

**DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE AIRE POR EXPOSICIÓN A MATERIAL
PARTICULADO PM₁₀ Y P.M_{2.5} EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY**

**FREDY ANTONIO PIDIACHE ALFONSO
WHENDY DAHYANNA TARQUINO SÁNCHEZ**

Estudiantes del Programa de Seguridad Industrial Higiene y Gestión Ambiental

Modalidad: MONOGRAFÍA

Director

OSCAR LEONARDO RUIZ MEDINA

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL HIGIENE Y GESTIÓN
AMBIENTAL
BOGOTÁ D. C 2025**

Nota de aceptación:

Aprobado por xxxx en cumplimiento a los requisitos exigidos por la **FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA**, para optar por el título de **XXXXXXXX**

Jurado

XXXX

Jurado

XXXX

Bogotá D.C, 25 de marzo de 2025

Aclaración

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por los estudiantes en sus trabajos de grado y velará porque no se publique nada contrario contenido en su misión, visión y filosofía institucional”

Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	12
Planteamiento del problema.....	15
Problema de Investigación	17
Descripción del Problema.....	17
Formulación del problema	18
Justificación	19
Objetivos	21
➤ Objetivo General:	21
➤ Objetivos Específicos:.....	21
Marco de Referencia	22
➤ Estado del Arte	22
➤ Marco Histórico.....	25
➤ Marco Teórico.....	28
➤ Marco Conceptual.....	32
➤ Marco Legal.....	36
Metodología.....	1
Procedimiento.....	3
Resultados.....	6
Recomendaciones Generales en Salud.....	25
Discusión	37
Conclusiones	43
Recomendaciones	45
Bibliografía	46
Anexos.....	51

Lista de Tablas

Tabla 1 Guías y normas vigentes referentes a calidad del aire.....	37
Tabla 2 Número de excedencias promedio diario material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, estaciones Carvajal y Kennedy. Periodo 2015 - 2023	8
Tabla 3 Promedio multianual de la velocidad del viento estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy 2015 – 2023.....	28

Lista de Gráficas

Gráfica 1 Comportamiento anual Material particulado PM_{10} , estaciones Carvajal y Kennedy Periodo 2015 - 2023	7
Gráfica 2 Comportamiento anual Material particulado $PM_{2.5}$, estaciones Carvajal y Kennedy Periodo 2015 – 2023.	7

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Enfoque Metodológico	1
Ilustración 2 Página web Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá	4
Ilustración 3 Página web Observatorio Ambiental de Bogotá.	5
Ilustración 4 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2015.	11
Ilustración 5 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2015.	12
Ilustración 6 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2016.	13
Ilustración 7 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2016.	13
Ilustración 8 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2017.	14
Ilustración 9 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2017.	15
Ilustración 10 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2018.	16
Ilustración 11 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2018.	17
Ilustración 12 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2019.	18
Ilustración 13 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2019.	19
Ilustración 14 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2020.	20
Ilustración 15 IBOCA promedio PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2020.	21
Ilustración 16	22
Ilustración 17 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2022.	23
Ilustración 18 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM ₁₀ (Izquierda) y PM _{2.5} (Derecha), periodo 2023.	24
Ilustración 19 Velocidad y dirección del viento en Bogotá periodos 2015 y 2023.	31
Ilustración 20 Principales corredores viales, localidad de Kennedy	32
Ilustración 21 Localización de las empresas por UPZ	34
Ilustración 22 Fuentes fijas por tipo de combustión gas, líquida y sólida	35

Lista de Anexos

Anexo 1 Promedios anuales material particulado	88
Anexo 2 Velocidad y dirección del viento en Bogotá periodos 2016 a 2022	92
Anexo 3 Cartilla educativa Material particulado	94

Resumen

El presente estudio pretende ser una herramienta de análisis y diagnóstico de la calidad del aire en la localidad de Kennedy, al sur occidente de Bogotá en el periodo comprendido entre el 2015 y 2023. El enfoque de nuestra actividad investigativa se centró en el material particulado denominado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Se estima que para el año 2021 la contaminación del aire fue responsable de aproximadamente 8.1 millones de muertes en todo el mundo.

El objetivo principal del estudio se centró en evaluar la calidad del aire y su impacto en la salud de esta localidad, tomando como base esencial los datos de monitoreo en los años mencionados, realizando verificación de los estándares y directrices establecidos en esta materia a nivel nacional. El análisis de estos datos nos permitió establecer aumentos y reducción de concentraciones, registrándose la estación de Carvajal con los promedios más elevados para el año 2015 y 2019 con tendencias de disminución en el tiempo, está comparativa nos permitió verificar el cumplimiento normativo desde el 2018 de la Estación de Kennedy. En particular, así mismo, se observa que las velocidades del viento influyen en la dispersión de contaminantes, con predominancia de vientos del este que favorecen la limpieza del aire.

Las conclusiones destacan la necesidad de implementar estrategias para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de los ciudadanos, dada la relación directa entre la contaminación y el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, enfermedad respiratoria, material Particulado, población vulnerable.

Abstract

This study aims to be a tool for analyzing and diagnosing air quality in the town of Kennedy, southwest of Bogotá, between 2015 and 2023. Our research focused on particulate matter known as PM₁₀ and PM_{2.5}. It is estimated that by 2021, air pollution was responsible for approximately 8.1 million deaths worldwide.

The main objective of the study was to evaluate air quality and its impact on health in this town, using monitoring data from the aforementioned years as an essential basis, verifying the standards and guidelines established in this area at the national level. The analysis of these data allowed us to establish increases and decreases in concentrations, with the Carvajal station recording the highest averages for 2015 and 2019, with decreasing trends over time. This comparison allowed us to verify regulatory compliance at the Kennedy station since 2018. In particular, wind speeds are observed to influence the dispersion of pollutants, with a predominance of easterly winds that promote clean air.

The findings highlight the need to implement strategies to improve air quality and protect citizens' health, given the direct relationship between pollution and the increase in respiratory and cardiovascular diseases.

Keywords: Atmospheric pollution, respiratory disease, particulate matter, vulnerable population.

Introducción

La problemática por calidad de aire especialmente por material particulado es considerada un problema de salud pública a nivel mundial debido a las enfermedades asociadas y los costos en salud, así mismo, las diferentes fuentes generadoras de emisiones son la base de las autoridades para ejercer el control en la reducción de las mismas sumado a las directrices cada vez más estrictas, en Bogotá se identifica una alta contaminación a la parte sur occidental de la ciudad, lo cual se debe a distintos aspectos como la concentración de fuentes, ubicación de los principales corredores viales de la ciudad y factores como la dinámica del viento que influye directamente en el arrastre de contaminantes. Sin embargo, el dar a conocer las estrategias que lleva a cabo el distrito sumado a acciones de promoción y prevención pretende generar cambios de hábitos, reconocimiento y apropiación en la problemática asociada a la mala calidad del aire por material particulado

En el presente documento se presentan diferentes estudios con datos asociados a la contaminación del aire por material particulado y su relación con salud, tomando dichos estudios desde un nivel macro a nuestra zona de estudio en la localidad de Kennedy. Así se abarcan distintos aspectos de riesgo en salud como enfermedades respiratorias y cardiovasculares donde se mencionan algunas cifras en relación a salud y fuentes generadoras del material particulado.

Se destaca la problemática en la zona sur occidental de la ciudad y la importancia en la recopilación de la información a través del diagnóstico en la localidad, así como el involucrar a las entidades y comunidad en las estrategias que buscan reducir esta contaminación.

La Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá cuenta con un registro histórico de los contaminantes y variables meteorológicas donde las entidades destacan al material particulado en la contribución en enfermedades e infecciones respiratorias, ausentismo escolar, donde dicho contaminante sobrepasa las directrices normativas y las recomendadas desde la OMS, así se muestra el comportamiento que han tenido las concentraciones de este contaminante en las estaciones de Carvajal y Kennedy a través de los informes y publicaciones entre el periodo de 2015 a 2023.

A través de una metodología exploratoria el documento muestra el comportamiento anual en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ donde todos los valores registrados sobrepasan la directriz establecida de la OMS donde herramientas como el Índice de Calidad de Aire (ICA) e Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud (IBOCA) brindan información del estado de la calidad del aire donde este último relaciona algunas recomendaciones e involucra la población vulnerable en dichas acciones con el fin de disminuir la exposición de la comunidad.

En cuanto a la dinámica de los vientos, la influencia de las corrientes presentadas en la ciudad más la presencia de fuentes móviles, fijas, corredores viales, estado de las mismas, hace que sean factores determinantes en el comportamiento de los contaminantes y el nivel de contaminación que se presenta en la zona sur occidental resaltando aquellos factores que favorecen a las zonas centro y norte de Bogotá.

En respuesta a las intervenciones que realiza el distrito y cambios de hábitos que se pueden generar en la comunidad es importante comunicar acciones de promoción y prevención que de manera puntual permitan dar a conocer conceptos básicos de la contaminación su

asociación en salud y recomendaciones que disminuyan el riesgo en la salud y generen protección al ambiente.

Es importante el robustecer los datos en otras fuentes asociadas a calidad del aire y ampliar el diagnóstico a las demás localidades que hacen parte de la zona sur occidental de la ciudad con el fin de ampliar el panorama en el comportamiento de estos contaminantes y el seguimiento en el impacto que han tenido las intervenciones realizadas por parte del Distrito.



Planteamiento del problema

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental, “cada año la exposición a la contaminación del aire causa 7 millones de muertes prematuras y provoca la pérdida de otros tantos más millones de años de vida saludable” (OMS O. M., 2021). Adicionalmente, se ha relacionado con efectos adversos sobre la salud de la población, los cuales se ven reflejados en atención hospitalaria, pérdida de productividad, días laborales perdidos, entre otros. (Agency, 2021)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que en 2019 aproximadamente el 68% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, el 14% se debieron a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, el 14% se debieron a infecciones agudas de las vías respiratorias bajas y el 4% de las muertes se debieron a cánceres de pulmón.

Las personas en países de ingreso bajo y mediano soportan de forma desproporcionada la carga que supone la contaminación del aire exterior, ya que el 89% de los 4,2 millones de muertes prematuras ocurren en esas zonas. La mayor carga se registra en las regiones de Asia Sudoriental y del Pacífico Occidental de la OMS. Las últimas estimaciones sobre la carga de morbilidad reflejan la importante función que desempeña la contaminación del aire en las enfermedades cardiovasculares y la mortalidad derivada (OMS O. M., Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud, 2024).

Se ha calculado que, de las más de 5 millones de defunciones de niños menores de 5 años, 1,7 millones (más del 27%) se debieron a factores ambientales, donde la contaminación atmosférica ocupa el primer lugar. En 2022 se calculó que cada año fallecen prematuramente 442.000 niños menores de 5 años por respirar aire contaminado. La exposición de las embarazadas a la contaminación atmosférica podría reducir el peso de los recién nacidos, y cada vez son más las pruebas que relacionan este tipo de contaminación con el cáncer y las enfermedades metabólicas y del neurodesarrollo en los niños (Salud O. M., Cómo la contaminación del aire está destruyendo nuestra salud, 2024).

Actualmente en nuestro país las enfermedades respiratorias agudas constituyen la primera causa de consulta ambulatoria de urgencias, ocasiona entre el 50 y el 80% de las hospitalizaciones y representa la primera causa de mortalidad en la población menor de 5 años y la 5ª sobre la mortalidad general. El asma, ocupa el primer lugar entre los trastornos crónicos de la infancia, aparte de ser la primera causa de ausentismo escolar. Afecta entre el 5 y el 10% de la población menor de 15 años (Salud S. D., 2016). Así mismo, según estudio del Instituto Nacional de Salud (INS), se atribuyen 17.549 muertes a factores de riesgo ambiental, siendo 15.681 muertes asociadas a la mala calidad del aire, principalmente con pérdidas causadas por enfermedad isquémica del corazón (EIC) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (Salud M. d., 2021).

Debido a la contaminación del aire en Bogotá, en especial por causa del material particulado, se puede incrementar la proporción de los síntomas respiratorios en los menores de cinco años de edad, con expectoración, tos diferente a estados gripales, sibilancias (sonidos en el pecho al respirar) y ausentismo escolar por enfermedades respiratorias. En los últimos siete

años en la ciudad se han presentado cerca de 96.000 casos de enfermedad respiratoria probablemente asociados a la contaminación del aire (Bogotá, 2019).

Problema de Investigación

Descripción del Problema

La contaminación del aire nos afecta a todos. Es responsable de 1 de cada 9 muertes en todo el mundo y representa 6,7 millones de muertes solo en 2019. De ellas, más de 4 millones de muertes estuvieron relacionadas con la exposición a Contaminación exterior por partículas finas en todo el mundo (Evaluation's, 2022). Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad. En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire (Salud O. M., 2022). Es bien reconocida como un factor de riesgo importante para las enfermedades crónicas no transmisibles y se estima que contribuye más a la morbilidad y mortalidad global que todos los demás factores de riesgo ambientales conocidos.(Al-Kindi SG, 2020).

Diferentes estudios evidencian la relación entre la contaminación del aire principalmente a causas del material particulado y su posible asociación en salud, dando claridad que esta asociación puede ser multicausal, esta problemática en Bogotá D.C. se debe, en su mayoría, a la presencia de material particulado, el cual es originado a partir de procesos de combustión y resuspensión provenientes de fuentes móviles y del mal estado de las vías (Palacios, 2019). En Bogotá, el 10,5% (3.219) del total de las muertes que se presentan en la ciudad, son

atribuidas a la contaminación del aire urbano, lo que generó costos estimados en \$4,2 billones de pesos. ((DNP), 2017)

Los habitantes de las localidades en el suroccidente de la capital y en donde los niveles socioeconómicos son bajos, resultaron ser los más afectados. A esta contaminación se suma la generada por el humo de las fábricas, industrias o de los carros. "Las emisiones en la ciudad no solamente se presentan por fuentes de combustión". Hay polvo en el aire de zonas despavimentadas, en donde el viento a través de procesos erosivos hace que ese material particulado quede resuspendido en el aire". Adicional a esto, las emisiones que provienen de incendios forestales o de diversos contaminantes de lugares lejanos, por ejemplo, las que llegan del Amazonas o de Venezuela, son transportadas por los vientos que fluyen en determinadas épocas del año, llevándolas al suroccidente de Bogotá, lo que empeora aún más el problema de contaminación en el sector (Jorge Bonilla, 2021).

Formulación del problema

¿La elaboración de un diagnóstico de calidad de aire en el sector Carvajal mostrando el comportamiento del material particulado y aquellas variables que inciden en dicho contaminante destacando algunos aspectos informativos, así como de prevención y promoción para la comunidad puede contribuir a la toma de decisiones y brindar un acercamiento a la situación en Calidad de aire de la localidad?

Justificación

Se destaca que la zona ubicada al suroccidente de la ciudad presenta los valores más elevados de concentración y emisión, dentro de esta zona encontramos las localidades de Bosa, Kennedy, Puente Aranda, Tunjuelito y parte de Ciudad Bolívar, donde un dato relevante para nuestro estudio muestra que en la localidad de Kennedy el 40% aproximadamente de su población es mayor a 41 años según la distribución porcentual de la población por grupo etario. (Ambiente S. D., Plan estratégico para la gestión Integral de la calidad del aire de Bogotá 2030, 2021)

El diagnóstico de calidad de aire dentro del sector permite identificar los niveles de concentración, posibles fuentes asociadas de contaminación con el fin de establecer medidas de control, seguimiento y apropiación de la información por parte de la comunidad.

“La reducción de los contaminantes atmosféricos impacta positivamente en la salud de la población, mejorando su calidad de vida, sobrevida y control de enfermedades crónicas”, donde es importante medidas estrictas para su vigilancia. Los estándares de contaminantes deben apuntar a la reducción. Para el material particulado, no se ha demostrado que exista un umbral arriba del cual inicie el daño a la salud. Así mismo, hay que recordar que el impacto en la salud es consecuencia de la sumatoria de todas las exposiciones adversas y que se debe tener una visión incluyente que permita mejorar el aire que se respira en todos los ambientes. (Marisol Arroyo Hernández, 2016)

La ejecución de programas locales para el monitoreo de la calidad del aire se ha impuesto entonces como una necesidad, los datos obtenidos de las redes de monitoreo han servido para desarrollar diversos estudios, el montaje de unidades de diagnóstico ambiental y salud para la vigilancia de la contaminación en diferentes zonas de la ciudad, lo que consolidará la vigilancia de la calidad del aire (Manuel Romero, 2006).

La adopción de políticas e inversiones de apoyo al uso de medios de transporte menos contaminantes, la mejora de la eficiencia energética de las viviendas, la generación eléctrica, la industria, y una mejor gestión de residuos permitirían reducir algunas de las principales fuentes de contaminación del aire exterior en las ciudades (Salud O. M., 2022)

El dar a conocer a la comunidad la información de su sector y las acciones que realiza el distrito en pro de la reducción de la contaminación del aire, buscan incidir de manera positiva en la comunidad donde las acciones de promoción y prevención permitan generar bienestar y cambios de hábitos que impacten la salud de las personas.

Objetivos

➤ **Objetivo General:**

Elaborar un diagnóstico de calidad del aire por material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el sector de Carvajal perteneciente a la localidad de Kennedy, como parte de la evaluación de la posible afectación en salud principalmente en grupos de población vulnerable de la zona.

➤ **Objetivos Específicos:**

- Analizar los datos oficiales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ a partir de las estaciones de la RMCAB de la zona de estudio, evidenciando el comportamiento de estos contaminantes y sus posibles efectos en salud socializando algunas recomendaciones generales en torno a este tipo de contaminación para la comunidad en general.
- Evaluar la dispersión de PM_{10} y $PM_{2.5}$ de acuerdo con la dirección y velocidad del viento, a través de las variaciones en las concentraciones de este contaminante, identificando posibles fuentes de contaminación en las proximidades a la estación de la RMCAB.
- Construir una herramienta educativa para la comunidad en general que brinde información en torno a la problemática de calidad de aire con aspectos prácticos de promoción y prevención.

Marco de Referencia

➤ *Estado del Arte.*

Los estudios han mostrado que, en la población de niños, los contaminantes ambientales incluyendo el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el PM₁₀ contribuyen a la ocurrencia de síntomas respiratorios, cambios en la función pulmonar, aumento en las infecciones respiratorias e incremento en las consultas de urgencia, hospitalizaciones y mortalidad. Así mismo se ha evidenciado el efecto de la contaminación del aire en el ausentismo escolar medido este como impacto del efecto adverso de la contaminación del aire. (Gilliland, 2001) En Bogotá los estudios realizados por la Secretaría Distrital de Salud muestran que por cada 10 microgramos por metro cúbico que aumenta el material particulado, se puede incrementar hasta en un 20% las consultas por Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) en menores 5 años. Así mismo, un incremento entre 10 a 20 microgramos por metro cúbico, se encuentra asociado con un 40% de ausentismo escolar en población más expuesta. (Carlos Amaris de León, 2017)

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes de origen antropogénico y natural y el comportamiento de las variables meteorológicas que regulan la distribución de los mismos, en la atmósfera bogotana (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020). Desde el año 1997, esta red lleva registro de los contaminantes criterio en la ciudad, a partir de los datos arrojados por la RMCAB, varios autores e instituciones, incluido el IDEAM (2012 y 2016), han establecido que el principal problema de la calidad del aire de Bogotá es el material particulado, que sobrepasa los límites establecidos y las concentraciones recomendadas por

la OMS (Aguirre, 2018). A continuación, se presentan algunos aspectos relevantes a partir de los análisis a los Informes del Estado de la Calidad del Aire en Colombia en diferentes periodos para PM_{10} y $PM_{2.5}$, teniendo presente las concentraciones promedio anuales registradas de las estaciones de la RMCAB en la zona de Carvajal:

- Informe del Estado de Calidad del Aire en Colombia (2011-2015)

Para PM_{10} y $PM_{2.5}$ en la ciudad de Bogotá se destacan las estaciones Carvajal y Kennedy, localizadas en el suroccidente de Bogotá, las cuales durante los cinco años estudiados incumplieron la normatividad nacional y cuyas concentraciones promedio anuales se encuentran entre las más altas con respecto a las estaciones que monitorearon estos contaminantes en el país (Instituto de Hidrología M. y.-I., 2016).

- Informe del Estado de Calidad del Aire en Colombia (2016)

Para PM_{10} las estaciones de monitoreo Carvajal – Sevillana, Kennedy, Puente Aranda y Suba, localizadas en jurisdicción de la Secretaría de Ambiente (SDA), superan el nivel máximo permisible anual establecido por la Resolución 610 de 2010. Estas zonas se caracterizan por la alta densidad poblacional, el alto número de fuentes móviles y la ubicación de fuentes fijas y de área que contribuyen al aumento de las concentraciones de este contaminante en el aire ambiente. Para $PM_{2.5}$ en la estación de Carvajal, no excedieron los límites máximos permisibles de la normatividad vigente de la época (Instituto de Hidrología M. y., 2017).

- Informe del Estado de Calidad del Aire en Colombia (2017)



Durante el año 2017, las concentraciones de este contaminante excedieron el nivel máximo permisible anual en las estaciones de monitoreo: Carvajal – Sevillana y Kennedy en Bogotá (SDA). El cumplimiento normativo a nivel nacional para esta variable fue de 91,4% (18,3% más con respecto al año 2016). Para PM_{2.5}. A nivel nacional la estación de Carvajal – Sevillana registró la mayor cantidad de días con excedencias al nivel máximo permisible diario 100 µg/m³ (Instituto de Hidrología M. y.-I., 2018).

- Informe del Estado de Calidad del Aire en Colombia (2018)

En cuanto a las estaciones de monitoreo que incumplieron el nivel máximo permisible promedio anual se tiene que el 79,7% y el 34,8% de las mediciones realizadas en las estaciones de Carvajal y Kennedy. Durante el año 2018, las concentraciones de PM₁₀ excedieron el nivel máximo permisible anual en las estaciones de Carvajal – Sevillana y Kennedy en Bogotá (SDA). El cumplimiento normativo a nivel nacional para esta variable fue del 94,5% (3,1% más con respecto al año 2017). Para PM_{2.5} la estación de monitoreo Carvajal – Sevillana localizada en el Distrito Capital; presentó concentraciones que superaron el nivel máximo permisible. Así mismo, el 7,9% de las mediciones de PM_{2.5} realizadas en la estación de monitoreo Carvajal - Sevillana se ubicaron en categoría Dañina a la Salud de Grupos Sensibles (Instituto de Hidrología M. y., 2019)

Las concentraciones atmosféricas de material particulado superan los valores establecidos por la reglamentación ambiental de la ciudad. En particular, en la zona industrial de Bogotá las violaciones a la norma de calidad del aire se presentan de manera permanente desde hace

varios años. Entre los años 1998 y 2005, siete estaciones de la red han reportado medias anuales que superan la norma anual para PM₁₀.

La información meteorológica permitió establecer que la velocidad del viento es el parámetro más influyente (por encima de la intensidad de precipitación) en los niveles de contaminación por material particulado percibidos en la ciudad de Bogotá. A mayor velocidad del viento la concentración por material particulado es menor (Mauricio Gaitán, Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá, 2007).

➤ ***Marco Histórico.***

- ❖ Paula González Pannia – Efectos de la contaminación del aire en la salud infantil. Las personas en situación de vulnerabilidad social suelen ser las más expuestas a contaminantes ambientales. Resulta fundamental que los pediatras concienticemos a nuestros pacientes sobre los riesgos de la contaminación ambiental para que puedan tomar medidas que disminuyan su exposición. Aunque sean pequeñas intervenciones, tienen impacto directo sobre la salud de nuestra población (Pannia, 2023).
- ❖ Laboratorio de Investigación de Greenpeace – La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021. La contaminación del aire afecta la salud y puede hacerlo incluso en bajas concentraciones. Se necesitan acciones urgentes para abordar el problema de la contaminación por PM_{2.5} para proteger la salud de la población y evitar fallecimientos por la mala calidad del aire. La carga para la salud por la contaminación del aire que se siente hoy en Bogotá amerita acciones para reducir las



concentraciones de contaminantes. Bogotá cuenta con una extensa red de transporte público. La modernización de la flota de vehículos de transporte público y la transición a vehículos más limpios para reducir las emisiones de contaminantes del aire podrían reducir significativamente las emisiones de contaminantes del aire en lugares donde las personas están expuestas. Las medidas para eliminar gradualmente los vehículos con motor de combustión interna, mejorarán la calidad del aire en toda la capital y mejorarán la calidad de vida de las personas (Aidan Farrow, 2022).

- ❖ Secretaría Distrital de Ambiente – Plan estratégico para la gestión Integral de la calidad del aire de Bogotá 2030. La población principalmente afectada por la contaminación atmosférica está enfocada a la población infantil, principalmente del grupo etario entre 0 y 5 años, en segunda instancia se encuentra la población comprendida en la edad mayor a los 30 años. (**Ambiente S. D., Plan estratégico para la gestión Integral de la calidad del aire de Bogotá 2030, 2021**)

- ❖ Universidad Santo Tomas – Análisis de PM_{2.5} en Bogotá según valores guía de la OMS para enfermedades cardiopulmonares – 2020. La localidad de Kennedy presentó las mayores concentraciones de PM_{2.5} en todas las franjas horarias. Los valores registrados en esta zona y clasificados según las guías diarias y anuales de calidad del aire, evidenciaron que la localidad presentaría un incremento de 1,2 % en la mortalidad cardiopulmonar en el corto plazo y de 9 % en el largo plazo (Laura Andrea Rodríguez Camargo, 2020).



- ❖ Alcaldía Mayor de Bogotá – Análisis hora por hora del comportamiento de la calidad del aire en Bogotá durante el último año. A partir de los análisis realizados las localidades más afectadas por la contaminación son Kennedy y Bosa, pero a lo largo del día estas condiciones varían de acuerdo con la dinámica de la ciudad (Bogotá A. M., 2019).

- ❖ Consejo Superior de Investigaciones Científicas – La calidad del aire en las ciudades, un reto mundial. La necesidad de mejorar la calidad del aire se deriva del problema de salud pública que suponen sus efectos en la morbilidad y mortalidad prematura, así como los impactos en el medio ambiente y los costes derivados. Así pues, esta necesidad, y el cumplimiento de la legislación derivada de la misma, no es una opción ambientalista o ecologista, sino la obligación de dar respuesta a dicho problema (Querol, 2018).

- ❖ Biomédica – Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica. La contaminación del aire afecta particularmente a grupos etarios y poblaciones específicas. Los menores de cinco años son especialmente vulnerables ante los efectos nocivos de la contaminación del aire, debido a sus características anatómicas y fisiológicas. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores son la principal causa de mortalidad en menores de cinco años en Colombia, y Bogotá es una de las ciudades más afectadas. Según los datos reportados por las autoridades ambientales y los límites excedidos con respecto a la norma nacional, el principal contaminante en Bogotá es el material particulado, el cual tiene efectos directos sobre el aparato



respiratorio e interactúa con los virus respiratorios, potenciando sus efectos. En Bogotá, las localidades más contaminadas, como Kennedy, Puente Aranda, Fontibón y Suba, son las que presentan un peor panorama en cuanto a morbilidad y mortalidad por enfermedad respiratoria (Rodrigo Sarmiento, 2015).

- ❖ Revista de Salud Pública – Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de cinco años de Bogotá, 2007. Los estudios usualmente determinan como indicador de exposición el promedio diario de material particulado respirable, lo cual según la OMS constituye la guía a corto plazo, y las medias anuales corresponden a las guías a largo plazo (Luis J. Hernández, 2013).

- ❖ La contaminación por material particulado en la ciudad se ha visto incrementada durante los últimos años. Esta tendencia se explica por el crecimiento económico de la ciudad en ausencia de medidas efectivas para el control de las emisiones causadas por las fuentes fijas y móviles (Mauricio Gaitán, Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá, 2007).

➤ ***Marco Teórico.***

La relación entre contaminación del aire y salud se ha venido estudiando en el mundo desde la antigüedad, sin embargo, a partir de los episodios agudos de exposición al smog en Londres en 1952, comenzaron a realizarse estudios mediante diseños epidemiológicos de tipo cohorte y series de tiempo. (Ballester, Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción, 1999)

La contaminación atmosférica ha sido estudiada como factor asociado a fenómenos tan diversos y perjudiciales como los efectos sobre la salud humana o el calentamiento global. Son varios los eventos de salud de las poblaciones que se han asociado con la contaminación del aire, los cuales pueden ser expresados mediante indicadores de morbilidad y mortalidad. Entre ellos se destacan las enfermedades del sistema respiratorio como el asma, la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y las infecciones, pero también se han estudiado efectos sobre el sistema cardiovascular, el cáncer de órganos blanco diferentes al pulmón, resultados adversos en la gestación o alteraciones en el desarrollo de los niños. (Laumbach, 2010)

Los efectos relacionados con la exposición a la contaminación atmosférica son diversos. Los más estudiados son aquellos que se producen a corto plazo, es decir en el periodo de unos pocos días, habitualmente menos de una semana, después de la exposición, como aumento de la mortalidad total y por causas específicas, incremento de la utilización de los servicios sanitarios, ingresos hospitalarios, visitas a urgencias y consultas médicas, alteraciones de diferentes índices funcionales pulmonares e incremento de los síntomas de enfermedad y del uso de fármacos (Ballester, Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción, 1999).

La Secretaría de Salud establece la prioridad de aquellas enfermedades crónicas que ocasionan la mayor carga de enfermedad, muerte y discapacidad y que no son objeto de intervención de otra línea. Entre ellas relaciona directamente la contaminación del aire y las exposiciones ocupacionales. (Pinilla, 2007). La OMS estima que cerca de 7 millones de personas mueren cada año por la exposición a las partículas finas contenidas en el aire

contaminado, las cuales ingresan por el tracto respiratorio hacia los pulmones y al sistema cardiovascular provocando enfermedades como accidentes cerebrovasculares, cardiopatías, cáncer de pulmón, neumopatía obstructiva crónica e infecciones respiratorias, por ejemplo neumonía. Se atribuye a la contaminación del aire ambiente 4,2 millones de muertes en 2016. (Organización mundial de la salud, 2018)

La Organización Mundial de Salud, a través de sus guías de calidad del aire; establece los límites máximos permisibles para $PM_{2.5}$ y PM_{10} . Estos valores, se fundamentan en los efectos en salud que puede generar la exposición a este tipo de contaminantes, principalmente en los sistemas respiratorio y cardiovascular, donde sugiere que se establezcan normas orientadas a alcanzar las concentraciones más bajas posibles de acuerdo con sus limitaciones, capacidad y prioridades en salud pública en el ámbito local de cada país (OMS, actualización 2005).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas, menciona que los inventarios de emisiones son instrumentos indispensables en los procesos de gestión de calidad del aire y toma de decisiones, ya que son el punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control, tendientes a mejorar la calidad del aire. Adicionalmente, permite conocer la cantidad de fuentes existentes, los contaminantes que emiten y su cantidad. En esta guía, se establece que, dentro de las fuentes de información para identificar, caracteriza y cuantificar fuentes fijas se encuentran: Informes e inventarios de emisiones realizados anteriormente (nivel nacional o internacional), censos industriales del DANE, la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), reportes nacionales o regionales de

consumos de combustibles y las imágenes aéreas o satelitales. (Gaitán Varón & Cárdenas Ruiz, 2017)

Respecto a los niveles permisibles de contaminantes criterio en Colombia, desde el primero de enero del año 2018 entró en rigor la Resolución 2254 de 2017, la cual actualizó los niveles máximos permisibles contemplados en la Resolución 610 de 2010. Por tal motivo, el monitoreo y seguimiento realizado por las Corporaciones Autónomas Regionales y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos se centró en los seis (6) contaminantes criterio: Partículas Menores a 10 Micras (PM_{10}), Partículas Menores a 2.5 Micras ($PM_{2.5}$), Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O_3). (IDEAM, 2019)

En Bogotá estos contaminantes son monitoreados por la Secretaría Distrital de Ambiente, mediante la red de estaciones (13 fijas y 1 móvil) distribuidas por toda la ciudad, de acuerdo a estos datos se ha evidenciado que la estación Carvajal-Sevillana ha registrado desde hace varios años los valores promedio más elevados en concentración de material particulado de la ciudad, junto con la estación de Kennedy, esto se puede explicar de manera general por la cantidad de fuentes móviles que transitan diariamente por este punto, las actividades económicas que se realizan en esta área, la dirección y velocidad del viento, la inversión térmica, entre otros aspectos. Siendo este el punto más crítico en calidad del aire de la ciudad es importante analizar información adicional o complementaria a la que registra la RMCAB en el área de influencia de esta estación, que permita observar posibles variaciones en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respecto a los datos oficiales reportados. Las dos estaciones de medición de calidad del aire que se ubican en la localidad de Kennedy registraron índices

por encima de los permitidos, en la concentración de material particulado PM_{2.5}. Según la normatividad colombiana, la cifra permitida es de 25 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), pero en el 2016, la estación de Kennedy registró niveles de $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y la de Carvajal, $30,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe señalar que la alta concentración de estas partículas puede generar problemas respiratorios y son un indicador de la calidad de aire que se respira en una urbe. (Gonzalez, 2017)

La calidad del aire de la localidad de Kennedy puede considerarse como deficiente, las partículas de este contaminante por su tamaño 10 microgramos tienden a quedar retenidas en las vías respiratorias, afectando el sistema respiratorio. La exposición continua de la población a este contaminante genera un riesgo para la población de adquirir alguna enfermedad del sistema respiratorio, de igual forma, los grupos de población menores de 5 años y mayores de 60 años son los más afectados y propensos a sufrir de IRAS. La estructura de la población de la localidad de Kennedy sugiere que para el año 2018, los grupos de edades más avanzados están creciendo, y a la vez los estudios epidemiológicos afirman que la exposición de la población a grandes emisiones de contaminación por material particulado incrementan tanto la morbilidad como la mortalidad por infecciones del sistema respiratorio, por lo tanto, si no se controlan las emisiones del material particulado en el futuro puede haber más población expuesta y susceptible de enfermar, especialmente en los rangos de edad más avanzados. (Gil, 2020)

➤ *Marco Conceptual.*

Asma: es una obstrucción bronquial del flujo aéreo, por un proceso inflamatorio alérgico, en el que los alérgenos inhalantes como el ácaro del polvo doméstico, los hongos del ambiente

(anemófilos) y los alérgenos alimentarios (leche, huevo, mariscos, cereales, etc.) son las causas más frecuentes en los pacientes sensibilizados, pero donde, también, intervienen otros factores no específicos, como el humo de tabaco, los polvos y el humo de los químicos, las infecciones respiratorias y los cambios climáticos, que tienen un papel importante en provocar las crisis de asma. (Anselmo Abdo Rodriguez, 2006)

Contaminantes atmosféricos: normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales -climatización-, y procesos de eliminación de residuos). Se distingue entre contaminantes primarios y secundarios. Los primeros son los que proceden directamente de la fuente de emisión. Los contaminantes secundarios se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la atmósfera, distinguiéndose, sobre todo, la contaminación fotoquímica y la acidificación del medio. (Ballester, Contaminación atmosférica, cambio climático y salud, 2005)

Contaminantes: Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos renovables y la salud humana que, solos o en combinación o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Enfermedades respiratorias agudas: Son afecciones de las vías respiratorias superiores o inferiores, que suele ser de origen infeccioso y que pueden dar lugar a una variedad de

trastornos que va desde infecciones asintomáticas o leves hasta las enfermedades graves o mortales. La gravedad depende del microorganismo patógeno causal y de factores del medio ambiente y huésped. (WHO, 2014)

Enfermedad cardiovascular: en el personal de salud es un término general que puede incluir muchos tipos de enfermedades del corazón, incluyendo principalmente ataques al corazón y derrames cerebrales por hipertensión arterial. (Guerra, Cuevas, & Florez, 2016)

Estación de calidad del aire fija: Estación que monitorea la calidad del aire ambiente en un punto fijo por un tiempo superior a un año, usando equipos especiales para el monitoreo de un contaminante determinado y con métodos de referencia diseñados para tal fin (IDEAM, 2008).

EPOC: Es un síndrome de limitación progresiva del flujo aéreo causado por la inflamación crónica de la vía aérea y el parénquima pulmonar. La limitación crónica al flujo de aire es usualmente progresiva y asociada a una respuesta inflamatoria pulmonar anómala a partículas o gases tóxicos. (Antúnez, 2009)

Fuente de emisión: Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Fuente fija: Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Fuente móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud (IBOCA): Es un instrumento de comunicación del riesgo en salud ambiental, que orienta la toma de decisiones individuales o poblacionales para disminuir la exposición a la contaminación atmosférica y prevenir afectaciones en la salud de las personas y el ambiente (**Ambiente, Resolución conjunta 2840 de 2023, 2023**),

Índice de Calidad de Aire (ICA): El ICA es un valor adimensional que oscila entre 0 y 500 que representa el grado de contaminación del aire ambiente y los potenciales efectos perjudiciales en la salud pública. Este índice permite ofrecer información sobre la calidad del aire a la población que sea fácil de entender y que exponga las posibles complicaciones en la salud que pueden llegar a presentarse cuando los contaminantes alcanzan niveles no saludables, además de ofrecer un criterio para comparar la calidad entre diferentes ciudades y países (**Ambiente S. D., Informe anual de calidad de aire 2020, 2021**).

Material Particulado: El material particulado es uno de los contaminantes atmosféricos más estudiados en el mundo, este se define como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999), que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas. (Suarez, 2012)

PM₁₀ (Material particulado menor a 10 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales. (Ministerio de Ambiente, 2010)

PM_{2.5} (Material particulado menor a 2,5 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales. (Ministerio de Ambiente, 2010)

Población Vulnerable: Población con enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares, mujeres en condición de embarazo, personas mayores de 60 años y niños y niñas menores de cinco años. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015). Así mismo, conceptos dados por otros autores tocan otros aspectos que influyen en por qué consideramos a una población como vulnerable: “Una persona vulnerable es aquella cuyo entorno personal, familiar, relacional, profesional, socioeconómico o hasta político padece alguna debilidad y, en consecuencia, se encuentra en una situación de riesgo que podría desencadenar un proceso de exclusión social. De manera que el nivel de riesgo será mayor o menor dependiendo del grado de deterioro del entorno”, así “los ancianos, los niños pequeños, las personas que no disfrutaban de buena salud, los fumadores, los trabajadores expuestos por riesgo ocupacional y los que padecen bronquitis crónica, asma bronquial y cardiopatía coronaria, son más vulnerables a daños”. (González, 2015)

➤ ***Marco Legal.***

A continuación, se relaciona la normatividad vigente en torno a la temática de calidad de aire que sirve como guía en el cumplimiento de los parámetros, así como las directrices nacionales e internacionales establecidas.

Tabla 1 Guías y normas vigentes referentes a calidad del aire.

Tipo de norma	Autoridad que la expide	Artículos	Aspectos relevantes
Constitución política de Colombia	Asamblea Constituyente de Colombia de 1991	49	Toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad.
		79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios
		80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas (Colombia, 1991)
Decreto Ley 2811 de 1974	Presidencia de la República	75	Para prevenir la contaminación atmosférica se dictarán disposiciones correspondientes: b) La calidad que debe tener el aire, como elemento indispensable para la salud humana, animal o vegetal. (República, 1974)
Ley 9 de 1979	Congreso de Colombia, Ministerio de Salud.	41	El Ministerio de salud fijará normas sobre calidad de aire teniendo en cuenta los postulados en la presente Ley y en los artículos 73 a 76 del Decreto – Ley 28 11 de 1974. (Salud M. d., 1979)
Documento CONPES 3344	Departamento Nacional de Planeación	-	Lineamientos para la formulación de la política y prevención y control de la contaminación del aire
Decreto 979 de 2006	Presidencia de la República	2	De los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire
Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial		Lineamientos para tener en cuenta en la operación y manejo de los sistemas de calidad del aire
Resolución 610 de 2010	Ministerio de Ambiente,	1	Establece conceptos de la temática de calidad de aire modificando el anexo 1 de la

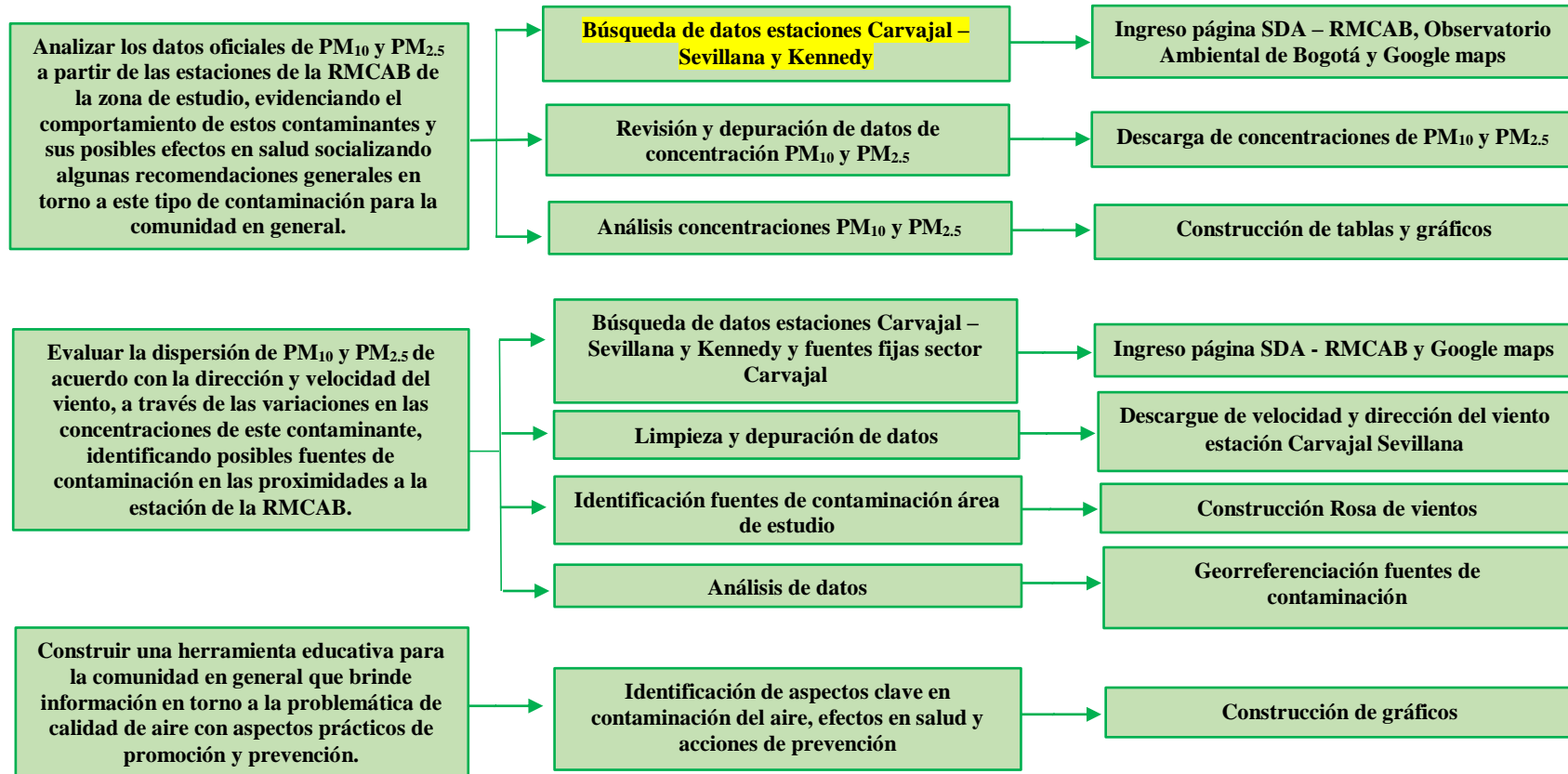
Tipo de norma	Autoridad que la expide	Artículos	Aspectos relevantes
	Vivienda y Desarrollo Territorial		Resolución 601 de 2006. (Ministerio de Ambiente, 2010)
Decreto 623 de 2011	Alcaldía Mayor de Bogotá		Por medio del cual se clasifican las áreas-fuente de contaminación ambiental Clase I, II y III de Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones.
Decreto 595 de 2015	Alcaldía Mayor de Bogotá		Por el cual se adopta el Sistema de Alertas Tempranas Ambientales de Bogotá para su componente aire, SATAB-aire
Resolución 1632 de 2017	Secretaría Distrital de Ambiente		Reglamento de protección y control de la calidad del aire
Resolución 2254 de 2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	1	Objeto y ámbito de aplicación. Establece la norma de calidad del aire o inmisión para el territorio nacional.
		2	Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio. Valores máximos expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 y CO ; con sus respectivos tiempos de exposición.
		3	Niveles máximos permisibles a 2030. Valores máximos expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 y NO_2 ; con sus respectivos tiempos de exposición proyectados para el año 2030.
		10	Concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para los niveles de Prevención, Alerta o Emergencia. Rangos de concentraciones de PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 y CO ; con sus respectivos periodos de exposición para determinar cada uno de los niveles.
		19	Descripción general del ICA. Se presentan los rangos con su correspondiente color asignado para el estado de la calidad del aire (Buena, Aceptable, Dañina a la salud de grupos sensibles, Dañina para la salud, muy dañina para la salud y Peligroso). Se relacionan de igual forma, los efectos asociados a cada categoría, rango o color.
20	Puntos de corte del ICA. Se presentan los puntos de corte para los diferentes rangos del Índice de Calidad del Aire: 24 horas para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$; 8 horas para CO y O_3 ; 1 hora para SO_2 y NO_2 . Para un pequeño número de áreas el O_3 se reportará cada hora.		
Decreto 332 de 2021	Alcaldía Mayor de Bogotá		Por medio del cual se adopta el Plan Estratégico para la Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030 - Plan Aire

Tipo de norma	Autoridad que la expide	Artículos	Aspectos relevantes
Plan Estratégico para la Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030 - Plan Aire	Secretaría Distrital de Ambiente		Instrumento de planeación que define las acciones que la ciudad debe abordar para alcanzar los niveles de calidad de aire establecidos en la resolución 2254 de 2017 (Bogotá P. E., 2021)
Directrices mundiales de la OMS sobre la Calidad del Aire	Organización Mundial de la Salud		Se realiza la actualización de las directrices mundiales de la OMS sobre la Calidad del Aire ((WHO), 2021)
Resolución conjunta 2840 de 2023	Secretaría Distrital de Ambiente		Por medio de la cual se establece el nuevo Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud — IBOCA— para la gestión conjunta del riesgo en ambiente y salud en función del estado de la calidad del aire en el Distrito Capital

Fuente: Los autores

Metodología

Ilustración 1 Enfoque Metodológico



Fuente: Los autores

- Analizar los datos oficiales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ a partir de las estaciones de la RMCAB de la zona de estudio, evidenciando el comportamiento de estos contaminantes y sus posibles efectos en salud socializando algunas recomendaciones generales en torno a este tipo de contaminación para la comunidad en general.

Teniendo en cuenta las directrices Nacionales y las guías OMS, se realiza revisión de los datos de material particulado de las estaciones de Kennedy y Carvajal pertenecientes a la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá (RMCAB), descargando dichos datos del Observatorio Ambiental de Bogotá y la página de la RMCAB donde, apoyados con la revisión bibliográfica del documento se establecen los posibles efectos asociados a la contaminación del aire relacionando algunas recomendaciones de promoción y prevención para la comunidad.

- Evaluar la dispersión de PM_{10} y $PM_{2.5}$ de acuerdo con la dirección y velocidad del viento, a través de las variaciones en las concentraciones de este contaminante, identificando posibles fuentes de contaminación en las proximidades a la estación de la RMCAB.

A partir de la revisión bibliográfica realizada de la dirección y velocidad del viento de la ciudad, se analizará que incidencia puede tener dentro del sector de Carvajal dicho comportamiento en la dispersión del material particulado.

Con la información perteneciente a la Secretaría Distrital de Ambiente relacionada con fuentes fijas, la cual se encuentra clasificada por fuente de combustión (Líquida, gas y sólida)

en el sector Carvajal se realizará una georreferenciación de dichos puntos apoyados con la herramienta de Power Bi analizando la cercanía de estas fuentes en el sector y su relación con el aporte de material particulado.

- Construir una herramienta educativa para la comunidad en general que brinde información en torno a la problemática de calidad de aire con aspectos prácticos de promoción y prevención.

A partir de la revisión bibliográfica y el consolidado del análisis de la información se establecerán algunos aspectos generales de la contaminación del aire, efectos en salud y acciones de prevención a través de material didáctico el cual se espera genere apropiación y conocimiento dentro de la comunidad en el tema de estudio y en el estado de calidad de aire del sector.

Procedimiento

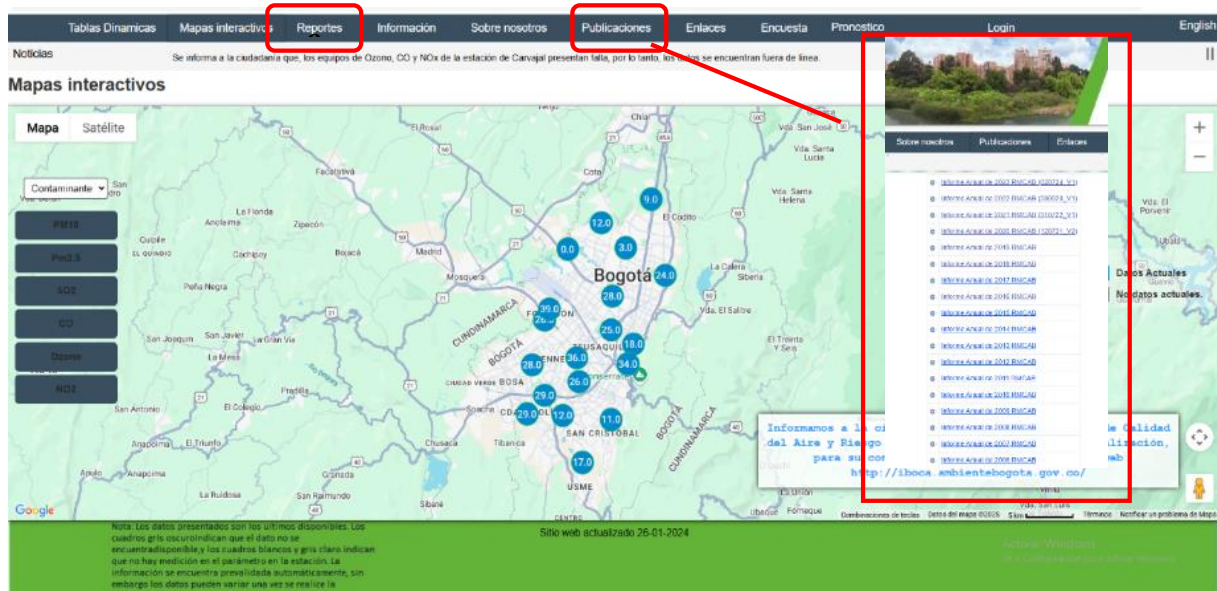
El tipo de investigación es de carácter exploratorio, ya que se evaluaron los datos de concentración de PM_{10} , $PM_{2.5}$, velocidad y dirección del viento, donde a partir de dichos valores, se analizó el comportamiento de este contaminante criterio y las dinámicas del viento mostrando su incidencia en la contaminación del sector, así mismo, apoyados de la georreferenciación y la herramienta de power BI se muestran las fuentes que pueden incurrir posiblemente en la contaminación de calidad del aire dentro del sector de Carvajal; donde a partir de la recopilación de información se busca promover aspectos de promoción y prevención para que sean aprovechados por parte de la comunidad.

A partir de los objetivos específicos planteados dentro del documento, se realizó una revisión bibliográfica de la calidad del aire abordándolo desde un nivel macro a micro, como los estudios e información internacional, Colombia, ciudad para indagar en la información específica referente a la localidad de Kennedy y el sector de Carvajal. En Bogotá el monitoreo del estado de la calidad de aire está a cargo de la Secretaría Distrital de Ambiente la cual cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá la cual opera desde 1997 y vigila las concentraciones de los diferentes contaminantes criterio (material particulado de diámetro menor a 10 y 2.5 micras - PM_{10} y $PM_{2.5}$, Ozono - O_3 , dióxido de azufre - SO_2 y dióxido de nitrógeno - NO_2 y monóxido de carbono - CO), de black carbón (o carbono negro) y variables meteorológicas (precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad y dirección del viento), por medio de las veinte (20) estaciones instaladas en diferentes lugares de la ciudad.

Las estaciones de monitoreo están conformadas por monitores, analizadores y sensores automáticos que recolectan datos cada hora sobre el estado de la calidad del aire en Bogotá. Esta información es almacenada y enviada vía internet hacia el servidor central de la Secretaría de Ambiente. En este se prevalida para, posteriormente, ser publicada en tiempo real en la página web de la entidad.

La RMCAB cuenta con un sitio web donde se pueden visualizar los valores de las concentraciones y parámetros meteorológicos, los cuales se actualizan cada hora y se pueden visualizar a través de tablas, gráficas o mapas en los que se presentan las estaciones activas, a su vez con los indicadores del IBOCA para PM_{2.5}, así como los registros de las variables meteorológicas, donde es posible acceder a los reportes periódicos y descargar la información histórica por cada estación (Ambiente, Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, 2025). De esta manera se estableció el revisar las estaciones de Kennedy y Carvajal Sevillana las cuales se encuentran monitoreando dentro de la localidad objeto de estudio.

Ilustración 2 *Página web Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá*

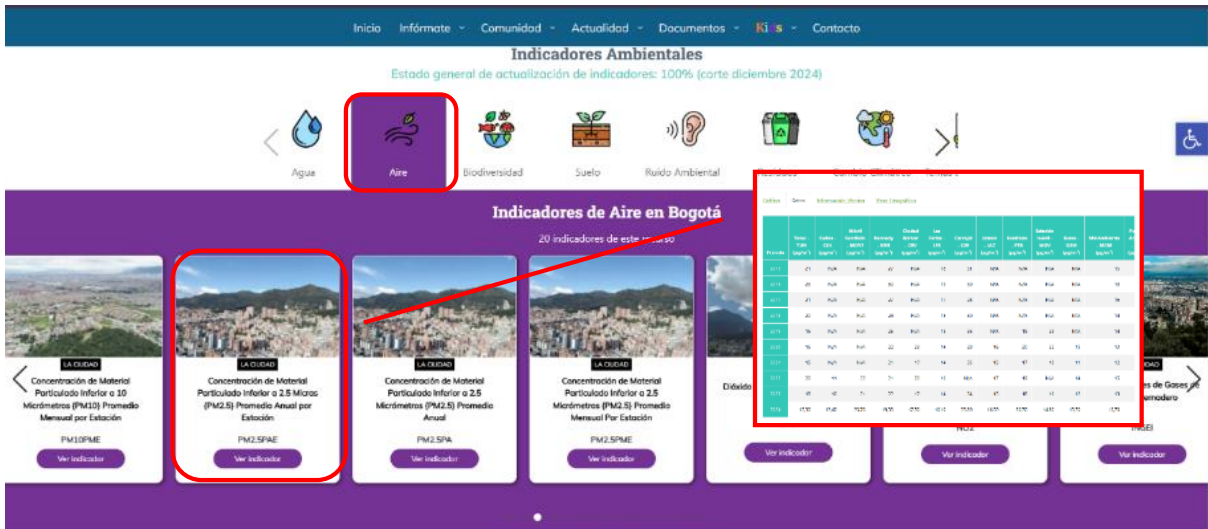


Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente.

Dentro de dicha página manejan publicaciones anuales del estado de calidad del aire de Bogotá desde el periodo 1999 a 2023, informes que se utilizaron como insumo en el comportamiento y excedencias del material particulado en el sector, así como la dinámica de los vientos en la ciudad y en la localidad de Kennedy.

Así mismo, esta Secretaría cuenta con la página del Observatorio Ambiental de Bogotá la cual a través de indicadores en el recurso Aire brinda información del comportamiento anual en cada una de las estaciones de la ciudad, recopilando los datos anuales por estación de manera histórica a partir del año 2015.

Ilustración 3 *Página web Observatorio Ambiental de Bogotá.*



The screenshot shows the website interface for 'Indicadores Ambientales'. At the top, there is a navigation bar with links for Inicio, Infórmate, Comunidad, Actualidad, Documentos, and Contacto. Below this, the main heading is 'Indicadores Ambientales' with a sub-heading 'Estado general de actualización de indicadores: 100% (corte diciembre 2024)'. A row of icons represents different environmental categories: Agua, Aire, Biodiversidad, Suelo, and Ruido Ambiental. The 'Aire' icon is highlighted with a red box. Below this, the section 'Indicadores de Aire en Bogotá' is displayed, featuring 20 indicators. Four indicators are shown in a grid, each with a title, description, and a 'Ver indicador' button. The first indicator is 'Concentración de Material Particulado Inferior a 10 Micrómetros (PM10) Promedio Mensual por Estación'. The second is 'Concentración de Material Particulado Inferior a 2.5 Micrómetros (PM2.5) Promedio Anual por Estación', which is highlighted with a red box. The third is 'Concentración de Material Particulado Inferior a 2.5 Micrómetros (PM2.5) Promedio Anual'. The fourth is 'Concentración de Material Particulado Inferior a 2.5 Micrómetros (PM2.5) Promedio Mensual Por Estación'. To the right of these indicators is a data table with columns for Fecha, Estación, and various pollutant levels. The table is also highlighted with a red box. The bottom of the page features a purple footer.

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente.

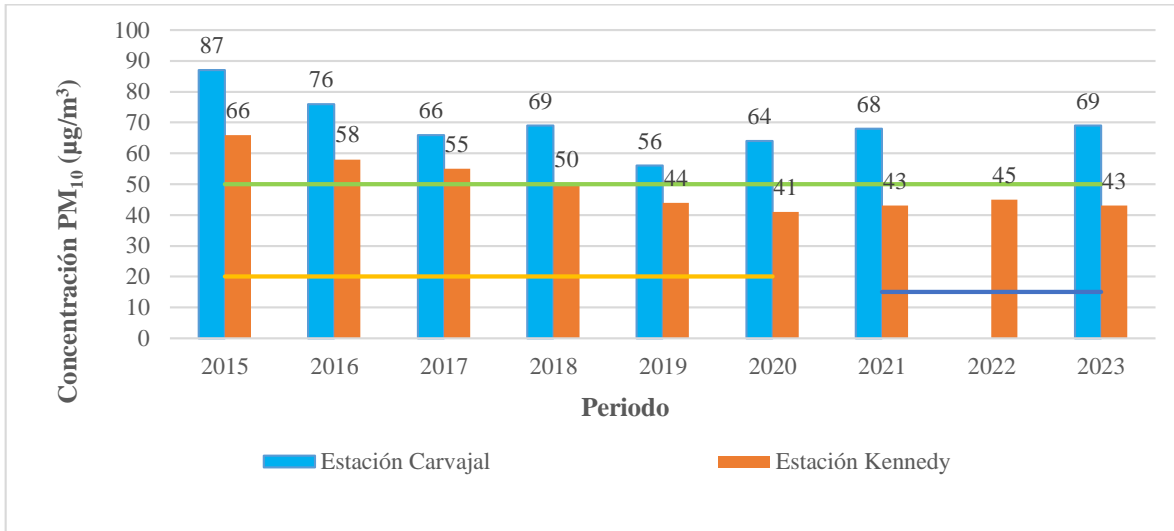
Resultados

- Análisis de los datos oficiales de PM_{10} y $PM_{2.5}$ a partir de las estaciones de la RMCAB de la zona de estudio, evidenciando el comportamiento de estos contaminantes y sus posibles efectos en salud socializando algunas recomendaciones generales en torno a este tipo de contaminación para la comunidad en general.

Se realizó una revisión de los promedios anuales para PM_{10} y $PM_{2.5}$ de las estaciones de Carvajal y Kennedy, datos que hacen parte de los indicadores de aire de Bogotá relacionados dentro de la página del Observatorio Ambiental de Bogotá, la gráfica 1 y 2 muestra el comportamiento del material particulado en relación con las directrices nacionales establecidas en la resoluciones 610 de 2010 y 2254 de 2017 así como las guías internacionales de la organización Mundial de la Salud actualización 2005 y 2021, donde se evidencia que en los parámetros de salud las dos estaciones se encuentran por encima de dichas directrices tanto para PM_{10} y $PM_{2.5}$. En cuanto a la normatividad nacional para PM_{10} y $PM_{2.5}$ la estación de Carvajal excede la norma anual para los periodos analizados, sin embargo, la estación de Kennedy muestra cumplimiento a partir del periodo 2018.

En cuanto al comportamiento de PM_{10} , los periodos de 2015 y 2016 presentan las mayores concentraciones anuales con un promedio de $81,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $62,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Carvajal y Kennedy respectivamente, a partir de 2016 al 2023 se observa un promedio de $65,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal y $45,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Kennedy mostrando un descenso del 19,2% y 26,0% en las concentraciones para Carvajal y Kennedy respectivamente, sin embargo, al comparar dichos valores con los presentados por las demás estaciones de la ciudad (Ver Anexo 1) Carvajal y Kennedy junto a algunas que hacen parte de la zona Sur Occidental son las que presentan mayores niveles de contaminación.

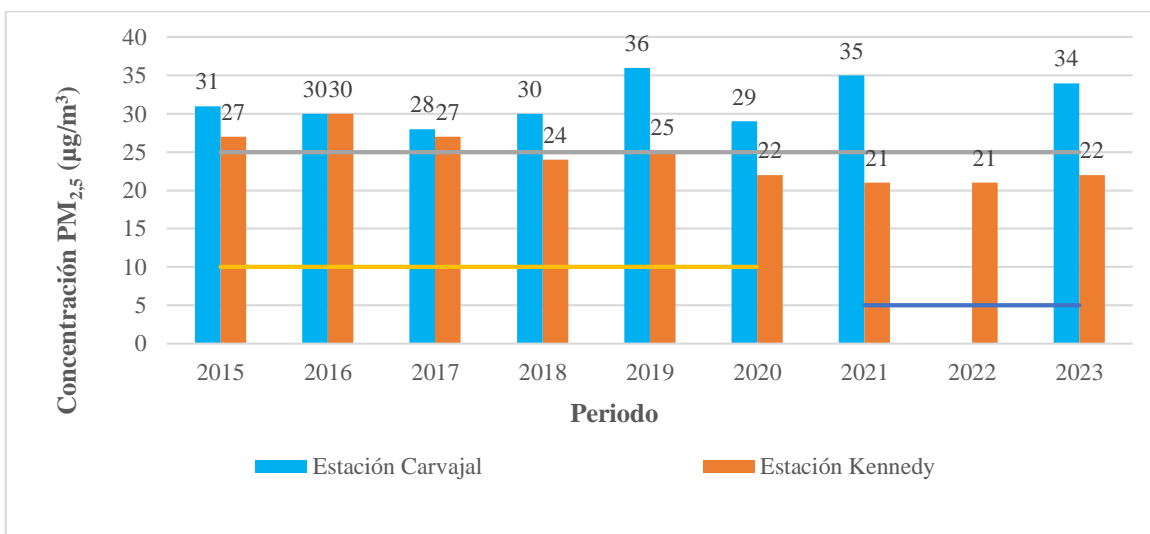
Gráfica 1 Comportamiento anual Material particulado PM_{10} , estaciones Carvajal y Kennedy Periodo 2015 - 2023



Fuente: Gráficas elaboradas por los autores, datos del Observatorio Ambiental de Bogotá

Para $PM_{2.5}$ el comportamiento se ha mantenido similar para los periodos de análisis, sin embargo, la estación de Carvajal en promedio se encuentra en un 23,1% por encima de la estación de Kennedy.

Gráfica 2 Comportamiento anual Material particulado $PM_{2.5}$, estaciones Carvajal y Kennedy Periodo 2015 - 2023.



Fuente: Gráficas elaboradas por los autores, datos del Observatorio Ambiental de Bogotá

Así mismo, teniendo en cuenta las directrices nacionales y las establecidas en las guías de la OMS a continuación, se presentan las excedencias en las estaciones de estudio a partir del comportamiento diario de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Se da claridad que para 2022 y 2023 la SDA indica que las concentraciones estimadas en la estación de Carvajal Sevillana son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%.

A realizar un comparativo con la norma Nacional la tabla 2 muestra que para PM_{10} en los periodos de estudio la estación de Carvajal presenta mayor número de excedencias que la estación de Kennedy en todos los casos, en cuanto a las directrices de la OMS el valor es similar en 2015 y 2016 sin embargo, en el periodo de 2016 y 2022 la estación de Kennedy presentó mayor número de excedencias que Carvajal. Para el comportamiento de $PM_{2.5}$, las excedencias de 2015 a 2018 presentan un valor similar, pero 2016 y 2018 la estación de Kennedy presentó un mayor número de excedencias que la estación de Carvajal.

Tabla 2 Número de excedencias promedio diario material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, estaciones Carvajal y Kennedy. Periodo 2015 - 2023

Material particulado PM_{10}				
Periodo	Estación Carvajal	Estación Kennedy	Estación Carvajal	Estación Kennedy
	Res. Nacional ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Hasta 30 junio/18 - ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Desde 1 julio/18		Guías OMS 2005 ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) - Guías OMS 2021 ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	
2015	98	29	7	7
2016	48	12	203	207
2017	16	3	225	172
2018	7/61	0/1	269	165



Material particulado PM₁₀				
2019	39	12	183	114
2020	101	9	240	102
2021	119	10	260	106
2022	35*	10	58*	149
2023	54*	10	SD	127
Material particulado PM_{2.5}				
Periodo	Estación Carvajal	Estación Kennedy	Estación Carvajal	Estación Kennedy
	Res. Nacional (50 µg/m ³) Hasta 30 junio/18 - (37 µg/m ³) Desde 1 julio/18		Guías OMS 2005 (100 25µg/m ³) - Guías OMS 2021 (15 µg/m ³)	
2015	7	7	SD	SD
2016	12	15	SD	SD
2017	1	0	SD	SD
2018	0/27	1/6	260	153
2019	149	44	294	169
2020	80	26	179	108
2021	120	6	256	97
2022	20*	11	62*	240
2023	45*	24	SD	243

Fuente: Análisis por los autores con base en los datos registrados en los informes anuales 2015 - 2023

RMCAB, Secretaría Distrital de Ambiente.

SD: Sin dato

Así mismo el Distrito analiza dos indicadores de riesgo ambiental por contaminación atmosférica como son el índice de Calidad de Aire (ICA) de la US-EPA, de acuerdo con el documento “Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – y el Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud (IBOCA), este último basado en la ecuación y los umbrales del ICA.

A continuación, se presentan los resultados de estos índices para el periodo de estudio, promedios 24 horas, encontrando un comportamiento similar entre ellos, donde destacan las estaciones de Carvajal y Sevillana las cuales en su mayoría son las que se encuentran fuera de las categorías buena y favorable.

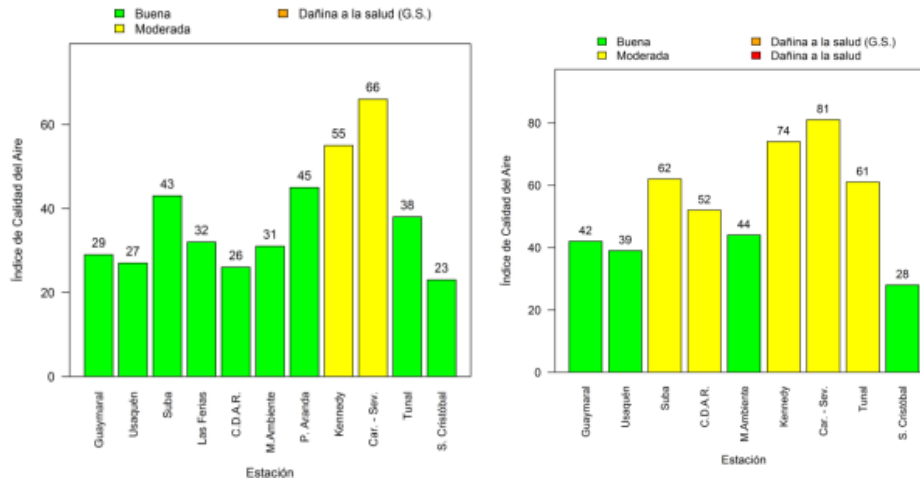
Para el periodo 2015 en las estaciones localizadas en el sur y suroccidente de la ciudad predomina la categoría “moderada” para PM_{10} presentándose incluso, la categoría “dañina para la salud en grupos sensibles” para Carvajal-Sevillana, esto debido a los máximos presentados el 24/02/2015 y 30/06/2015 producto de fenómenos de contaminación localizados. La categoría “Buena” se define cuando el ICA se encuentra entre 0 y 50 unidades. Se observa que, en promedio, todas las estaciones se enmarcaron en esta categoría con excepción de Kennedy y Carvajal-Sevillana. El mayor valor promedio de ICA correspondió a 66 en la estación de Carvajal-Sevillana.

En concordancia con el análisis realizado para PM_{10} , las estaciones con la calidad del aire más crítica al sur y suroccidente fueron Kennedy, Carvajal-Sevillana y Tunal las cuales, donde es mayor la afectación por fuentes fijas, móviles y de área.

Para $PM_{2.5}$ los efectos de concentraciones altas determinados por la categoría “dañina para la salud en grupos sensibles” en los valores del ICA, impactan al día siguiente teniéndose una exposición aguda fuerte el 12% del tiempo para Carvajal-Sevillana, 8% para Kennedy y

6% Tunal; cabe mencionar que se presentó un ICA “Dañino para la Salud” el 17/09/2015 para la estación Kennedy, concordante con el máximo presentado para 24 horas.

Ilustración 4 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM₁₀ (Izquierda) y PM_{2.5} (Derecha), periodo 2015.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2015. Secretaría Distrital de Ambiente

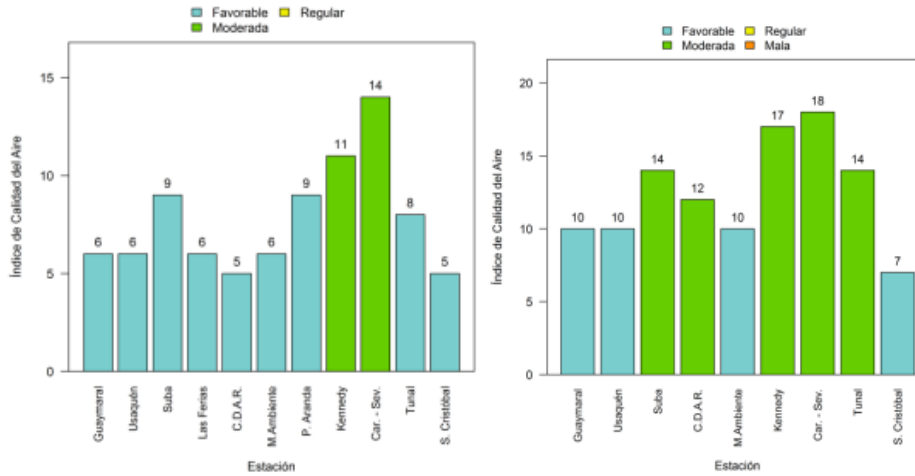
En cuanto al IBOCA en promedio, todas las estaciones se enmarcaron en esta categoría, con excepción de Kennedy y Carvajal-Sevillana donde el mayor valor promedio de IBOCA correspondió a 14 para esta última estación. En ningún caso, a excepción del máximo presentado en Carvajal-Sevillana, la ciudad estuvo en alerta amarilla por PM₁₀.

Para PM_{2.5}, este contaminante mostró cuatro categorías: “favorable”, “moderada”, “regular” y “mala”, las cuales se distribuyen en proporciones variadas en función de las estaciones de monitoreo. Se observa que en las estaciones del suroccidente la categoría “regular” es frecuente, presentándose el 15% del tiempo en Kennedy y el 25% del tiempo en Carvajal.

Los valores de IBOCA promedio para el año 2015 muestran que, cuatro de las nueve estaciones representativas se mantienen en categoría “favorable” y cinco en “moderada” con un valor máximo de 18 para Carvajal-Sevillana, lo cual indica que en promedio todas las

estaciones se encuentran lejos de la categoría “regular” o alerta amarilla (Ambiente, Informe Anual de la Calidad del Aire de Bogotá 2015, 2016).

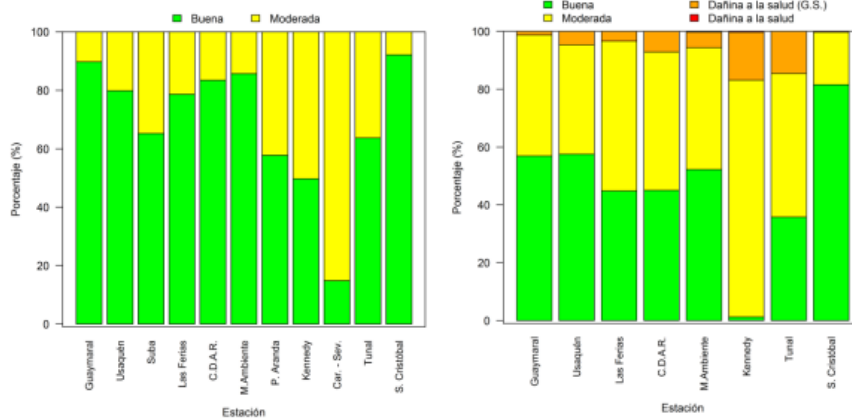
Ilustración 5 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2015.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2015. Secretaría Distrital de Ambiente

En 2016 para PM_{10} se observa que la estación Carvajal-Sevillana es la que presenta el mayor porcentaje de tiempo la categoría “Moderada”, con 85% de los días del año, en cuanto a $PM_{2.5}$ Kennedy fue la estación que tuvo el porcentaje más alto de días con ICA en categoría “Moderada”, con 82%, y la categoría “Dañina a la salud para grupos sensibles”, con 17% de los días del año.

Ilustración 6 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2016.

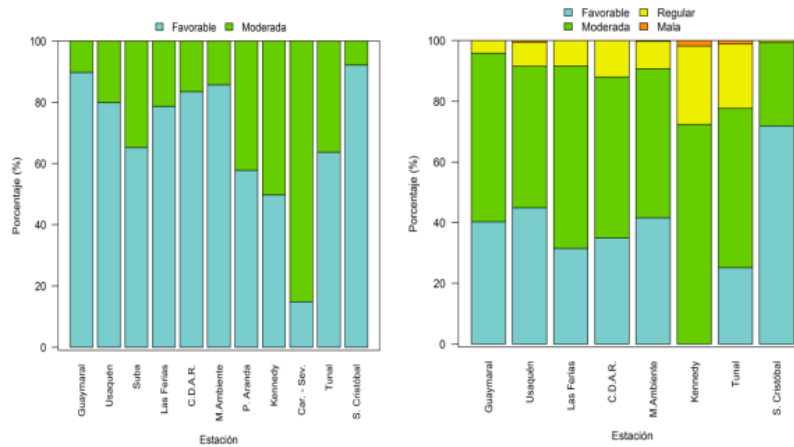


Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2016. Secretaría Distrital de Ambiente

En cuanto al IBOCA se observa que la estación Carvajal- Sevillana es la que presenta el mayor porcentaje de tiempo la categoría “Moderada”, con 85% de los días del año.

En contraste, la estación Kennedy no presentó ningún valor en la categoría “Favorable”, y presentó la mayor proporción de datos en la categoría “Moderada”, con un 72%, además de un 2% en la categoría “Mala”.

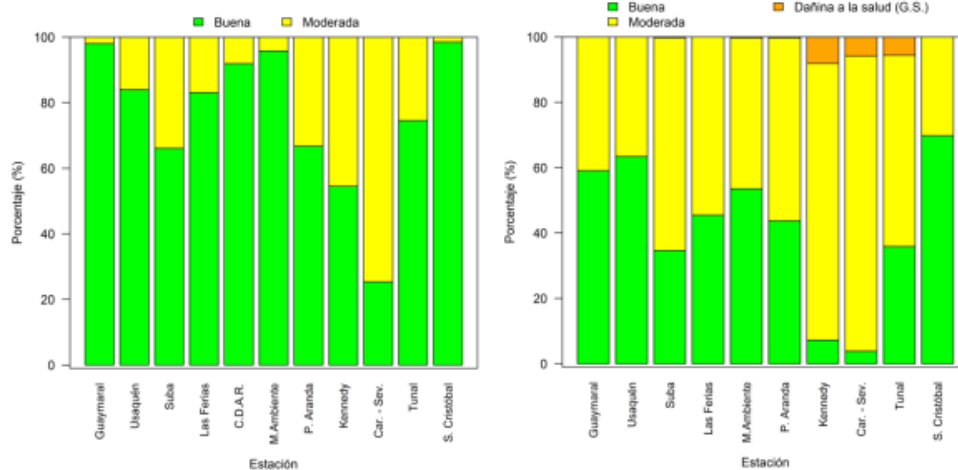
Ilustración 7 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2016.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2016. Secretaría Distrital de Ambiente

En el periodo 2017 para PM_{10} se observa que la estación Carvajal-Sevillana es la que presentó el mayor porcentaje de tiempo la categoría “Moderada”, con 75% de los días del año. En las demás estaciones, más del 55% del tiempo la calidad del aire estuvo en la categoría “Buena”, en $PM_{2.5}$, las estaciones que reportaron mayor porcentaje de calidad del aire clasificada como “Dañina a la Salud para Grupos Sensibles” fueron Kennedy (8%), Carvajal-Sevillana y Tunal (6%).

Ilustración 8 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2017.

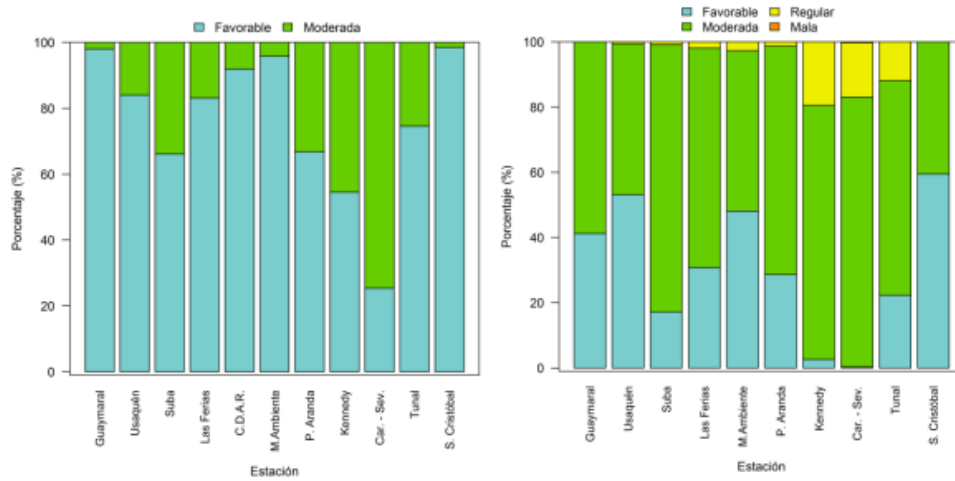


Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2017. Secretaría Distrital de Ambiente

Para PM_{10} en el IBOCA, se observa que la estación Carvajal-Sevillana presentó el estado de la calidad más desfavorable, con un 25% del tiempo en la categoría “Regular”, para $PM_{2.5}$, se evidencia que hay mayor número de categorías que los demás contaminantes y que el ICA, dado que este contaminante contiene los rangos más restrictivos de concentración. La estación Kennedy presentó la mayor cantidad de tiempo la categoría “Regular”, con un 19%

del tiempo, aunque la estación Carvajal-Sevillana llegó a registrar un 0.3% del tiempo en la categoría “Mala”, y no reportó datos con calidad del aire “Favorable”

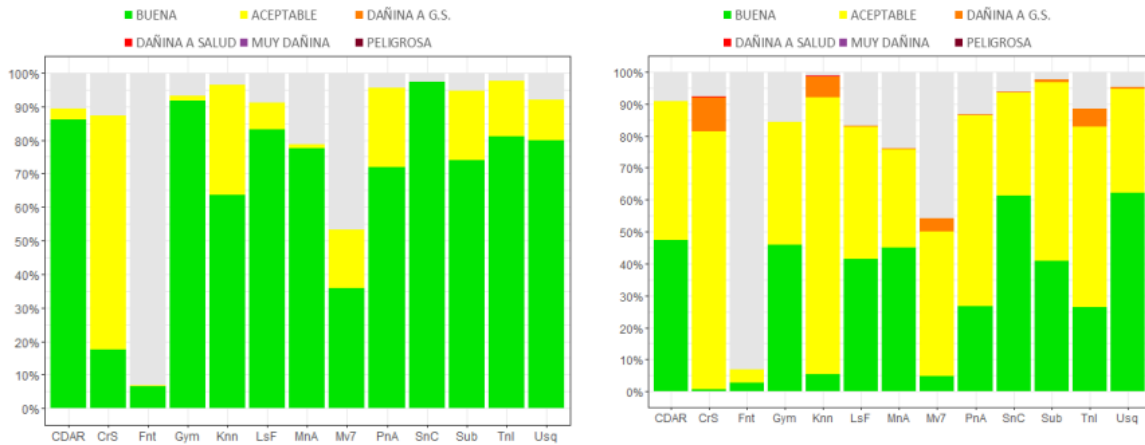
Ilustración 9 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2017.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2017. Secretaría Distrital de Ambiente

En el ICA para el periodo 2018 por estación de monitoreo, se observa que las condiciones más desfavorables se registraron por el contaminante $PM_{2.5}$, las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal presentaron las condiciones más desfavorables, siendo la primera estación la que registró un 14% en condición “dañina a grupos sensibles” y 86% en condición “aceptable”. Con base en PM_{10} , la estación Carvajal-Sevillana registró por mayor tiempo la condición “aceptable” con un 80% del año y la condición buena un 20% del tiempo.

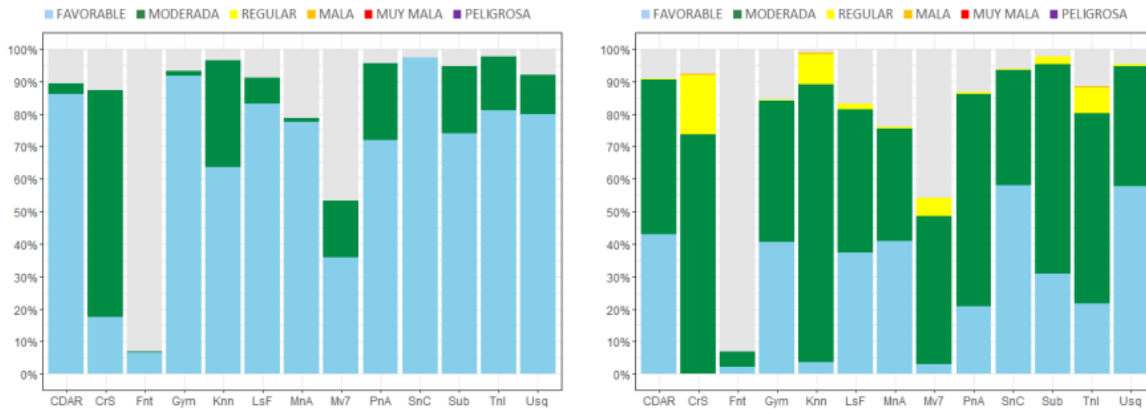
Ilustración 10 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM₁₀ (Izquierda) y PM_{2.5} (Derecha), periodo 2018.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2018. Secretaría Distrital de Ambiente

En cuanto al IBOCA para el contaminante PM₁₀, la condición más desfavorable se registró en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda, registrando la condición “moderada” en un 80%, 36% y 26% del tiempo respectivamente. Con respecto a PM_{2.5}, predominaron las condiciones “regular” y “moderada”, principalmente en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal, la primera estación registró la condición “regular” un 20% del tiempo, y “moderada” un 80% del año.

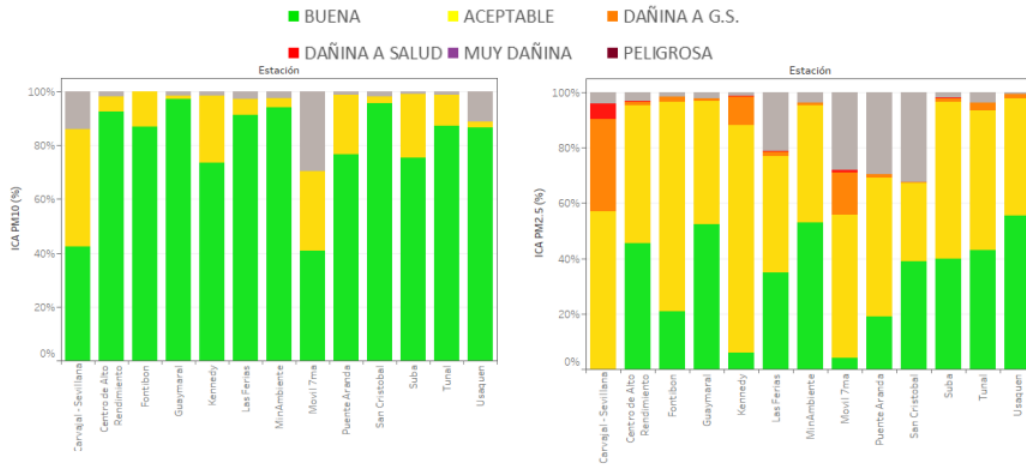
Ilustración 11 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2018.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2018. Secretaría Distrital de Ambiente

Para los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante el año 2019, las franjas en gris indican el porcentaje de datos faltantes en la estación. Se puede observar que para el PM_{10} predominan las condiciones Buena y Aceptable en la mayoría de las estaciones, Carvajal-Sevillana presentó el estado más desfavorable, con un 43% del año en la condición Aceptable. Para el caso del $PM_{2.5}$, los límites de cada condición son más restrictivos, dados sus efectos adversos en la salud, por lo cual se observa que se registró la condición Dañina a la salud durante un 5% del año en la estación Carvajal-Sevillana y en todas las estaciones se registró entre un 1% a 33% de la condición Dañina a la salud para grupos sensibles, en especial en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Móvil 7ma.

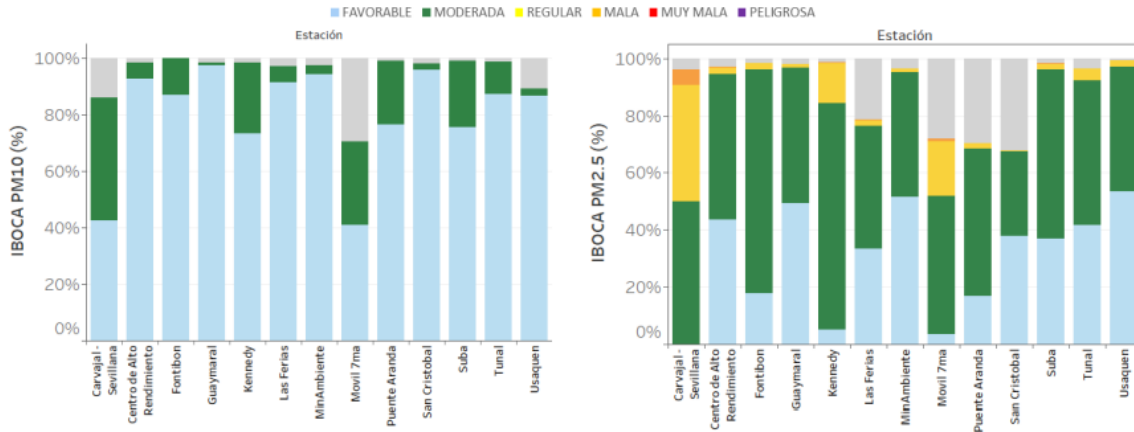
Ilustración 12 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2019.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2019. Secretaría Distrital de Ambiente

Para el PM_{10} , se observa que predominaron en todas las estaciones las condiciones Favorable y Moderada, Carvajal Sevillana y Móvil 7ma presentaron la condición Moderada, un mayor porcentaje del año, con 45% y 30% respectivamente. para el $PM_{2.5}$ se observan categorías más críticas debido a que los niveles son más restrictivos. La condición Regular fue registrada en las estaciones Carvajal-Sevillana (41%), Kennedy (14%) y Móvil 7ma (19%), y la condición Mala en un 5% en Carvajal-Sevillana, y en porcentajes menores al 1% en Centro de Alto Rendimiento, Kennedy, Las Ferias, Móvil 7ma y Suba.

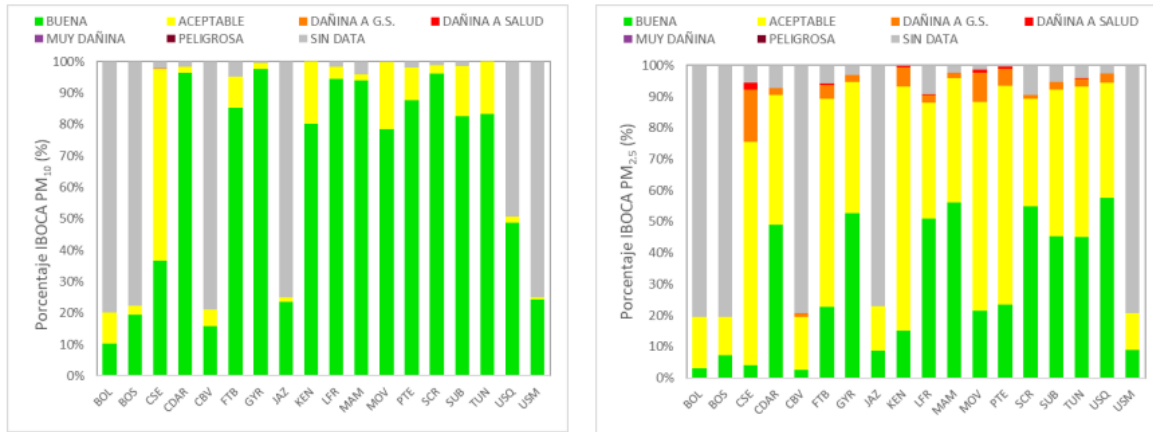
Ilustración 13 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RM CAB periodo 2019.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2019. Secretaría Distrital de Ambiente

Por condición de calidad del aire del ICA para los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante el año 2020, las condiciones más desfavorables se observaron en los índices con base en $PM_{2.5}$, y la estación Carvajal-Sevillana que registró las condiciones “aceptable” y “dañina a grupos sensibles” en mayor proporción en relación con las demás estaciones, con porcentajes de 71% y 17%. Por otro lado, la estación Usaquén registró el porcentaje más alto de la condición “buena” con un 58% del año, registrando las mejores condiciones de calidad del aire en cuanto al material particulado.

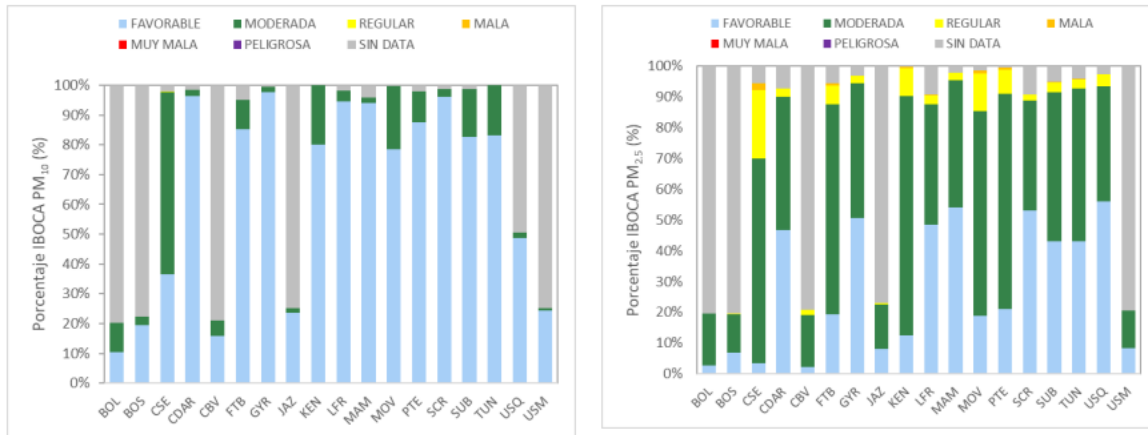
Ilustración 14 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2020.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2020. Secretaría Distrital de Ambiente

Se evidencia que el $PM_{2.5}$ es el contaminante que registra las condiciones determinantes para el IBOCA, ya que se evidenció la condición “regular” en un mayor número de estaciones, siendo los porcentajes más altos los que se observaron en las estaciones del suroccidente de la ciudad y en la estación Móvil 7ma, entre el 9 y el 22%. En el caso del PM_{10} , a excepción de las estaciones del suroccidente de la ciudad, durante el año se registró más del 80% en la condición “favorable”.

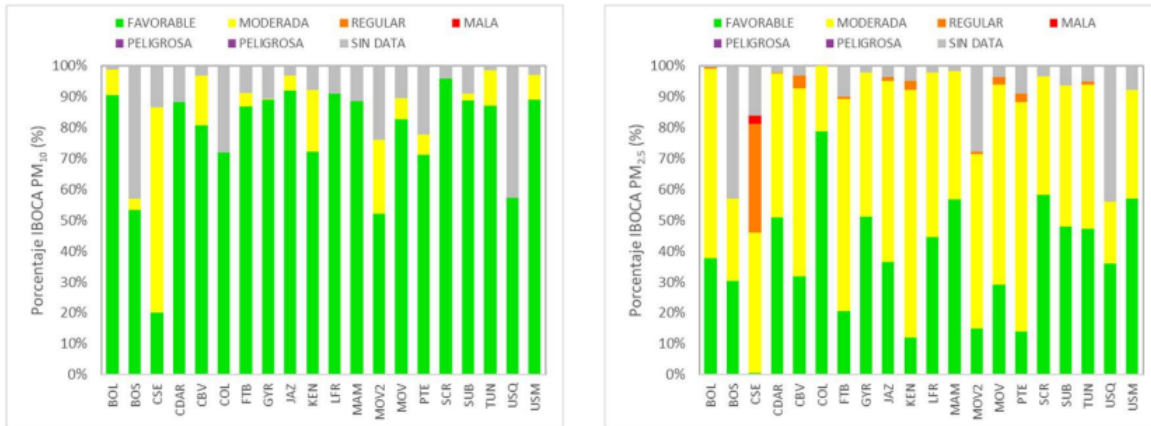
Ilustración 15 IBOCA promedio PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), para las estaciones de la RMCAB periodo 2020.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2020. Secretaría Distrital de Ambiente

A partir del periodo 2021 sólo se reporta el análisis para el IBOCA donde el $PM_{2.5}$ es el contaminante que registra las condiciones determinantes para este índice, ya que se evidenció la condición “moderada” por mayor tiempo en comparación al PM_{10} , siendo el menor porcentaje el observado en Usaquén (20%) y el más alto en Kennedy (80%). También se observó la condición “regular” asociada al $PM_{2.5}$ en Carvajal - Sevillana con un 35% durante el año, y porcentajes entre el 3 y 4% en otras estaciones de la zona suroccidente. En el caso del PM_{10} , predominó la condición “favorable” en la mayoría de las estaciones, registrando el valor más alto en San Cristóbal con 96% del año, mientras que Carvajal - Sevillana registró la condición “regular” por mayor tiempo, con 66% del periodo.

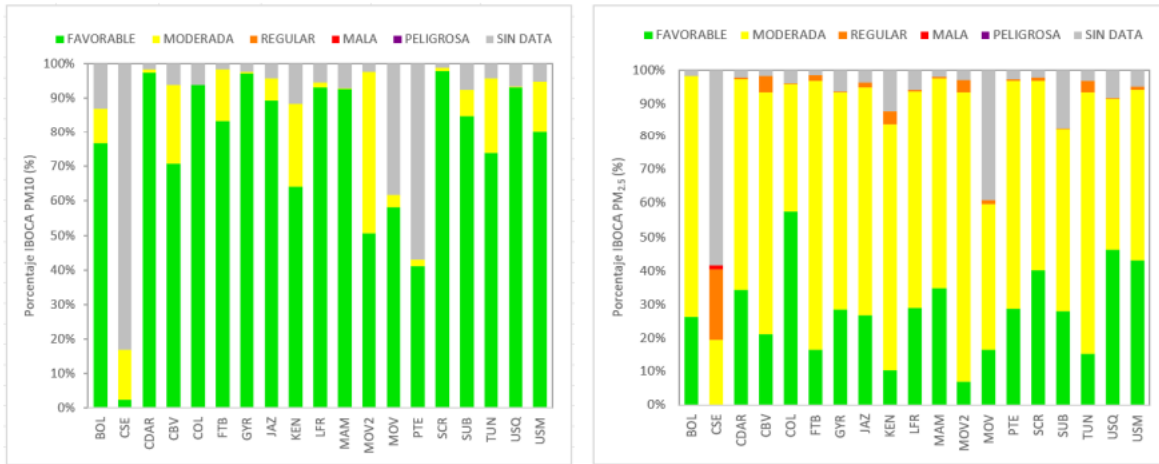
Ilustración 16 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2021.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2021. Secretaría Distrital de Ambiente.

A diferencia de los otros periodos para 2022 se resalta el comportamiento presentado por la estación de Fontibón resaltando que de igual forma las estaciones de sur occidente son aquellas que presentan un comportamiento regular, se evidenció un IBOCA en la condición “moderada” para la mayor parte del tiempo en comparación al PM_{10} , siendo el más alto en la estación Móvil Fontibón (80%). También se observó la condición “regular” asociada al $PM_{2.5}$ en las estaciones de la zona suroccidental registrando valores entre el 3 y 6%. En el caso del PM_{10} predominó la condición “favorable” en la mayoría de las estaciones, registrando el valor más alto en San Cristóbal con 98% de los datos del año, mientras que la estación que registró un porcentaje de tiempo mayor en la condición moderada fue la estación Móvil Fontibón con un 47%.

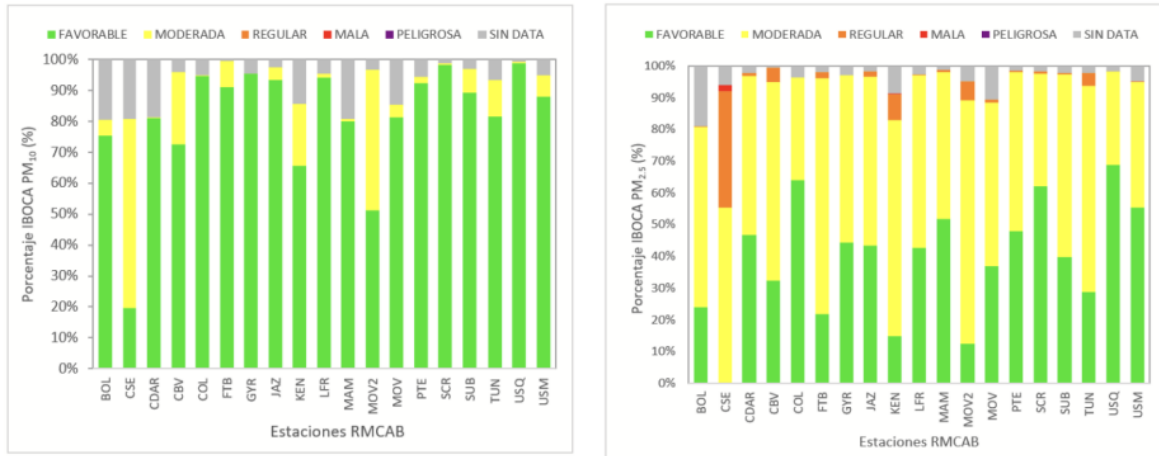
Ilustración 17 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2022.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2022. Secretaría Distrital de Ambiente.

Para el periodo 2023 el IBOCA de PM_{10} , se evidencia que la condición “favorable” fue predominante durante el transcurso del año, mientras que estaciones como Carvajal - Sevillana, Ciudad Bolívar, Kennedy y Móvil Fontibón registraron una condición ‘moderada’ con valores entre 20% y 61%. En $PM_{2.5}$ se observó la predominancia de la condición “moderada” durante el transcurso del año en todas las estaciones, con algunos incrementos de la condición “favorable” durante el periodo de mayo a agosto en la mayoría de las estaciones, exceptuando a la estación de Colina que su predominancia fue la condición ‘favorable’ durante 2023. De igual forma, se registró la condición “regular” en varias estaciones durante el primer y cuarto trimestre del año como Carvajal - Sevillana, Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, Móvil Fontibón, Móvil 7ma y Tunal, con mayor proporción en los meses de enero a marzo, evidenciando el porcentaje más alto en Carvajal - Sevillana con valores entre 40 y 80%.

Ilustración 18 Índice de Calidad del Aire promedio por estación para PM_{10} (Izquierda) y $PM_{2.5}$ (Derecha), periodo 2023.



Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2023. Secretaría Distrital de Ambiente.

Como se ha mencionado la mala calidad del aire genera diferentes riesgos en la salud, donde el material particulado se considera como el principal problema de contaminación atmosférica, el cual debido a su tamaño es capaz de llegar hasta el torrente sanguíneo, donde la población vulnerable como adulto mayor, menores de cinco años y aquella población con enfermedades de base son la población más afectada.

Así a continuación, se enuncian algunas recomendaciones a la población general con el fin de realizar prevención hacia su salud, donde también se resaltan las enunciadas para consulta por parte del IBOCA las cuales esta diseñadas para abordarse teniendo en cuenta el nivel de contaminación en el que se encuentre la ciudad.

Consulta de recomendaciones IBOCA

<http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/181/recomendaciones/>

Recomendaciones Generales en Salud

- ✓ Evite exponerse a zonas de alta contaminación del aire como: zonas de incendios, o con percepción de humo, vías sin pavimentar y de alto tráfico vehicular, construcciones, áreas industriales o canteras.
- ✓ Si se encuentra cerca de una fuente de humo, incendios, hollín o material particulado: mantenga cerradas ventanas y puertas, y limpie las superficies y pisos utilizando paños húmedos.
- ✓ Mantenga el ambiente libre de humo de tabaco, cigarrillos electrónicos y sus derivados, evite exponerse a ambientes en los que haya personas fumando.
- ✓ Use tapabocas cuando tenga infección respiratoria, lave sus manos frecuentemente y evite contacto con personas que tengan infecciones respiratorias.
- ✓ Manténgase hidratado, consuma agua y evite bebidas azucaradas o gasificadas.
- ✓ Las personas con enfermedades crónicas deben mantener los tratamientos prescritos, asistir a los controles y evitar exponerse a aglomeraciones (Bogotá A. M., Recomendaciones para el cuidado de la salud ante calidad del aire en Bogotá, 2024).
- ✓ Procure encender el vehículo con las puertas del garaje abiertas y evite que el escape del gas se dirija al interior de la vivienda.
- ✓ Evite la quema de basura y llantas.
- ✓ Evite incendios forestales y cuide los parques y zonas verdes de la ciudad.
- ✓ Reduzca el consumo de electricidad, lo cual contribuirá a disminuir las emisiones de contaminantes y partículas.
- ✓ Reduzca el uso de leña y carbón de leña para cocción de alimentos o para calefacción.
- ✓ Evite la quema de pólvora.



- ✓ Garantice la ventilación de habitaciones y cocina en la vivienda.
- ✓ Haga mantenimiento periódico de sus gasodomésticos. Sin embargo, cuando la llama se vuelva amarilla o se produzca hollín, solicite revisión y mantenimiento.
- ✓ Disminuya el uso de aerosoles (aromatizantes y perfumes entre otros) en espacios cerrados.
- ✓ Evite el uso de tapetes en espacios cerrados ya que favorece la proliferación de ácaros y polvo.
- ✓ Evite realizar actividades físicas cerca a sitios de alta de concentración de contaminantes (Social, 2021).
- ✓ Utilizar la bici o caminar para ir al trabajo o la universidad.
- ✓ Reducir el uso del vehículo particular.
- ✓ Usar el transporte público, si es necesario realizar largos trayectos.
- ✓ Si tienes un vehículo, no olvides mantener al día la revisión técnico-mecánica.
- ✓ Practicar la conducción sostenible: conducir tranquilo, no acelerar más de la cuenta y revisar la presión de las llantas, puedes ahorrar combustible y reducir tus emisiones.
- ✓ Optar por el teletrabajo, si es posible.
- ✓ Si vas a adquirir un carro o una moto, elige una que sea de bajo consumo energético.
- ✓ Separar adecuadamente los residuos y reutilizar la mayor cantidad posible.
- ✓ Adquirir productos y servicios que se destaquen por sus impactos ambientales positivos.
- ✓ Cuidar las zonas verdes de la ciudad, que funcionan como generadores de oxígeno.
- ✓ Si se trata de una industria, sé riguroso con las rutinas de mantenimiento. Esto ayudará a ahorrar dinero y contaminar menos (Ambiente S. D., 2021).

- Evaluación de la dispersión de PM_{10} y $PM_{2.5}$ de acuerdo con la dirección y velocidad del viento, a través de las variaciones en las concentraciones de este contaminante, identificando posibles fuentes de contaminación en las proximidades a la estación de la RMCAB.

Tal como es el caso de otros centros urbanos, las condiciones meteorológicas y climatológicas de Bogotá influyen de manera muy importante en su calidad del aire. Dada su cercanía al Ecuador y su altura sobre el nivel del mar (2,640 msnm) en Bogotá se observan elevados niveles de intensidad lumínica. La ciudad se encuentra limitada en el oriente por una cadena montañosa que juega un papel determinante en los patrones predominantes de viento. Bogotá cuenta con un régimen de lluvias bimodal con épocas lluviosas en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre. La precipitación anual en la ciudad es de alrededor de 900 mm con una frecuencia que depende de la cercanía a los cerros orientales de la ciudad. Típicamente se presentan vientos en sentido oriente-occidente en horas de la mañana mientras que en la tarde los vientos predominantes viajan hacia el norte de la ciudad (Mauricio Gaitán, Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá, 2007).

En los procesos de dispersión de contaminantes, el viento juega un papel muy importante en la medida que las partículas se encuentran en suspensión y dependiendo de las condiciones sinópticas y la circulación local de las masas de aire, pueden ayudar en mayor o menor grado con los procesos de mezcla y transporte de los contaminantes. También pueden contribuir de manera desfavorable cuando arrastran o transportan contaminantes provenientes de fuentes externas, ya sean de nivel local o regional introduciéndolos a la ciudad cuando su trayectoria

está así determinada (Ambiente S. D., Informe Anual de Calidad de Aire de Bogotá Año 2023, 2024|).

Al revisar los periodos de estudio en las estaciones de Carvajal y Kennedy se observan velocidades entre 1.1 m/s hasta 2.6 m/s y 2.0 m/s hasta 2.8 m/s respectivamente, como lo muestra la siguiente tabla, así mismo, el comportamiento muestra que las máximas velocidades se evidenciaron en las estaciones del sur occidente de la ciudad resaltando en la mayoría de los informes los valores presentados por las estaciones objeto de estudio, aclarando a su vez que para algunos años los valores dados por estas estaciones son de carácter indicativo ya que no cumplieron con la representatividad temporal de los datos (75%) como lo sugiere el protocolo de Vigilancia de Calidad de Aire, como fueron los casos presentados en los periodos 2022 (Kennedy), 2023 (Kennedy y Carvajal- Sevillana).

Tabla 3 Promedio multianual de la velocidad del viento estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy 2015 – 2023.

Periodo	Carvajal Sevillana	Kennedy
2015	2,6	2,8
2016	2,0	2,4
2017	2,0	2,3
2018	2,0	2,3
2019	1,6	2,4
2020	1,1	2,3
2021	1,7	2,0
2022	2,0	SD
2023	2,3	SD

Fuente: Informe anual de Calidad del Aire de Bogotá periodo 2023. Secretaría Distrital de Ambiente.

A partir de diferentes publicaciones en el comportamiento anual de la ciudad se evidencia que, hacia el occidente de la ciudad, los vientos tienden a estar la mayor parte del tiempo en

movimiento, a diferencia del noreste donde presentan mayores porcentajes en calma. Esta condición obedece a la orografía de la ciudad, la cual a su vez facilita la dispersión en algunas zonas de los contaminantes y también genera corrientes de vientos ascendentes que apoyan la formación de lluvias locales. Destacando algunos aspectos de este comportamiento como se muestra a continuación.

Para 2015 predominaron velocidades entre 1.0 m/s hasta 2.8 m/s donde se puede observar que la tendencia de la velocidad del viento espacialmente tiende a presentar velocidades bajas al nororiente y sectores del sur de la ciudad. Predominan vientos del este y sureste en gran parte de la zona oriental de la ciudad y se observa confluencia de los vientos en sectores aledaños a Mosquera. Los mayores valores de velocidad del viento se encontraron en el occidente particularmente en la localidad de Kennedy (predominantemente sur – sureste) (Ambiente, Informe Anual de la Calidad del Aire de Bogotá 2015, 2016).

En 2017 la velocidad del viento presentó una distribución espacial donde se puede evidenciar un patrón de velocidades del viento caracterizado por presentar mayores velocidades hacia el sector suroccidental con un predominio de la componente sur y suroccidental; vientos del este con velocidades más bajas que el suroccidente, pero persistentes, y vientos débiles en los extremos norte y sur de la misma, que tienden a confluir en el centro geográfico de la ciudad. Cabe anotar que este patrón no siempre se repite, pero es predominante, y es el que, en gran parte del año, hace favorable la remoción de la carga contaminante emitida a la atmosfera local por las actividades antrópicas en la ciudad y/o las que son introducidas desde fuentes externas al distrito (Ambiente, Informe Anual de Calidad del Aire en Bogotá 2017, 2018).

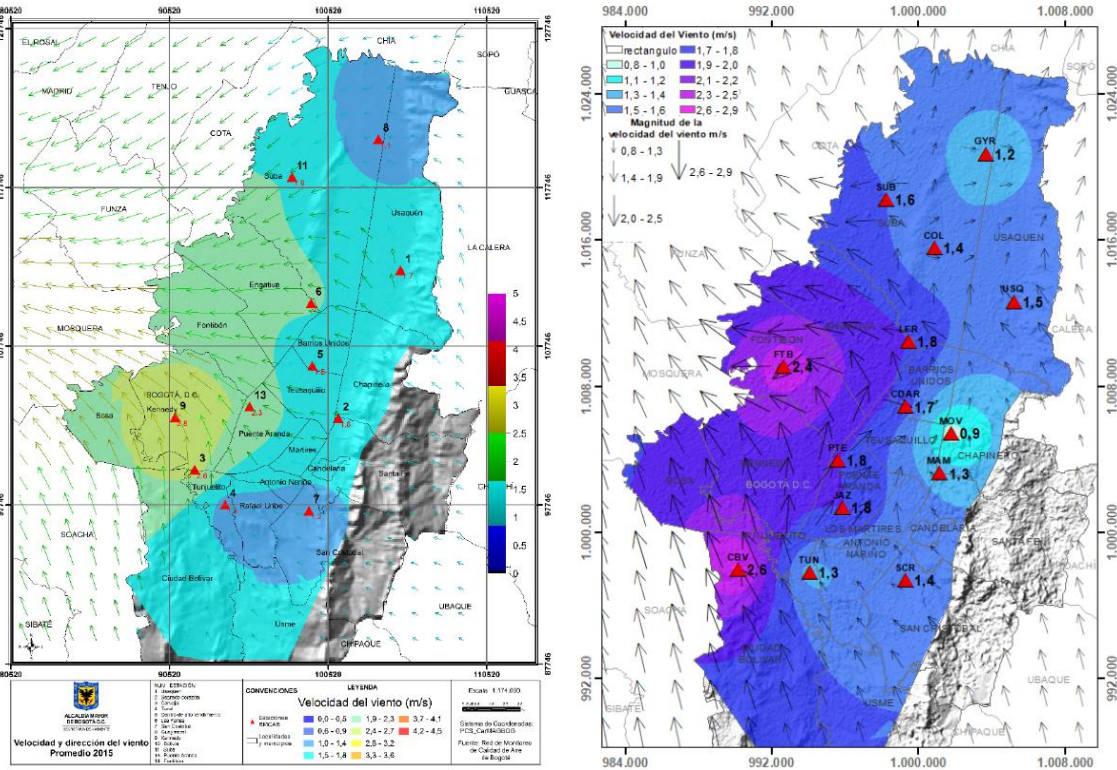
Para el periodo 2023 predominan velocidades entre 0.9 m/s hasta 2.6 m/s, con vientos del suroccidente confluyendo en el centro geográfico de la ciudad, para luego continuar su flujo hacia el noroccidente propiciando limpieza de la ciudad (Ambiente, Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá 2023, 2024).

En promedio la ciudad se ve favorecida por la influencia de los vientos alisios los cuales diariamente ejercen limpieza aerodinámica a través de los vientos predominantes del oriente, en diferentes momentos del día los alisios pueden presentar variaciones en su dirección; estas pueden obedecer a la posición relativa del sol durante el año haciendo que predominan los vientos alisios del suroriente o los del nororiente. En otras circunstancias, se tiene fuerte influencia de los vientos de escala local tales como las Brisas de Valle que ascienden por el cañón del Magdalena y penetran la ciudad desde el suroccidente, los cuales cuando vienen cargados de humedad y las condiciones de estabilidad favorecen la ocurrencia de fuertes eventos de lluvia. Sin embargo, son vientos que pueden ser desfavorables para la calidad del aire de la ciudad, toda vez que pueden transportar contaminantes de fuentes externas a la ciudad ya sea a nivel local o regional, e introducirlos a la misma, incrementando las concentraciones de contaminantes principalmente material particulado (Ambiente, Informe Anual de la Calidad del Aire 2019, 2020)

Las siguientes ilustraciones muestran la dinámica en dirección y velocidad de los vientos dentro de la ciudad, en ellos se visualizan los componentes del viento mayormente predominantes durante todo el año y las velocidades medias alcanzadas. Así mismo, dentro

del Anexo 2 encontramos los comportamientos en esta dinámica para los periodos de 2016 a 2022.

Ilustración 19 Velocidad y dirección del viento en Bogotá periodos 2015 y 2023.

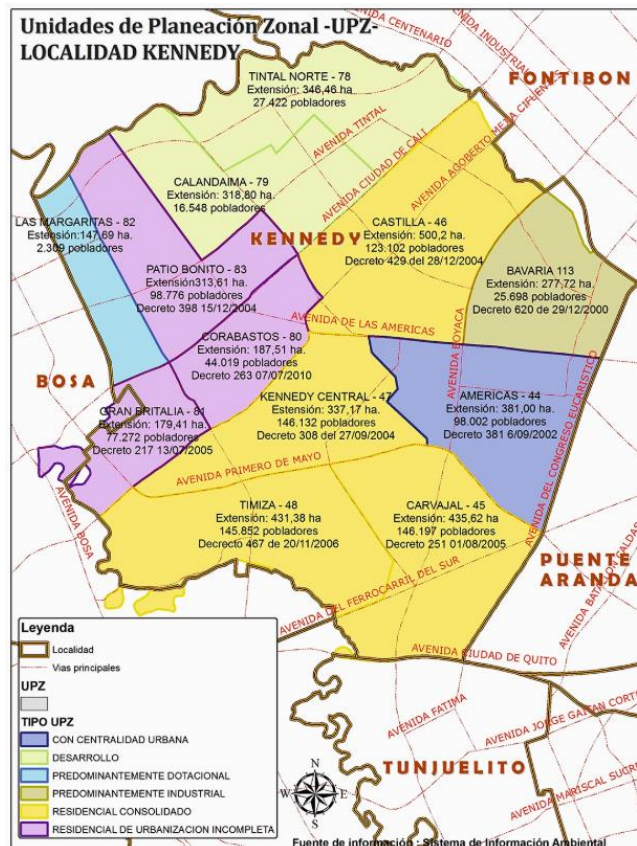


Fuente: Informes anuales de Calidad del Aire de Bogotá periodos 2015 y 2023. Secretaría Distrital de Ambiente

Así mismo, aunque la dinámica del viento permite realizar una limpieza de los contaminantes y según la predominancia del mismo se evidencia arrastre de contaminantes, donde las máximas velocidades se presentan en la parte sur occidental de la ciudad es allí a su vez donde se evidencian los mayores valores de concentración de material particulado, lo cual puede ser atribuido a las vías que atraviesan la localidad, el estado de la malla vial, además de las fuentes fijas que funcionan en la zona lo cual contribuye en gran medida a las emisiones en el sector.

Dentro de la localidad de Kennedy encontramos importantes corredores viales como la Avenida Boyacá, Avenida 68, Avenida Ciudad de Cali, Avenida Primero de Mayo, Avenida Américas, Carrera 80, Autopista Sur, Avenida Ciudad de Villavicencio y Avenida Agoberto Mejía (KR 80) como lo muestra la siguiente ilustración vías por las cuales transitan vehículos de carga pesada y liviana.

Ilustración 20 Principales corredores viales, localidad de Kennedy



Fuente: Sistema de información ambiental, Alcaldía Mayor de Bogotá.

Resultados arrojados por el Censo DANE 2005 encontró que, de los 258.437 hogares particulares censados en Kennedy, 9.445 (3,7%) tiene alguna actividad económica, destacando Carvajal 4,6%, Corabastos 4,4% y Américas 4,3%. Donde de los 39.880 establecimientos económicos, el 46,7% se dedican al comercio, el 31,6% a servicios, el

10,6% se dedican a industria, el 6,4% a otras actividades y el 0,3% estaban desocupados. La actividad industrial tiene mayor representatividad en la UPZ Carvajal con un 18.6% en viviendas y un 28.9% en unidades independientes, según la distribución de estos establecimientos (Planeación, 2009).

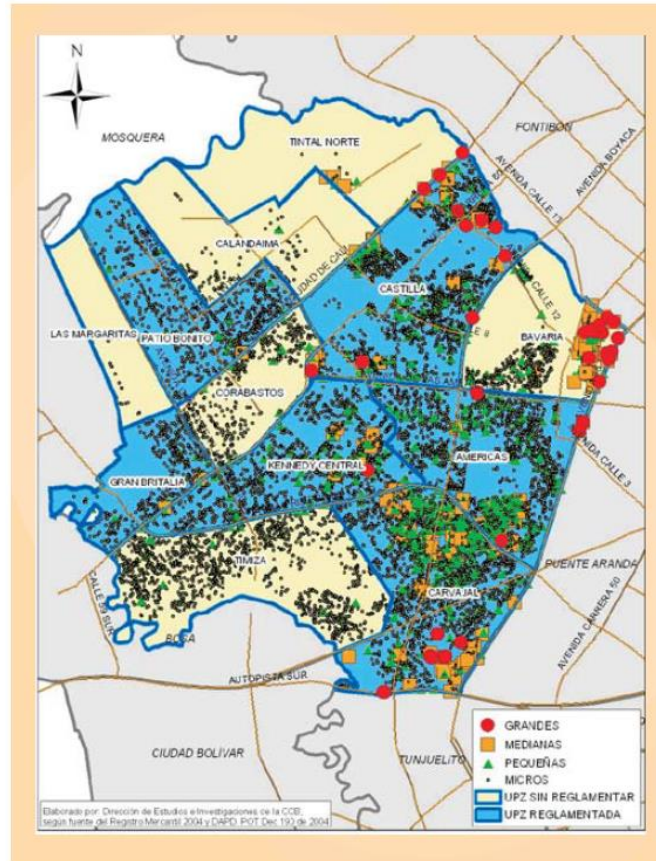
En el sector de Kennedy se identificaron 2.906 empresas, el 19% de las empresas locales. De éstas, el 87% fueron microempresas. Aunque existe una marcada dispersión de microindustrias en toda la localidad, existe una alta concentración de pequeñas empresas en los sectores de Carvajal y Castilla. De igual forma, la gran empresa de la localidad Kennedy se concentró en el sector de Bavaria y sobre la Avenida 68. En el sector industrial de Kennedy se identificaron cuatro actividades que reúnen el mayor número de empresas: fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel (15%); elaboración de productos de panadería, macarrones, fideos, y productos farináceos similares (7%); fabricación de muebles para el hogar, oficina, para comercio y servicios (5,4%); y fabricación de productos de plástico, espumado y artículos de plástico espumado (5,2%).

La industria de elaboración de prendas de vestir, excepto prendas de piel, se ubicó en el sector de los barrios Carvajal y Nueva Marsella II; la elaboración de bebidas se concentró en los barrios: Supermanzana 9 A, Carvajal; la fabricación de muebles se concentró en el barrio Carvajal, al igual que la fabricación de productos de plásticos.

La actividad industrial con el mayor valor de los activos empresariales de Kennedy fue preparación e hilatura de fibras textiles (16%). Otros subsectores con mayor participación en los activos de la industria manufacturera de la localidad fueron: fabricación de otros productos químicos (15%); fabricación de hojas de madera para enchapado; fabricación de tableros contrachapados, tableros laminados, tableros de partículas y otros tableros y paneles

(14%); y elaboración de otros productos alimenticios (11%) (Bogotá C. d., 2006). La siguiente ilustración muestra la localización de las empresas por UPZ dentro de la localidad.

Ilustración 21 Localización de las empresas por UPZ

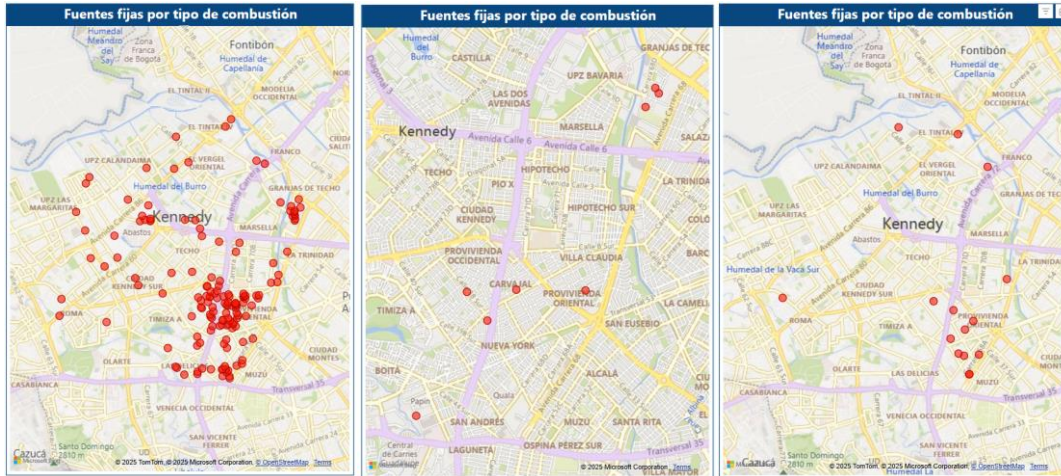


Fuente: Elaborado por Dirección de estudios e investigaciones de la CCB. Documento perfil económico y empresarial, Cámara de Comercio de Bogotá. 2006

Así mismo, resaltando las emisiones generadas por las empresas se muestra el ejercicio realizado con la herramienta PowerBI en el cual se encuentra la georreferenciación de algunas fuentes fijas por tipo de combustión con el fin de tener la distribución de dichas fuentes. Compartiendo el enlace de dicho ejercicio donde se pueden encontrar datos generales de cada fuente para consulta del lector.

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOWQ5ZjE3ZjUtMTQ4NC00ZTJjLTgzZDYtYTAzNTc1ZDc1MzgiIiwidCI6IjRhYjExODNLTc1ZDYtNGI4Ny1iNGI1LWJmY2I5NjhjMWQ1NyIsImMiOiR9>

Ilustración 22 Fuentes fijas por tipo de combustión gas, líquida y sólida

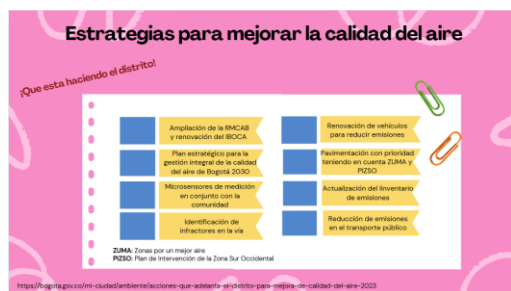
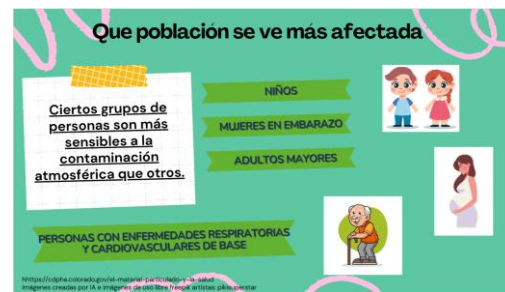
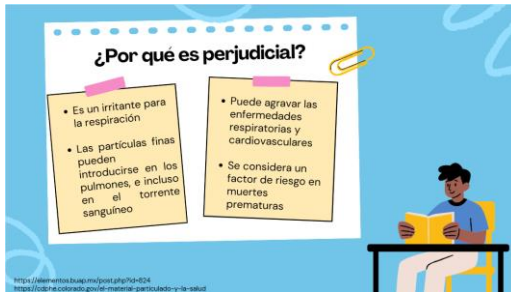


Fuente: Los autores. Datos Secretaría Distrital de Ambiente.

- Construcción de una herramienta educativa para la comunidad en general que brinde información en torno a la problemática de calidad de aire con aspectos prácticos de promoción y prevención.

A continuación, se presentan algunas ilustraciones de la cartilla educativa en material particulado la cual indica conceptos generales, recomendaciones en promoción y prevención las estrategias adelantadas por el distrito y algunas páginas de consulta en la temática, dicha herramienta fue creada en la aplicación canva. La cartilla completa se puede encontrar dentro del Anexo 3 con el fin de facilitar su consulta y divulgación en caso tal de requerirse.

Ilustración 23 Apartes cartilla educativa en material particulado



Discusión

A partir del artículo publicado por el Observatorio Ambiental de Bogotá (OAB), se muestra que los puntos de mayor concentración de $PM_{2.5}$ promedio anual entre 2018 y 2022 a nivel ciudad se registraron en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy, Móvil Fontibón, 7ma, y Puente Aranda; con concentraciones promedio desde $18,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta $32,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el límite máximo permisible para la concentración de $PM_{2.5}$ promedio anual no puede exceder los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Colombia; frente a ello, las estaciones que presentaron incumplimientos este periodo fueron “Carvajal-Sevillana” en 2018, 2019, 2020 y 2021 (2022 no se reportó) y “Kennedy” en 2019, siendo las estaciones más críticas en Bogotá frente a las concentraciones del contaminante en mención (Bogotá C. T.-O., Octubre).

Al realizar la revisión del comportamiento de material particulado se evidencia que las estaciones de Carvajal y Kennedy presentan las concentraciones más altas presentadas en los periodos de estudios donde al comparar todas las estaciones del Distrito en promedio se presentaron valores entre $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $69.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente. Donde en ambos casos la estación de Carvajal fue la estación que mayor promedio presentó en la ciudad en los periodos de 2015 a 2023.

Así mismo, las localidades que aportan más emisiones por combustión en los vehículos en carretera son, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Puente Aranda y Usaquén. En el caso de las emisiones de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y BC, las emisiones provenientes de la combustión de transporte de carga son las que más aportan en la localidad de Kennedy, la cual es la localidad que más emite este tipo de contaminantes, así como se encuentran las mayores emisiones por desgaste de frenos y llantas, donde los automóviles, camperos y camionetas son los que más aportan en esta localidad. En cuanto a las localidades que más aportan emisiones por

manipulación de materiales de construcción debido a que cuentan con el mayor número de construcciones activas, la localidad de Kennedy ocupa el tercer lugar.

Se identifica la presencia de alta actividad industrial en Kennedy, Engativá y Tunjuelito, donde, en la localidad de Kennedy se encuentra el 13,2% de fuentes fijas de la ciudad, así como ocupa el primer lugar como emisor de todos los contaminantes analizados; este comportamiento se debe al alto flujo vehicular y en especial vehículos de carga pesada por la Autopista Sur y la Calle 13. Finalmente, se destaca que, en general, las localidades de Kennedy, Suba, Puente Aranda, Engativá y Fontibón son aquellas en donde se encuentran las mayores emisiones para los diferentes contaminantes. Así mismo, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) es mayormente usado en las localidades con mayor cantidad de fuentes y establecimientos, usualmente relacionadas a las zonas industriales de la ciudad; como Fontibón, Puente Aranda y Kennedy, indicando allí el establecimiento de industria dedicada a la producción de alimentos y la elaboración de productos de metal (Ambiente S. D., Inventario de emisiones de Bogotá, 2022, 2024).

Respecto a los usos de combustible por localidad, el uso de gas natural es generalizado, sin embargo, el carbón es principalmente utilizado en Usme, Ciudad Bolívar, Tunjuelito, Fontibón, Kennedy y San Cristóbal y el Gas Licuado de Petróleo (GLP) es usado dentro de los procesos productivos, principalmente en las zonas industriales de Kennedy, Fontibón, Puente Aranda y Tunjuelito; por su parte, el diésel, así como el GLP, es usado principalmente en las zonas industriales de Kennedy, Fontibón, Puente Aranda, y también en Engativá y Barrios Unidos. La madera, es usada con mayor frecuencia en fuentes ubicadas en las localidades de Fontibón, Puente Aranda, Tunjuelito y Bosa y, finalmente, el aceite usado tratado es utilizado principalmente en las localidades de Engativá, San Cristóbal, Puente

Aranda, Fontibón, Kennedy, Ciudad Bolívar, Antonio Nariño y Tunjuelito (Salud S. D., Diciembre).

A partir de la información recopilada se destacan diferentes aspectos que logran influir en el comportamiento de la calidad del aire en la zona sur occidental de la ciudad, la cual se ha caracterizado por la presencia de múltiples actividades industriales las cuales generarán un mayor impacto al ambiente según realicen sus procesos de manera artesanal o tecnificada, donde los tipos de combustible que se destacan en la localidad son el GLP, el carbón, el diésel y el aceite usado tratado, así mismo, la incidencia de los principales corredores viales de la ciudad, donde sumado al tipo de tráfico que circula (Liviano y pesado), el estado de la malla vial juega un papel importante en el incremento de la generación de emisiones.

La estación Carvajal recibe una influencia del viento con dirección sur sureste, siendo el 64,24% vientos con mayor incidencia de velocidades entre 2 y 4 m/s. Así mismo, la estación Kennedy, también recibe vientos provenientes del sureste con una frecuencia de 17,98%, donde el 62,96% de las velocidades se encuentran en el rango de (2, 4) m/s. Esto permite identificar dos corrientes de vientos que influyen en el comportamiento de la dirección en esta zona de la ciudad, siendo estos vientos que soplan del este tal como lo indica la estación San Cristóbal y vientos provenientes de sur como muestra la estación Tunal.

Para el análisis espacial multianual se puede afirmar que en la ciudad de Bogotá se identificaron tres corrientes de vientos: la primera proveniente del noreste tal como se puede observar en las estaciones Guaymaral y Suba. La segunda con las estaciones más cercanas a los cerros orientales siendo estas Usaquén, Ministerio de Ambiente y San Cristóbal, que muestran predominancia de vientos que soplan del este y sus respectivas

subdirecciones. Y la tercera, de vientos provenientes del sureste, tal como lo muestran las estaciones Tunal, Carvajal y Kennedy.

Se puede evidenciar que la mayor incidencia de vientos débiles, se presenta hacia el norte de la ciudad y en cercanías a los cerros orientales, así como en el centro geográfico de la ciudad, que es donde se concentra la mayor cantidad de edificaciones de gran altura, lo que modifica la rugosidad de la superficie por donde fluye el viento y por consiguiente se da un aumento gradual de su magnitud hacia el suroeste de la ciudad, identificándose las mayores velocidades sobre las localidades de Kennedy y Bosa (Juan Antonio Aragón, 2019).

La dinámica que presenta la ciudad ha tenido un comportamiento similar en el periodo de estudio, mostrando la influencia que tienen las corrientes de aire provenientes del norte y este de la ciudad, el efecto valle montaña, así como las estructuras físicas del centro de la ciudad que intervienen en el aumento de la velocidad al suroccidente de Bogotá, así el arrastre de contaminantes que surge en esta zona sumado en ocasiones a fuentes contaminantes externas como incendios forestales que se pueden llegar a presentar en otras ciudades, el polvo del Sahara y fenómenos de inversión térmica pueden llegar a incrementar las concentraciones principalmente de material particulado.

La zona suroccidental registra los niveles más altos de contaminación, por posible influencia de las emisiones de fuentes en el área, transporte regional por la zona sur de la ciudad y transporte de contaminantes por dirección de los vientos este-oeste (Ambiente, Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá 2018, 2019).

A partir del inventario de emisiones de Bogotá en 2022 se resaltan algunos aspectos referentes a la localidad de Kennedy, donde dicha localidad se encuentra en las 5 primeras

que aportan más emisiones de fuentes fijas industriales, pese a que en Kennedy y Puente Aranda es donde se encuentran concentradas las fuentes fijas (Ambiente S. D., Inventario de emisiones de Bogotá, 2022, 2024).

Las emisiones de material particulado son principalmente generadas por el sector de Cerámicos y Vítreos – Sector Ladrillero (HL), con un 51%, el cual es el mayor consumidor de carbón en sus procesos, seguido de las calderas con capacidad mayor a 100 BHP (CC1) que operan con carbón, con una participación del 23% (Ambiente, Inventario de fuentes móviles y fuentes fijas industriales año 2018, 2018).

Así mismo, la influencia de las fuentes industriales ubicadas en la zona suroccidental se ha incrementado en la ciudad donde esta también es una de las principales aportantes a la contaminación por material particulado después de las fuentes móviles, aquí cobra peso el tipo de combustible usado por dichas fuentes, donde el carbón es el principal combustible usado en la ciudad, siendo Kennedy una de las localidades que mayor aporte genera en emisiones y ubicación de fuentes fijas.

La Organización Mundial de la Salud indica en la Carta de Ottawa que la Promoción de la Salud constituye un proceso político y social global que abarca acciones dirigidas a fortalecer las habilidades y capacidades de los individuos y de las comunidades y, aún más importante, acciones dirigidas a fortalecer las habilidades y capacidades de los individuos y de las comunidades y, aún más importante, acciones dirigidas a modificar las condiciones sociales, ambientales y económicas, con el fin de favorecer su impacto positivo en la salud individual y colectiva (Salud O. P., 2025).

El involucrar a la comunidad en las problemáticas que pueden llegar a generar complicaciones en su salud permite a su vez dar a conocer aquellos aspectos que influyen en este caso en la contaminación atmosférica por material particulado y que tengan

herramientas que no solo les brinden información técnica sino que a su vez sean capaces de generar cambios de hábitos que les permita reducir los riesgos en su salud y contribuir en acciones que también aporten al mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad. Así mismo el identificar las acciones que realiza el distrito en pro de la calidad del aire de la ciudad y donde muchas de ellas están focalizadas en la zona suroccidental de la ciudad.

Conclusiones

La mala calidad del aire por material particulado es una problemática ambiental relacionada con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, donde la población vulnerable tiene gran afectación, se evidencia a partir de la información recopilada que la localidad de Kennedy es una de las que presenta las mayores concentraciones según lo reportado en las estaciones de Kennedy y Carvajal pertenecientes a la RMCAB de la Secretaría Distrital de Ambiente con valores anuales entre $21\mu\text{g}/\text{m}^3$ y $36\mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$ y $41\mu\text{g}/\text{m}^3$ y $87\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , encontrando 294 y 269 excedencias para $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} respectivamente según las directrices establecidas por la OMS y hasta 149 para $\text{PM}_{2.5}$ y 119 para PM_{10} en la normatividad nacional.

Múltiples factores influyen en la dinámica de los vientos de Bogotá donde las corrientes presentadas en la ciudad, el efecto valle montaña, fuentes externas y el arrastre de contaminantes hace que la zona suroccidental sea una de las más afectadas por el material particulado. Así mismo, dentro de la localidad de Kennedy se presentan las velocidades más altas de la ciudad, factor que juega un papel importante en la dispersión de los contaminantes.

La contaminación de material particulado se ve acentuada en la zona suroccidental de la ciudad debido a la concentración de fuentes fijas, el paso de los principales corredores viales y la dinámica de los vientos que hacen que dicha zona sea considerada una de las más contaminadas de la ciudad.

El promover herramientas que contengan acciones de prevención y autocuidado a la comunidad puede permitir generar apropiación de la problemática y cambios de hábitos que ayuden a disminuir los riesgos asociados a la salud y cuidado del ambiente.



Recomendaciones

- Es importante el recopilar información en el avance que han tenido las autoridades ambientales y de salud en las estrategias que han venido implementando para mejorar la calidad de aire de la ciudad.
- Ampliar el diagnóstico al comportamiento de las estaciones de la zona Sur occidental o de la ciudad.
- Reforzar estudios en el comportamiento de los vientos que permitan robustecer la información que se tiene en la dinámica de los vientos en las diferentes zonas de la ciudad.
- Promover herramientas como POWER BI para mostrar los avances en la problemática de forma dinámica.

Bibliografía

- (DNP), D. N. (2017). *Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones*. Actualización a 2015 del estudio que presenta los costos por muertes y enfermedades asociadas a la degradación ambiental en Colombia, Bogotá. Recuperado el 18 de Abril de 2021, de [https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\\$20,7-billones-.aspx#:~:text=%2420%2C7%20billones-,Los%20costos%20en%20la%20salud%20asociados%20a%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental,a](https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-$20,7-billones-.aspx#:~:text=%2420%2C7%20billones-,Los%20costos%20en%20la%20salud%20asociados%20a%20la%20degradaci%C3%B3n%20ambiental,a)
- (WHO), W. H. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la Calidad del Aire*. Obtenido de <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>
- Agency, U. E. (Abril de 2021). Recuperado el 17 de Mayo de 2021, de https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/benmap-ce_user_manual_march_2015.pdf
- Aguirre, D. G. (Diciembre de 2018). Calidad del aire y políticas públicas en Bogotá. (F. H. Böll, Ed.) *Ideas verdes, análisis político*(14), 1- 24.
- Aidan Farrow, A. A. (Mayo de 2022). *La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021*. (L. d. Greenpeace, Ed.) Recuperado el Enero de 2025, de <https://www.greenpeace.org/static/planet4-colombia-stateless/2022/05/6521e020-la-carga-de-la-contaminacion-del-aire-en-bogota-colombia-2021.pdf>
- Al-Kindi SG, B. R. (07 de Mayo de 2020). *Determinantes ambientales de las enfermedades cardiovasculares: lecciones aprendidas de la contaminación del aire*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32382149/>
- Ambiente, S. D. (Julio de 2016). *Informe Anual de la Calidad del Aire de Bogotá 2015*. Obtenido de http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/Informe_Anuar_RMCAAB_2015.pdf
- Ambiente, S. D. (Junio de 2018). *Informe Anual de Caldad del Aire en Bogota 2017*. Obtenido de http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/180601_Informe%20Anual%202017_V6.pdf
- Ambiente, S. D. (2018). *Inventario de fuentes móviles y fuentes fijas industriales año 2018*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Noticias/10-03-2020/inventario_de_emisiones_2018_version_enero_2020.pdf
- Ambiente, S. D. (Julio de 2019). *Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá 2018*. Obtenido de <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/IA%20Informe%20Anual%202018%20RMCAAB.pdf>
- Ambiente, S. D. (Junio de 2020). *Informe Anual de la Calidad del Aire 2019*. Obtenido de <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/IA%20200531%20Informe%20Anual%20de%20Calidad%20del%20Aire%20A%C3%B1o%202019.pdf>
- Ambiente, S. D. (23 de Febrero de 2021). *Cambiar nuestros hábitos, clave para mejorar la calidad del aire*. Obtenido de https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente/-/asset_publisher/Fziya03up5Z6/content/cambiar-nuestros-habitos-clave-

- Bogotá, C. T.-O. (2023 de Octubre). *Relación entre la concentración de PM2.5 y la mortalidad en menores de 5 años por Infección Respiratoria Aguda (IRA) en Bogotá*. Obtenido de <https://oab.ambientebogota.gov.co/wp-content/uploads/2023/10/relacion-entre-la-concentracion-de-PM25-y-enfermedades-respiratorias-en-bogota.pdf>
- Bogotá, P. E. (Abril de 2021). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Obtenido de https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=17438
- Carlos Amaris de León, J. A. (2017). *Documento técnico de soporte*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente. Obtenido de http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=d134928c-8756-4a69-ad18-ff09bb822fef&groupId=3564131
- Colombia, A. c. (20 de Julio de 1991). Constitución política de la República de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Evaluation's, I. f. (17 de Agosto de 2022). *Institute for Health Metrics and Evaluation's*. Obtenido de <https://www.healthdata.org/research-analysis/library/air-quality-and-health-cities>
- Gaitán Varón, M., & Cárdenas Ruiz, P. A. (2017). *Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/GU%C3%8DA_PARA_LA_ELABORACION%C3%93N_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSF%C3%89RICAS.pdf
- Gilliland, F. D. (2001). The Effects of Ambient Air Pollution on School Absenteeism Due to Respiratory Illnesses. *Epidemiology*, 43 - 54. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/3703678>
- González, R. A. (Enero - junio de 2015). Vulnerabilidad y riesgo en salud: ¿dos conceptos concomitantes? *REvista novedades en población*, 11, 21. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-40782015000100007
- Guerra, E. H., Cuevas, V. C., & Florez, M. F. (2016). La enfermería y el cuidado para la salud cardiovascular: Análisis de concepto. *Avances en enfermería*, 147 - 156. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/46076/pdf_1
- Instituto de Hidrología, M. y. (2017). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2016*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2019). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2018*. Obtenido de <https://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20estado%20calidad%20del%20aire%202018.pdf>
- Instituto de Hidrología, M. y.-I. (2016). *Informe del estado de la calidad de aire en Colombia 2011 - 2015*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, M. y.-I. (2018). *Informe del estado de la calidad de aire en Colombia 2017*. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/Informe_ECalidadl_Aire_2017_636748401757382604.pdf
- Jorge Bonilla, R. M. (21 de Septiembre de 2021). *Respirar buen aire en Bogotá: un lujo de pocos*. Obtenido de <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingenieria/la-desigualdad-de-la-calidad-del-aire-en-bogota>

