

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá Año 2020

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



Unidos por un nuevo aire



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



Estación Usme

Informe anual de calidad del aire de Bogotá

Año 2020

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

Bogotá D.C. 2021



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

Camilo Alexander Rincón Escobar
Director de Control Ambiental

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

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

Luis Álvaro Hernández González
Coordinador Técnico de la Red de Monitoreo de
Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB

Leonardo Quiñones Cantor
Coordinador Técnico Sistema de Alertas
Tempranas de Bogotá – Componente Aire (SATAB)

Inés María Galindo Henríquez
Subdirectora de Vigilancia en Salud Pública
Secretaria Distrital de Salud

Maria Camila Buitrago Jiménez
Profesional Especializado Componente Aire
(SATAB)

Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Jennyfer Montoya Quiroga
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
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
Richard Alejandro Sánchez Serrano
Equipo de Operación de la RMCAB

Ana Cecilia Gálvez Lozada
Profesional Especializado - Línea aire, ruido y
Radiación electromagnética
Subdirección de vigilancia en Salud Pública
Secretaria Distrital de Salud

Jhon Jairo Abella Flórez
Profesional Especializado - Línea aire, ruido y
Radiación electromagnética
Subdirección de vigilancia en Salud Pública
Secretaria Distrital de Salud

Secretaría Distrital de Ambiente
– SDA –
© Junio de 2021, Bogotá - Colombia
Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad
de Aire de Bogotá D.C.
Año 2020.
Impreso en Colombia – Printed in Colombia

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	RESUMEN EJECUTIVO.....	14
3.	OBJETIVOS	15
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
4.	CARACTERÍSTICAS DE LA RMCAB	16
4.1.	NORMATIVIDAD	20
5.	INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO	21
5.1.	PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS.....	21
5.2.	PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS	23
6.	CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS).....	25
6.1.	MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM ₁₀)	25
6.1.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN.....	26
6.1.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	29
6.1.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	31
6.2.	MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM _{2.5})	31
6.2.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	31
6.2.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	34
6.2.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN.....	36
6.3.	OZONO (O ₃)	36
6.3.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN.....	37
6.3.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN	38
6.3.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O ₃ POR ESTACIÓN	41
6.4.	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	42
6.4.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN	42
6.4.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN.....	43
6.4.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO ₂ POR ESTACIÓN	45
6.5.	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	45
6.5.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	46

6.5.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	47
6.5.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO ₂ POR ESTACIÓN.....	49
6.6.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	49
6.6.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN	49
6.6.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN	51
6.6.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN.....	53
7.	COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON	54
7.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN.....	54
7.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA.....	59
8.	INDICES DE CALIDAD DEL AIRE	61
8.1.	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE - ICA	61
8.2.	ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA	66
9.	METEOROLOGÍA.....	72
9.1.	PRECIPITACIÓN.....	72
9.1.1.	PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN	72
9.1.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN.....	73
9.1.3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN	75
9.1.4.	COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN	75
9.2.	TEMPERATURA.....	79
9.2.1.	COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA.....	79
9.2.2.	COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA	81
9.2.3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA	84
9.2.4.	PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA	85
9.3.	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	86
9.3.1.	PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	86
9.3.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	88
9.3.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO	92
9.3.4.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO	95
9.3.5.	PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO.....	97
9.4.	RADIACION SOLAR.....	98
9.4.1.	PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR	98
9.4.2.	PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	99

9.4.3.	PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR	100
9.4.4.	PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	101
9.5.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	102
9.5.1.	PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	103
9.5.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	104
9.5.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	104
9.5.4.	PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA	106
9.6.	HUMEDAD	108
9.6.1.	PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD.....	108
9.6.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD	109
9.6.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD.....	110
9.6.4.	PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD	111
10.	EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	113
10.1.	ALERTAS AMBIENTALES POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	113
10.2.	TRANSPORTE DE ARENAS DEL SAHARA EN JUNIO DE 2020	119
10.3.	INFLUENCIA DE LAS RESTRICCIONES EN LA PANDEMIA DEL COVID 19	121
10.4.	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR CONDICIONES LOCALES	122
11.	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD.....	124
11.1.	VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL.....	126
11.2.	VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA	128
11.2.1.	MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA	129
11.2.2.	MORBILIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA.....	132
11.3.	VIGILANCIA AMBIENTAL.....	139
11.4.	VIGILANCIA SANITARIA.....	151
11.5.	MOVILIZACIÓN SOCIAL.....	153
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
13.	ANEXOS	159

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB – Año 2020	18
Figura 5-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB – Año 2020	22
Figura 5-2 Porcentaje de datos capturados por estación – Año 2020	22
Figura 5-3 Porcentaje de datos válidos por tipo de instrumento – Año 2020	24
Figura 5-4 Porcentaje de datos válidos por estación – Año 2020	24
Figura 6-1 Concentraciones promedio anual de PM ₁₀ – Año 2020	26
Figura 6-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM ₁₀ del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging	28
Figura 6-3 Concentraciones mensuales de PM ₁₀ por estación – Año 2020	30
Figura 6-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2020	30
Figura 6-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2020	30
Figura 6-6 Concentraciones anuales de PM ₁₀ años 2016 a 2020	31
Figura 6-7 Concentraciones promedio anual de PM _{2.5} – Año 2020	32
Figura 6-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM _{2.5} del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging	33
Figura 6-9 Concentraciones mensuales de PM _{2.5} por estación – Año 2020	35
Figura 6-10 Comportamiento diario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2020	35
Figura 6-11 Comportamiento horario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2020	36
Figura 6-12 Concentraciones anuales de PM _{2.5} años 2016 a 2020	36
Figura 6-13 Concentraciones promedio anual de O ₃ – Año 2020	37
Figura 6-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O ₃ del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging	39
Figura 6-15. Concentraciones mensuales de O ₃ por estación – Año 2020	40
Figura 6-16. Comportamiento diario de las concentraciones de O ₃ – Año 2020	40
Figura 6-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O ₃ – Año 2020	41
Figura 6-18 Concentraciones anuales de O ₃ años 2016 a 2020	41
Figura 6-19 Concentraciones promedio anual de NO ₂ – Año 2020	42
Figura 6-20 Concentraciones mensuales de NO ₂ por estación – Año 2020	44
Figura 6-21 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2020	44
Figura 6-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2020	45
Figura 6-23 Concentraciones promedio anual de NO ₂ - años 2016 a 2020	45
Figura 6-24 Concentraciones promedio anual de SO ₂ – Año 2020	46
Figura 6-25 Concentraciones mensuales de SO ₂ por estación – Año 2020	47
Figura 6-26 Comportamiento diario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2020	48
Figura 6-27 Comportamiento horario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2020	48
Figura 6-28 Concentraciones anuales de SO ₂ años 2016 a 2020	49
Figura 6-29 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2020	50
Figura 6-30 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2020	52
Figura 6-31 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2020	52
Figura 6-32 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2020	53
Figura 6-33 Concentraciones anuales de CO años 2016 a 2020	53

Figura 7-1 Gráfico de representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de BC – Año 2020.....	55
Figura 7-2 Variabilidad temporal de la concentración de BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). a) Resolución temporal mensual. B) resolución semanal y c) resolución horaria – Año 2020	58
Figura 7-3 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2018 a 2020	58
Figura 7-4 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS – Año 2020	59
Figura 7-5 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS - Año 2020.	60
Figura 8-1. ICA por estación para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ – Año 2020.....	62
Figura 8-2 ICA por mes del año y por estación para PM_{10} – Año 2020	64
Figura 8-3 ICA por mes del año y por estación para $\text{PM}_{2.5}$ – Año 2020	65
Figura 8-4 ICA por estación para O_3 , NO_2 , SO_2 y CO – Año 2020	66
Figura 8-5 IBOCA por estación de monitoreo para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ – Año 2020.....	68
Figura 8-6 IBOCA por mes del año para PM_{10} – Año 2020.....	69
Figura 8-7. IBOCA por mes del año para $\text{PM}_{2.5}$ – Año 2020	70
Figura 8-8 IBOCA por estación para O_3 , NO_2 , SO_2 y CO – Año 2020.....	71
Figura 9-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2020.....	73
Figura 9-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación – Año 2020.....	74
Figura 9-3 Total acumulado por estación – Año 2020	75
Figura 9-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá – Año 2020..	76
Figura 9-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá – Año 2020	77
Figura 9-6 Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual 2020	79
Figura 9-7 a) Perfil horario anual de temperatura. b) perfil diario de temperatura por estación....	81
Figura 9-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2020 Vs 2020 .	82
Figura 9-9 Temperaturas extremas absolutas – Año 2020	83
Figura 9-10 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB – Año 2020	84
Figura 9-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2020	86
Figura 9-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (2000 – 2020) Vs. 2019 y 2020.	87
Figura 9-13. Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2019 vs. 2020.....	88
Figura 9-14. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2020 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2020	89
Figura 9-15 Velocidades medias, máximas y mínimas del viento – Año 2020.....	90
Figura 9-16 Rosas de viento consolidadas por estación – Año 2020	92
Figura 9-17 Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche – Año 2020	95
Figura 9-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2020	96
Figura 9-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá de 2000 a 2020	98
Figura 9-20. Comportamiento mensual de la radiación solar en 2020 vs. 2019	99
Figura 9-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día – Año 2020.....	100
Figura 9-22 Comportamiento mensual de la radiación en 2020 a) promedio mensual; b) totales mensuales acumulados.....	101
Figura 9-23 Comportamiento anual de la radiación- Año 2020.....	102
Figura 9-24. Comportamiento mensual de la presión en 2019 y 2020 frente al promedio mensual multianual 2009-2020	103

Figura 9-25. Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica – Año 2020.....	104
Figura 9-26. Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica – Año 2020	106
Figura 9-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2020.....	107
Figura 9-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2020 vs. Promedio mensual multianual 2010-2020	109
Figura 9-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2020: a) promedio ciudad; b) promedio por estación	110
Figura 9-30. Comportamiento de la humedad relativa horaria anual – Año 2020.....	111
Figura 9-31. Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual.....	112
Figura 10-1 Delimitación polígono restricción vehicular en periodo de alerta amarilla – febrero 2020	114
Figura 10-2. Vientos sinópticos a 850 hPa y puntos calientes asociados a incendios por 48 horas, para febrero 06 de 2020	114
Figura 10-3. Retro trayectorias elaboradas en HySplit para los días 06 y 17 de febrero de 2020... ..	115
Figura 10-4. Mapas IBOCA para PM _{2.5} febrero 06 y 17 de 2020	115
Figura 10-5. Vientos sinópticos a 850 hPa y poder radiativo de puntos calientes. Marzo 05 de 2020	117
Figura 10-6. Retro trayectorias y puntos calientes, marzo 05 y abril 02 de 2020	117
Figura 10-7. Mapas IBOCA marzo 05 y abril 02 de 2020.....	118
Figura 10-8. Concentraciones medias móvil 24h PM _{2.5} . Febrero - Abril 2020	118
Figura 10-9. Imágenes satelitales transporte de polvo del Sahara. Fuente: NASA.....	120
Figura 10-10. Concentraciones horarias PM ₁₀ Junio 20 - 30 de 2020	121
Figura 10-11. Concentraciones media móvil PM _{2.5} Marzo 15 - Diciembre 31 2020	122
Figura 10-12. Concentraciones media móvil 24 h de PM _{2.5} octubre de 2020.....	123
Figura 11-1. Red Integrada de Servicios de Salud	126
Figura 11-2. Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2016 a 2020.....	130
Figura 11-3. Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE, 2020	131
Figura 11-4. Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2016 a 2020.....	133
<i>Figura 11-5. Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2020</i>	<i>134</i>
<i>Figura 11-6. Distribución por Estrato Socioeconómico según grupos de población encuestada. Bogotá 2020.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 11-7. Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada. Bogotá 2020.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 11-8. Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años</i>	<i>137</i>
<i>Figura 11-9. Número de excedencias anuales, de PM₁₀ con respecto a la guía OMS en las estaciones de la RMCAB 2020.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 11-10. Concentración promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS y Res. 2254/17 de material particulado PM₁₀ en Bogotá enero – diciembre 2020</i>	<i>141</i>
<i>Figura 11-11. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM₁₀ Bogotá 2015-2020.</i>	<i>142</i>

Figura 11-12. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM10 respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2015-2020	143
Figura 11-13. Comportamiento anual (enero – diciembre) de excedencias del contaminante PM2.5 con respecto a la guía OMS en las estaciones de la RMCAB 2020	143
Figura 11-14. Concentración promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS y Res. 2254/17 de material particulado PM2.5 en Bogotá, enero a diciembre 2020.	144
Figura 11-15. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM2.5 Bogotá 2015-2020.....	145
Figura 11-16. 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 2015-2020	146
Figura 11-17. Punto de monitoreo Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre 2020	148
Figura 11-18. Comportamiento promedio diario material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} . Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre - octubre 2020	149
Figura 11-19. Comportamiento promedio horario material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} . Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre - octubre 2020	149
Figura 11-20. Atención a quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco en las localidades del distrito, enero –diciembre 2020.	152
Figura 11-21. Distribución de quejas por contaminación del Aire, Olores y humo de tabaco, por Subred enero-diciembre 2020.	152
Figura 11-22. Acciones de Movilización y comunicación social del riesgo en el distrito enero – diciembre 2020.....	153
Figura 11-23. “Aire limpio para los pulmones de Bogotá”.....	154
Figura 11-24. Registro Fotográfico de las acciones de movilización y comunicación social del riesgo en el distrito febrero 6 de 2020	155
Figura 11-25. Infografías prevención de olores ofensivos y COVID 19.....	155
Figura 13-1. Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes.	159

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA.....	17
Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2020	19
Tabla 4-3 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS.....	20
Tabla 5-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2020	22
Tabla 5-2 Porcentaje de datos válidos por estación y parámetro – Año 2020	24
Tabla 6-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM ₁₀ – Año 2020.....	27
Tabla 6-2. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM _{2.5} – Año 2020	32
Tabla 6-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O ₃ – Año 2020	38
Tabla 6-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO ₂ – Año 2020	43
Tabla 6-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO ₂ – Año 2020	46
Tabla 6-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2020	50
Tabla 7-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de BC tomadas a la $\lambda = 880$ nm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Año 2020	56
Tabla 8-1. Puntos de corte del ICA. Resolución 2254 del 2017 del MADS.....	61
Tabla 8-2. Puntos de corte del IBOCA de acuerdo con la resolución 2410 de 2015.....	67
Tabla 9-1. Distribución de las lluvias durante el año 2020	73
Tabla 9-2 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2020.....	74
Tabla 9-3 Promedio de los acumulados de precipitación por estación – Año 2020.....	77
Tabla 9-4 Precipitación promedio histórica mensual – Año 2020	78
Tabla 9-5 Comportamiento de la temperatura horaria – Año 2020.....	80
Tabla 9-6 Promedio mensual de temperatura multianual 2000 – 2020.....	81
Tabla 9-7 Temperaturas extremas – Año 2020.....	83
Tabla 9-8 Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB 2000 a 2020 ...	85
Tabla 9-9 Promedio multianual por estación de los años 2000 - 2020.....	87
Tabla 9-10 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2020.....	88
Tabla 9-11 Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día	93
Tabla 9-12 Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB entre 2000-2020.....	97
Tabla 9-13 Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones – Año 2020	99
Tabla 9-14 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m ²) – Año 2020	101
Tabla 9-15 Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m ² periodo 2009 - 2020.....	101
Tabla 9-16 Comportamiento de la presión media mensual de 2010 - 2020.....	103
Tabla 9-17. Comportamiento promedio mensual de la presión por estación de la RMCAB en 2020	104
Tabla 9-18. Variación de la presión horaria por cada estación de la RMCAB – Año 2020.....	105
Tabla 9-19 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá 2009 - 2020.....	107
Tabla 9-20 Comportamiento de la humedad mensual multianual 2010 - 2020.....	108

Tabla 9-21. Comportamiento mensual de la humedad por estación – Año 2020	109
Tabla 9-22. Variación de la humedad horaria y por estaciones de la RMCAB - 2020	110
Tabla 9-23. Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente.....	112
Tabla 10-1. Documentos alertas contaminación atmosférica febrero, marzo y abril 2020	113
Tabla 10-2. Medidas transitorias y preventivas en materia de tránsito en las vías públicas de Bogotá para la alerta amarilla de marzo 2020	116
Tabla 11-1. Subredes Integradas de Servicio de Salud y localidades donde realiza la cobertura. .	125
Tabla 11-2. Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años.....	136
Tabla 11-3. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y tos sin gripa en el último año en menores de 5 años	138
Tabla 11-4. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias, tos sin gripa y despertar por tos en los niños de 5 a 14 años.	138
Tabla 11-5. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y despertar por tos en adultos mayores de 60 años.	139
Tabla 11-6. Porcentaje de excedencias en concentraciones promedio de 24 horas (enero – diciembre) de PM10, respecto a la guía OMS y Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) por estación – Año 2020	141
Tabla 11-7. Porcentaje de excedencias diarias (enero – diciembre) del contaminante PM _{2.5} con respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) por estación de la RMCAB 2020.....	145
Tabla 11-8. Monitoreos intramurales por localidad, enero a diciembre 2020, Bogotá.....	147
Tabla 11-9. Sulfuro de hidrógeno: relaciones establecidas de dosis-efecto.....	150
Tabla 13-1. 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. .	160
Tabla 13-2. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA.....	161
Tabla 13-3. Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB ...	162

1. 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 el almacenamiento de estos 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 2020 la RMCAB alcanzó las dieciocho (18) estaciones de monitoreo de las cuales diecisiete (17) son fijas y una (1) es móvil. 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, PM_{2.5}), y gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃), así como de las variables meteorológicas de 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 de entre 20 y 30°C, mediante un sistema de aire acondicionado y 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 2020, las tendencias y 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.

