

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá Año 2023

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



Estación Las Ferias

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Carlos Fernando Galán
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Adriana Soto Carreño
Secretaria Distrital de Ambiente

Jerónimo Juan Diego Rodríguez Rodríguez
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Gladys Emilia Rodríguez Pardo
Directora de Control Ambiental

Daniela García Aguirre
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

José Hernán Garavito Calderón
Líder Técnico RMCAB

Adriana Marcela Cortes Narváez
Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Jennyfer Montoya Quiroga
Karen Lorena Londoño Murcia
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Hamilton Andrés Bravo Arandia
Jesús Alberto Herrera Dallos
Luis Hernando Monsalve Guiza
Luz Dary González González
Grupo de Operación de la RMCAB

Ana Milena Hernández Quinchara
Coordinadora Técnica del SATAB

María Camila Buitrago Jiménez
Lady Mateus Fontecha
Luisa Fernanda Osorio Marín
Grupo del SATAB

Leonardo Quiñones Cantor
Profesional Especializados Subdirección
Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Secretaría Distrital de Ambiente
Avenida Caracas No. 54 - 38

© Junio 2024, Bogotá - Colombia
Informe Anual de la Red de Monitoreo de
Calidad de Aire de Bogotá D.C.

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	5
2	INTRODUCCIÓN.....	7
3	OBJETIVOS	8
3.1	OBJETIVO GENERAL	8
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
4	CARACTERISTICAS DE LA RMCAB	9
4.1	NORMATIVIDAD	14
5	GESTIONES DE LA RMCAB.....	15
6	INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO	16
6.1	PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS	16
6.2	PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS	18
7	CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS).....	20
7.1	MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM ₁₀)	20
7.2.	MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM _{2.5})	27
7.3.	OZONO (O ₃)	34
7.4.	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	39
7.5.	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	45
7.6.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	50
8.	COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON.....	56
8.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN.....	56
8.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA	61
9.	ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA	66
10.	METEOROLOGÍA.....	71
10.1.	PRECIPITACIÓN	71
10.2.	TEMPERATURA.....	80
10.3.	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO	89
10.4.	RADIACION SOLAR	103
10.5.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	107
10.6.	HUMEDAD	113
11.	EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA	117
12.	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD.....	120
12.1.	VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL.....	123

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.2	VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA.....	126
12.2.	VIGILANCIA AMBIENTAL.....	143
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	152
14.	ANEXOS	153
14.1.	CÁLCULOS, PROMEDIOS POR ESTACIÓN Y PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD.....	153
14.2.	MAPAS INDICATIVOS DE PM ₁₀ y PM _{2.5}	157
15.	DECLARACIONES	159

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

1. RESUMEN EJECUTIVO

En cuanto a los promedios anuales de PM_{10} registrados por las estaciones de la RMCAB, las concentraciones más altas se presentaron en la estación Móvil Fontibón ubicada al occidente de la ciudad excedió el valor de la norma anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) con un promedio de $53.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Con relación a las excedencias 24h, Carvajal – Sevillana registró el mayor número de datos sobre la norma con cincuenta y cuatro (54) excedencias. Las concentraciones más altas se presentaron en el sur y occidente de la ciudad en las estaciones de Ciudad Bolívar, Kennedy y Móvil Fontibón, con un rango de concentraciones entre 40 y $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el caso de los promedios anuales $PM_{2.5}$ registrados, la concentración más alta se registró en la estación Kennedy con $21.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hacia el suroccidente de la ciudad. Con relación a las excedencias, la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de datos diarios sobre el límite máximo con cuarenta y cinco (45) excedencias. Las concentraciones más altas se presentaron en la zona sur y occidente en las estaciones Kennedy, Ciudad Bolívar y Fontibón con concentraciones entre 17 y $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nota 1: Datos inválidos de PM_{10} debido a fallas en el sistema de control de temperatura, de las estaciones de Bolivia, Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma, fueron tenidos en cuenta de forma indicativa para el cálculo de algunos indicadores y promedios, reportados en el Observatorio Ambiental de Bogotá, Informe Bogotá Como Vamos, y seguimiento a promedio ponderado de ciudad para meta de reducción de material particulado del Plan Distrital de Desarrollo; debido a que técnicamente son datos confiables, con equipos trazables metrológicamente, sin embargo, su invalidación fue por procedimiento.

Con relación al comportamiento de los gases, para el ozono (O_3), las concentraciones más altas se observaron en las zonas de influencia de las estaciones Usaqué, Ciudad Bolívar, Jazmín, Las Ferias, Tunal, Kennedy y CDAR, con valores entre 26 y $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto al número de excedencias, la estación Fontibón fue la que registró el mayor número, con ciento ochenta y ocho (188) registros sobre la norma para un tiempo de exposición 8 horas. La estación Usaqué reporto el promedio anual más alto del 2023 con $36.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el caso de NO_2 , los promedios anuales más altos se registraron en las estaciones Móvil Fontibón y Colina con 41.5 y $39.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Durante este periodo no se registraron excedencias a la norma horaria. Las concentraciones promedio anual de NO_2 más altas se registraron en las localidades de Kennedy, Bosa, Puente Aranda, Fontibón y el área de influencia de la estación Colina, con concentraciones que varían entre 37 a $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el caso de las concentraciones promedio anuales de SO_2 , la estación Usme registró el promedio más alto de la ciudad con $8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguida de Bolivia con $6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para este contaminante durante el año de 2023, se registraron veinte (20) excedencias a la norma horaria ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y una (1) excedencia a la norma diaria ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en la estación Bolivia. Las concentraciones más altas se registraron en el sur de la ciudad en las estaciones de Usme, Ciudad Bolívar y Kennedy, con valores entre los 6.2 y $8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ahora bien, para el comportamiento anual de las concentraciones de CO, durante este periodo, la estación Kennedy registró el promedio más alto con $1003.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida de $861.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tunal al sur de la ciudad. Las concentraciones más altas se presentaron en la zona de influencia de Kennedy y Tunal.

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	 SECRETARÍA DE AMBIENTE	 BOGOTÁ	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
			INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
			Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Nota: Este documento “Informe Anual Calidad del Aire 2023”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 6312591 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

2. INTRODUCCIÓN

El Distrito Capital cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, la cual registra información de concentraciones de contaminantes y variables meteorológicas de forma continua en diferentes lugares de la ciudad. El proceso inicia con la medición de los parámetros en cada estación y su posterior almacenamiento en un datalogger desde donde son transmitidos hacia el servidor central de manera horaria donde se alojan de manera permanente en una base de datos. Los datos son sometidos a tres pasos de validación desde su captura en los equipos, hasta la revisión en la sede central, con el fin de procesarlos y analizarlos para la elaboración de los informes periódicos de calidad del aire. En dichos reportes se evalúa el cumplimiento de los niveles máximos permisibles definidos por la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Durante el año 2023 la RMCAB estuvo conformada por diecinueve (19) estaciones en operación, teniendo en cuenta la situación presentada por vandalismo de Bosa, que generó que esta saliera de operación el 19 de agosto de 2021. Todas las estaciones de la RMCAB se ubican en sitios estratégicos de la ciudad y se encuentran dotadas con equipos automáticos que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de contaminantes criterio: material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO y O₃) y Black Carbon, así como de las variables meteorológicas Precipitación, Velocidad y Dirección del Viento, Temperatura, Radiación Solar, Humedad Relativa y Presión Barométrica. Asimismo, se realiza el monitoreo permanente de la temperatura de las cabinas, con el fin de garantizar las condiciones ambientales necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores y analizadores en cada estación.

En el presente informe, se incluye el análisis del comportamiento de los contaminantes criterio registrados por la RMCAB durante el año 2023, las tendencias temporales (resolución mensual, semanal y horaria), la distribución espacial, y la determinación de las excedencias de los contaminantes respecto a la norma, el análisis de los datos de Black Carbon, el análisis del comportamiento de los parámetros meteorológicos y el reporte realizado por la Secretaría Distrital de Salud sobre los datos de morbilidad y mortalidad asociados a contaminación del aire.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) tiene como principal objetivo, obtener información confiable sobre la concentración de los contaminantes de origen antropogénico y natural y su comportamiento en la atmósfera de Bogotá validando y reportando en tiempo real datos que servirán como insumo a diferentes actores ambientales.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer los niveles de contaminación atmosférica en las diferentes zonas de la ciudad.
- Realizar la socialización y divulgación de resultados del estado de la calidad del aire generados por las estaciones de la RMCAB, dando cumplimiento con la normatividad vigente aplicable.
- Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire dados por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).
- Proveer información para evaluar la efectividad de las acciones necesarias para reducir las emisiones contaminantes en la ciudad. Las medidas implementadas.
- Con base en la información generada por los SVCA, las autoridades ambientales deberán elaborar o modificar los Programas de Reducción de la Contaminación del Aire.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA RMCAB

La RMCAB es un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Tipo IV Avanzado propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente y la administra la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual de la Secretaría Distrital de Ambiente que se compone de 20 estaciones automáticas (19 en operación) ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, en la Figura 4-1 se muestra la distribución espacial de las estaciones en la ciudad. Estas estaciones, monitorean datos horarios de concentraciones de contaminantes criterio: material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$, y gases contaminantes O_3 , CO , SO_2 , NO_2 ; establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante monitores y analizadores automáticos. Así mismo se realiza monitoreo de variables meteorológicas como dirección y velocidad del viento, temperatura, presión, precipitación, humedad relativa y radiación solar, en la Tabla 4-1 se especifican las características generales de las estaciones de la RMCAB, incluyendo la ubicación y parámetros medidos con respecto a los contaminantes y a las variables meteorológicas.

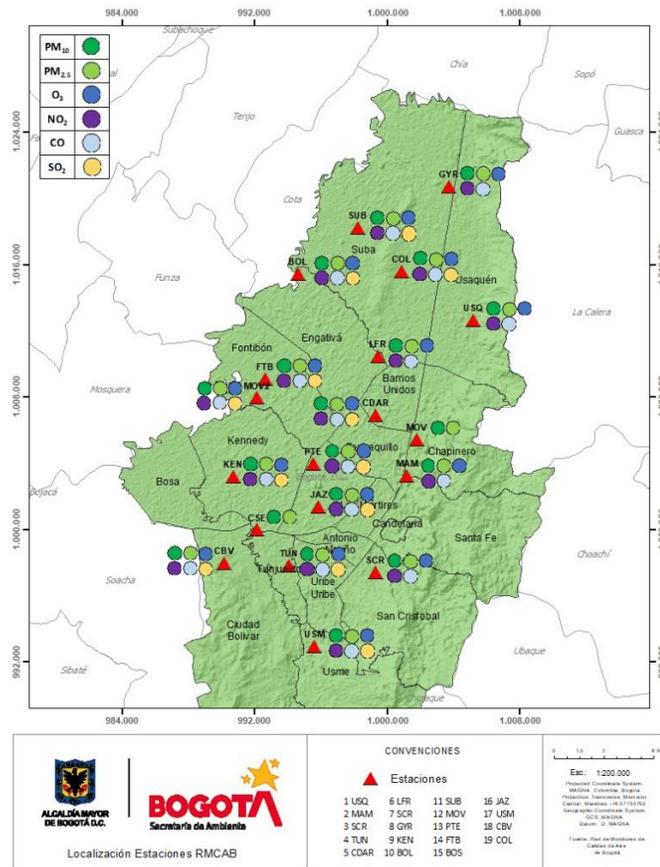


Figura 4-1. Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB año 2023

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 4-1 Características, ubicación de las estaciones y variables monitoreadas de la RMCAB 2023

Estaciones	Ubicación									Contaminantes						Variables Meteorológicas							
	Sigla	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Altura (m)	Localidad	Tipo de zona	Tipo de estación	Dirección	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	BC	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.
Bolivia	BOL	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574	0	Engativá	Sub urbana	De fondo	Avenida Calle 80 # 121-98	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-
Carvajal - Sevillana	CSE	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563	3	Kennedy	Urbana	Tráfico / Industrial	Autopista Sur # 63-40	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-
Centro de Alto Rendimiento	CDAR	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W	2577	0	Barrios Unidos	Urbana	De fondo	Calle 63 # 59A-06	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Ciudad Bolívar	CBV	4°34'40.1"N	74°09'58.6"W	2661	0	Ciudad Bolívar	Urbana	Residencial	Calle 70 Sur # 56 - 11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Colina	COL	4°44'14.1"N	74°04'10.0"W	2555	0	Suba	Urbana	Residencial	Avenida Boyacá No 142#-55	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X
Fontibón	FTB	4°40'41.67"N	74°8'37.75"W	2551	11	Fontibón	Urbana	De tráfico	Carrera 104 # 20 C - 31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
Guaymaral	GYR	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580	0	Suba	Sub urbana	De fondo	Autopista Norte # 205-59	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
Jazmín	JAZ	4°36'30.6"N	74°06'53.8"W	2559	0	Puente Aranda	Urbana	Residencial	Calle 1 G # 41 A 39	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
Kennedy	KEN	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580	3	Kennedy	Urbana	De fondo	Carrera 80 # 40-55 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Las Ferias	LFER	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552	0	Engativá	Urbana	De tráfico	Avenida Calle 80 # 69Q-50	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	-	X	X
MinAmbiente	MAM	4°37'31.75"N	74°4'1.13"W	2621	15	Santa Fe	Urbana	De tráfico	Calle 37 # 8-40	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-
Móvil Fontibón	MOV2	4°40'03.7"N	74°08'55.9"W		0	Fontibón	Urbana	Tráfico / Industrial	Cra. 98 #16 B 50	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	X	-	X
Móvil 7ma	MOV	4°38'32.75"N	74°5'2.28"W	2583	0	Chapinero	Urbana	De tráfico	Carrera 7 con calle 60	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X
Puente Aranda	PTE	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590	10	Puente Aranda	Urbana	Industrial	Calle 10 # 65-28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
San Cristóbal	SCR	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688	0	San Cristóbal	Urbana	De fondo	Carrera 2 Este # 12-78 sur	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-
Suba	SUB	4°45'40.49"N	74°5'36.46"W	2571	6	Suba	Sub urbana	De fondo	Carrera 111 # 159A-61	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

Estaciones	Ubicación									Contaminantes							Variables Meteorológicas						
	Sigla	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Altura (m)	Localidad	Tipo de zona	Tipo de estación	Dirección	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	BC	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.
Tunal	TUN	4°34'34.41"N	74°7'51.44"W	2589	0	Tunjuelito	Urbana	De fondo	Carrera 24 # 49-86 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Usaquén	USQ	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570	10	Usaquén	Urbana	De fondo	Carrera 7B Bis # 132-11	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-
Usme	USM	4°31'55.4"N	74°07'01.7"W	2593	0	Usme	Urbana	Residencial	Carrera 11 # 65 D 50 Sur	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	X

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Cada estación de monitoreo dispone de equipos automáticos que se relacionan en la Tabla 4-2, cumplen con los métodos de referencia y equivalentes designados aprobados por U.S. EPA y se encuentran establecidos en el Título 40 Parte 53 del CFR (Code of Federal Regulations). Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada equipo, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR.¹

Tabla 4-2 Lista de métodos equivalentes y de referencia U.S. E.P.A. adoptados en la medición automática continua de los equipos de la RMCAB.

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	L
		EQPM-0404-151	
PM _{2.5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0308-170	L
		EQPM-1013-211	
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQQA-0992-087	D
		EQQA-0515-225	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0981-054	C
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

La obtención de los datos de concentraciones de contaminantes y de variables meteorológicas se realiza a través de los registros en tiempo real de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos. Para determinar las concentraciones de contaminantes criterio toman la muestra de aire y la analizan, y generan datos de dichas concentraciones cada hora. Este valor es traducido a una señal digital que es almacenada en la unidad de procesamiento de cada analizador y llevada a un datalogger en la estación. Este último tiene instalado el software Envidas para la gestión y adquisición de datos, que se encarga de almacenar y realizar cada hora la transferencia, vía internet, a la base de datos en un servidor central de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Para garantizar la operación de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos, durante el año 2023, se realizaron procesos de verificación y/o calibración interna con equipos patrón debidamente calibrados; así como el uso de material de referencia que corresponden a mezclas de gases con concentraciones conocidas que cuentan con un análisis bajo trazabilidad metrológica. Adicionalmente se realizaron mantenimientos preventivos periódicos establecida en los métodos de referencia, y mantenimientos correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, registrados en el programa de mantenimiento, verificación y calibración se realizó el seguimiento a estas actividades internas y externas.

¹ United States Environmental Protection Agency. List of Designated Reference and Equivalent Methods (epa.gov) del sitio web https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-12/list_of_frm_fem_-december_2023_final.pdf

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Dentro de las actividades relevantes que afectaron el monitoreo, durante el año 2023, se realizó el montaje de un trípode que reemplazó la torre meteorológica de la estación de Kennedy, esto con la finalidad de retomar la medición de los parámetros de velocidad y dirección del viento. Por otra parte, durante el año 2023 persistió la falla de los equipos de aire acondicionado de las estaciones Móvil 7ma y Carvajal Sevillana por lo que se invalidaron los datos registrados de los equipos de gases debido a que no se cumplía con los rangos ni desviación estándar de temperatura interna. Debido a lo anterior, en el mes de julio se actualizó el procedimiento de validación PA10-PR05 donde se evaluó la temperatura de operación de los equipos de monitores de partículas y se actualizaron los criterios de validación de los datos de material particulado.

Los datos generados de contaminantes criterio y datos meteorológicos fueron revisados y validados mediante los cuatro niveles de validación de manera continua, y a partir de estos se procesan los datos, se realiza la representación cartográfica, se proyectan y publican los informes periódicos estipulados en la normatividad aplicable e información para conocimiento de la ciudadanía.

De acuerdo a todas las actividades anteriormente mencionadas, estas se realizan teniendo en cuenta la misionalidad y metas de la Entidad como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se actúa en el marco de los procedimientos internos que hacen parte del proceso Metrología, Monitoreo y Modelamiento bajo las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente bajo los requerimientos de la NTC ISO/IEC 17025:2017 y las directrices del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Para efectos, de la representación de las gráficas y tablas que se mostraran en este informe, con relación a la identificación de las estaciones de monitoreo de la RMCAB, se usan las siguientes siglas:

Tabla 4-3 Nombres y siglas de las estaciones de la RMCAB

Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Bolivia	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	Móvil Fontibón
Sigla	GYR	USQ	SUB	BOL	LFR	CDAR	MOV2
Estación	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Puente Aranda	Jazmín	Kennedy	Colina
Sigla	MAM	MOV	FTB	PTE	JAZ	KEN	COL
Estación	Carvajal - Sevillana	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme		
Sigla	CSE	TUN	CBV	SCR	USM		

Adicionalmente la representación de las concentraciones se realiza por grupos de estaciones, teniendo en cuenta la cercanía entre ellas y el comportamiento de los contaminantes para cada zona.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

4.1. **NORMATIVIDAD**

La normatividad de calidad del aire adoptada para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en Bogotá se establece según la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la cual inició su vigencia desde el 1 de enero de 2018, y deroga la Resolución 601 de 2006 y la Resolución 610 de 2010 del entonces Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial. La

Tabla 4-4 presenta los niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio definidos en la norma vigente.

Tabla 4-4 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS

Contaminante	Nivel máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición	Cálculo
PM ₁₀	50	Anual	Promedio aritmético de las concentraciones diarias en 365 días.
	100	24 horas	Concentración promedio en 24 horas.
PM _{2.5}	25	Anual	Promedio aritmético de las concentraciones diarias en 365 días.
	50	24 horas	Concentración promedio en 24 horas.
SO ₂	50	24 horas	Concentración promedio en 24 horas.
	100	1 hora	Concentración promedio horaria
NO ₂	60	Anual	Promedio aritmético de las concentraciones diarias en 365 días.
	200	1 hora	Concentración promedio horaria.
O ₃	100	8 horas	Concentración promedio en 8 horas
CO	5000	8 horas	Concentración promedio en 8 horas
	35000	1 hora	Concentración promedio horaria

Parágrafo 1: *A partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM₁₀ y PM_{2.5} para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.*

Parágrafo 2. *Para verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles establecidos en la Tabla 1 la concentración de los contaminantes del aire deberá evaluarse por cada punto de monitoreo. El promedio de concentraciones de diferentes puntos de monitoreo no será válido para evaluar el cumplimiento de dichos niveles.*

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

5. GESTIONES DE LA RMCAB

Durante todo el 2023 se realizaron gestiones en diferentes campos de la RMCAB, las cuales corresponden a:

- La participación operativa en el día sin carro y sin moto el día que se llevó a cabo el día 02 de febrero de 2023, reportando datos para evaluar el comportamiento de las concentraciones del aire durante ese día.
- Participación en la actividad de prueba interlaboratorio colaborativa entre equipos de monitoreo pertenecientes a los sistemas de vigilancia de tres autoridades ambientales que corresponden al Área metropolitana del Valle de Aburrá, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y Secretaría Distrital de Ambiente, con los que se comparten el mismo principio de medición bajo los métodos de referencia y equivalentes, durante el mes de noviembre.
- Se participó en las actividades realizadas en el marco del proyecto AVANTIA financiado por la Comisión Europea con el fin de poder ejecutar las pruebas interlaboratorio colaborativos con otros sistemas de vigilancia de calidad del aire del país. Estas actividades correspondieron a visitas de auditoria al proyecto.
- Durante la vigencia 2023, se procesaron y se cargaron el 100% de los datos de contaminantes criterio y variables meteorológicas de los meses de enero a noviembre de 2023 a la plataforma del Subsistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE).
- En junio se recibió la auditoría interna al laboratorio ambiental en la matriz aire por parte del IDEAM, para hacer el seguimiento a los lineamientos de la NTC-ISO/IEC 17025 - 2017 *“Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”*, verificando el cumplimiento de cada numeral y las acciones correctivas que contribuyeran a la mejora continua.
- Durante este año se entregaron las cintas de material particulado de PM_{2.5} y PM₁₀ a la Universidad de los Andes con el fin de realizar actividades de caracterización de material particulado mediante técnicas nucleares.
- Se realizó la modificación el procedimiento interno que aplica a la RMCAB que corresponde al PA10-PR04 *“Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”*
- Se suscribieron los procesos contractuales para adquirir elementos, materiales de referencia y equipos necesarios para la operación y mantenimiento de la RMCAB y los de servicios de calibración de equipos de referencia para hacer las verificaciones internas a los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

6. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO

Los indicadores de operación y desempeño permiten evaluar la calidad del servicio que prestan los sensores meteorológicos y los equipos de medición de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. En esta sección se presentan los indicadores de operación y desempeño para el año 2023. En la primera sección se determinó el porcentaje de datos capturados, y en la segunda sección se presenta el porcentaje de datos validados, cada una diferenciada por instrumento (sensor, analizador, monitor) y por estación de monitoreo.

6.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

La Figura 6-1 presenta el porcentaje de captura de datos agrupado por parámetro medido de la RMCAB para el año 2023, la captura de datos de todos los parámetros fue mayor al 75%, lo que indica que se tuvo un buen porcentaje de captura de datos por parámetro en el año. El menor porcentaje lo tuvieron los parámetros de O_3 y NO_2 con 82%. En cuanto al O_3 la estación MinAmbiente presentó un porcentaje del 5%, debido a que solo se registraron datos a mediados del mes de diciembre cuando la tarjeta ILED y UV measure fue remplazada en el equipo y en NO_2 , la estación Bolivia presentó un porcentaje del 0% debido que no se registraron datos, ya que el equipo presentó una falla en el generador de ozono interno. En cuanto a Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma se tuvo un porcentaje del 0%, esta situación se explica a continuación.

En la Figura 6-2 se presenta el porcentaje de datos capturados por los instrumentos de medición agrupados por estación de monitoreo, se observa que el promedio de captura de la mayoría de las estaciones es superior al 85%, exceptuando las estaciones Bolivia, Carvajal – Sevillana, Kennedy y Móvil 7ma. En el caso de la estación Carvajal - Sevillana el aire acondicionado de la estación quedó fuera de servicio, lo cual no permitió el control de temperatura interna de la estación como estaba establecido en los procedimientos, y por tal motivo durante el año 2023 no se registraron datos de gases debido a que los equipos se apagaron para que no se presentaran daños; por otro lado, los datos de material particulado fueron invalidados desde el 01 de enero hasta el 27 de julio 2023, conforme los criterios de validación vigentes, no obstante a partir del 28 de julio de 2023 el procedimiento PA10-PR05 “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB” fue actualizado. Adicionalmente, entre el 02 y el 12 de septiembre no se registraron datos de material particulado, debido a que las cintas filtro de los equipos se agotaron y se presentaron novedades en el protocolo de ingreso a la estación por parte de los administradores del predio.

En la estación de Móvil 7ma al igual que la estación de Carvajal el aire acondicionado quedó fuera de servicio debido a falla quedó fuera de servicio, los equipos de gases se apagaron para que no se presentaran daños, los datos de material particulado fueron invalidados desde el 01 de enero hasta el 27 de julio 2023, conforme los criterios de validación vigentes en ese momento.

En la estación de Kennedy el porcentaje de captura de datos de la estación se redujo respecto a periodos anteriores, porque no se registraron datos del sensor de velocidad y dirección del viento durante el año, debido a que este se encontraba ubicado en una torre que no cumplía con los estándares mínimos de seguridad y salud en el trabajo, para poder ascender y realizar el mantenimiento del sensor, cabe mencionar que, el 20 de noviembre del 2023 se realizó el

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

desmante de la torre y del sensor mediante una grúa, posteriormente se revisó el sensor y se comprobó que presentó una falla en el potenciómetro.

Finalmente, las variables humedad relativa para las estaciones Ciudad Bolívar y Colina, así como velocidad y dirección del viento en Usme, salieron de línea y no se tuvieron en cuenta en la operatividad de la RMCAB, debido a que los sensores se dieron de baja, pues no fue posible su reparación y no se tienen otros sensores de reemplazo para monitorear estas variables en dichas estaciones. Del mismo modo, las variables temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento de Móvil Fontibón, salieron de línea y no se tuvieron en cuenta en la operatividad de la RMCAB, pues los sensores han sido usados para intercomparaciones en toda la red, impidiendo el monitoreo de las variables en dicha estación.

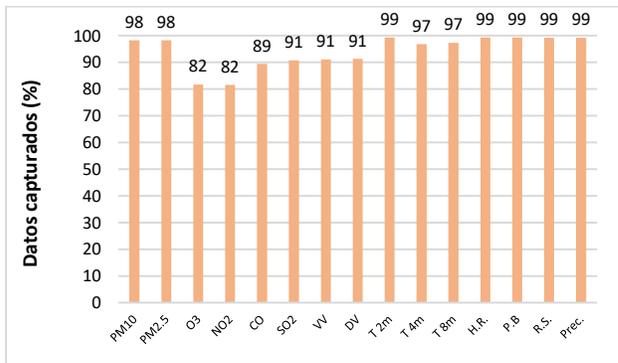


Figura 6-1

Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2023

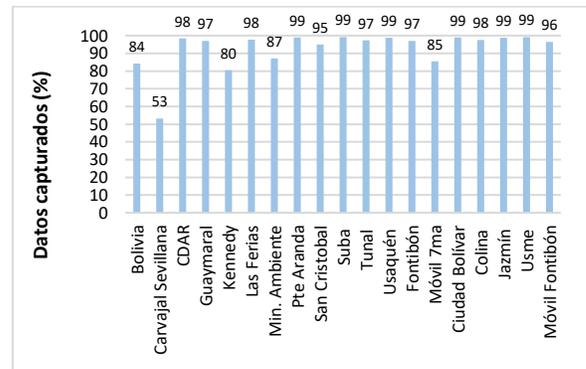


Figura 6-2

Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2023

T 2m: temperatura a 2 metros; T4m: temperatura a 4 metros; T8m: temperatura a 8 metros; Prec: precipitación; H.R.: humedad relativa; R.S radiación solar; P.B.: presión barométrica; V.V.: velocidad del viento; D.V.: dirección del viento.

En la Tabla 6-1 se presenta el resumen de datos capturados por instrumento y estación, los espacios en blanco en la tabla indican que no se disponía del equipo de medición requerido durante el periodo evaluado. El promedio de los datos capturados para los monitores activos durante el 2023 fue del 93%.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN					
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB					
	Código: PA10-PR04-M1			Versión: 8		

Tabla 6-1. Tabla 6-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2023

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	VV	DV	T 2m	T 4m	T 8m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	100	98	98	0	99	94									100	84
Carvajal Sevillana	95	96	0	0	0	0	71	71	100						100	53
CDAR	99	98	98	98	98	95	99	99	99			99		99	98	98
Guaymaral	96	98	93	94	96		98	98	98	97	97	98	98	98	98	97
Kennedy	90	97	97	97	92	98	0	0	98			98		98	98	80
Las Ferias	99	97	97	97	96		97	97	99			99	99		99	98
MinAmbiente	100	99	5	97	97		100	100							100	87
Puente Aranda	100	100	100	88	100	100	100	100	100			100	100	100	100	99
San Cristóbal	99	99	53	98	98		100	100	100			100		100	100	95
Suba	100	98	99	99	99	99	100	100	100						97	99
Tunal	97	98	87	98	98	98	98	98	99			98	98	98	99	97
Usaquén	100	99	95	97	99	98	100	100	100						100	99
Fontibón	100	99	70	99	99	99	100	100	100			100	100		100	97
Móvil 7ma	99	99		0	43		100	100	100			100	100	100	100	85
Ciudad Bolívar	99	99	98	97	98	97	100	100	100				100	100	100	99
Colina	98	97	97	97	96	97	97	99	96				99	99	99	98
Jazmín	99	99	94	98	98	98	99	100	100			100	100	100	100	99
Usme	100	100	98	98	97	98	0	0	100			100	100	100	100	99
Móvil Fontibón	98	97	89	97	97	97							98	98		96
Promedio	98	98	82	82	89	91	91	91	99	97	97	99	99	99	99	93

Tabla 6-2.

6.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS

El proceso de validación busca validar o invalidar manualmente los datos que han pasado por la validación automática de los equipos y software, pero que aun así presentaron errores o inconsistencias en las bases de datos por fallas en los equipos, eventualidades en la ciudad, ruido de los instrumentos, entre otros. El porcentaje de datos validos de toda la RMCAB para el año 2023 fue del 89% en promedio, valor superior al porcentaje mínimo recomendado (75%) por el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

El parámetro con el porcentaje de datos validados más bajo fue el O₃ con 76%, debido a que en la estación Carvajal – Sevillana no se registraron datos por la falla del aire acondicionado, en Bolivia se invalidaron datos, porque no se pudo controlar la temperatura interna de la estación por un periodo de tiempo, debido a que se presentó una falla en el sensor de temperatura interna, en Fontibón el equipo O₃ presentó varias fallas y en el mes de julio sale de operación hasta el mes de octubre debido a una falla en la tarjeta CPU, en MinAmbiente solo se registraron datos a mediados del mes de diciembre cuando la tarjeta lled y UV measure fue remplazada en el equipo

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

y por último en San Cristóbal el O₃ salió de operación en el mes de julio debido a una falla en la tarjeta Iled y UV measure.

La Figura 6-3 presenta el porcentaje de datos validados por estación de monitoreo, al compararla con la Figura 6-4 se observa que el porcentaje varía significativamente en las estaciones Carvajal – Sevillana, Móvil 7ma y Bolivia. Como se mencionó anteriormente las estaciones Carvajal – Sevilla y Móvil 7ma tienen el aire acondicionado fuera de operación por fallos, actualmente, se está adelantando un proceso contractual para obtener nuevos equipos. Por otro lado, entre los meses de mayo y julio en la estación Bolivia se invalidaron los datos de contaminantes debido a que el sensor de temperatura interna en la estación se dañó y se tuvo en cuenta el criterio de invalidación por falta de registros de temperatura interna.

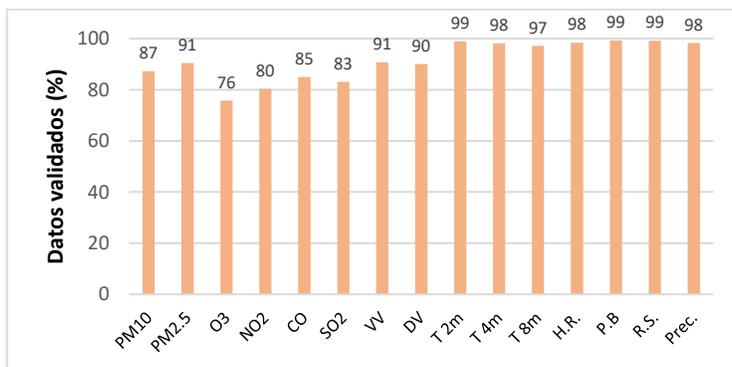


Figura 6-3 Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento - Año 2023

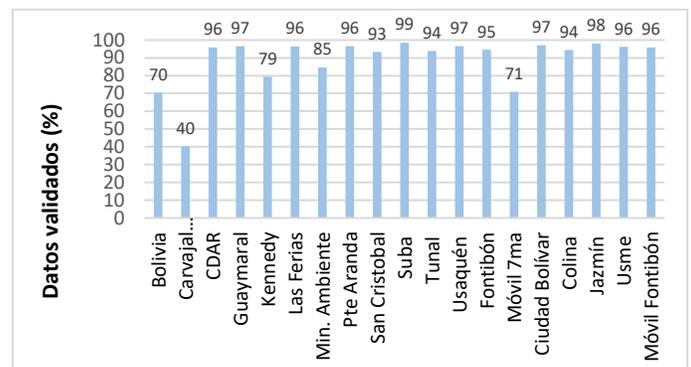


Figura 6-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2023

T 2m: temperatura a 2 metros; T 4m: temperatura a 4 metros; T 8m: temperatura a 8 metros; Prec: precipitación; H.R.: humedad relativa; R.S radiación solar; P.B.: presión barométrica; V.V.: velocidad del viento; D.V.: dirección del viento.

El consolidado del porcentaje de datos válidos agrupados por instrumento de medición y datos válidos agrupados por estación de medición del año 2023 se exponen en la Tabla 6-2. Las celdas vacías en esta tabla indican que no se disponía del sensor o equipo de monitoreo en la respectiva estación durante el periodo de medición. El consolidado de los datos capturados válidos para los monitores activos durante el 2023 fue del 89%.

Tabla 6-3. Tabla 6-2 Porcentaje de datos validados por estación y parámetro – Año 2023

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	VV	DV	T 2m	T 4m	T 8m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	79	81	79	0	82	77									95	70
Carvajal Sevillana	37	39	0	0	0	0	70	55	100						100	40
CDAR	85	98	97	98	98	85	99	99	96			99		99	96	96
Guaymaral	96	98	92	91	96		97	97	98	98	97	98	98	98	97	97
Kennedy	86	93	92	98	92	98	0	0	98			98		98	98	79
Las Ferias	94	97	96	93	94		96	97	99			99	99		97	96
Min. Ambiente	85	99	5	96	93		100	100							100	85

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	VV	DV	T 2m	T 4m	T 8m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Pte Aranda	96	99	99	83	99	80	100	100	100			100	100	100	100	96
San Cristobal	96	98	44	98	98		98	98	100			100		99	100	93
Suba	96	98	99	98	99	98	100	100	100						97	99
Tunal	92	98	86	95	90	72	98	98	99			98	98	98	99	94
Usaquén	97	98	88	96	99	89	100	100	100						100	97
Fontibón	98	98	58	97	93	96	100	100	100			100	100		94	95
Móvil 7ma	40	42		0	0		99	99	100			100	100	100	100	71
Ciudad Bolívar	96	99	81	96	97	96	99	100	100				100	100	100	97
Colina	95	96	80	97	95	84	97	99	93				99	99	98	94
Jazmín	97	98	91	95	98	97	99	99	100			100	100	100	100	98
Usme	95	96	89	97	95	96			100			91	100	100	99	96
Móvil Fontibón	96	95	89	97	97	97							98	98		96
Promedio	87	91	76	80	85	83	91	90	99	98	97	98	99	99	98	89

7. CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS)

7.1. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM₁₀)

7.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-1 se observan los promedios anuales de PM₁₀ registrados por las estaciones de la RMCAB durante el 2023, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma y en la Tabla 7-1 se representan los promedios anuales de PM₁₀ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. Para este año la estación Móvil Fontibón ubicada al occidente de la ciudad excedió el valor de la norma anual (50 µg/m³) con un promedio de 53.2 µg/m³. Por otro lado, las concentraciones promedio más bajas se registraron en las estaciones Colina y Usaquén, en la zona norte de la ciudad con 20.5 y 20.1 µg/m³ respectivamente.

Las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma no alcanzaron el porcentaje de representatividad del 75%, razón por la cual no se tienen en cuenta en el análisis de la norma anual que se ilustra en la Figura 7-1 estas estaciones presentaron daños en los sistemas de aire acondicionado, lo cual generó la invalidación de los datos de contaminantes conforme a lo establecido en el Handbook de la EPA y en el procedimiento interno de validación, sin embargo, se realizó una revisión de los manuales de operación de los equipos, encontrándose que en términos de control de temperatura para los equipos de material particulado, varía de acuerdo a la marca. El seguimiento a la verificación de la temperatura interna, se lleva mediante las cartas control, en donde para PM₁₀ y PM_{2.5}, se identificó que esta variable se encuentran dentro de los límites establecidos por los fabricantes, condición que se ratificó en el numeral 7.2.2 *Sampling*

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Environment del Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Handbook Volume II... Datos de los parámetros de PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación en el periodo específico donde la temperatura no cumpla con los rangos de operación establecidos en los manuales de los equipos (verificar para cada marca), se actualizó el procedimiento interno PA10-PR05-INS1 “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”, para indicar los lineamientos respecto a la invalidación de datos por control de temperatura referente a material particulado y gases. Los ajustes al procedimiento fueron aprobados a partir del 28 de julio, en estos términos los datos de las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma fueron considerados validos a partir de la fecha previamente mencionada.

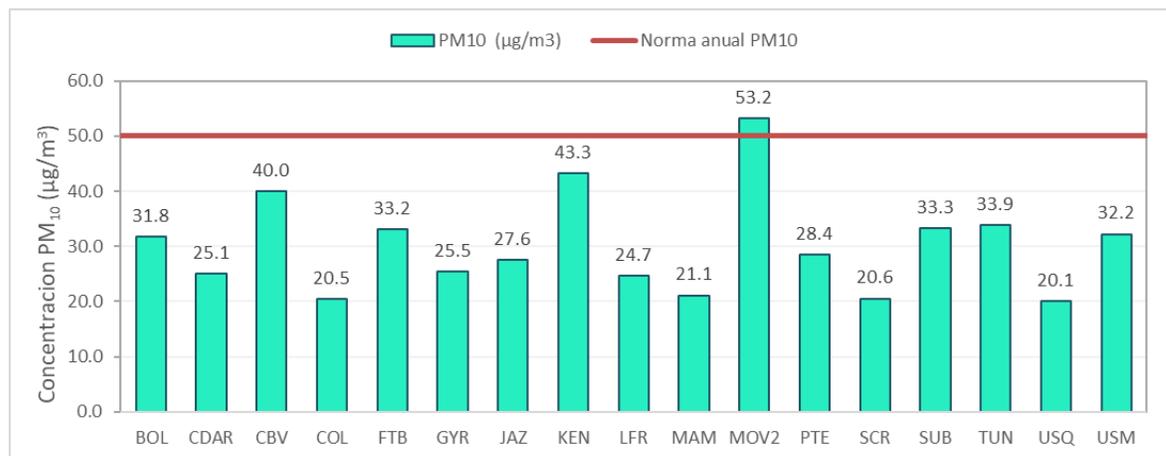


Figura 7-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2023

Con respecto a las excedencias 24h, Carvajal – Sevillana registró el mayor número de datos sobre la norma con cincuenta y cuatro (54) excedencias, seguida de móvil Fontibón con cuarenta y seis (46), Ciudad Bolívar con dieciséis (16), Kennedy con diez (10), Fontibón con cinco (5), Tunal con tres (3) y finalmente Suba y Usme con una (1) excedencia cada una.

Nota: Datos inválidos de PM₁₀ debido a fallas en el sistema de control de temperatura, de las estaciones de Bolivia, Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma, fueron tenidos en cuenta de forma indicativa para el cálculo de algunos indicadores y promedios, reportados en el Observatorio Ambiental de Bogotá, Informe Bogotá Como Vamos, y seguimiento a promedio ponderado de ciudad para meta de reducción de material particulado del Plan Distrital de Desarrollo; debido a que técnicamente son datos confiables, con equipos trazables metrológicamente, sin embargo, su invalidación fue por procedimiento.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 7-1. Tabla 7-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM₁₀ – Año 2023

Estación	Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 µg/m ³ Norma diaria: 75 µg/m ³				
BOL	31.8	80%	72.3	0
CSE*	71.5	38%	123.0	54
CDAR	25.1	84%	58.1	0
CBV	40.0	96%	100.6	16
COL	20.5	95%	51.5	0
FTB	33.2	100%	85.1	5
GYR	25.5	95%	53.0	0
JAZ	27.6	98%	67.1	0
KEN	43.3	85%	92.3	10
LFR	24.7	96%	64.6	0

Estación	Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 µg/m ³ Norma diaria: 75 µg/m ³				
MAM	21.1	80%	56.6	0
MOV2	53.2	96%	102.0	46
MOV*	31.3	41%	74.3	0
PTE	28.4	96%	66.0	0
SCR	20.6	99%	55.8	0
SUB	33.3	97%	75.5	1
TUN	33.9	93%	79.6	3
USQ	20.1	99%	61.8	0
USM	32.2	95%	75.7	1

* Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%.

En la Figura 7-2 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de PM₁₀ por estación para el año 2023, el cual está elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. De acuerdo con esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en el sur y occidente de la ciudad en Ciudad Bolívar, Kennedy y Móvil Fontibón, con un rango de concentraciones entre 40 y 53 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron hacia el centro y norte de la ciudad, en las localidades de Candelaria, Los Mártires, Chapinero, Teusaquillo, Suba y Usaquén, con concentraciones entre los 20 y los 34 µg/m³.

Al igual que en años anteriores, la zona suroccidente y occidente registran las concentraciones más altas en la ciudad, especialmente en las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Fontibón.

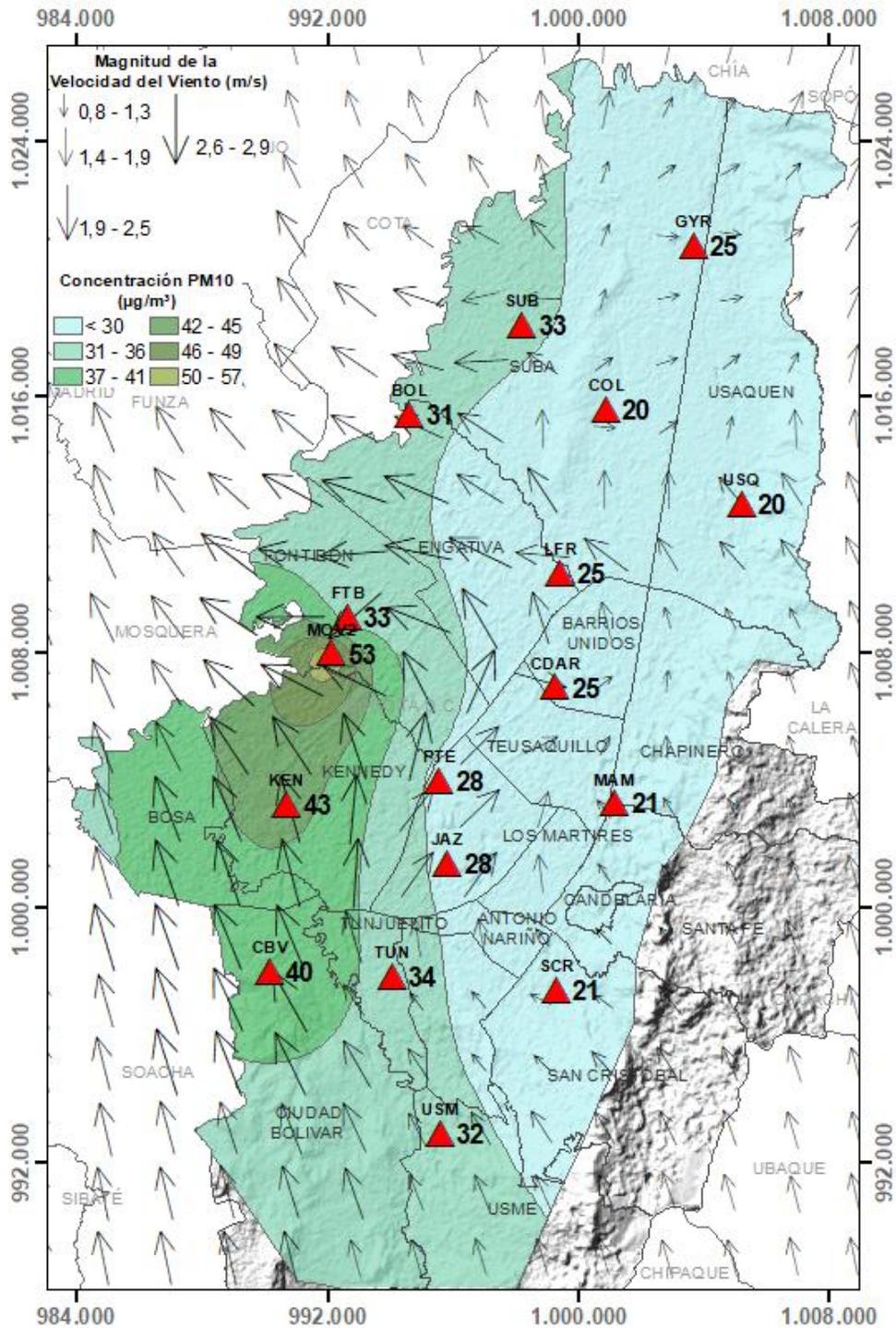


Figura 7-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM10 del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

Figura 7-1.

Figura 7-2.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Figura 7-3.

Figura 7-4.

7.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

La Figura 7-3 muestra el comportamiento de las concentraciones mensuales de PM₁₀ por cada estación de monitoreo para 2023. Se observa que en la mayoría de las estaciones las concentraciones de PM₁₀ fueron más altas en el primer y último trimestre del año. En estaciones como Ciudad Bolívar, Tunal y Móvil Fontibón se presentaron los registros más altos hacia el mes de febrero, mientras que en Carvajal- Sevillana, Kennedy y Puente Aranda en el mes de diciembre.

En general se observó que en la ciudad se incrementaron las concentraciones durante el primer trimestre, luego se redujeron gradualmente hasta junio y julio, meses en los que se observaron los registros más bajos y después se fueron incrementando gradualmente hasta final de año. Este comportamiento se asocia a que en los primeros meses del año predomina el tiempo seco, adicionalmente en esta misma época se destacan las corrientes de viento con arrastre de partículas de carbono provenientes de incendios forestales.

En la Figura 7-4 se evidencia el comportamiento del contaminante PM₁₀ durante una semana típica del año 2023 para cada estación de monitoreo. Se observa un comportamiento creciente conforme pasa la semana, las menores concentraciones se presentan los domingos y aumentan gradualmente hasta el miércoles, el día jueves se evidencia una pequeña disminución que va en aumento hacia el viernes, para finalizar con ligeras disminuciones el día sábado. La mayor variación de la concentración en la semana se observó en la zona suroccidental, pasando de concentraciones cercanas a los 20 µg/m³ los domingos hasta 80 µg/m³ los viernes.

En la Figura 7-5 se observa la variación horaria de las concentraciones de PM₁₀ en un día promedio para el año 2023. En la mayoría de las estaciones de monitoreo el comportamiento durante el día fue similar, las concentraciones más bajas se evidenciaron en la madrugada, después se incrementaron aproximadamente desde las 6 a.m. y alcanzaron el pico más alto entre las 8 y las 10 a.m., luego disminuyen gradualmente hacia el mediodía, presentándose un ligero pico entre las 2 pm a 4 pm. En las estaciones del suroccidente de la ciudad se evidenció un comportamiento diferente al de las demás estaciones, pues para el caso de la estación Carvajal – Sevillana el aumento de las se dio aproximadamente desde las 4 a.m. alcanzando su mayor pico entre las 6 a 8 a.m. y después se redujo lentamente hasta las 6:00 p.m. para finalmente registrar un pico mucho más bajo que el de la mañana entre las 8 a 10 de la noche.

En las estaciones que presentaron concentraciones altas, se debe particularmente a que hay una influencia notable del comportamiento del tráfico en las vías principales de la ciudad, como lo son la Autopista Sur y la Calle 13, en las cuales también circula tráfico pesado especialmente operado bajo combustible diésel.

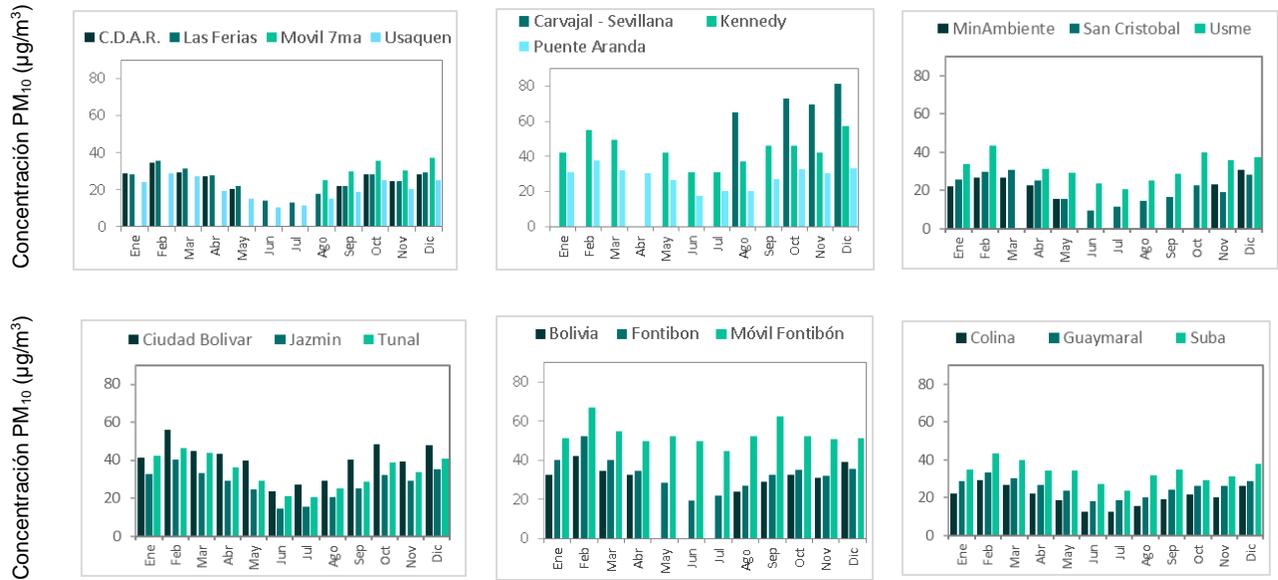


Figura 7-3 Concentraciones mensuales de PM10 por estación – Año 2023

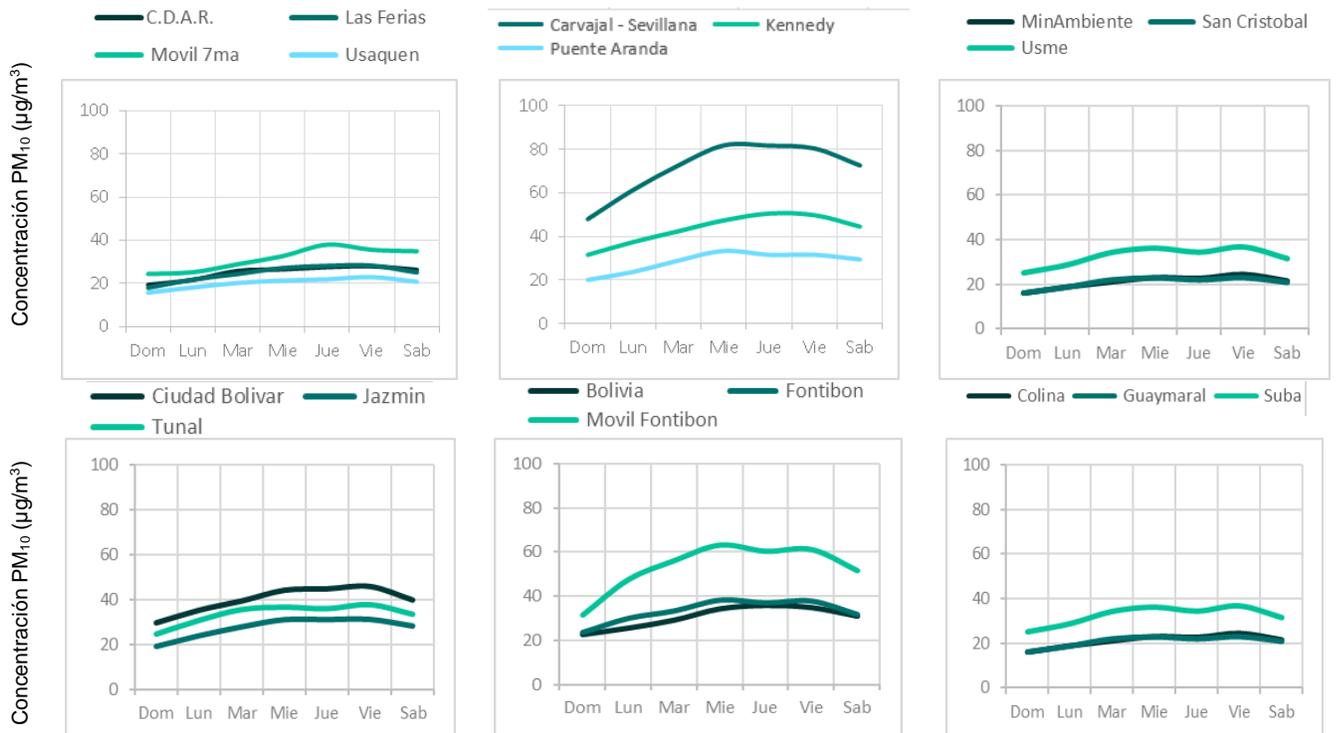


Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM10 – Año 2023

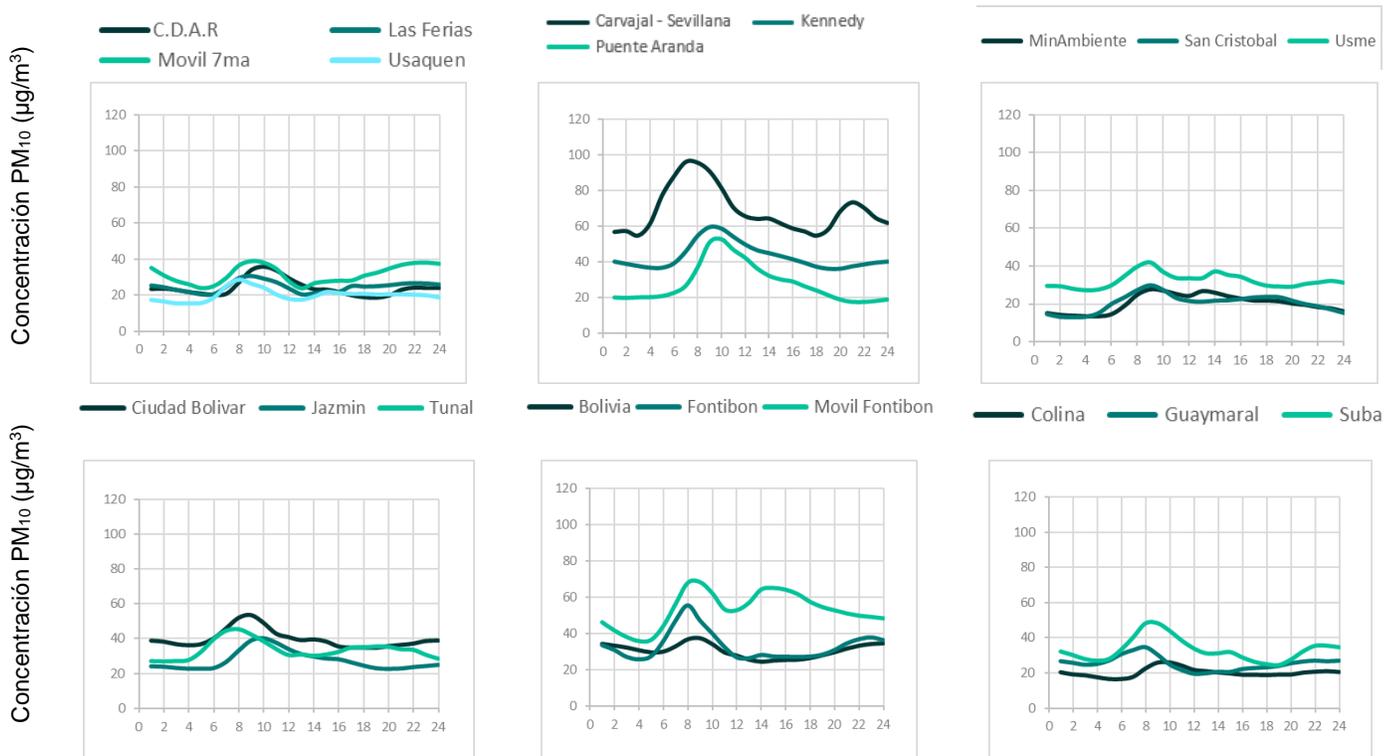


Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀ – Año 2023

7.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

Los promedios anuales de concentración de PM₁₀ para los años 2020 a 2023 se evidencian en la Figura 7-6. En la mayoría de las estaciones se observa una leve disminución en comparación con el año anterior, Móvil Fontibón sobrepasó el nivel máximo permisible registrando los promedios anuales más altos en los dos últimos años, mientras que Carvajal- Sevillana mostró este mismo comportamiento en los años 2020 y 2022.

Las estaciones Fontibón, MinAmbiente, Jazmín, San Cristóbal, Tunal y Usme se registraron promedios anuales en 2023 más bajos con relación al año anterior, con lo cual Tunal, Fontibón y Usme disminuyeron entre 8 µg/m³ y 5 µg/m³ respectivamente.

Por otro lado, la estación Colina y Usaquén registraron los promedios anuales más bajos en la ciudad en el último año, con un promedio de 20 µg/m³ cada una. En relación con los promedios de 2023 para las estaciones Móvil Fontibón, Ciudad Bolívar y Usme se sigue evidenciando que registran concentraciones considerables de material particulado para los últimos tres años, lo cual conlleva a identificar y a concluir que las zonas con mayores registros de PM₁₀ se encuentran hacia el sur y occidente de la ciudad.

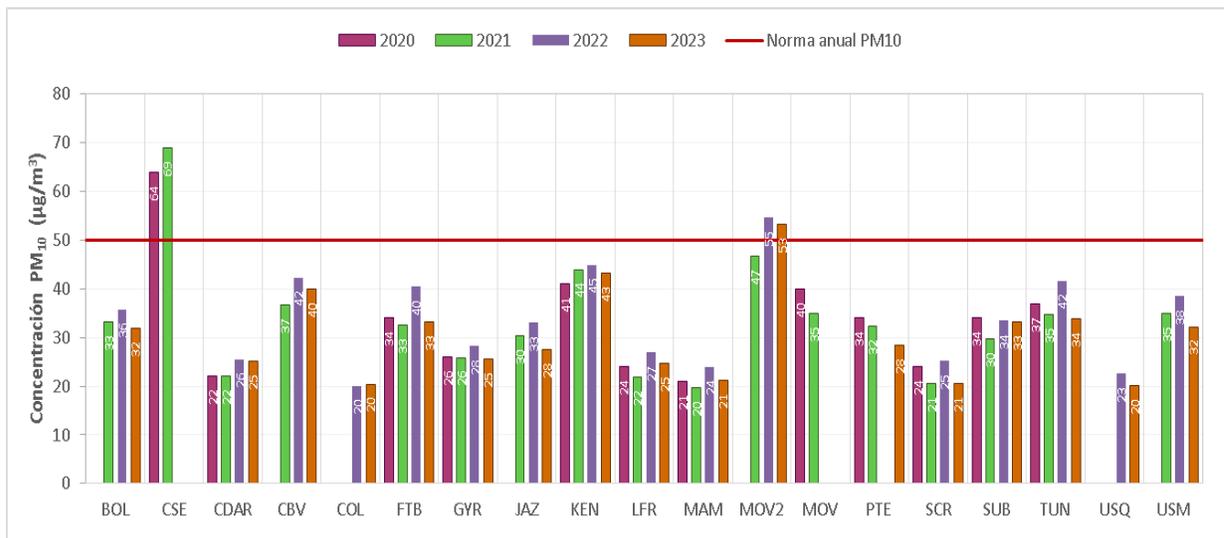


Figura 7-6 Concentraciones anuales de PM10 años 2020 a 2023

7.2. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM_{2.5})

7.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

En la Tabla 7-2 se relacionan los promedios anuales de PM_{2.5} registrados en el año 2023, los valores máximos, porcentaje de datos válidos y excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal diaria y en la Figura 7-7 se representan los promedios anuales de PM_{2.5} para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. La concentración más alta se registró en Kennedy con 21.9 µg/m³ hacia el suroccidente de la ciudad, mientras que la concentración anual más baja se evidenció en Colina con 10.4 µg/m³ en la zona noroccidental.

En relación con las excedencias a la norma diaria (37 µg/m³), la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de datos diarios sobre el límite máximo, con cuarenta y cinco (45) excedencias, seguida de Kennedy con veinticuatro (24), Móvil Fontibón diecisiete (17), Tunal once (11), Ciudad Bolívar nueve (9), cuatro (4) Fontibón, Centro de alto Rendimiento y Jazmín dos (2) cada una y finalmente con una (1) excedencia MinAmbiente, Móvil 7ma Suba y Usme.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

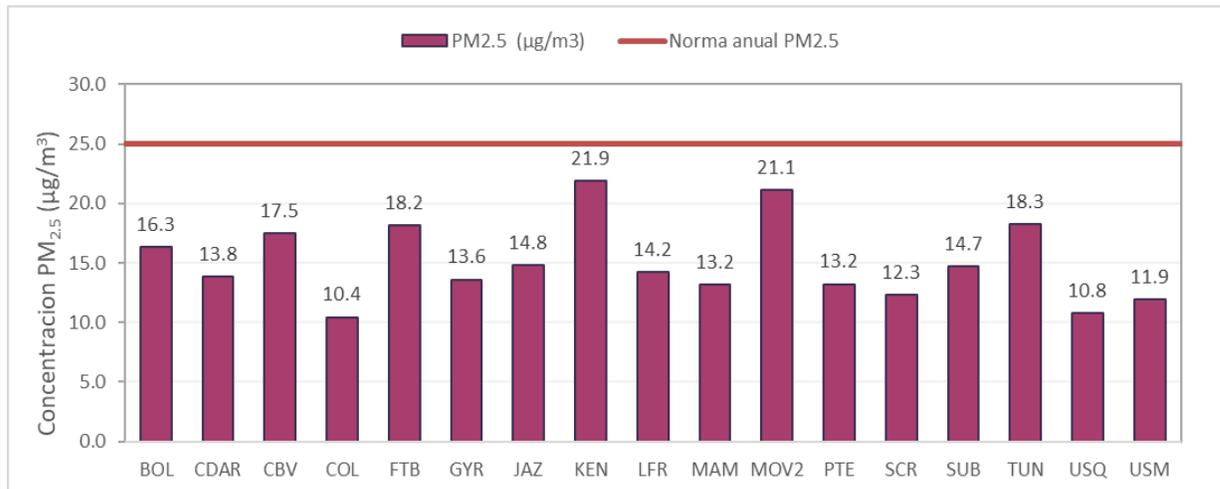


Figura 7-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2023

Nota: Datos inválidos de PM_{2.5} debido a fallas en el sistema de control de temperatura, de las estaciones de Bolivia, Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma, fueron tenidos en cuenta de forma indicativa para el cálculo de algunos indicadores y promedios, reportados en el Observatorio Ambiental de Bogotá, Informe Bogotá Como Vamos, y seguimiento a promedio ponderado de ciudad para meta de reducción de material particulado del Plan Distrital de Desarrollo; debido a que técnicamente son datos confiables, con equipos trazables metrológicamente, sin embargo, su invalidación fue por procedimiento.

Tabla 7-2. Tabla 7-2 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM_{2.5} – Año 2023

Estación	Prom. anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³				
BOL	16.3	81%	35.3	0
CSE*	33.8	39%	58.0	45
CDAR	13.8	98%	37.5	2
CBV	17.5	100%	46.6	9
COL	10.4	96%	30.7	0
FTB	18.2	98%	40.2	4
GYR	13.6	97%	33.5	0
JAZ	14.8	98%	40.6	2
KEN	21.9	90%	56.8	24
LFR	14.2	97%	34.1	0

Estación	Prom. anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³				
MAM	13.2	99%	39.8	1
MOV2	21.1	95%	49.5	17
MOV*	13.8	42%	38.5	1
PTE	13.2	98%	35.9	0
SCR	12.3	89%	36.4	0
SUB	14.7	97%	37.7	1
TUN	18.3	97%	42.7	11
USQ	10.8	91%	34.2	0
USM	11.9	95%	39.3	1

* Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la Figura 7-8 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de PM_{2.5} para 2023, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging.

Según esta representación las concentraciones más altas se presentaron en la zona sur y occidente en las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar, Tunjuelito y Fontibón con concentraciones entre 17 y 22 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron en las zonas cercanas a las estaciones Colina, Usaquén, San Cristóbal y Usme, con valores entre 10 y 12 µg/m³. La distribución espacial del PM_{2.5} es similar a la del PM₁₀, las mayores concentraciones suelen registrarse hacia el suroccidente de la ciudad, pero con un aumento notable en las concentraciones de la zona de influencia de la estación Móvil Fontibón.



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

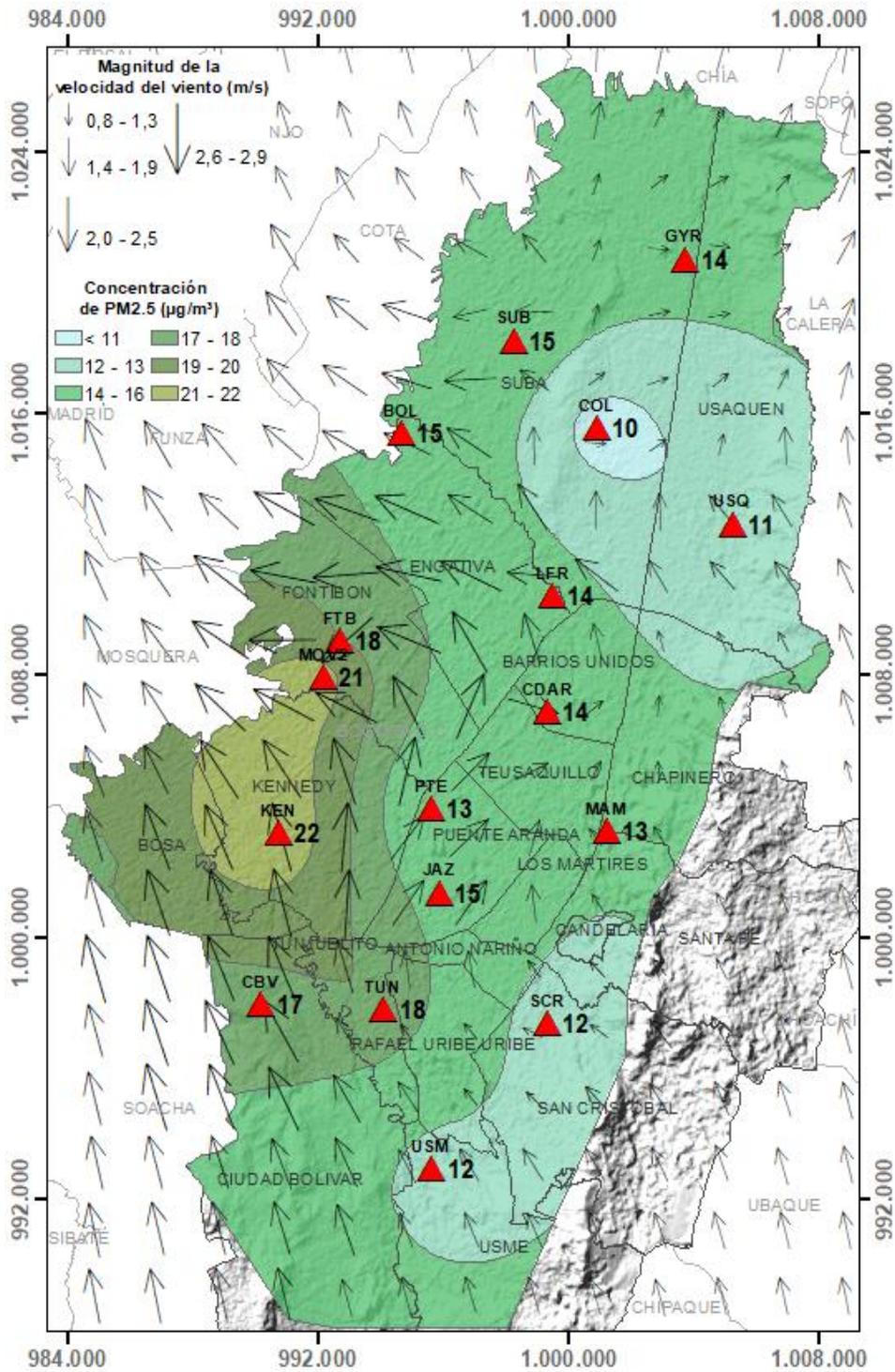


Figura 7-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

Las variaciones mensuales de las concentraciones de PM_{2.5} durante el 2023 se observan en la Figura 7-9. Se registraron altas concentraciones en el primer trimestre, con valores más altos en el mes de febrero, luego se redujeron en el segundo trimestre hasta el mes de julio, que tuvo los valores más bajos y se empezaron a incrementar desde septiembre, hasta registrar concentraciones altas en el mes de diciembre.

Las variaciones en las concentraciones en el primer trimestre estuvieron influenciadas por el arrastre de grandes cantidades de material particulado proveniente de los incendios forestales regionales de los departamentos de Vichada, Meta y Casanare, fuertes inversiones térmicas y baja dispersión de los contaminantes a nivel local. En lo referente al aumento que se evidenció desde el mes de agosto hasta fin de año se asoció a eventos regionales de transporte de contaminantes provenientes del desierto del Sahara, condiciones meteorológicas adversas, activación de los incendios forestales, fuentes de emisión local y a la quema de pólvora en las festividades de fin de año.

El comportamiento de las concentraciones de PM_{2.5} para una semana promedio se observa en las gráficas de la Figura 7-10. Las concentraciones inician en aumento desde el día lunes, alcanzando los picos más altos entre miércoles a viernes, para finalmente registrar bajas mediciones hacia el fin de semana. Las estaciones Kennedy y Carvajal - Sevillana reportan variaciones significativas en comparación con las demás estaciones que conforman la RMCAB, toda vez que, sus mediciones al iniciar la semana se ubican en 20 µg/m³ llegando registrar picos hacia el fin de semana que oscilan aproximadamente en 38 µg/m³ diario.

En la Figura 7-11 se representa el comportamiento de las concentraciones de PM_{2.5} en un día promedio de 2023. Se registran concentraciones de valores similares en la madrugada hasta las 6 a.m. (a excepción de Carvajal – Sevillana, Tunal, Móvil Fontibón, Suba y Guaymaral que inician aproximadamente el aumento desde las 4 de la mañana), después hay un incremento gradual que alcanza su mayor pico a las 8 a.m. , para posteriormente iniciar los descensos en las mediciones que permanecen aproximadamente hasta las 12 p.m., que inician en ascenso para alcanzar el segundo pico del día entre las 2 y 6 p.m., sin embargo, hay estaciones que se comportan diferente como es el caso de Usme, puesto que sus concentraciones disminuyen en el rango de 2 a 8 p.m., lo cual la ubica en la estación que reporta las concentraciones más bajas en esta franja horaria.

En la zona suroccidente de la ciudad se observan mayores concentraciones posiblemente asociadas al alto flujo vehicular y a las industrias presentes en esta zona.

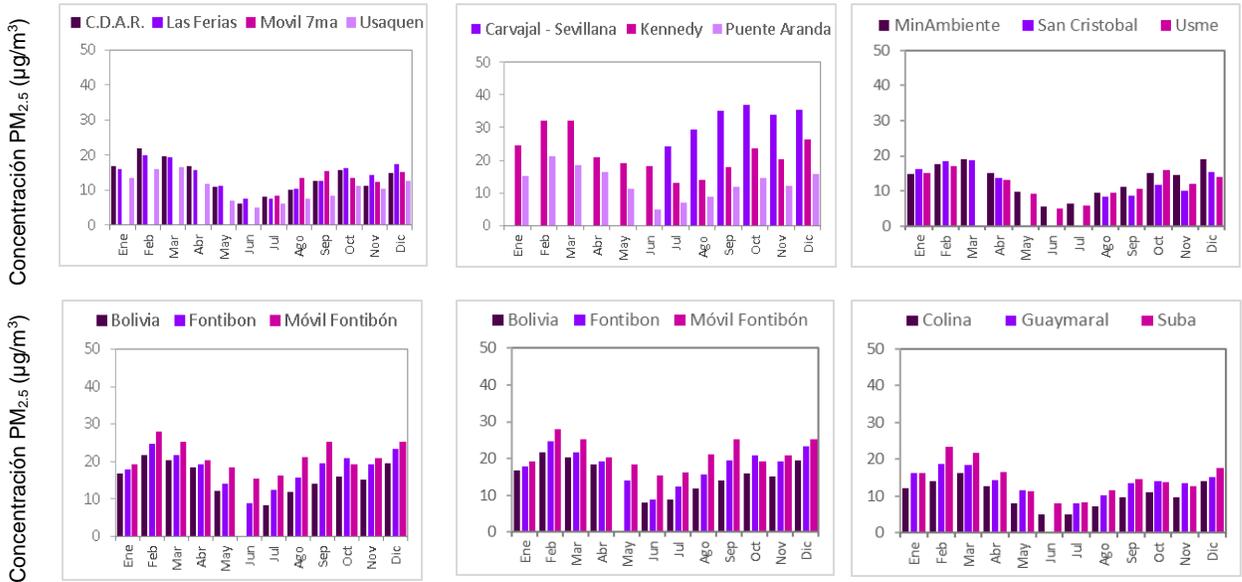


Figura 7-9 Concentraciones mensuales de PM_{2.5} por estación – Año 2023

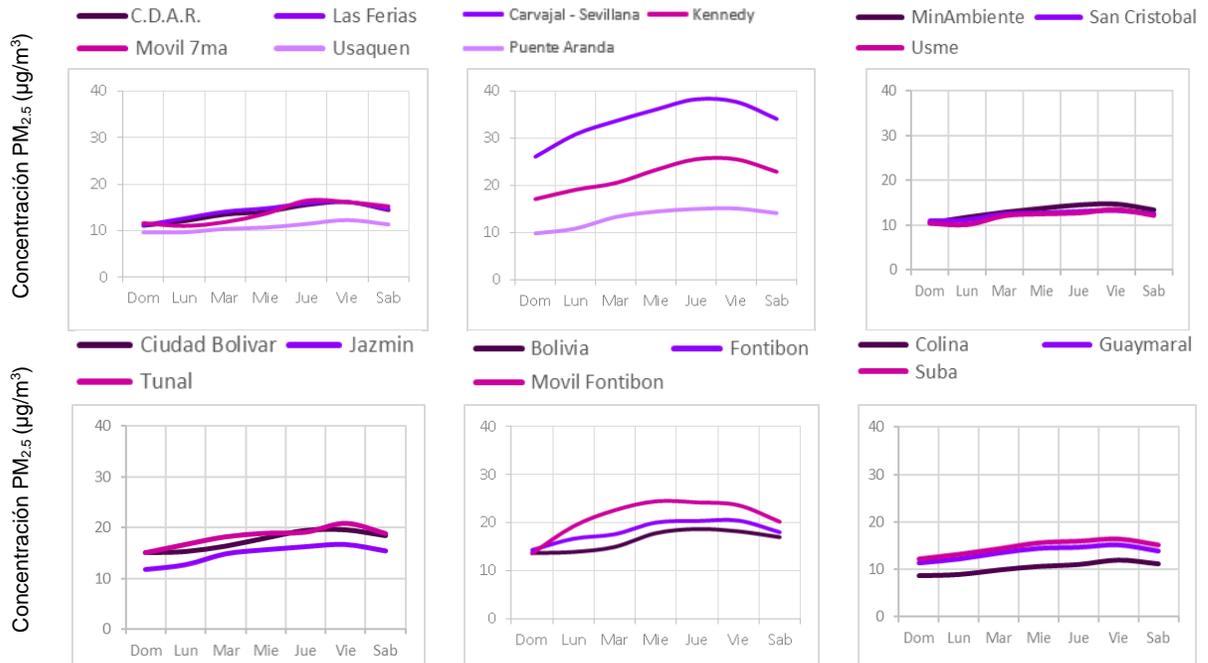


Figura 7-10 Comportamiento diario de las concentraciones de PM_{2.5} – Año 2023



Figura 7-11 Comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2023

7.2.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL $PM_{2.5}$ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-12 se presentan los promedios anuales de $PM_{2.5}$ para los años 2020 a 2023. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana ha sido la única que ha registrado los promedios anuales por encima de la norma anual ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y además dichos promedios han sido los más altos de todas las estaciones para estos últimos años, en cuanto a los años 2022 y 2023 no se alcanzó el porcentaje de representatividad del 75% por daños en el aire acondicionado de la estación.

En general, se observa una tendencia leve a la disminución de las concentraciones para el año 2023. Por otro lado, la estación Kennedy reporto la concentración más alta para este periodo con $21.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida de la Móvil Fontibón con $21.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo, estas no excedieron los límites normativos, finalmente los promedios más bajos se evidenciaron en Usaquén, Usme y Colina, siendo el promedio de esta última estación el más bajo de 2023.

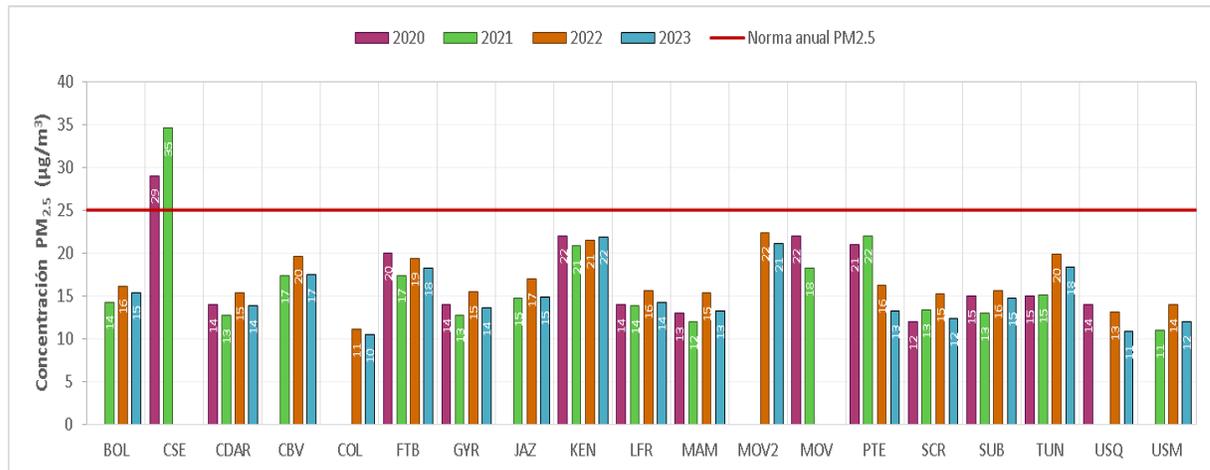


Figura 7-12 Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2020 a 2023

7.3. OZONO (O₃)

7.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

La Figura 7-13 contiene los promedios anuales de concentración de ozono para el año 2023, calculados con base en los datos de media móvil 8 horas, el porcentaje de datos válidos, valores máximos y número de excedencias a la norma. En la Tabla 7-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O₃ – Año 2023 se observan las concentraciones promedio anuales de 2023 para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%, se observa que la concentración anual más alta de O₃ se registró en la estación Usaquén con 36.0 µg/m³, mientras que la concentración más baja se obtuvo en la estación Colina con 15.7 µg/m³.

Durante el 2023 varias estaciones presentaron novedades que impidieron alcanzar el porcentaje de representatividad del 75%. La estación Fontibón presentó numerosas fallas que conllevaron a que el equipo saliera de operación en el mes de julio por daños en la tarjeta CPU, MinAmbiente registro datos a mediados del mes de diciembre y San Cristóbal dejó de medir en el mes de julio, los equipos analizadores de estas dos últimas estaciones tenían daños en la tarjeta ILED y UV measure.

La estación Fontibón registró el mayor número de excedencias, con ciento ochenta y ocho (188) registros sobre la norma para un tiempo de exposición 8 horas, seguida de CDAR con treinta y un (31) registros, veintitrés (23) Kennedy, veintidós (22) Usaquén, once (11) Las Ferias, nueve (9) Jazmín, ocho (8) Guaymaral, Tunal cuatro (4), Ciudad Bolívar y Usme con dos excedencias cada una, en general se evidencia que para el periodo analizado se registraron mayor número de excedencias que el año anterior. De acuerdo a la estación que presentó mayores excedencias de O₃, corresponde a la estación Fontibón y estas se pueden presentar debido a que se realizan procesos de limpieza de áreas, instalaciones médicas, espacios, inclusive ventilación hayan estado utilizando Ozono como agente desinfectante ambiental, ya que esta estación está ubicada en el CAMI I Hospital de Fontibón.

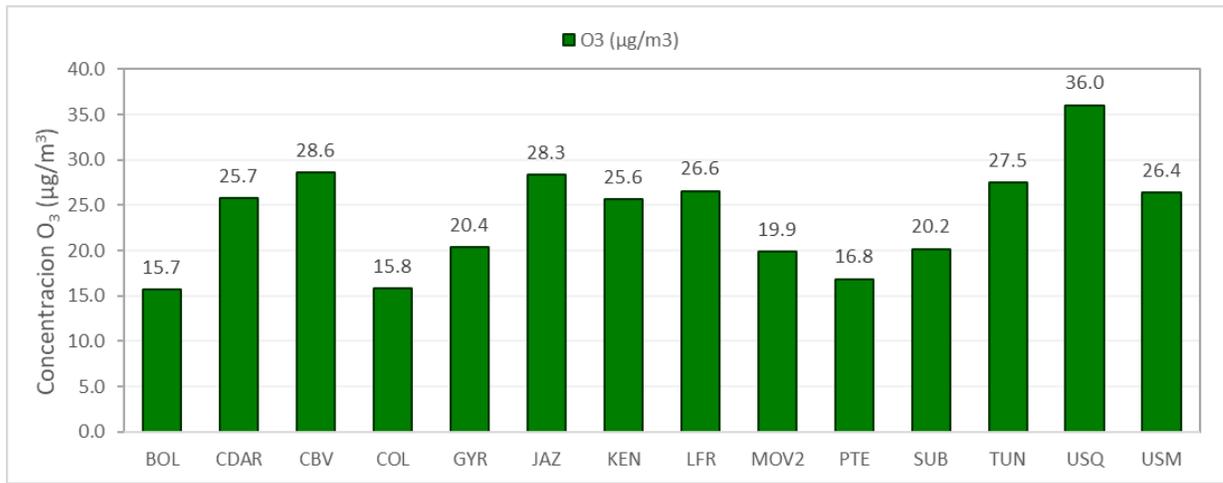


Figura 7-13 Concentraciones promedio anual de O₃ – Año 2023

Tabla 7-3. Tabla 7-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O₃ – Año 2023

Estación	Prom. anual O ₃ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 8h
Norma media móvil 8 horas: 100 µg/m³				
BOL	15.7	78%	68.1	0
CDAR	25.7	97%	142.0	31
CBV	28.6	80%	104.7	2
COL	15.8	79%	70.7	0
FTB*	38.9	58%	172.9	188
GYR	20.4	91%	115.3	8
JAZ	28.3	91%	120.0	9
KEN	25.6	92%	125.4	23
LFR	26.6	96%	116.3	11

Estación	Prom. anual O ₃ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 8h
Norma media móvil 8 horas: 100 µg/m³				
MAM*	24.4	5%	78.2	0
MOV2	19.9	88%	98.5	0
PTE	16.8	99%	75.7	0
SCR*	12.7	43%	46.8	0
SUB	20.2	100%	82.9	0
TUN	27.5	86%	112.8	4
USQ	36.0	87%	141.7	22
USM	26.4	88%	103.0	2

* Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

La Figura 7-14 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de O₃ registradas durante el 2023, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Este contaminante no tiene un comportamiento homogéneo en la ciudad y es variable según la época del año, las concentraciones más altas se observaron en las zonas de influencia de Usaquén, Ciudad Bolívar, Jazmín, Las Ferias, Tunal, Kennedy y CDAR, con valores entre 26 y 36 µg/m³ y las menores concentraciones se registraron en las localidades de Suba, Engativá, Fontibón y Puente Aranda con valores entre los 16 y 20 µg/m³. Al ser el ozono un contaminante secundario, tiene una notable variación en la distribución espacial cada año, puesto que este tiene una relación con los tiempos cálidos y soleados, dado que su concentración en el aire está ligada al aumento o disminución de la radiación solar.

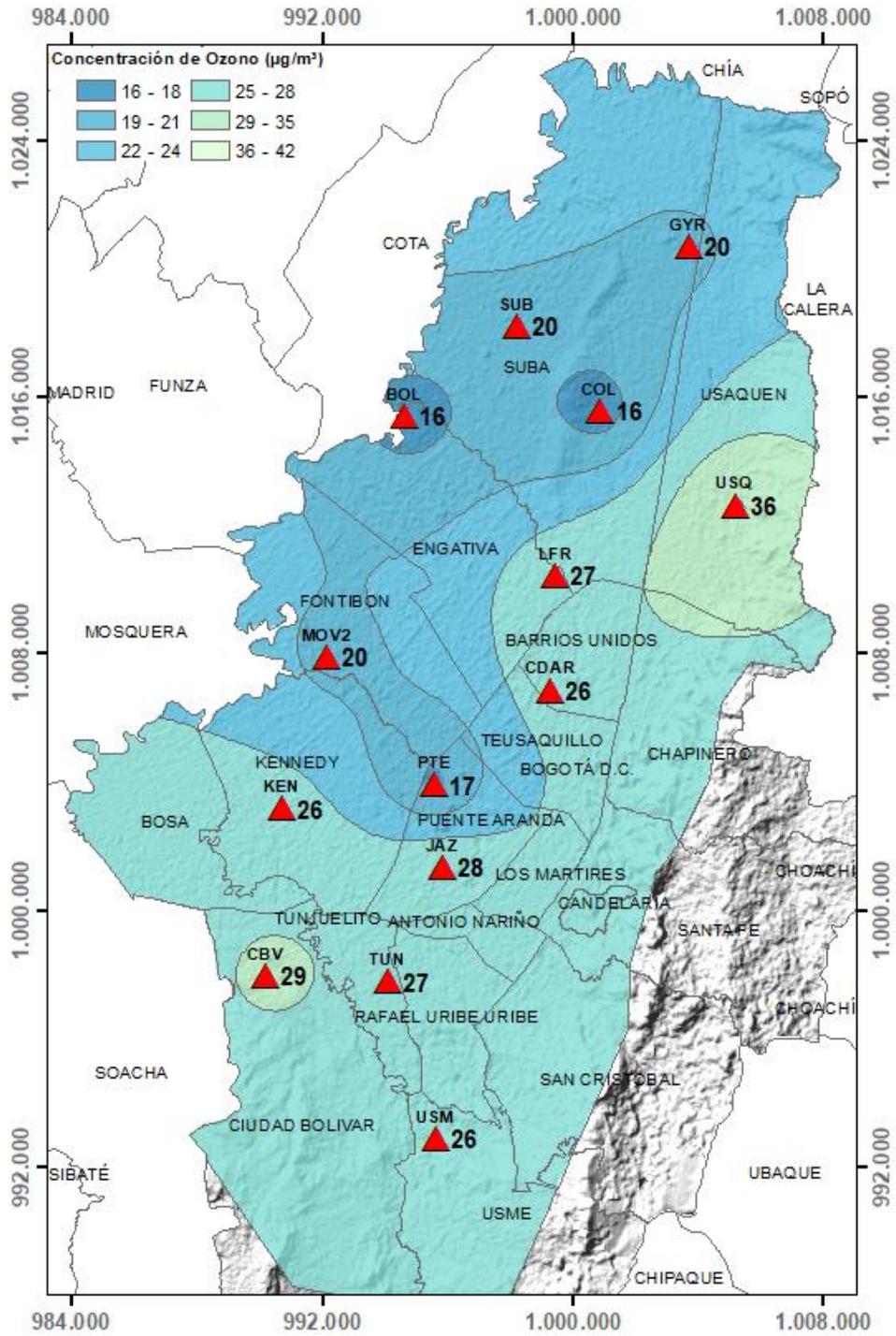


Figura 7-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O₃ del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

El comportamiento del O₃ para cada uno de los meses del año 2023 se presenta en la Figura 7-15. Se observa que las concentraciones se mantuvieron similares en algunas estaciones durante los cuatro primeros meses del año, luego entre mayo y junio se observó una reducción notable de las concentraciones y se volvió a registrar un aumento gradual hasta octubre. En los meses de noviembre y diciembre se registró una leve disminución atribuida posiblemente a las temporadas de lluvia que se presentaron durante esta época del año, a excepción de la estación Fontibón y Usaquén que reflejaron un aumento en este mismo periodo.

El comportamiento del ozono para una semana promedio en el 2023. En la Figura 7-16 muestra homogeneidad en las mediciones en la mayoría de estaciones, toda vez que hacia el día domingo se refleja un descenso que permanece hasta el lunes, posteriormente las concentraciones se estabilizan hasta el miércoles y presentan un leve aumento en lo que resta de la semana, sin embargo, estaciones como MinAmbiente reflejan mediciones que difieren con las demás (aumentan de domingo a lunes, disminuye martes, se estabilizan hasta el jueves y aumentan levemente hasta finalizar la semana).

En la Figura 7-17 se observa el comportamiento de las concentraciones de O₃ en un día promedio en el 2023. En general se evidencia que se presentan concentraciones bajas en todas las estaciones hasta aproximadamente las 6 a.m. y empiezan a aumentar notablemente alcanzando su pico más alto entre la 12 o 2 p.m., después de este pico se muestra una disminución gradual presentando una estabilidad en el rango comprendido entre las 8:00 y 12:00 pm. Las concentraciones de este contaminante son coherentes con el comportamiento de la radiación solar en lo corrido del día.

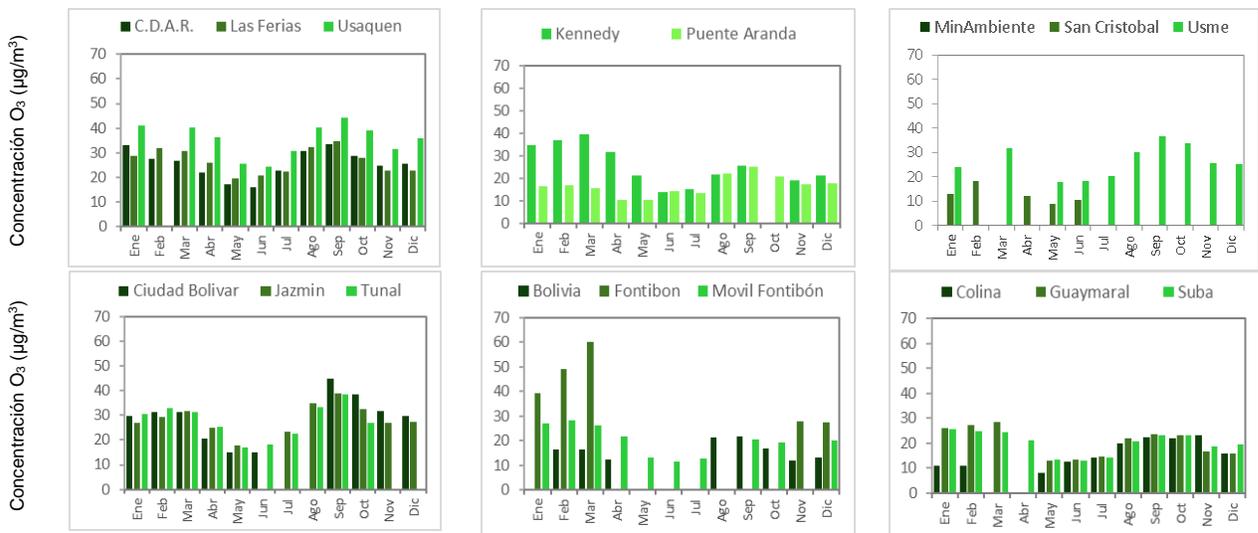


Figura 7-15 Concentraciones mensuales de O₃ por estación – Año 2023

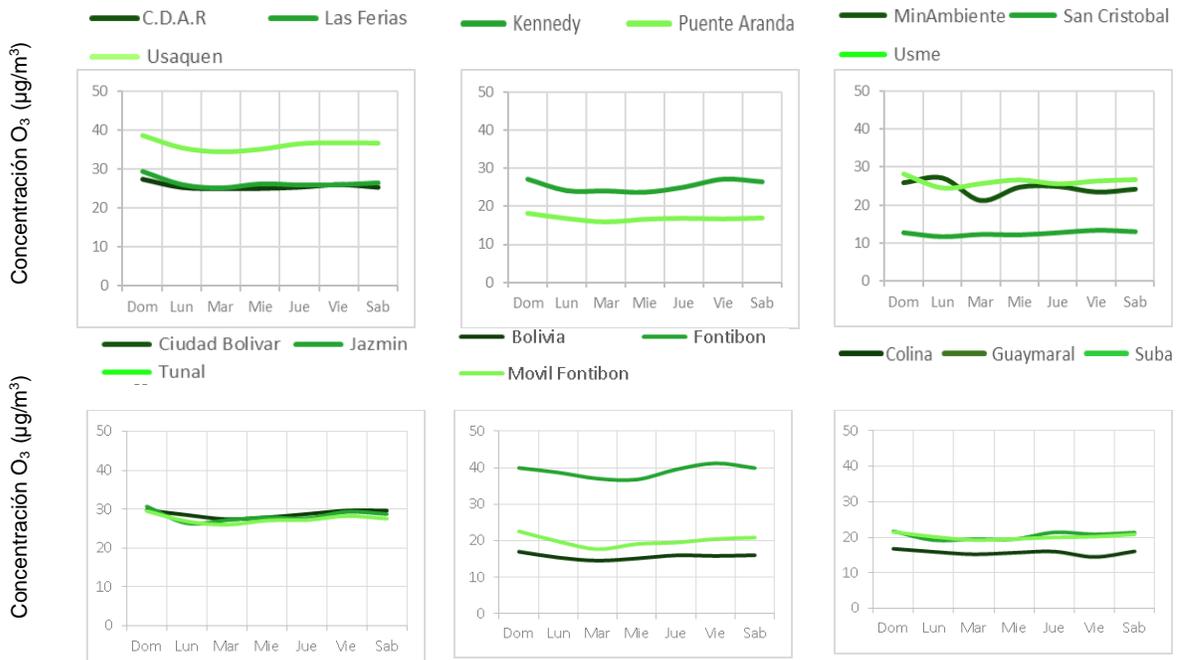


Figura 7-16 Comportamiento diario de las concentraciones de O₃ – Año 2023

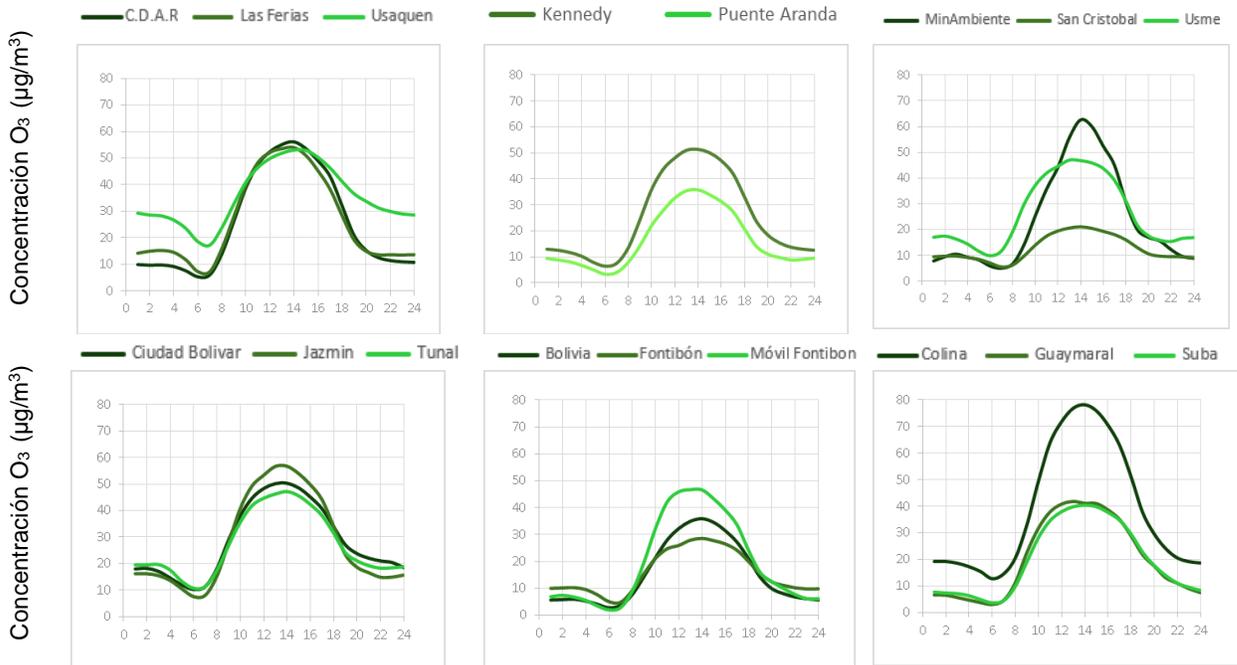


Figura 7-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ – Año 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O₃ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-18 se observan las concentraciones anuales de O₃ para los años 2020 a 2023. Se evidencia que la estación Usaquén ha registrado los promedios anuales de concentración más altos en los últimos cuatro años en la ciudad, sin embargo, Kennedy tuvo el promedio más alto de los últimos cuatro años en 2020 con 36 µg/m³. Para el año 2023 se reflejó un aumento en las concentraciones en la mayoría de las estaciones en donde se destaca la estación Colina con el mayor incremento respecto al año 2022.

La estación Usaquén reporto el promedio anual más alto del 2023 con 36.0 µg/m³, reflejando un aumento de 2.5 µg/m³ en comparación con el año inmediatamente anterior.

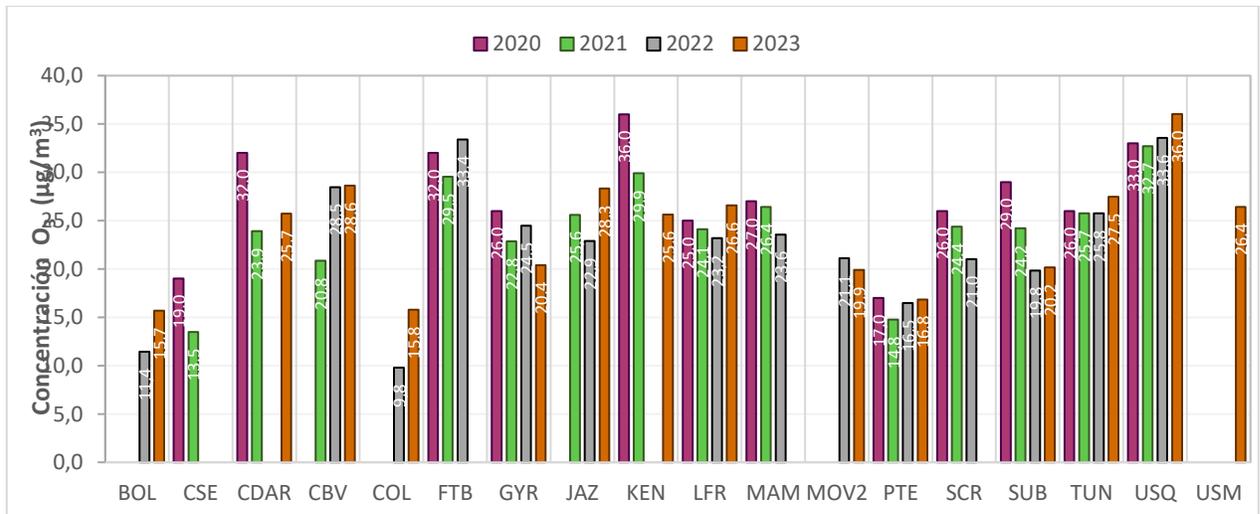


Figura 7-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2020 a 2023

7.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

7.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 7-4 resume los parámetros calculados de concentraciones promedio anuales de NO₂ para el año 2023, porcentaje de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias a la norma horaria y la Figura 7-19 muestra las concentraciones anuales de NO₂ para las estaciones con datos representativos. Se evidencia que los promedios anuales más altos se registraron en las estaciones Móvil Fontibón y Colina con 41.5 y 39.2 µg/m³ respectivamente, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en Usaquén y Guaymaral con 18.5 y 18.2 µg/m³.

Durante el año 2023 no se registraron excedencias a la norma horaria (200 µg/m³) y las dieciséis (16) estaciones que actualmente monitorean este parámetro alcanzaron el porcentaje de representatividad del 75%.

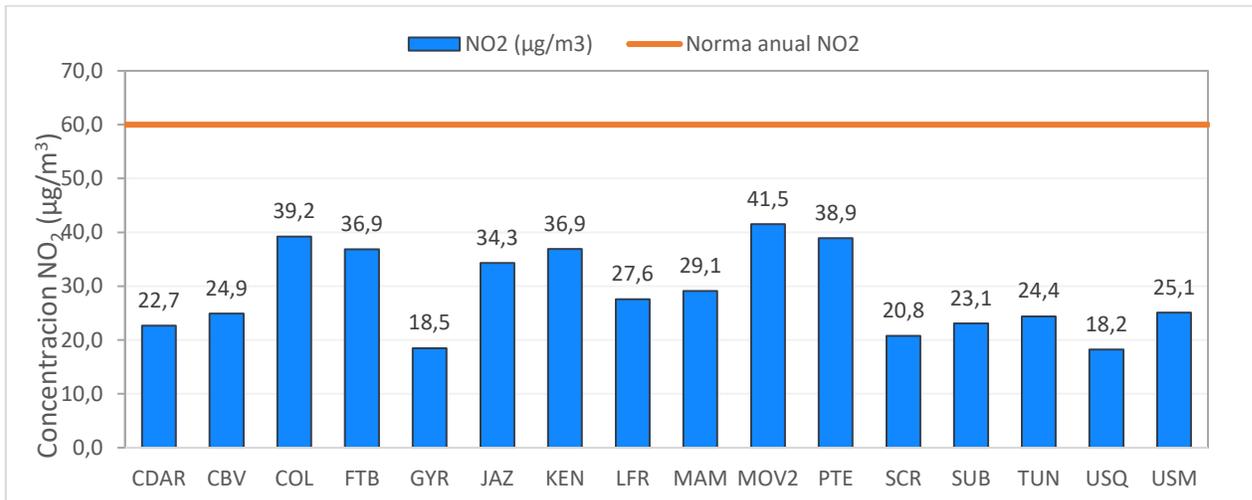


Figura 7-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2023

Tabla 7-4. Tabla 7-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO₂ – Año 2023

Estación	Prom. anual NO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced 1h
Norma anual: 60 µg/m³ Norma horaria: 200 µg/m³				
CDAR	22,7	98%	43,9	0
CBV	24,9	97%	61,9	0
COL	39,2	98%	87,3	0
FTB	36,9	98%	62,7	0
GYR	18,5	91%	42,2	0
JAZ	34,3	93%	67,9	0
KEN	36,9	98%	73,8	0
LFR	27,6	93%	65,9	0

Estación	Prom. anual NO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 1h
Norma anual: 60 µg/m³ Norma horaria: 200 µg/m³				
MAM	29,1	95%	76,0	0
MOV2	41,5	98%	68,5	0
PTE	38,9	83%	68,1	0
SCR	20,8	99%	52,2	0
SUB	23,1	99%	45,3	0
TUN	24,4	96%	61,3	0
USQ	18,2	96%	55,8	0
USM	25,1	96%	56,0	0

La Figura 7-20 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de NO₂ registradas durante el 2023, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Se observa que las concentraciones más altas se registraron en las localidades de Kennedy, Bosa, Puente Aranda, Fontibón y el área de influencia de la estación Colina, con concentraciones que varían entre 37 a 41 µg/m³.

Las concentraciones más bajas se registraron en el nororiente y noroccidente de la ciudad en las estaciones de Usaquén y Guaymaral. El comportamiento de este contaminante es similar al del material particulado, evidenciándose un aumento hacia el occidente y suroccidente de la ciudad. Las estaciones que presentan el promedio anual más alto son estaciones que se encuentran cerca de vías principales, aumento que puede atribuirse al tipo de transporte y al uso del combustible empleado para operar los vehículos que circulan por estas vías.

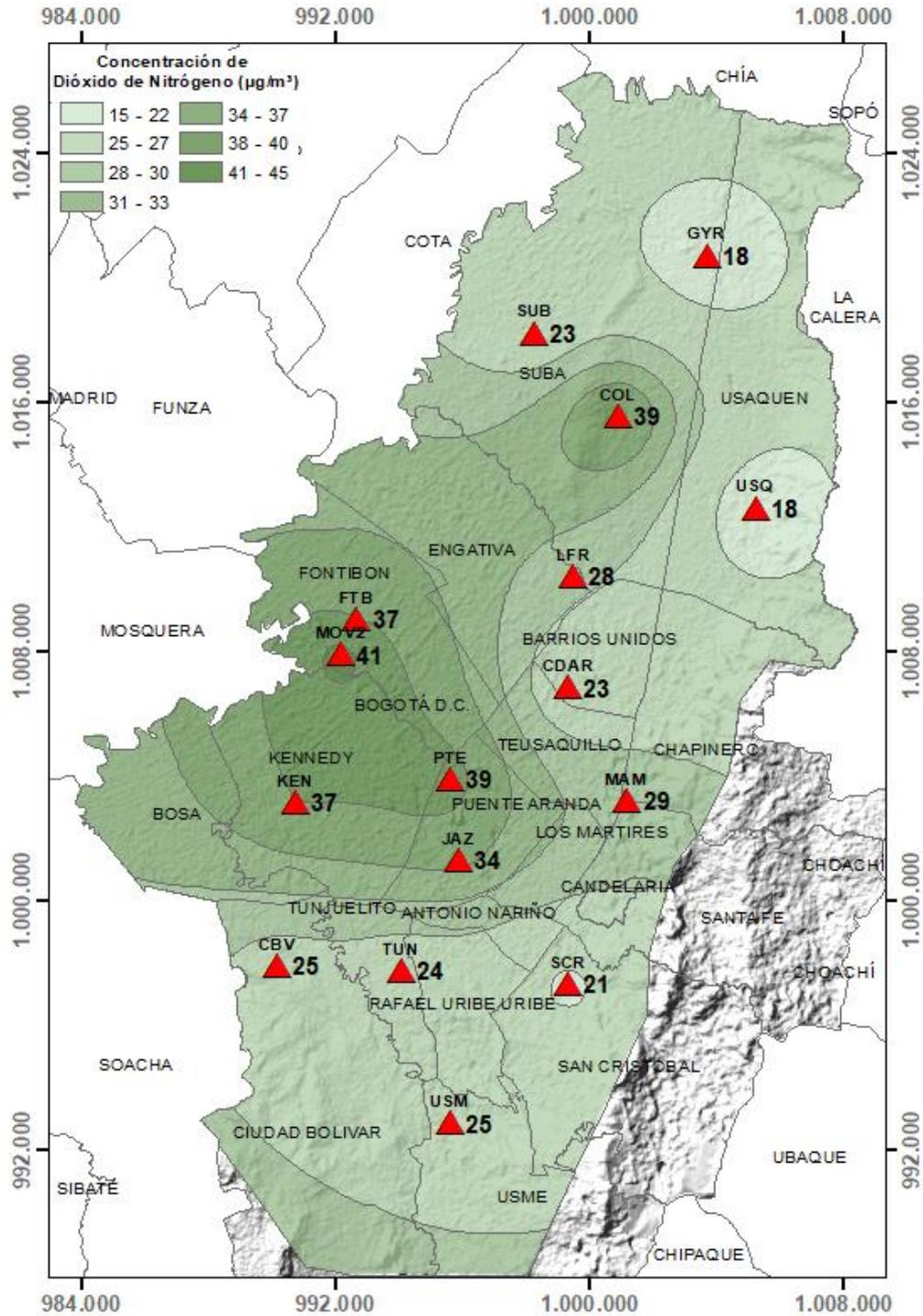


Figura 7-20

Figura 7-5. Figura 7-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO₂ del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 7-21 muestra las concentraciones mensuales de NO₂ en el año 2023 para cada estación de monitoreo, se evidencia un incremento en el primer y cuarto trimestre del año, posteriormente una ligera reducción entre mayo y junio en la mayoría de las estaciones. Desde julio se observó un aumento generalizado en toda la ciudad que permaneció hasta fin de año, aunque en los meses de noviembre y diciembre se presentó una leve disminución comparado con el mes de octubre, que fue el que registro el promedio más alto en el cuarto trimestre, este comportamiento se manifestó en la mayoría de las estaciones a excepción de Colina, Guaymaral y Suba en donde se presentó un ascenso en todos los meses del último trimestre del 2023. La principal fuente natural de NO₂ son los incendios forestales, situación que coincide con las concentraciones altas presentes en el primer y cuarto trimestre, que se caracterizan por temporadas secas que favorecen la propagación de incendios forestales.

El comportamiento del NO₂ de una semana promedio en el año 2023 se representa en la Figura 7-22, las concentraciones inician bajas el día domingo, hacia el lunes se presenta un leve aumento, posteriormente se evidencia un comportamiento poco variable que permanece aproximadamente hasta mitad del día viernes para finalmente descender el día sábado. En cuanto al comportamiento de estaciones como Kennedy y Móvil Fontibón se refleja una disminución en las concentraciones el día jueves y Colina el viernes. En general estas variaciones son coherentes con el comportamiento de la movilidad vehicular.

En relación con el comportamiento horario en un día promedio del 2023(Figura 7-23), se evidenciaron dos picos de concentración, el primero entre 6 a.m. y 8 a.m. y el segundo entre las 6 p.m. y 10 p.m. En general, las concentraciones permanecieron estables en la mayoría de las estaciones en la franja horaria comprendida hasta en promedio las 4:00 a.m. y empezaron a aumentar gradualmente hasta el pico de la mañana, después hay una reducción de concentraciones hacia el mediodía que permanece hasta las 4:00 p.m. y en la tarde vuelve a incrementarse para alcanzar el segundo pico de concentración, el cual fue más bajo que el de la mañana. El comportamiento de este contaminante se ve bastante influenciado por el tráfico, concentraciones que son coherentes con las horas pico de transporte en la ciudad, especialmente en las horas en que la mayoría de los ciudadanos se desplazan hacia sus lugares de trabajo, estudio y residencia al finalizar el día laboral.

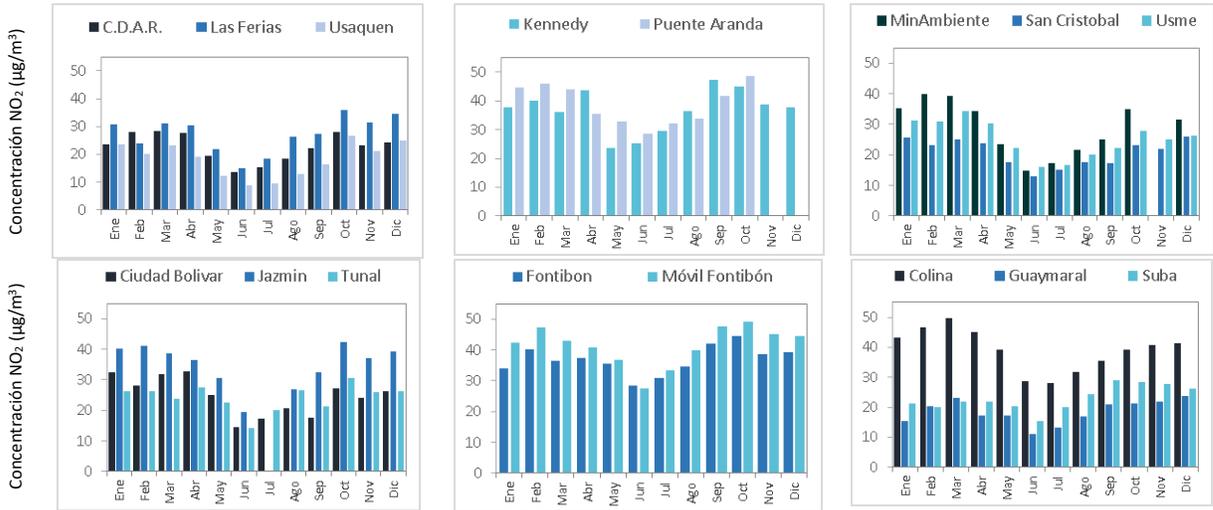


Figura 7-21 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2023

Figura 7-6.

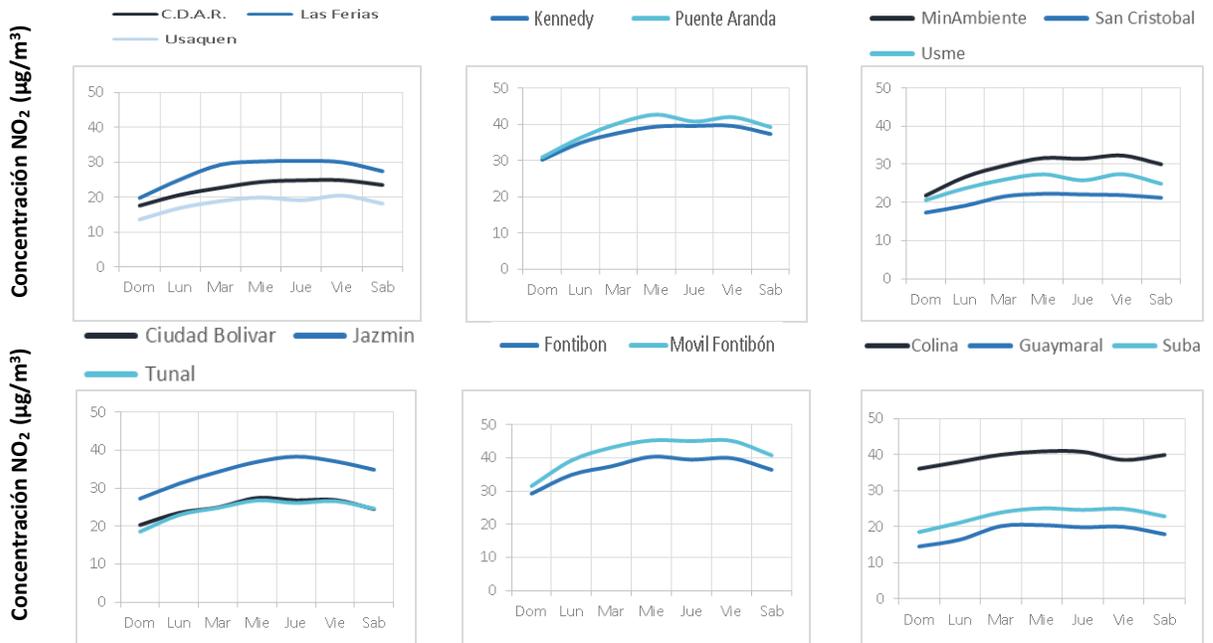


Figura 7-22 Comportamiento diario de las concentraciones de NO₂ – Año 2023

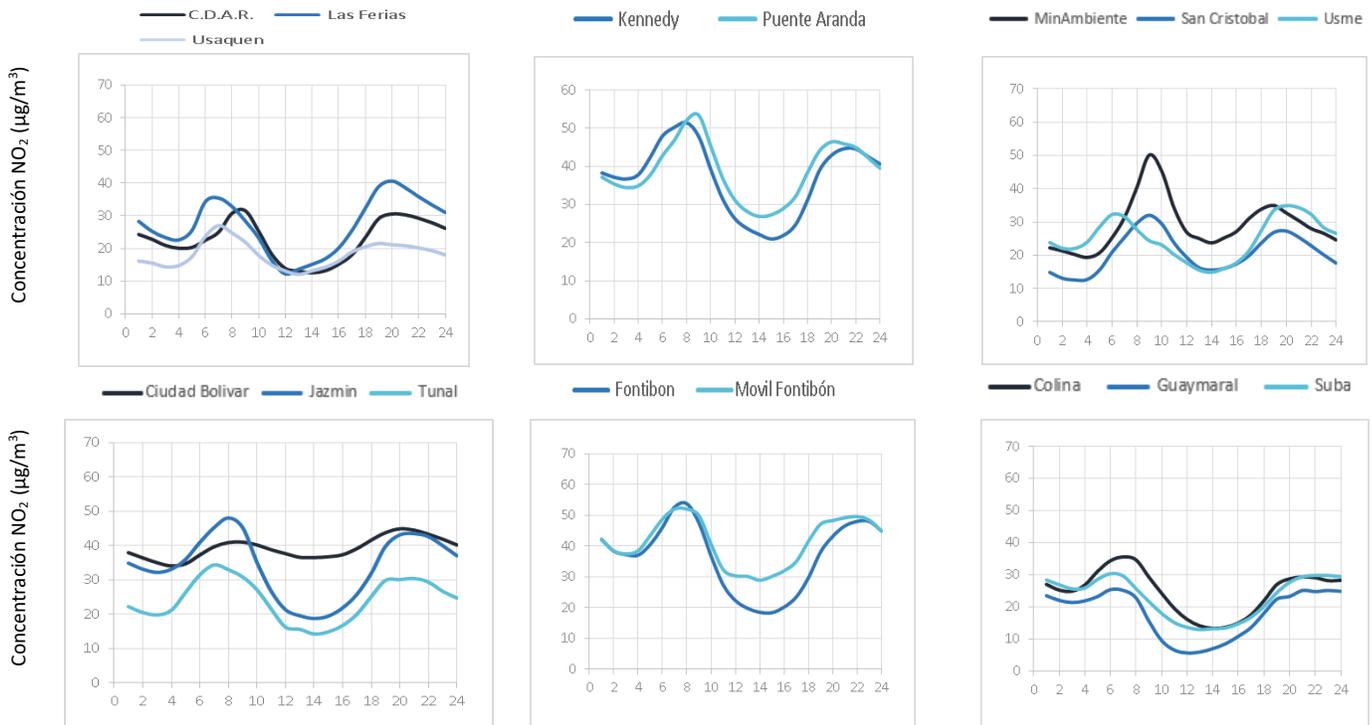


Figura 7-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2023

7.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-24 se representan las concentraciones promedio anuales de NO₂ de los años 2020 a 2023 y la comparación con el límite máximo permisible (60 µg/m³). Se observa que las concentraciones promedio anuales en este periodo han permanecido por debajo del nivel máximo permitido y las concentraciones más altas se registraron en la estación Móvil Fontibón, seguida de Colina, Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. En la mayoría de las estaciones se observó una disminución de las concentraciones de NO₂ en el 2023 respecto al año anterior. El promedio más alto se registró en Carvajal – Sevillana para 2020 con 47 µg/m³ y el promedio más bajo se observó en Móvil 7ma para 2021 con 11 µg/m³.

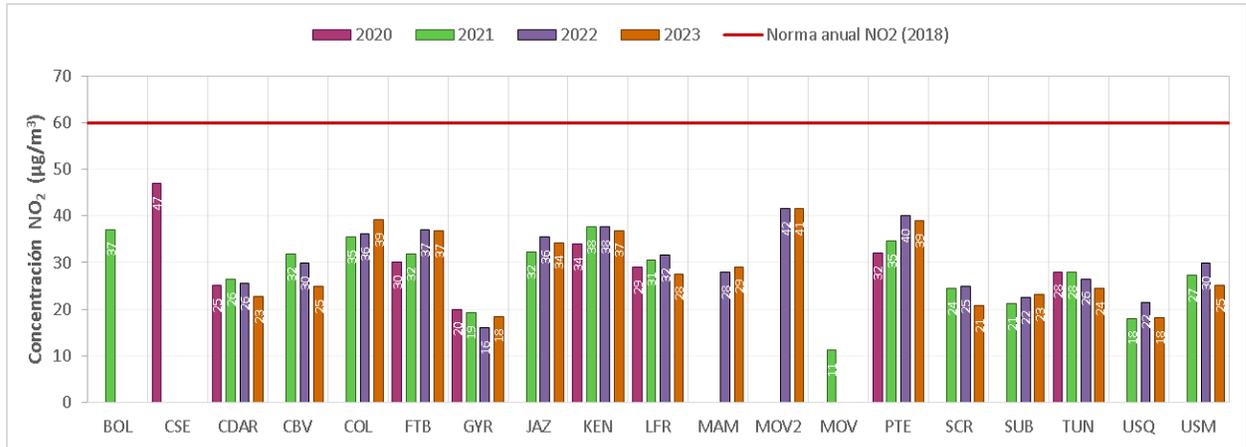


Figura 7-24 Concentraciones promedio anual de NO₂ - Años 2020 a 2023

7.5. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

7.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La

Tabla 7-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ – Año 2023 muestra las concentraciones promedio anual de SO₂ en el año 2023, concentraciones máximas, datos válidos y excedencias y la Figura 7-25 representa las concentraciones promedio anuales de SO₂ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. La estación Usme registró el promedio más alto de la ciudad con 8.2 µg/m³, seguida de Bolivia con 6.6 µg/m³. Por otro lado, las estaciones Usaquén y Colina registraron el promedio más bajo con 1.6 y 2.2 µg/m³.

Durante el año de 2023 se registraron veinte (20) excedencias a la norma horaria (100 µg/m³) y una (1) excedencia a la norma diaria (50 µg/m³), tanto las excedencias horarias como diarias se presentaron en la estación Bolivia. La estación Tunal no alcanzó el porcentaje de representatividad debido a que generó datos atípicos y desajustes en el rango de medición por varios periodos en el año, situación que generó la invalidación de datos y en consecuencia afectó la representatividad. Estas excedencias presentadas durante este periodo podrían estar asociadas a un proceso de uso de Biogás para generar energía en calderas y deshidratar lodos generados por la PTAR Salitre.

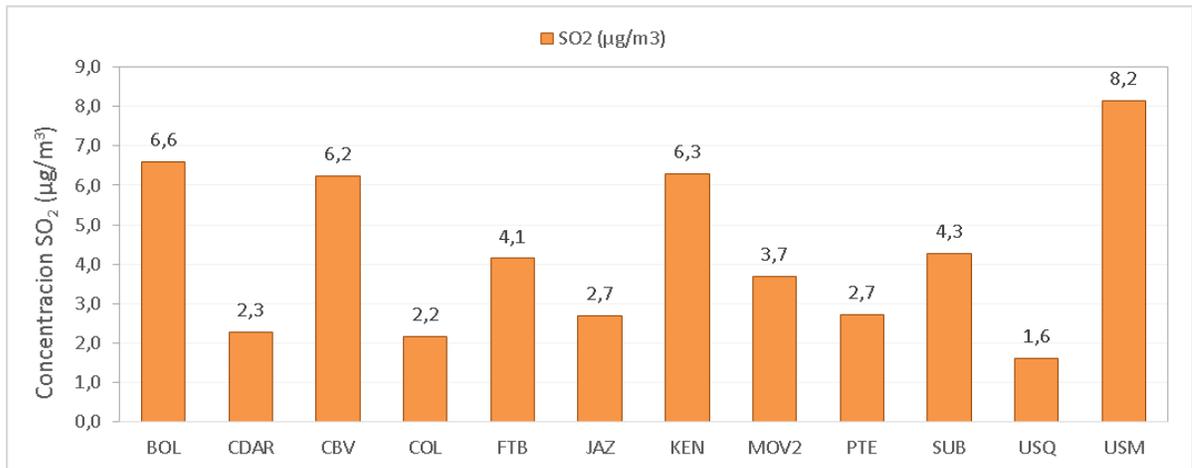


Figura 7-25 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2023

Tabla 7-5.

Tabla 7-6. Tabla 7-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ – Año 2023

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
BOL	6,6	77%	117,5	1	20
CDAR	2,3	83%	5,4	0	0
CBV	6,2	97%	18,5	0	0
COL	2,2	84%	6,9	0	0
FTB	4,1	97%	17,3	0	0
JAZ	2,7	97%	14,1	0	0
KEN	6,3	98%	17,2	0	0

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
MOV2	3,7	98%	21,5	0	0
PTE	2,7	78%	11,1	0	0
SUB	4,3	99%	20,1	0	0
TUN*	4,8	70%	11,7	0	0
USQ	1,6	90%	4,9	0	0
USM	8,2	96%	20,2	0	0

* Las concentraciones estimadas en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

La Figura 7-26 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de SO₂ registradas durante el 2023, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Se observa que las concentraciones más altas se registraron en el sur de la ciudad en las localidades de Usme, Tunjuelito, Ciudad Bolívar y Kennedy, con valores entre los 6.2 y 8.2 µg/m³. Las menores concentraciones se registraron en Usaquén, Colina y Centro de Alto Rendimiento con 1.6 µg/m³, 2.2 µg/m³ y 2.3 µg/m³ respectivamente, las altas concentraciones pueden atribuirse a la combustión de carburantes fósiles en procesos industriales y a las fuentes móviles que usan diésel como combustible.

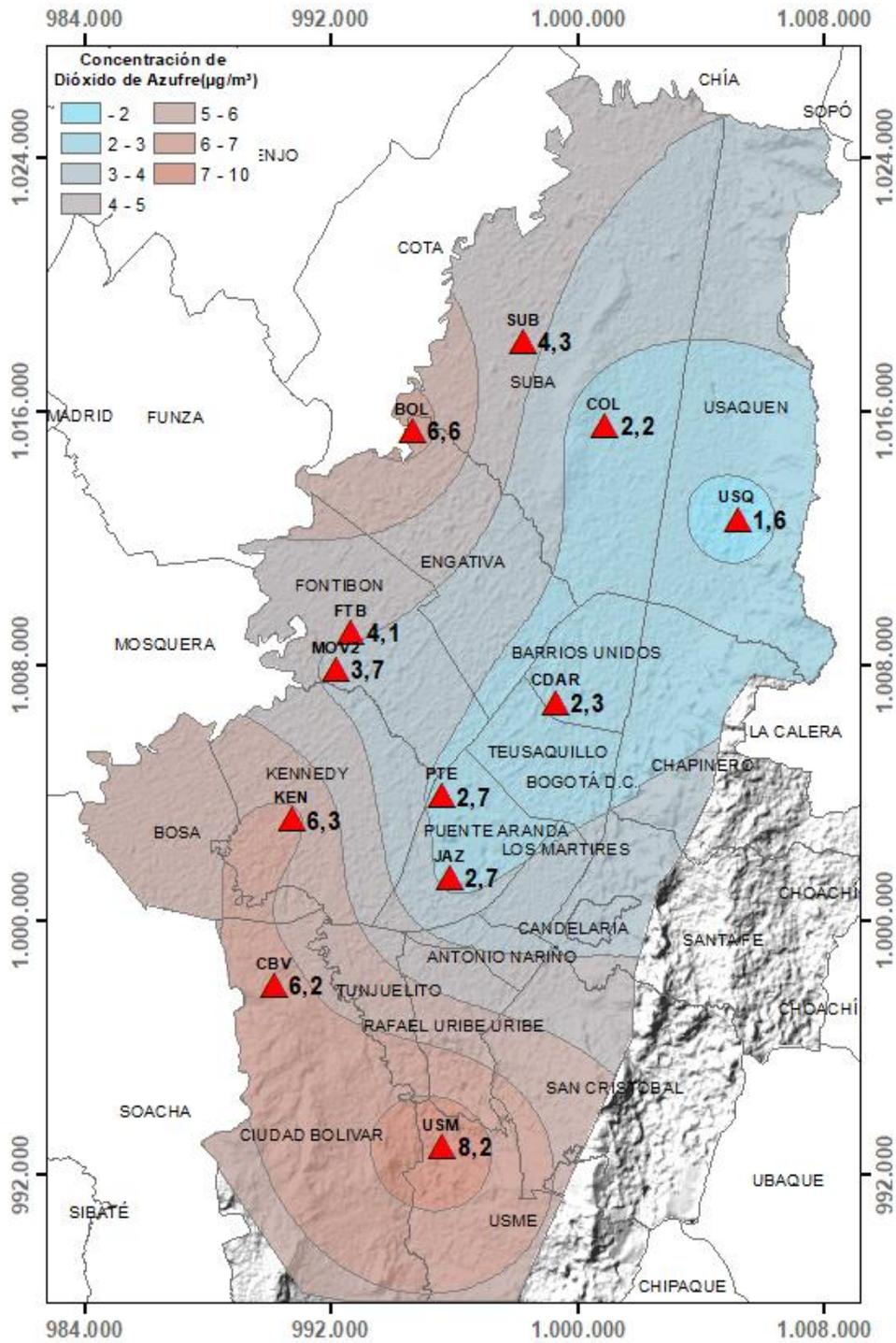


Figura 7-26

Figura 7-7. Figura 7-26. Distribución espacial de los promedios anuales de SO_2 del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.5.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-27 se encuentran representados los promedios mensuales de concentración de SO₂ por estación para el año 2023. Al norte de la ciudad las concentraciones más altas se reportan en la estación Bolivia en los meses de septiembre y diciembre, mientras que la estación Colina reporto su promedio más bajo en este último mes. En general se observan disminuciones leves durante el segundo y parte del tercer trimestre, en el caso de estaciones como Usme y Kennedy se presentan concentraciones altas que permanecen durante la mayor parte del año.

En la Figura 7-28 se observa el comportamiento del SO₂ en una semana del 2023. Para la estación Usme se evidencia un descenso hacia el día miércoles y para la estación Colina en este mismo día se registra un pico en la concentración, para las demás estaciones se presenta un comportamiento homogéneo que permanece durante gran parte de la semana, Suba, Bolivia, Móvil Fontibón y Fontibón muestran que sus registros van en ascenso hacia el día sábado.

El comportamiento del SO₂ en un día promedio se representa en la Figura 7-29. Se observa que, en la mayoría de las estaciones las concentraciones son estables en las primeras horas del día y se empieza a incrementar desde las 6 a.m. hasta alcanzar su pico más alto a las 8 a.m., después descienden gradualmente hasta las 12 p.m., se estabilizan entre las 4 p.m. y 8 p.m., estaciones como Ciudad Bolívar, Bolivia, Suba y Kennedy reflejan un leve pico que inicia a las 8 p.m. y permanece hasta finalizar el día. En cuanto a la estación Usme su comportamiento es muy diferente pues muestra varios picos que inician desde las 12 p.m. y sus concentraciones van en ascenso hasta finalizar el día.

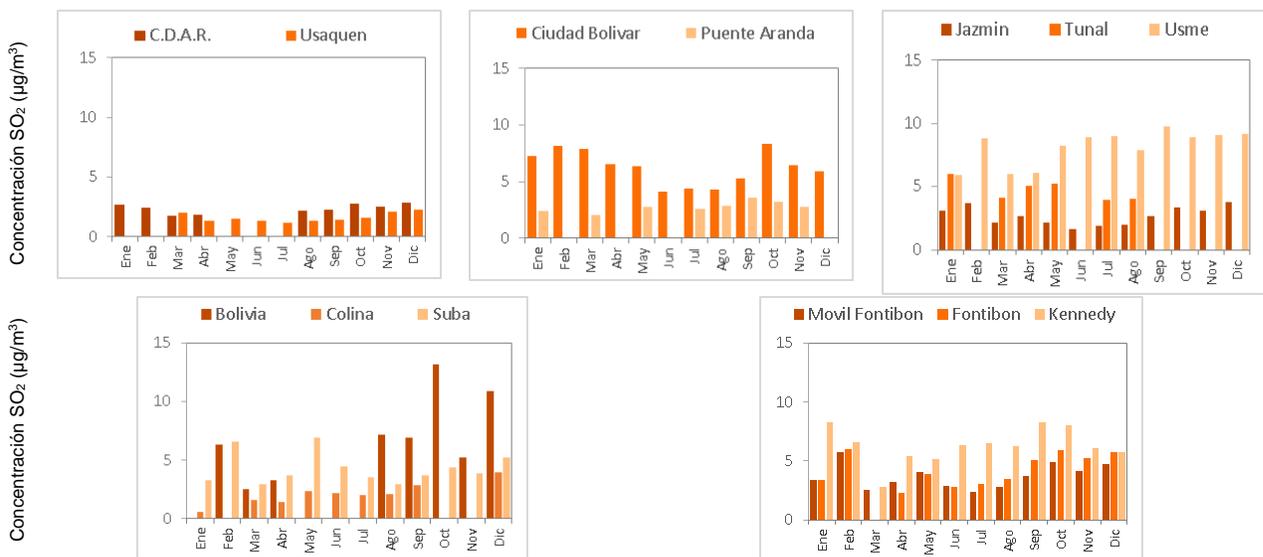


Figura 7-27 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2023

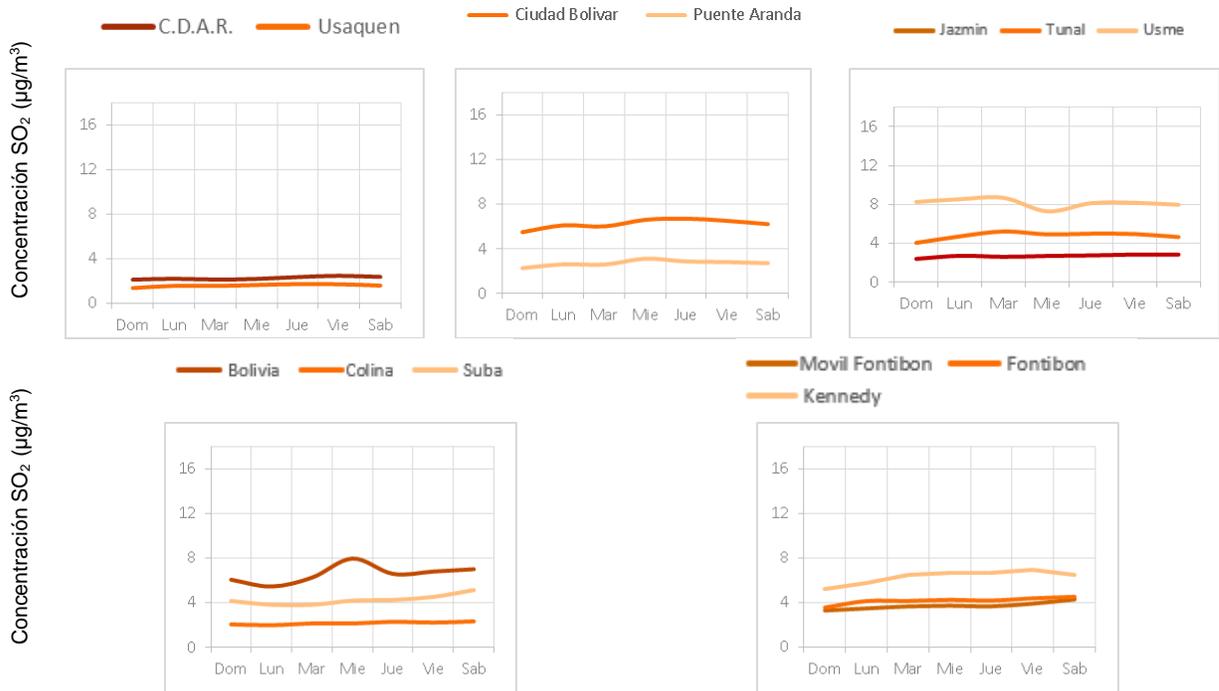


Figura 7-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO₂ – Año 2023

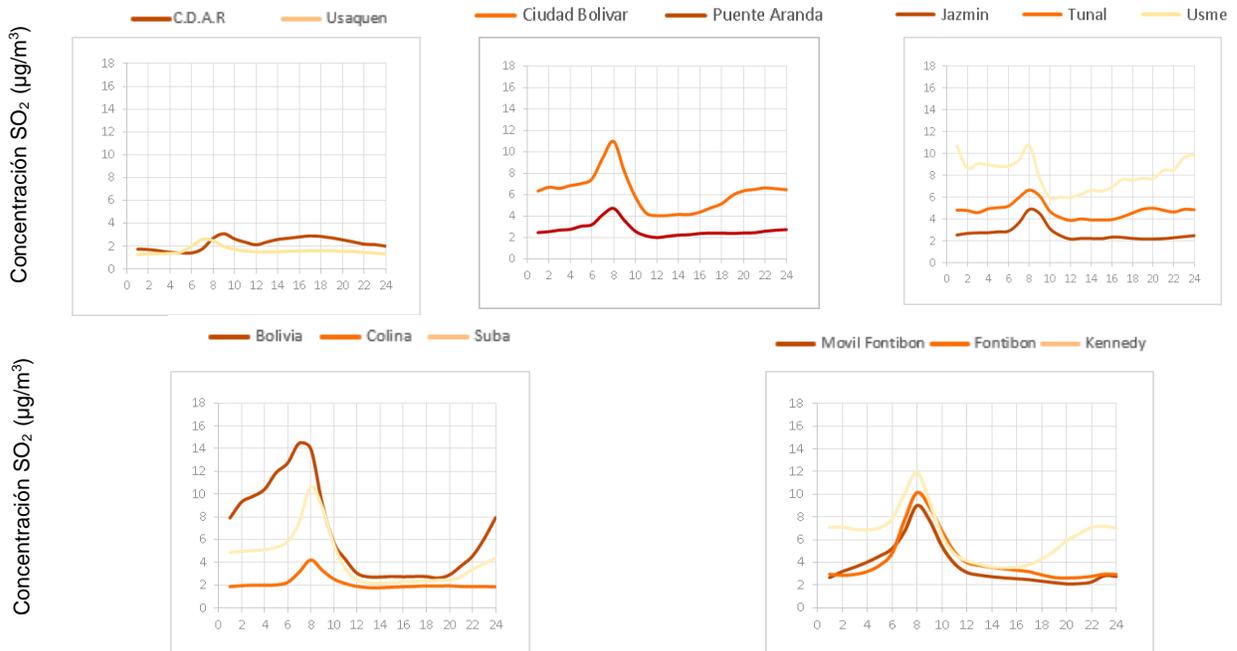


Figura 7-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ – Año 2023

7.5.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 7-30 representa las concentraciones promedio anuales de SO₂ para los años 2020 a 2023. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana ha registrado los promedios anuales más

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

altos en la ciudad, siendo el promedio más alto $15.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2021. También destacan los promedios registrados en 2023 en Bolivia, siendo la estación que presentó el incremento más alto en comparación con las demás estaciones para este mismo año con $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que el año inmediatamente anterior. Se evidencia que las concentraciones altas de SO_2 son una problemática generalizada en el sur de la ciudad, cuyo aporte más notable es el uso de vehículos con combustible diésel. En cuanto al aumento de las concentraciones en la estación Bolivia, pueden presentarse por un proceso de uso de Biogas para generar energía en calderas y deshidratar lodos generados por la PTAR Salitre.

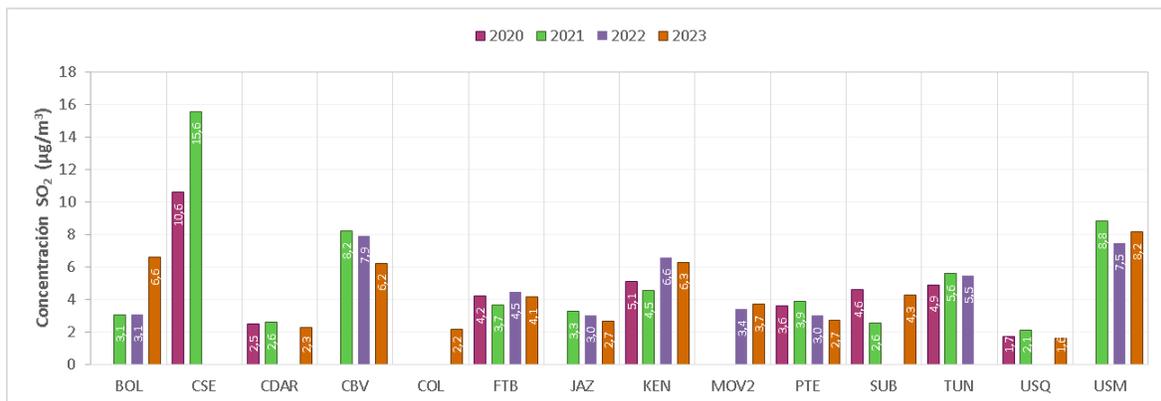


Figura 7-30 Concentraciones anuales de SO_2 años 2020 a 2023

7.6. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

7.6.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Tabla 7-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2023 muestra las estadísticas de las concentraciones promedio anual calculadas con base en los datos media móvil 8 horas registrados durante el año 2023, incluyendo los porcentajes de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias respecto a la norma 8 horas y 1 hora. Adicionalmente en la Figura 7-31 se representan los promedios anuales de concentración de CO por estación que registraron más del 75% de datos válidos en el año 2023.

La estación Kennedy registró el promedio más alto de CO para el 2023 con $1003.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida de $861.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tunal al sur de la ciudad, mientras que el valor más bajo se observó en la estación Guaymaral con $329.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para este periodo no se registraron excedencias a la norma en un tiempo de exposición de 1 hora y 8 horas.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

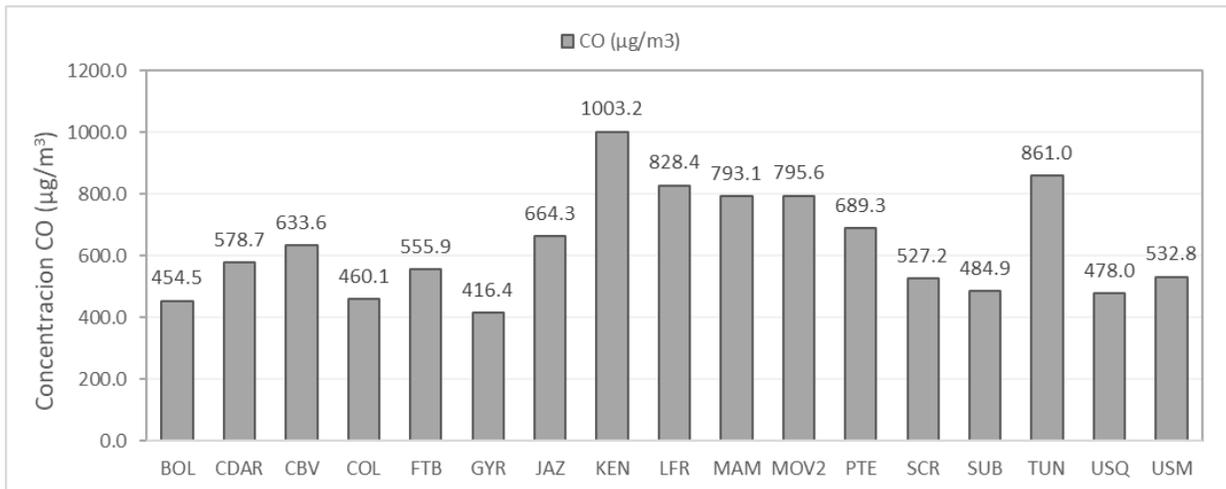


Figura 7-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2023

Tabla 7-7. Tabla 7-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2023

Estación	Prom. anual CO (µg/m³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m³)	No. Exced. 8h	No. Exced. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 µg/m³ Norma horaria: 35000 µg/m³					
BOL	454,5	82%	1603,0	0	0
CDAR	578,7	98%	2891,1	0	0
CBV	633,6	96%	3077,2	0	0
COL	460,1	95%	1331,1	0	0
FTB	555,9	93%	1531,4	0	0
GYR	416,4	95%	1316,8	0	0
JAZ	664,3	97%	2447,4	0	0
KEN	1003,2	92%	2561,9	0	0
LFR	828,4	94%	2848,2	0	0

Estación	Prom. anual CO (µg/m³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m³)	No. Exced. 8h	No. Exced. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 µg/m³ Norma horaria: 35000 µg/m³					
MAM	793,1	93%	2934,1	0	0
MOV2	795,6	96%	2175,5	0	0
PTE	689,3	99%	2662,1	0	0
SCR	527,2	98%	1703,2	0	0
SUB	484,9	99%	1187,9	0	0
TUN	861,0	90%	2476,1	0	0
USQ	478,0	98%	1674,6	0	0
USM	532,8	94%	1746,1	0	0

En la Figura 7-32 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de CO por estación para el año 2023, el cual está elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. De acuerdo con esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en la zona de influencia de Bosa, Tunjuelito y Kennedy. También se observan altas concentraciones en las estaciones Las Ferias, MinAmbiente y la zona de influencia de la estación Móvil Fontibón. Las menores concentraciones se registraron al norte de la ciudad, en las localidades de Suba, Engativá y Usaquén.



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

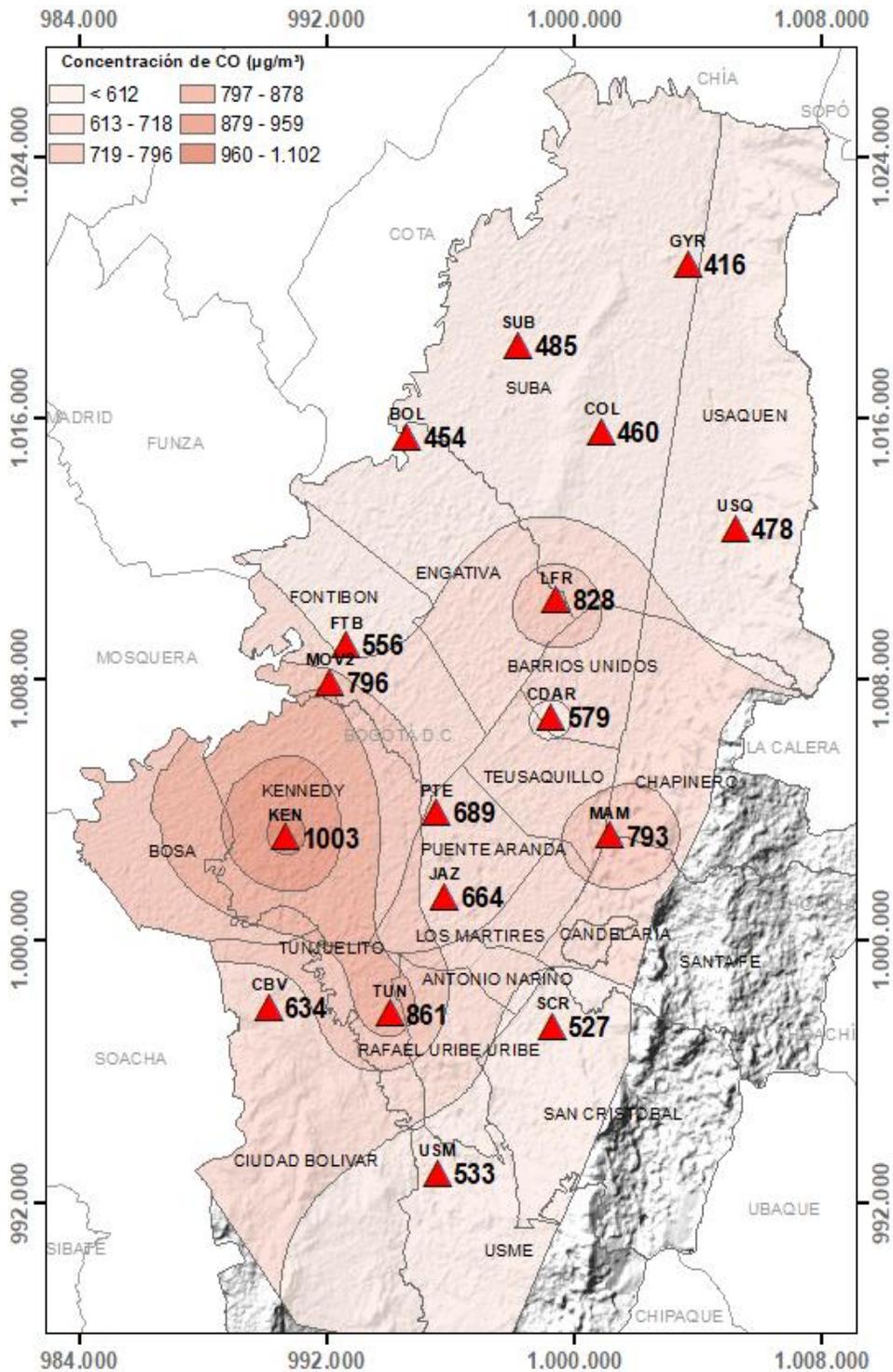


Figura 7-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 7-33 muestra la representación de los promedios mensuales por estación de concentración de CO en el año 2023. La estación Ferias en la zona Norte de la ciudad registró el promedio mensual más alto en el mes de febrero; Kennedy reporto concentraciones mensuales altas durante el año, solo entre los meses de septiembre y octubre disminuyeron los registros en esta estación. En cuanto a las estaciones Colina, Guaymaral y Suba se presentó poca variabilidad en gran parte del año. En general las concentraciones altas que se presentaron en el primer trimestre del año estuvieron asociadas posiblemente a la influencia de los incendios forestales.

El comportamiento de las concentraciones de CO para una semana promedio se encuentra representado en la Figura 7-34, se observó que, las mayores concentraciones se presentan en las estaciones Kennedy, Tunal, Las Ferias y Móvil Fontibón. En general no se evidenciaron variaciones mayores del comportamiento del contaminante durante la semana, en las zonas norte y noroccidental en las estaciones Colina, Guaymaral y Suba las concentraciones fueron homogéneas en la semana.

En cuanto al comportamiento del CO en un día promedio del 2023 (Figura 7-35) en la mayoría de las estaciones se observan dos picos de concentración, entre las 6 a.m. y 8 a.m. y entre 6 p.m. hasta finalizar el día, los registros más bajos se observan en la franja horaria comprendida entre las 2 a.m. y 6 a.m. para la mañana y en este mismo rango en la tarde, las estaciones Suba y Colina presentan poca variabilidad con el paso de las horas. En la zona suroccidente los picos de concentración en la mañana son los más altos en la ciudad, llegando a registrar hasta 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Kennedy.

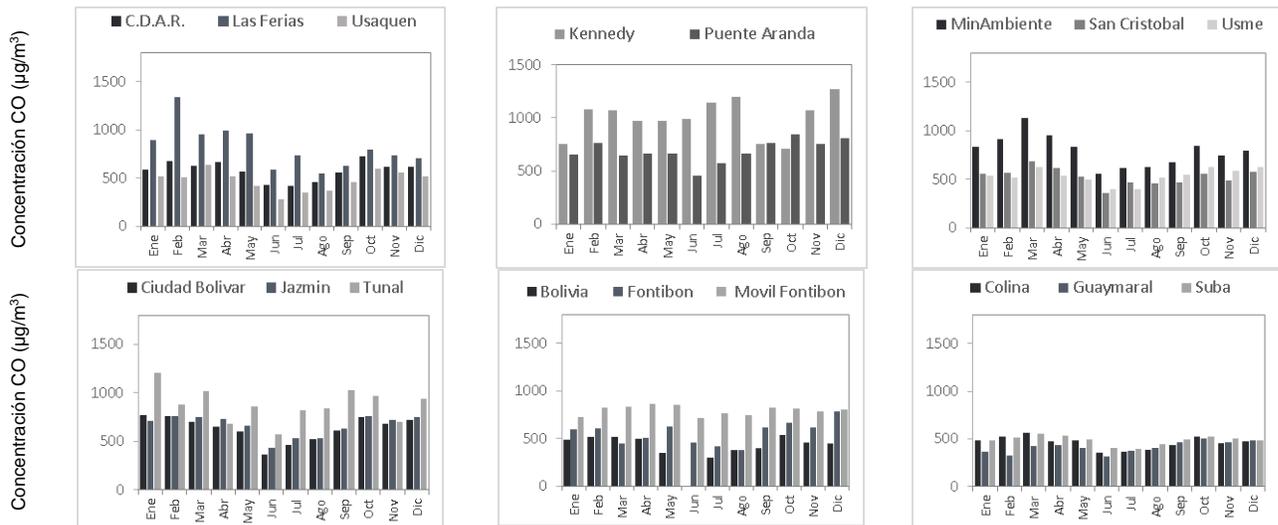


Figura 7-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2023

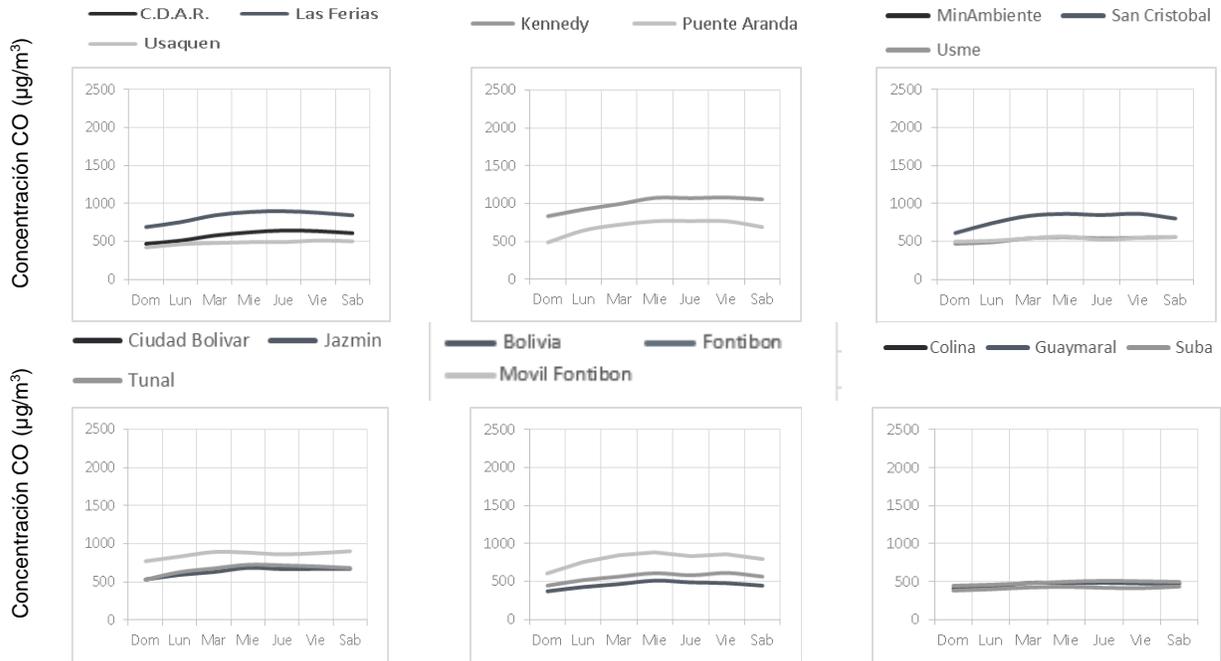


Figura 7-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2023

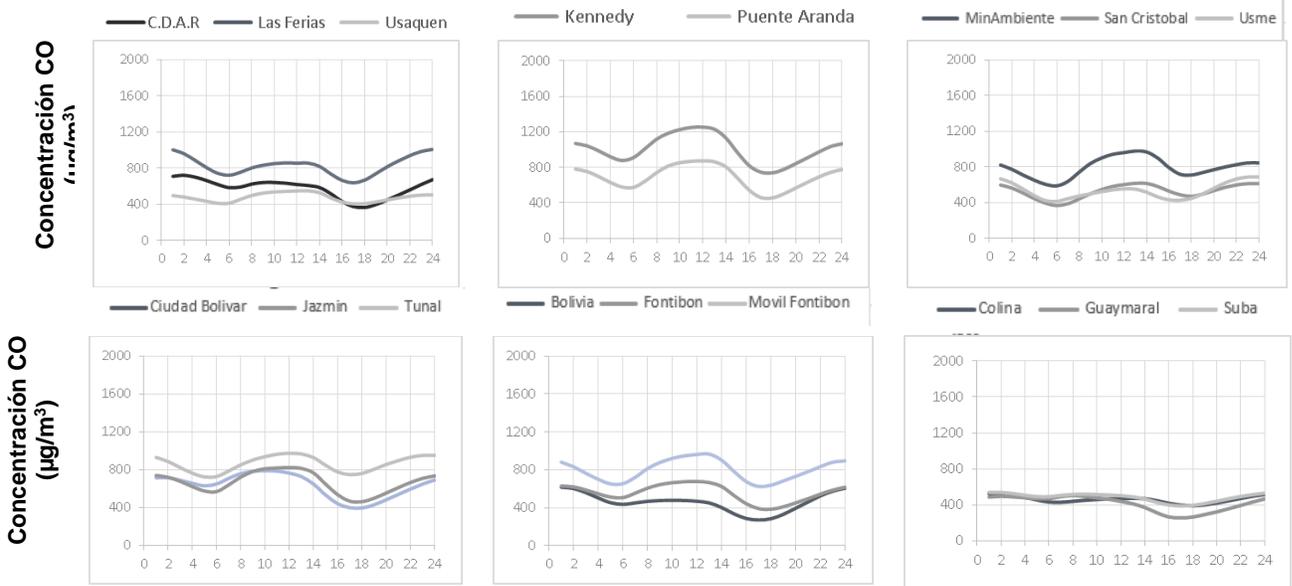


Figura 7-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2023

7.6.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 7-36 representa las concentraciones promedio anual de CO para los años 2020 a 2023. Se observa que la estación Carvajal-Sevillana registró el promedio más alto de concentración en el 2021, esta estación no ha reportado datos de CO en los últimos tres años, debido a daños en el sistema de aire acondicionado que afecta la calidad de los datos al no contar con un control de

temperatura interna. La mayoría de las estaciones reportaron concentraciones más bajas en 2023 respecto al año anterior, siendo la estación Tunal la que registró el mayor descenso con 211 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el mayor registro para este año se presentó en la estación Kennedy con 1003.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

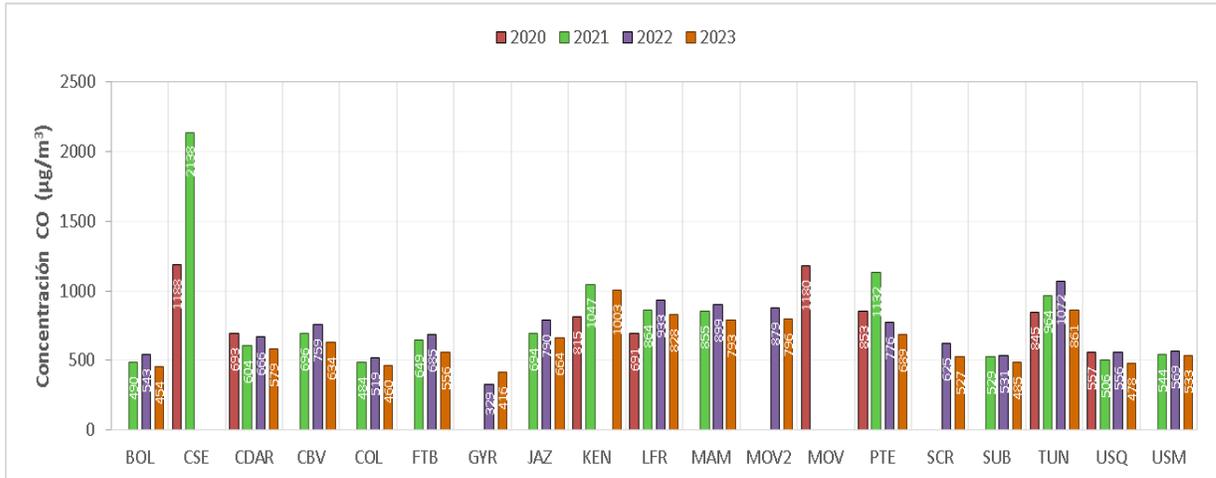


Figura 7-8. Figura 7-36 Concentraciones anuales de CO años 2020 a 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

8. COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON

El Black Carbón (BC) es uno de los componentes del material particulado que contribuye al deterioro de la calidad del aire e incide en el calentamiento global. Por tanto, su monitoreo ayuda a comprender el impacto del PM_{2.5} en la salud y el ambiente. El BC constituye la fracción carbonosa del material particulado que se caracteriza por una fuerte absorción de luz en el rango de longitud del espectro visible (380 – 780 nm) y es muy estable en su composición química durante su recorrido en la atmósfera, lo que permite usarlo como trazador de emisiones de combustión incompleta de fuentes fósiles (BCff) y quema de biomasa (BCbb).

Cuando se utilizan métodos de absorción óptica para la medición de BC, se debe utilizar el término “Black Carbon equivalente” (eBC), que corresponde a la aproximación de la concentración a un proxy de la cantidad de energía absorbida por el PM_{2.5} en la longitud de onda de 880 nm. La RMCAB cuenta con siete (7) aetalómetros AE33 de la marca Magee Scientific para el monitoreo de este contaminante. A continuación, se presenta un análisis de las concentraciones de eBC medidas por la RMCAB en 2023.

8.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN

En 2023 se midió eBC en las estaciones CDAR, Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, Puente Aranda, San Cristóbal y Tunal, las cuales registraron más de 75% de las concentraciones horarias de eBC durante ese año. El monitoreo de eBC en la estación Min Ambiente finalizó en enero de 2023.

En la Figura 8-1 se presenta el resumen estadístico de las concentraciones diarias de eBC para las estaciones que alcanzaron el porcentaje de representatividad en el año 2023. Las estaciones de Kennedy, Fontibón, Tunal y CDAR reportaron las mayores concentraciones de eBC en toda la ciudad, con valores de 5.8, 4.8, 4.5 y 4.0 µg/m³, respectivamente. Mientras que en las estaciones Puente Aranda, Ciudad Bolívar y San Cristóbal se reportaron las concentraciones más bajas, con valores de 2.5, 2.0 y 2.0 µg/m³, respectivamente.

En todas las estaciones se registraron concentraciones mínimas de eBC inferiores a 1 µg/m³, excepto en la estación de Kennedy que registró un valor mínimo de 1.7 µg/m³ los días 2 al 4 de enero de 2023.

La mayor concentración diaria de eBC se registró el 18 de agosto de 2023, con un valor promedio de 8.4 mg/m³ que se explica por qué en la estación de Puente Aranda se registró una concentración de eBC de 21,2 µg/m³. La menor concentración de eBC en 2023 se registró el 19 y 20 de junio con un valor promedio de 0.6 µg/m³, como se muestra en la Figura 8-2.

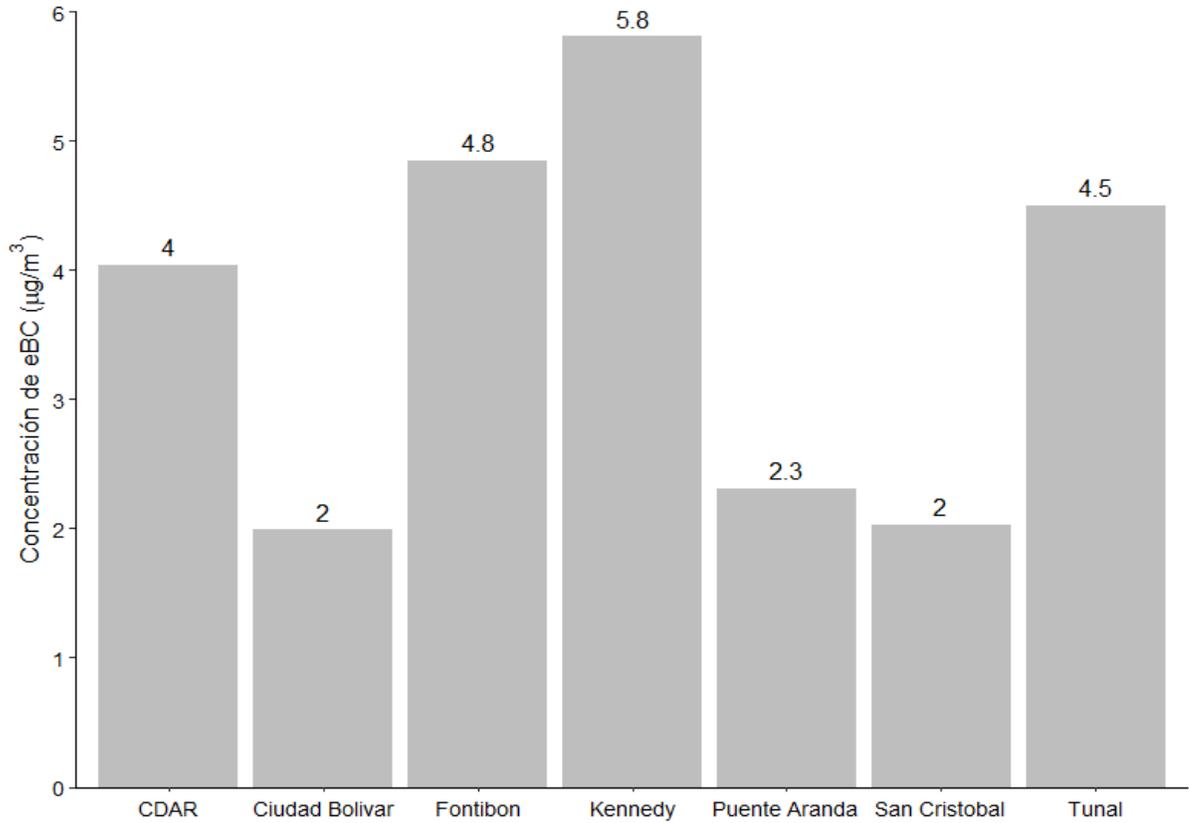


Figura 8-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC (µg/m³) reportadas por la RMCAB en el año 2023.

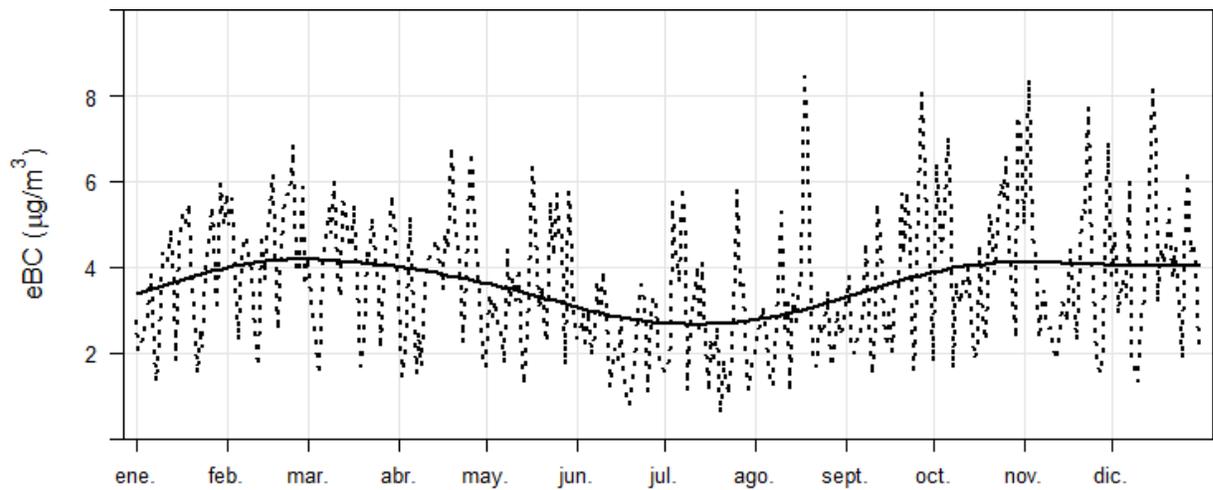


Figura 8-2 Concentraciones diarias promedio de eBC reportadas por la RMCAB en 2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la Figura 8-3 se presenta la variabilidad mensual de las concentraciones de eBC reportadas en 2023. Las concentraciones de eBC mostraron un ciclo bimodal, con los mayores valores en los meses de febrero y octubre, y menores en el mes de junio. Este ciclo bimodal es atribuido a la incidencia de incendios en la Orinoquia en el periodo de febrero y marzo, y en la Amazonia en septiembre y octubre.

Las mayores concentraciones se registraron en la estación Kennedy en los meses de febrero y septiembre con un valor promedio mensual de 6.9 y 6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Mientras que en junio se registró una concentración promedio mensual de 4.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la estación Ciudad Bolívar se registró la menor concentración en el mes de junio con un valor promedio mensual de 0.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en diciembre el valor promedio fue de 4.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, evidenciando una tendencia de aumento de concentraciones de eBC en el último trimestre del año en la estación de Ciudad Bolívar.

En la Figura 8-4 se presenta la dinámica de las concentraciones de eBC durante la semana promedio de 2023, evidenciando que de miércoles a viernes se registran las mayores concentraciones de eBC en todas las estaciones. La concentración promedio de estos días fue 4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en contraste con el valor promedio registrado los domingos de 2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La diferencia de concentraciones de eBC de los días hábiles y no hábiles (domingo) puede ser atribuida al menor flujo vehicular que se registra los días no hábiles. En consecuencia, la diferencia de concentraciones entre días hábiles y no hábiles ($\sim 2.3 \pm 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) está asociada, en general, a emisiones de combustibles fósiles usados en el transporte. En la estación de Kennedy se observó la mayor diferencia de concentración de eBC entre los días hábiles (6.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y no hábiles (3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la menor diferencia de concentraciones de eBC de los días hábiles (2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y no hábiles (1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se registró en la estación Ciudad Bolívar.

En la Figura 8-5 se muestra el comportamiento de las concentraciones horarias de eBC, donde se identifica que entre las 6 y 8 am presentan las máximas concentraciones de eBC en todas las estaciones. Los mayores valores eBC en estos horarios se observa en las estaciones Kennedy y Fontibón con un valor promedio 12.7 y 12.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. La máxima concentración de eBC en CDAR fue de 8.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Tunal fue de 8.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Puente Aranda de 4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Ciudad Bolívar de 4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en San Cristóbal de 3.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Lo anterior es evidencia del impacto de las emisiones vehiculares y las condiciones atmosféricas que favorecen la acumulación de contaminantes en la atmosfera durante este horario. Por otro lado, en el periodo de las 7 a 10 PM, se observaron incrementos de las concentraciones de eBC en las estaciones de Kennedy, Puente Aranda, Fontibón, CDAR y Tunal reflejando el impacto de las emisiones vehiculares que se intensifican en este horario. Las concentraciones mínimas de eBC se observan al medio día en las estaciones de CDAR, Kennedy, Fontibón, Puente Aranda, Ciudad Bolívar. La única estación que registra las mínimas concentraciones entre la 1 y 4 AM es San Cristóbal.

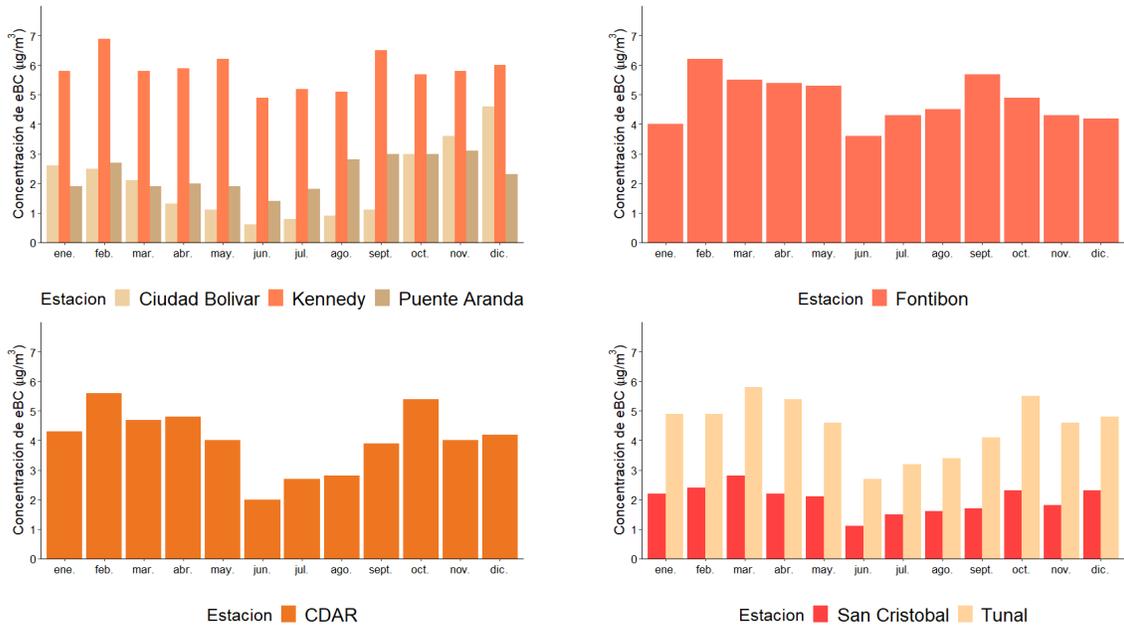


Figura 8-3 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2023

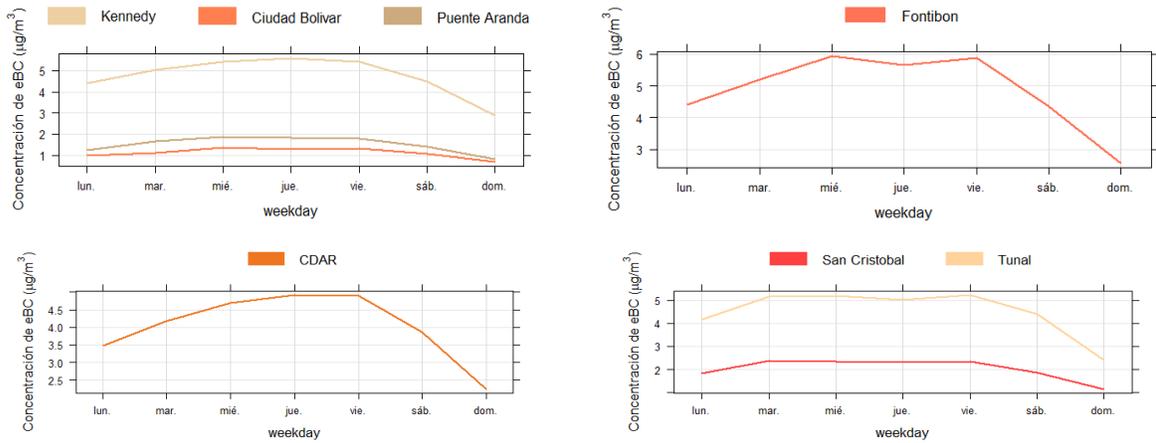


Figura 8-4 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2023

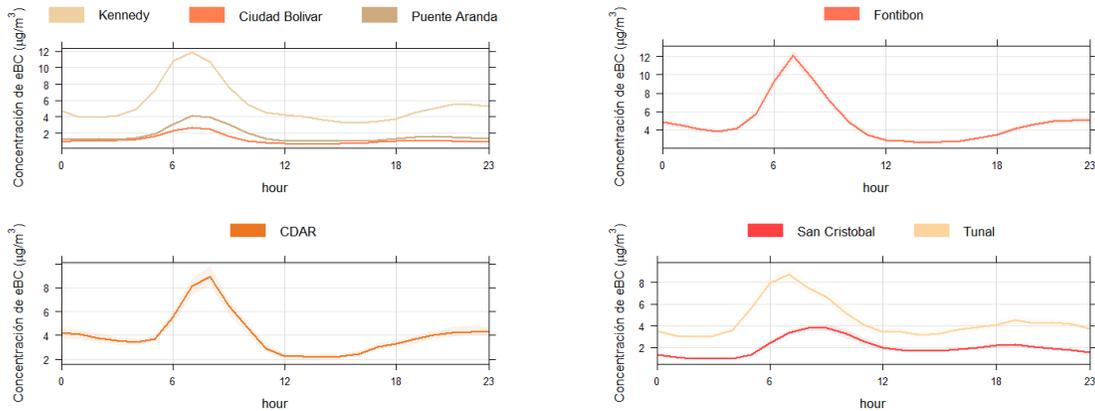


Figura 8-5 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2023

En la Figura 8-6 se representan la dispersión de las concentraciones horarias de eBC para los años 2019 a 2023, donde se evidencia una reducción consistente del valor promedio anual durante este periodo de tiempo en todas las estaciones. En las estaciones CDAR, Fontibón y Tunal se registró una reducción importante de la concentración de eBC en 2023 con respecto a los valores observados en años anteriores. En las estaciones Kennedy y Puente Aranda se registraron concentraciones promedio anuales similares a las de 2022.

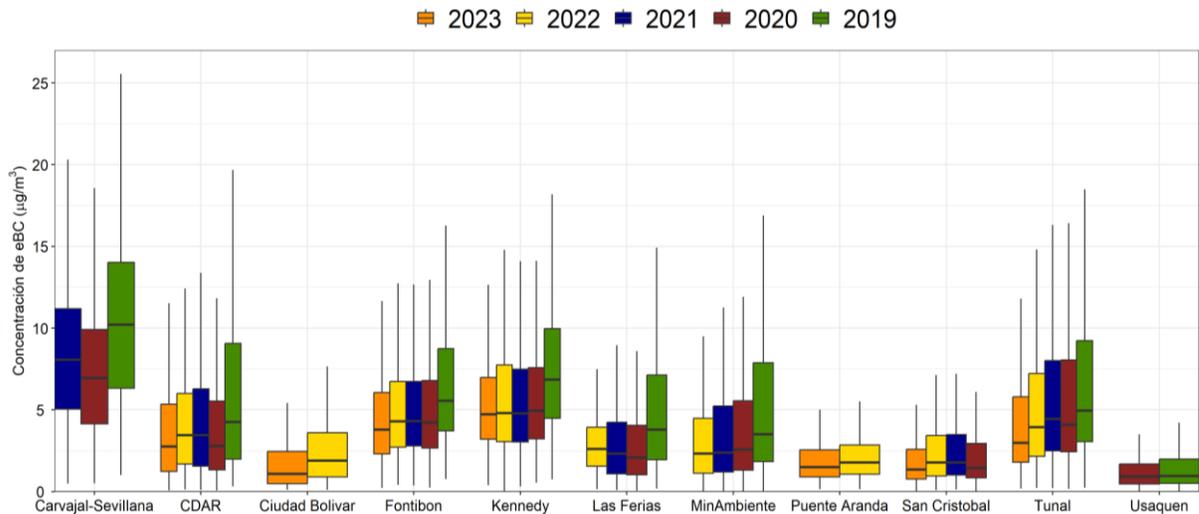


Figura 8-6 Diagrama de cajas de las concentraciones de eBC para los años 2019 a 2023

El calendario de concentraciones promedio diarias de eBC es presentado en la Figura 8-7, donde se evidencia que las mayores concentraciones de eBC se registraron durante el segundo semestre de 2023, en las fechas del 18 de agosto, 27 de septiembre, 30 de octubre, 3 y 23 de noviembre y 15 de diciembre, superando los $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el primer semestre del año se registraron concentraciones inferiores a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Adicionalmente se observa que el 2 de febrero, día que se realizó la jornada del Día Sin Carro y Sin Moto (DSCySM) estuvo precedido por fechas con altas concentraciones de eBC y la reducción de la concentración fue de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (de 5.7 a $4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El 21 de septiembre se realizó la segunda jornada del DSCySM la reducción de la concentración de eBC también fue de D1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (de 5.7 a 4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

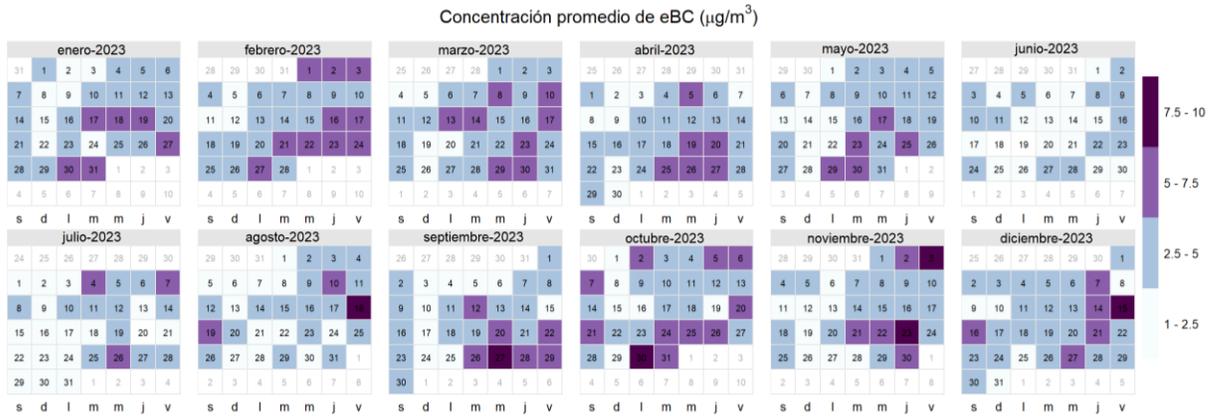


Figura 8-7 Calendario de las concentraciones diarias (24H) promedio eBC durante el año 2023.

8.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA

Como valor indicativo del impacto de las emisiones de quema de biomasa en la calidad del aire de Bogotá para el año 2023, se tomaron los datos satelitales del sensor MODIS, el cual capta las áreas quemadas caracterizadas por depósitos de carbón y cenizas, remoción de vegetación y alteración de la estructura vegetal. Varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros hacia la ciudad, por lo que, se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

En la Figura 8-8 se muestra la distribución espacial de incendios activos durante 2023 en el norte de Suramérica. Los fuegos detectados son clasificados de acuerdo al poder radiativo (Fire Power Radiative – FPR, por sus siglas en inglés) como lo sugiere (Ichoku et al., 2008). La categoría 1 corresponde a incendios con FPR < 100MW, la categoría 2 son los incendios con un FPR entre 100 y 500 y la categoría 3 se refiere a incendios con un FRP entre 500 y 1000. Durante 2023 se censaron incendios, que en su mayoría se encuentran clasificados en la categoría 1 (46380), unos pocos en la categoría 2 (6094) y tres en la categoría 3 (214). En los meses de marzo, octubre, febrero y noviembre se registró la mayor cantidad de incendios en el norte de Suramérica, como se muestra en la Figura 8-9.

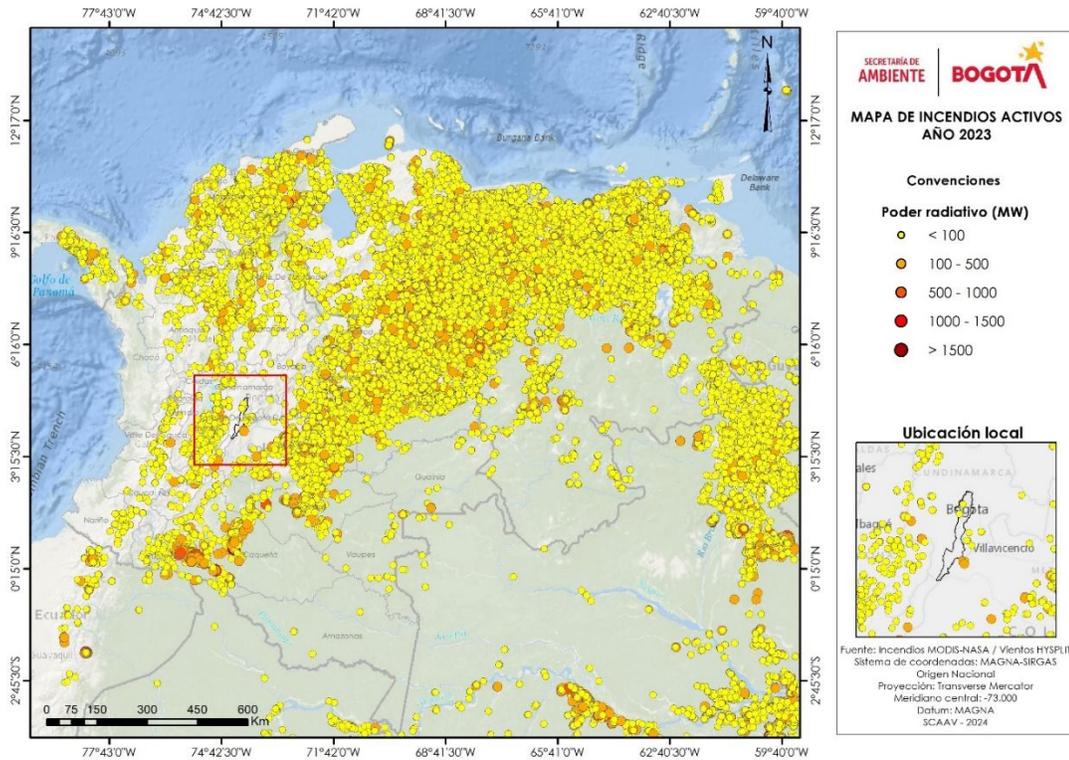


Figura 8-8 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS durante el año 2023

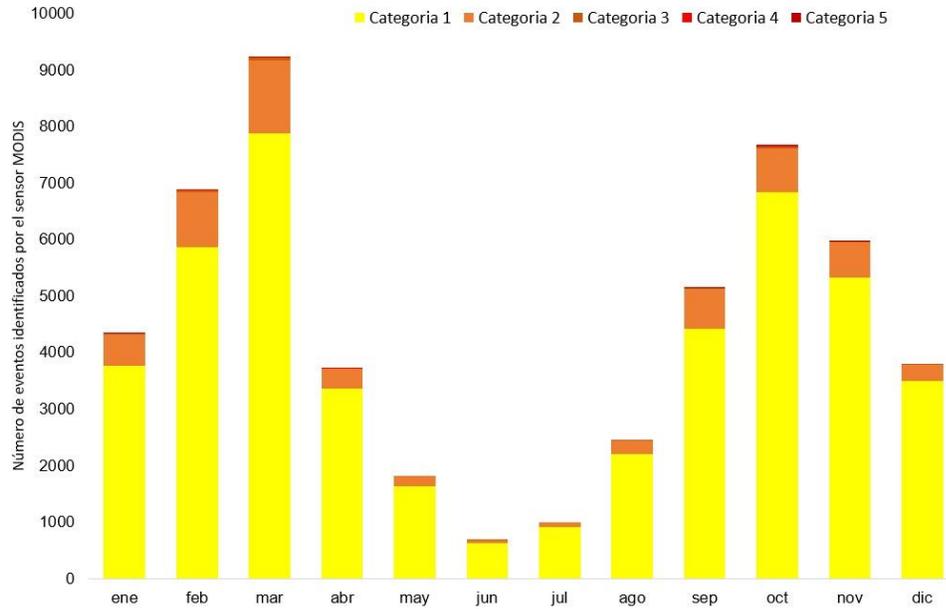


Figura 8-9 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS durante el año 2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La Figura 8-10 muestra el porcentaje de contribución de fuentes fósiles %BC (ff) y quema de biomasa %BC (bb) a la concentración total de eBC para cada estación durante 2023. Se puede apreciar que el mayor porcentaje de eBC que se encuentra en la atmósfera es procedente de la quema de combustibles fósiles emitido por las fuentes fijas y móviles de la ciudad. Adicionalmente, se registra que este porcentaje es mayor para la estación de Puente Aranda, donde se registra que el 95% del eBC procede de fuentes fósiles. El impacto de emisiones de quema de biomasa es mayor en las estaciones de San Cristóbal (13.6%), Ciudad Bolívar (9.1%) y CDAR (9.0%).

Los domingos y festivos se suele hallar una mayor contribución de eBC procedente de la quema de biomasa, explicado por el cambio en las dinámicas del transporte e industrias. Por ejemplo, los días de semana santa, entre el 2 al 7 de abril se registró en promedio el 10% de eBC procedente de la quema de biomasa. Los días asociados a festividades de fin de año se registró más del 15% de eBC procedente de la quema de biomasa, como se muestra en la Figura 8-10 para las fechas del 1 de enero, 8, 24 y 25 de diciembre. En el mes de febrero y marzo se registra una mayor incidencia de eBC procedente de la quema de biomasa durante los días hábiles, como se registra entre el 19 al 31 de marzo.

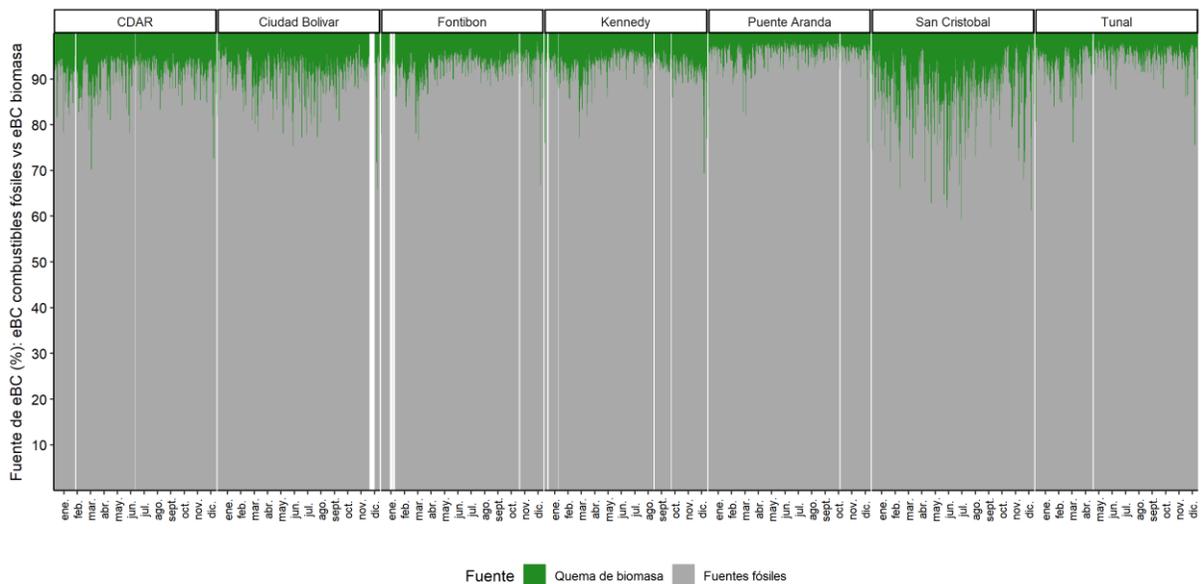


Figura 8-10 Porcentaje de eBC procedente de combustibles fósiles y de quema de biomasa para cada estación en el año 2023

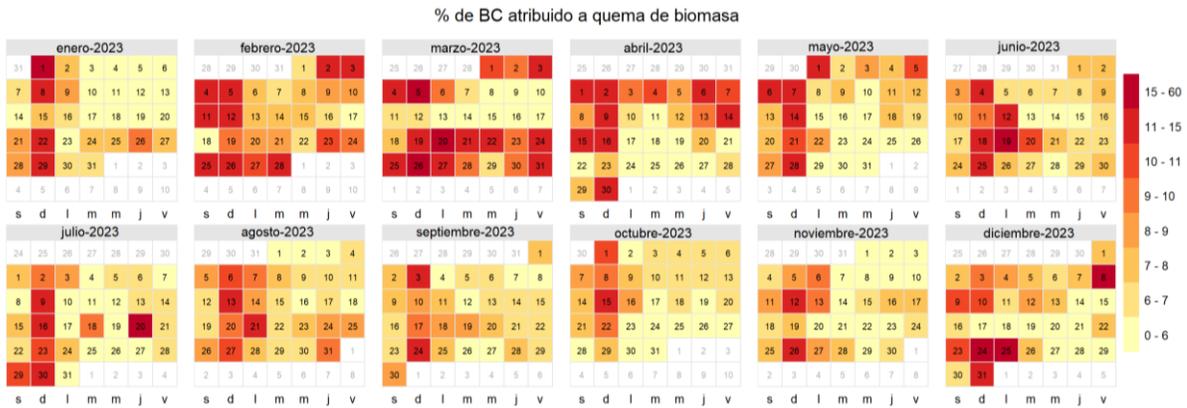
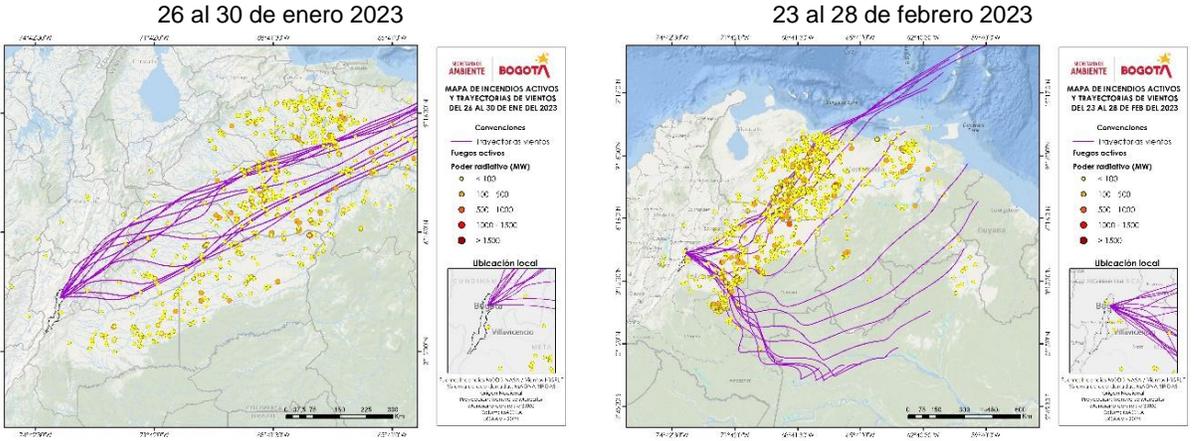


Figura 8-11 Calendario del porcentaje de eBC procedente de quema de biomasa promedio en la ciudad en el año 2023.

En la Figura 8-11 se presenta la procedencia de las masas de aire que llegaron a Bogotá para las fechas que registraron las mayores concentraciones de eBC durante 2023. Allí se observa que durante el primer semestre del año las masas de aire que llegan a la ciudad proceden de la Orinoquia y norte del país, transportando emisiones de eventos de quema de biomasa que se registraron en estas áreas, hacia la ciudad de Bogotá. Mientras que, durante el segundo semestre se observa que las masas de aire proceden de sur y occidente del país, donde se registraron algunos pocos eventos de quema de biomasa. Sin embargo, al ingresar por el suroccidente de la ciudad se transportan los contaminantes emitidos en esta zona de la ciudad hacia el centro de la misma, incidiendo en la concentración de eBC registrada en las estaciones de la RMCAB.

Por ejemplo, entre el 26 al 30 de enero y el 23 al 28 de febrero, las masas de aire procedían de la Orinoquia, donde se observaron incendios activos, evidenciando que las emisiones de quema de biomasa fueron transportadas a la ciudad. Entre el 16 y el 23 de marzo, adicionalmente se observó la incidencia de quemados de biomasa que se registraron en la zona del Magdalena medio. El 18 de agosto se registró la máxima concentración de eBC en el 2023 y los vientos procedían del occidente de la ciudad. Igualmente se registró para la semana del 21 al 26 de septiembre. Entre el 17 y 23 de noviembre no se observa incidencia de emisiones de quema de biomasa en las altas concentraciones de eBC registradas en la RMCAB.



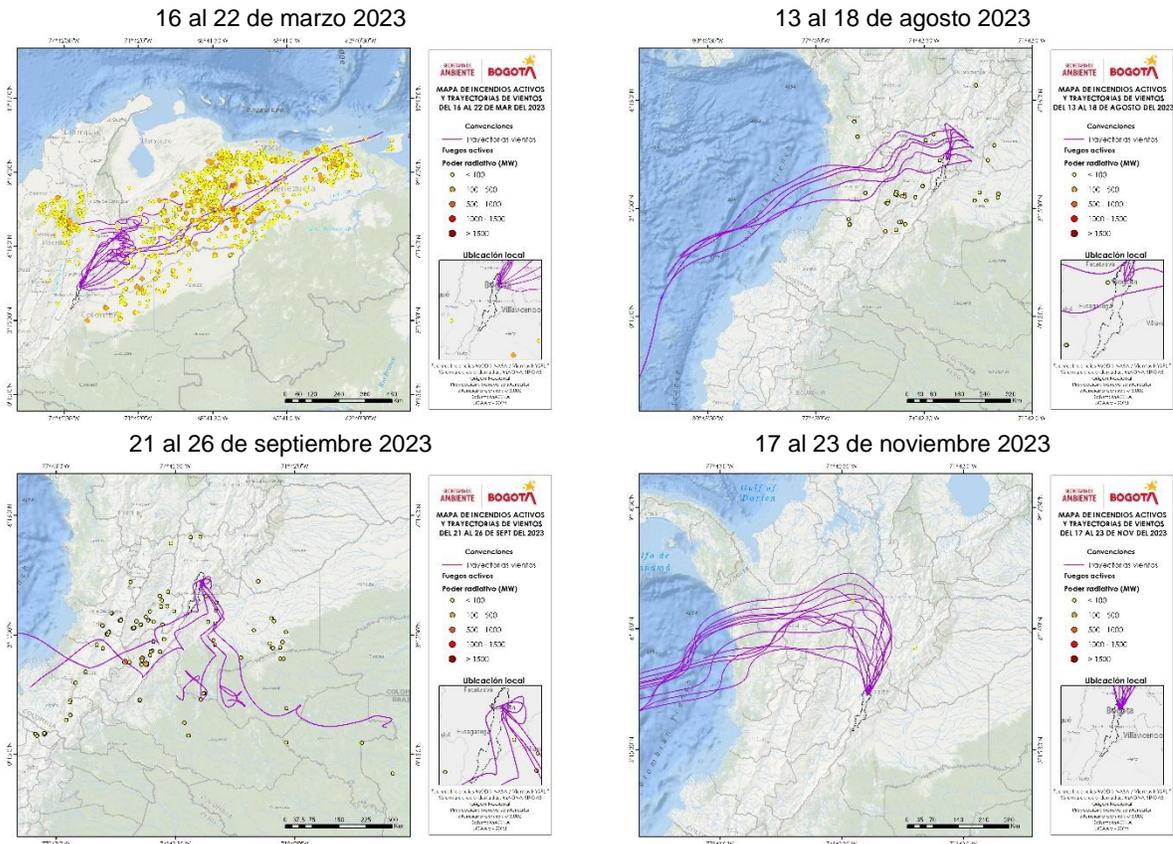


Figura 8-12 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS que se encuentran a 150 km de distancias de las trayectorias de masas de aire que llegan a Bogotá para fechas en las que se registró las mayores concentraciones de eBC en 2023

9. ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA

El Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 868 de 2021, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indica el estado de la calidad del aire y el riesgo a la salud asociado.

A continuación, se indican los intervalos de concentración media móvil de contaminantes atmosféricos criterio (PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, CO y SO₂) que se registran en las estaciones de la RMCAB para el cálculo del IBOCA. Así mismo, se establecen el color, el estado de calidad del aire y el nivel de riesgo correspondientes a cada intervalo.

Tabla 9-1 Intervalos de IBOCA y de concentraciones para contaminantes criterio Resolución 868 de 2021.

Atributos del IBOCA				Intervalos de concentración para cada contaminantes y tiempo de exposición del IBOCA (µg/m ³) ⁽³⁾					
Intervalos de valores adimensionales ⁽¹⁾	Color	Estado de calidad del aire	Estado de actuación y respuesta	PM 10 (24h)	PM 2.5 (24h)	CO (8h)	SO2 (1h)	NO2 (1h)	O3 (8h)
0 – 50	Verde	Favorable	Prevención	0-54	0-12	0-5094	0-92	0-100	0-106
51 - 100	Amarillo	Moderada	Prevención ⁽²⁾	55-154	12.1-35.4	5095-10818	93-197	101-188	107-137
101 - 150	Naranja	Regular	Alerta Fase 1	155-254	35.5-55.4	10819-14253	198-485	189-677	138-167
151 - 200	Rojo	Mala	Alerta Fase 2	255-354	55.5-150.4	14254-17688	486-796	678-1220	168-206
201 -300	Morado	Peligrosa	Emergencia ⁽³⁾	355-604	150.5-250.4	17689-34861	797-1582	1221-2349	207-392
301 -500				425-604	250.5-500.4	34862-57703	1583-2681	2350-3853	-----

(1) Para que haya mayor claridad con la ciudadanía, toda vez que se comuniquen los valores adimensionales del IBOCA deberá indicarse la escala de referencia de 0 a 500.

(2) Si en un evento de contaminación atmosférica el IBOCA supera el valor máximo del nivel de emergencia (300 para ozono y 500 para todos los demás), el nivel de riesgo seguirá siendo emergencia.

(3) El tiempo que se indica entre paréntesis corresponde al número de horas que deben tenerse en cuenta para el cálculo de las concentraciones medias móviles de cada contaminante.

El Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA — corresponde a un valor adimensional que oscila entre 0 y 500 y se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$IBOCA_p = \frac{I_{mayor} - I_{menor}}{C_{mayor} - C_{menor}} * (C_p - C_{menor}) + I_{menor}$$

Donde:

$IBOCA_p$: Índice para contaminante P

C_p : Concentración medida para el contaminante P (en µg/m³)

C_{mayor} : Concentración mayor o igual a C_p

C_{menor} : Concentración menor o igual a C_p

I_{mayor} : Valor adimensional del IBOCA para C_{mayor}

I_{menor} : Valor adimensional del IBOCA para C_{menor}

En la Figura 9-1, se muestra el IBOCA por estación de monitoreo con base en los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} registrados durante el año 2023 representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de calidad del aire.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

De acuerdo con los datos históricos, el $PM_{2.5}$ es el contaminante condicionante, es decir, el que presenta mayor valor del IBOCA. Para 2023, se evidenció un IBOCA en la condición “moderada”, siendo el menor porcentaje el observado en la estación Usaqué (30%) y el más alto en las estaciones de Fontibón (74%) y Móvil Fontibón (77%). También se observó la condición “regular” asociada al $PM_{2.5}$ en las estaciones de la zona suroccidente registrando valores entre el 3 y 10%, mientras que la estación de Carvajal - Sevillana registró un valor de 37%. Por otro lado, las estaciones de Usaqué y Colina registraron el mayor porcentaje de datos en la condición “favorable” para $PM_{2.5}$, con un 69% y 64% respectivamente en el año.

Para el contaminante PM_{10} predominó la condición “favorable” en la mayoría de las estaciones, registrando el valor más alto en Usaqué con 99%, seguida de la estación de San Cristóbal con 98% de los datos del año, mientras que las estaciones que registraron un porcentaje de tiempo mayor en la condición moderada fueron la estación Móvil Fontibón con un 45% y Carvajal - Sevillana con 30%.

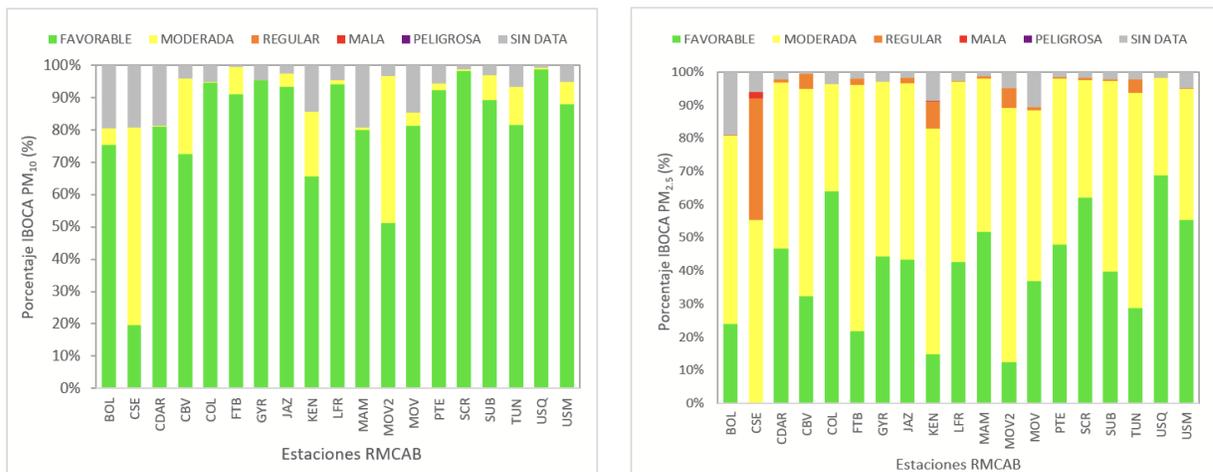


Figura 9-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM_{10} y $PM_{2.5}$ – Año 2023

En la Figura 9-2 se presenta el IBOCA de PM_{10} , para cada estación de monitoreo y por mes, de acuerdo con los datos registrados durante el año 2023. Se evidencia que en el caso del PM_{10} 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%.

La Figura 9-3 presenta el IBOCA de $PM_{2.5}$ 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%.

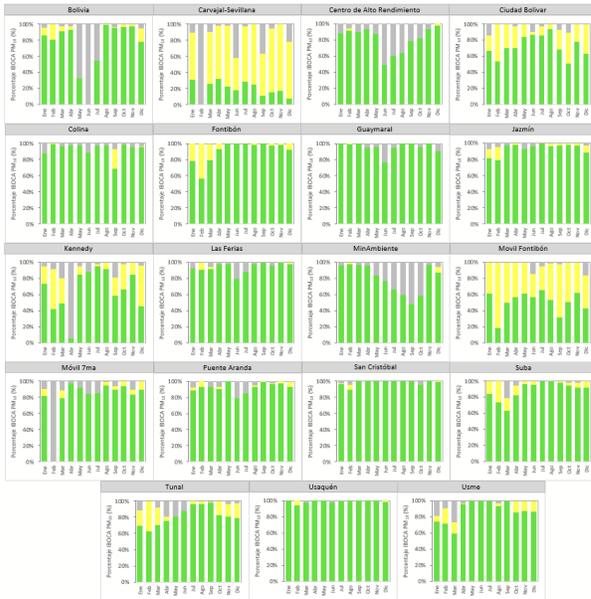


Figura 9-2 IBOCA por mes del año para PM10 – Año 2023

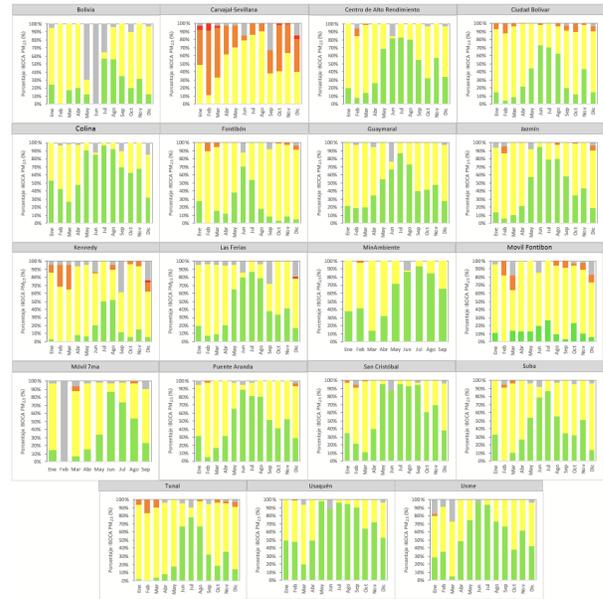
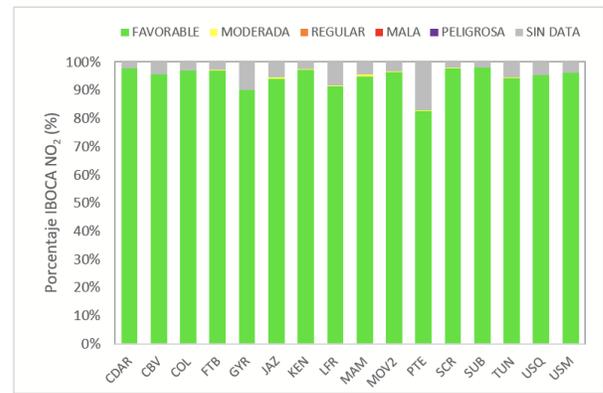
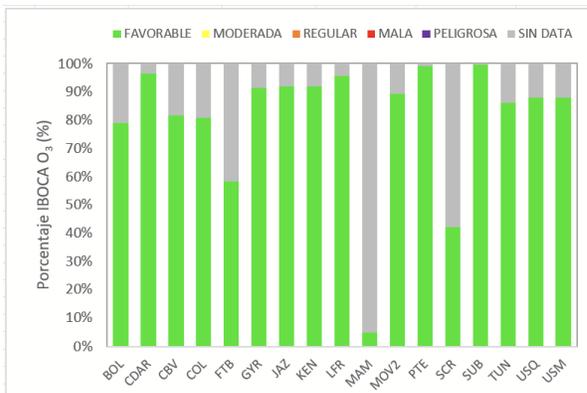


Figura 9-3 IBOCA por mes del año para PM2.5 – Año 2023

En la Figura 9-4, se muestra la distribución de las condiciones del IBOCA por estación de monitoreo para los gases contaminantes en el 2023 (O₃, SO₂, NO₂ y CO). Se observa que la condición “favorable” predomina durante todo el año para los gases contaminantes en las estaciones que registraron datos de cada contaminante. Para el NO₂, se registró una condición ‘moderada’ en las estaciones de MinAmbiente y Puente Aranda, que tuvieron entre 40 y 60, los cuales representan el 1% de los datos del año.



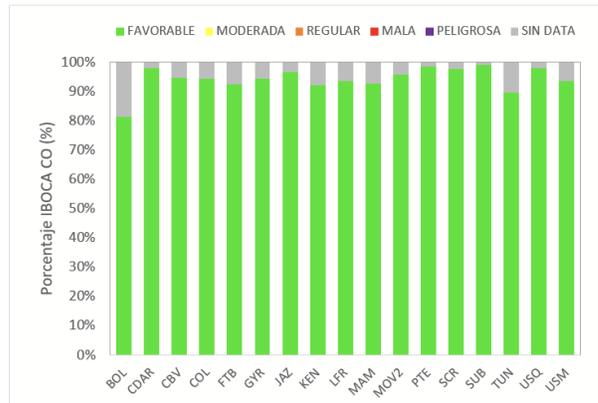
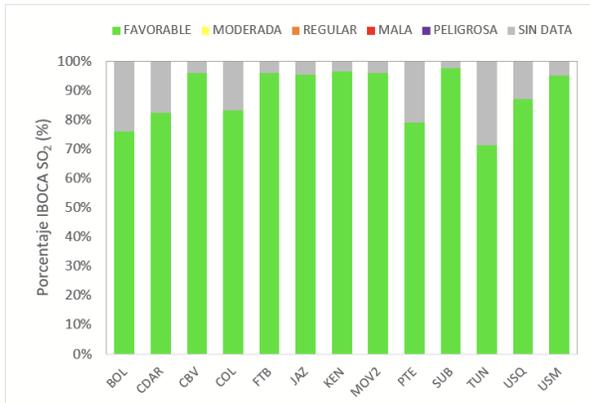


Figura 9-4 IBOCA por estación de monitoreo para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2023

En la Figura 9-5, Figura 9-6, Figura 9-7 y Figura 9-8, se observan los porcentajes del IBOCA para cada uno de los meses por estación, para los contaminantes O₃, NO₂, SO₂ y CO. Se evidencia que la condición “favorable” predominó en todos los gases contaminantes durante el año, algunos meses registraron datos en condición “moderada”: Para el NO₂ se evidenciaron algunos registros en las estaciones de Colina durante marzo, abril y octubre con porcentajes entre 20 y 30%, mientras que la estación Móvil Fontibón registró porcentajes entre 10 y 30%.



Figura 9-5 IBOCA por mes del año para O₃ – Año 2023



Figura 9-6 IBOCA por mes del año para NO₂ – Año 2023



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8



Figura 9-7 IBOCA por mes del año para SO2 – Año 2023

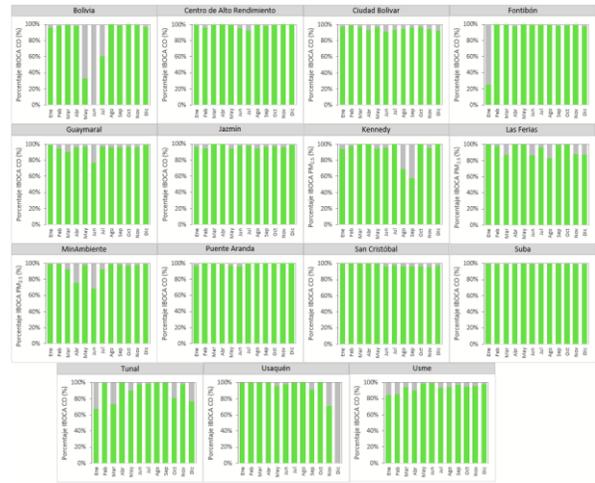


Figura 9-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10. METEOROLOGÍA

10.1. PRECIPITACIÓN

De acuerdo con (OMM, 2010) citado por (FOPAE, 2001) la precipitación se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo. Este fenómeno ocurre cuando por la turbulencia interna en las nubes, ocurre el fenómeno de la coalescencia (chocan) y se vuelven lo suficientemente pesadas como para superar la resistencia del aire y caer hacia la superficie de la Tierra. La medida de la cantidad de lluvia se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo, supuesto perfectamente horizontal, suponiendo que no es objeto de filtración, evaporación o escurrimiento.

A esta medida se llama altura de precipitación y es expresada en milímetros. Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie. La precipitación es un elemento meteorológico con gran variabilidad espacial y temporal.

Por encontrarse en la zona andina, la ciudad de Bogotá presenta dos períodos con lluvias abundantes durante el año, denominados popularmente como “invierno”, y dos períodos menos abundantes reconocidos como verano. El primero, se inicia en marzo culmina en mayo; el segundo, empieza en septiembre y dura todo octubre y noviembre. Así mismo, existen meses de transición entre los diferentes períodos como son: marzo, junio, septiembre y diciembre, los cuales se presentan con días alternados de lluvias y tiempo seco.

Sin embargo, la estacionalidad antes descrita puede verse afectada por la influencia del ENSO (El Niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés) en sus fases: cálida (Niño) y fría (La Niña), intensificando los ciclos estacionales, trayendo periodos secos más intensos o periodos de lluvia más intensos. Incluso trayendo lluvia en periodos secos y reduciendo las lluvias en periodos húmedos.

En ocasiones se suman otras ondas de escala planetaria como la Oscilación Madden-Julian y a Oscilación Cuasibienal, cuyos efectos en el primer caso, son de corto plazo dentro del ciclo anual, puesto que su actividad intraestacional se prolonga de entre 30 a 60 días, principalmente a principios de año.

La oscilación de Madden y Julian (MJO) es un fenómeno climático intraestacional que afecta los patrones de precipitación tropical alrededor del mundo. Se caracteriza por ser una onda o zona de bajas presiones que se desplaza a través de los trópicos, influyendo en la precipitación local y en la temperatura de la superficie del mar. Es un fenómeno poco conocido, pero de gran importancia al combinarse con otros patrones climáticos como el ENSO o la Oscilación Cuasibienal.

La oscilación cuasi bienal (QBO), es una oscilación cuasiperiódica de vientos ecuatoriales zonales en la estratósfera tropical. Esta oscilación afecta la circulación atmosférica y se caracteriza por producir cambios en la dirección del viento en la estratosfera. Es un fenómeno importante para comprender la dinámica atmosférica en la región ecuatorial.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La lluvia ejerce una labor muy importante en la limpieza de la atmósfera, toda vez que al tener las gotas un diámetro mayor que el tamaño de las partículas contaminantes, puede producir arrastre de muchas partículas presentes en la atmósfera, generando un lavado atmosférico y contribuyendo con la descontaminación de la ciudad, mayormente cuando se presentan lluvias intensas.

10.1.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

En un día normal y debido a las condiciones físicas propias de Bogotá (cerros orientales como factor forzante), se espera que los eventos de precipitación ocurran con frecuencia y mayor intensidad en horas de la tarde y noche que en horas de la madrugada y mañana. De allí que, es normal que estos eventos ocurran entre las 3:00 y las 6:00 de la tarde. En 2023 el mayor número de eventos de lluvia se presentó hacia las 5:00 pm, como suele ocurrir. Ver Figura 10-1.

De acuerdo con el comportamiento antes descrito, los eventos de lluvia que se presentan en horas de la tarde, por su intensidad, probablemente sean los que mayormente contribuyeron con la limpieza de la atmósfera local, por lavado atmosférico, así como, arrastre por escorrentía, de material particulado susceptible de ser resuspendido.

De acuerdo con Montoya & Eslava (2000), el comportamiento antes descrito obedece a la acumulación de energía durante el día que ocurre entre la 1 y las 3 de la tarde, es decir, cuando las temperaturas alcanzan su máximo valor y con ella el desarrollo convectivo, y a la interrupción del flujo básico del nororiente y suroriente para darle paso a las masas de aire cálidas y húmedas provenientes del valle del Magdalena los cuales ascienden por el suroccidente cargados de humedad y al encontrarse con los cerros orientales ocurre la convección profunda, con la consecuente formación de nubes productoras de lluvia, si las condiciones de estabilidad de la atmósfera son favorables.

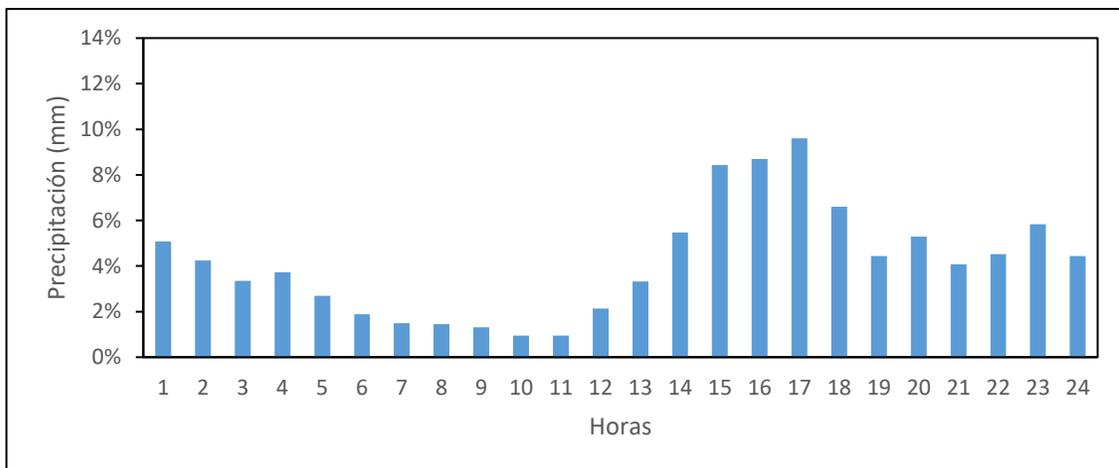


Figura 10-1 Comportamiento diario de la precipitación - 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.1.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

En cuanto al comportamiento mensual, es claramente conocida la bimodalidad de las lluvias en la ciudad de Bogotá. En consecuencia, como se observa en la Tabla 10-1 Índice ONI 2020-2023 y Tabla 10- 2 se puede apreciar que, en el presente año, los mayores acumulados se presentaron en el primer semestre del año con un 56% de las lluvias y un 44% en el segundo semestre. Este comportamiento se asocia a la influencia de la Niña durante el primer mes donde se presentaron atípicos acumulados. Contrariamente, durante el segundo periodo de lluvia (septiembre a noviembre), considerado como húmedo, se redujeron los acumulados de lluvia que en condiciones normales hubiera registrado altos volúmenes de lluvia. Este comportamiento obedece a la influencia que ejerció El Niño durante el segundo semestre del año, como lo muestran los índices ONI (Oscillation El Niño Index, por sus siglas en inglés) entre 2020 a 2023.

Tabla 10-1 Índice ONI 2020-2023

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0

Tomado de: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Tabla 10- 2 Distribución de las lluvias durante el año 2023

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	123,6	42,0	132,8	87,2	83,0	24,6	55,6	51,1	58,9	102,8	59,9	58,1
% Anual	14%	5%	15%	10%	9%	3%	6%	6%	7%	12%	7%	7%
% Trimestral	34%			22%			19%			25%		
% Semestral	56%						44%					

Como se puede observar en la Figura 10-2 en el primer semestre de 2023 el promedio de los totales mensuales fue ligeramente mayor que en el segundo, por los acumulados registrados durante el primer y tercer mes. El segundo semestre presentó escasas lluvias, más aún durante los meses lluviosos de octubre y noviembre. Se debe tener en cuenta que, en enero, es parte de la temporada de vacaciones de fin de año cuando se reducen las cantidades de contaminantes por la disminución del tráfico vehicular. Los meses restantes, la contribución de las lluvias debió haber sido menor. Posiblemente se puede atribuir mayormente a la fuerza del viento con su capacidad de mezcla y transporte. Hay que tener en cuenta la reducción de contaminantes que ocurre a mediados del año, por la disminución del transporte local en la temporada de vacaciones.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-3 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad_2023 (N.A. no cumple criterio de representatividad)

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
BOL	60,5	67,2	144,1	40,0	61,5	39,0	36,4	38,2	74,9	169,6	81,2	33,9	846,5
CSE	81,7	17,1	132,3	81,9	76,7	27,5	87,2	57,2	53,9	124,5	43,2	61,5	844,7
CDAR	114,4	44,9	125,9	65,2	115,0	25,1	44,4	15,8	110,6	106,2	61,3	63,6	892,4
CBV	51,9	21,1	98,7	57,2	21,3	16,8	44,9	34,6	28,3	46,8	38,4	47,1	507,1
COL	104,9	40,2	76,6	91,1	103,9	15,7	37,5	48,3	89,7	116,9	67,2	88,0	880,0
FTB	162,6	12,1	177,4	85,0	141,4	32,2	79,3	71,9	79,2	175,1	54,3	85,5	1156,0
GYR	121,9	50,2	130,5	90,5	94,2	30,7	72,1	68,5	28,8	88,6	56,5	70,1	902,6
JAZ	100,1	10,6	102,4	68,9	25,3	4,7	49,7	42,9	50,7	104,8	48,4	35,5	644,0
KEN	84,0	12,1	72,9	53,8	44,9	12,6	45,2	31,3	69,7	102,2	30,3	45,4	604,4
LFR	178,2	67,9	131,4	82,6	123,0	26,2	37,0	51,9	75,9	115,0	84,4	47,7	1021,2
MAM	156,6	51,3	193,7	102,2	115,2	28,5	48,2	61,9	46,4	108,3	110,8	80,3	1103,4
MOV	140,8	67,7	232,5	84,3	91,8	20,2	40,3	43,7	76,5	67,3	82,5	75,2	1022,8
PTE	112,3	15,4	104,3	79,4	58,0	16,6	53,9	34,4	35,6	102,8	41,3	45,6	699,6
SCR	296,7	61,1	260,1	213,2	106,8	58,3	74,1	44,5	36,1	95,7	65,4	71,3	1383,3
SUB	93,1	155,9	32,7	93,3	101,1	23,2	51,2	75,3	105,4	136,9	83,1	53,3	1004,5
TUN	91,5	10,4	45,8	73,1	47,0	22,6	72,4	42,7	30,8	94,5	30,9	39,9	601,6
USQ	221,1	33,2	166,4	134,6	136,3	18,9	45,6	102,5	37,4	79,0	61,0	70,9	1106,9
USM	51,7	18,1	162,7	72,8	31,3	24,8	80,9	54,3	30,5	17,0	37,5	30,9	612,5

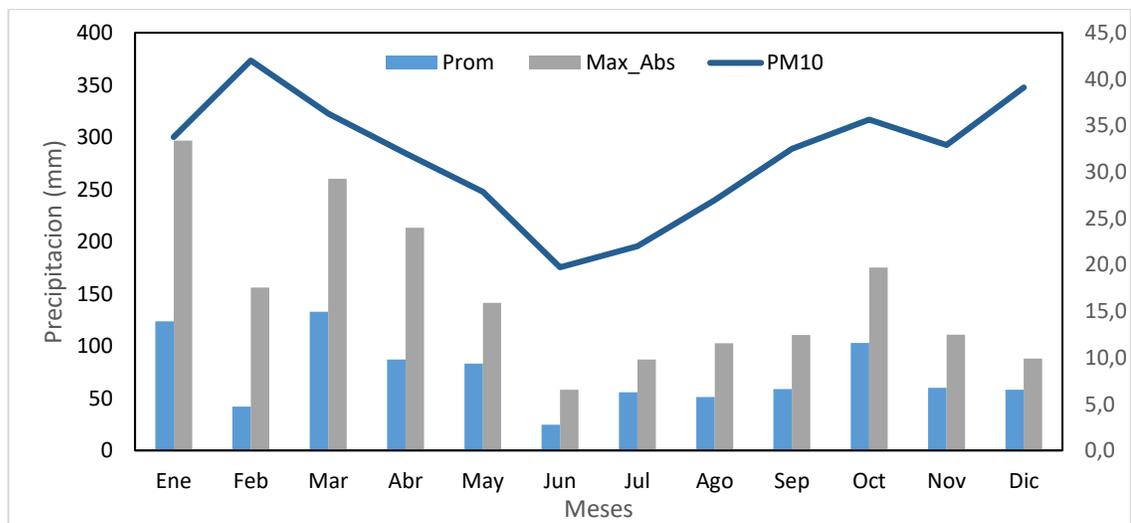


Figura 10-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación durante 2023

De acuerdo con los registros de la RMCAB, en 2023 en su mayoría los totales mensuales fluctuaron entre 507 mm a 1383 mm. Es decir, una diferencia de 1000 mm con respecto al año anterior en la estación San Cristóbal que registro un valor promedio de 1380.3 mm. Ver Figura 10-3

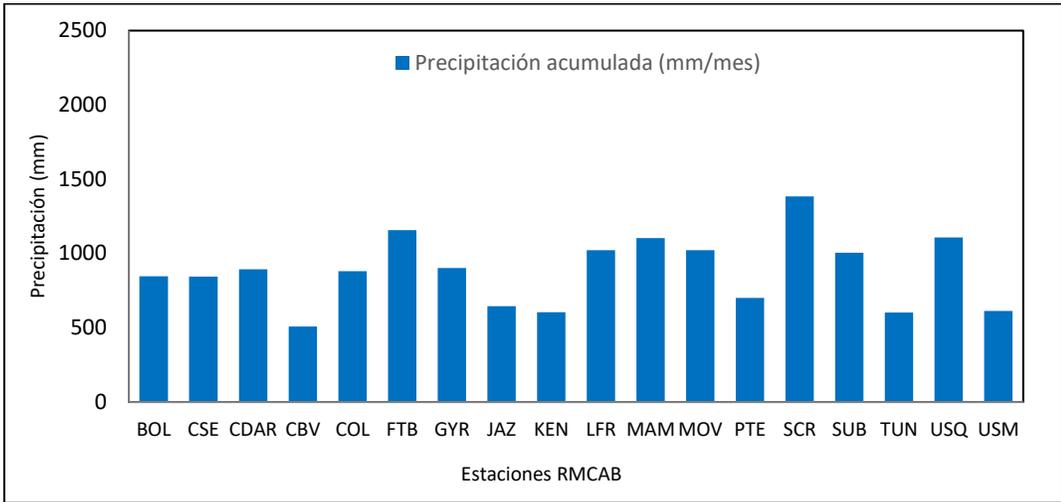


Figura 10-3 Total acumulado por estación en 2023

10.1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

Los totales acumulados descritos en la Figura 10-3, se pueden visualizar de manera espacializada en el mapa de la Figura 10-4. Como se puede notar, los mayores acumulados se presentaron tanto al sur oriente como al noroccidente de la ciudad. Entre tanto, los menores registros se presentaron hacia el sur occidente de la ciudad con acumulados entre 507 a 700 mm.



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

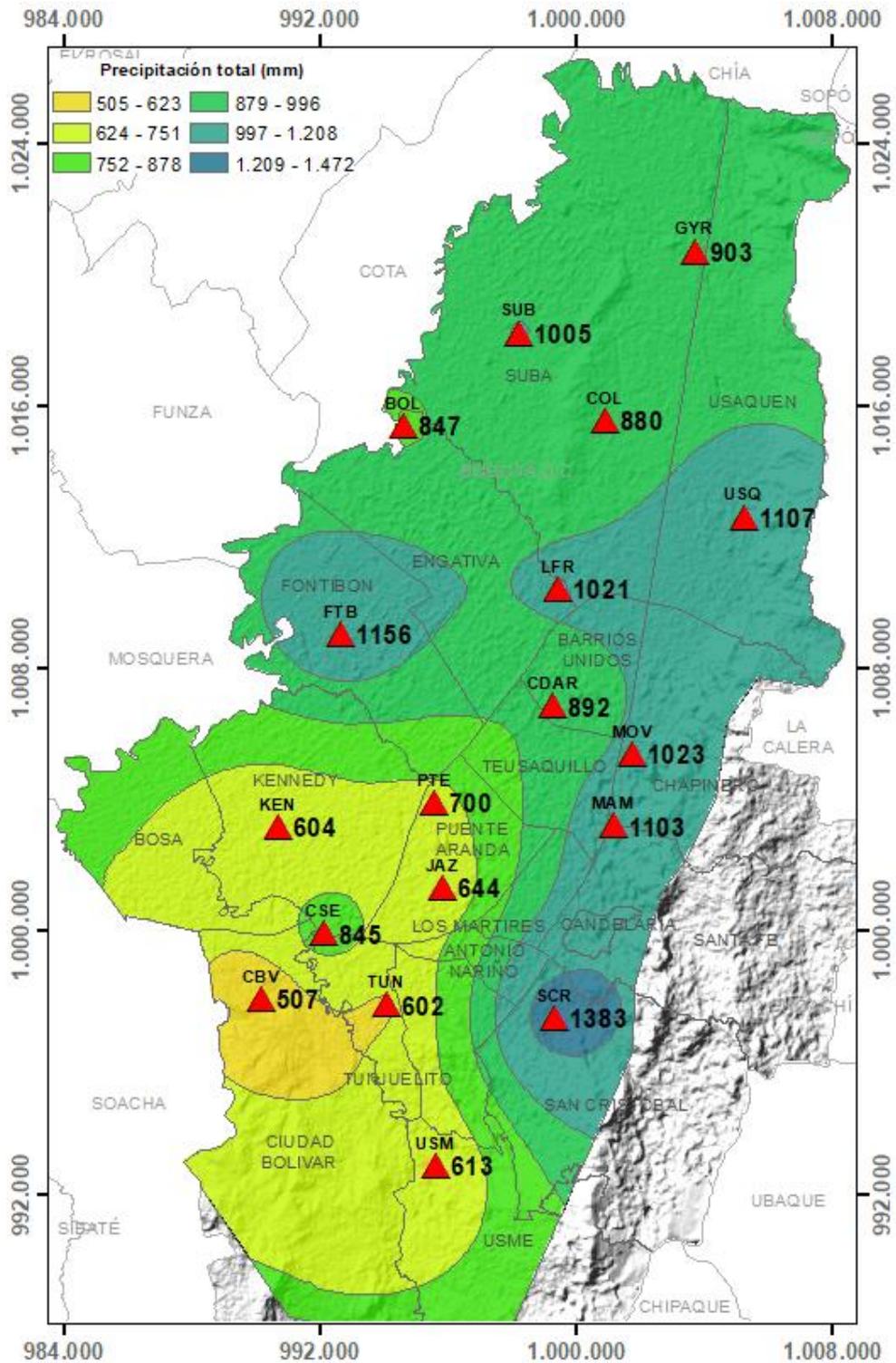


Figura 10-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - RMCAB 2023

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.1.4. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

Como parte de la historia de la RMCAB en la Tabla 10-4 se presenta el registro de los totales anuales de precipitación desde 2000 hasta la presente vigencia. Adicionalmente se presenta la Figura 10-2 donde se puede observar la variación promedio de las lluvias en la ciudad, de acuerdo con los datos recolectados por la RMCAB. Con base en este perfil anual, se evidencia un ascenso continuo en el total anual de la precipitación desde 2018. En 2022 se hizo notable la influencia de La Niña y en 2023 El Niño.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN											
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB											
	Código: PA10-PR04-M1						Versión: 8					

Tabla 10-4 Registros totales anuales de precipitación RMCAB 2000 – 2023

EST.	BOL	CEN	CSE	CZC	CME	CDAR	CLST	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	OLY	PTE	SCR	SUB	TUN	UNAL	USQ	USM	VIT	Prom
2000	N.A	754	585	551	402	N.A	884	687	N.A	N.A	606	851	N.A	1138	N.A	N.A	650	N.A	863	1242	N.A	N.A	767.8
2001	N.A	525	317	339	345	N.A	588	471	N.A	N.A	592	636	N.A	N.A	564	N.A	496	N.A	542	563	N.A	N.A	498.2
2002	N.A	812	580	485	N.A	N.A	913	653	578	N.A	667	874	N.A	N.A	901	N.A	489	N.A	N.A	867	N.A	N.A	710.8
2003	N.A	551	421	142	N.A	N.A	N.A	574	709	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	891	N.A	N.A	N.A	N.A	495	N.A	N.A	540.4
2004	N.A	N.A	577	525	N.A	739	756	684	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	248	N.A	1007	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	648.0
2005	N.A	N.A	N.A	326	N.A	752	797	545	N.A	N.A	882	N.A	N.A	N.A	431	N.A	N.A	N.A	N.A	947	N.A	N.A	668.6
2006	N.A	N.A	692	674	N.A	N.A	1095	520	N.A	611	861	N.A	N.A	N.A	580	N.A	573	N.A	N.A	825	702	1087	747.3
2007	N.A	N.A	669	507	N.A	707	915	559	646	546	654	N.A	N.A	N.A	701	N.A	460	539	N.A	780	553	803	645.6
2008	N.A	N.A	N.A	703	N.A	848	841	N.A	821	839	695	N.A	N.A	N.A	1547	N.A	575	686	N.A	946	718	839	838.2
2009	N.A	N.A	620	N.A	N.A	815	758	382	656	559	759	812	N.A	N.A	857	N.A	646	542	N.A	624	N.A	652	667.8
2010	N.A	N.A	970	N.A	N.A	1523	980	522	1048	644	1321	N.A	N.A	N.A	881	N.A	1023	1071	N.A	1292	N.A	922	1016.4
2011	N.A	N.A	1024	N.A	N.A	1710	N.A	520	1394	587	1429	N.A	N.A	N.A	812	N.A	1156	1066	N.A	1277	N.A	N.A	1097.5
2012	N.A	N.A	638	N.A	N.A	891	N.A	350	639	N.A	931	940	N.A	N.A	679	938	866	668	N.A	828	N.A	N.A	760.7
2013	755.4	N.A	678	N.A	N.A	964	N.A	392	828	688	855	940	N.A	N.A	660	865	930	711	N.A	703	N.A	N.A	766.9
2014	N.A	N.A	639	N.A	N.A	1062	N.A	N.A	836	689	925	915	N.A	N.A	680	1076	732	674	N.A	869	N.A	N.A	827.0
2015	558.4	N.A	450	N.A	N.A	608	N.A	N.A	534	453	580	559	N.A	N.A	396	574	446	510	N.A	461	N.A	N.A	510.8
2016	961.4	N.A	540.8	N.A	N.A	802.6	N.A	N.A	964.4	723.4	924.6	795	N.A	N.A	835.5	786.4	362	N.A	N.A	333	N.A	N.A	729.9
2017	1389.4	N.A	890.2	N.A	N.A	1310.7	N.A	N.A	986.3	1078.1	1054.7	1032.8	N.A	N.A	1002.9	1072.6	986.6	1041.8	N.A	1140.8	N.A	N.A	1082.2
2018	955.7	N.A	809.7	N.A	N.A	932.3	N.A	N.A	796.2	1281.5	517.3	N.A	N.A	N.A	786	916.1	453.6	543.7	N.A	905.2	N.A	N.A	808.8
2019	989.4	N.A	723.5	N.A	N.A	979.8	N.A	N.A	923.9	1565.5	558.5	676.2	N.A	N.A	843.4	1065.5	801.7	814.6	N.A	1105.6	N.A	N.A	920.6
2020	N.A	N.A	756.5	N.A	N.A	1077	N.A	N.A	899.9	1480	800.8	988.3	N.A	N.A	710.1	1479	1014	908.7	N.A	1003	N.A	N.A	1010.7
2021	N.A	N.A	1107.5	N.A	N.A	1218.1	N.A	662.3	875.4	83.9	1474.9	1105.3	926.5	N.A	529.3	2374.9	1468	N.A	1029.3	980.6	N.A	N.A	1064.3
2022	1131.6	N.A	1129.6	N.A	N.A	1397.1	N.A	N.A	1265.9	N.A	1493.9	1419.3	1082.6	N.A	N.A	2382.6	1523.3	976.8	N.A	N.A	N.A	N.A	1380.3
2023	846,5	N.A	844,7	N.A	N.A	892,4	N.A	1156	902,6	604,4	1021,2	1103,4	1022,8	N.A	N.A	1383,3	1004,5	601,6	N.A	1106,9	612,5	N.A	935,9
Prom 2000 2023	935.0	660.5	684.4	472.4	373.5	996.4	852.7	537.2	831.5	788.6	854.4	855.7	926.5	1138.0	739.8	1114.8	756.7	752.0	811.4	866.1	657.7	860.6	787.7

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

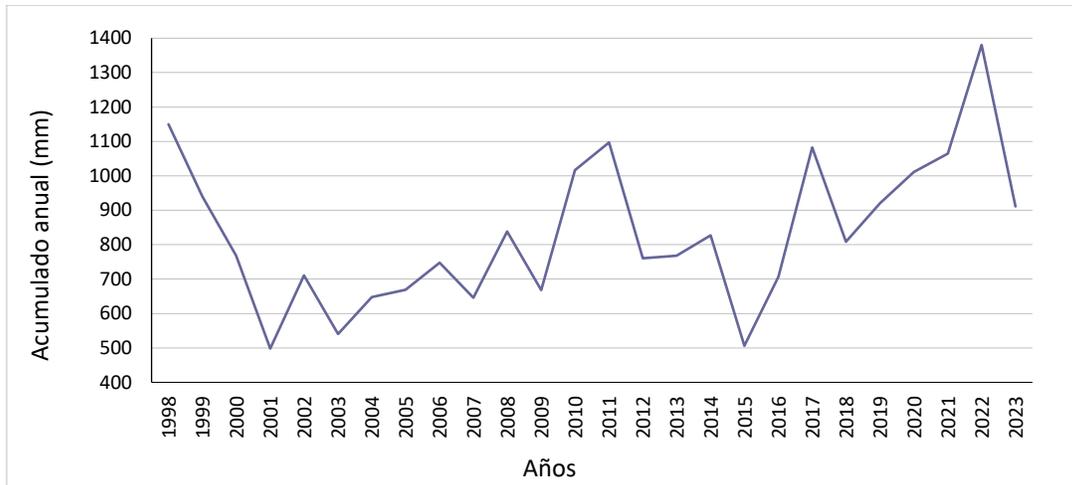


Figura 10-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá - RMCAB 2000-2023

En la Tabla 10-4 Registros totales anuales de precipitación RMCAB 2000 – 202 se resume el comportamiento mensual multianual de la lluvia en la ciudad de Bogotá, según registros de la RMCAB desde 2000 hasta 2023. De acuerdo con esta tabla, se hacen notables los picos de enero y marzo con respecto al promedio, así como los bajos acumulados de noviembre, un mes característicamente húmedo. Ver Figura 10-6

Tabla 10-5 Precipitación promedio histórica mensual. RMCAB 2000 – 2023

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2000	41.0	152.5	112.2	59.1	62.2	41.9	49.1	37.3	84.6	53.3	64.5	22.0	779.7
2001	22.9	23.8	83.5	17.4	67.7	25.7	28.0	11.9	73.0	27.8	53.8	60.8	496.2
2002	20.9	28.8	69.7	154.6	104.7	73.1	20.4	22.4	42.2	61.2	39.5	75.1	712.5
2003	13.8	39.3	79.0	77.3	31.8	51.6	42.6	37.7	55.5	80.4	117.2	23.2	649.3
2004	10.6	47.7	34.4	103.9	91.9	75.4	35.7	14.0	47.3	100.3	57.1	23.1	641.4
2005	24.2	62.9	28.3	72.7	111.5	25.6	20.3	22.2	47.5	86.2	54.3	66.1	621.9
2006	63.4	23.8	107.1	98.7	77.7	72.9	16.0	12.0	17.3	91.6	80.6	23.6	684.6
2007	11.0	16.8	30.4	84.0	44.8	46.0	30.5	37.1	9.2	149.5	97.0	102.9	659.2
2008	22.6	94.6	100.9	47.5	80.6	52.2	47.0	44.9	36.5	104.4	135.9	81.7	848.7
2009	52.2	82.0	98.1	66.2	18.5	38.9	23.3	20.7	17.4	119.8	56.0	28.9	621.9
2010	9.4	20.4	19.5	134.2	160.9	70.7	100.7	30.3	47.1	126.1	170.1	112.8	1002.3
2011	62.9	75.4	106.2	168.8	115.5	46.3	41.9	32.1	39.5	128.0	175.0	130.2	1122.0
2012	79.8	135.3	101.4	134.7	29.1	31.7	42.9	35.8	21.0	104.0	53.0	47.9	816.5
2013	7.4	96.0	58.0	118.9	98.0	23.2	30.8	46.8	32.7	71.5	138.7	73.6	795.6
2014	47.7	70.2	92.4	61.8	74.7	44.4	25.9	14.3	36.7	104.6	114.5	124.5	811.6
2015	38.9	31.9	95.9	58.9	17.1	52.4	30.6	18.6	30.8	44.1	59.0	1.1	479.2
2016	4.8	20.8	85.8	136.1	76.9	20.3	30.9	44.8	68.8	85.2	189.7	59.0	823.0

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2017	48.2	75.8	142.8	69.2	158.8	86.4	21.1	31.9	29.8	76.3	143.6	69.6	953.4
2018	60.7	41.2	100.0	148.1	126.2	50.0	50.6	39.1	36.4	75.4	94.6	10.7	833.0
2019	18.5	50.8	87.3	124.8	122.7	74.9	44.3	35.6	62.7	97.3	180.0	48.2	947.0
2020	26.4	81.0	72.4	54.6	59.8	67.7	77.2	34.7	74.0	29.9	188.6	81.0	847.3
2021	17.7	51.2	112.1	102.5	160.7	143.2	48.8	122.9	60.9	191.4	162.5	47.8	1221.8
2022	23,5	140,8	98,8	147,8	96,7	161,7	52,7	66,6	66,0	178,1	163,9	67,4	1264,0
2023	123,6	42,0	132,8	87,2	83,0	24,6	55,6	51,1	58,9	102,8	59,9	58,1	879,6
Promedio 2023	123,6	42,0	132,8	87,2	83,0	24,6	55,6	51,1	58,9	102,8	59,9	58,1	879,6
Prom 2000-2023	35,5	63,6	83,3	97,5	86,5	59,8	39,6	35,4	45,1	95,1	112,6	60,0	811,5

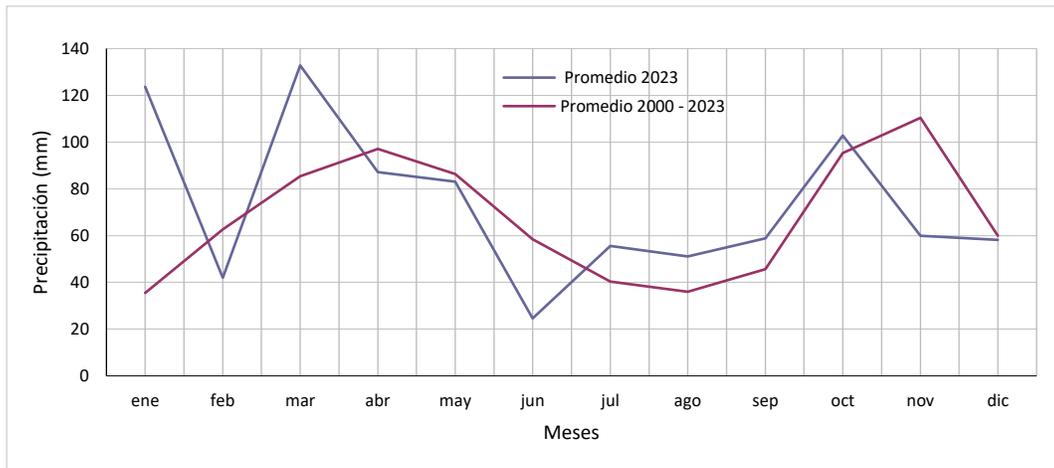


Figura 10-6. Precipitación promedio mensual histórica Vs total anual de 2023. RMCAB 2000 - 2023

10.2. TEMPERATURA

La temperatura es una propiedad de la materia, definida por la cinética media de las moléculas. Esta se mide en virtud de la transferencia de calor entre los cuerpos de niveles distintos de energía cinética molecular media. Esta medida refleja cuán caliente o frío es un objeto en comparación con un estándar. En el caso del aire, indica la cantidad de energía interna o sensible, acumulada en un momento y lugar determinado.

La temperatura del aire ambiente determinada la ocurrencia de los procesos de difusión de contaminantes por su contribución al incremento de los flujos turbulentos que son claves para el ascenso a niveles por encima del suelo y el consecuente transporte y mezcla de los contaminantes, que diariamente se descargan en la ciudad ya sea por fuentes propias o por fuentes externas como las quemaduras regionales que son recurrentes en los primeros meses del año.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la RMCAB la temperatura ambiente se mide en estaciones distribuidas estratégicamente en la ciudad, para caracterizar sus variaciones espaciales y en diferentes resoluciones temporales de manera que y contribuya con la toma de decisiones asociadas a esta variable.

10.2.1. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los registros de la RMCAB en la Tabla 10-5 se resume el perfil promedio horario anual de la temperatura de 2023 y el comportamiento puntual en cada una de las estaciones. Con base en dicha información, en un día normal del año, en promedio las temperaturas más bajas se presentan en horas de la madrugada y de la noche. Así mismo, conforme el sol calienta el suelo y éste a su vez la transfiere al aire en contacto, la temperatura del aire comienza a incrementarse alcanzando su máximo entre las 12 horas y las 14 horas; posiblemente incluso hasta las 15 horas. Este incremento de temperatura máxima se corresponde con la hora en la que ocurre la mayor convección térmica en un día normal en la ciudad de Bogotá, que podría propiciar no sólo mayor dispersión de contaminantes de la atmósfera, sino, la convección profunda y la ocurrencia de lluvias con tormentas.

En la

Figura 10-7 se muestra el perfil promedio horario de la temperatura en la ciudad y sus variaciones espaciales a través de cada una de sus estaciones. En el presente año las mayores temperaturas de la ciudad se reportaron en las estaciones: Móvil Séptima, Carvajal-Sevillana, Puente Aranda, Kennedy y Jazmín. Entre tanto, promedio, las menores temperaturas medias se registraron en el sector de San Cristóbal.

De acuerdo con los registros de la RMCAB, la variación de la temperatura media en la ciudad fluctuó entre 14 °C, en el sector de San Cristóbal, hasta 16.4 °C hacia el sector de la estación Móvil Séptima.

Los valores de temperatura relativamente altos que se reportaron en las estaciones Carvajal Sevillana y Kennedy, con respecto al resto de la ciudad, pueden estar asociados a con actividades industriales, el alto tráfico vehicular, alta cobertura de zonas duras y baja cobertura de zonas verdes. Es en este sector de la ciudad donde también se registran las mayores velocidades del viento, que están estrechamente relacionadas con las mayores temperaturas del aire. En el caso de la Móvil de la Séptima, puede estar asociado a energía calórica del tráfico vehicular y/o al efecto espejo que produce las edificaciones vecinas que reflejan el calor recibido en horas de la tarde, con el ocaso del sol. Sin embargo, las velocidades del viento, se reducen por confluencia de masas de aire del occidente y del oriente y/o por el efecto barrera de los cerros orientales, que ejerce a los vientos que provienen del occidente.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-6 Comportamiento de la temperatura horaria durante el año 2023

Hora	CSE	CDAR	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM	Prom
	Temp °C																
1:00	13,8	12,3	13,0	13,0	13,5	11,8	14,0	13,2	12,5	14,1	14,4	11,7	11,6	11,5	12,0	13,1	12,8
2:00	13,4	12,0	12,7	12,7	13,2	11,4	13,7	12,9	12,2	13,7	14,1	11,4	11,3	11,1	11,7	12,8	12,5
3:00	13,1	11,8	12,4	12,4	12,9	11,1	13,4	12,5	11,9	13,5	13,9	11,1	11,0	10,8	11,4	12,5	12,2
4:00	12,8	11,6	12,2	12,1	12,6	10,9	13,2	12,2	11,7	13,2	13,6	10,9	10,7	10,5	11,2	12,3	12,0
5:00	12,7	11,4	12,0	11,9	12,4	10,6	13,0	12,0	11,5	13,0	13,5	10,7	10,5	10,3	11,0	12,1	11,8
6:00	12,6	11,3	11,9	11,8	12,3	10,5	12,9	11,8	11,4	12,9	13,4	10,6	10,4	10,2	11,0	12,1	11,7
7:00	13,1	12,2	12,3	12,2	12,7	11,2	13,3	12,1	12,1	13,1	13,6	10,9	10,6	11,0	11,3	12,4	12,1
8:00	15,0	15,4	13,5	13,6	14,4	14,1	14,6	14,0	14,3	14,3	14,6	12,4	12,5	14,6	12,9	13,9	14,0
9:00	17,1	17,8	14,9	15,3	16,3	16,7	16,0	16,7	16,5	16,5	15,9	14,5	15,4	17,3	14,8	15,4	16,1
10:00	18,7	19,0	16,0	16,8	17,8	18,4	17,2	18,9	18,0	18,6	17,0	16,1	17,9	19,1	16,3	16,5	17,6
11:00	19,9	19,9	16,9	17,9	18,8	19,5	18,2	20,2	19,0	20,0	18,0	17,2	19,6	20,4	17,3	17,4	18,8
12:00	20,4	20,2	17,4	18,6	19,5	20,2	18,8	20,8	19,5	20,8	18,5	17,9	20,5	21,1	17,9	18,1	19,4
13:00	20,7	20,3	17,6	18,9	19,5	20,6	19,1	20,9	19,6	21,0	18,7	18,2	20,8	21,4	18,2	18,5	19,6
14:00	20,8	20,2	17,6	18,8	19,4	20,5	19,2	20,8	19,4	20,9	18,8	18,2	20,4	21,4	18,0	18,7	19,6
15:00	20,5	19,7	17,5	18,6	19,1	20,0	19,0	20,5	19,0	20,6	18,7	18,0	19,9	21,2	17,6	18,7	19,3
16:00	19,9	19,1	17,1	18,2	18,7	19,4	18,6	20,0	18,4	19,9	18,4	17,5	19,2	20,4	17,0	18,4	18,8
17:00	19,0	18,0	16,5	17,5	18,0	18,6	18,0	19,2	17,3	19,0	17,9	16,5	18,2	19,2	16,3	17,8	18,0
18:00	17,6	16,7	15,6	16,5	17,0	16,8	17,0	17,6	16,0	17,8	17,2	15,3	16,7	16,9	15,1	16,6	16,7
19:00	16,4	15,2	14,8	15,5	16,0	15,0	16,2	15,9	14,8	16,5	16,5	14,1	14,9	14,7	14,1	15,5	15,4
20:00	15,8	14,3	14,5	14,9	15,4	14,1	15,7	15,1	14,2	15,8	16,1	13,4	13,9	13,7	13,5	14,9	14,7
21:00	15,4	13,8	14,2	14,5	15,1	13,5	15,4	14,7	13,7	15,4	15,7	13,0	13,3	13,2	13,1	14,5	14,3
22:00	15,0	13,4	13,9	14,1	14,7	13,0	15,0	14,4	13,4	15,0	15,4	12,6	12,8	12,7	12,8	14,1	13,9
23:00	14,6	13,1	13,6	13,7	14,3	12,6	14,7	14,0	13,1	14,8	15,0	12,3	12,3	12,3	12,5	13,7	13,5
24:00:00	14,2	12,7	13,3	13,4	13,9	12,1	14,4	13,6	12,8	14,4	14,7	12,0	11,9	11,9	12,3	13,4	13,2
Prom	16,3	15,5	14,6	15,1	15,7	15,1	15,9	16,0	15,1	16,4	16,0	14,0	14,9	15,3	14,1	15,1	15,3

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

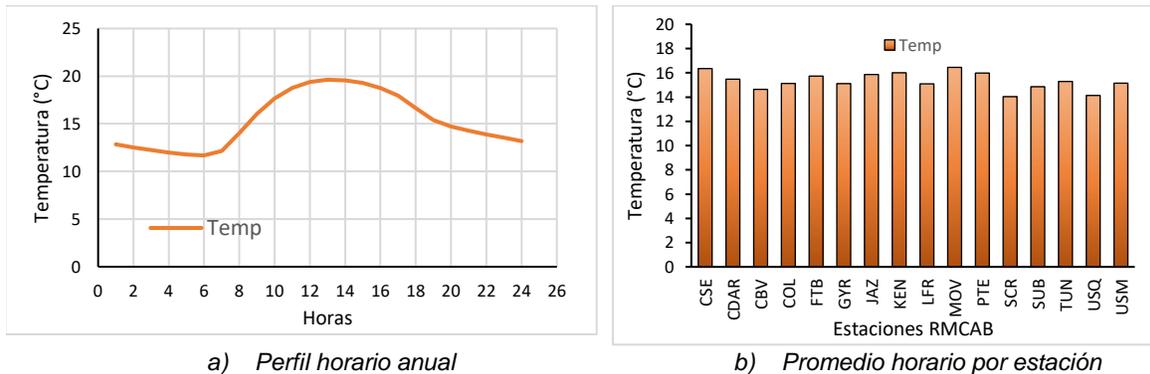


Figura 10-7. Comportamiento de la temperatura horaria anual-2023: a) perfil horario; b) promedio por estación

10.2.2. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA

La serie de temperatura anual registrada en la RMCAB, permite establecer que 2023 fue un año con temperaturas más altas que el año anterior a partir del mes abril con un máximo medio mensual durante los meses de mayo y diciembre. Ver Tabla 10-7 y la Figura 10-8.

Tabla 10-7 Promedio mensual de temperatura multianual RMCAB 2000 – 2023

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2000	12.4	12.5	15.0	13.5	13.7	13.9	13.1	13.2	13.1	13.6	13.7	13.2	13.4
2001	12.9	13.1	14.8	14.8	14.9	14.1	14.2	14.0	14.1	15.3	14.7	15.0	14.3
2002	14.3	15.1	14.9	14.7	15.3	14.6	14.8	14.5	14.7	15.0	14.6	15.1	14.8
2003	15.1	15.5	15.1	15.1	15.4	14.6	14.0	14.1	14.1	14.5	14.2	14.3	14.7
2004	13.6	13.2	13.9	13.6	14.1	13.8	13.7	14.4	14.3	14.6	14.9	14.7	14.1
2005	15.2	15.9	15.8	16.0	15.8	14.4	14.4	14.3	14.9	14.8	15.0	14.5	15.1
2006	14.1	14.1	14.0	13.1	13.4	13.0	13.1	13.8	13.5	13.2	13.2	13.2	13.5
2007	14.2	13.6	14.2	14.7	13.5	13.0	13.0	13.2	13.7	13.4	13.0	12.3	13.5
2008	12.4	12.6	13.4	13.5	13.7	14.1	13.5	13.7	14.0	14.1	14.3	14.0	13.6
2009	14.0	14.2	14.3	14.7	14.6	14.5	14.0	14.6	14.6	14.4	14.8	14.6	14.4
2010	14.9	15.8	15.7	15.2	15.2	14.5	14.6	14.3	14.4	14.6	14.2	13.6	14.7
2011	13.9	14.0	13.9	14.2	14.7	14.6	13.9	14.1	13.9	13.8	13.9	14.3	14.1
2012	14.2	13.9	14.1	13.9	14.3	14.2	13.7	13.7	13.9	14.4	14.3	14.0	14.1
2013	14.4	14.3	14.9	14.9	14.6	14.5	13.6	13.9	14.3	14.0	13.9	14.2	14.3
2014	14.3	14.5	14.6	14.7	14.7	14.2	14.0	13.5	14.0	14.2	14.3	13.8	14.2
2015	14.0	14.6	14.8	14.9	15.0	14.1	14.3	14.5	14.6	14.9	15.0	14.5	14.6
2016	15.4	15.9	16.1	15.3	15.1	14.4	14.4	14.4	14.5	15.0	14.6	14.5	15.0
2017	14.1	14.4	14.3	14.9	14.8	14.6	14.1	14.4	15.0	14.6	14.4	14.3	14.5
2018	14.1	14.9	14.8	14.1	14.5	14.2	14.3	13.9	14.5	14.8	15.0	14.5	14.5
2019	14.7	15.5	15.5	15.5	15.2	14.8	14.6	14.5	15.1	14.7	15.2	15.4	15.1
2020	15.2	15.4	15.9	15.7	15.5	15.0	14.7	15.0	14.6	15.0	14.7	14.8	15.1
2021	15.2	15.4	15.9	15.7	15.5	15.0	14.7	15	14.6	15	14.7	14.8	15.1
2022	15.0	14.8	15.1	15.0	15.1	14.0	14.8	14.5	14.3	14.6	14.5	14.3	14.9

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2023	14,2	14,9	15,0	15,2	15,8	15,5	15,1	15,4	15,4	15,7	15,8	15,9	15,3
Prom 2000-2023	14.3	14.5	14.8	14.7	14.8	14.3	14.1	14.2	14.3	14.5	14.4	14.3	14.4

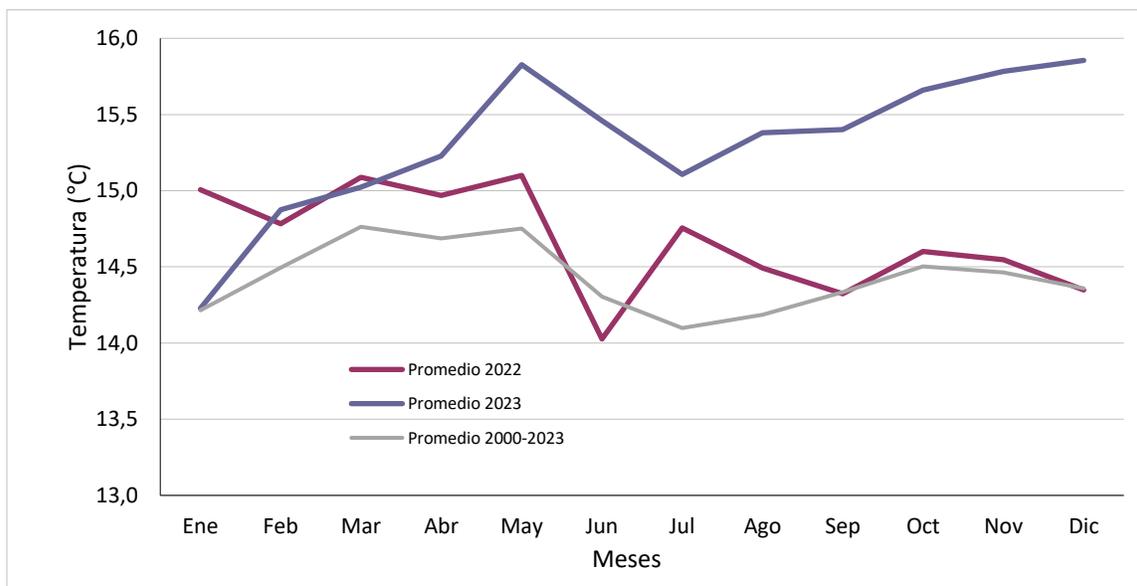


Figura 10-8. Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2023 Vs 2022 y 2023

En cuanto al comportamiento de las temperaturas extremas, las estaciones Tunal (27.9 °C), Móvil (26.9 °C), Kennedy (26.5 °C) y Guaymaral (26.5 °C) registraron los valores más altos en cuanto a las máximas absolutas. Las mínimas absolutas las estaciones Tunal (2 °C), Guaymaral (3.7 °C) y CDAR (3.8 °C), registraron las temperaturas más bajas durante el año. Comparadas con 2022, no se presentaron variaciones significativas en las mínimas a diferencia de la estación Tunal donde se presentó una reducción de 2 °C.

Mayor detalle se puede observar en la Figura 10-9 donde se resume el comportamiento de los valores extremos absolutos de las temperaturas mínimas horarias durante el año 2023. De la Tabla 10-8 se puede deducir que las mayores amplitudes térmicas se presentaron hacia las estaciones Tunal (25.9 °C), Guaymaral (22.8 °C) y Suba (22.4 °C). A pesar de que las variaciones mensuales de temperatura son de baja amplitud, a nivel intradiurno sí presentan fuertes variaciones. Estas variaciones horarias durante cada día, son las que, en la franja ecuatorial, contribuyen diariamente con la formación de corrientes convectivas que ayudan al ascenso de masas de aire, e incluso con el rompimiento de inversiones térmicas que, cuando se presentan, se reflejan en la ocurrencia de episodios de contaminación en las horas de las madrugadas, principalmente durante los meses de enero y febrero. Por tanto, en la franja ecuatorial, las variaciones intradiurnas son clave para la reducción de la contaminación atmosférica a través de los mecanismos de convección, mezcla y transporte turbulento. Para mayor información ver (Hastenrath, 1991).

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-8 Temperaturas extremas año 2023

ESTACION	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Amplitud Térmica (°C)
CSE	7.3	26.2	18.9
CDAR	3.8	25.2	21.4
CBV	7.1	21.9	14.8
COL	6	23.4	17.4
FTB	7.6	23.7	16.1
GYR	3.7	26.5	22.8
JAZ	8.1	23.1	15.0
KEN	6.2	26.7	20.5
LFR	6.4	25.8	19.4
MOV	8.5	26.9	18.4
PTE	9.2	22.5	13.3
SCR	5.2	23.8	18.6
SUB	4.1	26.5	22.4
TUN	2	27.9	25.9
USQ	5.8	23.2	17.4
USM	5.5	23.8	18.3

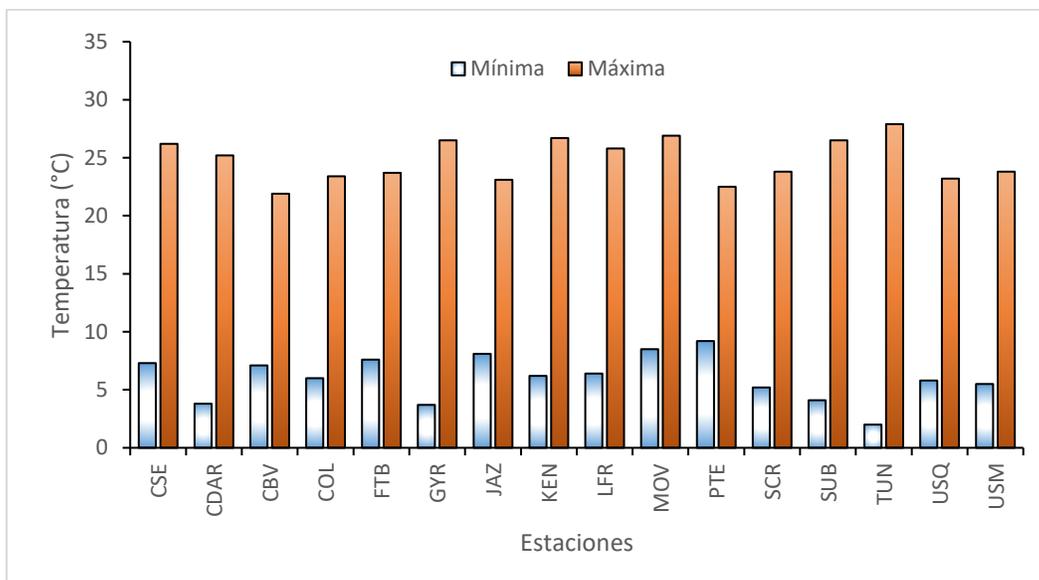


Figura 10-9 Temperaturas extremas absolutas año 2023

10.2.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Al espacializar los registros medios anuales de temperatura de la actual anualidad, se puede establecer que las mayores temperaturas medias superficiales se presentaron en el suroccidente y centro oriente con valores de entre 14 °C a 16.3 °C. Mientras que, las

menores temperaturas se registraron hacia el suroriente, suroccidente y nororiente, con temperaturas en promedio de 14 °C hasta 14.6 °C. Ver Figura 10-11.

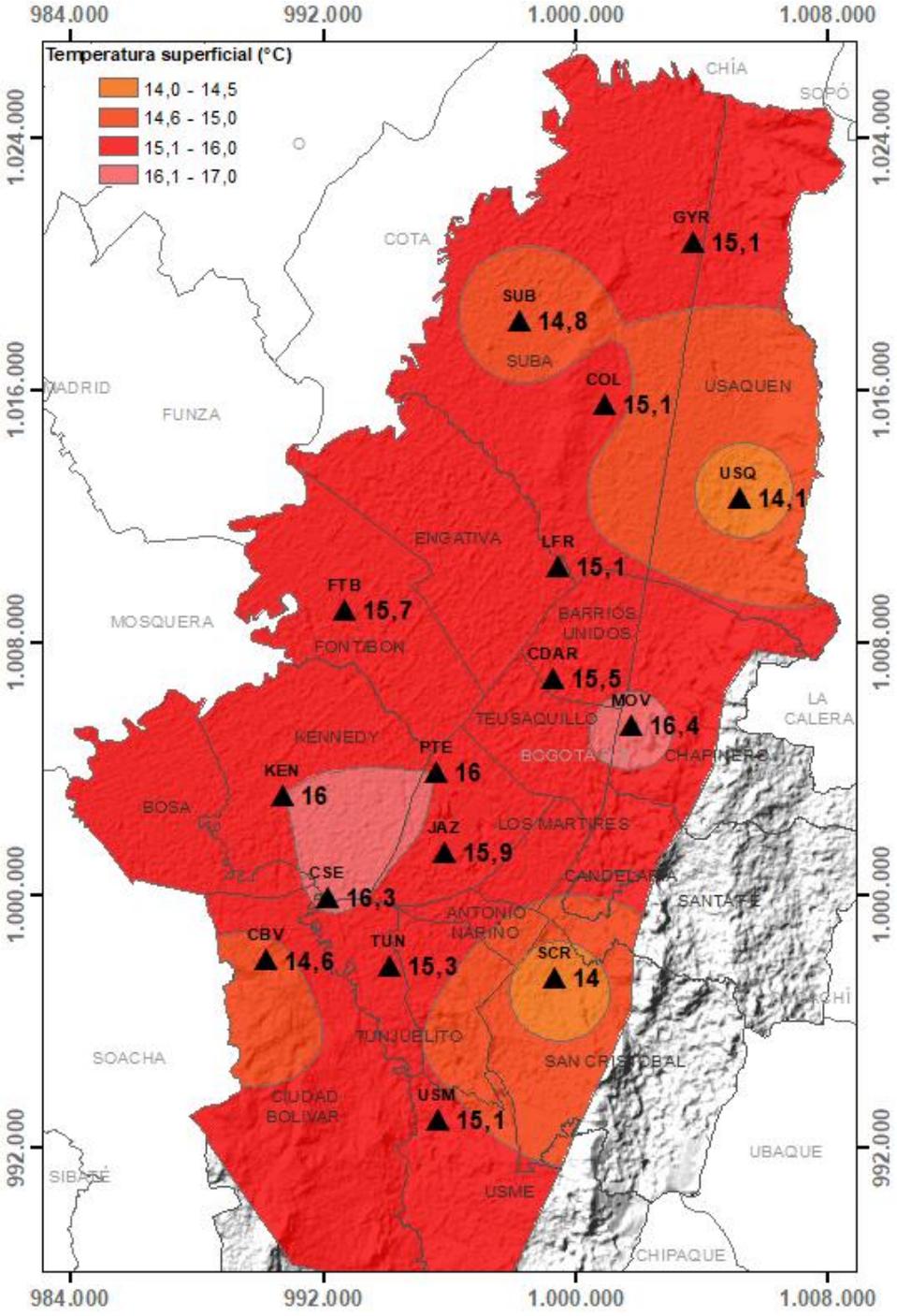


Figura 10-11. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB -2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.2.4. PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA

En la Figura 10-12 se muestra cómo ha variado en promedio la temperatura anual de la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el 2023. En dicha figura se aprecia que frente a 2019, 2020 y 2016, los más calientes de la última década, las temperaturas medias superficiales mostraron un mayor incremento, constituyéndose en el año más cálido de las dos últimas décadas.

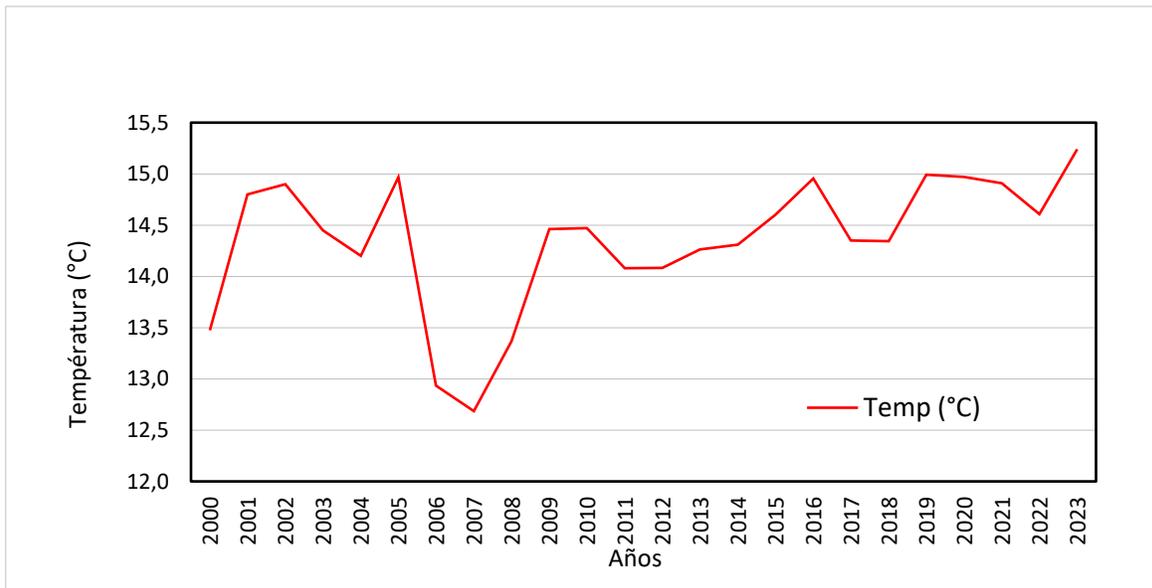


Figura 10-12. Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2023

En la Tabla 10-9 se presenta el resumen de los registros medios anuales por estación de la RMCAB desde 2000 a 2023. Estos reportes permiten observar que, en 2023 la temperatura media superficial mostró un incremento con respecto a 2022, como se evidenció anteriormente.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-9 Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB 2000 a 2023

Estación	BOS	CSE	CZC	CDAR	CBV	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USME	TIT	USM	Prom
2000	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	13.6	N.A	N.A	N.A	15.6	14.1	N.A	10.6	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	13.5
2001	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	13.9	N.A	N.A	N.A	16	14.5	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.8
2002	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.1	N.A	N.A	N.A	16	14.6	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.9
2003	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.2	N.A	N.A	N.A	N.A	14.7	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.5
2004	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	13.9	N.A	N.A	N.A	N.A	14.5	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.2
2005	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	14.2	N.A	N.A	N.A	15.9	14.8	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	15.0
2006	N.A	12.2	12.3	N.A	N.A	14.1	N.A	N.A	N.A	N.A	14.6	N.A	12.6	N.A	N.A	11.8	N.A	N.A	12.9
2007	N.A	11.2	11.7	N.A	N.A	13.9	N.A	N.A	N.A	N.A	14.6	N.A	13.2	N.A	N.A	12.5	11.7	N.A	12.7
2008	N.A	14.1	13	13.9	N.A	14.1	13.9	N.A	13.6	13.3	14	N.A	13.7	N.A	11.9	13.4	11.5	N.A	13.4
2009	N.A	15.4	N.A	14.7	N.A	14.7	14.4	N.A	14.8	14	14.6	N.A	12.9	14.6	14.5	N.A	N.A	N.A	14.5
2010	N.A	15.5	N.A	14.8	N.A	14.5	14.8	N.A	14.8	14.2	14.6	13.5	N.A	N.A	15.1	N.A	12.9	N.A	14.5
2011	N.A	15	N.A	14.5	N.A	13.6	14.3	N.A	14.4	13.7	14	13.7	N.A	13.2	14.4	N.A	N.A	N.A	14.1
2012	N.A	15.2	N.A	14.6	N.A	13.8	14.3	N.A	14.5	13.9	13.8	13	14	13.4	14.4	N.A	N.A	N.A	14.1
2013	N.A	15.5	N.A	14.8	N.A	14.1	14.6	N.A	14.8	14.2	13.7	13.1	14.3	13	14.8	N.A	N.A	N.A	14.3
2014	N.A	15.5	N.A	14.8	N.A	N.A	14.6	N.A	14.9	14.2	14	13	14.3	13.1	14.7	N.A	N.A	N.A	14.3
2015	N.A	15.8	N.A	15.2	N.A	N.A	14.8	N.A	15.3	14.4	14.4	13.4	14.6	13.5	N.A	N.A	N.A	N.A	14.6
2016	N.A	16	N.A	15.4	N.A	N.A	15.1	N.A	15.3	14.7	15	13.7	15	14.4	N.A	N.A	N.A	N.A	15.0
2017	N.A	15.6	N.A	14.9	N.A	N.A	14.7	N.A	15.1	14.3	14.5	13.2	14.6	13.4	13.2	N.A	N.A	N.A	14.4
2018	N.A	15.5	N.A	14.7	N.A	N.A	14.5	N.A	15.2	14.1	14.2	13.1	14.4	13.4	N.A	N.A	N.A	N.A	14.3
2019	N.A	15.8	N.A	15.1	N.A	15.4	14.9	N.A	16.6	14.5	14.2	13.4	14.8	15.5	14.7	N.A	N.A	N.A	15.0
2020	14.3	16	N.A	15	14.1	15.4	15	15.3	16.2	14.5	14.1	13.9	14.9	15.6	14.8	N.A	N.A	14.8	15.0
2021	N.A	15.7	N.A	14.8	14.1	15.2	14.8	15.3	15.5	14.3	N.A	13.6	14.7	N.A	14.6	N.A	N.A	14.7	14.8
2022	N.A	15.7	N.A	14.6	14.4	14	15	14.7	15.1	15.2	14	15.3	13.5	14.3	14.2	N.A	N.A	14.6	14.6
2023	N.A	16.3	N.A	15.5	14.6	15.7	15.1	15.9	16.0	15.1	16.0	14.0	14.8	15.3	14.1	N.A	N.A	15.1	15.2
Prom (°C)		15.1	12.3	14.8	14.4	14.4	14.7	15.4	15.1	14.5	14.5	13.7	13.9	14.0	14.3	12.6		14.8	14.2

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.3. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

El viento es el aire en movimiento. Este elemento meteorológico se debe principalmente al calentamiento diferencial que sufre la superficie de la Tierra por parte de la radiación solar, a causa de los movimientos de rotación y de traslación terrestres. Dicha radiación, que es transparente a la atmósfera, es absorbida por la superficie de la Tierra de manera diferencial de acuerdo con sus capacidades de absorción (albedo). Así que, de acuerdo con sus propiedades térmicas cada superficie, conforme absorbe radiación, la transfiere al aire en la superficie, como ondas de calor que son absorbidas de manera eficiente dada sus propiedades diatérmicas, lo que a su vez genera diferencias de presión que propician el movimiento de las masas de aire desde zonas con altas presiones hacia las zonas con bajas presiones, dando origen a los vientos.

El viento no sólo tiene magnitud sino también dirección, por lo cual su análisis se realiza desde el punto de vista vectorial, tomando en cuenta en sus componentes u y v , las cuales parametrizan el viento en el plano horizontal.

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.

10.3.1. PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con los registros de la RMCAB la velocidad del viento en 2023, las mayores velocidades se presentaron durante los meses de febrero y junio. En agosto no se presentaron las mayores magnitudes como ocurre normalmente durante el ciclo anual; atípicamente las mayores velocidades se presentaron durante el mes de junio. Esto podría sugerir un debilitamiento de los alisios del suroriente, si se compara con el promedio. Ver Figura 10-13.

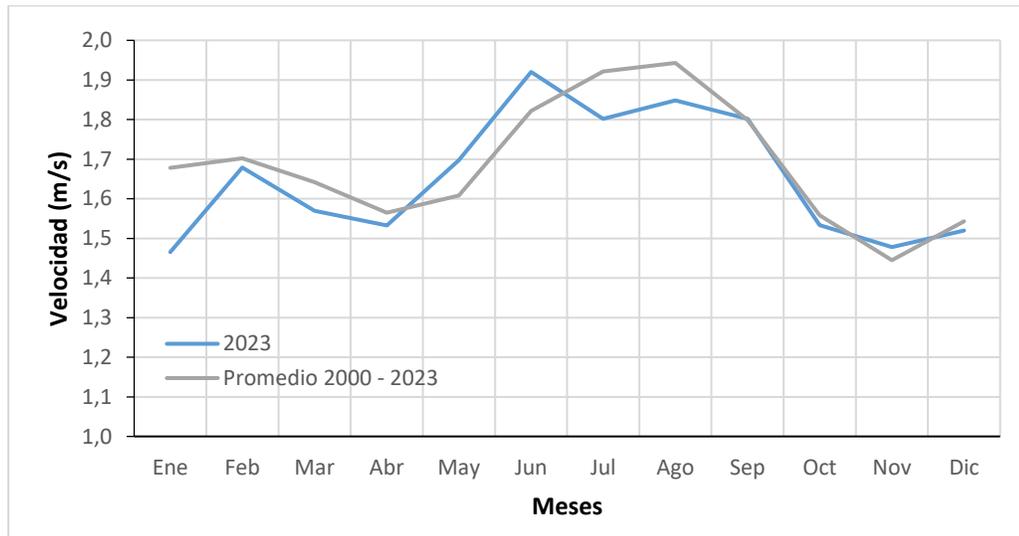


Figura 10-13 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2023) Vs 2023.

De otro lado, si se observa el comportamiento de las velocidades del viento por estación, entre los años 2000 a 2023 las estaciones Puente Aranda y Kennedy se han mantenido como los sectores de la ciudad con mayores velocidades. Ahora se suman los registros de la estación Ciudad Bolívar, los cuales permiten tener mayor información del comportamiento de los vientos al suroccidente de la ciudad. Ver la Tabla 10-10 y la Figura 10-14. Los valores no disponibles obedecen al incumplimiento del porcentaje de representatividad temporal del 75%.

Tabla 10-10 Promedio multianual de la velocidad del viento por estación. 2000 - 2023

Estación	BOS	CSE	CDAR	CBV	COL	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2000	N.A	0.9	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.7	0.4	N.A	1.9	N.A	1.4	N.A	1.2
2001	N.A	1.3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.7	0.5	N.A	2.4	N.A	1.4	N.A	1.1
2002	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	0.6	N.A	N.A	1.6	0.5	N.A	2.4	N.A	1.3	N.A	1.0
2003	N.A	2.1	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.6	N.A	N.A	N.A	1.2
2004	N.A	N.A	0.8	N.A	2.7	N.A	1.6	N.A	N.A							
2005	N.A	N.A	1.9	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.5	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	N.A	1.6
2006	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.5	1.4	N.A	N.A	2.8	N.A	1.3	N.A	2.4
2007	N.A	1.8	1.1	N.A	N.A	1.1	N.A	1.5	1.4	N.A	N.A	2.7	N.A	1.5	2.1	1.8
2008	N.A	1.9	1.4	N.A	N.A	1.2	N.A	2.3	1.9	N.A	N.A	2.7	N.A	0.5	1.3	0.7
2009	N.A	2.4	1.7	N.A	N.A	1.3	N.A	2.7	2.1	1.2	N.A	2.9	N.A	0.9	1.2	0.9
2010	N.A	2.1	1.5	N.A	N.A	N.A	N.A	2.5	1.7	N.A	N.A	2.7	1.1	1.0	1.2	1.2
2011	N.A	2.1	1.3	N.A	N.A	0.9	N.A	2.4	1.8	N.A	1.7	2.7	1.7	1.8	1.1	1.4
2012	N.A	2.4	1.4	N.A	N.A	1.0	N.A	2.6	1.9	N.A	2.7	2.2	1.8	2.0	1.1	1.6
2013	N.A	2.4	1.4	N.A	N.A	1.0	N.A	2.5	1.9	1.8	2.9	2.1	2.2	2.0	1.1	1.6
2014	N.A	2.4	1.4	N.A	N.A	1.1	N.A	2.6	1.8	1.8	1.3	2.1	1.8	1.9	1.0	1.4

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Estación	BOS	CSE	CDAR	CBV	COL	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2015	N.A	2.6	1.5	N.A	N.A	1.1	N.A	2.8	2.0	1.8	1	2.3	1.2	1.9	1.2	1.7
2016	N.A	2.0	1.2	N.A	N.A	0.9	N.A	2.4	1.7	1.5	0.9	2.1	1.7	1.4	1.2	1.7
2017	N.A	2.0	1.2	N.A	N.A	0.9	N.A	2.3	1.6	1.4	1.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.6
2018	N.A	2.0	1.2	N.A	N.A	1.0	N.A	2.3	1.6	N.A	1.1	2.2	1.5	1.4	1.2	1.6
2019	N.A	1.6	1.3	N.A	N.A	1.4	N.A	2.4	1.6	1.3	1.3	N.A	1.5	1.2	1.4	1.6
2020	N.A	1.1	1.2	N.A	N.A	1.5	N.A	2.3	1.8	1.2	1.1	1.9	1.6	1.1	1.6	1.5
2021	N.A	1.7	1.2	N.A	N.A	1.5	N.A	2.0	1.9	1.1	1	1.8	1.3	1.3	1.2	1.4
2022	N.A	2	1.2	2.3	1.4	N.A	1.6	N.A	1.8	1.2	0.9	N.A	1.4	1.3	1.1	1
2023	N.A	2,3	1,7	2,6	1,4	2,4	1,2		1,8	1,3	0,9	1,8	1,4	1,6	1,3	1,5
Prom 2010 - 2023	N.A	1.9	1.3	2.4	1.4	1.1	1.7	2.3	1.7	1.2	1.4	2.3	1.6	1.4	1.3	1.4

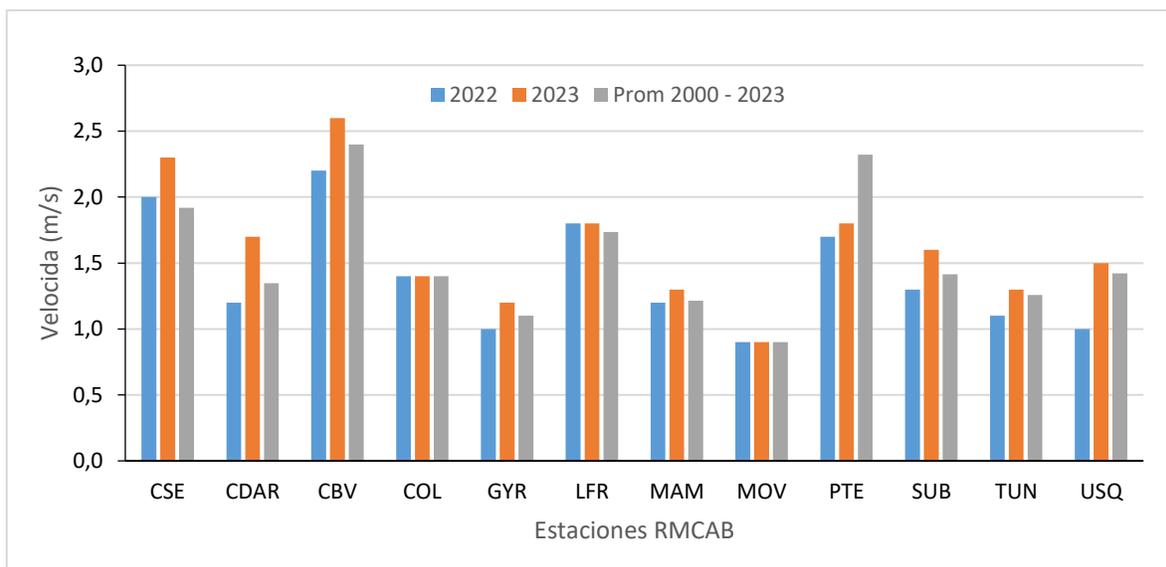


Figura 10-14 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2022, 2023 Vs (2000 – 2023).

10.3.2. PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Tabla 10-11 se presenta un resumen del comportamiento promedio mensual multianual de los vientos durante las últimas décadas. De acuerdo los registros, en el segundo semestre de este año, las velocidades del viento fueron mayores que el año anterior y semejantes al promedio 2000-2023 entre los meses de septiembre a diciembre. Ver Figura 10-15.

Tabla 10-11 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2023.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2000	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.5	1.6	1.3	1.4	1.2	1.3	1.3
2001	1.4	1.7	1.3	1.5	1.3	1.7	1.7	1.9	1.5	1.5	1.3	1.2	1.5

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2002	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2	1.4
2003	1.4	1.4	1.7	1.5	2.1	2.0	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5	1.6	1.7
2004	1.9	1.6	1.7	1.3	1.8	2.4	2.0	2.4	1.8	1.4	1.6	1.5	1.8
2005	1.7	1.8	1.9	1.8	1.6	1.9	2.1	2.2	2.1	1.8	1.4	1.3	1.8
2006	1.6	1.9	1.4	1.3	1.5	1.9	2.1	2.2	2.0	1.4	1.8	2.0	1.8
2007	2.3	2.2	1.8	1.9	1.6	2.0	2.2	1.9	1.9	1.4	1.3	1.2	1.8
2008	1.3	1.9	1.7	1.5	1.6	1.9	1.9	1.7	2.0	1.7	1.5	1.7	1.7
2009	1.5	1.7	1.7	1.9	1.7	1.9	2.1	2.1	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8
2010	2.2	2.0	2.0	1.6	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.6	1.8
2011	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.5	1.7	1.8
2012	1.8	1.8	2.0	1.5	1.9	2.2	2.0	2.1	2.1	1.7	1.7	1.7	1.9
2013	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	2.0	2.2	2.2	2.1	1.9	1.6	1.8	1.9
2014	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.6	1.5	1.5	1.8
2015	1.9	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	2.0	1.8
2016	1.7	1.7	1.5	1.4	1.6	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.4	1.6
2017	1.5	1.6	1.4	1.6	1.4	1.5	1.9	1.7	1.7	1.5	1.3	1.5	1.5
2018	1.5	1.6	1.5	1.2	1.3	1.8	1.9	2.1	1.8	1.5	1.4	1.7	1.6
2019	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	2.0	2.1	2.1	1.8	1.6	1.6	1.7	1.5
2020	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.2	1.3	1.5
2021	1.6	1.6	1.5	1.7	1.5	1.5	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3	1.5	1.6
2022	1.8	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.7	1.8	1.5	1.3	1.3	1.5	1.5
2023	1.5	1.7	1.6	1.5	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.7	1.5
Prom 2000 - 2023	1.7	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.5	1.7	1.7

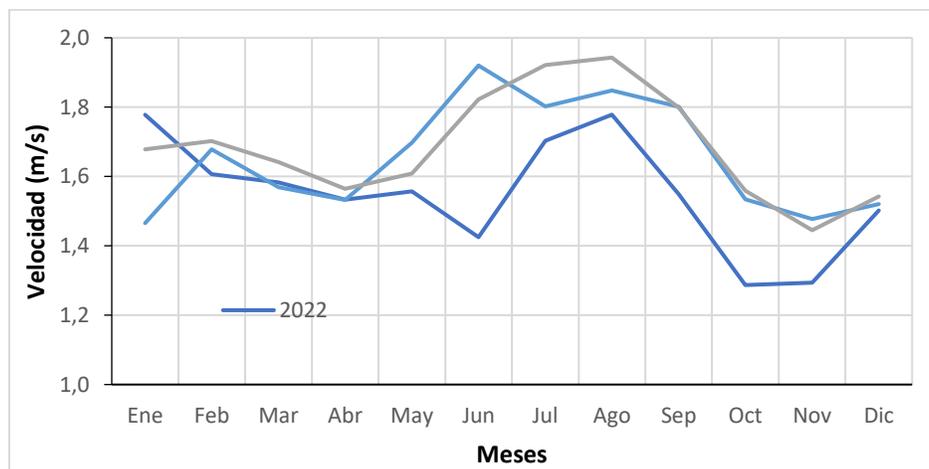


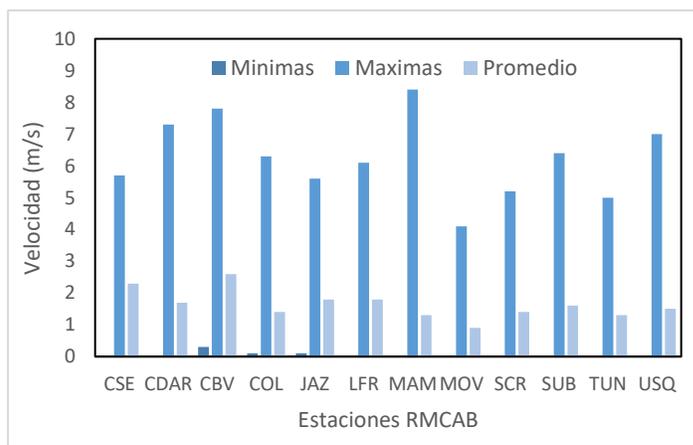
Figura 10-15. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2022 y 2023 Vs. promedio mensual multianual 2000 - 2023

Información complementaria se presenta en la Figura 10-16 donde se describen los valores medios máximos y mínimos absolutos registrados durante este año, por cada una de las estaciones de la RMCAB. De dicha figura se sustrae, que para el período del estudio las

máximas velocidades absolutas se registraron hacia los sectores de MinAmbiente, Ciudad Bolívar y Jazmín. Estos eventos de máximas velocidades se pueden presentar bajo diferentes condiciones atmosféricas, ya sea en horas de mayor acumulación de energía, la influencia de sistemas sinópticos de mesoescala o en condiciones locales como microeventos ocasionados por eventos fuertes de lluvia. En todo caso, son proclives a ocurrir en horas de la tarde y noche cuando mayor cantidad de energía se ha acumulado y queda un residual en la media noche, mezclando y limpiando la atmosfera de la ciudad con mayor capacidad que vientos de menor magnitud como los de las horas de la madrugada.

Es importante resaltar que los valores presentados de las estaciones Guaymaral, Kennedy, Móvil de Fontibón, Puente Aranda y Usme son indicativos toda vez que no cumplen con la representatividad temporal (75%) recomendada en el Protocolo de Vigilancia de la Calidad del Aire.

En cuanto a los valores máximos absolutos, hacia los sectores de las estaciones MinAmbiente y Ciudad Bolívar se registraron las mayores velocidades del viento. Este comportamiento se asocia, en el primer caso, a la altura a la cual se miden dichas velocidades y en el segundo igual además de que es el suroccidente donde se presentan las mayores velocidades de la ciudad.



Estación	Vel. mín	Vel. máx	Vel. med
CSE*	0*	5,7*	2,3*
CDAR	0	7,3	1,7
CBV	0,3	7,8	2,6
COL	0,1	6,3	1,4
FTB	0	8,6	2,4
GYR	0	4,6	1,2
JAZ	0,1	5,6	1,8
LFR	0	6,1	1,8
MAM	0	8,4	1,3
MOV	0	4,1	0,9
PTE	0,4	5,1	1,8
SCR	0	5,2	1,4
SUB	0	6,4	1,6
TUN	0	5	1,3
USQ	0	7	1,5
Prom	0,1	6,3	1,6

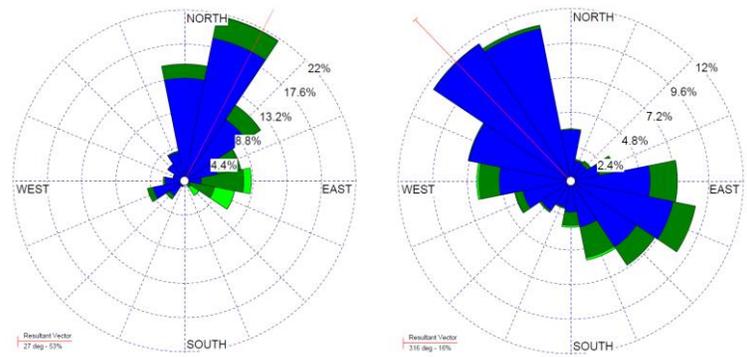
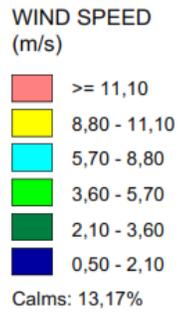
* Los valores se presentan a modo indicativo toda vez que no cumplieron con el porcentaje de representatividad

Figura 10-16. Comportamiento velocidades absolutas de la velocidad del viento - 2023

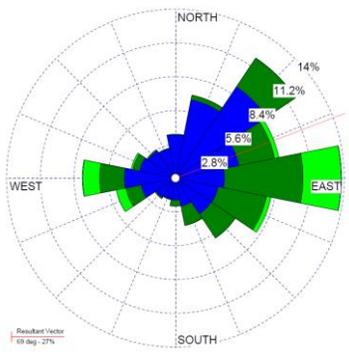
Para ampliar la información anterior en la Figura 10-16 se presentan las rosas de los vientos anuales de la RMCAB durante el año 2023, para las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%. Además de representar el comportamiento medio anual, las rosas de los vientos ofrecen información acerca de las direcciones

predominantes en la ciudad, su frecuencia y magnitud. De lo anterior se pudo establecer que, durante el presente año los vientos con mayor persistencia se registraron al sur y suroriente de la ciudad siendo mayormente responsables de la depuración de la ciudad. Así las cosas, en el sector sur y oriental predominaron los vientos del suroriente así: San Cristóbal con un 43%, Tunal 29% y Ciudad Bolívar 27%, MinAmbiente 19% y Usaquén 22%; del occidente y suroccidente: Puente Aranda 18% y Jazmín 14% y la Móvil séptima 12%. También se destacan vientos provenientes del norte en la estación Suba con 22%, Colina 13% y Guaymaral 12%.

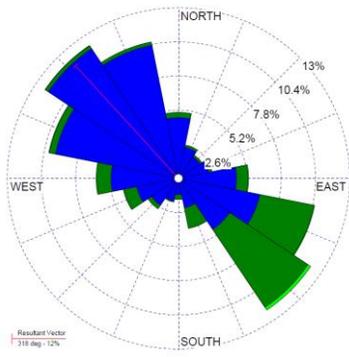
N/A



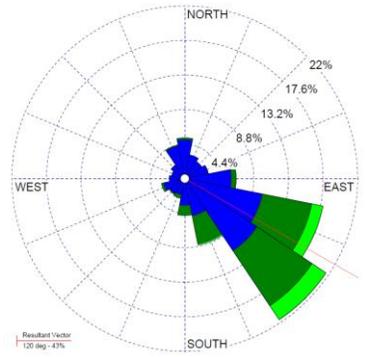
a) Bolivia



b) Suba



c) Guaymaral



d) Las Ferias



e) Colina



f) Usaquén





SECRETARÍA DE
AMBIENTE



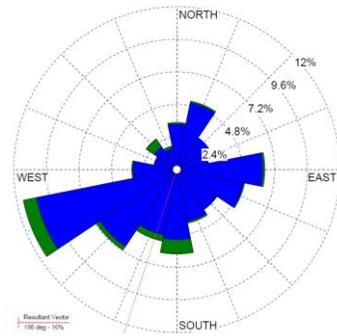
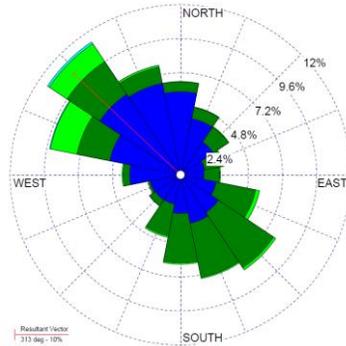
METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

N.A.

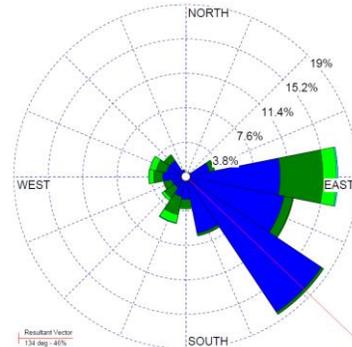
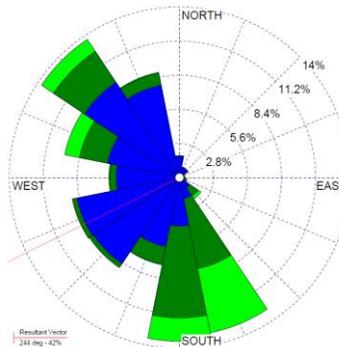


g) Móvil FTB

h) CDAR

i) Móvil 7ma

N.A.

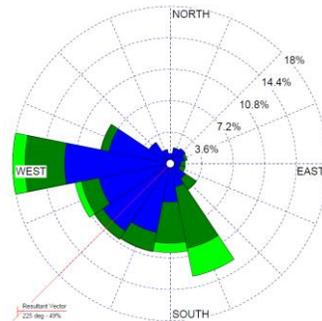
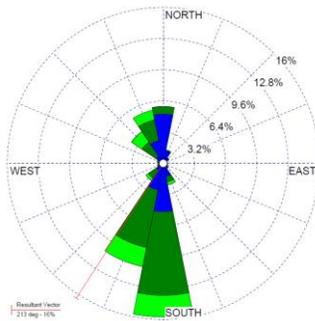


j) Kennedy

k) Jazmín

l) MinAmbiente

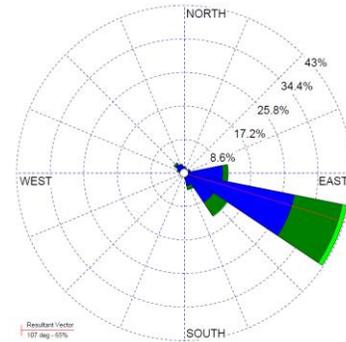
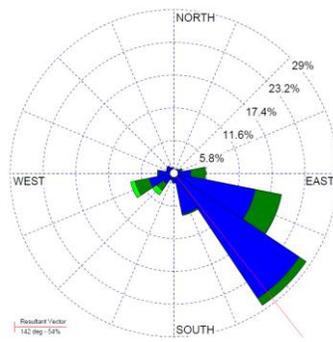
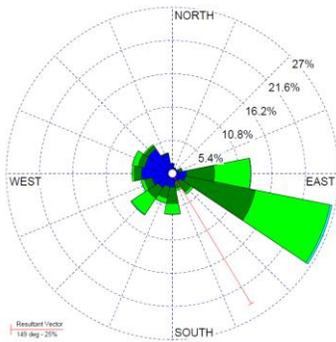
N.A.



m) Carvajal-Sevillana*

n) Puente Aranda

o) Usme



p) Ciudad Bolívar

q) Tunal

r) San Cristóbal

Figura 10-17 Rosas de viento consolidadas por estación – 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

* Carvajal se presenta de modo indicativo por no cumplir con el criterio de representatividad temporal.

10.3.3. PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

La magnitud de la velocidad de los vientos está influenciada por el ciclo diurno del sol. De allí que es importante conocer su comportamiento en diferentes horas del día tanto en velocidad como dirección, a fin de hallar patrones intradiurnos que podrían explicar la forma en que los contaminantes son dispersados en la ciudad de Bogotá. Así pues, en 2023 y de acuerdo con los registros de la RMCAB la velocidad del viento en un día normal del año, en promedio se comportó como se describe en la Información adicional de la Tabla 10-12. En esta se resume el promedio, tanto de la velocidad como de la dirección del viento, en diferentes fracciones de un día normal. Esto con el propósito de identificar patrones de comportamiento en diferentes momentos del día, dada la cantidad diferente de radiación solar que se recibe durante el día. Así las cosas, para un mejor entendimiento se ha dividido el día en cuatro fracciones a saber: madrugada, mañana, tarde y noche. La dirección calculada a partir de los registros anuales de la red es un promedio vectorial, por consiguiente, es la resultante de todos los vientos registrados en cada fracción del día.

De la Figura 10-17 es deducible que, en 2023 las mayores velocidades del viento se presentaron entre las horas de la mañana y la tarde como es natural que ocurra, mientras que las velocidades más bajas ocurrieron en la madrugada y en la noche. En cuanto a las direcciones se puede apreciar con mayor detalle en la Figura 10-18.

Tabla 10-12 Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día en 2023

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
CDAR	1,1	1,7	2,6	1,5	330	8	217	332
CBV	1,5	2,7	3,8	2,3	207	79	163	159
COL	0,9	1,6	2,1	1,1	319	32	170	322
FTB	1,3	2,2	4,1	1,9	16	72	202	313
GYR	0,6	1,4	1,9	0,8	317	355	153	300
JAZ	0,9	1,9	3,0	1,4	271	234	223	244
LFR	1,3	1,8	2,4	1,6	35	70	144	52
MAM	0,8	1,3	2,2	1,1	134	150	152	121
MOV	0,6	0,8	1,2	0,8	141	239	231	184
PTE	1,1	1,8	2,8	1,6	250	218	210	226
SCR	0,9	1,2	1,9	1,4	102	94	106	105
SUB	1,1	1,9	2,3	1,2	17	31	100	12
TUN	0,8	1,3	2,1	1,1	142	136	158	145
USQ	1,0	1,4	2,1	1,5	87	120	151	117
Promedio	1,0	1,6	2,5	1,4				

En la Figura 10-18 se presentan los mapas que permiten observar el comportamiento promedio de cada fracción del día durante el año. Las fracciones consideradas fueron así: de las 0 horas hasta las 6 am, madrugada; de las 6 am a las 12 m, mañana; de las 12 m a las 6 pm, tarde; y de las 6 pm hasta las 12 pm o 0 horas, noche. De acuerdo con esto, el

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

comportamiento de los vientos en las diferentes fracciones del día, durante este año, fueron como a continuación se describe:

En las madrugadas de este año, en promedio predominaron los vientos del sur y suroriente a lo largo de los cerros orientales, con algunas confluencias en el centro geográfico de la ciudad, para luego continuar con su flujo hacia noroccidente y al norte, posiblemente evacuando la contaminación atmosférica residual con una baja eficiencia, dadas las velocidades del viento entre 0.6 m/s a 1.5 m/s en esa fracción.

En las horas de la mañana predominaron los vientos del suroriente y nororiente en toda la ciudad con algunas variaciones en cuanto a las componentes norte o sur. De esta manera, hacia el norte de la ciudad hubo mayor predominio de los vientos del nororiente; en tanto que, al sur de la ciudad se hicieron mayormente predominantes los vientos del suroriente, los cuales habrán contribuido en gran medida con la limpieza de los contaminantes descargados en las primeras horas del día, cuando es mayor la contribución por el tráfico vehicular en la ciudad. Naturalmente, con el incremento de la radiación solar las velocidades en horas de la tarde adquirieron mayor vigor fluctuando entre 0.8 m/s hacia los cerros orientales a 2.7 m/s al suroccidente de la ciudad donde normalmente se presentan las mayores velocidades del viento.

En horas de la tarde la acumulación de energía solar se ha acentuado y el aire adquiere mayor inercia, generando velocidades mayores a otras fracciones del día. Así las cosas, en promedio, los vientos adquirieron velocidades medias de entre 2.8 m/s hasta 4.1 m/s en el flanco occidental, los cuales habrán sido muy eficientes en el proceso de mezcla y difusión turbulenta de los contaminantes aportados a nivel local y de fuentes externas. Para esta fracción del día, en promedio, los vientos fueron predominantes del sur y suroriente.

Ya en horas de la noche se estima que los vientos del suroccidente se hicieron mayormente predominante, con la posible generación de las escasas lluvias que se presentaron en la ciudad durante el año. Posiblemente se pudo haber generado transporte o arrastre de los contaminantes descargados a la atmosfera en horas de la tarde, hacia el noroccidente y norte de la ciudad. Naturalmente, con la disminución de energía solar entrante en horas de la noche, ocurre un descenso en la velocidad del viento, aunque menor que en las madrugadas, por la energía residual de la tarde.

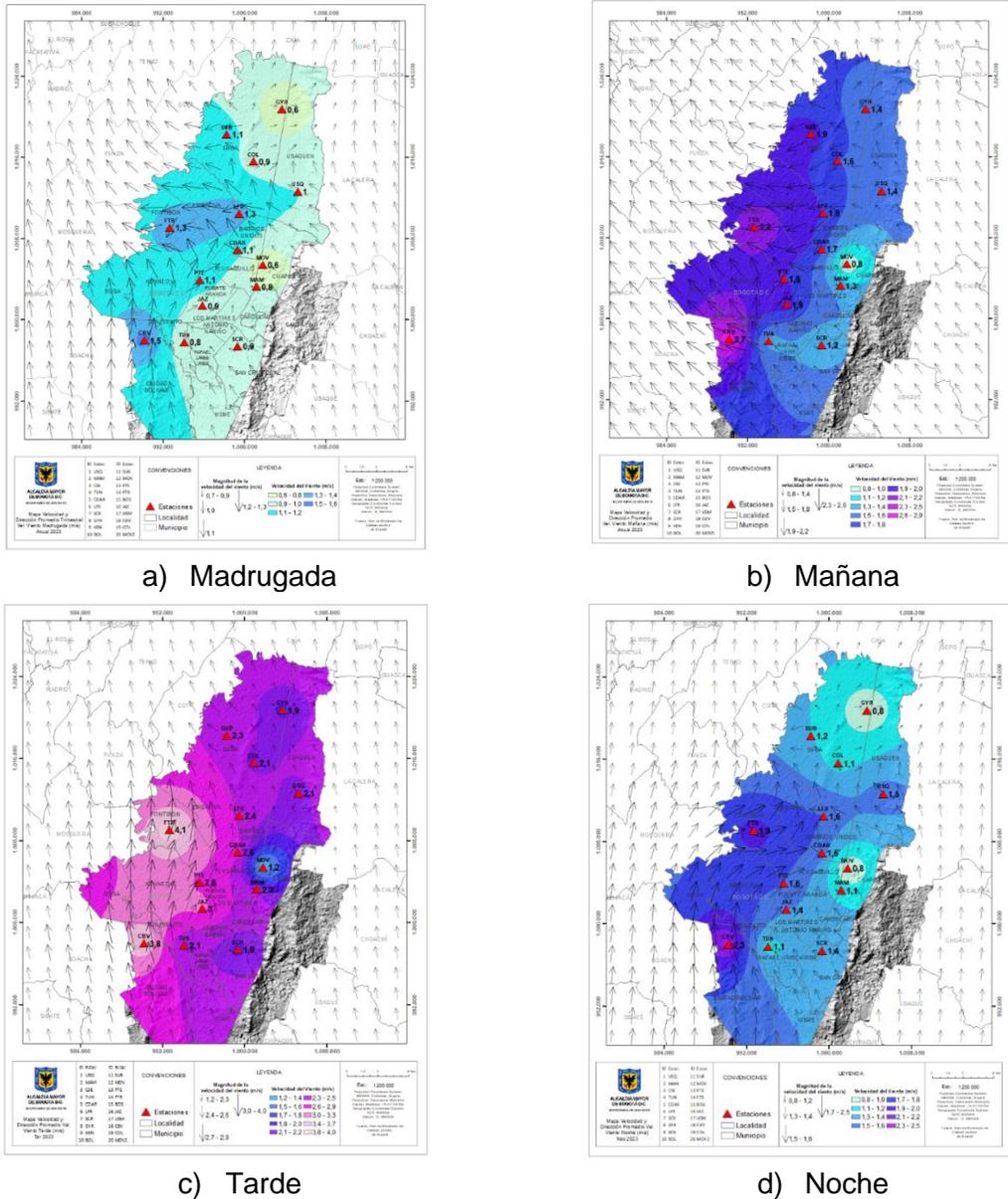


Figura 10-18. Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche. RMCAB – 2023

10.3.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

En el mapa de la Figura 10-19, de manera complementaria a las rosas de los vientos, se presenta el comportamiento general de los vientos durante la vigencia 2023, aunque no ofrece mayores detalles como los descritos en la Figura 10-18, permite visualizar cuáles fueron las componentes del viento mayormente predominantes durante todo el año y las velocidades medias alcanzadas durante el mismo. Se puede establecer que, predominaron velocidades entre 0.9 m/s hasta 2.6 m/s, con vientos del suroccidente confluyendo en el

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

centro geográfico de la ciudad, para luego continuar su flujo hacia el noroccidente propiciando limpieza de la ciudad.

En estos términos, se puede considerar en términos generales que, el predominio de los vientos del suroriente favoreció la limpieza aerodinámica de la ciudad.



