



CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EL TRÁFICO VEHICULAR BOGOTÁ, COLOMBIA

Informe Técnico de Greenpeace
Research Laboratories
Octubre de 2021

Dr Aidan Farrow,
Kathryn Miller,
Jesus Rolle,
Tatiana Céspedes,
Andreas Anhaeuser

GREENPEACE

HALLAZGOS Y RECOMENDACIONES



Colombia se está urbanizando rápidamente, aumentando así el número de personas expuestas a la contaminación del aire urbano (Sección 1.1).



Comparadas a las pautas de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud, las regulaciones locales no son tan estrictas para muchos contaminantes (Sección 1.2).



Anualmente en Bogotá se registran miles de muertes prematuras que están vinculadas a la contaminación del aire. Los efectos sobre la salud debido a la mala calidad del aire son una carga importante para la economía colombiana (Sección 1.3).



Aproximadamente 2,1 millones de vehículos habían sido matriculados en Bogotá para el año 2015; esta cantidad va en aumento rápidamente (Sección 2.1.1).



La fuerte congestión en las calles estrechas, montañosas y cerradas de Bogotá contribuye a que se registren algunos de los niveles más altos de contaminación del aire en Latinoamérica (Sección 2.1.1).



Bogotá tiene una red de transporte público extensa y bien utilizada. La modernización de la flota de vehículos públicos para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos podría reducir significativamente la exposición de las personas a estos contaminantes (Sección 2.1.2).



Las fuentes móviles de contaminación del aire, principalmente el transporte terrestre, emiten más monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), material particulado (PM₁₀), óxidos nitrosos (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂) que cualquier otro sector en Bogotá - los vehículos particulares contribuyen de manera desproporcionada a la contaminación del aire (sección 2.2).



Las medidas para eliminar los vehículos con motor de combustión interna, especialmente los vehículos más antiguos que no cumplen con los estándares modernos de emisión, mejorarán la calidad del aire en toda Bogotá (Sección 2.2, 4.2, 4.3).

Algunos monitores de contaminación atmosférica en Bogotá están ubicados de tal manera que no registran la contaminación que proviene de los vehículos. Sin embargo, las concentraciones medias anuales medidas de material particulado (tanto PM2.5 como PM10) exceden regularmente las pautas de la OMS y las regulaciones MADS (Sección 3)

Las calles sin pavimentar son una fuente importante de material particulado, especialmente en zonas o localidades y barrios de bajos ingresos. Mejorar la infraestructura vial y de transporte debe ser una prioridad. El diseño de políticas deben fomentar el transporte con bajas emisiones en carbono, promover el uso de la bicicleta y caminar (Sección 2.3,4.1,4.5).

Las estrategias diseñadas deben apuntar a que los mayores emisores de partículas finas (PM2.5) que incluyan la reducción del uso de vehículos particulares, los controles de fuentes industriales, las flotas de baja y cero emisiones y los sistemas de limpieza de las calles. Todas combinadas, ayudarán a lograr una buena calidad del aire a corto y largo plazo. El creciente número y la amplia distribución de automóviles y vehículos livianos como las motocicletas, significa que las acciones para reducir las emisiones de estos vehículos tienen un gran potencial para reducir la exposición a la contaminación del aire en toda la ciudad. Se debe reducir el número de viajes en vehículos particulares, y fomentar el uso de transporte público, el caminar y montar bicicleta también puede ayudar a lograrlo (Sección 4.3).

Las autoridades de Bogotá deben abordar la contaminación del aire transformando las flotas de transporte público que funcionan con combustibles fósiles por vehículos de baja y cero emisiones; reducir la demanda de transporte motorizado con mayor cobertura e inversión de transporte público, priorizar y fomentar la movilidad en bicicleta y a pie. Mejorar la infraestructura vial eliminando las calles sin pavimentar (las cuales contribuyen significativamente a la contaminación por material particulado), crear rutas seguras y accesibles para caminar, andar en bicicleta.

TABLA DE CONTENIDO

01

INTRODUCCIÓN

- 1.1 Bogotá y el área de estudio
- 1.2 Contaminantes del aire y políticas
- 1.3 ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la población?

05

02

TRANSPORTE Y CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN BOGOTÁ

2.1 Viaje en la ciudad

- 2.1.1 Transporte Terrestre en Bogotá
- 2.1.2 Transporte público
- 2.1.3 Ciclismo

2.2 Fuentes de contaminación del aire

- 2.2.1 Tráfico vehicular y concentraciones de contaminantes del aire
- 2.2.2 ¿Cuáles son las áreas más afectadas?
- 2.2.3 El impacto de la pandemia del coronavirus en las emisiones de CO₂

11

03

MEDICIONES DE CALIDAD DEL AIRE

19

04

HACIA UN AIRE LIMPIO EN BOGOTÁ

- 4.1 La Ciclovía y la red de ciclorrutas en Bogotá
- 4.2 Medidas de transporte público
- 4.3 Medidas para carros particulares
- 4.4 Combustibles para vehículos
- 4.5 Pavimentación de vías
- 4.6 Política estratégica

23

05

RECOMENDACIONES

Glosario
Referencias
Reconocimientos

30

06

ANEXO 1. SOLICITUD DE INFORMACIÓN

37

01 INTRODUCCIÓN

Bogotá tiene una red de transporte público extensa y bien utilizada. La modernización de la flota de vehículos públicos para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos podría reducir significativamente la exposición de las personas a estos contaminantes (Sección 2.1.2).

1.1 Bogotá y el área de estudio

Bogotá es la ciudad capital de Colombia y es una de las urbes más grandes de Latinoamérica. Colombia tiene una población que se urbaniza rápidamente y Bogotá tiene una población de casi 10 millones de habitantes, una cifra que se proyecta aumentará a más de 12 millones para 2035 (Fuentes: Rueda-García, 2003; OurWorldInData.org). A medida que más personas se trasladen a las ciudades de Colombia, existe un potencial muy preocupante de que aumente la exposición a la contaminación del aire urbano.

1.2 Contaminantes del aire y políticas

Una amplia variedad de productos y sustancias químicas contribuyen a la contaminación del aire. Los contaminantes pueden ser gases como el dióxido de nitrógeno (NO₂) o el dióxido de azufre (SO₂), o pueden ser partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire llamadas material particulado (PM). **El Recuadro 1 (Tipos de contaminación del aire)**

• • • TIPOS DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})

Contaminación en forma de pequeñas partículas líquidas o sólidas suspendidas en la atmósfera. Este tipo de contaminación se describe de acuerdo con el tamaño de las partículas, en lugar de la sustancia química que contienen. PM₁₀ se refiere a partículas que tienen menos de 10 micrómetros de ancho, a veces conocidas como partículas gruesas o partículas suspendidas respirables (RSP por sus siglas en inglés) porque pueden inhalarse hacia los pulmones. PM_{2.5} se refiere a partículas que tienen menos de 2.5 micrómetros de ancho, a veces conocidas como partículas finas en suspensión (FSP por sus siglas en inglés). Las partículas son lo suficientemente pequeñas como para atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo.

Material particulado (PM10 y PM2.5)

Contaminación en forma de pequeñas partículas líquidas o sólidas suspendidas en la atmósfera. Este tipo de contaminación se describe de acuerdo con el tamaño de las partículas, en lugar de la sustancia química que contienen. PM10 se refiere a partículas que tienen menos de 10 micrómetros de ancho, a veces conocidas como partículas gruesas o partículas suspendidas respirables (RSP por sus siglas en inglés) porque pueden inhalarse hacia los pulmones. PM2.5 se refiere a partículas que tienen menos de 2.5 micrómetros de ancho, a veces conocidas como partículas finas en suspensión (FSP por sus siglas en inglés). Las partículas son lo suficientemente pequeñas como para atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo.

Dióxido de azufre (SO₂)

Contaminante del aire gaseoso producido por la quema de combustible que contiene azufre. Esto puede incluir combustibles fósiles como carbón y petróleo. El dióxido de azufre es tóxico y se ha relacionado con muchos impactos en la salud. El dióxido de azufre también puede reaccionar con la humedad del aire provocando lluvia ácida.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Un contaminante atmosférico gaseoso producido por todos los procesos de combustión, incluido el uso de combustibles fósiles en vehículos y centrales eléctricas. El dióxido de nitrógeno es tóxico y se ha relacionado con muchos impactos en la salud. El dióxido de nitrógeno también puede reaccionar con la humedad del aire causando lluvia ácida, y en presencia de luz solar y COV (ver más abajo) puede contribuir a la formación de ozono a nivel del suelo, a veces llamado smog fotoquímico.

Ozono (O₃)

El ozono a nivel del suelo es un contaminante gaseoso que se forma en la atmósfera cuando reaccionan otros contaminantes como el NO₂ y los COV. Contribuye al daño de la lluvia ácida, puede dañar plantas y cultivos y puede causar problemas respiratorios en las personas. Es tóxico para los humanos.

Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Estos son residuos químicos que contienen carbono y que se evaporan fácilmente. Una fuente importante de COV que conduce a la contaminación del aire es la evaporación de los combustibles fósiles durante el uso, almacenamiento y transporte. Muchos COV son tóxicos para los humanos.

Las regulaciones nacionales colombianas proporcionan el marco de políticas para la gestión de la calidad del aire en Bogotá. Estas regulaciones establecen umbrales para las concentraciones diarias promedio de contaminantes atmosféricos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia [MADS], 2017) (Tabla 1). La Organización Mundial de la Salud (OMS) también publica Pautas de calidad del aire, que son un punto de referencia ampliamente utilizado para evaluar la calidad del aire con respecto a minimizar los impactos en la salud. En la mayoría de los casos, las regulaciones locales no son tan estrictas con respecto a las pautas sugeridas por la OMS. Para fomentar el progreso hacia las directrices, la OMS publica metas provisionales para algunos contaminantes (Tabla 2).

Tabla 1: Niveles máximos permitidos para contaminantes de criterio seleccionados en el aire, Resolución MADS 2254 (2017).

Contaminante	Concentración (µg/m3)	Periodo promedio
PM10	50 100	Anual 24-horas
PM2.5	25 50	Anual 24-horas
SO2	50 100	24-horas 1-hora
NO2	60 200	Anual 1-hora
O3	100	8-horas

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2017)

Tabla 2: Directrices de la Organización Mundial de la Salud sobre la calidad del aire, objetivos intermedios y comparación con las regulaciones del aire MADS.

