

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá Año 2022


Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



Estación Kennedy


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá

2022

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB)

Bogotá D.C 2023

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Claudia Nayibe López Hernández
Alcaldesa Mayor de Bogotá D.C.

Carolina Urrutia Vásquez
Secretaria Distrital de Ambiente

Julio Cesar Pulido Puerto
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Rodrigo Alberto Manrique Forero
Director de Control Ambiental

Hugo Enrique Saenz Pulido
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Diego Andrés Chavarro Rodríguez
Coordinador Técnico de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

José Hernán Garavito Calderón
Profesional Especializado de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB

Ana Milena Hernández Quinchara
Coordinadora Técnica Sistema de Alertas Tempranas de Bogotá – Componente Aire (SATAB)

Eaking Alberto Ballesteros Urrutia

Edna Lizeth Montealegre Garzón

Jennyfer Montoya Quiroga

Karen Lorena Londoño Murcia

Equipo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas

Henry Ospino Dávila

Luz Dary González González

Jesús Alberto Herrera Dallos

Luis Hernando Monsalve Guiza
Hamilton Andrés Bravo Arandía
Equipo de Operación de la RMCAB

Maria Camila Buitrago Jiménez
Luisa Fernanda Osorio Marín
Lady Mateus Fontecha
Karen Viviana Pinzón Acosta
Profesionales Componente Aire (SATAB)

Secretaría Distrital de Salud -

Ana Cecilia Gálvez Lozada
Jhon Jairo Abella Flórez
Mónica Montaña Osorio
Roger Alexander Gómez
Whendy Dahyanna Tarquino Sánchez
Profesionales Línea aire, ruido y Radiación electromagnética

Karem Johanna Delgado García
Medica Pediatra Epidemióloga
Componente salud ambiental


Ana María Corredor
Ingeniera Catastral y Geodesta
Subred Sur Occidente

Secretaría Distrital de Ambiente
– SDA –

© Septiembre de 2023, Bogotá - Colombia
Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá D.C.


Año 2022

Impreso en Colombia – Printed in Colombia


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

CONTENIDO


1 RESUMEN EJECUTIVO.....	14
2 INTRODUCCIÓN	16
3 OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4 CARACTERISTICAS DE LA RMCAB	18
4.1 NORMATIVIDAD	22
5 GESTIONES ADMINISTRATIVAS DE LA RMCAB	23
6 INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO	24
6.1 PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS.....	24
6.2 PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS	26
7 CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS).....	29
7.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM ₁₀).....	29
7.1.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN.....	30
7.1.2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	33
7.1.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	35
7.2 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM _{2.5})	36
7.2.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	36
7.2.2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	40
7.2.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN.....	42
7.3 OZONO (O ₃)	43
7.3.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN.....	43
7.3.2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN	46
7.3.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O ₃ POR ESTACIÓN	48
7.4 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	48
7.4.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN	48
7.4.2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN.....	52
7.4.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO ₂ POR ESTACIÓN.....	54
7.5 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	54
7.5.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	54

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.5.2	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	58
7.5.3	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO ₂ POR ESTACIÓN.....	60
7.6	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	60
7.6.1	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN	60
7.6.2	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN	64
7.6.3	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN.....	66
8	COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON	67
8.1	COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN.....	67
8.2	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA.....	72
9	INDICES DE CALIDAD DEL AIRE	75
9.1	INDICE DE CALIDAD DEL AIRE – IBOCA.....	76
10	METEOROLOGÍA.....	80
10.1	PRECIPITACIÓN.....	80
10.1.1	PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN	81
10.1.2	PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN.....	81
10.1.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN	84
10.1.4	COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN	85
10.2	TEMPERATURA.....	88
10.2.1	COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA.....	88
10.2.2	COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA	91
10.2.3	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA	93
10.2.4	PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA	95
10.3	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	97
10.3.1	PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	97
10.3.2	PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	99
10.3.3	PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO	103
10.3.4	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO.....	106
10.3.5	PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO.....	108
10.4	RADIACION SOLAR.....	110
10.4.1	PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR	111
10.4.2	PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	111
10.4.3	PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR	113

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.4.4	PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	114
10.5	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	115
10.5.1	PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	115
10.5.2	PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	116
10.5.3	PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	117
10.5.4	PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA	119
10.6	HUMEDAD	120
10.6.1	PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD.....	120
10.6.2	PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD	122
10.6.3	PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD	123
10.6.4	PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD	124
11	EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA.....	126
11.1	EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - 5 DE SEPTIEMBRE DE 2022	129
11.2	EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - 21 AL 23 DE SEPTIEMBRE DE 2022 ...	130
11.3	EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA – 24 AL 26 DE DICIEMBRE 2022	132
11.4	SEGUIMIENTO REGIONAL DE CALIDAD DEL AIRE.....	133
12	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD.....	134
12.1	VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL.....	136
12.2	VIGILANCIA EN SALUD	139
12.2.1	MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA	139
12.2.2	MORBILIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA	142
12.3	VIGILANCIA AMBIENTAL.....	153
12.3.1	CALIDAD DEL AIRE EXTRAMURAL.....	153
12.3.2	ATENCIÓN Y GESTIÓN DE QUEJAS POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE	161
12.3.3	COMUNICACIÓN SOCIAL DEL RIESGO	164
13	ANEXOS	166
13.1	LECTURA DE GRÁFICOS DE CAJAS	166
13.2	DIAGRAMAS DE CAJAS DE DATOS 24H, 1H Y 8H DE LOS CONTAMINANTES EN 2022	167
13.3	FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE CONCENTRACIÓN PARA GASES.....	170
13.4	NORMATIVA Y MÉTODOS DE REFERENCIA	171
14	DECLARACIONES.....	172

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA.....	19
Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2022	21
Tabla 4-3 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS.....	22
Tabla 6-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2022	25
Tabla 6-2 Porcentaje de datos validados por estación y parámetro – Año 2022	28
Tabla 7-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM ₁₀ – Año 2022.....	31
Tabla 7-2 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM _{2.5} – Año 2022	37
Tabla 7-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O ₃ – Año 2022	44
Tabla 7-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO ₂ – Año 2022	50
Tabla 7-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO ₂ – Año 2022	55
Tabla 7-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2022	61
Tabla 8-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC (µg/m ³) - Año 2022	68
Tabla 9-1 Intervalos de IBOCA y de concentraciones para contaminantes criterio Resolución 868 de 2021.....	75
Tabla 10-1 Índice ONI 2020-2022 (NOAA - Climate Prediction Center, 2023)	82
Tabla 10-2 Distribución de las lluvias - Año 2022	82
Tabla 10-3 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2022.....	82
Tabla 10-4 Precipitación promedio histórica mensual Años 2000 – 2022.....	85
Tabla 10-5 Promedio de los acumulados de precipitación por estación Años 2000 – 2022	87
Tabla 10-6 Comportamiento de la temperatura horaria - Año 2022.....	90
Tabla 10-7 Promedio mensual de temperatura multianual Años 2000 – 2021.....	91
Tabla 10-8 Temperaturas extremas - Año 2022.....	93
Tabla 10-9 Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB Años 2000 a 2022	96
Tabla 10-10 Promedio multianual por estación Años 2000 - 2022.....	98
Tabla 10-11 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2022.....	99
Tabla 10-12 Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día	104
Tabla 10-13 Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB Años 2000-2021	109
Tabla 10-14 Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones - Año 2022	112
Tabla 10-15 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m ²) – Año 2022.....	113
Tabla 10-16 Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m ² periodo 2009 - 2022.....	114
Tabla 10-17 Comportamiento de la presión media mensual multianual 2010 - 2021	115
Tabla 10-18 Comportamiento promedio mensual de la presión por estación – Año 2022.....	116



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 - Año 2022	118
Tabla 10-20 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá Años 2009 – 2022.....	119
Tabla 10-21 Comportamiento de la humedad mensual multianual Años 2010 - 2022	121
Tabla 10-22 Comportamiento mensual de la humedad por estación en 2021	122
Tabla 10-23 Variación de la humedad horaria y por estaciones de la RMCAB – Año 2022.....	123
Tabla 10-24 Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente.....	124
Tabla 11-1 Alerta por contaminación atmosférica declaradas en el 2022	126
Tabla 12-1 Subredes Integradas de Servicios de Salud y localidades donde realiza la cobertura..	135
Tabla 12-2 Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años.....	146
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	149
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	151
Tabla 12-5 Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos y dificultad respiratoria en adultos mayores de 60 años	153
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 – Año 2022	156
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 – Año 2022	160
Tabla 12-1 Factores de conversión de unidades para gases contaminantes. Las unidades resultantes (mg/m ³ y µg/m ³) estarán en condiciones de referencia correspondientes a 25°C y 760 mm Hg ..	170
Tabla 12-2 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA.....	171
Tabla 13-1 Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB	173

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB – Año 2022	20
Figura 6-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2022.....	25
Figura 6-2 Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2022.....	25
Figura 6-3 Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento - Año 2022.....	27
Figura 6-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2022.....	27
Figura 7-1 Concentraciones promedio anual de PM ₁₀ – Año 2022.....	30
Figura 7-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM ₁₀ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	32
Figura 7-3 Concentraciones mensuales de PM ₁₀ por estación – Año 2022	34
Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2022.....	34
Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2022	35
Figura 7-6 Concentraciones anuales de PM ₁₀ años 2019 a 2022	36
Figura 7-7 Concentraciones promedio anual de PM _{2.5} – Año 2022	37
Figura 7-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM _{2.5} del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	39
Figura 7-9 Concentraciones mensuales de PM _{2.5} por estación – Año 2022.....	41
Figura 7-10 Comportamiento diario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2022	41
Figura 7-11 Comportamiento horario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2022	42
Figura 7-12 Concentraciones anuales de PM _{2.5} años 2019 a 2022	43
Figura 7-13 Concentraciones promedio anual de O ₃ - Año 2022	44
Figura 7-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O ₃ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	45
Figura 7-15 Concentraciones mensuales de O ₃ por estación – Año 2022	46
Figura 7-16 Comportamiento diario de las concentraciones de O ₃ – Año 2022.....	47
Figura 7-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O ₃ – Año 2022	48
Figura 7-18 Concentraciones anuales de O ₃ años 2019 a 2022	48
Figura 7-19 Concentraciones promedio anual de NO ₂ – Año 2022	49
Figura 7-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO ₂ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	51
Figura 7-21 Concentraciones mensuales de NO ₂ por estación – Año 2022.....	52
Figura 7-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2022	53
Figura 7-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2022	53
Figura 7-24 Concentraciones promedio anual de NO ₂ - Años 2019 a 2022.....	54
Figura 7-25 Concentraciones promedio anual de SO ₂ – Año 2022	55
Figura 7-26 Distribución espacial de los promedios anuales de SO ₂ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	57
Figura 7-27 Concentraciones mensuales de SO ₂ por estación – Año 2022	58
Figura 7-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2022.....	59
Figura 7-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2022	59


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Figura 7-30 Concentraciones anuales de SO ₂ años 2019 a 2022	60
Figura 7-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2022	61
Figura 7-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging	63
Figura 7-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2022	64
Figura 7-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2022	65
Figura 7-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2022	65
Figura 7-36 Concentraciones anuales de CO años 2019 a 2022	66
Figura 8-1 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2022	69
Figura 8-2 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2022	70
Figura 8-3 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2022.....	71
Figura 8-4 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2019 a 2022. (*) datos anuales incompletos.....	72
Figura 8-5 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS - Año 2022	73
Figura 8-6 Concentraciones mensuales de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles BC(ff) vs. Quema de biomasa BC(bb) por estación – Año 2022.....	74
Figura 9-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM ₁₀ y PM _{2.5} – Año 2022	76
Figura 9-2 IBOCA por mes del año para PM ₁₀ – Año 2022	77
Figura 9-3 IBOCA por mes del año para PM _{2.5} – Año 2022.....	77
Figura 9-4 IBOCA por estación de monitoreo para O ₃ , NO ₂ , SO ₂ y CO – Año 2022.....	78
Figura 9-5 IBOCA por mes del año para O ₃ – Año 2022	78
Figura 9-6 IBOCA por mes del año para NO ₂ – Año 2022.....	78
Figura 9-7 IBOCA por mes del año para SO ₂ – Año 2022	79
Figura 9-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2022	79
Figura 10-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2022.....	81
Figura 10-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación – Año 2022.....	83
Figura 10-3 Total acumulado por estación – Año 2022	83
Figura 10-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - Año 2022	84
Figura 10-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá Años 2000-2022	85
Figura 10-6 Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual de 2022. Años 2000 - 2022 .	86
Figura 10-7 Comportamiento de la temperatura horaria anual-2022: a) perfil horario; b) promedio por estación.....	89
Figura 10-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2022 Vs 2022 y 2021.....	92
Figura 10-9 Temperaturas extremas absolutas – Año 2022	93
Figura 10-10 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB – Año 2022	94
Figura 10-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2021	95
Figura 10-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2022) Vs 2022	97
Figura 10-13 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2021, 2022 Vs (2000 – 2022)	99
Figura 10-14 Comportamiento de la velocidad media mensual en 2021 y 2022 Vs. promedio mensual multianual 2000 - 2022	100
Figura 10-15 Comportamiento velocidades absolutas de la velocidad del viento – Año 2022	101


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Figura 10-16 Rosas de viento consolidadas por estación – Año 2022	103
Figura 10-17 Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche – Año 2022	106
Figura 10-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2022	107
Figura 10-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 a 2022.....	110
Figura 10-20 Comportamiento mensual de la radiación solar en 2022 y 2021 vs. 2009 a 2022	111
Figura 10-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día durante el año 2022. a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación	112
Figura 10-22 Comportamiento mensual de la radiación en 2022 a) promedio mensual Radiación Solar Vs concentración promedio mensual de Ozono; b) totales mensuales acumulados	113
Figura 10-23 Comportamiento anual de la radiación en 2020 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados	114
Figura 10-24 Comportamiento mensual de la presión en 2019 y 2018 frente al promedio mensual multianual 2010-2022	116
Figura 10-25 Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica en 2020. a) promedio ciudad; b) promedio por estación	117
Figura 10-26 Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica - 2022	119
Figura 10-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual Años 2009 - 2022	120
Figura 10-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2022 vs. Promedio mensual multianual 2010-2022	121
Figura 10-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2019: a) promedia ciudad; b) promedio por estación	122
Figura 10-30 Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2022: a) perfil horario; b) promedio por estación.....	124
Figura 10-31 Comportamiento histórico de la humedad relativa promedia multianual	125
Figura 11-1 Concentraciones medias móvil PM _{2.5} - 29 de enero al 5 de febrero de 2022	127
Figura 11-2 Comportamiento de vientos a nivel regional para el mes de febrero de 2022 en diferentes niveles de la atmósfera.....	127
Figura 11-3 Retrotrayectorias para el 4 de febrero de 2022	128
Figura 11-4 Concentraciones medias móvil 24h PM _{2.5} - 2 al 14 de febrero de 2022	128
Figura 11-5 Retrotrayectorias para el 10 de febrero de 2022	128
Figura 11-6 Comportamiento media móvil PM _{2.5} - 30 de agosto al 6 de septiembre 2022.....	129
Figura 11-7 Seguimiento últimos 30 días de puntos calientes medidos por MODIS (total y 70% de confianza) y VIIRS (total y alta confianza) para Colombia y Brasil	130
Figura 11-8 Comportamiento media móvil PM _{2.5} – 21 al 24 de septiembre 2022.....	131
Figura 11-9 Emisiones de PM _{2.5} generadas por incendios forestales – 22 septiembre de 2022 ..	132
Figura 11-10 Serie temporal de emisiones de PM _{2.5} en el norte de Suramérica	132
Figura 11-11 Comportamiento media móvil PM _{2.5} – 20 al 26 de diciembre 2022	133
Figura 11-12 Concentraciones de PM _{2.5} estimadas por el modelo GEOS-CF de la NASA – 26 al 29 de diciembre de 2022	133
Figura 12-1 Red Integrada de Servicios de Salud	136
Figura 12-2 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2017 a 2021.....	140


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Figura 12-3 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE, 2021	141
Figura 12-4 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2017 a 2022.....	143
Figura 12-5 Principales características de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá – Año 2022	144
Figura 12-6 Distribución de los principales estratos socioeconómicos según grupos de población encuestada Bogotá – Año 2022	145
Figura 12-7 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá – Año 2022.....	145
Figura 12-8 Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años	148
Figura 12-9 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM ₁₀ , para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en color naranja, no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual.....	154
Figura 12-10 Excedencias de concentraciones de PM ₁₀ , respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB – Año 2022.....	155
Figura 12-11 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM ₁₀ , en Bogotá – Año 2022	155
Figura 12-12 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS, para exposición anual, de PM ₁₀ Bogotá – Años 2018-2022	157
Figura 12-13 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM ₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá - Años 2018-2022	157
Figura 12-14 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM _{2.5} para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en anaranjado no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual.....	158
Figura 12-15 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS para exposición anual, para material particulado PM _{2.5} Bogotá – Año 2022	158
Figura 12-16 Excedencias de PM _{2.5} , respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB Año - 2022.....	159
Figura 12-17 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM _{2.5} , en Bogotá - Año 2022.....	159
Figura 12-18 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 2018-2022	161
Figura 12-19 Quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco, Bogotá Años 2021-2022	162
Figura 12-20 Quejas por Aire, Olores y humo de tabaco, presentadas por Subred integrada de servicios de salud, Bogotá, - Año 2022	162
Figura 12-1 Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes	166
Figura 12-2 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM ₁₀ por mes y por estación - Año 2022	167
Figura 12-3 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM _{2.5} por mes y por estación – Año 2022	167
Figura 12-4 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de SO ₂ por mes y por estación – Año 2022	168



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Figura 12-5 Diagrama de cajas de concentraciones 1h de NO₂ por mes y por estación – Año 2022

..... 168

Figura 12-6 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de O₃ por mes y por estación – Año 2022 169

Figura 12-7 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de CO por mes y por estación – Año 2022 169

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

1 RESUMEN EJECUTIVO

Comportamiento de la concentración de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5})


Para las concentraciones promedio anual de PM₁₀ y PM_{2.5} durante el 2022, se evidenció un comportamiento generalizado al alza en las concentraciones medidas en la mayoría de las estaciones, las concentraciones más altas se registraron al occidente de la ciudad y las más bajas en la zona noroccidental. Móvil Fontibón registró los promedios anuales más altos de PM₁₀ y PM_{2.5}, con 54.6 µg/m³ y 22.3 µg/m³ respectivamente, solo para PM₁₀ se sobrepasó el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual. Se registraron en total 140 excedencias de PM₁₀ y 83 excedencias de PM_{2.5}. En general se observó que las concentraciones más altas se presentaron hacia el primer trimestre del año e iniciaron en aumento hacia el mes de septiembre en la mayoría de las estaciones, atribuidas posiblemente a la dinámica que presenta la economía colombiana previa a las actividades de fin de año, que generan alto tráfico vehicular y en consecuencia un aumento de las concentraciones.

Comportamiento de la concentración de ozono (O₃)

Las concentraciones más altas de O₃ se observaron en el nororiente de la ciudad, y en las áreas de influencia de Fontibón, Ciudad Bolívar y Tunal, mientras que las concentraciones más bajas se observaron al noroccidente de la ciudad en las estaciones Bolivia y Colina. El promedio anual más alto se evidenció en Usaqué, con 33.555 µg/m³, y el menor promedio se registró en Colina con 9.974 µg/m³. En total se registraron 146 excedencias a la norma 8 horas, de las cuales se registraron 70 en Fontibón. Los promedios anuales de 2022 para la estación Ciudad Bolívar presentan un aumento notorio en comparación con el año inmediatamente anterior, para las demás estaciones se evidencian mínimas variaciones al alza o a la baja, manteniéndose las concentraciones altas en el occidente (Fontibón) y norte (Usaquén) de la ciudad.

Comportamiento de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Las concentraciones más altas de NO₂ se registraron en las estaciones Móvil Fontibón y Puente Aranda con 41.6 y 40.0 µg/m³ respectivamente. Dichos niveles estuvieron por debajo del nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual, se presentaron ocho (8) excedencias a la norma horaria seis (6) en la estación Fontibón y dos (2) en la Móvil 7ma. El comportamiento de las concentraciones de NO₂ fue similar al del material particulado, con valores altos en el primer trimestre del año principalmente en las estaciones que se ubican cerca de vías principales. Respecto al año anterior, se observó un aumento de la concentración en varias estaciones, posiblemente asociado al alto flujo vehicular o a fuentes de combustión de procesos industriales presentes en estas zonas.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Comportamiento de la concentración de dióxido de azufre (SO₂)

La estación Ciudad Bolívar registró el promedio anual más alto en 2022 con 7.9 µg/m³, mientras que las estaciones Jazmín y Puente Aranda registraron el valor más bajo con 3.0 µg/m³, además se registraron doce (12) excedencias a la norma horaria y ninguna a la norma diaria. Con ello, las concentraciones más altas de SO₂ se mantienen al suroccidente de la ciudad y las más bajas en el centro occidente, asociadas posiblemente a la alta circulación de vehículos que operan con combustible diésel por estas zonas de la ciudad.

Comportamiento de la concentración de monóxido de carbono (CO)

Para el año 2022 los promedios anuales de las estaciones Ferias y Tunal fueron los más altos de la ciudad, con 932.6 y 1071.8 µg/m³ respectivamente, con lo cual predominan las altas concentraciones de CO al suroriente de la ciudad, mientras que el menor promedio se observó en Guaymaral con 329.4 µg/m³. Se registraron 106 excedencias a la norma ocho (8) horas en la estación Carvajal – Sevillana. El segundo semestre del año registró los promedios mensuales más altos en la mayoría de las estaciones. Se evidenció un aumento del promedio anual de las concentraciones de CO en comparación con el año 2021, siendo el más notable en Tunal, que registró el promedio más alto de CO en los últimos cuatro años.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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, luego cada hora se actualizan los datos y son transmitidos hacia el servidor central, donde se almacena la información en una base de datos. Esta información es validada desde su captura en los equipos, hasta la revisión en la sede central, con el fin de obtener datos 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 2022 la RMCAB estuvo conformada por veinte (20) estaciones de monitoreo, con diecinueve (19) estaciones en operación, teniendo en cuenta la situación presentada por vandalismo de Bosa, que género 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 y la humedad al interior de las cabinas, con el fin de garantizar las condiciones ambientales necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores y analizadores en cada estación. La temperatura interna se controla en un rango entre 20 y 30°C, mediante un sistema de aire acondicionado, si se sobrepasan estos límites los datos de contaminantes para esas horas se invalidan. Esta variable se registra y verifica en cartas control.

En el presente informe, se incluye el análisis del comportamiento de los contaminantes registrados por la RMCAB durante el año 2022, 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 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.
- Dar cumplimiento a lo estipulado en el Acuerdo 367 de 2009 del Concejo de Bogotá, donde la RMCAB pone a disposición del público los datos generados en las estaciones de monitoreo de calidad del aire.
- 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 medidas implementadas.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

4 CARACTERÍSTICAS DE LA RMCAB

La RMCAB hace parte de la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual de la Secretaría Distrital de Ambiente y está conformada por veinte (20) estaciones, actualmente con diecinueve (19) en operación.

En la Tabla 4-2 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 y la Figura 4-1 corresponde a la distribución espacial de las estaciones en la ciudad.

Durante el año 2022 se realizó la instalación de los sensores de precipitación en las estaciones Colina, Jazmín, Ciudad Bolívar, Usme y Puente Aranda, los cuales iniciaron el monitoreo oficialmente en julio de 2022 y para a estación de Kennedy en noviembre de este mismo año, con lo cual se aumentó la cobertura de medición de dicho parámetro en la ciudad.

La elaboración de informes de calidad del aire se realiza teniendo en cuenta uno de los componentes de la misionalidad de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se realizan de acuerdo con lo establecido en el numeral de informes de resultados en la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 y teniendo en cuenta los procedimientos internos asociados a las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales se incluyen dentro del proceso de apoyo de la SDA denominado “Metrología, Monitoreo y Modelación”.

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, cuyo funcionamiento y operatividad son verificados mediante mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan las calibraciones y verificaciones periódicas de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de contaminantes se realice de acuerdo con los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en junio de 2022 (EPA, 2022). Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (Code of Federal Regulations), los cuales están aprobados por la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR (LII, 2022)¹

¹ United States Environmental Protection Agency. List of Designated Reference and Equivalent Methods, December 15, 2022. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-12/List_of_FRM_and_FEM.pdf


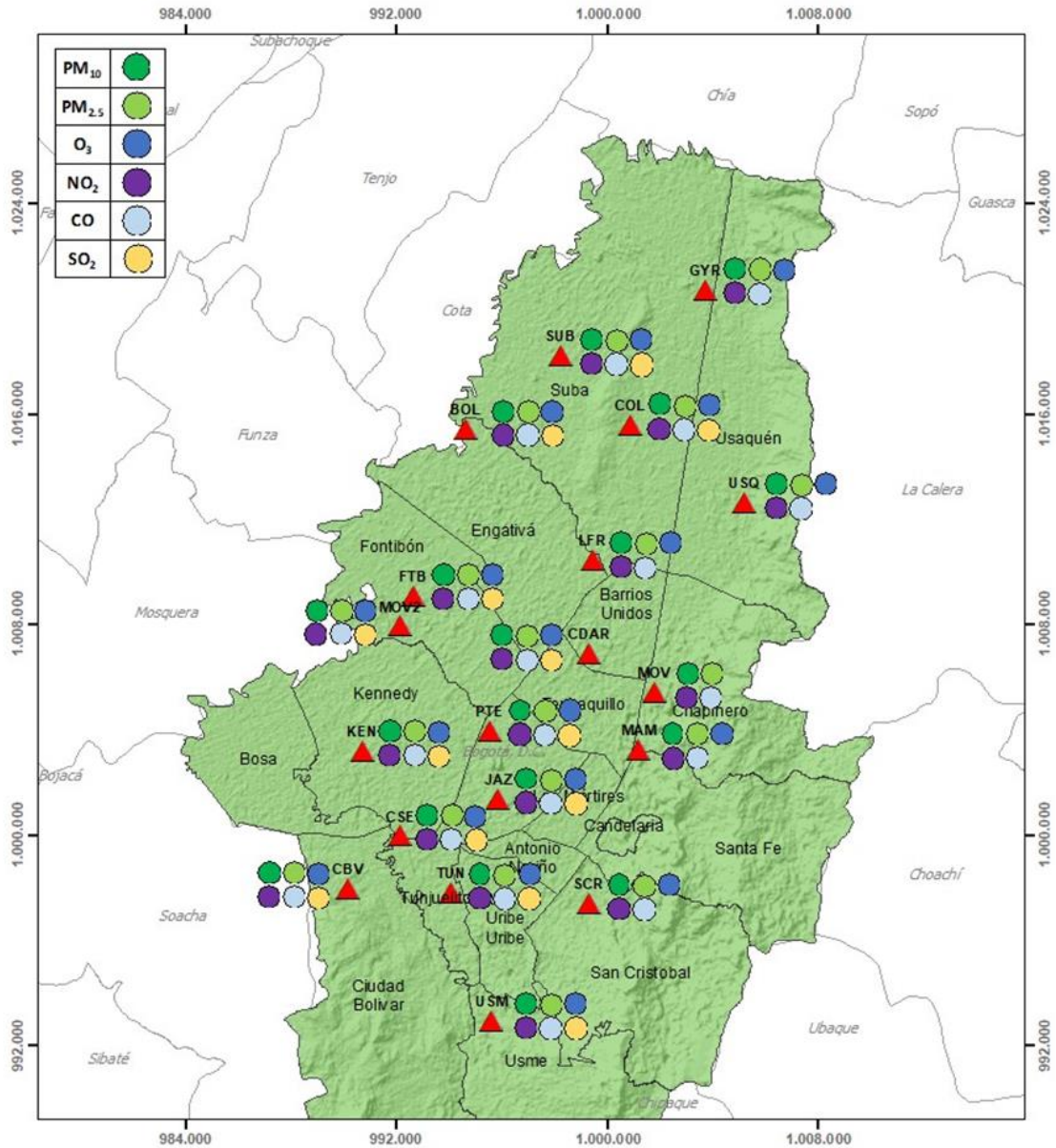
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 4-1 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		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	EQOA-0992-087	D
		EQOA-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	

En la Figura 4-1 se muestra el mapa con la ubicación de las 20 estaciones de monitoreo de la RMCAB que conforman la RMCAB, con 19 en operación por el caso de vandalismo presentado en la estación Bosa que generó que esa saliera de línea el 19 de agosto de 2021.

En la Tabla 4-2 se muestran las características de cada estación, los monitores de calidad del aire, los sensores meteorológicos que posee y su denominación.



 <p>Localización Estaciones RMCAB</p>	CONVENCIONES  Estaciones_sin_Bosa	 Esc.: 1:200.000 <small>Proyección Coordenada System: MAGNA, Colombia, Bogotá Central, Transverse, Mercator Central Meridian: -74.07730792 Geographic Coordinate System: GCS: MAGNA Datum: Q: MAGNA Fuente: Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá</small>																		
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>1 USQ</td> <td>6 LFR</td> <td>11 SUB</td> <td>16 JAZ</td> </tr> <tr> <td>2 MAM</td> <td>7 SCR</td> <td>12 MOV</td> <td>17 USM</td> </tr> <tr> <td>3 SCR</td> <td>8 GYR</td> <td>13 PTE</td> <td>18 CBV</td> </tr> <tr> <td>4 TUN</td> <td>9 KEN</td> <td>14 FTB</td> <td>19 COL</td> </tr> <tr> <td>5 CDAR</td> <td>10 BOL</td> <td>15 BOS</td> <td></td> </tr> </table>		1 USQ	6 LFR	11 SUB	16 JAZ	2 MAM	7 SCR	12 MOV	17 USM	3 SCR	8 GYR	13 PTE	18 CBV	4 TUN	9 KEN	14 FTB	19 COL	5 CDAR	10 BOL
1 USQ	6 LFR	11 SUB	16 JAZ																	
2 MAM	7 SCR	12 MOV	17 USM																	
3 SCR	8 GYR	13 PTE	18 CBV																	
4 TUN	9 KEN	14 FTB	19 COL																	
5 CDAR	10 BOL	15 BOS																		

Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB – Año 2022





  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2022

Características	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	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.	
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
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				
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				
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				X				
Las Ferias	LFR	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			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	
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	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				
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
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
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	
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	X	X	X	X	X	X				
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
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	
El 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	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	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	X
Colina	COL	4°44'14.1"N	74°04'10.0"W	2555	0	Suba	Urbana	Residencial	Avenida Boyacá No 1429-55	X	X	X	X	X	X	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			X	X	X

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	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 4-3 presenta los niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio definidos en la norma vigente.

Tabla 4-3 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

5 GESTIONES ADMINISTRATIVAS DE LA RMCAB

Durante todo el 2022 se realizaron gestiones en diferentes campos de la RMCAB, a continuación, se mencionan de acuerdo con su tópico:


Se realizó la validación permanente, así como reporte en tiempo real de los datos generados por la RMCAB y se generaron informes y mapas para el conocimiento de la ciudadanía, asimismo se realizó el procesamiento de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio de todo el 2022, para cargue al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, aun así, no se pudo cargar la información completa al Subsistema, ya que se presentó un fallo con este que no ha sido solucionado. Por otro lado, el personal completo del equipo estuvo activo en las jornadas de día sin carro y sin moto y las auditorías internas y externas que se presentaron durante el año.

De otra parte, en todas las estaciones se efectuaron mantenimientos preventivos y correctivos a los monitores, analizadores, dispositivos, UPS, aires acondicionados y otros equipos que se encuentran al interior de las cabinas. Además, se realizaron intercomparaciones de sensores meteorológicos para verificación de su funcionamiento y se instalaron nuevos sensores meteorológicos en diferentes estaciones (velocidad y dirección del viento y pluviómetros).

Adicionalmente, en junio se recibió la auditoria de seguimiento y extensión en la matriz calidad del aire por parte del IDEAM, para mantener y extender el alcance de la acreditación bajo 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.

Aunado a lo anterior, en todo el año se actualizaron los siguientes documentos: PA10-PR19 “Funcionamiento y operación de las actividades en el Laboratorio Ambiental de la SDA”, PA10-PR06-F3 “Calibración y/o verificación multipunto”, PA10-PR06-F1 “Verificación de flujo temperatura y presión analizadores de partículas” y PA10-PR03-F12 “Cálculo de Incertidumbre RMCAB” y del instructivo interno PA10-PR06-INS1 “Instructivo para la revisión rutinaria de la operación de los monitores de partículas”, PA10-PR12 "Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de Black Carbon (BC)" junto con su instructivo PA10-PR12-INS1 “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de Black Carbon modelo AE33”, PA10-PR04-M1 “Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”, PA10-PR04-M2 “Informe trimestral de la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB”, PA10-PR04-M3 “Informe Mensual de la Red Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB” PA10-PR04 "Análisis de datos, generación y publicación de informes de calidad del aire de Bogotá de la RMCAB" y PE03-PR07INS1 "Instructivo para determinar la conformidad en el Laboratorio de la SDA.

Finalmente, se suscribieron procesos contractuales orientados a atender la calibración externa de los equipos de referencia, contratos de compraventa de insumos y repuestos y demás bienes y servicios requeridos para garantizar la operación de los equipos, junto con la contratación del personal que hace parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 2022. 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 2022, 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 tuvo la variable de precipitación, esto debido a que las estaciones Ciudad Bolívar, Colina, Jazmín y Usme iniciaron por primera vez a monitorear esta variable en el mes de julio de 2022, en la estación Kennedy se puso en línea un nuevo sensor de precipitación en el mes de noviembre 2022 y en la estación Puente Aranda en el mes de julio 2022.

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 80%, exceptuando las estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy. En el caso de la estación Carvajal - Sevillana el aire acondicionado empezó a presentar algunas fallas desde el mes de julio, posteriormente en el mes de septiembre el aire acondicionado quedó fuera de servicio y por tal motivo se invalidaron los datos de contaminantes a partir de ese momento. Adicionalmente, entre el 1 de enero y el 5 de mayo no hubo datos válidos, dado que no se pudo ingresar a la estación debido a que no se otorgó el permiso de ingreso a la misma, por tal motivo, se acabó la cinta filtro de los equipos de material particulado, y se presentaron fallas en los equipos de CO, O₃, NO y SO₂.

En la estación de Kennedy se presentaron fallas en el datalogger en el mes de septiembre, adicionalmente, el porcentaje de captura de datos de la estación se redujo porque el sensor de precipitación fue puesto en línea en el mes de noviembre y adicionalmente porque se apagaron los canales de los parámetros de velocidad y dirección del viento, debido a que la torre donde se encuentra ubicado el sensor no cumple con los estándares mínimos de seguridad para poder ascender a la misma y realizar el mantenimiento del sensor.

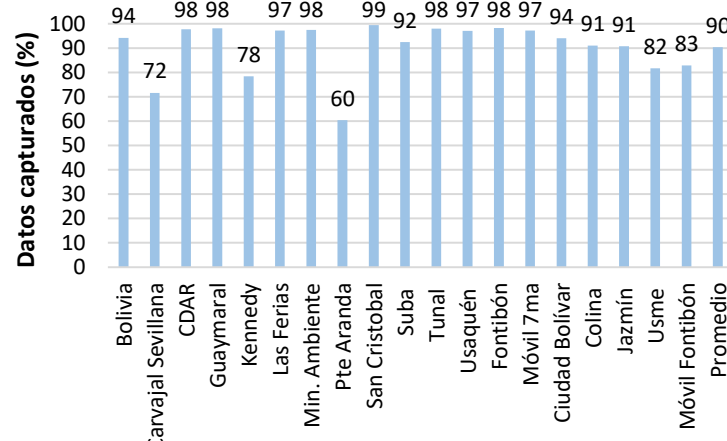
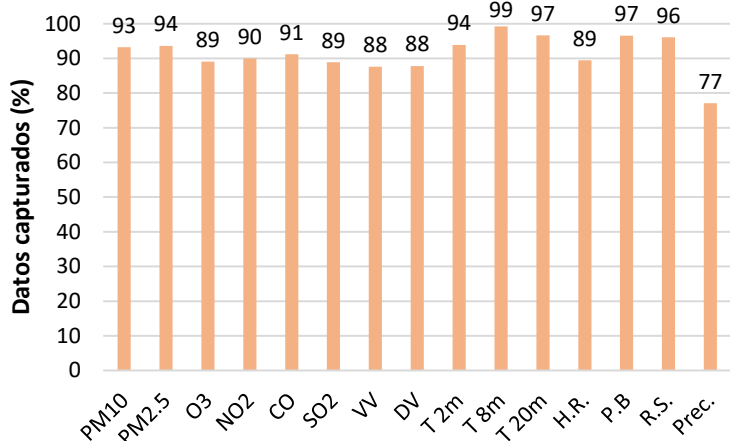


Figura 6-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2022


Figura 6-2 Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2022

T 2m: temperatura a 2 metros; T8m: temperatura a 8 metros; T20m: temperatura a 20 metros; Prec: precipitación; H.R.: humedad relativa; R.S radiación solar; UVB: radiación ultravioleta B; 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 2022 fue del 90%.

Tabla 6-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2022

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	95	99	92	82	98	94									100	94
Carvajal -Sevillana	65	66	49	42	31	64	100	100	100						99	72
CDAR	100	98	97	91	99	89	100	100	100			100		99	100	98
Guaymaral	98	96	97	96	97		98	99	99	99	97	99	99	99	99	98
Kennedy	89	89	83	89	89	89	64	64	90			90		90	16	78
Las Ferias	97	96	97	97	97		98	98	98			98	98		98	97
MinAmbiente	100	99	87	97	99		100	100							100	98
Puente Aranda	48	69	68	68	68	66	55	55	69			69	69	69	14	60
San Cristóbal	99	98	97	99	99		100	100	100			100		100	100	99
Suba	96	85	87	94	95	92	93	93	93						97	92
Tunal	98	98	97	96	98	98	98	98	99			98	98	98	99	98
Usaquén	99	95	91	99	99	95	100	100	100						92	97
Fontibón	99	99	85	99	99	98	100	100	100			100	100		100	98
Móvil 7ma	99	98		77	97		100	100	100			100	100	100	100	97
Ciudad Bolívar	95	99	99	99	99	98	100	100	100			92	100	100	44	94

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Colina	99	99	97	99	87	80	100	100	94			83	100	100	44	91
Jazmín	98	98	97	90	98	96	97	99	97			66	99	99	45	91
Usme	99	99	85	98	96	99	22	21	100			100	100	100	43	82
Móvil Fontibón	99	99	99	99	88	86	53	53	58			58	100	100		83
Promedio	93	94	89	90	91	89	88	88	94	99	97	89	97	96	77	90

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 la RMCAB para el año 2022 fue del 86% 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.

La Figura 6-3 presenta el consolidado de datos validos por tipo de instrumento, al comparar la Figura 3 con la Figura 6-1 se puede observar que la diferencia entre los porcentajes de datos validados y datos disponibles fue baja. El parámetro con el porcentaje de datos validados más bajo fue el SO₂ y precipitación con 76% cada uno. El SO₂ presentó este porcentaje, debido a que a lo largo del año los analizadores de algunas estaciones presentaron fallos que requirieron reparación y se tuvieron que invalidar algunos periodos de datos, aun así, se cumple con el porcentaje mínimo recomendado.

En cuanto a precipitación, las estaciones Usme, Colina, Ciudad Bolívar y Jazmín inician su monitoreo en julio de 2022, en la estación Kennedy se puso en línea un nuevo sensor de precipitación en el mes de noviembre 2022 y en la estación Puente Aranda en el mes de julio 2022, por lo cual más de la mitad del año no presentó datos para esta variable. Para las variables de temperatura a 8 metros y presión barométrica el porcentaje de representatividad fue el más alto (99%), temperatura 8m debido a que se monitorea en solo una estación y dicho sensor no presentó inconvenientes relevantes para invalidación de datos y presión barométrica debido a que los sensores no presentaron fallos relevantes para la invalidación de datos.

La Figura 6-4 presenta el porcentaje de datos validados por estación de monitoreo, al compararla con la Figura 6-2 se observa que el porcentaje varía significativamente en las estaciones de Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma, debido a que, en la estación de Carvajal - Sevillana el aire acondicionado empezó a presentar fallas desde el mes de julio y en el mes de septiembre presentó fallas múltiples en el compresor, tubería, moto ventilador y capacitor, lo que hizo inviable su reparación y se sacó de operación para darlo de baja, y no fue posible su reemplazo dado que no se contaba con equipos de repuesto, por tal motivo, se invalidaron los datos de contaminantes en la estación. Una situación similar se presentó en la estación Móvil 7ma, en donde el aire acondicionado empezó a fallar en el mes agosto y en el mes de septiembre se evidenció que la tarjeta del equipo refrigerante se había

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

dañado, por tal motivo, no fue posible su reparación y se sacó de operación para darlo de baja, sin tener un equipo de reemplazo, por esta razón se invalidaron los datos de contaminantes para dar cumplimiento a lo establecido en el Handbook de la EPA y en el procedimiento de validación PA10-PR05 en su versión más actualizada.

Adicionalmente, se evidenció una diferencia significativa en los datos de la Figura 6-3 y la Figura 6-1 en el parámetro de Temperatura 20 metros y SO₂, la diferencia en SO₂ radica en la cantidad de datos invalidados por los fallos presentados en varios equipos de las diferentes estaciones y Temperatura 20m debido a que se invalidaron datos por un fallo en el sensor, este sensor tuvo que ser reemplazado por otro.

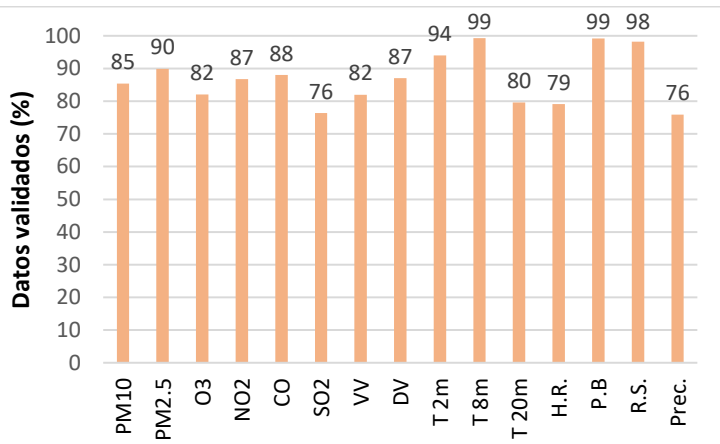


Figura 6-3 Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento - Año 2022

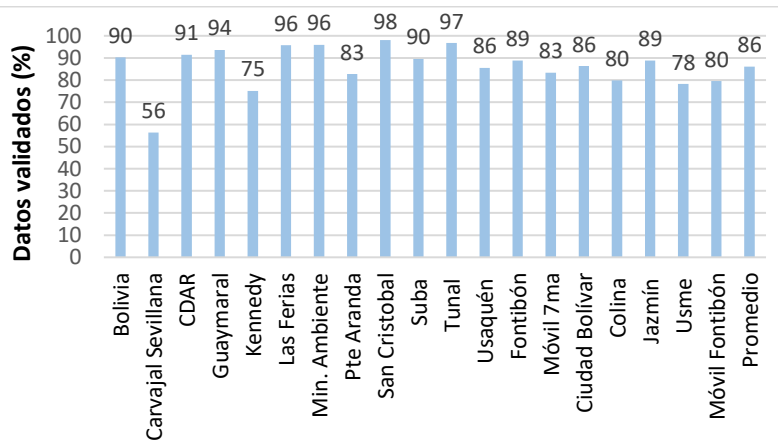



Figura 6-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2022

T 2m: temperatura a 2 metros; T8m: temperatura a 8 metros; T20m: temperatura a 20 metros; Prec: precipitación; H.R.: humedad relativa; R.S radiación solar; UVB: radiación ultravioleta B; 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 2022 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 2022 fue del 86%. Se evidencia además que la Tabla 6-2 presenta cambios drásticos con relación a la Tabla 6-1, por ejemplo en humedad relativa de Colina y Ciudad Bolívar, ya que se tuvo el 100% de datos disponibles, pero se invalidaron en su totalidad, debido a que se realizó la revisión del sensor y se evidenció una falla en la cresta de las tendencias. De igual manera se presentó en velocidad del viento de Fontibón, debido a que se encontró una falla en la tarjeta meteorológica de la estación (traslator).


Por otro lado, se evidenciaron porcentajes muy bajos en velocidad y dirección del viento en Usme, debido a que el sensor presentó una falla en el mes de marzo, por lo que fue necesario sacarlo de línea con el fin de que solicitar al proveedor verificación y/o reparación del sensor. Respecto a humedad relativa en Jazmín, la variable inició su monitoreo en mayo de 2022 con un nuevo sensor,

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

pues antes había presentado fallos y se tuvo que sacar de línea el anterior sensor. Finalmente, en cuanto a humedad relativa, temperatura 2m, velocidad y dirección del viento en Móvil Fontibón, los dos primeros sensores prestaron servicio de intercomparación en las otras estaciones desde el mes de julio y los dos segundos desde el mes de agosto, por lo cual no se contó con datos una gran parte del año en esta estación.

Tabla 6-2 Porcentaje de datos validados por estación y parámetro – Año 2022

Estación	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	88	98	88	71	98	89									100	90
Carvajal Sevillana	20	20	41	18	21	45	100	100	100						99	56
CDAR	95	98	55	88	99	63	100	100	100			100		99	100	91
Guaymaral	98	95	96	84	95		74	99	99	99	80	99	99	99	94	94
Kennedy	88	87	69	89	75	88	62	60	90			90		86	17	75
Las Ferias	93	95	96	94	88		98	98	98			98	98		98	96
Min. Ambiente	89	98	86	97	99		100	100							99	96
Pte Aranda	43	98	98	98	98	87	70	70	70			100	100	100	45	83
San Cristóbal	96	98	97	99	99		100	100	100			100		97	92	98
Suba	91	85	79	93	95	76	93	93	93						97	90
Tunal	95	97	97	86	98	98	98	98	99			98	98	98	99	97
Usaquén	92	92	89	99	99	19	100	100	100						66	86
Fontibón	98	99	79	97	93	92	12	100	100			100	97		100	89
Móvil 7ma	61	62		63	63		100	77	100			100	100	100	91	83
Ciudad Bolívar	94	98	97	97	98	97	99	100	100			0	100	100	43	86
Colina	94	97	89	98	85	42	100	100	94			0	100	100	40	80
Jazmín	96	97	77	89	97	95	98	99	98			65	99	99	45	89
Usme	95	96	65	96	93	92	19	19	100			100	100	100	43	78
Móvil Fontibón	97	97	76	93	82	86	53	53	58			58	100	100		80
Promedio	85	90	82	87	88	76	82	87	94	99	80	79	99	98	76	86

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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

En este capítulo se muestra el análisis realizado a partir de los datos de concentraciones de contaminantes registrados por los equipos de la RMCAB durante el año 2022. Este análisis incluye datos representados en tablas y gráficas, comparación de los promedios horarios, diarios, anuales y móviles de 8 horas, según corresponda y la evaluación con los niveles máximos permisibles de acuerdo con los tiempos de exposición establecidos en la normatividad nacional (Resolución 2254 de 2017 del MADS). El cálculo de cada promedio se realiza para los parámetros cuya representatividad temporal sea igual o superior al 75% para el periodo de análisis.

La distribución espacial de las mediciones de concentraciones de los contaminantes se representa mediante mapas de interpolación espacial producto de la implementación de un método geoestadístico, por lo que se debe tener en cuenta que estas representaciones se encuentran sujetas a la presencia de incertidumbres, las cuales son propias de un procedimiento que busca obtener información secundaria con base en las mediciones de cada estación.


Para la representación de las gráficas y tablas de las estaciones de monitoreo de la RMCAB, se usan las siguientes siglas:

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.

7.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM₁₀)

El PM₁₀ corresponde a todas las partículas con diámetro menor o igual a 10 µm, que se componen de sustancias inorgánicas y orgánicas, las cuales provienen de las fuentes de emisión móviles y fijas, en procesos de combustión, y procesos mecánicos, como obras de construcción y resuspensión del polvo en vías.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.1.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Tabla 7-1 se observan los promedios anuales de PM₁₀ registrados por las estaciones de la RMCAB durante el 2022, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma y en la Figura 7-1 se representan los promedios anuales de PM₁₀ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. Solamente Móvil Fontibón al occidente de la ciudad excedió el valor de la norma anual (50 µg/m³), con un promedio de 54.6 µg/m³, siendo además la concentración más alta registrada en la ciudad. Por otro lado, las concentraciones promedio más bajas se registraron en las estaciones Colina y Usaquén, en la zona norte de la ciudad con 20.1 y 22.6 µg/m³ respectivamente.

No se tienen en cuenta en el análisis de la norma anual a las estaciones Carvajal - Sevillana, Móvil 7ma y Puente Aranda, dado que registraron menos del 75% de datos válidos en el 2022, en Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma se presentaron daños en los sistemas de aire acondicionado lo cual generó la invalidación de los datos de contaminantes de estas estaciones, de acuerdo con lo establecido en el Handbook de la EPA y en el procedimiento interno de validación. Para la estación Puente Aranda se suspendió el monitoreo del parámetro del 1 de enero al 14 de febrero, por un daño en la tarjeta de comunicación del equipo y entre los meses de mayo a septiembre por fallos en el sensor de temperatura interna.

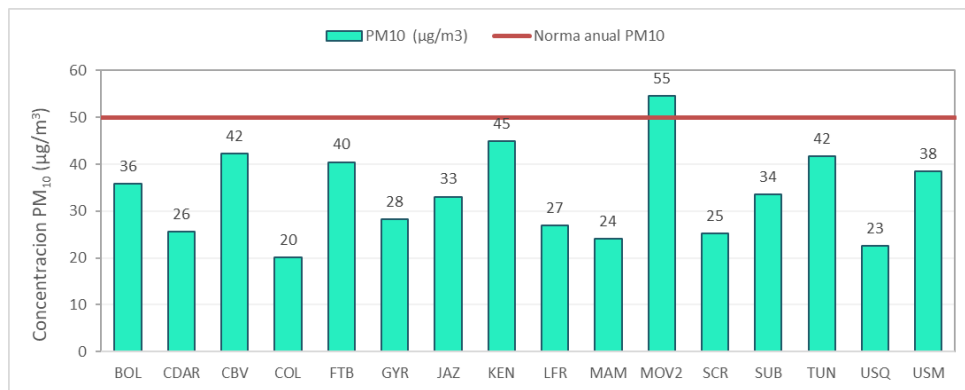


Figura 7-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2022

Con respecto a las excedencias 24h, Móvil Fontibón registró el mayor número con cincuenta y nueve (59), seguida de la estación Carvajal – Sevillana con treinta y cinco (35), Ciudad Bolívar con dieciocho (18), Kennedy con diez (10), Fontibón y Usme con cinco (5) cada una, Tunal con seis (6) y finalmente Suba con una (1) excedencia.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 7-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM₁₀ – Año 2022

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	35.8	87%	75.3	1
CSE*	75.1	16%	108.8	35
CDAR	25.6	98%	63.0	0
CBV	42.3	94%	109.7	18
COL	20.1	95%	49.2	0
FTB	40.5	98%	89.4	5
GYR	28.2	98%	54.9	0
JAZ	33.1	96%	68.6	0
KEN	44.9	88%	89.7	10
LFR	27.0	95%	71.1	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	24.0	93%	56.2	0
MOV2	54.6	98%	111.2	59
MOV*	34.3	62%	73.0	0
PTE*	31.6	43%	64.3	0
SCR	25.2	99%	56.7	0
SUB	33.5	92%	80.6	1
TUN	41.6	96%	91.9	6
USQ	22.6	93%	54.1	0
USM	38.5	96%	91.5	5

* 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 2022, el cual está elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. De acuerdo con esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en el occidente de la ciudad en localidades como Fontibón, suroccidente en Kennedy, Bosa y Ciudad Bolívar y al suroriente en Tunal y Usme, con un rango de concentraciones entre 37 y 55 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 28 µg/m³.

Así como en años anteriores, la zona suroccidente registró concentraciones altas para este año, se evidencia que al occidente de la ciudad se registraron las concentraciones más altas en la localidad de Fontibón en la zona que limita con la localidad de Kennedy. En la estación Ciudad Bolívar se registraron concentraciones similares a las de Tunal y en el mismo rango de valores se observan los registros de Suba y Bolivia.

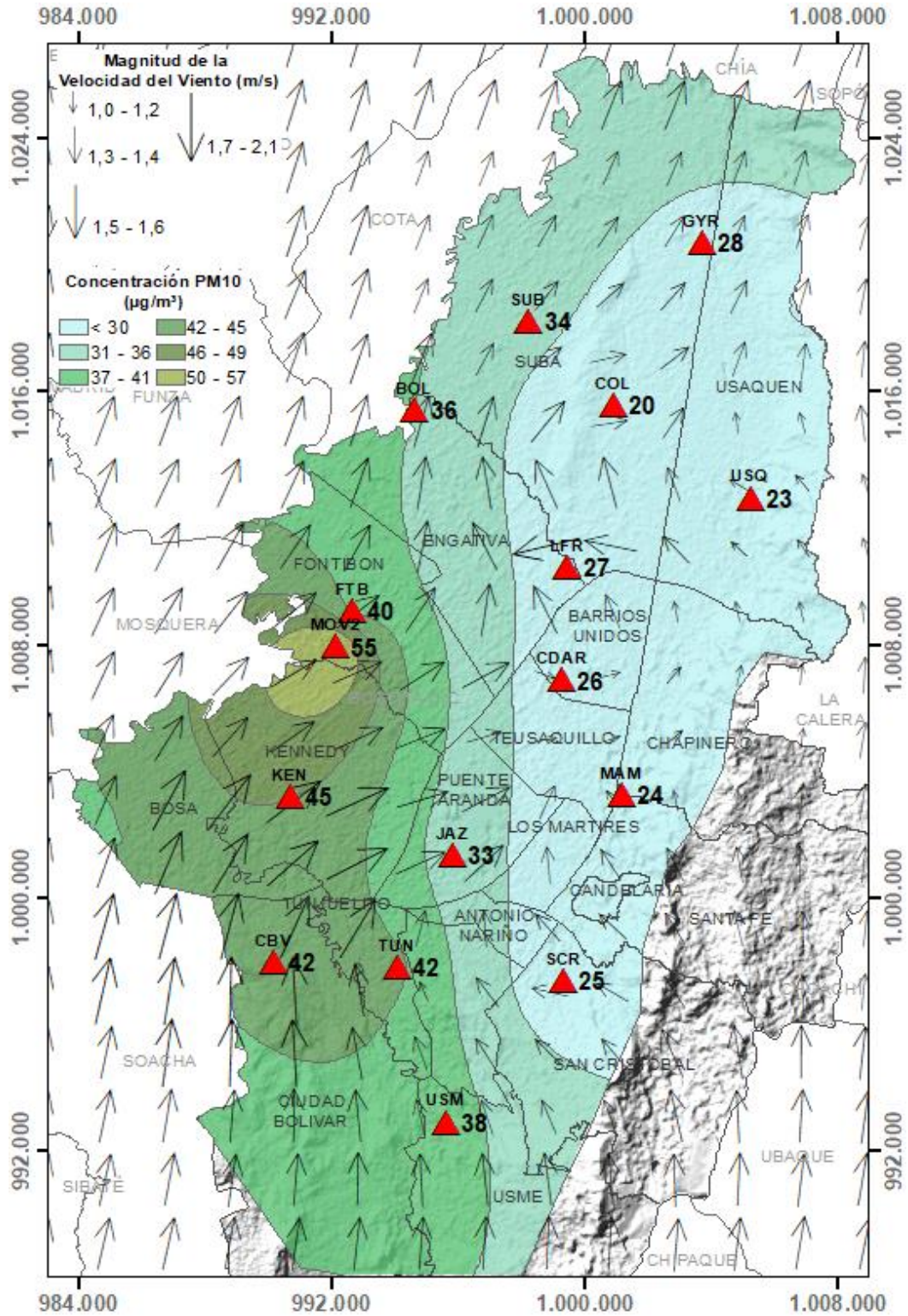



Figura 7-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 2022. 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 la zona sur se registraron las concentraciones más elevadas, principalmente en febrero y marzo para las estaciones Tunal y Usme respectivamente y para Ciudad Bolívar y Kennedy en el mes de diciembre. Para la estación de Carvajal – Sevillana se reportaron concentraciones muy altas en comparación con las demás estaciones para los meses de mayo y junio, considerando que no se tuvieron datos válidos en los demás meses del año.

Se destaca también en la zona occidente de la ciudad en las estaciones Fontibón y Móvil Fontibón que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron entre el tercer y cuarto trimestre del año. Sin embargo, 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 las concentraciones más bajas y después se fueron incrementando gradualmente hasta final de año. Este comportamiento puede estar asociado a temporadas secas que predominaron durante estas épocas del año, se destacan las corrientes de viento con arrastre de partículas de carbono provenientes de incendios forestales, fuentes de combustión industrial y las emisiones vehiculares de gasolina y diésel.

En la Figura 7-4 se evidencia el comportamiento del contaminante PM₁₀ durante una semana típica del año 2022 para cada estación de monitoreo. Se observa un comportamiento creciente conforme pasa la semana, las menores concentraciones se observan los lunes, y aumentan gradualmente hasta el jueves, ya que en varias estaciones especialmente al sur de la ciudad, hubo ligeras disminuciones los viernes hacia fin de semana. 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 lunes y hasta 80 µg/m³ los sábados.

En la Figura 7-5 se observa la variación horaria de las concentraciones de PM₁₀ en un día promedio para el año 2022. En la mayoría de las estaciones de monitoreo el comportamiento durante el día fue similar, las concentraciones más bajas se evidenciaron en la madrugada hasta las 6 de la mañana, después se incrementaron las concentraciones desde las 7 a.m. y se alcanza el pico más alto entre las 8 y las 9 a.m., luego se reducen gradualmente hacia el mediodía. En las estaciones del suroccidente de la ciudad se evidenció un aumento ligero de las concentraciones desde las 8 p.m., aunque en la estación Carvajal - Sevillana este aumento fue más notable, con otro pico de concentración hacia las 10p.m. Por otro lado, la estación Móvil Fontibón tuvo el comportamiento más atípico, ya que después del pico de la mañana y descenso de las concentraciones hacia las 10 a.m. se observó otro aumento de concentraciones gradual hasta las 5 p.m., y después se redujo lentamente hasta el final del día.

En las estaciones con comportamientos atípicos 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.

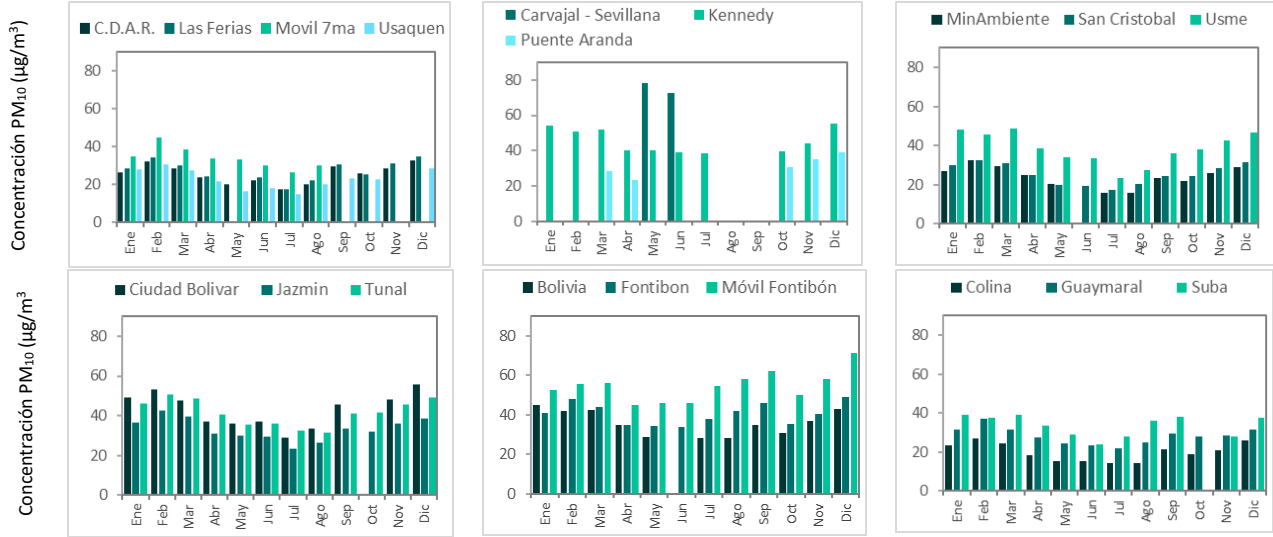


Figura 7-3 Concentraciones mensuales de PM₁₀ por estación – Año 2022

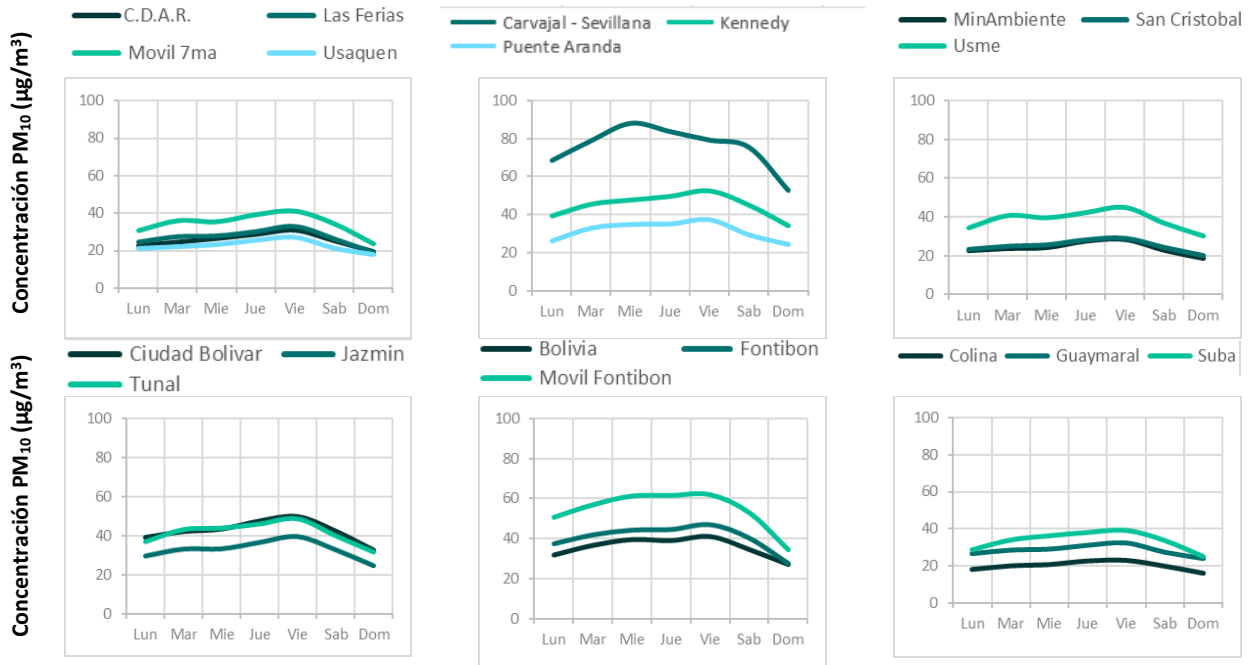


Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM₁₀ – Año 2022

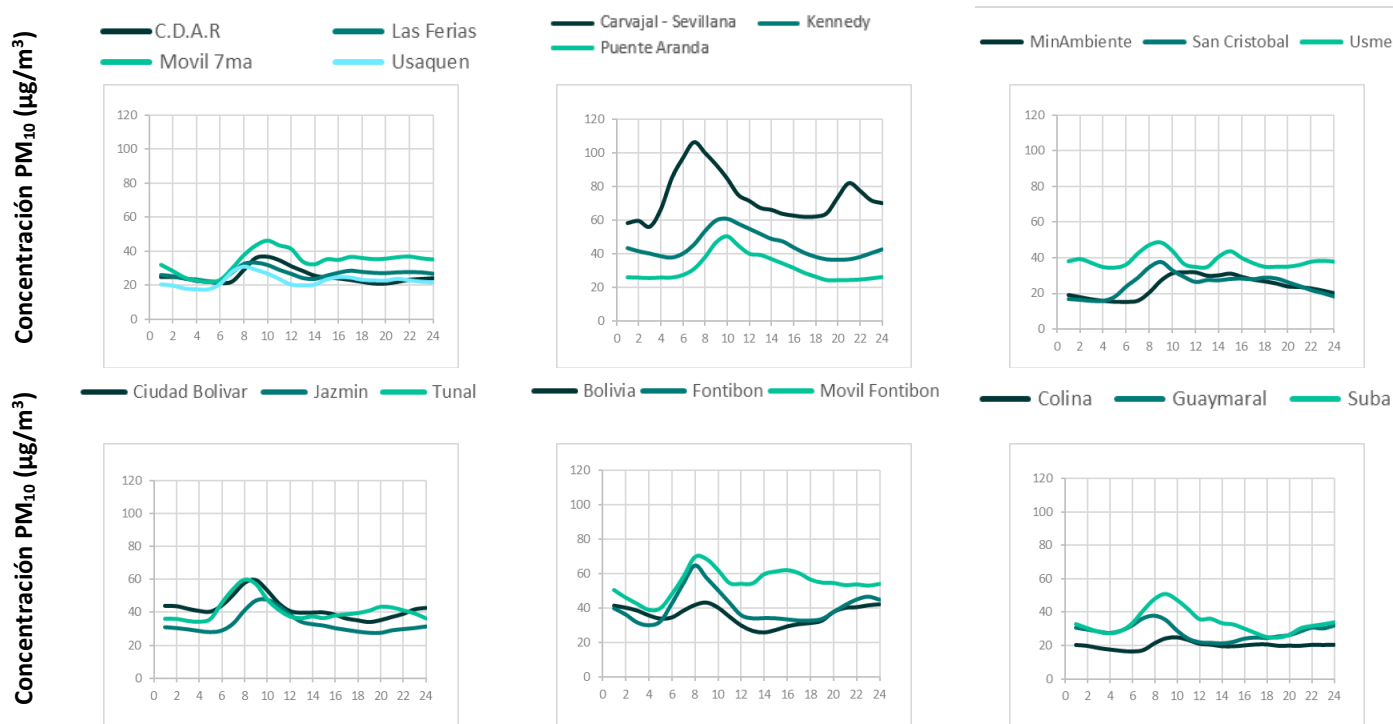


Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{10} – Año 2022

7.1.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM_{10} POR ESTACIÓN

Los promedios anuales de concentración de PM_{10} para los años 2019 a 2022 se evidencian en la Figura 7-6. En la mayoría de las estaciones se observa una leve tendencia al aumento de las concentraciones, solo la Móvil Fontibón con $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobrepasó el nivel máximo permisible anual de la Resolución 2254 de 2017 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Carvajal - Sevillana registró los promedios anuales más altos entre el 2019 al 2021, no obstante, en esta estación por el bajo porcentaje de datos válidos no fue posible establecer un valor para 2022. Cabe resaltar que en las estaciones Tunal, Fontibón y Móvil Fontibón se registraron promedios anuales en 2022 más altos que en el año inmediatamente anterior, con lo cual Tunal y Fontibón aumentaron $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio anual y Móvil Fontibón $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atribuido posiblemente al alto flujo vehicular presente en las vías principales que rodean estas localidades.

Por otro lado, la estación de MinAmbiente ha registrado los promedios anuales más bajos en la ciudad para los últimos cuatro años junto con CDAR y San Cristóbal, siendo el promedio de 2022 en la estación MinAmbiente el más bajo de los cuatro años en la ciudad con $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, en relación con los promedios de 2022 para las estaciones Móvil Fontibón, Ciudad Bolívar y Usme se evidenció un aporte significativo a las concentraciones de PM_{10} en la ciudad, con lo cual se han podido identificar en estos dos últimos años otros sectores de la ciudad que registran altas concentraciones de material particulado.

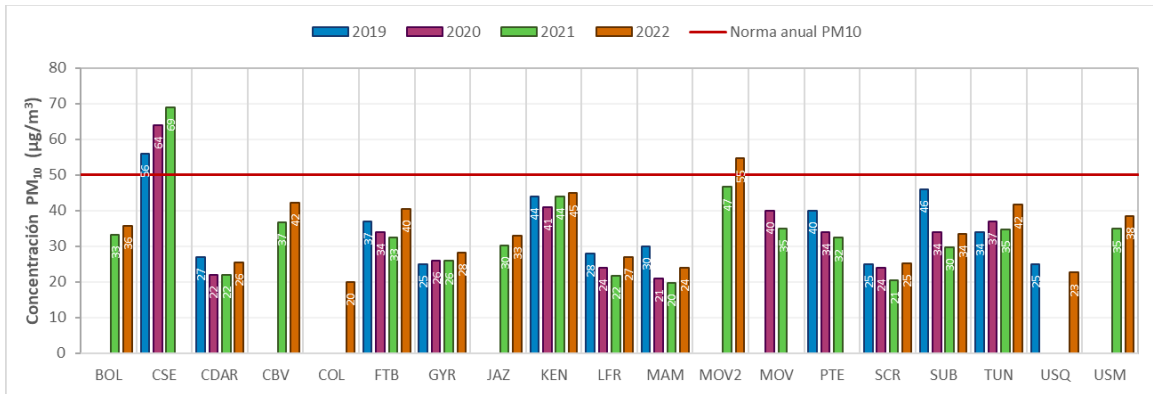


Figura 7-6 Concentraciones anuales de PM₁₀ años 2019 a 2022


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

El PM_{2.5} representa la masa de las partículas cuyo diámetro es igual o inferior a 2.5 µm, compuestas de diferentes sustancias tales como metales pesados u hollín, las cuales provienen de todo tipo de combustiones, incendios forestales, y algunos procesos industriales.

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 2022, 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 la Móvil Fontibón con 22.3 µg/m³ hacia el occidente de la ciudad, mientras que la concentración anual más baja se evidenció en Colina con 11.1 µg/m³ en la zona noroccidental, sin embargo, no se presentaron excedencias al nivel máximo permisible para tiempo de exposición anual establecido en la norma Resolución 2254 de 2017.

Los monitores de PM_{2.5} de las estaciones de Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma registraron menos del 75% de datos válidos durante el año 2022, en el caso de Carvajal - Sevillana no se concedió permiso de ingreso por el propietario del predio entre el 1 de enero y 5 mayo, lo que ocasionó fallos en los equipos ante la imposibilidad de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos necesarios para garantizar su correcta operación. Sumado a lo anterior, hacia el mes de julio el sistema de aire acondicionado de la estación presentó fallas múltiples, esta misma novedad en el aire acondicionado se presentó en la Móvil 7ma, dada esta situación se invalidaron los datos de contaminantes de estas estaciones, de acuerdo con lo establecido en el Handbook de la EPA y en el procedimiento interno de validación, en lo concerniente al control de temperatura interna de las

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

estaciones. Por ello los promedios estimados son indicativos, ya que solo representan una fracción del comportamiento del contaminante durante el año.

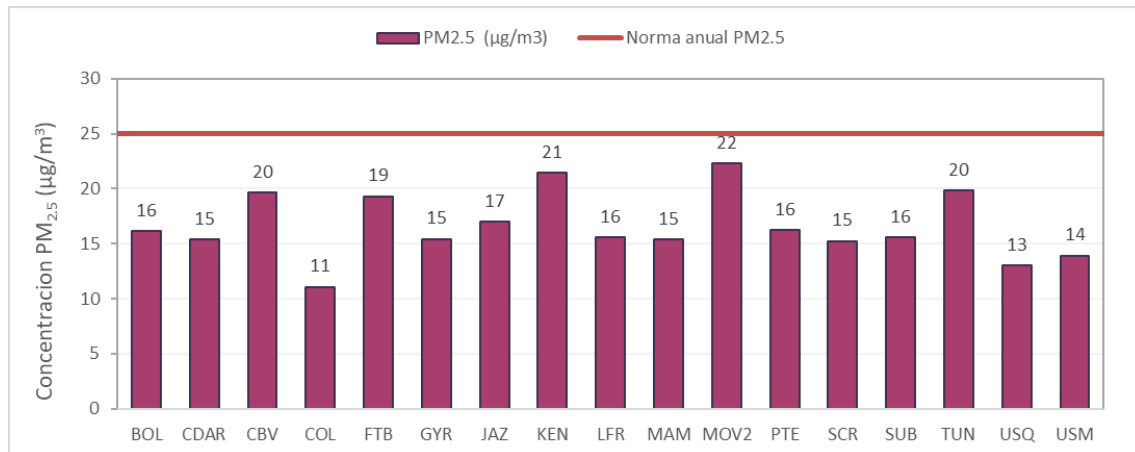


Figura 7-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2022


En relación con a la norma diaria (37 µg/m³), la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de excedencias en el tiempo en el que reporto datos de este parámetro, con veinte (20) excedencias, seguida de las estaciones Móvil Fontibón y Ciudad Bolívar con dieciséis (16) y quince (15) excedencias respectivamente.

Tabla 7-2 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM_{2.5} – Año 2022

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	16.1	98%	35.9	0
CSE*	33.9	16%	48.0	20
CDAR	15.4	96%	38.8	1
CBV	19.6	99%	54.3	15
COL	11.1	96%	33.0	0
FTB	19.3	99%	46.6	2
GYR	15.4	93%	34.9	0
JAZ	17.0	96%	46.5	5
KEN	21.4	88%	43.6	11
LFR	15.6	94%	40.5	1

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	15.4	98%	35.7	0
MOV2	22.3	97%	48.8	16
MOV*	18.2	60%	43.3	1
PTE	16.2	98%	42.1	1
SCR	15.2	93%	35.9	0
SUB	15.6	82%	34.9	0
TUN	19.8	97%	43.5	7
USQ	13.0	90%	29.7	0
USM	13.9	96%	39.5	3

* 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 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 2022, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging.

Según esta representación las concentraciones más altas se presentaron en la zona occidental en Fontibón y en la zona sur en las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, con concentraciones entre 18 y 22 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron en las zonas cercanas a las estaciones Colina, Usaquén y Usme, con valores entre 11 y 16 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. Las estaciones CDAR, Guaymaral, MinAmbiente, San Cristóbal, Bolivia, Las Ferias, Puente Aranda y Suba registraron promedios anuales similares que van de los 15 a los 16 µg/m³, pero son bajos en relación con lo observado en las estaciones del suroccidente.

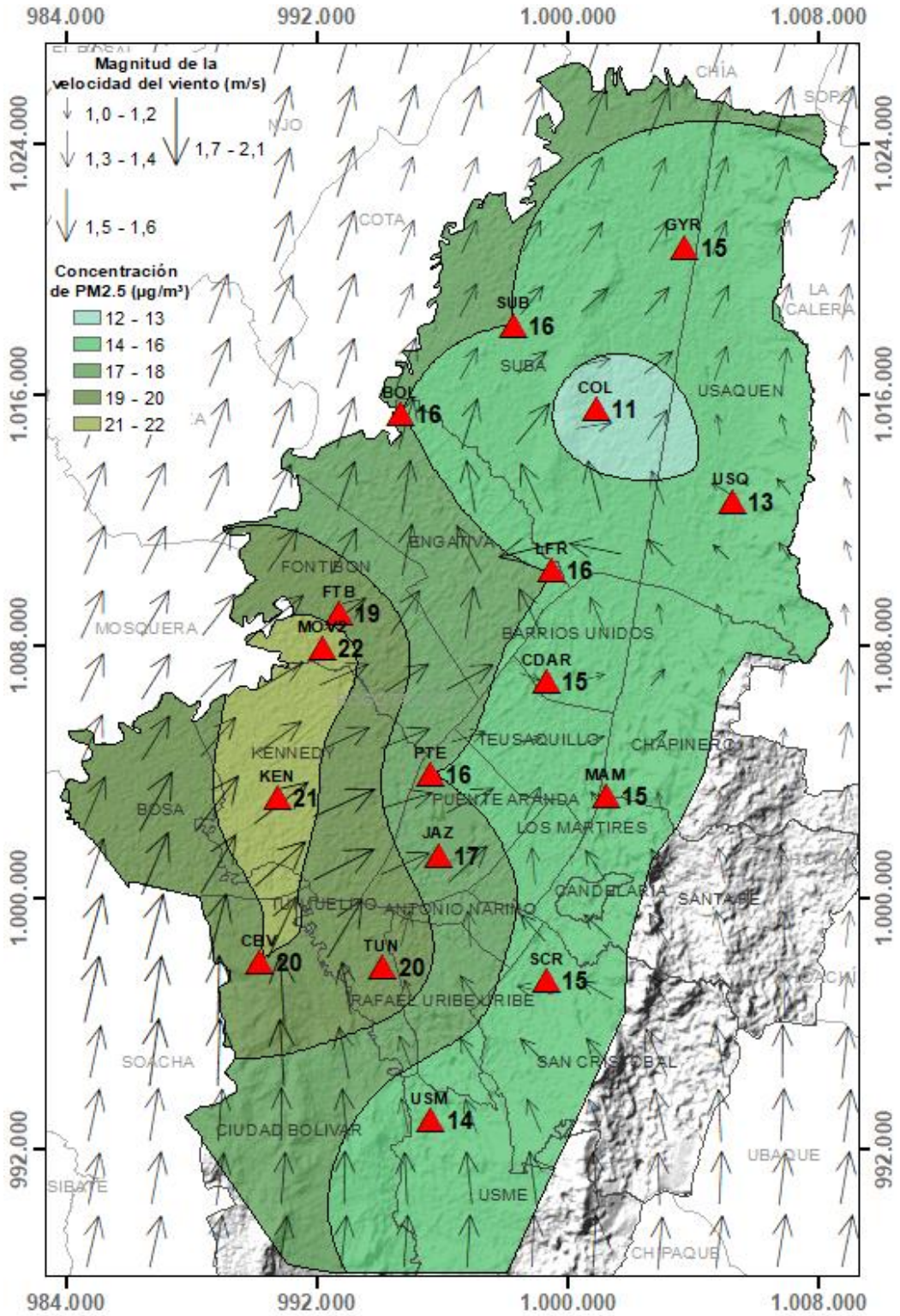



Figura 7-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 2022 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 los mayores 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 de la Orinoquia y la Amazonía, acompañadas de condiciones meteorológicas y locales desfavorables que contribuyeron al transporte de contaminantes hacia el centro del país. A finales del tercer trimestre se empezó a evidenciar un aumento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ que se asociaron a la quema de biomasa proveniente de la Amazonía brasilera y peruana, en lo referente al aumento que se evidencio hacia fin de año se puede vincular al aumento del tráfico y a las actividades industriales propias de la dinámica económica de la ciudad, previa a 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. Se observan concentraciones bajas que aumentan gradualmente hasta el miércoles, después hay una ligera disminución el jueves y aumentan nuevamente el viernes siendo el día de más alta concentración, luego descienden hasta el domingo, cuando se registran las concentraciones más bajas. 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.

En la Figura 7-11 se representa el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en un día promedio de 2022. Se registran concentraciones de valores similares en la madrugada hasta las 6 a.m. (a excepción de Carvajal – Sevillana, Tunal, Móvil Fontibón y Suba en las que inicia aproximadamente el aumento desde las 4 de la mañana), después hay un incremento gradual entre las 8 y 9 a.m. (7 a.m. en Carvajal-Sevillana), hay un nuevo descenso, que oscila entre la 12 y 1 p.m., posteriormente se presenta un leve aumento entre las 4 y 8 p.m. y se disminuyen o estabilizan al final de la noche. En la zona suroccidente se observa un segundo aumento de concentración hacia las 9 y 10 p.m. de menor magnitud al de la mañana, en la estación Móvil Fontibón hay un aumento de concentraciones después de mediodía, y en la estación Colina el comportamiento es bastante homogéneo durante todo el día. En las estaciones que registraron bajas concentraciones de material particulado, se hace evidente un comportamiento similar en las concentraciones registradas en la mañana y la noche, mientras que en las estaciones de alta concentración los picos registrados son bastante pronunciados, asociados a las horas de mayor tráfico en las vías de la ciudad.

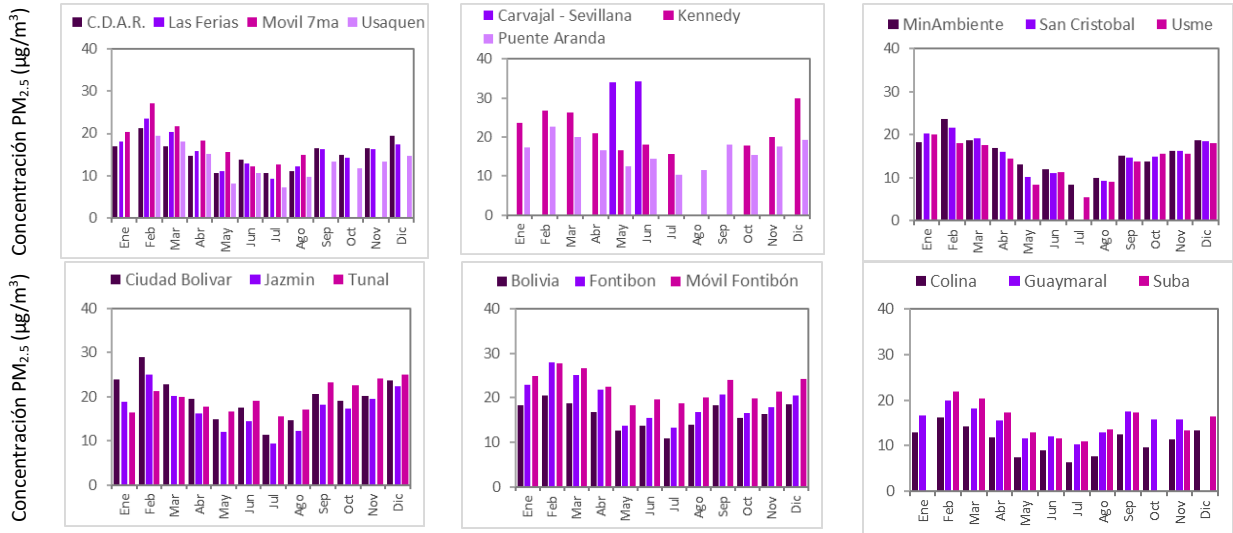


Figura 7-9 Concentraciones mensuales de $PM_{2.5}$ por estación – Año 2022

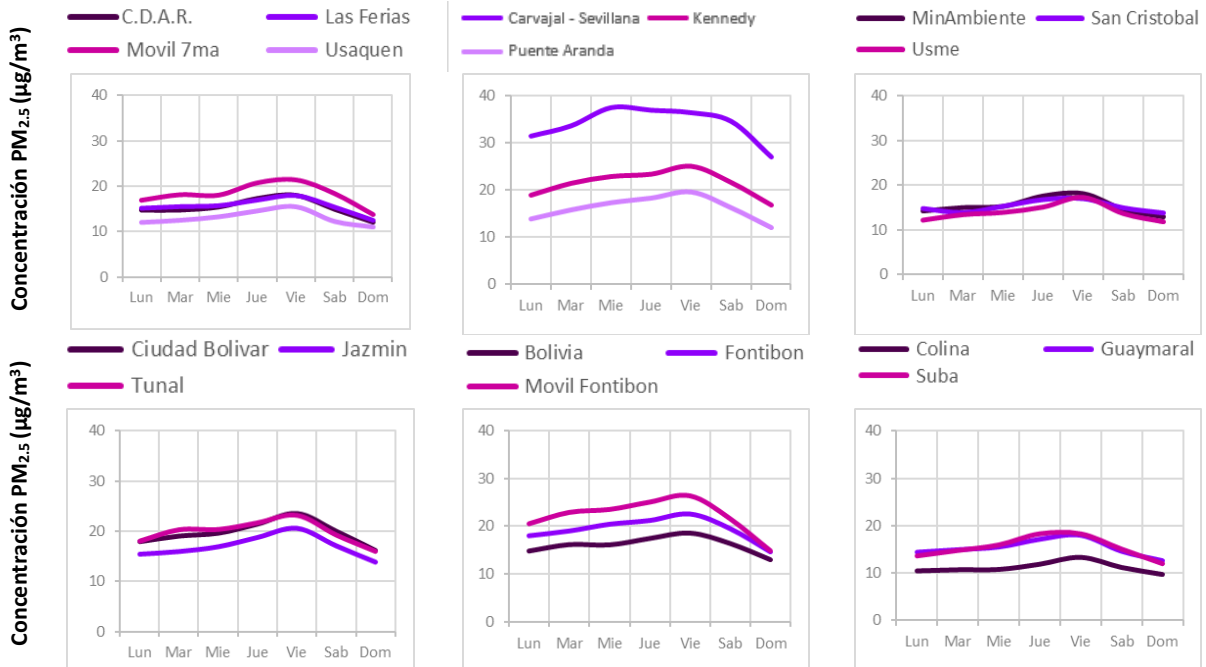


Figura 7-10 Comportamiento diario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2022



Figura 7-11 Comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2022

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 2019 a 2022. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana ha sido la única que ha registrado los promedios anuales sobre la norma anual ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y además dichos promedios han sido los más altos de todas las estaciones entre los años 2019 a 2021, no obstante, en esta estación por el bajo porcentaje de datos válidos no fue posible establecer un valor para 2022.

En general, se observa una tendencia leve al aumento de las concentraciones para el año 2022. Por otro lado, ninguna estación sobrepasó el límite máximo permisible para el tiempo de exposición anual de la norma, a pesar de que en la zona occidental la estación Móvil Fontibón registró el promedio más alto con $22.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que los promedios más bajos se evidenciaron en Usaquén, Usme y Colina, siendo el promedio de esta última estación el más bajo de 2022.

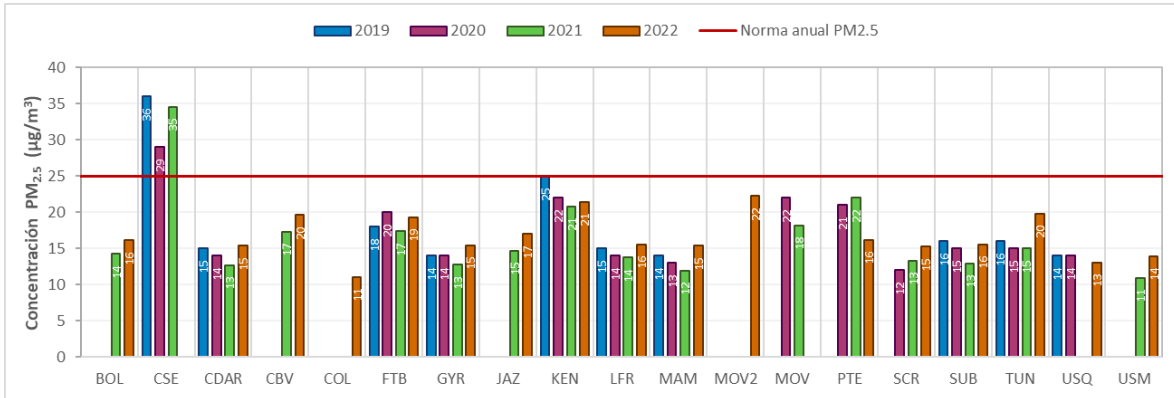


Figura 7-12 Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2019 a 2022

7.3 OZONO (O₃)

El O₃ es un gas azul pálido que existe en las capas altas y bajas de la atmósfera, pero mientras en la estratósfera es de tipo natural, actuando como un filtro protector de la radiación ultravioleta, en las capas bajas es perjudicial en los seres vivos (ozono troposférico), ya que es un oxidante fuerte e irritante que en altas concentraciones en el sistema respiratorio de animales y humanos afecta las mucosas y tejidos pulmonares y causa toxicidad en plantas. Este ozono troposférico no es emitido directamente a la atmósfera, sino que es producido por la reacción química entre el oxígeno natural del aire y los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, los cuales actúan como precursores de la reacción química en presencia de la luz solar.

7.3.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

La Tabla 7-3 contiene los promedios anuales de concentración de ozono para el año 2022, 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 Figura 7-13 se observan las concentraciones promedio anuales de 2022 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 33.555 µg/m³, mientras que la concentración más baja se obtuvo en la estación Colina con 9.794 µg/m³.

La estación Fontibón registró el mayor número de excedencias, con setenta (70) registros sobre la norma para un tiempo de exposición 8 horas, seguida de CDAR con veinticinco (25) excedencias. Las estaciones Carvajal- Sevillana, CDAR y Usme registraron un porcentaje de representatividad temporal menor al 75%, para Carvajal sevillana el bajo porcentaje de datos validos se asoció a las dificultades de acceso al predio en donde se encuentra la estación y a daños en el sistema de aire acondicionado, que generaron la invalidación de los datos; para CDAR no se reportaron datos entre el 12 de julio y 21 de diciembre de 2022 por anomalías en la lámpara UV del equipo y Usme presentó 3 periodos amplios de tiempo en donde se generó la invalidación de datos por fallos en la bomba.

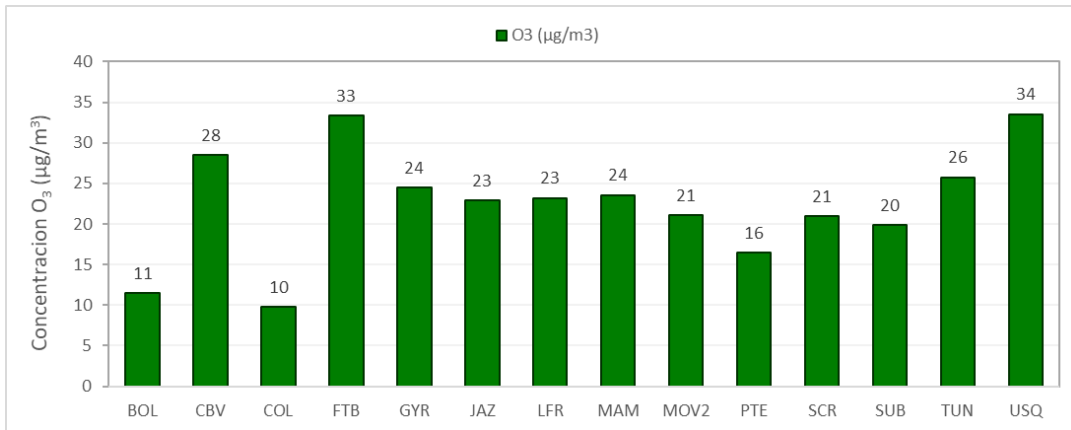


Figura 7-13 Concentraciones promedio anual de O₃- Año 2022

Tabla 7-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O₃- Año 2022

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	11.440	87%	64.174	0
CSE*	11.556	40%	67.464	0
CDAR*	22.727	56%	120.149	25
CBV	28.466	97%	104.781	3
COL	9.794	89%	53.149	0
FTB	33.407	79%	134.375	70
GYR	24.478	96%	108.749	8
JAZ	22.880	77%	97.611	0
KEN*	26.621	69%	114.065	7

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				
LFR	23.205	96%	105.665	4
MAM	23.565	85%	104.451	4
MOV2	21.123	76%	96.773	0
PTE	16.484	98%	87.751	0
SCR	21.007	97%	105.987	4
SUB	19.833	80%	86.552	0
TUN	25.760	97%	105.816	3
USQ	33.555	89%	122.763	15
USM*	26.315*	64%	102.433	3

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

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de O₃ registradas durante el 2022, 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, Fontibón y Ciudad Bolívar, con valores entre 28 y 34 µg/m³ y las menores concentraciones se registraron al noroccidente de la ciudad, en parte de las localidades de Suba y Engativá con valores entre los 10 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.

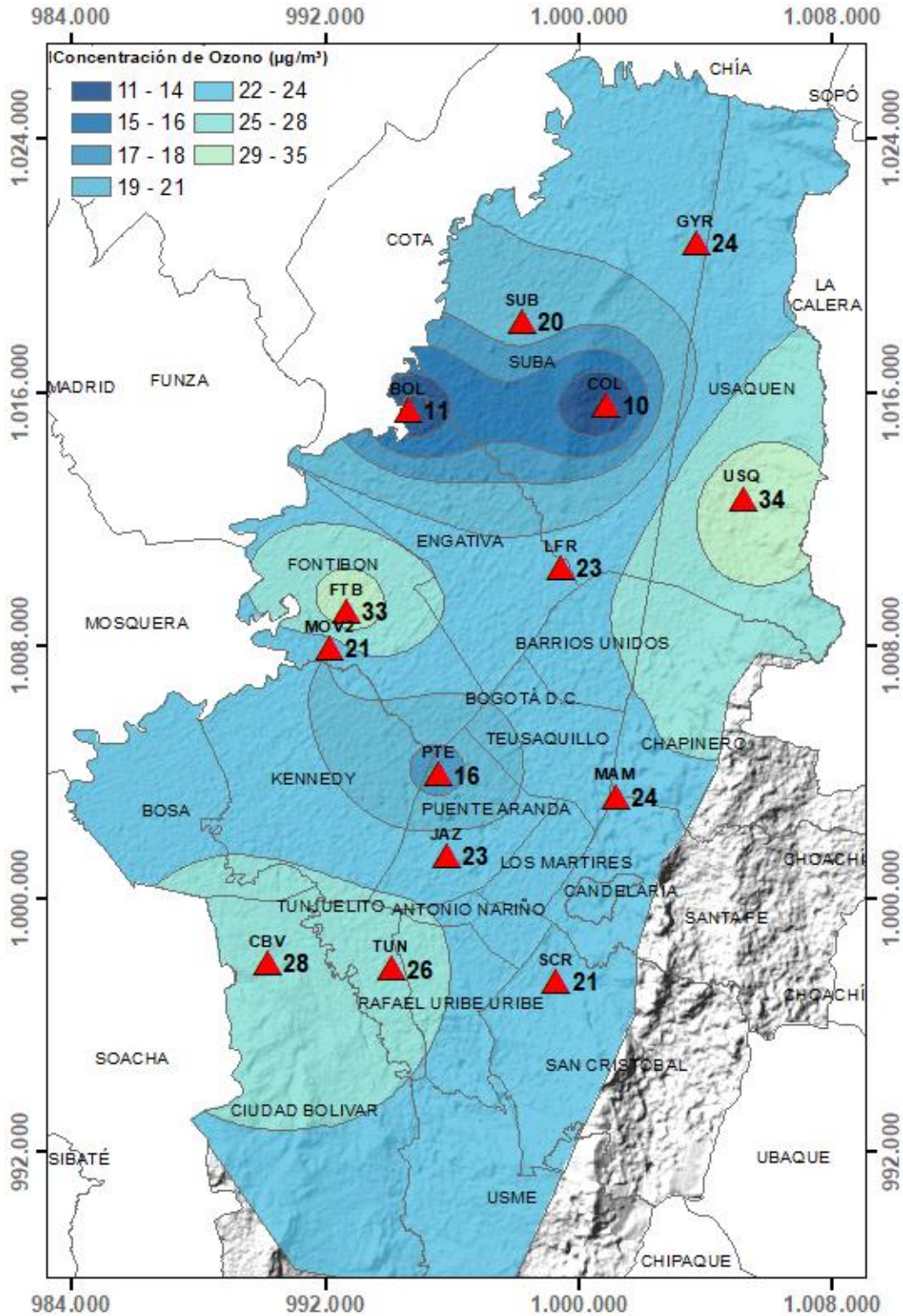



Figura 7-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O_3 del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	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 2022 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 septiembre. En los meses de octubre y noviembre se registró una leve disminución atribuida posiblemente a las temporadas de lluvia que se presentaron durante esta época del año y finalmente se registró un aumento hacia final de año. En Usaquén se observó un aumento notable en el primer trimestre en relación con las estaciones cercanas, también se han registrado altas concentraciones de O₃ en Fontibón, en comparación con la estación Móvil Fontibón.

El comportamiento del ozono para una semana promedio en el 2022 (Figura 7-16) muestra que hubo pocas variaciones con el paso de los días. En general las concentraciones son estables durante la semana, pero se observaron descensos de concentración entre miércoles y viernes y un leve aumento de los sábados y domingos respecto a los primeros días de la semana.

En la Figura 7-17 se observa el comportamiento de las concentraciones de O₃ en un día promedio en el 2022. En general se evidencia que las concentraciones permanecen estables hasta las 6 a.m. y empiezan a aumentar notablemente alcanzando su pico más alto entre la 1 o 2 p.m., con lo cual se evidencia la influencia de la radiación solar en las variaciones horarias del contaminante. Después de estas horas, empiezan a bajar las concentraciones hasta las 7 u 8 p.m. y se mantienen estables durante el resto de la noche.

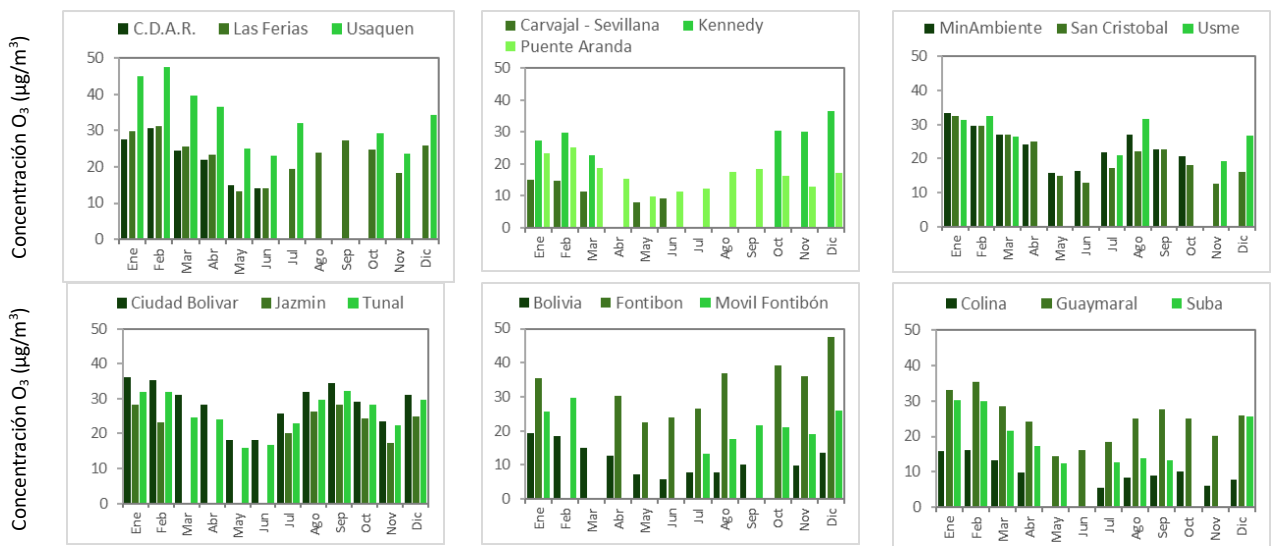
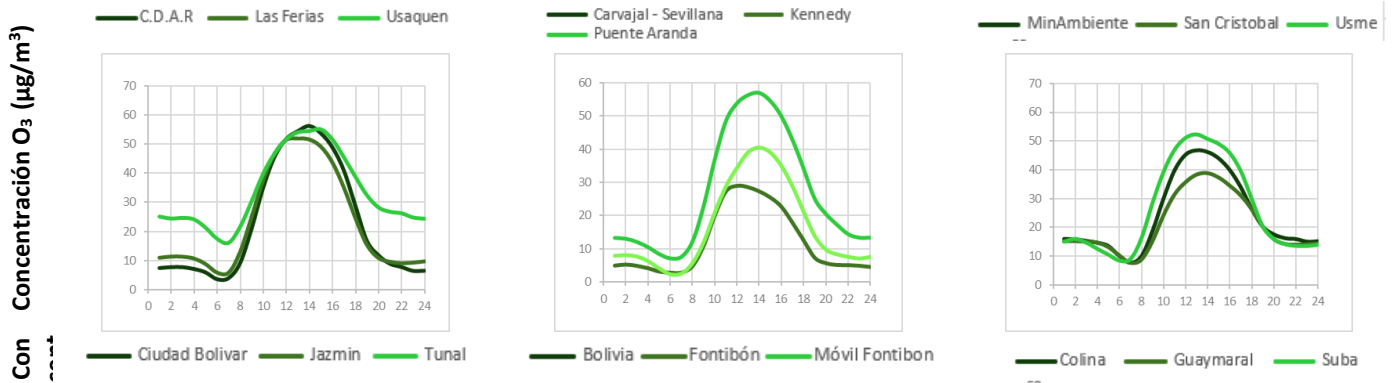


Figura 7-15 Concentraciones mensuales de O₃ por estación – Año 2022



Figura 7-16 Comportamiento diario de las concentraciones de O₃ – Año 2022



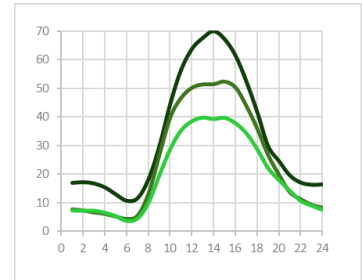
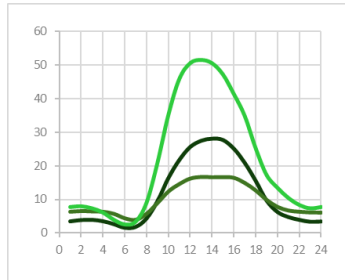
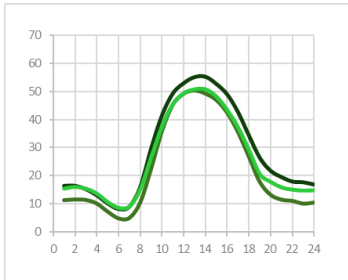


Figura 7-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ – Año 2022

7.3.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O₃ POR ESTACIÓN

En la Figura 7-18 se observan las concentraciones anuales de O₃ para los años 2019 a 2022. 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. Se observó una reducción de las concentraciones anuales en 2022 respecto al año anterior para las estaciones Jazmín, Las Ferias, MinAmbiente, San Cristóbal y Suba y un aumento para las estaciones Ciudad Bolívar, Fontibón, Guaymaral, Puente Aranda y Usaquén, siendo esta última la que presentó el promedio anual más alto del 2022 con 33.555 µg/m³.

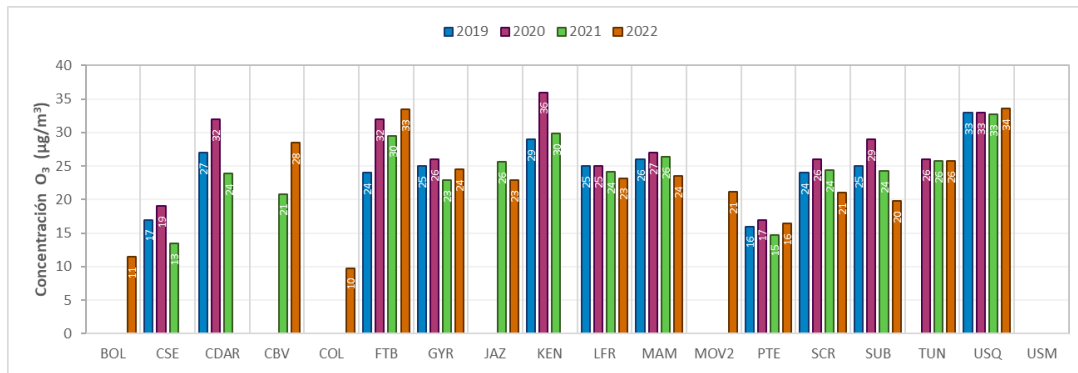



Figura 7-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2019 a 2022

7.4 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El NO₂ es uno de los gases de los óxidos de nitrógeno, de color pardo rojizo cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a los procesos de combustión a altas temperaturas en vehículos (fuentes móviles) e industrias (fuentes fijas). El NO₂ participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O₃) y material particulado secundario, afectando pulmones y vías respiratorias, además de contribuir a la formación del smog fotoquímico.

7.4.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La Tabla 7-4 resume los parámetros calculados de concentraciones promedio anuales de NO₂ para el año 2022, 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 Puente Aranda con 41.6 y 40.0 µg/m³ respectivamente, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en Guaymaral y Usaquén con 16.0 y 21.5 µg/m³ respectivamente.

Durante el año 2022 no se registraron excedencias a la norma horaria (200 µg/m³). Los analizadores de NO₂ de las estaciones Bolivia, Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma registraron menos del 75% de representatividad temporal en el 2022, Bolivia presentó una falla en el generador interno, el equipo quedó fuera de servicio desde el mes de septiembre, Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma reportaron novedades en el sistema de aire acondicionado, sumado para Carvajal - Sevillana la falta de ingreso a la estación que no permitió llevar a cabo los mantenimientos preventivos y correctivos generados producto de la operación de los equipos.

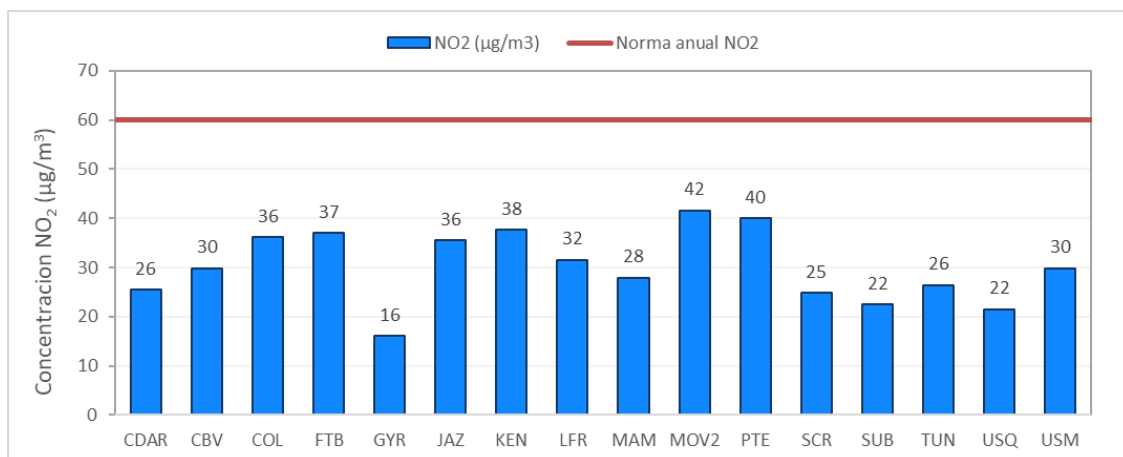


Figura 7-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2022


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 7-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO₂ – Año 2022

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				
BOL*	32.8	71%	53.6	0
CSE*	41.3	14%	65.9	0
CDAR	25.5	87%	49.5	0
CBV	29.9	98%	63.6	0
COL	36.2	98%	67.1	0
FTB	37.1	98%	120.1	6
GYR	16.0	84%	35.8	0
JAZ	35.6	87%	70.3	0
KEN	37.7	90%	62.6	0
LFR	31.6	95%	77.7	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	28.0	98%	60.2	0
MOV2	41.6	92%	66.2	0
MOV*	12.8	62%	49.6	2
PTE	40.0	99%	78.7	0
SCR	24.9	100%	57.5	0
SUB	22.5	93%	40.5	0
TUN	26.5	87%	67.4	0
USQ	21.5	100%	59.9	0
USM	29.9	96%	68.1	0

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

La Figura 7-20 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de NO₂ registradas durante el 2022, 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 36 a 42 µg/m³.

Las concentraciones más bajas se registraron en el noroccidente y nororiente de la ciudad en las estaciones de Guaymaral y Usaquén. 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 muy cerca de vías principales, su aumento puede asociarse posiblemente al tipo de transporte y al uso del combustible para operar los vehículos que circulan por estas vías.

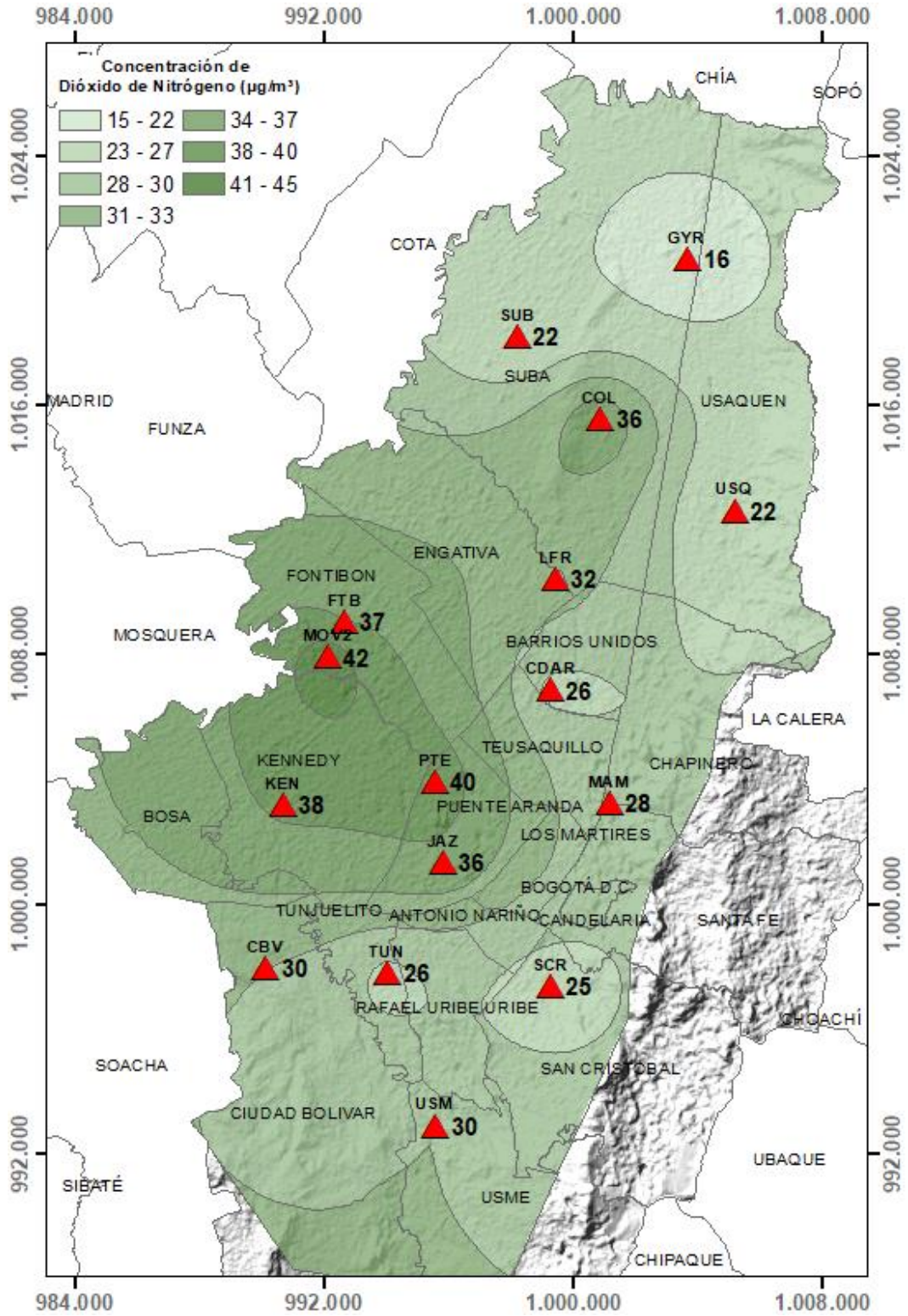



Figura 7-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO_2 del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 2022 para cada estación de monitoreo, se evidencia un incremento en los dos primeros trimestres del año, posteriormente una reducción ligera en julio y agosto en la mayoría de las estaciones. Desde septiembre se observó un aumento generalizado en toda la ciudad que permaneció hasta fin de año, las estaciones Las Ferias, Kennedy, Puente Aranda, Jazmín, Colina y Móvil Fontibón registraron su promedio más alto en este mes, la reducción de las concentraciones en los meses de julio y agosto pueden estar asociadas a la temporada de vacaciones escolares, que pudo contribuir a la reducción del tráfico vehicular en la ciudad.

El comportamiento del NO₂ de una semana promedio en el año 2022 se representa en la Figura 7-22, las concentraciones tuvieron un comportamiento poco variable que permaneció hasta mitad de semana, posteriormente se evidenció un incremento de las concentraciones entre los jueves y viernes, con notable disminución hacia los fines de semana. Estas variaciones fueron coherentes con el comportamiento del tráfico vehicular a nivel ciudad.

En relación con el comportamiento horario en un día promedio del 2022 (Figura 7-23), se evidenciaron dos picos de concentración, el primero entre 7 a.m. y 9 a.m. y el segundo entre las 8 p.m. y 9 p.m. En general, las concentraciones permanecieron estables en la mayoría de las estaciones 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 y en la tarde vuelve a incrementarse para alcanzar el segundo pico de concentración, el cual fue más bajo que el de la mañana, a excepción de la estación Las Ferias que mostró un pico más alto en horas de la tarde. Este comportamiento es bastante influenciado por las horas pico de transporte en la ciudad, en la salida hacia los lugares de trabajo, estudio en la mañana y retorno a los hogares de los ciudadanos en la tarde noche.

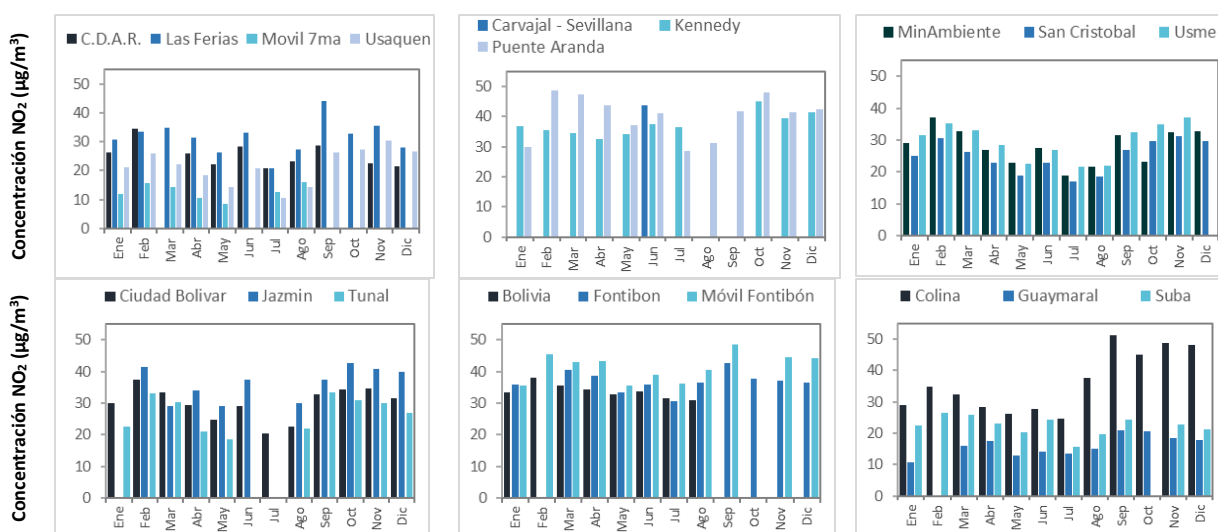


Figura 7-21 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2022

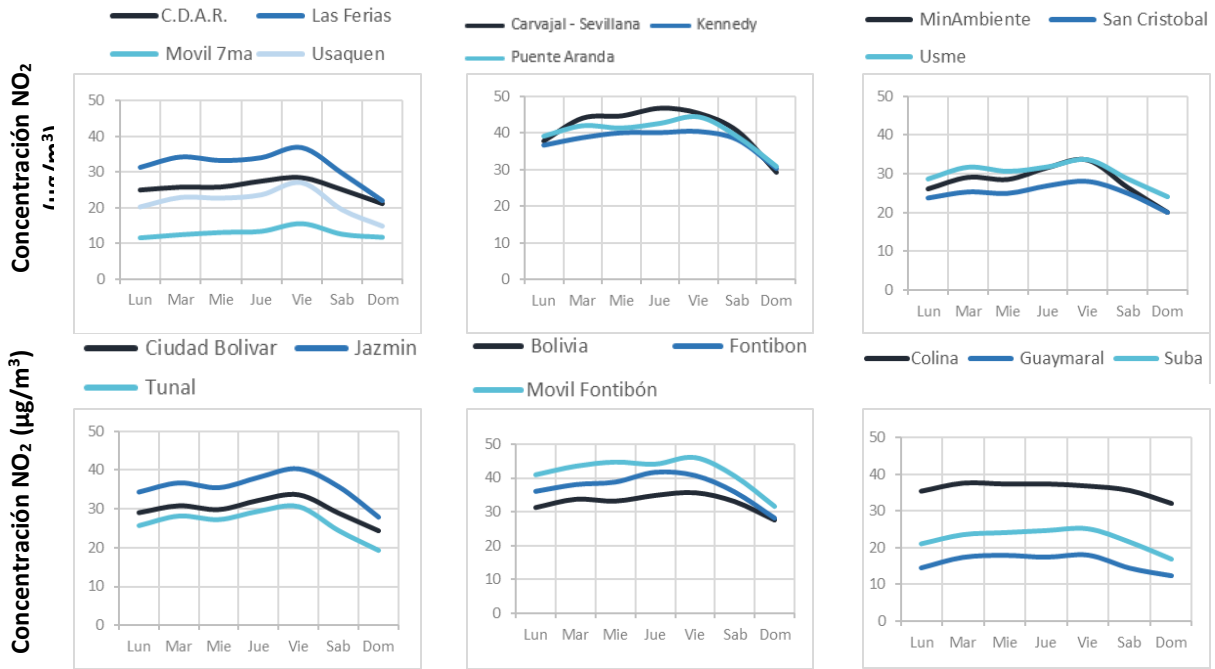


Figura 7-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2022

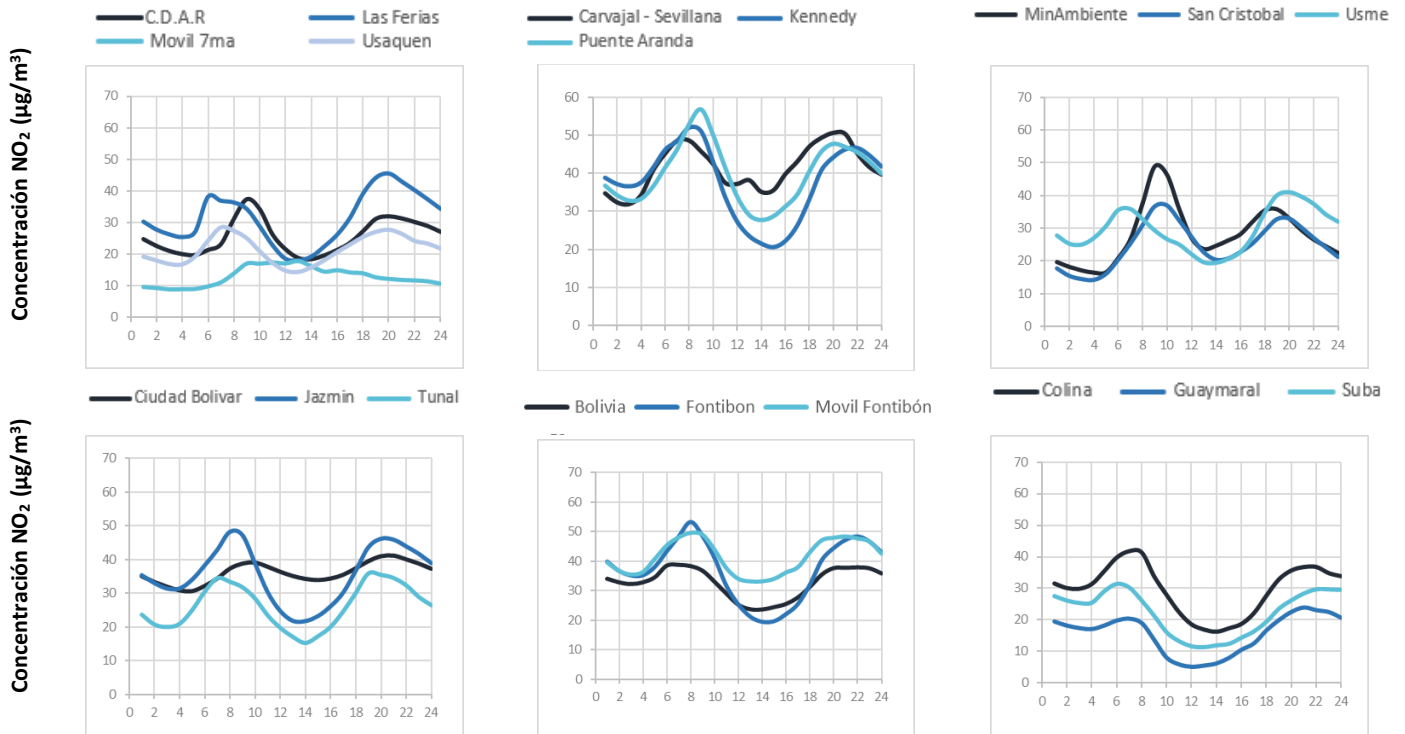



Figura 7-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 2019 a 2022 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 Puente Aranda y Kennedy. En la mayoría de las estaciones se observó un aumento de las concentraciones de NO₂ en el 2022 respecto al año anterior, lo cual puede asociarse al aumento del tráfico vehicular. En el cuatrenio 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.

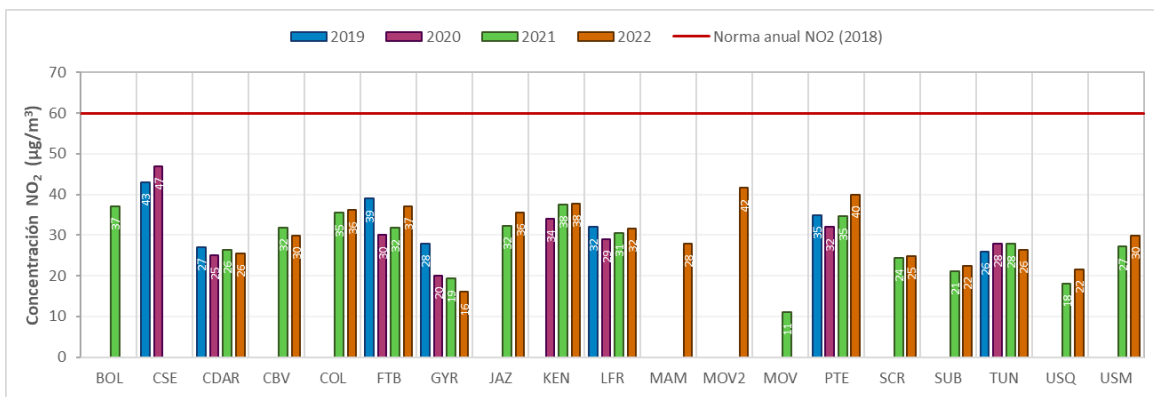



Figura 7-24 Concentraciones promedio anual de NO₂ - Años 2019 a 2022

7.5 DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El SO₂ es un contaminante primario, es un gas incoloro y de olor picante e irritante, perceptible en concentraciones superiores a 3 ppm (8 µg/m³). Se genera principalmente por la utilización de combustibles fósiles con contenido de azufre como el carbón, la gasolina y el diésel, que son usados en la industria y el transporte. Este gas puede reaccionar químicamente con otros compuestos, generar lluvia ácida y material particulado secundario. La exposición permanente a este contaminante puede producir problemas respiratorios.

7.5.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 7-5 muestra las concentraciones promedio anual de SO₂ en el año 2022, 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 Ciudad Bolívar registró el promedio más alto de la ciudad con 7.9 µg/m³, seguida de Usme con 7.5 µg/m³. Por otro lado, las estaciones Jazmín y Puente Aranda registraron el promedio más bajo con 3.0 µg/m³.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Durante el año de 2022 se registraron doce (12) excedencias a la norma horaria ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ninguna excedencia a la norma diaria ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), diez (10) en la estación Carvajal – Sevillana y una (1) en CDAR y Jazmín. Las estaciones Carvajal – Sevillana, CDAR, Colina, Suba y Usaquén registraron menos del 75% de representatividad temporal en el periodo anual. Para la estación Carvajal – Sevillana como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, se presentaron dificultades en el ingreso al predio junto con el daño del aire acondicionado que repercutió en el porcentaje de representatividad de todos los contaminantes criterio medidos en esta estación, en CDAR el equipo presentó desajustes de cero y datos negativos en varios meses del año, Colina registro datos atípicos asociados a concentraciones muy bajas y a datos negativos y en Usaquén se presentaron fallas, solo presentando registros de datos los últimos dos meses del año.

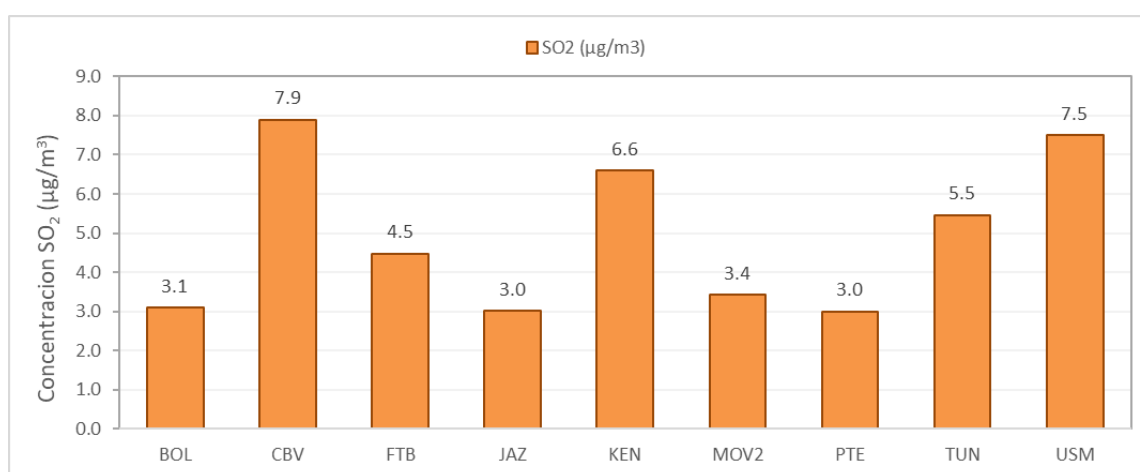



Figura 7-25 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2022

Tabla 7-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ – Año 2022

Estacio	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	3.1	87%	12.3	0	0
CSE*	11.1	41%	46.6	0	10
CDAR*	2.8	63%	17.2	0	1
CBV	7.9	98%	20.3	0	0
COL*	1.4	41%	4.0	0	0
FTB	4.5	93%	10.9	0	0
JAZ	3.0	94%	10.9	0	1

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					
KEN	6.6	89%	23.7	0	0
MOV2	3.4	86%	14.2	0	0
PTE	3.0	87%	9.6	0	0
SUB	2.6	75%	11.7	0	0
TUN	5.5	98%	12.4	0	0
USQ*	2.1	19%	4.2	0	0
USM	7.5	93%	19.9	0	0

* 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La Figura 7-26 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de SO₂ registradas durante el 2022, 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 y Ciudad Bolívar, con valores entre los 5.1 y 7.9 µg/m³. Las menores concentraciones se registraron en Puente Aranda y Jazmín con un valor de 3.0 µg/m³, las altas concentraciones pueden atribuirse a las fuentes industriales del sector y a las fuentes móviles que usan diésel como combustible.

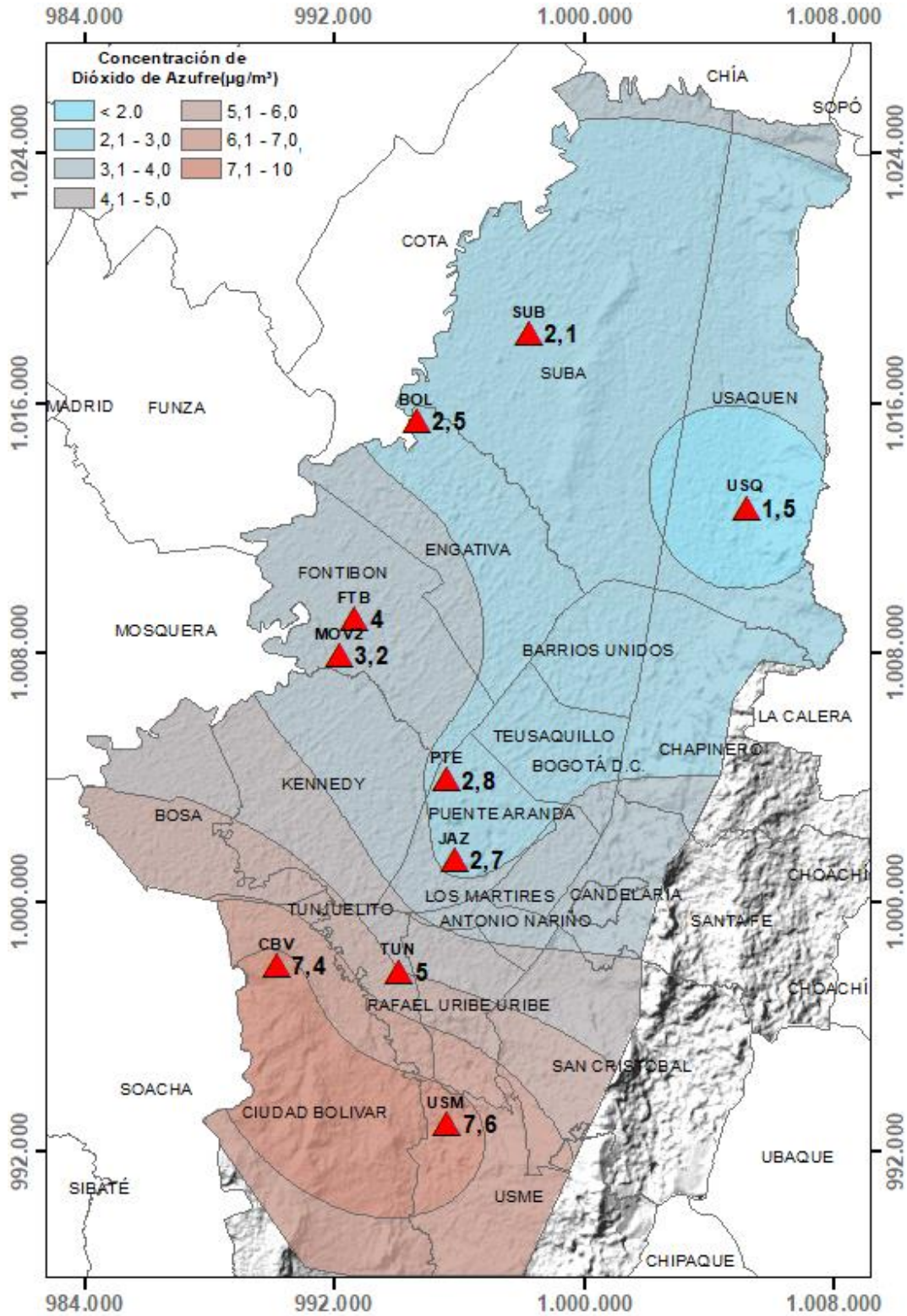



Figura 7-26 Distribución espacial de los promedios anuales de SO₂ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 2022. Al sur de la ciudad las concentraciones más altas se reportan en la estación Carvajal- Sevillana en los meses que reportó datos válidos. Las estaciones Usme y Kennedy reportaron su promedio mensual más alto durante el mes de diciembre, mientras que la estación Colina reportó su promedio más bajo en este mismo mes.

En la Figura 7-28 se observa el comportamiento del SO₂ en una semana del 2022. Para la estación CDAR se observa un pico muy leve en los dos primeros días (lunes –martes), luego esta estación junto con Usaquén no refleja variaciones fuertes en lo que resta de la semana. La estación Colina presenta un comportamiento homogéneo durante toda la semana, en general las concentraciones más altas se observan durante los jueves y viernes y disminuyen levemente o se estabilizan los fines de semana

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., después descienden gradualmente hasta las 11 a.m., cuando se estabilizan el resto del día. En las estaciones Ciudad Bolívar, Kennedy, Usme y Tunal se evidencia un leve aumento hacia las 4:00 p.m. que va en ascenso hasta finalizar el día.

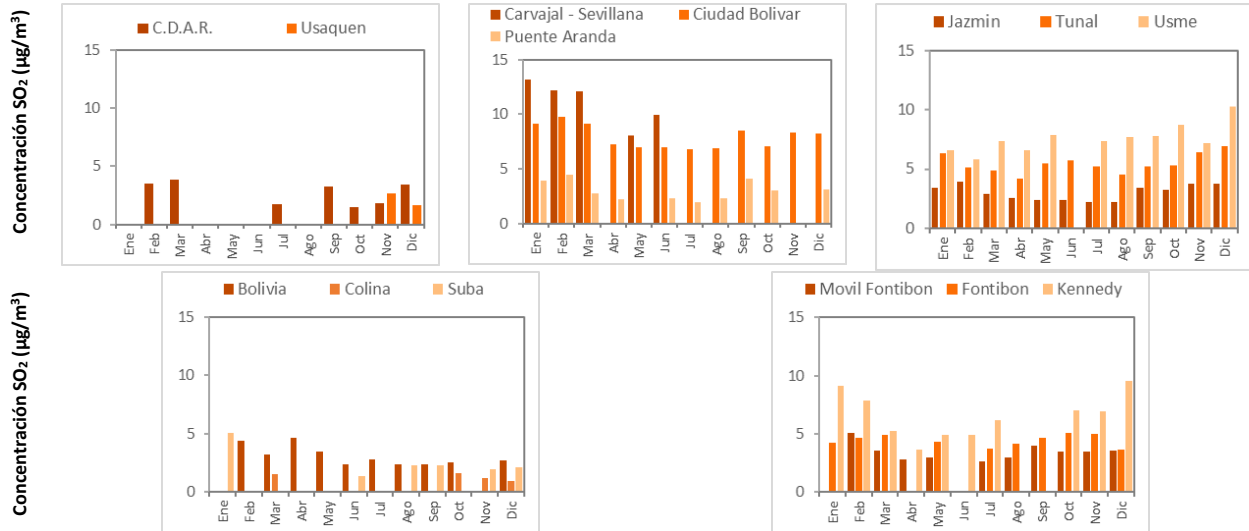



Figura 7-27 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2022



Figura 7-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO_2 – Año 2022



Figura 7-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO_2 – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.5.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 7-30 representa las concentraciones promedio anuales de SO₂ para los años 2019 a 2022. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana ha registrado los promedios anuales más altos en la ciudad, siendo el promedio más alto 15.6 µg/m³ para los años 2019 y 2021, no obstante, por el bajo porcentaje de datos válidos no fue posible obtener un promedio anual para 2022 para esta estación. También destacan los promedios registrados en 2022 en Kennedy, siendo la estación que presentó el incremento más alto en comparación con las demás estaciones para este mismo año. Se evidencia que las concentraciones altas de SO₂ son una problemática generalizada en el suroccidente de la ciudad, cuyo aporte más notable es el uso de vehículos con combustible diésel. Además, en las estaciones Kennedy y Fontibón se observa una ligera tendencia al aumento de las concentraciones para este último año.

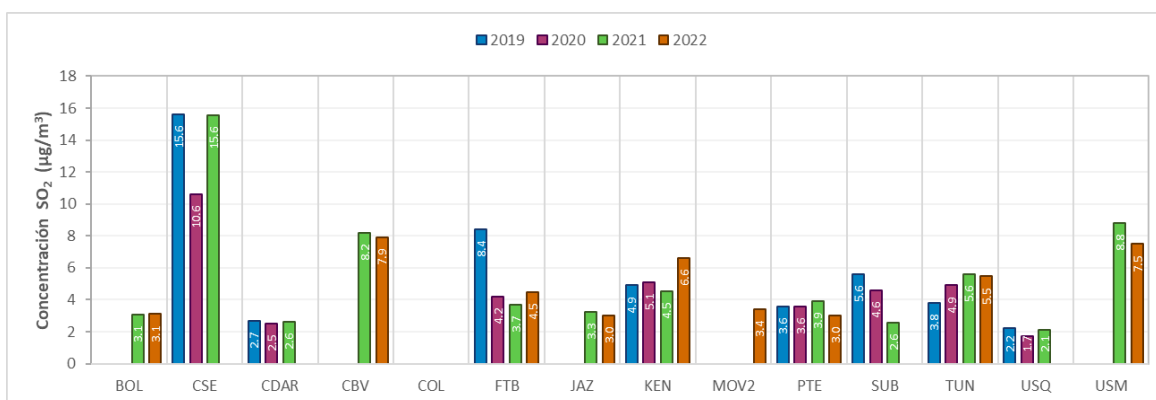


Figura 7-30 Concentraciones anuales de SO₂ años 2019 a 2022

7.6 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El CO es un gas inflamable, inodoro, incoloro e insípido. Este gas afecta la salud puesto que tiene mayor afinidad con la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, por lo cual en altas concentraciones puede llegar a interferir en el proceso de transporte de oxígeno en la sangre. Una proporción del CO es emitida directamente por la naturaleza, y otra parte proviene de emisiones antropogénicas, por parte de procesos de combustión incompleta de combustibles fósiles (petróleo, carbón, entre otros).

7.6.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Tabla 7-6 muestra las estadísticas de las concentraciones promedio anual calculadas con base en los datos media móvil 8 horas registrados durante el año 2022, 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 2022.

La estación Tunal registró el promedio más alto de CO para el 2022 con 1071.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida de 932.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Las Ferias al norte de la ciudad, mientras que el valor más bajo se observó en la estación Guaymaral con 329.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En relación con la norma 8 horas, se registraron ciento seis (106) excedencias en Carvajal Sevillana en los meses que reportó datos válidos.

Las estaciones Carvajal- Sevillana y Móvil 7ma tuvieron menos del 75% de representatividad temporal en los promedios anuales, en estas dos estaciones se presentaron novedades en el sistema de aire acondicionado que generaron la invalidación de datos, al no cumplir con los límites de control de temperatura interna.

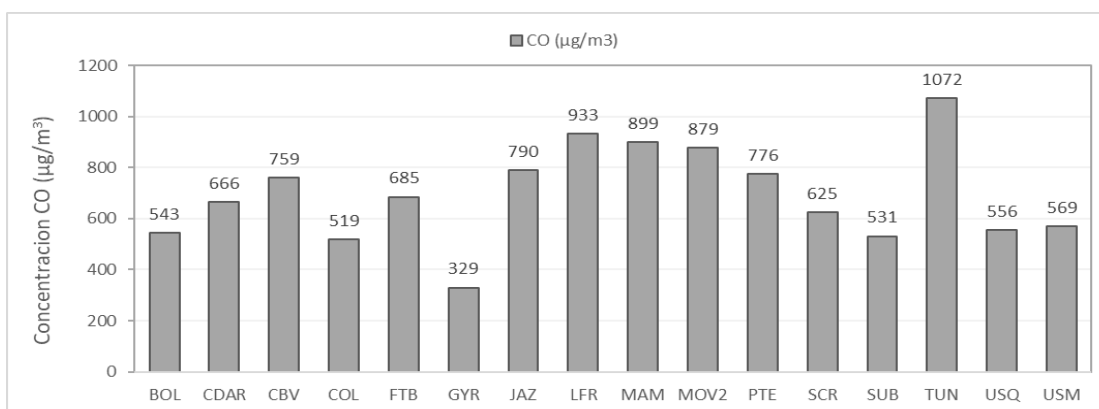



Figura 7-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2022

Tabla 7-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2022

Estación	Prom. anual CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% datos válidos	Conc. Máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No. Exce d. 8h	No. Exce d. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma horaria: 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
BOL	543.3	98%	3085.8	0	0
CSE*	2510.5	20%	7724.8	106	0
CDAR	665.9	99%	2893.3	0	0
CBV	759.1	97%	3119.8	0	0
COL	518.7	85%	1711.4	0	0
FTB	685.2	93%	2177.5	0	0
GYR	329.4	94%	1519.2	0	0
JAZ	789.8	97%	2771.9	0	0
KEN	955.3	75%	3146.8	0	0
LFR	932.6	87%	3053.3	0	0

Estación	Prom. anual CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% datos válidos	Conc. Máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No. Exce d. 8h	No. Exce d. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma horaria: 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
MAM	899.5	98%	2707.8	0	0
MOV2	878.7	82%	2931.9	0	0
MOV*	1743.5	62%	3514.8	0	0
PTE	775.8	98%	2862.0	0	0
SCR	624.9	100%	2236.9	0	0
SUB	531.1	95%	1307.3	0	0
TUN	1071.8	98%	3196.0	0	0
USQ	556.3	98%	1892.0	0	0
USM	569.5	92%	1698.2	0	0

* 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la Figura 7-32 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anuales de CO por estación para el año 2022, 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 Kennedy y Tunal. También se observan altas concentraciones en las localidades de Puente Aranda, Bosa, Ciudad Bolívar 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 y Usaquén.

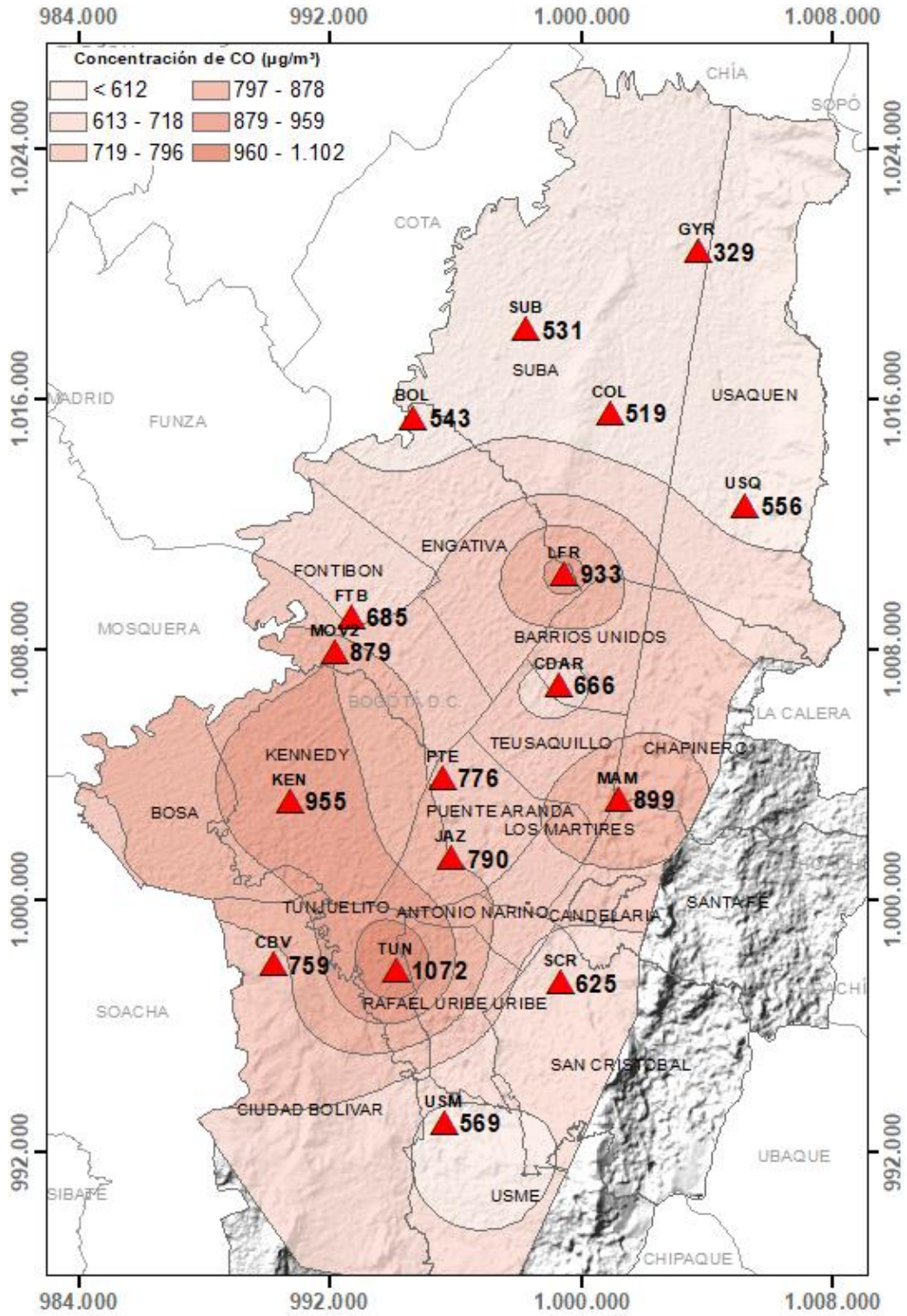



Figura 7-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	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 2022. La estación Usaquén en la zona Nororiental de la ciudad registró el promedio mensual más alto en el mes de marzo; Carvajal – Sevillana presentó altas concentraciones en el mes de junio, que comparadas con las demás estaciones registra el promedio mensual más alto durante este mes y año. En general se evidencian concentraciones altas durante los dos primeros trimestres del año, descienden en los meses de julio y agosto y ascienden gradualmente hasta terminar el año. 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 Móvil 7ma y Carvajal – Sevillana, para las demás estaciones se evidenciaron picos los viernes. En general no se evidenciaron variaciones mayores del comportamiento del contaminante durante los cuatro primeros días de la semana, en las zonas norte y noroccidental en las estaciones Colina y Suba las concentraciones fueron muy similares en toda la semana.

En cuanto al comportamiento del CO en un día promedio del 2022 (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 8 p.m. y 9 p.m., los registros más bajos se observan en la franja horaria comprendida entre las 12:00 p.m. y aproximadamente las 5:00 p.m. Los picos de concentración coinciden con las horas pico de tráfico en la ciudad. En la zona suroccidente los picos de concentración en la mañana son los más altos en la ciudad, llegando a registrar hasta 4200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal - Sevillana.

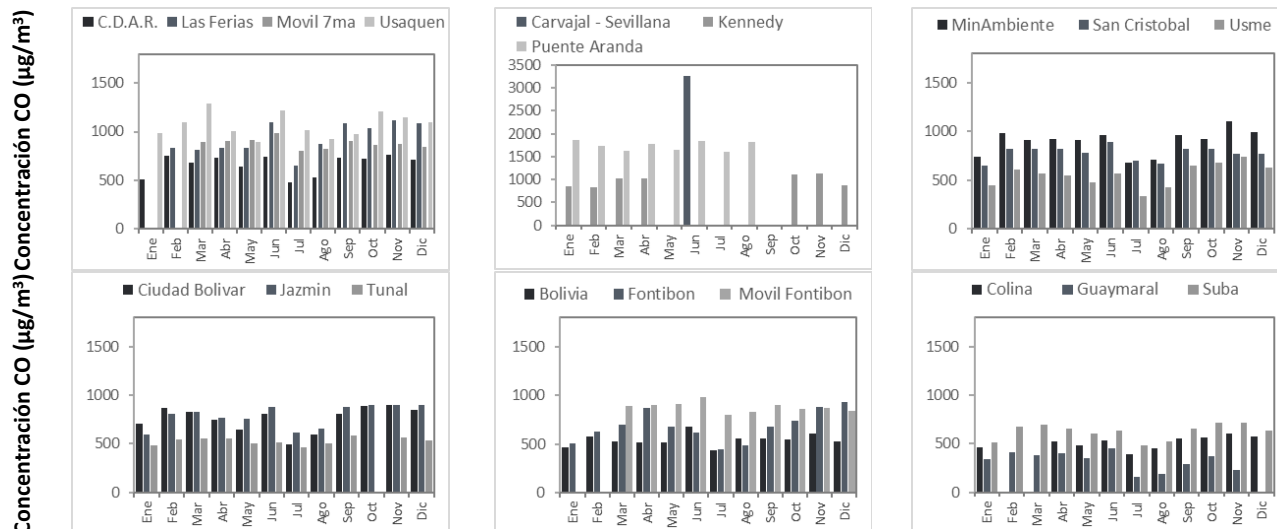


Figura 7-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2022

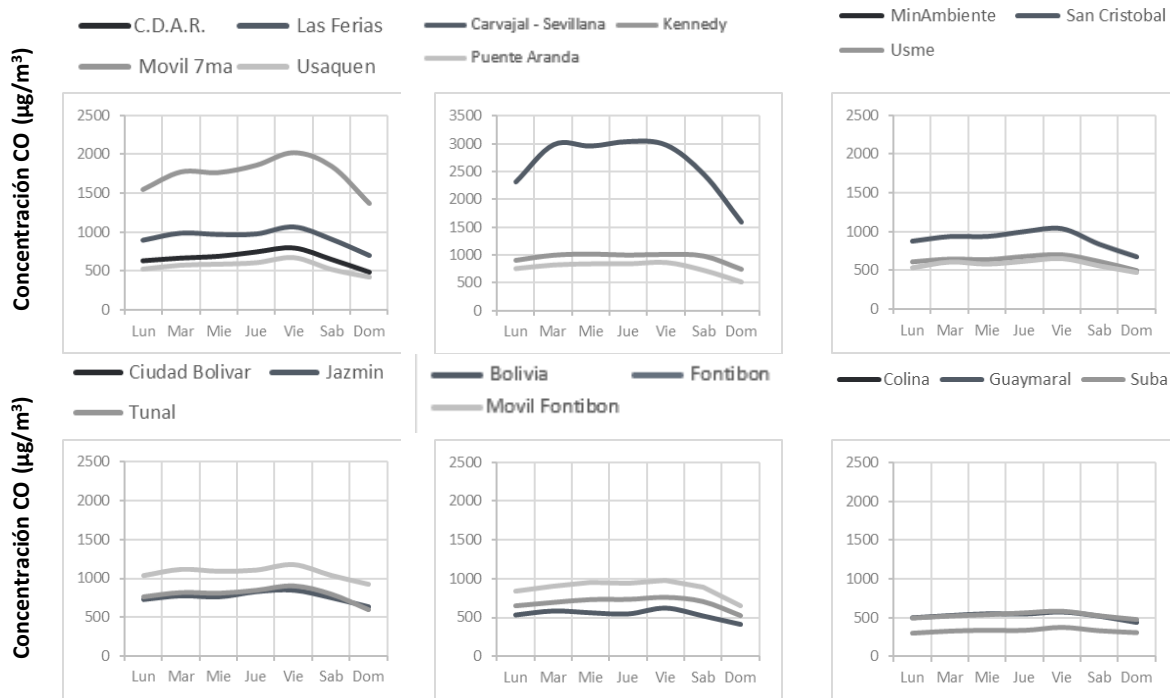


Figura 7-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2022

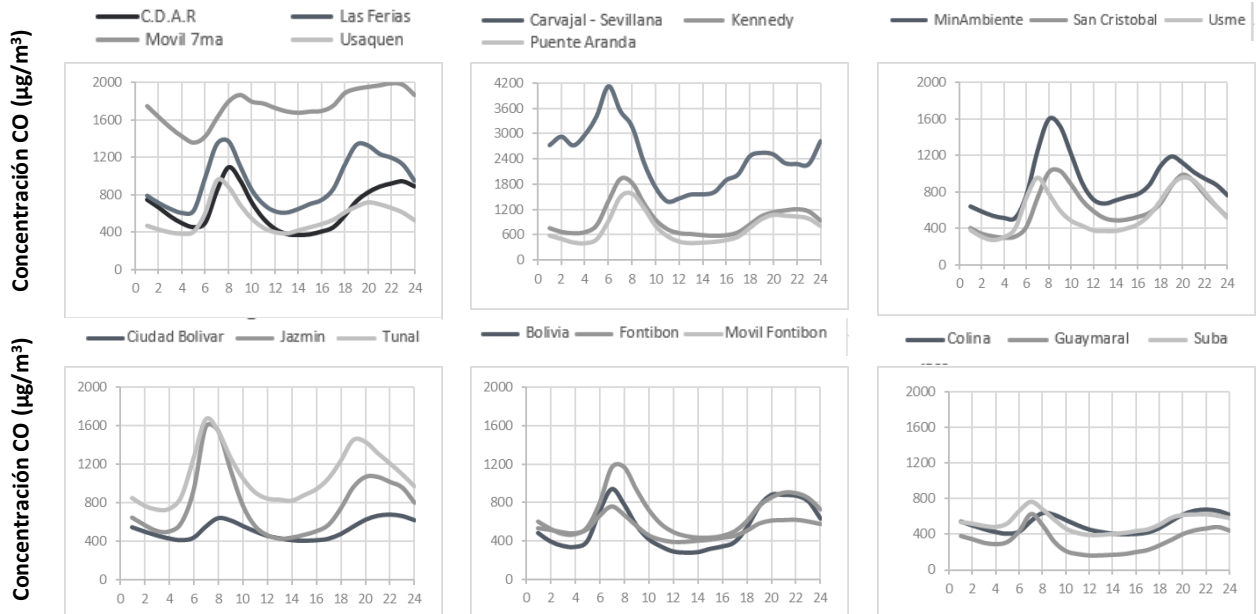



Figura 7-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

7.6.3 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 7-36 representa las concentraciones promedio anual de CO para los años 2019 a 2022. Se observa que para el cuatrenio la estación Carvajal-Sevillana registró el promedio más alto en 2021, considerando que por el bajo porcentaje de datos válidos no se obtuvo un promedio para 2022; así mismo, el segundo valor más alto se registró en la Móvil 7ma en 2019. La mayoría de las estaciones reportaron concentraciones más altas en 2022 respecto al año anterior, siendo la estación Tunal la que registró el mayor aumento con 1072 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para el caso de la estación Puente Aranda se reflejó una disminución considerable pasando de 1132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021 a 776 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2022.

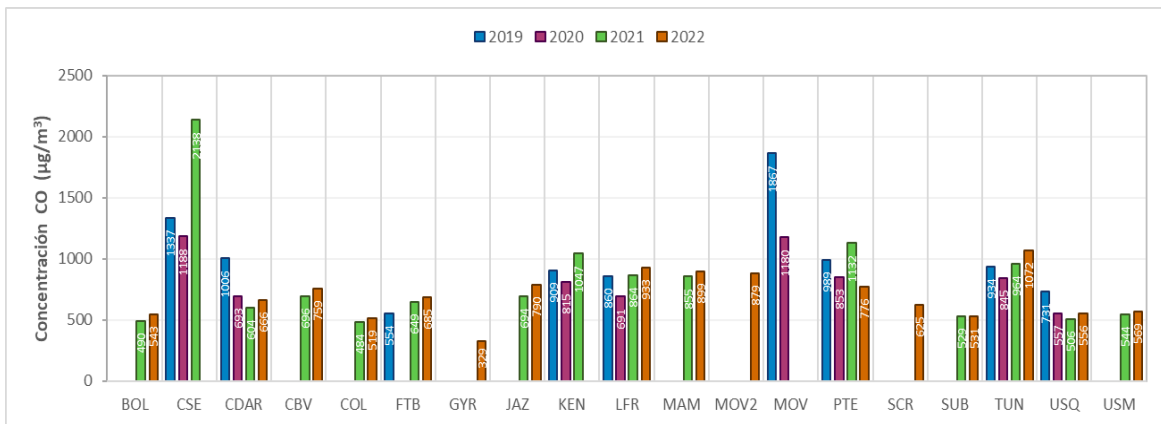



Figura 7-36 Concentraciones anuales de CO años 2019 a 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 claves del material particulado que contribuye al cambio climático y el deterioro de la calidad del aire. Parte de la fracción carbonácea del material particulado es el BC, el cual se caracteriza por una fuerte absorción de luz en el rango de longitud del espectro visible (380 – 780 nm) y por resistencia a su transformación química en la atmósfera, lo que permite asociarlo como un trazador de emisiones de combustión de fuentes fósiles y quema de biomasa. Estas dos características destacan el BC como uno de los contaminantes de vida corta con mayor impacto en el clima, la calidad del aire y la salud de la población (GAW Report & Petzold et al, 2013, 2016).

El Black Carbon también es importante en su determinación debido a que este contaminante tiene más probabilidades de causar efectos en la salud, por lo tanto, la identificación de las fuentes se basa en las diferentes propiedades ópticas de los aerosoles carbonosos. También es relevante distinguir la contribución de los combustibles fósiles (ff) y la quema de biomasa (bb), lo cual es posible mediante una determinación de longitud de onda múltiple del coeficiente de absorción a través del uso de un aetalometro. (María Piñeiro-Iglesias, J. A.-G.-G.-L.-M.-R., 2021). Este equipo es una herramienta importante para la distribución de fuentes de aerosoles carbonosos, por ello 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 longitud de onda de 880 nm, por lo que a continuación se realiza un análisis de los datos del contaminante usando esta definición.

8.1 COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN

Durante este año se midió eBC en las estaciones CDAR, Fontibón, Kennedy, MinAmbiente, Puente Aranda, San Cristóbal y Tunal, las cuales registraron más de 75% de las concentraciones horarias de eBC para 2022. Adicionalmente, se realizaron mediciones de eBC en las estaciones Las Ferias y Ciudad Bolívar, sin alcanzar el porcentaje mínimo de representatividad, debido a que el instrumento ubicado en la estación Las Ferias fue trasladado a la estación Puente Aranda en el mes de marzo y el instrumento que se encontraba en la estación Carvajal – Sevillana se trasladó a la estación Ciudad Bolívar en el mes de mayo de 2022. En consecuencia, los datos reportados, son indicativos para las estaciones Las Ferias y Ciudad Bolívar para el periodo de 2022.

La concentración promedio de eBC en la ciudad de Bogotá en 2022 fue de 4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de febrero se reportó la máxima concentración con un valor de 4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguido del mes de marzo (4.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y noviembre (4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La menor concentración de eBC se reportó en los meses de agosto y julio con un valor promedio de 1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los dos meses. Las mayores concentraciones de eBC se observaron el 27 y 28 de abril (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), el 13 de octubre (8.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y el 15 de marzo (8.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Mientras que las menores concentraciones se observaron el 11 de septiembre, 28 de agosto (1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y 2 de octubre (1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), que corresponden a domingo.

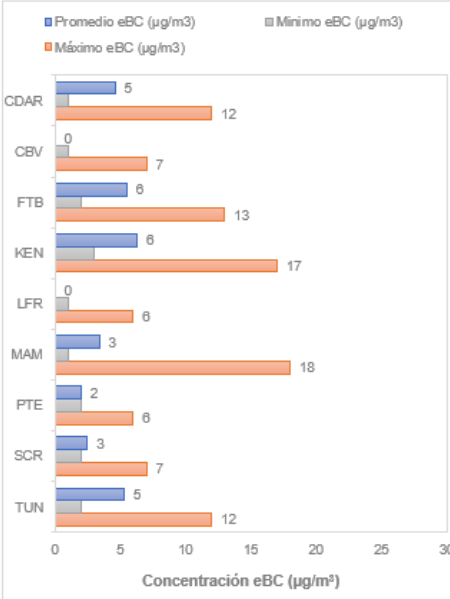
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la

Tabla 8-1 se presenta el promedio anual, máximo y mínimo de las concentraciones diarias (24h) de eBC para todas las estaciones. Las estaciones Kennedy, Fontibón y Tunal reportaron las mayores concentraciones de eBC en toda la ciudad, con valores de 6.3, 5.4 y 5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que en las estaciones San Cristóbal y Puente Aranda se reportan las concentraciones más bajas, con valores de 2.5 y 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las máximas concentraciones diarias se observaron en la estación Kennedy los días 15 de marzo (17.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 1 de mayo (16.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 1 de junio (16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y 18 de marzo (14.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las menores concentraciones diarias se reportaron en las estaciones San Cristóbal y Ciudad Bolívar, con un valor promedio de 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 8-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Año 2022

Estación	Promedio \pm sd	Mediana	Mín	Max	Datos capturados (%)
CDAR	4.5 \pm 2,3	4,2	1	12	86%
Ciudad Bolívar	2,7 \pm 1,4	2,6	1	7	61%
Fontibón	5,4 \pm 2,0	5,4	2	13	93%
Kennedy	6,4 \pm 2,6	6,4	2	17	75%
Las Ferias	3,2 \pm 1,3	3,3	1	6	16%
Min Ambiente	3,4 \pm 1,8	3,2	1	18	86%
Puente Aranda	2,4 \pm 1,1	2,3	1	7	80%
San Cristóbal	2,5 \pm 1,2	2,2	1	7	93%
Tunal	5,4 \pm 2,6	5,0	1	14	92%




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

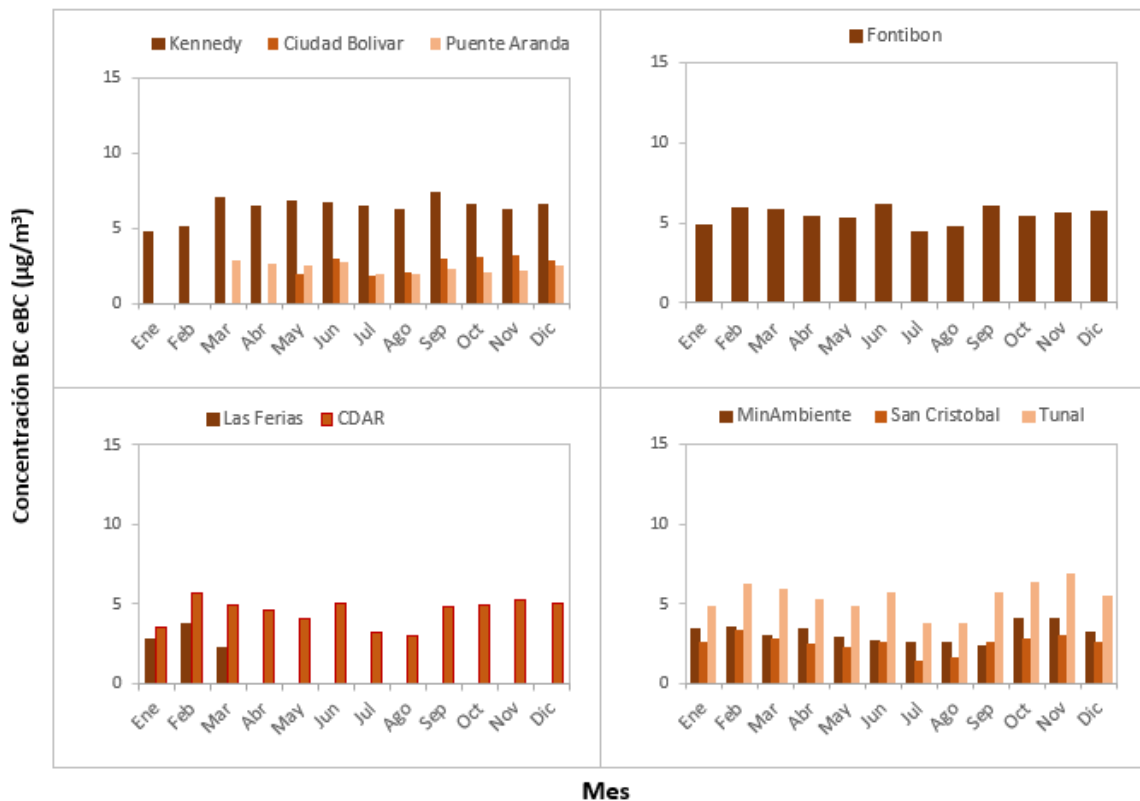
En la Figura 8-1 se presentan las concentraciones mensuales de eBC reportadas en 2022, donde se aprecia que las máximas concentraciones tuvieron lugar en diferentes meses para todas las estaciones. En la mayoría de las estaciones se observaron comportamientos bimodales, con máximos en febrero, marzo y septiembre o noviembre, mientras que las menores concentraciones se observaron en los meses de julio y agosto para la mayoría de las estaciones.

En CDAR y Tunal se observaron altas concentraciones en los meses de febrero y noviembre, con respecto a las observadas en junio y agosto. Igualmente, la estación San Cristóbal también parece tener un comportamiento estacional, mostrando las mayores concentraciones en febrero y octubre – noviembre. En contraste con lo reportado en las estaciones Ciudad Bolívar, Fontibón y Kennedy, que, si bien mostraron los máximos en marzo y septiembre, no reportaron una disminución dramática de la concentración de eBC en los meses de julio y agosto.

Durante el mes de junio se observaron mayores concentraciones de eBC que en mayo y julio. Esto es particularmente notable en la estación MinAmbiente, que mostró los máximas concentraciones

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

en junio y septiembre. La estación Kennedy reportó la mayor concentración de eBC entre marzo y septiembre, con un valor promedio de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Tunal la sobrepasó para los meses de enero, febrero y noviembre. La mínima concentración es observada en San Cristóbal y Puente Aranda, estuvo entre 2 y $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Mes
Figura 8-1 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2022

Con respecto a la dinámica de las concentraciones de eBC durante la semana, se observa que los días viernes las estaciones registran un promedio máximo de concentraciones promedios con valores entre 7 y $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones Kennedy, Fontibón y Tunal registraron un promedio máximo de concentraciones de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, el domingo es el cual se registran las menores concentraciones de eBC con valores entre 1 a $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como se muestra en la Figura 8-2.

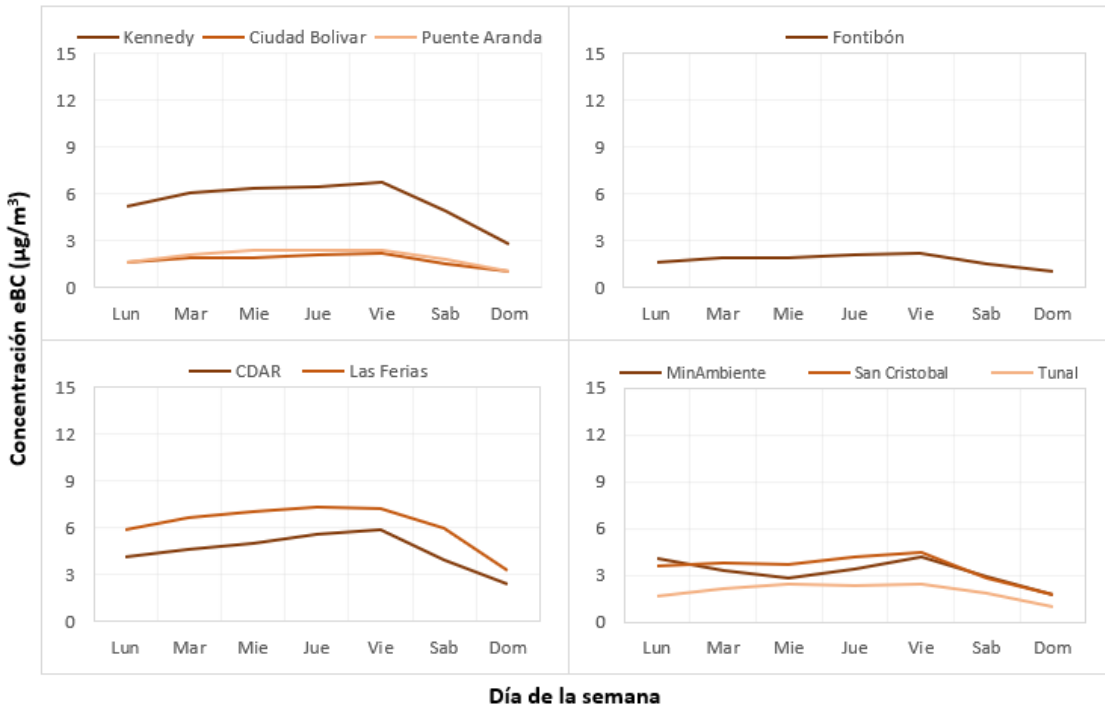


Figura 8-2 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2022

En la Figura 8-2 se muestra el comportamiento de las concentraciones horarias de eBC, se observa que todas las estaciones tuvieron un comportamiento similar, dado que el periodo horario en donde se presentan un aumento en las concentraciones ocurre entre las 4 y las 7 am. Adicionalmente, las estaciones que presentaron el mayor incremento de las concentraciones de eBC fueron Kennedy y Fontibón con $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Por otro lado, la estación San Cristóbal es la que presentó las menores concentraciones con un máximo de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De igual forma, las concentraciones de Black Carbon presentaron un incremento en sus concentraciones en el periodo horario de las 6 a 9 pm, especialmente en las zonas suroccidente y noroccidente, en donde las estaciones presentan un incremento que no supera los $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

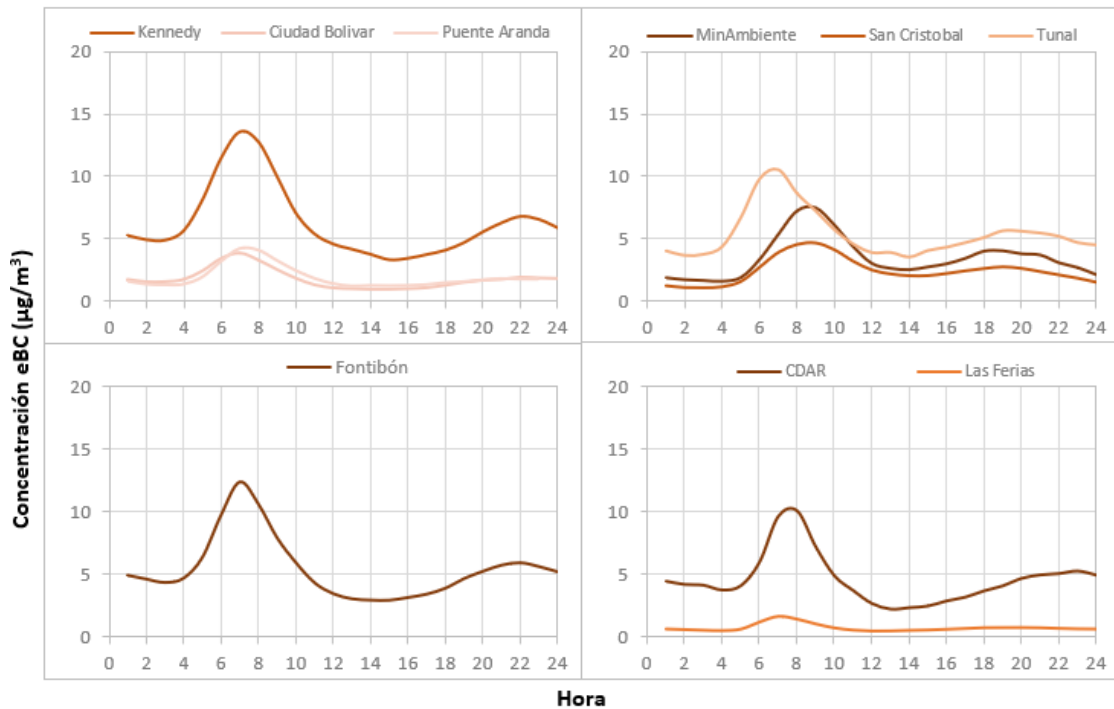


Figura 8-3 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2022

En la Figura 8-3 se representan los promedios anuales de eBC para los años 2019 a 2022, se observa que las concentraciones del año 2022 en general fueron similares o un poco menores a las del año anterior. Por otro lado, durante este periodo de tiempo se evidencia que hubo una reducción en las concentraciones de eBC en las estaciones MinAmbiente y Tunal.

Adicionalmente, se resalta que durante el primer trimestre de 2022 se presentó una influencia en las concentraciones de material particulado provenientes de incendios forestales a nivel regional, además, periodos cortos en los que la influencia de la meteorología dificultó la dispersión de los contaminantes generados en la ciudad, los cuales se acumularon y generaron los incrementos de concentraciones, por lo cual no se evidenció una tendencia a la reducción de las concentraciones generalizada en la ciudad.

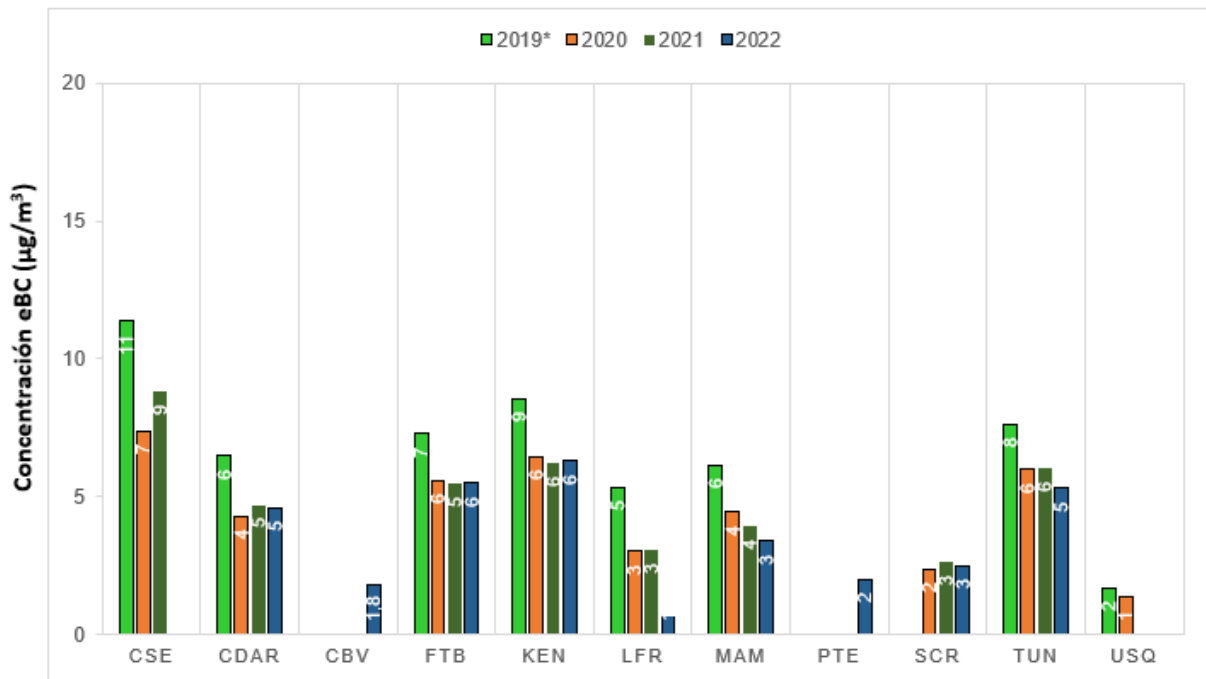


Figura 8-4 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2019 a 2022. (*) datos anuales incompletos

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

En la Figura 8-5 se puede observar la distribución espacial de incendios activos que se presentaron durante el año 2022 en periodos de tiempo donde se registraron altas concentraciones de BC. Durante el primer trimestre del año (figuras 8-5a y 8-5b) se evidencia una alta presencia de incendios en las regiones Caribe, Andes y Orinoquia colombiana que por las direcciones de vientos presentadas en sentido este-oeste desde Venezuela hasta la ciudad de Bogotá, influyeron directamente en los aumentos de las concentraciones del contaminante.

Por el contrario, durante el segundo y tercer trimestre del año los incendios disminuyeron y las trayectorias de vientos no muestran direcciones que pudieran haber transportado partículas desde zonas donde estos se presentaron (figuras 8-5c, 8-5d y 8-5e), infiriendo que el aumento de concentraciones se dio debido a otro tipo de fuente. Durante el cuarto trimestre del año nuevamente se registraron altas concentraciones del contaminante, sin embargo, la presencia de incendios es menor respecto al primer trimestre del año y las trayectorias de vientos provienen de diferentes direcciones según el periodo observado (Figura 8-5f, 8-5g y 8-5h), no obstante, los aumentos de eBC registrados el 14 y 22 de octubre pudieron presentarse debido al transporte de la quema de biomasa.

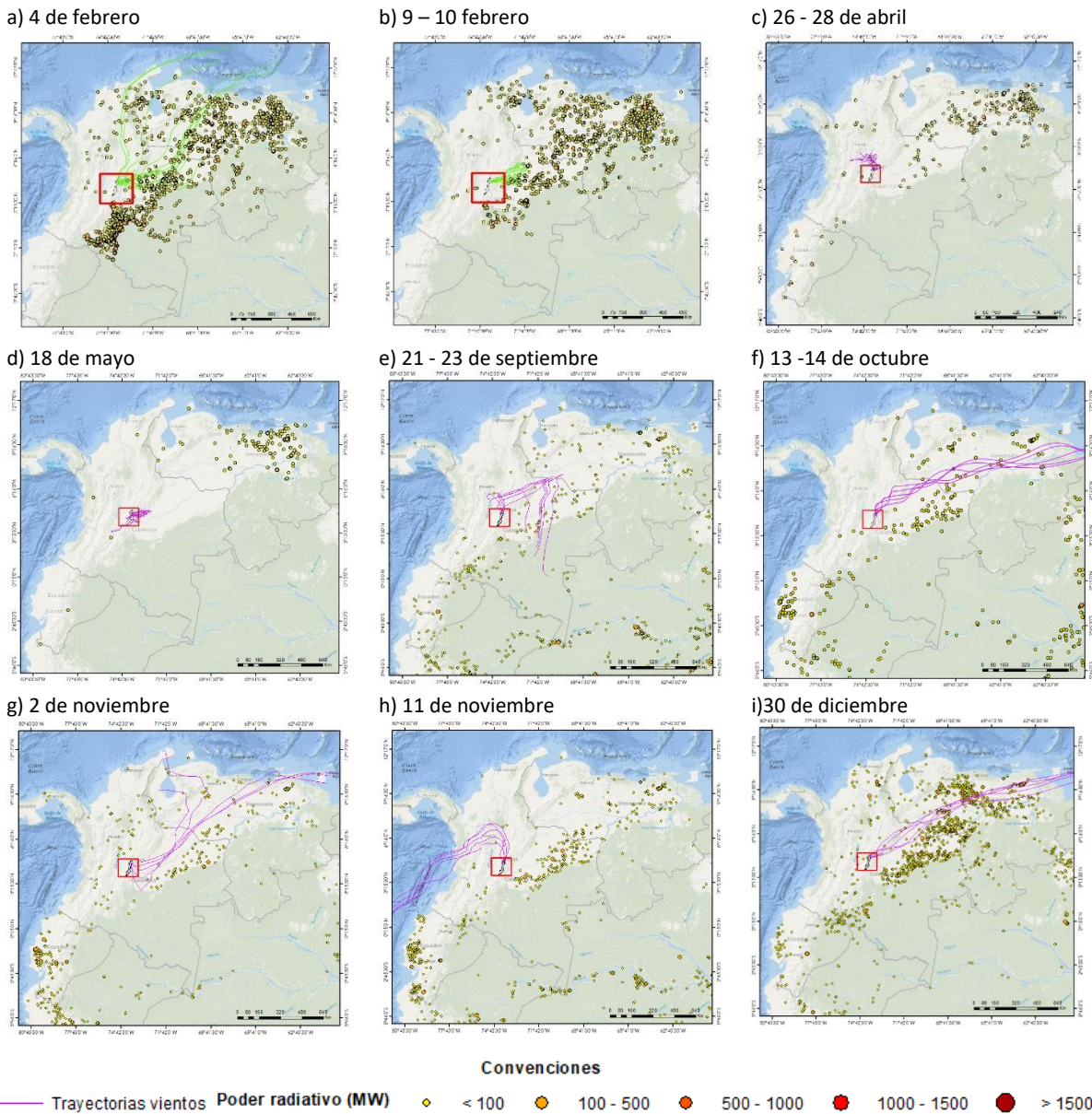


Figura 8-5 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS - Año 2022

La mayor contribución de quema de biomasa en la concentración de eBC, se observó los días 1 de enero (28%), 13 - 15 de abril (18%) y el 25 de diciembre (23%), que corresponden a festivos por navidad y semana santa. La Figura 8-6 muestra el comportamiento mensual del 2022 de Black Carbon del porcentaje por quema de biomasa BC(bb) comparados con el porcentaje de Black Carbon por combustibles fósiles BC(ff).

Se puede apreciar que el mayor porcentaje de Black Carbon que se encuentra en la atmosfera es proveniente de la quema de combustibles fósiles emitido por las fuentes fijas y móviles de la ciudad, por otro lado, el porcentaje de quema de biomasa en la estación CDAR y MinAmbiente durante el

primer trimestre del año fue bajo, mientras que en la estación San Cristóbal se evidencia un incremento en el tercer trimestre.

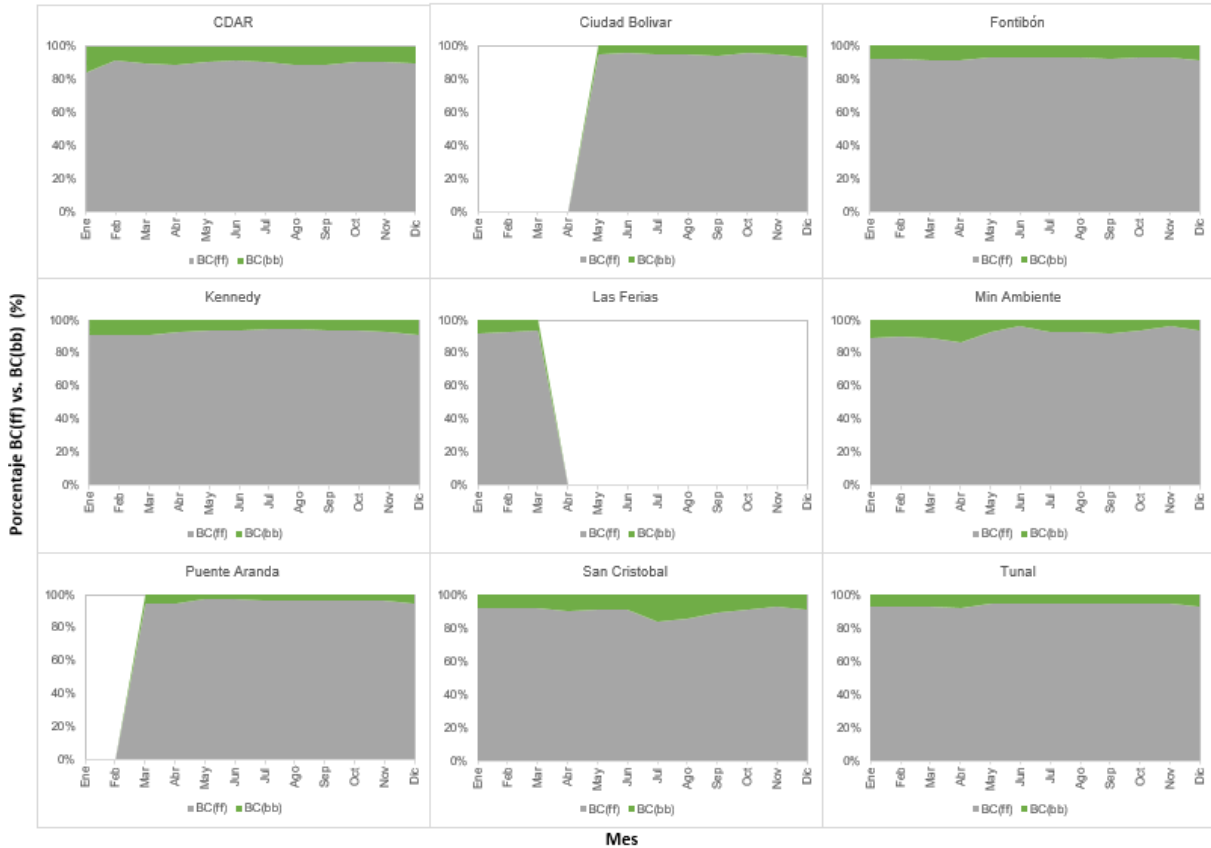



Figura 8-6 Concentraciones mensuales de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles BC(ff) vs. Quema de biomasa BC(bb) por estación – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

9 INDICES DE CALIDAD DEL AIRE

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}

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

9.1 INDICE DE CALIDAD DEL AIRE – IBOCA

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 2022, representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de calidad del aire durante el año. De acuerdo con los datos históricos, el PM_{2.5} es el contaminante condicionante, es decir, el que presenta mayor valor de concentración del IBOCA. Para 2022, se evidenció un IBOCA en la condición “moderada” para la mayor parte del tiempo en comparación al PM₁₀, siendo el menor porcentaje el observado en la estación Colina (39%) y el más alto en la estación Móvil Fontibón (80%).

También se observó la condición “regular” asociada al PM_{2.5} en las estaciones de la zona suroccidental registrando valores entre el 3 y 6%. Por otro lado, la estación Colina registró el mayor porcentaje de datos en la condición “favorable” para PM_{2.5}, con un 57% en el año. En el caso del PM₁₀ predominó la condición “favorable” en la mayoría de las estaciones, registrando el valor más alto en San Cristóbal con 98% de los datos del año, mientras que la estación que registró un porcentaje de tiempo mayor en la condición moderada fue la estación Móvil Fontibón con un 47%.

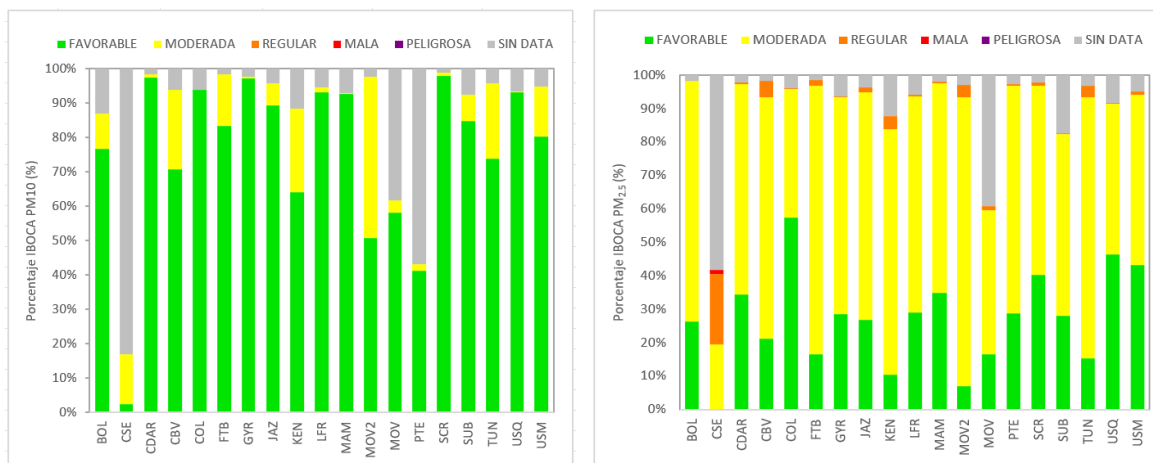


Figura 9-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM₁₀ y PM_{2.5}– Año 2022

En la Figura 9-2 se presenta el IBOCA de PM₁₀, para cada estación de monitoreo y por mes de acuerdo con los datos registrados durante el año 2022. Se evidencia que en el caso del PM₁₀ la condición “favorable” fue predominante durante el transcurso del año, mientras que estaciones como Ciudad Bolívar, Kennedy, Móvil Fontibón y Tunal registraron una condición ‘moderada’ con valores entre 20% y 47%.

La Figura 9-3 presenta el IBOCA de PM_{2.5} se observó la predominancia de la condición “moderada” en el primer y tercer trimestre del año, mientras que la condición “favorable” se observó en mayor proporción en los meses de mayo, junio y julio en la mayoría de las estaciones, exceptuando a la estación Colina que su predominancia fue la condición “favorable” durante todo el periodo del año 2022. De igual forma, se registró la condición “regular” en varias estaciones durante el primer y cuarto trimestre del año como Ciudad Bolívar, Fontibón, Jazmín, Kennedy, Móvil Fontibón, Móvil

7ma y Tunal, con mayor proporción en los meses de febrero y marzo, evidenciando el porcentaje más alto en Ciudad Bolívar con un 25%.

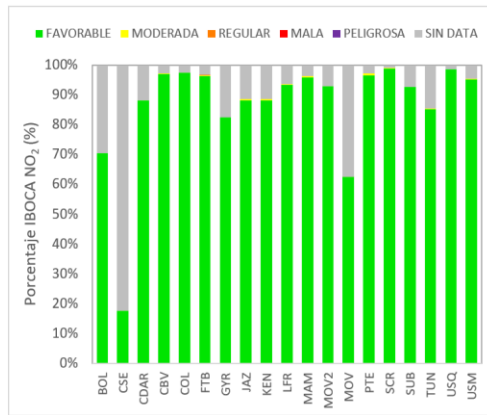
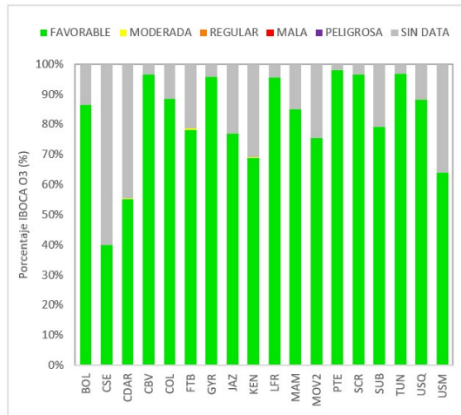


Figura 9-2 IBOCA por mes del año para PM₁₀ – Año 2022



Figura 9-3 IBOCA por mes del año para PM_{2.5} – Año 2022

En la Figura 9-4 se muestra la distribución de las condiciones del IBOCA por estación de monitoreo para los gases contaminantes en el 2022 (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. Se observó el siguiente caso en el que se registraron condiciones diferentes: para el NO₂, se registró una condición “moderada” en las estaciones MinAmbiente y Puente Aranda, que tuvieron entre 40 y 60, los cuales representan el 1% de los datos del año.



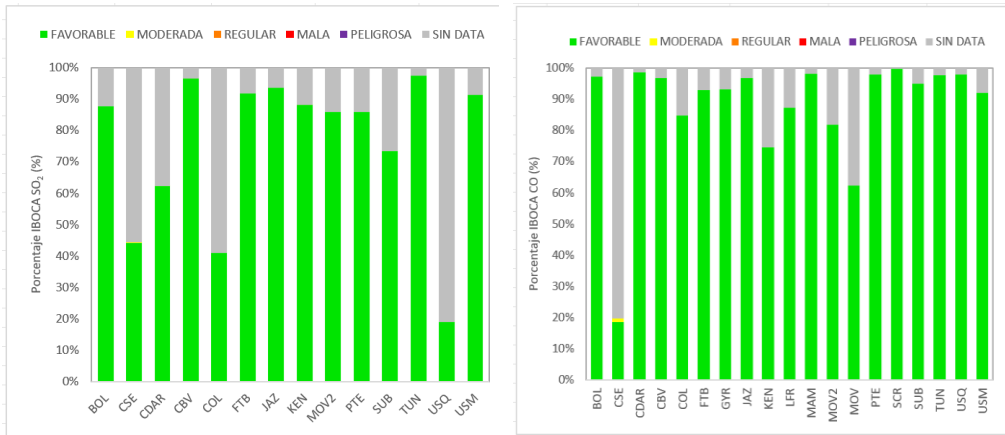


Figura 9-4 IBOCA por estación de monitoreo para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2022

En la Figura 9-5, Figura 9-6, Figura 9-7 y Figura 9-8, se observan los porcentajes del IBOCA por mes del año para cada estación, para los contaminantes O₃, SO₂, NO₂ y CO. Se evidencia que la condición “favorable” predominó en todos los gases contaminantes para todos los meses del año, se observaron algunos meses en los que se registraron algunos datos en condición “moderada”.

Para el O₃ se evidenciaron algunos datos en las estaciones CDAR y Fontibón durante el mes de diciembre con un porcentaje inferior al 1%, para el NO₂ se observaron datos en varias estaciones para el cuatro trimestre del año, siendo las estaciones Colina y Móvil Fontibón las que registraron los porcentajes más altos con valores entre 8 y 13% respectivamente.

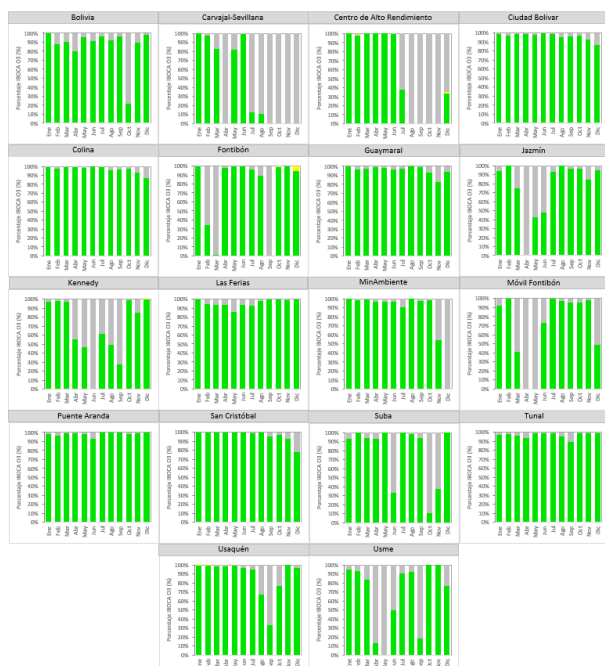


Figura 9-5 IBOCA por mes del año para O₃ – Año 2022



Figura 9-6 IBOCA por mes del año para NO₂ – Año 2022



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

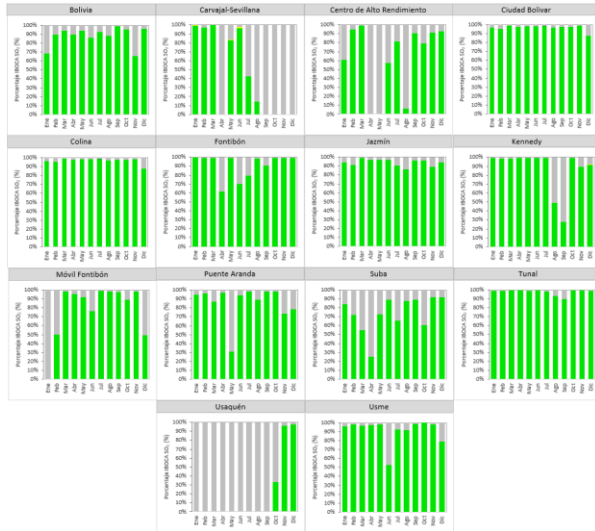



Figura 9-7 IBOCA por mes del año para SO₂ – Año 2022



Figura 9-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10 METEOROLOGÍA

En este capítulo se muestra el análisis realizado a partir de los registros de las variables meteorológicas por la RMCAB durante el año 2022. Este análisis incluye datos representados en tablas y gráficas, comparación de los promedios horarios, diarios, anuales según corresponda y su relación con los contaminantes criterio establecidos en la normatividad nacional (Resolución 2254 de 2017 del MADS). El cálculo de cada promedio se realiza para los parámetros cuya representatividad temporal sea igual o superior al 75% para el periodo de análisis.

La distribución espacial de los registros de las variables meteorológicas se representa mediante mapas de interpolación espacial producto de la implementación de un método geoestadístico, por lo que se debe tener en cuenta que estas representaciones se encuentran sujetas a la presencia de incertidumbres, las cuales son propias de un procedimiento que busca obtener información secundaria con base en las mediciones de cada estación.

10.1 PRECIPITACIÓN


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. 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 (FOPAE, 2001)², (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2010)³.

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. 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.

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.

² FOPAE. (2001). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelito. Bogotá D.C.

³ Organización Meteorológica Mundial - OMM. (2010). Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (Vols. OMM No 8). Ginebra, Suiza.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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. Es normal que estos eventos ocurran entre las 3:00 y las 6:00 p.m. En 2022 el mayor número de eventos de lluvia se presentó hacia las 4:00 p.m., como ha ocurrido en años anteriores. 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 p.m., es decir, cuando las temperaturas alcanzan su máximo valor y con ella el desarrollo convectivo y 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, al encontrarse con los cerros orientales son forzados a ascender y formar nubes productoras de lluvia, si las condiciones de estabilidad de la atmósfera son favorables.

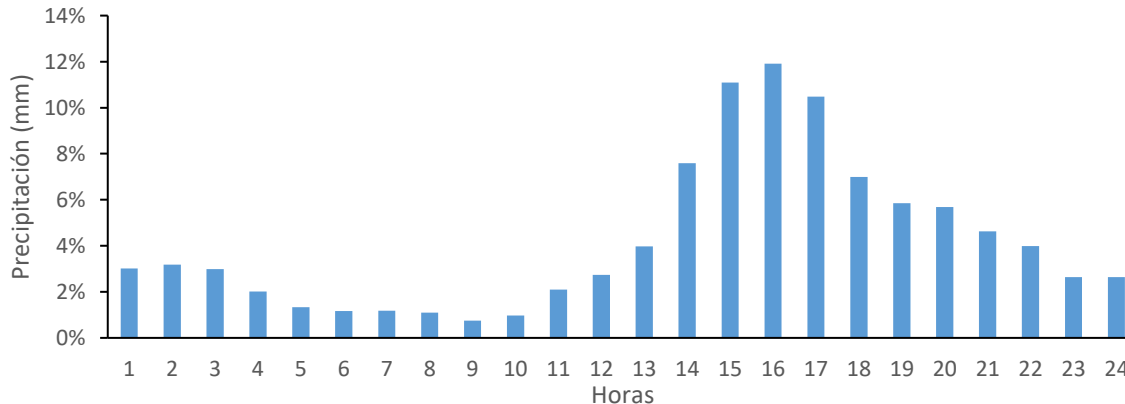



Figura 10-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2022

10.1.2 PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

En cuanto al comportamiento mensual, se conoce la bimodalidad de las lluvias en la ciudad de Bogotá. En consecuencia, como se observa en la Tabla 10-2 y Tabla 10-3 en el presente año los mayores acumulados se presentaron en el primer semestre del año con un 53% de las lluvias y un 47% en el primer semestre.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Semejante al año anterior, en este año se presentaron importantes acumulados de lluvia durante el primer trimestre, considerado como seco. Este comportamiento obedece a la influencia que ejerció la fase fría (La Niña) del ENSO (El Niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés) a principios de 2022 y durante todo el año, como lo muestran los índices ONI (Oscillation El Niño Index, por sus siglas en inglés) entre 2020 a 2022.

Tabla 10-1 Índice ONI 2020-2022 (NOAA - Climate Prediction Center, 2023)⁴

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

Tabla 10-2 Distribución de las lluvias - Año 2022

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	23.5	140.8	98.8	147.8	96.7	161.7	52.7	66.6	66.0	178.1	163.9	67.4
% Anual	2%	11%	8%	12%	8%	13%	4%	5%	5%	14%	13%	5%
% Trimestral	21%			32%			15%			32%		
% Semestral	53%						47%					

Como se puede observar en la Figura 10-2, en el primer semestre de 2022 el promedio de los totales mensuales fue ligeramente mayor que en el segundo semestre, por los acumulados registrados durante el primer trimestre particularmente durante el mes de febrero. No obstante, las máximas absolutas del año se presentaron durante el mes de octubre, aunque son notables los acumulados del mes de junio.


Las bajas concentraciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} durante los meses de junio y octubre de 2022, podrían estar relacionados con los niveles de lluvia registrados por la RMCAB para dichos meses, sin embargo, las bajas concentraciones calculadas para los meses de julio y agosto están relacionadas con la contribución de los vientos que con las precipitaciones.

Tabla 10-3 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2022

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
BOL	11.4	108.5	43.7	110.9	81.9	152.5	58.9	101.1	79.9	201.0	125.6	56.2	1131.6
CSE	7.0	107.1	39.5	146.1	88.0	166.8	81.3	57.5	77.6	218.5	128.9	11.3	1129.6
CDAR	21.8	154.9	143.9	198.6	107.9	157.2	59.5	70.0	59.1	203.9	145.5	74.8	1397.1
CBV	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	14.3	39.6	39.8	145.5	84.7	11.9	335.8*
COL	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	24.4	73.8	73.3	103.9	168.6	59.1	503.1*
FTB	18.8	32.2	42.9	122.1	25.5	159.8	46.8	42.7	80.5	147.1	137.6	36.5	892.5
GYR	20.6	106.2	93.5	144.6	84.2	152.8	51.2	79.8	32.1	156.4	229.1	115.4	1265.9
JAZ	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	26.0	44.2	58.7	138.1	168.9	47.8	483.7
KEN	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	99.1*

⁴ NOAA - Climate Prediction Center. (2023). *Climate Prediction Center*.

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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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	Total
LFR	47.1	166.4	114.3	189.2	101.5	181.5	57.7	75.3	50.5	272.7	135.5	102.2	1493.9
MAM	27.4	111.4	58.8	174.4	117.6	153.7	70.0	67.2	128.6	276.2	184.1	49.9	1419.3
MOV	34.7	130.1	132.5	137.9	52.0	64.4	36.9	44.4	100.7	0.0	248.1	100.9	1082.6
PTE	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	496.7*
SCR	21.5	327.6	188.0	240.9	204.6	249.0	167.0	117.5	35.6	303.3	311.3	216.3	2382.6
SUB	25.8	184.8	137.1	185.8	120.6	191.2	67.3	100.2	77.8	133.1	238.1	61.5	1523.3
TUN	6.5	89.4	93.3	121.4	79.6	150.0	75.9	64.5	58.8	124.3	97.8	15.3	976.8
USQ	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2.9	48.9	76.6	215.9	166.9	138.9	960.5*
USM	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	23.2	57.1	35.0	91.1	93.7	61.6	361.7*

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

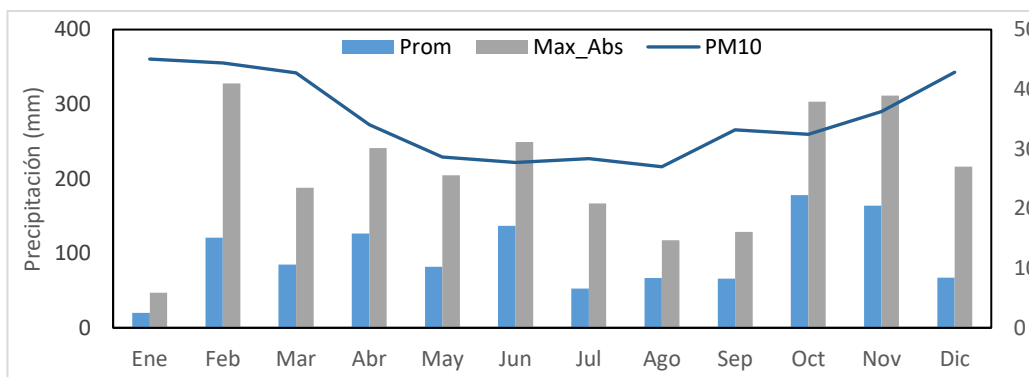


Figura 10-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación – Año 2022

De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2022 en su mayoría, los totales mensuales fluctuaron entre 892 mm a 2382 mm. Se destacan los 2382 mm acumulados en el sector de San Cristóbal. (Figura 10-3).

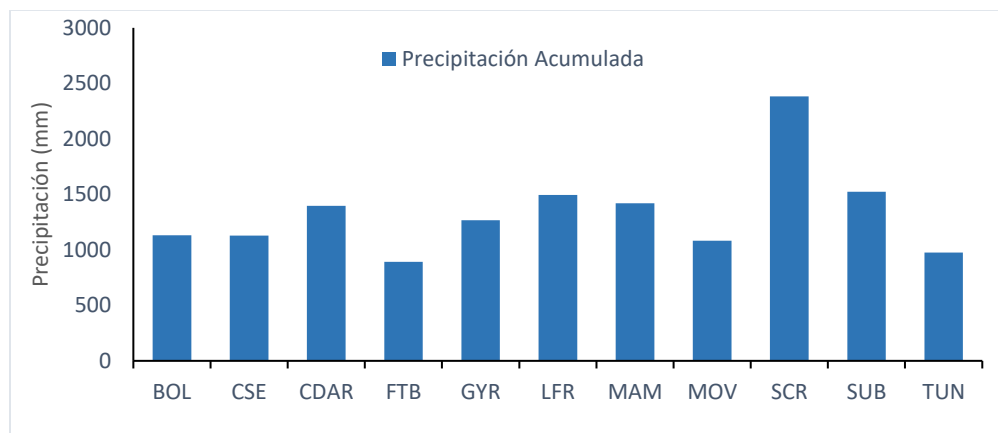


Figura 10-3 Total acumulado por estación – Año 2022

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 isoyetas de la Figura 10-4. Como se puede notar, los mayores acumulados se presentaron tanto al sur oriente como al nor occidente de la ciudad. En tanto, los menores registros se presentaron hacia el suroccidente y centro occidente de la ciudad con acumulados entre 893 a 1130 mm.

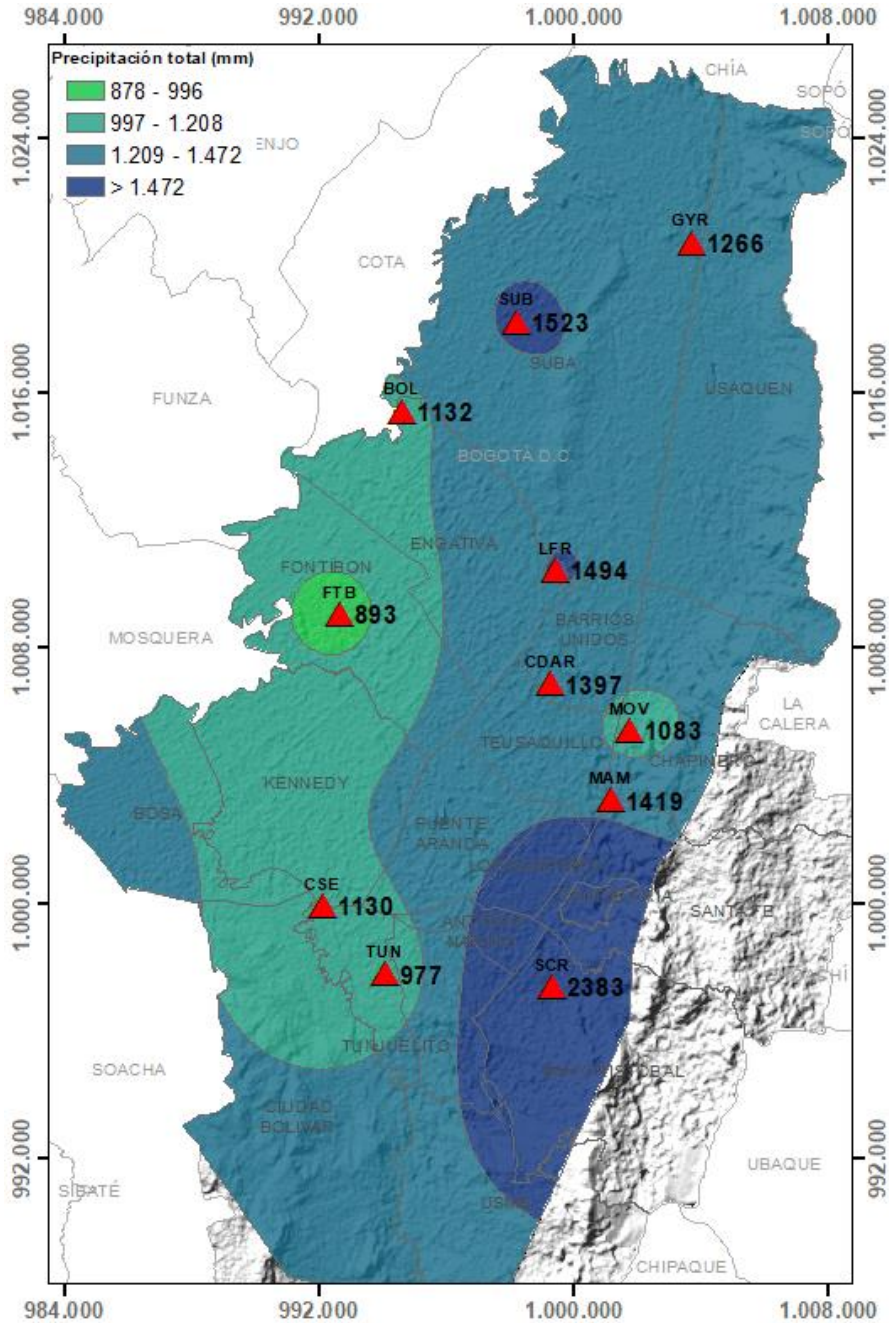


Figura 10-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - Año 2022

10.1.4 COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

Como parte de la historia de la RMCAB en la Tabla 10-5 se presenta el registro de los totales anuales de precipitación desde 2000 hasta 2022. Adicionalmente se presenta la Figura 10-5 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.

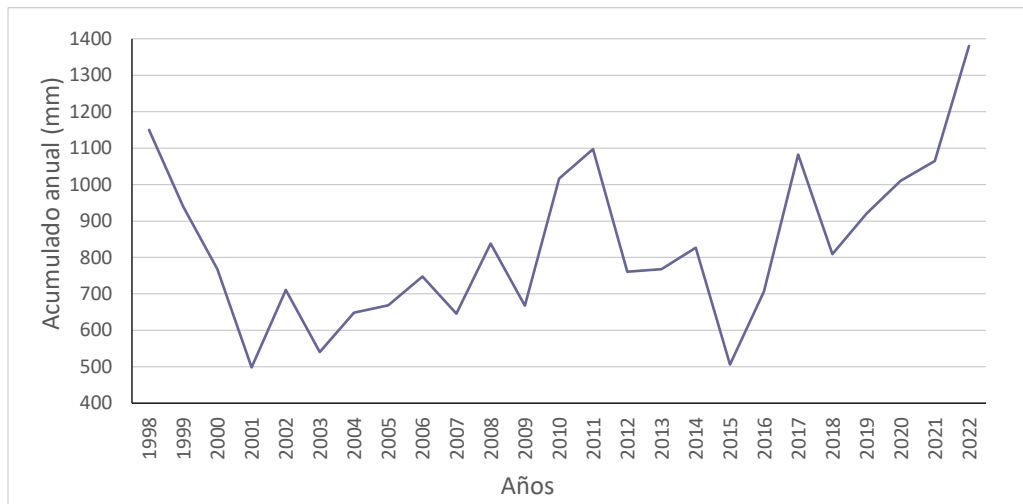


Figura 10-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá Años 2000-2022

En la Tabla 10-4 se resume el comportamiento mensual multianual de la lluvia en la ciudad de Bogotá, según registros de la RMCAB desde 2000 hasta 2022. De acuerdo con esta tabla, en 2022 las lluvias se redujeron ligeramente con respecto al año anterior, pero superaron al promedio histórico, salvo durante el mes de enero. Ver Figura 10-6.

Tabla 10-4 Precipitación promedio histórica mensual Años 2000 – 2022

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

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
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
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
Promedio 2022	20.1	120.7	84.7	126.7	81.8	136.8	52.7	66.6	66.0	178.1	163.9	67.4	1165.5
Prom. 2000-2022	31.5	62.7	82.7	96.6	85.8	58.8	39.6	35.4	45.1	95.1	112.6	60.1	805.8

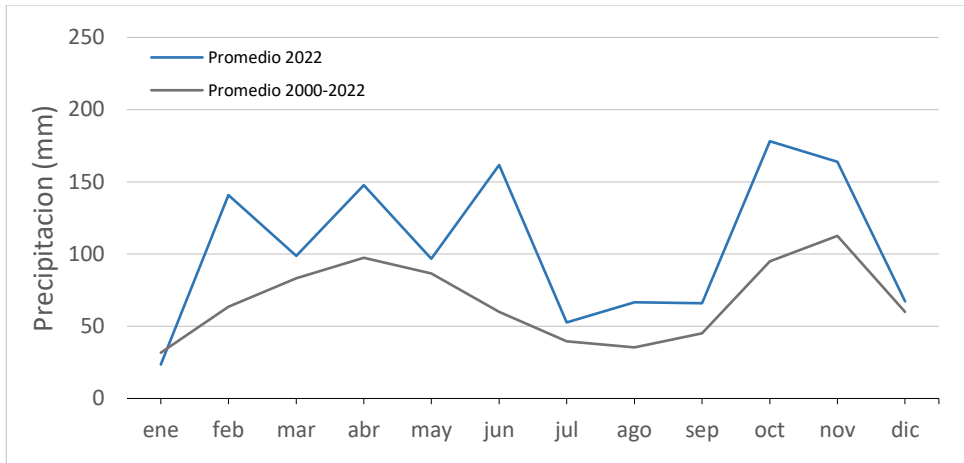


Figura 10-6 Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual de 2022. Años 2000 - 2022



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN									
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB									
	Código: PA10-PR04-M1					Versión: 8				

Tabla 10-5 Promedio de los acumulados de precipitación por estación Años 2000 – 2022

Año/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
Prom.	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

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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. 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 quemadas regionales que son recurrentes en los primeros meses del año.

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 HORARIO DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los registros de la RMCAB en la Tabla 10-6 se resume el perfil promedio horario anual de la temperatura de 2022 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.

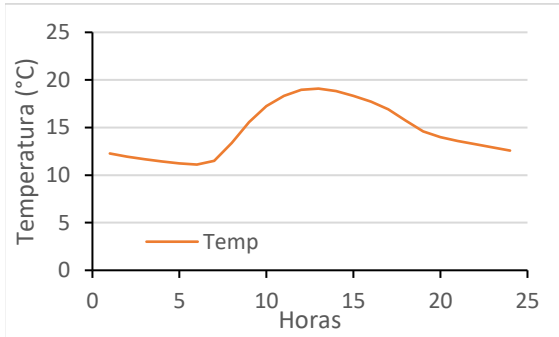
Así mismo, conforme el sol calienta el suelo y éste a su vez la transfiera al aire en contacto, la temperatura del aire comienza a incrementarse alcanzando su máximo entre las 12 horas y las 14 horas, incluso hasta las 15 horas. Este incremento de temperatura máxima se corresponde con la hora en la que 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. Durante el año 2022 las mayores temperaturas de la ciudad se reportaron en las estaciones Fontibón, Ciudad Bolívar, Kennedy y Carvajal-Sevillana. En 2022 en promedio, las menores temperaturas se registraron en el sector de Usaquén. De acuerdo con los registros de la RMCAB, la variación de la temperatura media en la ciudad fluctuó entre 13.5 °C en el sector de San Cristóbal, hasta 15.7 °C hacia el sector de la estación Carvajal-Sevillana.

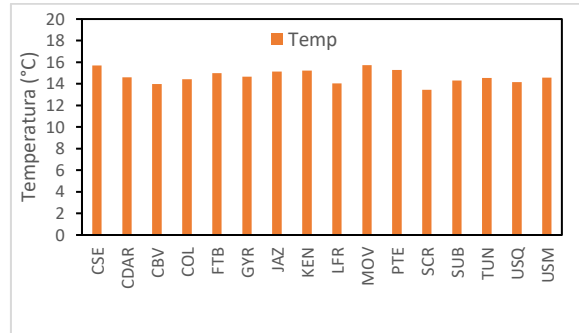
Asimismo, altos valores de temperatura se reportaron en las estaciones Carvajal - Sevillana y Kennedy los cuales se asocian con actividades industriales y el alto tráfico vehicular. Es en este sector de la ciudad donde también se registran las mayores velocidades del viento, que están estrechamente relacionadas con las mayores temperaturas del aire.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En el caso de la Móvil 7ma, los valores altos pueden estar asociados 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.



a) Perfil horario anual



b) Promedio horario por estación

Figura 10-7 Comportamiento de la temperatura horaria anual-2022: a) perfil horario; b) promedio por estación



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-6 Comportamiento de la temperatura horaria - Año 2022

Hora	CSE	CDAR	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM	Prom.
	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C	
1:00	13.2	11.3	12.4	12.5	12.9	11.5	13.4	12.7	11.6	13.4	13.8	11.2	11.2	10.9	12.0	12.5	12.3
2:00	12.8	10.9	12.0	12.2	12.6	11.2	13.0	12.3	11.3	13.1	13.4	10.9	10.9	10.4	11.7	12.2	11.9
3:00	12.5	10.7	11.8	11.9	12.3	10.9	12.8	12.0	11.0	12.8	13.2	10.6	10.6	10.1	11.4	11.9	11.7
4:00	12.3	10.4	11.6	11.7	12.1	10.6	12.5	11.8	10.8	12.5	13.0	10.4	10.3	9.9	11.2	11.7	11.4
5:00	12.1	10.2	11.4	11.6	11.9	10.5	12.3	11.5	10.7	12.4	12.8	10.2	10.1	9.6	11.1	11.6	11.2
6:00	12.0	10.0	11.3	11.4	11.8	10.3	12.2	11.4	10.5	12.2	12.7	10.1	10.0	9.4	10.9	11.5	11.1
7:00	12.4	10.9	11.6	11.7	12.1	10.9	12.6	11.6	11.2	12.4	12.9	10.2	10.2	10.2	11.3	11.8	11.5
8:00	14.4	14.4	12.8	13.2	13.8	13.9	13.9	13.4	13.3	13.7	13.9	11.4	11.9	13.7	13.0	13.4	13.4
9:00	16.7	17.4	14.3	14.8	15.7	16.5	15.4	16.2	15.6	16.0	15.2	13.6	14.9	16.9	15.0	15.0	15.6
10:00	18.5	19.1	15.5	16.2	17.3	18.1	16.7	18.4	17.1	18.1	16.5	15.5	17.5	18.9	16.4	16.2	17.3
11:00	19.7	20.0	16.4	17.1	18.3	19.0	17.7	19.7	18.0	19.5	17.5	16.6	19.3	20.0	17.5	17.1	18.3
12:00	20.1	20.4	16.8	17.9	18.8	19.7	18.3	20.2	18.4	20.3	18.1	17.3	20.2	20.7	18.2	17.7	19.0
13:00	20.1	20.3	16.9	18.2	18.8	20.0	18.6	19.9	18.6	20.5	18.3	17.7	20.4	20.7	18.4	18.1	19.1
14:00	20.0	19.8	16.8	18.0	18.4	19.8	18.4	19.4	18.2	20.1	18.1	17.7	19.9	20.5	18.1	18.2	18.8
15:00	19.5	19.0	16.5	17.6	18.0	19.1	18.0	19.1	17.6	19.5	17.7	17.3	19.2	19.9	17.4	18.0	18.3
16:00	18.9	18.2	16.1	17.1	17.5	18.5	17.5	18.5	16.8	18.8	17.4	16.7	18.5	19.0	16.8	17.5	17.7
17:00	18.0	17.0	15.5	16.4	16.8	17.6	16.9	17.7	15.8	17.9	16.9	15.9	17.5	17.7	16.0	16.9	16.9
18:00	16.6	15.5	14.8	15.5	15.8	16.0	16.1	16.3	14.7	16.8	16.3	14.9	15.8	15.8	15.0	15.9	15.7
19:00	15.5	13.9	14.1	14.6	14.9	14.4	15.3	14.9	13.6	15.6	15.7	13.8	14.1	13.9	14.0	14.9	14.6
20:00	15.0	13.1	13.8	14.1	14.5	13.7	14.9	14.3	13.1	15.0	15.3	13.0	13.2	13.1	13.5	14.3	14.0
21:00	14.7	12.5	13.6	13.7	14.2	13.0	14.6	14.0	12.7	14.7	15.0	12.5	12.6	12.5	13.2	13.9	13.6
22:00	14.4	12.1	13.3	13.4	13.9	12.6	14.3	13.7	12.4	14.4	14.7	12.1	12.2	12.1	12.8	13.6	13.3
23:00	14.0	11.8	13.1	13.1	13.6	12.2	14.0	13.4	12.2	14.1	14.4	11.8	11.8	11.6	12.5	13.2	12.9
24:00:00	13.6	11.5	12.7	12.8	13.3	11.8	13.7	13.0	11.9	13.7	14.1	11.5	11.5	11.3	12.3	12.9	12.6
Prom.	15.7	14.6	14.0	14.4	15.0	14.7	15.1	15.2	14.0	15.7	15.3	13.5	14.3	14.5	14.2	14.6	14.7


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.2.2 COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA

La serie de temperatura anual registrada en la RMCAB, permite establecer que 2022 fue un año con temperaturas más bajas que el año anterior y por debajo del promedio multianual en junio. Solo en julio de 2022 se superó ligeramente el promedio mensual de 2021. Tabla 10-5 y la Figura 10-8.

Tabla 10-7 Promedio mensual de temperatura multianual Años 2000 – 2021

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	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	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
Prom. 2000-2022	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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

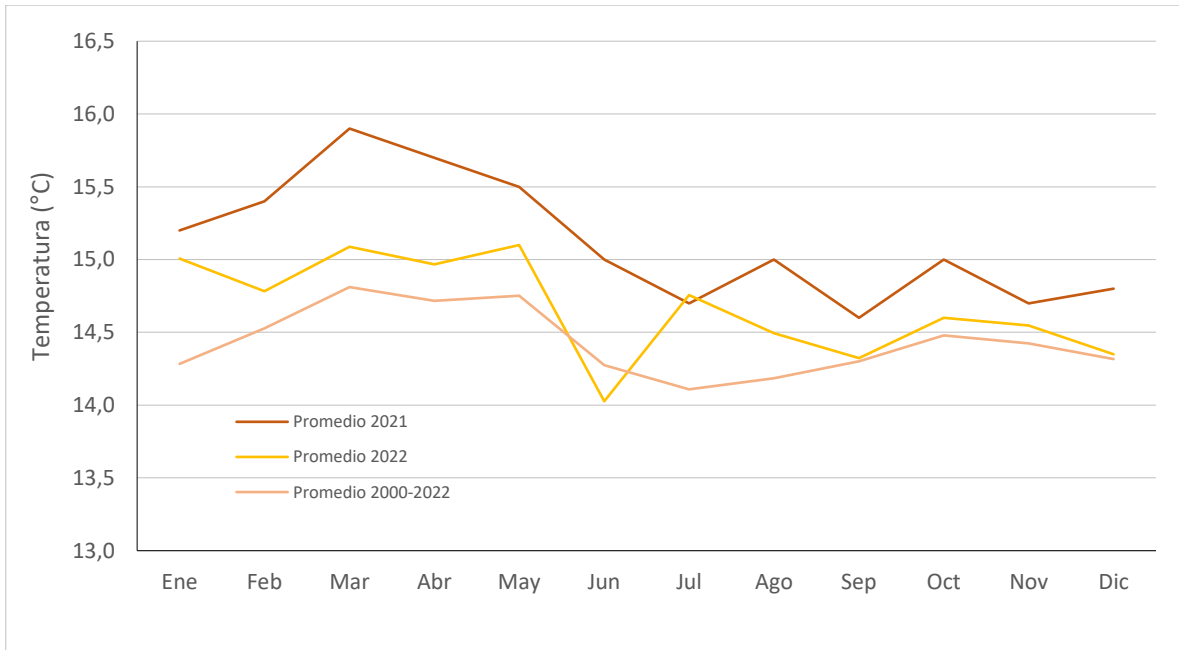


Figura 10-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2022 Vs 2022 y 2021

En cuanto al comportamiento de las temperaturas extremas, las estaciones Tunal (28.7 °C), Kennedy (26.5 °C) y CDAR (26.5 °C) registraron los valores más altos en cuanto a las máximas absolutas. Las mínimas absolutas Tunal (2.3 °C), Guaymaral (3.8 °C) y CDAR (3.9 °C) registraron las temperaturas más bajas durante el año. Comparado con 2021 se presentó una reducción en las mínimas absolutas, si se tiene en cuenta que se presentaron valores de hasta 3.5 °C en la estación Tunal.

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 2022. De la Tabla 10-8 se puede deducir que las mayores amplitudes térmicas se presentaron hacia las estaciones Tunal (26.4 °C), CDAR (22.6 °C) y Guaymaral (22.6 °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 claves para la reducción de la contaminación atmosférica a través de los mecanismos de convección, mezcla y transporte turbulento. Para más información ver (Hastenrath, 1991)⁵.

⁵ Hastenrath, S. (1991). *Climate Dynamics of the Tropics*. Madison: Kluwer Academic Publisher.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 10-8 Temperaturas extremas - Año 2022

Estación	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Amplitud Térmica (°C)
CSE	25.9	7.4	18.5
CDAR	26.5	3.9	22.6
CBV	20.7	7.5	13.2
COL	22.1	6.5	15.6
FTB	23.9	8.2	15.7
GYR	26.4	3.8	22.6
JAZ	22.5	8.1	14.4
KEN	26.5	6.7	19.8
LFR	23.4	6.6	16.8
MOV2	23.0	7.2	15.8
MOV	25.9	8.1	17.8
PTE	22.5	9.4	13.1
SCR	22.6	5.4	17.2
SUB	26.0	4.7	21.3
TUN	28.7	2.3	26.4
USQ	23.1	5.4	17.7
USM	22.3	5.2	17.1

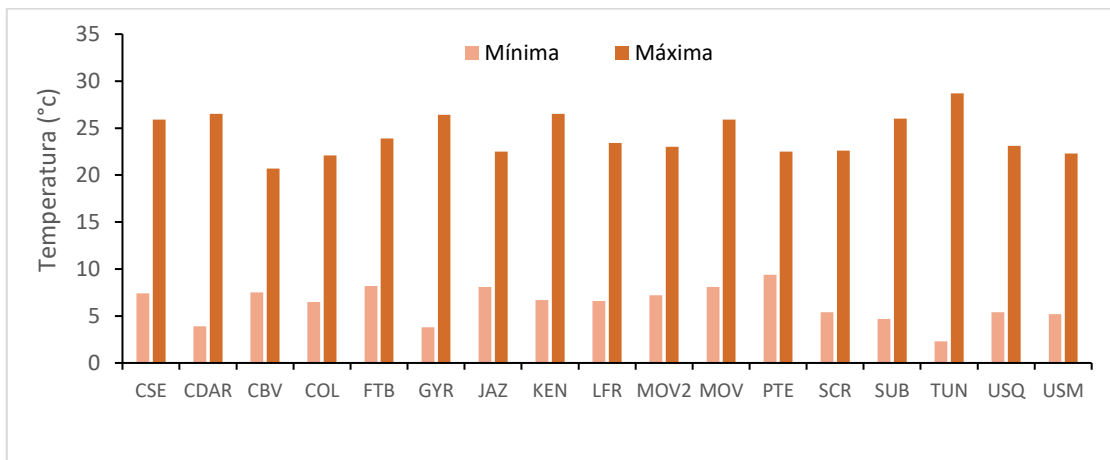


Figura 10-9 Temperaturas extremas absolutas – Año 2022

10.2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Al espacializar los registros medios anuales de temperatura de la RMCAB en 2022, se puede establecer que las mayores temperaturas medias superficiales se presentaron en una franja entre el flanco occidental y el oriental con valores de entre 15 °C a 16 °C. Mientras que las menores temperaturas se registraron hacia el suroriente, en el centro geográfico de la ciudad y al sur oriente con temperaturas en promedio de 13.5 °C hasta 14.3 °C. Ver Figura 10-10.

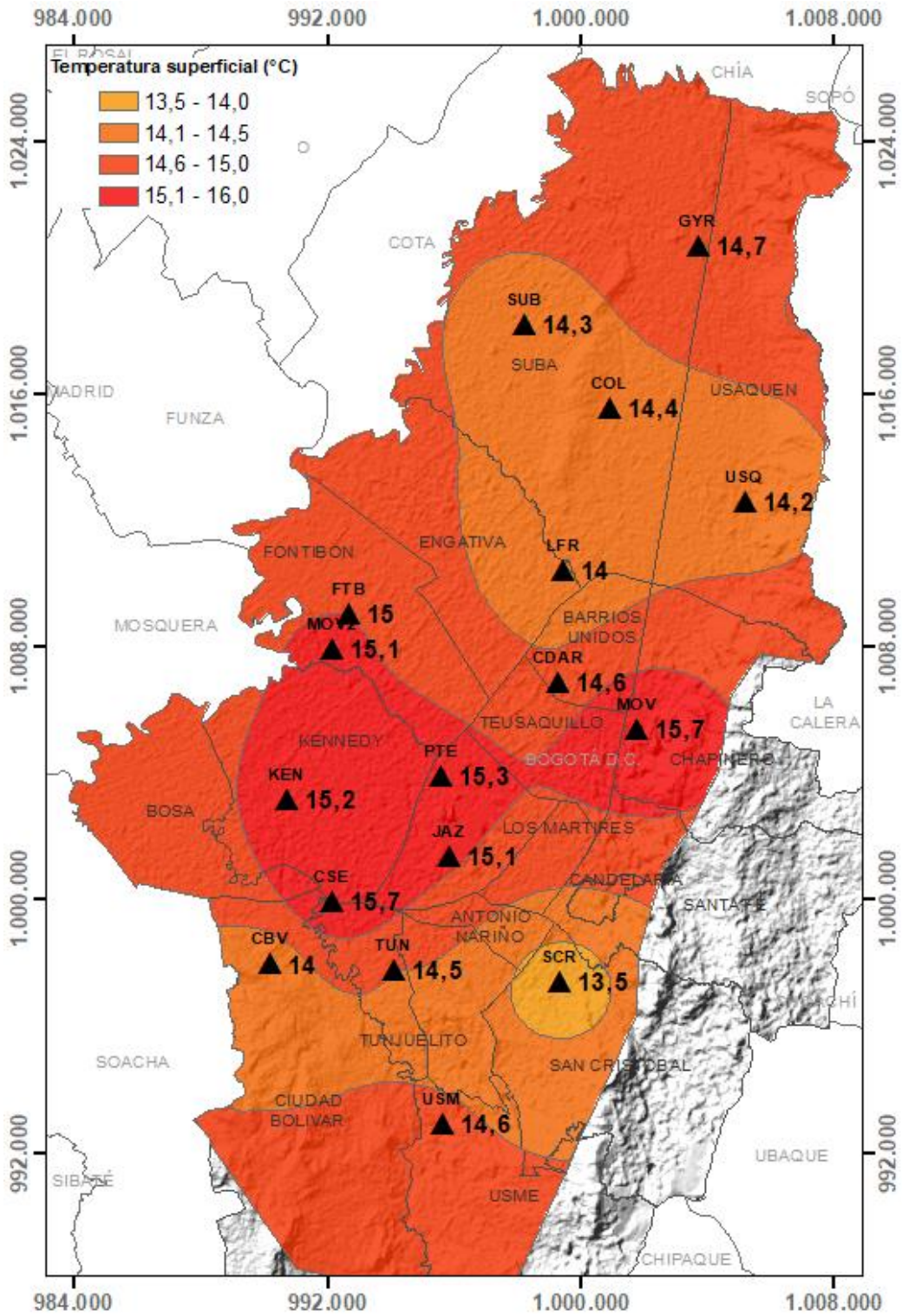



Figura 10-10 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.2.4 PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA

En la Tabla 10-9 se presenta el resumen de los registros medios anuales por estación de la RMCAB desde 2000 a 2022. Estos reportes permiten observar que en 2022 la temperatura media superficial mostró un descenso con respecto a 2021. En la siguiente figura se muestra cómo ha variado en promedio la temperatura anual de la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el 2022. En dicha figura se aprecia que frente a 2019, 2020 y 2016, los más calientes de la última década, las temperaturas medias superficiales mostraron una ligera reducción.

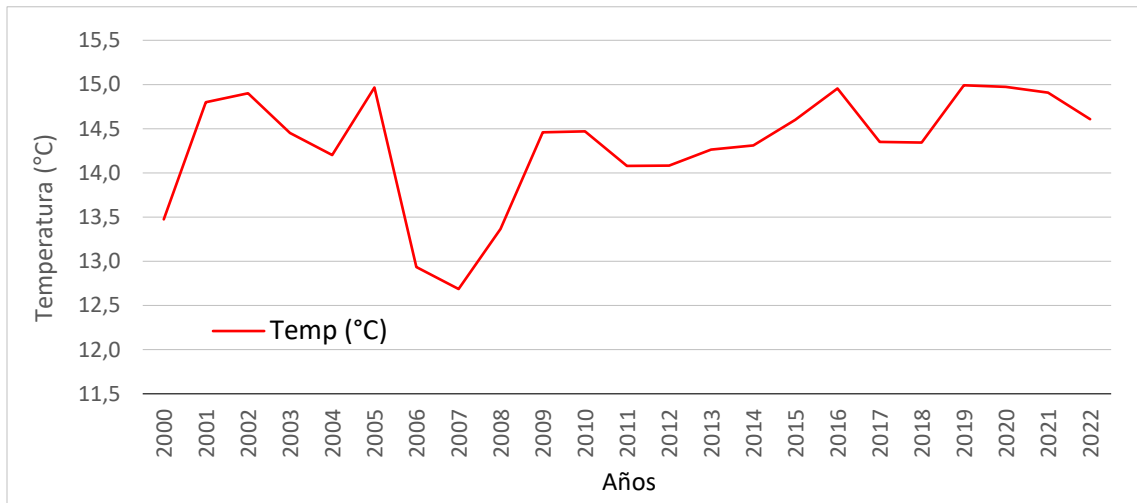


Figura 10-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2021



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 Años 2000 a 2022

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
Prom. (°C)		15.0	12.3	14.8	14.4	14.3	14.6	15.1	15.1	14.6	14.3	13.7	13.8	13.9	14.3			14.8	14.2

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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, dadas sus propiedades diatérmicas, lo que a su vez genera diferencias de presión que propician el movimiento de las masas de aire de 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.

Sin embargo, también pueden contribuir de manera desfavorable cuando arrastran o transportan contaminantes provenientes de fuentes externas, ya sean de nivel local o regional y los introducen 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 2022, en términos generales, fue menor que el promedio multianual, salvo durante el mes de enero, que alcanzó un valor superior a 1.7 m/s (Figura 10-12).

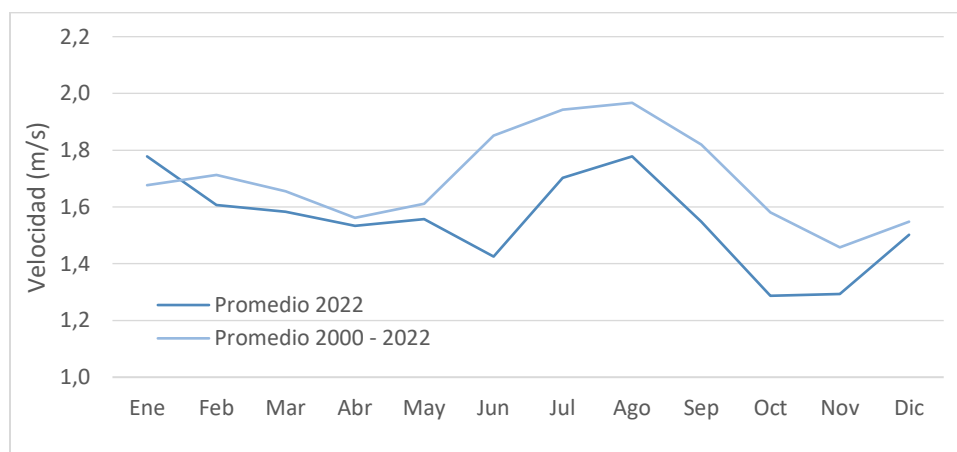



Figura 10-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2022) Vs 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

De otro lado, si se observa el comportamiento de las velocidades del viento por estación, entre los años 2000 a 2022 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 más información del comportamiento de los vientos al sur de la ciudad. Ver la Tabla 10-10 y la Figura 10-13.

Tabla 10-10 Promedio multianual por estación Años 2000 - 2022

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.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	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
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
Prom 2010 - 2022		1.9	1.3			1.1		2.3	1.7	1.2	1.4	2.3	1.6	1.4	1.3	1.4

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

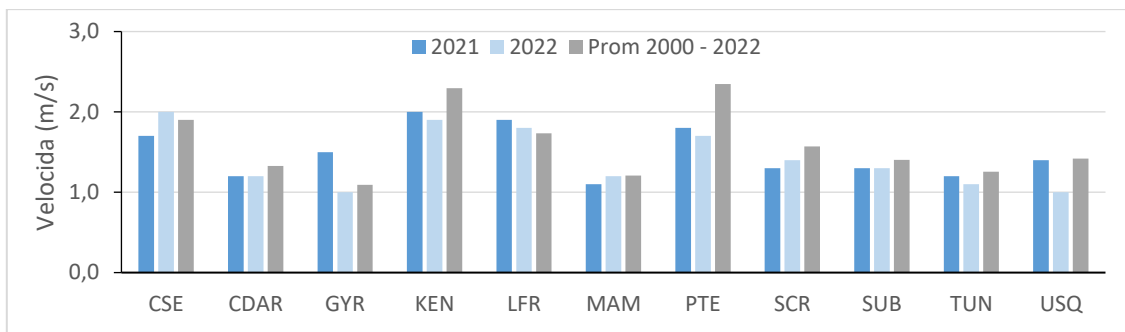



Figura 10-13 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2021, 2022 Vs (2000 – 2022)

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. Durante el mes de enero las velocidades del viento en 2022 presentaron valores superiores que el año anterior, así como mayo y agosto. Los restantes fueron inferiores o iguales a en 2021, como se visualiza en la Figura 10-14.

Tabla 10-11 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2022

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
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
Prom. 2000 - 2022	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.5	1.6	1.7

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

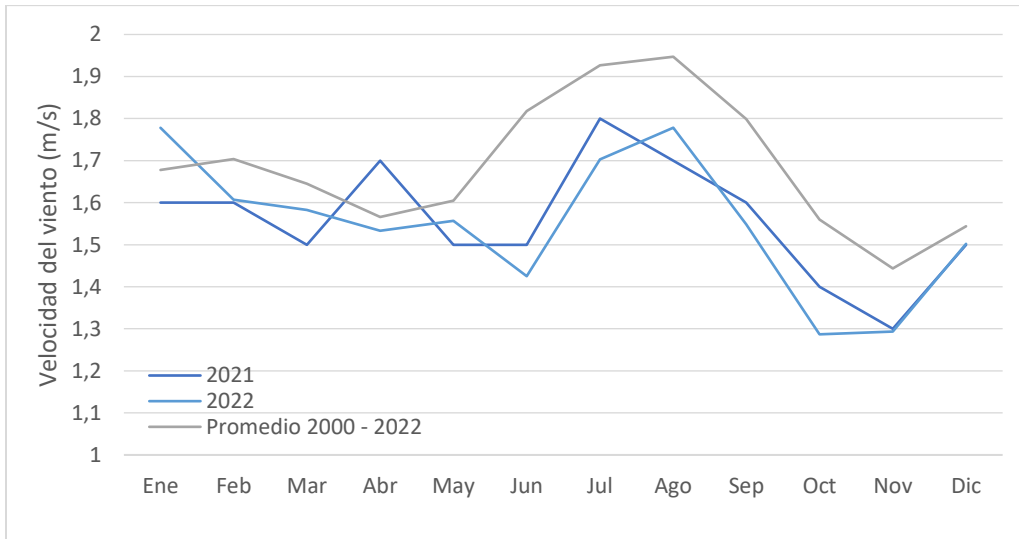
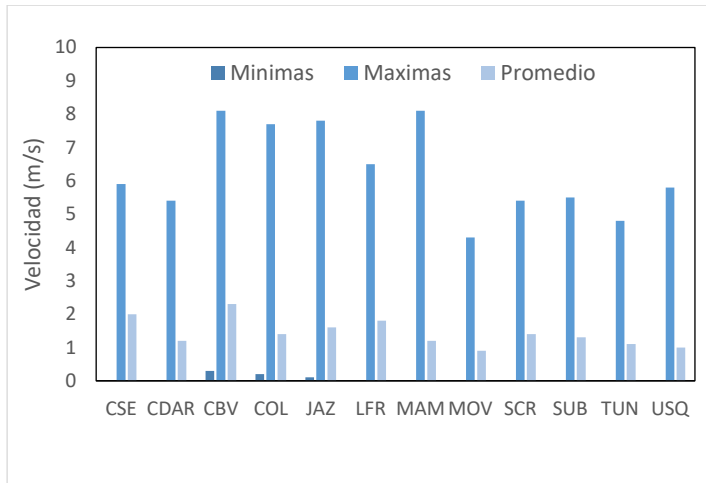


Figura 10-14 Comportamiento de la velocidad media mensual en 2021 y 2022 Vs. promedio mensual multianual 2000 - 2022

En la Figura 10-15 se presenta información complementaria, en donde se describen los valores medios máximos y mínimos absolutos registrados durante el año 2022, por cada una de las estaciones de la RMCAB. De esta 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 meso escala o en condiciones locales como micro reventones 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 una 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 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, ver Figura 10-15. En cuanto a los valores máximos, estos se registraron hacia el sector de las estaciones Ciudad Bolívar y MinAmbiente. Este comportamiento se asocia, en el primer caso, al sector donde se presentan las mayores velocidades de viento de la ciudad y en segundo caso, a la altura a la cual se miden dichas velocidades.



Estación	Vel. mín	Vel. máx	Vel. med
CSE	0	5.9	2
CDAR	0	5.4	1.2
CBV	0.3	8.1	2.3
COL	0.2	7.7	1.4
GYR*	0.1	4.5	1.0
JAZ	0.1	7.8	1.6
KEN*	0	6	1.9
LFR	0	6.5	1.8
MAM	0	8.1	1.2
MOV2*	0.2	5.1	1.4
MOV	0	4.3	0.9
PTE*	0.5	5.1	1.7
SCR	0	5.4	1.4
SUB	0	5.5	1.3
TUN	0	4.8	1.1
USQ	0	5.8	1.0
USM*	0	6.3	1.4
Prom.	0.1	6.4	1.6

* Los valores se presentan a modo indicativo toda vez que no cumplieron la representatividad temporal del 75%

Figura 10-15 Comportamiento velocidades absolutas de la velocidad del viento – Año 2022

Para ampliar la información anterior, en la Figura 10-16 se presentan las rosas de los vientos anuales de la RMCAB durante el año 2022, para las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%. Si bien las rosas de los vientos representan una instantánea, del comportamiento promedio anual de 2022, estas ofrecen información acerca de las direcciones predominantes en la ciudad durante todo el año, su frecuencia y magnitud.

De este modo, se puede deducir que en el área de influencia de la estación Carvajal- Sevillana, donde ocurren las mayores concentraciones de contaminantes de la ciudad, se presentaron velocidades de entre 0.5 a 5.7 m/s con predominio de vientos del sur este en un 22 % del tiempo, aunque son más frecuentes las velocidades bajas de entre 0.5 a 2.1 m/s, los vientos del sureste son los que en últimas contribuyen con la limpieza de la ciudad ejercida por la fuerza del viento, aunado a la convección térmica. Se destacan además los porcentajes de vientos presentados en las estaciones Usaquén y San Cristóbal con un porcentaje de vientos de entre 19% al 22% provenientes del oriente y del sur que también contribuyen con la depuración aerodinámica de la ciudad.



SECRETARÍA DE AMBIENTE



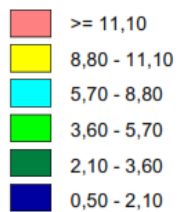
METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB

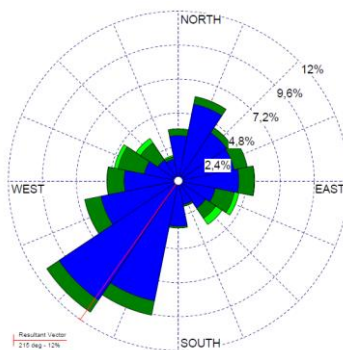
Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

WIND SPEED (m/s)

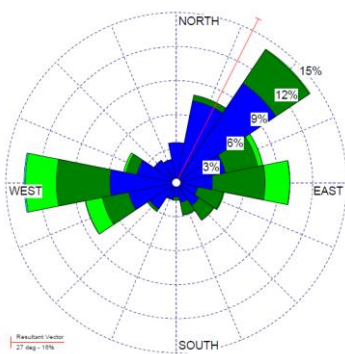


Calms: 13,17%

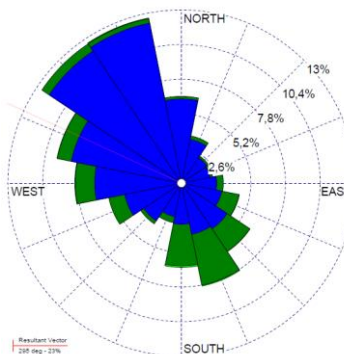


N.A.

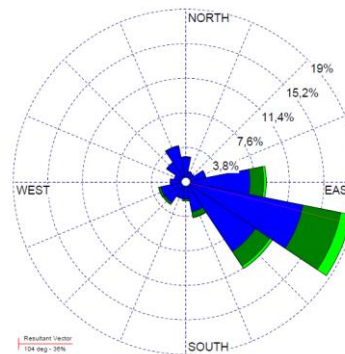
a) Bolivia



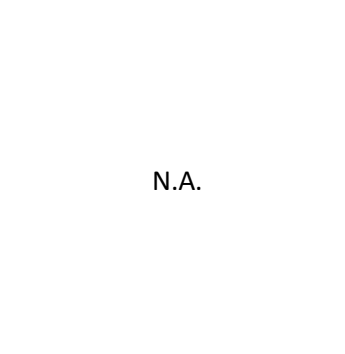
b) Suba



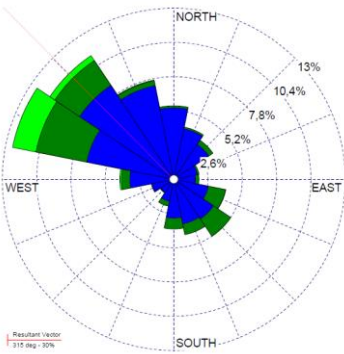
c) Guaymaral



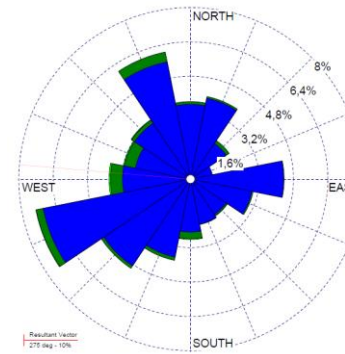
d) Las Ferias



e) Colina



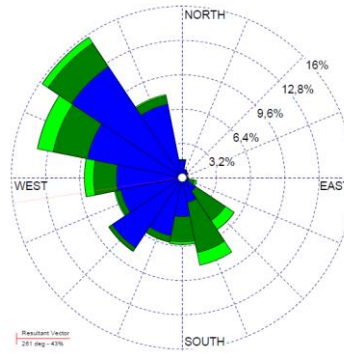
f) Usaquén



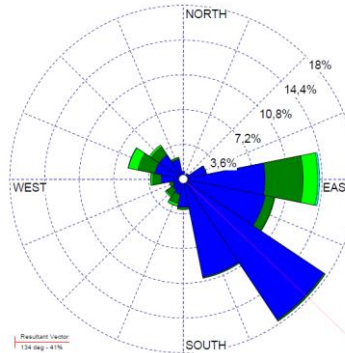
N.A.

g) Móvil FTB

h) CDAR



i) Móvil 7ma

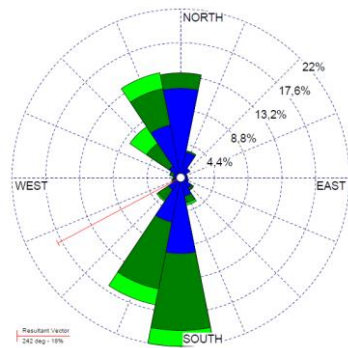


N.A.

j) Kennedy

k) Jazmín

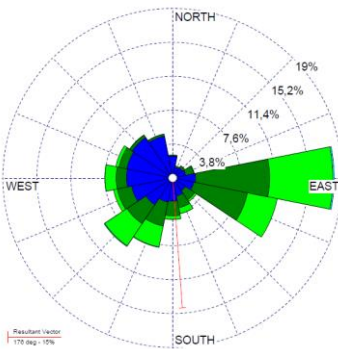
l) MinAmbiente



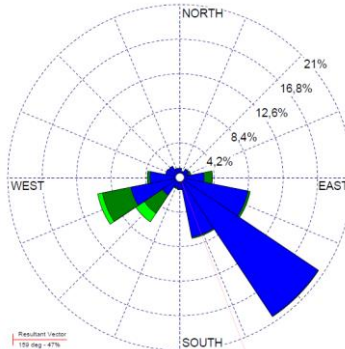
m) Carvajal-Sevillana

N.A.

N.A.

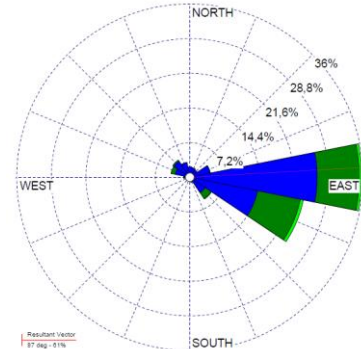


p) Ciudad Bolívar



n) Puente Aranda

q) Tunal



o) Usme

r) San Cristóbal

Figura 10-16 Rosas de viento consolidadas por estación – Año 2022

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, por ellos 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 2022 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 predominio promedio, tanto de la velocidad como de la dirección del viento, en diferentes fracciones de un día normal.

Lo anterior, 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: 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 Tabla 10-12 es deducible que en 2022 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 10-17.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
CSE	1,3	1,9	3,0	1,8	233	184	283	240
CDAR	0,6	1,1	2,1	0,9	321	338	270	321
CBV	1,3	2,3	3,6	1,9	232	23	180	167
COL	0,9	1,5	2,0	1,1	328	7	218	290
JAZ	0,8	1,5	2,8	1,3	272	258	246	257
LFR	1,2	1,6	2,7	1,6	10	48	217	352
MAM	0,7	1,1	2,0	1,0	144	131	117	127
MOV	0,7	0,9	1,3	0,9	218	288	289	247
SCR	0,8	1,1	1,8	1,5	90	68	75	87
SUB	0,9	1,5	1,9	0,9	214	235	204	178
TUN	0,5	1,0	1,9	0,8	157	155	185	158
USQ	0,6	0,9	1,5	0,8	75	80	146	105
Promedio	1,0	1,5	2,5	1,3				

En la Figura 10-17 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 0h hasta las 6h, madrugada; de las 6h a las 12h, mañana; de las 12h a las 18h, tarde; y de las 18h hasta las 24h, noche. De acuerdo con esto, el comportamiento de los vientos en las diferentes fracciones del día, durante el año 2022 fueron como a continuación se describe:

En las madrugadas de 2022 predominaron los vientos del suroccidente bordeando el andén occidental de la ciudad, con flujos divergentes que penetraron hasta el centro geográfico interactuando posiblemente con los vientos del sur y del sur oriente. Al sur de la ciudad vientos del sur y suroccidente; en el flanco oriental, vientos del suroriente bordeando los cerros orientales para continuar hacia el norte, posiblemente evacuando la contaminación atmosférica residual con una baja eficiencia, dado que las velocidades del viento entre 0.6 m/s a 1.6 m/s son consideradas relativamente bajas y características de dicha fracción del día.

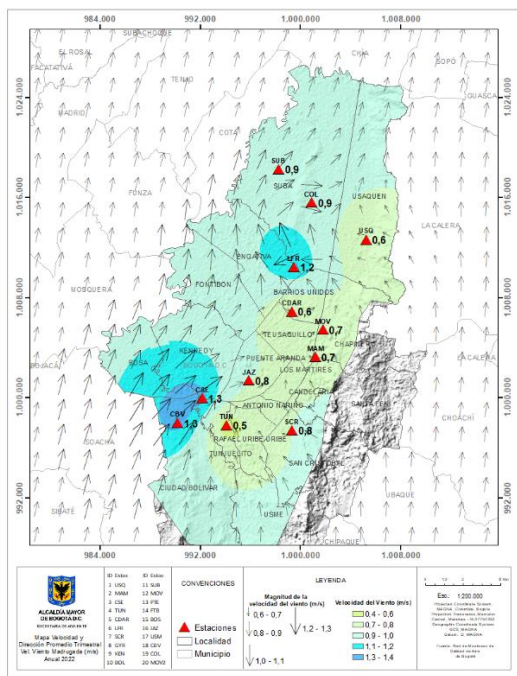
Ahora, no se descarta la introducción de material particulado y gases contaminantes aportadas desde fuentes externas a la ciudad de Bogotá y/o en las zonas periféricas del sur y del flanco occidental, debidos a la componente sur y suroccidental de los vientos en las horas de la madrugada. A diferencia del comportamiento promedio de los vientos en las horas de las madrugadas, en las horas de la tarde 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.

Naturalmente, con el incremento de la radiación solar las velocidades en horas de la tarde adquirieron mayor vigor fluctuando entre 0.9 m/s hacia los cerros orientales a 2.3 m/s en el sur occidente de la ciudad donde normalmente se presentan las mayores velocidades del viento.

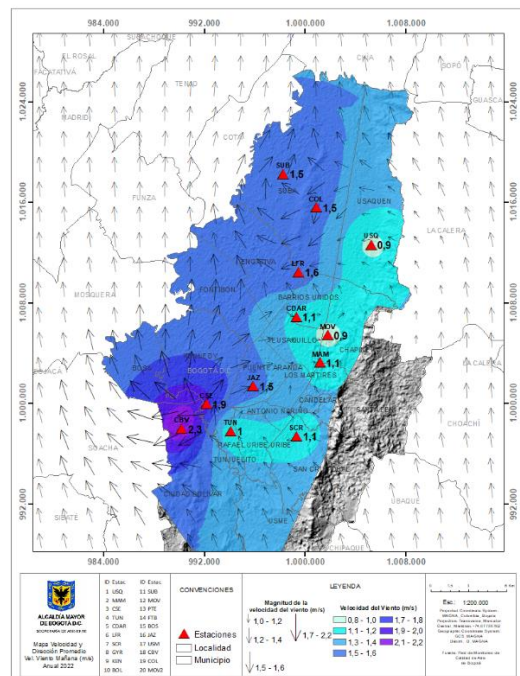
Con el caer de la tarde y la acumulación de energía solar durante las horas anteriores, el aire adquiere mayor inercia generando velocidades mayores por lo que en esta fracción del día del año, en promedio los vientos adquirieron velocidades medias de entre 0.9 m/s hasta 3.6 m/s en el sector suroccidental de la ciudad en vecindades de la estación Ciudad Bolívar.

Para esta fracción del día, en promedio, los vientos fueron predominantemente del sur y sur occidente. Estos últimos posibilitan la ocurrencia de las lluvias durante las horas de la tarde como se describió en la Figura 10-17. El resultado de estas lluvias en horas de la tarde obedece al hecho de que al colisionar con los cerros orientales cargados de humedad y tener condiciones de estabilidad atmosférica favorables, se ven forzados a ascender y formar nubes productoras de lluvia. Por supuesto, no sólo se les atribuye la introducción de humedad con la posibilidad de ocurrencia de lluvias, sino también de contaminantes desde fuentes externas a la ciudad.

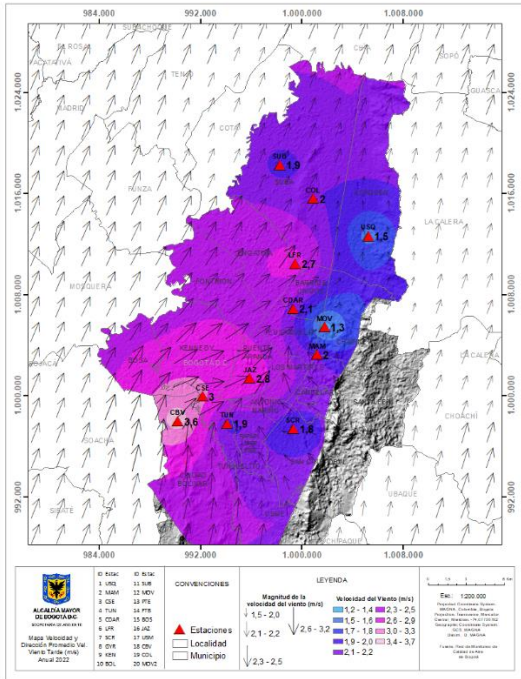
De acuerdo con los registros de la RMCAB, se estima que en horas de la noche del año 2022 predominaron los vientos del oriente lo largo de los cerros orientales, pero al parecer vientos del suroccidente también se hicieron presentes durante las horas de la noche, con posible transporte o arrastre de 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, la ocurre un descenso en la velocidad del viento, aunque menor que en las madrugadas, por la energía residual de la tarde.



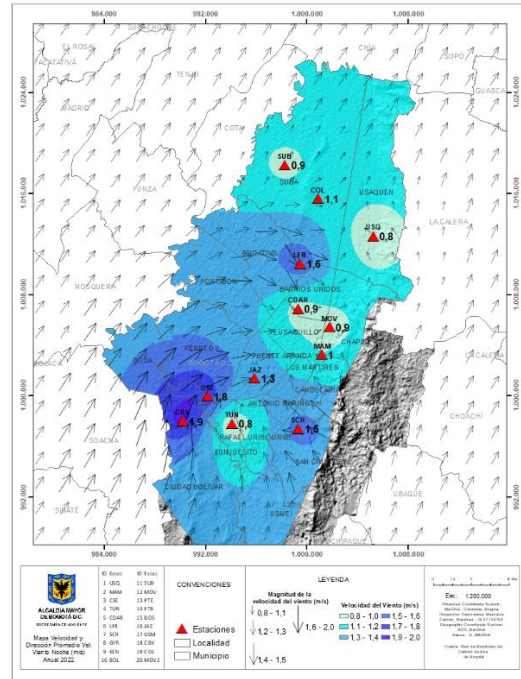
a) Madrugada



b) Mañana



c) Tarde



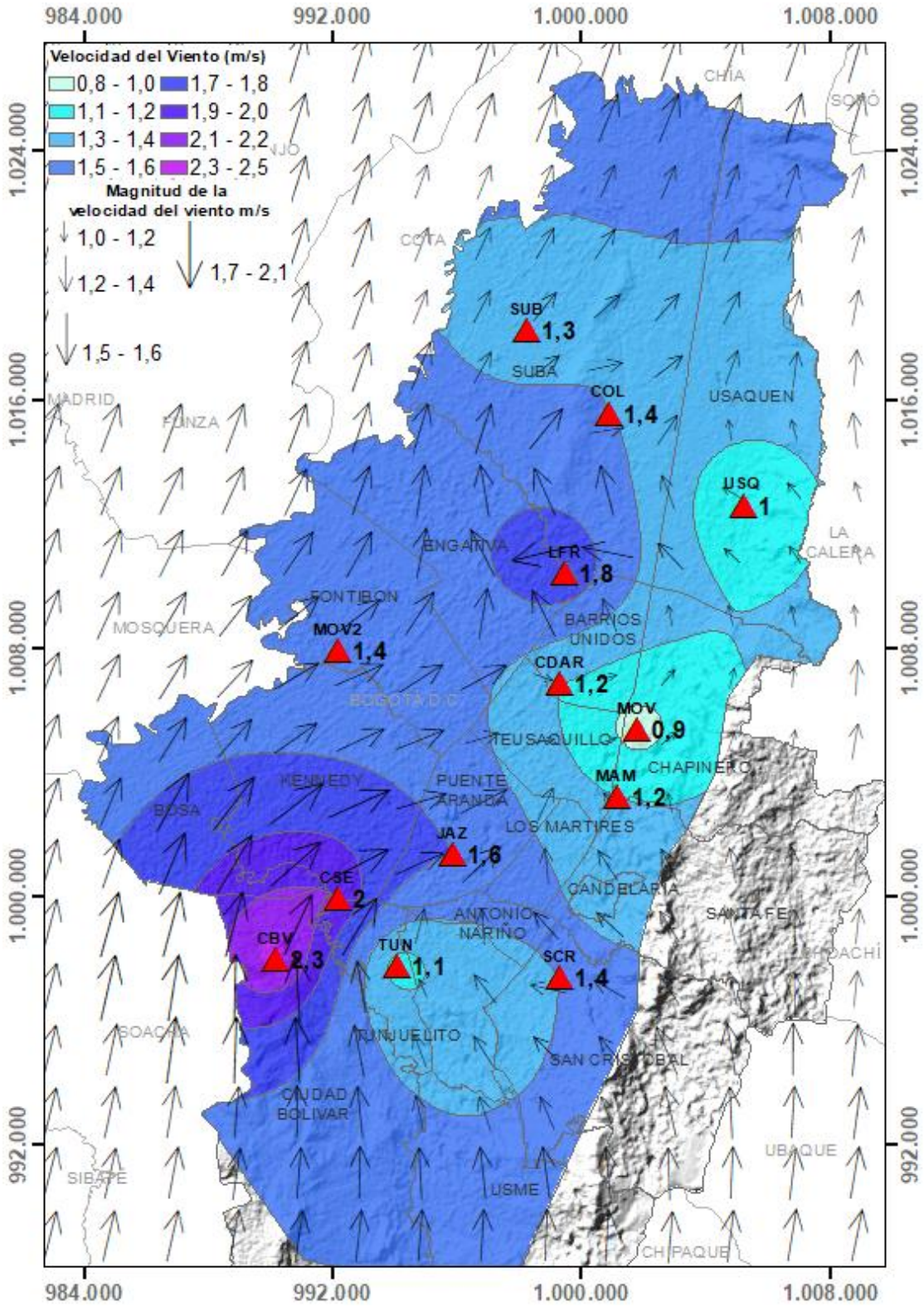



Figura 10-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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 2022, 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 2022, se puede observar un descenso en su magnitud, que puede ser el resultado de la variabilidad del elemento meteorológico en el tiempo (Figura 10-19). De los resultados descritos en la Tabla 10-13 es importante anotar que la estación Bosa no presenta registros porque esta salió de operación en la segunda mitad de 2021.



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN													
	Informe anual de la Red 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 Años 2000-2021

Estación	BOS	CEN	CSE	CZC	CME	CDAR	CST	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.	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.	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.	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	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.	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.	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.	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.	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.	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.	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.	3	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.	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.	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.	3	1	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.	3	1	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.	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.	1.1	N.A.	2.8	2	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	N.A.	N.A.	1.2	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	N.A.	N.A.	1.2	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	N.A.	N.A.	1.2	N.A.	N.A.	N.A.	1	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.	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.	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.	2.5	N.A.	1.5	1.8	2	1.9	1.1	1.4	1	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	N.A.	N.A.	1.2	N.A.	2.3	N.A.	1	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	N.A.	N.A.	N.A.	1.4
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

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

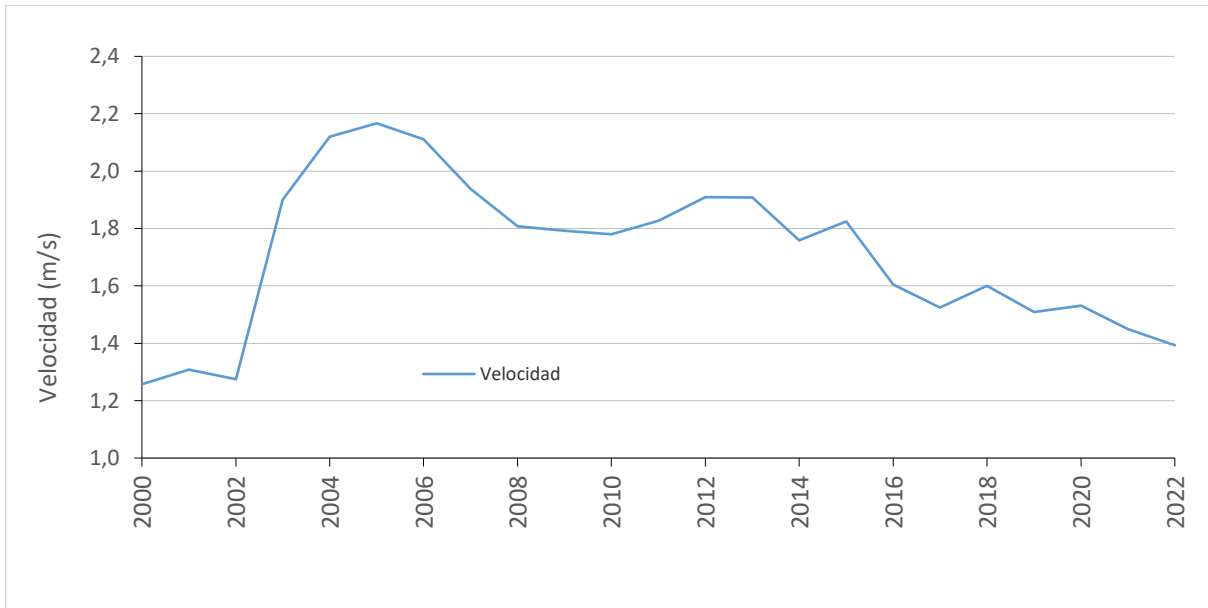



Figura 10-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 a 2022

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 (Organización Meteorológica Mundial - OMM , 2010), 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.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 1.3 GW/m² en 2022. A nivel mensual en enero se recibió la mayor cantidad de radiación, ligeramente por debajo del año anterior y del promedio multianual 2009 a 2022, no obstante, salvo en los meses de marzo y agosto, las cantidades de radiación recibidas en 2022 fueron menores que el promedio multianual. Figura 10-20.

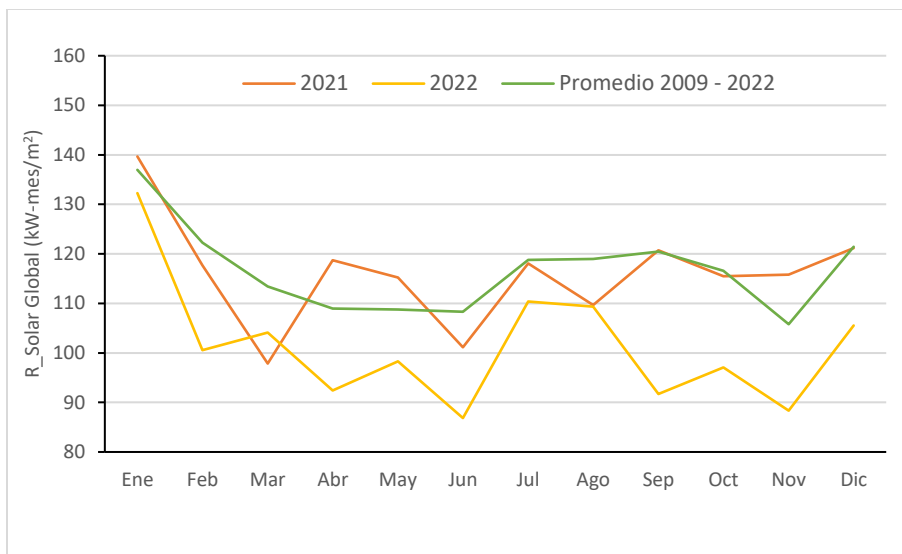



Figura 10-20 Comportamiento mensual de la radiación solar en 2022 y 2021 vs. 2009 a 2022

10.4.2 PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 10-14 se resume el perfil medio horario anual de la cantidad de energía recibida en la ciudad por cada una de las estaciones y el acumulado promedio diario por estación de la RMCAB. En esta se puede observar que en un día promedio se recibieron hasta 628 W/m² en la hora de mayor incidencia en la estación Ciudad Bolívar, por otra parte, en la Figura 10-21 se puede observar gráficamente el perfil promedio horario el año de toda la ciudad y los totales acumulados por estación.

En mencionado perfil se puede apreciar que la hora en la cual se acumula mayor cantidad de energía de la ciudad de Bogotá se encuentra entre las 11 a.m. y la 1 p.m., dando lugar no solo a las mayores temperaturas del aire, sino a los vientos que favorecen la limpieza de la ciudad por transporte y mezcla turbulenta de las masas de aire. En tanto que, en las horas de la madrugada y la noche esta cantidad, tienden a cero.

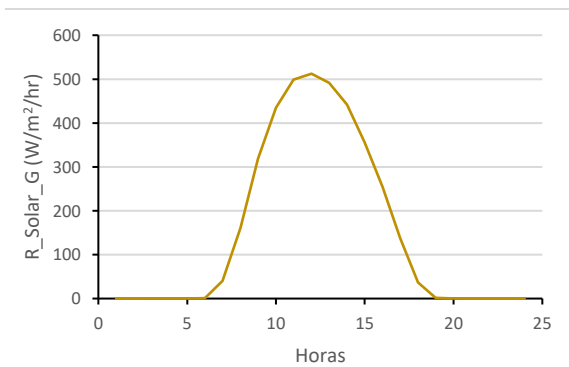
En 2022 las estaciones Usme y Jazmín reportaron datos que superaron el porcentaje de representatividad temporal, no así la estación Bosa donde por razones de seguridad tuvo que ser suspendida y en consecuencia no se reporta su registro. En cuanto a la acumulación promedio

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

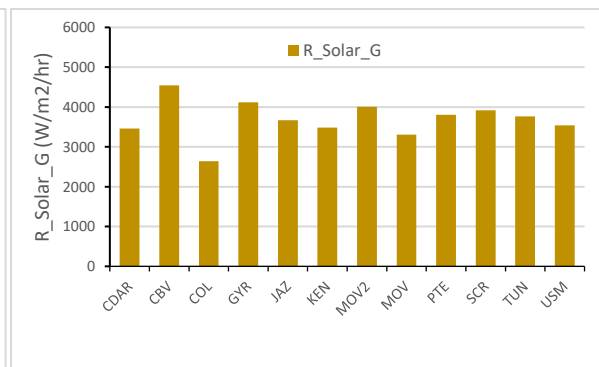
durante un día, se puede observar que las estaciones Ciudad Bolívar y Guaymaral fueron las que mayores acumulados registraron con totales de 4541 W/m² y 4119 W/m², respectivamente.

Tabla 10-14 Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones - Año 2022

Hora	CDAR	CBV	COL	GYR	JAZ	KEN	MOV 2	MOV	PTE	SCR	TUN	USM	Prom.
	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	W-hr/m ²	
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	1	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1
7:00	46	48	35	47	46	35	51	32	43	20	37	39	40
8:00	173	205	131	201	171	150	197	127	161	101	149	158	160
9:00	323	387	260	385	332	298	365	291	310	257	307	313	319
10:00	414	537	340	517	437	409	482	424	404	433	412	405	435
11:00	464	611	378	577	495	466	527	483	485	555	482	466	499
12:00	463	628	380	559	502	459	526	492	527	595	525	491	512
13:00	444	622	352	511	490	464	516	431	526	559	520	468	492
14:00	404	562	287	471	434	427	483	376	484	479	474	425	442
15:00	322	444	224	382	345	347	389	310	380	395	386	350	356
16:00	236	306	155	275	244	256	279	208	277	288	275	255	254
17:00	133	158	79	153	136	136	149	102	158	160	153	140	138
18:00	38	34	20	39	37	30	38	27	45	63	40	33	37
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	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	3461	4541	2640	4119	3670	3480	4003	3305	3804	3920	3762	3543	3687




a) Perfil horario



b) Total acumulado por día

Figura 10-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día durante el año 2022. a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

10.4.3 PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 10-15 se presenta un consolidado de los totales acumulados mensuales por cada una de las estaciones de la RMCAB. Asimismo, en la Figura 10-22 se detallan las variaciones mensuales de radiación solar durante el año 2022. En la tabla se observa que los meses con mayores acumulados fueron a principios (enero) y mediados (julio y agosto) del año. No obstante, el mes de febrero registró bajas cantidades de radiación solar, lo que se podría asociarse a las lluvias registradas durante el mes, incluso mayores que durante el mes de marzo.

Teniendo la influencia de la radiación solar en las concentraciones de ozono, en la Figura 10-22 se muestra el perfil de las concentraciones de ozono promedio de 2022. Este perfil permite observar una estrecha relación entre las cantidades de radiación acumuladas en enero y las concentraciones de ozono para el mismo periodo. En diciembre, junio y julio se observa algo semejante, sin embargo, el incremento en las concentraciones de ozono en septiembre 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) – Año 2022

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
CDAR	132	100	107	95	98	74	112	119	100	101	93	116	104
CBV	164	132	144	127	142	121	150	157	141	137	117	120	138
COL	92	72	79	71	74	69	81	86	75	79	75	110	80
GYR	175	131	138	114	115	103	124	116	119	127	121	108	124
JAZ	136	106	108	96	105	96	116	123	111	111	98	122	111
KEN	130	107	108	95	104	89	113	56	0	86	93	114	91
MOV2	166	125	127	109	114	97	115	123	114	118	116	134	122
MOV	127	86	92	88	96	82	124	126	96	93	82	110	100
PTE	154	112	109	99	111	98	127	133	112	107	99	125	115
SCR	162	120	127	110	105	102	138	144	119	88	73	100	116
TUN	145	112	112	104	111	101	121	117	99	113	88	93	110
USM	135	104	103	93	101	97	116	122	105	102	93	119	108
Prom.	132	101	104	92	98	87	110	109	92	97	88	106	101

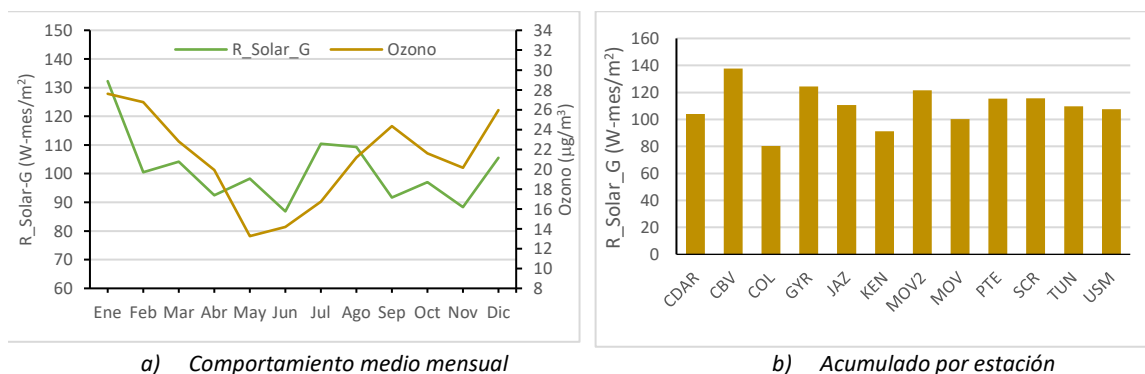


Figura 10-22 Comportamiento mensual de la radiación en 2022 a) promedio mensual Radiación Solar Vs concentración promedio mensual de Ozono; b) totales mensuales acumulados

10.4.4 PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 10-16 se presenta el comportamiento multianual de los totales acumulados en la ciudad de Bogotá entre 2009 a 2022. De manera gráfica en la Figura 10-23 su distribución anual y los totales anuales acumulados por cada una de las estaciones de la RMCAB. De acuerdo con la figura referida, en 2022 en las cantidades de radiación solar dejan entrever reducción de las cantidades acumuladas con respecto al año anterior.

Semejante a lo reportado a nivel mensual, también se presentan los totales anuales de radiación solar acumulados en las estaciones Ciudad Bolívar, Móvil Fontibón y Puente Aranda durante 2022. Estos valores son solo indicativos para 2022, 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 - 2022

ESTACIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	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	
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
COL	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.1	1.0
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	1.6
JAZ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.3	1.4	1.3	1.0
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	1.3
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	1.3
MOV2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.2	
PTE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.4	
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	1.6
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	1.4
USM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.3	1.3	1.3	1.0
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

N.A.: Valores no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%

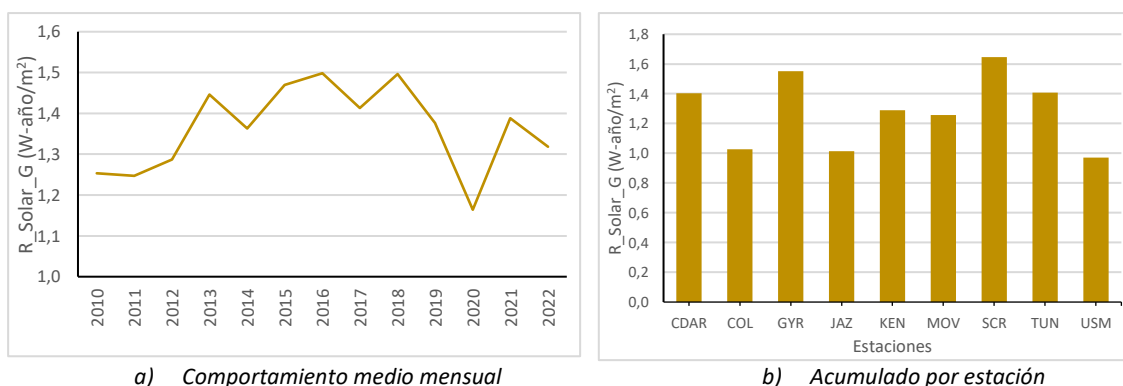



Figura 10-23 Comportamiento anual de la radiación en 2020 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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, 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 por un lado a la diferencia de altura, y por otro parte 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 2022, el comportamiento de la presión atmosférica mostró una reducción con respecto al año anterior y respecto del promedio mensual multianual 2010 - 2022.

El descenso de la presión barométrica durante 2022, evidencia el episodio La Niña bajo el cual se encontraba la ciudad durante 2022, así las cosas, los eventos de precipitación ocurridos a principios del año tuvieron una relación con las bajas presiones registradas, sobre todo durante los meses de febrero y diciembre alcanzaron sus valores más bajos (562 mmHg). 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 Figura 10-24 y la Tabla 10-17.

Tabla 10-17 Comportamiento de la presión media mensual multianual 2010 - 2021

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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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
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
Prom 2010 - 2021	564	563	564	564	564	564	564	564	564	564	563	563	564

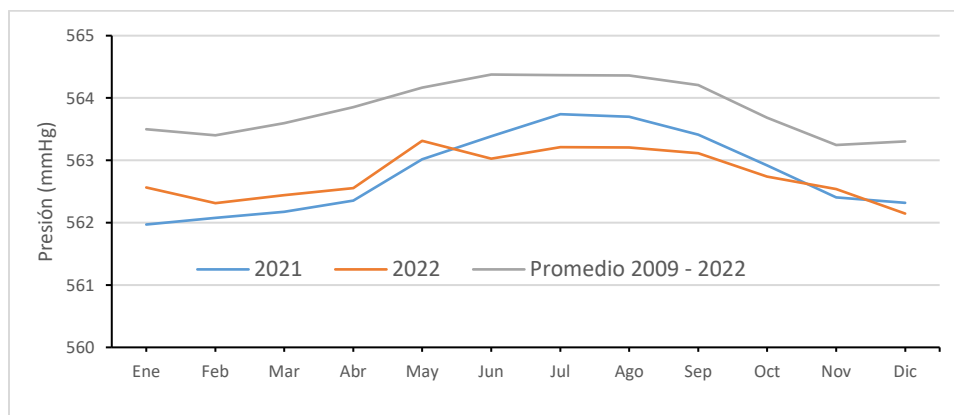



Figura 10-24 Comportamiento mensual de la presión en 2019 y 2018 frente al promedio mensual multianual 2010-2022

10.5.2 PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

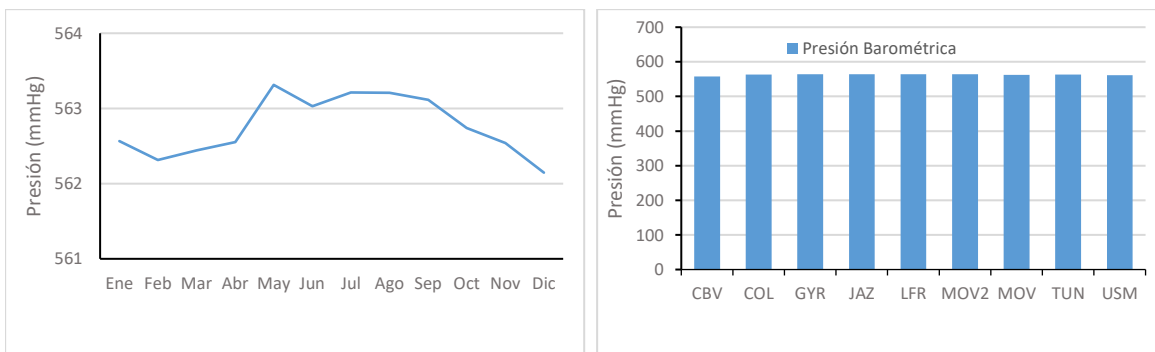
En la Tabla 10-18 se describe el comportamiento medio mensual de 2022. De acuerdo con los registros de presión, tanto a principio como al final del año, se presentaron las menores presiones con una media mensual a nivel ciudad de 563 mmHg. Asimismo, dada su poca variabilidad espacialmente durante el 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 – Año 2022

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
BOS	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
CBV	557	557	557	557	558	557	558	558	558	557	557	557	557
COL	563	563	563	563	564	564	564	564	564	563	563	563	563
FTB	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565	565	565	564	564	564	565

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

GYR	564	563	563	564	564	564	564	564	564	564	563	563	564
JAZ	563	563	563	563	564	564	564	564	564	564	564	563	564
KEN	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
LFR	564	563	563	564	564	564	564	564	564	564	564	563	564
MOV2	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565	565	565	565	564	564	564	564
MOV	562	562	562	562	563	562	562	562	562	562	562	561	562
PTE	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563	562	
TUN	563	563	563	563	564	563	564	564	563	563	563	563	563
USM	561	561	561	561	562	562	562	562	562	562	562	561	562
Prom	562	562	562	562	563	563	563	563	563	563	563	562	563



a) Promedio mensual ciudad 2022


b) Promedio anual por estación 2022

Figura 10-25 Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica en 2020. a) promedio ciudad; b) promedio por estación

10.5.3 PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Tal como se mencionó anteriormente, la presión atmosférica tiene variaciones regulares e irregulares. Las variaciones regulares tienen distintos períodos, siendo la más importante la que tiene un período natural y propio de aproximadamente 12 horas, que recibe el nombre de variación semi-diurna de la presión. (FOPAE, 2001).

Como se puede observar en la Tabla 10-19 y la Figura 10-26, la presión en la ciudad de Bogotá varía regularmente entre las 10 de la mañana y las 10 de la noche aproximadamente, de allí la razón por la cual se considera que su variación es semi-diurna. 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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8


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.

En cuanto al comportamiento espacial las presiones más bajas, en promedio día durante el año se localizaron hacia el suroccidente de la ciudad representadas 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.

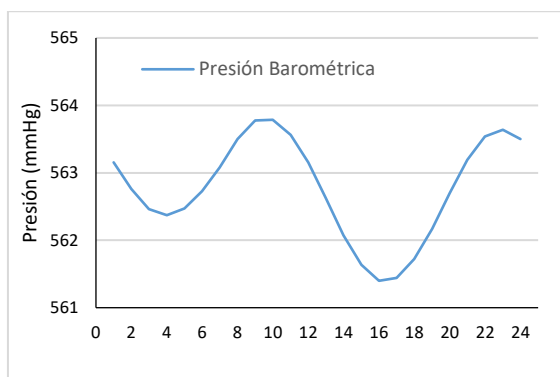
Los promedios horarios calculados a nivel ciudad incluyen los registros de las estaciones Móvil de Fontibón (MOV2) y Puente Aranda toda vez que cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%.

Tabla 10-19 Variación de la presión horaria por cada estación - Año 2022

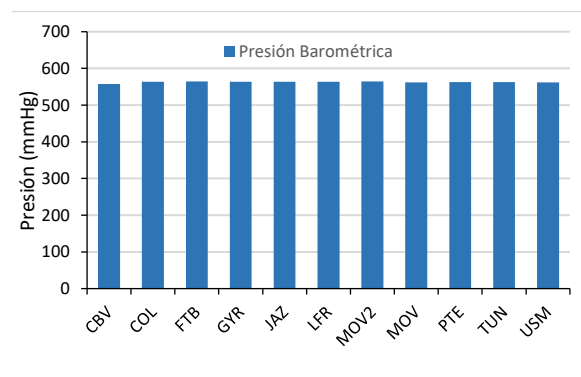
Hora	CBV	COL	GYR	FTB	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	TUN	USM	Prom. Ciudad (mmHg)
	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	
1:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	562	563	564	562	563
2:00	557	563	565	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
3:00	557	563	564	563	563	N.A	564	564	562	562	563	561	562
4:00	557	563	564	563	563	N.A	563	564	562	562	563	561	562
5:00	557	563	564	563	563	N.A	564	564	562	562	563	561	562
6:00	557	563	565	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
7:00	557	564	565	564	564	N.A	564	565	562	563	563	562	563
8:00	558	564	565	565	564	N.A	565	565	563	563	564	562	564
9:00	558	564	566	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
10:00	558	564	566	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
11:00	558	564	565	565	564	N.A	565	565	563	564	564	562	564
12:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	562	563	564	562	563
13:00	557	563	564	564	563	N.A	564	564	562	563	563	562	563
14:00	557	563	564	563	563	N.A	563	564	561	562	562	561	562
15:00	556	562	564	563	563	N.A	563	563	561	562	562	561	562
16:00	556	562	563	562	562	N.A	562	563	561	561	562	560	561
17:00	556	562	563	562	562	N.A	563	563	561	561	562	560	561
18:00	556	562	564	563	563	N.A	563	563	561	562	562	561	562
19:00	557	563	564	563	563	N.A	563	564	561	562	563	561	562
20:00	557	563	565	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
21:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	562	563	564	562	563
22:00	558	564	565	564	564	N.A	565	565	563	563	564	562	564
23:00	558	564	566	565	565	N.A	565	565	563	564	564	563	564
24:00	558	564	565	564	564	N.A	565	565	563	563	564	562	564

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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	
Prom	557	563	565	564	564		564	564	562	563	563	562	563



a) Ciclo semi diario de la presión



b) Promedio diario por estación


Figura 10-26 Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica - 2022

10.5.4 PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

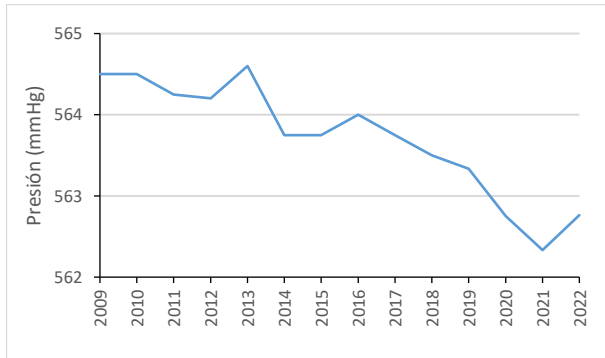
Anualmente se estima que los niveles de presión en la ciudad, en promedio, varían entre los 563 mmHg y los 565 mmHg. De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2022, se observa un incremento de aproximadamente 1 mmHg en los niveles de presión atmosférica, con respecto al año anterior como se puede visualizar en la Figura 10-27.

Tabla 10-20 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá Años 2009 – 2022

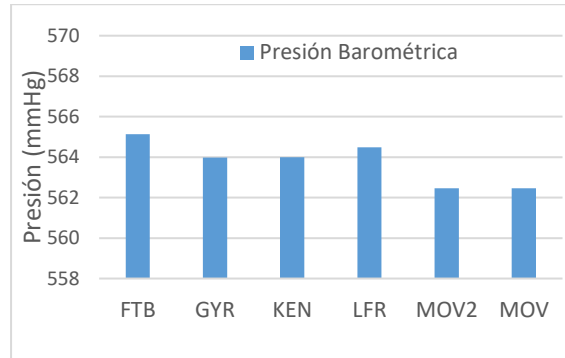
Estación	BOS	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	TUN	USM	Prom
2009	N.A	N.A	N.A	N.A	564	N.A	N.A	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565
2010	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	565
2011	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564
2012	N.A	N.A	N.A	565	564	N.A	564	564	N.A	564	N.A	N.A	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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Promedio				565	564			564	564	562	562				564
----------	--	--	--	-----	-----	--	--	-----	-----	-----	-----	--	--	--	-----



a) Promedio multianual



b) Promedio multianual por estación

Figura 10-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual Años 2009 - 2022

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 SOx y NOx, los cuales se condensan y pueden precipitar en forma de rocío, llovizna o lluvia acida.

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.

Como se observa en Figura 10-28, en 2022 ocurren dos (2) picos de humedad durante el año, sin embargo, durante el mes de febrero se presentó un pico atípico toda vez que en condiciones normales la ciudad atraviesa por su primer periodo seco. Así mismo, se presentó un pico atípico en

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

junio, que es el mes de transición hacia el segundo periodo seco del año. Se deduce entonces que hubo una variación en el comportamiento normal del ciclo anual de humedad para el primer semestre del año. Con respecto al promedio multianual, en 2022 se evidenció un incremento en las cantidades de humedad en la ciudad entre los meses de febrero a noviembre.

Tabla 10-21 Comportamiento de la humedad mensual multianual Años 2010 - 2022

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
Promedio	63	64	66	67	67	65	64	63	63	66	69	65

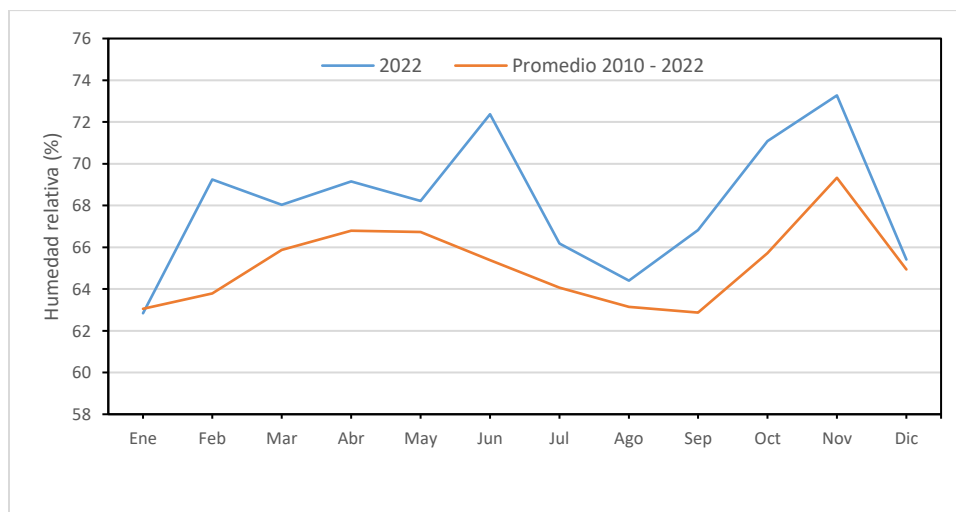



Figura 10-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2022 vs. Promedio mensual multianual 2010-2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

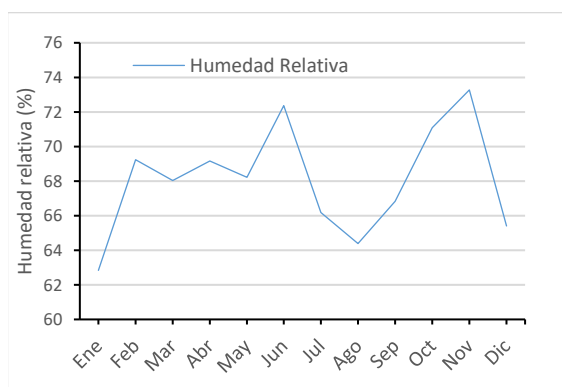
10.6.2 PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

De acuerdo con los registros en 2022 la atmósfera presentó condiciones relativamente secas en enero, agosto y septiembre, contrariamente en junio y noviembre las mayores cantidades de humedad. Entre febrero y marzo la humedad relativa presentó un comportamiento semejante, pero para los meses de abril y mayo fue idéntico al histórico.

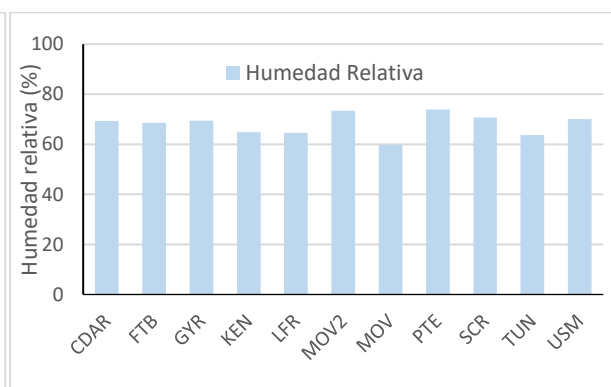
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Móvil Fontibón y Puente Aranda se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por San Cristóbal, Usme, Guaymaral y Jazmín, mientras que la Móvil 7ma la que menor cantidad reportó.

Tabla 10-22 Comportamiento mensual de la humedad por estación en 2021

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




a) Promedio mensual 2022



b) Promedio por estación 2022

Figura 10-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2019: a) promedia ciudad; b) promedio por estación

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8


10.6.3 PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

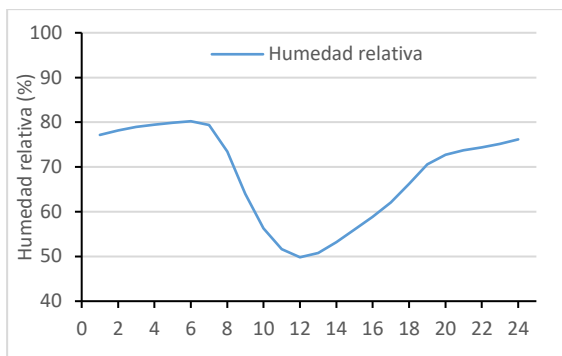
Respecto al comportamiento diario anual de la humedad, dada su relación inversa con la temperatura, en las horas de la madrugada y la noche es normal que la atmósfera se sature por el descenso de la temperatura, alcanzando el pico más alto de humedad conforme ocurre el valor más bajo de temperatura, es decir, entre las cinco y las seis de la madrugada. De manera contraria, conforme el aire se calienta se hace más seca y la humedad relativa disminuye. Ver Tabla 10-23 y Figura 10-28 a).

Semejante al promedio mensual, a nivel diario, durante el año 2022 las estaciones con mayores valores de humedad fueron Puente Aranda, San Cristóbal y Usme.

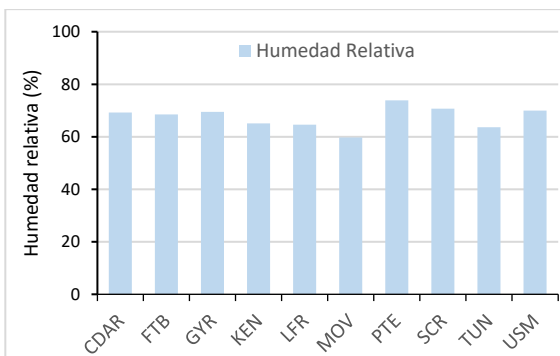
Tabla 10-23 Variación de la humedad horaria y por estaciones de la RMCAB – Año 2022

Hora	CDAR	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	SCR	TUN	USM	Promedio
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1:00	81	77	80	80	73	74	82	66	81	79	73	80	78
2:00	82	78	81	81	74	75	83	67	82	80	74	81	79
3:00	82	79	82	82	74	76	84	68	83	81	74	81	80
4:00	83	80	82	83	75	76	85	69	84	81	75	82	81
5:00	83	81	83	83	75	77	85	69	84	81	75	82	81
6:00	84	81	83	84	76	77	85	70	84	82	76	82	81
7:00	83	80	83	82	76	75	84	69	83	81	76	80	81
8:00	73	73	79	75	72	66	78	67	78	78	68	74	74
9:00	59	63	67	67	61	57	69	59	71	70	58	66	65
10:00	52	55	58	60	52	51	61	51	63	62	51	60	57
11:00	48	50	53	55	47	48	56	46	59	57	47	55	52
12:00	47	48	50	53	47	46	54	44	57	54	46	53	50
13:00	48	51	48	54	50	46	56	44	58	54	46	53	50
14:00	51	55	50	57	53	49	59	47	62	55	48	54	53
15:00	55	57	53	60	55	52	62	49	65	58	50	55	56
16:00	58	60	56	63	57	56	65	52	67	61	53	58	59
17:00	62	63	59	66	59	60	68	55	70	64	56	62	62
18:00	67	68	64	70	64	64	73	58	73	68	60	67	66
19:00	72	71	70	73	68	68	77	62	76	72	66	72	71
20:00	76	73	74	74	70	70	78	63	77	74	69	75	73
21:00	78	74	76	75	70	71	79	64	78	75	70	76	74
22:00	79	74	77	76	70	71	79	64	78	76	71	77	75
23:00	79	75	79	77	71	72	79	65	79	77	72	78	76
24:00	80	76	80	78	72	73	81	66	80	78	72	79	77
Promedio	69	69	69	71	65	65	73	60	74	71	64	70	69

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8



a) Perfil horario anual



b) Promedio horario por estación

Figura 10-30 Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2022: a) perfil horario; b) promedio por estación

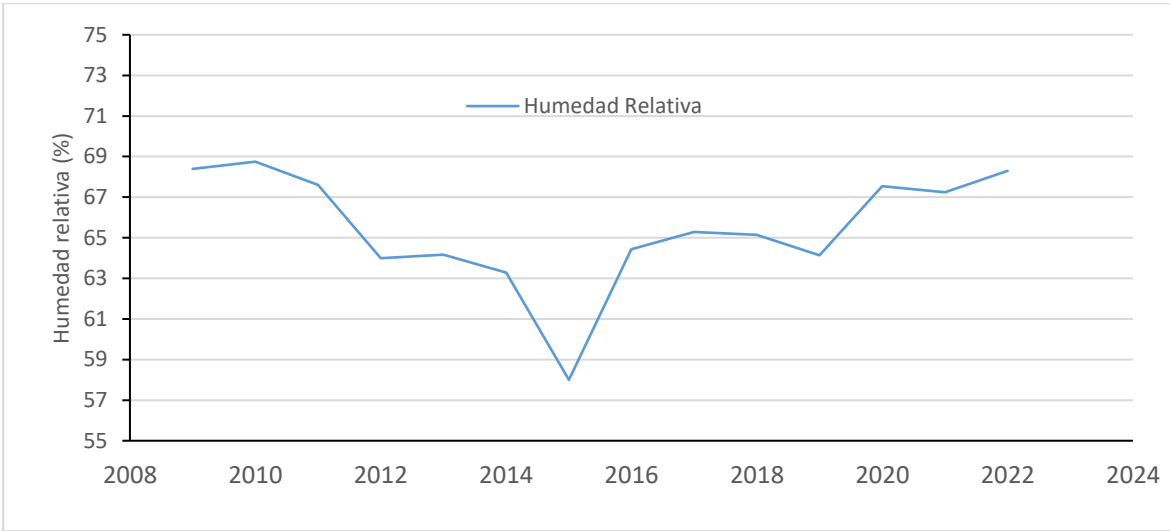
10.6.4 PROMEDIOS HISTÓRICOS ANUALES DE HUMEDAD

En cuanto al comportamiento histórico anual de la humedad, en 2022 se presentó un ligero incremento del promedio con respecto al año anterior como se puede apreciar en la Tabla 10-24 y la

Figura 10-31. Este ligero cambio puede obedecer la variabilidad del elemento meteorológico en el tiempo y se corresponde con el comportamiento de las precipitaciones ocurridas durante 2022.


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

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
Promedio	84	68	76	69	68	67	72	65	64	59	60	74	66	64	71	65



a) Promedio multianual Años 2009 - 2022

Figura 10-31 Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

11 EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA

En la ciudad de Bogotá, el primer trimestre del año es el periodo más crítico con relación al aumento de las concentraciones de material particulado, debido al inicio de la temporada seca, con lo cual predominan las condiciones meteorológicas que favorecen la estabilidad de la atmósfera, por lo cual se registran inversiones térmicas y cambios en la dirección del viento. De igual forma, la disminución en las precipitaciones conlleva a que se registren más eventos de incendios forestales en diferentes regiones de Sur América, los cuales inciden en los incrementos en las concentraciones de los contaminantes debido al transporte de estos al interior de la ciudad.

Durante el primer trimestre de 2022 se realizó la declaratoria de una alerta por contaminación atmosférica, comprendida desde el 6 al 14 de febrero, periodo en el cual se observó un aumento generalizado de las concentraciones de material particulado PM_{2.5} hasta alcanzar estados de calidad del aire que oscilaban en condiciones ‘regulares’ y ‘malas’ por más de 48 horas, por lo cual se cumplieron los criterios para la declaración de alerta y en consecuencia la ejecución de medidas que contribuyeron a la reducción de estas concentraciones. A continuación, en la Tabla 11-1 se relaciona la información de la Alerta fase 1 declarada:

Tabla 11-1 Alerta por contaminación atmosférica declaradas en el 2022

Alerta	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Documentos administrativos
Declaratoria de Alerta Fase 1 por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá.	06/02/2022	14/02/2022	Declaratoria: Resolución SDA 135 del 2022 Finalización: Resolución SDA 150 del 2022

Durante el periodo de declaración de la Alerta Fase 1 a nivel ciudad, predominaron condiciones meteorológicas con presencia de fuertes inversiones térmicas que influyeron en la baja dispersión de contaminantes en la ciudad, aunado a esto se observaron intensos incendios forestales regionales en el sur del Meta y norte del Guaviare y en consecuencia el transporte de aerosoles desde dicho origen a la ciudad de Bogotá.

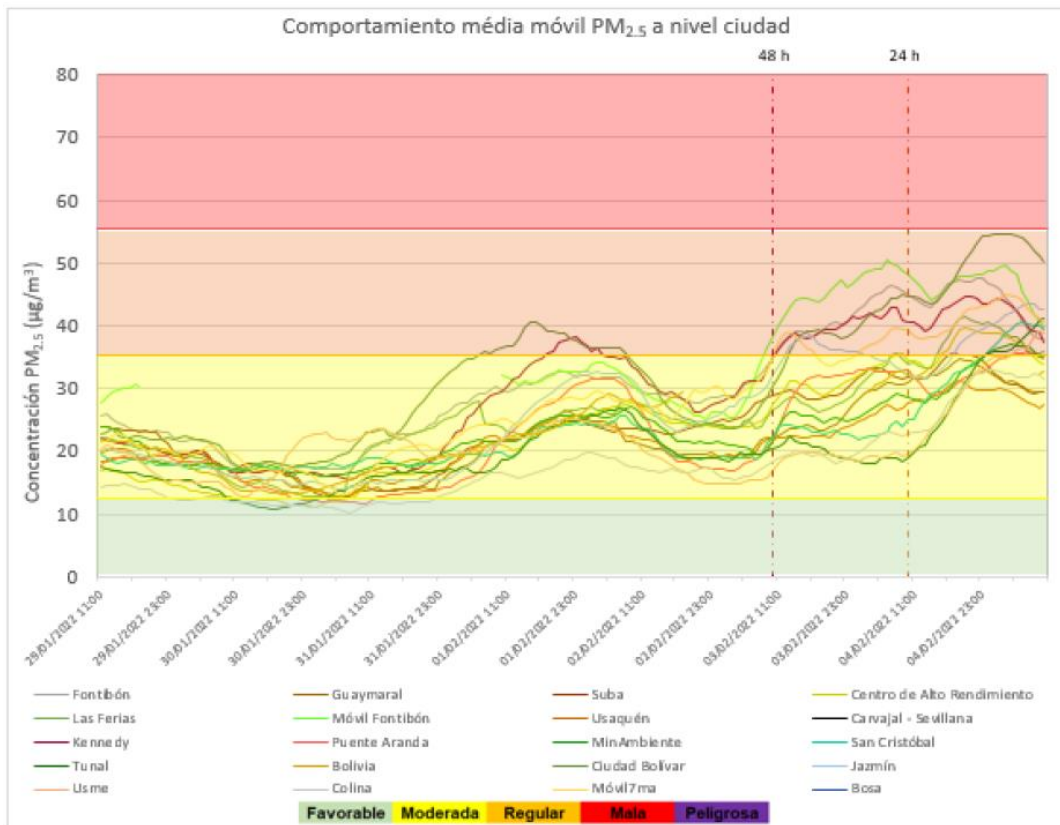


Figura 11-1 Concentraciones medias móvil $PM_{2.5}$ - 29 de enero al 5 de febrero de 2022

En la Figura 11-2 se observa el comportamiento de los vientos para el 5 de febrero los cuales disminuyeron en su intensidad en las regiones de la Orinoquía y Amazonía lo que favoreció el incremento del número de incendios en esta zona, además los vientos que se encuentran dentro de los 250 y 500 mb propiciaron el transporte de contaminantes desde la Orinoquía y Amazonía hacia el centro del país (Figura 11-2).

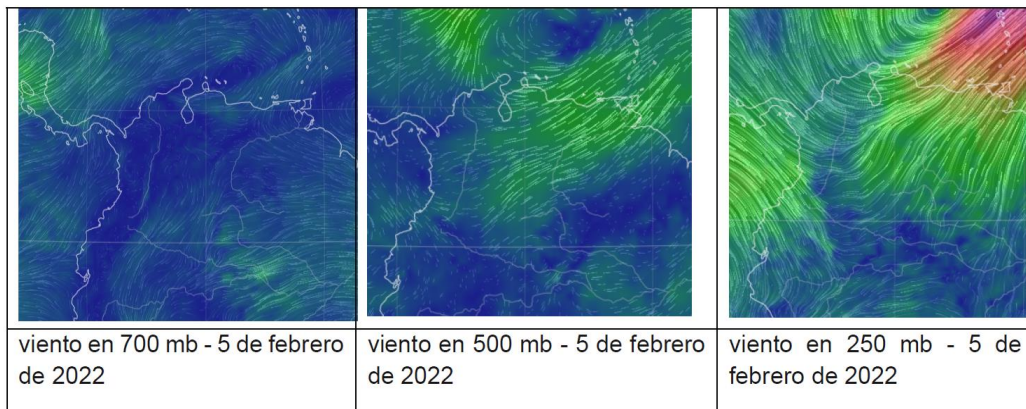



Figura 11-2 Comportamiento de vientos a nivel regional para el mes de febrero de 2022 en diferentes niveles de la atmósfera

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

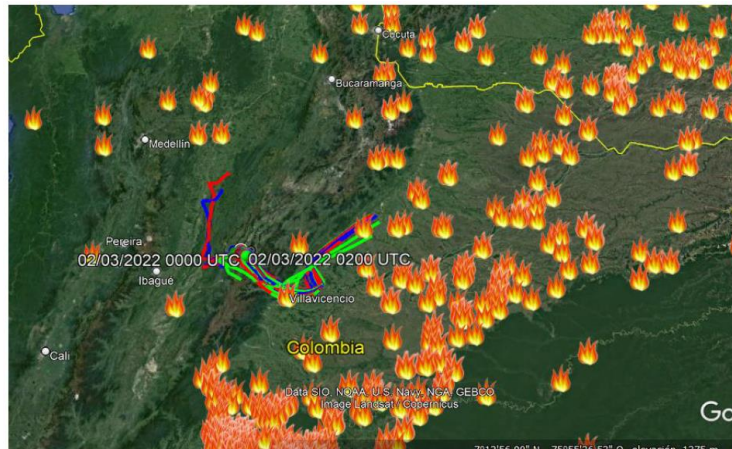


Figura 11-3 Retrotraectorias para el 4 de febrero de 2022

En los días siguientes al 6 de febrero se registraron precipitaciones no solo en Bogotá, sino en buena parte del país, por lo que se evidenció una disminución en las concentraciones de $PM_{2.5}$ (Figura 11-4) llegando a una condición ‘moderada’, además de presentarse una disminución en los incendios forestales diferentes regiones (Figura 11-5), lo cual llevó a la finalización de la declaratoria de Alerta Fase 1 por contaminación atmosférica en la ciudad a través de la Resolución SDA 150 de 2022.

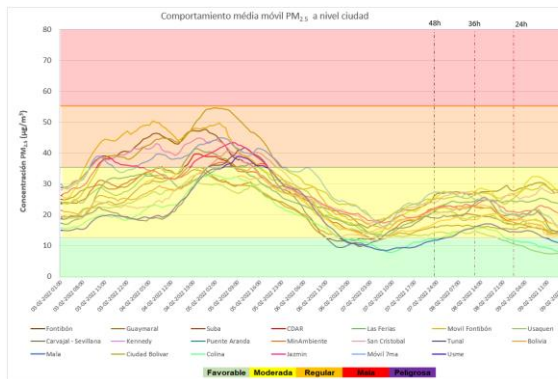



Figura 11-4 Concentraciones medias móvil 24h $PM_{2.5}$ 2 al 14 de febrero de 2022



Figura 11-5 Retrotraectorias para el 10 de febrero de 2022

Para la declaratoria de Alerta Fase 1 descrita previamente se definieron las siguientes medidas de mitigación de la contaminación atmosférica:

1. Intensificar las actividades de seguimiento y control en fuentes susceptibles de emitir material particulado, en particular en fuentes que operen con combustibles sólidos y líquidos.
2. Prohibir la realización de mantenimiento preventivo de los Sistemas de Control de Emisiones de las fuentes fijas ubicadas en establecimientos industriales, comerciales o de servicios.
3. Mantener el esquema de pico y placa extendido para vehículos particulares en el horario comprendido de lunes a viernes de 6:00 am a 21:00 horas.
4. Intensificar los operativos de seguimiento y control a las fuentes móviles que operan con combustible diésel.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Por parte de la Secretaría Distrital de Salud, las acciones que se desarrollaron estuvieron relacionadas con la divulgación de recomendaciones a la población, seguimiento de casos de enfermedades respiratorias, y enfocar las acciones de las Instituciones prestadoras de Salud a la atención de la población vulnerable.

11.1 EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - 5 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Durante el día 5 de septiembre, la RMCAB registró condición “mala” en la estación Carvajal - Sevillana, condiciones “regulares” en 10 estaciones y “moderadas” en las 7 estaciones restantes de sus 19 estaciones activas. Cabe mencionar que el fenómeno de aumento de concentraciones no se presenta como un comportamiento sectorizado, sino que las condiciones antes descritas se presentan en toda la ciudad, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

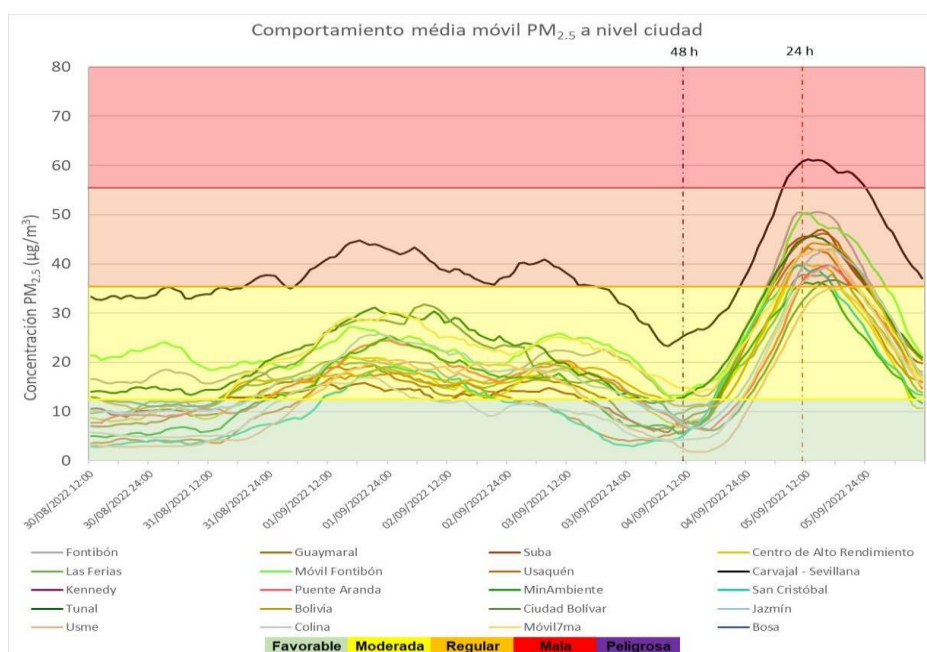



Figura 11-6 Comportamiento media móvil PM_{2.5} - 30 de agosto al 6 de septiembre 2022

El incremento acelerado y generalizado de las concentraciones de PM_{2.5} en todas las estaciones de la RMCAB que se aprecia en la gráfica anterior, es producto de un aumento significativo en las concentraciones horarias de material particulado durante el fin de semana, principalmente desde el domingo hacia el mediodía, debido a la influencia de fenómenos regionales, particularmente el aumento de incendios en Brasil.

A través del seguimiento de incendios que realiza el grupo de modelación atmosférica de la Secretaría de Distrital de Ambiente se logró establecer que, si bien en Colombia no se ha observado un aumento fuerte de puntos calientes debido a las lluvias por encima de lo normal registradas

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

especialmente en la Amazonía y Orinoquía, si se ha observado un gran aumento de puntos calientes en Brasil (Figura 11-7) medidos por VIIRS, lo cual es usual teniendo en cuenta que la temporada de incendios en dicho país comienza en agosto, pero no se vio la afectación en el país debido a que los vientos alisios del sureste estaban debilitados.

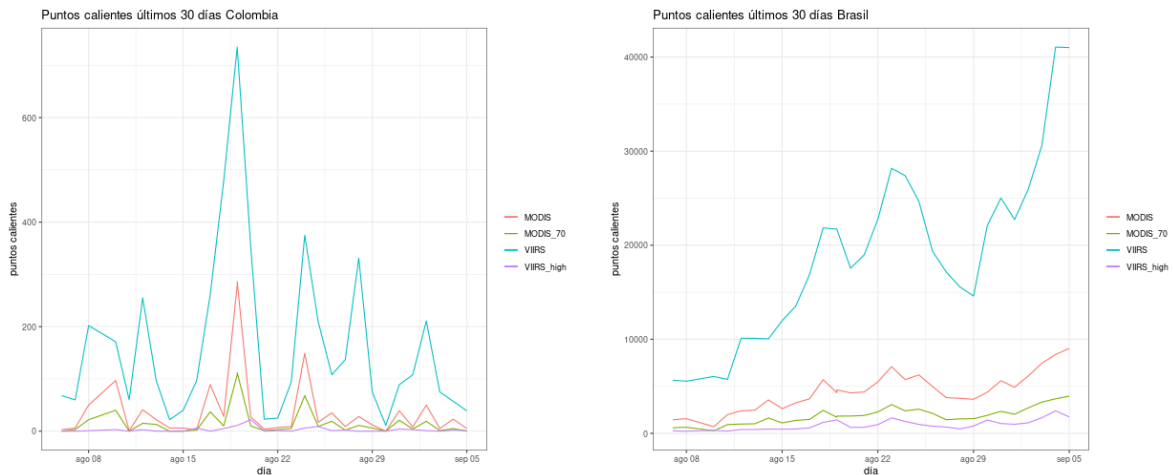


Figura 11-7 Seguimiento últimos 30 días de puntos calientes medidos por MODIS (total y 70% de confianza) y VIIRS (total y alta confianza) para Colombia y Brasil

11.2 EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA - 21 AL 23 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Desde el día 21 al 24 de septiembre la RMCAB, registró condiciones que oscilaban en el estado de calidad del aire “regular” y “mala” en la estación Carvajal - Sevillana y condición “regular” en las estaciones de Kennedy, Tunal, Ciudad Bolívar y Móvil 7ma y condiciones “moderadas” en las 14 estaciones restantes. Cabe mencionar que este aumento de concentraciones no se presenta como un comportamiento sectorizado, sino que las condiciones antes descritas se evidencian en toda la ciudad, como se puede observar en la siguiente gráfica:

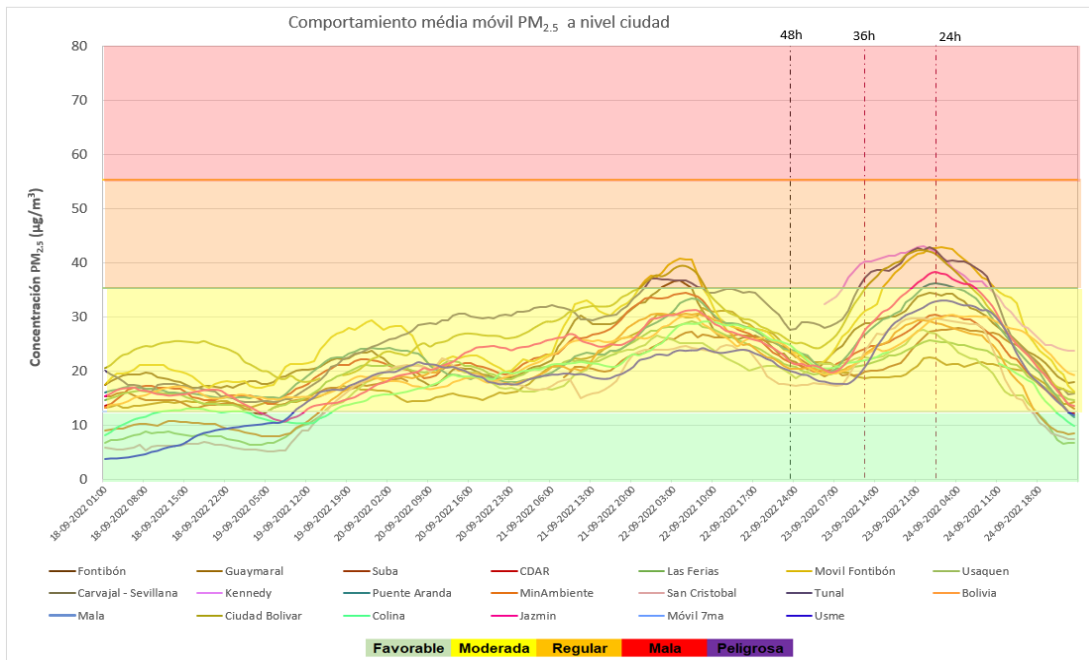
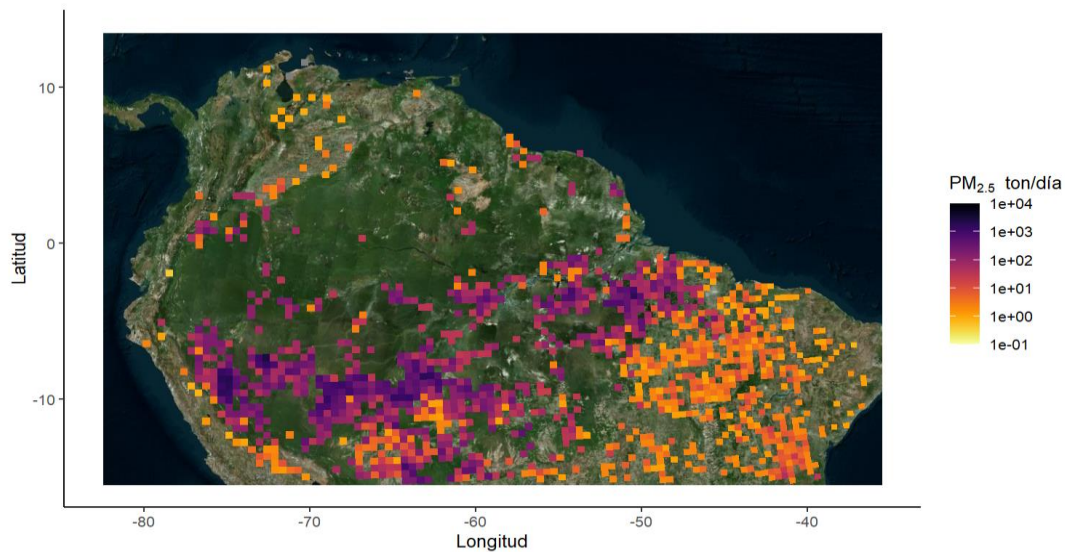


Figura 11-8 Comportamiento media móvil PM_{2.5} – 21 al 24 de septiembre 2022

Este estado es producto de un aumento significativo en las concentraciones horarias de material particulado, debido a las condiciones meteorológicas en las que predominó la baja velocidad del viento y la recirculación de contaminantes en la ciudad, afectando la dispersión de estos, los principales incrementos se registran en las estaciones de Carvajal - Sevillana, Kennedy, Móvil Fontibón, Fontibón, Ciudad Bolívar y CDAR y Móvil 7ma.

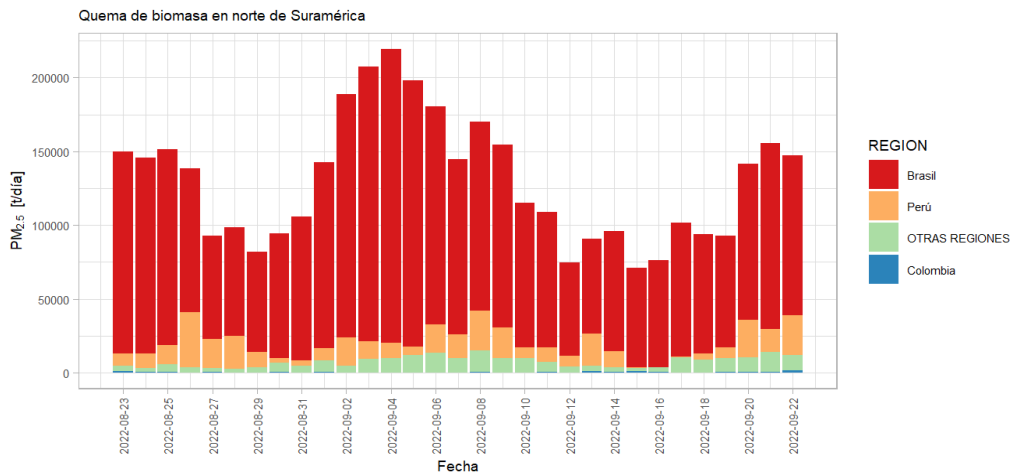
De acuerdo con el seguimiento realizado durante el mes de septiembre se evidenció un aumento de las emisiones de material particulado proveniente de la Amazonía Brasileira y Peruana, este comportamiento tuvo su primer pico de emisiones hacia el 4 de septiembre, fecha en la cual se detectó la primera afectación por estos incendios en la ciudad, posteriormente se registró un segundo incremento cuyo pico fue el 20 de septiembre e incrementos que aportaron a la calidad de aire regular durante el día sin carro.

En la Figura 11-9 se observan las emisiones de PM_{2.5} generadas por incendios forestales para el 22 de septiembre de 2022, en la cual cada pixel representa una extensión de 50 km x 50 km y las emisiones equivalentes de PM_{2.5} t/día, de acuerdo con esta información y según los órdenes de magnitud se evidencia un aporte significativo de emisiones producto de la quema de biomasa en el norte de Suramérica Figura 11-10.



(Adaptado de NCAR-ACOM por el Grupo de Modelación Atmosférica de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá)

Figura 11-9 Emisiones de PM_{2.5} generadas por incendios forestales – 22 septiembre de 2022



(Adaptado de NCAR-ACOM por el Grupo de Modelación Atmosférica de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá)

Figura 11-10 Serie temporal de emisiones de PM_{2.5} en el norte de Suramérica

11.3 EVENTO POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA – 24 AL 26 DE DICIEMBRE 2022

Durante los días 24 a 26 de diciembre la RMCAB, registró condición “regular” en las estaciones Carvajal – Sevillana, Kennedy, Tunal, Ciudad Bolívar y Móvil 7ma, y condiciones “moderadas” en las 14 estaciones restantes. Cabe mencionar que el fenómeno de aumento de concentraciones no se presentó como un comportamiento sectorizado, sino que las condiciones antes descritas se presentaron en toda la ciudad, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

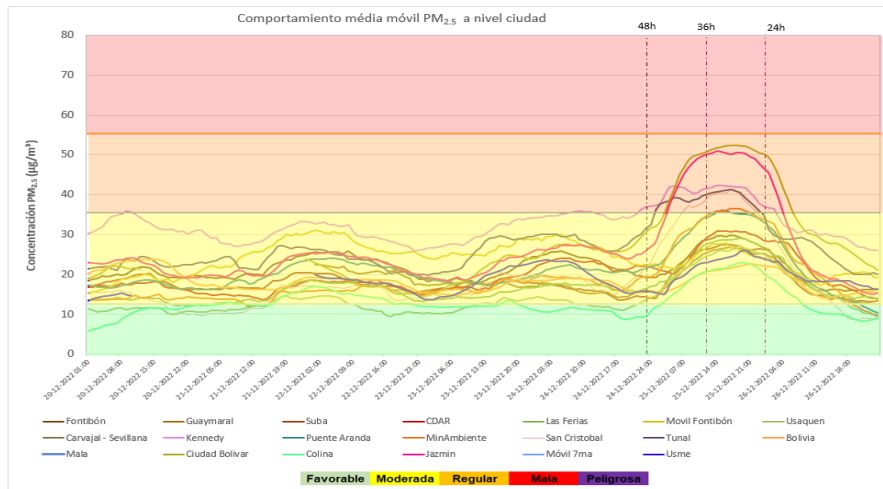


Figura 11-11 Comportamiento media móvil PM2.5 – 20 al 26 de diciembre 2022

11.4 SEGUIMIENTO REGIONAL DE CALIDAD DEL AIRE

Desde el 15 de diciembre se reactivaron los incendios en la Orinoquía y Amazonía, cuyo primer pico se evidenció los días 25 y 26 de diciembre, en donde las concentraciones de todas las estaciones tuvieron un comportamiento creciente y de acuerdo con los modelos de pronóstico este comportamiento tuvo un leve incremento. A partir del 26 de diciembre las concentraciones en las estaciones retornaron a condición “moderada” y “favorable” (Figura 11-12).

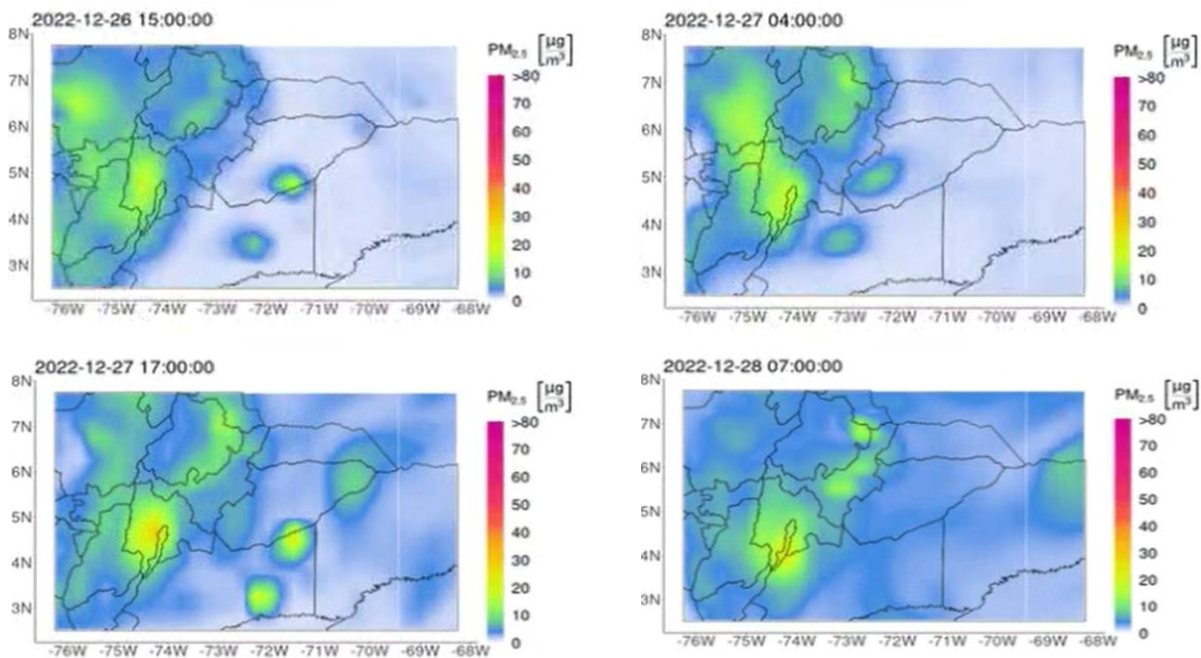



Figura 11-12 Concentraciones de PM2.5 estimadas por el modelo GEOS-CF de la NASA – 26 al 29 de diciembre de 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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.

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)⁶.


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 contaminación⁷.

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

⁶ Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

⁷ 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>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 contaminación⁸.

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 Ambiental⁹.

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 Figura 12-1 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.

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

⁸ 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>

⁹ 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/PoliticodeSaludambiental.aspx>


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red 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.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud tanto en los países desarrollados como en los países en vía de desarrollo. Se estima que la contaminación del aire causa 4.2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año tanto en zonas urbanas como rurales, dicha mortalidad se debe a partículas muy pequeñas de 2.5 micras de diámetro que pueden llegar a causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer¹⁰.

¹⁰ Organización Mundial de la Salud. Calidad del aire y Salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 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 pulmonar¹¹.

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 expuestas¹².

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 aumento¹³.

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 vida¹⁴.

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 PM_{10} 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 PM_{10} en los días precedentes. Un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años¹⁵.


¹¹ 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>

¹²Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Oyarzún G Manuel. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482010000100004

¹³ 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>

¹⁴ 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>

¹⁵ 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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En 2006, Arciniegas et al, realizaron un estudio en la localidad del Puente Aranda en Bogotá donde identificaron que un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de material particulado menor a 10 micrómetros PM_{10} ocasionaría un aumento del 4% en las consultas por ERA con un periodo de latencia de seis días en niños menores a 5 años¹⁶.

En el año 2007 Hernández et al, realizaron un estudio en el cual encontraron diferencias en el promedio de PM_{10} en el exterior de jardines más y menos expuestos a material particulado ($91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs. $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 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 expuestos¹⁷.

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 ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) y dióxido de nitrógeno (NO_2)¹⁸.

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 países¹⁹.


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,

¹⁶ 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

¹⁷ 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>

¹⁸ Félix-Arellano EE, Schilmann 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>

¹⁹ 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

que varios gobiernos están tomando medidas para mejorar la calidad del aire, pero la OMS pide que se intensifiquen rápidamente otras acciones²⁰.

12.2 VIGILANCIA EN SALUD

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.

12.2.1 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 años²¹.

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 hospitalización²².

²⁰ 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>

²¹ Enfermedad Respiratoria Aguda. Vigilancia en Salud Pública. Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Paginas/ENFERMEDADRESPIRATORIAAGUDA.aspx>

²² 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.>

En el año 2021 se presentaron nueve (9) muertes por IRA en menores de 5 años en Bogotá, cifra similar a la del año 2020; observándose una disminución de casos en el quinquenio analizado, los años 2018 y 2019 mostraron las tasas de mortalidad más altas con 3.3 y 3.8 por 100000 menores de 5 años, respecto al año 2020 no se presentó una variación porcentual de este evento (Figura 10-2).

Con respecto a la neumonía, en el año 2021 ocurrieron veintitrés (23) muertes observando un aumento porcentual del 43.5% comparado con el año 2020 donde se presentaron 13 muertes, teniendo en cuenta además que el promedio de la tasa de mortalidad por neumonía de los últimos 4 años fue de 6.0 por 100000 menores de 5 años, se observa para el año 2021 un incremento significativo.

La localidad que más registró defunciones en menores de 5 años por neumonía durante el año 2021 fue Ciudad Bolívar con 4 casos, lo que corresponde al 17.4%. Este incremento en las mortalidades posiblemente pueda deberse a medidas de normalidad por la pandemia COVID-19 Figura 12-2.

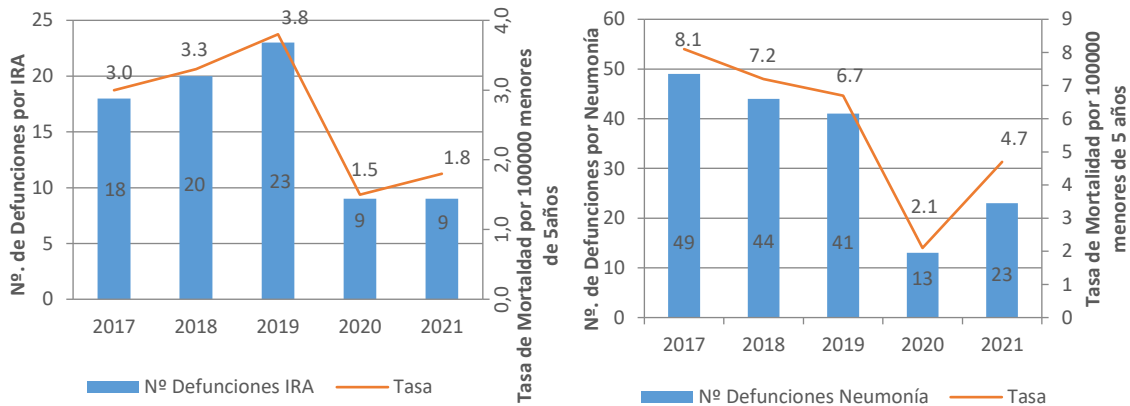


Figura 12-2 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2017 a 2021

En la Figura 12-3 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 tipo de Riesgo dado por el valor ACRE representados por los colores rojo y verde, identificándose que los casos se concentraron en las localidades de Ciudad Bolívar, Suba, Bosa y San Cristóbal.

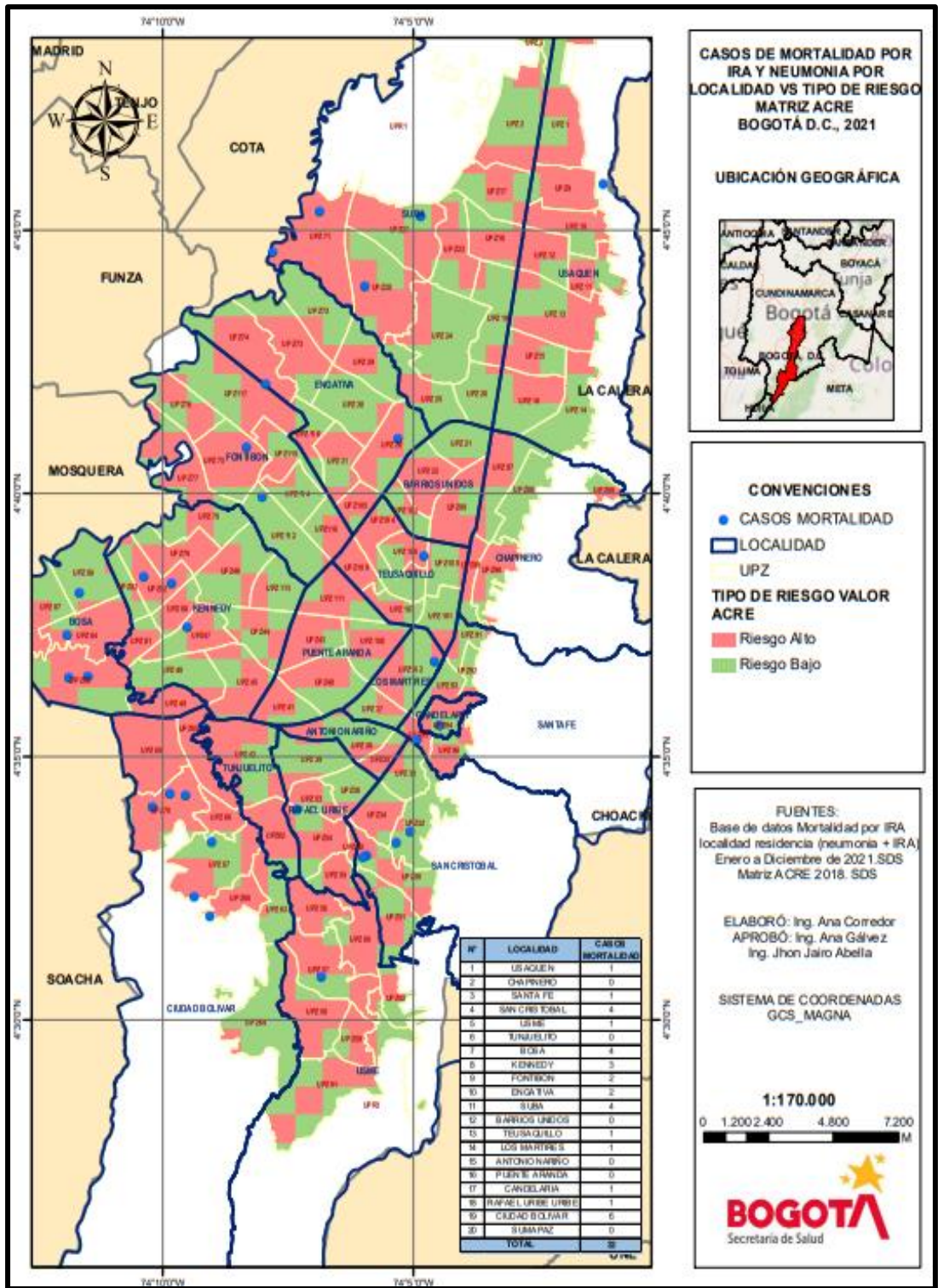



Figura 12-3 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE, 2021

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

12.2.2 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 neumonías²³. 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 aureus²⁴.

La Figura 12-4 muestra el comportamiento de la notificación por IRA (evento 995) en la población general y en menores de 5 años; durante el año 2022 en Bogotá se notificaron 2075169 casos de Infección Respiratoria Aguda en la población general, la mayor notificación de los 6 últimos años, y que comparado con el año inmediatamente anterior representó un aumento de 64,6%.

Por otra parte 519484 casos de esta población se presentaron en menores de 5 años lo que corresponde al 25.0%, aumentando en 125.0% con respecto al año 2021, este comportamiento puede relacionarse con diferentes aspectos, algunos mencionados en los resultados de las mortalidades ocurridas en los menores de 5 años, 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

²³ 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>

²⁴ 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

de coinfecciones 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 niñ²⁵.

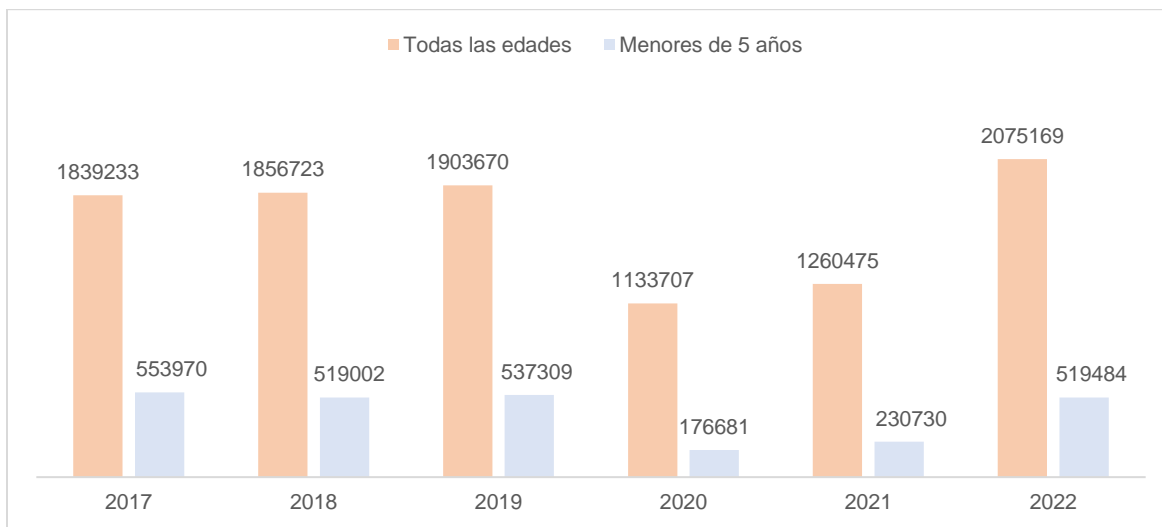



Figura 12-4 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2017 a 2022

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 horas²⁶.

En el año 2022 se atendieron 19876 casos en las salas ERA de Bogotá, con un incremento representativo correspondiente al 230% con respecto al año anterior, lo cual puede tener varios factores asociados, nombrados anteriormente, como la disminución de la inmunidad protectora y la reactivación de algunos virus, etc. Las semanas epidemiológicas de mayor reporte correspondieron a la 18, 19, 20 y 21 del mes de mayo, con 656, 658, 642 y 695 casos respectivamente. 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 5735

²⁵ Secretaría Distrital de Salud. Observatorio de Salud de Bogotá-SaluData. Disponible en: <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/>.

²⁶ Guía de promoción atención en enfermedad respiratoria aguda (ERA). Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Guia%20de%20Atenci%C3%B3n%20ERA.pdf>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

casos, lo que representó el 28.9% (n 5735 casos), seguido por Chapinero con el 15.1% (n 3010 casos). Los menores de 1 año representaron el 23.4 % de los casos.

En la Figura 12-5 se muestran las principales características de los menores atendidos en las Salas ERA, se puede observar que los niño(a)s de 1 año o menos y los de 2 años fueron los mayormente afectados; y en cuanto al sexo los niños; el diagnóstico más representativo correspondió a la bronquiolitis en 49.0% de los casos reportados.

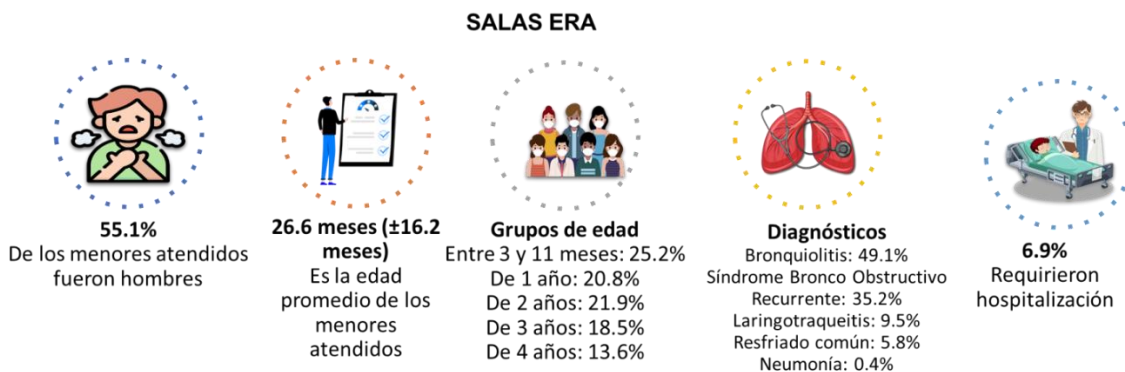


Figura 12-5 Principales características de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá – Año 2022

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 2022 se aplicaron 11528 encuestas de prevalencia de sintomatología respiratoria y cardiovascular a población vulnerable, de las cuales el 28.6% fueron aplicadas a menores de 5 años, 46.0% a niños de 5 a 14 años, y 25.4% a personas mayores de 60 años. En la población menor de 14 años se aplicaron 8600 encuestas, el 52.8% correspondió a hombres. En los adultos mayores predominaron las mujeres con el 65.2%.

Con relación a la distribución del estrato socioeconómico de la población encuestada predominó el estrato 2 en las tres poblaciones, seguido por el estrato socioeconómico 3, como se puede observar en la Figura 12-6.

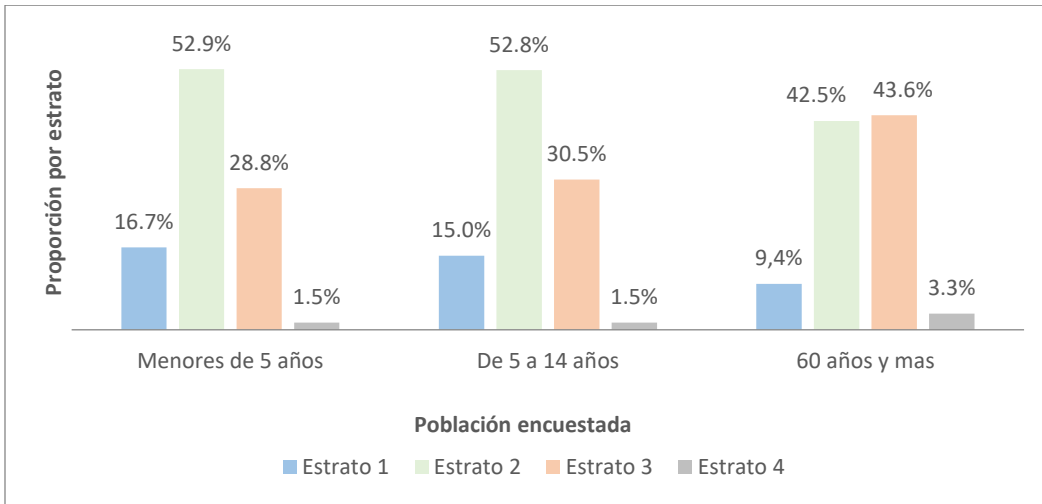


Figura 12-6 Distribución de los principales estratos socioeconómicos según grupos de población encuestada Bogotá – Año 2022

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 68.5%, seguido por el régimen subsidiado con predominio en los adultos mayores de 60 años con el 31.6%, como se observa en la Figura 12-7.

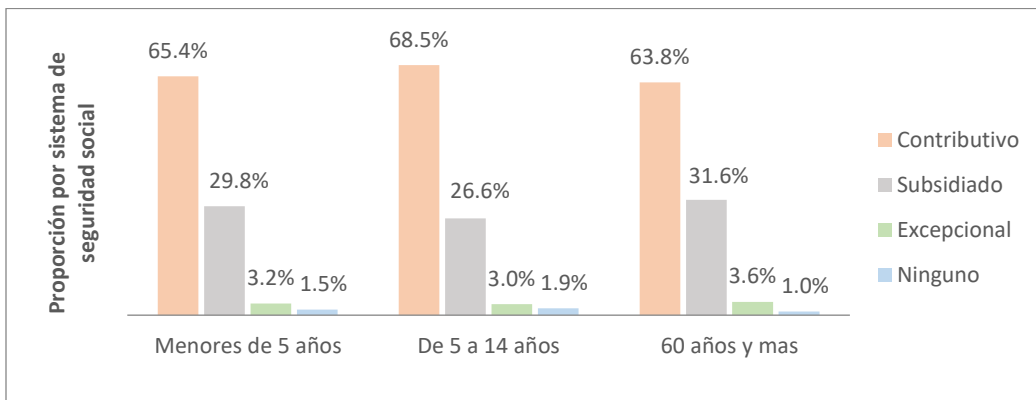



Figura 12-7 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá – Año 2022

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 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 16.7%, con la mayor prevalencia en la población menor de 5 años (24.7%). Por su parte, “tos seca sin gripa en el último

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

año” fue mayor en los niños de 5 a 14 años (16.4%). La proporción de los demás síntomas como sibilancias en el último año, despertar por tos, así como el ausentismo escolar y ausentismo laboral fueron mayores en los menores de 5 años. Es de mencionar que, en comparación con el año anterior, todos estos síntomas presentaron un aumento representativo para el 2022, comportamiento que puede estar asociado a la postpandemia, que, con lo mencionado al inicio de este capítulo, como la reducción de la inmunidad y la reactivación de virus, entre otros factores, pueden incrementar la morbilidad respiratoria.

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

Síntomas	Menores de 5 años		Niños de 5 a 14 años		Total, menores de 14 años	
	(n=3295)		(n= 5305)		(n=8600)	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sibilancia en el último año	274	8.3	124	2.4	398	4.6
Tos seca sin gripa en el último año	296	9.0	872	16.4	1168	13.6
*Síntomas sin gripa en el último año	815	24.7	625	11.8	1440	16.7
Despertar por tos en el último mes	238	7.2	190	3.6	428	5.0
**Ausentismo escolar	210	15.7	442	8.5	652	7.6
***Ausentismo laboral	177	5.4	198	3.7	375	4.4


* 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 3.7% (107/2928) y el indicador de impacto despertar por tos fue de 3.8% (112/2928); los cuales también presentaron un aumento para el 2022 en comparación con el año anterior.

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, entendiendo 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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 recuperable²⁷.

La Figura 12-8 presenta la prevalencia por exposición al humo de tabaco, encontrando que el 2.2% de los menores de 14 años se encuentran expuestos al tabaquismo pasivo en sus hogares disminuyendo con respecto al año anterior (4.4%), sin embargo, el tabaquismo en el hogar, es decir, que alguna persona que vive o está en contacto con el menor fume, si aumentó pasando del 20.7% en el año 2021 al 21.0% en el 2022.

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 escolares²⁸.

El 0.9% 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 temprana²⁹.

En los adultos mayores se obtuvo una prevalencia de tabaquismo pesado (consumo de más de 10 paquetes de cigarrillos diarios) de 15.6%, problemática que aumentó respecto al año anterior cuya prevalencia fue del 12.8%; 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 encuestado en ruido, como también puede observarse en la Figura 12-8.

En el caso de Colombia durante los últimos 6 años el país pasó de 12.9% del consumo al 9.8%, anualmente mueren 34800 personas por enfermedades atribuibles al consumo de tabaco³⁰. Las enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco representan un costo directo anual al sistema

²⁷ 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-decido-dejar-de-fumar.aspx#:~:text=Comunicaciones-,%E2%80%9CAUTOCUIDATE%E2%80%9D%20la%20App%20de%20MinSalud%20para%20las%20personas%20que,hac%20decidido%20dejar%20de%20fumar&text=%E2%80%8BEn%20la%20aplicaci%C3%B3n%20los,motivaci%C3%B3n%20para%20dejar%20de%20consumir>

²⁸ Tabaquismo pasivo en el niño. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1245178914672723>

²⁹ Efectos fetales y posnatales del tabaquismo durante el embarazo. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000200068

³⁰ Colombia mantiene tendencia a la baja en consumo de tabaco. Minsalud. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-mantiene-tendencia-a-la-baja-en-consumo-de-tabaco.aspx>

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 gasto³¹.

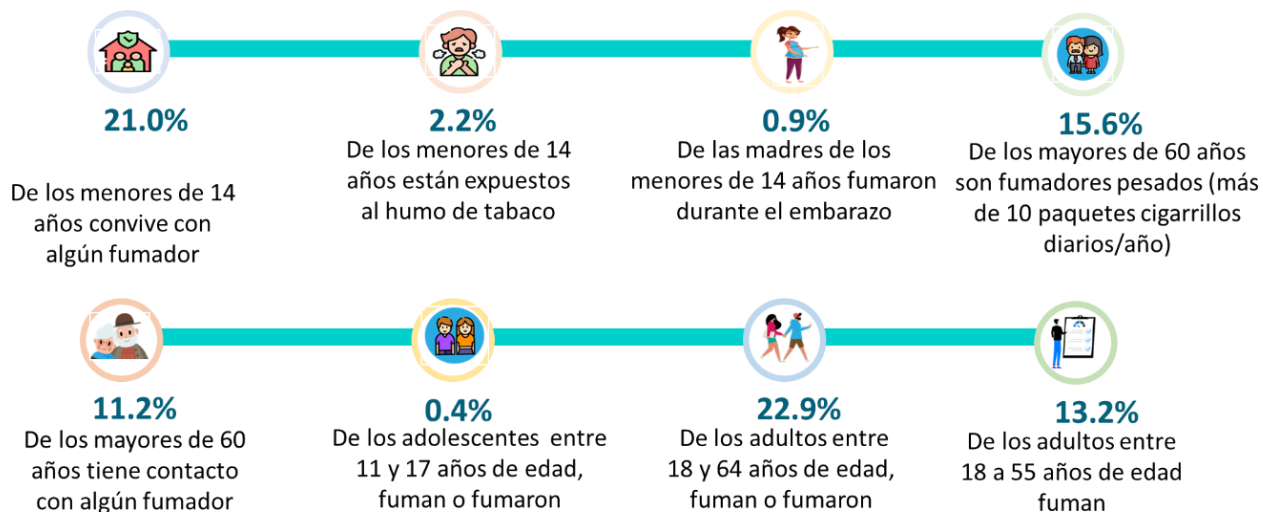


Figura 12-8 Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años

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. Ver Tabla 12-3.

La presencia de *sibilancias en el último año* se relacionó, principalmente con diagnóstico de desnutrición en el menor, con residir en vivienda con cocina compartida y con vivir con alguna persona que está en contacto con otros niños o pacientes en el trabajo. Lo cual indica que los niños/as expuestos a estos factores tienen una mayor prevalencia o proporción de presentar *sibilancias* con respecto a los niños que no tienen estos factores de riesgo.

Síntomas sin gripa es la variable que presentó asociación con condiciones extramurales como residir cerca de tráfico pesado y a vías/edificaciones en construcción. A nivel intramural con residir en vivienda cuya cocina no está ventilada, con madre que fumó durante los dos primeros años de vida del menor y con la presencia de humedad en la habitación del menor; estas son algunas de las exposiciones que cuando están presentes puede generar una mayor probabilidad de este síntoma.

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 la gestación del


³¹ 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 monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

menor, presencia de roedores en la vivienda, vivir con alguna persona que está en contacto con otros niños o pacientes en el trabajo y alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria. *Despertarse por tos en el último mes*, estuvo asociado principalmente con residir en una vivienda cuya cocina no está ventilada y con madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor.

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


Menores de 5 años			
Sibilancias en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de desnutrición	1.75	1.36-2.24	0.010
Cocina compartida	1.71	1.35-2.17	0.006
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
Contacto con fumadores los dos primeros años de vida madre del niño(a) estuvo en contacto con personas que fumaban o usaban dispositivos *SEAN, SSSN o PTC a su alrededor mientras estaba en gestación de este niño(a)	1.31	1.05-1.62	0.029
Ingresos (No alcanzan para cubrir los gastos del hogar)	1.31	1.07-1.62	0.019
Madre del menor presentó algún antecedente durante el embarazo	1.28	1.06-1.54	0.017
Madre del menor presentó algún antecedente durante el embarazo	1.23	1.02-1.48	0.053
Tos en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Madre fumó durante la gestación	2.74	1.48-5.06	0.002
Roedores en la vivienda	2.56	1.68-3.91	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.52	1.87-3.40	0.000
Alguna persona que convive con el menor tiene contacto con sustancias tóxicas en el trabajo	2.44	1.58-3.78	0.000
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	2.38	1.88-3.03	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.37	1.31-4.28	0.006
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	2.17	1.64-2.86	0.000
Diagnóstico de desnutrición	1.91	1.15-3.18	0.014
Tabaquismo pasivo	1.91	1.03-3.54	0.042
Cucarachas en la vivienda	1.91	1.97-3.13	0.011
Contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.84	1.37-2.47	0.000
Madre del menor presentó algún antecedente durante el embarazo	1.61	1.26-2.05	0.000
Secado de la ropa intradomiciliario	1.60	1.28-2.00	0.000
Humedad en la vivienda	1.56	1.24-1.97	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

El niño (a) duerme con alguna persona en la misma cama	1.52	1.17-1.99	0.001
Síntomas sin gripa en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Cocina no ventilada	1.74	1.29-2.34	0.001
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	1.61	1.10-2.34	0.024
Humedad en la habitación del menor	1.52	1.19-1.93	0.001
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.43	1.16-1.75	0.001
Cucarachas en la vivienda	1.42	1.05-1.92	0.030
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	1.40	1.21-1.63	0.000
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1.27	1.05-1.53	0.013
Menor en contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.27	1.06-1.53	0.012
Madre del menor presentó algún antecedente durante el embarazo	1.23	1.10-1.46	0.001
Tráfico pesado	1.20	1.06-1.36	0.004
Vías en construcción o no pavimentadas	1.20	1.07-1.38	0.003
Alguna persona que vive o está en contacto con el niño/a fuma	1.20	1.04-1.37	0.011
Despertarse por tos en la noche en el último mes			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Cocina no ventilada	3.31	2.05-5.33	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.97	1.64-5.38	0.003
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	2.94	2.27-3.80	0.000
Diagnóstico de desnutrición	2.81	1.75-4.50	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.26	1.59-3.23	0.000
Alguna persona que convive con el menor tiene contacto con sustancias tóxicas en el trabajo	2.13	1.24-3.64	0.007
Permanecen ventanas cerradas	1.79	1.39-2.31	0.000
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1.73	1.23-2.44	0.002
Secado de ropa intradomiciliario	1.57	1.22-2.02	0.000
Tabaquismo pasivo	1.56	1.04-2.34	0.04
Madre del menor presentó algún antecedente durante el embarazo	1.51	1.14-2.00	0.004
Humedad en la vivienda	1.32	1.00-1.74	0.044

RP: Razón de Prevalencia

* SEAN (Sistemas Electrónicos de Administración de Nicotina), SSSN (Sistemas Electrónicos sin Suministro de Nicotina) o PTC (Productos de Tabaco calentados).

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8


Niños de 5 a 14 años

En este grupo de edad mediante el análisis bivariado realizado se identificó que los factores extramurales como tráfico y edificaciones/vías en construcción pueden representar un factor de riesgo para la presencia de algunos de los síntomas analizados y mencionados en la Tabla 12-4, especialmente en lo relacionado con presentar síntomas sin gripa en el último año.

Además, variables como las condiciones habitacionales, especialmente de la cocina, pueden llevar a la presencia de estos síntomas, como también padres que hayan sido diagnosticados con alguna enfermedad respiratoria. Es importante además considerar otras problemáticas que pueden llevar a mayores prevalencias en los menores de este grupo, como la exposición al tabaquismo y la humedad en la vivienda. 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
Ventilación de la cocina	2.51	1.43-4.41	0.010
Diagnóstico de desnutrición	2.51	1.43-4.41	0.010
Roedores	2.18	1.17-4.05	0.034
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	2.06	1.49-2.84	0.000
Diagnóstico de obesidad	1.91	1.05-3.49	0.059
Permanecen cerradas las ventanas de la vivienda	1.72	1.22-2.41	0.002
Ingresos (No alcanzan para cubrir los gastos del hogar)	1.69	1.19-2.38	0.003
Bajo peso al nacer	1.64	1.13-2.40	0.011
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1.62	1.12-2.34	0.012
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.58	1.00-2.49	0.057
Tos en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Baños de la vivienda no aislados	2.54	1.79-3.61	0.000
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	2.09	1.82-2.39	0.000
cucarachas	2.07	1.57-2.74	0.000
Cocina sin ventilación	1.79	1.31-2.47	0.001
roedores	1.67	1.26-2.21	0.001
Diagnóstico de desnutrición	1.53	1.06-2.21	0.029
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1.53	1.28-1.84	0.000
Alguna persona que convive con el menor tiene contacto con sustancias tóxicas en el trabajo	1.50	1.05-2.13	0.030
Alguna persona que convive con el menor tiene contacto con otros niño/as y/o pacientes en el trabajo	1.42	1.24-1.88	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

No recibir lactancia materna exclusiva	1.40	1.16-1.69	0.001
Humedad habitación del menor	1.40	1.09-1.80	0.007
Material paredes*	1.38	1.10-1.72	0.005
Bajo peso al nacer	1.32	1.12-1.56	0.001
Edificaciones/vías en construcción	1.23	1.07-1.41	0.002
Síntomas sin gripa en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Vivir cerca de algún establecimiento que puedan generar contaminación	1.10	1.02-1.18	0.004
Vivir cerca de tráfico pesado	1.08	1.01-1.16	0.007
Despertarse por tos en la noche en el último mes			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Cocina no ventilada	3.33	1.87-5.92	0.001
Diagnóstico de obesidad	3.31	1.94-5.63	0.000
Alguno de los padres del menor diagnosticado con enfermedad respiratoria	2.83	2.08-3.84	0.000
Diagnóstico de desnutrición	2.60	1.32-5.11	0.013
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.38	1.57-3.59	0.000
Mascotas duermen en la habitación del menor	2.13	1.13-4.02	0.030
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1.73	1.14-2.63	0.009
Bajo peso al nacer	1.62	1.12-2.33	0.010
Menor duerme con otra persona en la misma cama	1.61	1.13-2.28	0.007
Humedad en la vivienda	1.41	1.03-1.93	0.029
Secado de ropa intradomiciliario	1.34	1.01-1.77	0.039

RP: Razón de Prevalencia

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

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.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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
Contacto con fumadores presente	1.79	1.21-2.64	0.005
Tos			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Tabaquismo pesado*	1.80	1.37-2.38	0.000
Contacto con fumadores en el pasado	1.49	1.23-1.80	0.000
Exposición a polvo, gases, humo, vapores en el tiempo laborado	1.40	1.16-1.71	0.000
Dificultad respiratoria			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Tabaquismo pesado*	1.41	1.13-1.75	0.002
Contacto con fumadores en el pasado	1.33	1.14-1.54	0.000
Contacto con fumadores en el presente	1.33	1.09-1.63	0.006
Combustible carbón para cocinar	1.24	1.03-1.48	0.020
Combustible leña para cocinar	1.23	1.03-1.46	0.017
Exposición a polvo, gases, humo, vapores en el tiempo laborado	1.20	1.03-1.39	0.013


*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.

12.3 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.

12.3.1 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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

de morbilidad o de mortalidad en la población expuesta³², 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 2022, se contó con 19 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 2022

Con respecto a la concentración de PM₁₀, las estaciones con mayores concentraciones durante 2022, fueron Carvajal - Sevillana con 75 µg/m³, Móvil Fontibón 55 µg/m³ y Kennedy 45 µg/m³, donde se observa que las estaciones Carvajal y Móvil Fontibón, superaron 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 8 de las 19 estaciones registraron un promedio igual o inferior a 30 µg/m³. Ver 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 µg/m³.

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

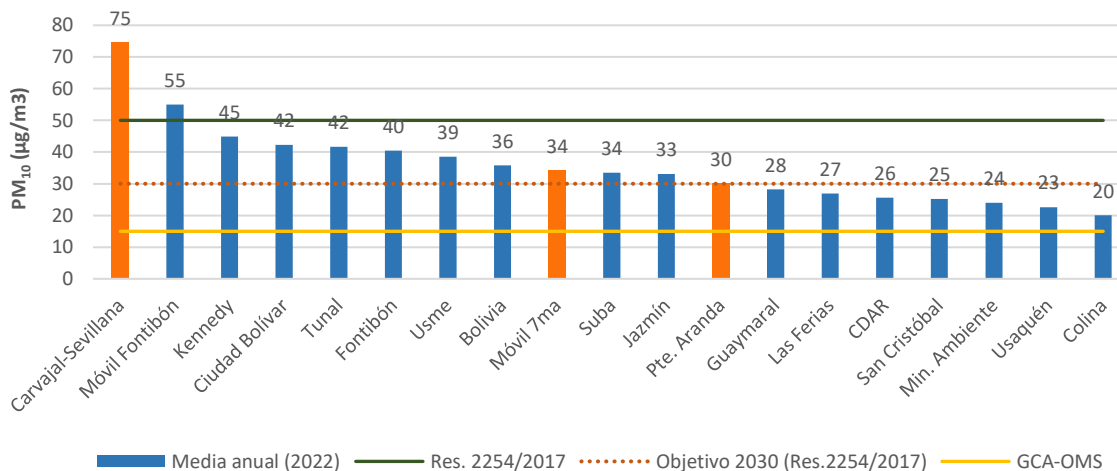



Figura 12-9 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM₁₀, para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en color naranja, no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual

Al revisar el promedio de 24 horas, la Guía-OMS recomienda una concentración media de 45 µg/m³, se observa que, durante el año 2022, se presentaron 1270 excedencias en las 19 estaciones, principalmente en las estaciones al sur y occidente de la ciudad; las estaciones que registraron el

³² 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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

mayor porcentaje de excedencias fueron Móvil Fontibón (17.4%) y Kennedy (11.7%), Ciudad Bolívar (10.7%), Tunal (10.7%) y Fontibón (10.1%), como se muestra en la Figura 12-10.

Cabe mencionar que la estación Carvajal - Sevillana, solo reportó información entre mayo y agosto, la estación Puente Aranda no contó con reportes en los meses de enero, y entre junio a septiembre y la estación Móvil 7ma no reportó datos entre octubre a diciembre.

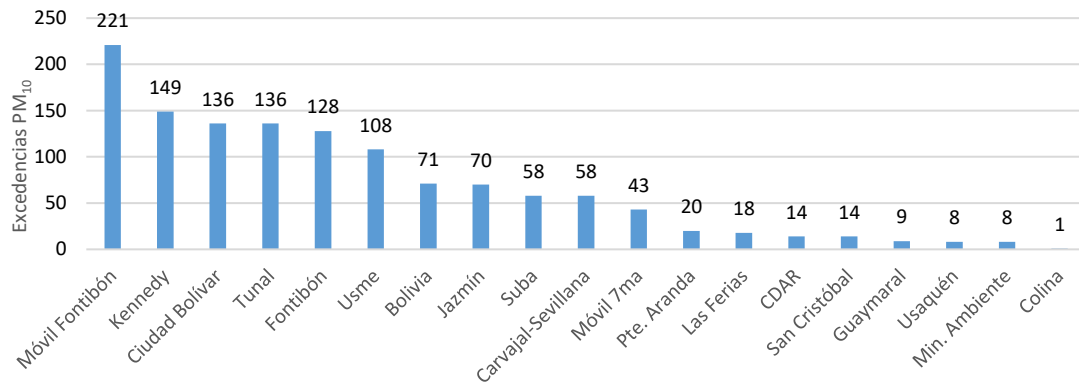


Figura 12-10 Excedencias de concentraciones de PM₁₀, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB – Año 2022

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

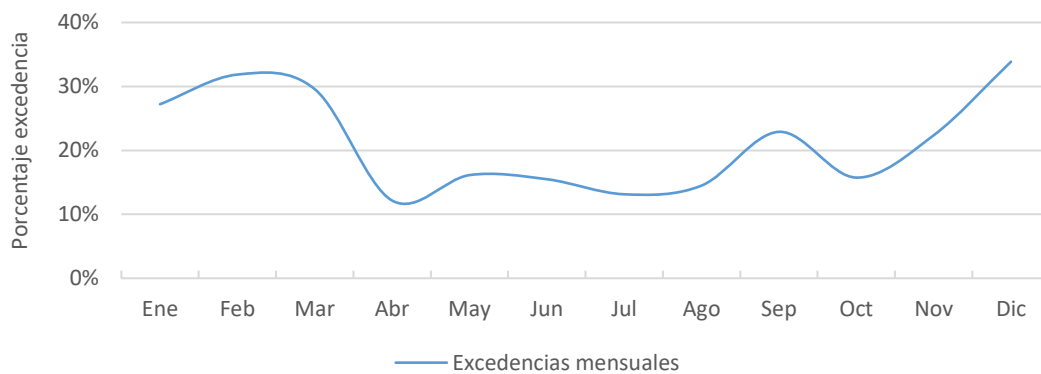


Figura 12-11 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM₁₀, en Bogotá – Año 2022

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 84.2% de las estaciones cumplieron, respecto al OI-3 el 52.6% de las estaciones cumplieron, y respecto al objetivo 4, solo la estación Colina cumplió, es decir 5.3% de las estaciones de la red, finalmente respecto al valor Guía-OMS ninguna estación se encuentra por debajo de dicho valor recomendado, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias fueron Carvajal-Sevillana y Móvil Fontibón.



	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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 – Año 2022

PM ₁₀ EXCEDENCIAS OMS 2022	% CON RESPECTO AL OI-1 150µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI-2 100µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI-3 75µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI-4 50µg/m ³	% CON RESPECTO A LA GUIA OMS 45µg/m ³
Guaymaral	0%	0%	0%	0.8%	1.7%
Usaquén	0%	0%	0%	1.2%	2.4%
Móvil 7ma	0%	0%	0%	12.0%	19.1%
CDAR	0%	0%	0%	1.7%	3.9%
Las Ferias	0%	0%	0%	2.3%	5.2%
Colina	0%	0%	0%	0%	0.3%
Suba	0%	0%	0.3%	12.2%	17.3%
Bolivia	0%	0%	0.3%	16.3%	22.3%
Móvil Fontibón	0%	0.9%	16.8%	58.4%	67.6%
Fontibón	0%	0%	1.4%	24.0%	35.7%
Kennedy	0%	0%	3.1%	35.0%	46.1%
Carvajal - Sevillana	0%	7.9%	55.6%	87.3%	92.1%
Ciudad Bolívar	0%	0.3%	5.2%	32.0%	39.5%
Puente Aranda	0%	0%	0%	6.5%	10.8%
Jazmín	0%	0%	0%	13.2%	20.1%
Tunal	0%	0%	1.7%	30.7%	39.0%
Usme	0%	0%	1.4%	21.2%	30.9%
MinAmbiente	0%	0%	0%	0.3%	2.4%
San Cristóbal	0%	0%	0%	1.1%	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 2021 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.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

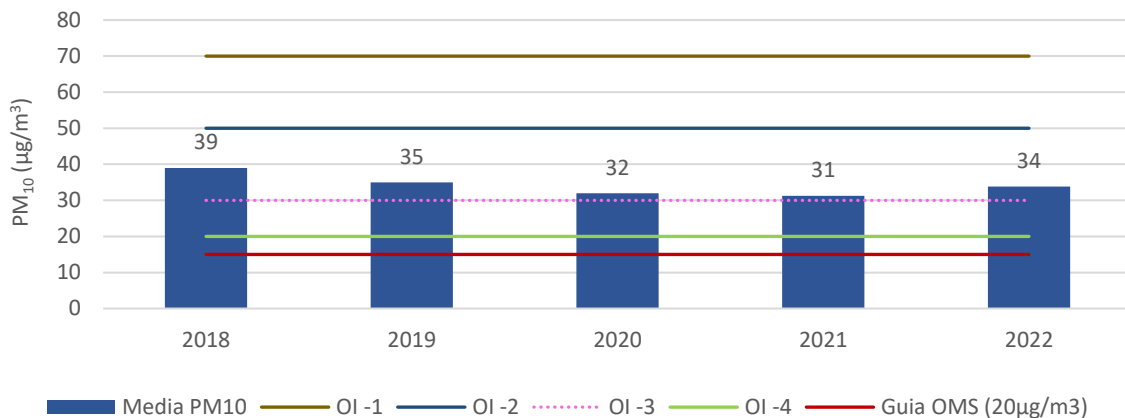


Figura 12-12 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS, para exposición anual, de PM₁₀ Bogotá – Años 2018-2022

En la Figura 12-13 se muestra el porcentaje de excedencias mensuales, de los últimos 5 años, donde se puede observar que el año 2018, 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 2022 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 otros años.

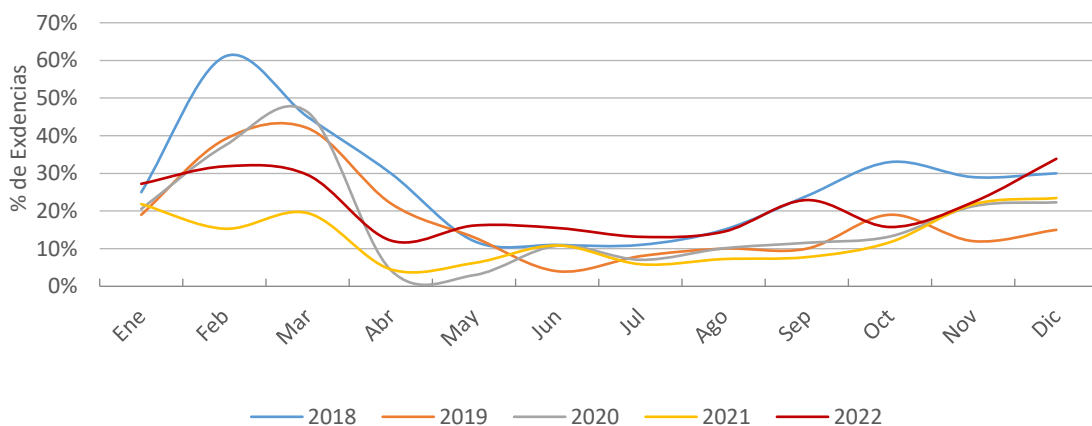



Figura 12-13 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá - Años 2018-2022

Material Particulado PM_{2.5}

En la Figura 12-4 , se presenta el promedio de concentración anual de las estaciones de la RMCAB durante el año 2022, donde se observa que las estaciones con mayores concentraciones fueron Carvajal-Sevillana, Móvil Fontibón y Kennedy, principalmente las estaciones al sur y occidente de la

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

ciudad; ahora bien, al comparar con el valor permisible de la Resolución 2254 de 2017 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), solo la estación Carvajal-Sevillana, superó dicho valor; por otra parte, se observa que, siete (7) 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. Cabe mencionar que la Carvajal-Sevilla y Móvil 7ma no contaron con la representatividad del 75% para promedio anual.

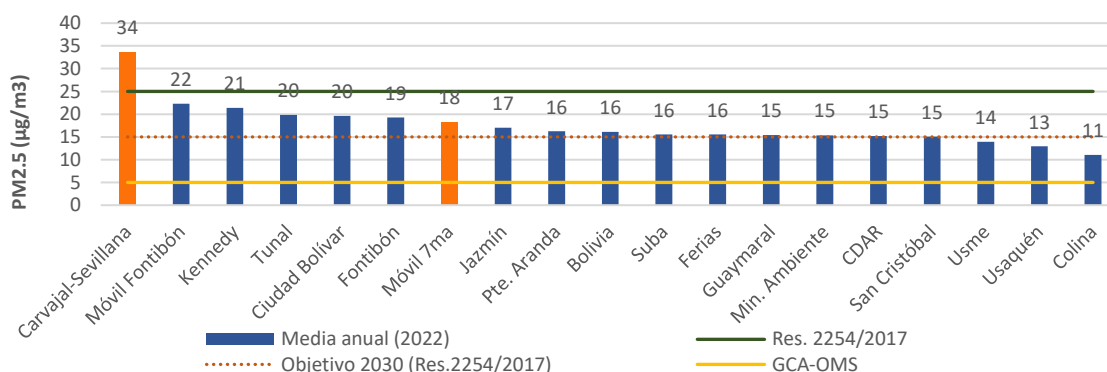


Figura 12-14 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de $\text{PM}_{2.5}$ para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en anaranjado no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual.

En la Figura 12-15 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 2022 ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$); al comparar con los objetivos intermedios de la OMS, se observa que las concentraciones han cumplido con el objetivo 1 y 2, no obstante respecto a los objetivos 3 y 4, como con el valor Guía-OMS, no se han cumplido dichos valores recomendados.

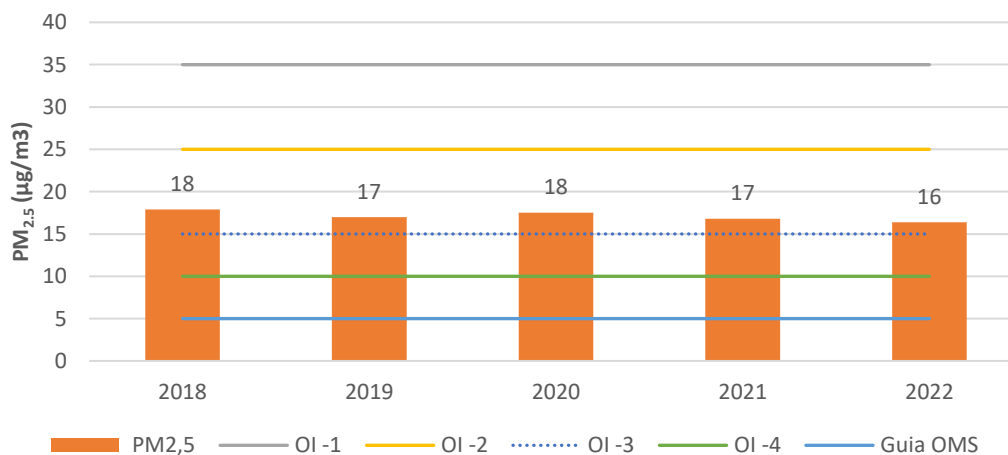



Figura 12-15 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS para exposición anual, para material particulado $\text{PM}_{2.5}$ Bogotá – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

La Figura 12-16 presenta las excedencias para concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, presentadas durante el año 2022, y teniendo en cuenta el valor recomendado de la Guía-OMS de $15 \mu g/m^3$, se observa que, se presentaron 3436 excedencias en las 19 estaciones, principalmente en las estaciones al sur y occidente de la ciudad; las estaciones que registraron el mayor porcentaje de excedencias fueron Móvil Fontibón (8.8%), Tunal (7.2%) y Fontibón (7.2%), Kennedy (7.0%), y Ciudad Bolívar (7.0%).

Cabe mencionar que la estación Carvajal-Sevillana, reportó información solo entre mayo y agosto, así como la estación Móvil 7ma, no reportó datos entre octubre y diciembre.

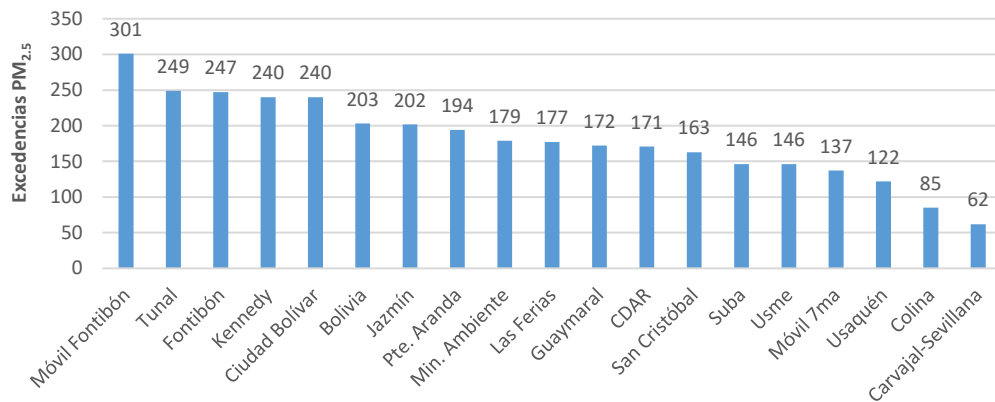


Figura 12-16 Excedencias de $PM_{2.5}$, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB Año - 2022

Además, al revisar el comportamiento mensual, se puede observar en la Figura 12-17 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.

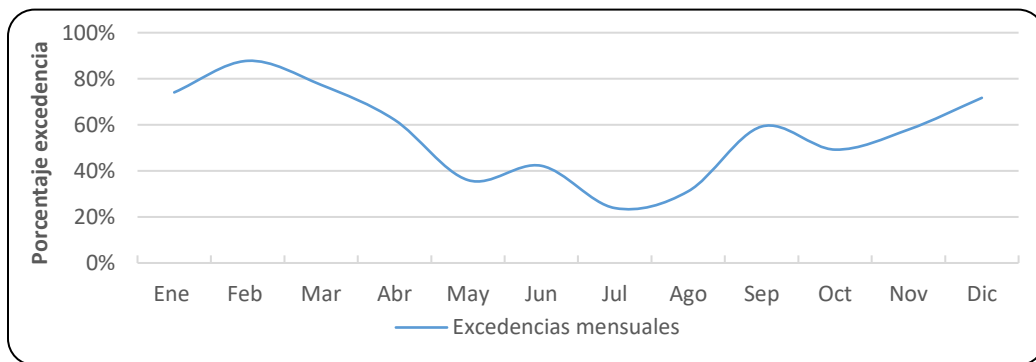



Figura 12-17 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de $PM_{2.5}$, en Bogotá - Año 2022

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 94,7% de las estaciones cumplieron con el objetivo, respecto al OI-3 el 36,8% de las estaciones cumplieron con el objetivo, y respecto al objetivo 4, ninguna de las estaciones cumplió dicho objetivo, así como con


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

el valor Guía-OMS, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias se encuentran Carvajal-Sevillana, Móvil Fontibón y Kennedy.

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 – Año 2022

PM₁₀ EXCEDENCIAS OMS AÑO 2021	% CON RESPECTO AL OI-1 75µg/m³	% CON RESPECTO AL OI-2 50µg/m³	% CON RESPECTO AL OI-3 37,5µg/m³	% CON RESPECTO A LA GUÍA OMS 25µg/m³
Guaymaral	0%	0%	0%	6.5%
Usaquén	0%	0%	0%	4.0%
Móvil 7ma	0%	0%	0.5%	21.4%
CDAR	0%	0%	0.3%	7.9%
Ferías	0%	0%	0.3%	8.2%
Colina	0%	0%	0%	0.6%
Suba	0%	0%	0%	7.0%
Bolivia	0%	0%	0%	7.5%
Móvil Fontibón	0%	0%	3.7%	34.1%
Fontibón	0%	0%	0.6%	23.6%
Kennedy	0%	0%	3.1%	30.9%
Carvajal	0%	0%	30.6%	90.3%
Ciudad Bolívar	0%	0,6%	3.9%	24.4%
Pte. Aranda	0%	0%	0.3%	11.7%
Jazmín	0%	0%	1.4%	15.9%
Tunal	0%	0%	1.1%	22.9%
Usme	0%	0%	0.9%	10.6%
Min. Ambiente	0%	0%	0%	9.0%
San Cristóbal	0%	0%	0%	10.7%

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, septiembre y diciembre, mientras que entre mayo y julio presentan menos excedencias.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

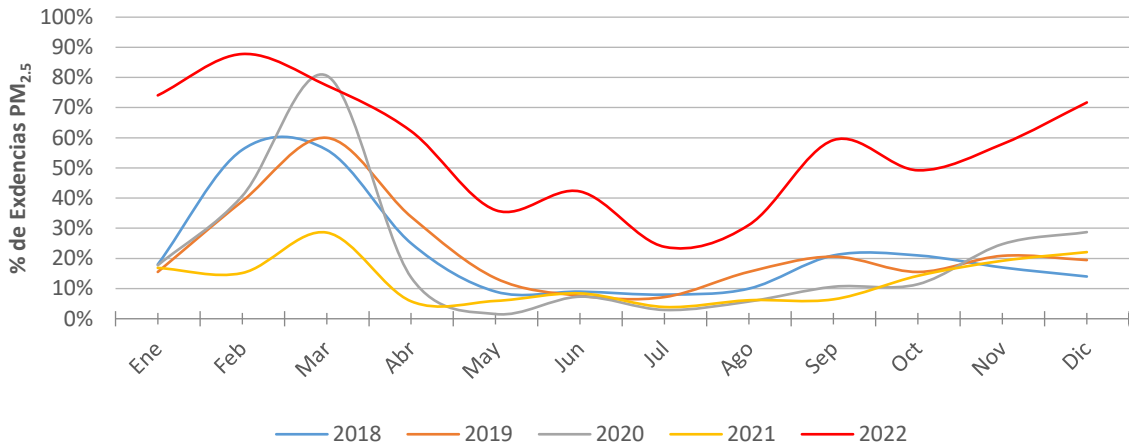


Figura 12-18 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM_{2.5} respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2018-2022

12.3.2 ATENCIÓN Y GESTIÓN DE QUEJAS POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Como proceso transversal a la vigilancia ambiental, desde la línea de aire, ruido y radiación electromagnética, se realiza la atención y gestión de quejas y solicitudes, presentadas por la comunidad, relacionadas con la contaminación del aire, olores ofensivos o humo de tabaco, haciendo un reconocimiento a la posible fuente generadora e indagando sobre las posibles causas y efectos en la salud de las personas expuestas, mediante la aplicación de la encuesta de percepción.

La Figura 12-19 muestra el número de quejas, interpuesta por la comunidad para el año 2021 y 2022, donde se observa un incremento del 38%, frente al año 2021, observando mayor diferencia en las quejas por olores ofensivos como en las quejas por humo de tabaco.

Durante el año 2022, se presentaron 287 quejas, de las cuales el 64.8% correspondieron a quejas por olores ofensivos, 22% a quejas por contaminación del aire y 13.2% a quejas por exposición al humo de tabaco.

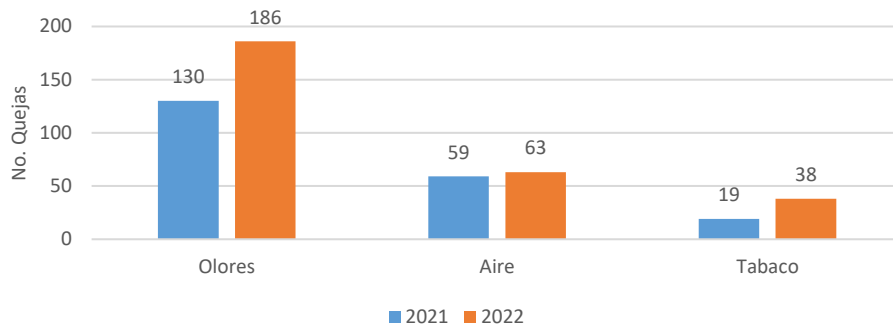


Figura 12-19 Quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco, Bogotá Años 2021-2022

En la Figura 12-20 se presentan el número de quejas atendidas por las Subredes Integradas de Servicios de Salud, de las cuales la Subred Norte presentó el 40.4% de las quejas presentadas, seguido por la Subred Sur Occidente (34.8%), la Subred Sur (15.0%) y la Subred Centro Oriente (9.8%).

Así las cosas, las localidades que más reportaron quejas fueron Kennedy (12.9%), Bosa (9.4%), Engativá y Suba (9.1%) cada una, y Puente Aranda 7.3%, mientras que las localidades que presentaron menos quejas fueron Santa fe, Los Mártires, Rafael Uribe Uribe con 1.7% cada una y Antonio Nariño 1.4%, por el contrario, en la localidad de la Candelaria no se presentaron quejas.

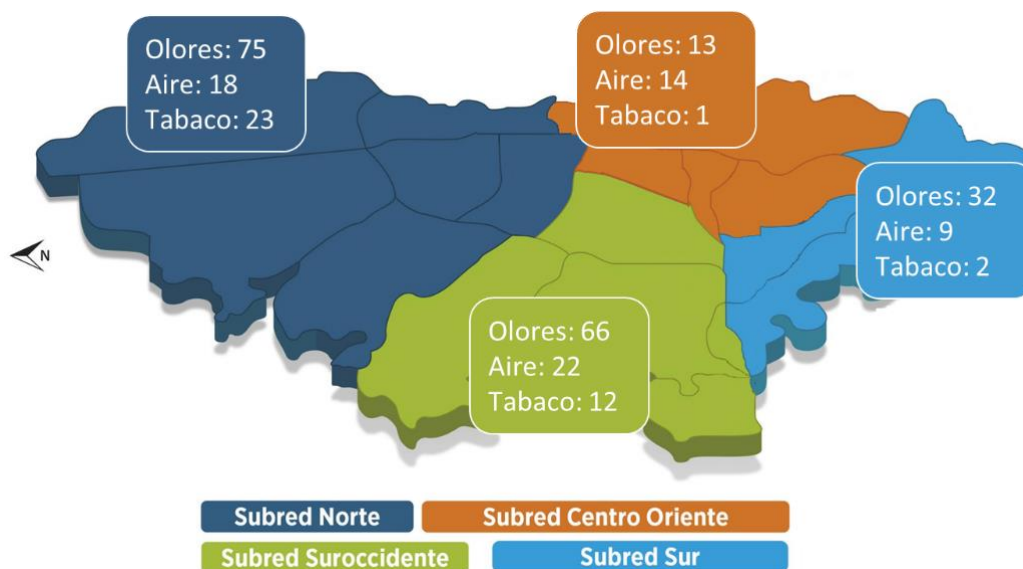



Figura 12-20 Quejas por Aire, Olores y humo de tabaco, presentadas por Subred integrada de servicios de salud, Bogotá, - Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Quejas por olores ofensivos

Respecto a quejas por olores ofensivos, la localidad de Kennedy (13.4%), Suba, Bosa (10.8%) y Barrios Unidos (8.6%) fueron las localidades con mayor número de quejas por este motivo. Se pudo observar que los principales motivos de las quejas están relacionados con mala disposición de residuos sólidos en vía pública o cerca de viviendas, por actividades económicas como chatarrerías, fabricación de alimentos, fabricación de muebles, talleres de mecánica, aguas residuales en alcantarillados y canales, tenencia inadecuada de mascotas y viviendas cercanas a ríos o quebradas.

Durante la atención a quejas por olores se aplicó la encuesta de percepción a 643 personas, donde el 65.0% de las personas encuestadas percibe olores ofensivos en su unidad habitacional y de las personas que perciben el olor, el 44.7% considera al olor muy ofensivo, y el 34.2% considera que el olor es fuerte.


Dentro de los principales síntomas que manifestaron las personas, se encuentran el estrés, enojo, picazón en la nariz.

Quejas por contaminación del aire

En cuanto al número de quejas por contaminación del aire, las localidades de Kennedy y Engativá presentaron el mayor número de quejas, 11.1% cada una, seguidas de Puente Aranda (9.5%), Suba, San Cristóbal y Bosa (7.9%) cada una, por el contrario, las localidades de la Candelaria y Barrios Unidos no presentaron quejas por este motivo. En cuanto a los motivos de queja más recurrentes, se encuentra a las emisiones de chimeneas de establecimientos como restaurantes, industrias de muebles, de textiles, emisiones de vehículos en parqueaderos, obras de construcción y fábricas en general. En la atención a quejas por contaminación del aire se aplicó la encuesta de percepción a 207 personas, de las cuales el 63.3% percibe la contaminación en su unidad habitacional en algún momento.

En cuanto al tiempo que las personas perciben la contaminación del aire, el 49.6% de los encuestados lo percibe entre 1 y 5 años, el 23.7% menos a un año, el 17.6% entre 6 y 10 años y 9.2% más de 11 años; ahora bien, en cuanto el horario de percepción se tiene que el 45% lo percibe todo el día, el 43.5% lo percibe durante el día y el 11.5% lo percibe en la noche.

En cuanto a la percepción de salud, las personas encuestadas manifestaron que, el 58.9% de las personas encuestadas, considera que la exposición a la contaminación del aire, le afectado de alguna manera su estado de salud y que en algunos casos han presentado diferentes síntomas o molestias, producto de la exposición a contaminación del aire, donde de las personas que percibieron la contaminación, el 64.8% manifestó sentir dolor de cabeza y tos y 56.6% ojos irritados principalmente, mientras que, en menor medida, las personas consideran presentar fiebre o afectación auditiva 1.6%.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

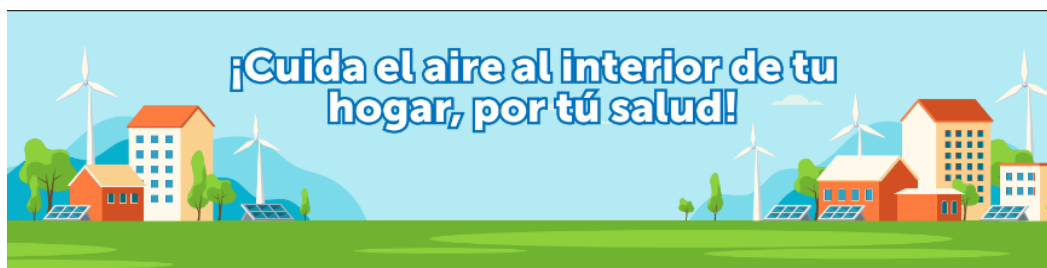
Quejas por humo de tabaco

Por otro lado, en relación con la exposición al humo de tabaco, las localidades con mayor número de quejas por exposición al humo de tabaco fueron Engativá (18.4%), Kennedy (15.8%), Usaquén (13.2%) y Teusaquillo (10.5%). Los principales motivos de la fuente de humo de tabaco, está relacionada con el consumo de tabaco o derivados, en sitios públicos, como establecimientos comerciales, como expendios de bebidas alcohólicas o en áreas comunes de otros tipos de establecimientos, como terrazas o jardines.

Durante la atención de las quejas, se aplicó la encuesta de percepción a 101 personas, donde el 56.4%, perciben el humo de tabaco, en su unidad habitacional o lugar de trabajo, así mismo, el 78.9% de las personas que perciben el humo de tabaco, consideran que el humo de tabaco le ha generado alguna molestia, y el 76.9% considera el que el humo de tabaco le ha agravado alguna enfermedad diagnosticada.

12.3.3 COMUNICACIÓN SOCIAL DEL RIESGO

Como un componente importante del proceso de salud ambiental se encuentran las actividades de información, educación y comunicación social del riesgo de la exposición a contaminación del aire a nivel intramural y extramural, que van encaminadas al cambio de comportamiento, actitudes y prácticas de la comunidad y cuidados en salud, mediante publicación de infografías, difundidas en la página WEB y redes sociales de la Secretaría Distrital de Salud, como se muestra a continuación:




¿Qué es la calidad del aire al interior?

Es un término que suele aplicarse a ambientes de interior no industriales como oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares.

¿Síntomas que pueden estar asociados con la calidad del aire al interior?




	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Consulté aquí más infografías como esta:

- ¡Cuida el aire al interior de tu hogar, por tú salud!
- “Medidas para la protección del ambiente, la calidad de vida y salud de los habitantes de Bogotá D.C”.
- “Efectos y recomendaciones en salud frente al IBOCA”.
- “¡Si no te quieres enfermar el aire que respiras debes cuidar!”.
- “¡Nuestra movilidad, salud y ambiente!”.
- “Celebremos la semana ambiental” ¡Merecemos un planeta donde vivir sea posible!
- “Día mundial sin tabaco”.
- “Calidad del aire y algunas recomendaciones en salud”.
- “Ley 1335 control de tabaco”.
- “Día Interamericano de la calidad del aire”.
- “Día internacional, preservación de la capa de ozono ¡Cuidémosla!”.
- “Día internacional, del aire puro”.

Puede también ingresar al siguiente enlace:
http://saludambiental.saludcapital.gov.co/aire_documentos

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

13 ANEXOS

13.1 LECTURA DE GRÁFICOS DE CAJAS

La siguiente figura presenta un ejemplo de un gráfico *cajas*.

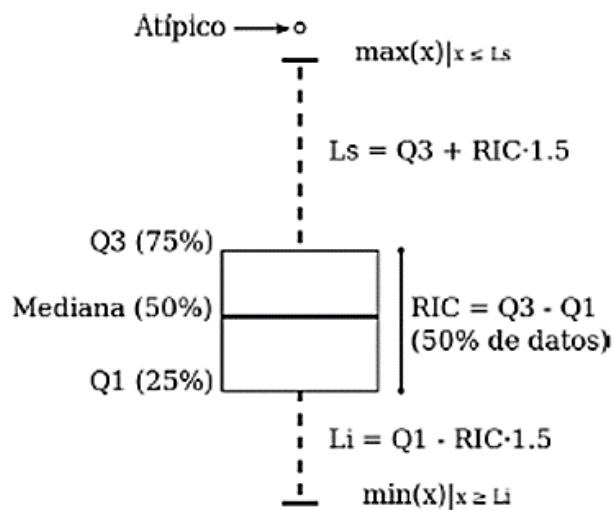


Figura 13-1 Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes

El gráfico es construido con base en un conjunto de datos de los cuales se presume una distribución normal o gaussiana. El conjunto de datos se ordena en forma ascendente, luego los puntos presentados en el gráfico corresponden así: **mediana**, equivale al valor correspondiente al 50% de los datos. **Q1**, cuartil 1, equivale al valor correspondiente al 25% de los datos. **Q3**, cuartil 3, equivale al valor correspondiente al 75% de los datos. **Li**, límite inferior, corresponde a $Q1 - (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q3 - Q1$). **Ls**, límite superior, corresponde a $Q3 + (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q3 - Q1$). A los puntos por fuera de los límites se les llama valores **atípicos**.



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

13.2 DIAGRAMAS DE CAJAS DE DATOS 24H, 1H Y 8H DE LOS CONTAMINANTES EN 2022

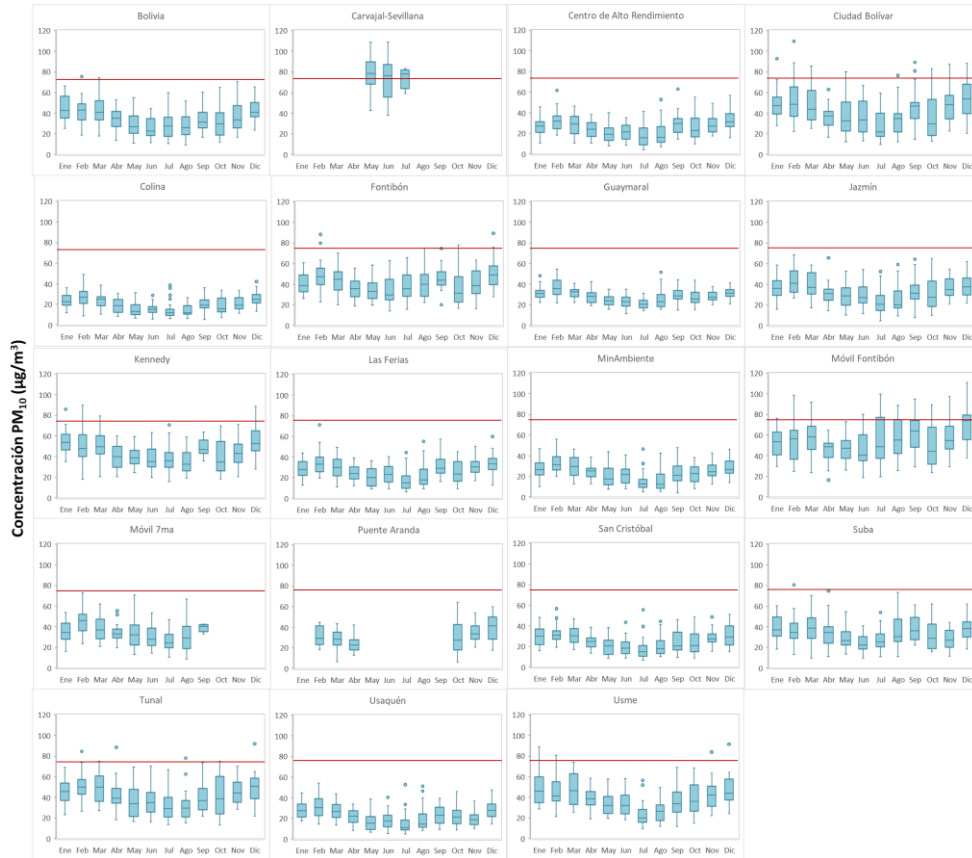


Figura 13-2 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM₁₀ por mes y por estación - Año 2022

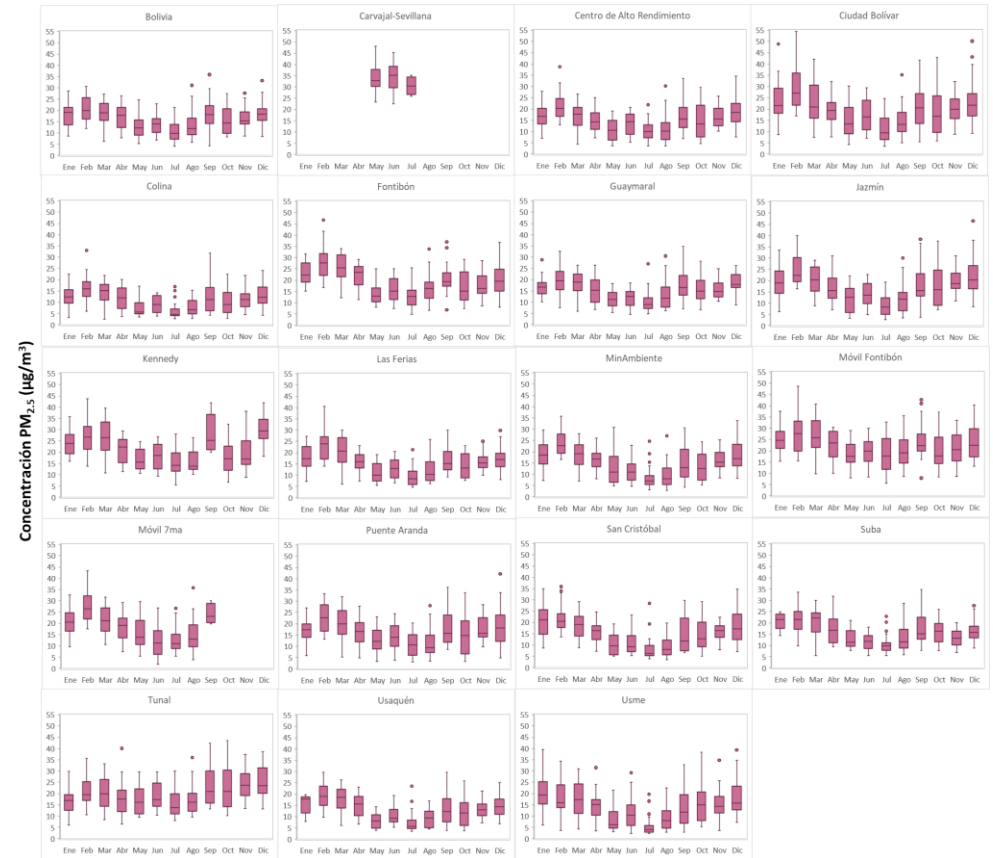


Figura 13-3 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM_{2.5} por mes y por estación – Año 2022



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

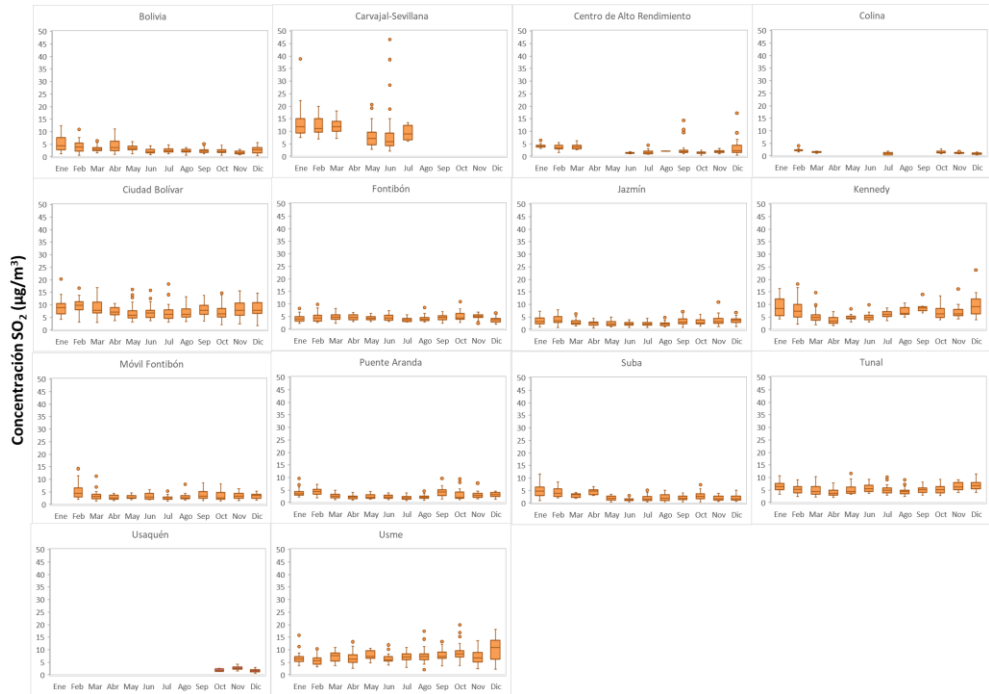


Figura 13-4 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de SO₂ por mes y por estación – Año 2022



Figura 13-5 Diagrama de cajas de concentraciones 1h de NO₂ por mes y por estación – Año 2022



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

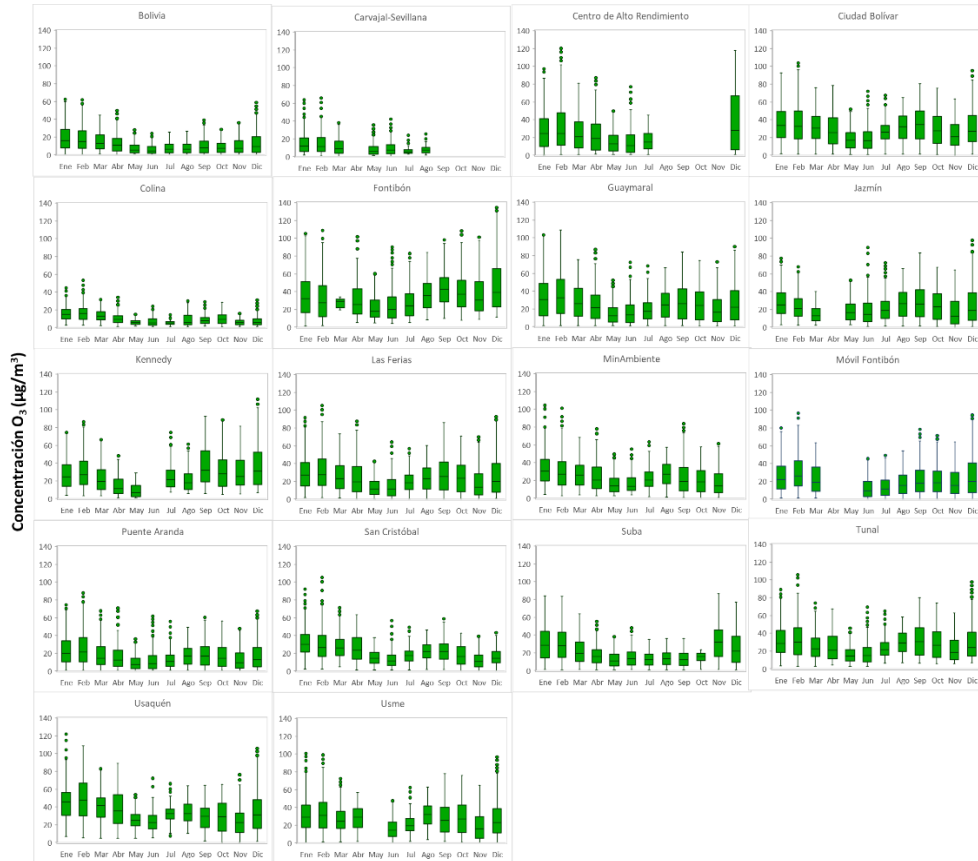


Figura 13-6 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de O₃ por mes y por estación – Año 2022

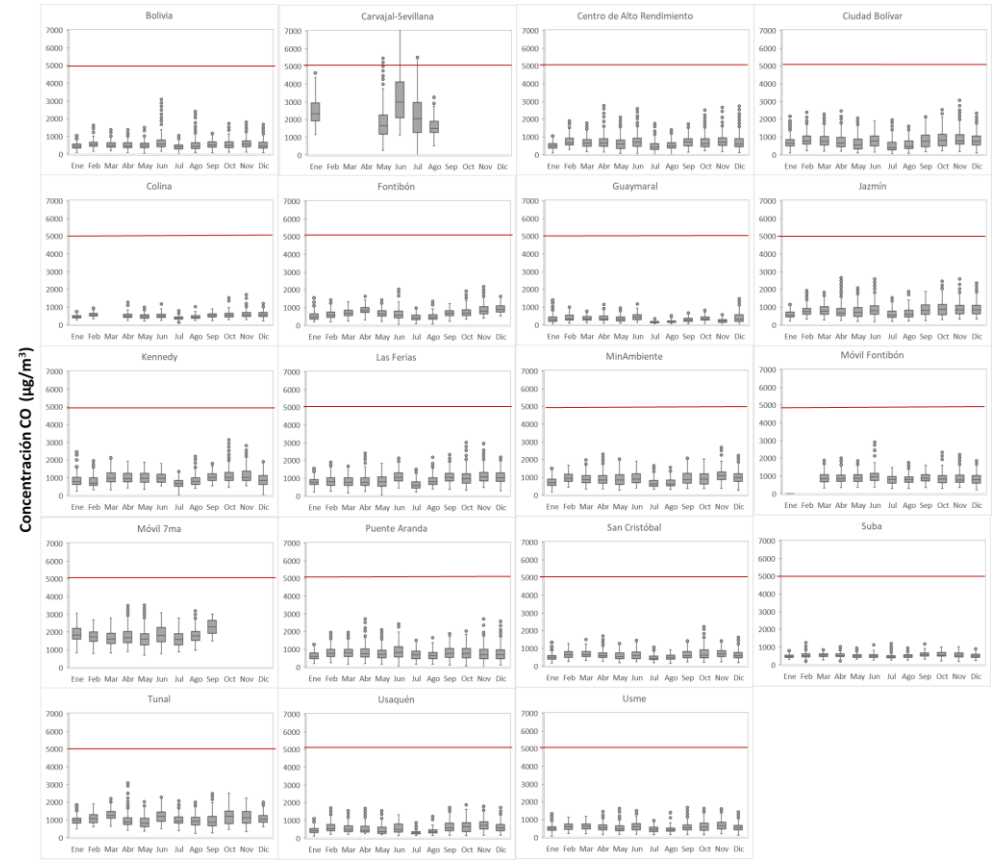



Figura 13-7 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de CO por mes y por estación – Año 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

13.3 FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE CONCENTRACIÓN PARA GASES

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:

Tabla 13-1 Factores de conversión de unidades para gases contaminantes. Las unidades resultantes (mg/m³ y µg/m³) estarán en condiciones de referencia correspondientes a 25°C y 760 mm Hg

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

Es importante mencionar que 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:

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


Donde:

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

P: presión atmosférica [Pa]

\bar{R} : constante universal de los gases ideales = 8,314472 $\frac{\text{Pa}\cdot\text{m}^3}{\text{mol}\cdot\text{K}}$

T: temperatura absoluta [K]

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

13.4 NORMATIVA Y MÉTODOS DE REFERENCIA


La elaboración de informes de calidad del aire se realiza teniendo en cuenta uno de los componentes de la misionalidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se tiene en cuenta lo establecido en la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 con respecto a la elaboración de los reportes del laboratorio, y teniendo en cuenta que los informes de calidad del aire de la RMCAB se elaboran con base en los procedimientos asociados a las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales se incluyen dentro de del proceso de apoyo de la SDA denominado “Metrología, Monitoreo y Modelación”.

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, cuyo funcionamiento y operatividad son verificados mediante la realización de mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan periódicamente las calibraciones y verificaciones de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de los equipos se realice de acuerdo con los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en junio de 2022 (EPA, 2020). Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (*Code of Federal Regulations*), los cuales están aprobados por la *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR (LII, 2020). (Tabla 13-2)

Tabla 13-2 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		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	

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

14 DECLARACIONES

- ✓ Los resultados relacionados en el presente informe mensual 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 metrológicamente.
- ✓ El análisis realizado en el presente informe mensual 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 y el 31 de diciembre de 2022.
- ✓ 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 y su registro se consigna en el formato interno PA10-PR03-F12. 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, parágrafo 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, parágrafo 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 mensual 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 Validación de datos de la RMCAB. Cabe resaltar que los procesos de monitoreo de contaminantes 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”*.


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 0-1 Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos 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

FIN DEL INFORME

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. 2021IE189371 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: