

Análisis del material particulado en relación con la percepción de la calidad de vida en tres localidades de Bogotá - Colombia

Analysis of particulate matter in relation to the perception of the quality of life in three localities of Bogotá – Colombia

Franz Leonard Fischer^{a, b}, David Felipe Beltrán^a

RESUMEN

La calidad del aire ha sido un tema relevante en el área de la salud de la población en Bogotá. Este estudio está basado en lo encontrado para las localidades Fontibón, Kennedy y Usaquén de acuerdo con tres pilares: (1) índices demográficos, (2) día sin carro y sin moto y (3) percepción de la contaminación atmosférica. Se realizó un análisis del efecto del material particulado, PM₁₀ y PM_{2,5}, teniendo en cuenta la percepción de contaminación atmosférica de las localidades del área de estudio. Se encontró que la contaminación ha ido disminuyendo en los últimos años, siendo la localidad de Kennedy la más contaminada por PM₁₀ y PM_{2,5}. Este resultado concuerda con el menor estrato socio-económico de esta localidad, en comparación con la de Usaquén con concentraciones menores de este material y estratos socio-económicos más altos, sin obtener una correlación significativa entre dichos factores. La menor área de zonas verdes y árboles por habitante en Kennedy y las influencias de vientos contaminantes de municipios aledaños, perjudican tanto la salud como la calidad de vida, más que en Fontibón y Usaquén. Los registros de material particulado durante el mes de febrero de 2020 arrojaron una disminución de PM₁₀ y PM_{2,5} el 6 de febrero, día sin carro y sin moto, comparado con los días restantes del mes. Esta reducción de la contaminación en este día fue estadísticamente significativa para el PM₁₀.

PALABRAS CLAVE: calidad del aire; material particulado; índices de calidad de vida; día sin carro y sin moto.

ABSTRACT

Air quality has been a relevant issue in the area of population health in Bogotá. This study is based on what was found for the Fontibón, Kennedy and Usaquén localities according to three pillars: (1) demographic indexes, (2) days without a car and without a motorcycle, and (3) perception of air pollution. It was focused on an analysis of the effect of the particulate matter, PM₁₀ and PM_{2,5}, considering the perception of atmospheric pollution of the localities in the study area. Pollution was found to have been decreasing in recent years, with Kennedy being the most polluted by PM₁₀ and PM_{2,5}. This result agrees with the lower socio-economic stratum of this locality, compared to Usaquén with lower concentrations of this material and higher socio-economic strata, without obtaining a significant correlation between these factors. The smaller portion of green areas and trees per inhabitant in Kennedy and the influences of polluting winds from neighboring municipalities, harm both health and quality of life, more than in Fontibón and Usaquén. The particulate matter records during the month of February 2020 showed a decrease in PM₁₀ and PM_{2,5} on February 6, the day without car and without motorcycle, compared to the remaining days of the month. This reduction in pollution on this day was statistically significant for PM₁₀.

KEY WORDS: air quality; particulate matter; life quality indices; day without car and without motorcycle.

a Universidad El Bosque, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia. ORCID Fischer, F.L.: 0000-0002-8840-1102; ORCID Beltrán, D.F.: 0000-0002-7876-4647

b Autor de correspondencia: franz_leo_315@hotmail.com; ffischer@unbosque.edu.co

Introducción

La mayor parte de los problemas de calidad del aire son actualmente resultado de las actividades industriales y de la polución generada por los medios de transporte, lo que deja ver que la contaminación atmosférica es consecuencia del uso de la energía. Dependiendo de su origen, los contaminantes se clasifican en antropogénicos, generados por la actividad humana, o naturales, que resultan gracias a procesos de la naturaleza, por ejemplo, erupciones volcánicas o polen en suspensión. Puede definirse la contaminación atmosférica como la presencia de elementos contaminantes, los cuales alteran su contenido y pueden afectar cualquier elemento del ecosistema. Visto desde la perspectiva antropocéntrica, la polución atmosférica hace referencia a los factores que causan afecciones para la salud humana (Strauss y Mainwaring, 2011).

Un aire no contaminado es una de las condiciones más importantes en la salud y bienestar del ser humano. Bogotá *Cómovamos* (2019) y Medina (2019) confirman que la contaminación del aire es la principal causa del empeoramiento de la salud ambiental en Colombia. Bogotá se ha visto afectada por la contaminación atmosférica desde hace algunas décadas, y como confirman los estudios de la OMS (2018) y Matus y Oyarzún (2019), hasta ahora, crece una mayor conciencia alrededor de la problemática que aqueja principalmente a niños y ancianos.

El detrimento de la calidad del aire en Bogotá que se relaciona directamente con afecciones para la salud, mayormente la respiratoria y cardiaca, aumentando la preocupación de las autoridades de salud pública y ambientales de la ciudad (Medina, 2019; Gaitán et al., 2007). En Colombia, más de un tercio de todas las problemáticas ambientales que afectan a la salud, suceden en la ciudad de Bogotá, esto se debe, especialmente, a los altos niveles de material particulado, lo cual se diferencia con las demás ciudades del país (Sánchez-Triana et al., 2007). La contaminación del aire trae también impactos económicos considerables, lo que acorta vidas, aumenta costos médicos y reduce la economía y su productividad a causa de la pérdida de días laborales (EEA, 2019).

Una de las medidas que ha tomado la Secretaría Distrital de Ambiente respecto al tema, fue la

implementación de alertas amarillas y naranjas en ciertas localidades de la ciudad, para así prevenir que la contaminación del aire se expanda (MADS, 2017), tomando en consideración que Bogotá cuenta con el Plan de Descontaminación y con el Plan de Contingencia. Los indicadores constituyen elementos de soporte para lograr la sustentabilidad ambiental (Velázquez-Mara y Salazar-Solano, 2019). Además de implementar el día sin carro y sin moto, el primer jueves del mes de febrero, la medida busca disminuir la contaminación atmosférica en la ciudad (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020a) lo cual sucede con un impacto considerable debido los factores climáticos, ocurridos durante este mes del año (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020b).

Es importante tener en cuenta la composición del aire: 78% nitrógeno (N); 20,94% oxígeno (O₂); 0,93% argón (Ar) y el porcentaje restante, lo componen cantidades pequeñas de helio (He), neón (Ne), kriptón (Kr), xenón (Xe), hidrógeno (H) y óxido nítrico (N₂O) (Strauss y Mainwaring, 2011). Uno de los principales agentes contaminantes presentes en el aire es el material particulado cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 10 µm, el cual se conoce comúnmente como PM₁₀ y el menor de 2,5 µm (PM_{2,5}) (Blanco-Becerra et al., 2015). Su comportamiento varía de forma irregular y temporal en la atmósfera, debido a las actividades humanas, condiciones atmosféricas inestables y fenómenos meteorológicos (OMS, 2018). Sobre el material particulado, el contaminante más significativo, principalmente el PM₁₀, se calcula que el sector industrial contribuye con un 58% de las emisiones, mientras que el 42% lo hacen las fuentes móviles (FEDESARROLLO y PROBOGOTÁ, 2019). Además, el sector transporte es crucial por su aporte a gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Espinosa et al., 2019).

Una demanda creciente de servicios en el sector urbano provoca una disminución de la calidad del aire debido a muchos factores (Sefair et al., 2019). Las emisiones en Bogotá incluyen fuentes de emisión como las móviles (vehículos, maquinaria amarilla, agrícola e industrial), fuentes fijas industriales, comerciales, de área (centros de almacenamiento de combustibles), suspensión de nuevo del material particulado sobre la malla vial ocasionado por

el paso vehicular, las construcciones e incendios forestales, entre otras fuentes (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018).

El que haya una diferencia de temperatura entre las ciudades (cascos urbanos) y sus alrededores (suburbios y zonas rurales) tiene relación directa con los factores meteorológicos como circulación del aire, precipitaciones, horas de luz solar, entre otros (Strauss y Mainwaring, 2011). Por eso, el clima de las ciudades se caracteriza por sus propias cualidades. Si los contaminantes permanecen sobre una ciudad durante un tiempo prolongado, ya sea por el resultado de una inversión térmica o como consecuencia de la meteorología local propia, puede producirse la condición atmosférica conocida como *smog* (Bastidas, 2020).

La población ciudadana se siente más afectada por la contaminación debido a su cercanía a las fuentes móviles (peatones, ciclistas, conductores) (Segura-Contreras y Franco, 2016; Bogotá Cómo vamos, 2019). Además, la creciente preocupación de la sociedad por el ambiente (Medina y Páramo, 2014), una encuesta a los ciudadanos aporta resultados considerables en cuanto a cómo las personas perciben la calidad de aire en la ciudad.

El objetivo general fue realizar un análisis del material particulado con base en los índices de calidad de vida de las localidades de Fontibón, Kennedy y Usaquén en Bogotá, Colombia. Por otro lado, los objetivos específicos fueron: (1) Consolidar las correlaciones que pudieran existir entre el material particulado y los índices de calidad de vida y (2) Contrastar la diferencia existente entre el día sin carro y sin moto con el resto de los días de febrero de 2020, respecto a la concentración por material particulado.

Metodología

Para este estudio los indicadores de calidad de vida fueron principalmente: acceso a servicios públicos, tenencia de bienes y servicios, salud, atención integral de los niños y niñas menores de cinco años y el uso de tecnologías de información y comunicación, extraídos de los resultados de la encuesta de calidad de vida realizada por el DANE (2019).

El trabajo se realizó siguiendo los tres pilares: (1) la información sobre los índices demográficos y contaminación por material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$) en las tres localidades de Bogotá, Fontibón, Kennedy y Usaquén, que componen el área del estudio; (2) la comparación de la contaminación por material particulado en el día sin carro y sin moto (el 6 de febrero de 2020), con respecto al día anterior y posterior y del resto de días del mes de febrero y (3) resultados de la encuesta sobre la percepción de la calidad del aire.

En esta encuesta participaron un total de 189 personas, de las cuales 64 fueron de Fontibón, 65 de Kennedy y 60 de Usaquén. Los encuestados fueron estudiantes, profesionales y habitantes de dichas localidades. El 95% de las encuestas se realizó de manera virtual y un 5% de forma presencial, debido a las restricciones por la pandemia del Covid-19. Se realizaron 12 preguntas de opción múltiple, usando *Google Forms* del Anexo, de las cuales se incluyeron los resultados de cinco preguntas en este artículo.

Los valores de las concentraciones del material particulado se obtuvieron de los reportes mensuales de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB, 2020), registrados por las estaciones de monitoreo de las tres localidades de estudio.

Con referencia a la estadística empleada, para la comparación del material particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10}), entre el día sin carro y sin moto con los demás días del mes de febrero 2020 en las tres localidades, se realizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, por no cumplir los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene) (Guisande et al., 2013).

Con los datos obtenidos en las encuestas se realizó un análisis descriptivo a partir de la distribución de frecuencias y los resultados se presentaron mediante la frecuencia relativa. Para las respuestas cuantitativas de la percepción de la calidad del aire y del estrato socio-económico, se calculó el promedio y se hizo un análisis de correlación de Spearman, debido a que no se cumplió el supuesto de normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Los análisis se llevaron a cabo con el *software* SPSS v. 19 (Guisande et al., 2013).

Resultados y discusión

Índices demográficos, de salud y contaminación de las tres localidades

De acuerdo con Bogotá Cómovamos (2019), las tres localidades de estudio, Fontibón, Kennedy y Usaquén, difieren mucho, siendo Kennedy la más poblada (960.797 habitantes), con más hogares y viviendas. En muchos aspectos la localidad de Fontibón presenta un nivel intermedio entre Kennedy y Usaquén (Tabla 1).

Usaquén tiene una gran ventaja respecto al bienestar de sus habitantes, que son las zonas verdes (Müller et al., 2020), dado que posee 120 ha de árboles y 4,3 m² de área de parques por habitante, por otro lado, Fontibón cuenta apenas con la mitad de esta cobertura arbórea (Tabla 1). Esta desigualdad en la abundancia de los árboles en Bogotá y confirmados recientemente por Solorza-Bejarano y Avendaño-Arias (2021), quienes sugieren además una relación con las características socioeconómicas en los diferentes sectores.

Los árboles, principalmente, tienen la capacidad de descontaminar el aire por la deposición del material particulado sobre sus hojas (Kumar et al., 2019).

En la localidad de Kennedy, la contaminación aérea por PM₁₀ alcanza 43,7 µg m⁻³ superando un 15,1% a Fontibón (37,1 µg m⁻³) y 43,5% a Usaquén (24,7 µg m⁻³) (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020b).

Para el caso del PM_{2,5}, la situación es más crítica, ya que Kennedy (25,1 µg m⁻³) supera a Fontibón (18,4 µg m⁻³) en 26,7% y a Usaquén (14,1 µg m⁻³) en 43,8% (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020b) (Tabla 1).

Se debe considerar que, en la localidad de Kennedy, pese a tener una menor área verde por habitante y una mayor cantidad de material particulado, la mortalidad por IRA en niños menores de 5 años solamente es de 0,1 por cada 1.000 habitantes, comparado con el 0,3 de Fontibón y el 0,2 de Usaquén (Bogotá Cómovamos, 2019). Es importante tener en cuenta que en el Plan Decenal de Descontaminación del Aire de Bogotá la Secretaría Distrital de Ambiente (2010) proyecta que este evitaría unas 15.000 muertes, hasta el año 2020, beneficiando especialmente la población infantil. Es importante considerar que los niños pasan más tiempo al aire libre que los adultos, por lo que la exposición a los contaminantes atmosféricos de este grupo de la población es mayor (ANMM, 2015).

Otro punto que afecta la calidad de vida es el ingreso (Tabla 2), ya que los habitantes en la localidad de Usaquén tienen \$1.948.544 pesos per cápita, mientras que Kennedy no alcanzan a llegar a la mitad de este valor y Fontibón, por otro lado, supera la mitad de este valor. Respecto a la tasa de desempleo, dicha relación es inversa al ingreso (Ideca, 2020). En este caso, cabe resaltar el concepto de la justicia

Tabla 1. Algunos índices demográficos, de salud pública y parques en las localidades: Fontibón, Kennedy y Usaquén de Bogotá, para el año 2018 y contaminación por material particulado (PM), para el año 2019

Ítem	Fontibón	Kennedy	Usaquén
Área (km ²)	3.328,1	3.859	6.520,1
Manzanas	1.613	4.935	2.330
Habitantes	342.125	960.797	499.829
Número de hogares	119.375	322.898	188.416
Número de personas/hogar	2,9	3,0	2,7
Número de viviendas ^a	114.533	301.20	183.507
Mortalidad por IRA <5 años ^b	0,3	0,1	0,2
Concentración PM ₁₀ (µg m ⁻³)	37,1	43,7	24,7
Concentración PM _{2,5} (µg m ⁻³)	18,4	25,1	14,1
Topografía	Plana	Plana	Plana e inclinada
Cobertura arbórea (ha)	60	80	120
Parques y escenarios deportivos (No.)	271	550	465
Área parques/habitante (m ²)	2,9	2,4	4,3

^a Apartamentos, casas y habitaciones. ^b Razón por 1.000 NV (nacidos vivos). Fuente: elaboración propia a partir de Bogotá Cómovamos (2019) y Alcaldía Mayor de Bogotá (2020b)

ambiental que defiende los derechos de los ciudadanos a la salud y un ambiente sano (Ramírez et al., 2015), que no está dada para los habitantes de la localidad de Kennedy que se caracterizan por menor ingreso y tasas de desempleo más altas, a pesar de las mayores concentraciones de material particulado de las tres localidades (Ideca, 2020).

Tabla 2. Ingresos (para 2014) y desempleo (para 2017) en las localidades: Kennedy, Fontibón y Usaquén de Bogotá

Ítem	Fontibón	Kennedy	Usaquén
Ingreso/cápita (\$)	1.238.465	730.392	1.948.544
Tasa de desempleo (%)	7,11	7,78	6,31

Fuente: Ideca (2020)

Comportamiento del material particulado

Las mediciones en las estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire (RMCAB) en Bogotá, reportan desde su inicio (1998), $58 \mu\text{g m}^{-3}$ de PM_{10} (Figura 1), mientras que la contaminación más alta se registró para el 2005 con $74 \mu\text{g m}^{-3}$ que, en general, decreció de manera constante hasta un valor de $35 \mu\text{g m}^{-3}$ para el año 2019. Las medidas tomadas por el Ministerio de Ambiente y fijadas en las Resoluciones 610 del MAVDT (2010) y 2254 del MADS (2017), para disminuir la contaminación, ya están dando resultados positivos.

La Figura 2 presenta el comportamiento mensual del material particulado PM_{10} en Bogotá entre

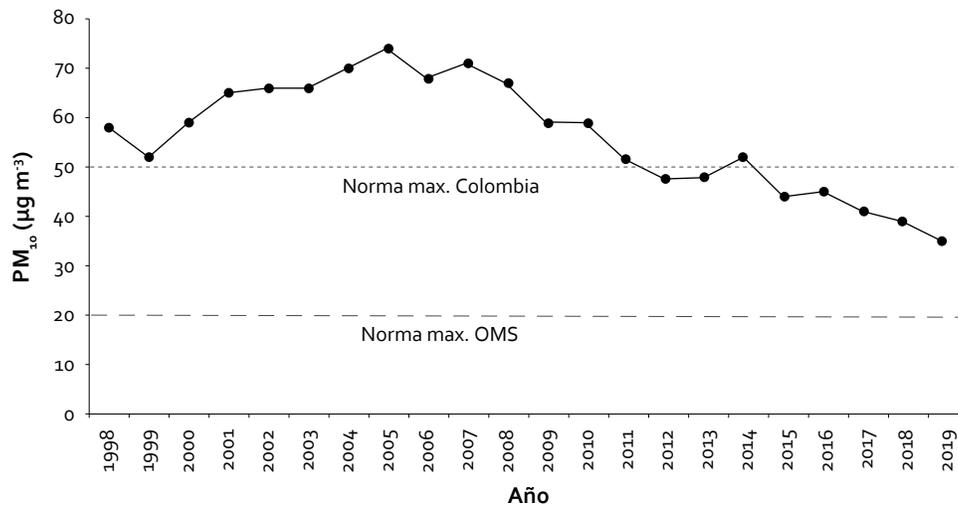


Figura 1. Comportamiento anual del material particulado PM_{10} en Bogotá entre 1998 y 2019, incluyendo la concentración máxima permitida para Colombia ($50 \mu\text{g m}^{-3}$) y la recomendada por la OMS ($20 \mu\text{g m}^{-3}$).

Fuente: elaboración propia a partir del Observatorio Ambiental de Bogotá (2020)

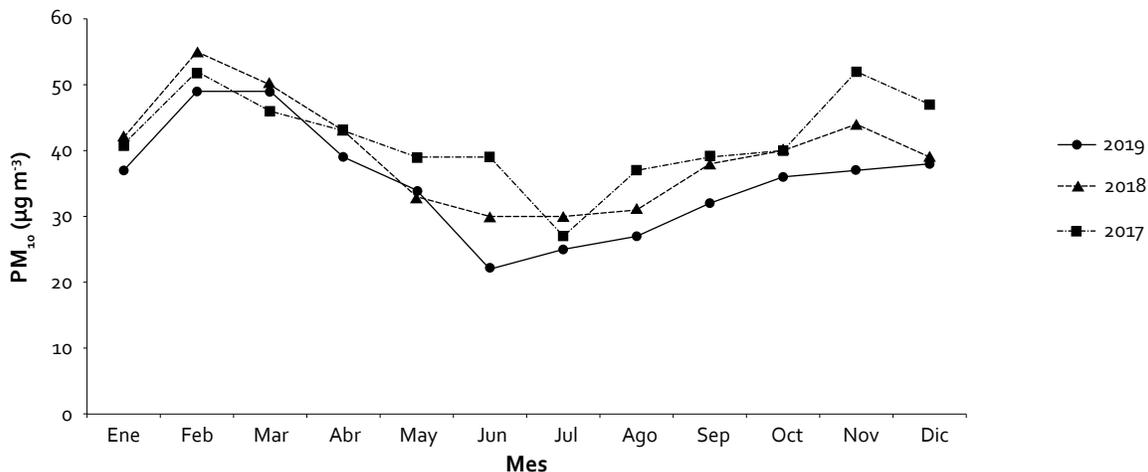


Figura 2. Comportamiento mensual del material particulado PM_{10} en Bogotá entre 2017 y 2019.

Fuente: elaboración propia a partir del Observatorio Ambiental de Bogotá (2019)

los años 2017 y 2019, mostrando una tendencia de reducción. La mayor contaminación por PM_{10} en los primeros meses del año se atribuye a condiciones meteorológicas específicas, que dificultan la dispersión de estos materiales, además de las altas temperaturas que ocurren en este tiempo las cuales se deben a incendios forestales cuyas partículas se dispersan por la ciudad, sin embargo, hay que aclarar que la causa no está en la meteorología, sino en las fuentes de emisión (Serrano, 2019).

Contaminación por material particulado en las tres localidades para el mes de febrero de 2020, incluyendo el día sin carro y sin moto

Las Figuras 3A-C muestran las concentraciones de $PM_{2,5}$ durante los 29 días del mes de febrero de 2020. Se observa que este contaminante superó el nivel máximo promedio permisible (curva roja) durante 24 horas con $37 \mu g m^{-3}$, establecida en la

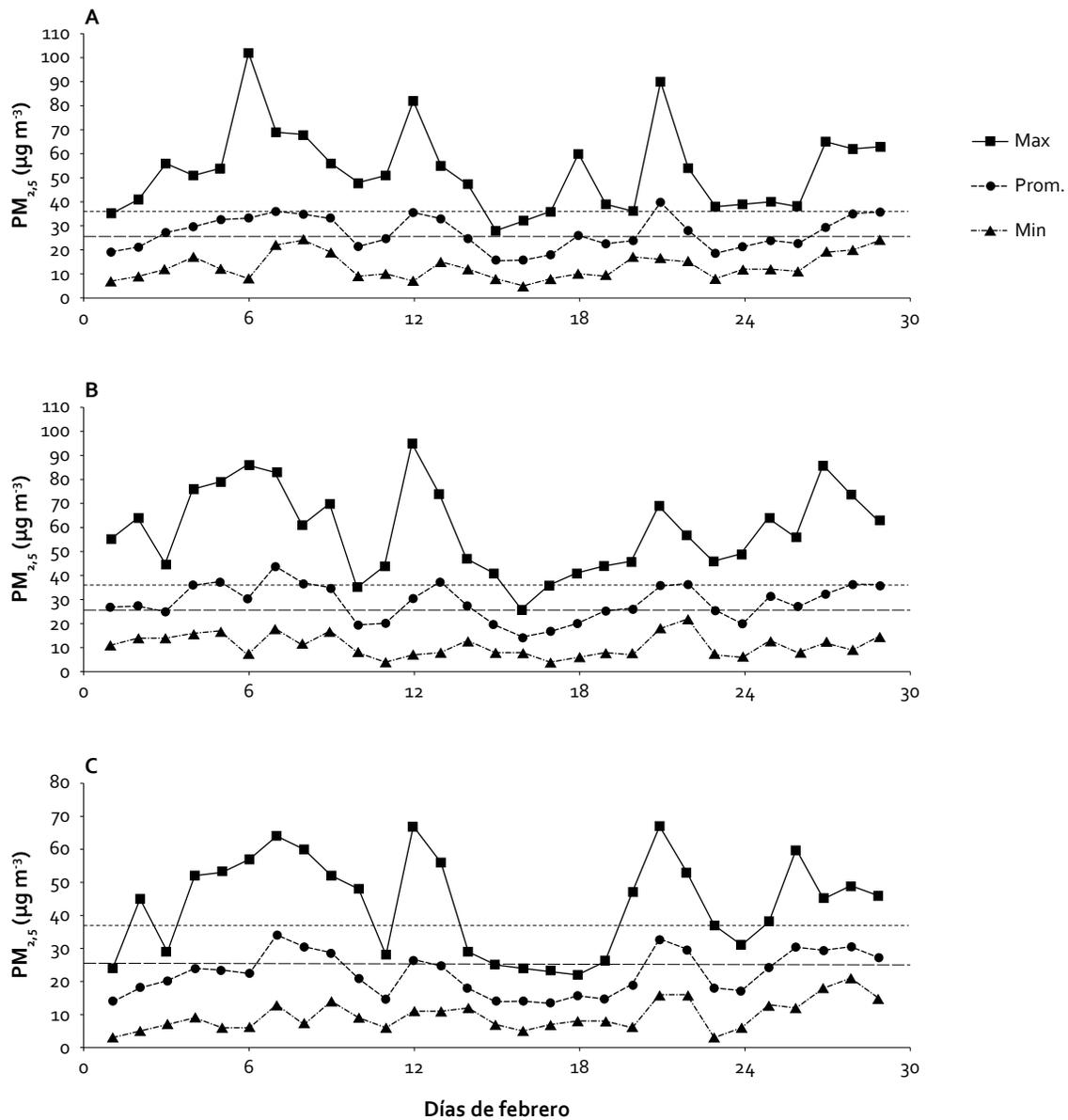


Figura 3. Comportamiento del material particulado $PM_{2,5}$ en las localidades de Fontibón (A), Kennedy (B) y Usaquén (C) en el mes de febrero de 2020, durante el cual se llevó a cabo el día sin carro y sin moto; se incluyen el promedio, la máxima y la mínima diarios, además, la concentración máxima diaria permitida para Colombia ($37 \mu g m^{-3}$ ) y la recomendada por la OMS ($25 \mu g m^{-3}$ ----). Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020)

Resolución 2254 (MADS, 2017), en la localidad de Fontibón un día (Figura 3A), Kennedy durante tres días (Figura 3B), pero ningún día en Usaquén (Figura 3C), según los datos registrados por la RMCAB (2020). Sin embargo, aplicando la norma más estricta de la OMS (OMS, 2006) para el $PM_{2,5}$, con el máximo diario de $25 \mu\text{g m}^{-3}$, la localidad de Kennedy superó esta norma por 22 días, Fontibón 15 y Usaquén únicamente 10.

La Tabla 3 compara las concentraciones del $PM_{2,5}$ y PM_{10} en los días antes, durante y después del día sin carro y sin moto del mes de febrero de 2020 (RMCAB, 2020). En promedio, en las tres localidades hay una reducción en este día para el $PM_{2,5}$ en 8,3%, y para el PM_{10} en 10,3%, comparando con el día previo (5 feb.). Estos valores son menores a los reportados por la administración de la ciudad (2020-2024) con una reducción del 10% en $PM_{2,5}$ (Martínez, 2020). Sin embargo, esta ventaja se perdió totalmente en el día después (7 feb.) con aumentos de $9,4 \mu\text{g m}^{-3}$ (32,9%) para el $PM_{2,5}$ y $12,3 \mu\text{g m}^{-3}$ (18,2%) de PM_{10} , valores que están muy por encima del promedio del mes, posiblemente por los carros particulares recuperaron los viajes no realizados en el día anterior.

Comparando los valores promediados del mes, se observa el mayor nivel en la localidad de Kennedy, con la contaminación significativamente mayor que Usaquén (para el $PM_{2,5}$), asimismo Kennedy superó a Fontibón con el PM_{10} (Tabla 3). De igual manera,

no se observaron diferencias estadísticas para $PM_{2,5}$ y PM_{10} entre las localidades de Fontibón y Kennedy.

Como se observa en la Figura 4, en ninguna de las localidades se presenta una diferencia estadísticamente significativa del material particulado $PM_{2,5}$ para el día sin carro y sin moto comparado con el resto del mes. Asimismo, el PM_{10} presentó diferencia estadística ($P < 0,05$) entre el 6 de febrero con el resto del mes, en cada una de las dos localidades, Kennedy y Fontibón (Figura 5). Probablemente, por la contaminación aportada por el mayor número de buses y taxis, “el transporte público operó al 100% de su capacidad” en este día (Martínez, 2020). Además, debido a la situación meteorológica (Tabla 4), especialmente por los vientos de los municipios aledaños con mucha actividad industrial del occidente de la ciudad (García y Rojas, 2016), estos factores han contribuido a que este resultado no sea completamente satisfactorio para la población de la ciudad.

El mismo resultado se confirmó en la Figura 6, como en las dos figuras anteriores, es decir, del total de registros para $PM_{2,5}$ (RMCAB, 2020) en las localidades de Kennedy, Fontibón y Usaquén, no se presentó una diferencia significativa, comparando el día sin carro y sin moto con el resto del mes, mientras que para el PM_{10} , sumando los registros de las localidades de Kennedy y Fontibón, el día sin carro y sin moto la contaminación disminuyó significativamente. No se encontraron registros de la estación de Usaquén.

Tabla 3. Comparación del promedio de concentraciones por material particulado (PM) de los días 5, 6 y 7 de febrero de 2020, siendo el 6 el día sin carro y sin moto

PM ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Localidad	Días de febrero			Promedio 3 días	Promedio mes
		5	6	7		
2,5	Fontibón	32,6	33,2	36,1	34,0	26,96 A (1,28)
	Kennedy	37,5	30,3	43,9	37,2	28,90 A (1,28)
	Usaquén	23,5	22,4	34,1	26,7	22,44 B* (1,22)
	Promedio	31,2	28,6	38,0	32,6	26,10 (1,26)
10	Fontibón	64,8	64,5	68,6	66,0	47,21 A (2,49)
	Kennedy	85,4	70,3	90,8	82,2	51,80 A** (2,92)
	Promedio	75,1	67,4	79,7	74,1	49,50 (2,70)

*Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Tukey ($P < 0,05$). **Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según la prueba de T-Student ($P < 0,05$). En paréntesis el error estándar. Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020).

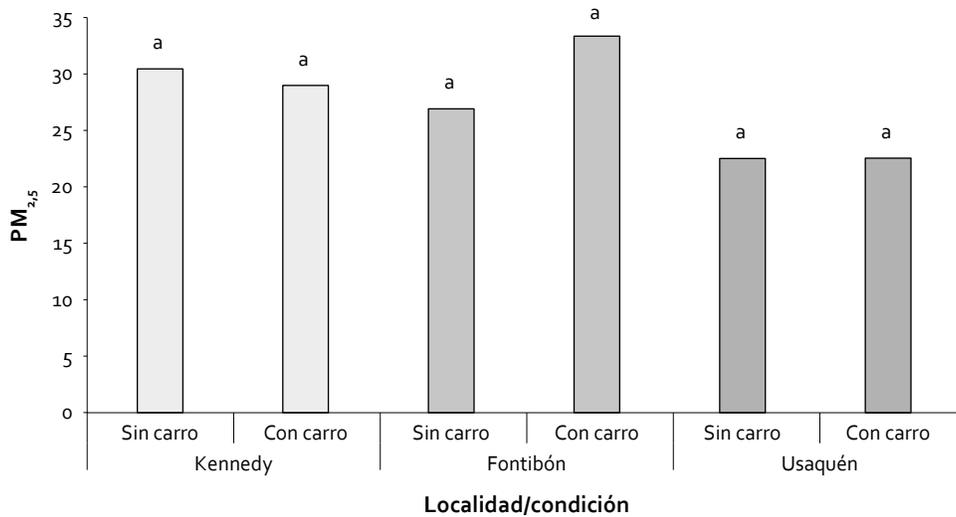


Figura 4. Comportamiento del material particulado PM_{2,5} en las localidades de Kennedy, Fontibón y Usaquén para el mes de febrero de 2020, comparando el día sin carro y sin moto, 6 de febrero, con el resto de los días del mes sin esta restricción. Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Mann-Whitney ($P < 0,05$). Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020)

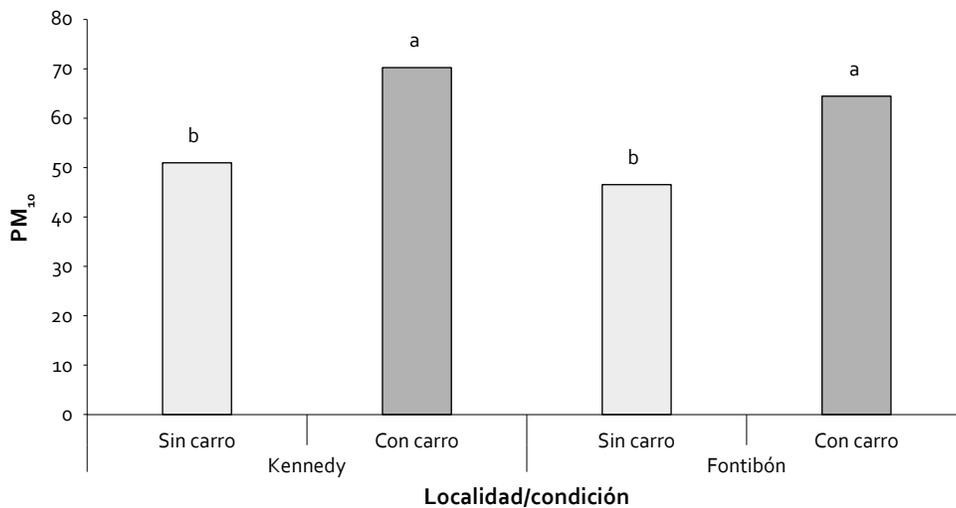


Figura 5. Comportamiento del material particulado PM₁₀ en las localidades de Kennedy y Fontibón en el mes de febrero de 2020, comparando el día sin carro y sin moto, el 6 de febrero, con el resto de los días del mes (con carro). Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Mann-Whitney ($P < 0,05$). Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020)

Las condiciones climáticas relacionadas con la temperatura, velocidad del viento y precipitación en las tres localidades (Tabla 4), indican que los parámetros de temperatura media, máxima y mínima son más bajas en Usaquén y Kennedy presenta las más altas. También es menor velocidad del viento en Usaquén y la más alta en Fontibón, teniendo en cuenta que en este día sin carro y sin moto no hubo precipitación.

Además, las altas concentraciones de contaminantes por material particulado en la localidad de Kennedy podrían ser entendidas, en parte, por tener la mayor temperatura, con un promedio de 17°C para el día sin carro y sin moto, llegando a 28°C de temperatura máxima (Tabla 4). González-Duque et al. (2015) y Santamouris et al. (2015) indican que la contaminación urbana se incrementa en la medida que la temperatura se eleva, y estos efectos, según

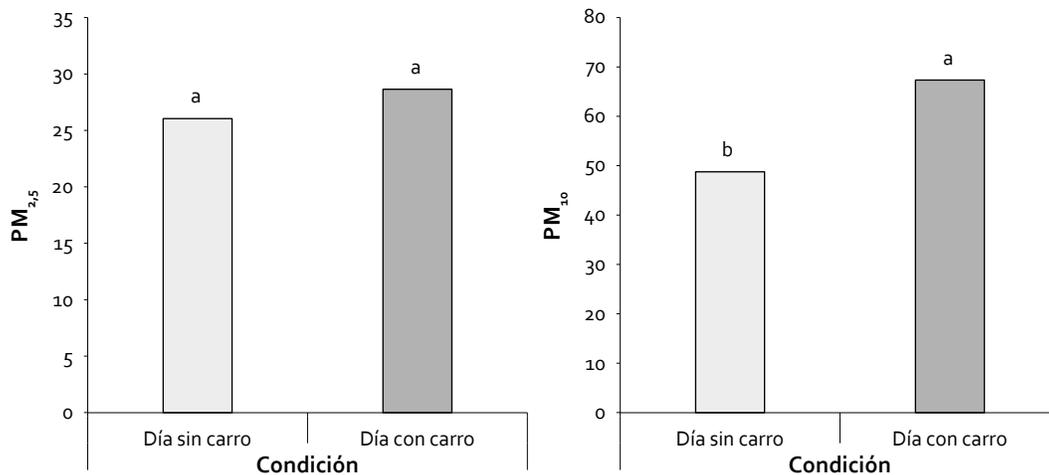


Figura 6. Comportamiento del material particulado PM_{2,5} en las localidades Kennedy, Fontibón y Usaquén (izquierda) y PM₁₀ (derecha) para las localidades de Kennedy y Fontibón, mes de febrero de 2020, comparando el día sin carro y sin moto, 6 de febrero, con el resto de los días del mes. Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Mann-Whitney ($P < 0,05$). Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020)

Tabla 4. Temperatura, velocidad del viento y precipitación del día 6 de febrero de 2020, para las tres localidades de Bogotá

Localidad	Temperatura (°C)			Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Precipitación (mm)
	Promedio	Máxima	Mínima		
Fontibón	14,8	23	6	3,71	0
Kennedy	17,0	28	7	2,42	0
Usaquén	13,4	22	5	1,38	0
Promedio	15,1	24,3	6	2,50	0

Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2020)

Ulpiani (2021), pueden formar “islas de calor urbano” (*urban heat islands*).

En este día, la velocidad del viento alcanzó 1,38 y 3,71 m s⁻¹ (Tabla 4), teniendo en cuenta que velocidades por debajo de los 2 m s⁻¹ minimizan la dispersión de contaminantes atmosféricos de acuerdo con las condiciones atmosféricas (Cuesta-Mosquera et al., 2018). Con la velocidad del viento superior a los 5 m s⁻¹ García y Rojas (2016) registraron un transporte del material particulado desde los municipios aledaños del occidente de la ciudad (Soacha, Mosquera, Funza y Madrid) hacia el centro de Bogotá, considerando que en estos municipios se llevan a cabo actividades industriales, incluyendo el transporte de bienes y servicios de carga pesada hacia y fuera de la ciudad.

Percepción de la calidad del aire en tres localidades de Bogotá

De las tres localidades participaron un total de 189 personas en la encuesta, de las cuales 64 fueron de Fontibón, 65 de Kennedy y 60 de Usaquén. El 95% de los encuestados contestaron el cuestionario de manera virtual a través de la herramienta *Google Forms* y el 5% de forma presencial.

Estrato socioeconómico de los encuestados

El estrato socioeconómico tiene un patrón contrastante en las tres localidades, el 98,4% de los encuestados de Kennedy viven en manzanas de estratos 2 y 3 (Figura 7), la mayoría de los entrevistados de Fontibón viven en estratos 3 y 4, mientras Usaquén,

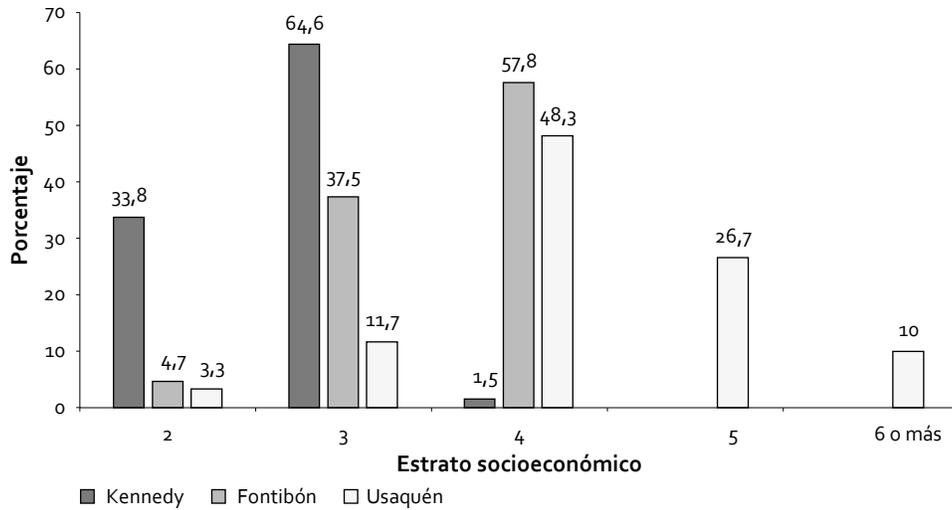


Figura 7. Estrato socioeconómico de los encuestados

viven, principalmente, en estratos 3 a 6. Un valor representativo (promedio) para cada localidad es 2,7 para Kennedy, 3,5 en Fontibón y 4,3 para Usaquén. En este contexto, Hill et al. (2019) mencionan que en los estados de la Unión Americana con mayores niveles de $PM_{2,5}$, se encuentra la población que tiende a poseer una expectativa de vida menor, situación acentuada por la vulnerabilidad y menor nivel de ingresos.

Percepción de las fuentes de contaminación

La percepción de los encuestados sobre las fuentes de contaminación de su localidad, el 70,6% atribuyó al parque automotor como la fuente más

contaminante en las tres localidades, el 17,4% la industria y 10,6% un manejo inadecuado de residuos sólidos (Figura 8).

Aunque sean varias las razones por las cuales la mayoría de la percepción se dirige al parque automotor, coincidió con el gran número de carros particulares, buses y transporte de carga que transitan todos los días por la ciudad, sin embargo, según Sánchez-Triana et al. (2007), también atribuye a la industria, p.e., los hornos industriales, incluyendo muchas pequeñas y medianas empresas, representan tres cuartas partes de las emisiones del material particulado, siendo las principales fuentes, la combustión de recursos fósiles que utiliza el sector manufacturero:

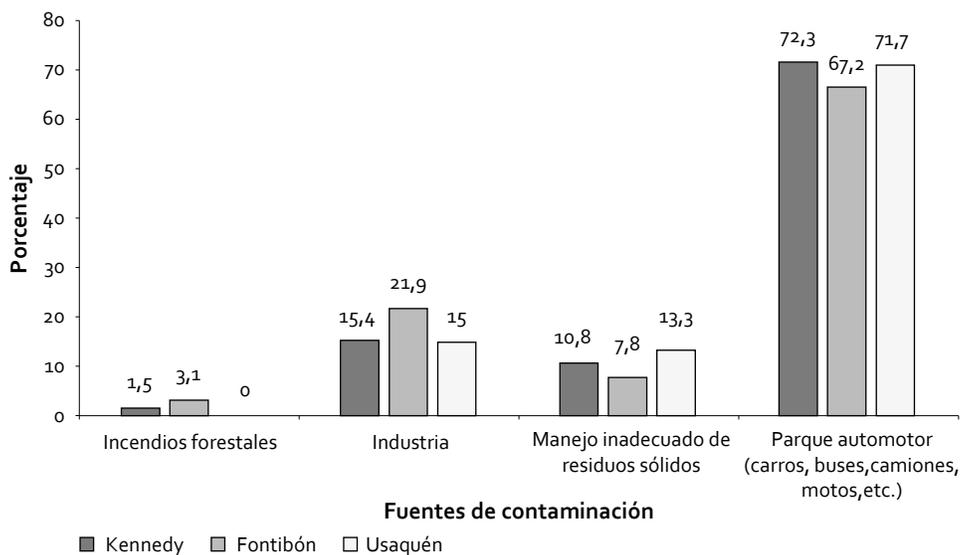


Figura 8. Percepción de las fuentes de contaminación en las tres localidades

diésel (44,9%), petróleo crudo (24,7%) y carbón (7,5%). Para el material particulado, Bogotá Cómo vamos (2019) estima que el sector industrial contribuye con el 60% de las emisiones, mientras que el 40% lo aportan las fuentes móviles. Espinosa et al. (2019) recomiendan una participación mayor del transporte público en el modelo urbano y la reorganización del transporte de carga pesada como uno de los factores determinantes con miras a lograr un sistema de transporte con bajas emisiones en carbono, para Colombia.

Percepción sobre la calidad del aire

En la escala de valoración 1 a 10, la mayor proporción de los encuestados de Fontibón y Kennedy perciben la calidad del aire en 5, mientras que en Usaquén 7 (Figura 9). En un promedio general, los encuestados de Kennedy perciben la calidad del aire con 5,1 y, sorprendentemente, en Fontibón 4,7, viviendo en estratos más altos, mientras que en Usaquén fue 6,4.

La percepción de los habitantes de Usaquén por una mejor calidad del aire se deba a la mayor presencia de plantas y especial los árboles, que tienen la habilidad de descontaminar el aire para el material particulado depositado sobre las hojas (Kumar et al., 2019), además, la fotosíntesis de estas plantas aumenta la concentración de oxígeno y también disminuye el dióxido de carbono de la atmósfera

(Lambers et al., 2008), mejorando la salud y minimiza el efecto del calentamiento global.

Las personas que viven cerca de las zonas verdes en estas localidades perciben la calidad del aire mejor, frente aquellos con cercanía a industrias y avenidas con tráfico pesado (Kumar et al., 2019; Müller et al., 2020). Así mismo, los habitantes en Cúcuta (Colombia) que viven cerca de una fuente de contaminación atmosférica perciben significativamente mayor incidencia de enfermedades respiratorias (Becerra et al., 2021).

Debido a las considerables diferencias en las respuestas para cada localidad (Figura 9), no se encontró una correlación significativa entre los estratos socioeconómicos y la percepción de la calidad del aire para cada localidad. Sin embargo, una correlación de 0,161 ($P < 0,05$) es observada con los datos generales, es decir, la percepción de la mayor calidad del aire aumenta con el incremento del estrato socioeconómico.

En caso de prescindir el uso del carro particular y transporte urbano

Ante la pregunta sobre el nivel de importancia entre 1 a 5 para “Prescindir del uso del carro particular y del transporte urbano para utilizar medios de transporte no contaminantes, como la bicicleta o los vehículos eléctricos”, el 40% de los encuestados consideró asignar la mayor importancia (5). La localidad de Kennedy presentó el mayor nivel de importancia

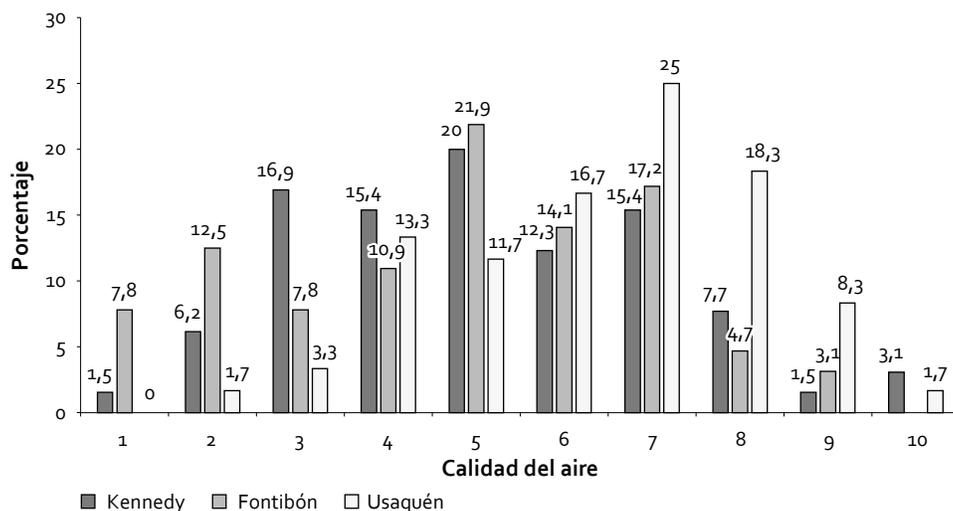


Figura 9. Percepción de la calidad de aire en una escala del 1 al 10 (siendo 10 lo mejor y 1 lo peor), antes de iniciar la pandemia, en tres localidades de Bogotá

con 47,7% (Figura 10). La percepción sobre el uso de medios alternativos se encuentra sujeto a diferentes variables no abordadas en este trabajo como las distancias recorridas, la edad y nivel educativo de los encuestados, inseguridad y disponibilidad de infraestructura de las localidades, entre otras.

No obstante, la participación de viajes en bicicleta para mitigar las emisiones de CO₂ todavía es modesta, p.e., estudiado en las ciudades de Cali y Villavicencio, con una reducción del 2% en las emisiones con respecto a la línea base para el año 2030, su potencial es grande en el diseño de estrategias integrales de bajo carbono (Espinosa et al., 2018).

En este contexto, el Distrito de Movilidad en Bogotá cuenta con programas piloto para 43 taxis eléctricos, y estrategias de reposición de taxis utilizados por eléctricos (Quiñones, 2020). Además, como enuncia el informe de la ONU (2019), Colombia lideró las mayores ventas de vehículos eléctricos en América Latina con 923 unidades vendidas durante el 2019 las que corresponden, principalmente a vehículos livianos (automóviles y utilitarios).

Para lograr cero emisiones de material particulado y masificar la movilidad eléctrica y otras tecnologías, el Concejo de Bogotá firmó el Acuerdo 732 de 2018 buscando que, a partir de 2030, los vehículos oficiales operen con motores eléctricos u otros que generen cero emisiones directas de material particulado, igualmente para los vehículos nuevos del SITP

(a partir de 2025), y así también para todos los vehículos de carga que se matriculen a partir del año 2030 (Concejo de Bogotá, 2018).

Medidas importantes de las autoridades competentes para mejorar la calidad del aire y las condiciones de vida

Sobre las medidas más importantes dispuestas por las autoridades competentes para mejorar la calidad del aire y de vida, la mayoría de los encuestados se decidieron por reemplazar y chatarrizar los buses que sean obsoletos (Figura 11), sobre todo los que viven en la localidad de Fontibón (50%), quienes son los que más sufren por la emisión del tráfico pesado de los vehículos diésel por la calle 13. También en una encuesta de percepción, realizada en Ambato (Ecuador), la mayoría de los encuestados (92%) consideran los vehículos tipo diésel como el mayor contaminante (Mayorga et al., 2020). Los encuestados de Kennedy se decidieron, en su mayoría, por la opción de cerrar las empresas que no cumplan con los límites de emisión de gases dispuestos por las autoridades competentes, como también por la de incentivar el uso de la bicicleta y de otros medios alternativos de transporte, mientras que Usaquén y Fontibón, optaron principalmente por realizar el control en la fuente, donde son emitidos los gases en las fábricas.

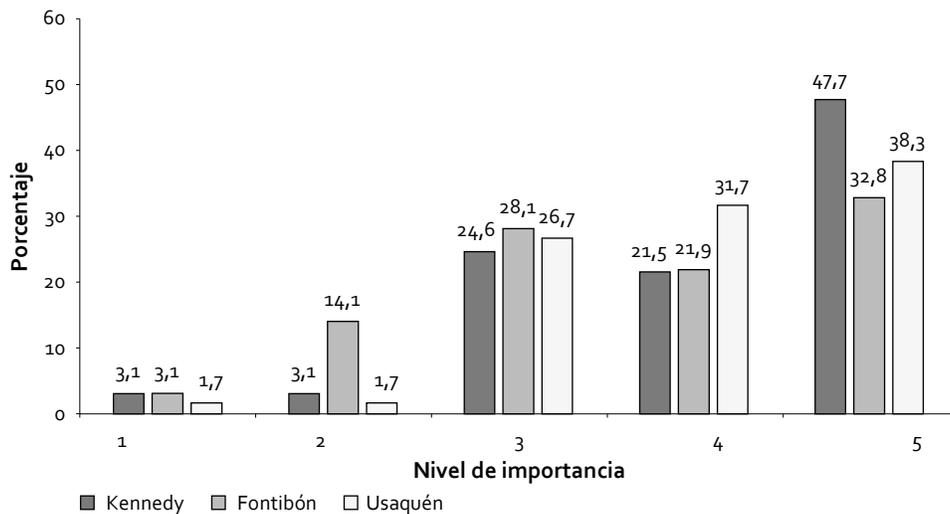


Figura 10. Caso de prescindir del uso del carro particular y del transporte urbano para utilizar medios de transporte no contaminantes, como la bicicleta o los vehículos eléctricos

