaminación del aire ahora se reconoce como la mayor amenaza ambiental para la salud humana”.

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021)

Las consecuencias por exposición a la contaminación del aire no solo son trágicas para las personas afectadas, sino que también tienen implicaciones más amplias para nuestra sociedad y la economía. Conduce a vidas más cortas, mayores costos médicos y menor productividad debido a la pérdida de días de trabajo (HRAPIE, 2013).

Colombia es un país que se urbaniza rápidamente y, a medida que crece la población de Bogotá, aumenta el número de personas expuestas a la contaminación del aire en la ciudad. Cada año, la exposición a la contaminación del aire provoca millones de fallecimientos y muertes prematuras y la pérdida de años de vida saludable. A nivel mundial, el riesgo de muerte que plantea la contaminación del aire es de una magnitud similar a la de las dietas poco saludables e incluso al tabaquismo (OMS, 2021). Los niños expuestos a la contaminación del aire en el período prenatal y temprano también tienen más probabilidades de experimentar resultados adversos para la salud en la edad adulta (OMS, 2018b).

Este reporte utilizó datos de monitores ubicados a nivel del suelo para estimar la cantidad de muertes prematuras que se pueden atribuir a la contaminación del aire por partículas finas

(PM_{2.5}, consulte el Cuadro 1). Para el caso de Bogotá se consideró la exposición a largo plazo a la contaminación por PM_{2.5}. También en este reporte se hace una comparación con cuatro de ciudades importantes ubicadas en diferentes regiones del planeta, Nueva York, Delhi, Kuala Lumpur y Seúl.

Las principales fuentes de contaminación atmosférica en Bogotá son el transporte terrestre, la suspensión de polvo de vías sin pavimentar, la industria y actividades comerciales como restaurantes y vendedores ambulantes (Pachón et al., 2018). Las vías de Bogotá están muy congestionadas; aproximadamente 2,1 millones de vehículos se registraron en Bogotá en 2015, y la cantidad de vehículos está aumentando rápidamente (Mangones et al. 2020). Las partículas contaminantes del aire también se transportan a la ciudad desde el exterior, una fuente que es especialmente importante y común durante algunas temporadas es las que la quema de biomasa (Ballesteros-González et al., 2020; Méndez-Espinosa et al., 2019).

Los problemas de contaminación atmosférica a los que se enfrenta la sociedad actual están íntimamente ligados a la crisis climática por una causa común, la quema de combustibles fósiles y las prácticas agrícolas no sostenibles. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) informó en 2022 que se requiere una reducción sustancial en el uso de combustibles fósiles para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire; debido a que el costo de la energía de bajas emisiones se ha reducido drásticamente y ahora puede ser más más costoso mantener una infraestructura intensiva en emisiones que hacer la transición a energías renovables (IPCC, 2022).

Recuadro 1: ¿Qué es PM_{2.5}?

El material particulado (PM) es la contaminación en forma de pequeñas partículas líquidas o sólidas suspendidas en la atmósfera. La contaminación por PM se describe según el tamaño de las partículas, en lugar de las sustancias químicas que contienen.

PM_{2.5} se refiere a cualquier partícula que tenga menos de 2.5 micrómetros de diámetro; a veces se le conoce como "*partículas finas*" o "*partículas finas en suspensión*" (FSP). Las partículas PM_{2.5} son lo suficientemente pequeñas como para penetrar profundamente en los pulmones hasta la región de intercambio de gases (Morakinyo et al., 2016).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publica pautas para la calidad del aire que están diseñadas para proteger la salud pública. Las directrices de calidad del aire de la OMS se determinan a través de revisiones detalladas de las últimas investigaciones científicas y se aplican a diferentes concentraciones de contaminantes del aire durante diferentes períodos promedio. En muchos países, incluido Colombia, también existen estándares nacionales de contaminación del aire. Sin embargo, en Colombia, los estándares nacionales son sustancialmente más débiles que las Pautas de calidad del aire de la OMS (Tabla 1). La guía de la OMS y los estándares nacionales actuales para las concentraciones medias anuales de PM_{2.5} se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Las directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud y los estándares de calidad del aire del MADS para concentraciones promedio anuales y de 24 horas de PM_{2.5}.

	Concentración Media Anual PM_{2.5} (µg/m³)
Estándares Nacionales	25
Directrices OMS	5

Fuente: OMS (2021), MADS (2017)

Métodología

La cantidad de muertes prematuras que se pueden atribuir a la exposición prolongada a PM_{2.5} se estima utilizando medidores de calidad del aire ubicados cerca del nivel del suelo para 2021. Las concentraciones promedio anuales medidas de PM_{2.5} se combinan con los datos de población de Bogotá y los datos de la salud pública de Colombia. Luego se aplican modelos de riesgo científicos a estos datos para estimar cuantitativamente los costos de salud de la exposición a la contaminación del aire PM_{2.5} en cada lugar de ubicación. Además de la exposición a PM_{2.5} realmente medida, el reporte examina otro escenario en el que se analiza las directrices de la OMS para estimar el beneficio potencial para la salud de mejorar la calidad del aire en Bogotá (Tabla 2).

Este informe solo evalúa la mortalidad prematura. Solo se incluyen aquellas causas de mortalidad donde se han establecido relaciones sólidamente cuantificables con la contaminación del aire en la literatura y donde se dispone de datos epidemiológicos para Colombia en el catálogo Global Burden of Disease (GBD, 2019) (Cuadro 3). Se pueden atribuir muchos más impactos en la salud a la exposición a PM_{2.5}, incluidos resultados de salud no letales como bajo peso al nacer (Dadvand et al., 2013), parto prematuro (Trasande et al., 2016), aumento de los síntomas de asma (HRAPIE, 2013), aumento de ingresos hospitalarios y visitas a la sala de emergencias debido al asma (Zheng et al., 2015) y problemas de salud mental (Braithwaite et al., 2019).

Tabla 2: Escenarios

Escenario	Directriz /Estandar	Descripción
A	2021 Actual	Evaluación de fallecimientos prematuras atribuibles a la exposición a PM _{2.5} para concentraciones medias anuales de PM_{2.5} medidas durante 2021
B	OMS Directriz	Evaluación de las fallecimientos prematuras atribuibles a la exposición media anual a PM _{2.5} si se hubiera alcanzado la directriz de la OMS.

Mediciones de Calidad del Aire Cerca del Suelo

El análisis utiliza observaciones medias anuales y mensuales de $PM_{2.5}$ en Bogotá agregadas a partir de 17 monitores distribuidos por la ciudad por IQAir y publicados en su Informe sobre la calidad del aire en el mundo 2021 (IQAir, 2021). Los datos incluyen los de las estaciones de monitoreo gubernamentales y regulatorias, así como las estaciones no regulatorias operadas por individuos, instituciones educativas y organizaciones sin fines de lucro.

Los monitores operados por organizaciones no gubernamentales e individuos se sometieron a controles de calidad por parte de IQAir antes de ser incluidos en el Informe sobre la calidad del aire en el mundo de 2021 (IQAir, 2021). Los envíos de fotos se utilizan para verificar que el sensor se encuentra en un lugar exterior adecuado y protegido. IQAir verifica continuamente que las lecturas de concentración de dióxido de carbono (CO_2), humedad y temperatura reflejan las condiciones exteriores durante el funcionamiento. Los datos también se analizan en busca de puntos de datos periféricos en comparación con las estaciones de monitoreo vecinas durante los controles de control de calidad de IQAir (IQAir, comunicación privada).

IQAir utiliza la mediana de cada estación individual dentro de Bogotá para determinar una concentración media anual de $PM_{2.5}$ para la ciudad. Esto proporciona una aproximación de la concentración promedio anual de $PM_{2.5}$ en toda la ciudad. No se consideró la distribución de los monitores dentro de la ciudad y se debe tener en cuenta que, si los monitores están preferentemente ubicados en áreas con una contaminación alta o baja, la concentración de $PM_{2.5}$ calculada puede sobreestimar o subestimar el verdadero promedio de la ciudad. Se ha establecido previamente que los monitores gubernamentales en Bogotá se ubican más comúnmente lejos de las principales fuentes de contaminación (Farrow, 2021). Los monitores no gubernamentales suelen estar ubicados donde vive la gente. Por lo tanto, asumimos que los datos de ellos son una mejor aproximación a la exposición promedio de la población.

Los conjuntos de datos de contaminación del aire del mundo real rara vez están completos. Las interrupciones durante el mantenimiento y las fallas técnicas dan como resultado la falta de datos. Los datos de Bogotá están disponibles para 363 días en 2021 y para el 98,7% de todas las horas del año.

Evaluación del Impacto en la Salud

Las muertes prematuras resultantes de la exposición a $PM_{2.5}$ se evalúan para los dos escenarios de contaminación enumerados en la Tabla 2. Se incluyen las siguientes causas de mortalidad: mortalidad prematura total por las causas y un desglose por una selección de causas específicas, a saber, accidente cerebrovascular y otros accidentes cerebrovasculares. (CeVD), diabetes, cardiopatía isquémica (IHD), cáncer de pulmón (LC), infecciones de las vías respiratorias inferiores (LRI) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

Las tasas de incidencia de fallecimientos por estas causas para Colombia y, a modo de comparación, para el estado de Nueva York, India, Malasia y Corea del Sur se toman del catálogo Global Burden of Disease (GBD, 2019).

Las funciones de riesgo se utilizan para estimar la incidencia de mortalidad prematura atribuible a la contaminación por $PM_{2.5}$ en una concentración determinada. La Tabla 4 muestra el riesgo relativo de un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración media anual de $PM_{2.5}$. Las razones de riesgo y las tasas de incidencia se combinan con el número de población de cada localidad según lo registrado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018) para convertir las tasas de mortalidad en números absolutos de muerte por provincia (ver Tabla 5).

Los datos de población para cada una de las cuatro ciudades de referencia se adoptan de IQAir (2021).

La incidencia real N de cada causa de mortalidad se estima para cada provincia utilizando la población P del lugar y la tasa de incidencia nacional (o estatal, para Nueva York) n_a .

$$N = P \times n_a$$

El riesgo relativo RR de cada causa de mortalidad para un aumento dado en la concentración media anual de $PM_{2.5}$ se estima utilizando la relación de riesgo r_0 (riesgo relativo con un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la concentración de contaminantes, c .

$$RR = r_0^{(c/c_0)},$$

con $c_0=10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La incidencia de cada causa de mortalidad para un escenario hipotético con aire completamente limpio se estima por,

$$N_0 = \frac{N}{RR}$$

La incidencia atribuible a la concentración media anual medida de PM_{2.5} puede calcularse, por lo tanto, restando la incidencia real y la que se estima que ocurrirá en el escenario de aire limpio. Para estimar la incidencia para el Escenario B donde se alcanzan las concentraciones de PM_{2.5} de la Guía de la OMS, c_s , la incidencia en aire limpio, N_s , se relaciona con el riesgo relativo por

$$N_s = N_0 \times \left(r_0^{(c_s/c_0)} - 1 \right).$$

Incertidumbre

Las cifras de mortalidad prematura presentadas aquí representan estimaciones útiles del efecto de la contaminación del aire en el mundo real basadas en el conocimiento y los datos científicos disponibles actualmente. Como toda investigación, los datos y el método utilizados contienen incertidumbre. Esta incertidumbre se relaciona con la precisión y la representatividad de los datos de medición de la contaminación, los datos demográficos y epidemiológicos. La comprensión científica de la relación entre la exposición a la contaminación del aire y los riesgos asociados para la salud es un área activa de investigación. Las estimaciones sólo tienen en cuenta la exposición a largo plazo a PM_{2.5}, y no a otros contaminantes del aire que también se sabe que tienen impactos negativos en la salud.