2. RESUMEN EJECUTIVO

Comportamiento de la concentración de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$)

Las concentraciones promedio anual de PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante el 2020 mantuvieron la distribución espacial de los años anteriores, las concentraciones más altas se registraron al suroccidente de la ciudad y las más bajas en la zona suroriental. Carvajal-Sevillana registró los promedios anuales más altos de PM_{10} y $PM_{2.5}$, con $63.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $29.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, las cuales sobrepasaron el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual. Se registraron en total 173 excedencias de PM_{10} y 264 excedencias de $PM_{2.5}$. Con respecto a años anteriores, las concentraciones de material particulado del año 2020 fueron más bajas, a excepción del dato de PM_{10} registrado en Carvajal-Sevillana, con un aumento de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respecto al 2019. En general, la reducción de las concentraciones estuvo influenciada por las restricciones a la actividad de las fuentes de emisión entre abril y junio, ya que además en este último mes históricamente se registran las concentraciones más bajas del año, y asimismo la reactivación gradual incidió en el incremento de las concentraciones en el último trimestre del año.

Comportamiento de la concentración de ozono (O_3)

Las concentraciones más altas de O_3 se observaron en el occidente y el nororiente de la ciudad, y las más bajas en la zona de influencia de las estaciones Carvajal-Sevillana y Puente Aranda. El promedio anual más alto se evidenció en Kennedy, con $36.410 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el menor se registró en Puente Aranda. En total se registraron 355 excedencias a la norma 8 horas, principalmente en Centro de Alto Rendimiento. En relación con los promedios de años anteriores, los promedios anuales de 2020 son los más altos desde 2016 a excepción de la estación Usaquén. Debido a los cambios en el comportamiento de las fuentes de emisión en comparación con años anteriores, de las variaciones en los precursores del ozono y de la reducción de fuentes de emisión de material particulado en el segundo semestre del año, el comportamiento del ozono ha cambiado en la ciudad, pero se observa una tendencia notable al aumento con el paso del tiempo.

Comportamiento de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2)

Las concentraciones más altas de NO_2 se registraron en las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy, con 46.8 y $33.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Dichos niveles estuvieron por debajo del nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual, y tampoco se registraron excedencias de los datos horarios. Durante el año 2020 se observó que las concentraciones más altas se registraron en el último trimestre, con un aumento creciente desde el mes de junio, tras la reactivación de varios sectores económicos en la ciudad, aunque de acuerdo con el comportamiento horario se observa una mayor influencia de las emisiones provenientes de fuentes móviles. A excepción de la estación Carvajal-Sevillana, las concentraciones registradas en el 2020 fueron menores a las de años anteriores.

Comportamiento de la concentración de dióxido de azufre (SO₂)

La estación Carvajal-Sevillana registró el promedio anual más alto en el 2020 con 10.6 µg/m³, mientras que en la estación Usaquén se registró el valor más bajo con 1.7 µg/m³, y se observaron 19 excedencias al límite máximo permisible de 1 hora. Las concentraciones mensuales fueron más altas en los meses de octubre y noviembre en las estaciones del sur de la ciudad, mientras que en la zona occidental las concentraciones más altas se evidenciaron en enero y febrero, con lo cual se observa una posible influencia del incremento de la actividad de las fuentes de emisión en el segundo semestre del año tras las restricciones en el marco de la cuarentena del segundo semestre del año. En general las concentraciones de SO₂ son bajas en la ciudad, pero en la estación Carvajal-Sevillana se han registrado concentraciones de mayor magnitud a diferencia de las demás estaciones que monitorean el contaminante.

Comportamiento de la concentración de monóxido de carbono (CO)

Para el año 2020, los promedios anuales de las estaciones Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma fueron los más altos de la ciudad, con 1187.9 y 1180.3 µg/m³ respectivamente. Se registraron solamente 2 excedencias a la norma 8 horas en la estación Puente Aranda. Durante el año los promedios más altos se registraron en el cuarto trimestre, principalmente en las estaciones del sur, suroccidente y la estación Móvil 7ma. Con respecto a los promedios históricos, hay una tendencia a la reducción de las concentraciones en el tiempo, y los promedios anuales del 2020 han sido los más bajos en los últimos cinco años.

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.

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 dieciocho (18) estaciones de monitoreo de las cuales diecisiete (17) son fijas, y una (1) es móvil.

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 2020 se realizó la instalación de cuatro (4) estaciones adicionales para el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad (Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme), las cuales iniciaron el monitoreo oficialmente en el mes de octubre de 2020, por lo cual los datos recolectados de estas en el 2020, no se tuvieron en cuenta para el análisis de este informe, ya que no cuentan con el 75% de representatividad temporal.

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 diciembre de 2020 (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 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, 2020)¹.

¹ 40 CFR Appendix Table A-1 to Subpart A of Part 53, Summary of Applicable Requirements for Reference and Equivalent Methods for Air Monitoring of Criteria Pollutants. https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-Table_A-1_to_subpart_A_of_part_53

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-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		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 18 estaciones de monitoreo de la RMCAB presentes durante el año 2020.

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

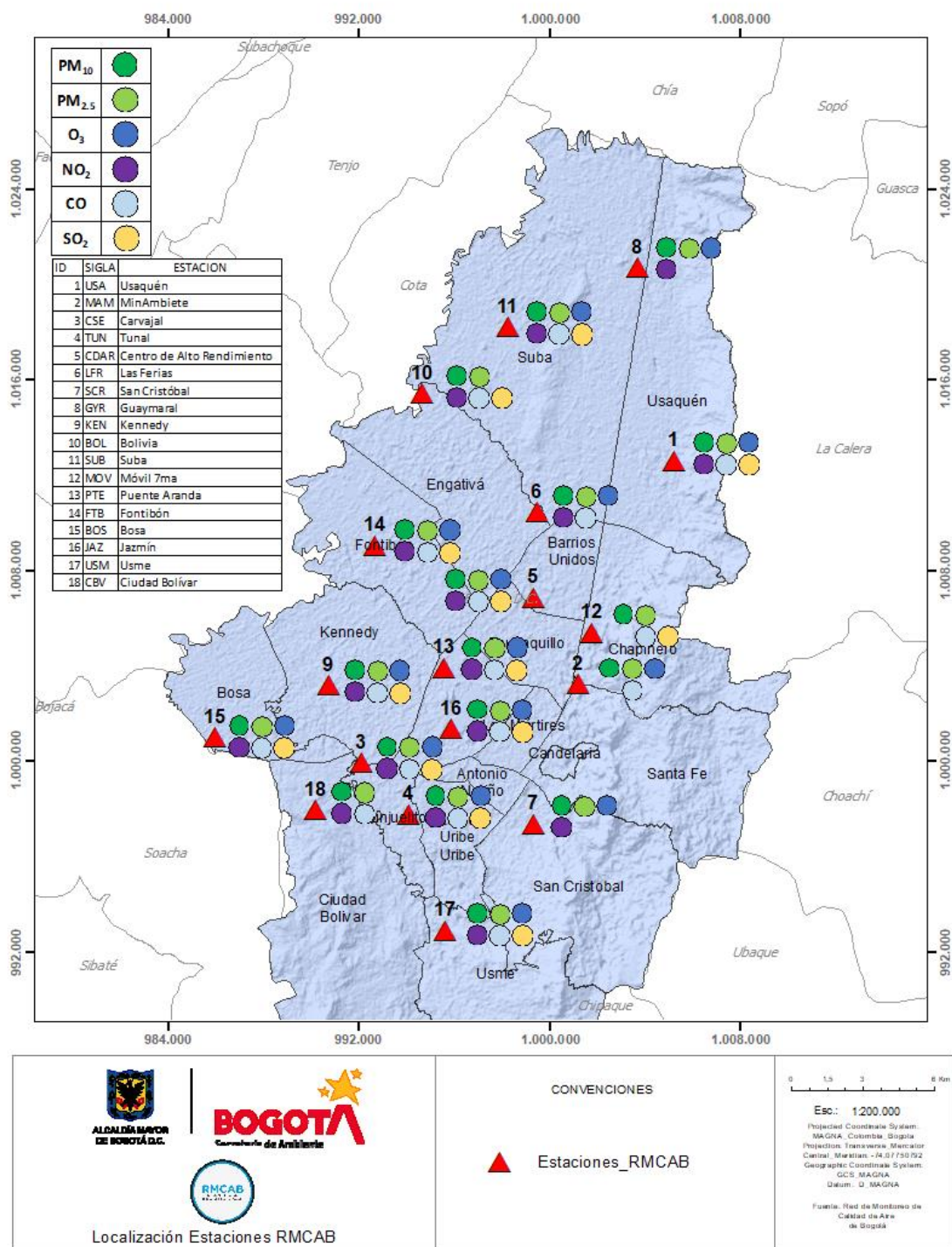


Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2020

Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2020

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
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							
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	
Estación 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
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			
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	
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			
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	
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
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	
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
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
Bosa	BOS	4°36'20.2"N	74°12'14.6"W	2546	0	Bosa	Urbana	De fondo	Diagonal 73 F Sur # 78 - 44	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

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.

5. 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 2020. En la primera sección se determinó el porcentaje de datos capturados, y en la segunda sección se presenta el porcentaje de datos válidos, cada una diferenciada por instrumento (sensor, analizador, monitor) y por estación de monitoreo.

5.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

La Figura 5-1 presenta el porcentaje de captura de datos agrupado por parámetro medido de la RMCAB para el año 2020, la captura de datos de la mayoría de los parámetros fue mayor o igual al 75%. Los parámetros que reportaron un menor porcentaje de captura de datos fueron el NO₂ y el CO, esto se atribuye a que se instalaron nuevos equipos en algunas de las estaciones entre los meses de octubre y noviembre. En las estaciones MinAmbiente y Suba se instalaron nuevos equipos que miden CO y fueron puestos en línea el 13 de octubre de 2020, y en las estaciones de Suba, San Cristóbal, Usaquén y Móvil 7ma se instalaron equipos nuevos que miden NO₂, los cuales fueron puestos en línea el 13 de octubre a excepción del parámetro de NO₂ de la Móvil 7ma que se puso en línea el 5 de noviembre. Asimismo, la estación de Ciudad Bolívar se pone en línea el 16 de octubre de 2020, tiempo que influyó en el cálculo del porcentaje de representatividad de los parámetros.

En la Figura 5-2 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 83%, exceptuando las estaciones de Bolivia, Ciudad Bolívar y Jazmín. Es de aclarar que la estación Bolivia quedó fuera de operación a finales del mes de septiembre del año 2019 por obras locativas de restauración, y se instalaron equipos analizadores para medir parámetros de calidad del aire, logrando poner la estación en línea el 16 de octubre de 2020 y por esta razón el porcentaje de datos capturados fue del 37%. Jazmín por su parte es una estación nueva que se pone en línea el 1 de octubre de 2020, sin embargo, empezó a monitorear datos para pruebas operativas de sus equipos desde el 1 de marzo de 2020. Otra estación nueva fue Ciudad Bolívar, la cual cuenta con datos desde el 1 de septiembre de 2020 e inicia su monitoreo el 16 de octubre del 2020. Teniendo en cuenta que las estaciones nuevas inician el monitoreo en el transcurso del 2020, estas no cuentan con el 100% de los datos del año.

La estación Usaquén obtuvo un porcentaje de captura de datos del 85%, ya que el parámetro de NO₂ fue puesto en línea en el mes de octubre y además el equipo de PM₁₀ presentó varias fallas a lo largo del año. La estación MinAmbiente obtuvo un porcentaje de captura de datos del 88% debido a que el parámetro de CO fue puesto en línea en octubre, además se presentaron algunas fallas en el equipo de PM₁₀. La estación Suba obtuvo un porcentaje de captura de datos del 83% debido a que en esta estación se pusieron en línea los parámetros de CO y NO₂ en el mes de octubre, lo que generó una reducción en el porcentaje de captura de datos. Finalmente, y como se mencionó anteriormente, las estaciones de Bolivia, Jazmín y Ciudad Bolívar

iniciaron el monitoreo en el transcurso del año 2020, lo cual influyó en el porcentaje de representatividad de sus datos.

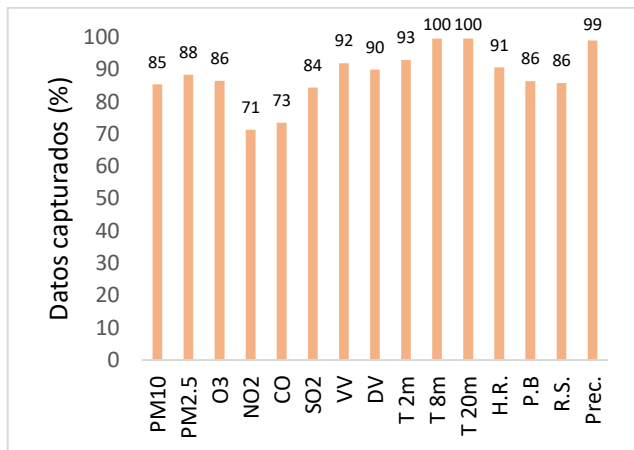


Figura 5-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB – Año 2020

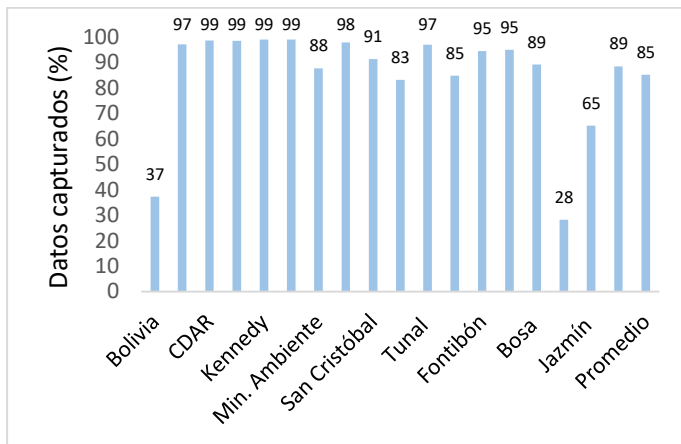


Figura 5-2 Porcentaje de datos capturados por estación – Año 2020

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 5-1 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 2020 fue del 86%.