Contaminante	Guía de Concentración (µg/m3)	Último Objetivo intermedio de la OMS (µg/m3))	Periodo promedio	Guía OMS de comparación con los criterios de medición del MADS
SO2	125	50 (Objetivo 2)	24 horas	OMS es más estricto
PM10	45	50 (Objetivo 4)	24 horas	OMS es más estricto
	15	20 (Objetivo 4)	Año calendario	OMS es más estricto
PM2.5	15	25 (Objetivo 4)	24 horas	OMS es más estricto
	5	10 (Objetivo 4)	Año calendario	OMS es más estricto
O3	100	120 (Objetivo 2)	Promedio de funcionamiento de máximo 8-horas	Igual
NO2	25 10	50 (Objetivo 2) 20 (Objetivo 3)	24 horas Año calendario	OMS es más estricto OMS es más estricto

Tabla 3: Niveles máximos permitidos para contaminantes de criterio seleccionados en el aire, Resolución MADS 2254 (2017) y Directrices de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (2005) y (2021)

Contaminante	Resolución MADS 2254		Directrices OMS 2005	Nuevas Directrices OMS (2021)	Periodo promedio	Comparación con la resolución MADS
	Concentración (µg/m ³)	Periodo promedio	Concentración (µg/m ³)	Concentración (µg/m ³)		
PM10	50 100	Anual 24 horas	20 50	15 45	Año calendario 24 horas	OMS es más estricto OMS es más estricto
PM2.5	25 50	Anual 24 horas	10 25	5 15	Año calendario 24 horas	OMS es más estricto OMS es más estricto
SO ₂	50 100	24 horas 1 hora	20 500	125 -	24 horas 10 minutos	OMS es más estricto Sin comparación directa
NO ₂	60 200	Anual 1-hora	40 200	10 25	Año calendario 24 horas	OMS es más estricto OMS es más estricto
O ₃	100	9 - horas	100	100	8-horas	Igual

Fuente: Organización Mundial de la Salud año 2021

El gobierno nacional colombiano y las autoridades locales de Bogotá han publicado estrategias para la gestión y mejora de la calidad del aire. La estrategia nacional fue publicada en 2019 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019) y tiene como objetivo mejorar la calidad del aire con un enfoque en la reducción de la contaminación por material particulado. Los cinco pilares de la estrategia requieren herramientas reguladoras más sólidas, conocimientos científicos mejorados, directrices basadas en la salud para los ciudadanos, apoyo a la gestión de la calidad del aire y directrices para la gobernanza. La ciudad de Bogotá publicó un plan de calidad del aire en el 2021 (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). El plan también tiene un fuerte énfasis en reducir la concentración de PM_{2.5} y dirige esfuerzos para lograr las normas nacionales y la meta provisional 3 de la OMS (media anual de 15 µg/m³); eso no requiere que la ciudad cumpla con la directriz de la OMS (10 µg/m³ promedio anual).

En el **recuadro 2 (contexto legislativo)**

● ● ● CONTEXTO LEGISLATIVO

Contexto nacional Ley 99 de 1993

La Ley 99 de 1993 fue establecida por el entonces Ministerio del Ambiente y creó funciones para mitigar o eliminar el impacto de las actividades contaminantes, así como determinar estándares ambientales, límites y regulaciones de emisión y para controlar y reducir las emisiones de contaminación atmosférica.

Resoluciones 2604 de 2009, Resolución 1111 de 2013, Resolución 910 de 2008, Resolución 2604 de 2009 y Ley 1205 de 2008. La reglamentación establece y modifica los límites de emisión de los vehículos y tiene en cuenta las mejoras en la calidad del combustible.

Resolución 2254 de 2017

La resolución adopta los estándares de calidad del aire para material particulado de menos de 2.5 micrones (PM_{2.5}) e incluye una meta para lograr el objetivo intermedio 3 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para 2030 para PM₁₀ y para PM_{2.5}, SO₂ y NO_x.

CONPES 3943 La legislación sugiere acciones para reducir las emisiones contaminantes del aire de fuentes móviles y fijas.

Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, aprobado por la Ley 1955 de 2019

El Plan Nacional de Desarrollo establece que el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible debe modificar los estándares de emisión de los vehículos hasta alcanzar la norma Euro VI.

Ley 1972 de 2019

La ley exige que las fuentes móviles con motor diesel que sean fabricadas, ensambladas o importadas al país deben cumplir con los límites correspondientes a las tecnologías Euro VI a partir del 1 de enero de 2023. Las motocicletas que se fabriquen, ensamblen o importen al país deben cumplir con los límites correspondientes a las tecnologías Euro 3 antes del 1 de enero de 2021.

Contexto Urbano Directriz 7 de 2005

La directriz proporciona orientación para garantizar un medio ambiente saludable y adopta el Plan de Gestión Ambiental descrito en el Decreto 456 de 2008.

CONPES 06 de 2019

Esta política tiene como objetivo aumentar la cantidad y calidad del espacio público contribuyendo al bienestar y reducción de emisiones.

Acuerdo 367 de 2009

Asegura la publicación completa y oportuna de los datos de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá.

Decreto Distrital 596 de 2011

Esta Política de Salud Ambiental del Distrito incluye intervenciones de calidad del aire que sean relevantes para la salud pública.

Decreto 098 de 2011

El decreto adopta un Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá, que tiene como objetivo descontaminar el aire de la ciudad.

Decreto 623 de 2011

El decreto clasifica las fuentes de contaminación del aire y establece medidas para reducir la contaminación generada por fuentes estacionarias.

Decreto Distrital 566 de 2014

Esta política aplica medidas para el desarrollo y la planificación sostenibles, incluso con respecto al cambio climático y la contaminación del aire.

Decreto 595 de 2015

Este decreto adopta el componente aéreo del Sistema de Alerta Temprana Ambiental de Bogotá.

Resolución 2410 de 2015

La resolución adopta el Índice de Calidad del Aire de la IBOCA de Bogotá para la definición de los niveles de alerta de contaminación del aire en Bogotá.

Plan de Desarrollo Distrital 2020–2024

El plan es un instrumento de planificación que incluye metas para la reducción de la contaminación por material particulado.

Plan estratégico para la gestión integral de la calidad del aire de Bogotá 2030 (2021)

Vea la Sección 1.2 y Sección 4.6.

1.3 ¿Cómo afecta la contaminación del aire a la población?

La exposición a contaminantes del aire como los descritos en el recuadro 1 se asocia con una mayor incidencia de enfermedades que incluyen: cardiopatía isquémica (CI), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer de pulmón, infecciones de las vías respiratorias inferiores, parto prematuro, diabetes tipo II, accidente cerebrovascular y asma (Wang et al., 2014; Han et al., 2016; Cohen et al., 2017; Sunyer et al., 2019).

El gobierno colombiano publicó un informe en 2017 que analizó el costo sanitario y financiero de la degradación ambiental en Colombia y encontró que, en el año 2015, 3.219 muertes (10,5% del total de muertes ese año en Bogotá) se atribuyeron a la contaminación del aire urbano. En todo el país, 10.527 muertes y 67,8 millones de visitas al hospital se atribuyeron a la mala calidad del aire en Colombia en 2015.

Los costos de salud de la contaminación del aire urbano en Colombia en 2015 fueron de un estimado de \$15,4 billones de pesos (aproximadamente US\$4 mil millones) (DNP, 2017).

Se incurre en un costo económico de la contaminación del aire a través de la carga de la atención médica y cuando las personas no pueden trabajar debido a una enfermedad. La carga financiera global anual estimada asociada con la contaminación del aire por combustibles fósiles es de US\$2,9 billones, o aproximadamente US\$8 mil millones por día; El impacto de la contaminación del aire relacionada con los combustibles fósiles en Colombia para el año 2018 se ha estimado en US\$2.400 millones (Farrow et al., 2000).





02

TRANSPORTE Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN BOGOTÁ

2.1 Viajes Urbanos

Los datos de 2012 sugieren que, de los viajes realizados en Bogotá, el 30% se realiza en transporte público, el 11% en vehículos particulares, el 3% en taxis y el 2% en motocicletas. Los desplazamientos realizados a pie o en bicicleta representan aproximadamente el 50% de los viajes por la ciudad (Pachón et al., 2018).

2.1.1 Tráfico vial en Bogotá

Históricamente las calles de Bogotá son típicamente estrechas, montañosas y bordeadas de edificios y, por lo general, no se adaptan bien a la cantidad y tamaño de los vehículos modernos. La combinación de estos factores y el tráfico intenso, contribuyen a que la ciudad tenga algunos de los niveles de contaminación del aire más altos de Latinoamérica y una de las mayores congestiones de tráfico del mundo. La solución no es ensanchar las calles para dar cabida a más tráfico, sino limitar el acceso de vehículos y, en cambio, proporcionar un entorno seguro y limpio para caminantes y ciclistas. El desafío para los responsables de la formulación de políticas es cómo lograr ese escenario de manera rápida y eficaz.

Las estimaciones del tamaño de la flota de vehículos en Bogotá varían, lo que se explica en parte por el hecho de que el número de vehículos está creciendo rápidamente. El inventario de emisiones de la ciudad de Bogotá estimó que para el año 2018 habían aproximadamente 2.400.000 vehículos en la ciudad (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). Análisis de Mangones et al. (2020) informa que, en 2015, el transporte en Bogotá comprendió 2,1 millones de vehículos de motor: 73% vehículos livianos; 21% motocicletas; 1% de tránsito y autobuses BRT; 2% taxis; y 1% camiones. Los datos anteriores de 2012 informaron que aproximadamente 1,8 millones de vehículos estaban registrados en Bogotá, de los cuales el 75% eran vehículos de pasajeros y camionetas, el 20% eran motocicletas, el 3% eran taxis, el 1,2% eran camiones pesados y menos del 1% eran autobuses (Pachón et al., 2018). El aumento del número de vehículos entre 2012 y 2018 continuó la tendencia del aumento general del número de vehículos en la ciudad. Aproximadamente 400.000 vehículos se matricularon en 2002, y entre 2004 y 2014, la tasa de crecimiento anual en el número de vehículos de matriculación particular en Colombia fue del 14% para los vehículos livianos y del 129% para las motocicletas (Mangones et al., 2020). En los últimos años se ha observado un crecimiento especialmente rápido en los viajes en motocicleta (East et al., 2021).

La flota de vehículos en Bogotá y Colombia en general está envejeciendo. La edad promedio de los vehículos de carga es de 21 años, seis años más que la edad

promedio en otros 14 países de Latinoamérica (CONPES 3963, 2019). A nivel nacional, la flota de vehículos de Colombia está compuesta por un 4% de vehículos pesados diesel. De éstos, hasta el 25% son normas de emisiones anteriores a la Euro I, que se introdujeron en julio de 1992, lo que significa que sus controles de emisiones están significativamente desactualizados. El 60% tiene tecnología Euro II (enero de 1996) y solo el 15% tiene tecnología Euro IV (enero de 2005) o posterior. A pesar de representar menos del 2% de la flota total de vehículos, los vehículos pesados Pre-Euro generan alrededor del 25% de las emisiones de material particulado (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019). Es poco probable que los conductores de vehículos particulares utilicen su tiempo de manera eficiente: en 2019, la velocidad promedio del tráfico en las horas pico fue de 19 kilómetros por hora (kph) y solo un poco más rápido (20 kph) en los períodos de menor actividad. La velocidad promedio (lenta) de los vehículos en Bogotá fue similar en 2017 y 2018 (INRIX, 2020). La ciudad tiene altos niveles de congestión durante todo el día. INRIX, una firma de análisis de movilidad, estima que, en 2019, los conductores en la capital colombiana perdieron 191 horas debido a la congestión del tráfico. El Cuadro de Mando de Tráfico Global INRIX 2019 calificó a Bogotá como la ciudad más congestionada del mundo, por encima de Río de Janeiro, Ciudad de México, Estambul y São Paulo (INRIX, 2020). Bogotá ocupó el tercer lugar entre las 416 ciudades del mundo por congestión en 2020 por la empresa de navegación por satélite TomTom (TomTom International BV., 2021). La ciudad ha sido el segundo o tercer peor lugar en el ranking anual desde que comenzaron los rankings en 2017.



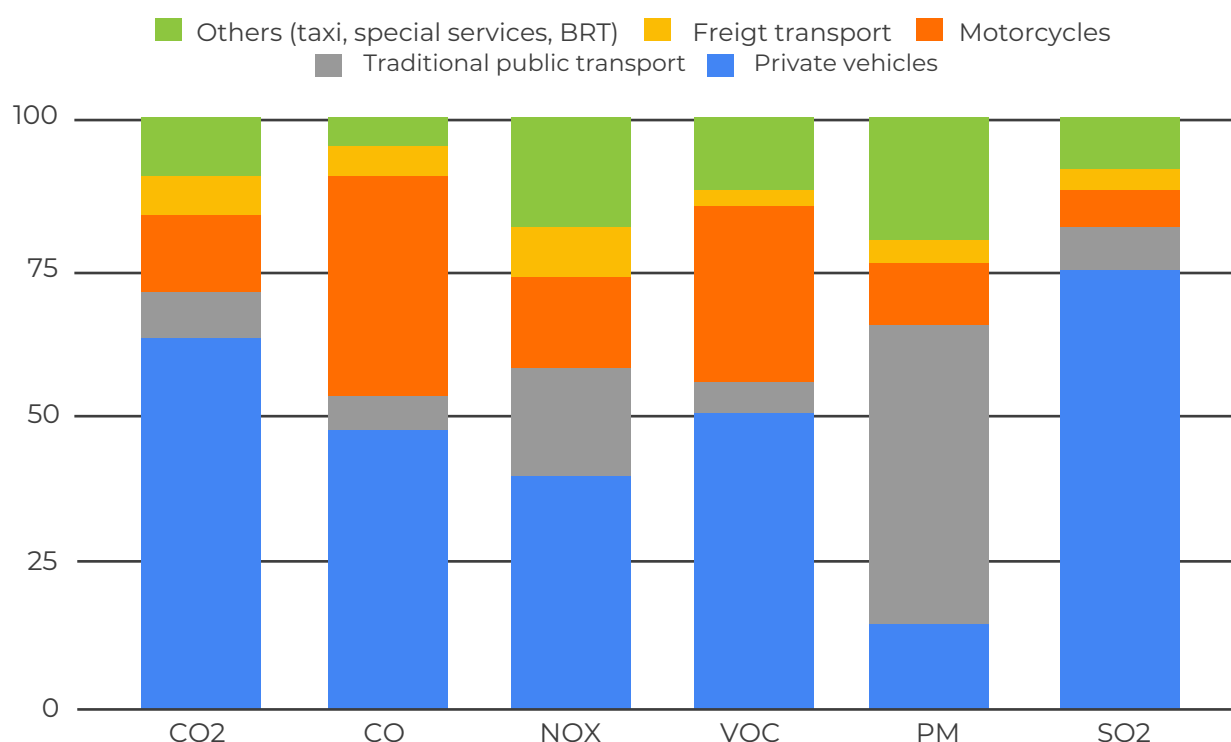
2.1.2 Transporte público

Cada día, se realizan alrededor de 11 millones de viajes a pie o en el sistema de transporte público de Bogotá. El sistema Bus Rapid Transit (BRT) ó biarticulado de Bogotá representa el 35% de los viajes y caminar representa el 32% (Mangones et al., 2020). Bogotá tiene uno de los sistemas de Bus Rapid Transit (BRT) más grandes del mundo. El sistema BRT de la ciudad, TransMilenio, se inauguró en el año 2000 y tiene una gran cantidad de usuarios: en 2016, TransMilenio transportó aproximadamente 701.5 millones de pasajeros. El sistema tiene 113 km de carriles dedicados al sistema BRT y 149 estaciones de autobuses (Morales Betancourt et al., 2019). Una solicitud de información a la Empresa de Transporte del Tercer Milenio (Anexo 1) encontró que, al 17 de marzo de 2021, hay 6.181 buses operando dentro del servicio zonal TransMilenio y 2.415 buses en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Hay otros 3.292 autobuses de diferentes diseños en la

Dirección Técnica del sistema BRT. Muchos autobuses de la flota son viejos y la mayoría funcionan con diesel, lo que puede exponer a los pasajeros y a otros usuarios del sistema de transporte de la ciudad a la contaminación del aire.

Un estudio de Morales Betancourt et al. (2019) encontró niveles extremadamente altos de contaminantes dentro de las cabinas de los biarticulados del TransMilenio de Bogotá. Los resultados del estudio informaron que la concentración promedio en el autobús de 176 $\mu\text{g m}^3$ de PM, 90 $\mu\text{g m}^3$ de carbono negro equivalente (eBC) y 4.8 partes por millón de monóxido de carbono (CO). El estudio utilizó dispositivos de muestreo portátiles para PM_{2.5}, eBC y CO y tuvo como objetivo replicar de manera realista un viaje típico con viajes de una duración promedio de 140-160 minutos. El muestreo se llevó a cabo entre febrero y diciembre de 2017, de lunes a viernes durante la hora pico de la mañana entre las 7 a.m. y las 10 a.m. Las muestras fueron tomadas en estaciones de Transmilenio - en una estación subterránea, las concentraciones de contaminación del aire fueron más de 500 $\mu\text{g m}^3$ de PM. La sugerencia es que una cantidad sustancial de contaminantes del aire proviene de los propios autobuses BRT. Las concentraciones de contaminación del aire dentro del autobús y en la estación detectadas en este estudio fueron varias veces más altas que las concentraciones del aire exterior. Los autores del estudio sugieren que la actualización de la flota a vehículos eléctricos o vehículos con estándares de emisiones más estrictos tendría un impacto significativo en la reducción de la exposición de los pasajeros del BRT a la contaminación del aire.

Es importante situar la contaminación asociada con los buses biarticulados en un contexto más amplio. Los contaminantes asociados con el sistema BRT son menores o similares a los del transporte público tradicional, y mucho menores que las emisiones de vehículos particulares y motocicletas en todos los casos: NO_x, SO₂, CO₂, CO, VOC y PM (**ver Fig. 1**).



Un sistema de teleférico estilo góndola, el TransMiCable, que se inauguró en diciembre de 2018, refleja una tendencia observada en otras ciudades de Latinoamérica (Metrocable en Medellín y Mi Teleférico en La Paz, Bolivia, por ejemplo) para conectar de manera limpia y rápida vecindarios distantes con otras ubicaciones de la ciudad. El sistema de teleférico de Bogotá actualmente opera una línea con cuatro estaciones, tiene poco más de 3km de longitud y es una extensión del TransMilenio (<https://www.transmilenio.gov.co/TransMiCable/>). La iniciativa del teleférico tiene como objetivo reducir los desequilibrios socioeconómicos y brindar beneficios para la salud, que serán evaluados como parte de un estudio en curso (Sarmiento et al. 2020).

Un informe de 2020 'Transformaciones urbanas y salud: resultados de la evaluación del TransMiCable' (Sarmiento et al., 2020) busca comprender cómo el TransMiCable y las transformaciones urbanas que lo acompañan impactan en la salud de los ciudadanos. Se tuvieron en cuenta factores como la seguridad, el tiempo libre, la calidad del aire, la actividad física y la calidad de vida. Uno de los hallazgos clave del informe es que las intervenciones en el transporte junto con las transformaciones urbanas son una oportunidad para mejorar la salud de las comunidades. La experiencia TransMiCable ha disminuido los tiempos de viaje de los residentes, ha aumentado su satisfacción con el vecindario, ha reducido la exposición a contaminantes y ha aumentado el tiempo disponible para socializar y hacer ejercicio en los parques. Luego del desarrollo del TransMiCable, los residentes han reportado una reducción en robos y atracos y una menor percepción de inseguridad (Guevara, 2020).

2.1.3 Ciclismo

Bogotá tiene aproximadamente 550 kilómetros de Ciclorrutas. Los planes para ampliar la red en 280 km más para 2024 fueron anunciados en febrero de 2020 por la alcaldesa de la ciudad (Jaramillo, 2020).

La pandemia de coronavirus llevó a que la alcaldesa de Bogotá habilitó 80 km de carriles temporales para bicicletas, reutilizados de los carriles existentes para automóviles, para permitir que las personas viajen de manera segura por la ciudad debido a la pandemia de la COVID-19 y reducir el hacinamiento en Transmilenio, junto con los beneficios de aliviar la congestión del tráfico y la contaminación (IDRD, 2020). Se reportaron 610.000 viajes en bicicleta en Bogotá al año, según un informe publicado en 2015 (BID, 2015). Sin embargo, la exposición a la contaminación por parte de los ciclistas es una preocupación porque los carriles para bicicletas están junto a carreteras congestionadas de tráfico (Hernández et al., 2021).



Aproximadamente el 7% de los viajes en Bogotá se realizan en bicicleta, la actual alcaldesa, Claudia López, prevé ampliar al 50% en el largo plazo (Jaramillo, 2020). Sin embargo, desde la pandemia del coronavirus y la expansión del sistema de ciclorrutas de Bogotá, la proporción de personas que viajan en bicicleta ha aumentado a alrededor del 16% (OMS, 2020b).

2.2 Fuentes de contaminación del aire

Las principales fuentes de contaminación atmosférica dentro del área de estudio son las emisiones del transporte terrestre, la resuspensión de material particulado (polvo), la industria y actividades comerciales como restaurantes y vendedores ambulantes (Pachón et al., 2018).

Las fuentes fijas de contaminación contribuyen entre el 18% y el 22% de las emisiones de partículas. De este aporte, los hornos de ladrillos y las calderas de carbón emiten alrededor de 50% y 23% de PM10, y 40% y 18% de PM2.5, respectivamente (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017).

La calidad del aire en Bogotá también se ve influenciada por contaminantes que se originan fuera de la ciudad, incluida la quema de biomasa, que tiene un efecto estacional en la ciudad (Ballesteros-González et al., 2020; Méndez-Espinosa et al., 2019).

Las fuentes móviles de contaminación del aire, principalmente el transporte vial, emiten más CO, CO₂, PM10, NO_x y SO₂ que cualquier otro sector de Bogotá (Pachón et al. 2018). Los vehículos particulares contribuyen de manera desproporcionada a las emisiones. Aunque solo el 11% de los viajes por la ciudad se realizan en vehículos particulares, esta forma de transporte es responsable de entre el 40% y el 70% de todas las emisiones de CO, CO₂, VOC, NO_x y SO₂ de fuentes móviles. A medida que aumenta el número de vehículos particulares con motores de combustión interna convencionales, también aumentan los niveles de contaminación del aire. El transporte público tradicional hace una gran contribución a las emisiones de material particulado en Bogotá (Fig.1) (Pachón et al., 2018).

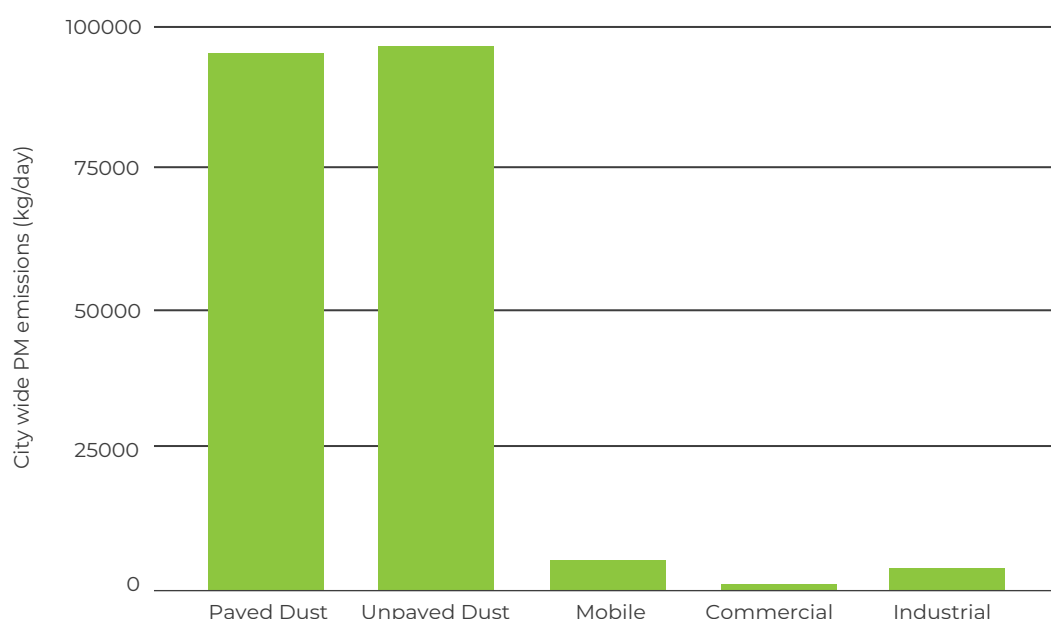


Figura 2. Emisiones totales diarias de material particulado (kg/día) de vías pavimentadas y sin pavimentar, fuentes móviles, fuentes fijas comerciales y fuentes fijas industriales. Fuente: Nedbor-Gross (2018).

Se estima que el 90% del PM10 emitido en Bogotá es material particulado resuspendido. Las vías sin pavimentar, que son más comunes en las afueras de Bogotá que en las áreas centrales, son un contribuyente clave a estas emisiones. Los vehículos que viajan por vías sin pavimentar generan cinco veces más PM10 y el doble de PM2.5 que en vías pavimentadas (Pachón et al. 2018). En consecuencia, las vías sin pavimentar hacen una contribución desproporcionadamente grande a las emisiones de PM10 y la contribución del polvo resuspendido a PM10 en Bogotá es significativamente mayor que la de la quema de combustible (Pachón et al., 2018; Nedbor-Gross, 2018) (Fig. 2).

2.2.1 Tráfico vehicular y concentraciones de contaminantes atmosféricos

Las fuentes de CO₂, CO, VOC, NO_x, SO₂ y PM_{2.5} de Bogotá para el año 2012 se cuantificaron en una cuadrícula de resolución de 1km (Pachón et al., 2018). Las fuentes móviles, principalmente el transporte, dominan las emisiones de CO₂ (80%), CO (99%), VOC (68%), NO_x (95%) y SO₂ (85%) en Bogotá (Fig.3). Estas contribuciones tan importantes se deben en parte a los altos volúmenes de tráfico y al gran número de vehículos antiguos sin tecnología de emisión cero o de reducción de emisiones. Las cantidades de emisiones están aumentando en línea con una tendencia a largo plazo en el número de vehículos en circulación.

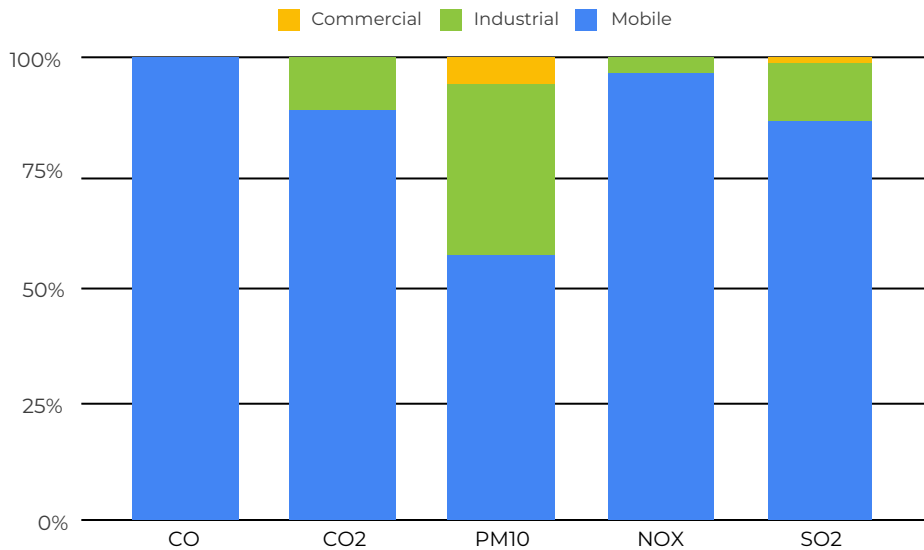


Figura 3. Comparación de emisiones de fuentes fijas y móviles (ton/año) Fuente: Pachón et al (2018).

Las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes del tráfico en las vías se calculan normalmente utilizando datos de actividad y factores de emisión. Los datos de actividad describen la cantidad, el tipo y el uso de vehículos en una carretera. Los factores de emisión se utilizan para convertir los datos de la actividad en cantidades de emisión y se estiman utilizando modelos de emisión como el modelo COPERT (Ntziachristos et al., 2009), Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES) (US-EPA, 2010) o el International Modelo de emisiones de vehículos (IVE) (ISSRC, 2008), o adquirido de bases de datos internacionales, como la base de datos CORINAIR de emisiones al AIRE del inventario central (EEA, 2013). Aunque las estimaciones de emisiones en diferentes estudios varían según la elección del modelo de emisión y la base de datos (Pachón et al., 2018), los estudios que evaluaron las emisiones de contaminantes atmosféricos en Bogotá muestran

una tendencia constante y creciente. Una investigación publicada en 2018 estima que las mayores emisiones de CO y NOx se pueden explicar por el dramático aumento de vehículos en la ciudad de aproximadamente 600.000 en 2002 a 1,7 millones en 2012 (Pachón et al., 2018).

Un inventario de emisiones para 2012 estimó que las fuentes vehiculares en Bogotá emitieron aproximadamente: entre 7.000.000 y 10.500.000 toneladas de CO₂; entre 700.000 y 870.000 toneladas de CO; entre 48.000 y 67.000 toneladas de NOx; entre 74.000 y 92.000 toneladas de COV; entre 1,100 y 1,300 toneladas de PM; y entre 12.000 y 14.000 toneladas de SO₂ (Carmona et al., 2016).

2.2.2 Tráfico vehicular y concentraciones de contaminantes atmosféricos

Las áreas al sur y suroccidente de la ciudad con vías con mucho tráfico, zonas industriales y comerciales tienen las emisiones de contaminantes atmosféricos más altas. Muchas de estas áreas, como la localidad de Kennedy en el suroccidente de la ciudad, también tienen concentraciones elevadas de polvo resuspendido porque algunas vías no están pavimentadas (Pachón et al., 2018).

La figura 4 compara las emisiones de material particulado por kilómetro de carreteras pavimentadas y sin pavimentar.

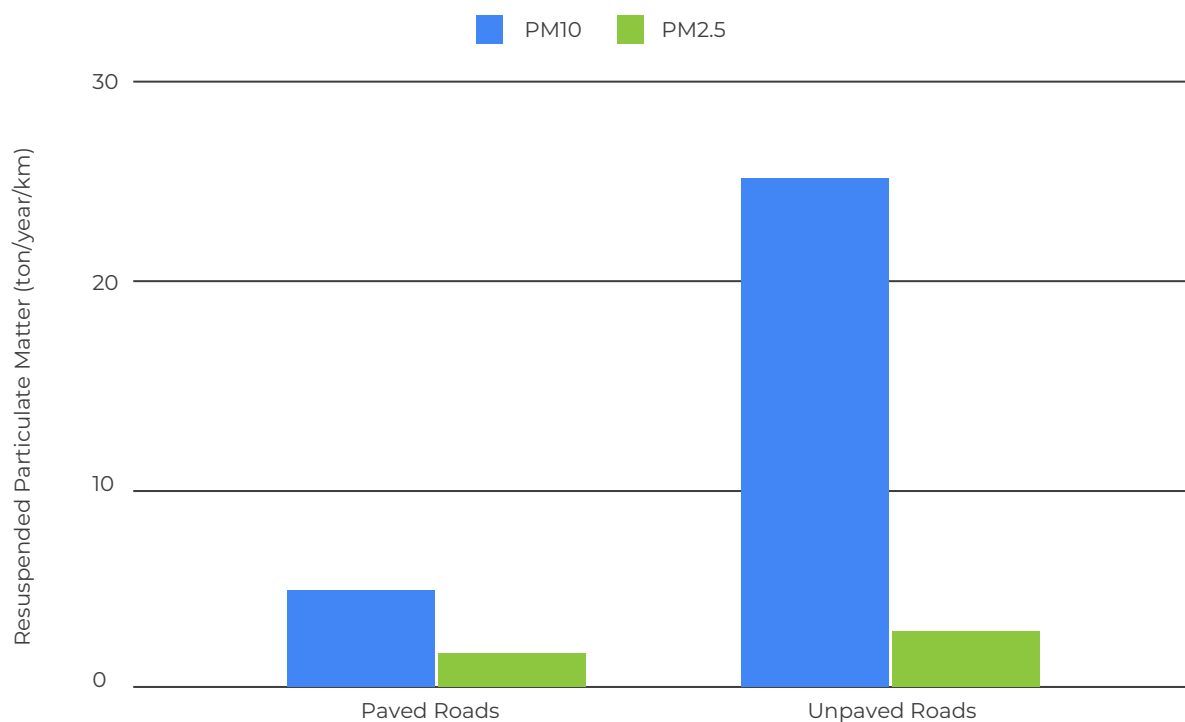


Figura 4. Emisiones de material particulado resuspendido de vías pavimentadas y sin pavimentar (ton/año/km)
Fuente: Pachón et al. (2018).

2.2.3 El impacto de la pandemia de coronavirus en las emisiones de CO₂

Las áreas al sur y suroccidente de la ciudad con vías con mucho tráfico, zonas industriales y comerciales tienen las emisiones de contaminantes atmosféricos más altas. Muchas de estas áreas, como la localidad de Kennedy en el suroccidente de la ciudad, también tienen concentraciones elevadas de polvo resuspendido porque algunas vías no están pavimentadas (Pachón et al., 2018).

La figura 4 compara las emisiones de material particulado por kilómetro de carreteras pavimentadas y sin pavimentar.

La abrupta disminución de los viajes mundiales en respuesta a la pandemia del síndrome respiratorio agudo severo COVID-19 (SARS-CoV-2) tuvo un impacto marcado, pero de corta duración, en la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos y climáticos derivadas del uso de combustibles fósiles. Durante los primeros 3 meses después de que la OMS declarara una emergencia de salud pública, el 7 de abril se produjo el mayor cambio en las emisiones de CO₂ a nivel mundial. En el mundo en esta fecha, se dió un cambio notorio en la emisión diaria de CO₂ fósil en comparación con los niveles medios diarios de 2019 en el sector del transporte terrestre (automóviles, vehículos livianos, autobuses, camiones y transporte marítimo) fue de -36% (-28% a -46%), que es una reducción de -7,5 MtCO₂ por día (-5,9 a -9,6). Para poner esto en contexto, la disminución global total de las emisiones de todos los sectores el 7 de abril de 2020 en comparación con los niveles medios diarios en 2019 fue de -17%, una media de -17 MtCO₂ por día (Le Quéré et al., 2020).

Las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y NO₂ disminuyeron durante los confinamientos por la COVID-19 en Bogotá. Durante el cierre estricto en Bogotá (entre el 20 de marzo al 26 de abril de 2020), el NO₂ relacionado con el tráfico cayó un -62% en comparación con el período anterior al cierre (21 de febrero al 19 de marzo de 2020), el PM₁₀ cayó un -37% y Las PM_{2.5} disminuyeron un -36% (Fig.5) (Méndez-Espinosa et al., 2020).

En un esfuerzo por reducir el hacinamiento en los sistemas de transporte público durante la pandemia, las autoridades de Bogotá ampliaron el sistema de carriles para bicicletas de la ciudad reasignando algunas vías principales como carriles para bicicletas, lo que alentó a más personas a viajar en bicicleta (ver Sección 2.6). El mensaje que deja este ejercicio es que hacer cambios simples en el transporte diario, como caminar o andar en bicicleta en lugar de viajar en automóvil, y las medidas políticas para mejorar la tecnología de los vehículos pueden ayudar a reducir las emisiones, mejorar la calidad del aire y traer los beneficios conjuntos de impulsar la salud física y mental. Sin embargo, las reducciones descritas anteriormente han sido de corta duración. Ocurrieron principalmente durante la respuesta inicial a la crisis de salud y en el transcurso de 2020 se estima que las emisiones globales de CO₂ fósil se redujeron tan solo en un 6% (Tollefson, 2021; IEA, 2021), lo que subraya la necesidad de gestionar esfuerzos para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos pero con permanencia en el tiempo.

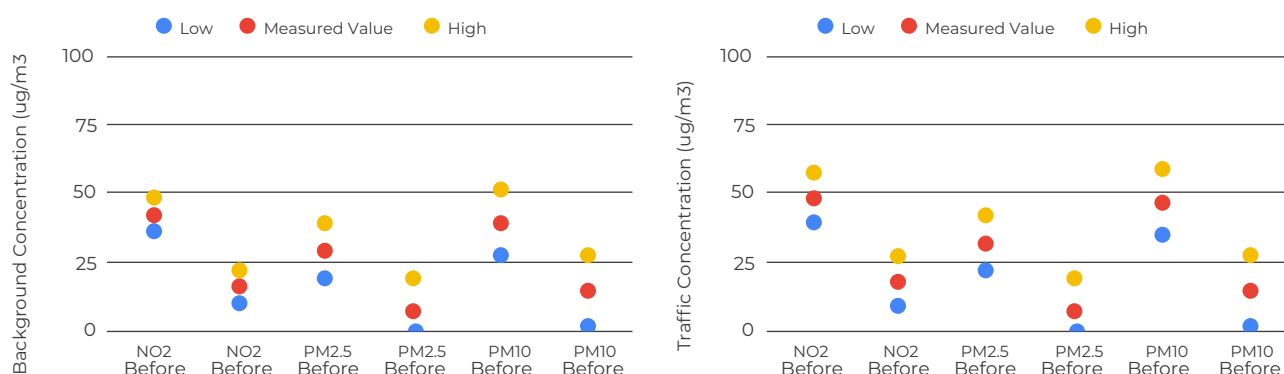


Figura 5. El impacto de la pandemia de COVID-19 en las emisiones. Datos que muestran el impacto de las restricciones de cierre en lugares con concentraciones de contaminación de fondo (izquierda) y con fuerte influencia del tráfico (derecha) en Bogotá. Las concentraciones de NO₂, PM_{2.5} y PM₁₀ se muestran durante un período antes de la restricción (del 21 de febrero al 19 de marzo de 2020) y durante la restricción estricta (del 20 de marzo al 26 de abril de 2020). Fuente: Méndez-Espinosa et al., 2020.

03

MEDICIÓN DE CALIDAD DEL AIRE

Bogotá cuenta con monitores de calidad del aire, la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (su acrónimo en español es RMCAB), es operada por la Secretaría Distrital de Ambiente. Desde 1998, la red de monitoreo ha medido niveles de contaminantes que incluyen PM10, PM2.5, CO, NOx, SO2 y O3 (Mura et al., 2020). La red de monitoreo se está expandiendo actualmente con la instalación de nuevas estaciones en varios lugares de la ciudad. En este informe analizamos los datos de las 12 estaciones de monitoreo donde hay datos disponibles para los años calendario 2019 y 2020 (Tabla 3).

Las concentraciones medias horarias de NO2 y PM2.5 medidas se obtuvieron para los sitios de monitoreo estacionarios que operan como parte de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) que reportan esas especies contaminantes (Tabla 3, Fig.6) .1 Los resultados del monitoreo oficial fueron descargado del sitio web de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito de Bogotá.2 Las concentraciones medias anuales se muestran en la Tabla 4 y sugieren que, si bien los monitores de contaminación rara vez registran excedencias de los niveles promedio anuales de las pautas de la OMS para NO2, las concentraciones medias anuales para PM2.5 y PM10 excede regularmente las pautas de la OMS. Las superaciones de los estándares descritos en la Resolución MADS 2254 son menos frecuentes porque estos estándares son menos estrictos.

El hallazgo de que el material particulado es de particular preocupación en Bogotá ha sido bien documentado durante las últimas dos décadas en la literatura científica (Pérez-Peña et al., 2017; Vargas et al., 2012; Zárate et al., 2007), en Plan de calidad del aire de Bogotá (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021) y la estrategia nacional de calidad del aire (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2019). La superación de las regulaciones de PM10 es más común durante diciembre a marzo de cada año, y especialmente en las regiones sur y suroeste de la ciudad (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021) donde se identificaron altas emisiones en la Sección 2.2.2.

Tabla 3: Características generales de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

UBICACIÓN ESTACIONES RMCAB							
Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Localidad	Dirección	Tip de zona	Tipo de estación
Guaymaral	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580m	Suba	Autopista Norte #205-59	Suburbana	De fondo
Usaquén	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570m	Usaquén	Carrera 7B Bis # 132-11	Urbana	De fondo
Suba	4°45'40.49"N	74°5'36.46"W	2571m	Suba	Carrera 111 # 159A-61	Suburbana	De fondo
Bolivia	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574m	Engativá	Avenida Calle 80 #121-98	Suburbana	De fondo
Las Ferias	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552m	Engativá	Avenida Calle 80 #69Q-50	Urbana	De fondo
P. Simón Bolívar	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W	2577m	Barrios Unidos	Calle 63 #59A-06	Urbana	De fondo
Fontibón	4°40'12.36"N	74°8'29.58"W	2591m	Fontibón	Carrera 96G# 17B-49	Urbana	Industrial
Puente Aranda	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590m	Puente Aranda	Carrera 10 #65-28	Urbana	Industrial
Kennedy	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580m	Kennedy	Carrera 80 #40-55 sur	Urbana	De fondo
Carvajal	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563m	Kennedy	Autopista Sur # 63-40	Urbana	Tráfico Industrial
Tunal	4°34'34.41"N	74°7'51.44"W	2589m	Tunjuelito	Carrera 24 #49-86 sur	Urbana	De fondo
San Cristóbal	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688m	San Cristobal	Carrera 2 Este #12-78 sur	Urbana	De fondo

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía de Bogotá. <http://www.ambientebogota.gov.co/calidad-del-aire> (Visitado por última vez día 13_08_2021 15.00)



Figura 6. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía de Bogotá.

<http://www.ambientebogota.gov.co/calidad-del-aire>

Aunque ninguna red de monitoreo de la calidad del aire puede capturar todas las variaciones de la contaminación en una ciudad, es especialmente importante notar que la ubicación de los monitores en Bogotá limita los datos disponibles para investigar la contaminación en las vías.

Nedbor-Gross y col. (2018) señalan que la red de monitoreo actual no es adecuada para medir el material particulado re-suspendido. Greenpeace ha informado anteriormente que los monitores de contaminación del aire en Bogotá con frecuencia se ubican lejos de las vías principales y en lugares elevados, por lo que es posible que no brinden información adecuada sobre los lugares más contaminados de la ciudad (Farrow, 2021).

La colocación de los monitores de contaminación del aire puede, en parte, explicar por qué la mayoría de las concentraciones de contaminantes del aire medidas en Bogotá permanecen por debajo de las pautas de la OMS y los estándares de calidad del aire de Colombia, incluso en una ciudad en la que las vías congestionadas, el tráfico y los vehículos envejecidos son comunes.

La estrategia nacional de calidad del aire destaca la necesidad de mejorar el monitoreo de la calidad del aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019) y el Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bogotá establece explícitamente un objetivo para fortalecer la representatividad, la cobertura espacial, la cuantificación y la calificación de los datos de calidad del aire (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

Tabla 3: Características generales de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Estación	2020			2019		
	NO2	PM10	PM2.5	NO2	PM10	PM2.5
Bolivia	Información Faltante	Información Faltante	Información Faltante	Información Faltante	Información Faltante	Información Faltante
Centro de Alto Rendimiento	25.6	21.5	13.3	28.1	27.1	14.9
Guayamaral	20.4	25.7	13.5	29.0	24.7	13.5
Kennedy	35.1	41.1	21.4	Información Faltante	43.7	25.1
San Cristobal	Información Faltante	23.5	11.9	Información Faltante	24.9	Información Faltante
Suba	Información Faltante	34.2	14.7	Información Faltante	45.8	16.1
Tunal	28.9	36.4	14.5	27.2	33.6	15.7
Usaquen	Información Faltante	Información Faltante	13.4	Información Faltante	24.8	14.0
Fontibon	30.9	33.7	19.6	40.8	37.2	18.4
Puente Aranda	33.2	34.2	20.5	35.9	40.0	Información Faltante
Las Ferias	30.1	23.6	13.6	33.0	28.3	12.8
Carvajal-Sevillana	48.4	63.7	29.1	44.3	57.7	36.2
Unidades	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
Parámetros OMS 2005	40	20	10	40	20	10
Parámetros OMS 2021	10	15	5	10	15	5
MADS Resolution 2254	60	50	25	60	50	25

*Valores excluidos cuando la disponibilidad de datos era inferior al 75%.

Las superaciones de las directrices de la OMS se muestran en negrilla.

Las superaciones de la Resolución MADS 2254 se muestran subrayadas.

Las superaciones medidas sirven como una advertencia de que la calidad del aire en Bogotá está afectando la salud pública. El Departamento Nacional de Planeación estima que, en 2015, más de 8.000 muertes prematuras podrían atribuirse a la mala calidad del aire en Colombia. El número de muertes prematuras vinculadas solo a la contaminación del aire por combustibles fósiles durante 2018 en Colombia se estimó en 6,900 (Farrow, 2020), lo que subraya la importancia de reducir el uso de carbón, petróleo y gas.



04

HACIA UN AIRE LIMPIO EN BOGOTÁ

4.1 La Ciclovía y la red de ciclorrutas de Bogotá

En un esfuerzo por impulsar la salud pública, las principales vías de Bogotá han estado cerradas a los vehículos los domingos y festivos desde 1974 para que la Ciclovía permita a ciclistas, patinadores y peatones el acceso libre de tráfico a 127,7 kilómetros de carreteras

(<https://www.idrd.gov.co/ciclovía-bogotana>; <https://www.idrd.gov.co/mapa-ciclovía>). El objetivo de la Ciclovía es animar a más personas a realizar actividad física, y algunas personas pueden optar por hacer ejercicio durante la Ciclovía precisamente porque no hay tráfico y hay menor contaminación del aire (Montes et al., 2012). El carácter inclusivo de la Ciclovía aumenta su potencial para promover la actividad en los niños y ayudar a prevenir que desarrollen obesidad (Triana et al., 2019). La Ciclovía también genera ahorros en los costos de salud.

La red de carriles para bicicletas de la ciudad o Ciclorrutas de Bogotá, se extiende a aproximadamente 500 km a través de la ciudad. Como resultado de la pandemia, la ciudad creó 80 kilómetros de ciclovías temporales que se están convirtiendo en ciclovías permanentes. Sin embargo, los carriles para bicicletas no están señalizados con letreros exclusivos y corren junto a carreteras muy transitadas, y las preocupaciones son que los ciclistas estén expuestos a una mala calidad del aire. La investigación en la que se recopilaban datos de campo en abril y mayo de 2013 encontró que los ciclistas estaban expuestos a PM_{2.5} en concentraciones promedio entre 30 y 136 µg / m³ y carbón negro en concentraciones promedio de entre 10 y 38 µg / m³ (Franco et al. , 2016).

4.2 Medidas de transporte público

La extensa flota de autobuses de Bogotá contiene muchos vehículos muy antiguos, la mayoría de los cuales funcionan con diesel. La actualización de la flota a vehículos eléctricos o vehículos con estándares de emisiones más estrictos puede tener un impacto significativo a corto plazo en la reducción de la exposición a la contaminación del aire (Morales Betancourt et al., 2019). La ciudad de Bogotá planea introducir vehículos de emisión cero de acuerdo con el cronograma descrito en la **Tabla 5**.

Tabla 3: Características generales de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

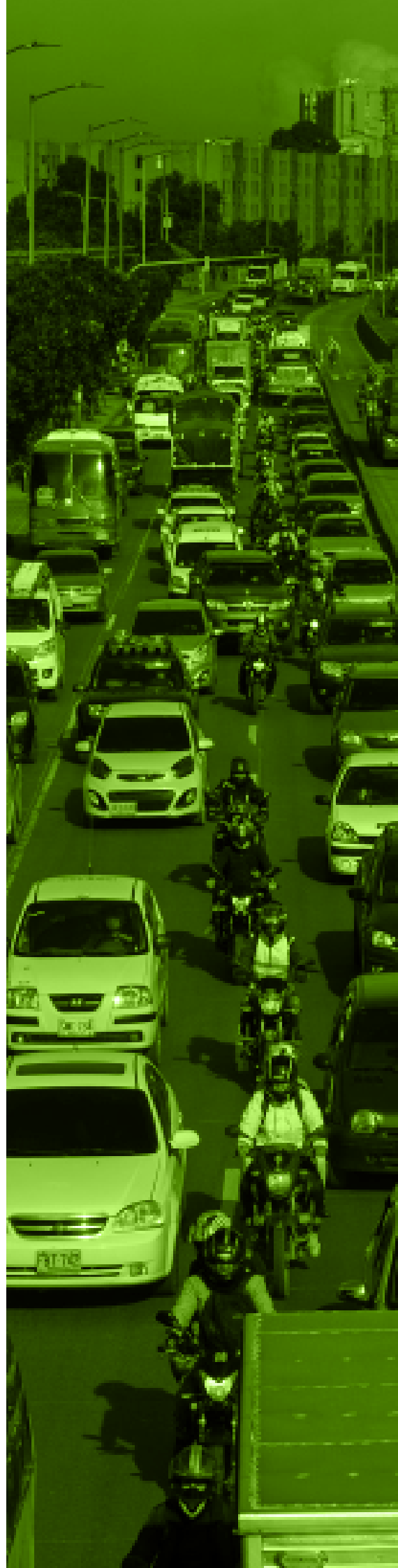
2022	Nueva flota contratada cero emisiones (convenio 790 de 2020)
2023	Establecer el estándar de emisiones Euro VI
	Todos los buses troncales que se adquieran para tener cero emisiones
2025	(Acuerdo 732 de 2018)
	Al menos el 10% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2027	Al menos el 20% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2029	Al menos el 40% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2031	Al menos el 60% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2033	Al menos el 80% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2035	Al menos el 100% de los autobuses comprados deben tener cero emisiones.
2036	Prohibida la compra de buses con cero emisiones

El TransMiCable, descrito en la Sección 2.6.2, puede considerarse como una iniciativa de aire limpio porque sirve para reducir el tiempo que los residentes de los barrios periféricos (es decir, de hogares de bajos ingresos) hasta en un 80% en viajar a una de las estaciones de TransMilenio. Anteriormente, esos residentes tardaban en promedio una hora en llegar a la estación TransMilenio; la mayor parte del transporte se realiza en vehículos motorizados (Sarmiento et al., 2020).

4.3 Medidas para vehículos particulares

Las fuentes móviles, principalmente el transporte, dominan las emisiones de muchos contaminantes atmosféricos en Bogotá, y los automóviles particulares son los principales contribuyentes a las emisiones de CO₂, NO_x, COV y SO₂ del tráfico en las carreteras (Figura 1, Sección 2.2). Las emisiones aumentan a medida que aumenta el número de vehículos en circulación.

Racionar el uso de automóviles particulares en Bogotá no pareció mejorar la calidad del aire (Bonilla, 2019); sin embargo, una ley aprobada en Colombia en 2019 prohibirá los vehículos diésel que no cumplan con Euro VI o equivalente después de enero de 2035. Las mejoras en el transporte público y la infraestructura para el tráfico no motorizado, como el ciclismo, también tienen el potencial de reducir las emisiones de los vehículos de motor al reemplazar viajes con alternativas más ecológicas. Las estrategias que reducen las emisiones de los vehículos livianos tienen el mayor potencial para reducir las PM_{2.5} en toda la ciudad en comparación con estrategias como la limpieza de carreteras pavimentadas, los controles de emisiones industriales o la reducción de las emisiones de las flotas de carga debido a la cantidad de vehículos involucrados y su distribución a través toda la ciudad (East et al., 2021). Combinadas, las estrategias diseñadas para apuntar a los mayores emisores de PM_{2.5}, introduciendo controles para fuentes industriales, flotas de vehículos de bajas y cero emisiones y sistemas de limpieza de carreteras, pueden evitar en gran medida los aumentos proyectados en las concentraciones (East et al., 2021). Sin embargo, en última instancia, si bien la cantidad de vehículos particulares en Bogotá está aumentando, es probable que las emisiones también aumenten a largo plazo. También se necesitan estrategias para reducir el número de viajes en vehículos particulares fomentando el uso del transporte público, a pie o en bicicleta.



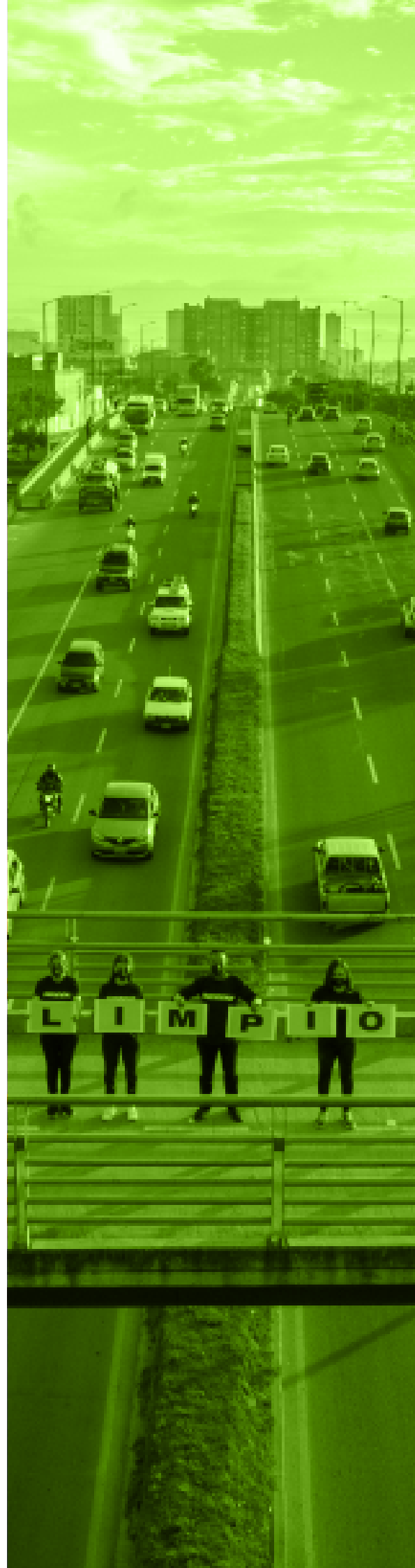
4.4 Combustibles para vehículos

Colombia ha introducido combustibles para vehículos cada vez más limpios en los últimos años y el contenido de azufre permisible en el diésel se ha reducido de 4.500 ppm en 2008 a 50 ppm en 2013. Las fases I y II del TransMilenio de Bogotá han utilizado combustible diésel con 10 ppm desde 2019 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019). La mejora de la calidad del combustible reduce la producción de contaminantes del aire y la eliminación del azufre del combustible no solo reduce la contaminación por SO₂, sino también la formación de partículas de sulfato. Sin embargo, se debe reconocer que donde el transporte continúa operando con tecnología de motores de combustión, los residuos contaminantes de esa combustión, incluidos todos los contaminantes descritos en el Recuadro 1, continuarán emitiéndose al aire de Bogotá.

4.5 Pavimentación de vías

Las áreas de la ciudad con vías sin pavimentar contribuyen en gran medida a la carga de material particulado en Bogotá (Pachón et al. 2018). Las carreteras sin pavimentar son un factor clave que contribuye a la contaminación por material particulado, el 90% de las PM₁₀ emitidas en Bogotá es material particulado resuspendido de las superficies de las vías (Pachón et al. 2018). Por lo tanto, la pavimentación de calles proporciona un medio para reducir la contaminación por partículas, y en algunas áreas de la ciudad se estima que la pavimentación de calles podría llevar a que las concentraciones medias anuales de partículas se reduzcan en casi 10 µg / m³ para el año 2030. A medida que el tráfico de motor continúa aumentando en todo el territorio de la ciudad, la calidad del aire se deteriorará significativamente en otras áreas por la ausencia de medidas adicionales de control de emisiones.

La pavimentación de calles por sí sola no es una solución suficiente para lograr una calidad de aire adecuada (East et al., 2021). La mejora de la infraestructura debería ser una prioridad y, cuando se haga, las calles deberían diseñarse para fomentar el transporte, el senderismo y la bicicleta con bajas emisiones de carbono.

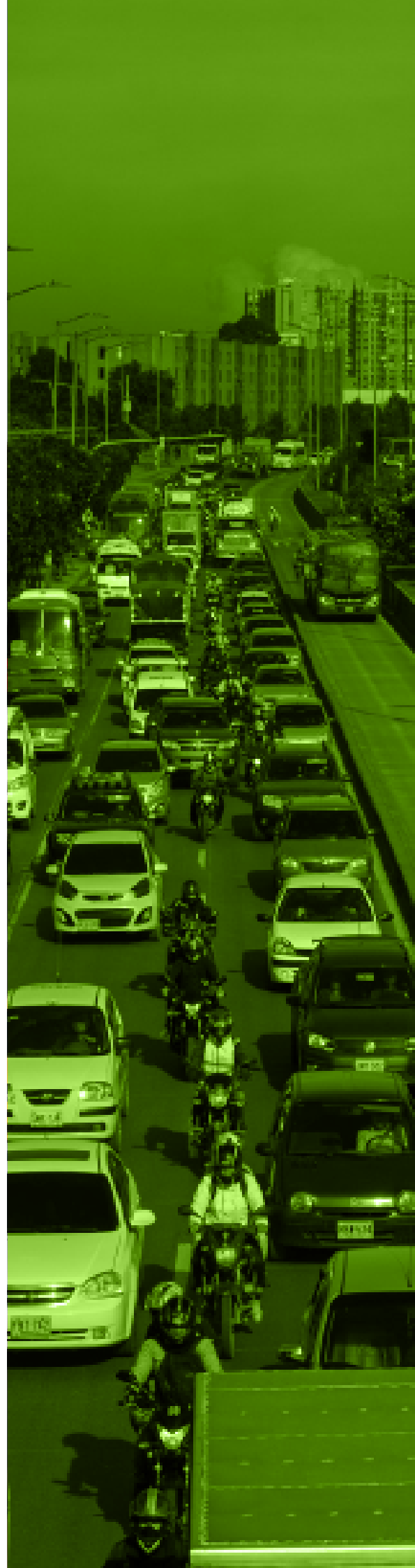


Un informe reciente sobre la desigualdad económica, social y ambiental reportó que la pavimentación de carreteras podría disminuir la desigualdad y prevenir las muertes asociadas con la contaminación del aire, lo que generaría un beneficio económico significativo. Además, muchos barrios en el suroccidente de la ciudad podrían cumplir con el objetivo intermedio 2 de PM_{2.5} de la OMS y las áreas en el sur alcanzarían el objetivo intermedio 3 (Bonilla et al).

4.6 Estrategia política

La estrategia nacional de calidad del aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019) tiene como objetivo mejorar la calidad del aire y se centra en reducir el material particulado en las zonas urbanas para la protección de la salud pública. Los cinco pilares de la estrategia requieren herramientas regulatorias más sólidas, actualización y conocimientos científicos mejorados, directrices basadas en la salud para los ciudadanos, apoyo para la gestión de la calidad del aire y directrices para la gobernanza. La estrategia establece objetivos que incluyen la reunión de estaciones de monitoreo de la calidad del aire. La meta provisional 3 de la OMS (2005) para PM₁₀ y PM_{2.5}, pero no alcanza los valores de referencia de la OMS en sí mismos. La estrategia destaca la necesidad de vehículos más limpios y eficientes en las carreteras de Colombia. Los vehículos de emisión cero y de bajas emisiones se ven favorecidos por una reducción de las tarifas. Sin embargo, no se establece ninguna eliminación para los vehículos propulsados por combustibles fósiles y existen tarifas reducidas para los vehículos híbridos y de campo de gas fósil, que continúan produciendo emisiones de escape.

En Bogotá, el objetivo del plan estratégico de calidad del aire es asegurar el cumplimiento de los estándares nacionales de calidad del aire y cada meta interina 3 de la OMS para PM_{2.5} y PM₁₀ (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). Al igual que con la estrategia nacional, esto establece metas por debajo de las directrices de la OMS del 2005 para el material particulado. Los objetivos específicos del plan incluyen;



Mejorar la representatividad, cobertura y calidad de los datos sobre la calidad del aire;

Mejorar los mecanismos de seguimiento y control de las fuentes de contaminación;

Reducir las emisiones mediante el aumento de la eficiencia energética y la actualización de la tecnología en los sectores de fuentes;

Gestión de la calidad del aire a través de la planificación urbana;

Gobernanza integral para la gestión de la calidad del aire.

Se mejorará el efecto del sector transporte sobre la contaminación atmosférica a través de ocho proyectos que se centran en la incorporación de tecnologías de emisión cero y bajas a la flota de transporte público, mejorando las emisiones de las motocicletas a través de tecnología moderna, nuevos medios de transporte de pasajeros, nueva infraestructura de ciclorutas, modernización de vehículos pesados de carga y un programa de reducción de emisiones del transporte urbano de carga, entre otros. El plan establece objetivos a mediano y largo plazo para mejorar la calidad del aire. Los objetivos incluyen reducir las concentraciones de PM_{2.5} en un 16,6% y de PM₁₀ en un 14,2% para cumplir con el objetivo intermedio 3 de la OMS para 2030, con una reducción del 10% en las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} como promedio ponderado de la ciudad durante los próximos cuatro años con una ambición reducir esta cifra en un 18% en el suroeste de la ciudad.

En 2020, la alcaldesa declaró la emergencia climática en Bogotá, que cuenta con estrategias vinculantes con un presupuesto de adaptación, mitigación y resiliencia al cambio climático al 2030. Para la transición energética y reducción de gases de efecto invernadero el Distrito Capital se compromete a adoptar medidas urgentes para reemplazar el uso de combustibles fósiles en los sistemas de transporte de la ciudad, con el fin de reducir en un 50% las emisiones de gases de efecto invernadero al año 2030, con referencia al año 2020.

Consideramos que las metas de PM_{2.5} y PM₁₀ no son ambiciosas y deben cumplirse en un período más corto de tiempo, priorizando estrategias e inversiones junto con las medidas específicas para ser efectivos en un período de menos de cuatro años. La meta de reducir la PM en un 18% en las zonas muy vulnerables del suroccidente, Kennedy, Bosa, Tunjuelito, Puente Aranda y parte de Ciudad Bolívar no es suficiente.



05 RECOMENDACIONES

Hemos revisado la situación actual de contaminación del aire en Bogotá con respecto a las emisiones del tráfico vehicular. Las fuentes móviles de contaminación del aire, principalmente el transporte terrestre es el principal sector de emisiones de algunos contaminantes del aire, y los vehículos particulares contribuyen de manera desproporcionada a las emisiones. Las futuras concentraciones de contaminación del aire en Bogotá se verán afectadas por decisiones relacionadas con el futuro del transporte en la ciudad. El impacto del sector del transporte en la calidad del aire está determinado por:

- ***La naturaleza de la flota de vehículos actual y su actividad;***
- ***Demanda de cada forma de transporte;***
- ***La infraestructura de transporte dentro de la ciudad.***

En Bogotá hay desafíos específicos que se vuelven más urgentes por la creciente población de la ciudad y el creciente número de personas expuestas a la contaminación del aire urbano. Este informe identifica que anualmente en Bogotá miles de muertes prematuras están vinculadas a la contaminación del aire y que los efectos sobre la salud de la contaminación del aire son una carga significativa para la economía colombiana.

Los desafíos relacionados con la calidad del aire y el transporte en Bogotá incluyen vehículos viejos y altamente contaminantes, una flota de vehículos en crecimiento, congestión vehicular e infraestructura inadecuada, como vías sin pavimentar y provisión insuficiente para bicicletas. Las regulaciones actuales sobre contaminación del aire no son tan estrictas como las pautas de calidad del aire de la OMS tanto del año 2005 como las recientes 2021 y la ubicación de los monitores de contaminación del aire en Bogotá no proporciona datos suficientes para investigar a fondo el impacto de la contaminación en las carreteras.

Por lo tanto, Bogotá necesita abordar la contaminación del aire con los siguientes objetivos:



Transformar sus flotas de vehículos públicos por vehículos de emisión cero y de bajas emisiones que sustituyan a los vehículos propulsados por combustibles fósiles.



Reducir la demanda de transporte motorizado mediante la inversión en transporte público, a pie y en bicicleta.



Modificar el tercer ítem por: Mejorar la infraestructura para crear rutas seguras y accesibles para caminar y andar en bicicleta. Eliminar las carreteras sin pavimentar y la contaminación por partículas que pueden generar.



Los cambios en las concentraciones de contaminantes al reducir las emisiones de los vehículos ligeros tienen el potencial de lograr mejoras significativas y de gran alcance en toda la ciudad cuando se usan junto con medidas para reducir el polvo de las carreteras sin pavimentar y las fuentes industriales.



GLOSARIO



BRT	_____	Bus Rapid Transit system
CO	_____	Monóxido de Carbono
EBC	_____	Carbón negro equivalente, una medida de contaminación por partículas.
EXCEEDANCE	_____	Un período de tiempo en el que la concentración de un contaminante del aire
KPH	_____	Kilómetros por hora
MADS	_____	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia
NO₂	_____	Dióxido de nitrógeno
NO_x	_____	Óxidos de mono-nitrógeno
O₃	_____	Ozone
PM₁₀	_____	Material particulado con un diámetro aerodinámico inferior a 10µm
PM_{2.5}	_____	Material particulado con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5µm
PPM	_____	Parte por millón
SO₂	_____	Dióxido de azufre
SITP	_____	Sistema Integrado de Transporte Público
WHO	_____	Organización Mundial de la Salud
µG/M³	_____	Microgramos por metro cúbico
VOC	_____	Compuesto orgánico volátil

REFERENCIAS

Alcaldía de Bogotá. Transmilenio. (2021). Documento Comisión Accidental, Acuerdo 790 de 2020.

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

Bonilla, J. A. ¿Cuanto más estricto, mejor? Racionamiento del uso del automóvil en Bogotá con restricciones moderadas y drásticas. The World Bank Economic Review 33, 516–534 (2019). DOI: 10.1093/wber/lhw053

Bonilla, J. A. Morales, R. and Aravena, C. (No Date) Análisis de desigualdades múltiples y políticas de reducción de la contaminación.



Disponible en <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/eventos/Infografia-Analisis-Aire-Bogota.pdf> [consultado en 23 de agosto de 2021]

Camargo-Caicedo, Yiniva, Laura C. Mantilla-Romo, and Tomás R. Bolaño-Ortiz. Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, precursores de ozono, aerosoles y gases acidificantes del transporte por carretera durante el cierre de la COVID-19 en Colombia. *Appl. Sci.* 11, 1458 (2021). DOI: 10.3390/app11041458.

Carmona, L. G., et al. Conciliación de inventarios top-down y bottom-up de emisiones de fuentes móviles en Bogotá, Colombia. *Tecnura Journal* 20, 59–74 (2016). DOI: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a04.

Cohen, A. J. et al. Estimaciones y tendencias de 25 años de la carga mundial de morbilidad atribuible a la contaminación del aire ambiente: un análisis de los datos del Estudio de la carga mundial de enfermedades 2015. *Lancet* 389, 1907–1918 (2017).

CONPES 3963, (2019). CONPES 3963, Política para la Modernización del Sector Transporte Automotor de Carga. Available at <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3963.pdf>

DNP, 2017. Departamento Nacional de Planeación (DNP). Los costos de la degradación ambiental en Colombia. Available at: [https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-biliones.aspx](https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-biliones.aspx) [consultado el 11 de noviembre de 2020].

Secretaría Distrital de Medio Ambiente, 2021. <https://ambientebogota.gov.co> (consultado el 10 de marzo de 2021)

East, J. et al. Modelado de la calidad del aire para informar las estrategias de mitigación de la contaminación en una megaciudad de Latinoamérica. *Sci. Total Environ.* 776, 145894 (2021).

Engelberg, J. A., et al. Ciclovía Participación e Impactos en San Diego, CA: The First CicloSDias. *Prev. Med.* 69, S66–S73 (2014).

EEA, 2013. EMEP/EEA Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de 2013; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, 2013.

Farrow, A., Miller, K.A. & Myllyvirta, L. Toxic air: El precio de los combustibles fósiles. Seúl: Greenpeace Southeast Asia. 44 pp. February 2020.



Farrow, A. Evaluación del Monitoreo de la Contaminación del Aire en Bogotá, Colombia. Laboratorios de investigación de Greenpeace Informe Técnico GRL-TR-01-2021, April 2021

Franco, J. F., Segura, J. F. & Mura. I. Contaminación del aire junto a ciclovías en Bogotá-Colombia. *Front. Environ. Sci.* 4, 77 (2016).
DOI: 10.3389/fenvs.2016.00077

Guevara, T., et al Transformaciones urbanas y salud: Resultados de la evaluación del TransMiCable. *Aprendizajes Latinoamericanos Resumen de resultados no.1. Salud Urbana en América Latina (SALURBAL).* (2020) Available at <https://drexel.edu/lac/data-evidence/policy-evaluations/> [consultado el 23 de agosto de 2021]

Han, M.-H., et al. Contaminación del aire junto a ciclovías en Bogotá-Colombia *BMC Neurol.* 16, 59 (2016).

Hernández, Mario A., et al. " Ciclismo urbano y calidad del aire: caracterización de la exposición de los ciclistas a la contaminación relacionada con partículas." *Clima Urbano* 36, 100767 (2021).

IDB, 2015. Inter-American Development Bank. Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta (in Spanish).

Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/ciclo-inclusion-en-america-latina-y-el-caribe-guia-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta> [consultado el 4 de diciembre de 2020].

IDRD, 2020. Bogotá alcanza los 80 kilómetros de ciclovías temporales (in Spanish).

Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/noticias/bogota-alcanza-los-80-kilometros-ciclovias-temporales> [accessed December 4, 2020].

IEA, 2021. Revisión Energética Global: CO2 Emisiones in 2020, IEA, Paris <https://www.iea.org/articles/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>

INRIX, 2020. INRIX Global Scorecard del Tráfico Disponible en: <http://www.inrix.com/scorecard> [consultado el 4 de diciembre de 2020].

ISSRC, 2008. IVE Manual del Usuario. Centro Internacional de Investigación de Sistemas Sostenibles, 2008

Jaramillo, A. Bloomberg CityLab news item: 'Bogotá Está Construyendo Su Futuro En Torno A Las Bicicletas'. Publicado en línea 10 de agosto de 2020.

Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-10/to-tame-traffic-bogot-bets-big-on-bike-lanes> [accessed December 4, 2020].



Le Quéré, C., Jackson, R.B., Jones, M.W. et al. Reducción temporal de las emisiones globales diarias de CO₂ durante el confinamiento forzoso de la COVID-19. *Nat. Clim. Chang.* 10, 647–653 (2020). DOI:10.1038/s41558-020-0797-x

Mangones, S.C., Jaramillo, P., Rojas, N.Y. et al. Efectos de las emisiones de contaminación atmosférica por cambios en la oferta de transporte: el caso de Bogotá, Colombia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 35971–35978 (2020). DOI: 10.1007/s11356-020-08481-1

Mendez-Espinosa, J.F., Belalcazar, L.C. & Morales Betancourt, R. Impacto regional en la calidad del aire de las emisiones de quema de biomasa en el norte de Latinoamérica. *Atmos. Environ.* 203, 131-140 (2019). DOI: 0.1016/j.atmosenv.2019.01.042

Mendez-Espinosa JF, Rojas NY, Vargas J, Pachón JE, Belalcazar LC, Ramírez O. Variaciones de la calidad del aire en el norte de Latinoamérica durante el cierre de la COVID-19. *Sci Total Environ.* 749, 141621 (2020). DOI: 10.1016/j.scitoten.2020.141621.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (Sin Fecha). Sistema de Información Ambiental de Colombia. Available at <http://www.siac.gov.co/emisionesaire> (consultado el 18 de abril de 2021).

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

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia [MADS] (2019). Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Available at https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/ESTRATEGIA_NACIONAL_DE_CALIDAD_DEL_AIRE_1.pdf (accessed July 21, 2021).

Montes, F. et al. ¿Los beneficios para la salud superan los costos de los programas recreativos masivos? Un análisis económico de cuatro programas de ciclovía. *J. Salud Urbana* 89, 153–170 (2012).

Morakinyo, O., Mokgobu, M., Mukhola, M. & Hunter, R. Resultados para la salud de la exposición a componentes biológicos y químicos de material particulado inhalable y respirable. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 13, 592 (2016). DOI: 10.3390/ijerph13060592.

Morales Betancourt, R., Galvis, B., Rincón-Riveros, J.M., Rincón-Caro, M.A., Rodríguez-Valencia, A. & Sarmiento, O.L. Exposición personal a contaminantes



del aire en un sistema de autobús de tránsito rápido: impacto de la antigüedad de la flota y el estándar de emisiones. *Atmos. Environ.* 202, 117–127 (2019). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2019.01.026

Mura, I., Franco, J.F., Bernal, L., Melo, N., Díaz, J.J. & Akhavan-Tabatabaei, R. A Década de la Calidad del Aire en Bogotá: Un Análisis Descriptivo. *Front. Environ. Sci.* 8, 65 (2020). DOI: 10.3389/fenvs.2020.00065

Nedbor-Gross, Robert, et al. "Modelado de la calidad del aire en Bogotá, Colombia utilizando emisiones locales y ajuste de factores de mitigación natural para material particulado resuspendido". *Investigación de la Contaminación Atmosférica* 9.1 (2018): 95-104.

Ntziachristos, L., et al. COPERT: un modelo europeo de inventario de emisiones del transporte por carretera. "Tecnologías de la información en la ingeniería medioambiental. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. 491–504.

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

Pérez-Peña, M. P. et al. Ajuste del factor de mitigación natural para el inventario de emisiones de material particulado resuspendido para Bogotá, Colombia. *Atmos. Poll. Res.* 8, 29–37 (2017).

Rueda-García, N. (2003). El caso de Bogotá, D. C., Colombia. Disponible en: https://www.ucl.ac.uk/dpu-projects/Global_Report/pdfs/Bogotá.pdf

Sarmiento, O. L. et al. Transformaciones urbanas y salud: métodos para la confianza: un experimento natural que evalúa los impactos de un teleférico de transporte masivo en Bogotá, Colombia. *Front. Salud Pública* 8, 64 (2020). DOI: 10.3389/fpubh.2020.00064

Secretaría Distrital de Ambiente. Documento técnico de soporte. Modificación del Decreto 98 de 2011. Informe Técnico No. 00634. (2017). Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/0/4.+DTS+modificaci%C3%B3n+PDDAB+2017.pdf> [accessed July 22 2021]

Secretaría Distrital de Ambiente. Plan estratégico para la gestión Integral de la calidad del aire de Bogotá 2030. (2021)

Sunyer, J. & Dadvand, P. El desarrollo cerebral prenatal como objetivo de la contaminación del aire urbano. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* 125, Suppl 3, 81–88 (2019).



Tollefson, J. COVID redujo las emisiones de carbono en 2020 — per no por mucho. *Nature* 589, 343 (2021). DOI:<https://doi.org/10.1038/d41586-021-00090-3> (2021)

TomTom International BV. TomTom Traffic Index 2020. Disponible en: https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/about/ [consultado el 22 de julio de 2021]

Triana, C. A. et al. Calles activas para niños: el caso de la Ciclovía de Bogotá. *PLoS One* 14, e0207791 (2019).

US-EPA, 2010. Simulador de Emisiones de Vehículos de Motor (MOVES): Guía del Usuario. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2010.

Vargas, F. A., et al. PM10 Caracterización y distribución de fuentes en dos áreas residenciales en Bogotá.

Atmos. Poll. Res. 3, 72–80 (2012).

Wang, B., Xu, D., Jing, Z., Liu, D., Yan, S. & Wang, Y. Efecto de la exposición a largo plazo a la contaminación del aire sobre el riesgo de diabetes mellitus tipo 2: una revisión sistémica y un metanálisis de estudios de cohortes. *Eur. J. Endocrinol.* 171, R173–R182 (2014).

WHO, 2020b. Sala de redacción de la Organización Mundial de la Salud. Publicado el 20 de octubre de 2020. Ciclovías Temporales, Bogotá, Colombia. Disponible en:

<https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/ciclov%C3%ADas-temporales-bogot%C3%A1-colombia> [accessed December 4, 2020].

Zarate, E., et al. Modelización de la calidad del aire en Bogotá, Colombia: técnicas combinadas para estimar y evaluar inventarios de emisiones. *Atmos. Environ.* 41, 6302–6318 (2007).

AGRADECIMIENTOS

La sección sobre la Ciclovía de Bogotá es una versión editada de un texto publicado en Farrow et al., 2020.



06

ANEXO 1. SOLICITUD DE INFORMACIÓN



EMPRESA DE TRANSPORTE DEL
TERCER MILENIO
TRANSMILENIO S.A

Bogotá D.C., 23 de marzo de 2021

Señora
TATIANA CESPEDES CLAVIJO
Ciudad

Asunto: Requerimiento recibido en la plataforma Bogotá te Escucha con número 827192021

Respetada señora Tatiana:

En atención a su comunicacón atentamente le informamos.

Dando respuesta a su solicitud, TRANSMILENIO S.A., se permite informar, para el componente zonal (Urbano – Complementario – Especial) y con corte a 14 de marzo de 2021, se tienen vinculados a la operación 6181 buses.

En relación con al SITP Provisional, con corte al 17 de marzo de 2021:

VEHÍCULOS EN OPERACIÓN	RUTAS	EMPRESAS
2415	92	42

Por otra parte, el componente troncal y de alimentación cuenta con 3292 vehículos vinculados a la operación. A continuación, se presentan los datos por tipología vehicular:

FLOTA VINCULADA DTBRT

TIPOLOGIA	CANTIDAD
-----------	----------

ALIMENTADOR (50)	91
------------------	----

ALIMENTADOR (80)	843
------------------	-----

ARTICULADO	762
------------	-----

BIARTICULADO	1323
--------------	------

R-DA-005 enero de 2020 Página 1 de

TRANSMILENIO S.A.
Avenida El Dorado No. 66 - 79
Edificio El Dorado - Torre 1 Piso 5
PBR: (57) 2220000
PAB: (57) 3248870 - 80
Código postal: 111071
www.transmilenio.gov.co
Información: línea 4824304



EMPRESA DE TRANSPORTE DEL
TERCER MILENIO
TRANSMILENIO S.A

PADRON DUAL

273

Total general 18-03- 2021

3292

Finalmente, TRANSMILENIO S.A., le reitera su compromiso de continuar en la búsqueda de alternativas que permitan atender de manera equilibrada las necesidades de transporte de los usuarios con criterios de calidad y eficiencia.

**Cordialmente,
TRANSMILENIO S.A.**

Proyectó: Deyby Yamith Cárdenas - Dirección Técnica BRT.

Néstor Monroy - Dirección Técnica de Buses.

Elena Vásquez - Dirección Técnica BRT.

Armando Illera - Profesional Especializado Dirección Técnica de Buses.

Marcela Carrascal - Profesional Especializado Dirección Técnica de Buses.

Consolidó: Paula Luna - Servicio al Usuario: Código: 807

Nota: Los vistos buenos de las personas que han intervenido en la proyección y aprobado del presente documento fueron tomados a través del correo electrónico institucional de la Entidad.