Los contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono (O₃) y el dióxido de azufre (SO₂) suelen tener una disponibilidad de datos más pobre que el PM_{2.5}. Además, los impactos en la salud de las especies reactivas como el NO₂ no se incluyen en nuestros resultados porque estos contaminantes tienden a tener una alta variabilidad espacial y, por lo tanto, los datos de las mediciones puntuales son menos representativos para toda la ciudad.

La incertidumbre asociada con los cocientes de riesgo y las tasas de incidencia de fondo se presentan en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Incertidumbres relativas en las tasas de incidencia de fondo (**1/100.000/año**) utilizadas en la evaluación del impacto en la salud.

Ciudad	Factor de Riesgo	Incidencia por 100,000 (95%- intervalo de confianza)					Nombre de la <i>causa</i> en GBD* (2019)
		centro	bajo	alto	Incertidumbre la baja	Incertidumbre a la alta	
Colombia	Todas las causas	516	414	641	-20%	24%	Todas las causas
	CeVD	35	27	45	-23%	26%	Paro cardiaco

	Diabetes	15	12	19	-21%	26%	<i>Diabetes mellitus</i>
	IHD	87	68	109	-22%	24%	<i>Enfermedad isquémica del corazón</i>
	LC	13	10	17	-22%	27%	<i>Cáncer de tráquea, bronquios y pulmón</i>
	LRI	17	13	21	-23%	27%	<i>Infecciones respiratorias bajas</i>
	COPD	34	25	43	-26%	27%	<i>Enfermedad pulmonar obstructiva crónica</i>
New York City	Todas las causas	844	731	963	-13%	14%	Todas las causas
Delhi		675	606	750	-10%	11%	
Seoul		597	576	618	-3%	4%	
Kuala Lumpur		562	463	679	-18%	21%	

GDB* . Global Burden of Disease . Es un indicador representa el esfuerzo más completo hasta la fecha para medir los niveles y tendencias epidemiológicos en todo el mundo.

Tabla 4. Razones de riesgo (RR) y su incertidumbre relativa utilizadas para la evaluación del impacto en la salud, para un cambio de 10 µg/m³ en la concentración promedio anual de contaminantes.

	Valor central	Valor bajo	Valor alto	Fuente	Incertidumbre la baja	Incertidumbre a la alta
fallecimientos prematuras (todas las causas)	1.062	1.040	1.083	HRAPIE 2013	-35%	34%
fallecimientos prematuras (CeVD) Paro cardiaco	1.110	1.050	1.170	Pope 2015	-55%	55%
fallecimientos prematuras (diabetes) Diabetes mellitus	1.130	1.020	1.260	Pope 2015	-85%	100%
fallecimientos prematuras (IHD) Enfermedad isquémica del corazón	1.140	1.100	1.180	Pope 2015	-29%	29%
fallecimientos prematuras (LC) Cáncer de tráquea, bronquios y pulmón	1.142	1.057	1.234	Krewski 2009	-60%	65%
fallecimientos prematuras (LRI) Infecciones respiratorias bajas	1.120	1.030	1.300	Mehta 2011	-75%	150%
fallecimientos prematuras (COPD) Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	1.128	1.077	1.182	Krewski 2009	-40%	42%

Resultados

La concentración media anual de PM_{2.5} estimada en el 2021 para Bogotá fue de 13,7 µg/m³. Si bien esta concentración está dentro del Estándar Nacional de Colombia (25 µg/m³), es más del doble de la directriz de calidad del aire basada en la salud recomendada por la OMS (Tabla 1).

Se estima que aproximadamente 3.400 fallecimientos prematuros evitables pueden atribuirse a la exposición a largo plazo a PM_{2.5} en Bogotá durante el año 2021. El riesgo de muerte prematura por cualquier causa para la población de Bogotá se estimó en un 9% más alto que el caso si el aire estuviera completamente libre de PM_{2.5}.

Se estimó que el 8% de todas las muertes prematuras que ocurrieron en el 2021 pueden atribuirse a la exposición del contaminante PM_{2.5}. En particular, el 13% de las muertes prematuras por ictus y otras enfermedades cerebrovasculares, el 15% por diabetes, el 16% por cardiopatía isquémica, el 17 % por cáncer de pulmón, el 14% por las infecciones respiratorias y el 15% de las fallecimientos prematuras por EPOC son atribuibles a la contaminación del aire por PM_{2.5} (Tabla 5).

La meta nacional colombiana de 25 µg/m³ es 5 veces más alta que la Guía de calidad del aire de la OMS para la concentración media anual de PM_{2.5}. Bogotá no cumplió con la directriz de la OMS en 2021. Si la ciudad hubiera cumplido con la directriz de la OMS, se esperaría que esto hubiera reducido la cantidad de fallecimientos prematuras atribuibles a la contaminación por PM_{2.5} a alrededor de 1200 por año, evitando el 64 % de las muertes prematuras y así salvar 2.300 vidas cada año (Tabla 5).

Tabla 5: Resultados de la Evaluación de Costos e Impacto en la Salud para 2021.

	Escenario A	Escenario B	Diferencia
	Actual	OMS AQG	
muertes prematuras (todas las causas)	3,364	1,196	2,168
muertes prematuras (CeVD) Paro cardíaco	389	136	254
muertes prematuras (diabetes) Diabetes mellitus	187	65	123
muertes prematuras (IHD) Enfermedad isquémica del corazón	1,181	407	775

muertes prematuras (LC) <i>Cáncer de tráquea, bronquios y pulmón</i>	182	63	119
muertes prematuras (LRI) <i>Infecciones respiratorias bajas</i>	196	68	128
muertes prematuras (COPD) <i>Enfermedad pulmonar obstructiva crónica</i>	429	148	280

Tabla 6. Diversas causas de muertes prematuras en Colombia y Bogotá en fallecimientos por 100.000 habitantes por año.

		Población expuesta (millones)	fallecimientos por año	Tasa por 100.000 por año	Fuente
En Bogotá	Escenario A – actual	8.2	3,364	40.8	Este reporte
	Escenario B – Directrices OMS	8.2	1,196	14.5	
Accidentes viales en Colombia		48.7	8,987	18.5	WHO (2018)
Tabaquismo en Colombia		48.7	20,200	41.5	Tobacco Atlas (2022)
Consumo de drogas en Colombia		48.7	127	0.3	GBD (2019)
Homicidio doloso en Colombia		48.7	12,309	25.3	World Bank (2022)

La tasa de mortalidad atribuible a la exposición prolongada a $PM_{2.5}$ en Bogotá es de 41 fallecimientos por cada 100.000 habitantes al año. La Tabla 6 pone esto en contextos con riesgo de muerte por accidentes de tránsito, consumo de drogas u homicidio en el conjunto de la población colombiana. El riesgo de muerte que representa la contaminación por $PM_{2.5}$ para alguien que vive en Bogotá es aproximadamente (OMS, 2018) es el doble de la tasa de fallecimientos por accidentes de tránsito en Colombia (19/100.000 por año). El riesgo de muerte por contaminación de $PM_{2.5}$ en Bogotá es mayor que todos estos riesgos. De hecho, el riesgo de morir por la contaminación del aire por $PM_{2.5}$ es similar al que presenta el tabaquismo en la población colombiana (ver también la Figura 1).

Annual deaths per 100,000 capita

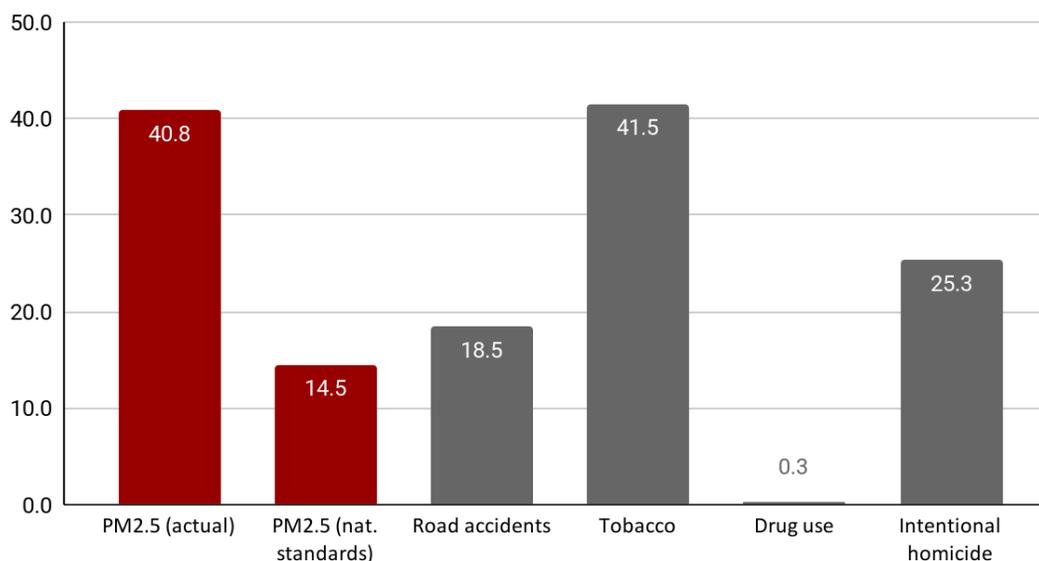


Figura 1: Comparación de fallecimientos por cada 100.000 personas que pueden atribuirse a la exposición a largo plazo a PM_{2.5} durante el 2021 para los Escenarios A y B (rojo) y otras causas (gris).

Una comparación de Bogotá con las cuatro principales ciudades de diferentes regiones del planeta como Nueva York, Delhi, Seúl y Kuala Lumpur revela que el riesgo de muertes prematuras como resultado de la exposición prolongada a PM_{2.5} es menor en Bogotá que en Delhi, Seúl y Kuala Lumpur (Tabla 7). En Nueva York, donde las concentraciones de PM_{2.5} en 2021 fueron más bajas que las medidas en Bogotá, el riesgo también es menor.

Tabla 7. Comparación con Ciudades del Mundo.

Ciudad	Población (millones)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Mayor riesgo de muerte prematura	fallecimientos prematuras por PM _{2.5}
Bogotá	8,235,047	13.7	+9%	3,364
New York City	18,713,220	10.0	+6%	9,217
Delhi	29,617,000	96.4	+79%	88,010
Seoul	21,794,000	19.7	+13%	14,533
Kuala Lumpur	8,285,000	18.6	+12%	4,928

Conclusiones

Nunca ha habido más evidencia de que la contaminación del aire afecta la salud y puede hacerlo incluso en bajas concentraciones (OMS, 2021). Los hallazgos de este estudio demuestran que se necesitan acciones urgentes para abordar el problema de la contaminación por PM2.5 en Bogotá y Colombia para proteger la salud de la población y evitar fallecimientos por la mala calidad del aire.

La carga para la salud por la contaminación del aire que se siente hoy en Bogotá amerita acciones para reducir las concentraciones de contaminantes. Bogotá cuenta con una extensa red de transporte público. La modernización de la flota de vehículos de transporte público y la transición a vehículos más limpios para reducir las emisiones de contaminantes del aire podrían reducir significativamente las emisiones de contaminantes del aire en lugares donde las personas están expuestas. Las medidas para eliminar gradualmente los vehículos con motor de combustión interna, especialmente los vehículos más antiguos que no cumplen con los estándares de emisiones modernos, mejorarán la calidad del aire en toda la capital y mejorarán la calidad de vida de las personas. El diseño urbano sostenible no solo puede ser eficaz para proteger a las poblaciones de la contaminación del aire, sino también del cambio climático (IPCC, 2022).