Tabla 5-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2020

Estación	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	39	37		34	38	39										37
Carvajal Sevillana	99	99	84	99	95	100	100	100	100						95	97
CDAR	98	99	99	97	99	93	100	100	100			100		99	100	99
Guaymaral	98	99	97	93			100	100	100	100	100	100	100	100	98	99
Kennedy	100	100	98	95	100	100	100	100	100			100		97	100	99
Las Ferias	97	98	99	99	99		100	100	100			100	100		99	99
MinAmbiente	95	99	99		22		100	100							100	88
Puente Aranda	97	99	99	94	89	99	100	100	100						100	98
San Cristóbal	98	98	99	22			100	100	100			100		99	100	91
Suba	100	98	99	20	21	98	100	100	100						97	83
Tunal	99	100	93	99	91	99	93	93	99			99	99	99	99	97
Usaquén	88	99	99	74	99	99	100	100	100						100	96
Fontibón	95	95	99	100	59	99	100	100	100			100				95
Móvil 7ma	99	99		66	84		99	99	100			100	100	100	100	95
Bosa	90	93	83	93	91	94	88	86	89			89	89	89		89
Ciudad Bolívar	30	30	30	30	30	30	29	31	31			31	31	7		28
Jazmín	73	63	43	44	73	72	65	51	74			74	76	76		65
Usme	85	86	82	82	88	89	91	72	98			98	98	93		89
Promedio	88	89	88	73	74	85	92	90	93	100	100	91	86	86	99	86

5.2. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS

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 pueden presentar 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 válidos de la RMCAB para el año 2020 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 5-3 presenta el consolidado de datos válidos por tipo de instrumento. Al comparar la Figura 5-3 con la Figura 5-1 se puede observar que la diferencia entre los porcentajes de datos válidos y datos disponibles fue muy alta, específicamente para las estaciones que iniciaron su monitoreo en 2020 (Bolivia, Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme). En cuanto a la disponibilidad de los datos de las estaciones de Bosa y Usme fue del 89%, sin embargo, los válidos fueron del 22% y 25% respectivamente, esto debido a que la estación Bosa inicia el monitoreo el 1 de febrero y la estación Usme el 1 de enero, pero se invalidan los datos hasta el 1 de octubre del 2020, día en que se pusieron en línea estas dos estaciones y se cuentan como válidos desde esa fecha, ya que antes las estaciones se encontraban en observación operativa. La situación de las estaciones Bolivia, Jazmín y Ciudad Bolívar se encuentra especificada en el apartado anterior.

Teniendo en cuenta lo anterior, el porcentaje de datos válidos para la mayoría de los parámetros fue menor al 85%, debido a que el cálculo de promedio para el porcentaje de representatividad se ve incidido por la instalación de las nuevas estaciones y los nuevos equipos. Aun así, las variables meteorológicas de temperatura a 8 y 20 metros y la precipitación, tuvieron un porcentaje de datos válidos del 99%, 99% y 98% respectivamente, pues en las nuevas estaciones no se instalaron este tipo de sensores.

Además de la baja representatividad, por lo explicado anteriormente, se presentaron algunos eventos que incidieron en la disminución de los porcentajes; respecto al CO, la estación Fontibón presentó algunas fallas a lo largo del año, asimismo, los equipos de NO₂ de Usaquén y de la Móvil 7ma presentaron también fallos y los analizadores de SO₂ de las estaciones nuevas, tardaron un tiempo en estabilizarse, por lo que los datos debieron ser invalidados. Cabe resaltar que debido a la pandemia por COVID-19 se restringió el ingreso a algunas estaciones a realizar los mantenimientos preventivos y correctivos. El parámetro de PM₁₀ tuvo una menor representatividad que el PM_{2.5} debido a las fallas presentadas en las estaciones Usaquén y MinAmbiente para dichos analizadores.

La Figura 5-4 presenta el porcentaje de datos válidos por estación de monitoreo, al compararla con la Figura 5-2 se observa que el porcentaje de datos invalidados fue igual o menor al 6% de los datos capturados para las estaciones antiguas. Es importante mencionar que el porcentaje de datos válidos para las estaciones nuevas es menor comparada con los datos capturados, porque fue necesario evaluar inicialmente el comportamiento de cada uno de los parámetros, antes de ponerlos en línea.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

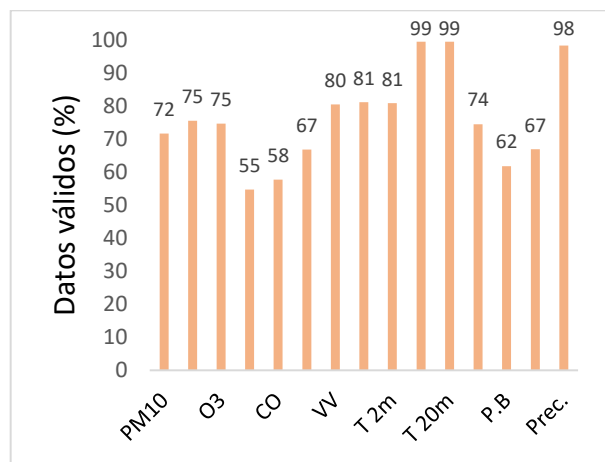


Figura 5-3 Porcentaje de datos válidos por tipo de instrumento – Año 2020

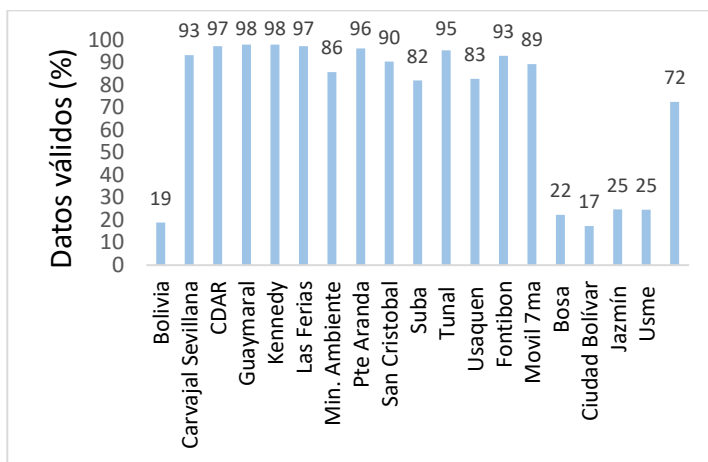


Figura 5-4 Porcentaje de datos válidos por estación – Año 2020

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 2020 se exponen en la Tabla 5-2. Las celdas vacías en esta tabla indican que no se disponía del instrumento de medición en la respectiva estación durante el periodo de medición. El consolidado de los datos capturados válidos para los monitores activos durante el 2020 fue del 72%.

Tabla 5-2 Porcentaje de datos válidos por estación y parámetro – Año 2020

estación	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	19	20		18	19	19										19
Carvajal Sevillana	95	94	81	79	93	99	96	100	100						95	93
CDAR	93	97	95	94	96	93	100	100	100			100		99	100	97
Guaymaral	95	98	97	93			97	99	99	99	99	99	99	99	98	98
Kennedy	98	99	95	99	95	99	100	100	100			100		97	92	98
Las Ferias	92	93	98	97	99		93	99	100			100	100		99	97
MinAmbiente	88	98	90		24		99	100							100	86
Puente Aranda	93	98	98	95	78	99	100	100	100						100	96
San Cristóbal	94	93	98	22			99	99	99			99		99	99	90
Suba	96	96	96	20	20	97	98	100	100						97	82
Tunal	99	99	86	88	91	99	91	91	99			99	99	99	99	95
Usaquén	44	97	80	22	97	87	100	100	100						100	83
Fontibón	94	94	99	99	45	98	100	100	100			100				93
Móvil 7ma	98	98		15	76		99	96	100			100	100	100	100	89
Bosa	20	20	20	20	20	19	24	23	25			25	25	25	0	22
Ciudad Bolívar	21	21	13	21	21	9	20	21	21			21	21	0	0	17
Jazmín	25	23	24	25	25	24	25	25	25			25	25	25	0	25
Usme	25	21	24	25	24	25	25	25	25			25	25	25	0	25
Promedio	72	75	75	55	58	67	80	81	81	99	99	74	62	67	98	72

6. 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 2020. 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
Sigla	GYR	USQ	SUB	BOL	LFR	CDAR
Estación	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Puente Aranda	Jazmín	Kennedy
Sigla	MAM	MOV	FTB	PTE	JAZ	KEN
Estación	Carvajal -Sevillana	Bosa	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme
Sigla	CSE	BOS	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.

6.1. 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.

6.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-1 se observan los promedios anuales de PM₁₀ registrados por las estaciones de la RMCAB durante el 2020, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma, y en la Figura 6-1 se representan los promedios anuales de PM₁₀ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. Solamente la estación Carvajal-Sevillana excedió el valor de la norma anual (50 µg/m³), con un promedio de 64.0 µg/m³, siendo además la concentración más alta registrada en la ciudad; por otro lado, las estaciones Centro de Alto Rendimiento y MinAmbiente, en la zona central de la ciudad, registraron las concentraciones más bajas, con 21.6 y 20.6 µg/m³ respectivamente.

Con respecto a las excedencias 24h, la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de datos sobre la norma con 101 registros, seguida de la estación Bolivia con 13 excedencias, y Móvil 7ma con 12 excedencias. Las estaciones Bolivia, Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín, Usme y Usaquén registraron menos del 75% de datos válidos en el 2020; en las cinco primeras estaciones debido a que entraron en funcionamiento en el mes de octubre de 2020, y Usaquén debido a que se invalidaron gran parte de los datos por comportamiento atípico de los mismos.

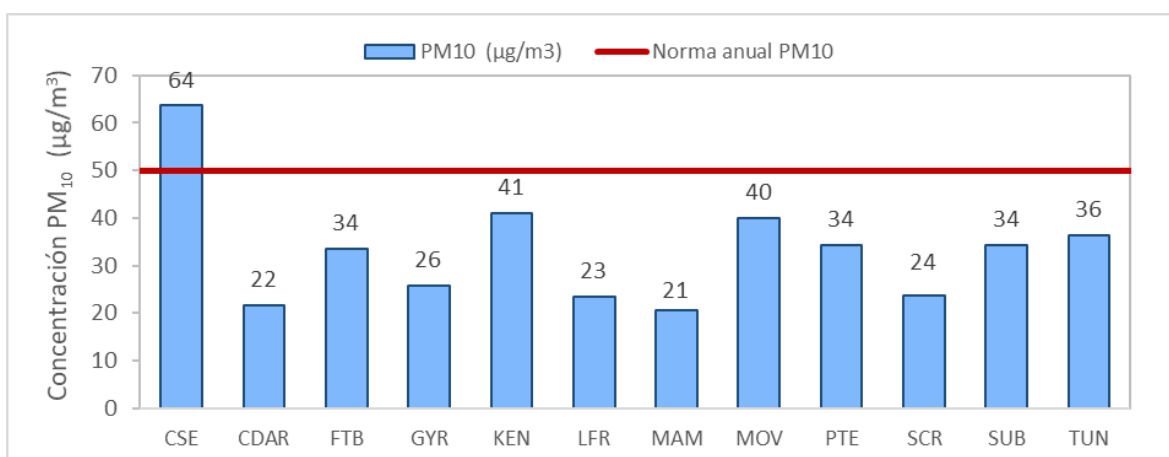


Figura 6-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2020

Tabla 6-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM₁₀ – Año 2020

Estación	Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	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					Norma anual: 50 µg/m ³ Norma diaria: 75 µg/m ³				
BOL*	55.3	19%	94.7	13	LFR	23.5	92%	86.9	2
BOS*	37.3	19%	66.7	0	MAM	20.6	90%	95.8	1
CSE	63.6	96%	172.4	101	MOV	40.0	98%	124.5	12
CDAR	21.6	96%	84.1	1	PTE	34.2	95%	112.5	5
CBV*	43.8	21%	91.6	3	SCR	23.6	95%	108.4	3
FTB	33.6	95%	108.7	4	SUB	34.2	97%	95.7	10
GYR	25.7	94%	93.1	1	TUN	36.5	99%	114.2	8
JAZ*	32.3	25%	68.4	0	USQ*	23.9	43%	61.5	0
KEN	41.1	99%	104.7	9	USM*	30.4	25%	55.1	0

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

En la Figura 6-2 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de PM₁₀ por estación para el año 2020, 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 suroccidental de la ciudad, en la intersección de las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, con un rango de concentraciones entre 50 y 64 µg/m³, seguidas de la zona occidental y norte con variación de concentraciones entre 31 y 36 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron hacia el centro y suroriente de la ciudad, con concentraciones menores a 30 µg/m³. La distribución espacial de las concentraciones se mantuvo similar a los años anteriores, teniendo en cuenta que en el 2020 hubo cambios en el funcionamiento de las fuentes de emisión en la ciudad.