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

BOGOTÁ

METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

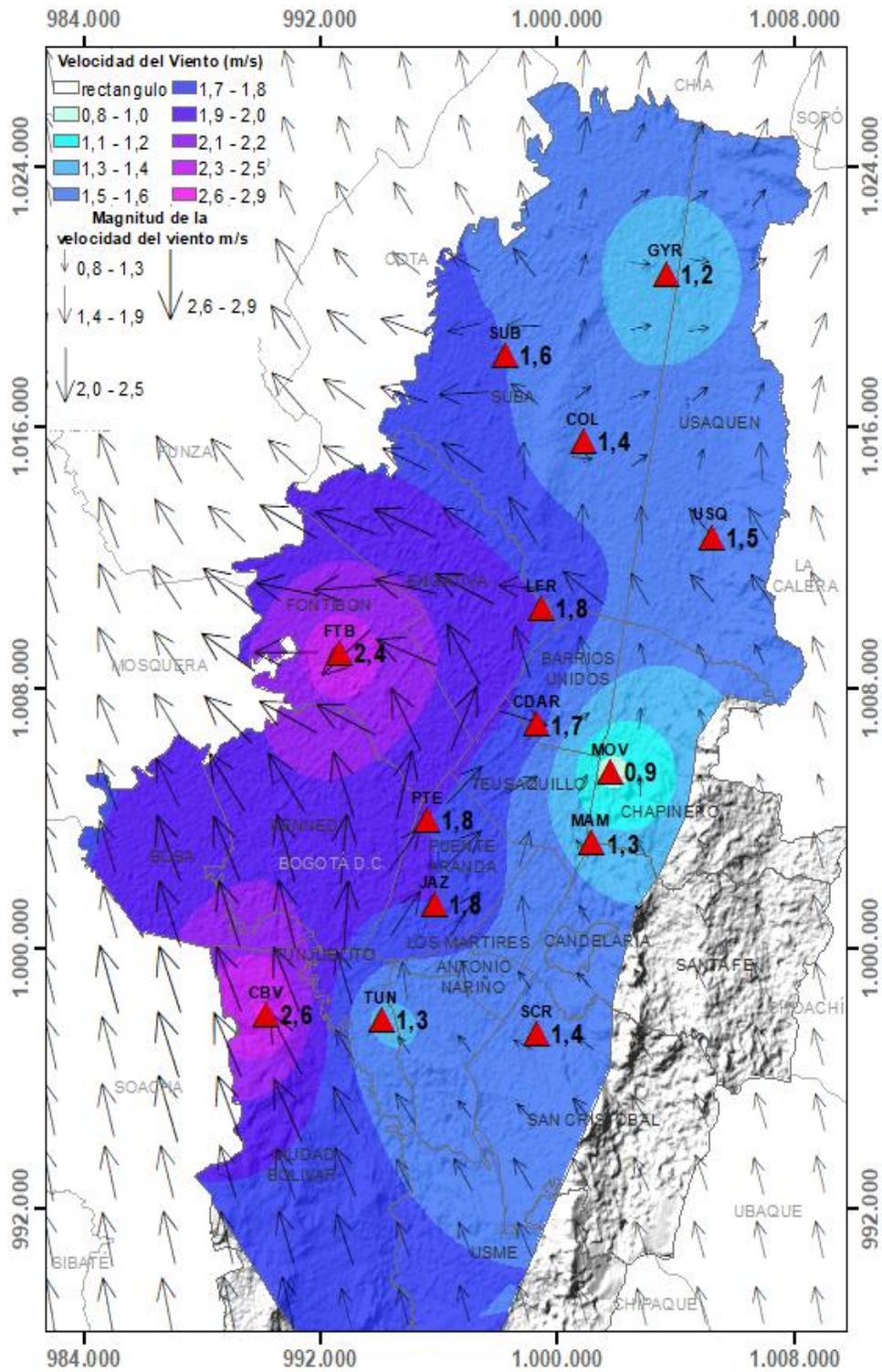


Figura 10-19. Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.3.5. PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Tabla 10-13 resume los promedios anuales de velocidad del viento desde el año 2000 hasta el 2023, que contiene información de estaciones recientes y estaciones antiguas que hicieron parte del diseño inicial de la RMCAB y que, por distintas razones, han dejado de funcionar; sin embargo, se conserva su registro como parte del proceso histórico de la misma. Al comparar los valores históricos con respecto al promedio de 2023, se puede observar un descenso en su magnitud, que puede ser el resultado de la variabilidad del elemento meteorológico en el tiempo. Figura 10-20, De los resultados descritos en la Tabla 10-13, es importante anotar que la estación Bosa no presenta registros porque esta fue suspendida.

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN															
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB															
	Código: PA10-PR04-M1										Versión: 8					

Tabla 10-13 Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB entre 2000-2023.

Estación	BOS	CEN	CSE	CZC	CME	CDAR	CST	COL	CBV	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	MOV2	MOV	OLY	PTE	SCR	SUB	TUN	UNAL	USQ	USM	USM2	VIT	Prom
2000	N.A	0.7	0.9	1.9	2	N.A	0.4	N.A	N.A	2.4	N.A	N.A	N.A	1.7	0.4	N.A	N.A	1.8	1.9	N.A	1.4	N.A	0.5	1.2	N.A	N.A	N.A	1.3
2001	N.A	0.9	1.3	2.1	N.A	N.A	0.4	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	N.A	1.7	0.5	N.A	N.A	N.A	2.4	N.A	1.4	N.A	0.6	1.1	N.A	N.A	N.A	1.4
2002	N.A	0.7	1.2	2.3	N.A	N.A	0.4	N.A	N.A	2.8	0.6	N.A	N.A	1.6	0.5	N.A	N.A	N.A	2.4	N.A	1.3	N.A	N.A	1.0	N.A	N.A	N.A	1.3
2003	N.A	0.8	2.1	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.6	N.A	N.A	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	1.9
2004	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	0.8	N.A	N.A	N.A	2.7	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.7	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.3
2005	N.A	N.A	N.A	2.4	N.A	1.9	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	N.A	1.5	N.A	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	N.A	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	2.2
2006	N.A	N.A	N.A	2.5	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.9	N.A	N.A	1.5	1.4	N.A	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	1.3	N.A	N.A	2.4	2.6	N.A	1.6	2.1
2007	N.A	N.A	1.8	2.6	N.A	1.1	N.A	N.A	N.A	3.4	1.1	N.A	1.5	1.4	N.A	N.A	N.A	N.A	2.7	N.A	1.5	2.1	N.A	1.8	2.7	N.A	1.5	1.9
2008	N.A	N.A	1.9	1.7	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	2.7	1.2	N.A	2.3	1.9	N.A	N.A	N.A	N.A	2.7	N.A	0.5	1.3	N.A	0.7	3.5	N.A	1.7	1.8
2009	N.A	N.A	2.4	N.A	N.A	1.7	N.A	N.A	N.A	3.0	1.3	N.A	2.7	2.1	1.2	N.A	N.A	N.A	2.9	N.A	0.9	1.2	N.A	0.9	N.A	N.A	N.A	1.8
2010	N.A	N.A	2.1	N.A	N.A	1.5	N.A	N.A	N.A	2.8	N.A	N.A	2.5	1.7	N.A	N.A	N.A	N.A	2.7	1.1	1	1.2	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	1.8
2011	N.A	N.A	2.1	N.A	N.A	1.3	N.A	N.A	N.A	2.9	0.9	N.A	2.4	1.8	N.A	N.A	1.7	N.A	2.7	1.7	1.8	1.1	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	1.8
2012	N.A	N.A	2.4	N.A	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	3.0	1.0	N.A	2.6	1.9	N.A	N.A	2.7	N.A	2.2	1.8	2	1.1	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	2.0
2013	N.A	N.A	2.4	N.A	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	3.0	1.0	N.A	2.5	1.9	1.8	N.A	2.9	N.A	2.1	2.2	2	1.1	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	2.0
2014	N.A	N.A	2.4	N.A	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	N.A	1.1	N.A	2.6	1.8	1.8	N.A	1.3	N.A	2.1	1.8	1.9	1	N.A	1.4	N.A	N.A	N.A	1.7
2015	N.A	N.A	2.6	N.A	N.A	1.5	N.A	N.A	N.A	N.A	1.1	N.A	2.8	2.0	1.8	N.A	1	N.A	2.3	1.2	1.9	1.2	N.A	1.7	N.A	N.A	N.A	1.8
2016	N.A	N.A	2.0	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	N.A	0.9	N.A	2.4	1.7	1.5	N.A	0.9	N.A	2.1	1.7	1.4	1.2	N.A	1.7	N.A	N.A	N.A	1.6
2017	N.A	N.A	2.0	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	N.A	0.9	N.A	2.3	1.6	1.4	N.A	1.2	N.A	1.9	1.6	1.3	1.1	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	1.5
2018	N.A	N.A	2.0	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	N.A	1.0	N.A	2.3	1.6	N.A	N.A	1.1	N.A	2.2	1.5	1.4	1.2	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	1.6
2019	N.A	N.A	1.6	N.A	N.A	1.3	N.A	N.A	N.A	N.A	1.4	N.A	2.4	1.6	1.3	N.A	1.3	N.A	N.A	1.5	1.2	1.4	N.A	1.6	N.A	N.A	N.A	1.5
2020	2.4	N.A	1.1	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	4.2	1.5	N.A	2.3	1.8	1.2	N.A	1.1	N.A	1.9	1.6	1.1	1.6	N.A	1.5	N.A	N.A	N.A	1.8
2021	2.5	N.A	1.7	N.A	N.A	1.2	N.A	N.A	2.5	N.A	1.5	1.8	2.0	1.9	1.1	1.4	1.0	N.A	1.8	1.3	1.3	1.2	N.A	1.4	N.A	1.3	N.A	1.4
2022	N.A	N.A	2.0	N.A	N.A	1.2	N.A	1.4	2.3	N.A	1.0	1.6	N.A	1.8	1.2	1.4	0.9	N.A	N.A	1.4	1.3	1.1	N.A	1.0	N.A	N.A	N.A	1.4
2023	N.A	N.A	2.3	N.A	N.A	1.7	2.6	1.4	N.A	2.4	1.2	1.8	N.A	1.8	1.3	N.A	0.9	N.A	1.8	1.4	1.6	1.3	N.A	1.5	N.A	N.A	N.A	1.7
Prom	2.5	0.8	1.9	2.3	2.0	1.3	2.5		1.2	3.0	1.1	1.7	2.3	1.7	1.2	1.4	1.4	1.8	2.4	1.6	1.4	1.3	0.6	1.4	2.9	1.3	1.6	1.7

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

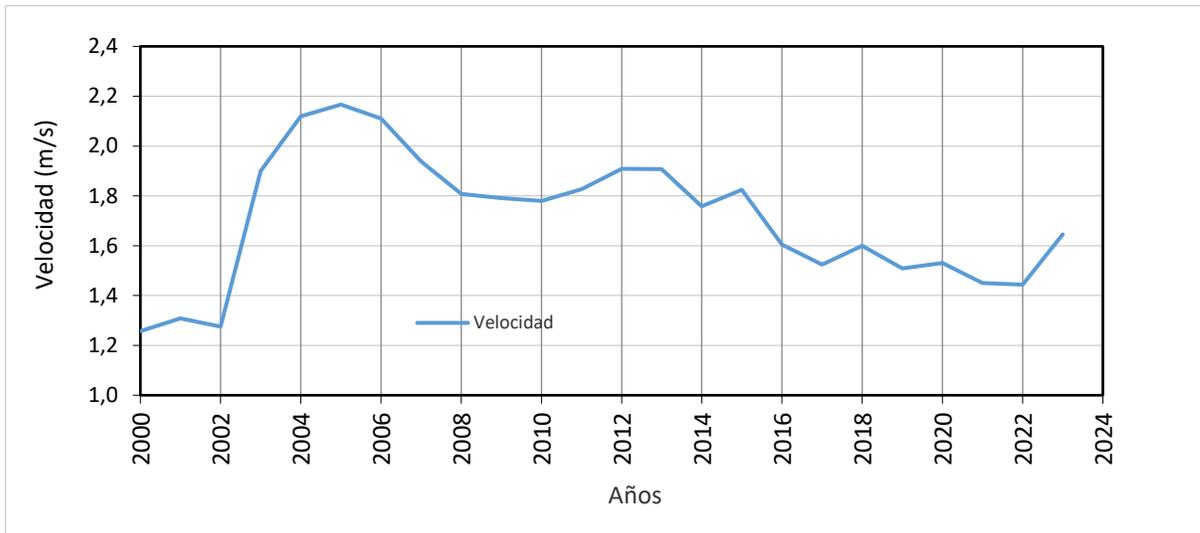


Figura 10-20 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 a 2023

10.4. RADIACION SOLAR

El Sol es la fuente principal de energía para la mayor parte de los procesos que ocurren en sobre la Tierra. De acuerdo con (OMM - Guía N° 8 Edición 2010.pdf, s. f.) los diversos flujos de radiación recibidos y emitidos por la superficie terrestre son algunas de las variables más importantes de la economía térmica de la Tierra en su totalidad, y de cualquier punto de su superficie o de la atmósfera. Las mediciones de la radiación se emplean, entre otras para:

- a) Estudiar las transformaciones de la energía en el sistema Tierra-atmósfera, así como sus variaciones en el tiempo y en el espacio;
- b) Analizar las propiedades y distribución de los componentes de la atmósfera, como los aerosoles, el vapor de agua, el ozono.

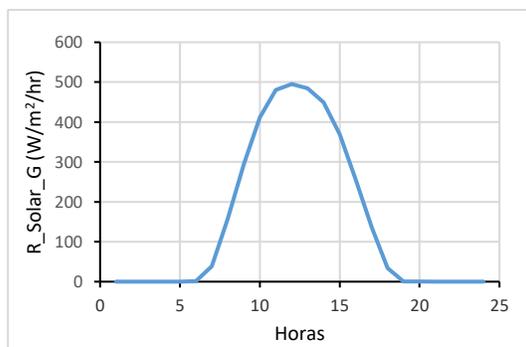
La radiación solar es de máxima importancia para la vida sobre la Tierra. Los distintos flujos de radiación, hacia y desde la superficie de la Tierra, permiten deducir el balance de calor de la Tierra en su totalidad, y de cualquier lugar particular sobre el globo. El conocimiento de la radiación solar es de gran valor para estudiar las variaciones de las variables meteorológicas que se encuentran directamente influenciadas por la misma, tales como, la temperatura del aire, la velocidad del viento y su influencia en las concentraciones de gases contaminantes como el Ozono.

10.4.1. PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR

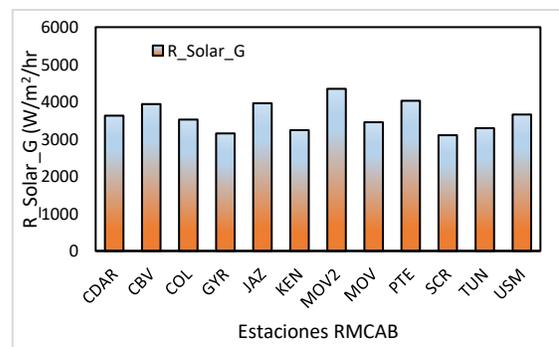
De acuerdo con los registros de la RMCAB, en la ciudad de Bogotá se acumularon, en promedio, aproximadamente 1.30 GW/m^2 en 2023. A nivel mensual, en enero se recibió la mayor cantidad de radiación, ligeramente por debajo del año anterior y del promedio multianual 2009 a 2023. No obstante. Salvo en los meses de marzo y agosto, las cantidades de radiación recibidas en 2023, fueron menores que el promedio multianual. Ver Figura 10-21 .

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	1	0	1	0	1	2	1	1	2	0	0	1	1
7:00	47	41	46	26	49	34	56	30	44	23	30	39	39
8:00	181	175	181	152	179	128	208	125	166	103	128	162	157
9:00	321	319	326	294	327	251	376	285	300	214	240	290	295
10:00	419	437	430	395	448	362	498	440	415	350	343	403	412
11:00	486	497	493	442	526	422	568	504	498	445	414	470	480
12:00	468	540	506	425	538	421	582	506	536	477	448	497	495
13:00	459	547	472	401	534	438	566	453	553	437	458	497	485
14:00	443	507	398	375	498	410	536	418	536	389	434	444	449
15:00	357	415	312	298	398	351	438	333	443	330	365	389	369
16:00	259	282	217	208	274	246	308	221	311	203	259	279	256
17:00	145	148	113	114	151	139	169	108	175	94	140	149	137
18:00	39	30	27	23	37	35	40	27	46	33	32	35	34
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	1
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3627	3938	3522	3151	3961	3239	4347	3451	4026	3103	3292	3658	3609



a) Perfil horario



b) Total acumulado por día

Figura 10-22. Cantidad de radiación solar recibida en promedio día durante el año 2023. a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación.

10.4.3. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

En Tabla 10-15 se detallan las variaciones mensuales de radiación solar durante el año 2023. En la tabla se observa que los meses con mayores acumulados ocurrieron en marzo y septiembre. No obstante, el mes de febrero registró bajas cantidades de radiación solar, lo que se asocia a las relativas abundantes lluvias registradas durante el mes de febrero, incluso mayores que durante el mes de marzo.

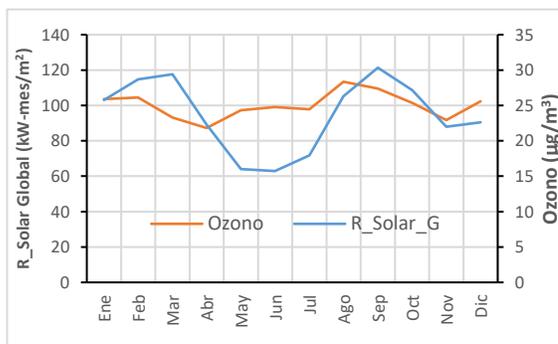
Teniendo la influencia de la radiación solar en las concentraciones de ozono, en la Figura 10-23 se muestra el perfil de las concentraciones de ozono promedio de 2023. Este perfil permite observar una estrecha relación entre las cantidades de radiación acumuladas en enero y

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

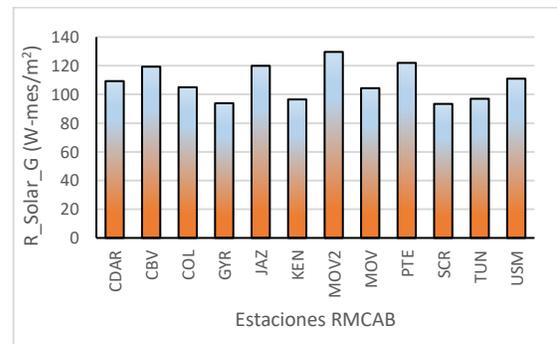
las concentraciones de ozono para el mismo periodo. Semejanza idéntica se observa entre agosto y diciembre; sin embargo, el incremento en las concentraciones de ozono en entre abril y julio tiene un comportamiento opuesto a las cantidades de radiación recibidas en dicho mes, lo que sugiere que dichas concentraciones pueden estar asociadas a otros procesos como el transporte de fuentes externas.

Tabla 10-15 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m²) 2023

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	117	110	98	94	109	112	104	127	115	111	100	115	109
CBV	115	123	116	107	118	123	116	139	135	115	107	120	119
COL	114	113	96	94	103	100	106	119	106	104	98	109	105
GYR	109	106	91	80	89	73	84	100	104	96	91	103	94
JAZ	120	123	114	103	116	128	117	135	136	120	106	121	120
KEN	97	101	95	83	87	88	96	113	111	102	85	99	97
MOV2	135	141	123	114	127	126	127	147	140	136	123	116	130
MOV	111	102	87	90	105	110	106	118	113	104	99	108	104
PTE	121	125	105	104	120	135	127	149	135	119	108	118	122
SCR	98	90	88	83	96	85	85	104	107	100	85	102	93
TUN	94	98	94	86	83	105	102	115	103	93	89	103	97
USM	117	126	107	96	111	106	103	109	121	119	102	116	111
Prom	104	105	93	87	97	99	98	113	110	101	92	102	100



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado por estación

Figura 10-23. Comportamiento mensual de la radiación en 2023 a) promedio mensual Radiación Solar Vs concentración promedio mensual de Ozono; b) totales mensuales acumulados.

10.4.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

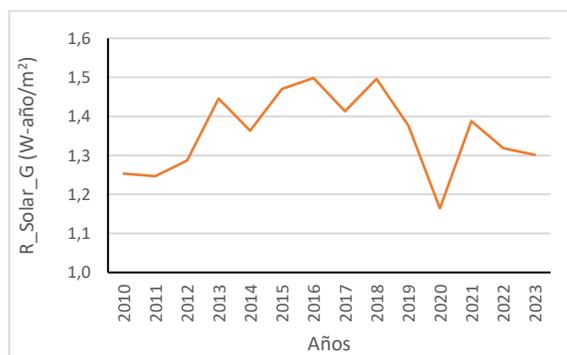
En la Tabla 10-24 se presenta el comportamiento multianual de los totales acumulados en la ciudad de Bogotá entre 2009 a 2023. De manera gráfica en la Tabla 10-16 su distribución anual, y los totales anuales acumulados por cada una de las estaciones de la RMCAB. De acuerdo con la figura referida, en 2023 en las cantidades de radiación solar dejan entrever reducción de las cantidades acumuladas con respecto al año anterior.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

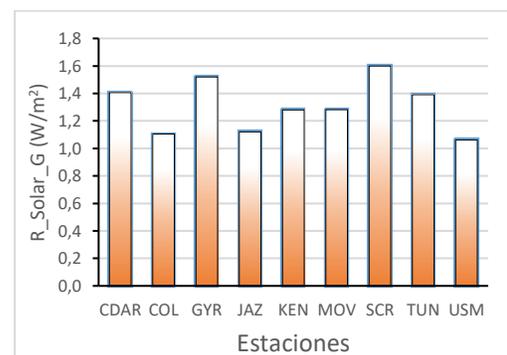
Semejante a lo reportado a nivel mensual, también se presentan los totales anuales de radiación solar acumulados en las estaciones Ciudad Bolívar, Móvil de Fontibón y Puente Aranda durante el año en curso. Estos valores son solo indicativos, pero no representan el promedio histórico del sector que representa cada una de las estaciones.

Tabla 10-16 Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m² periodo 2009 - 2023

ESTACIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
CBV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1,2	1,3	
CDAR	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,4	1,3	1,7	1,4	1,4
COL	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,1	1,0	1,4	1,1
GYR	1,6	NA	NA	1,6	1,6	1,5	1,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,7	1,6	1,5	1,1	1,5
JAZ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,3	1,4	1,3	1,4	1,1
KEN	NA	1,3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,5	NA	0,8	1,5	1,3	1,1	1,2	1,3
MOV	NA	NA	NA	1,1	1,4	1,0	1,1	1,1	1,0	1,6	1,6	1,2	1,3	1,5	1,6	1,3
MOV2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,2	1,3	
PTE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,4	1,5	
SCR	NA	NA	NA	0,8	NA	1,5	1,9	1,9	1,7	1,8	1,8	2,0	1,7	1,4	1,1	1,6
TUN	NA	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,6	1,7	1,5	1,3	1,2	1,4
USM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,3	1,3	1,3	1,3	1,1
PROMEDIO	NA	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	1,4



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado por estación

Figura 10-24. Comportamiento anual de la radiación en 2023 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados.

10.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica es la fuerza ejercida por la atmósfera de la Tierra, en virtud de su peso, sobre la superficie terrestre. Esta presión es igual al peso de una columna vertical de aire de sección transversal unitaria, que actúa por arriba de la superficie de la Tierra, extendiéndose hasta los límites exteriores de la atmósfera.

La importancia del conocimiento de las condiciones de presión radica en que es un factor determinante, no solamente para la ocurrencia de las lluvias, sino, para la dispersión de contaminantes en la atmósfera, toda vez que cuando el aire está frío, éste desciende, haciendo aumentar la presión y en consecuencia la estabilidad de la atmósfera. De manera contraria,

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

cuando el aire incrementa su temperatura, asciende, provocando un descenso en la presión y por consiguiente la atmósfera se hace inestable.

La presión atmosférica, en un lugar determinado, varía continuamente de manera regular e irregular. Las variaciones irregulares se deben principalmente a la presencia de sistemas meteorológicos cuyo desarrollo, fortalecimiento, debilitamiento o ubicación pueden originar esos cambios de presión.

10.5.1. PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión es una variable relativamente homogénea en el espacio, y su variación está asociada al calentamiento del aire por parte del flujo radiativo solar, el cual determina su variabilidad durante el día.

De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2023 el comportamiento de la presión atmosférica mostró un incremento con respecto al año anterior, pero se mantuvo por debajo del promedio mensual multianual 2010 - 2023. El incremento de la presión barométrica durante 2023, evidencia el predominio de El Niño en la región, el cual inhibe la formación de nubes lo que se traduce en tiempos predominantemente secos. Así las cosas, los eventos de precipitación ocurridos a principios del año se encuentran estrechamente relacionados con las bajas presiones registradas, sobre todo durante el mes de diciembre cuando aún estábamos bajo la influencia de La Niña. Sin embargo, se correlacionan los incrementos en la presión atmosférica a partir del mes de abril con los bajos niveles de precipitación en el primer periodo húmedo del año. Así mismo, se observa que las altas presiones registradas en mayo, dan cuenta de las bajas precipitaciones que se presentaron, pese a ser uno de los meses más lluviosos del año, como se puede apreciar en la Tabla 10-17 y la Figura 10-25. Comportamiento mensual de la presión en 2022 y 2023 frente al promedio mensual multianual 2010-2023.

Tabla 10-17 Comportamiento de la presión media mensual multianual 2010 - 2023

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2010	564	564	565	565	565	565	565	565	565	565	564	564	565
2011	564	564	564	564	564	565	565	565	565	564	564	564	564
2012	564	564	564	564	565	565	565	565	565	564	564	564	564
2013	564	564	565	565	565	565	565	565	565	564	563	564	564
2014	564	563	564	564	564	564	565	564	564	564	563	564	564
2015	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	563	564	564
2016	564	564	564	564	565	565	564	564	564	563	563	563	564
2017	563	564	564	564	564	564	565	564	564	563	563	563	564
2018	563	563	563	564	564	564	564	565	564	564	563	564	564
2019	564	563	564	564	564	565	565	564	564	563	563	563	564
2020	564	564	564	564	564	564	564	564	564	563	563	563	564
2021	562	562	562	562	563	563	564	564	563	563	562	562	563
2022	563	562	562	563	563	563	563	563	563	563	563	562	563
2023	563	562	563	563	563	564	564	564	563	563	563	563	563

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Prom 2010 - 2021	563	563	564	564	564	564	564	564	564	564	563	563	564

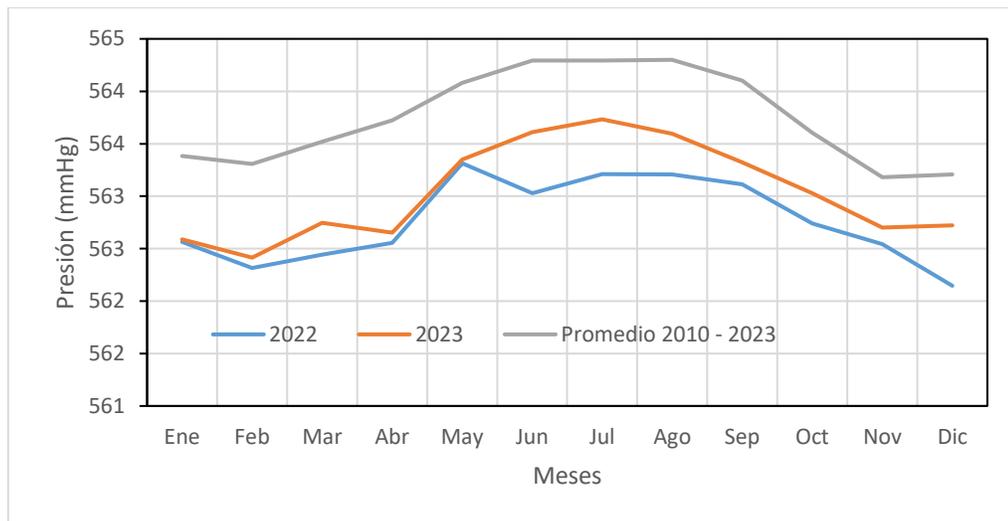


Figura 10-25. Comportamiento mensual de la presión en 2022 y 2023 frente al promedio mensual multianual 2010-2023

10.5.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 10-26 se describe el comportamiento medio mensual de 2023. De acuerdo con los registros de presión de la RMCAB, tanto a principio como al final del año, se presentaron las menores presiones con una media mensual a nivel ciudad de 563 mmHg. Asimismo, dada su poca variabilidad espacialmente durante el año, se observa que en toda la ciudad la presión estuvo alrededor de entre 563 a 564 mmHg.

Tabla 10-18 Comportamiento promedio mensual de la presión por estación de la RMCAB en 2023

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CBV	557	557	557	557	558	558	558	558	558	557	557	557	557
COL	563	563	563	563	564	564	564	564	564	564	564	564	564
FTB	564	564	564	564	565	565	565	565	565	564	564	564	564
GYR	563	563	564	564	564	565	565	565	564	564	564	564	564
JAZ	564	563	564	564	564	565	565	565	564	564	564	564	564
LFR	564	564	564	564	564	565	565	565	564	564	564	564	564
MOV2	564	564	564	564	565	565	565	565	565	565	564	564	565
MOV	562	562	562	562	563	563	563	563	563	562	562	562	562
PTE	563	562	563	563	563	564	564	564	563	563	563	563	563
TUN	563	563	563	563	564	564	564	564	564	563	563	563	563
USM	562	561	562	562	562	563	563	563	562	562	562	562	562
Promedio	563	562	563	563	563	564	564	564	563	563	563	563	563

Fuente: RMCAB 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

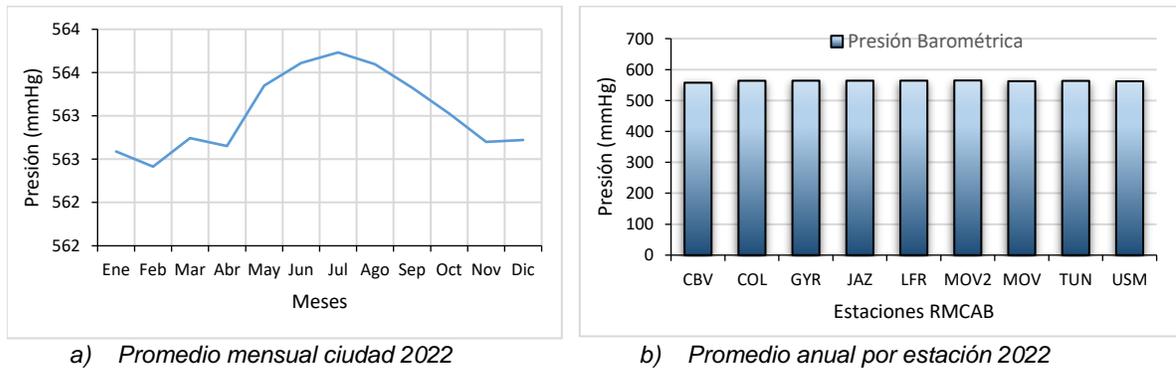


Figura 10-26. Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica en 2023. a) promedio ciudad; b) promedio por estación

10.5.3. PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica tiene variaciones regulares e irregulares. Las variaciones regulares obedecen son del tipo diurno y obedecen a que, durante el día, la temperatura de la superficie terrestre cambia debido a la radiación solar. Esto provoca que el aire sobre la superficie se caliente y se expanda, lo que resulta en una ligera disminución de la presión atmosférica. Por la noche, ocurre lo contrario, ya que la superficie se enfría y el aire se contrae, aumentando la presión atmosférica. Dicho ciclo de calentamiento y enfriamiento dura aproximadamente 12 horas, por lo que recibe el nombre de variación semidiurna de la presión. (FOPAE, 2001).

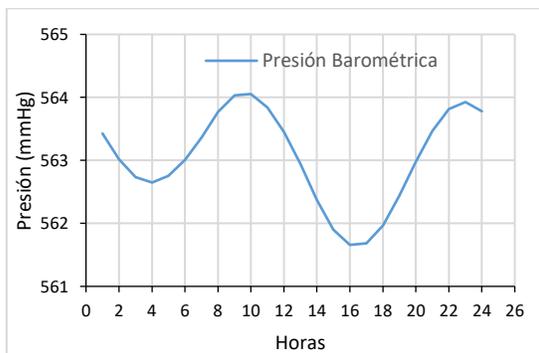
Como se puede observar en la Figura 10-27 y la Tabla 10-19, la presión en la ciudad de Bogotá varía regularmente entre las 10 de la mañana y las 10 de la noche aproximadamente, de allí el por qué se considera que su variación es semidiurna. En cada período de 12 horas se tienen dos máximos y dos mínimos. El máximo más alto ocurre las 10 de la mañana y el mínimo más bajo ocurre a las cuatro de la tarde, con una amplitud de la presión de alrededor de 2,4 mmHg, lo cual está relacionado con el calentamiento del aire por acumulación de energía durante el día y por consiguiente al descenso de la presión, lo que su vez favorece la dispersión de los contaminantes, porque la atmósfera se hace inestable y se propician los fenómenos de turbulencia mecánica y la turbulencia convectiva, que son los mecanismos principales de la atmosfera para mezclar y transportar los contaminantes que se encuentran en la capa limite planetaria. Esto explica, además, el hecho de que, en las tardes, la atmósfera de la ciudad sea más eficiente en la remoción de contaminantes atmosféricos y sea proclive para la formación de nubes de gran desarrollo vertical y fuertes precipitaciones.

En cuanto al comportamiento espacial las presiones más bajas, en promedio día durante el año, se localizaron hacia el suroccidente de la ciudad representados por la estación Ciudad Bolívar con 557 mmHg, lo que resulta coherente con la altura a la cual se encuentra en la estación con aproximadamente 100 m con respecto al nivel medio de la sabana de Bogotá.

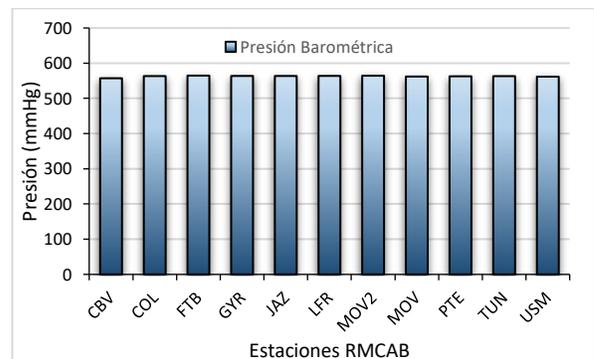
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-19 Variación de la presión horaria por cada estación de la RMCAB - 2023

Hora	CBV	COL	GYR	FTB	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	TUN	USM	Prom. Ciudad (mmHg)
	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	
1:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	563	564	564	562	563
2:00	557	564	564	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
3:00	557	563	564	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
4:00	557	563	564	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
5:00	557	564	564	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
6:00	557	564	564	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
7:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	563	564	564	562	563
8:00	558	565	565	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
9:00	558	565	565	565	565	N.A	565	566	563	564	564	563	564
10:00	558	565	565	565	565	N.A	565	566	563	564	564	563	564
11:00	558	565	565	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
12:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	563	564	564	563	563
13:00	557	564	564	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
14:00	557	563	564	563	563	N.A	563	564	562	563	563	561	562
15:00	556	563	563	563	563	N.A	563	564	561	562	562	561	562
16:00	556	562	563	563	563	N.A	563	563	561	562	562	561	562
17:00	556	562	563	563	563	N.A	563	563	561	562	562	561	562
18:00	556	563	563	563	563	N.A	563	564	561	562	562	561	562
19:00	557	563	564	563	563	N.A	563	564	562	563	563	562	562
20:00	557	564	564	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
21:00	558	564	565	564	564	N.A	565	565	563	564	564	563	563
22:00	558	565	565	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
23:00	558	565	565	565	565	N.A	565	566	563	564	564	563	564
24:00	558	565	565	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
Prom	557	564	564	564	564		564	565	562	563	563	562	563



a) Ciclo semi diario de la presión



b) Promedio diario por estación

Figura 10-27. Comportamiento del ciclo diurno y semi-diurno de la presión atmosférica – 2023

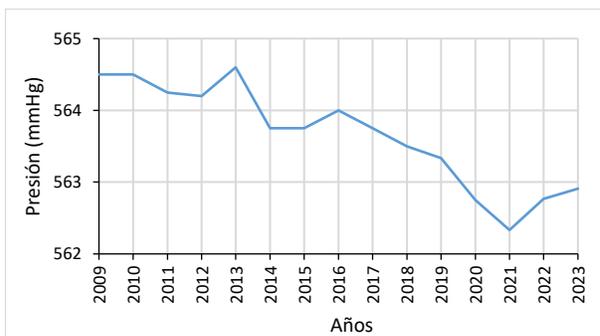
10.5.4. PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Anualmente se estima que los niveles de presión en la ciudad, en promedio, varían entre los 563 mmHg y los 565 mmHg.

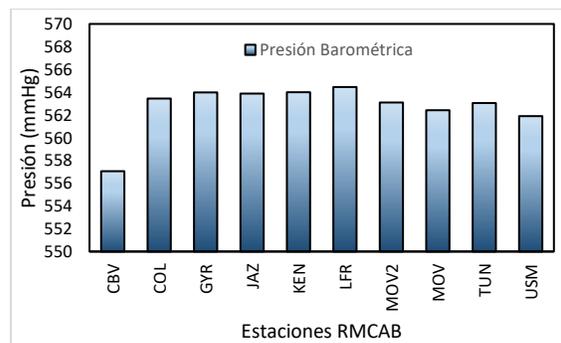
De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2023 se observa un incremento de aproximadamente 0.1 mmHg en los niveles de presión atmosférica, con respecto al año anterior como se puede visualizar en la Figura 10-28

Tabla 10-20 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá 2009 – 2023

Estación	BOS	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	TUN	USM	Prom
2009	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	N.A	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565
2010	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565
2011	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564
2012	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	564	N.A	564	N.A	N.A	N.A	564
2013	N.A	N.A	N.A	566	564	N.A	564	565	N.A	564	N.A	N.A	N.A	565
2014	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	564	565	N.A	562	N.A	N.A	N.A	564
2015	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	564	565	N.A	562	N.A	N.A	N.A	564
2016	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	564	565	N.A	563	N.A	N.A	N.A	564
2017	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	564	565	N.A	562	N.A	N.A	N.A	564
2018	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	564	564	N.A	562	N.A	N.A	N.A	564
2019	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	N.A	564	N.A	562	N.A	N.A	N.A	563
2020	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	N.A	564	561	562	N.A	N.A	N.A	563
2021	N.A	557	563	N.A	564	564	N.A	564	562	562	N.A	563	562	562
2022	N.A	557	563	565	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
2023	N.A	557	564	564	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
Promedio		557	563		564	564	564	564	563	562		563	562	564



a) Promedio multianual



b) Promedio multianual por estación

Figura 10-28. Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.6. HUMEDAD

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

La humedad del aire juega un papel importante en los procesos de reducción o transformación de sustancias contaminantes del aire. Su rol se sustenta en el hecho de que puede contribuir con la decantación o deposición de material particulado o en su defecto, reaccionar con gases derivados de la combustión de hidrocarburos, tales como los SO_x y NO_x, los cuales se condensan y pueden precipitar en forma de rocío, llovizna o lluvia ácida.

10.6.1. PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD

Asociado al ciclo anual de la Zona de Confluencia Intertropical, se encuentran las cantidades de vapor de agua en la ciudad de Bogotá. Cuando este sistema, productor de lluvias por excelencia, se encuentra en su posición más austral (al sur del hemisferio sur), ocurre una disminución en la cantidad de vapor de agua en la ciudad mientras que, conforme ocurre su ascenso relativo se da un primer incremento en la proporción de vapor de agua alcanzando su máximo durante los meses de abril y mayo, y una consecuente disminución durante la mitad del año cuando alcanza su posición más septentrional (al norte del hemisferio norte). En su retorno, o de descenso relativo, se da un nuevo incremento en las cantidades de vapor de agua, que alcanza su máximo entre los meses de octubre y noviembre.

De esta manera, en condiciones normales durante el año ocurren dos picos de humedad durante el año, en los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre, como se aprecia en la Figura 10-19. A pesar de que este es comportamiento medio durante el año, para este año se presentó un comportamiento atípico como se describe en el siguiente numeral.

Tabla 10-21 Comportamiento de la humedad mensual multianual 2010 - 2023

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2010	61	64	65	73	73	70	71	67	69	69	74	70
2011	66	68	69	71	68	65	65	62	64	70	73	67
2012	66	64	65	69	64	60	63	64	60	64	65	64
2013	62	67	65	66	68	63	62	64	63	64	69	68
2014	66	63	64	62	64	64	62	62	61	65	67	65
2015	61	62	65	63	62	64	62	61	58	60	65	58
2016	61	59	62	67	65	62	61	61	62	64	69	65
2017	64	60	69	62	67	67	64	62	61	64	69	65
2018	64	64	64	70	69	65	65	63	64	68	70	61
2019	63	63	67	68	66	65	60	60	61	64	66	64
2020	63	61	65	65	66	65	66	64	64	63	71	66
2021	62	65	70	65	69	68	66	68	65	69	71	67
2022	63	69	68	69	68	72	66	64	67	71	73	65
2023	68	62	71	69	66	64	67	63	61	66	66	66
Promedio 2010 - 2023	63	64	66	67	67	65	64	63	63	66	69	65

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

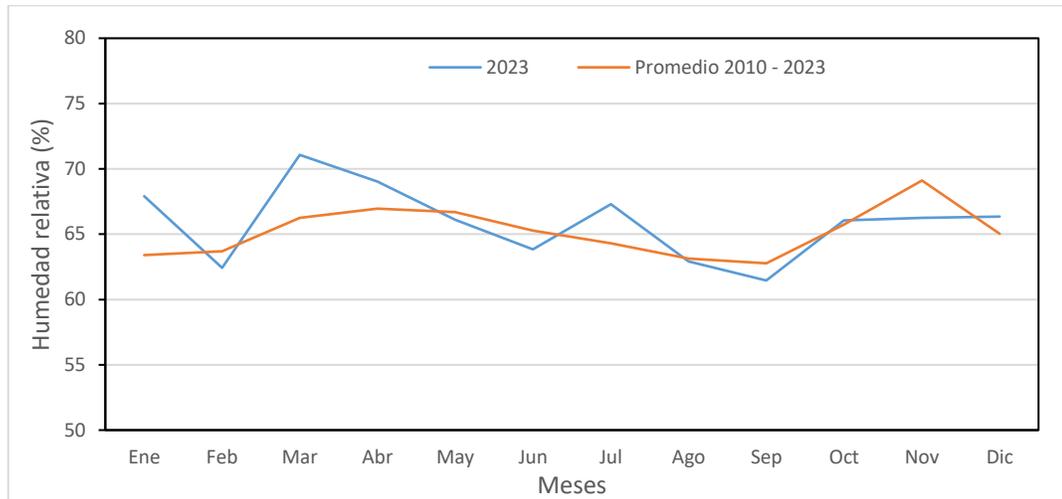


Figura 10-29. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2023 Vs promedio mensual multianual 2010-2023

10.6.2. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

De acuerdo con los registros de la RMCAB, durante el mes de enero de este año se presentó un pico atípico de humedad, asociado a La Niña, a pesar de encontrarse en fase de debilitamiento, que se vio reflejado en las lluvias atípicas registradas durante enero de 2023. Así mismo, al entrar en la fase cálida del ENSO, durante el segundo semestre del año, hubo una reducción de las cantidades de humedad, principalmente durante los meses de junio y septiembre, incluso por debajo del promedio multianual.

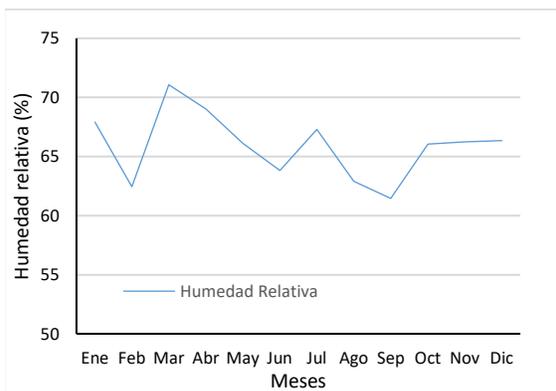
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Puente Aranda y Jazmín se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por las estaciones San Cristóbal, Guaymaral y CDAR, mientras que la Móvil de la Séptima la que menor cantidad reportó.

Tabla 10-22 Comportamiento mensual de la humedad por estación en 2023

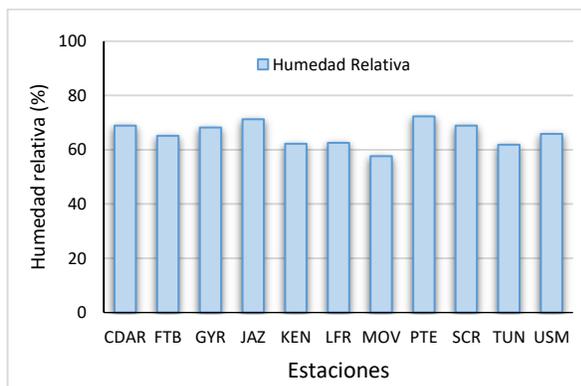
Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	69	67	73	72	68	65	68	65	67	72	70	71	69
CBV	N.A												
COL	N.A												
FTB	68	63	70	69	65	61	65	61	60	66	66	66	65
GYR	68	66	71	70	69	67	69	67	66	69	68	68	68
JAZ	75	66	78	75	71	68	73	67	64	72	72	72	71
KEN	65	61	67	65	62	59	63	58	57	63	63	64	62
LFR	65	60	67	65	63	60	63	59	59	63	64	63	63
MOV2	N.A												
MOV	59	54	63	60	57	56	58	55	54	58	58	58	58
PTE	76	68	79	77	72	69	74	68	65	73	73	74	72
SCR	71	63	74	72	69	69	72	67	65	68	69	69	69
TUN	63	58	66	64	62	60	63	60	58	62	63	62	62
USM	69	60	73	71	69	68	72	63	61	60	64	60	66

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Promedio	68	62	71	69	66	64	67	63	61	66	66	66	66



a) Promedio mensual 2023



b) Promedio por estación 2023

c)

Figura 10-30. Comportamiento anual de la humedad relativa: a) promedio mensual; b) promedio por estación

10.6.3. PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

De acuerdo con los registros de la RMCAB, durante el mes de enero de este año se presentó un pico atípico de humedad, asociado a La Niña, a pesar de encontrarse en fase de debilitamiento, que se vio reflejado en las lluvias atípicas registradas durante enero de 2023. Así mismo, al entrar en la fase cálida del ENSO, durante el segundo semestre del año, hubo una reducción de las cantidades de humedad, principalmente durante los meses de junio y septiembre, incluso por debajo del promedio multianual.

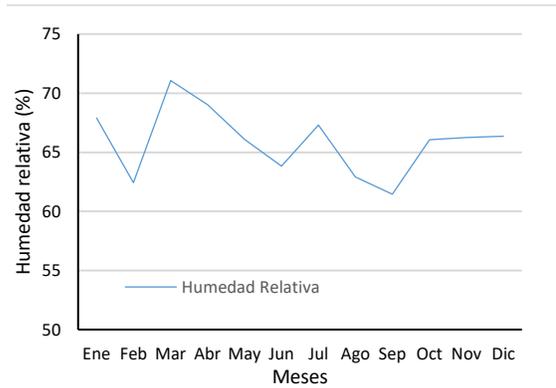
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Puente Aranda y Jazmín se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por las estaciones San Cristóbal, Guaymaral y CDAR, mientras que la Móvil de la Séptima la que menor cantidad reportó.

Tabla 10-23 Comportamiento mensual de la humedad por estación en 2023

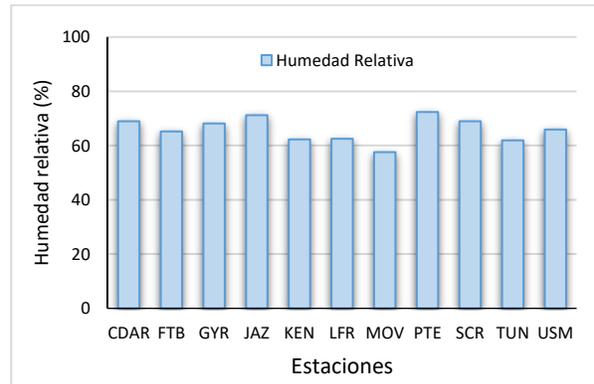
Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	69	67	73	72	68	65	68	65	67	72	70	71	69
CBV	N.A												
COL	N.A												
FTB	68	63	70	69	65	61	65	61	60	66	66	66	65
GYR	68	66	71	70	69	67	69	67	66	69	68	68	68
JAZ	75	66	78	75	71	68	73	67	64	72	72	72	71
KEN	65	61	67	65	62	59	63	58	57	63	63	64	62
LFR	65	60	67	65	63	60	63	59	59	63	64	63	63
MOV2	N.A												
MOV	59	54	63	60	57	56	58	55	54	58	58	58	58
PTE	76	68	79	77	72	69	74	68	65	73	73	74	72
SCR	71	63	74	72	69	69	72	67	65	68	69	69	69
TUN	63	58	66	64	62	60	63	60	58	62	63	62	62

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
USM	69	60	73	71	69	68	72	63	61	60	64	60	66
Promedio	68	62	71	69	66	64	67	63	61	66	66	66	66



d) Promedio mensual 2023



e) Promedio por estación 2023

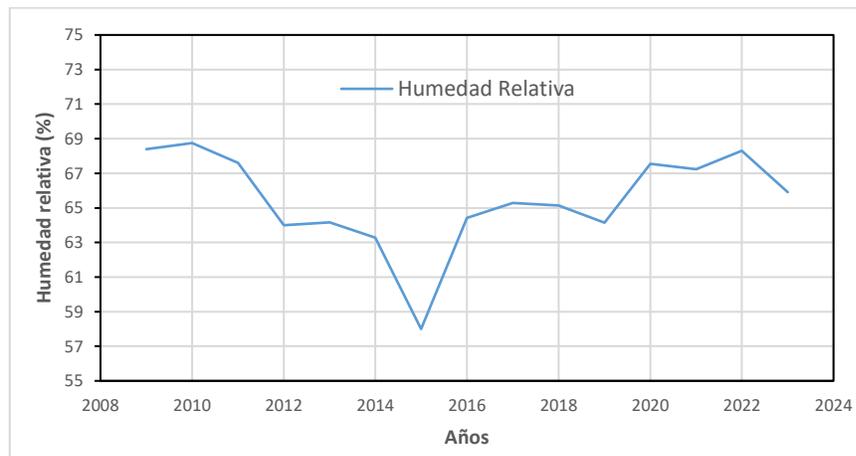
Figura 10-31. Comportamiento anual de la humedad relativa: a) promedio mensual; b) promedio por estación

10.6.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS ANUALES DE HUMEDAD

En cuanto al comportamiento histórico anual de la humedad, en 2023 se presentó una ligera disminución del promedio con respecto al año anterior como se puede apreciar en Figura 10-32 y la Tabla 10-24. Este ligero cambio está claramente relacionado con la disminución de las cantidades de humedad debidas a la influencia El Niño durante gran parte del año.

Tabla 10-24 Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente 2009 - 2023.

ESTACIÓN	BOS	CDAR	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	SCR	TUN	USM	Promedio
2009	N.A	69	N.A	N.A	N.A	72	N.A	68	66	N.A	N.A	N.A	N.A	67	N.A	68
2010	N.A	71	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	69	67	N.A	N.A	N.A	N.A	68	N.A	69
2011	N.A	69	N.A	N.A	N.A	65	N.A	70	67	N.A	N.A	N.A	N.A	67	N.A	68
2012	N.A	66	N.A	N.A	N.A	63	N.A	66	64	N.A	64	N.A	61	64	N.A	64
2013	N.A	67	N.A	N.A	N.A	63	N.A	66	63	N.A	62	N.A	N.A	64	N.A	64
2014	N.A	67	N.A	N.A	N.A	66	N.A	65	63	N.A	60	N.A	59	63	N.A	63
2015	N.A	62	N.A	N.A	N.A	64	N.A	57	57	N.A	53	N.A	55	58	N.A	58
2016	N.A	70	N.A	N.A	N.A	69	N.A	67	64	N.A	58	N.A	59	64	N.A	64
2017	N.A	68	N.A	N.A	N.A	68	N.A	65	64	N.A	58	N.A	72	62	N.A	65
2018	N.A	67	N.A	N.A	N.A	68	N.A	64	63	N.A	59	N.A	72	63	N.A	65
2019	N.A	66	N.A	N.A	69	68	N.A	61	63	N.A	59	N.A	N.A	63	N.A	64
2020	84	67	78	N.A	67	68	74	62	63	N.A	58	N.A	70	62	74	68
2021	N.A	68	73	69	68	69	70	64	64	59	N.A	N.A	71	63	69	67
2022	N.A	69	N.A	N.A	69	69	71	65	65	60	73	74	71	64	70	68
2023	N.A	69	N.A	N.A	65	68	71	62	63	N.A	58	72	69	62	66	66
Promedio	84	68	76	69	68	67	72	65	64	59	60	74	66	64	71	65



a) Promedio multianual RMCAB 2009 - 2023

Figura 10-32. Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual

11. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA

En el primer trimestre del 2023 se registraron eventos relacionados con incendios forestales, estructurales, vehiculares, pastizales y quemas de residuos en la ciudad de Bogotá y municipios aledaños que fueron reportados por la Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial Bomberos Bogotá - UAECOB, sumado a los aportes de los incendios presentados en los departamentos del Meta, Orinoquia, Guaviare y Amazonas, los cuales contribuyeron a una declaración de Alerta fase 1 en la zona suroccidente para el periodo del 4 al 10 de febrero, una alerta Fase 1 a nivel ciudad del 24 de febrero al 2 de marzo y una Alerta fase 1 en la zona suroccidente el 24 de marzo al 3 de abril. En la Tabla 11-1 se relacionan los periodos de las alertas y los actos administrativos asociados a cada evento:

Tabla 11-1. Tabla 11-1 Alertas por contaminación atmosférica declaradas en el año 2023

Evento	Fecha	Acto Administrativo	Informe Técnico
Declaración de alerta fase 1 en el suroccidente de la ciudad	04 de febrero de 2023	Inicio: Resolución SDA No. 0182 de 2023	IT No.0553 del 03-02- 2023
	10 de febrero de 2023	Finalización: Resolución SDA No 0224 de 2023	IT No.0636 del 09-02- 2023
Declaración de alerta fase 1 a nivel ciudad	24 de febrero de 2023	Inicio: Resolución SDA No. 0308 de 2023	IT No.01073 del 24-02- 2023
	02 de marzo de 2023	Finalización: Resolución SDA No. 0370 de 2023	IT No.01170 del 02-03- 2023
Declaración de alerta fase 1 en el suroccidente de la ciudad	24 de marzo de 2023	Inicio: Resolución SDA No. 0505 de 2023	IT No. 01549 de 23-03 2023
	03 de abril de 2023	Finalización: Resolución SDA No. 0559 del 2023	IT No. 01753 del 03-04 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

- **Declaración de Alerta Fase 1 en el suroccidente de la ciudad del 4 al 10 de febrero.**

Durante el mes de febrero se realizó la declaratoria de Alerta Fase 1 en la zona suroccidente del 4 al 10 de febrero. Durante este periodo de tiempo se registró la influencia del transporte de contaminantes producto de intensos incendios forestales regionales en el sur del Meta y norte del Guaviare, condiciones meteorológicas locales en las que predominaron fuertes inversiones térmicas, estabilidad atmosférica y, por lo tanto, una baja dispersión de contaminantes. En la Figura 11-1 se evidencia el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$.

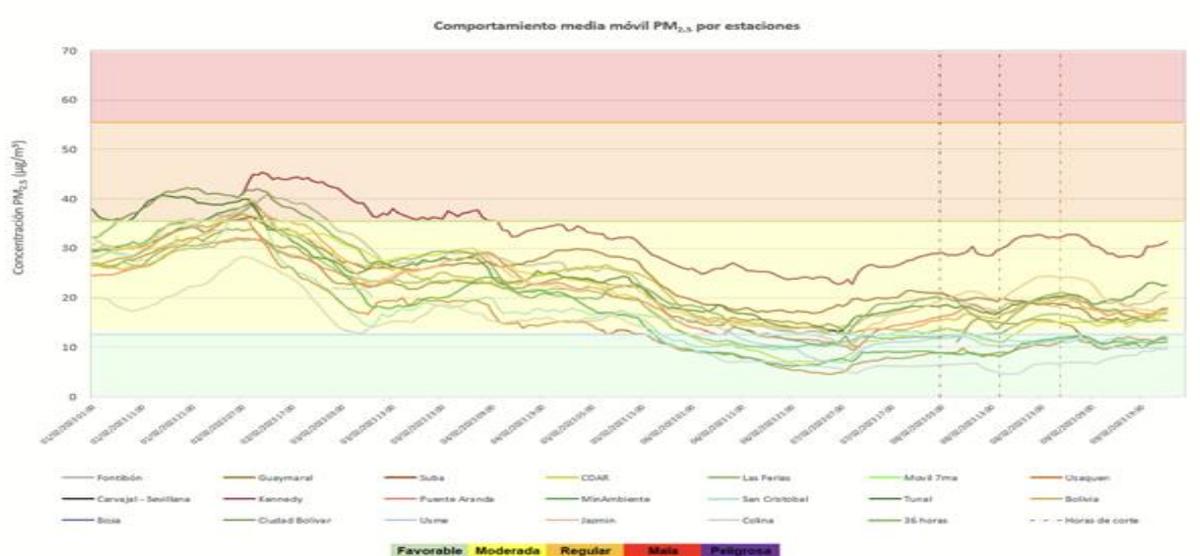


Figura 11-1. Comportamiento concentraciones media móvil 24H $PM_{2.5}$ – Alerta Fase 1 en la zona suroccidente 4 al 10 de febrero 2023

A partir del 9 de febrero de 2023, se evidenció un mejoramiento en las condiciones de calidad del aire en toda la ciudad, especialmente en la zona suroccidente, producto del cambio en las condiciones meteorológicas y la reducción de las emisiones por quema de biomasa en el área de influencia de calidad de aire para la ciudad de Bogotá, lo cual contribuyó al levantamiento de esta alerta el 10 de febrero.

- **Declaración de Alerta Fase 1 a nivel ciudad 24 de febrero al 2 de marzo**

Durante las últimas semanas de febrero se declaró la Alerta Fase 1 a nivel ciudad del 24 de febrero al 2 de marzo. El desmejoramiento de la calidad del aire en la ciudad se vio influenciado por el transporte de contaminantes a la ciudad producto de los incendios forestales regionales en la Orinoquía incluida la frontera con la Amazonía, así como condiciones meteorológicas adversas caracterizadas por fuertes inversiones térmicas y baja dispersión de los contaminantes a nivel local. En la Figura 11-2 se evidencia el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$.

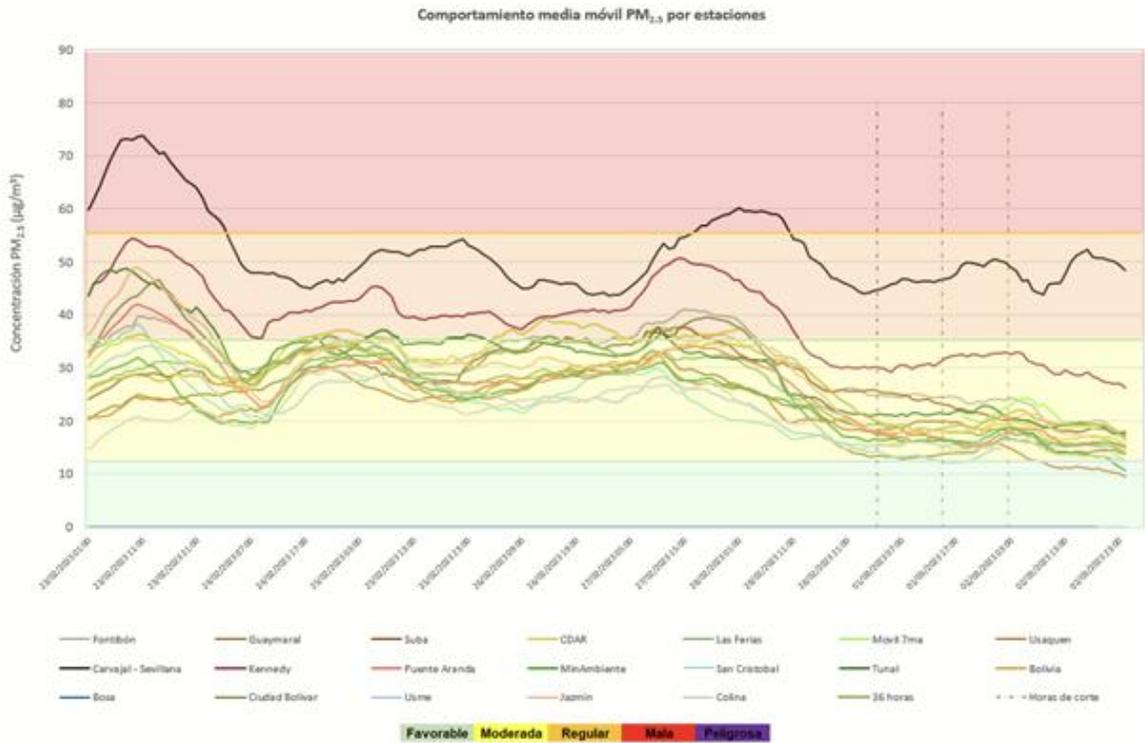


Figura 11-2. Comportamiento concentraciones media móvil 24H $PM_{2.5}$ – alerta fase 1 a nivel ciudad 24 de febrero al 2 de marzo 2023

Desde el 27 de febrero de 2023, se evidenció un mejoramiento en las condiciones de calidad del aire en toda la ciudad, especialmente en la zona suroccidente, producto del cambio en las condiciones meteorológicas y una reducción de las emisiones por quema de biomasa desde el 28 de febrero en parte debido al registro de lluvias en la Orinoquía y Amazonia, lo cual llevó a la finalización de la alerta el 2 de marzo.

- Declaración de Alerta Fase 1 en el suroccidente 24 de marzo al 3 de abril

En el mes de marzo se realizó la declaratoria de Alerta Fase 1 a nivel ciudad del 24 de marzo al 3 de abril, debido al aumento generalizado de las concentraciones de material particulado que llegaron a alcanzar los niveles de riesgo regular. El deterioro de la calidad del aire deterioro se dio en consecuencia al transporte de material particulado proveniente de quemas e incendios forestales presentados en las regiones del Meta, Orinoquía y Antioquia, además de las condiciones meteorológicas locales con presencia de estabilidad atmosférica inducida por cielos nublados y vientos provenientes de la Orinoquía y el valle del río Magdalena. En la Figura 11-3 se evidencia el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ durante la declaración de la Alerta Fase 1.