Este año, el IPCC encontró con gran confianza que las medidas que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire, incluida la reducción de la demanda y los modos de transporte de bajas emisiones, tienen el potencial de brindar mejoras en la calidad del aire y beneficios para la salud, al mismo tiempo que contribuyen a la mitigación del cambio climático (IPCC, 2022).

Referencias

Ballesteros-González et al (2020) - Ballesteros-González, K., Sullivan, A. P. & Morales-Betancourt, R. Estimación de los impactos en la calidad del aire y la salud de la quema de biomasa en el norte de Suramérica usando un modelo de transporte químico. *Sci. Total Environ.* 739, 139755 (2020). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139755

Braithwaite et al. (2019) – Braithwaite, Shuo Zhang, James B. Kirkbride, David P. J. Osborn y Joseph F. Hayes, Exposición a la contaminación del aire (materia particulada) y asociaciones con depresión, ansiedad, trastorno bipolar, psicosis y riesgo de suicidio: una revisión

sistemática y meta -Análisis, Perspectivas de Salud Ambiental, 2019 127:12 CID: 126002
<https://doi.org/10.1289/EHP4595>

Dadvand et al. (2013) – Dadvand, Parker, et al., Exposición materna a la contaminación del aire por partículas y peso al nacer a término: una evaluación del efecto y la heterogeneidad en varios países, Environ Health Perspect. marzo de 2013, 121 (3), 267-373.
<https://doi.org/10.1289/ehp.1205575>

DANE, (2018) - Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Proyecciones de población de Bogotá.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion/proyecciones-de-poblacion-bogota>(consultado el 09-05-2022)

Farrow (2021) - Farrow, A. Evaluación del Monitoreo de la Contaminación Atmosférica en Bogotá, Colombia. Disponible en <https://www.greenpeace.to/greenpeace/?p=3933> (Consultado el 29 de abril de 2022)

Fold et al. (2020) - Fold, N.R., Allison, M.R., Wood, B.C., Thao, P.T., Bonnet, S., Garivait, S., Kamens, R. y Pengjan, S., 2020. Una evaluación de la mortalidad anual atribuible al ambiente PM2.5 en Bangkok, Tailandia. Revista internacional de investigación ambiental y salud pública, 17(19), p.7298.

GBD (2019) – Métricas de salud global, Carga global de 87 factores de riesgo en 204 países y territorios, 1990–2019: un análisis sistemático para el Estudio de carga global de enfermedad 2019, 396, 10258, 1223-1249, 17 de octubre de 2020.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

HRAPIE (2013) – Organización Mundial de la Salud, 2013. Riesgos para la salud de la contaminación del aire en Europa-Proyecto HRAPIE.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf?ua=1 (consultado el 20 de abril de 2022)

IPCC (2021) – Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2021: La Base de la Ciencia Física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [MassonDelmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (eds.)]. Prensa de la Universidad de Cambridge. En prensa.

IPCC (2022) – Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2022: Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Sexto Informe de Evaluación

del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU. doi: 10.1017/9781009157926.001

IQAir (2022) – Informe mundial sobre la calidad del aire de 2021, clasificación de PM_{2,5} por región y ciudad. Disponible en <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities> (consultado el 26-04-2022)

Kanchanasuta et al. (2020) - Kanchanasuta, S., Sooktawee, S., Patpai, A. y Vatanasomboon, P., 2020. Variaciones temporales y posibles áreas de origen de partículas finas en Bangkok, Tailandia. Investigación de aire, suelo y agua, 13, p.1178622120978203.