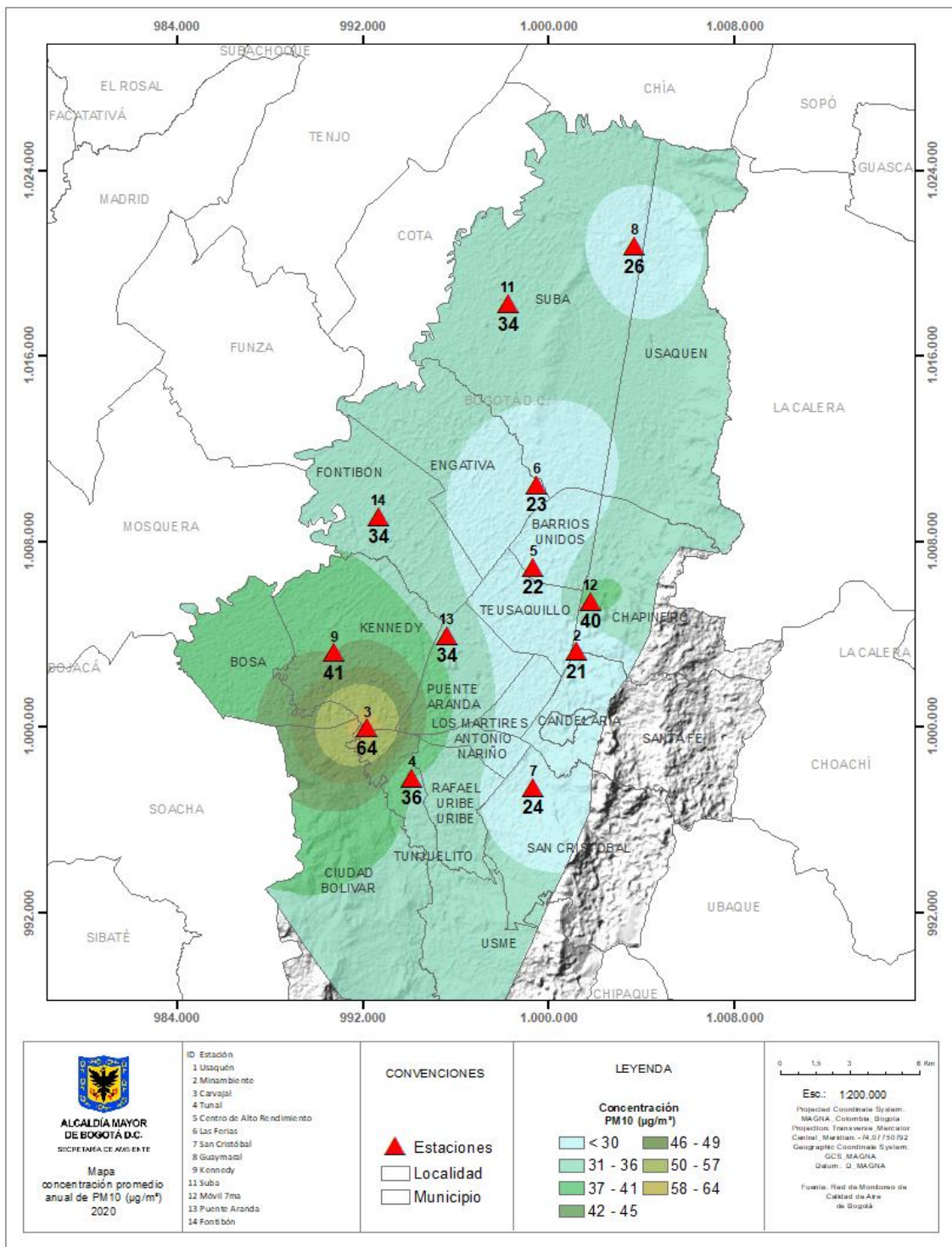


Figura 6-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging

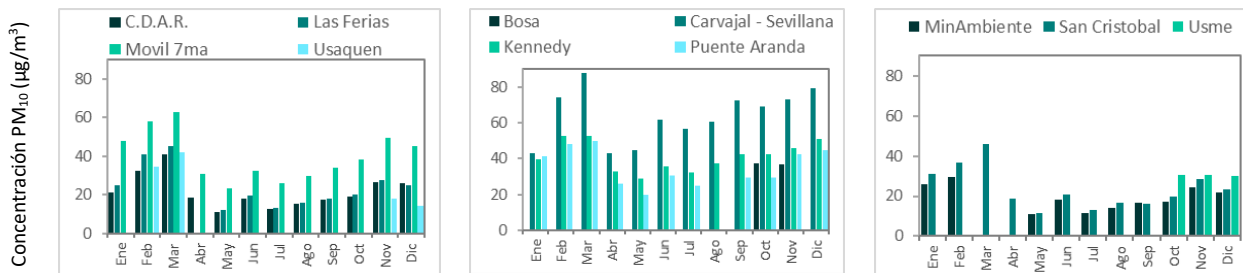
6.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

La Figura 6-3 muestra el comportamiento de las concentraciones mensuales de PM₁₀ por cada estación de monitoreo. Se observa que las concentraciones se incrementaron notablemente en los tres primeros meses del año, alcanzando las concentraciones más altas en marzo, luego hubo un descenso importante en los meses de abril y mayo, debido a las restricciones de movilidad y de actividad en el marco de las acciones contra la propagación del COVID-19. Desde el mes de junio se evidenció un aumento gradual de las concentraciones hasta el mes de diciembre, siendo los dos últimos meses del año los que registraron concentraciones más altas en el segundo semestre del año.

Las estaciones del sur y suroccidente (especialmente Carvajal-Sevillana) registraron las concentraciones más altas en la ciudad a lo largo del año, mientras que los valores más bajos se observaron en las estaciones del centro y sureste. Al noroccidente la estación Bolivia registró las concentraciones más altas de la zona debido a la posible influencia de obras de adecuación ejecutadas en la PTAR Salitre.

En la Figura 6-4 se evidencia el comportamiento del contaminante PM₁₀ durante una semana y un día típico del año para cada estación de monitoreo. Las concentraciones más altas se observaron el martes, con una disminución ligera hacia el jueves, y un descenso más evidente hasta el domingo, día que registró las concentraciones más bajas en la semana. En este año se observó una reducción de la acumulación de las concentraciones a lo largo de la semana, adicionalmente en las estaciones que registraron bajas concentraciones hubo una menor variación de las concentraciones a lo largo de la semana.

En la Figura 6-5 se observa la variación horaria de las concentraciones de PM₁₀ en un día promedio para el año 2020. En la mayoría de las estaciones de monitoreo el comportamiento durante el día fue similar, las concentraciones más bajas se evidencian en la madrugada hasta las 6 de la mañana, hay un incremento notable desde las 7 a.m. y se alcanza el pico más alto entre las 8 y las 9 a.m. Después se reducen gradualmente y se mantienen estables para las estaciones del sur y del norte de la ciudad. En la zona occidental de la ciudad se observó un aumento leve hacia las 9 p.m., y luego descienden nuevamente. Solamente en Bolivia se observó un comportamiento atípico en el cual las concentraciones ascienden gradualmente desde medio día, por lo cual la influencia de las fuentes de emisión predominaba en la tarde, a diferencia de las demás estaciones, en las cuales las condiciones de variación de temperatura y reducción de la velocidad del viento en la mañana inciden para que se acumule mayor contaminación en la hora de mayor actividad vehicular de la mañana.



Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

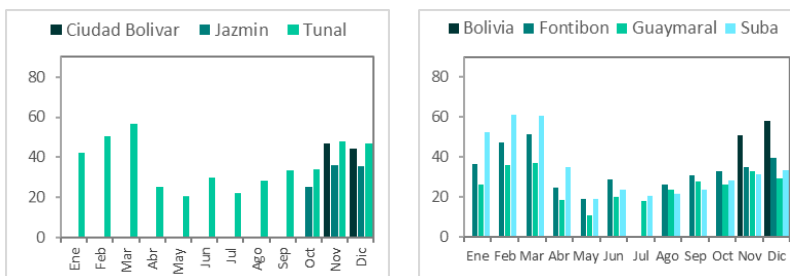


Figura 6-3 Concentraciones mensuales de PM₁₀ por estación – Año 2020

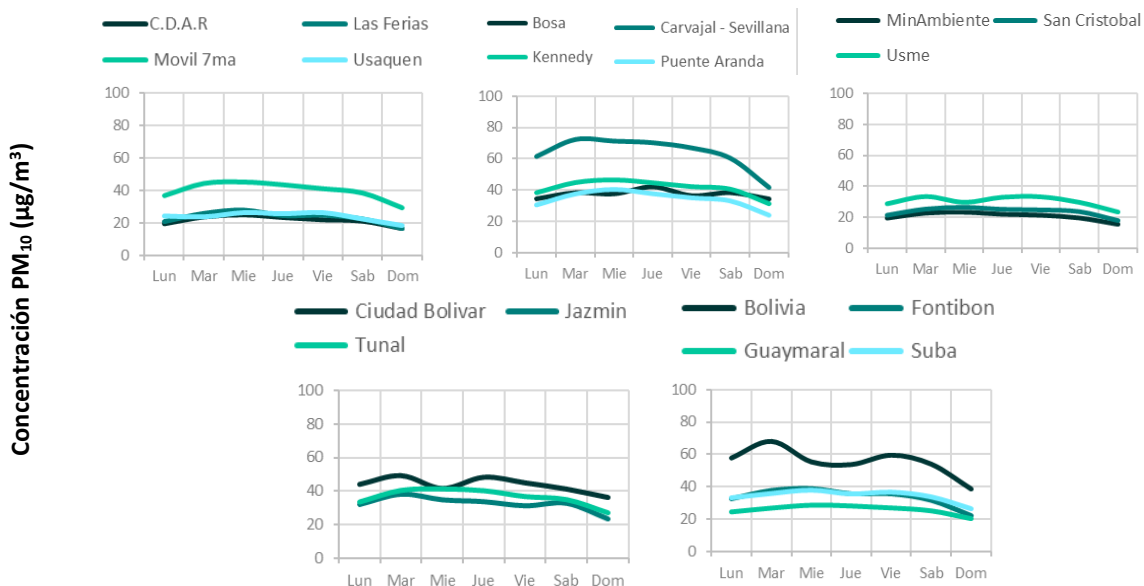


Figura 6-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM₁₀ – Año 2020

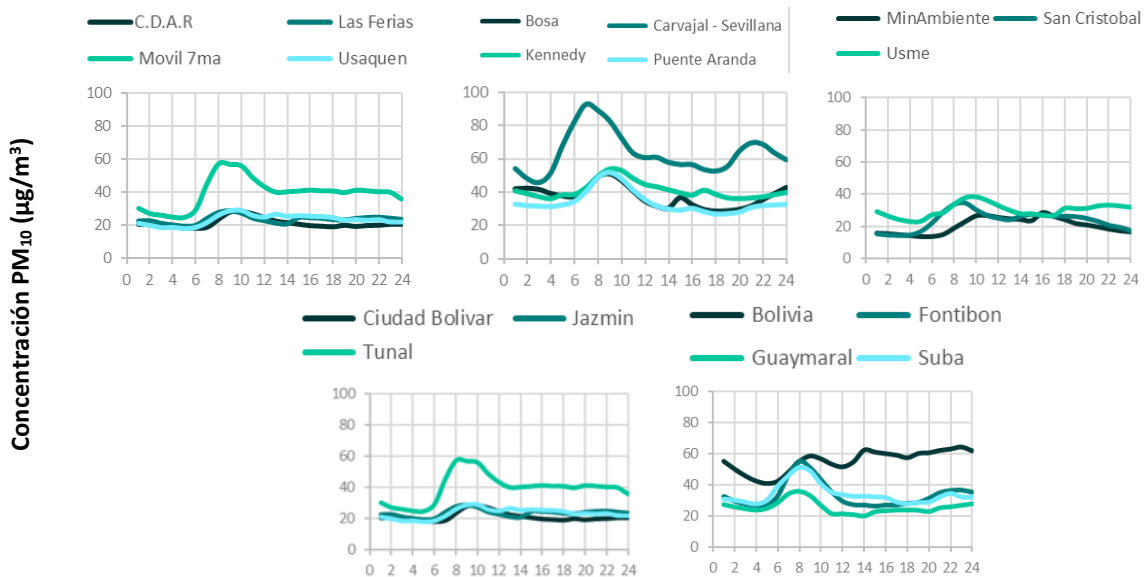


Figura 6-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀ – Año 2020

6.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

Los promedios anuales de concentración de PM₁₀ para los años 2016 a 2020 se muestran en la Figura 6-6. Se observa una tendencia a la reducción de las concentraciones con el paso de los años, con lo cual todas las estaciones a excepción de Carvajal-Sevillana cumplen con el nivel máximo permisible desde 2018. En las estaciones Carvajal-Sevillana, Tunal y Guaymaral se observó un aumento de la concentración respecto al 2019, siendo más evidente en la primera estación con un incremento de 8 µg/m³ en el 2020. El registro anual más alto de PM₁₀ de los últimos cinco años se presentó en Carvajal-Sevillana en el año 2016 (76 µg/m³), y el más bajo en la estación MinAmbiente en el año 2020 (21 µg/m³).

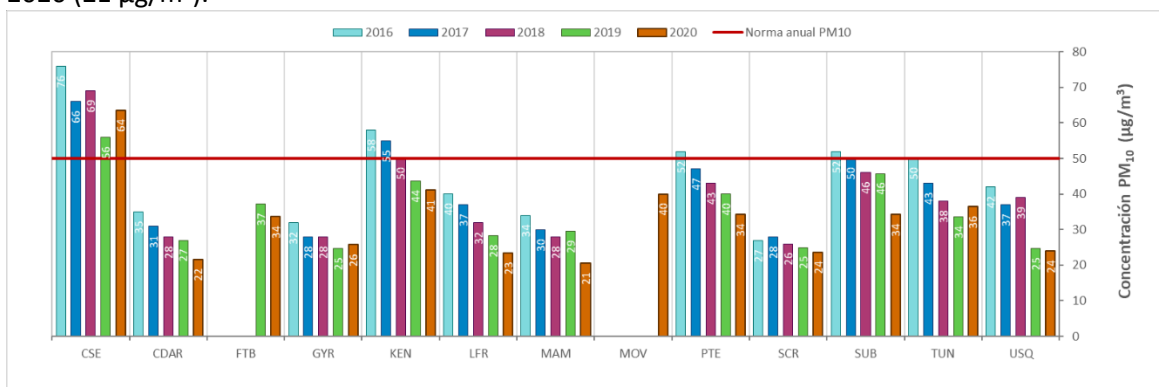


Figura 6-6 Concentraciones anuales de PM₁₀ años 2016 a 2020

6.2. 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.

6.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-2 se relacionan los promedios anuales de PM_{2.5} registrados en el año 2020, los valores máximos, porcentaje de datos válidos y excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal diaria, y en la Figura 6-7 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 estación Carvajal-Sevillana con 29.2 µg/m³, hacia el suroccidente de la ciudad, mientras que la concentración anual más baja se evidenció en San Cristóbal, con 12.1 µg/m³ en la zona suroriente.

En relación con las excedencias a la norma diaria (37 µg/m³), la estación Carvajal-Sevillana registró el mayor número de datos diarios sobre el límite máximo, con 80 datos, seguida de la estación Móvil 7ma con 41 datos. Las estaciones Bolivia, Bosa, Jazmín y Usme no registraron excedencias de PM_{2.5}.

Los monitores de PM_{2.5} de las estaciones Bolivia, Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme registraron menos del 75% de datos válidos durante el año 2020, debido a que dichas estaciones fueron

instaladas hasta el mes de octubre de 2020. Por ello los promedios estimados son indicativos, ya que solo representan una parte del comportamiento del contaminante durante el año.

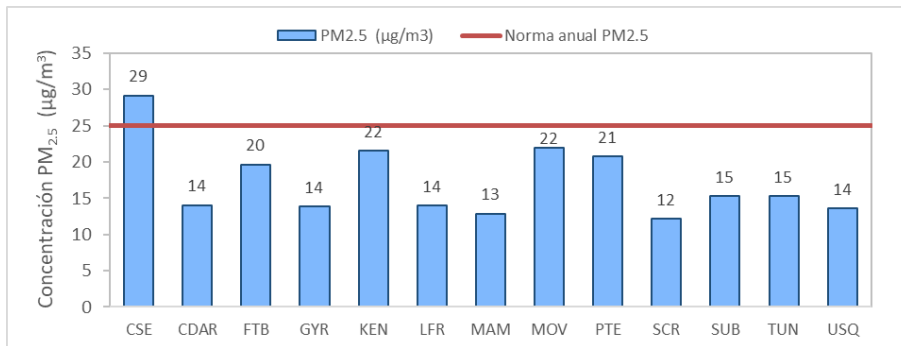


Figura 6-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2020

Tabla 6-2. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM_{2.5} – Año 2020

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*	17.6	19%	28.3	0
BOS*	15.6	19%	32.4	0
CSE	29.2	94%	71.8	80
CDAR	14.0	97%	53.5	10
CBV*	22.6	21%	48.3	4
FTB	19.7	94%	60.9	17
GYR	13.9	98%	50.0	8
JAZ*	15.7	23%	36.6	0
KEN	21.6	100%	63.3	26

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				
LFR	14.0	91%	57.0	10
MAM	12.9	99%	46.9	7
MOV	22.0	99%	66.0	41
PTE	20.8	100%	60.8	25
SCR	12.1	90%	46.3	6
SUB	15.3	96%	56.5	10
TUN	15.3	99%	56.5	9
USQ	13.6	98%	53.6	11
USM*	15.1	20%	36.6	0

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

En la Figura 6-8 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de PM_{2.5} para 2020, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Según esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en la zona suroccidental, en donde confluyen las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, con concentraciones entre 24 y 29 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron al oriente de la ciudad, con valores entre 12 y 16 µg/m³. La distribución espacial del PM_{2.5} es similar a la del PM₁₀, en la cual las mayores concentraciones suelen registrarse hacia el occidente de la ciudad y las más bajas en el oriente, esto se debe principalmente a la influencia de la dirección del viento, que tiende a ser de oriente a occidente durante la mayor parte del tiempo, además de las variaciones de temperatura y precipitación que inciden en una mayor dispersión y remoción de contaminantes en la zona oriental de la ciudad.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

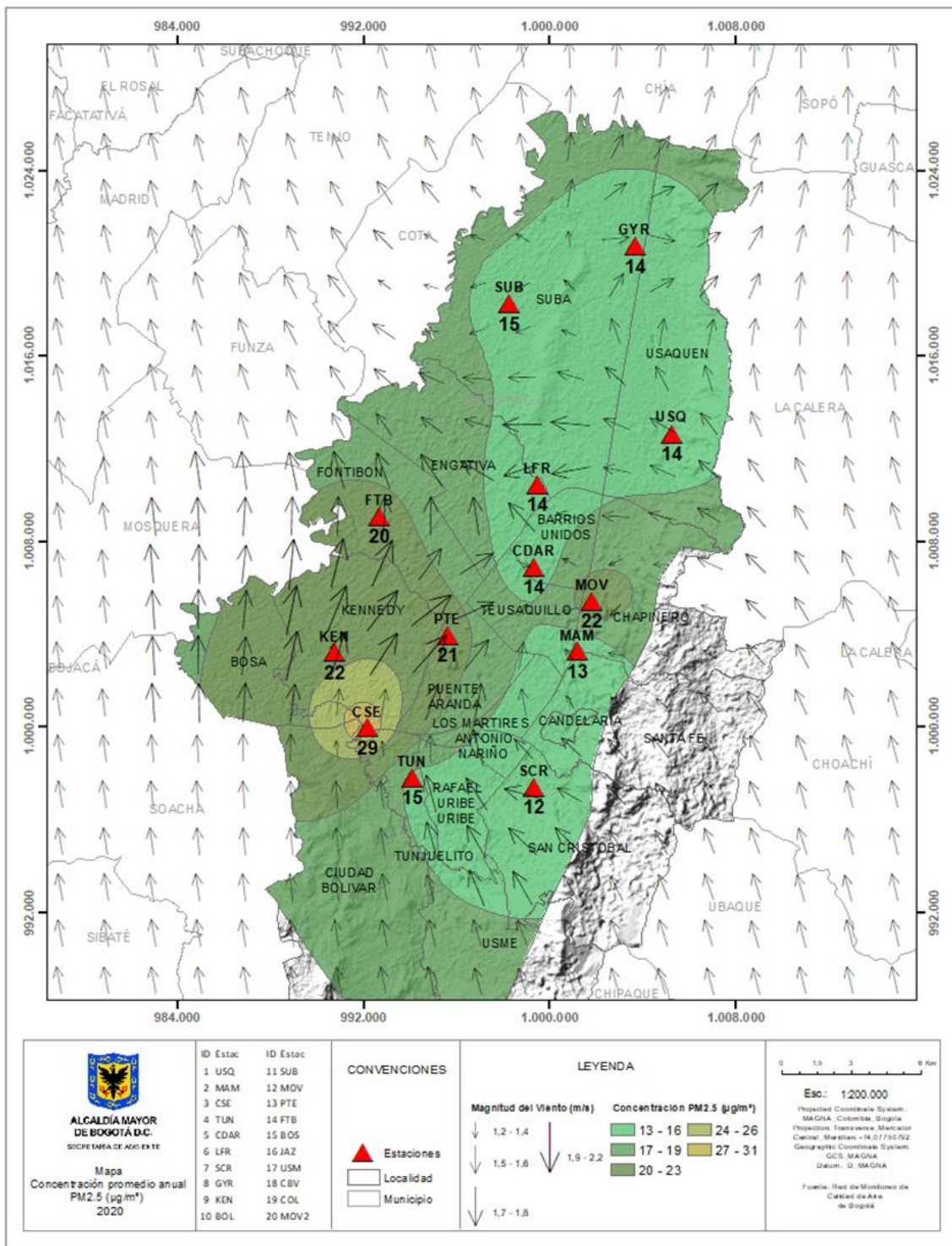


Figura 6-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging

6.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL $PM_{2.5}$ POR ESTACIÓN

Durante el año 2020, se evidenciaron cambios en las concentraciones a lo largo del año, de acuerdo con las variaciones en los parámetros meteorológicos y el comportamiento de las fuentes de emisión (Figura 6-9). En los primeros tres meses se registraron las concentraciones más altas, siendo los valores del mes de marzo los más altos del año, después hubo un descenso pronunciado hasta el mes de julio en la mayoría de las estaciones, y a partir de este mes hubo un incremento gradual hasta diciembre. Los promedios mensuales más altos se evidenciaron en la zona suroccidente, y en las estaciones Móvil 7ma y Ciudad Bolívar, y los más bajos en la zona norte, en las estaciones Suba y Guaymaral.

Las concentraciones elevadas en el primer trimestre de 2020 estuvieron influenciadas por las condiciones meteorológicas que desfavorecieron la dispersión de contaminantes y por el transporte de contaminantes provenientes de los incendios forestales del oriente del país y de Venezuela, registrando concentraciones altas de material particulado hasta mediados de abril. En los siguientes meses se evidenció en mayor medida el efecto de las restricciones a la movilidad y a varias actividades comerciales e industriales en la ciudad y en los municipios aledaños, además del mejoramiento en las condiciones meteorológicas para la dispersión de contaminantes.

El comportamiento de una semana promedio se observa en las gráficas de la Figura 6-10. Al igual que las concentraciones de PM_{10} , se observa que las concentraciones fueron más altas el martes, permanecieron relativamente estables hasta el jueves y descendieron en los viernes, sábados y domingos. Cabe resaltar que para las estaciones nuevas instaladas en 2020 el comportamiento corresponde solamente al último trimestre del año, por lo cual las variaciones en las concentraciones pueden tener un patrón diferente al de las demás estaciones de la misma zona.

En la Figura 6-11 se representa el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en un día promedio de 2020. Al inicio del día se registran las concentraciones más bajas, y empiezan a incrementarse hacia las 6 a.m., evidenciando los datos más altos entre las 8 y las 9 a.m. En la estación Carvajal-Sevillana este aumento se observa desde las 6 de la mañana, ya que la afluencia de tráfico inicia antes que en otras zonas de la ciudad. Posteriormente las concentraciones descienden y se mantienen estables durante la tarde, y se incrementan en menor proporción hacia las 8 p.m., cuando hay un aumento en el tráfico por el retorno de las personas a sus viviendas. Las estaciones de monitoreo ubicadas cerca de vías de alto tráfico registran las concentraciones más elevadas en cada zona de la ciudad, tales como la Autopista Sur (Carvajal-Sevillana) y Carrera 7ma (Móvil 7ma).

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

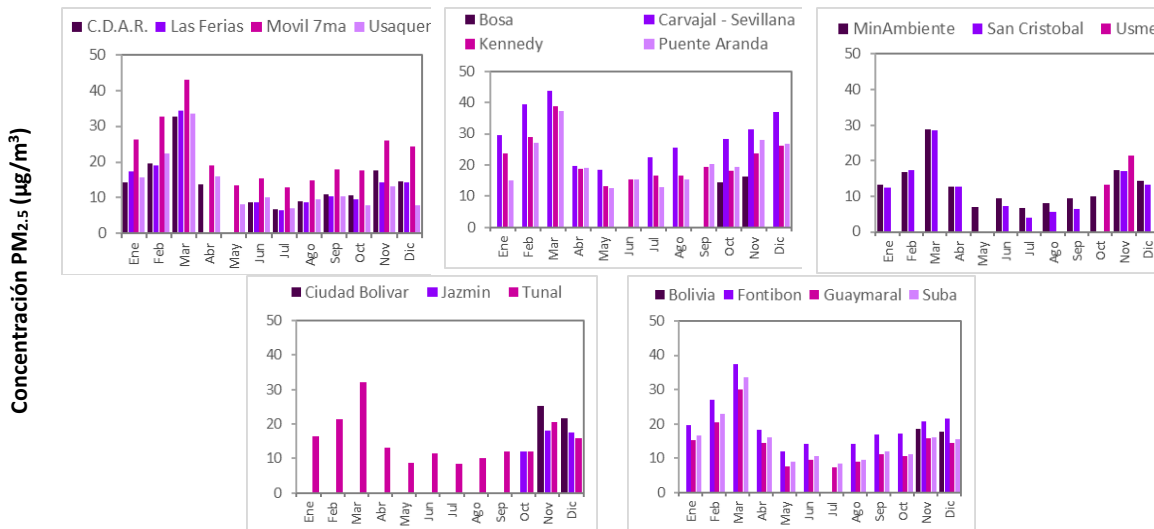


Figura 6-9 Concentraciones mensuales de $PM_{2.5}$ por estación – Año 2020

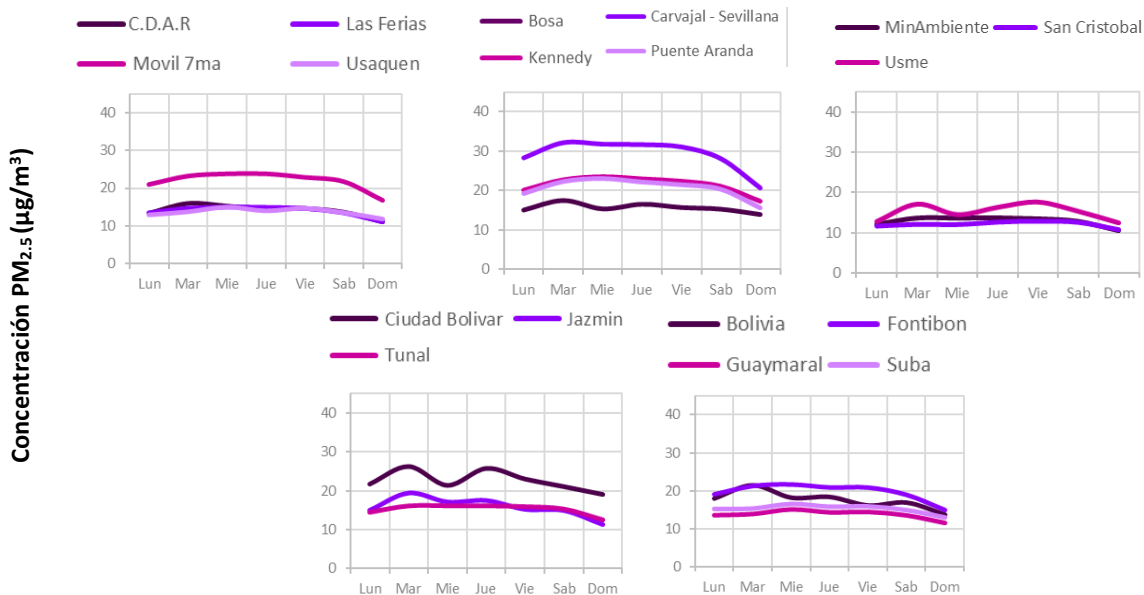
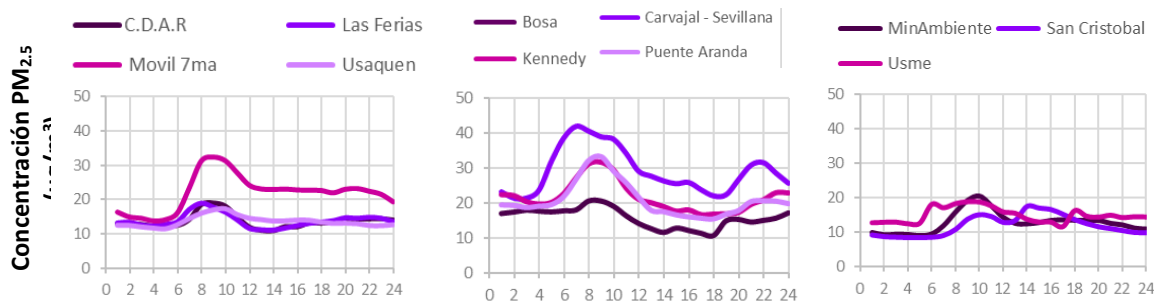


Figura 6-10 Comportamiento diario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2020



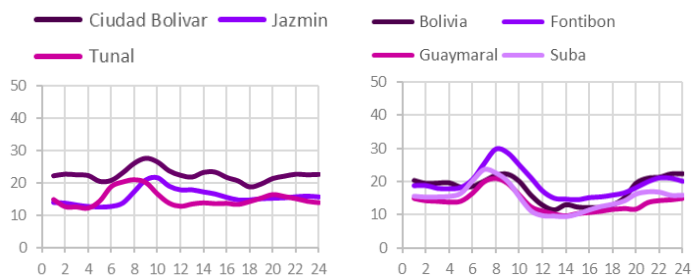


Figura 6-11 Comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2020

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

En la Figura 6-12 se representan los promedios anuales de $PM_{2.5}$ para los años 2016 a 2020. Se observa que las concentraciones del año 2020 en general fueron menores o similares a las de los años anteriores, y a excepción de Carvajal-Sevillana, se han mantenido las concentraciones anuales por debajo del nivel máximo permisible ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En la estación Fontibón se observó el aumento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto al 2019, y en Puente Aranda se evidenció un incremento de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación con el 2018. Las restricciones en las actividades de la ciudad y en la circulación de vehículos incidieron en la reducción generalizada de las concentraciones de $PM_{2.5}$, sin embargo, el primer trimestre del año la ciudad tuvo condiciones normales de funcionamiento y además hubo influencia en las concentraciones de material particulado provenientes de incendios forestales, por lo cual no se ha evidenciado una tendencia a la reducción de las concentraciones generalizada en la ciudad.

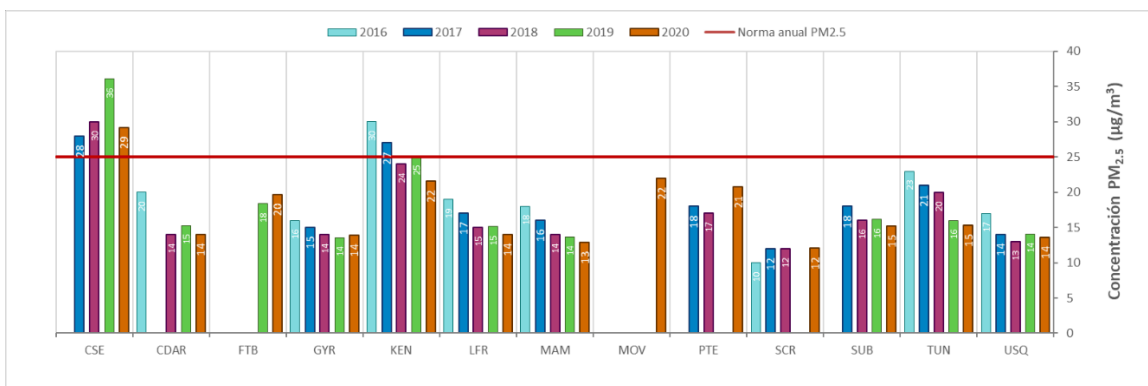


Figura 6-12 Concentraciones anuales de $PM_{2.5}$ años 2016 a 2020

6.3. OZONO (O_3)

El O_3 es un gas azul pálido que existe en las capas altas 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.