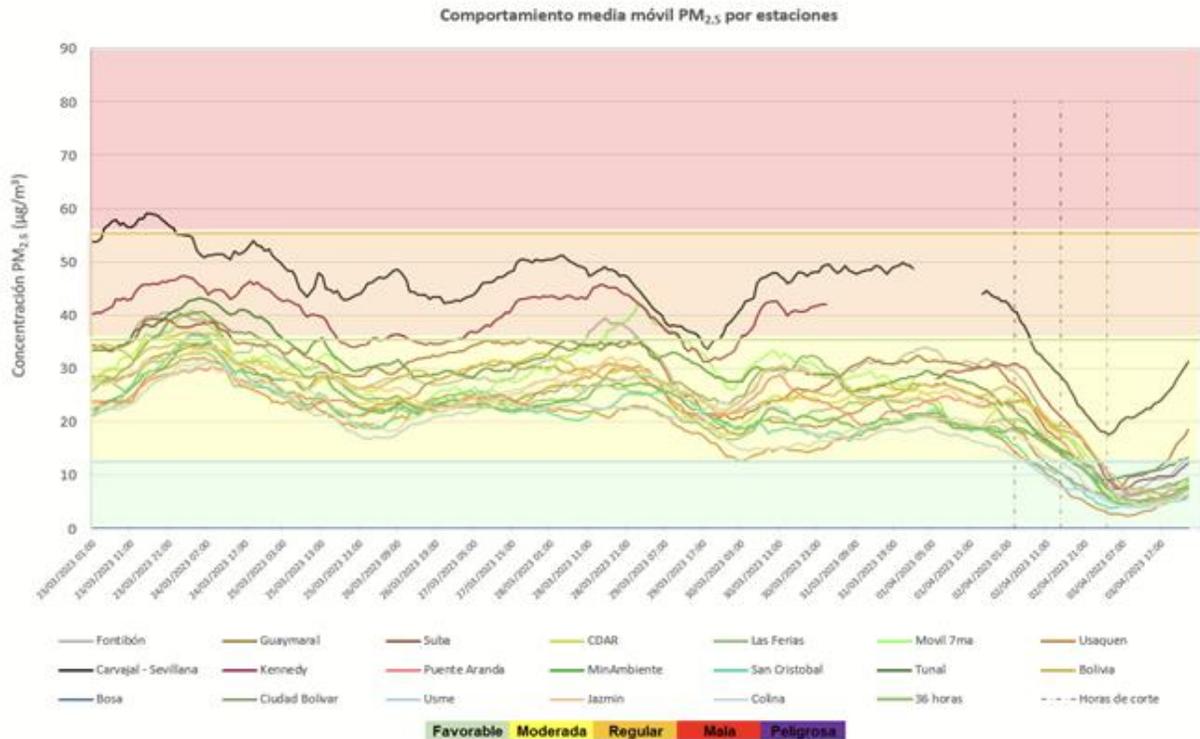


Figura 11-3. Comportamiento concentraciones media móvil 24H PM_{2.5} – Alerta Fase 1 Zona Suroccidente 24 de marzo al 3 de abril 2023

A partir del 2 de abril de 2023, se evidenció un mejoramiento en las condiciones de calidad del aire en toda la ciudad, especialmente en la zona suroccidente, producto del cambio en las condiciones meteorológicas y una disminución significativa de las emisiones por quema de biomasa en desde el 1 de abril, además de condiciones meteorológicas favorables, con vientos provenientes de oriente en conjunto de condiciones nubladas, además que no se han presentado inversiones térmicas, además de la disminución de los incendios forestales, lo que ha permitido la dispersión de contaminantes en la ciudad y permitieron la finalización de esta alerta el 3 de abril.

12. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en las Américas en 2016 cerca de 249 mil muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire exterior y 83 mil fueron atribuibles a la contaminación del aire por el uso de combustibles sólidos en la vivienda. Se perciben grandes diferencias entre grupos de población y localidades geográficas, las personas que viven cerca de carreteras o áreas industriales están más expuestas a niveles elevados de contaminación ambiental exterior y las personas que usan combustibles sólidos como fuente de energía son más afectadas en espacios interiores.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La contaminación del aire ahora ocupa espacio en las agendas globales. En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, la referencia a la contaminación del aire se realiza en la meta 3.9 (reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo), 7.1 (garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos) y 11.6 (reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo)².

En el Plan Decenal de Salud Pública 2022-2031, en uno de sus fines resalta avanzar hacia la garantía del goce efectivo de un ambiente sano y la mejora de la salud ambiental mediante la protección de los ecosistemas, la mitigación de los efectos del cambio climático y la consolidación de territorios saludables y sostenibles. Desde el pilar de ambiente y salud menciona que el derecho a un ambiente sano incluye el reconocimiento del derecho a un aire limpio, a agua potable, ecosistemas saludables, a un clima estable y a alimentos sanos.

En este pilar señala que las actividades humanas son también responsables de una pobre calidad del aire, especialmente en centros urbanos, debido a contaminantes atmosféricos como material particulado (PM_{2.5}, PM₁₀) y gases (Óxidos de Nitrógeno-NO_x, Compuestos Orgánicos Volátiles-VOC, Monóxido de Carbono-CO y Ozono-O₃). Estos contaminantes han sido asociados con una carga importante de morbilidad y mortalidad debido a una gran variedad de resultados en salud en diferentes momentos del curso de vida relacionados con enfermedades crónicas no transmisibles y afectaciones a la salud perinatal e infantil. En tal sentido, la implementación de políticas, planes y programas para la reducción de la contaminación del aire ambiente e interior proveniente de diferentes fuentes es una apuesta clave en salud pública para la reducción de los impactos en salud y la carga de morbilidad y mortalidad asociadas con esta contaminación³.

El Plan de Desarrollo Distrital de Bogotá 2020-2024 denominado “El Plan que nos Reactiva” busca trabajar para reducir en un 10% la concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} mediante la implementación del Plan de Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030, “Unidos por un Nuevo Aire” es la consigna, que busca trabajar por la protección de la salud de los niños, niñas y adultos mayores, es decir la población más vulnerable a los factores de contaminación⁴.

Por su parte, el Plan Territorial de Salud Bogotá D.C. 2020-2024, en el propósito 2, respecto al manejo y prevención de contaminación busca la disminución de la enfermedad cardiovascular y respiratoria atribuible a la contaminación del aire, por medio de la promoción de modos, hábitos y estilos de vida que transforme la relación con la naturaleza para mitigar los factores de riesgo resultado del cambio climático que afecta a la población más vulnerable⁵.

² Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

³ Plan Decenal de Salud Pública 2022-2031. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/documento-plan-decenal-salud-publica-2022-2031.pdf>

⁴ Secretaría Distrital de Ambiente. Plan de Desarrollo: Mejorar la calidad el aire 10%, prioridad para esta administración. Disponible en: <https://www.ambientebogota.gov.co/es/plan-aire-2030>

⁵ Secretaría Distrital de Salud. Plan Territorial de Salud Bogotá, D. C. 2020-2024. Disponible en: https://www.saludcapital.gov.co/Planes_Estrateg_Inst/2021/Sectoriales/Plan_Territorial_de_Salud_Bogota_2020-2024.pdf

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

El decreto 596 de 2011 “por medio del cual se adopta la Política Distrital de salud ambiental para Bogotá, D.C. 2011-2023, tiene por objeto orientar la gestión para el mejoramiento de la salud ambiental en el territorio urbano y rural del distrito mediante el trabajo articulado entre instituciones, investigación y acción participativa entre diferentes líneas de intervención, una de estas corresponde a la Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética, que opera a través de estrategias como la Gestión de la Salud Ambiental, Entornos Ambientalmente Saludables y Vigilancia de la Salud Ambiental ⁶.

La Secretaría Distrital de Salud ha venido desarrollando acciones intersectoriales desde la línea de aire, ruido y radiación electromagnética con el propósito de analizar los factores posiblemente relacionados con la presencia de sintomatología respiratoria en los grupos vulnerables como son menores de catorce años y personas mayores de 60 años, con esto se busca establecer acciones de intervención que tengan un efecto sobre estos factores con el propósito de disminuir la incidencia de los eventos posiblemente relacionados con la calidad del aire en Bogotá.

Las anteriores acciones son realizadas a través de las cuatro subredes como se observa en la Red Integrada de Servicios de Salud que reorganizaron la oferta pública de prestación de servicios de salud de la ciudad, por medio del acuerdo 641 de 2016, con la distribución presentada en la Tabla 12-1 Subredes Integradas de Servicios de Salud y localidades donde realiza la cobertura.

Tabla 12-1. Tabla 12-1 Subredes Integradas de Servicios de Salud y localidades donde realiza la cobertura.

Norte	Centro Oriente	Sur Occidente	Sur
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Usaquén ▪ Chapinero ▪ Barrios Unidos ▪ Teusaquillo ▪ Engativá ▪ Suba 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Santa Fe ▪ La Candelaria ▪ Los Mártires ▪ San Cristóbal ▪ Rafael Uribe ▪ Antonio Nariño 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fontibón ▪ Puente Aranda ▪ Kennedy ▪ Bosa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tunjuelito ▪ Ciudad Bolívar ▪ Usme ▪ Sumapaz

⁶ Secretaria Distrital de Salud. Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá, D.C. Decreto N° 566 de 2011 Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/Paginas2/PoliticadeSaludambiental.aspx>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8



Figura 12-1. Red Integrada de Servicios de Salud

12.1. VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL

La Secretaría Distrital de Salud de Bogotá desde el año 2012 realiza una vigilancia de los efectos en salud por exposición a contaminación del aire en grupos poblacionales vulnerables en la ciudad de Bogotá. Para lo anterior se tienen en cuenta los siguientes componentes de la vigilancia en salud ambiental:

- Salud: vigila los posibles efectos en salud en la población debido a la exposición a contaminación del aire.
- Ambiental: Contempla el monitoreo de contaminación del aire intramural y análisis y seguimiento de contaminantes por medio de fuentes secundarias como redes de calidad del aire.
- Sanitaria: contempla los aspectos más relevantes de la ley 1335 de 2009.

Como procesos transversales de la vigilancia:

- Atención de quejas: corresponde a las problemáticas atendidas por contaminación del aire, exposición al humo de tabaco y olores ofensivos.
- Promoción de la salud y prevención del riesgo: son las actividades de comunicación social del riesgo desarrolladas en jornadas de profundización, de comunicación, infografías y demás estrategias de divulgación.

En conjunto, la contaminación del aire exterior e interior contribuye a la muerte prematura de 7 millones de personas al año en el mundo, incluida la muerte de aproximadamente 600.000 niños. Este abrumador número de víctimas mortales incluye más de 2 millones de personas en Asia Meridional y Sudoriental, más de 2 millones de personas en la región del Pacífico Occidental (incluida China), casi 1 millón de personas en África, más de medio millón en Europa, casi medio millón en el Mediterráneo Oriental y más de 300.000 en América. Los datos más recientes sobre la contaminación atmosférica y la salud indican que las cifras podrían ser aún mayores. La

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

dependencia de los combustibles sólidos, el queroseno y las cocinas contaminantes causa más muertes prematuras que el VIH/sida, la malaria y la tuberculosis juntas ⁷.

Cientos de millones de personas sufren enfermedades causadas por la mala calidad del aire. Las enfermedades no transmisibles como los accidentes cerebrovasculares, las enfermedades cardíacas, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el cáncer han superado a las enfermedades infecciosas como las principales causas de defunción en el mundo. A nivel mundial, la contaminación atmosférica es uno de los cinco principales factores de riesgo de las enfermedades no transmisibles ⁸.

La exposición de la población a la contaminación del aire puede ocasionar efectos fisiológicos imperceptibles hasta la muerte, los niños son un grupo especialmente vulnerable por la inmadurez del sistema respiratorio e inmune, los efectos respiratorios más reportados en la literatura son aumento de síntomas y consultas de urgencias por causas respiratorias, aumento exacerbaciones asmáticas y reducción en la función pulmonar⁹.

Por otra parte, los adultos mayores se constituyen en otro grupo susceptible a la contaminación del aire debido a que se ve disminuida la función pulmonar por vejez y la presencia de otras comorbilidades como las enfermedades cardiovasculares que aumentan la vulnerabilidad a los contaminantes, cuyos efectos dependen por una parte de la concentración y tiempo de exposición y por otra de la susceptibilidad de las personas expuestas¹⁰.

Un estudio realizado en los Estados Unidos mostró que cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento en la concentración de PM_{10} provocan un aumento del 0.31% de mortalidad cardiopulmonar diaria a corto plazo; otro estudio similar realizado en Europa encontró con el mismo aumento de PM_{10} , un incremento de mortalidad cardiovascular de 0.69%. Por otra parte, los efectos relacionados con la exposición a $\text{PM}_{2.5}$ fueron observados a largo plazo en una cohorte de mujeres en los Estados Unidos donde se demostró un aumento de eventos cardiovasculares en un 24% y un 76% de muertes por causa cardiovascular por cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento¹¹.

Algunos estudios han permitido observar el impacto de la contaminación del aire en el crecimiento del feto y bajo peso al nacer. La exposición ambiental a PM_{10} ha sido relacionada al retardo del crecimiento intrauterino, posteriormente se sugiere un efecto dañino de carácter permanente dado que el bajo peso y el retardo de crecimiento se asocia con la salud respiratoria en etapas posteriores de la vida¹².

⁷ Naciones Unidas. La cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible. 2019. Disponible en: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/g19/002/57/pdf/g1900257.pdf?token=gbRqzU5Kg1ycGgnP35&fe=true>.

⁸ Organización Mundial de la Salud. Enfermedades No Transmisibles, Rehabilitación y Discapacidad. Disponible en: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/integrated-support/environmental-risk-factors-and-ncds#>.

⁹ Contaminación Atmosférica Efectos en la Salud Respiratoria en el niño. Dr Ubilla Carlos y Dra Yohannessen Karla. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214>

¹⁰Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Oyarzún G Manuel. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100004

¹¹ Contaminación atmosférica, riesgo cardiovascular e hipertensión arterial. N. Soldevila Bacardit, E. Vonyoles Bargalló, J. Agudo Ugena y L.Camps Vila. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/324752458>

¹² Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. Vargas Sandra, Onatra William, Osorno Lucia, Páez Eduardo, Sáenz Orlando. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v11n1/v11n1a06.pdf>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En Bogotá se han llevado a cabo diferentes estudios principalmente en población infantil con el fin de identificar los efectos en salud dados por exposición a la contaminación del aire, a continuación se mencionan algunos de ellos: en el año 1999 Solarte et al, realizaron un estudio para determinar asociación entre las fluctuaciones de la concentración de partículas PM₁₀ y la morbilidad por enfermedad respiratoria en población menor de 14 años, encontrando que el número total de consultas por enfermedad respiratoria en dicha población está asociado con la concentración de PM₁₀ en los días precedentes. Un incremento de 10 µg/m³ en la concentración de PM₁₀ produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años¹³.

En 2006, Arciniegas et al, realizaron un estudio en la localidad del Puente Aranda en Bogotá donde identificaron que un incremento de 10 µg/m³ en la concentración de material particulado menor a 10 micrómetros PM₁₀ ocasionaría un aumento del 4% en las consultas por ERA con un periodo de latencia de seis días en niños menores a 5 años¹⁴.

En el año 2007 Hernández et al, realizaron un estudio en el cual encontraron diferencias en el promedio de PM₁₀ en el exterior de jardines más y menos expuestos a material particulado (91 µg/m³ vs. 62 µg/m³), observando un aumento en la incidencia de síntomas como tos, expectoración, sibilancias, ojos rojos, fiebre, ahogo y ausentismo escolar por enfermedad respiratoria, en el grupo de niños más expuestos¹⁵.

En el año 2020 durante la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 un grupo de investigadores realizó una revisión rápida sobre contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19 encontrando que la incidencia y el riesgo de morbilidad y mortalidad por Covid-19 se incrementan con la exposición crónica y aguda a la contaminación del aire, particularmente a material particulado (PM_{2.5}, PM₁₀) y dióxido de nitrógeno (NO₂)¹⁶.

La OMS menciona que las personas que padecen afecciones subyacentes corren un riesgo mayor de desarrollar una enfermedad grave en caso de infección por el virus de la COVID-19; por tanto, es muy probable que la contaminación del aire sea un factor que contribuya a la carga de morbilidad provocada por la COVID-19.

Si bien la COVID-19 ha sido una tragedia, también cabe señalar que las medidas adoptadas para responder a ella han demostrado que las políticas relacionadas con el transporte, así como la forma de trabajar, estudiar y consumir, pueden contribuir a mejorar la calidad del aire. Este hecho se debería tener en cuenta a la hora de definir las políticas de recuperación para la etapa posterior a la pandemia en las que ya trabajan muchos países¹⁷.

¹³ Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Bogotá. Solarte Pedro, Caicedo Mónica, Restrepo Sonia. Disponible en: https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/20110628-lec.ad.articulo_estudio_ivan_solarte.pdf

¹⁴ Estudio de la morbilidad en niños menores a 5 años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100002

¹⁵ Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de 5 años en tres localidades de Bogotá. Hernández Luis Jorge, Aristizábal Gustavo, Salgado Yenny, Cantor Liseth, Medina Katalina, Reyes Jesús. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120491215300112>

¹⁶ Félix-Arellano EE, Schilman A, Hurtado-Díaz M, et al. Revisión rápida: contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19. salud publica mex. 2020;62(5):582-589. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95392>

¹⁷ Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/questions-and-answers/item/who-global-air-quality-guidelines>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Sin embargo, para el año 2022 la OMS publica un informe, en el cual señala que, tras sobrevivir a una pandemia, es inaceptable que sigan existiendo 7 millones de muertes evitables e innumerables años de buena salud perdidos evitables debido a la contaminación del aire. Este informe indica que casi toda la población mundial (99%) respira un aire que supera los límites de calidad recomendados por la OMS y pone en peligro su salud. Un número récord de más de 6000 ciudades de 117 países están ahora monitoreando la calidad del aire, pero las personas que viven en ellas siguen respirando niveles insalubres de material particulado fino y dióxido de nitrógeno, siendo las personas que viven en los países de ingresos bajos y medianos quienes sufren las exposiciones más altas. Es por esto, que varios gobiernos están tomando medidas para mejorar la calidad del aire, pero la OMS pide que se intensifiquen rápidamente otras acciones¹⁸.

7.2. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Desde el año 2007 la Secretaría Distrital de Salud formuló y ejecutó un estudio epidemiológico con el fin de establecer relaciones entre la contaminación del aire intra y extramural y la enfermedad respiratoria en menores de 5 años en Bogotá. A partir de este estudio, se decidió diseñar e implementar un sistema de vigilancia en salud, ambiental y sanitario del impacto en la salud por exposición a contaminación del aire; y como procesos transversales de esta vigilancia se implementó la atención de quejas por esta problemática; así como actividades de promoción de la salud y prevención del riesgo. Lo anterior, se lleva a cabo rutinariamente, incrementando su cobertura de forma progresiva en todas las localidades de la ciudad.

Adicionalmente y de manera importante, la Secretaría Distrital de Salud en la vigilancia atendida, realiza el seguimiento continuo y sistemático de las diferentes estrategias para la vigilancia de la infección respiratoria aguda de acuerdo con los procesos establecidos para la notificación, recolección y análisis de los datos; que permite generar información oportuna, válida y confiable, y así orientar medidas de prevención, vigilancia y control en relación con el monitoreo de la calidad del aire de la ciudad.

7.3. MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA

Las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) son consideradas las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo. La población de mayor riesgo son los niños, las personas de la tercera edad y los inmunocomprometidos. Aunque las infecciones respiratorias superiores son más frecuentes, las infecciones respiratorias bajas son responsables de los cuadros más graves de influenza, neumonía y bronquiolitis y son las que más contribuyen a la mortalidad por IRA. Se estima que, en los niños menores de dos años, del 2 al 3% tuvo neumonía grave que requirió hospitalización y las tasas de mortalidad por IRA en los países en desarrollo oscilan entre 60 a 100 casos por cada 1000 niños menores de 5 años¹⁹.

La neumonía es una de las principales causas de muerte en niños menores de 5 años en el mundo, con más de 4 millones de muertes por año. También es la segunda causa principal de años de vida perdidos debido a la mortalidad prematura y una de las razones más frecuentes de

¹⁸ Organización Panamericana de la Salud. Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS. 2022. Disponible en <https://www.paho.org/es/noticias/4-4-2022-miles-millones-personas-siguen-respirando-aire-insalubre-nuevos-datos-oms>

¹⁹ Enfermedad Respiratoria Aguda. Vigilancia en Salud Pública. Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Paginas/ENFERMEDADRESPIRATORIAAGUDA.aspx>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

hospitalización²⁰. En el año 2022 ocurrieron 50 muertes por neumonía, identificando un aumento porcentual del 117.4% comparado con el año 2021, donde se presentaron 23 muertes, teniendo en cuenta además que el promedio de la tasa de mortalidad por neumonía de los últimos 4 años fue de 5.2 por 100000 menores de 5 años, se observa para el año 2022 un incremento significativo. La localidad que registró la tasa más alta de defunciones en menores de 5 años por neumonía durante el año 2022 fue Puente Aranda con 31,5 casos por cada 100000 menores de 5 años, y la localidad con el mayor número de defunciones es Bosa con 8 casos. Este incremento en las mortalidades posiblemente pueda deberse a medidas de normalidad por la pandemia COVID-19.

Con respecto a la IRA, en el año 2022, se presentaron 26 muertes en menores de 5 años en Bogotá, cifra que duplica las mortalidades ocurridas en el año 2021; también se puede observar que la mortalidad del 2022 es la más elevada con el 5.4 muertes por 100000 menores de 5 años, que junto con las reportadas en los años 2018 y 2019 cuyas defunciones correspondieron a 20 y 23 casos respectivamente, representan las mayores tasas del quinquenio. La variación porcentual del año 2022 respecto al año 2021 es del 188.9%. La localidad que registró la tasa más alta de defunciones en menores de 5 años por IRA durante el año 2022 fue Santa Fe con 13,0 casos por cada 100000 menores de 5 años, y la localidad con el mayor número de defunciones es Suba con 5 casos. Ver Figura 12-1 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2018 a 202

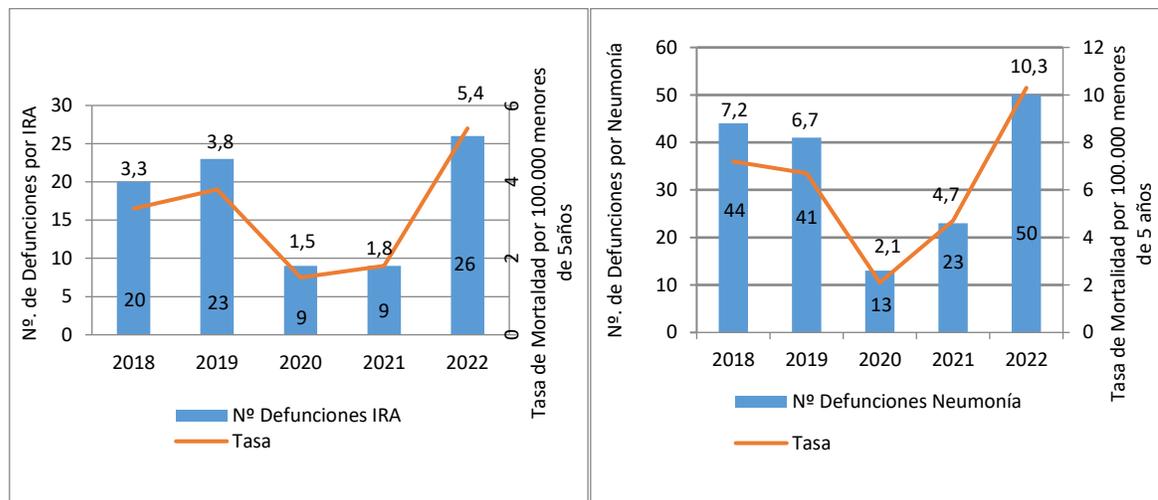


Figura 12-1 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2018 a 2023.

En las localidades se concentran en valores ACRE de 49 a 62, es decir, zonas con mayor exposición a contaminación del aire.

²⁰ El impacto mundial de la enfermedad respiratoria. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/11-11-2011-neumonia-es-causa-principal-muerte-ninos#:~:text=Datos%20y%20cifras-,La%20neumon%C3%ADa%20es%20la%20causa%20principal%20de%20muerte%20de%20ni%C3%B1os,por%20virus%2C%20bacterias%20u%20hongos.>

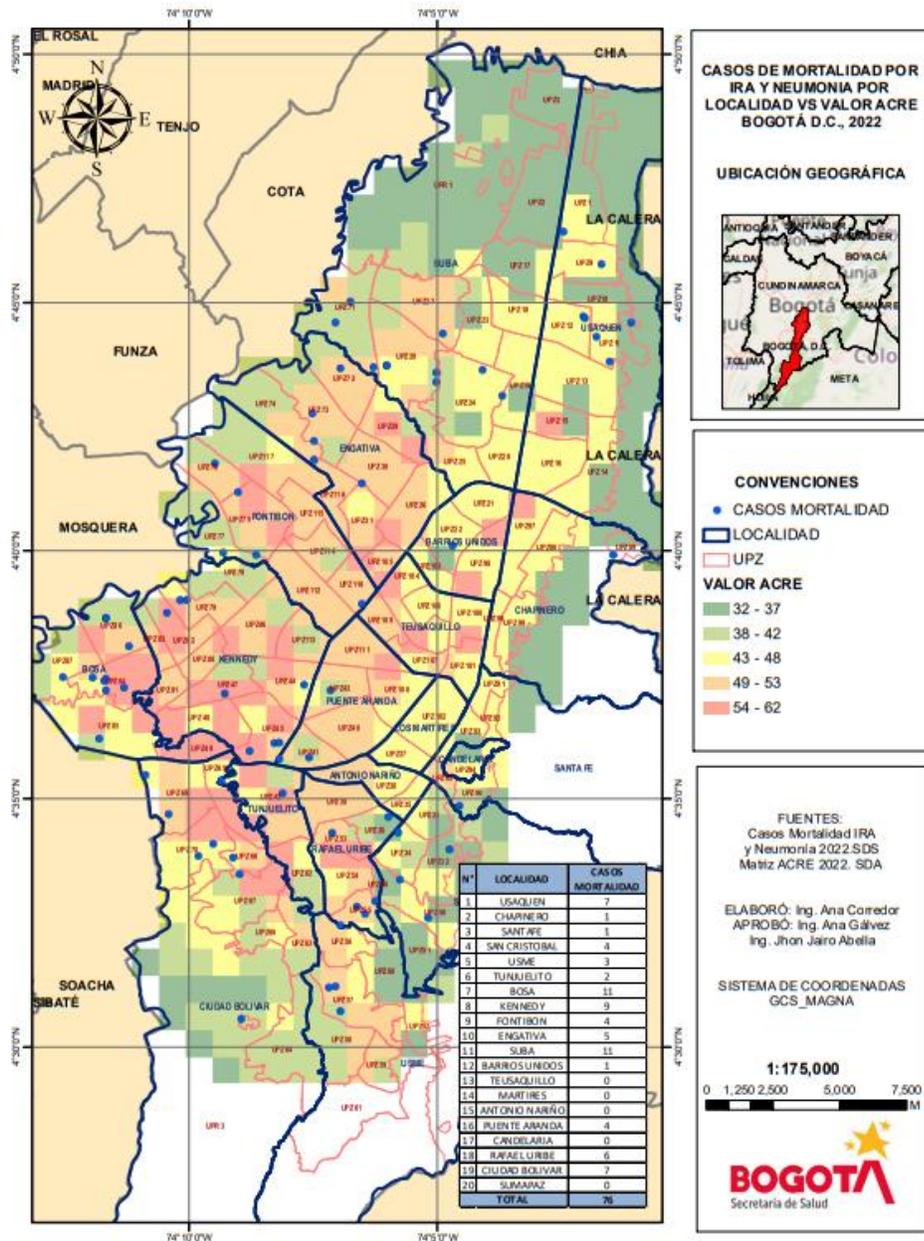


Figura 12-2 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Valor ACRE, 2023. Se observa el mapa con la ubicación del número de casos ocurridos en las diferentes localidades de mortalidad por IRA y Neumonía en menores de 5 años, así como el valor ACRE representados por colores que van desde suaves hasta más intensos, los cuales indican que a mayor intensidad son las zonas con mayor impacto acumulativo por exposición a contaminación del aire, identificándose que los casos se concentraron en las localidades de Bosa en donde se observa una agrupación de mortalidades en valores acre que van desde los 43 hasta los 62; mientras que para Suba se identifican puntos distribuidos en los diferentes ACRE. Por su parte, se puede notar que en la localidad de Kennedy las mortalidades

se concentran en valores ACRE de 49 a 62, es decir, zonas con mayor exposición a contaminación del aire.

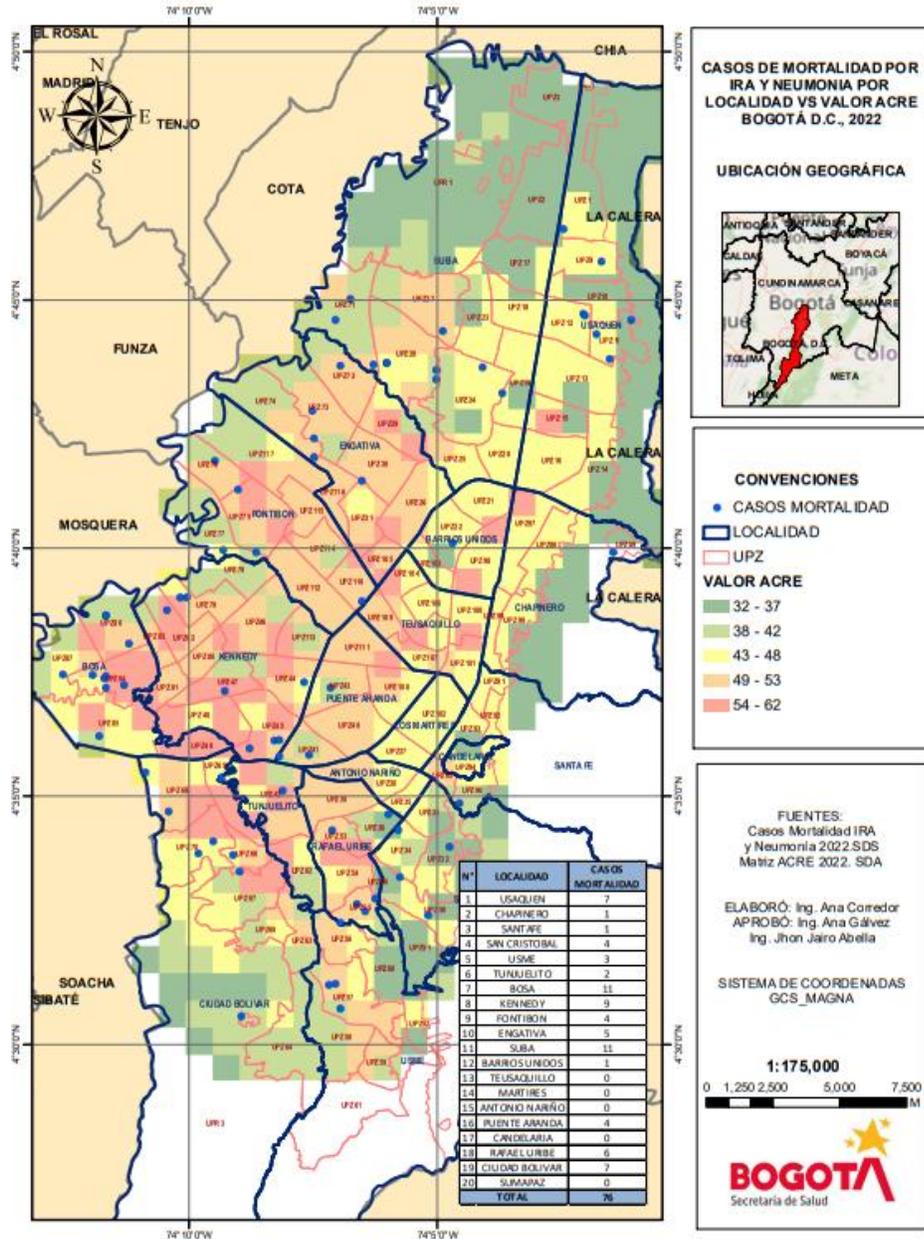


Figura 12-2 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Valor ACRE, 2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.2.1. MORBILIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA

Según los protocolos establecidos a nivel nacional, la Secretaría Distrital de Salud viene adelantando dos esquemas de vigilancia de la IRA en Bogotá, el primero dado por los eventos de notificación obligatoria en el marco del Sistema de Vigilancia Epidemiológico SIVIGILA del distrito con base en la resolución 3518 de 2006 (morbilidad atendida) y en segunda medida la vigilancia centinela de los efectos en salud por exposición a contaminación del aire en Bogotá (morbilidad sentida) conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo Distrital de Bogotá 2020-2024 y Política Distrital de salud ambiental para Bogotá, D.C. 2011-2023.

Morbilidad Atendida

La infección respiratoria aguda (IRA) es la infección más frecuente en el mundo y representa un importante tema de salud pública en Colombia; la mayoría de estas infecciones como el resfriado común son leves, pero dependiendo del estado general de la persona pueden complicarse y llegar a amenazar la vida, como en el caso de las neumonías²¹. La IRA se puede presentar en cualquier parte de las vías respiratorias, con una evolución de 15 días, causada por virus o bacterias que entran por nariz o boca y puede afectar cualquier parte del sistema respiratorio. De acuerdo con el microorganismo que produzca la infección así serán los signos, síntomas, gravedad y tiempo que dure. Las infecciones del sistema respiratorio superior son causadas frecuentemente por virus como el virus sincitial respiratorio, parainfluenza, adenovirus, rinovirus, coronavirus y enterovirus, en general son leves y pasan rápidamente. En las infecciones del sistema respiratorio inferior también son frecuentes los virus, pero se encuentran las bacterias que causan infecciones más severas que requieren tratamiento antibiótico y pueden llegar a causar la muerte, dentro de los agentes más comunes se encuentra streptococcus pneumoniae, el haemophilus influenzae y el staphylococcus aureus²².

La Figura 12-3 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2019 a 2023. muestra el comportamiento de la notificación por IRA (evento 995) en la población general y en menores de 5 años; durante el año 2023 en Bogotá se notificaron 1954272 casos de Infección Respiratoria Aguda en la población general, que en comparación con el año inmediatamente anterior 2022 representó una disminución del 5,8%.

Por otra parte, 425750 casos de esta población se presentaron en menores de 5 años lo que corresponde al 21.8%, disminuyendo en 18.0% con respecto al año 2022. Sin embargo, los dos últimos años analizados tienen notificaciones altas. Lo anterior puede relacionarse con diferentes aspectos, algunos mencionados en los resultados de las mortalidades ocurridas en los menores de 5 años del año 2022, como son: la disminución de la inmunidad protectora en este grupo de edad debido al período prolongado de baja exposición a los patógenos durante los años 2020 y 2021; la reactivación de virus de circulación anual diferentes al SARS- Cov2 con alta transmisión comunitaria y cambios en su circulación por temporada; el elevado porcentaje de coinfecciones

²¹ Ministerio de Salud y Protección Social. Infección respiratoria Aguda (IRA). 2016. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/infeccion-respiratoria-aguda-ira-2016-.pdf>

²² Unidad de atención de Enfermedad Respiratoria Aguda Comunitaria. OPS. Disponible en: https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/UAIRAC_15062012%5B1%5D.pdf

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

virales y bacterianas identificados en aquellos casos que cursan con Infección Respiratoria Aguda Grave; el comportamiento clínico atípico y agresivo del adenovirus; cambios en la estacionalidad de los picos respiratorios, sin disminución de números de casos por IRA entre un pico respiratorio y otro, y persistencia de la temporada de lluvias asociada al fenómeno de la niña²³.

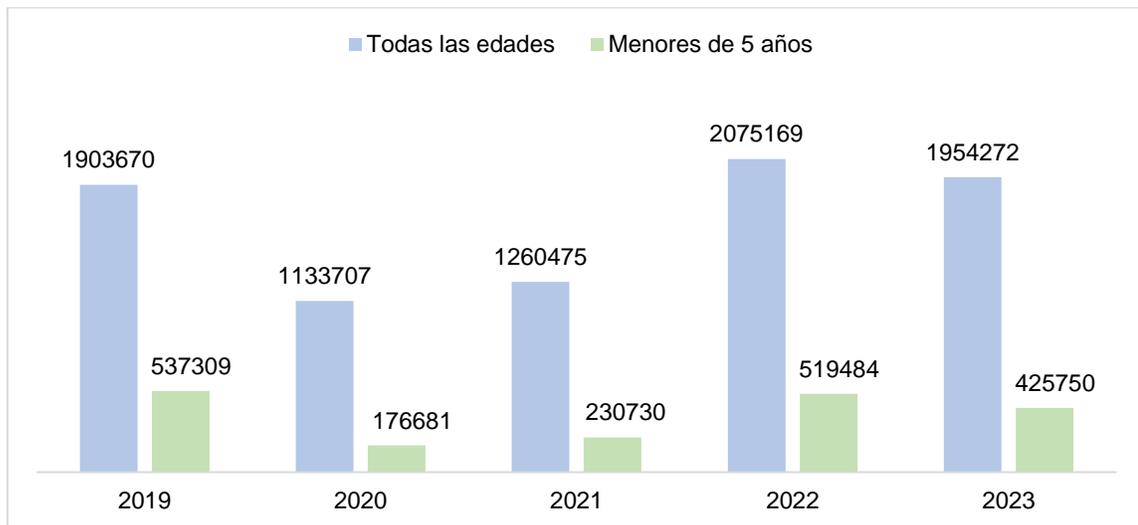


Figura 12-3 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2019 a 2023.

Dentro de la vigilancia de la morbilidad por IRA el Distrito Capital también cuenta con la estrategia de Salas ERA en conjunto con la Línea de Aire, Ruido y REM (vigilancia sanitaria y ambiental) en lo que corresponde a notificación y comportamiento del evento. El propósito de una sala ERA es disminuir la morbilidad y mortalidad por ERA en niños manejando tempranamente y de manera estandarizada los casos, basados en protocolos y guías de práctica clínica. Estas Salas son áreas ubicadas en un servicio hospitalario de urgencias o de consulta externa, para la atención de pacientes menores de 5 años con un cuadro respiratorio agudo o con algún componente de dificultad respiratoria leve, que puedan ser manejados con esquemas terapéuticos básicos, sin los requerimientos de una sala de observación en urgencias u hospitalización, y que no requieren, para el manejo de su cuadro agudo, una estancia de más de cuatro o seis horas²⁴.

En el año 2023 se atendieron 17373 casos en las salas ERA de Bogotá, con una disminución del 12,6% con respecto al año anterior. Las semanas epidemiológicas de mayor reporte correspondieron a la 19, 22 y 23 de los meses mayo y junio, con 564, 537 y 539 casos respectivamente, y en lo que respecta al segundo semestre del año, la semana con mayor reporte es la 38 del mes de septiembre con 382 casos. En la distribución de los casos según localidad de ubicación de las instituciones de salud que reportan se tiene que, Barrios Unidos registró la mayor frecuencia de atenciones con 3963 casos, lo que representó el 22,8%, seguido por Chapinero con el 17,1% (n 2971 casos). Los menores de 1 año representaron el 19,5 % de los casos (n 3388).

²³ Secretaría Distrital de Salud. Observatorio de Salud de Bogotá-SaluData. Disponible en: <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/>.

²⁴ Guía de promoción atención en enfermedad respiratoria aguda (ERA). Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Guia%20de%20Atenci%C3%B3n%20ERA.pdf>

En la Figura 12-5 se muestran las principales características de los menores atendidos en las Salas ERA, se puede observar que los niños y niñas menores de 1 año fueron el grupo de edad de mayor afectación; y en cuanto al sexo los niños; el diagnóstico más representativo correspondió al síndrome bronco obstructivo en el 54.7% de los casos reportados.

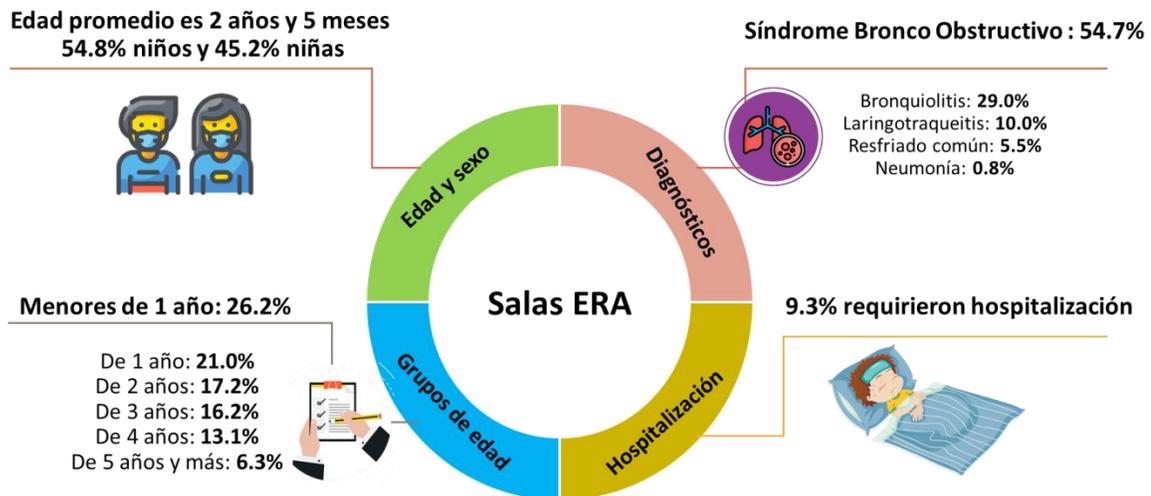


Figura 12-4 Principales características de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2023.

Morbilidad Sentida

El Sistema de vigilancia en salud, ambiental y sanitario de los efectos en salud por la exposición a contaminación del aire por material particulado, mensualmente realiza el monitoreo de eventos respiratorios en población vulnerable en menores (2 meses a 14 años) y personas mayores de 60 años, por medio de la aplicación de una encuesta de prevalencia de sintomatología respiratoria, cardiovascular y factores asociados a contaminación del aire.

En el año 2023 se aplicaron 10845 encuestas de prevalencia de sintomatología respiratoria y cardiovascular a población vulnerable, de las cuales el 29.1% fueron aplicadas a menores de 5 años, 47.6% a niños de 5 a 14 años, y 23.3% a personas mayores de 60 años. En la población menor de 14 años se aplicaron 8324 encuestas, el 52.5% correspondió a hombres. En los adultos mayores predominaron las mujeres con el 65.3%.

Con relación a la distribución del estrato socioeconómico de la población encuestada predominó el estrato 2 en los menores de 14 años, mientras que para los de 60 y más años la proporción de encuestados en estrato 2 y 3 tiende a ser similar, como se puede observar en la Figura 12-6.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

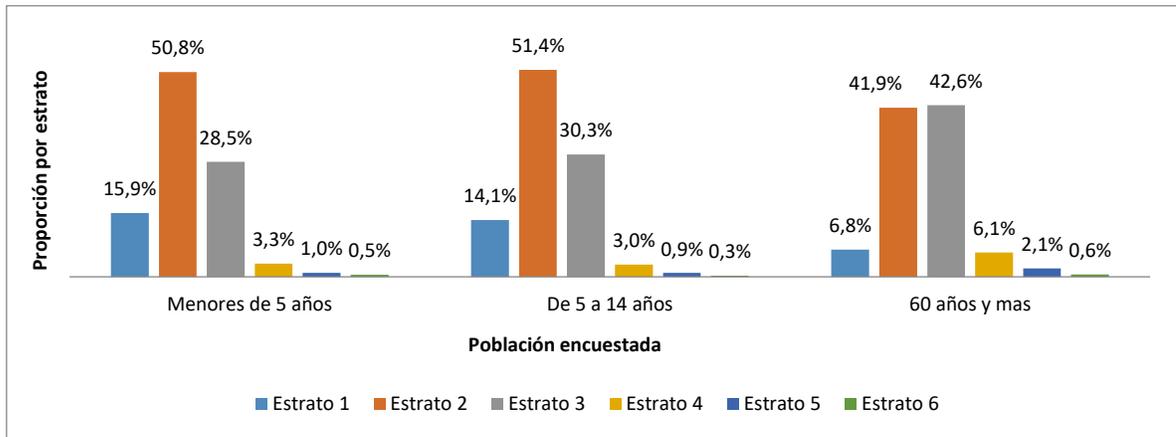


Figura 12-5 Distribución de los estratos socioeconómicos según grupos de población encuestada. Bogotá 2023.

Con respecto a la distribución de la población encuestada según el Sistema de Seguridad Social en Salud, predominó el régimen contributivo en las tres poblaciones, con la mayor proporción en los niños de 5 a 14 años con el 66.4%, seguido por el régimen subsidiado con predominio en los adultos mayores de 60 años con el 32.5%, como se observa en la Figura 12-6 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá 2023.

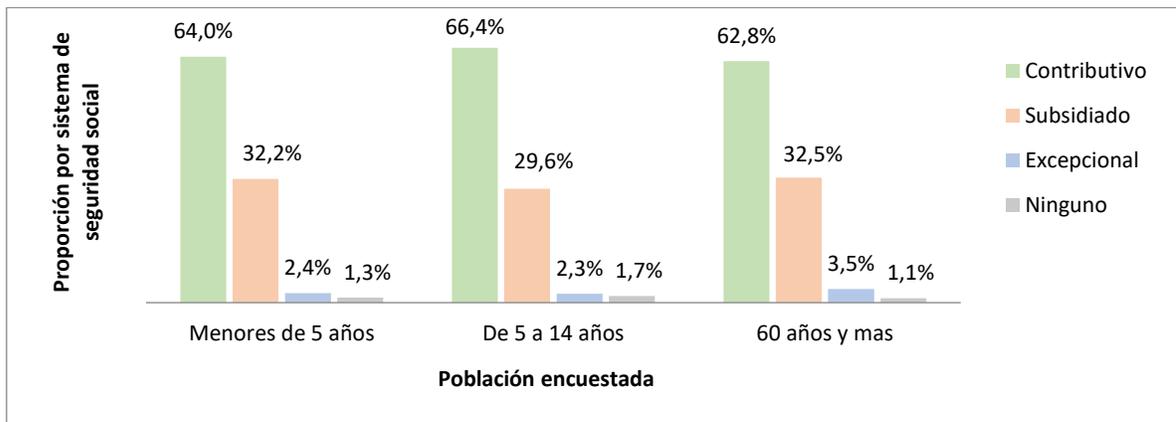


Figura 12-6 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá 2023.

En el marco de la vigilancia de los efectos en salud por contaminación del aire se identifican síntomas trazadores *sibilancias* (ruidos en el pecho), *tos* (seca diferente de gripa) y síntomas como mocos, lagrimeo, nariz tapada, rasquiña en los ojos sin presencia de gripa que son objeto de seguimiento a través del comportamiento de indicadores. De tal manera se calculan indicadores de magnitud de la enfermedad respiratoria como *despertar por tos*, *ausentismo escolar* y *ausentismo laboral* del cuidador del niño.

En la Tabla 12-2 Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años. se muestra la prevalencia de la sintomatología respiratoria de los menores de 14 años, los “síntomas sin gripa” alcanzaron la más alta proporción con el 24.0%, con proporciones similares tanto en los menores de 5 años como en los menores de 5 a 14 años. Por su parte, “tos seca sin gripa en el último año” fue mayor en los niños de 5 a 14 años (19.9%). La proporción de los demás síntomas como sibilancias en el último año, despertar por tos, así como el ausentismo escolar y

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

ausentismo laboral fueron mayores en los menores de 5 años. Es de mencionar que en los últimos tres años estos síntomas han aumentado, alcanzando las mayores proporciones para el presente periodo de análisis, es decir, 2023, este incremento en la morbilidad puede estar asociado a la postpandemia, que, con lo mencionado al inicio de este capítulo, como la reducción de la inmunidad, los factores climáticos y la reactivación de virus, entre otros factores, pueden aumentar estas afectaciones en la salud respiratoria de la población más sensible.

Tabla 12-2. Tabla 12-2 Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años.

Síntomas	Menores de 5 años (n=3159)		Niños de 5 a 14 años (n= 5164)		Total, menores de 14 años (n=8323)	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sibilancia en el último año	266	8.4	151	2.9	417	5.0
Tos seca sin gripa en el último año	375	11.9	1026	19.9	1401	16.8
*Síntomas sin gripa en el último año	747	23.6	1250	24.2	1997	24.0
Despertar por tos en el último mes	302	9.6	318	6.2	620	7.4
**Ausentismo escolar	210	16.4	655	12.8	865	13.5
***Ausentismo laboral	205	6.5	278	5.4	483	5.8

* Los síntomas sin gripa corresponden a mocos, lagrimeo, nariz tapada, rasquiña en los ojos cuando no hay presencia de gripa.

**El ausentismo escolar se calcula a partir de los niños que asisten o asistieron a institución educativa en el último año.

***Ausentismo laboral del padre o cuidador del niño.

En los adultos mayores, el síntoma “Sibilancia en el último mes” alcanzó una proporción del 4.6% (117/2522) y el indicador de impacto despertar por tos fue de 5.7% (144/2522); los cuales también presentaron un aumento para el 2023 en comparación con los dos años anteriores.

Por otra parte, la vigilancia realiza seguimiento al consumo de tabaco en los hogares y a la exposición al humo de tabaco, como factor intramural relacionado con la presencia de enfermedad respiratoria y cardiovascular, entendiéndose que el tabaquismo además de ser un factor de riesgo modificable para las enfermedades crónicas no transmisibles, por sí mismo se considera como una enfermedad crónica, que requiere tratamiento por la dependencia que produce a la nicotina contenida en el tabaco o sus derivados. No obstante, es una enfermedad prevenible, tratable y recuperable ²⁵.

²⁵ Ministerio de Salud y Protección Social. Programa Nacional de cesación de tabaco. “AUTOCUIDATE” la App de MinSalud para las personas que han decidido dejar de fumar. 31 de mayo de 2021. Disponible en <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/AUTOCUIDATE-la-App-de-MinSalud-para-las-personas-que-han-decenido-dejar-de-fumar.aspx#:~:text=Comunicaciones->

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La Figura 12-7 Proporciones por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años. presenta la proporción por exposición al humo de tabaco, encontrando que el 1.4% de los menores de 14 años se encuentran expuestos al tabaquismo pasivo en sus hogares disminuyendo con respecto al año anterior, cuya proporción fue del 2.2%, así mismo, el tabaquismo en el hogar, es decir, que alguna persona que vive o está en contacto con el menor fume, también presentó una leve disminución pasando del 21.0% en el año 2021 al 20.9% en el 2023. El tabaquismo pasivo aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias como asma y bronquiolitis influyendo tanto en la frecuencia de la enfermedad como en su gravedad, también se ha asociado causalmente la exposición al humo de tabaco con el incremento del riesgo de muerte súbita inexplicable del lactante y sus capacidades de desarrollo neurológicas (alteraciones cognitivas). A largo plazo se pueden presentar otros problemas de adicción, déficit de atención y retrasos escolares²⁶.

El 0.7% de los niños estuvieron expuestos al tabaco durante la gestación; la exposición al tabaco en el útero se asocia con un menor crecimiento fetal, una disminución en el peso al nacer y un incremento significativo de nacimientos con bajo peso. Los menores expuestos nacen con una disminución en la función pulmonar, riesgo aumentado de asma, bronquitis y sibilancias. También puede provocar sobrepeso u obesidad y aumento de peso rápido en la infancia, lo que eleva el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 en la adultez temprana²⁷.

Por su parte, 15 (0,2%) de los cuidadores de menores de 14 años encuestados en el periodo 2023, refirieron haber consumido nuevos dispositivos de tabaco, como son los Sistemas Electrónicos de Administración de Nicotina (SEAN) y Sin Nicotina (SSSN); y Productos de Tabaco Calentados (PTC). El Ministerio de Salud y Protección Social informa que, aunque en los últimos cinco años el consumo ha bajado en un 21,5%, hay un preocupante aumento entre los más jóvenes relacionado con la poca reglamentación sobre los nuevos dispositivos de tabaco²⁸.

En los adultos mayores se obtuvo una proporción de tabaquismo pesado (consumo de más de 10 paquetes de cigarrillos diarios por año) de 15.1%, problemática que disminuyó respecto al año anterior cuya proporción fue del 15.6%; este indicador es utilizado para calcular el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y diabetes tipo II. Respecto a la información captada sobre este hábito en las encuestas aplicadas en las temáticas de ruido (adolescentes de 11 a 17 años y adultos de 18 a 64 años) y radiación electromagnética (adultos de 18 a 55 años), es preciso señalar que este consumo es mayor en el grupo de 18 a 64 años de edad encuestado en ruido, como también puede observarse en la Figura 12-8.

En el caso de Colombia el tabaco no solo hace parte de uno de los consumos más problemáticos que se tiene como sociedad, en donde uno de cada tres colombianos y colombianas ha fumado

,%E2%80%9CAUTOCUIDATE%E2%80%9D%20la%20App%20de%20MinSalud%20para%20las%20personas%20que,han%20decidido%20dejar%20de%20fumar&text=%E2%80%8BE%20la%20aplicaci%C3%B3n%20los,motivaci%C3%B3n%20para%20dejar%20de%20consumir

²⁶ Tabaquismo pasivo en el niño. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1245178914672723>

²⁷ Efectos fetales y posnatales del tabaquismo durante el embarazo. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000200068

²⁸ Ministerio de Salud y Protección Social. 2023. Cada año, más de 34.800 muertes en Colombia están relacionadas con el consumo de productos de tabaco. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Cada-anno-mas-de-34-800-muertes-en-Colombia-estan-relacionadas-con-el-consumo-de-productos-de-tabaco.aspx#:~:text=Tabaquismo%20en%20Colombia&text=Este%20consumo%20se%20concentra%20particularmente,han%20alertado%20ant>

e%20esta%20situaci%C3%B3n.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

alguna vez en su vida, sino que cada año mueren más de 34.800 personas por enfermedades atribuibles al tabaquismo. Aunque el tabaco sea una sustancia psicoactiva legal, sus efectos sobre la salud pública son más que evidentes: es la primera causa prevenible de muerte y enfermedad en el mundo, y diversos tipos de cáncer, enfisema pulmonar obstructivo crónico (EPOC), enfermedades cardiovasculares y hasta deterioro de la salud mental están directamente relacionados con el uso generalizado de productos derivados de esta planta²⁹. Las enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco representan un costo directo anual al sistema de salud de más de 4.5 billones de pesos, la recaudación del impuesto por la venta de cigarrillos cubre solamente un 10% de este gasto³⁰.

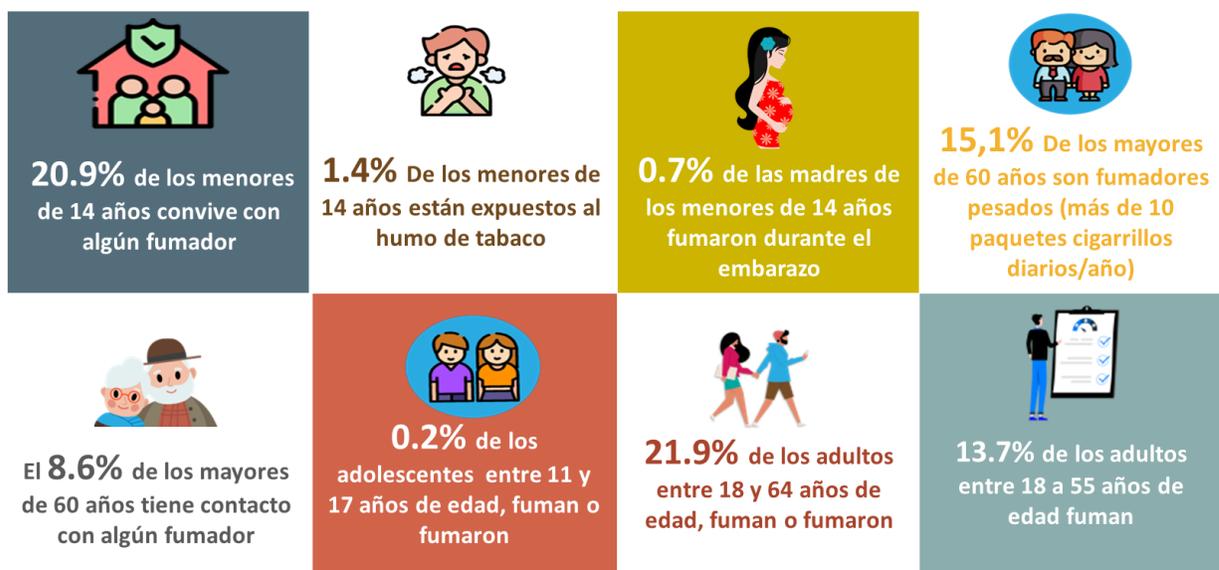


Figura 12-7 Proporciones por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años. Bogotá 2023.

Menores de 5 años

Por medio del análisis bivariado se identificaron posibles asociaciones para la presencia de algunos síntomas en este grupo de edad, entre las más destacadas se encuentran las condiciones de salud del menor y de los padres, así como factores de tabaquismo y otras condiciones intra y extradomiciliarias, identificándose en los diferentes síntomas que los antecedentes de enfermedad de bronquios/pulmones, desnutrición y obesidad ocupan las mayores razones de prevalencia. Ver Tabla 12-3.

La presencia de *sibilancias en el último año* se asoció, principalmente con vivir con alguna persona que está en contacto con tóxicos en el trabajo, con residir en vivienda con cocina no ventilada y con la humedad en la habitación del menor. Lo cual indica que los niños/as expuestos

²⁹ Ministerio de Salud. Cada año, más de 34.800 muertes en Colombia. 2023. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Cada-anno-mas-de-34-800-muertes-en-Colombia-estan-relacionadas-con-el-consumo-de-productos-de-tabaco.aspx>

³⁰ Peña, Esperanza, et al. Carga de enfermedad atribuible al uso de tabaco en Colombia y potenciales beneficios sanitarios y económicos del aumento del precio del cigarrillo mediante impuestos. 2019. Disponible en: <https://www.revistacancercol.org/index.php/cancer/article/view/31/698>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

a estos factores tienen una mayor prevalencia o proporción de presentar *sibilancias* con respecto a los niños que no tienen estos factores de riesgo.

Respecto a la *Tos sin gripa en el último año*, fue el desenlace con mayor número de exposiciones asociadas, entre las de mayor prevalencia se encuentran: madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor, tabaquismo pasivo, alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria y humedad en la habitación del menor.

Síntomas sin gripa esta variable presentó asociación principalmente con la humedad en la vivienda y en la habitación del menor, vivir con alguna persona que está en contacto con tóxicos en el trabajo y padres del menor diagnosticados con enfermedad respiratoria. Estas son algunas de las exposiciones que cuando están presentes puede generar una mayor prevalencia de este síntoma.

Despertarse por tos en el último mes, estuvo asociado principalmente con residir cerca de quemadas a cielo abierto, madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor, padres del menor diagnosticados con enfermedad respiratoria y menor dormir con la mascota.

Tabla 12-3. Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos sin gripa, síntomas sin gripa en el último año y despertarse por tos en la noche en el último mes en menores de 5 años. 2023.

Menores de 5 años			
Sibilancias en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	9.83	7.65-12.62	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	2.26	1.36-3.75	0.002
Diagnóstico de desnutrición	2.01	1.09-3.69	0.042
Diagnóstico de obesidad	2.01	3.88-6.96	0.001
Cocina no ventilada	2.00	1.20-3.33	0.009
Hongos/humedad en la habitación	1.91	1.40-2.61	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.90	1.47-2.46	0.000
Algún antecedente gestacional	1.88	1.45-2.45	0.000
Cocina compartida	1.71	1.08-2.70	0.023
Hongos/humedad en la vivienda	1.70	1.32-2.18	0.000
No lactancia materna exclusiva	1.61	1.14-2.27	0.008
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.51	1.07-2.14	0.020
Restaurantes cerca de la vivienda	1.51	1.10-2.08	0.010
Menor duerme con otra persona en la misma cama	1.35	1.06-1.70	0.011
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.32	1.03-1.69	0.057
Niños hombres	1.31	1.04-1.66	0.022
Tos seca en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Diagnóstico de desnutrición	3.41	2.41-4.84	0.000
Diagnóstico de obesidad	2.73	1.53-4.87	0.006
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.67	2.21-3.22	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.44	1.57-3,78	0.000
Tabaquismo pasivo	2.14	1.29-3.52	0.005
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	2.04	1.66-2.51	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	2.03	1.49-2.76	0.000
Hongos/humedad en la habitación	2.02	1.57-2.59	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.82	1.49-2.23	0.000
Presencia de cucarachas o roedores	1.78	1.30-2.44	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.74	1.33-2.28	0.000
Menor en contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.69	1.28-2.24	0.000
Cocina compartida	1.63	1.12-2.39	0.013
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.58	1.26-1.99	0.000
Algún antecedente gestacional	1.57	1.25-1.97	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	1.57	1.21-2.03	0.001
Parqueadero de buses, tractomulas cerca de la vivienda	1.57	1.16-2.11	0.004
Bajo peso al nacer	1.55	1.23-1.95	0.000
Reparación de vehículos cerca de la vivienda	1.38	1.06-1.80	0.016
Consumo tabaco en el hogar	1.30	1.05-1.63	0.017
Permanencia ventanas cerradas	1.24	1.00-1.54	0.051
Niños hombres	1.22	1.01-1.48	0.037

Síntomas sin gripa en el último año

Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de obesidad	1.70	1.04-2.76	0.053
Diagnóstico de bronquios/pulmones	1.69	1.48-1.92	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.59	1.39-1.81	0.000
Hongos/humedad en la habitación	1.59	1.34-1.90	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.55	1.34-1.79	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.52	1.10-2.10	0.016
Cocina compartida	1.42	1.09-1.84	0.013
Canales de agua cerca de la vivienda	1.42	1.16-1.74	0.001
Zonas de reciclaje cerca de la vivienda	1.37	1.13-1.67	0.002
Ornamentación cerca de la vivienda	1.31	1.09-1.58	0.005
Vivir cerca de alguna fuente fija	1.23	1.08-1.40	0.001
Vivir cerca de tráfico pesado	1.17	1.03-1.33	0.013
Permanencia ventanas cerradas	1.16	1.00-1.34	0.042

Despertarse por tos en la noche en el último mes

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de desnutrición	2.80	1.76-4.46	0.000
Diagnóstico de obesidad	2.54	1.25-5.14	0.027
Vivir cerca de quemas a cielo abierto	2.46	1.22-5.68	0.036
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.37	1.42-3.96	0.001
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.32	1.87-2.89	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	2.07	1.63-2.61	0.000
Dormir con las mascotas	2.00	1.08-3.70	0.043
Tabaquismo pasivo	1.99	1.09-3.62	0.043
Vivir cerca de lavandería	1.86	1.29-2.69	0.001
Hongos/humedad en la habitación	1.70	1.25-2.30	0.001
Algún antecedente gestacional	1.69	1.31-2.17	0.000
Menor en contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.58	1.14-2.20	0.006
Hongos/humedad en la vivienda	1.50	1.18-1.91	0.001
Construcciones cerca de la vivienda	1.39	1.08-1.74	0.008

RP: Razón de Prevalencia

Niños de 5 a 14 años

En este grupo de edad mediante el análisis bivariado realizado se identificó que, para los diferentes síntomas, los antecedentes de salud de los menores son los que presentan las mayores razones de prevalencias, entre estos el haber nacido con bajo peso, el diagnóstico de desnutrición y de bronquios/pulmones. Por su parte, el diagnóstico de enfermedades respiratorias en los padres, la madre en contacto con fumadores durante el embarazo y la exposición laboral a tóxicos por parte de alguien que conviva con el menor también pueden ser factores de riesgo para los diferentes síntomas en los menores de 5 a 14 años. En cuanto a las condiciones intradomiciliarias más representativas se encuentran residir en vivienda con cocina compartida y la humedad en la misma; y entre los factores extramurales que mayormente se asociaron a los síntomas fueron residir cerca de restaurantes, zonas de reciclaje y lavandería. Ver Tabla 12-4.