Kutlar Joss et al. (2017) – Kutlar Joss, M., Eeftens, M., Gintowt, E. et al., Hora de armonizar los estándares nacionales de calidad del aire ambiental. En t. J. Salud Pública 62, 453–462 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00038-017-0952-y>

MADS (2017) - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2017). Resolución 2254 de 2017. Disponible en <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf> (consultado el 10 de marzo de 2021)

Mangones et al. (2020) - Mangones, S.C., Jaramillo, P., Rojas, N.Y. et al. Efectos de los cambios en la oferta de transporte en las emisiones de contaminantes atmosféricos: el caso de Bogotá, Colombia. Reinvar. ciencia contaminar Res. 27, 35971–35978 (2020). DOI: 10.1007/s11356-020-08481-1

Méndez-Espinosa et al. (2019) - Méndez-Espinosa, J.F., Belalcázar, L.C. & Morales Betancourt, R. Impacto regional en la calidad del aire de las emisiones de quema de biomasa del norte de Sudamérica. atmósfera Reinvar. 203, 131-140 (2019). DOI: 0.1016/j.atmosenv.2019.01.042

Morakinyo et al. (2016) – Morakinyo, O., Mokgobu, M., Mukhola, M. & Hunter, R. Resultados de salud de la exposición a componentes biológicos y químicos de partículas inhalables y respirables. En t. J. Medio Ambiente. Res. Salud Pública 13, 592 (2016). <https://doi.org/10.3390/ijerph13060592>

NSO (2022) – Oficina Nacional de Estadística, Demografía Población y Subdivisión de Vivienda. <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/en/01.aspx> (consultado el 21 de abril de 2022)

Pachón et al. (2018) - Pachón, Jorge E., et al. Desarrollo y evaluación de un inventario integral de emisiones atmosféricas para el modelado de la calidad del aire en la megaciudad de Bogotá. *Ambiente* 9, 49 (2018).

Papa et al. (2015) - Papa III CA, Turner MC, Burnett RT, Jerrett M, Gapstur SM, Diver WR, Krewski D, Brook RD. Relaciones entre la contaminación del aire por partículas finas, los trastornos cardiometabólicos y la mortalidad cardiovascular. *Investigación de circulación* 116.1 (2015): 108-115. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.305060>

Trasande et al. (2016) – Trasande L, Malecha P, Attina T M, Exposición a partículas y parto prematuro: Estimaciones de la carga atribuible y los costos económicos de EE. UU., *Perspectivas de salud ambiental*, 2016, 124:12. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510810>

US EPA (2011) - Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos: Oficina de Aire y Radiación. Los beneficios y costos de la Ley de Aire Limpio de 1990 a 2020. Disponible en: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/benefits-and-costs-clean-air-act-1990-2020-informe-documentos-y-gráficos> (consultado el 27-04-2022)

Vohra et al. (2021) – Vohra, K., et al., Mortalidad global por contaminación de partículas finas al aire libre generada por la combustión de combustibles fósiles: Resultados de GEOS-Chem. *Reinar*. Res. 195 (2021): 110754.

OMS (2016) – La Organización Mundial de la Salud, Contaminación del aire ambiental: una evaluación global de la exposición y la carga de la enfermedad. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>

OMS (2018) – Organización Mundial de la Salud, Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2018, pág. 263. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684> (consultado el 26 de abril de 2022)

OMS (2018) - Contaminación del aire y salud infantil: prescripción de aire limpio. Resumen. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018 OMS/CED/PHE/18.01). Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

OMS, (2021) – La Organización Mundial de la Salud. Directrices globales de calidad del aire de la OMS: material particulado (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono. 2021. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329> Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (consultado el 2022-02-08)

Banco Mundial (2022) – Banco Mundial, Indicadores de desarrollo mundial, homicidios intencionales (por cada 100 000 personas) <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?dsid=2&series=VC.IHR.PSRC.P5> (consultado en 2022-04-26)

Zheng et al. (2015) – Zheng X, Ding H, Jiang L, Chen S, Zheng J, Qiu M et al., Asociación entre los contaminantes del aire y las visitas a la sala de emergencias por asma y las admisiones hospitalarias en estudios de series temporales: una revisión sistemática y un metanálisis, *PloSOne*10(9):e0138146, PMID: 26382947, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138146>