- Juan Antonio Aragón, E. D. (Julio - diciembre de 2019). Estudio climatológico de los vientos para la ciudad de Bogotá en el periodo 2010 - 2016. *Scielo*, 15(2). Recuperado el Marzo de 2025, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032019000200286
- Laumbach, R. J. (2010). Outdoor Air Pollutants and Patient Health. *Am Fam Physician*, 175 - 180. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4043261/>
- Laura Andrea Rodríguez Camargo, R. J. (2020). Análisis espacial de las concentraciones de PM2.5 en Bogotá según los valores de las guías de la calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud para enfermedades cardiopulmonares, 2014-2015. *Biomédica*, 40(1). Recuperado el Mayo de 2024, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572020000100137&script=sci_arttext
- Luis J. Hernández, G. A. (2013). Contaminación del aire y enfermedad. *Revista Salud Pública*(15), 503-516. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v15n4/v15n4a02.pdf>
- Manuel Romero, F. D. (2006). La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud. *Revisat cubana de higiene y epidemiología*, 44(2), 1 - 14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>
- Marisol Arroyo Hernández, S. M. (Junio de 2016). Beneficios a la salud debidos a la reducción de la contaminación ambiental. *Scielo Analytics*, 75(2). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462016000200132
- Mauricio Gaitán, J. C. (Julio/ Diciembre de 2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Revista de ingeniería Scielo*(26). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200011
- Ministerio de Ambiente, v. y. (24 de marzo de 2010). Resolución 610 . Colombia.
- OMS. (actualización 2005). *Guías de calidad de aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Obtenido de [www.who.int: https://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf](http://www.who.int/phe/health_topics/AQG_spanish.pdf)
- OMS, O. M. (22 de Septiembre de 2021). *Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
- OMS, O. M. (24 de Octubre de 2024). *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=Los%20efectos%20combinados%20de%20la,2%20millones%20de%20muertes%20prematuras.](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=Los%20efectos%20combinados%20de%20la,2%20millones%20de%20muertes%20prematuras.)
- Palacios, E. K. (Junio de 2019). *Revista de la Facultad de Medicina Scielo*. Recuperado el 2024, de La contaminación del aire, un problema de todos: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112019000200189#B2
- Pannia, P. G. (Marzo de 2023). Efectos de la contaminación del aire en la salud infantil. *Revsta de ingeniería, Scielo*, 121(1). Recuperado el 2025, de



- https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-00752023000100003&script=sci_arttext
- Planeación, S. d. (2009). *Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos, año 2009*. Obtenido de <https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/documentos/08%20Localidad%20de%20Kennedy.pdf>
- Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades, un reto undial*. Barcelona: Consejo superior de investigaciones científicas.
- República, P. d. (18 de Diciembre de 1974). Decreto Ley 2811. Bogotá, Colombia.
- Rodrigo Sarmiento, L. J. (Agosto de 2015). Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica. *Biomédica*, 35. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572015000500017&script=sci_arttext
- Salud, M. d. (24 de Enero de 1979). Ley 9. Bogotá, Colombia.
- Salud, M. d. (23 de Agosto de 2021). *Minsalud comprometido con la calidad del aire*. Recuperado el Julio de 2024, de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Minsalud-comprometido-con-la-calidad-del-aire-.aspx>
- Salud, O. M. (19 de Diciembre de 2022). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Salud, O. M. (2024). *Cómo la contaminación del aire está destruyendo nuestra salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>
- Salud, O. P. (2025). *Promoción de la salud*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/promocion-salud>
- Salud, S. D. (2016). *Informe final de la vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria de los efectos en salud por exposición a contaminación por aire y REM en la localidad de Kennedy año 2016*. Bogotá: SDS.
- Salud, S. D. (2022 de Diciembre). *Inventario de Emisiones de Bogotá*. Obtenido de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/397082/Inventarios+de+Emisiones+Bogot%C3%A1+2021.pdf/b83077fc-93f2-4cce-a279-9bd2304853bf>
- Secretaría Distrital de Ambiente, S. D. (11 de Diciembre de 2015). Resolución Conjunta 2410 . Bogotá.
- Social, M. d. (2021). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abece-calidad-aire-salud.pdf>
- Suarez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Luna Azul*(34), 195 - 213. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- WHO. (2014). *Prevención y control de las infecciones respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria*. Obtenido de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/2014-cha-prevencion-control-atencion-sanitaria.pdf>

Anexos

Anexo 1 Promedios anuales material particulado

Promedio anual material particulado PM₁₀									
Estación/ Periodo	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Bolivia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	55	33	36	31
Carvajal - Sevillana	87	76	66	69	56	64	68	N/A	69
Est. Móvil 7ma	N/A	N/A	N/A	N/A	52	40	35	N/A	32
Bosa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	37	N/A	N/A	N.A.
Suba	47	52	50	46	46	34	30	34	33
Ciudad Bolívar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	44	37	42	40
jazmín	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	32	30	33	28
Usme	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	30	35	38	32
Usaquén	30	42	37	39	25	24	N/A	23	20
Centro de Alto Rendimiento	28	35	31	28	27	22	22	26	25
Guaymaral	31	32	28	28	25	26	26	28	25
Colina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20	20
Tunal	43	50	43	38	34	36	35	42	34
Est. Móvil Fontibón	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	47	55	53
Kennedy	66	58	55	50	44	41	43	45	43
Las Ferias	35	40	37	32	28	23	22	27	25
Fontibón	N/A	N/A	N/A	N/A	37	34	33	40	33
Min. Ambiente	34	34	30	28	29	21	20	24	21
Puente Aranda	53	52	47	43	40	34	32	N/A	28
San Cristóbal	26	27	28	26	25	24	21	25	21
Promedio anual material particulado PM_{2,5}									
Estación/ Periodo	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Bolivia	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18	14	16	15
Carvajal - Sevillana	31	30	28	30	36	29	35	N/A	34
Est. Móvil 7ma	N/A	N/A	N/A	N/A	28	22	18	N/A	16
Bosa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	16	N/A	N/A	N/A
Suba	22	22	18	16	16	15	13	16	15
Ciudad Bolívar	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23	17	20	17
Jazmín	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	16	15	17	15
Usme	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15	11	14	12
Usaquén	13	17	14	13	14	14	N/A	13	11

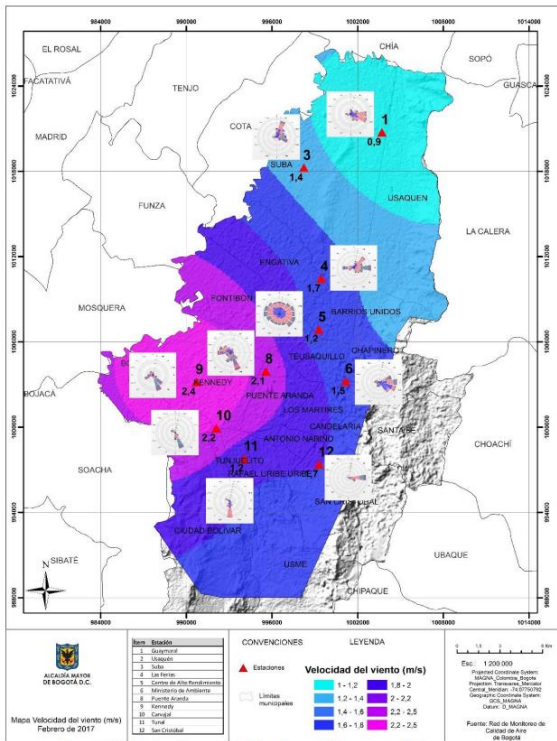


Centro de Alto Rendimiento	18	20	15	14	15	14	13	15	14
Guaymaral	14	16	15	14	14	14	13	15	14
Colina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11	10
Tunal	21	23	21	20	16	16	15	20	18
Est. Móvil Fontibón	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22	21
Kennedy	27	30	27	24	25	22	21	21	22
Las Ferias	18	19	17	15	15	14	14	16	14
Fontibón	N/A	N/A	N/A	N/A	18	20	17	19	18
Min. Ambiente	15	18	16	14	14	13	12	15	13
Puente Aranda	N/A	23	18	17	18	21	21	16	13
San Cristóbal	9	10	12	12	12	12	13	15	12

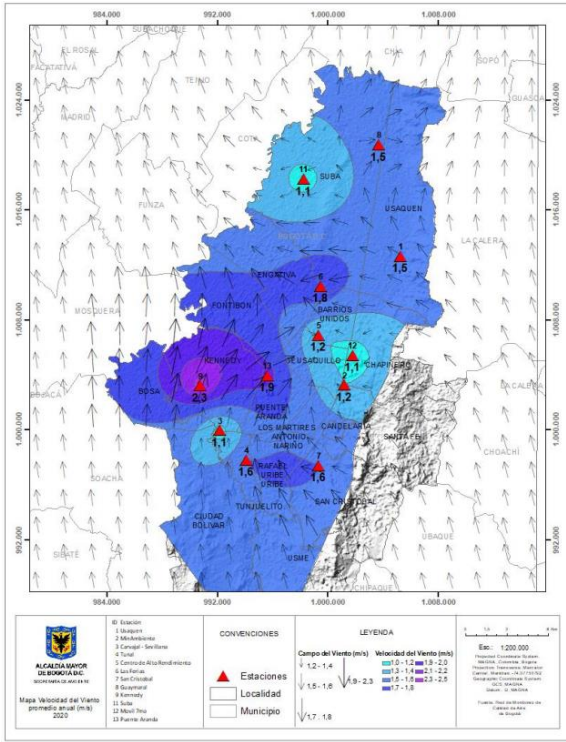
Fuente: Datos del Observatorio Ambiental de Bogotá

Anexo 2 Velocidad y dirección del viento en Bogotá periodos 2016 a 2022

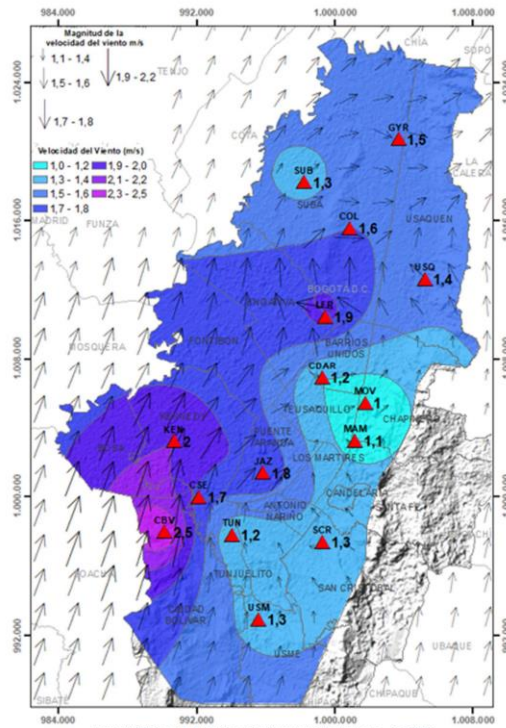
Periodo 2016



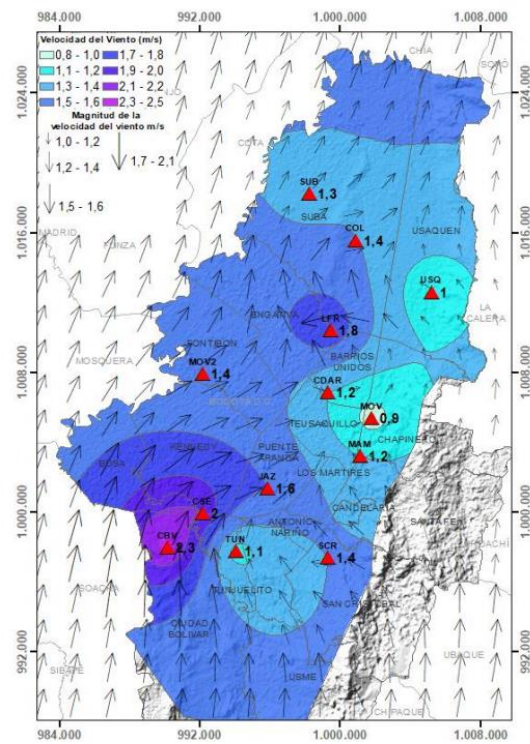
Periodo 2020



Periodo 2021



Periodo 2022



Fuente: Informes anuales Secretaría Distrital de Ambiente.



Anexo 3 Cartilla educativa Material particulado



¿Qué es el material particulado?

Es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire.

¡Sabías que!

Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico.

Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista.

<https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Hay dos tipos de partículas muy conocidas

- **PM10**: partículas inhalables que pueden medir por lo general, 10 micrómetros y menos
- **PM2,5**: partículas inhalables finas que tienen 2,5 micrómetros y menos

Comparación de tamaño de las partículas de PM

<https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

¿De donde proviene el material particulado?

FUENTES ARTIFICIALES

- Emissiones de vehículos e industrias
- Incendios forestales
- Construcciones y vías despavimentadas
- Tormentas de arena, erupciones volcánicas
- Fogatas, quemas agrícolas y residenciales

FUENTES NATURALES

- Polen, bacterias, hongos, aerosoles marinos

<https://elementos.buap.mx/post.php?id=824>
Imágenes creadas por IA e imágenes de uso libre freepik artistas: brgx, pikisuperstar

¿Por qué es perjudicial?

- Es un irritante para la respiración
- Las partículas finas pueden introducirse en los pulmones, e incluso en el torrente sanguíneo

- Puede agravar las enfermedades respiratorias y cardiovasculares
- Se considera un factor de riesgo en muertes prematuras



<https://elementos.buap.mx/post.php?id=824>
<https://cdphe.colorado.gov/el-material-particulado-y-la-salud>

Que población se ve más afectada

Ciertos grupos de personas son más sensibles a la contaminación atmosférica que otros.

NIÑOS

MUJERES EN EMBARAZO

ADULTOS MAYORES



PERSONAS CON ENFERMEDADES RESPIRATORIAS Y CARDIOVASCULARES DE BASE



<https://cdphe.colorado.gov/el-material-particulado-y-la-salud>
Imágenes creadas por IA e imágenes de uso libre freepik artistas: pikisuperstar

Algunos síntomas relacionados con la exposición al material particulado

Importante

Los síntomas dependen de cada organismo, de su tiempo de exposición, del tipo de población a la que pertenezca, algunas personas son más sensibles a la contaminación.
Es multicausal

- Inflamación de las vías respiratorias
- Aumento de los síntomas respiratorios
- Irritación de la nariz, ojos y garganta
- Dificultad para respirar
- Ataques de asma frecuentes
- Disminución de la función pulmonar

<https://cdphe.colorado.gov/el-material-particulado-y-la-salud>
<https://aircentraltexas.org/es/calidad-del-aire/la-contaminacion-por-particulas>

¡Sabías que!

IBOCA

La ciudad cuenta con una herramienta que le permite a todas las personas conocer las condiciones del aire y el riesgo que existe por contaminación atmosférica en cada momento y lugar de Bogotá

RMCAB

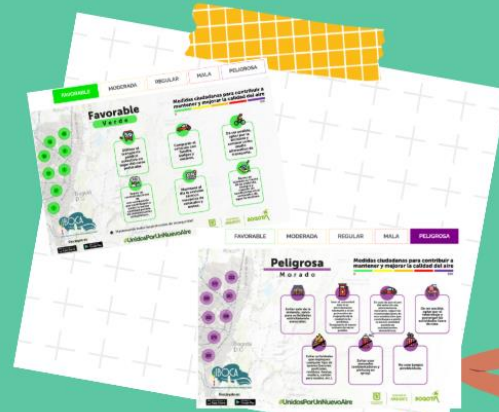
Bogotá cuenta con estaciones de monitoreo por toda la ciudad que se encargan de vigilar las concentraciones de contaminantes criterio y variables meteorológicas

IBOCA: Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud
RMCAB: Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá

<https://cdphe.colorado.gov/el-material-particulado-y-la-salud>
<https://www.ambientebogota.gov.co/red-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-de-bogota-rmcab>

Cómo podemos reducir la exposición a material particulado

El IBOCA brinda algunas medidas para contribuir a mantener y mejorar la calidad del aire a partir de los niveles de calidad de aire en el que se encuentre la ciudad

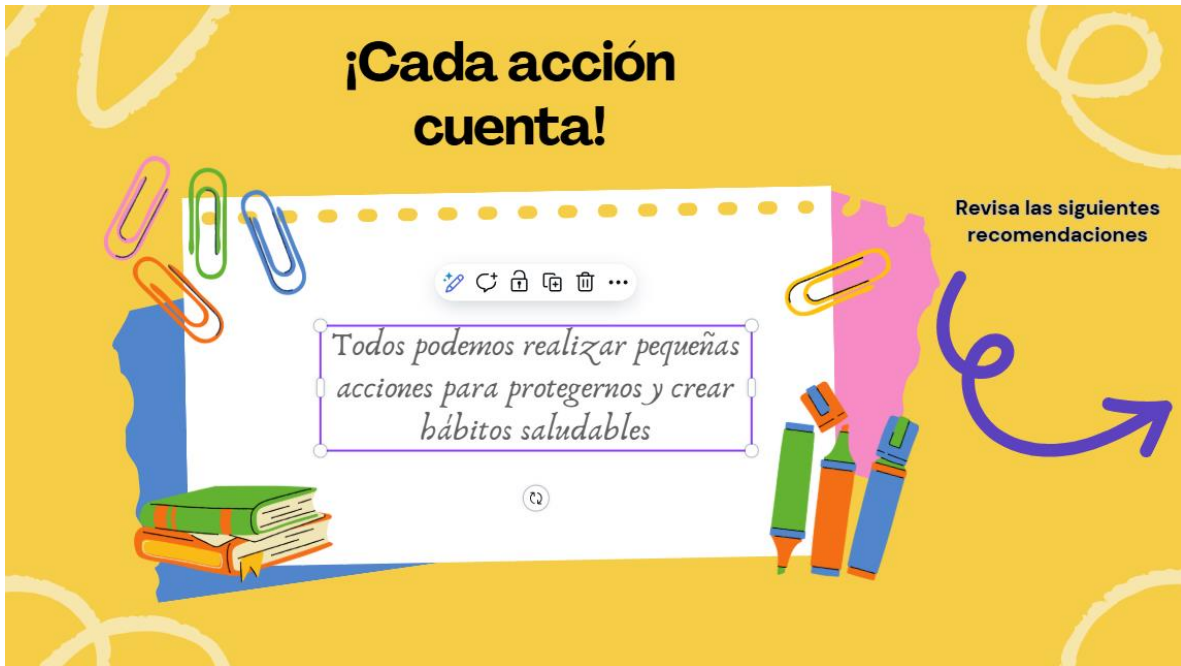


Estrategias para mejorar la calidad del aire

¿Que esta haciendo el distrito!

Ampliación de la RMCAB y renovación del IBOCA	Renovación de vehículos para reducir emisiones
Plan estratégico para la gestión integral de la calidad del aire de Bogotá 2030	Pavimentación con prioridad teniendo en cuenta ZUMA y PIZSO
Microsensores de medición en conjunto con la comunidad	Actualización del inventario de emisiones
Identificación de infractores en la vía	Reducción de emisiones en el transporte público

ZUMA: Zonas por un mejor aire
PIZSO: Plan de Intervención de la Zona Sur Occidental



RECOMENDACIONES

Mantenga el ambiente libre de humo de tabaco, cigarrillos electrónicos y sus derivados, evite exponerse a ambientes en los que haya personas fumando.



Cuidar las zonas verdes de la ciudad, que funcionan como generadores de oxígeno



Utilizar la bici o caminar

Separar adecuadamente los residuos y reutilizar la mayor cantidad posible.



<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abece-calidad-aire-salud.pdf>
https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente/-/asset_publisher/Fziya03up5Z6/content/cambiar-nuestros-habitos-clave-para-mejorar-la-calidad-del-aire#:~:text=tipo%20de%20quemado,Disminuir%20el%20uso%20de%20aerosoles,funcionan%20como%20generadores
Imágenes creadas por IA

RECOMENDACIONES

Optar por el teletrabajo, si es posible cuando sepas que hay alertas por contaminación.



Garantice la ventilación de habitaciones y cocina en la vivienda.



Usar el transporte público, si es necesario realizar largos trayectos

Evite realizar actividades físicas cerca a sitios de alta de concentración de contaminantes



<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abece-calidad-aire-salud.pdf>
https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente/-/asset_publisher/Fziya03up5Z6/content/cambiar-nuestros-habitos-clave-para-mejorar-la-calidad-del-aire#:~:text=tipo%20de%20quemado,Disminuir%20el%20uso%20de%20aerosoles,funcionan%20como%20generadores
Imágenes creadas por IA



Fuente: Los autores, elaborado con plantilla gratuita en Canva.