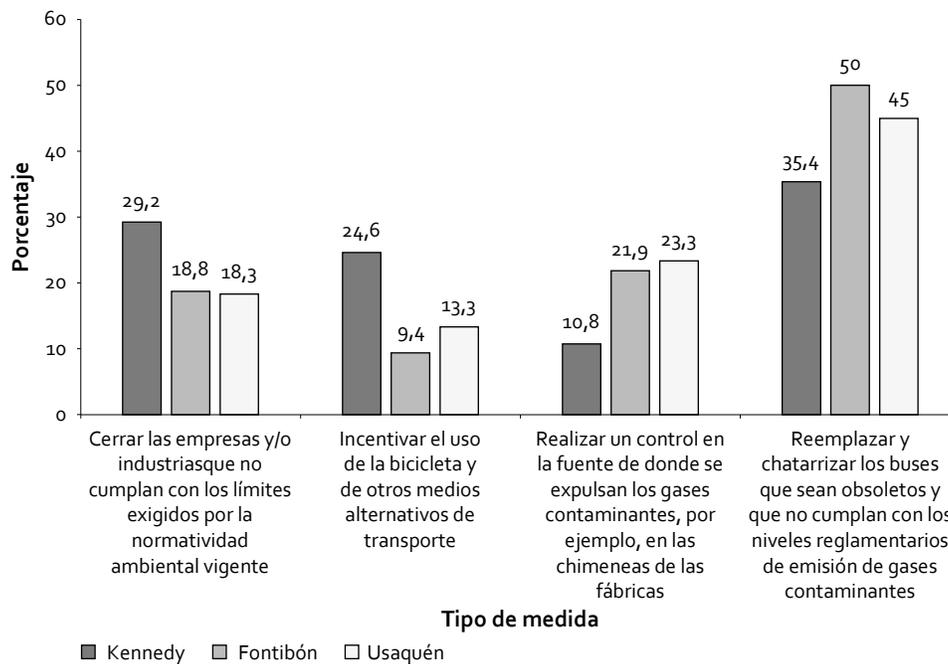


Figura 11. Percepción de las principales medidas por las autoridades competentes para mejorar la calidad del aire

Las recomendadas para mejorar la calidad del aire en Bogotá provienen diversos sectores de la sociedad, p.e., el manifiesto de expertos docentes de varias universidades colombianas, para renovar la flota de buses de servicio público (Transmilenio, Sistema Integrado de Transporte Público y SITP Provisional), adoptar un control más riguroso, con nuevas tecnologías limpias para estos vehículos pesados, garantizando una adecuada inspección técnico-mecánica (Serrano, 2019). Asimismo, el documento CONPES 3943 (DPN, 2018) incluye, entre otras acciones, para mejorar la calidad del aire en el país: “La implementación de mejores técnicas y prácticas en la industria”, además de la “renovación y modernización del parque automotor”, sin embargo, se debe tener en cuenta que la realización de estos programas ha sido planeada para los próximos 7 años, requiriendo un valor aproximado de 16.637 millones de pesos.

Conclusiones

De acuerdo con el objetivo general se realizó un análisis del material particulado, teniendo en cuenta, entre otros, la percepción de calidad de aire de las localidades de Fontibón, Kennedy y Usaquén en Bogotá, Colombia.

Se encontró que la contaminación en la ciudad ha disminuido en los últimos años, pese a que la localidad de Kennedy es la que sigue como la más contaminada por PM_{10} y $PM_{2,5}$. Tal resultado concuerda con el menor estrato socio-económico en esta localidad, en comparación con Usaquén, la cual muestra concentraciones menores de material particulado y estratos socio-económicos más altos.

La relación entre la percepción de la calidad del aire y los estratos socio-económicos no presentó una correlación significativa a nivel de cada localidad, sin embargo, los datos globales indican correlación positiva entre el aumento del estrato y una mejor percepción de la calidad del aire. Para superar esta limitación, se sugiere la necesidad de un estudio más amplio, incluyendo un mayor número de encuestados, que permita identificar si, verdaderamente, la relación entre la percepción de calidad del aire y los estratos socio-económicos existe para cada localidad.

Estudiando los registros de material particulado para febrero de 2020, se encontró una reducción de PM_{10} y $PM_{2,5}$, en el día sin carro y sin moto, respecto al resto de los días del mes. Sin embargo, dicha reducción en contaminantes para este día fue estadísticamente significativa, solamente para el PM_{10} .

Por todo lo anterior, se recomienda que las autoridades competentes fomenten políticas e inversiones

que propendan reducir los medios de transporte contaminantes, además de gestionar un control eficiente de la fuente, dentro de las empresas más contaminantes de la ciudad y la región.

Agradecimientos. Los autores agradecen a los profesores Helber Enrique Balaguera-López por la colaboración en la parte estadística y Gerhard Fischer por la asesoría en la elaboración de este artículo.

Referencias

- Academia Nacional de Medicina de México (ANMM), 2015. La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Rev. Fac. Med.* 58(5), 44-47.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020a. Día sin carro y sin moto. Bogotá, DC.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020b. Informe anual de calidad del aire de Bogotá – Año 2019. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, DC.
- Bastidas, A., 2020. Inversión térmica: ¿qué es y cuál es su relación con la contaminación? *Diario de prensa UN Periódico* del 13 de noviembre. Bogotá, DC.
- Becerra, D., Ramírez, L., Niño, M., Oviedo, C., Plaza, L., 2021. Relación entre la calidad del aire y la incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Ing. Compet.* 23(2). DOI: 10.25100/iyc.v23i2.9698
- Blanco-Becerra, L., Gáfarro-Rojas, A., Rojas-Roa, N., 2015. Influence of precipitation scavenging on the $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio at the Kennedy locality of Bogotá, Colombia. *Rev. Fac. Ing.* 76, 58-65. DOI: 10.17533/udea.redin.n76a07
- Bogotá Cómovamos, 2019. Informe de calidad de vida en Bogotá 2018. El Tiempo, Fundación Corona, Pontificia Universidad Javeriana, Cámara de Comercio, Bogotá, DC.
- Concejo de Bogotá, 2018. Acuerdo 732, por el cual se adoptan medidas para la promoción y masificación de la movilidad eléctrica y demás tecnologías cero emisiones directas de material particulado en Bogotá, D.C., Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación Colombia (DNP), 2018. CONPES 3943 Política para el mejoramiento de la calidad del aire. Bogotá, DC.
- Cuesta-Mosquera, A., González-Duque, C., Velasco-García, M., Aristizábal, B., 2018. Distribución espacial de concentraciones de SO_2 , NO_x y O_3 en el aire ambiente de Manizales. *Rev. Int. Contam. Amb.* 34(3), 489-504. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.03.11
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombia (DANE), 2019. Encuesta nacional de calidad de vida 2018. *Comunicado para la prensa*, Bogotá, DC.
- European Environment Agency (EEA), 2019. Air quality in Europe — 2019 report 1994-2019. Luxemburgo.
- Espinosa, M., Cadena, A., Behrentz, E., 2019. Challenges in greenhouse gas mitigation in developing countries: A case study of the Colombian transport sector. *Energy Pol.* 124, 111-122. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.09.039
- Espinosa, M., Pacheco, J., Franco, J.F., 2018. Mitigation potential of active transport projects: trip attraction and CO_2 avoidance indicators in Colombian cities. *Dyna* 85(205), 302-309. DOI: 10.15446/dyna.v85n205.68340
- FEDESARROLLO y PROBOGOTÁ, 2019. Informe Bogotá región calidad del aire. FEDESARROLLO, Centro de Investigación Económico y Social y PROBOGOTÁ, Fundación para el Progreso de la Región Capital, Bogotá, DC.
- Gaitán, M., Cancino, J., Behrentz, E., 2007. Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Rev. Ing.* 26, 81-92. DOI: 10.16924/rev.ing.26.10
- García, P., Rojas, N., 2016. Análisis del origen de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Bogotá usando gráficos polares. *Mutis* 6(2), 47-58. DOI: 10.21789/22561498.1150
- González-Duque, C., Cortés-Araujo, J., Aristizábal-Zuluaga, B., 2015. Influence of meteorology and source variation on airborne PM_{10} levels in a high relief tropical Andean city. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* 74, 200-212.
- Guisande, C., Vaamonde, A., Barreiro, A., 2013. Tratamiento de datos con R, estadística y SPSS. Ediciones Diaz de Santos, Madrid.
- Hill, T., Jorgenson, A., Orea, P., Balistreri, K., Clark, B., 2019. Air quality and life expectancy in the United States: An analysis of the moderating effect of income inequality. *SSM - Population Health* 7, 100346. DOI: 10.1016/j.ssmph.2018.100346
- Ideca, 2020. Redescubre Bogotá a través de nuestros mapas. Disponible en: <https://mapas.bogota.gov.co>; consultado: agosto de 2020.
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, U., Morawska, L., 2019. The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environ. Int.* 133, 105181. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105181
- Lambers, H., Chapin III, F., Pons, T., 2008. Plant physiological ecology. 2ª ed. Springer Science, Nueva York, NY. DOI: 10.1007/978-0-387-78341-3
- Martínez, J., 2020. Bogotá cumplió el compromiso con la movilidad sostenible en el día sin carro. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FmfcgxwKhqgxsKwQkkv>

- XBwppXvwRgZDx?projector=1&messagePartId=0.2; consultado: octubre de 2020.
- Matus, M., Oyarzún, M., 2019. Impact of Particulate Matter (PM_{2.5}) and children's hospitalizations for respiratory diseases. A case cross-over study. *Rev. Chil. Pediatría* 90(2), 166-174. DOI: 10.32641/rchped.v90i2.750
- Mayorga, C., Ruiz, M., Aldas, D., 2020. Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *Rev. Espacio* 41(17), 11.
- Medina, E., 2019. La contaminación del aire, un problema de todos. *Rev. Fac. Med.* 67(2), 189-191. DOI: 10.15446/revfacmed.v67n2.82160
- Medina, I., Páramo, P., 2014. Percepción de los habitantes de Bogotá sobre la calidad ambiental, grado de optimismo y atribución de responsabilidad sobre su deterioro. *Acta Colomb. Psicol.* 17(1), 105-118. 10.14718/ACP.2014.17.1.11
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia (MADS), 2017. Resolución 2254, por la cual se adopta la norma de calidad de aire ambiente y se dictan otras disposiciones. Bogotá, DC.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia (MAVDT), 2010. Política de prevención y control de calidad del aire. MAVDT, Bogotá, DC.
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., Viklander, M., 2020. The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Sci. Tot. Environ.* 709, 136125. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.136125
- Observatorio Ambiental de Bogotá, 2019. Concentración de material particulado PM₁₀, promedio mensual. Indicadores Ambientales de Salud Ambiental. Alcaldía Mayor de Bogotá DC y Secretaría de Ambiente, Bogotá. Disponible en: <https://oab.ambientebogota.gov.co/indicadores/?id=511&cv=1>; consultado: 1 de octubre de 2020.
- Observatorio Ambiental de Bogotá, 2020. Material particulado inferior a 10 µg/m³, promedio anual 1998-2019. Indicadores ambientales de salud ambiental. Secretaría de Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá DC, disponible en: <https://oab.ambientebogota.gov.co/indicadores/?s=1&id=1&cv=1>; consultado: 1 de octubre de 2020.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2006. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018. Calidad del aire y salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health); consultado: septiembre de 2020.
- Naciones Unidas (ONU), 2019. Estado de la movilidad eléctrica América Latina y el Caribe 2019. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32830/MovilidadEl%C3%A9ctrica_LAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y; consultado: octubre de 2020.
- Quiñones, L., 2020. Política pública de movilidad urbana baja en emisiones. *Webinar Política Pública de Bajas Emisiones y Movilidad Eléctrica en Bogotá*, Colombia. Plataforma Regional LEDES LAC. Disponible en: <https://ledslac.org/es/2020/04/politica-publica-de-bajas-emisiones-y-movilidad-electrica-en-bogota-colombia/>; consultado: octubre de 2020.
- Ramírez, S., Galindo, M., Contreras, C., 2015. Justicia ambiental: Entre la utopía y la realidad social. *Cultura* 3(1), 225-250.
- Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RM-CAB), 2020. Mapas interactivos. Secretaría de Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá. Disponible en: <http://201.245.192.252:81/home/map>; consultado: octubre de 2020.
- Sánchez-Triana, E., Ahmed, K., Awe, Y. (Eds.), 2007. Environmental priorities and poverty reduction - A country environmental analysis for Colombia. The World Bank. Washington, DC. DOI: 10.1596/978-0-8213-6888-6
- Santamouris, M., 2015. Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Sci. Tot. Environ.* 512-513, 582-598. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.060
- Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá (SDA), 2018. Inventario de emisiones de Bogotá. Contaminantes atmosféricos año 2018. Bogotá, DC.
- Secretaría Distrital de Ambiente Bogotá (SDA), 2010. Plan decenal de descontaminación del aire de Bogotá. Bogotá, DC.
- Sefair, J., Espinosa, M., Behrentz, E., Medagli, A., 2019. Computers, environment and urban systems optimization model for urban air quality policy design: A case study in Latin America. *Comp. Environ. Urb. Syst.* 78, 101385. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2019.101385
- Segura-Contreras, J., Franco, J., 2016. Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular. *Rev. Salud Pública* 18(2), 179-187. DOI: 10.15446/rsap.v18n2.49237
- Serrano, C., 2019. Principales fuentes de contaminación en Bogotá son los vehículos diésel, según estudio. *Podcast La FM* del febrero de 2019. Disponible en: <https://www.lafm.com.co/bogota/principales-fuentes-de-contaminacion-en-bogota-son-los-vehiculos-diesel-segun-estudio>; consultado: octubre de 2020.
- Solorza-Bejarano, J., Avendaño-Arias, J., 2021. Equidad espacial urbana: una aproximación desde el arbolado en corredores de movilidad en Bogotá-Colombia. *Gest. Ambient.* 24(2), 97566. DOI: 10.15446/ga.v24n2.97566

Strauss, W., Mainwaring, S., 2011. Contaminación del aire: causas, efectos y soluciones. Editorial Trillas, México, DF.

Ulpiani, G., 2021. On the linkage between urban heat island and urban pollution island: Three-decade literature review towards a conceptual framework. Sci.

Tot. Environ. 751, 141727. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141727

Velázquez-Mara, A.C., Vidal Salazar-Solano, V., 2019. Indicadores de calidad ambiental urbana: Una revisión. Gest. Ambient. 22(2), 303-312. DOI: 10.15446/ga.v22n2.80854

Anexo

Encuesta sobre contaminación atmosférica en tres localidades de Bogotá

La encuesta está dirigida a adultos (hombres y mujeres) entre 20 y 70 años, residentes en las localidades de Fontibón, Kennedy y Usaquén en Bogotá.

1. Correo electrónico

2. ¿En qué localidad vive?:

- Fontibón
- Kennedy
- Usaquén

3. Usted es:

- Hombre
- Mujer

4. ¿Cuántos años tiene?

- Entre 20 y 30 años
- Entre 31 y 40 años
- Entre 41 y 50 años
- Entre 51 y 60 años
- Entre 61 y 70 años

5. ¿Qué estrato le corresponde a su vivienda

- 1; 2; 3; 4; 5; 6 o más

6. ¿Qué nivel de escolaridad posee?

- Primaria
- Secundaria
- Profesional o técnico
- Posgrado

7. Su vivienda se localiza cerca de (escoja máximo dos):

- Industria contaminante
- Botaderos (basureros) a cielo abierto
- Avenidas con tráfico pesado
- Parques con zonas verdes
- Ninguna fuente de contaminación importante

8. Antes de la pandemia, ¿Cuál de las siguientes fuentes considera usted contribuía más a la contaminación del aire?:

- Parque automotor (carros, buses, camiones, motos, etc.)
- Industria
- Manejo inadecuado de residuos sólidos
- Incendios forestales

9. En una escala del 1 al 10 (siendo 10 lo mejor y 1 lo peor), ¿Cómo percibía usted la calidad del aire en su localidad, antes de iniciar la pandemia?

Marque solo un círculo.

- 1; 2; 3; 4;
- 5; 6; 7; 8;
- 9; 10

10. ¿Usted o algún miembro de su familia tiene o ha tenido enfermedades respiratorias considerables?
- Tos
 - Asma
 - Pulmonía
 - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
 - Enfermedad respiratoria aguda (ERA)
 - Infección respiratoria aguda (IRA)
 - Ninguna de las anteriores
11. Anote al lado de cada situación del 1 al 5 (siendo 5 lo más importante y 1 lo menos importante), como usted lo considere:
- Marque solo un círculo.*
- 11.1 Tener aire limpio para la localidad y la ciudad: 1; 2; 3; 4; 5
- 11.2 Reducir el riesgo de padecer enfermedades respiratorias: 1; 2; 3; 4; 5
- 11.3 Prescindir del uso del carro particular y del transporte urbano para utilizar medios de transporte no contaminantes como la bicicleta o los vehículos eléctricos: 1; 2; 3; 4; 5
12. ¿Cuál de las siguientes medidas considera usted es la más importante que deben tomar las autoridades competentes para mejorar la calidad del aire y por ende la calidad de vida en Bogotá? (*escoja sólo una, la que usted considere más importante*)
- Cerrar las empresas y/o industrias que no cumplan con los límites exigidos por la normatividad ambiental vigente.
 - Incentivar el uso de la bicicleta y de otros medios alternativos de transporte
 - Reemplazar y chatarrizar los buses que sean obsoletos y que no cumplan con los niveles reglamentarios de emisión de gases contaminantes
 - Realizar un control en la fuente de donde se expulsan los gases contaminantes, por ejemplo, en las chimeneas de las fábricas.
13. Debido a la contaminación en el lugar donde vive, si usted pudiera trasladarse, lo haría a:
- Marque solo un círculo.*
- Otra localidad de Bogotá
 - Un municipio fuera de Bogotá
 - Decide quedarse donde vive actualmente