Tabla 12-4. Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos sin gripa, síntomas sin gripa en el último año y despertarse por tos en la noche en el último mes en menores de 5 a 14 años.

Niños de 5 a 14 años			
Sibilancias en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	9.81	6.95-13.84	0.000
Diagnóstico de desnutrición	5.93	3.44-10.22	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	3.62	2.48-5.30	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	3.38	1.88-6.08	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	3.22	1.07-9.68	0.047
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	3.11	2.23-4.34	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Parqueadero de buses cerca de la vivienda	2.80	1.86-4.22	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.56	1.66-3.94	0.000
Cocina compartida	2.49	1.51-4.12	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	2.38	1.65-3.43	0.000
Zona de reciclaje cerca de la vivienda	2.20	1.45-3.39	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	2.17	1.35-3.51	0.001
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.96	1.36-2.83	0.000
Bajo peso al nacer	1.92	1.30-2.85	0.001
Hongos/humedad en la vivienda	1.60	1.13-2.27	0.008
Obras de construcción cerca de la vivienda	1.52	1.01-2.27	0.040
Tos en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.20	1.98-2.46	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	2.00	1.26-3.19	0.007
Diagnóstico de desnutrición	1.92	1.43-2.59	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.92	1.65-2.24	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.79	1.39-2.31	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.71	1.51-1.95	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.62	1.44-1.82	0.000
Diagnóstico de obesidad	1.61	1.18-2.20	0.005
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.53	1.28-1.82	0.000
Hongos/humedad en la habitación	1.53	1.30-1.80	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.49	1.23-1.79	0.000
Bajo peso al nacer	1.42	1.23-1.65	0.000
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.29	1.12-1.48	0.001
Zona de reciclaje cerca de la vivienda	1.29	1.08-1.54	0.005
Material de las paredes*	1.28	1.01-1.62	0.045
No lactancia materna exclusiva	1.27	1.06-1.51	0.008
Cocina compartida	1.26	1.00-1.58	0.054
Dormir con otra persona en la misma cama	1.25	1.11-1.41	0.000
Vivir cerca de construcciones	1.19	1.06-1.35	0.004
Restaurantes cerca de la vivienda	1.18	1.00-1.38	0.042
Síntomas sin gripa en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de desnutrición	1.98	1.55-2.53	0.000
Diagnóstico de bronquios/pulmones	1.74	1.57-1.92	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.52	1.29-1.78	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.49	1.32-1.67	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	1.47	1.30-1.66	0.000
Diagnóstico de obesidad	1.46	1.10-1.95	0.015
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.46	1.13-1.88	0.006
Ornamentación cerca de la vivienda	1.39	1.22-1.60	0.000
Material de las paredes*	1.35	1.10-1.65	0.005
Hongos/humedad en la vivienda	1.32	1.19-1.48	0.000
Reparación de vehículos cerca de la vivienda	1.31	1.15-1.51	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.28	1.08-1.51	0.005
Hongos/humedad en la habitación	1.28	1.10-1.50	0.002
Bajo peso al nacer	1.25	1.10-1.44	0.001
Secado ropa intradomiciliaria	1.23	1.12-1.36	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.23	1.04-1.46	0.019
Canales de agua cerca de la vivienda	1.22	1.03-1.44	0.021
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.21	1.07-1.38	0.003
Despertarse por tos en la noche en el último mes			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	3.52	2.42-5.11	0.000
Cocina compartida	2.85	2.09-3.90	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	2.76	1.40-5.44	0.009
Diagnóstico de desnutrición	2.69	1.58-4.57	0.002
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.58	2.08-3.19	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.49	1.43-4.35	0.005
Hongos/humedad en la habitación	2.49	1.89-3.27	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	2.31	1.72-3.11	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.23	1.65-3.01	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	2.19	1.76-2.73	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.92	1.49-2.46	0.000
Cocina no ventilada	1.83	1.08-3.10	0.024
Material de las paredes*	1.80	1.20-2.69	0.004
Bajo peso al nacer	1.72	1.31-2.26	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.61	1.12-2.32	0.010
Restaurantes cerca de la vivienda	1.48	1.11-1.97	0.007
Permanencia ventanas cerradas	1.31	1.01-1.70	0.038

RP: Razón de Prevalencia

*Material paredes: se considera de riesgo "Ladrillo/Madera/Bahareque/Piedra/Metal/Cemento sin pintar".

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Mayores de 60 años

Para esta población los resultados del análisis bivariado mostraron asociación estadística principalmente con factores de exposición al tabaquismo de acuerdo con los 3 síntomas analizados a continuación. Es importante destacar que la dificultad respiratoria es el síntoma que tiene más factores de riesgo asociados, entre ellos los relacionados con el combustible utilizado para cocinar como leña y carbón. También se puede identificar que la mayor afectación en este grupo de edad tiene asociación con exposiciones acumuladas durante su vida, ejemplo la exposición a tóxicos durante el tiempo laborado. Ver Tabla 12-5.

Tabla 12-5. Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos y dificultad respiratoria en adultos mayores de 60 años.

Personas de 60 años y mas			
Sibilancias en el último mes			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Material de los pisos**	2.02	1.32-3.10	0.001
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.86	1.28-2.72	0.001
No realizar actividad física	1.81	1.26-2.60	0.001
Material de las paredes*	1.76	1.09-2.87	0.021
Combustible carbón para cocinar	1.73	1.10-2.74	0.017
Combustible leña para cocinar	1.56	1.09-2.22	0.013
Tos			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.86	1.54-2.24	0.000
Combustible leña para cocinar	1.51	1.27-1.80	0.000
Contacto con fumadores en el pasado	1.33	1.11-1.58	0.002
Espacio cerrado de exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.31	1,04-1.65	0.016
No realizar actividad física	1.31	1.10-1.56	0.002
Combustible cocinol para cocinar	1.21	1.01-1.44	0.031
Dificultad respiratoria			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Haber vivido la mayoría del tiempo en vivienda compartida	1.96	1.11-3.48	0.051
Combustible carbón para cocinar	1.78	1.44-2.20	0.000
Combustible leña para cocinar	1.78	1.49-2.11	0.000
Combustible cocinol para cocinar	1.68	1.42-2.00	0.000
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.50	1.26-1.79	0.000
Contacto con fumadores en el pasado	1.48	1.25-1.76	0.000
Establecimiento de ornamentación cerca de la vivienda	1.43	1.11-1.84	0.007
Contacto con fumadores en el presente	1.33	1.02-1.74	0.036
No realizar actividad física	1.33	1.12-1.58	0.001
Tabaquismo pesado***	1.30	1.04-1.61	0.019
Material de los pisos**	1.30	1.02-1.64	0.032
Tráfico pesado	1.19	1.00-1.42	0.047

*Material paredes: se considera de riesgo Ladrillo/Madera/Bahareque/Piedra/Metal/Cemento sin pintar”.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

**Material pisos: Alfombra/Tierra/Caucho corrugado/Cemento/Ladrillo/Madera.

***Un índice de un paquete/año equivale a fumar un paquete de cigarrillos cada día durante un año. Un resultado de 10 o más se considera tabaquismo pesado.

12.2. VIGILANCIA AMBIENTAL

La Secretaría Distrital de Salud realiza el análisis del comportamiento y la dinámica de calidad del aire en la ciudad, a partir de los datos reportados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, comparando las concentraciones presentadas, teniendo en cuenta las recomendaciones de la Guía de Calidad del Aire y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) de la Organización Mundial de Salud- OMS.

Calidad del aire extramural

La guía de calidad del aire de la OMS tiene como objetivo, orientar a las ciudades sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud, mediante el cumplimiento de los objetivos y el valor recomendado, para concentraciones promedio de 24 horas y promedio anual para contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}, con lo cual al alcanzar dichos valores se disminuiría la exposición y los posibles efectos a la salud causados por la contaminación del aire en la población; según lo indica la guía de la OMS, el seguimiento a los valores guía para la media de 24 horas, protegerá frente a niveles máximos de contaminación que de otra manera determinarían un exceso sustancial de morbilidad o de mortalidad en la población expuesta³¹, por tal motivo se realiza el análisis a las excedencias presentadas con respecto a los valores guía dados por la OMS.

Para efectos del análisis de las concentraciones presentadas, se tiene que para el año 2023, se contó con 17 estaciones de monitoreo, algunas de ellas no contaron con la representatividad mínima del 75% para promedios anuales, como se indicará más adelante.

Material particulado PM₁₀ en Bogotá 2023

Con respecto a la concentración de PM₁₀, las estaciones con mayores concentraciones durante 2023, fueron Móvil Fontibón con 53.1 µg/m³, Kennedy 41.0 µg/m³ y Ciudad Bolívar 40.0 µg/m³, donde se observa que la estación Móvil Fontibón, superó el valor máximo permisible para una concentración promedio anual de 50 µg/m³, indicado en la Resolución nacional 2254 de 2017, de igual manera dicha resolución contempla una meta de reducción al año 2030 de 30 µg/m³, en donde 9 de las 17 estaciones registraron un promedio igual o inferior a 30 µg/m³. Figura 12-9.

Por otra parte, teniendo en cuenta el valor recomendado por la Guía-OMS para promedio anual de 15 µg/m³, todas las estaciones se encontraron por encima de dicho valor recomendado, la estación Colina fue la que presentó la menor concentración anual de 20.5 µg/m³.

Cabe mencionar que las estaciones de Carvajal-Sevillana, Móvil 7ma y Bosa, no contaron con datos representativos para promedios anuales.

³¹ Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

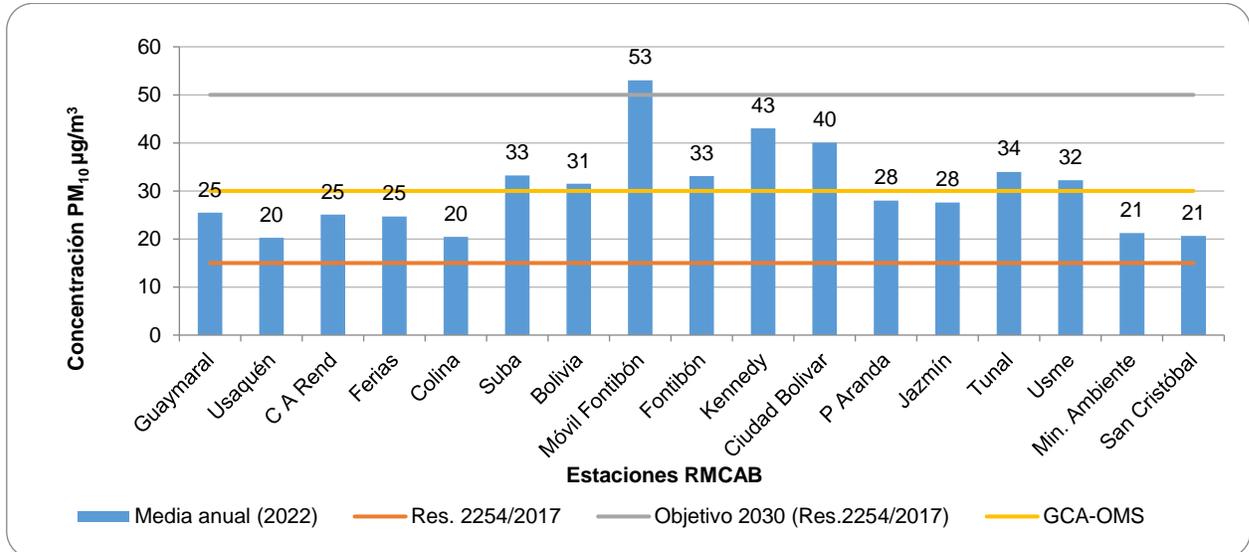


Figura 12-8 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM_{10} , para estaciones de la RMCAB, 2023.

Al revisar el promedio de 24 horas, la Guía-OMS recomienda una concentración media de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se observa que, durante el año 2023, se presentaron 961 excedencias en las 17 estaciones, principalmente en las estaciones al sur y occidente de la ciudad; las estaciones que registraron el mayor porcentaje de excedencias fueron Móvil Fontibón (65,9%), Kennedy (41.1%), Ciudad Bolívar (36,0%), Tunal (23,1%) y Suba (19,3%), como se muestra en la Figura 12-10.

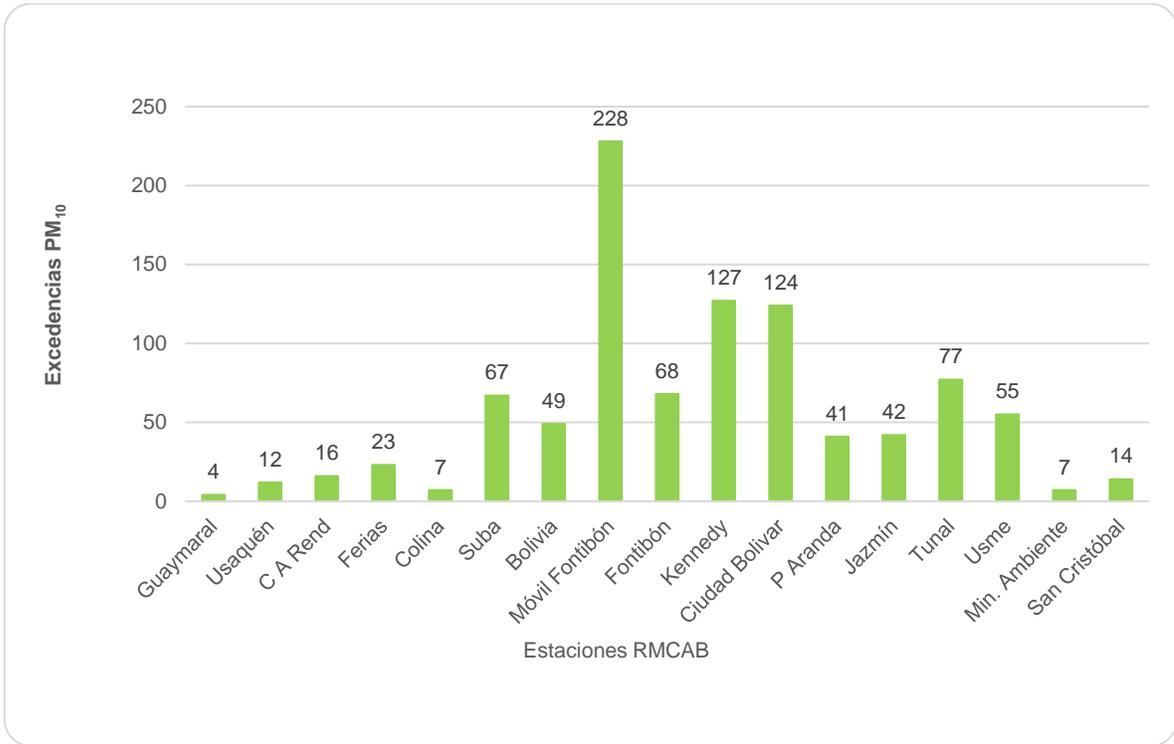


Figura 12-9 Excedencias de concentraciones de PM₁₀, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB, 2023.

Por otra parte, al revisar el comportamiento mensual, se puede observar en la Figura 12-11 que, entre febrero y marzo, así como entre octubre y diciembre, se presentaron el mayor porcentaje de excedencias y, por tanto, fueron los meses con mayores concentraciones promedio diarias.

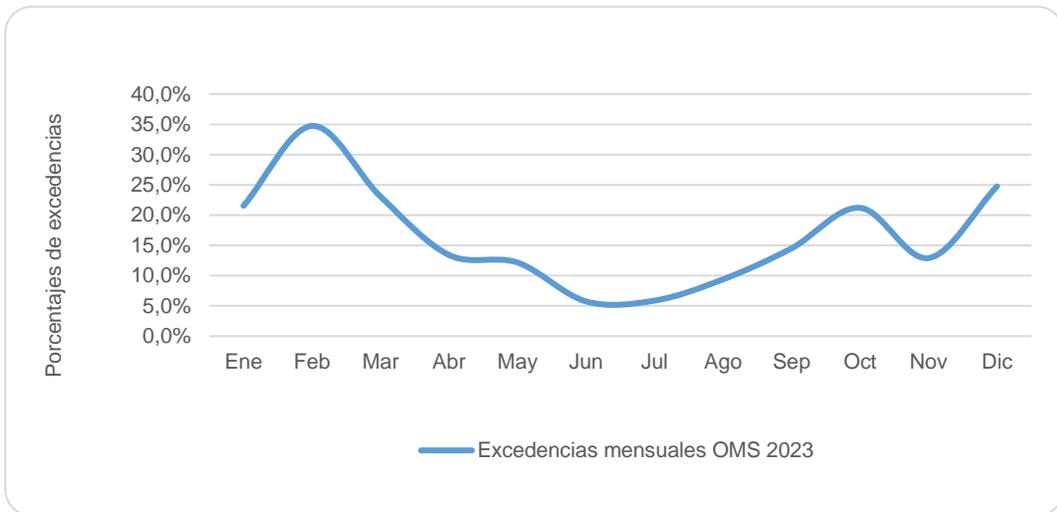


Figura 12-10 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM₁₀, en Bogotá, 2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la Tabla 12-6 se presenta el porcentaje de excedencias de PM₁₀, teniendo en cuenta los objetivos intermedios de la Guía OMS para concentraciones de 24 horas; para primer objetivo (OI-1), el 100% de las estaciones cumplieron el objetivo, respecto al OI-2 el 88.2% de las estaciones cumplieron, respecto al OI-3 el 58.8% de las estaciones cumplieron, y respecto al objetivo 4 y la Guía-OMS ninguna estación se encuentra por debajo de dicho valor recomendado, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias fueron Móvil Fontibón y Kennedy.

Tabla 12-6. Porcentaje excedencias de PM₁₀ para concentraciones promedio de 24hr, respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) por estación de la RMCAB, 2023.

PM ₁₀ EXCEDENCIA S OMS 2023	% CON RESPECT O AL OI-1 150µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-2 100µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-3 75µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-4 50µg/m ³	% CON RESPECT O A LA GUIA OMS 45µg/m ³
Guaymaral	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,2%
Usaquén	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	3,4%
C A Rend	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	5,3%
Ferías	0,0%	0,0%	0,0%	2,9%	6,7%
Colina	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	2,1%
Suba	0,0%	0,0%	0,3%	11,5%	19,3%
Bolivia	0,0%	0,0%	0,0%	8,9%	16,2%
Móvil					
Fontibón	0,0%	0,3%	13,0%	56,4%	65,9%
Fontibón	0,0%	0,0%	1,4%	12,0%	18,9%
Kennedy	0,0%	0,0%	2,9%	31,4%	41,1%
Ciudad Bolívar	0,0%	0,3%	4,7%	30,2%	36,0%
P Aranda	0,0%	0,0%	0,0%	5,2%	11,9%
Jazmín	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	12,0%
Tunal	0,0%	0,0%	0,9%	18,0%	23,1%
Usme	0,0%	0,0%	0,3%	10,9%	16,2%
Min. Ambiente	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	2,4%
San Cristóbal	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	3,9%

En la Figura 12-12 se muestra en las barras azules la concentración anual de PM₁₀ de los últimos 5 años en Bogotá y en líneas los objetivos intermedios de la OMS para la media anual; respecto al objetivo 1 (OI-1) de 70 µg/m³, y al objetivo 2 (OI-2) de 50 µg/m³, todos los años han presentado concentraciones medias por debajo del valor recomendado, sin embargo, para el objetivo 3 (OI-3) de 30 µg/m³, el año 2023 fue el año que presentó menor concentración en los últimos 5 años, cabe mencionar que el valor de promedio de 30 µg/m³, también corresponde a la meta de la Resolución 2254 de 2017 para el año 2030. Finalmente, frente al objetivo 4 y el valor Guía-OMS, falta reducir las concentraciones para alcanzar dichos valores promedio.

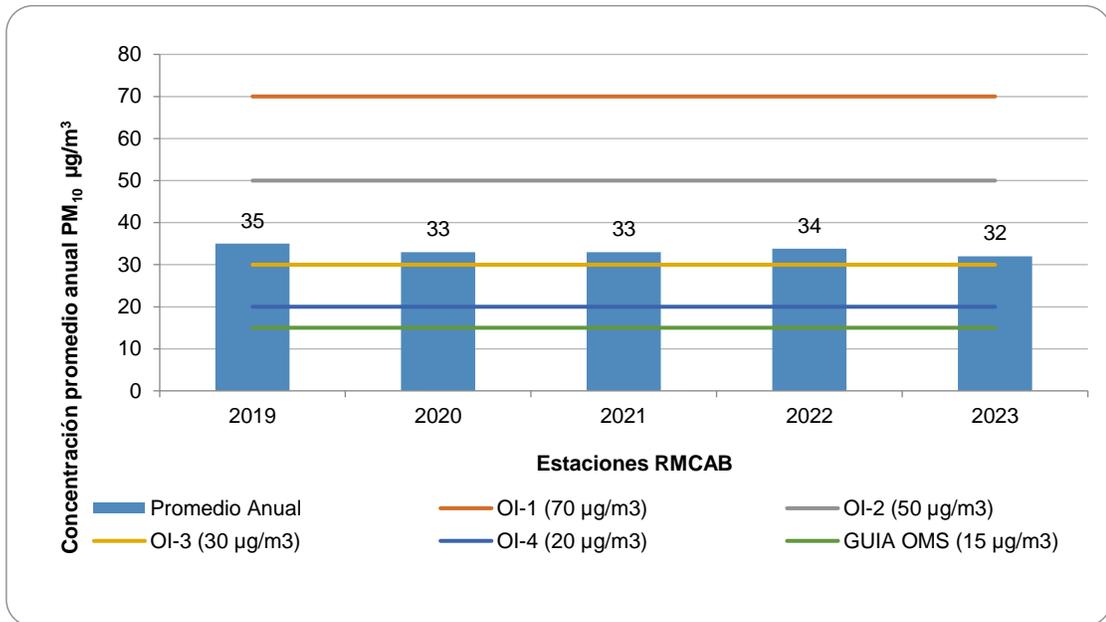


Figura 12-11 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS, para exposición anual, de PM₁₀ Bogotá 2019-2023.

En la Figura 12-13 se muestra el porcentaje de excedencias mensuales, de los últimos 5 años, donde se puede observar que el año 2019, presentó mayor porcentaje de excedencias, así mismo se observa la tendencia a presentar dos picos de altas concentraciones, principalmente entre los meses de enero a marzo y entre noviembre y diciembre, mientras que entre abril y agosto se presentan menos excedencias. Por otra parte, el año 2021, presentó menor porcentaje de excedencias respecto a años anteriores durante el primer trimestre, mientras que durante mayo y junio presentó un aumento, y hacia el último trimestre se presentaron más excedencias respecto al mismo periodo de años anteriores.

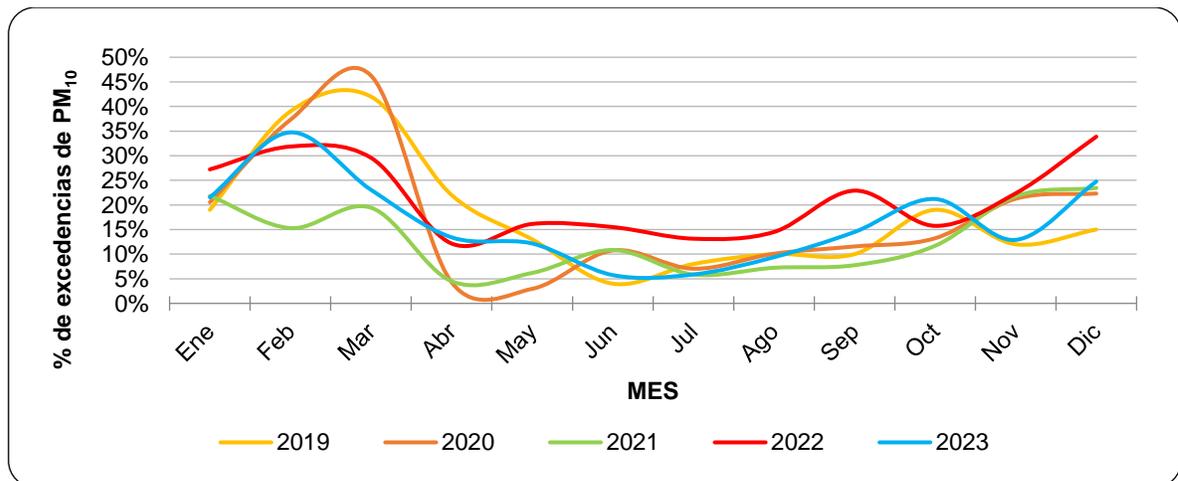


Figura 12-12 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2019-2023.

Material Particulado PM_{2.5} en Bogotá 2023

En Figura 12-14, se presenta el promedio de concentración anual de las estaciones de la RMCAB durante el año 2023, donde se observa que las estaciones con mayores concentraciones fueron Kennedy, Móvil Fontibón, Tunal, Fontibón y Ciudad Bolívar, principalmente las estaciones al sur y occidente de la ciudad; ahora bien, al comparar con el valor permisible de la Resolución 2254 de 2017 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ninguna estación superó dicho valor; por otra parte, se observa que, 11 estaciones presentaron concentraciones promedio anual por debajo de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cumpliendo con la meta para el año 2030 de la resolución 2254 de 2017. No obstante, teniendo en cuenta el valor recomendado por la Guía-OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ninguna estación se encuentra cumpliendo con dicho valor.

Las estaciones de Bosa, Carvajal-Sevilla y Móvil 7ma no contaron con la representatividad del 75% para promedio anual.

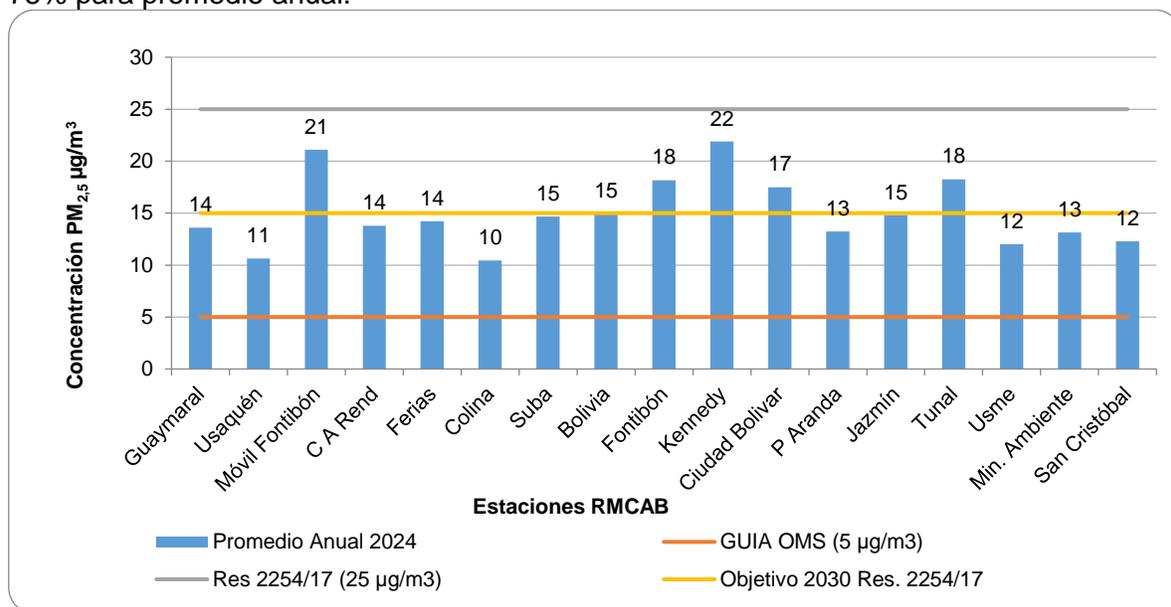


Figura 12-13 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM_{2.5} para estaciones de la RMCAB, 2023.

La Figura 12-15 presenta las excedencias para concentraciones diarias de PM_{2.5}, presentadas durante el año 2023 y teniendo en cuenta el valor recomendado de la Guía-OMS de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se observa que, se presentaron 2580 excedencias en las 17 estaciones, las estaciones que registraron el mayor porcentaje de excedencias fueron Kennedy (73.9%), Móvil Fontibón (72.8%), Fontibón (61.9%), Tunal (57.5%) y Bolivia (54.4%).

Cabe mencionar que la estación Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma, reportó información solo entre agosto y diciembre y la estación de Bosa no reportó datos durante el año 2023.

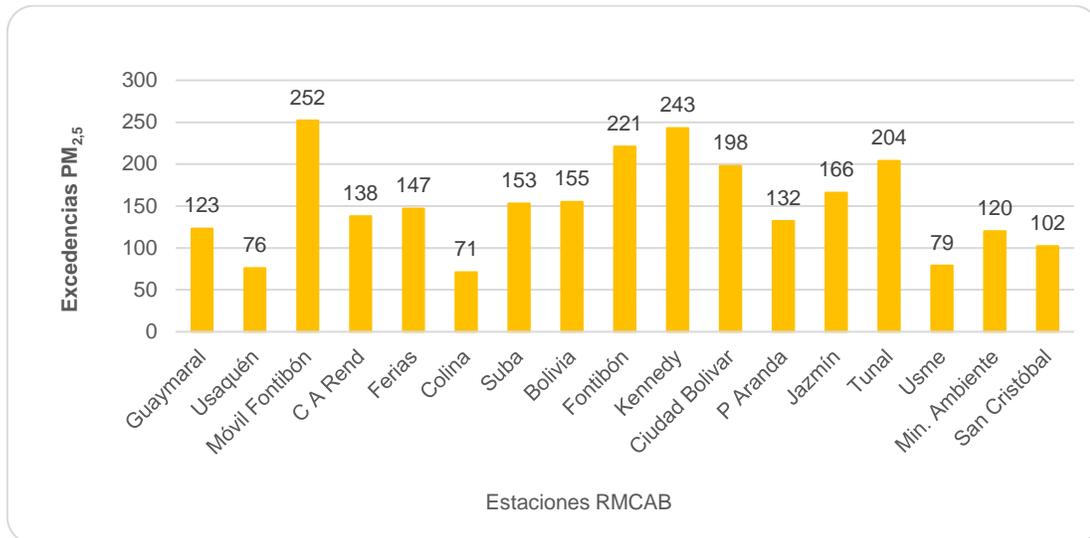


Figura 12-14 Excedencias de PM_{2,5}, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB, 2023.

Además, al revisar el comportamiento mensual, se puede observar en la Figura 12-16 que, durante el periodo enero - abril, así como entre septiembre a diciembre se presentaron el mayor porcentaje de excedencias y por tanto fueron los meses con mayores concentraciones promedio diarias.

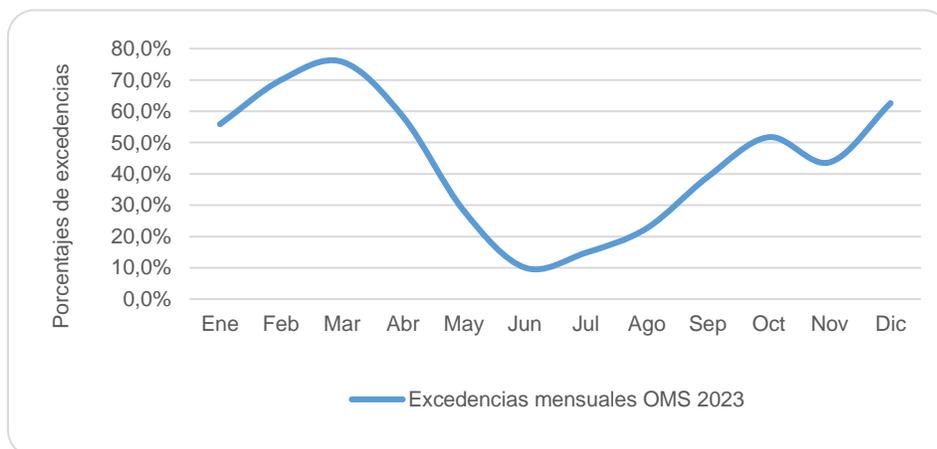


Figura 12-15 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM_{2,5}, en Bogotá, 2023.

En la Tabla 12-7, se presenta el porcentaje de excedencias de PM_{2,5}, teniendo en cuenta los objetivos intermedios de la Guía OMS para concentraciones de 24 horas, donde se tiene que para primer objetivo (OI-1), el 100% de las estaciones cumplieron el objetivo, respecto al OI-2 el 94,1% de las estaciones cumplieron con el objetivo, respecto al OI-3 el 41,2% de las estaciones cumplieron con el objetivo, y respecto al objetivo 4, ninguna de las estaciones cumplió dicho objetivo, así como con el valor Guía-OMS, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias se encuentran Kennedy, Móvil Fontibón, Fontibón y Tunal.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 12-7. Porcentaje excedencias de $PM_{2.5}$ para concentraciones promedio de 24 hr, respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) por estación de la RMCAB, 2023.

PM_{2.5} EXCEDENCIAS S OMS ENERO A DICIEMBRE 2023	% CON RESPECTO O AL OI-1 75µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-2 50µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-3 37,5µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-4 25µg/m³	% CON RESPECTO A LA GUÍA OMS 15µg/m³
Guaymaral	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%	34,9%
Usaquén	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	22,9%
Móvil					
Fontibón	0,0%	0,0%	4,6%	29,8%	72,8%
C A Rend	0,0%	0,0%	0,3%	9,6%	38,8%
Ferías	0,0%	0,0%	0,0%	8,2%	41,5%
Colina	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	20,2%
Suba	0,0%	0,0%	0,3%	9,0%	43,2%
Bolivia	0,0%	0,0%	0,0%	14,0%	54,4%
Fontibón	0,0%	0,0%	1,1%	18,5%	61,9%
Kennedy	0,0%	0,6%	7,0%	35,3%	73,9%
Ciudad Bolívar	0,0%	0,0%	2,5%	23,1%	54,4%
P Aranda	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	36,8%
Jazmín	0,0%	0,0%	0,6%	13,4%	46,2%
Tunal	0,0%	0,0%	2,8%	22,0%	57,5%
Usme	0,0%	0,0%	0,3%	5,6%	24,4%
Min. Ambiente	0,0%	0,0%	0,3%	7,8%	33,2%
San Cristóbal	0,0%	0,0%	0,0%	5,8%	31,4%

En la Figura 12-17 se presenta la concentración promedio anual de los últimos 5 años, donde se observa una concentración promedio de $17.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, presentándose la menor concentración en el año 2021 ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$); al comparar con los objetivos intermedios de la OMS, se observa que las concentraciones han cumplido con el objetivo 1 y 2, respecto a los objetivos 3 y 4 y para el valor Guía-OMS, no se cumple para ningún periodo analizado.

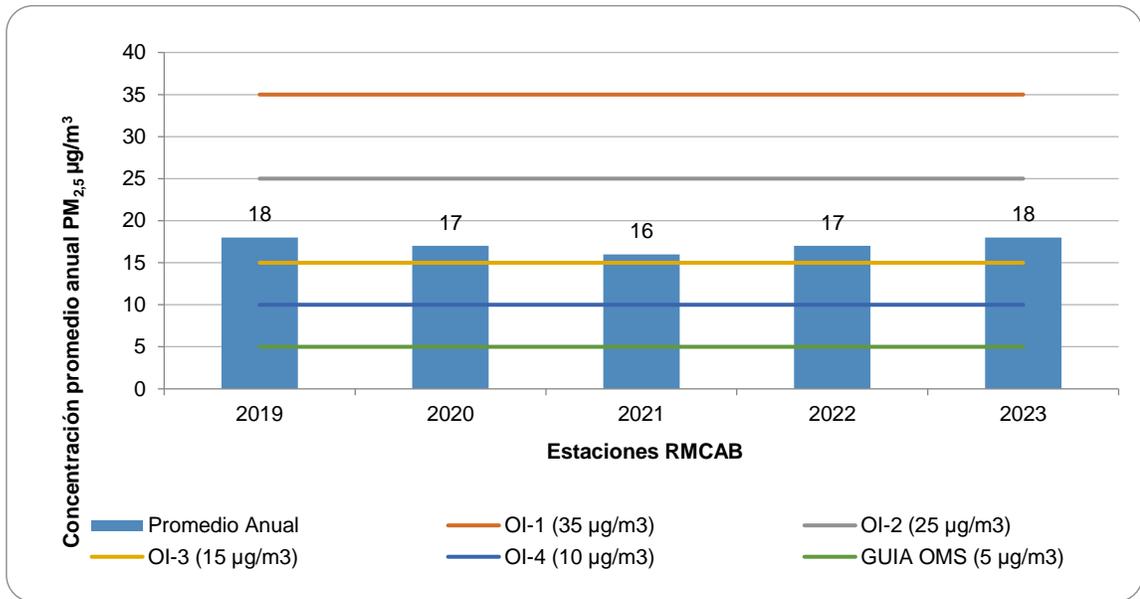


Figura 12-16 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS para exposición anual, para material particulado PM_{2.5} Bogotá 2019 - 2023.

En la Figura 12-18 se muestra el porcentaje de excedencias mensuales, de los últimos 5 años, donde se observa que el año 2021, presentó el menor porcentaje de excedencias, sin embargo, el año 2022 presentó mayores excedencias respecto a los años anteriores y al igual que el PM₁₀, se observa la tendencia a presentar periodos de altas concentraciones, como lo es febrero, marzo, noviembre y diciembre, mientras que entre junio y julio presentan menos excedencias.

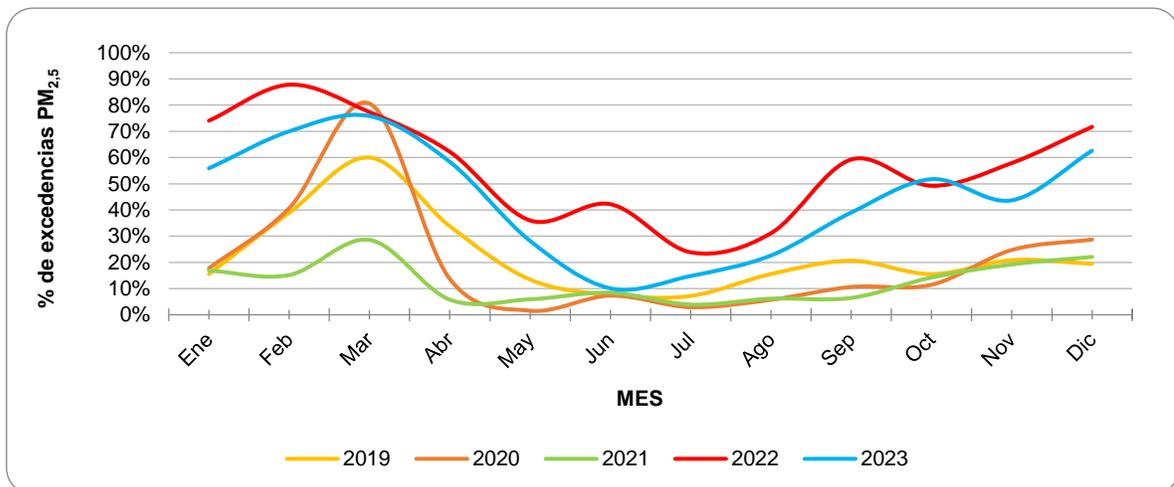


Figura 12-17 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM_{2.5} respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2019-2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOPAE. (2001). *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelito*. Bogotá D.C.
- Hastenrath, S. (1991). *Climate Dynamics of the Tropics*. Madison: Kluwer Academic Publisher.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*.
- Montoya, G. d., & Eslava, J. (2000). *Análisis de las condiciones que favorecen el desarrollo de la actividad convectiva de las tormentas eléctricas en la Sabana de Bogotá*. Geofísica Colombiana, 25.
- OMM. (2010). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (Vols. OMM-No 8). Ginebra, Zuisa: OMM.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

14. ANEXOS

14.1. CÁLCULOS, PROMEDIOS POR ESTACIÓN Y PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD.

Para el cálculo de los promedios anuales se usan como base los datos horarios, para obtener el promedio de concentración de un día, teniendo en cuenta la base de cálculo para los niveles máximos permisibles 24 horas para PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO₂ y 8 horas para O₃ y CO. Adicionalmente se realiza la conversión de ppb a µg/m³ para SO₂, NO₂, O₃ y CO, de acuerdo con los siguientes factores de conversión.

Tabla 14-1 Factores de conversión de ppb y ppm a µg/m³ para concentraciones de gases.

Contaminante	Multiplicar por	Para convertir
SO ₂	2.6186	ppb a µg/m ³
NO ₂	1.8804	ppb a µg/m ³
O ₃	1.9620	ppb a µg/m ³
CO	1144.9	ppm a µg/m ³

Para calcular los promedios de concentración en las estaciones se realiza mediante un promedio aritmético tradicional y para la representatividad se tiene en cuenta el promedio junto con el número de datos registrados en el periodo a analizar. Es importante indicar que para todos los cálculos se debe tener en cuenta lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire y en el documento del Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Territorial, para lo cual se debe tener como mínimo el 75% de los datos para la comparación de los valores con los niveles máximos permisibles, si no, dichas cifras deben ser consideradas como indicativas.

En el caso de las estaciones Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma su porcentaje de representatividad se vio comprometido por fallas en los aires acondicionados de las estaciones desde el 2022, junto con la estación Bolivia en el 2023 que presentó falla en el sensor de temperatura y humedad relativa interna, que generaron la invalidación de datos conforme a procedimiento PA10-PR05 "Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB". Para el año 2023 desde el área técnica del grupo de la RMCAB realizó una revisión minuciosa en los manuales de operación de los equipos de monitoreo de contaminantes criterio en cuanto a los rangos de temperatura para su operación normal, y por otro lado, se encontró que en términos de control de temperatura los equipos de material particulado, varían de acuerdo a la marca, numeral conforme el numeral 7.2.2 *Sampling Environment del Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Handbook Volume II... Datos de los parámetros de PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación en el periodo específico donde la temperatura no cumpla con los rangos de operación establecidos en los manuales de los equipos (verificar para cada marca)*, lo que permitió actualizar los criterios para validación de datos en relación con la temperatura interna de cada estación.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Así las cosas, se iniciaron las gestiones administrativas necesarias para actualizar el procedimiento interno PA10-PR05-INS1 *“Instructivo de Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”*, para indicar los lineamientos respecto a la invalidación de datos por control de temperatura. Fue así, como el 28 de julio de 2023 el procedimiento PA10-PR05 *“Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”* fue actualizado y a partir de esta fecha los datos PM₁₀ y PM_{2.5} de las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma fueron validados conforme el nuevo criterio.

Conforme a lo anterior y a la revisión por parte del personal técnico, se determinó que los datos que fueron invalidados bajo el procedimiento anterior se constituían en datos indicativos, porque la temperatura en este caso no comprometía la calidad de los mismos, sin embargo, al tener como guía el procedimiento debía darse cumplimiento a lo allí registrado y no podían ser considerados válidos al interior de la RMCAB.

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, elabora informes mensuales, trimestrales y anuales, para 2023 no fueron tenidos en cuenta en estos informes, los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} de Carvajal – Sevillana, Móvil 7ma y Bolivia, en los periodos en los que no se contaba con el procedimiento actualizado o que presentaron novedades que generaron la invalidación de datos, sin embargo, para los informes Bogotá cómo vamos (BCV), acuerdo 067, objetivos de desarrollo sostenibles (OBS), reportes de indicadores de meta de reducción de material particulado del Plan Distrital de Desarrollo, la gestión de Alertas Ambientales por contaminación del aire y las publicaciones en la plataforma del Observatorio Ambiental de Bogotá - OAB, estos datos sí fueron tenidos en cuenta de forma *“indicativa”*, con el fin de no perder o interrumpir la serie histórica, y mantener la línea base de análisis, y no generar confusión en los resultados a nivel ciudad, pues como se mencionó con anterioridad se logró identificar que los equipos operan dentro de los rangos de temperatura sugeridos por los fabricantes, es por ello, que partiendo de esta distinción, en los informes se va a observar diferencia entre los promedios y porcentaje de representatividad tal como se relaciona a continuación:

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 14-2 Resumen Datos Indicativos RMCAB para PM₁₀

Promedios por estación y representatividad sin tener en cuenta los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM10 (publicados en BCV, acuerdo 067, ODS, OAB)					Promedios por estación y representatividad con los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM10 (publicados en el informe anual de calidad del aire)				
Estación	Promedio anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h	Estación	Promedio anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³					Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³				
BOL	30,7	89%	72,3	0	BOL	31,8	80%	72,3	0
CSE	69,0	92%	123,0	124	CSE	71,5	38%	123,0	54
CDAR	25,1	84%	58,1	0	CDAR	25,1	84%	58,1	0
CBV	40,0	96%	100,6	16	CBV	40,0	96%	100,6	16
COL	20,5	95%	51,5	0	COL	20,5	95%	51,5	0
FTB	33,2	100%	85,1	5	FTB	33,2	100%	85,1	5
GYR	25,5	95%	53,0	0	GYR	25,5	95%	53,0	0
JAZ	27,6	98%	67,1	0	JAZ	27,6	98%	67,1	0
KEN	43,3	85%	92,3	10	KEN	43,3	85%	92,3	10
LFR	24,7	96%	64,6	0	LFR	24,7	96%	64,6	0
MAM	21,1	80%	56,6	0	MAM	21,1	80%	56,6	0
MOV2	53,2	96%	102,0	46	MOV2	53,2	96%	102,0	46
MOV	31,6	95%	74,3	0	MOV	31,3	41%	74,3	0
PTE	28,4	96%	66,0	0	PTE	28,4	96%	66,0	0
SCR	20,6	99%	55,8	0	SCR	20,6	99%	55,8	0
SUB	33,3	97%	75,5	1	SUB	33,3	97%	75,5	1
TUN	33,9	93%	79,6	3	TUN	33,9	93%	79,6	3
USQ	20,1	99%	61,8	0	USQ	20,1	99%	61,8	0
USM	32,2	95%	75,7	1	USM	32,2	95%	75,7	1

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 14-3 Resumen Datos Indicativos RMCAB para PM_{2.5}

Promedios por estación y representatividad sin tener en cuenta los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM _{2.5} (publicados en BCV, acuerdo 067, ODS, OAB)					Promedios por estación y representatividad con los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM _{2.5} (publicados en el informe anual de calidad del aire)				
Estación	Promedio anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h	Estación	Promedio anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³					Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³				
BOL	15,4	92%	35,3	0	BOL	16,3	81%	35,3	0
CSE	34,5	95%	60,1	125	CSE	33,8	39%	58,0	45
CDAR	13,8	98%	37,5	2	CDAR	13,8	98%	37,5	2
CBV	17,5	100%	46,6	9	CBV	17,5	100%	46,6	9
COL	10,4	96%	30,7	0	COL	10,4	96%	30,7	0
FTB	18,2	98%	40,2	4	FTB	18,2	98%	40,2	4
GYR	13,6	97%	33,5	0	GYR	13,6	97%	33,5	0
JAZ	14,8	98%	40,6	2	JAZ	14,8	98%	40,6	2
KEN	21,9	90%	56,8	24	KEN	21,9	90%	56,8	24
LFR	14,2	97%	34,1	0	LFR	14,2	97%	34,1	0
MAM	13,2	99%	39,8	1	MAM	13,2	99%	39,8	1
MOV2	21,1	95%	49,5	17	MOV2	21,1	95%	49,5	17
MOV	15,8	98%	42,2	4	MOV	13,8	42%	38,5	1
PTE	13,2	98%	35,9	0	PTE	13,2	98%	35,9	0
SCR	12,3	89%	36,4	0	SCR	12,3	89%	36,4	0
SUB	14,7	97%	37,7	1	SUB	14,7	97%	37,7	1
TUN	18,3	97%	42,7	11	TUN	18,3	97%	42,7	11
USQ	10,8	91%	34,2	0	USQ	10,8	91%	34,2	0
USM	11,9	95%	39,3	1	USM	11,9	95%	39,3	1

La información plasmada en la sección izquierda de la tabla para las filas demarcadas con color amarillo, son considerados como datos indicativos, pues como se ha mencionado en el contenido del documento estos datos son indicativos pero no se ajustan a los lineamientos de validación que se tenían en su momento por procedimiento interno, por esta razón se manejaron dos versiones de información, una que cumple con los requisitos establecidos en el procedimiento y otra que los muestra como datos indicativos que corresponden a los usados en los informes de BCV, acuerdo 067, ODS y en la plataforma Observatorio Ambiental de Bogotá - OAB.

14.2. MAPAS INDICATIVOS DE PM₁₀ y PM_{2.5}

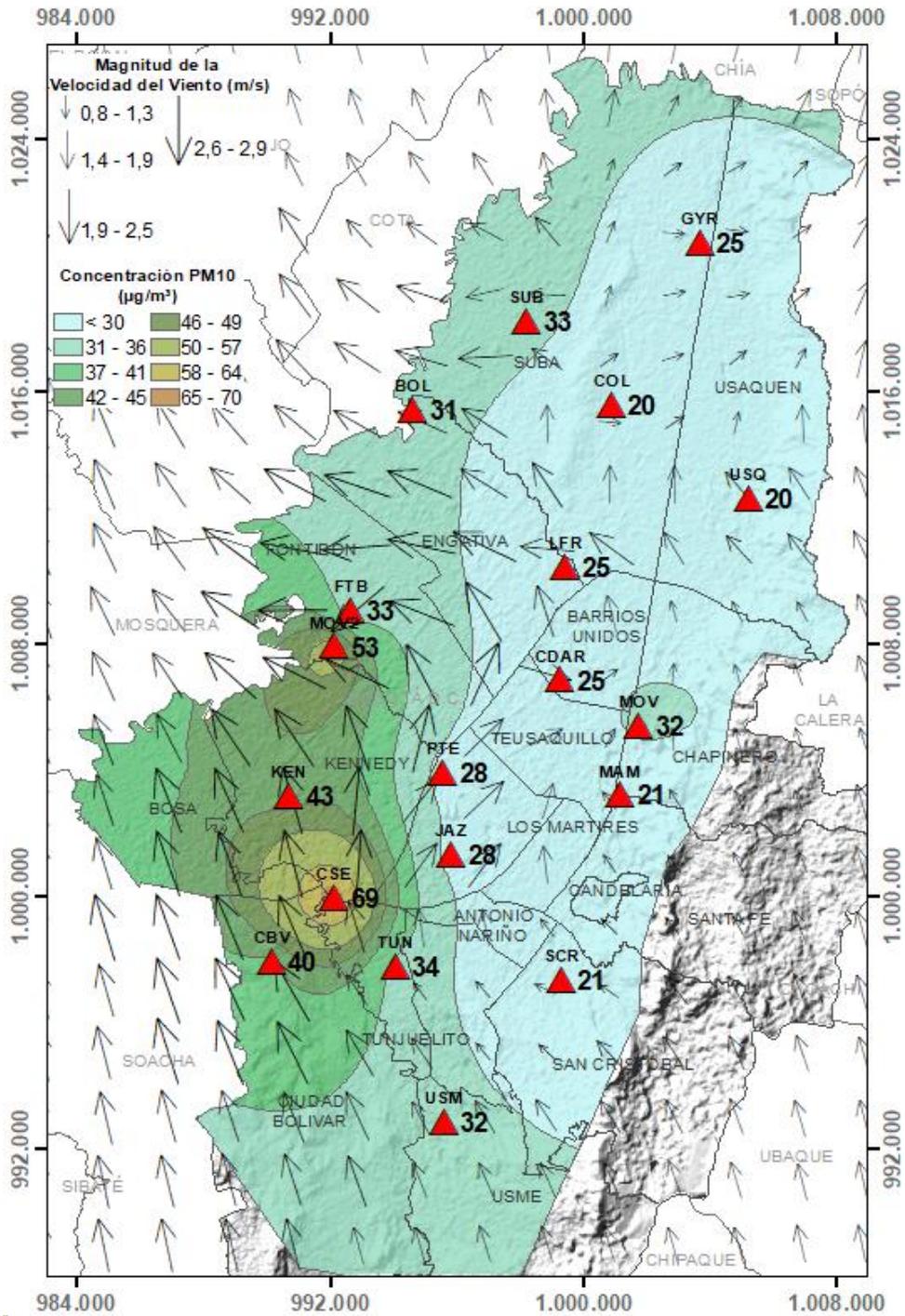


Figura 14-1

Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2023 con datos indicativos



SECRETARÍA DE AMBIENTE

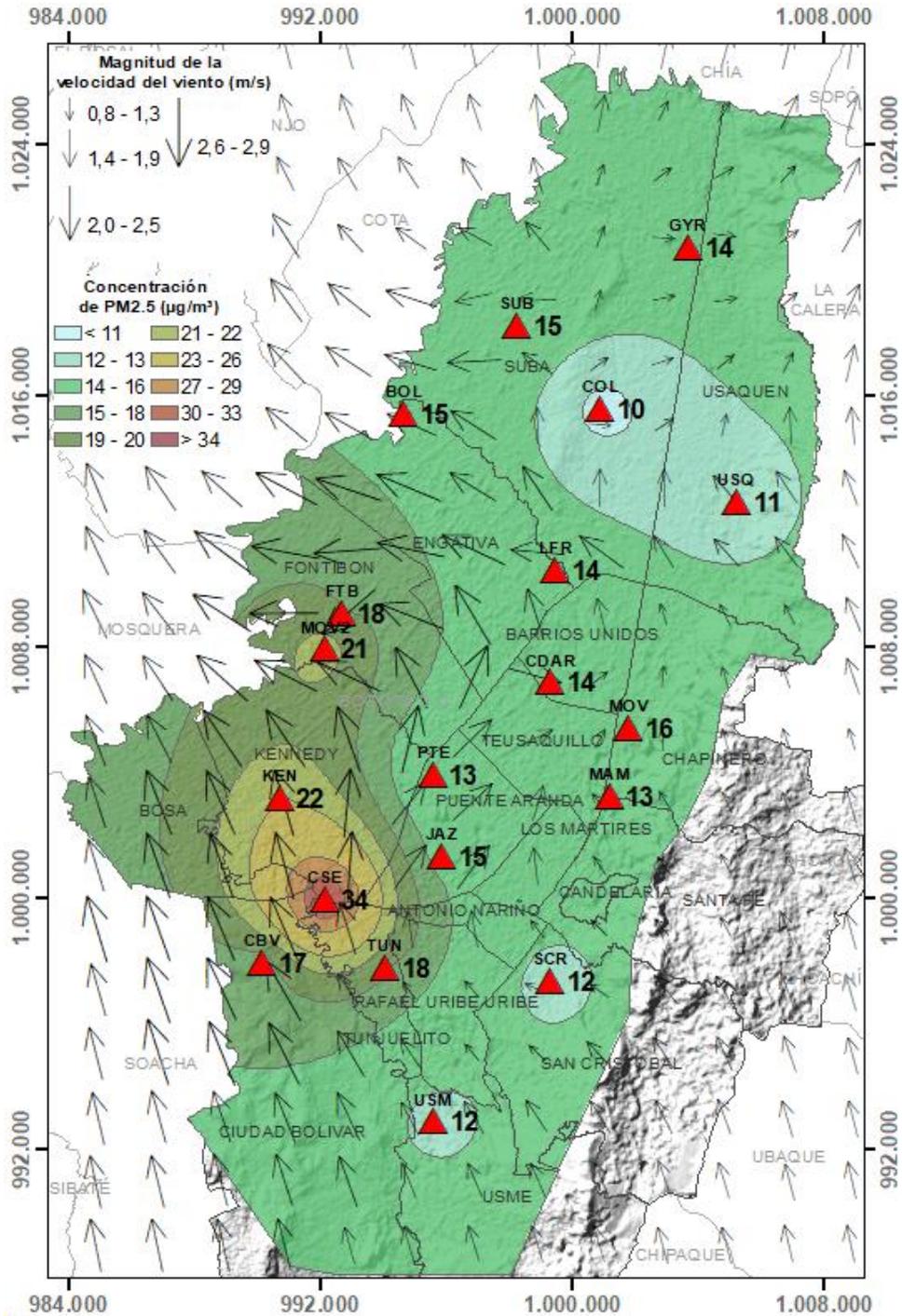


METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RM CAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8



Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2023 con datos indicativos

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

15. DECLARACIONES

Se deben incluir las siguientes declaraciones:

- ✓ *Los resultados relacionados en el presente informe anual de calidad del aire corresponden únicamente a los parámetros y variables monitoreadas por los analizadores y sensores en las estaciones de la RMCAB, adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con ítems ensayados y/o comprobados metrologicamente.*
- ✓ *El análisis realizado en el presente informe anual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 01 de enero al 31 de diciembre de 2023.*
- ✓ *En las estaciones de la RMCAB se garantizan las condiciones ambientales, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los analizadores en cada estación. Para el año 2023 la temperatura interna de las estaciones se mantuvo entre los criterios de temperatura establecidos en la mayoría de las estaciones para cumplir el procedimiento de PA10-PR05 “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB y “ PA10-PR06 “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación, analizadores de gases, monitores de partículas y sensores meteorológicos”*
- ✓ *Las concentraciones y resultados presentados en este informe de calidad del aire y en la página web se encuentran a condiciones de referencia, con el fin de que sean comparables con los niveles establecidos por la normatividad vigente.*
- ✓ *La identificación de las contribuciones a la incertidumbre de la medición de los equipos se documenta en el instructivo interno PA10-PR03-INS8 “Estimación de incertidumbre de medición de la RMCAB” y su registro se consigna en el formato interno PA10-PR03-F12 “Cálculo de Incertidumbre RMCAB”. Lo anterior se evalúa bajo una regla de decisión binaria de Aceptación Simple, en este caso el Límite de Aceptación corresponde al mismo Límite de Tolerancia, es decir el nivel máximo permisible que establece la Resolución 2254 de 2017 para cada contaminante y tiempo de exposición.*
- ✓ *Dentro del análisis del presente informe se declara la conformidad de la siguiente forma: CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean menores o iguales al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, párrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. NO CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean mayores al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, párrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. El criterio de incertidumbre se describe en los criterios de gestión metrológica.*
- ✓ *Este informe fue elaborado con base en el modelo de informe anual establecido de la RMCAB relacionado en el procedimiento interno PA10-PR04 “Análisis de datos, generación y publicación de informes de calidad del aire de Bogotá”. Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05 “Revisión y*

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Validación de datos de la RMCAB". Cabe resaltar que los procesos de monitoreo se realizan bajo los siguientes procedimientos internos, para los cuales se utiliza la última versión vigente cargada el aplicativo interno de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA "Isolucion". Así mismo se tiene en cuenta los otros procedimientos para la operación general de la RMCAB.

Código Procedimiento Interno	Nombre del Procedimiento Interno
PA10-PR02	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación analizadores, monitores de partículas y sensores meteorológicos
PA10-PR03	Aseguramiento de Calidad de los Resultados emitidos por el Laboratorio Ambiental SDA

- ✓ *La siguiente tabla presenta los factores de conversión de unidades que deben ser aplicados a las concentraciones de los gases en partes por millón (ppm) y en partes por billón (ppb) para ser convertidos a mg/m³ y µg/m³, respectivamente:*

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a µg/m ³
SO ₂	2,6186	ppb a µg/m ³
NO ₂	1,8804	ppb a µg/m ³
O ₃	1,9620	ppb a µg/m ³

- ✓ *El resultado de cada una de las conversiones se encuentra a una presión de 760 mm Hg y a una temperatura de 25°C, que son las condiciones de referencia según los términos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire.*
- ✓ *El factor de conversión se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:*

$$\text{Factor de Conversión [ppb o ppm]} = \frac{M * P}{R * T} * \frac{1}{1000} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ o } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right]$$

Donde:

M: masa molar del gas contaminante [g/mol]

P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

FIN DEL INFORME

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Descripción de la Modificación	No. Acto Administrativo y fecha
7	Se eliminan capítulos de inventarios de emisión y modelo de pronóstico de calidad del aire. El análisis de black carbon sale del capítulo de calidad del aire y pasa a tener un capítulo independiente. Se agrega un capítulo de gestiones administrativas de la RMCAB. Se agrega un capítulo de declaraciones.	Radicado No. 20211E189371 del 7 de septiembre del 2021.
8	Se incluye la dirección de la Secretaría Distrital de Ambiente en la hoja de los créditos del informe.	

Elaboró	Revisó	Aprobó
Nombre: Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez Cargo: Profesional de análisis de datos Fecha: 27/09/2022 Nombre: Luis Álvaro Hernández González Cargo: Líder Técnico RMCAB Fecha: 29/09/2022	Nombre: Hugo Enrique Sáenz Pulido Cargo: Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual. Fecha: 30/09/2022 Nombre: Rodrigo Alberto Manrique Forero Cargo: Director de Control Ambiental Fecha: 30/09/2022	Nombre: Julio Cesar Pulido Puerto Cargo: Subsecretario General Fecha: