

**Descripción de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá con respecto a la  
contaminación generada por fuentes fijas entre los años**

**2017 a 2021**

Johana Paola Castro Pico

Docente

Biviana Esperanza Rocha Gil

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de ciencias agrícolas y medio ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2025

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios y a mi familia, quienes han creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar lo que tengo, a todos ellos le dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y triunfo en la vida; lo que ha contribuido a la consecución de este logro; agradezco al ingeniero Horacio Rojas Cárdenas y a la ingeniera Biviana Esperanza Rocha Gil, por su apoyo incondicional, a mis compañeros y todos aquellos maestros que han acompañaron mi proceso formativo.

## Resumen

Durante la presente investigación se realizará una recopilación de los registros contenidos en la red de monitoreo de la calidad del aire de Bogotá durante los años 2017 al 2021; generando una descripción de los niveles de contaminación atmosférica con respecto a fuentes fijas; realizando una verificación de la calidad de aire de la ciudad durante estos periodos; permitiendo conocer los niveles de contaminación generada en diferentes zonas de Bogotá, la cual permite analizar los resultados asociados al monitoreo y seguimiento con respecto al año 2017 al 2021; como las variaciones de emisiones contaminantes con respecto a los años atípicos generados por el COVID 19, facilitando el análisis sobre el cumplimiento de los estándares de calidad del aire respecto a fuentes fijas según lo establecido por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

**Palabras claves:** *Gases contaminantes, fuentes fijas, red de monitoreo, efecto invernadero.*

### **Abstract**

During the present investigation, a compilation of the records contained in the air quality monitoring network of Bogotá will be carried out during the years 2017 to 2021; generating a description of air pollution levels with respect to fixed sources; carrying out a verification of the air quality of the city during these periods; allowing to know the levels of contamination generated in different areas of Bogotá, which allows analyzing the results associated with monitoring and follow-up with respect to the year 2017 to 2021; corroborating the fluctuations with respect to the atypical years generated by COVID 19, facilitating the analysis of compliance with air quality standards regarding fixed sources as established by resolution 2254 of 2017 of the Ministry of Environment and Sustainable Development.

**Keywords:** *Polluting gases, stationary sources, monitoring network, greenhouse effect*

**Tabla de contenido**

Planteamiento del problema .....	12
Justificación.....	14
Objetivos .....	16
Marco conceptual y teórico.....	17
Calidad de aire para el año 2017.....	21
Normatividad vigente.....	21
Indicadores de desempeño en la estaciones de monitoreo para el año 2017 .....	22
Porcentaje de captura de datos de los equipos para el año 2017.....	22
Conformación de la red de monitoreo de calidad de aire en Bogotá.....	24
Concentraciones de material particulado PM10.....	24
Comportamiento de material particulado PM2.5 .....	25
Comportamiento del dióxido de nitrógeno .....	25
Comportamiento de dióxido de azufre .....	26
Comportamiento de monóxido de carbono .....	26
Comportamiento anual por estación para el año 2017.....	27
Comportamiento diario por estación .....	29
Comportamiento horario por estación de PM10 y PM2.5.....	31
Comportamiento histórico.....	32
Índices de calidad de aire ICA .....	33
Estimación de emisiones.....	34

Fuentes fijas.....	35
Estación de servicio de combustibles fósiles en la ciudad de Bogotá .....	36
Material Re suspendido en vías .....	37
Fuentes industriales .....	37
Fuentes comerciales .....	38
Calidad de aire para el año 2018.....	39
Normatividad vigente.....	39
Comportamiento de material particulado PM10 y PM2.5 .....	39
Comportamiento de ozono .....	40
Comportamiento del dióxido de nitrógeno .....	40
Comportamiento de dióxido de azufre .....	41
Comportamiento de monóxido de carbono .....	41
Característica de la red .....	42
Porcentaje de captura de datos.....	42
Comportamiento anual de PM10 por estación.....	43
Comportamiento anual de PM 2.5 por estación.....	44
Comportamiento anual de dióxido de nitrógeno por estación .....	44
Comportamiento anual de ozono por estación.....	45
Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación .....	45
Índices de la calidad del aire .....	46
Calidad de aire para el año 2019.....	49

Normativa vigente .....	49
Comportamiento de material particulado PM10 y PM 2.5 .....	50
Comportamiento de ozono .....	50
Comportamiento del dióxido de nitrógeno .....	51
Comportamiento de monóxido de carbono .....	51
Característica de la red .....	51
Porcentaje de la captura de datos .....	52
Comportamiento anual de PM10 por estación .....	53
Comportamiento anual de PM 2.5 por estación .....	54
Comportamiento anual de ozono por estación.....	55
Comportamiento anual de dióxido nitrógeno por estación .....	56
Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación .....	57
Comportamiento anual de monóxido de carbono por estación .....	58
Comportamiento anual de black carbono por estación .....	59
Índice de calidad de aire ICA.....	62
Calidad de aire para el año 2020.....	64
Normativa vigente .....	64
Comportamiento del PM10 y PM 2.5 .....	64
Comportamiento de ozono .....	65
Comportamiento del dióxido de nitrógeno .....	66
Comportamiento del dióxido de azufre .....	66

Comportamiento del monóxido de carbono .....	67
Características de la red de monitoreo .....	67
Comportamiento anual de PM10 por estación .....	67
Comportamiento anual de PM 2.5 .....	68
Comportamiento anual de ozono por estación.....	69
Comportamiento anual de dióxido de nitrógeno por estación .....	70
Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación .....	71
Comportamiento anual de monóxido de carbono por estación .....	72
Comportamiento anual de black carbono por estación .....	73
Influencia de las restricciones en la pandemia del COVID 19.....	74
Contaminación atmosférica por condiciones locales.....	75
Calidad de aire para el año 2021 .....	77
Normativa vigente .....	77
Comportamiento de material particulado PM 10 .....	77
Comportamiento de material particulado PM 2.5 .....	79
Comportamiento concentraciones de ozono.....	81
Comportamiento de dióxido de nitrógeno .....	82
Comportamiento de dióxido de azufre .....	83
Comportamiento concentraciones de black carbono .....	85
Análisis de resultados.....	86
Conclusiones.....	99
Referencias bibliográficas .....	104

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Niveles máximos permisibles para contaminantes comparados con la calidad del aire para el 2017</i> .....	21
<b>Tabla 2</b> <i>Indicadores de cumplimiento de la resolución 2254 de 2017</i> .....	30
<b>Tabla 3</b> <i>Puntos de corte del instituto colombiano agropecuario ICA</i> .....	33
<b>Tabla 4</b> <i>Niveles máximos para el 2018</i> .....	39
<b>Tabla 5</b> <i>Porcentaje de datos capturados por estación para el año 2018</i> .....	43
<b>Tabla 6</b> <i>Niveles máximos permisibles para contaminantes resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible</i> .....	49
<b>Tabla 7</b> <i>Porcentaje de datos por estación</i> .....	48
<b>Tabla 8</b> .....	50
<b>Tabla 9</b> <i>Estadísticas de las concentraciones de PM 2,5</i> .....	53
<b>Tabla 10</b> <i>Estadísticas de las concentraciones anuales de ozono</i> .....	56
<b>Tabla 11</b> <i>Concentraciones de dióxido de nitrógeno</i> .....	57
<b>Tabla 12</b> <i>Concentraciones de dióxido de azufre</i> .....	58
<b>Tabla 13</b> <i>Concentraciones de black carbón</i> .....	60
<b>Tabla 14</b> <i>Puntos de corte ICA</i> .....	62
<b>Tabla 15</b> <i>Niveles máximos permisibles para el año 2020</i> .....	64
<b>Tabla 16</b> <i>Concentraciones diarias de black</i> .....	74
<b>Tabla 17</b> <i>Niveles máximos permisibles</i> .....	77
<b>Tabla 19</b> <i>Concentraciones de dióxido de nitrógeno para el año 2021</i> .....	83
<b>Tabla 20</b> <i>Concentraciones promedio de black carbono para el año 2021</i> .....	85
<b>Tabla 21</b> <i>Estaciones activas durante el COVID 19</i> .....	94

### Lista de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Porcentaje de datos en el año 2017.....</i>	23
<b>Figura 2</b> <i>Concentración anual de PM10 por estación para el año 2017 .....</i>	28
<b>Figura 3</b> <i>Promedio de PM10 para los años 2016 y 2017.....</i>	29
<b>Figura 4</b> <i>Promedios anuales y máximos de PM10 para el 2017.....</i>	32
<b>Figura 5</b> <i>Porcentaje de combustible vendido .....</i>	36
<b>Figura 6</b> <i>Distribución espacial de PM10 de fuentes industriales para el 2017.....</i>	37
<b>Figura 7</b> <i>Distribución de emisiones de PM10 de fuentes comerciales.....</i>	38
<b>Figura 8</b> <i>ICA por estación .....</i>	39
<b>Figura 9</b> <i>ICA por mes del año 2018 .....</i>	48
<b>Figura 10</b> <i>Concentraciones de black UV/BC.....</i>	61
<b>Figura 11</b> <i>Participación por categoría en emisión por contaminante .....</i>	63
<b>Figura 12</b> <i>Concentraciones de material particulado .....</i>	68
<b>Figura 13</b> <i>Concentraciones de material particulado PM2, 5.....</i>	69
<b>Figura 14</b> <i>Concentraciones de ozono .....</i>	70
<b>Figura 15</b> <i>Concentraciones de dióxido de nitrógeno .....</i>	71
<b>Figura 16</b> <i>Concentraciones de dióxido de azufre .....</i>	72
<b>Figura 17</b> <i>Concentraciones de monóxido de carbono.....</i>	73
<b>Figura 18</b> <i>Concentración media móvil PM2,5.....</i>	75
<b>Figura 19</b> <i>Concentración media móvil PM 2, 5.....</i>	76
<b>Figura 20</b> <i>Comportamiento de las concentraciones de PM 10.....</i>	78
<b>Figura 21</b> <i>Concentraciones promedio de ozono para el año 2021 .....</i>	81
<b>Figura 22</b> <i>Concentraciones promedio de dióxido de azufre para el año 2021.....</i>	84
<b>Figura 23</b> <i>Promedio de material particulado PM 10 .....</i>	88

<b>Figura 24</b> <i>Promedio de concentraciones de PM2.5</i> .....	89
<b>Figura 25</b> <i>Promedio concentraciones de ozono</i> .....	90
<b>Figura 26</b> <i>Promedio de concentraciones de dióxido de nitrógeno</i> .....	91
<b>Figura 27</b> <i>Promedio de las concentraciones de dióxido de azufre</i> .....	92
<b>Figura 28</b> <i>Promedio de las concentraciones de monóxido de carbono</i> .....	93
<b>Figura 29</b> <i>Concentraciones de contaminantes durante la pandemia</i> .....	95

### **Planteamiento del problema**

Respirar un aire limpio garantiza un óptimo estado de salud, reduciendo las enfermedades respiratorias; sin embargo la contaminación del aire es una de las problemáticas las cuales causan un gran impacto en el bienestar y salud, junto al crecimiento desmedido de las ciudades causan una grave amenaza debido a la emisión de gases.

Bogotá es una de las ciudades con más emisiones atmosféricas; las localidades Kennedy, Puente Aranda, Fontibón y Suba, presentan mayores niveles de contaminación, generando un panorama de morbilidad y mortalidad a causa de enfermedades respiratorias. (CAR, 2021)

En el año 2018 se realizó un estudio para evaluar 619 niños en jardines infantiles de las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón, los cuales se dividieron en dos grupos, en cada localidad según la exposición al material particulado, dónde se presentó gran número de afecciones respiratorias; se logra observar que en varios jardines los niveles de contaminación de material particulado son elevados, contribuyendo a la salud de los estudiantes de estos planteles. (IDEAM, 2018)

Según los estudios generados por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, Kennedy es la localidad que presenta mayor concentración de material participado, esto se debe a la existencia de fábricas e industrias en la zona “fuentes fijas”; las cuales sus principales fuentes de producción son los combustibles fósiles; algunas de ellas no generan un correcta filtración de contaminantes afectando la calidad del aire de la zona; sumado a las obras civiles que adelanta el instituto de desarrollo urbano IDU por las construcciones del metro o reparaciones en las vías, generando levantamiento de polvo sumado a ello la quema de combustibles generada por la utilización de maquinaria pesada. (Ministerio de ambiente, 2010)

La quema discriminada de combustibles fósiles y procesos industriales genera un impacto ambiental, el cual favorece la acumulación de gases contaminantes, produciendo lluvia ácida; esta se genera mediante la combustión, la cual se transforma al contacto con el vapor de agua; causando una afectación en la cantidad de químicos en los suelos y agua dulce, provocando un deterioro en la cadena alimenticia; favoreciendo la erosión del suelo y pérdida de la capa vegetal, contribuyendo al efecto invernadero.

Sumado a esto las actividades cotidianas que realizamos, el desplazamiento de nuestro hogar así la oficina, universidad, o el simple hecho de prepararnos un café en la mañanas; esto aporta a la producción de gases contaminantes, por ello es necesario conocer a fondo la problemática que enfrenta la capital Colombia, permitiendo conocer alternativas amigables con el medio ambiental, reduciendo la quema discriminada de combustibles fósiles; generando una reducción a la huella de carbono; para ello se hace necesario profundizar en el comportamiento que se ha generado en los últimos 5 años en cuanto a la contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá evaluando por el comportamiento de los contaminantes como lo son el dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, ozono y material particulado PM10 y PM2.5, los cuales aportan al deterioro de la salud de los Bogotanos.

### **Justificación**

Las principales causas de contaminación de aire están relacionados con la quema de combustibles fósiles, como carbono, petróleo y gas; estas quemas están relacionadas con las actividades diarias e industriales; la red de monitoreo de Bogotá, se encargada de generar la medición de contaminantes atmosféricos, por medio de estos se determina la calidad de aire, lo cual permite conocer los efectos nocivos para la salud de los Bogotanos; el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrollo parámetros para evaluar los niveles máximos de emisiones de gases contaminantes y material particulado, mediante la resolución 2254 de 2017; evitando alteraciones climáticas, como el efecto invernadero y el agotamiento del ozono estratosférico y otros efectos medioambientales, creando alternativas amigables con el medio ambiente permite una mejor calidad de vida de los Bogotanos. (Universidad industrial de Santander, 2011)

La industrialización y crecimiento de la ciudad de Bogotá; aporta al notable deterioro de la calidad del aire, generando una problemática a la salud respiratoria y cardiaca de los habitantes de la ciudad, provocando una gran preocupación a las autoridades ambientales y de salud pública de Bogotá, la ciudad ha agotado esfuerzos para resolver esta problemática la cual con el paso del tiempo se ha agravado; cabe resaltar que en el año 2020 a 2021 se presentó una reducción en las emisiones atmosféricas debido al aislamiento obligatorio. (García, 2018)

La demanda de energía y el acelerado consumo de combustibles fósiles; han afectado el nivel de calidad de aire de los bogotanos; las medidas de control de la contaminación que han sido implementadas hasta el momento se han visto opacadas por el incremento en las emisiones que resultan del crecimiento económico de la ciudad.

Este documento contiene una descripción de las emisiones atmosféricas presentadas en los años 2017 a 2021; conociendo las localidades más afectadas durante los últimos cinco años; generando un análisis, que permita formular nuevas alternativas, y con ello mitigar la contaminación atmosférica generada en la capital aportando a una mejor calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Realizar la descripción de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá con respecto a la contaminación generada por fuentes fijas entre los años 2017 a 2021

### **Objetivos específicos**

Recopilar los registros de la RMCAB disponibles para los años 2017 a 2021.

Conocer los niveles de contaminación atmosférica generada por fuentes fijas en las diferentes zonas de la ciudad.

Evaluar el cumplimiento de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con respecto a la de calidad del aire.

### **Marco conceptual y teórico**

El concepto de desarrollo ha jugado un papel muy importante durante las últimas décadas; el desarrollo económico de los países tiene una influencia sobre el medio ambiente generando afectaciones a la calidad del aire.

El tema de contaminación del aire se presenta desde la antigüedad esto empezó a ser un problema para los científicos dónde se empezó a identificar eventos como los de Meuse Valley en 1930, donde murieron más de 60 personas por emisiones de óxidos de azufre y fluorocarbonados; el de Donora Pennsylvania en 1948, dando muerte a más de 20 personas por emisiones de material particulado, y el más importante, en Londres en 1952 con la muerte de más de 4,000 personas también por presencia de partículas en exceso en el ambiente. (Daza, 2013)

Hoy en día en Colombia, el 74% de la población considera la contaminación del aire como uno de los problemas más serios en el país, además porque afecta directamente a la población de bajos recursos. Genera aproximadamente 7.000 casos de muertes prematuras anuales, 7.400 nuevos casos de bronquitis crónica, 13000 hospitalizaciones por causa de enfermedad respiratoria crónica y 255000 visitas a salas de urgencia. (Universidad industrial de Santander ,2011)

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial; Bogotá es una ciudad poblada, con diversidad topográfica, lo cual favorece al desarrollo urbanístico, excelente entorno para el desarrollo de múltiples actividades cotidianas como uso del transporte público, actividades industriales las cuales emiten diferentes frases contaminantes que afectan desfavorablemente la calidad del aire que se respira en el ambiente.

En 1982 se emitió la primera regulación (Decreto 002) respecto a la calidad del aire en Colombia; posteriormente, en 1995 se estipuló el decreto 948, el cual establece el desarrollo de la primera política para la calidad del aire en donde se fijaran los estándares de emisión de contaminantes, así como los niveles de prevención, alerta y emergencia. Entre 1995 y 2015 se actualizaron y crearon normas referentes a los estándares de calidad del aire, por lo que en 2015 se expidió el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015) para condensar la normativa vigente hasta la fecha sobre los mecanismos para la protección de la calidad del aire y los respectivos mecanismos de control, prevención y atención junto a la resolución 2254 de 2017. (Mejía, 2019)

En los últimos años Bogotá ha tenido episodios de niveles altos de contaminación del aire, lo que ha vuelto a poner en la agenda la importancia de medidas para la prevención de la contaminación y mejoras en la calidad del aire; en efecto la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá (SDAB) ha reportado concentraciones de material particulado en la ciudad que sobrepasan los estándares de recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, respecto a otras 61 capitales evaluadas por Greenpeace y QAir en el Reporte Mundial de la Calidad del Aire, Bogotá ocupa el puesto 42 (Rojas, 2019)

Bogotá se considera como el centro industrial más importante de Colombia, presentándose todo tipo de actividades económicas que influyen en la emisión de contaminantes atmosféricos. Adicionalmente, la dinámica de crecimiento demográfico que enfrenta la ciudad de Bogotá, representa una serie de amenazas para el medio ambiente y para la población, y con el incremento en las actividades industriales, y el aumento del consumo de combustible se ha generado una preocupación por parte de las autoridades ambientales y de salud pública de la ciudad (Montoya, 2019)

Bogotá cuenta con una Red de Monitoreo de Calidad del Aire, la cual se encargada de generar mediciones de temperatura, humedad al interior de un sistema de las cabinas,

garantizando óptimas condiciones ambientales para el correcto funcionamiento de los sensores y analizadores en cada estación.

Para monitoreo los niveles de contaminación en Bogotá existen 13 estaciones de monitoreo fijas y móviles distribuidas en puntos claves de la ciudad; la red de monitoreo, verifica el cumplimiento de la normativa colombiana y estándares de la calidad de aire para la ciudad de Bogotá. Con estos datos se logra calcular los índices de calidad del aire; cada estación se clasifica en seis categorías, las cuales son favorable, moderado, regular, mala, muy mala y peligrosa.

También se emplean los bioindicadores los cuales permiten evaluar el impacto de los contaminantes que se puedan generar, este es un método de bajo costo el cual permite incrementar el número de muestras en el sitio y de esta forma generar un diagnóstico de los agentes contaminantes.

“La normativa de la calidad de aire se rige bajo la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la cual establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes atmosféricos” (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018). Esta norma actualiza las disposiciones de la resolución 610 de 2010, y promueve estándares más estrictos para las concentraciones promedio anuales y diarias de contaminantes criterio.

Considerando los niveles máximos a los que ya se habían propuesto en la resolución 610 de 2010, esta establece metas ambiciosas para el largo plazo. La normativa propone para 2030, reducir en 40% los niveles máximos permitidos de material particulado PM10 y PM2.5; así como reducir en 60% las concentraciones máximas permisibles de dióxido de azufre y en

33% las concentraciones de dióxido de nitrógeno; permitiendo la reducción de enfermedades respiratorias y cardiovasculares; estas reducciones son consecuentes con lo planteado por el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13, cuyas metas están relacionadas con la mitigación de los efectos del cambio climático”. (Ministerio de Desarrollo sostenible, 2017)

En cuanto al material particulado PM2.5, que ha sido el contaminante criterio que ha dado lugar a la declaratoria de contingencia atmosférica en el valle de Aburra en los últimos dos años, las metas que establece el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el año 2030 siguen estando por encima de la guía de calidad del aire de la organización mundial de la salud OMS, es decir, por encima del nivel en el cual se ha comprobado empíricamente que la exposición a material particulado PM2.5 afecta negativamente la salud humana, y que en el caso de este contaminante es de  $10 \mu g/m^3$ . (OMS, 2017).

## Calidad de aire para el año 2017

### **Normatividad vigente**

Para el año 2017 los niveles máximos permitidos para la ciudad de Bogotá, se miden a través parámetros estipulados por la resolución 610 de 2010; para los contaminantes de dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>; en la siguiente Tabla 1, muestra los niveles máximos permisibles por hora y anuales.

**Tabla 1**

*Niveles máximos permisibles para contaminantes comparados con la calidad del aire para el 2017*

<b>Contaminantes</b>	<b>Nivel Max anual</b>	<b>Nivel Max por hora</b>	<b>Cumplimiento con la norma</b>
Material particulado PM <sub>10</sub>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	No cumple
Material particulado PM <sub>2,5</sub>	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple
Dióxido de azufre	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple
Óxido de nitrógeno	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	No cumple
Ozono		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple
Monóxido de carbono	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cumple

*Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018*

***Indicadores de desempeño en la estaciones de monitoreo para el año 2017***

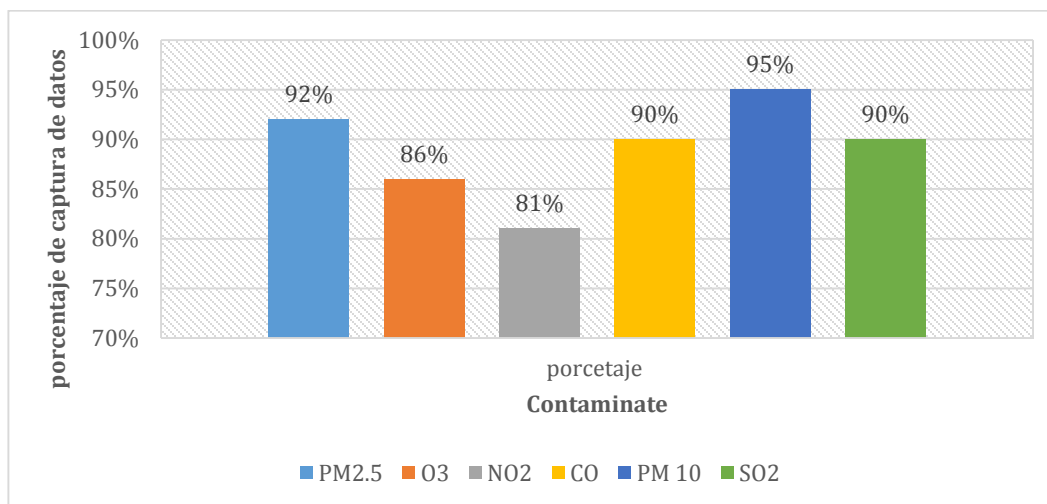
Se evalúan por medio de la calidad servicio de los equipos de medición de la red de monitoreo de calidad de aire de Bogotá; estos se encargan de inventariar las concentración de contaminantes de la ciudad; para el año 2017 fueron bajos ya que los muchos equipos sufrieron fallas técnicas o robos lo cual no permitió un optima toma de niveles de contaminantes atmosféricos a continuación se va a realizar un descripción de porcentaje de capturas de datos para el año 2017 y se profundiza en el cumplimiento de la resolución 610 de 2010 .

***Porcentaje de captura de datos de los equipos para el año 2017***

Para el año 2017 todos los datos recolectados de contaminación presente en el aire de la ciudad de Bogotá; superaron la norma regida por la resolución 610 de 2010, la cual superó en un 75%; esta situación se debió a factores externos, como daños de equipos o fallas de electricidad; los registros generados para el año en curso presentaron un porcentaje de captura del 81% con respecto a la normativa Colombia, como podemos observar en la figura 1; el contaminante con menor captura de datos fue el de dióxido de nitrógeno, esto se atribuye al equipo de la estación Carvajal-Sevillana, el cual presenta una falla debido a esto fue necesario generar una reparación a finales del año 2017; por otra parte el dióxido de azufre reporta bajos niveles de captura de datos debido a una re ubicación en los equipos de esta estación.

**Figura 1**

*Porcentaje de datos en el año 2017*



*Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018*

Los datos recolectados se miden a través de instrumentos especializados, los cuales permiten tomar datos agrupados por estación de monitoreo, se observa que todas las estaciones presentaron un porcentaje de captura de datos superior al 75 % exigido por la normativa para el Monitoreo y Seguimiento de la calidad del aire.

La calidad de aire en Bogotá para el año 2017 no cumple con los estándares de calidad según la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con respecto a los niveles máximos permisibles a grandes rasgos observamos que la estación con el menor porcentaje de captura fue Centro de Alto Rendimiento debido a la falla mencionada en el equipo de ozono el cual se encontraba asociado a la medición del material particulado PM<sub>2.5</sub>, el cual no presentó registro desde el mes de marzo hasta inicios de julio debido a la falla presentada. (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

### **Conformación de la red de monitoreo de calidad de aire en Bogotá**

Está conformada por doce estaciones de monitoreo para el año 2017 dónde once miden fuentes fijas y una de fuentes móviles; las estaciones se ubican de forma táctica para tener mayor cobertura de la ciudad de Bogotá y un continuo registro de los contaminantes; tales como material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, y gases contaminantes entre ellos se encuentran el de monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre; realizando un pronósticos 48 horas posteriores al muestreo.

### **Concentraciones de material particulado PM10**

Las concentraciones de material particulado PM10 para el año 2017 aumentaron con respecto a años anteriores; presentando variaciones en las estaciones, Carvajal-Sevillana, Kennedy, Suba y Puente Aranda; la estación Carvajal-Sevillana registro uno de los promedios más altos con  $66 \mu g/m^3$ , los cuales estuvieron sobre las ragos permisibles de la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con respecto a la de calidad del aire, estos valores se debe a la actividad industrial que se genera cercar de la zona, sumado a las hora pico que presenta la ciudad; por otra parte San Cristóbal y Guaymaral obtuvieron un promedio anual más bajo del año con  $28 \mu g/m^3$ , la cual estuvo por debajo de la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

Respecto al comportamiento registrado a la norma colombiana para el año presente se registró un total de 21 incidencias; en la estación Carvajal-Sevillana con 16 incidencias la cual es la que más registra anomalías seguida la estación de Kennedy con 5 incidencias.

A comparación con la zona oriental de la ciudad no se registraron ninguna anomalía en las estaciones; en cuanto al comportamiento temporal de la concentración, se evidencia que las mayores concentraciones se registraron en horas de la mañana entre 6:00 am y 7:00 am, presentando disminución a las 5:00 pm o 6:00 pm de la tarde donde se presenta un nuevo pico

de menor concentración en comparación con horas de la mañana. Se observa concentraciones diarias de material particulado PM10; presentando  $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Carvajal-Sevillana y  $108 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en Kennedy y el Tunal la cuales excederios lo limites permisibles estipulados por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con respecto a la de calidad del aire el máximo de concentración de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con respecto a la concentración horaria.

### ***Comportamiento de material particulado PM2.5***

El comportamiento de material particulado PM2.5 por estación registró los siguientes promedios concentración; la estación Carvajal-Sevillana con  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en seguida Kennedy con  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la estación tunal con  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por otra parte la estación con menor promedio de concentración fue San Cristóbal con  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la cuales cumplieron en cuanto a la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; la cual estipula un máximo de concentración horaria de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Con relación al comportamiento espacial del material particulado PM10 y PM2.5 se registraron en el mayor pico de la ciudad, alrededor de las 7:00 am a 6:00 pm de la mañana presentando disminución a las 5:00 pm a 6:00 pm de la tarde debido a la actividad industrial desarrollada en la ciudad de Bogotá. (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

### ***Comportamiento del dióxido de nitrógeno***

Para este contaminante ninguna de las estaciones cumple con la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con respecto a la normativa de calidad de aire; la cual supero los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en las estaciones, los días con mayor concentración de este contaminante son de martes a jueves variando con las estaciones que menores registros presentan los domingos, bien esto se debe a que no son días hábiles o laborales por ello las

industrias no generan quemas o producción la cual genere mayor concentración de dióxido de nitrógeno.

### ***Comportamiento de dióxido de azufre***

Las concentraciones de dióxido de azufre, sobrepasaron los límites permisibles de la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; incumpliendo los límites máximo permisible estipulados, para el año 2017; según los datos recolectados la mayor concentración registrada fue de  $13,4 \mu g/m^3$  se registró en la estación Carvajal-Sevillana a comparación de la estación del centro de alto rendimiento la cual registro una concentración de  $3,3 \mu g/m^3$ ; la cual presento una leve reducción en la concentración de dióxido de azufre; se observa mayores concentraciones se presentan a las 7:00 am de la mañana esto se debe al inicio de la jornada laboral en las fábricas de las zonas respectivas; es importante recalcar que a mediados de las 8:00 am a 9:00 pm de la mañana se generaba una leve disminución en la emisión de dióxido de azufre en las estaciones de monitoreo. (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

### ***Comportamiento de monóxido de carbono***

Al evaluar los niveles máximos de monóxido de carbono que permite la normativa colombiana, se observa que no se registraron anomalías durante el año siendo el nivel máximo permisible de  $40 \mu g/m^3$  y se registraron como máximo una concentración de  $6,8 \mu g/m^3$ ; con relación al comportamiento semana se observa que es muy similar al dióxido de nitrógeno la cual estuvo entre los rango estipulados por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; esto es favorable para la calidad de aire de la ciudad de Bogotá ya que el exceso de monóxido de carbono en el aire afecta la llegada de oxígeno al cerebro y al corazón provocando ataques cardiovasculares.

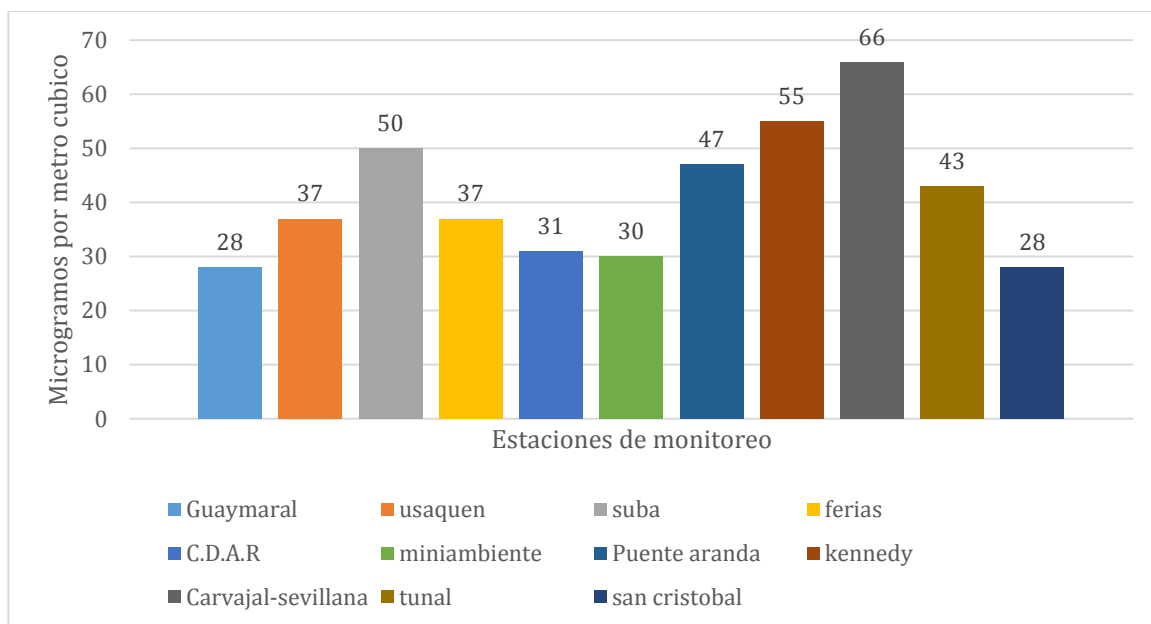
### ***Comportamiento anual por estación para el año 2017***

Tomando la concentración anual de material particulado PM<sub>10</sub> por estación de monitoreo para el año 2017 al cual corresponden a una concentración anual de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; observamos que de las once estaciones dos sobrepasaron los niveles máximos permisibles, las cuales corresponden a Kennedy y Carvajal-Sevillana, debido a que en la zona se encuentra varias tintorerías influenciando los niveles de contaminación en la zona suroccidental de la ciudad.

La mayor concentración anual de PM<sub>10</sub> se registró en la estación Carvajal-Sevillana con 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; mientras que la menor concentración fue registrada en las estaciones San Cristóbal y Guaymaral con 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; esto se debe a que Kennedy es una de las localidades con mayor industrialización y comercio generando un mayor impacto al medio ambiente y a la salud de los habitantes de la zona; cómo se logra observar en años anteriores, las concentraciones más altas se presentan en las estaciones del suroccidente de la ciudad, aunque se destaca el valor de concentración de material particulado PM<sub>10</sub> de la estación Suba, ubicadas al norte de la ciudad, mayores concentración de material particulado PM<sub>10</sub> siendo tercera estación con concentración altas para el año 2017.

**Figura 2**

Concentración anual de  $PM_{10}$  por estación para el año 2017

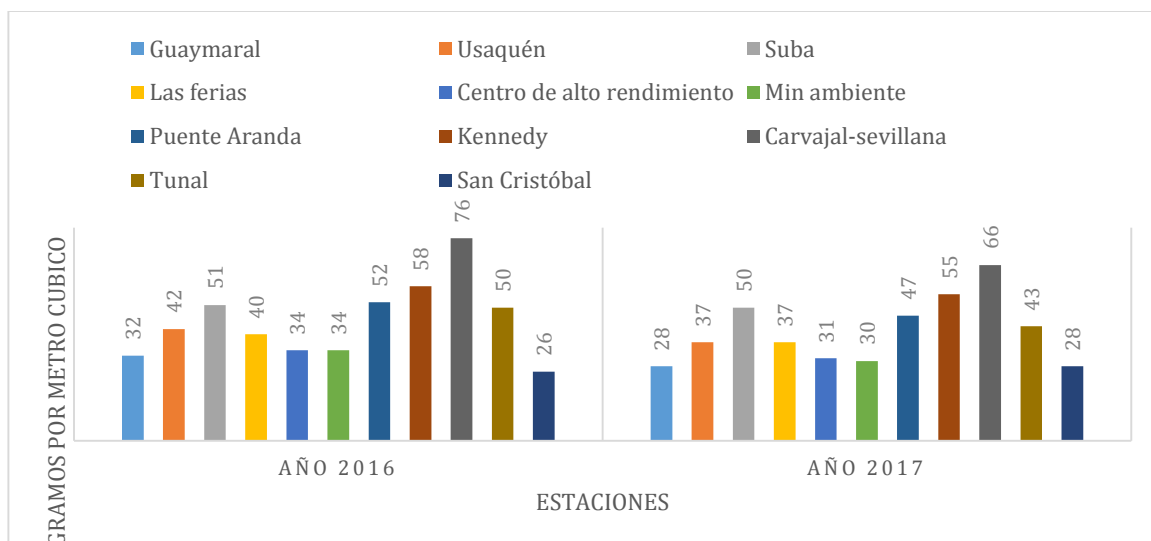


Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018

En la figura 3; se genera la descripción de los promedios anuales de material  $PM_{10}$  del año 2017 por estación a comparación con las generadas en el año 2016; por lo cual logramos concluir que en todas las estaciones presentaron una leve disminución de las concentraciones a comparación con el año 2016 a excepción de la estación de San Cristóbal, en la que se evidencia un aumento de  $2 \mu g/m^3$  teniendo en cuenta que para el año 2016 fue de  $26 \mu g/m^3$  y para el año 2017 de  $28 \mu g/m^3$  la mayor disminución se generó en la estación Carvajal-Sevillana, en la cual la concentración de año 2017 disminuyó en  $10 \mu g/m^3$  teniendo en cuenta que para el año 2016 se registró una concentración de  $76 \mu g/m^3$  y para el año 2017 presentó una reducción a  $66 \mu g/m^3$  siendo la más alta registrada en el año 2016.

**Figura 3**

*Promedio de PM<sub>10</sub> para los años 2016 y 2017*



*Nota. En la gráfica se representa los promedios generados en los años 2016 a 2017 autoría propia.*

### **Comportamiento diario por estación**

El comportamiento de material particulado PM<sub>10</sub> se evalúa con base a las incidencias sobre el valor de la normativa respectiva la cual corresponde a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; este promedio se calcula a partir del promedio cumpliendo los criterios estipulados por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Para el año 2017 en las 11 estaciones que monitorearon concentraciones de material PM<sub>10</sub> registraron datos validos en un 84% siendo la estación de puente Aranda 100%, Kennedy y Guaymaral el 97% estas fueron las estaciones que generaron mayor registro de datos válidos, por otra parte la estación Min-Ambiente tuvo la menor representativa temporal.

Teniendo en cuenta los niveles máximo permisibles según la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el material particulado PM<sub>10</sub> para un tiempo de exposición diario, para este año se registró una concentración de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la

estación de puente Aranda, Kennedy Carvajal- sevillana, tunal presentando 21 incidencias sobre los límite máximo permisibles estipulado por la norma Colombia, los cuales se registraron en las estaciones Carvajal-Sevillana con 16 y en Kennedy con 3 incidencias seguido de las estaciones Tunal, Puente Aranda con una incidencia, el resto de estaciones no presenta anomalías.

Las concentraciones máximas diarias de material particulado PM<sub>10</sub> para el año 2017 se prestaron en el mes de abril y en zonas centro y sur de la ciudad; los valores más altos se registraron en la estación Carvajal-Sevillana 124  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 7 abril y las estaciones Tunal y Kennedy 108  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 9 febrero y 7 de abril; el resto de los valores máximos se presentaron en el mes de febrero y agosto.

**Tabla 2**

*Indicadores de cumplimiento de la resolución 2254 de 2017*

Estación	Datos	Prome. anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Incidencias la Norma	Max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fecha
Guaymaral	97%	28	0	76	15/02/2017
Usaquén	89%	37	0	91	07/04/2017
Suba	85%	50	0	91	02/08/2017
Las ferias	87%	37	0	91	07/04/2017
CDM	88%	31	0	89	07/04/2017
Min Ambiente	84%	30	0	71	07/04/2017
P. Aranda	100%	47	1	103	07/04/2017
Kennedy	97%	55	3	108	09/02/2017
C-sevillana	90%	66	16	124	07/04/2017
Tunal	95%	43	1	108	07/04/2017
San Cristóbal	88%	28	0	70	19/02/2017

*Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018*

El comportamiento diario de las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub> durante el año 2017 a comparación de los valores con respecto a la norma diaria de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; se observa que para los meses de febrero y abril se generan concentraciones más altas de PM<sub>10</sub> que en los meses de junio y julio.

La estación Carvajal-Sevilla presento niveles concentración altas con referencia a las otras estaciones; lo cual es consecuente con el número de incidencias registradas en esta estación.

Según los datos válidos tomados para el presente año se refleja que todas las estaciones cumplieron con el criterio de representatividad mayor al 75% aunque se observa que para las estaciones con el porcentaje de representatividad más bajo hubo periodos en los que no se capturaron datos en Suba y Usaquén en el mes de abril, en Carvajal-Sevillana el mes de febrero y en Min-Ambiente desde finales de noviembre.

En relación a la norma diaria estipulada por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el material particulado  $PM_{10}$  las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy, Puente Aranda y Tunal; tiende a presentar concentraciones las cuales sobrepasa los  $100 \mu g/m^3$ , en especial en la estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy.

#### ***Comportamiento horario por estación de $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$***

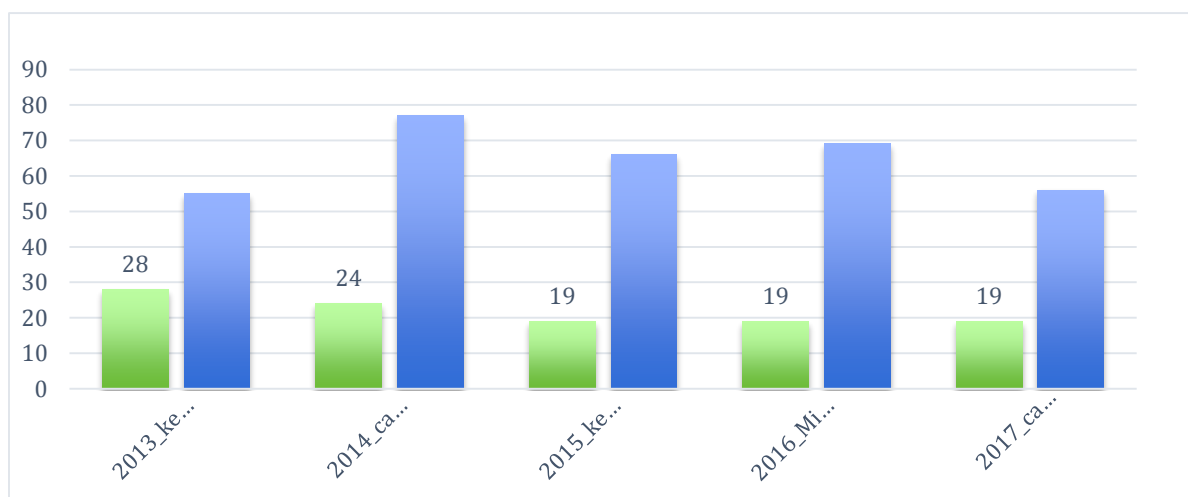
Las concentraciones horarias presentaron una leve disminución con relación a las 12:00 pm de la noche hasta la madrugada, dónde se genera un leve incremento de las concentraciones entre las 6:00 am y 7:00 am, después de la horas picos se refleja una disminución y se mantiene estable durante la tarde y la noche, aunque durante el día puede presentar algunos incrementos como en la estación Carvajal- Sevillana y Kennedy las estaciones de Carvajal-Sevillana y Kennedy presentan los valores más altos en la hora pico con concentraciones entre  $80 \mu g/m^3$  y  $100 \mu g/m^3$  esto se debe a que en las horas picos la quema de combustibles fósiles y producción manufacturera empieza a funcionar en la ciudad de Bogotá.

### Comportamiento histórico

Está se calcula a través de los promedios anuales de las estaciones con representativa temporal mayor a 75% y concentraciones máximas de material particulado PM<sub>2.5</sub>; para el periodo 2013 a 2017; el promedio anual a nivel de la ciudad para el 2017 se ha mantenido igual en los últimos 3 años los cuales han sido menores los valores que se presentaron en los años 2013 a 2014 con referencia a las concentraciones del año 2017 es menor a comparación con los últimos cuatro años y el segundo valor que se registraron en la estación Carvajal-Sevillana.

#### Figura 4

*Promedios anuales y máximos de PM<sub>10</sub> para el 2017*



*Nota. Se muestra los promedios históricos desde el 2013 hasta el 2017 de material particulado PM<sub>2.5</sub> en microgramos por metro cúbico.*

En la figura 4 se observar en la estación Carvajal-Sevillana se presenta un mayor porcentaje de tiempo; ubicándose en un nivel moderado, la cual representa el 75% de los días del año; por otra parte las otras estaciones representan más del 55% del tiempo, esto indica que la calidad del aire estuvo en una categoría buena para la ciudad de Bogotá, siendo las

estaciones San Cristóbal y Guaymaral las que registraron mayor porcentaje de días con calidad del aire en categoría buena.

### **Índices de calidad de aire ICA**

Los índices de calidad de aire ICA para los contaminantes de monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre y material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>; presentan valores variables; este permite validar que tan limpio o contaminado es el aire y los potenciales efectos perjudiciales para la salud pública.

**Tabla 3**

*Puntos de corte del instituto colombiano agropecuario ICA*

ICA	Clasificación	O <sub>3</sub> h ppm	O <sub>3</sub> 8 h ppm	PM 10 24h ppm	PM 2,5 24h ppm	CO 8 h ppm	SO <sub>2</sub> 24 h ppm	NO <sub>2</sub> 24 h ppm
-50	Buena	0.00	-	0	0	0,0		(2)
		0,59		54	15,4	4,4		
1- 100	Moderada	0,060	-	55	15,5	4,5	0,035	(2)
		0,075		154	40,4	9,4	0,144	
01- 150	Dañina a la salud para grupos sensible	0,076	0,125	155	40,5	9,5	0,145	(2)
		0,095	0,164	254	65,4	12,4	0,224	

	Dañina a	0,096	0,165	255	65,5	12,5	0,225	(2)
51- 200	la salud	0,115	0,204	354	150,4	15,4	0,304	
	Muy	0,116	0,205	355	150,5	15,5	0,305	0,65
01- 300	dañina a la salud	0,375 0,155	0,404	424	250,4	30,4	0,604	1,24
	Peligros	(3)	0,405	425	250,5	30,5	0,605	1,25
01- 400	a		0,504	504	350,4	40,4	0,804	1,64
	Peligros	(03)	0,55	505	350,5	40,5	0,805	1,65
1- 500	a		0,604	604	500,4	50,4	1,004	2,04

*Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018 Nota. El Índice de Calidad del Aire (ICA) para el año 2017, calcula los porcentajes de monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre y material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>; excepto el dióxido de nitrógeno dónde se generó una exclusión debido a que se generó un reporte en la concentración, la cual registro una concentración de 174 µg/m<sup>3</sup>, el indicador se mide desde concentraciones mayores a 0.65 ppm, por lo cual no alcanza el límite mínimo para el cálculo del ICA para este contaminante. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta datos que representarán el tuvieron un porcentaje del 75% de representatividad temporal en el número de datos registrados*

### **Estimación de emisiones**

Para la estimación de las emisiones se toman factores de emisión, los cuales permiten representar de formas más precisa; y la variabilidad de las mismas; para este cálculo es necesario evaluar los factores de emisión, así como una tasa de volumen, distancia, tiempo o peso del proceso o actividad emisora, la eficiencia de los sistemas de control si se tiene. Las

metodologías implementadas para el procesamiento de la información que permiten hallar un factor de actividad difieren por tipo de fuentes de contaminación, por tal motivo se presentan de manera independiente” (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

$$IBOCA = \left( \frac{Ci}{Ni} \right) * 10$$

**Donde**

**i**= Parámetro a evaluar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, S<sub>02</sub>, CO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>)

**N**= Norma para cada contaminante

**C**= Concentración a evaluar para cada contaminante en cada estación

**10**= Factor de conversión para la norma

**IBOCA**= Índice Bogotano de calidad del aire y riesgo en salud

**Fuentes fijas**

Los principales productores de contaminantes atmosféricos conocidos como fuentes fijas, son las industrias, establecimientos comerciales como restaurantes y asaderos; debido a que Bogotá se concentra un alto y diverso número de industrias y comercios que generan emisiones contaminantes, motivo por el cual se estima las emisiones provenientes de este tipo de fuente de gran importancia; si bien tenemos distintos tipos de fuentes fijas para los procesos productivos de la ciudad; estos requieren permisos de emisiones atmosféricas de acuerdo con la Resolución 619 de 1997 la cual establece normas y estándares para la emisión de contaminantes atmosféricos para fuentes fijas

La secretaria distrital de ambiente cuenta con unas bases de datos los cuales contienen información sobre la ubicación de la industria o establecimiento, el consumo mensual o diario de combustibles, los horarios laborales y fechas de recolección de datos, entre otros.

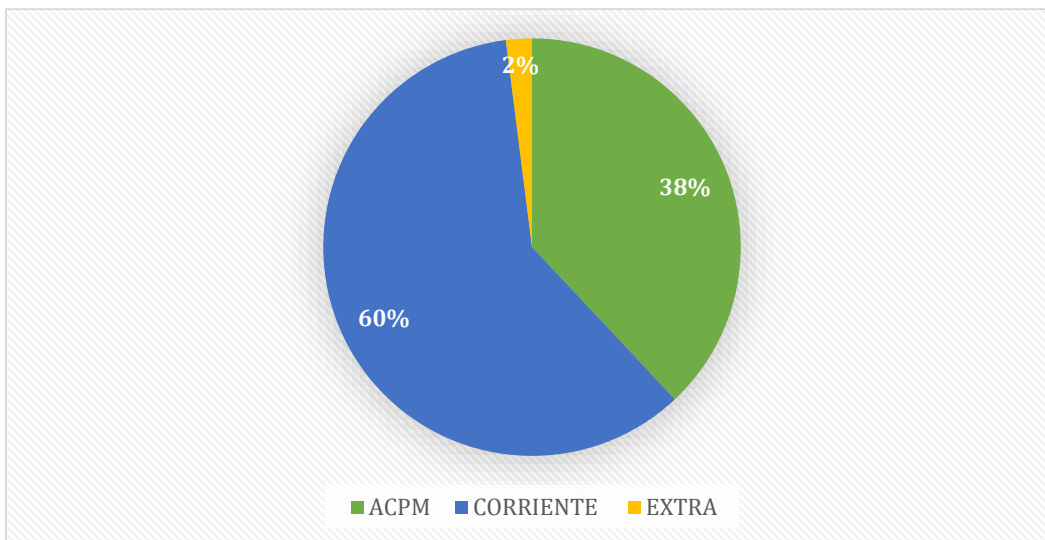
### **Estación de servicio de combustibles fósiles en la ciudad de Bogotá**

Las estaciones de servicio y centros de almacenamiento de combustibles son considerados como fuentes de emisiones de compuestos volátiles, éstos son distribuidos en cuatro actividades principalmente: almacenamiento de combustible en tanque subterráneo, distribución del combustible a los vehículos individuales, llenado de tanque subterráneo y derrames durante la manipulación del combustible

En la posterior grafica muestra los principales combustibles vendidos en las estaciones de servicio de la ciudad, donde se hace evidencia que la gasolina corriente es el combustible más vendido es el ACPM y finalmente el de menor porcentaje que representa es la gasolina extra; ya que el aumento de la temperatura afecta de manera directa las perdidas por evaporación, por otro lado, las emisiones halladas por factor de emisión se relacionan con la venta de combustibles de acuerdo a las horas de mayor flujo vehicular en la ciudad.

#### **Figura 5**

*Porcentaje de combustible vendido*



*Fuente. Distribución y Porcentaje de combustible vendido durante el 2017 en estaciones de Bogotá. Autoría propia*

### **Material Re suspendido en vías**

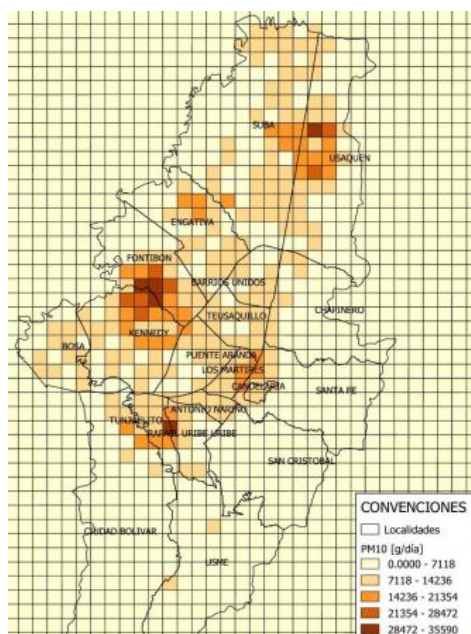
La principal fuente identificada hasta el momento que aporta material particulado por re suspensión en la ciudad son vías pavimentadas y no pavimentadas, este se genera especialmente por el material particulado  $PM_{2.5}$  el cual afecta más del 67% de la salud de los Bogotanos, este se genera por el levantamiento del polvo, esto se debe a la mala condición vial y por la falta de cobertura vegetal, lo cual aporta al deterioro de la calidad de aire de la ciudad.

### **Fuentes industriales**

Se observa emisiones de material particulado  $PM_{10}$  en un día hábil en la ciudad de Bogotá, dónde la fuente de emisión se encuentra en las localidades de Puente Aranda, Usme, Tunjuelito y Kennedy.

### **Figura 6**

*Distribución espacial de  $PM_{10}$  de fuentes industriales para el 2017*



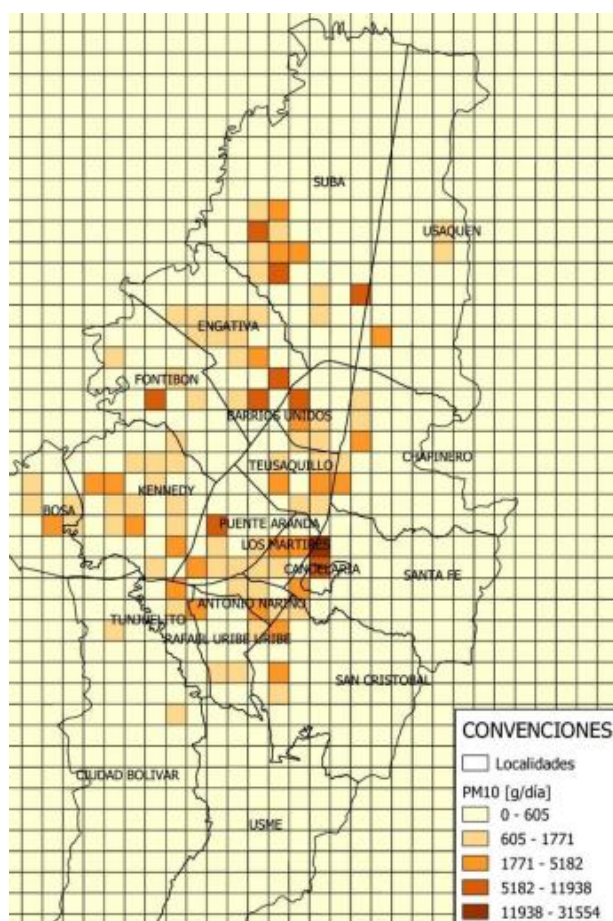
Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018

### Fuentes comerciales

Las localidades que presentan mayores emisiones de material particulado PM10 generadas son Candelaria-Santa Fe, Engativá, Puente Aranda, Barrios Unidos y Fontibón, seguidas en menor proporción por Kennedy, Bosa, Antonio Nariño y Rafael Uribe, de acuerdo a la figura 7.

**Figura 7**

*Distribución de emisiones de PM<sub>10</sub> de fuentes comerciales*



Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018

## Calidad de aire para el año 2018

### **Normatividad vigente**

Para el año 2018, se generó la medición de contaminantes de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono y material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> por medio de la resolución 2254 de 2017; inicio su vigencia desde el 1 de enero de 2018 junto a la resolución 601 de 2006 y la resolución 610 de 2010; en la Tabla 4. Presenta los niveles máximos permisibles para los estipulados por la normativa colombiana. (Subdirección de calidad del aire, auditiva y visual-SCAAV, 2019)

**Tabla 4**

*Niveles máximos para el 2018*

<b>Contaminantes</b>	<b>Nivel Max anual</b>	<b>Nivel Max por hora</b>	<b>Cumplimiento con la norma</b>
Material particulado PM <sub>10</sub>	50 $\mu g/m^3$	100 $\mu g/m^3$	No cumple
Material particulado PM <sub>2.5</sub>	25 $\mu g/m^3$	50 $\mu g/m^3$	No cumple
Dióxido de azufre	50 $\mu g/m^3$	100 $\mu g/m^3$	Cumple
Óxido de nitrógeno	60 $\mu g/m^3$	200 $\mu g/m^3$	Cumple
Ozono		100 $\mu g/m^3$	Cumple
Monóxido de carbono	50 $\mu g/m^3$	350 $\mu g/m^3$	No cumple

*Nota. Niveles máximos permisibles para el 2018 en microgramos por metro cubico; según la resolución 2254 de 2017 del MADS. Fuente. Subdirección de calidad del aire, auditiva y visual-SCAAV, 2019*

### **Comportamiento de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>**

En relación a los años anteriores, las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> presentaron una leve reducción con respecto a los años anteriores a excepción de la estación Carvajal-Sevillana, la cual registro incrementos sobre el promedio anual del año 2017; esta estación fue la única que registraron incidencia del promedio anual con 69  $\mu g/m^3$  de

material particulado  $PM_{10}$  y  $30 \mu g/m^3$   $PM_{2.5}$  con respecto a la resolución 610 de 2010; en cuanto a la norma diaria, esta misma estación obtuvo mayor número de anomalías con  $57 \mu g/m^3$  para material particulado  $PM_{10}$  y  $27 \mu g/m^3$  para  $PM_{2.5}$ ; en relación con la distribución espacial se evidencia concentraciones más altas registradas en la zona sur occidental de la ciudad, en localidades de Bosa Kennedy, ciudad Bolívar y Tunjuelito.

### ***Comportamiento de ozono***

El promedio anual de ozono en las estaciones de red de monitoreo aumentaron respecto a los anteriores años, en la estación de Guaymaral, Min-Ambiente y Usaquén se registraron mayores concentraciones, mientras que en las demás estaciones se mantuvo o se redujo el nivel de contaminación; la zona que presenta más altos niveles de ozono es en el norte y oriente de la ciudad; el promedio anual más alto se obtuvo en las estaciones de Usaquén con  $30 \mu g/m^3$  y el más bajo en la estación Carvajal-Sevillana con  $14 \mu g/m^3$ ; la estación con más incidencias a la norma horaria fue la estación de Suba con 17 registros con referencia a la resolución 610 de 2010 .

### ***Comportamiento del dióxido de nitrógeno***

El comportamiento de dióxido de nitrógeno con respecto a años anteriores fue iguales o menores en la gran mayoría de las estaciones, a excepción de puente Aranda la cual registró un incremento en relación a las concentraciones de los últimos tres años.

También podemos observar que en cuatro de las doce estaciones generaron promedios anuales con una captura de datos temporal del 75%, y en ninguna de ellas se excedió el nivel máximo permisible anual estipulado por la resolución 2254 de 2017; el promedio anual más alto fue registrado en la estación Carvajal- Sevillana con  $50 \mu g/m^3$ , y el más bajo Guaymaral con  $20 \mu g/m^3$ .

El dióxido de nitrógeno registra concentraciones elevadas en la zona del suroccidente de Bogotá; en cuanto a la norma horaria, se registraron 3 incidencias a la resolución 2254 de 2017; en las estaciones de Centro alto rendimiento, las Ferias y Puente Aranda.

### ***Comportamiento de dióxido de azufre***

Las concentraciones de dióxido de azufre tendieron a mantenerse en algunas estaciones, las cuales presentaron niveles bajos a comparación con años anteriores; a excepción la estación Tunal, la cual registró un aumento en relación años anteriores; para el año 2018 cinco estaciones obtuvieron un promedio anual con representatividad mayor al 75% Kennedy tuvo el valor más alto con  $6,1 \mu g/m^3$  junto a la estación del Centro de alto rendimiento, la cual registro el valor más bajo con  $2,9 \mu g/m^3$ , estipulados por la resolución 2254 de 2017, la cuál estipula los niveles máximos permisibles para el año 2018, en la resolución temporal diaria no se registró ninguna anomalía, pero en la resolución temporal horaria se registraron 14 anomalías en la estación Carvajal-Sevillana; las altas concentraciones de dióxido de azufre, resaltan en la zona suroccidental de la ciudad, ya que se asocia al comportamiento del material particulado por la fuente de emisiones similares.

### ***Comportamiento de monóxido de carbono***

Las concentraciones de monóxido de carbono registradas fueron menores con respecto a años anteriores, excepto la estación de centro de alto rendimiento, la cual registro la concentración más alta de los tres últimos años, el mayor valor anual se obtuvo en la estación Carvajal- Sevillana con  $1420 \mu g/m^3$ , el registro más bajo corresponde a la estación de Usaquén con  $537 \mu g/m^3$ , la zona con mayor concentración de monóxido de carbono se registró en el sur occidente de la ciudad y la zona centro oriente debido a la estación móvil con referencia a la resolución 610 de 2010. (Ministerio de desarrollo sostenible, 2017)

### ***Característica de la red***

Para el año 2018 se adicionó dos nuevas estaciones en la red de monitoreo, las cuales empezaron a funcionar en el mes de diciembre, estas son la estación CAMI ubicada en Fontibón y la estación CAMI II y la estación móvil ubicada en chapinero; éstas están equipadas con sensores de todos los contaminantes a excepción de la estación móvil la cual no mide la concentración de ozono; por esta razón en el informe presenta una representativa temporal menor al 75%; adicionalmente, la estación Min-Ambiente retomó su función en el mes de marzo después del mantenimiento en el edificio en el que se ubica esta estación.

### ***Porcentaje de captura de datos***

Teniendo en cuenta los lineamientos de la red de monitoreo de la calidad de aire de Bogotá; los datos captaron corresponde al 75% de la normativa vigente para este año; los parámetros de concentración de contaminantes mostraron un porcentaje superior al 83%; el parámetro que genero un menor porcentaje de captura de datos fue el ozono, esto se atribuye a que se instaló un nuevo equipo en la estación de alto rendimiento, el cual se encontraba fuera de servicio debido a un daño en la tarjeta principal del mismo.

En la tabla 5, observamos el porcentaje de datos capturados los cuales fueron capturados por instrumentos de medición que arrojan los datos de forma agrupada por cada estación de monitoreo, se observa que el promedio de captura de la mayoría de las estaciones es superior al 89%, a excepción de la estación Bolívar y Min-ambiente; cabe aclarar que la estación de min ambiente fue instalada nuevamente en marzo del 2018 después de finalizar las obras donde se ubica la estación.

**Tabla 5**

*Porcentaje de datos capturados por estación para el año 2018*

<b>Estación</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>Ozono</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
Bolívar	0	0	0	0	0	0
Carvajal	94%	94%	86%	87%	89%	89%
CDAR	97%	98%	90%	93%	99%	97%
Guaymaral	95%	97%	83%	86%	0	0
Kennedy	100%	99%	91%	91%	100%	90%
Las ferias	95%	89%	87%	41%	93%	0
Min_ambiente	82%	78%	81%	0	0	0
Puente Aranda	100%	94%	85%	99%	91%	100%
San Cristóbal	100%	97%	87%	0	0	0
Suba	99%	98%	99%	0	0	98%
Tunal	99%	98%	99%	0	0	98%
Usaquén	98%	100%	99%	0	100%	0

*Nota. Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro para el año 2018. Fuente.*

*Autoría propia*

### **Comportamiento anual de PM<sub>10</sub> por estación**

Se observa promedios anuales de PM<sub>10</sub> con una captura de datos mayor al 75%; logramos observar que la única estación que sobre paso los límites permisibles de la norma fue la estación Carvajal-Sevillana con una concentración de  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo el mayor promedio de los registros durante el año 2018, sin embargo la estación San Cristóbal registró el promedio más bajo con una concentración de  $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Se debe tener en cuenta que el valor máximo permisible de material particulado PM<sub>10</sub> fue modificado por la resolución 2254 de 2017 mediados del mes de julio del 2018, por lo cual se indica de manera independiente las incidencias presentadas en el primero y segundo corte del año 2018; en el primer semestre se registraron solamente 7 anomalía las cuales se registran en la estación Carvajal- sevillana, mientras que en el segundo cortes se registraron un

total de 61 anomalías, siendo la misma estación la que registro el número más alto de valores sobre la normal.

### ***Comportamiento anual de PM 2.5 por estación***

Con relación a los promedios anuales de PM<sub>2.5</sub>; solamente en la estación Carvajal-Sevillana registró un promedio anual sobre niveles permitido, con un valor de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; las concentraciones se encuentran por debajo de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el registro anual más bajo es el de la estación San-Cristóbal con un valor de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

El valor del nivel máximo permisible para la concentraciones material particulado PM<sub>2.5</sub> en la resolución 2254 de 2017 para el año 2018 presentó una modificación para el mes de julio de 2018, por tal motivo se registró de forma independiente las anomalías para el primer reporte se concluyó para las estaciones Kennedy y Tunal sin ninguna anomalía sin embargo para segundo semestre se registraron 49 incidencias, de las cuales 27 corresponde a la estación Carvajal-Sevillana.

Con respecto a las restricción a la norma, se observa concentraciones diarias en varios puntos de la ciudad siendo altas, en especial en los meses de febrero y marzo y en septiembre y octubre; además indica que la zona suroccidental de la ciudad aún persisten altas concentraciones de material particulado, por lo cual sigue siendo una zona con más posibilidades de afectaciones por este contaminante.

### ***Comportamiento anual de dióxido de nitrógeno por estación***

El porcentaje de concentración de dióxido de nitrógeno para el presente año podemos observar que todas concentraciones anuales registradas se encuentran por debajo del nivel establecido por la norma; a excepción de la estación Carvajal-Sevillana la cual registra el valor más alto con una concentración de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que la más baja fue la estación Guaymaral con  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , solamente se registraron tres anomalías con respecto a la norma

diaria, las cuales se registran en las estaciones de centro de alto rendimiento, las ferias y puente Aranda. (Ministerio de desarrollo sostenible, 2017)

### ***Comportamiento anual de ozono por estación***

Las concentraciones anuales de ozono fueron calculadas sobre los valores máximos válidos y número de anomalías a la norma; se observa que en la estación de Usaquén registro el valor más alto con un nivel de concentración de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido de la estación San Cristóbal con  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo cabe resaltar que la estación Carvajal-Sevillana registra el valor más bajos, a comparación con los niveles de material particulado PM10 para lo cual registra altos valores de concentración de material particulado; en esta zona se representa bajos niveles de ozono con posible incremento en la presencia de dióxido de nitrógeno, asociados a emisiones de fuentes móviles en la zona y transporte de contaminantes.

### ***Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación***

La concentración más alta de dióxido de azufre se registra en la estación de Kennedy, con una concentración de  $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la más baja corresponde a  $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación de centro de alto rendimiento en la cual se registró 15 anomalías a la norma horaria de este contaminante de las cuales 14 corresponde a la estación Carvajal-Sevillana en la cual se registran los niveles más altos de dióxido de azufre en la ciudad de Bogotá.

Sin embargo en los primeros meses del año 2018 la estación tuvo mediciones intermitente, debido a ajustes de calibración y cambios en los filtros de las partículas; se representan datos registrados en el 2018 para la base de tiempo mensual; se observa que en la mayoría de la estaciones las concentraciones se incrementan en los dos últimos meses del año, con una excepción en la estación Carvajal-Sevillana, la cual presento picos altos en los meses de mayo y agosto.

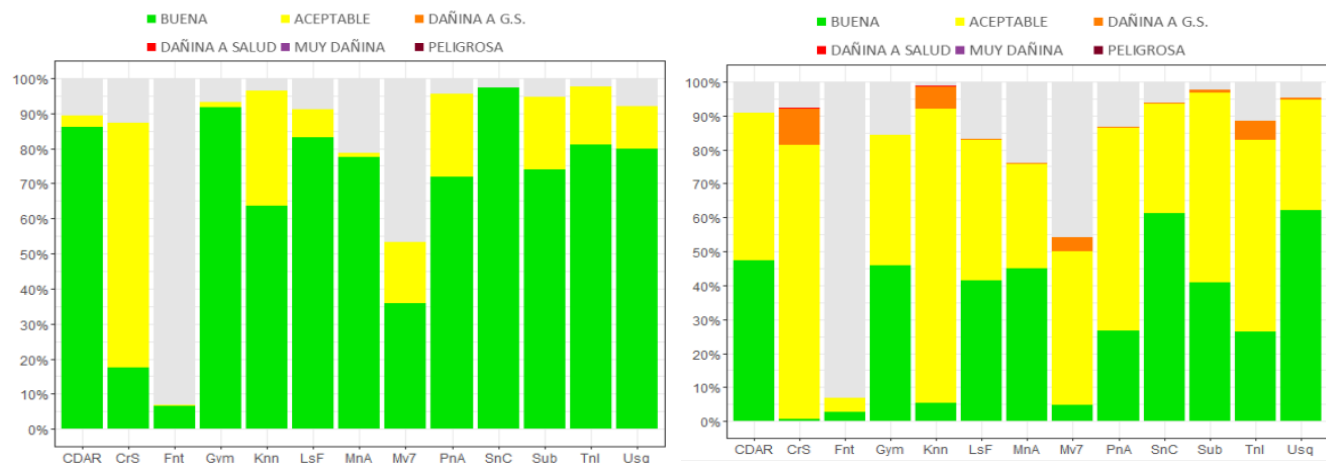
### ***Índices de la calidad del aire***

Con base en los datos registrados de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se observa condiciones desfavorables generadas por la concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>, presentes en las siguientes estaciones como lo son Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal, siendo la primera estación la que registró un 14% que ubican en el informe de calidad de aire como “dañina a grupos sensibles” y 86% en condición “aceptable”, mientras que la estación san Cristóbal presentó el estado más favorable de calidad del aire durante el año, con un 64% en una condición “buena” y un 36% en condición “aceptable”.

Con respecto a la concentración de material particulado PM<sub>10</sub>, la estación Carvajal-Sevillana registró por mayor tiempo la condición “aceptable” con un 80% del año, y la condición buena un 20% del tiempo, mientras que la estación San-Cristóbal registró una calidad del aire “buena” durante el 99% del año a continuación en la figura 8 logramos observar la catalogación por estación con respeto a los parámetros establecidos por el ICA para el año 2018 la cual nos indica las emisiones de contaminantes lo cual nos permite identificar los sectores con mayor riesgo de sufrir enfermedades respiratorias.

**Figura 8**

Condición de calidad del aire por cada mes del año 2018 para los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> según corte ICA

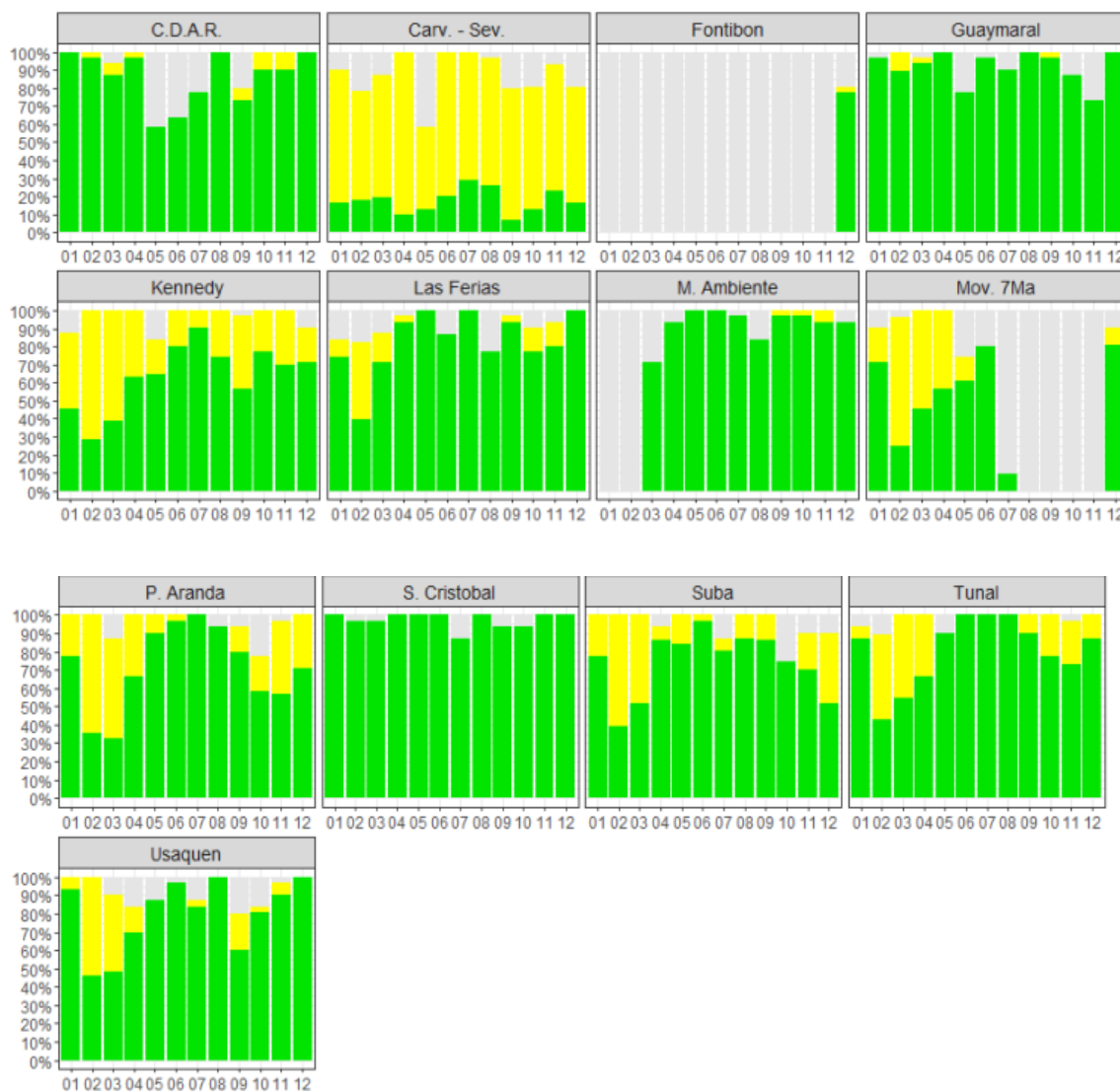


Fuente. Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV, 2019

Se observa que para los dos contaminantes el mes de febrero es el que presenta las condiciones más desfavorables de calidad del aire, para el material particulado PM<sub>10</sub> la condición aceptable permaneció un 47% del tiempo, y en la concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub> un 94% del tiempo. La condición “dañina para grupos sensibles” se registró por mayor tiempo en el mes de marzo, durante un 10% del tiempo. El mes con la mejor calidad del aire fue julio para PM<sub>10</sub> y junio para PM<sub>2.5</sub>, registrando la condición “buena” durante 91% y 73% del tiempo, respectivamente. (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018)

**Figura 9**

ICA por mes del año y por estación para PM10 y PM2.5 año 2018



Fuente. Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV, 2019

## Calidad de aire para el año 2019

### Normativa vigente

La normativa de calidad de aire se establece con la resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, la cual entro en vigencias desde el 1 de enero 2018 junto a la resolución 601 de 2006 y la resolución 610 de 2010 por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la cual se encargada de monitorear el comportamiento del material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono; a continuación se genera una descripción de la concentración de estos contaminantes para el año 2019.

**Tabla 6**

*Niveles máximos permisibles para contaminantes resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*

	<b>PM 10</b>	<b>PM 2.5</b>	<b>Dióxido de azufre</b>	<b>Dióxido de nitrógeno</b>	<b>Ozono</b>	<b>Monóxido de carbono</b>
Nivel máximo anual	50 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	60 µg/m <sup>3</sup>		500 µg/m <sup>3</sup>
Nivel máximo por hora	100 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	35 µg/m <sup>3</sup>
Cumplimiento o con la norma	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

*Nota. A partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 µg/m<sup>3</sup> microgramos por metro cubico y 37 µg/m<sup>3</sup> microgramos por metro cubico respectivamente. Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020*

### **Comportamiento de material particulado $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$**

Las concentraciones durante el año 2019, arrojaron datos similares con relación a años anteriores, las concentraciones más altas se siguen presentando al sur-occidente de la ciudad y las más bajas en la zona noroccidental; para el material particulado  $PM_{10}$  hay una tendencia a la disminución de las concentraciones en el tiempo, a diferencia de material particulado  $PM_{2.5}$  las concentraciones tienden a aumentar en algunas Zonas de la ciudad.

Se observa que en la estación Carvajal- Sevillana se registró varias incidencias a la norma anual estipulada por la resolución 601 de 2006 y la resolución 610 de 2010, la cual registro un promedio anual de  $56 \mu g/m^3$ , para las concentraciones de material particulado  $PM_{10}$  se presenta un promedio de  $36 \mu g/m^3$  y para las concentraciones de material particulado  $PM_{2.5}$ , de igual manera se generan mediciones en la estación de Fontibón en la cual evidenció altos niveles de concentración de este contaminante tanto de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

### **Comportamiento de ozono**

La estación de Usaquén registro el promedio anual más alto de la ciudad con una concentración de  $33 \mu g/m^3$  registrados en la zona nororiental, mientras que en la estación de Puente Aranda se registró niveles bajos con promedios anuales de  $16 \mu g/m^3$ , en la zona centro-occidental.

Sin embargo, la estación Min-Ambiente registró mayor número de incidencias, con 118 datos en el año 2019, el comportamiento de este contaminante ha variado con los años; cabe resaltar que históricamente el norte de Bogotá ha registrado concentraciones más altas, presentado en el último trimestre del año la zona aledaña a la estación de Kennedy aumento en las concentraciones, la cual causa problemas en la salud de los habitantes de la zona que ya la concentración elevada de este contaminante causa irritación y problemas respiratorios no solo estás afecciones a la salud si no también deterioro en la flora y fauna de la ciudad. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

### ***Comportamiento del dióxido de nitrógeno***

Para la medición de dióxido de nitrógeno se empleó los datos recolectados en 8 estaciones las cuales son Kennedy la cual registra datos menores a 75%; también logramos observar que las concentraciones más altas de dióxido de nitrógeno se registraron en el sur occidente de la ciudad, en la estación Carvajal-Sevillana, con una concentración de  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la menor concentración la obtuvo la estación de Usaqué con  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en el año 2019 no se registraron incidencias a la norma estipulada por resolución 601 de 2006 y la resolución 610 de 2010 sin embargo se registraron 18 incidencias a la norma horaria de las cuales 14 ocurrieron en la estación Carvajal-Sevillana; a rasgos generales observamos que desde el año 2015 se presentan leves reducciones de concentraciones con el paso de los años en la mayoría de estaciones ya que muchos ciudadanos han tomado conciencia de la importancia de la reducción de gases contaminantes.

### ***Comportamiento de monóxido de carbono***

Para el monóxido de carbono se tomaron muestras de nueve estaciones y en todas se registraron concentraciones mayores al 75%. La estación Carvajal- Sevillana se registraron concentración promedio de  $1337 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; seguida de la estación de Fontibón la cual registró la concentración anual más baja con un  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; las concentraciones de monóxido de carbono en el año 2019 aumentaron en algunas estaciones con respecto a las concentraciones registradas en años anteriores, aunque en la estaciones de suroccidente hubo una ligera disminución respecto al año 2019.

### ***Característica de la red***

Para el presente año se generó nuevas instalaciones de equipos los cuales permiten realizar la medición de concentraciones de black carbono este dispositivo se instaló en nueve estaciones de la red de monitoreo de Bogotá, cabe resaltar que es un gran logro debido a que es la primera red de monitores de este contaminante en américa latina, la cual evalúa el

comportamiento del black carbón esto se efectúa con el fin de definir una línea base en la ciudad y determina los posibles impactos por las variaciones en las concentraciones de dicho contaminantes.

### ***Porcentaje de la captura de datos***

La recolección de datos en la red de monitoreo fue mayor o igual al 75%; cabe resaltar que para los parámetros de concentración se registraron valores superiores al 86%, la concentración que reportó un menor porcentaje de captura de datos fue de dióxido de azufre, debido a la instalación de equipos en la estación Carvajal-Sevillana a mediados del mes de mayo.

Se observa que el promedio de captura de la mayoría de las estaciones registran valores superiores al 89%, con una excepción en la estación Bolívar y la estación móvil la cuales no estuvo en funcionamiento por un periodo de tres meses debido a un daño de gran magnitud en la red eléctrica.

**Tabla 7**

Porcentaje de datos capturados por estación y promedio para el año 2019

	<b>Materia particulado PM 10</b>	<b>Materia particulado PM 2,5</b>	<b>Ozono</b>	<b>Dióxido de nitrógeno</b>	<b>Monóxido de carbono</b>	<b>Dióxido de azufre</b>
Bolívar	0	0	0	0	0	0
Carvajal	96%	98%	90%	94%	96%	82%
CDAR	100%	100%	99%	99%	99%	98%
Guaymaral	99%	100%	96%	90%	0	0
Kennedy	99%	100%	95%	81%	99%	99%
Las ferias	99%	100%	96%	99%	98%	0
Min.	99%	98%	95%	0	0	0
Ambiente						
Puente	99%	77%	99%	98%	94%	99%
Aranda						
San	99%	73%	95%	0	0	0
Cristóbal						
Suba	100%	98%	98%	0	0	97%
Tunal	99%	100%	82%	85%	85%	86%
Usaquén	99%	100%	99%	0	94%	0
Fontibón	100%	99%	87%	88%	98%	0
Móvil 7 MA	75%	75%	0	75%	41%	0

*Fuente. Autoría propia.*

### **Comportamiento anual de PM<sub>10</sub> por estación**

Los promedios anuales de concentración de material particulado PM<sub>10</sub> registrados durante el año 2019, logramos observar que la estación Carvajal-Sevillana excedió el valor a la norma anual con 56,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  microgramos por metro cubico, siendo además la concentración más alta registrada en la ciudad de Bogotá, las concentraciones más bajas con 24,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Secretaría distrital de ambiente, 2022)

Con respecto a la resolución 601 de 2006 y la resolución 610 de 2010 con respecto a las 24 horas diarias, la estación Carvajal-Sevillana registro 39 incidencias sobre la norma, seguidamente la estación móvil 7AM con 22 incidencias y por último la estación de puente Aranda con 14 incidencias; logramos observar que la estación móvil 7AM fue la única que

registró un porcentaje de concentración menor de 75%, debido a varios factores, como lo son fallas eléctricas por un periodo de dos meses.

**Tabla 8**

Porcentaje de concentración de material particulado PM<sub>10</sub> por estación para el año 2019

Estación	Promedio anual de PM <sub>10</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Porcentaje de datos validos	Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de incidencias 24 h
Carvajal	56,0	86%	125,4	39
CDAR	27,0	98%	87,5	1
Fontibón	37,1	100%	92,8	5
Guaymaral	24,7	98%	70,3	0
Kennedy	43,7	98%	97,7	12
L.Ferías	28,3	97%	95,1	2
Min-ambiente	29,5	97%	76,6	1
Móvil	51,6	70%	114,8	22
P. Aranda	40,0	99%	100,6	14
San Cristóbal	25,0	98%	67,1	0
Suba	45,8	99%	95,3	5
Tunal	33,6	98%	85,0	3
Usaquén	24,7	89%	85,7	1
	Norma Anual: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Norma Diaria: $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020

### **Comportamiento anual de PM 2.5 por estación**

En relación con los promedios anuales de material particulado PM 2.5 registrados en el año 2019, se observa mayor concentración en la estaciones del suroccidente de la ciudad la estación, Carvajal-Sevillana y Kennedy; la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de incidencias diarias, con lo cual el 40% de año superó el  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; a gran diferencia del promedio de la estación de Usaquén la cual registra un valor de  $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo la más baja.

**Tabla 9**

Porcentaje de concentración de material particulado PM2.5 por estación para el año 2019

<b>Estación</b>	<b>Promedio anual de PM 2.5 <math>\mu g/m^3</math></b>	<b>Porcentaje de datos validos</b>	<b>Concentración máxima en <math>\mu g/m^3</math></b>	<b>Número de incidencias 24 h</b>
Carvajal	36,0	96%	78,5	149
CDAR	15,3	100%	59,0	6
Fontibón	18,4	98%	46,3	7
Guaymaral	13,6	98%	53,4	3
Kennedy	25,1	98%	66,9	44
L.Ferías	15,1	94%	59,0	5
Min-ambiente	13,7	98%	52,7	4
Móvil	28,3	72%	73,1	64
P. Aranda	18,1	73%	50,5	4
San Cristóbal	11,9	68%	50,0	2
Suba	16,2	98%	56,5	5
Tunal	16,0	97%	50,8	11
Usaquén	14,1	99%	50,6	6
<b>Norma</b>	<b>Norma</b>			
Anual:25 $\mu g/m^3$	Diaria:37 $\mu g/m^3$			

Fuente. Secretaria Distrital de Ambiente, 2020

### **Comportamiento anual de ozono por estación**

Para este contaminante se determinaron según los datos generados durante las 8 horas diarias, solamente el sensor de ozono de la estación Tunal tuvo un porcentaje de datos validos menor al 75%, debido a que no se registraron datos desde el mes de septiembre, esto se debe a una falla en el aire acondicionado; la estación de Usaquén, ubicada en el norte de la ciudad, registró un promedio más alto con 33  $\mu g/m^3$ , mientras que la concentración más baja se obtuvo en la estación puente Aranda, al sur occidente de Bogotá con 16  $\mu g/m^3$ ; la estación Min-Ambiente registro el mayor número a la norma de 8 horas diarias con 58 datos.

**Tabla 10***Estadísticas de las concentraciones anuales de ozono*

<b>Estación</b>	<b>Promedio anual de O 3 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Porcentaje de datos validos</b>	<b>Concentración máxima en <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Número de incidencias 24 h</b>
Carvajal	17	86%	69	0
CDAR	27	99%	95	0
Fontibón	24	94%	103	2
Guaymaral	25	96%	105	7
Kennedy	29	94%	111	10
L.Ferías	25	96%	102	3
Min-ambiente	26	90%	180	58
Móvil	16	99%	73	0
P. Aranda	24	88%	72	0
San Cristóbal	25	96%	103	2
Suba	21	74%	74	0
Tunal	33	97%	96	0
<b>Norma</b>				
<b>Diaria:100 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>				

*Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020***Comportamiento anual de dióxido nitrógeno por estación**

Las concentraciones de dióxido de nitrógeno máximas e incidencias para el para el año 2019, respecto a la norma horaria; solamente se registra en la estación de Fontibón, debido a que esta cuenta con un sensor de dióxido de nitrógeno; lo cual reportó una concentración menor a 75%, presentando una variabilidad en los mes de abril y junio, debido a que los equipos estuvieron en mantenimiento, generando un cambio de la bomba de muestra, lo cual impidió la recolección de algunos datos hasta que se estabilizaron la mediciones.

La estación Carvajal-Sevillana registro concentraciones altas de dióxido de nitrógeno con 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la zona suroccidental, mientras que en la estación tunal generó una

disminución en las concentraciones de este contaminante la cual registró una concentración de  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ; en cuanto a la normativa no se presentaron anomalías a la norma horaria.

**Tabla 11**

*Concentraciones de dióxido de nitrógeno*

Estación	Promedio anual de NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Porcentaje de datos validos	Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de incidencias 24 h
Carvajal	43	88%	146	0
CDAR	27	98%	117	0
Fontibón	39	88%	121	0
Guaymaral	28	95%	151	0
Kennedy	38	72%	151	0
L.Ferías	32	99%	130	0
P.aranda	35	97%	164	0
Tunal	26	83%	157	0
	Norma Anual: $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Norma Horaria: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$		

Nota. Porcentaje de concentración de dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> por estaciones registradas para el año 2019 Fuente. Secretaria Distrital de Ambiente, 2020

***Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación***

Las concentraciones generadas en el año 2019 válidas y anomalías se registraron en la estación móvil 7AM; cabe resaltar que fue la única estación que registró un porcentaje menor al 75% puesto que el sensor de dióxido de nitrógeno presentó una falla generando una suspensión en su funcionamiento a mediados del mes de junio.

Se observa que en la estación Carvajal-Sevillana presentó el promedio anual más alto para el 2019, con una concentración de  $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la zona sur occidental, mientras que en la zona norte con la estación Usaquén, presentó una reducción en la concentración con un  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

No se registraron anomalías a la norma de 24 horas, sin embargo sí se registraron en total 18 incidencias a la norma horaria, de las cuales 14 se obtuvieron en la estación Carvajal-Sevillana.

**Tabla 11**

*Concentraciones de dióxido de azufre*

Estación	Promedio anual de SO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Porcentaje de datos validos	Concentración máxima en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de incidencias 24 h
Carvajal	15,6	79%	46,2	14
CDAR	2,7	89%	7,8	0
Fontibón	8,4	85%	31,3	3
Kennedy	4,9	100%	17,2	0
Móvil	4,3	41%	8,0	0
P.Aranda	3,6	99%	13,2	0
Suba	5,6	98%	22,5	1
Tunal	3,8	84%	10,9	0
Usaquén	2,2	91%	7,2	0

Norma Diarias:  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$       Norma Horaria:  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

*Nota. Porcentaje de concentración de dióxido de azufre SO<sub>2</sub> por estación registrada para el año 2019. Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020*

**Comportamiento anual de monóxido de carbono por estación**

Las concentración de monóxido de carbono; la estaciones las ferias y Usaquén, en la zona norte de la ciudad, la estación móvil 7 AM en el centro oriente y la estación puente Aranda, en el centro oriente, presentaron aumentos de las concentraciones de monóxido de carbono, en los meses de abril y septiembre, se observa que estos cambios se deben a las temporadas secas, lo cual evidencia la influencia de las emisiones causadas por incendios forestales en estas fechas para varias zonas de la ciudad; con referencia a las estaciones del sur de Bogotá como lo son Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal, no muestran un comportamiento claro durante el año con periodos de concentración estable y aumentos en los

últimos meses, esto se debe posiblemente por aportes permanentes de emisiones por combustión incompleta en la zona y por fuentes ubicadas en regiones aledañas.

### ***Comportamiento anual de black carbono por estación***

Este contaminante está conformado por partículas finas, las cuáles se generan por la combustión incompleta de combustibles, como diésel, así como emisiones industriales y domésticas, quema de biomasa las cuales producen gases contaminantes, deteriorando la calidad del aire; para el año 2019 cinco de la nueve estaciones instaladas reportaron datos de black carbono mayor al 75% esto se debe a que las tres estaciones iniciaron operación durante el segundo semestre del año ; adicional la estación de San Cristóbal suspendió su monitoreo desde diciembre del 2018 debido a que el cabezal de 10 P.M. el cual se encarga de recolectar la muestra, fue hurtado de esta estación esto afectó la recolección de datos para este contaminante. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020)

Las concentraciones más altas de black carbono se registran en las estaciones de Fontibón y Tunal con una conversación de  $72 \mu g/m^3$ , mientras que las concentraciones máximas de black carbón se presentaron en la estación Tunal con  $92 \mu g/m^3$ , esto se debe a que en la localidad de Fontibón la gran parte de su economía deriva de las industrias las cuales se encargan de la fabricación de muebles y textiles, éstas emisiones causan un grave deterioro a la atmósfera; afecciones cardiorrespiratorias afectando la salud de los habitantes de estas localidades lo cual provoca un deterioro al ecosistema y a la estructura la de ciudad.

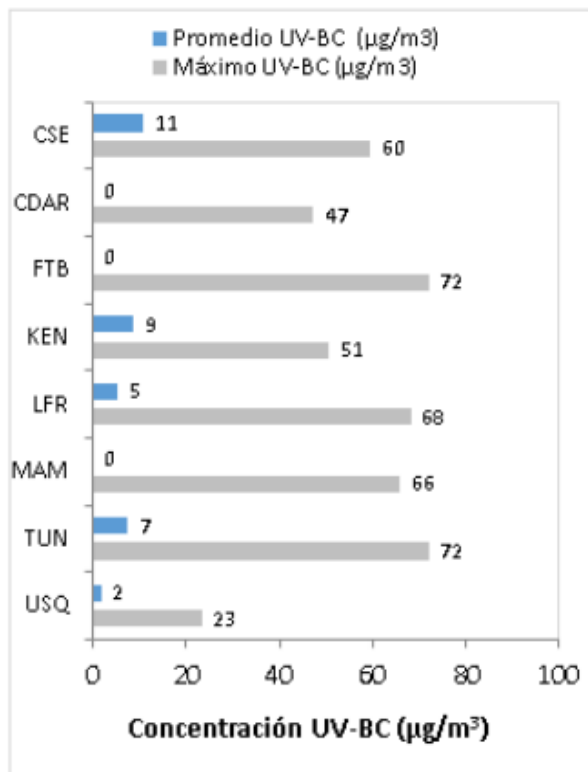
**Tabla 12***Concentraciones de black carbón*

Estación	Promedio anual	Concentración. max	Capturados de datos
Carvajal-sevillana	11	81	82%
CDAR	7	79	35%
Fontibón	8	75	35%
Kennedy	9	68	90%
Las ferias	5	70	96%
Min ambiente	7	85	36%
Tunal	8	92	89%
Usaquén	2	21	83%

*Nota. Concentración anual de black carbón para el 2019 en microgramos por metro cubico; las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%. Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020*

**Figura 10**

*Concentraciones de black UV/BC*



*Nota. Concentración anual de black UV BC /BC carbón para el 2019 Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020*

### Índice de calidad de aire ICA

La metodología de cálculo para el índice de calidad de aire- ICA se basa en la resolución 224 de 2017, en el artículo 19 el cual define los puntos de corte del ICA.

**Tabla 13**

*Puntos de corte ICA*

ICA	Colores	Clasificación	$O_3$ 8h pp	$O_3$ 8h ppm	PM 10 24 /m <sup>3</sup>	PM 2.5 24 /m <sup>3</sup>	CO 8 h ppm	SO <sub>2</sub> 24hpp ppm	
0-50	Verde	Buena	0.00 0,59	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	(2)	
51-100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,144	(2)
101-150	Naranja	Dañina para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 254	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	(2)
151-200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	(2)
201-300	Purpura	Muy dañina a la salud	0,116 0,375 0,155	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301-400	Marrón	Peligrosa	(3)	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401-500	Marrón	Peligrosa	(03)	0,55 0,604	505 04	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

*Fuente. Secretaria Distrital de Ambiente, 2020*

La tabla 13 nos muestra las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, en la cual logramos observar la clasificación de la calidad de aire respecto a la resolución 224 de 2017; en las franjas de color marrón representa los datos de las estaciones faltantes; en esta se logra observar para la concentración de PM<sub>10</sub> se presenta en una condición buena y aceptable en la mayoría de las estaciones; como lo son Carvajal- Sevillana genero un estado desfavorable, con un 43% del año en la condición aceptable, mientras que en la estación guaymaral presento a la mejor condición durante el año, con un 97% en condición buena, para el caso del material particulado

PM<sub>2.5</sub> los límites de cada condición son más receptivos, dados su efectos adversos para la salud en lo cual se observa un condición dañina a la salud durante el 5% del año la estación Carvajal-Sevillana, y en todas las estaciones las cuales registraron entre 1% a 33% de la condición dañina para la salud para grupos sensibles, en especial en las estaciones Carvajal-Sevillana , Kennedy y móvil 7 AM según la resolución 224 de 2017. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

### Figura 11

*Participación por categoría en emisión por contaminante*

Categoría	Emisiones tonelada/ año				
	PM	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	COVID
<b>10</b>					
<b>Total</b>	482,9014	1726,1297	611,7164	563,1249	87,5137

*Nota. Emisión de contaminantes para el año 2019. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2018*

Se observa que las emisiones de material particulado son principalmente generados por el sector cárnico y vítreos sector ladrillero, el cual tiene un 51% es el mayor consumidor de carbono en sus procesos, seguido de las calderas con capacidad mayor a 100 BHP que operan con carbón, con una participación del 23%; para los dióxidos de nitrógeno los mayores aportes son los hornos y caldera que operan con gas licuado derivado del petróleo, este genera un participación de 31,6% y calderas a gas natural de gran capacidad con un aporte de 29,5%; para el dióxido de azufre se encuentra que su generación está asociada a las emisiones de hornos crematorios y fundición que opera con gas natural con un aporte del 55,1%, en seguida los hornos ladrilleros que operan con carbón con un porcentaje de 36,3%; con referencia a las emisiones de monóxido de carbono, los principales generadores son los hornos ladrilleros los cuales operan con carbón y generan un porcentaje de 21,5%, las caldera de gas natural con un 18,1%.

## Calidad de aire para el año 2020

### **Normativa vigente**

La tabla 14 muestra los niveles máximos permisibles para el años 2020 establecida mediante la resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, el cual tiene vigencia desde el 1 de enero de 2018 y se deroga por la resolución 601 de 2006 y resolución 610 de 2010, a continuación se genera una breve descripción de los niveles máximos generados para los contaminantes que afectan la calidad de aire en Bogotá para el año 2020.

**Tabla 14**

*Niveles máximos permisibles para el año 2020*

<b>Contaminante</b>	<b>Nivel máx. Anual</b>	<b>Nivel máx. 24 horas</b>	<b>Cumplimiento con la norma</b>
Material particulado $PM_{10}$	$50 \mu g/m^3$	$100 \mu g/m^3$	No cumplen
Material particulado $PM_{2.5}$	$25 \mu g/m^3$	$50 \mu g/m^3$	No cumplen
Dióxido de azufre	$50 \mu g/m^3$	$100 \mu g/m^3$	Cumple
Dióxido de nitrógeno	$60 \mu g/m^3$	$200 \mu g/m^3$	Cumple
Ozono		$100 \mu g/m^3$	Cumple
Oxido de carbono		$500 \mu g/m^3$	Cumple

*Nota. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### **Comportamiento del $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$**

Las concentraciones promedio en el año 2020 mantuvieron en relación con años anteriores, sin embargo las concentraciones más altas se registraron al sur occidente de la ciudad y las más bajas en las zona suroriental, en esto tenemos la estación Carvajal-Sevillana la cual registró promedio anuales más altos de material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  con  $63,6 \mu g/m^3$  y  $29,2 \mu g/m^3$ ; sobrepasando los niveles máximo permisible de explosión anual según la resolución 2254 del 2010; cabe resaltar que se registraron 173 anomalías para las concentraciones de material particulado  $PM_{10}$  y 264 incidencias 264 para el material particulado

PM2.5 con respecto a los años anteriores, las concentraciones de material particulado del año 2020 fueron más bajas a excepción del material particulado PM<sub>10</sub> de la estación Carvajal-Sevillana el cual genero un aumento de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con respecto al año 2019. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

Logramos observar que se presentó una reducción de las concentraciones esto estuvo influenciada por restricciones a las actividad de fuentes de emisión entre abril y junio ya que en este mes históricamente se registraron la concentraciones más bajas del año debido al aislamiento generado por la pandemia de COVID 19; así mismo la reactivación gradual la cual indicó un incremento de las concentraciones del último trimestre del año.

### ***Comportamiento de ozono***

En el año 2020 las concentraciones más altas de ozono se registraron en el occidente y noroccidente de Bogotá, las más bajas concentración se registraron en las estaciones Carvajal-Sevillana y puente Aranda.

Logramos apreciar que las concentraciones más altas registradas se encuentran promedio en la estación Kennedy con  $36,410 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ; evidenciamos una disminución en la estación de puente aranda en total se registraron 355 incidencias a la norma horaria principalmente es la estación del centro de alto rendimiento; sin embargo relación a años anteriores; los promedios anuales de 2020 son más altos a comparación con el año 2016 con excepción a la estación de Usaquén, debido a los cambios de comportamiento de las fuentes de emisión en comparación con años anteriores. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

### ***Comportamiento del dióxido de nitrógeno***

La concentraciones más altas de dióxido de nitrógeno se registraron en la estación Carvajal-Sevillana y Kennedy, con  $46,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $33,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; dichos niveles estuvieron por debajo del nivel máximo permisible para un tiempo de explosión anual según la resolución 2254 del 2010, y tampoco se registraron excedencias de los datos permisibles diarias de concentraciones anuales, y tampoco se registraron incidencias en los datos horarios.

Durante el año 2020 se observó que las concentraciones más altas se registraron el último trimestre, con un aumento creciente desde el mes de junio, tras la reactivación de varios sectores económicos de la ciudad.

### ***Comportamiento del dióxido de azufre***

La estación Carvajal-Sevillana registró la concentración más alta con  $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a comparación a la estación Usaquéen la cual registró una disminución de dióxido de azufre con  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , adicional a ello se registró 19 incidencias a la resolución 2254 del 2010 al nivel máximo permisible por hora, se observa que las concentraciones mensuales fueron más altas en los meses de octubre y noviembre en las estaciones del sur de la ciudad, mientras que en la zona occidental de las concentraciones más altas se evidenciaron en enero y febrero, con lo cual se observa una posible influencia del incremento de las fuentes de emisión en el segundo semestre del año tras las restricciones por el COVID 19, las concentraciones de dióxido de azufre son bajas; sin embargo la Carvajal-Sevillana ha registrado concentraciones superiores a comparación de otras estaciones.

### ***Comportamiento del monóxido de carbono***

Para el año 2020 las estaciones Carvajal-Sevillana y móvil 7AM registraron las concentraciones más altas de la ciudad, estos registro corresponde a un valor de 1187,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 1180,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; para dicha concentración solo se registró dos incidencias a la norma de 8 horas estúpidas por la resolución 2254 del 2010; en la estación puente Aranda, durante el año promedio más altos se registraron en el cuarto trimestre, principalmente en las estaciones del sur de la ciudad, suroccidente y la estación móvil 7AM con respecto a los promedio históricos, en este año se genera una reducción de las concentraciones en el tiempo y los promedios anuales del 2020 han sido los más bajos en los últimos cinco años.

### ***Características de la red de monitoreo***

Durante el año 2020 se realizó la instalación de cuatro estaciones adicionales para el monitoreo de la calidad de aire ubicados en Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme, las cuales iniciaron el monitoreo oficialmente en el mes de octubre, por lo cual los datos recolectados de estas, no se tuvieron en cuenta para el análisis ya que no cuenta con el 75% de representatividad temporal. (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021)

### ***Comportamiento anual de PM10 por estación***

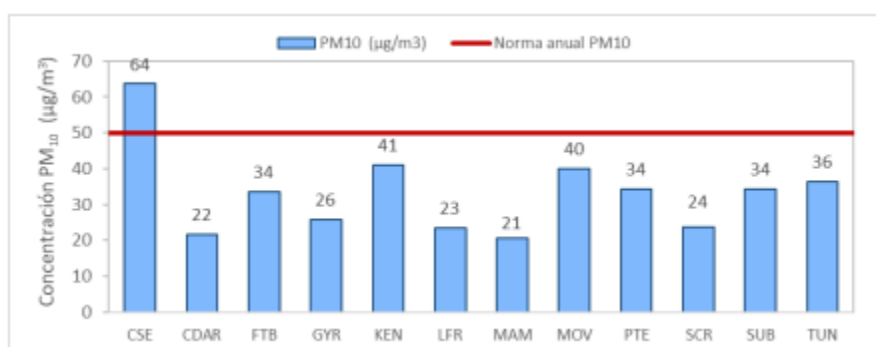
Se registraron concentración anuales del 75% por estación; sin embargo cabe resaltar que solamente la estación Carvajal-Sevillana excedió el valor de la norma anual con una concentración de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y un promedio de 64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo además la concentración más alta registrada en Bogotá; por otro lado las estaciones de centro de Alto rendimiento y Min-Ambiente, en la zona central de la ciudad, registraron concentraciones más bajas con 21,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 20,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente

Con respecto a las incidencias según la resolución para la norma horaria 24 horas, la estación Carvajal-Sevillana genera un mayor registro sobre la norma con 101 incidencias,

seguidos de la estación bolívar con 13 y móvil 7 AM con 12 ; las estaciones Bolívar, Bosa, ciudad Bolívar, Jazmín, Usme y Usaquén registraron menos del 75% de datos válidos; esto debido a que en las cinco primeras estaciones entraron en funcionamiento en el mes de octubre de 2020 y Usaquén debido a que se invalidaron gran parte de los datos por comportamiento inusual de los mismos.

### Figura 13.

#### Concentraciones de material particulado



*Nota. Concentraciones promedio anuales de PM10 año 2020 Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

#### Comportamiento anual de PM 2.5

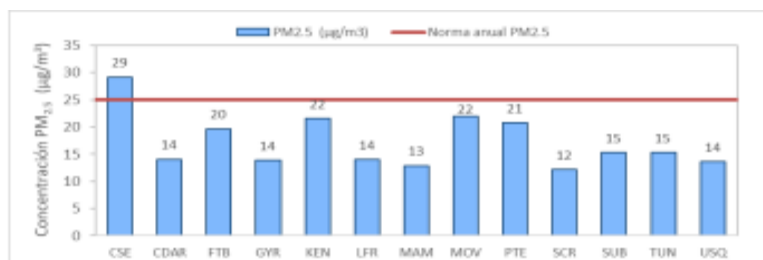
Para este año las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub>, corresponde a un 75%, la concentración más alta se registró en la estación Carvajal-Sevillana con 29,2 µg/m<sup>3</sup>, mientras que en las concentraciones anuales más baja se evidenció en san Cristóbal con 12,1 µg/m<sup>3</sup>.

Con respecto a las anomalías diarias a la norma su resultado fue de 37 µg/m<sup>3</sup> microgramos por metro cubico, la estación Carvajal-Sevillana registro mayor número de datos máximos con 80 datos, seguida de la estación móvil 7AM con 41 datos, la estación Bolívar, Bosa, Jazmín y Usme no registraron ninguna anomalía para este contaminante

Los monitores de la estación Bolívar, Bosa, ciudad Bolívar, Jazmín y Usme registraron menos del 75% de datos validos durante el año 2020 debido a la fecha de instalación de estas estaciones.

## Figura 14

*Concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub>*



*Nota. Concentraciones promedio anuales de PM<sub>2,5</sub> año 2020. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

## **Comportamiento anual de ozono por estación**

Se aprecia que las concentraciones promedio anual de ozono mayor al 75% se generaron en la estación Kennedy, con 36,410  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que las concentraciones más bajas se obtuvieron en la estación puente Aranda con 17,592  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

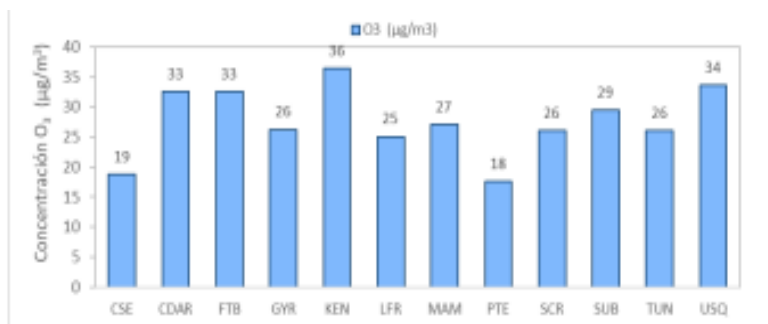
Observamos que la estación de alto rendimiento registra mayor número de incidencias a la norma según la resolución 2254 del 2010, con 133 datos para un tiempo de exposición de 8 horas, seguida de la estación Kennedy con 99 incidencias a la norma; las estaciones que iniciaron su funcionamiento en octubre registraron entre el 29% y el 24% de representatividad temporal en los datos.

Estas concentraciones de ozono causan deterioro al ambiente ya que reducen el crecimiento en los cultivos y en las hojas de los árboles ya que este contaminante reduce la capacidad de generar nutrientes para el desarrollo de los mismos no solo la vegetación se ve afectada sino también afecciones de los habitantes de la ciudad de Bogotá ya que debido a

estas emisiones se genera mayor irritabilidad para las personas que padecen asma y problemas respiratorios.(Secretaría Distrital de Ambiente, 2020)

### Figura 15

Concentraciones de ozono



*Nota. Concentraciones promedio anuales de ozono para el año 2020. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### **Comportamiento anual de dióxido de nitrógeno por estación**

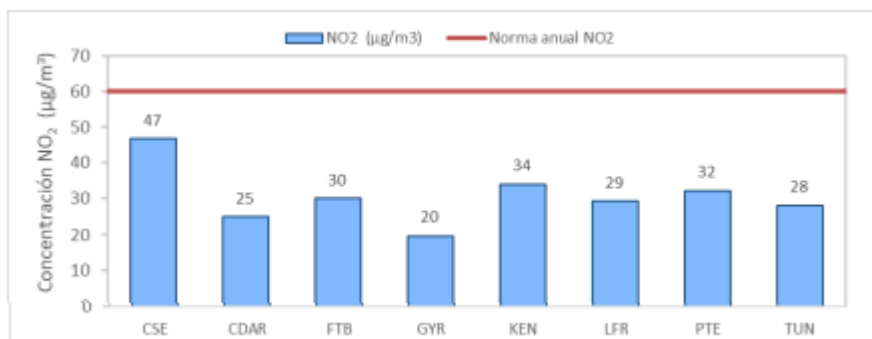
Para el dióxido de nitrógeno se presentó gran concentración en zona sur-occidental, siendo así las estaciones Carvajal-Sevillana con  $46,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  seguida de la estación de Kennedy con  $33,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que las concentraciones más bajas se registraron en Guaymaral y Suba con  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $22,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a lo cual se difiere que la estación Carvajal-Sevillana presenta mayor concentración de dióxido de nitrógeno y no solo esto también presenta mayores incidencias al norma Colombia esto se debe a que se encuentra ubicada en la autopista sur donde hay gran concentración de industria y fuentes de emisión como estación de servicio de combustibles lo cual aporta al deterioro de la calidad del aire.

También observamos que se registraron incidencias a la norma horaria según la resolución 2254 del 2010 en las estaciones de Bolívar, Bosa, ciudad Bolívar, Jazmín, San

Cristóbal, Usaquén y Usme registraron menos del 75% de representatividad temporal debido a que se instalaron en el mes de octubre.

## Figura 16

*Concentraciones de dióxido de nitrógeno*



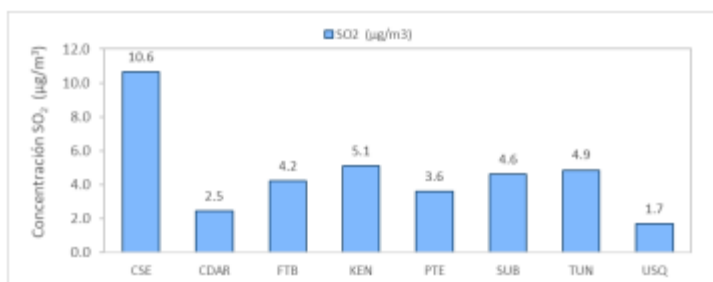
*Nota. Concentraciones promedio anuales de dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> año 2020. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### **Comportamiento anual de dióxido de azufre por estación**

Para las concentraciones anuales de dióxido de azufre se presentan un 75% de datos debido a algunas fallas en los equipos; la estación Carvajal-Sevillana registró una concentración de  $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el más alto con respecto a la norma Colombiana de igual manera en las estaciones Kennedy y Tunal; por otro lado, la estación Usaquén registro el promedio más bajos, con  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguida del centro de alto rendimiento con  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; durante este año se registraron 21 incidencias a la norma horaria, 12 en la estación Fontibón y 9 en Carvajal-Sevillana con respecto a la resolución 2254 del 2010; a lo cual podemos asociar el estado de salud de los habitantes de la zona sur-occidental ya que el exceso de este contaminante puede causar mareos o irritaciones respiratorias, esto contribuye a la ansiedad lo cual desmejora la calidad de vida de los habitantes.

**Figura 17**

Concentraciones de dióxido de azufre



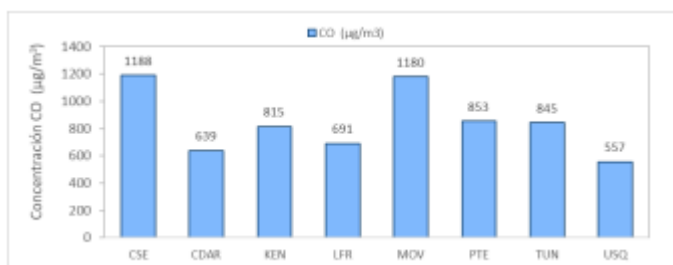
*Nota. Concentraciones promedio anuales de dióxido de azufre SO<sub>2</sub> año 2020. Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### **Comportamiento anual de monóxido de carbono por estación**

Para el monóxido de carbono se registraron más del 75% de datos válidos; la estación Carvajal-Sevillana, ubicada en la zona sur-occidental, registró el promedio más alto de monóxido de carbono con un 1187,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en seguida de 1180,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en móvil 7AM ubicada en el centro oriental de la ciudad, mientras que el valor más bajo se observó en la estación Usaqué, con 556,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; esto es una señal de alerta en cuanto a las concentraciones de monóxido de nitrógeno ya que en grandes concentración puede causar la muerte debido a que causa irritaciones o quemaduras en la garganta, por esto es importante trabajar en la reducción de concentración de monóxido de carbono brindando una mejor calidad de aire a los habitantes.

## Figura 18

### Concentraciones de monóxido de carbono



*Nota. Concentraciones promedio anuales de monóxido de carbono CO año 2020 Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### Comportamiento anual de black carbono por estación

Las estaciones Carvajal-Sevillana, Fontibón, Kennedy y Tunal reportan las mayores concentraciones de black carbono en toda la ciudad, con  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en las estaciones Usaquén, San Cristóbal y las Ferias se reportan las concentraciones más bajas, con valores de respectivamente, esto genera un parte positivo ya que se evidencia que estas bajas concentración está dentro del rango estipulado por la resolución 2254 del 2010, lo cual contribuye a una buena calidad de aire para la ciudad de Bogotá. (Secretaría distrital de ambiente, 2022)

Las concentraciones máximas más altas registradas se presentaron en la estación centro de alto rendimiento, con un valor de  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Carvajal-Sevillana se presentaron inconvenientes para realizar debido al cambio de la cinta de recolección de la muestra en el aetalómetro, causando la pérdida de datos.

La estación de San Cristóbal sufrió un robo, esto causó la pérdida del cabezal de muestreo del instrumento, el cual fue instalado nuevamente a mediados del mes de Julio, desde dicha fecha se registraron datos de forma continua. (Secretaría distrital de ambiente, 2022)

**Tabla 15***Concentraciones diarias de black*

Estación	Porcentaje de captura de datos	Mínimo	Máximo
Carvajal-sevillana	67%	1	14
CDAR	86%	1	16
Fontibón	77%	1	14
Kennedy	82%	2	15
Las ferias	86%	1	10
Min ambiente	83%	1	32
San Cristóbal	46%	1	7
Tunal	82%	1	17
Usaquén	43%	1	6

*Nota. Resumen estadístico de las concentraciones diarias de black BC Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

***Influencia de las restricciones en la pandemia del COVID 19***

Como medida preventiva respecto a la pandemia vivida a nivel mundial, el gobierno colombiano junto a la administración distrital estableció la medida de simulacro vital, regida por el decreto 090 del 19 de marzo del 2020, en la cual se restringe la libre circulación de vehículos y personas entre el 19 de marzo de 11:59 pm y el lunes marzo 11:59 pm.

Debido a estas restricciones, sólo algunas fuentes de emisión se encontraban en funcionamiento en la ciudad, aunque también pudo observarse que al tener menos actividad de fuente de emisión que en años anteriores, las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> se mantenían en condición regular algunos días después del 20 de marzo, debido al aporte de material particulado proveniente de los incendios forestales activos al norte y oriente de Colombia.

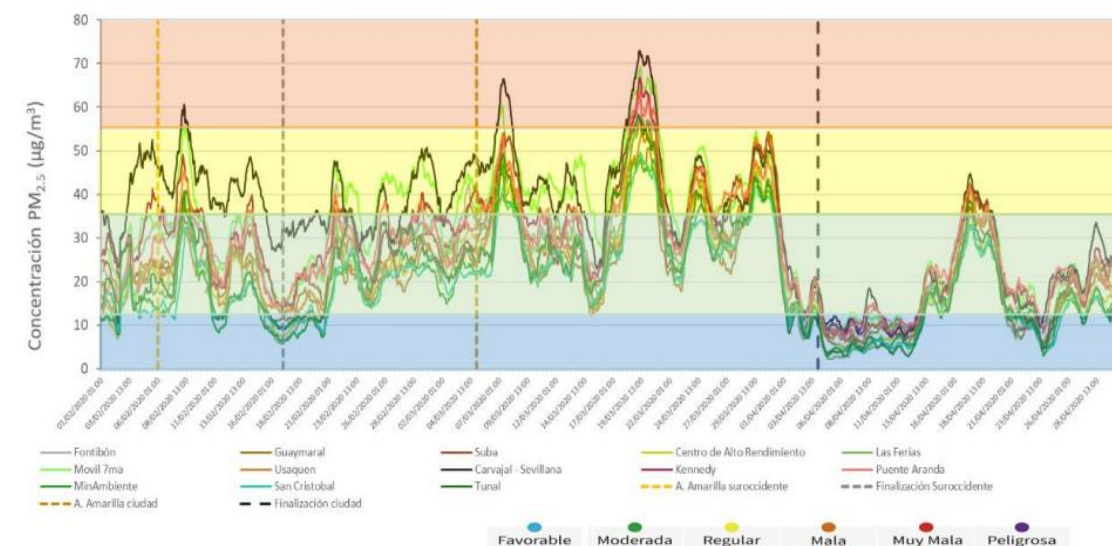
Se observa las concentraciones medias móvil de 24 horas de material particulado PM<sub>2.5</sub> observadas durante el periodo comprendido entre marzo 15 y diciembre 31 de 2020, en la siguiente grafica se observa las variaciones de las concentraciones de material particulado

PM<sub>2.5</sub> en el transcurso del año, en el marco de las restricciones por la pandemia de covid 19.

(Secretaria distrital de ambiente, 2022)

### Figura 19

Concentración media móvil PM<sub>2.5</sub>



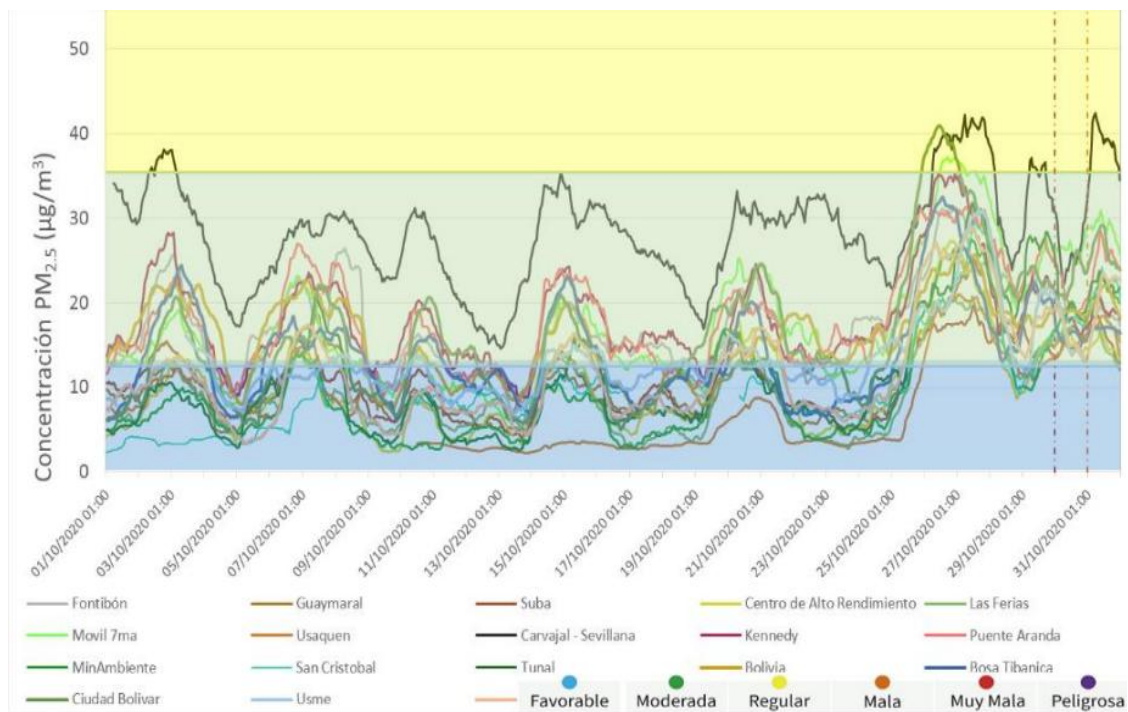
*Nota. Concentración media móvil de material particulado PM<sub>2.5</sub> para los meses de enero a abril de 2020 cada 24 horas Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021*

### Contaminación atmosférica por condiciones locales

Durante el mes de octubre del 2020 se mantuvieron las condiciones de aislamiento voluntario tras varios meses de restricción, en la mayor parte del mes la concentraciones de material particulado debido a confluencia de vientos provenientes del occidente, lo cual causo que el material particulado se mantuviera al interior de la ciudad, generado que varias estaciones se mantuvieran en condición regular desde el 27 de octubre. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

**Figura 20**

Concentración media móvil  $PM_{2,5}$



Fuente. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, 2021.

## Calidad de aire para el año 2021

### Normativa vigente

La normatividad para el año 2020 es establecida por la resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, el cual tiene vigencia desde el 1 de enero de 2018 junto a la resolución 601 de 2006 y resolución 610 de 2010, dónde presenta los niveles máximo para los contaminantes de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno ozono, óxido de carbono y por último el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

**Tabla 16**

*Niveles máximos permisibles*

Contaminante	Nivel máx.	Tiempo de exposición	Cumplimiento con la norma
Material particulado $PM_{10}$	50 $\mu g/m^3$	Anual	No cumple
	100 $\mu g/m^3$	24 horas	
Material particulado $PM_{2.5}$	25 $\mu g/m^3$	Anual	No cumple
	50 $\mu g/m^3$	24 horas	
Dióxido de azufre	50 $\mu g/m^3$	24 horas	Cumple
	100 $\mu g/m^3$	1 hora	
Dióxido de nitrógeno	60 $\mu g/m^3$	Anual	Cumple
	200 $\mu g/m^3$	1 hora	
Ozono	100 $\mu g/m^3$	8 horas	Cumple
Oxido de carbono	5000 $\mu g/m^3$	8 horas	Cumple
	35000 $\mu g/m^3$	1 hora	

*Nota. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS Fuente. Secretaria distrital de ambiente, 2022*

### Comportamiento de material particulado $PM_{10}$

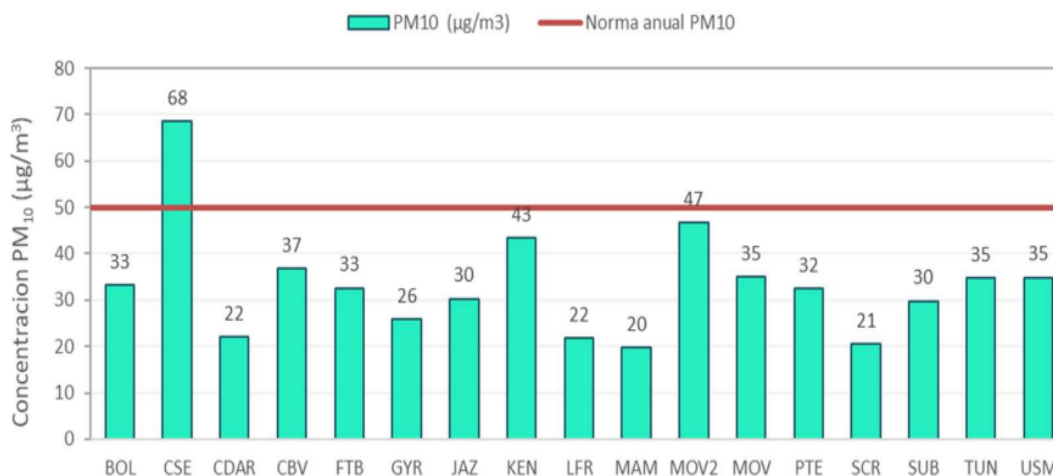
Los datos obtenidos de material particulado  $PM_{10}$  nos muestra que se excedió a la norma diaria establecida por la resolución 2254 de 2017 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible; se observa que la mayores concentraciones se presentaron al suroccidente de la

ciudad en la estación Carvajal-Sevillana con una concentración de  $67,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en la estación Kennedy con  $44,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo las menores concentraciones se presentaron en la zona centro en la estación min ambiente con  $23,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en la zona suroriente en la estación san cristóbal con  $24,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la concentración máxima diaria para el mes fue de  $116,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Carvajal-Sevillana lo cual sobrepasó el nivel máximo permisible para concentraciones diarias según la norma Colombina. (Secretaria distrital de ambiente, 2022)

Se registraron en total 43 incidencias a la norma en un promedio de 24 horas, las cuales no cumplieron con el nivel máximo permisible de la norma material particulado, 33 incidencias en la estación Carvajal-Sevillana y 4 en la estación ciudad Bolívar; acabe resaltar que para el año 2021 la incidencias a este contaminante aumentaron con relación a años anteriores causan un deterioro al estado de salud de los Bogotanos ya que la población se vuelve más propensa a muertes prematuras ataques cardíacos o pulmonares no mortales.

## Figura 21

*Comportamiento de las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$*



*Nota. Comportamiento de las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  tomado de Fuente. Secretaria distrital de ambiente, 2022*

Al igual que en años anteriores, la zona sur-occidental registra las concentraciones altas de material particulado  $PM_{10}$ , y se evidencia una reducción de las concentraciones hacia el centro de la ciudad; debido a la implementación de nuevas estaciones, se puede evidenciar que en Fontibón también se registran concentraciones moderadas de material particulado  $PM_{10}$ , principalmente en la zona que limita con la localidad de Kennedy. En la estación Jazmín se registraron concentraciones similares a las de Puente Aranda, en donde se registraron menores concentraciones que en las demás estaciones del Sur-occidental, en la estación Bolívar se observan concentraciones similares a las de Suba y Fontibón y en el mismo rango de valores se observan los registros de Usme.

#### ***Comportamiento de material particulado $PM_{2.5}$***

Se observa concentraciones con promedio diario en el sur occidente en la estación Carvajal-Sevillana  $37,2 \mu g/m^3$  y en la estación Puente Aranda con  $25,5 \mu g/m^3$ , mientras que las menores concentraciones se presentaron en el sur occidente en la estaciones Usme con  $13,0 \mu g/m^3$  y San Cristóbal  $14,0 \mu g/m^3$ .

Presenta las concentraciones diarias de material particulado  $PM_{2.5}$  comparadas respecto al nivel máximo permisible por la norma Colombia estipulada por resolución 2254 de 2017. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de  $PM_{2.5}$  se presentaron en la zona sur-occidental, Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y centro-oriente, Móvil 7AM; en la segunda mitad de marzo; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona suroriente (Usme y San Cristóbal), en las primeras semanas de febrero. (Secretaría distrital de ambiente, 2022)

**Tabla 17**

*Concentraciones anuales de PM<sub>2,5</sub> para el año 2021*

<b>Estación</b>	<b>Prom. Anual de PM<sub>2,5</sub> <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Datos validos</b>	<b>Concentración Max <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Numero de incidencia 24 horas</b>
P.Aranda	14,3	100%	34,7	0
Bosa	12,6	57%	34,1	0
C.Bolivar	34,6	84%	66,7	120
C.alto	12,7	95%	36,0	0
rendimiento				
Cbv	17,3	97%	51,6	10
Tunjuelito	7,8	73%	24,1	0
Fontibón	17,4	89%	36,5	0
Guaymaral	12,8	97%	30,8	0
Jazmín	14,7	96%	38,7	2
Kennedy	28,8	94%	44,0	6
L.ferias	13,8	94%	34,6	0
M-ambiente	11,9	98%	30,8	0
Móvil 2'	18,3	72%	39,4	1
Móvil	18,2	94%	44,5	7
Tunjuelito	21,5	86%	45,0	10
San Cristóbal	13,3	81%	35,7	0
Suba	12,9	93%	32,8	0
Tunal	15,0	85%	36,2	0
Usaquén	10,9	55%	27,8	0
Usme	10,9	93%	31,6	0

*Nota. Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75% sobre la norma vigente anual de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diaria*

En la tabla numero 17 observamos que las concentraciones más altas se presentaron en la zona suroccidental, en las localidades Kennedy, Bosa, ciudad Bolívar y Tunjuelito, con concentraciones superiores a  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; las concentraciones más bajas se registraron en las zonas cercanas a las estaciones Min-Ambiente y Usme, con valores entre  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la distribución espacial del PM<sub>2.5</sub> es similar a la del PM<sub>10</sub>, las mayores concentraciones suelen registrarse hacia el suroccidente de la ciudad, pero con un aumento

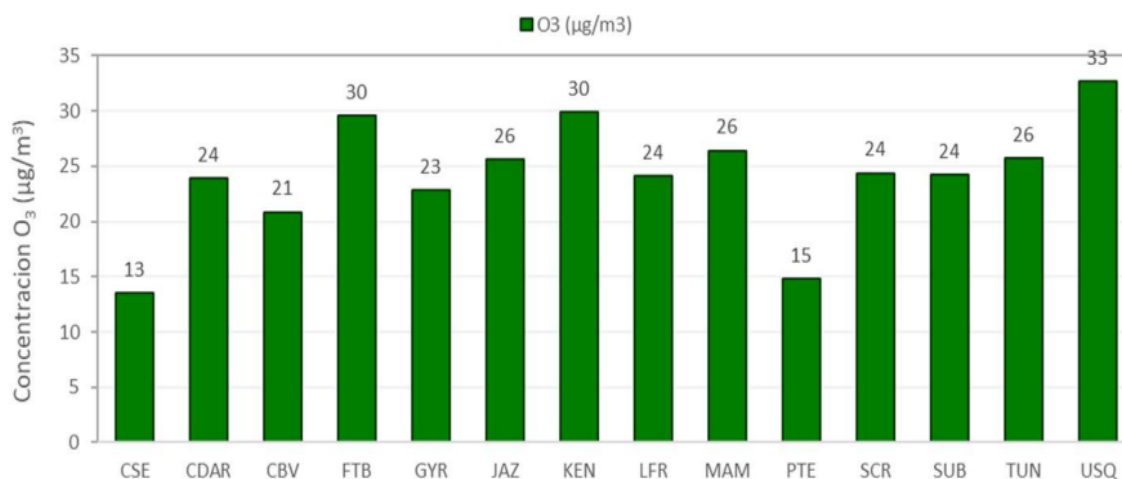
notable de las concentraciones del entorno de la estación Carvajal-Sevillana, y una disminución generalizada de las concentraciones en el oriente de la ciudad. Las estaciones ciudad Bolívar y Jazmín registraron promedios similares a Fontibón y Tunal, un poco más altos que la mayor parte del oriente de la ciudad, pero son más bajos en relación con el valor observado en Carvajal-Sevillana.

### **Comportamiento concentraciones de ozono**

Se observan concentraciones mayores en la zona suroccidente en la estación de Kennedy con  $40,361 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el occidente la estación Fontibón con  $32,117 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras que en las menores concentraciones se presentaron en el sur occidente en la estación puente Aranda con  $15,313 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el sur en la estación ciudad Bolívar con  $18,358 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentración máxima con base en el promedio de 8 horas fue de  $136,163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la estación Kennedy la cual excedió el nivel máximo permisible según la resolución 2254 de 2017.

### **Figura 22**

*Concentraciones promedio de ozono para el año 2021*



*Nota. Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75% sobre la norma vigente de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  cada 8 horas Fuente. Secretaria Distrital de Ambiente, 2020*

Para el año 2021 el ozono presenta un comportamiento homogéneo en la ciudad; las concentraciones más altas se observaron en las zonas de influencia de las estaciones Fontibón y Usaquén, con valores entre  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y las menores concentraciones se registraron al suroccidente de la ciudad, en parte de las localidades de Puente Aranda, Tunjuelito, ciudad Bolívar, Bosa y Kennedy, con valores entre  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; al ser el ozono un contaminante secundario, tiene una notable variación en la distribución espacial cada año, aunque es evidente nuevamente el comportamiento de las altas concentraciones al norte, y las bajas concentraciones al suroccidente, con un comportamiento opuesto al del material particulado.

### ***Comportamiento de dióxido de nitrógeno***

Durante el año 2021 no se registraron incidencias a la norma horaria; las estaciones Bosa, Carvajal-Sevillana, móvil 7AM, Fontibón y Min-Ambiente; registraron menos del 75% de representatividad temporal en el 2021; Bosa finalizó la operación de todos los parámetros en agosto de 2021 debido a los robos presentados en la estación Carvajal-Sevillana se invalidaron varios datos debido a comportamiento atípico del analizador, y en Fontibón y Min-Ambiente los analizadores de dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> se pusieron en funcionamiento en julio y junio de 2021. (Secretaría distrital de ambiente, 2022)

Tabla 18

Concentraciones de dióxido de nitrógeno para el año 2021

Estación	Prom. Anual de NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Datos validos	Concentración Max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Numero de incidencia 24 horas
BOL	37,1	88%	57,1	0
BOS'	19,9	55%	39,4	0
CSE	47,7	65%	79,3	0
CDAR	26,4	99%	58,4	0
CBV	31,9	98%	81,7	0
COL'	35,5	81%	97,4	0
FTB	31,8	83%	55,6	0
GYR	19,3	86%	52,4	0
JAZ	32,3	94%	67,1	0
KEN	37,6	98%	65,6	0
LFR	26,7	42%	55,7	0
MAM	39,1	51%	57,7	0
MOV2'	11,1	89%	26,5	0
MOV	34,6	96%	72,9	0
PTE	24,4	97%	61,8	0
SCR	21,2	92%	38,5	0
SUB	27,9	87%	66,3	0
TUN	18,0	98%	57,2	0
USQ'	10,9	98%	57,2	0

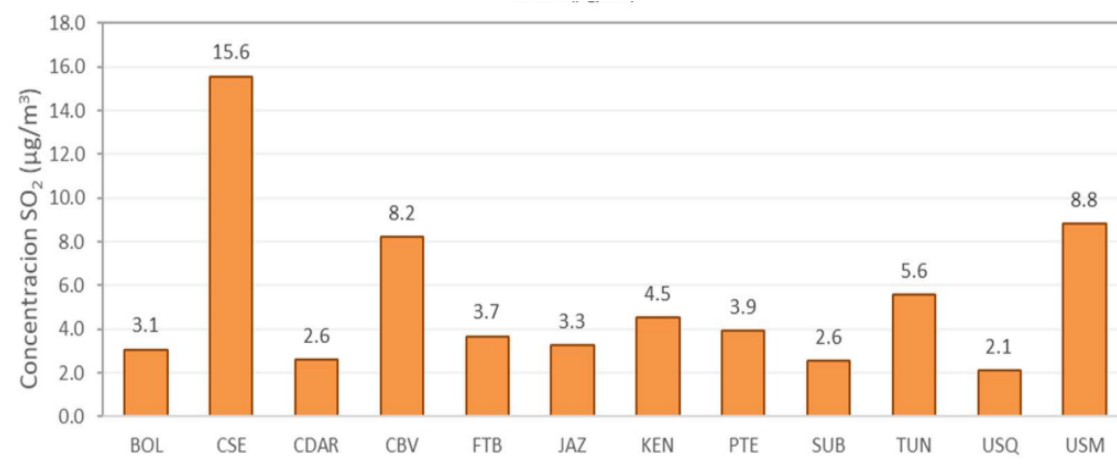
*Nota. Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75% sobre la norma vigente anual de 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  diaria. Fuente. Secretaría Distrital de Ambiente, 2020*

### **Comportamiento de dióxido de azufre**

Durante el año 2021 en cuanto al dióxido de azufre se registraron 104 incidencias a la norma horaria 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 2 incidencias a la norma diaria 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , todas en la estación Carvajal-Sevillana; solamente la estación Bosa registró menos del 75% de representatividad temporal, debido a que el analizador registró datos en enero y marzo y después no se obtuvieron datos debido a que el equipo registró varias concentraciones atípicas.

**Figura 23**

*Concentraciones promedio de dióxido de azufre para el año 2021*



*Nota. Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75% sobre la norma vigente anual de 50 µg/m<sup>3</sup> y 100 µg/m<sup>3</sup> diaria. Fuente. Secretaria distrital de ambiente, 2022*

En la figura 23 se observa que las concentraciones más altas se registraron en el suroccidente de la ciudad, en la zona de influencia cercana de la estación Carvajal-Sevillana, con un promedio de 15,6 µg/m<sup>3</sup>, también se observan concentraciones altas en las localidades de Usme, Tunjuelito y ciudad Bolívar, con valores entre 8,2 µg/m<sup>3</sup> y 8,8 µg/m<sup>3</sup>; la zona norte de la ciudad registra las menores concentraciones de dióxido de azufre, con valores menores a los 2,6 µg/m<sup>3</sup>; en la zona de Carvajal-Sevillana es notable la influencia de las fuentes industriales del sector, y de las fuentes móviles que usan diésel como combustible, mientras que el norte de la ciudad no tiene fuentes de emisión notables de este mismo tipo, por lo cual las concentraciones son mucho más bajas.

### **Comportamiento concentraciones de black carbono**

Las estaciones de Fontibón, Kennedy, las Ferias, Min-Ambiente, San Cristóbal y Tunal realizaron monitoreo mientras que la estación Carvajal-Sevillana no capturo datos en el primer semestre ya que por problemas logísticos y actividades de mantenimiento a los equipos no pudieron ser realizadas.

La estación de Fontibón capturo el 62,8% de las concentraciones horarias en el mes de enero; la concentración horaria reporto en la estación tunal, con un valor de  $50,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabla 19**

*Concentraciones promedio de black carbono para el año 2021*

<b>Estación</b>	<b>Mediana</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Datos de captura %</b>
Carvajal-sevillana	8,6	2,4	15,6	40,1%
CDAR	3,5	0,3	12,4	83,9%
Fontibón	4,3	1,2	11,5	81,5%
Kennedy	4,9	1,3	12,2	81,7%
Las ferias	2,4	0,3	6,4	91,1%
Min ambiente	2,2	0,4	12,4	85,0%
San Cristóbal	1,6	0,4	7,7	83,6%
Tunal	4,2	0,9	22,9	79,2%

*Nota. Las concentraciones es estas estaciones son inactivas dado que la representatividad de datos es menor al 75%, Fuente. Secretaria distrital de ambiente, 2022*

En la tabla 19 se presenta el promedio anual, máximo y mínimo de las concentraciones diarias (24h) de black carbono según la resolución 2254 de 2017; las estaciones Carvajal-Sevillana, Tunal, Kennedy y reportaron las mayores concentraciones de black carbón en toda la ciudad, con valores de  $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en las estaciones San Cristóbal y las Ferias se reportaron las concentraciones más bajas, con valores de  $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la máxima concentración diaria se observó en la estación Tunal con un valor de  $22,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las estaciones las Ferias y San Cristóbal reportaron las máximas

concentraciones diarias con valores de  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que otras estaciones reportaron una concentración máxima que entre  $11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; las concentraciones diarias más bajas reportadas en cada estación no superan el valor de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , excepto en la estación Carvajal-Sevillana donde se observó como valor mínimo una concentración de  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Análisis de resultados**

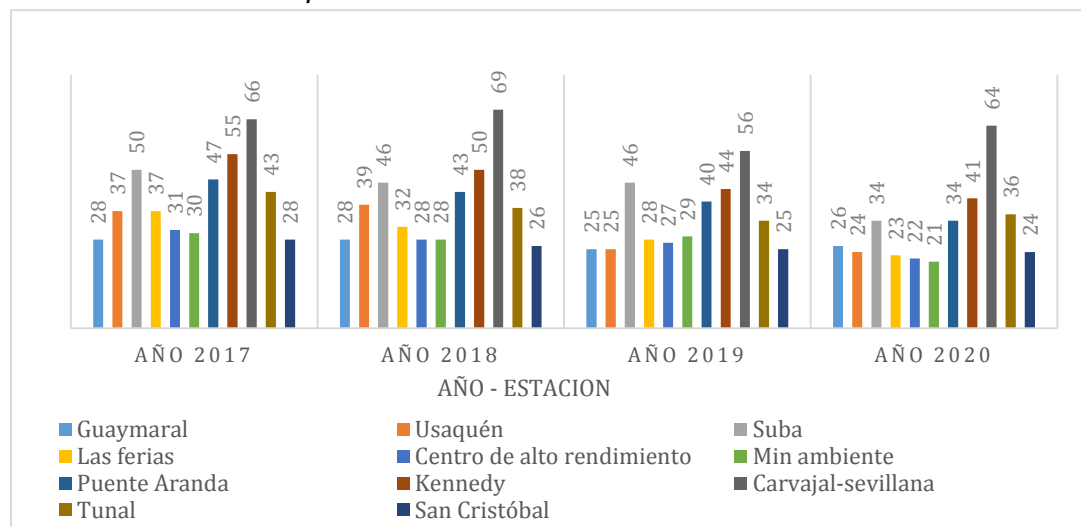
La contaminación atmosférica generada en la ciudad de Bogotá en los últimos cinco años, presentan una variabilidad en los indicadores de diferentes contaminantes los cuales deterioran la salud de los habitantes, como apreciamos las estaciones con mayor incidencias se registraron fueron la Carvajal-Sevillana; cabe resaltar que solo se logró un 81% de captura de datos debido a factores externos como daños en los equipos lo cual afectan la toma de resultados; las zonas con mayor presencia de material particulado son Puente Aranda, Kennedy y Fontibón a pesar de la concentración de contaminantes en esta zona se encuentran por debajo de la normativa colombiana; la fuentes fijas cumplen un papel importante ya que están aportan un 60% a 70% de las emisiones de dióxido de azufre; la ciudad de Bogotá cuenta con un gran número de industrias las cuales generan un gran impacto social como los son las emisiones de ladrilleras tintorerías, empresas de fundición con solventes.

Las tintorerías ubicadas en el barrio Carvajal en la localidad de Kennedy constituyen a las emisiones de carbón debido al uso de pigmentos, los cuales producen contaminación excesiva de las aguas de alcantarillado; por esta razón observamos que la estación Carvajal-Sevillana se registra mayor número incidencias a la norma horaria durante los presentes 5 años.

Para el año 2017 la Red de Monitoreo de Calidad del Aire empleo 13 estaciones, de la cuáles 12 monitorean contaminantes y variables meteorológicas, y la estación Bolivia exclusivamente variables meteorológicas. Estas estaciones están ubicadas estratégicamente

para tener la mayor cobertura de toda la ciudad, y continuamente registraron las concentraciones de los siguientes contaminantes criterio: material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ), y gases contaminantes ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ), así como las variables meteorológicas: Precipitación, Velocidad y Dirección del Viento, Temperatura, Radiación Solar, Humedad Relativa y Presión Barométrica que regulan el transporte de los contaminantes en la atmósfera de Bogotá. Los valores límites permisibles adoptados por la Secretaría Distrital de Ambiente son los estipulados por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la cual fue modificada mediante Resolución 610 de 2010. El porcentaje de datos validos de la RMCAB para el año 2017 en promedio fue de 92%, valor superior al porcentaje mínimo recomendado (75%) por el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Ministerio de ambiente y desarrollo, 2017)

El promedio histórico del material particulado  $PM_{10}$  durante los años 2017 y 2020 se observan que se presenta una reducción en las concentraciones durante los 5 años analizados; con excepción de la estación Carvajal-Sevillana la cual empezó a generar un cumplimiento en la norma colombiana desde el año 2018; para el año 2019 se generó un aumento de material particulado  $PM_{10}$  en la estaciones Carvajal-Sevillana, Tunal y Guaymaral; cabe resaltar que para el año 2020 la estación Carvajal-Sevillana registro un aumento de la concentración con un resultado de  $8 \mu g/m^3$ ; adicional a ello logramos evidenciar que el registro más alto se generó en la estación Carvajal-Sevillana en el año 2017, y el más bajo en la estación Min-Ambiente durante el año 2020.

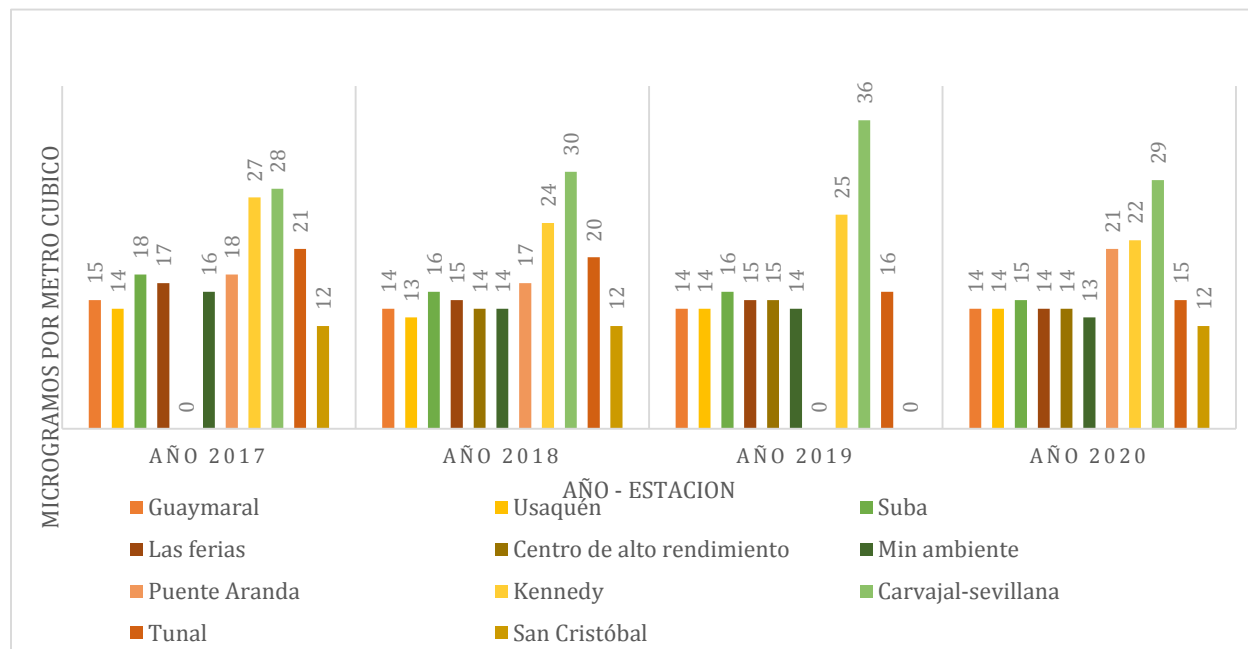
**Figura 24.***Promedio de material particulado PM<sub>10</sub>*

*Nota. Comparación de las concentraciones de PM<sub>10</sub> por microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

Para las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub>, se evidencia que para el año 2020 fueron iguales o menores con respecto a los años anteriores con excepción a la estación Carvajal-Sevillana la cual mantuvo niveles bajos sobre la normativa colombiana, se observa que en la estación de Fontibón se presentó un leve aumento con respecto a las concentraciones generadas para el año 2019 a comparación de la estación puente Aranda la cual evidencio un aumento en relación con el año 2018. Las restricciones en la ciudad de Bogotá, influyeron en las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, sumado de los incendios forestales y polvo del Sahara por lo cual no se logró evidenciar un leve reducción en las concentraciones.

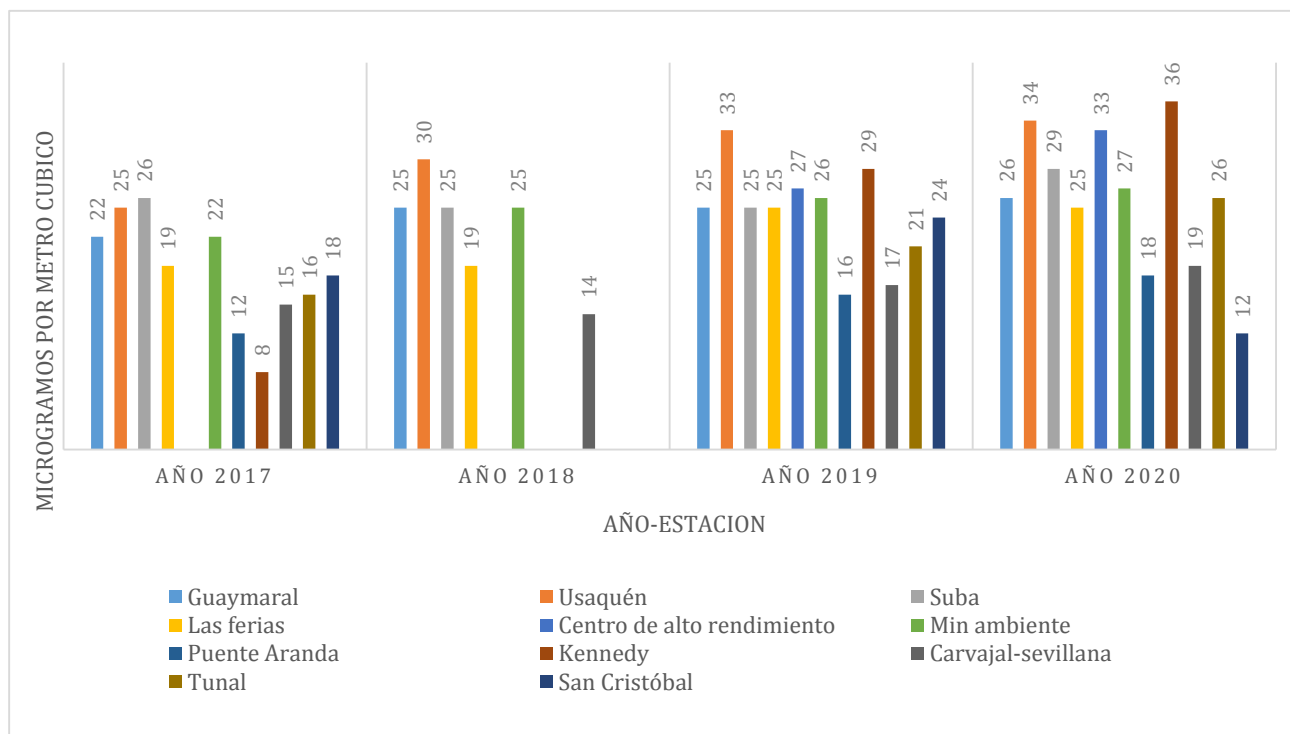
**Figura 25**

*Promedio de concentraciones de PM<sub>2.5</sub>*



*Nota. Comparación de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> por microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

En cuanto a las concentraciones de ozono se evidencia un notable incremento de las concentraciones en la mayoría de estaciones; donde los aumentos son más notables en las estaciones de Fontibón y Kennedy con relación al año 2019; se observa que las concentraciones más altas se registran en las estaciones de Kennedy y Usaquén para el año 2020, esto se debe a los cambios meteorológicos de la época del año por eso se genera una variación en las concentraciones de ozono.

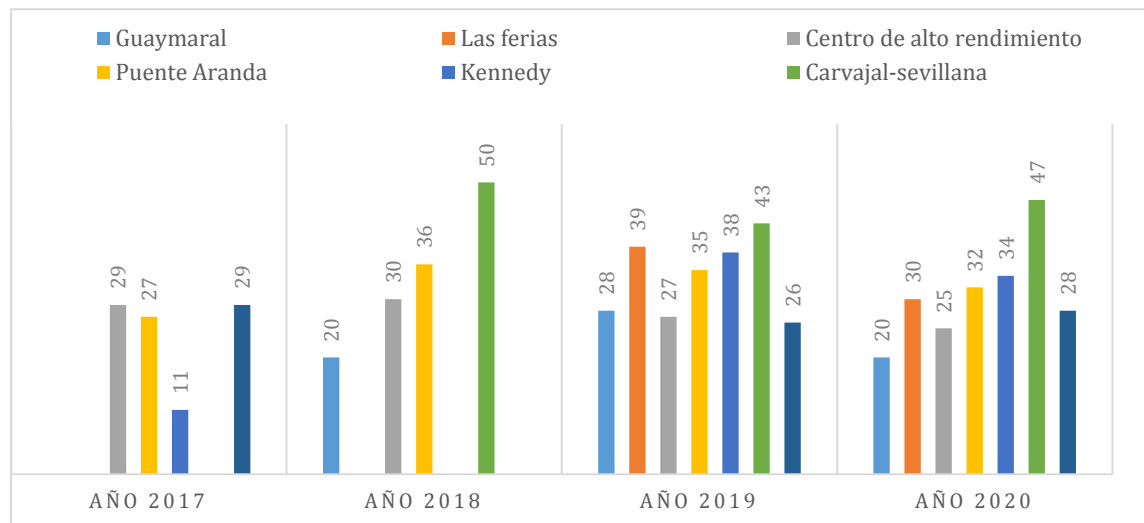
**Figura 26.***Promedio concentraciones de ozono*

*Nota. Comparación de las concentraciones de ozono microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

A comparación con el dióxido de nitrógeno para el año 2017 al 2020 este contaminante ha permanecido por debajo de la normativa colombiana emitida en el año 2017; logramos observar que la estación Carvajal-Sevillana es la que ha mantenido concentraciones más altas siendo en el año 2018 la concentración más alta registrada, por otra parte la estación Guaymaral ha registrado las concentraciones más bajas en los últimos tres años, cabe resaltar que los promedios más bajo se registraron en la estación de Kennedy para el año 2017

**Figura 27**

*Promedio de concentraciones de dióxido de nitrógeno*

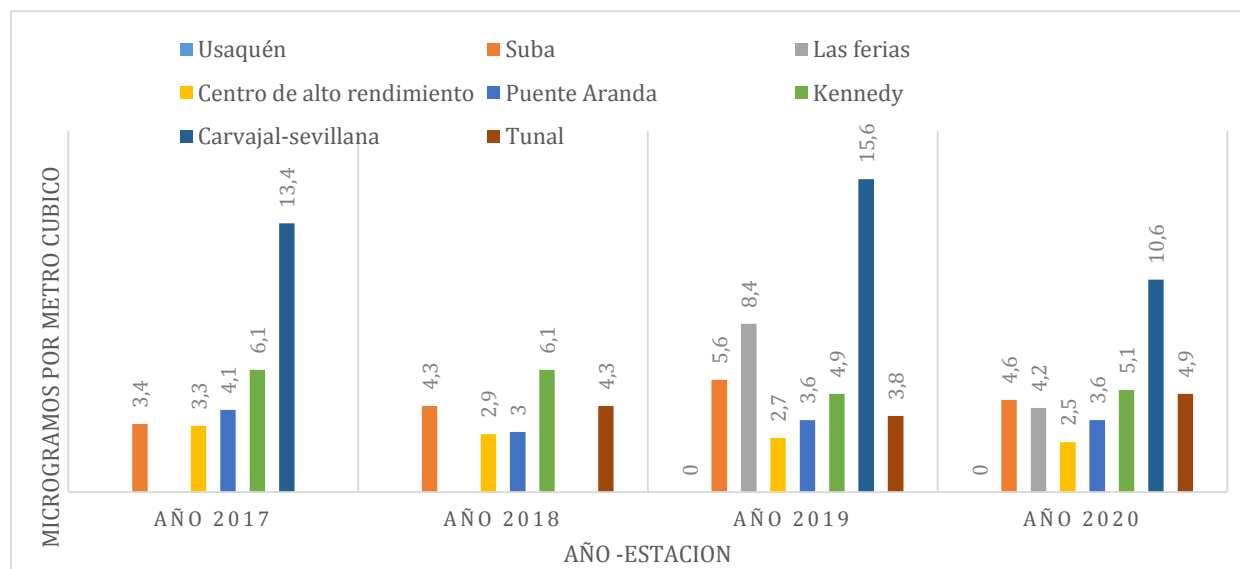


*Nota. Comparación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

Con referencia al dióxido de azufre las concentraciones han permanecido por debajo a la norma anual establecida, se observa que las concentraciones más altas se registran en la estación Carvajal sevillana registrando el promedio más alto de la ciudad; el promedio más alto se registró en el año 2019, observamos que la menor concentración se registró en la estación de Usaquén en el año 2020; a grandes rasgos se generó una reducción de dióxido de azufre en el año 2020 con respecto a años anteriores con excepción de la estación tunal la cual presento un aumento con relación al promedio registrado en el 2019.

**Figura 28**

*Promedio de las concentraciones de dióxido de azufre*

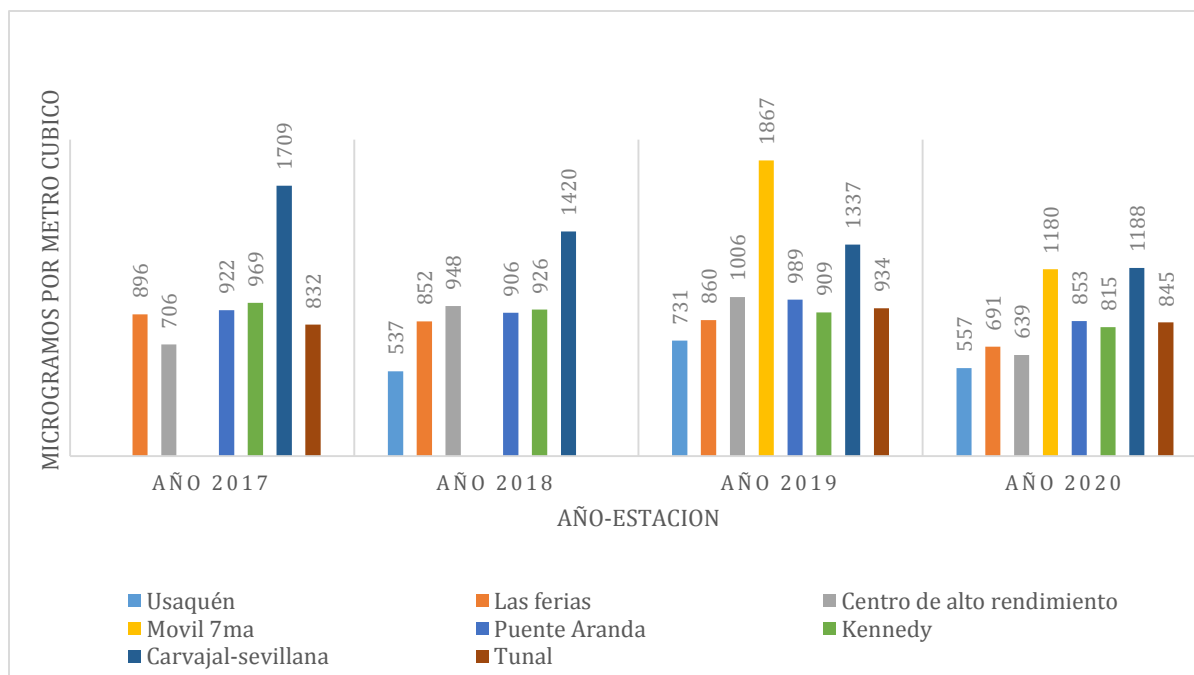


*Nota. Comparación de las concentraciones de dióxido de azufre en microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

En la figura 28 logramos apreciar que en cuanto al monóxido de carbono la mayoría de estaciones se presenta una reducción en las concentraciones en el transcurso de los años, para el año 2020 se puede verificar que los valores fueron menores que en años anteriores; para el año 2019 se registró la concentración más alta en la estación móvil 7 AM mientras que la estación de Usaquéen registro el promedio más bajo para el año 2018.

**Figura 29**

*Promedio de las concentraciones de monóxido de carbono*



*Nota. Comparación de las concentraciones de monóxido de carbono en microgramo por metro cubico durante el año 2017 a 2020. Fuente. Autoría propia*

En los 5 años de análisis debemos resaltar que para el año 2020, debido al COVID 19 se presentó una restricción, regida por el decreto 090 del 19 de marzo del 2020, en la cual se restringen la libre circulación de vehículos y personas entre el 19 de marzo de 11:59 pm y el lunes marzo 11:59 pm; la estaciones que se encontraban activas son las siguientes

**Tabla 20***Estaciones activas durante el COVID 19*

<b>Estación</b>	<b>CO</b>	<b>NO2</b>	<b>PM 2.5 y PM 10</b>	<b>Ozono</b>
Carvajal-sevillana	x	X	X	X
Centro de alto rendimiento	x	X	X	X
Fontibón		X	X	X
Guaymaral		X	X	X
Kennedy	x	X	X	X
Las ferias	x	x	X	X
Min-ambiente			x	x
Puente Aranda	x	x	x	X
San Cristóbal			X	X
Suba			X	X
Tunal	x	x	X	X
Usaquén			X	x

*Nota. Medición de contaminantes en las estaciones activas durante el COVID 19. Fuente.*

*Secretaria distrital de ambiente, 2022*

Debido a estas restricciones, sólo algunas fuentes de emisión se encontraban en funcionamiento en la ciudad, aunque también pudo observarse que al tener menos actividad de fuente de emisión que en años anteriores, las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub> se mantenían en condición regular algunos días después del 20 de marzo, debido al aporte de material particulado proveniente de los incendios forestales activos al norte y oriente de Colombia por dicha razón observamos una leve reducción de emisiones contaminantes en los meses de abril junio y julio generando una leve mejora de la calidad de aire en la ciudad

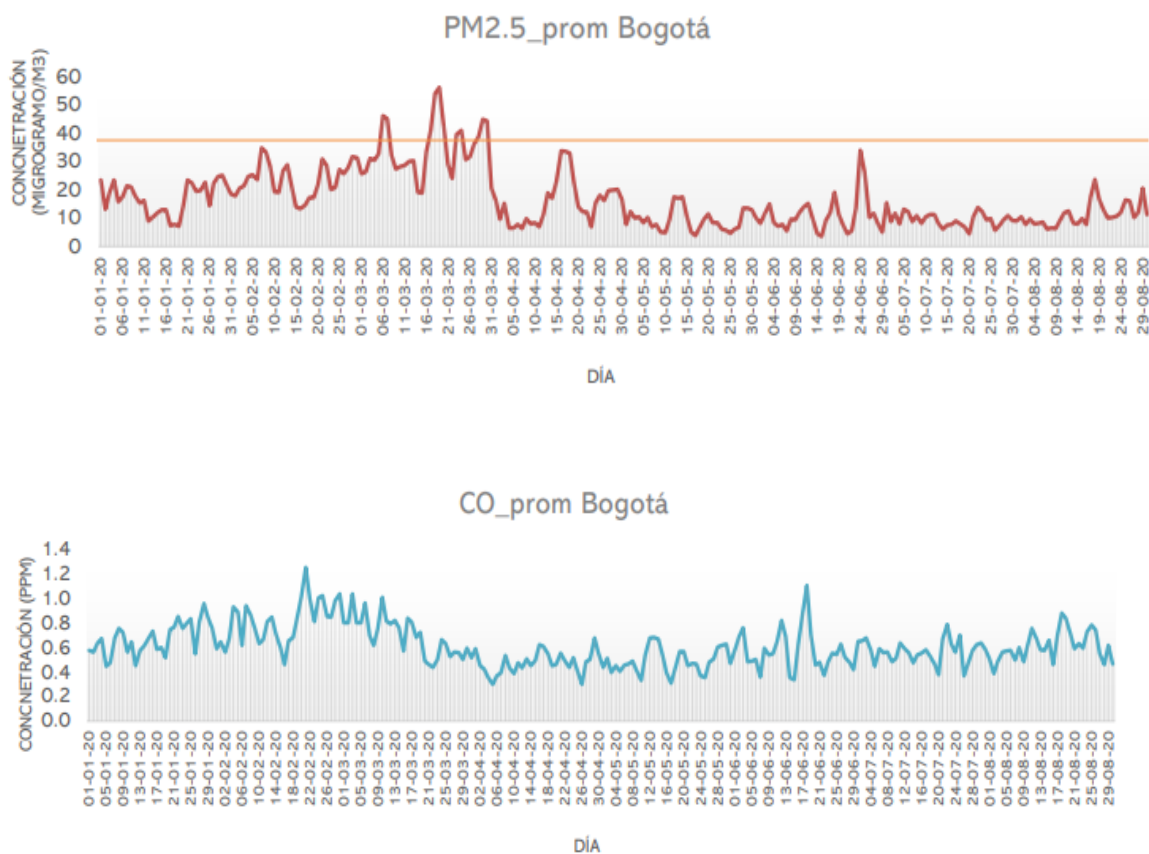
La concentración de material particulado PM<sub>10</sub> para el año 2020, registro solamente en la estación Carvajal-Sevillana se registró incidencias sobre la norma anual, con un promedio de

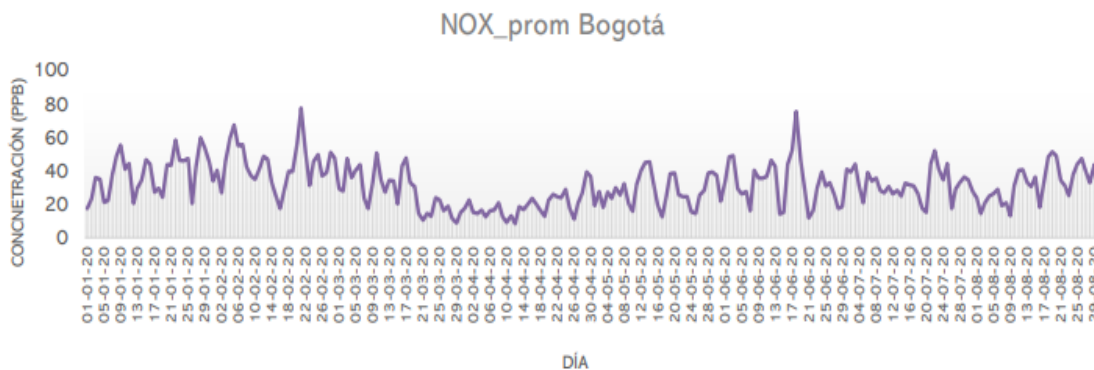
$56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para las concentraciones de material  $\text{PM}_{10}$  y un promedio de  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para el material particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , con mediciones en la estación de Fontibón se evidencian altos niveles de concentración de este contaminante.

A partir de estos resultados obtenidos cabe resaltar la diferencia de las concentraciones antes y después de la pandemia donde las concentraciones de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ , monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno.

**Figura 30.**

*Concentraciones de contaminantes durante la pandemia*





*Nota. Concentraciones de material particulado 2.5, monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno durante el COVID 19. Fuente. Universidad de los Andes, 2020*

Logramos observar que para la concentración de PM 2.5, para el 7 de marzo se generó un incremento excediendo los niveles máximos permisibles según la normativa colombiana por otro lado el 25 de junio se informó una incidencia debido a la llegada del polvo de Sahara a la ciudad de Bogotá los cuales generaron un incrementos en los niveles de contaminación y luego regresaron a sus niveles normales.

Al observar estos datos logramos concluir que de las 16 estaciones de monitoreo empleadas para el año 2020 las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> son las más altas con un promedio de  $16,1 \mu g/m^3$  y para el PM<sub>10</sub> la media registrada fue de  $3,1 \mu g/m^3$ .

Por otro lado la concentración de monóxido de carbono se mantuvieron sobre los estándares permitidos por la norma mientras tanto el dióxido de nitrógeno presento una disminución en los niveles de concentración en los primeros meses debido al aislamiento obligatoria el 26 de abril se generó nuevamente los incrementos de concentraciones en la ciudad de Bogotá

Mientras que para el año 2021 Las concentraciones promedio anual de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> durante el 2021 mantuvieron la distribución espacial de los años anteriores, las concentraciones más altas se registraron al suroccidente de la ciudad y las más bajas en la

zona suroriental. Carvajal-Sevillana registró los promedios anuales más altos de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, con 68.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 34.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , las cuales sobrepasaron el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual; se registraron en total 165 incidencias de material particulado PM<sub>10</sub> y 156 incidencias de PM<sub>2.5</sub>; con respecto a años anteriores, las concentraciones de material particulado del año 2021 fueron ligeramente menores, aunque en estaciones como Carvajal-Sevillana y Puente Aranda aumentaron las concentraciones respecto a 2020; en general se observó que las concentraciones se mantuvieron similares al año anterior, ya que la temporada de mayor contaminación, que corresponde al primer trimestre del año, tuvo influencia del fenómeno de la Niña, con precipitaciones en el mes de febrero, que influyeron en la reducción de contaminantes; sin embargo, el mes de diciembre tuvo las concentraciones más altas en la mayoría de las estaciones, por la reactivación de varias fuentes de emisión, y aumento del tráfico vehicular.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud tanto en los países desarrollados como en los países en vía de desarrollo, se estima que la contaminación del aire causa 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año tanto en zonas urbanas como rurales, dicha mortalidad se debe a partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micras que pueden llegar a causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer (OMS, 2017)

Algunos estudios han permitido observar el impacto de la contaminación del aire en el crecimiento del feto y bajo peso al nacer. La exposición ambiental a PM<sub>10</sub> ha sido relacionada al retardo del crecimiento intrauterino, posteriormente se sugiere un efecto dañino de carácter permanente dado que el bajo peso y el retardo de crecimiento se asocia con la salud respiratoria en etapas posteriores de la vida (Vargas, Sandra, 2008)

En el año 2021 se presentaron 7 muertes por IRA en menores de 5 años en Bogotá, se mostró una disminución en la tasa de mortalidad de 1,4 por 100.000 menores de 5 años,

comparado con los últimos 4 años se observa una disminución de casos, los años 2018 y 2019 mostraron las tasas de mortalidad más altas con 3,3 y 3,8 por 100.000 menores de 5 años. Con respecto a la neumonía, en el año 2021 ocurrieron 21 muertes observando un aumento respecto al año 2020 donde se presentaron 13 muertes, se evidencia un ascenso en la tasa de mortalidad por neumonía en el año 2021 con 3,4 por 100.000 menores de 5 años. La localidad que más registro defunciones en menores de 5 años por neumonía durante el año 2021 fue Ciudad Bolívar con 6 casos lo que corresponde al 26,6% de los casos distritales. Esta reducción particular de los casos posiblemente pueda deberse a la pandemia provocada por el COVID-19 que obligo a tomar medidas como el confinamiento estricto, lo que pudo favorecer la salud de los menores quienes no fueron expuestos a la contaminación del ambiente y a la circulación viral rutinaria.

se observa el mapa con la ubicación del número máximo de casos ocurridos en las diferentes localidades de mortalidad por IRA y Neumonía en menores de 5 años, así como el tipo de Riesgo dado por el valor ACRE representados por los colores rojo y verde. La ubicación espacial permite identificar que los casos se concentraron en las localidades de Kennedy, Bosa, Engativá, Suba, Ciudad Bolívar, Tunjuelito y Santa fe.

## Conclusiones

El uso de automóvil, maquinaria pesada, combustible y contaminantes fósiles, producción industrial y agrícola, causa deterioro al medio ambiente incrementando la huella ecológica afectando el equilibrio natural de la tierra; la mano del hombre está detrás de fenómenos, como la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la desertización o la continua generación de residuos peligrosos.

La contaminación del aire es inducida por la presencia en la atmósfera de sustancias tóxicas; como ya lo hemos hablado con anterioridad la contaminación atmosférica afecta a los animales, ciudades, bosque y ecosistemas acuáticos.

El análisis generado en la ciudad de Bogotá nos muestran una variabilidad en los niveles de contaminación durante los 5 años, para el estudio de las fuentes fijas se consideran tanto como industrial como establecimientos comerciales como lo son restaurantes y asaderos; debido a que Bogotá se concentra un alto y diverso número de industrias y comercios que generan emisiones contaminantes, motivo por el cual se estima las emisiones provenientes de este tipo de fuente de gran importancia.

Las bases de datos usados contienen información sobre la ubicación de la industria o establecimiento, el consumo mensual o diario de combustibles, los horarios laborales y fechas de recolección de datos, entre otros.

En el año 2017 ninguna estación de monitoreo cumple con la normativa de calidad de aire estipulada por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el comportamiento temporal en la semana indicada que los mayores concentraciones se registran de martes a jueves variando con las estaciones que menores registros presentan los domingos, bien esto se debe a que no son días hábiles o laborales por ello las industrias no generan quemaduras o producción la cual genere mayor concentración

Para este año 11 estaciones que monitorearon concentraciones de material particulado PM10 registraron datos validos en un 84% siendo la estación de puente Aranda 100%, Kennedy y guaymaral el 97% estas fueron las estaciones que generaron mayor registro de datos válidos, por otra parte la estación min-ambiente tuvo la menor representativa temporal; muchos de estos datos recolectado nos indican que no cumplen con la normativa vigente.

El comportamiento diario de las concentraciones de PM10 durante el año 2017 generando una comparación de los valores con respecto a la norma diaria de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; las concentraciones más altas diarias, se reflejaron en los meses de febrero y abril, las más bajas en los meses de junio y julio.

Se observó que la estación Carvajal-Sevillana presentó niveles concentración altas con referencia a las otras estaciones, lo cual es consecuente con el número de anomalías registradas en esta estación.

Según los datos válidos tomados para el presente año se refleja que todas las estaciones cumplieron con el criterio de representatividad mayor al 75% aunque se observa que para las estaciones con el porcentaje de representatividad más bajo hubo periodos en los que no se capturaron datos en suba y Usaquén en el mes de abril, en Carvajal-Sevillana el mes de febrero y en Min-Ambiente desde finales de noviembre.

Para el observa que las emisiones de material particulado son principalmente generados por el sector cárnico y vítreos sector ladrillero, el cual tiene un 51% es el mayor consumidor de carbono en sus procesos, seguido de las calderas con capacidad mayor a 100 BHP que operan con carbón, con una participación del 23%.

Para los óxidos de nitrógeno los mayores aportes son los hornos y caldera que operan con gas licuado derivado del petróleo, este genera un participación de 31,6% y calderas a gas natural de gran capacidad con un aporte de 29,5%.

Para el dióxido de azufre se encuentra que su generación está asociada a las emisiones de hornos crematorios y fundición que opera con gas natural con un aporte del 55,1%, en seguida los hornos ladrilleros que operan con carbón con un porcentaje de 36,3%.

Con referencia a las emisiones de óxido de carbono, los principales generadores son los hornos ladrilleros los cuales operan con carbón y generan un porcentaje de 21,5%, las caldera de gas natural con un 18,1%.

El análisis de los datos de la calidad del aire de la ciudad de Bogotá para el año 2020, muestra una reducción en las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub>, oxido de carbono, dióxido de nitrógeno y ozono; días después del inicio del aislamiento obligatorio. El incremento en las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub> y ozono; el cambio en la movilidad dentro de las ciudades se relaciona directamente con las concentraciones dióxido de nitrógeno.

Después del mes de abril, las concentraciones de todos los contaminantes en ambas ciudades estuvieron oscilando entre intervalos de concentraciones pequeños y existe un incremento gradual con el paso de los meses. Por otro lado, es posible concluir que la llegada del polvo del desierto del Sahara fue el causante de la mala calidad del aire en la ciudad de Bogotá el día 25 de junio en donde se observó un pico en la concentración de material particulado PM<sub>2,5</sub>; en cuanto al cambio de movilidad en Colombia, se puede concluir que la reducción en el porcentaje antes del inicio del aislamiento obligatorio fue causada por el cambio a la virtualidad por parte de colegios y universidades y por la emergencia climática a inicios de año en la capital.

Presentan las concentraciones de promedios, máximas y medianas de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono 24 horas, 1 hora y 8 horas respectivamente, correspondientes al primer trimestre de 2021. Igualmente se presenta el

resumen de los datos válidos y las incidencias a la norma, donde se observa que presentaron magnitudes relativamente bajas durante el periodo de análisis, históricamente se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en sus respectivos tiempos de exposición.

En el primer trimestre de 2021 se registraron en total doce incidencias de las concentraciones promedio 1 hora al nivel máximo permisible de la normal de dióxido de azufre  $100 \mu g/m^3$ , todas en la estación Carvajal-Sevillana, diez incidencias de las concentraciones promedio 1 hora al nivel máximo permisible de la normal de dióxido de nitrógeno con  $200 \mu g/m^3$ , todas en la estación Tunal, 25 incidencias de las concentraciones promedio 8h al nivel máximo permisible de la normal de oxido de carbono  $5000 \mu g/m^3$ , 14 en la estación Carvajal-Sevillana y once en la estación Puente Aranda; las cuales NO CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles; las concentraciones restantes, CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la norma ya que no se registraron excedencias a la norma dióxido de azufre fue de  $50 \mu g/m^3$  para datos 24h y dióxido de carbono  $35000 \mu g/m^3$  microgramo por metro cubico para datos 1 hora.

Cabe resaltar que la recolección de datos no fue 100% efectiva debido a unas fallas en los equipos como suministro eléctrico, reparaciones o daños generados por el hurto de equipos; a pesar de esto se evidencia que la estación Carvajal-Sevilla es la que mayor registro de concentraciones presenta manteniendo niveles altos de contaminación atmosférica, debido a esto no genera un cumplimiento respecto con la normatividad colombiana; por ello es importante empezar a implementar nuevas medidas las cuales permitan generar una disminución en la de concentraciones atmosféricas y de las misma métrica mejor los índices de calidad ICA.

Las industrias y estaciones de servicio de combustibles fósiles juegan un papel importante ya que estos contribuyen a desmejorar los niveles de contaminación atmosférica por ello se hace indispensable tomar medidas respecto a esto.

La implementación de filtros en chimeneas, ayudaría a generar una reducción en la generación de gases contaminantes, en cuanto a las estaciones de monitoreo es indispensables el empleo de energías renovables y de esta forma evitar anomalías a lo largo de la toma de datos evitando la intermitencia en esto, de dicha medida realizar una análisis profundo respecto a la calidad de aire que consumen los bogotanos, debes tener en cuenta que debido a estas concentraciones se favorece a la aparición de enfermedades respiratorias las cuales se presenta en gran porcentaje en los niños, esto favorece al envejecimiento prematuro de los pulmones; por ellos se deben tomar medidas los cuales permiten la disminución de gases tóxicos que afecten nuestra salud; como es la reducción del uso del vehículo particular, evitar la quema de basura o llantas los cuales contribuyen a la emisión de gases contaminantes, cuidar los parques las zonas verdes las cuales contribuyen a la buena calidad del aire, reciclar de forma responsable la cual permita una óptima separación de basuras, evitar la utilización de químicos, consumo de agua responsable; estas pequeñas acciones ayuda al mejoramiento del aire en la ciudad de Bogotá.

### Referencias bibliográficas

- Aguirre, D. G. (2018). Calidad del aire y políticas públicas en Bogotá. *Fundación Heinrich Böll*, 28.
- CAR. (2021) ¿Qué es el permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas? *CAR*, 1-2 Pág.
- Castiblanco, C. (2020). Contaminación en el aire de Bogotá. *Bogotá*, 1-2 Pág.
- Daza, A. M. (2013). Investigación de la contaminación del aire en Colombia. *Universidad de los andes*, 4-5 pág.
- Farrow, A. (2021). Evaluación del monitoreo de la contaminación atmosférica en Bogotá, Colombia. *Laboratorio de Investigación de Greenpeace*, 3-4 Pág.
- Forigua, D. L. (2021). Análisis de las emisiones atmosféricas en las fuentes fijas. *Universidad de La Salle*, 94-104 Pág.
- Franco, J. F. (2012). Contaminación atmosférica en centros urbanos. *Revista EAN*, 2-3.
- Gaitan, M. (2007). *Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- García, D. (2018). Calidad del aire y políticas públicas en Bogotá. *Fundación Heinrich Böll*, 28-32 Pág.
- IDEAM . (2018). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, 12-61 Pág.
- IDEAM. (2017). Informe del estado de la calidad de aire. *Mini ambiente*, 10-20 Pág.

Maldonado, R. F. (2019). Problemas respiratorios. *Revista de la Facultad de Medicina*, 5-8 Pág.

Mejía, L. F. (2019). Informe Bogotá región. *Análisis Macroeconómico y Sectorial* (págs. 16-23). Bogotá D.C: Fe desarrollo.

Ministerio de ambiente. (2010). Protocolo para el control de Fuentes fijas. *Ministerio de ambiente*, 10-30 Pág.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo. (2010). Resolución 610 de 2010. *Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo*, 11-15.

Ministerio de desarrollo sostenible. (2017). Resolución 2254 de 2017. *IDEAM*, 1-45 Pág.

Montoya, A. P. (2019). Evaluación de la calidad del aire en 8 zonas de la ciudad de Bogotá. *Universidad de La Salle*, 21-30 Pág.

Murillo, L. G. (2017). Norma de Calidad o Nivel de Inmisión. *Alcaldía de Bogotá* [J1] , 6-Pág.

OMS. (2017). Guía de calidad del aire de la OMS. 3\_6 Pág.

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB. (2021). *Informe anual año 2020 de la Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. (2018). *Informe anual de calidad del aire de*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente – SDA.

Rojas, M. E. (2019). Informe Bogotá región. *Bogotá*, 20-25.

Secretaria distrital de ambiente. (2022). *Informe anual de calidad de aire de Bogotá 2021*. Bogotá: Subdirección de calidad del aire.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). *Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.

SEMARNAT. (2018). Informe de la Secretaría de Ambiente de Bogotá. *El tiempo*, 14-16 pág.

Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV. (2019). *Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.

Universidad de los Andes. (2020). Análisis del impacto de las medidas tomadas por el covid-19 en la calidad. *Departamento ingeniería civil y ambiental*, 13-16.

Universidad industrial de Santander. (2011). Proceso gestión ambiental. *Programa calidad de aire y control de ruido*, 1-5 Pág.

Vela, J. F. (2015). Sistemas Productivos. *Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo IDEAM*, 5-10 Pág.