6.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-3 contiene los promedios anuales de concentración de ozono para el año 2020, 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, y en la Figura 6-13 se observan las concentraciones promedio anual de 2020 para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. De acuerdo con lo anterior, se observa que la concentración anual más alta se registró en la estación Kennedy, con 36.410 µg/m³, mientras que la concentración más baja se obtuvo en la estación Puente Aranda, con 17.592 µg/m³.

La estación Centro de Alto Rendimiento registró el mayor número de excedencias, con 133 datos sobre la norma para un tiempo de exposición 8 horas, seguida de Kennedy con 99 excedencias. Las estaciones que iniciaron su funcionamiento en octubre de 2020 (Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme) registraron entre el 20 y el 24% de representatividad temporal de los datos.

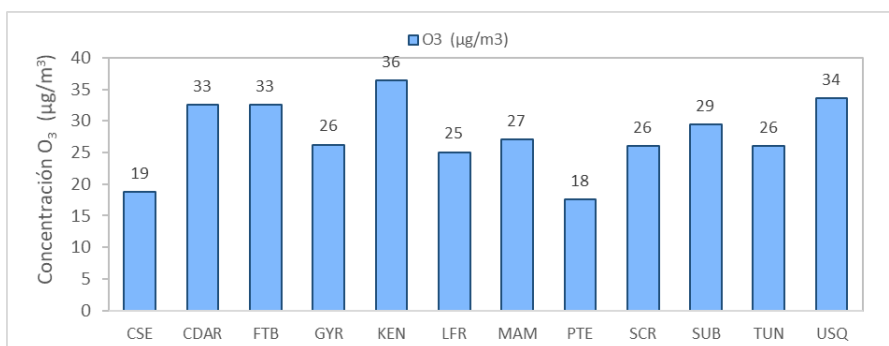


Figura 6-13 Concentraciones promedio anual de O₃ – Año 2020

Tabla 6-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O₃ – Año 2020

Estación	Prom. anual O ₃ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced . 8h	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					Norma media móvil 8 horas: 100 µg/m³				
BOS*	25.961	20%	84.317	0	LFR	25.056	98%	95.083	0
CSE	18.744	81%	86.475	0	MAM	27.079	90%	123.508	12
CDAR	32.586	95%	154.458	133	PTE	17.592	98%	92.582	0
CBV*	24.677	13%	67.934	0	SCR	26.043	98%	85.764	0
FTB	32.591	100%	135.378	38	SUB	29.468	97%	114.553	23
GYR	26.256	97%	136.065	30	TUN	26.048	85%	87.628	0
JAZ*	26.366	24%	86.573	0	USQ	33.574	80%	130.547	20
KEN	36.410	95%	132.729	99	USM*	25.549	24%	83.459	0

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

La Figura 6-14 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de O₃ registradas durante el 2020, 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. En la zona occidental y la zona nororiental de la ciudad se observaron concentraciones entre 29 y 34 µg/m³, en la zona de influencia de las estaciones Puente Aranda y Carvajal-Sevillana se observaron las concentraciones más bajas, menores a 19 µg/m³.

6.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

El comportamiento del O₃ para cada uno de los meses del año se presenta en la Figura 6-15. Se observa que las concentraciones se incrementaron en la mayoría de las estaciones en el mes de marzo 2020, siendo el promedio de la estación Centro de Alto Rendimiento el más alto del mes. Al norte de la ciudad y en la estación Kennedy también se observó un aumento notable de las concentraciones en relación con los meses previos. En los siguientes meses se observó un descenso en las concentraciones hasta obtener los valores más bajos en el mes de junio, y luego se registró un nuevo incremento hacia el mes de octubre, en el cual los registros más altos se observaron en Kennedy y Usaquén. Hacia final de año en algunas estaciones las concentraciones disminuyeron, mientras que en otras se mantuvieron en valores similares.

El comportamiento del ozono para una semana promedio en el 2020 (Figura 6-16) muestra que las concentraciones se incrementan con el paso de los días, aunque hay un ligero descenso el miércoles, y se incrementa nuevamente hasta alcanzar las concentraciones más altas los domingos. Adicionalmente, en la Figura 6-17 se observa el comportamiento de un día promedio en el 2020. Se observa que el contaminante se encuentra influenciado por la radiación solar, con lo cual las concentraciones más altas se registran entre las 12 y las 2 p.m., mientras que las concentraciones más bajas se evidencian entre las 8 p.m. y las 7 a.m.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

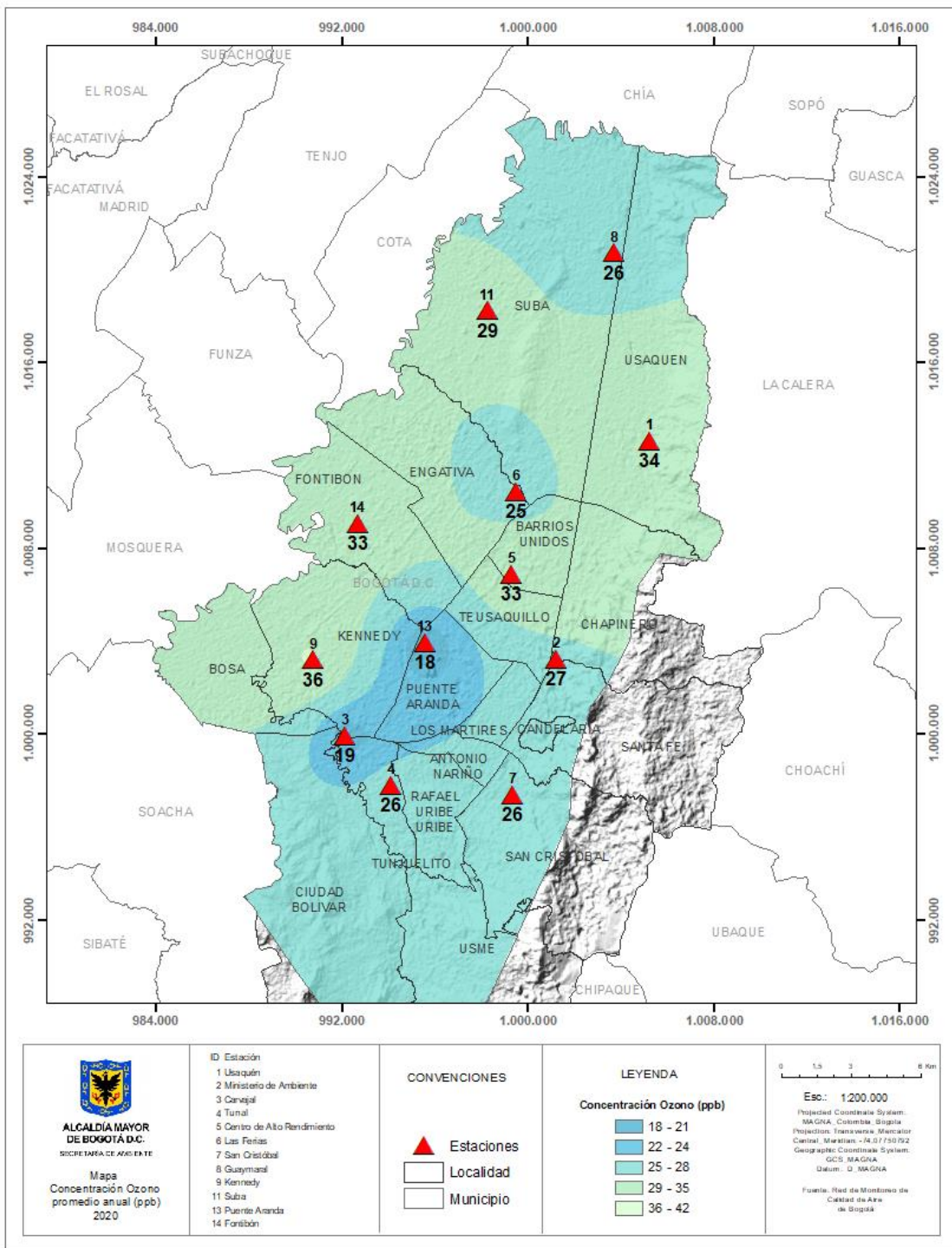


Figura 6-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O₃ del año 2020 con base en el método de interpolación Kriging

En la Figura 6-17 también se observa el comportamiento del O₃ en un día promedio del año 2020. Los niveles de concentración se hallan influenciados por la variación de la radiación solar durante el día, registrando los picos más altos hacia la 1 p.m. En la mañana las concentraciones son bajas, y descienden hacia las 6 a.m., por influencia en el aumento de las concentraciones de NO₂, aumentan hasta el pico después de mediodía, y descienden nuevamente tras la reducción de la radiación solar.

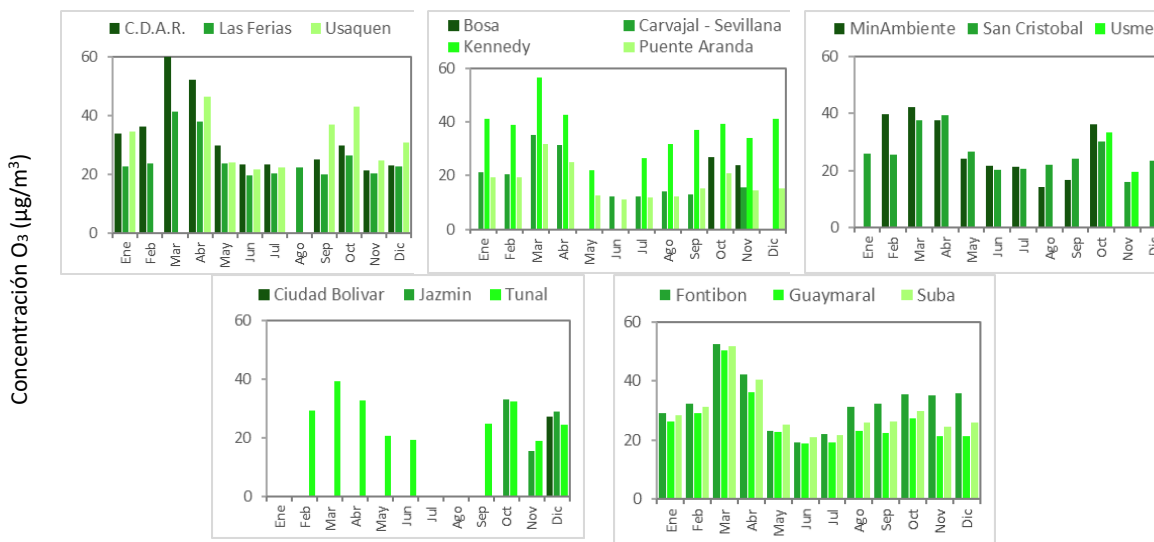


Figura 6-15. Concentraciones mensuales de O₃ por estación – Año 2020

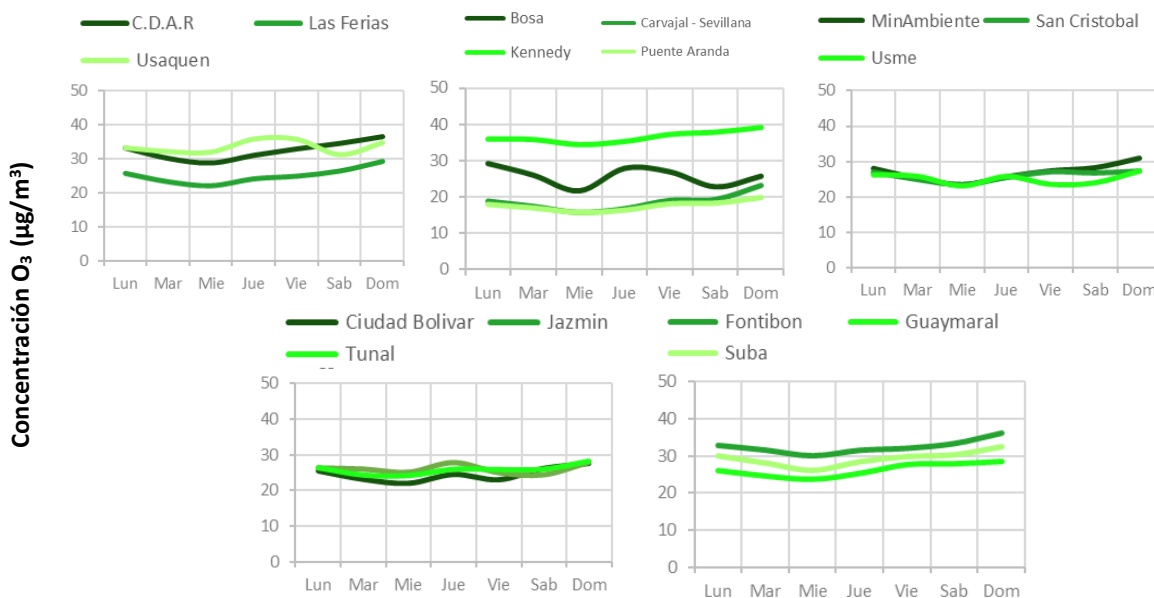


Figura 6-16. Comportamiento diario de las concentraciones de O₃ – Año 2020

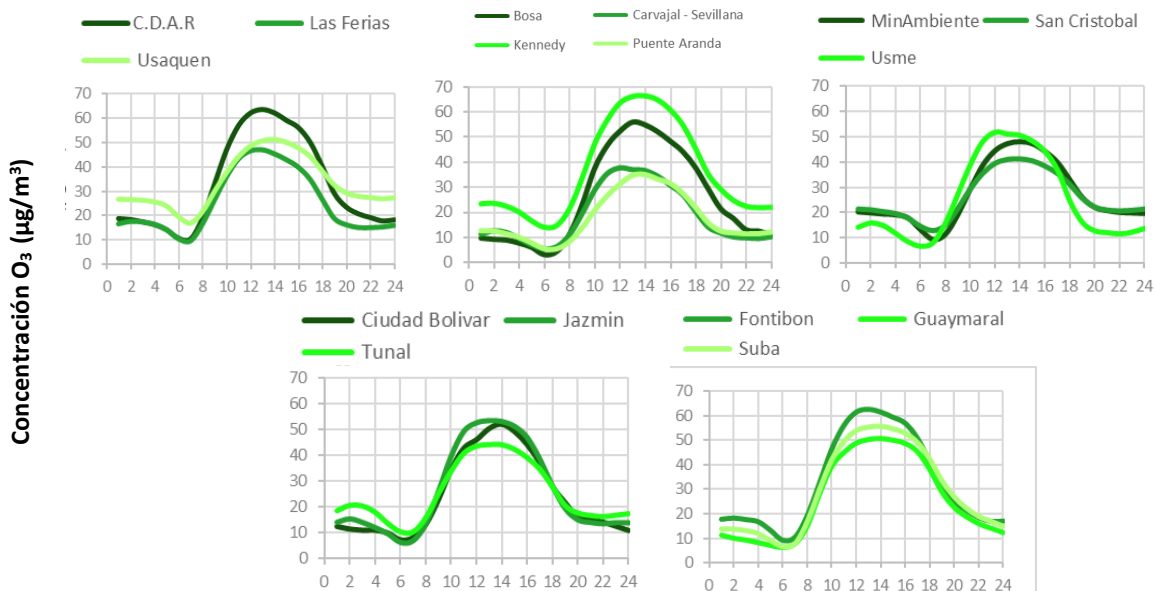


Figura 6-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ – Año 2020

6.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O₃ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-18 se observan las concentraciones anuales de O₃ para los años 2016 a 2020. Se evidencia que hay una tendencia al incremento de las concentraciones de este contaminante en la mayoría de las estaciones, siendo los aumentos más notables en Fontibón y Kennedy con 9 y 8 µg/m³ respectivamente con relación al 2019. Las concentraciones más altas en este periodo se registraron en Usaquén (38 µg/m³ en 2016) y en Kennedy (36 µg/m³ en 2020). Las concentraciones han variado en el tiempo, influenciadas por los cambios en las variables meteorológicas de cada época del año y por la variación en las concentraciones de los precursores de ozono.

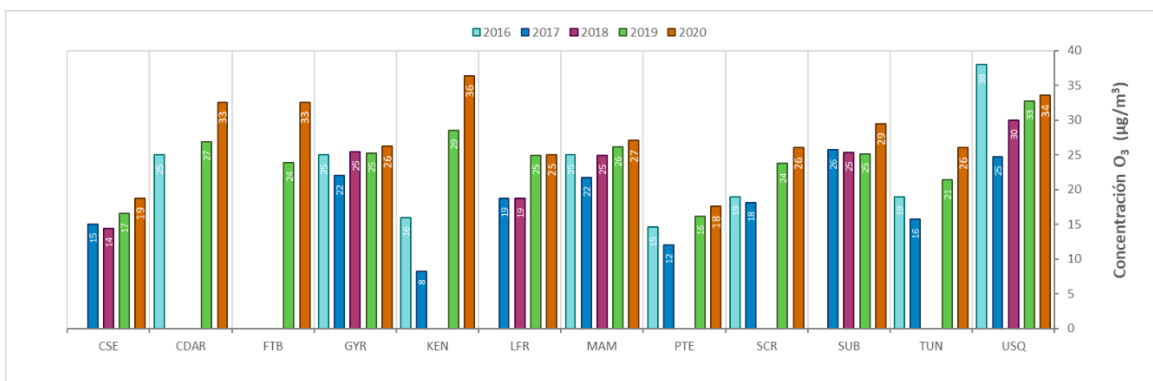


Figura 6-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2016 a 2020

6.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El NO₂ es uno de los gases de los óxidos de nitrógeno. Es un gas 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.

6.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-4 resume los parámetros calculados de concentraciones promedio anuales de NO₂ para el año 2020, porcentaje de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias a la norma horaria, y la Figura 6-19 muestra las concentraciones anuales de NO₂ para las estaciones con datos representativos. Se evidencia que los promedios anuales más altos se registraron en la zona suroccidental, en las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy, con 46.8 y 33.9 µg/m³ respectivamente, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en Guaymaral y Suba, con 19.7 y 22.0 µg/m³.

Durante el año 2020 no se registraron excedencias a la norma horaria (200 µg/m³). Los analizadores de NO₂ de las estaciones Bolivia, Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín, San Cristóbal, Usaquén y Usme registraron menos del 75% de representatividad temporal debido a que se instalaron en el mes de octubre de 2020.

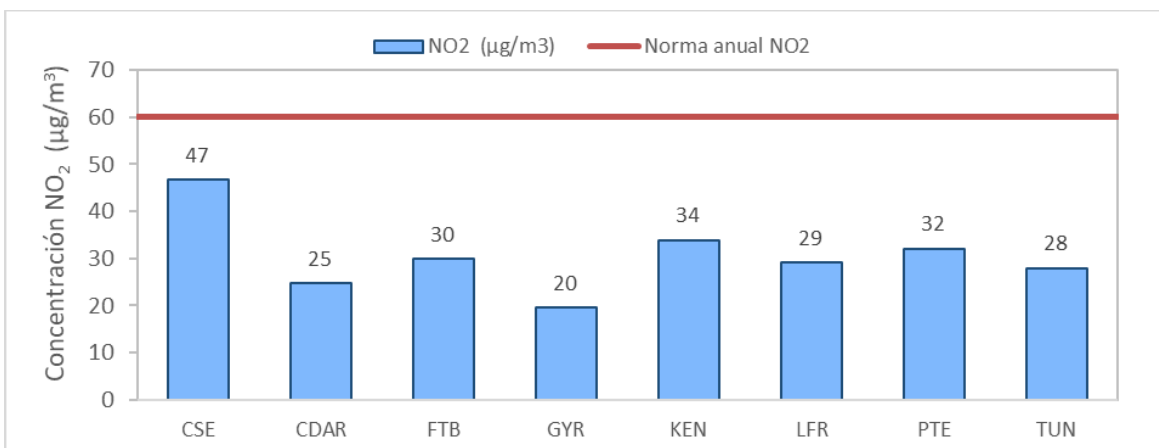


Figura 6-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2020

Tabla 6-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO₂ – Año 2020

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*	30.2	17%	85.7	0
BOS*	20.5	19%	87.3	0
CSE	46.8	82%	148.9	0
CDAR	24.7	95%	126.6	0
CBV*	29.3	21%	108.5	0
FTB	29.8	100%	120.9	0
GYR	19.7	92%	84.2	0
JAZ*	37.0	25%	139.9	0

Estación	Prom. anual NO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced . 1h
Norma anual: 60 µg/m³ Norma horaria: 200 µg/m³				
KEN	33.9	99%	121.1	0
LFR	29.2	97%	130.9	0
PTE	32.1	95%	177.7	0
SCR*	28.8	21%	147.2	0
SUB*	22.0	19%	74.5	0
TUN	27.9	88%	168.1	0
USQ*	25.1	22%	87.1	0
USM*	32.3	25%	126.9	0

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

6.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 6-20 muestra las concentraciones mensuales de NO₂ en el año 2020 para cada estación de monitoreo. Se evidencia que las concentraciones se incrementaron gradualmente en los primeros meses del año, alcanzando los niveles más altos en el mes de marzo. Luego los valores descendieron hasta el mes de junio, sin embargo, en estaciones como Carvajal-Sevillana y Fontibón se observó un aumento gradual de las concentraciones desde el mes de mayo. En el segundo semestre hubo una tendencia al incremento de las concentraciones, registrando los niveles más altos del año en el último trimestre. Esto se debe posiblemente a la reactivación de las fuentes móviles desde la mitad del año, principalmente para el transporte de bienes de primera necesidad y parte del transporte público. En el último trimestre del año la actividad de las fuentes de emisión fue mayor por la reactivación de actividades y eventos de fin de año, por lo cual se pudo incrementar el aporte a las emisiones de dióxido de nitrógeno.

El comportamiento del NO₂ de una semana promedio en el año 2020 se representa en la Figura 6-21. Las concentraciones al inicio de la semana son bajas, y se incrementan hacia el martes y miércoles, disminuyen gradualmente hasta el viernes y se incrementan ligeramente el sábado, con lo cual se reducen nuevamente el domingo. En relación con el comportamiento horario en un día promedio del 2020 (Figura 6-22), se evidencian dos picos marcados de concentración, a las 7 a.m. y a las 8 p.m. Las concentraciones más bajas se registran en la madrugada, y a partir de las 6 a.m. se incrementan las concentraciones, y se reducen nuevamente hasta las 10 a.m. Luego descienden los niveles a los valores más bajos del día, y se incrementan nuevamente hacia las 6 p.m.; este segundo pico perdura hasta las 10 p.m., y finalmente vuelven a descender. Estas variaciones están notablemente influenciadas por el comportamiento de las fuentes móviles en la ciudad, ya que en horas de la mañana y al final de la tarde se aumenta el tráfico vehicular por el tránsito de personas hacia y desde sus lugares de trabajo.

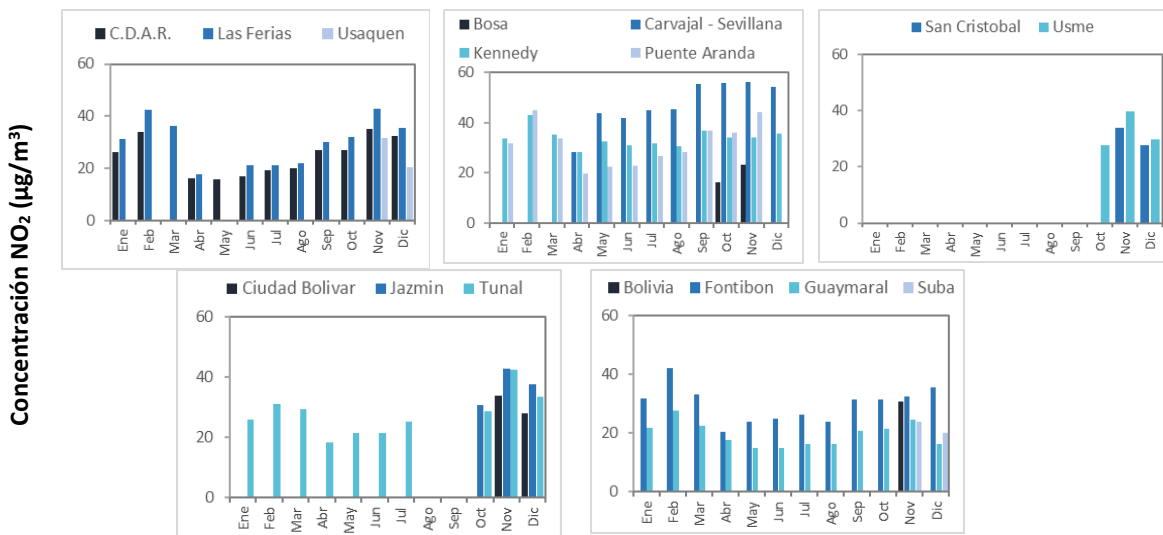


Figura 6-20 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2020

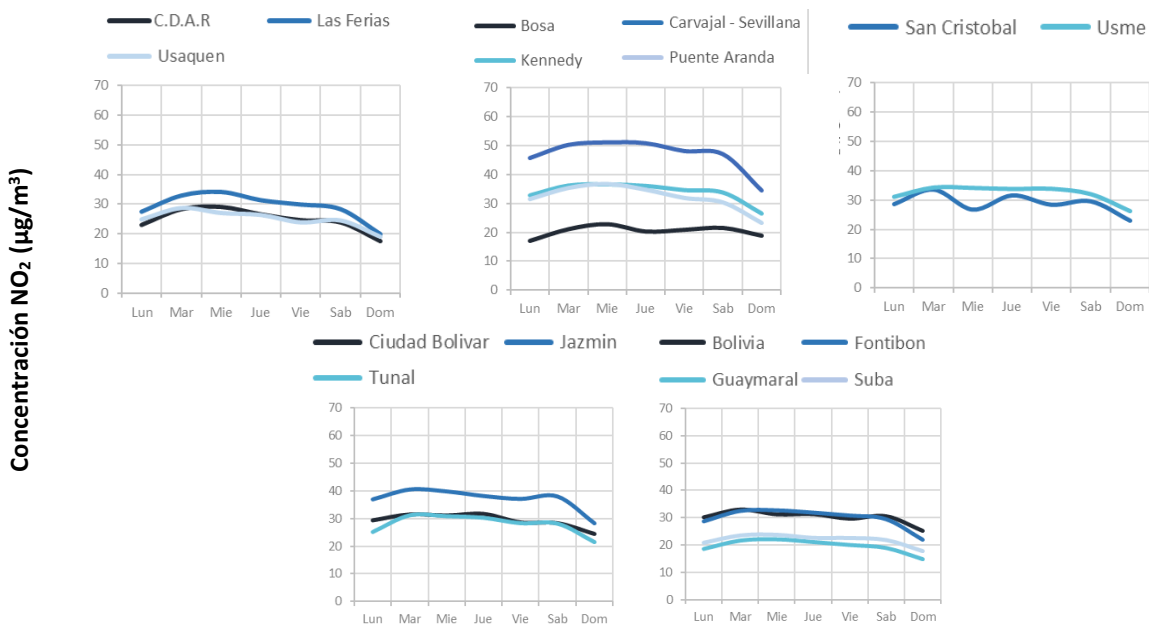
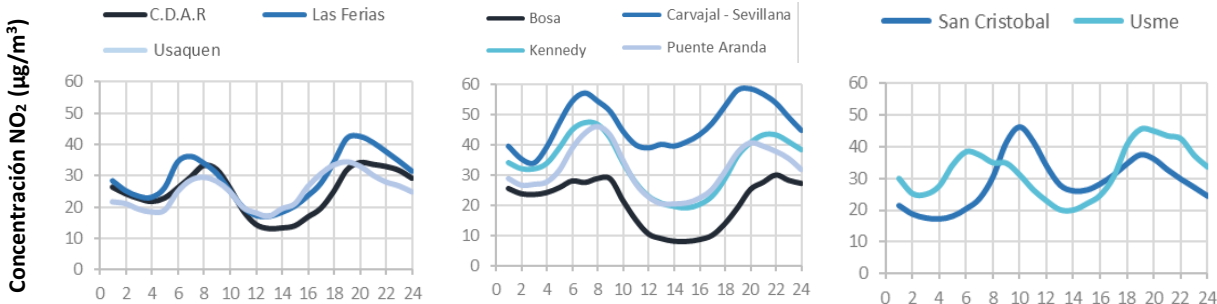


Figura 6-21 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2020



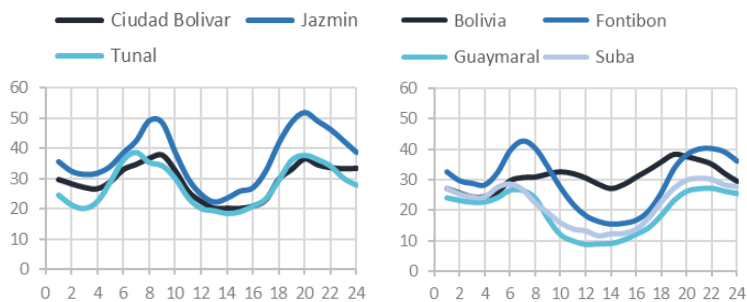


Figura 6-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2020

6.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-23 se representan las concentraciones promedio anual de NO₂ de los años 2016 a 2020 y la comparación con los límites máximos permisibles hasta 2017 (100 µg/m³) y desde 2018 (60 µg/m³). Se observa que las concentraciones promedio anual en este periodo han permanecido por debajo de los niveles máximos permitidos, y la estación Carvajal-Sevillana ha registrado las concentraciones más altas de la ciudad, siendo el valor del año 2018 el más alto del periodo con 50 µg/m³. Por otro lado, la estación Guaymaral ha registrado las concentraciones más bajas en los últimos tres años, aunque el promedio anual más bajo se observó en Kennedy en el año 2017, con 11 µg/m³.

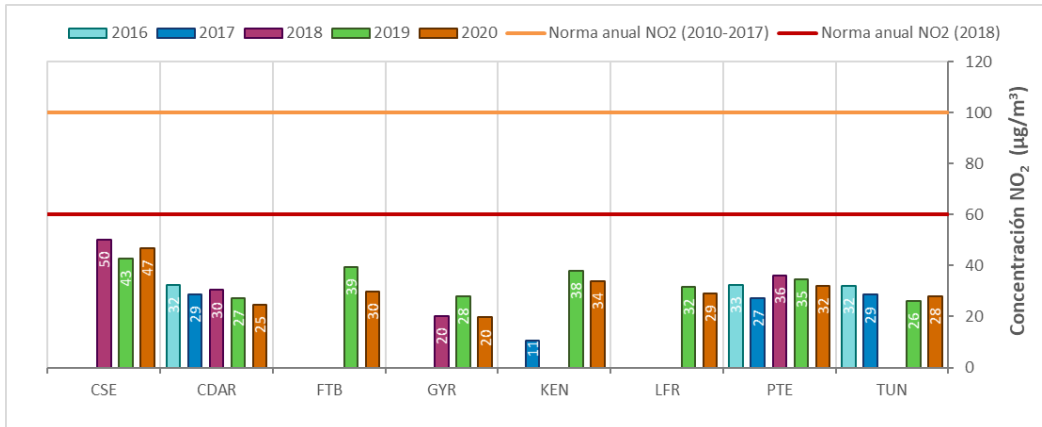


Figura 6-23 Concentraciones promedio anual de NO₂ - años 2016 a 2020

6.5. 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. 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 y generar lluvia ácida y material particulado secundario. La exposición permanente a este contaminante puede producir problemas respiratorios.

6.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-5 muestra las concentraciones promedio anual de SO₂ en el año 2020, concentraciones máximas, datos válidos y excedencias, y la Figura 6-24 representa las concentraciones promedio anual de SO₂ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. La estación Carvajal-Sevillana registró el promedio más alto de la ciudad, con 10.6 µg/m³, duplicando el valor observado en Kennedy y Tunal. Por otro lado, la estación Usaquén registró el promedio más bajo, con 1.7 µg/m³, seguida de Centro de Alto Rendimiento con 2.5 µg/m³.

Durante el año de 2020 se registraron 19 excedencias a la norma horaria (100 µg/m³), 12 en la estación Fontibón y 9 en Carvajal-Sevillana. Con relación a la norma diaria (50 µg/m³), no se registraron excedencias. Solamente los analizadores de SO₂ en las estaciones nuevas registraron menos del 75% de representatividad temporal, debido a que reportan datos desde octubre de 2020.

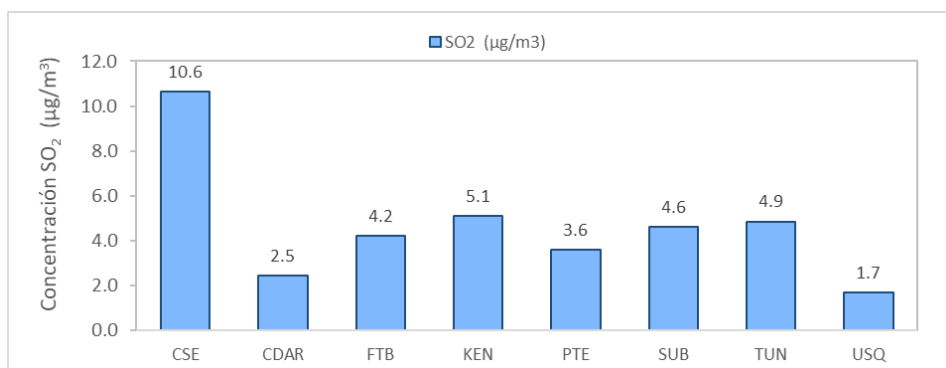


Figura 6-24 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2020

Tabla 6-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ – Año 2020

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
BOL*	2.4	19%	6.7	0	0
BOS*	5.4	18%	11.3	0	0
CSE	10.6	100%	42.1	0	7
CDAR	2.5	93%	8.8	0	0
CBV*	7.6	9%	13.4	0	0
FTB	4.2	98%	37.9	0	12
JAZ*	4.1	24%	8.7	0	0

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
KEN	5.1	99%	17.4	0	0
PTE	3.6	100%	12.9	0	0
SUB	4.6	97%	18.1	0	0
TUN	4.9	98%	14.0	0	0
USQ	1.7	86%	5.4	0	0
USM*	8.7	25%	15.4	0	0

6.5.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-25 se encuentran representados los promedios mensuales de concentración de SO₂ por estación. Se observó un comportamiento variable del contaminante de acuerdo con la zona de la ciudad. Hacia el norte y centro de la ciudad, las concentraciones permanecieron bajas a lo largo del año, evidenciando las concentraciones más bajas de la ciudad en Usaquén; al noroccidente y occidente de la ciudad las concentraciones fueron altas en el primer trimestre del año, y disminuyeron notablemente desde abril de 2020; en el sur y suroccidente se observaron incrementos de concentraciones en el primero y cuarto trimestre del año, siendo este último en el que observaron las concentraciones más altas. La estación Carvajal-Sevillana se destaca por registrar las mayores concentraciones de la ciudad en todos los meses del año, siendo el mes de octubre en el que se evidenció el promedio mensual más alto, con 18.0 µg/m³.

En la Figura 6-26 se observa el comportamiento del SO₂ en una semana del 2020. En las estaciones que registraron bajas concentraciones no se observan grandes variaciones del comportamiento a lo largo de la semana. En las estaciones Carvajal-Sevillana y Ciudad Bolívar se observó un incremento gradual del lunes al jueves, y luego un descenso en los días de fin de semana. En las demás estaciones del sur y suroccidente las concentraciones más altas se evidenciaron los martes, y un descenso gradual en los siguientes días.

El comportamiento del SO₂ en un día promedio se representa en la Figura 6-27, con un patrón similar para las estaciones que reportaron datos de SO₂. Se registraron bajas concentraciones entre la media noche y las 6 a.m., luego se observó un incremento notable hasta las 8 a.m., hora de mayores concentraciones en el día, y luego descienden hasta el mediodía. En la mayoría de las estaciones las concentraciones se mantienen bajas durante el resto de la tarde y la noche, a excepción de Carvajal-Sevillana, Bosa, Ciudad Bolívar y Usme, que registraron un incremento gradual hasta finalizar el día.

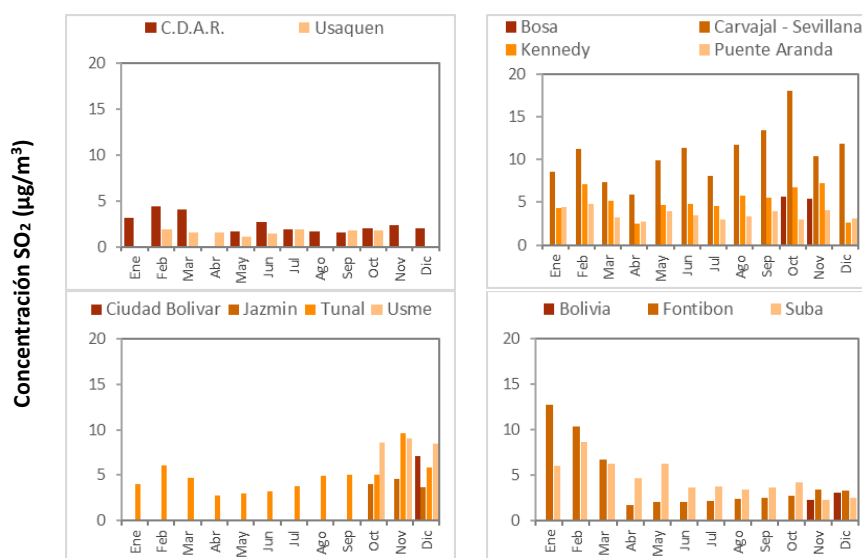


Figura 6-25 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL



Figura 6-26 Comportamiento diario de las concentraciones de SO₂ – Año 2020

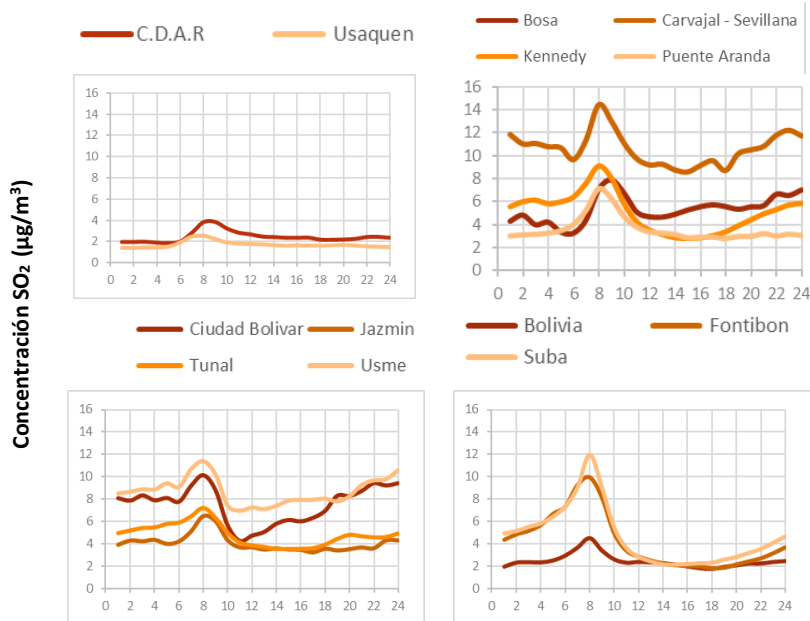


Figura 6-27 Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ – Año 2020

6.5.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 6-28 representa las concentraciones promedio anual de SO₂ para los años 2016 a 2020, y la comparación con la norma anual establecida por la Resolución 610 de 2010 del MAVDT, vigente 2017. Se observa que las concentraciones han permanecido por debajo del nivel máximo establecido en la norma, y las concentraciones registradas en Carvajal-Sevillana han sido las más altas de la ciudad. El promedio anual más alto en este periodo se registró en el año 2019 con 15.6 µg/m³, y el menor promedio se observó en Usaquén, con 1.7 µg/m³ en 2020. En general se observó una reducción de las concentraciones de SO₂ en el año 2020 respecto a años anteriores, a excepción de la estación Tunal, en la que se registró un aumento de 1.0 µg/m³ en relación con el promedio registrado en 2019.

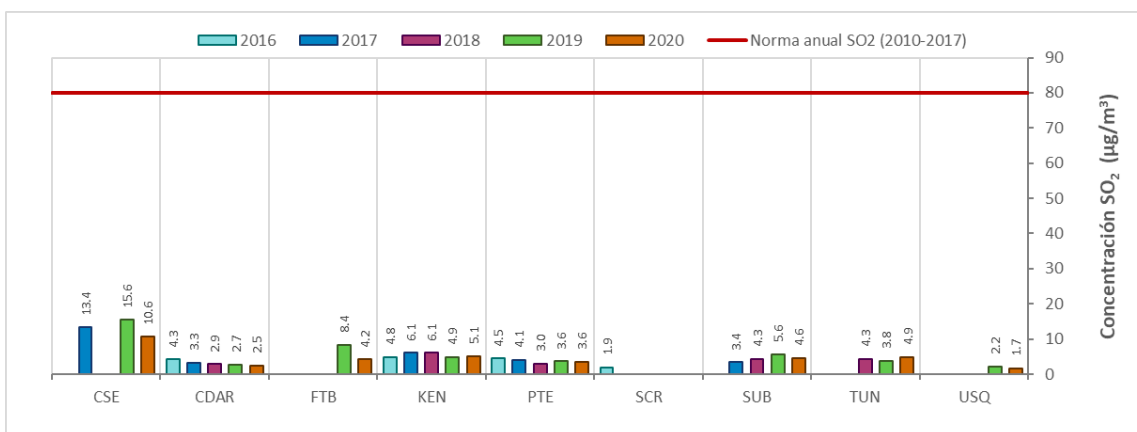


Figura 6-28 Concentraciones anuales de SO₂ años 2016 a 2020

6.6. 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).

6.6.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Tabla 6-6 muestra las estadísticas de las concentraciones promedio anual calculadas con base en los datos media móvil 8 horas registrados durante el año 2020, incluyendo los porcentajes de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias respecto a la norma 8 horas. Adicionalmente en la Figura 6-29 se representan los promedios anuales de concentración de CO por estación que registraron más del 75% de datos válidos en el año 2020.

La estación Carvajal-Sevillana, localizada en la zona suroccidente, registró el promedio más alto de CO para el 2020, con 1187.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida de 1180,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Móvil 7ma, al centro oriente de la ciudad, mientras que el valor más bajo se observó en la estación Usaquén, con 556.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los analizadores de CO de las estaciones que registraron menos del 75% de representatividad temporal se debe a que fueron instalados en octubre de 2020 en el caso de las estaciones nuevas y de Suba, mientras que en la estación Fontibón se registraron datos solamente en algunos intervalos del año, debido a que el equipo presentó fallas en varios meses del año. Con relación a las excedencias a la norma, solo se registraron dos datos octohorarios mayores a 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Puente Aranda.

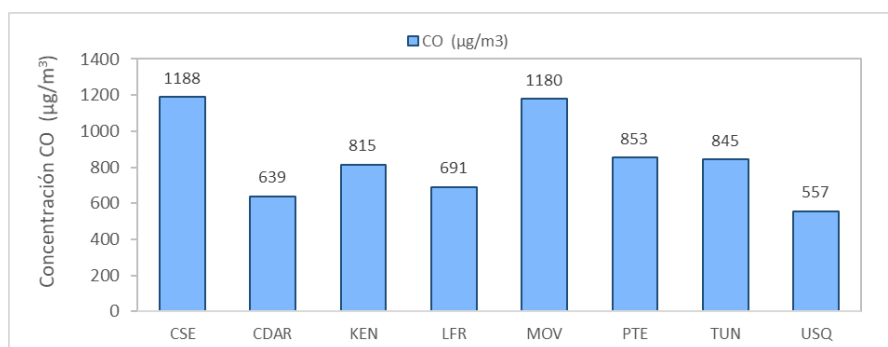


Figura 6-29 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2020

Tabla 6-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2020

Estación	Prom. anual CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% datos válidos	Conc. Máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No. Exced. .8h	No. Exced. .1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma horaria: 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
BOL*	542.5	19%	1788.9	0	0
BOS*	421.0	20%	1359.6	0	0
CSE	1187.9	93%	3277.3	0	0
CDAR	639.3	96%	2962.4	0	0
CBV*	750.6	20%	2900.4	0	0
FTB*	481.0	45%	1917.7	0	0
JAZ*	694.8	25%	2275.5	0	0
KEN	814.9	95%	2776.4	0	0

Estación	Prom. anual CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% datos válidos	Conc. Máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	No. Exced. .8h	No. Exced. .1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma horaria: 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
LFR	691.3	99%	2261.2	0	0
MAM*	932.4	24%	2232.6	0	0
MOV	1180.3	76%	4293.4	0	0
PTE	853.4	77%	5366.7	2	0
SUB*	533.6	20%	1488.4	0	0
TUN	844.9	91%	3034.0	0	0
USQ	556.8	97%	2161.0	0	0
USM*	539.6	24%	1889.1	0	0

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

6.6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 6-30 muestra la representación de los promedios mensuales por estación de concentración de CO en el año 2020. Se evidencia que el comportamiento del contaminante fue diferente en cada zona de la ciudad. Hacia el norte y centro las concentraciones más altas se registraron en el primer trimestre del año, descendieron en el segundo y tercer trimestre, y se incrementaron nuevamente en el mes de noviembre, aunque en la estación Móvil 7ma se registró la concentración mensual más alta del año en este mes. En la estación Tunal se observó un comportamiento similar, en donde las concentraciones más altas se registraron en noviembre y en febrero. Por otro lado, en la zona suroccidente, se observó una tendencia a la reducción de las concentraciones entre enero y abril, y desde el mes de mayo una tendencia creciente de las concentraciones, registrando los valores más altos entre noviembre y diciembre.

Este comportamiento pudo estar asociado al funcionamiento de las fuentes de emisión durante el año, después de la flexibilización de las restricciones a las actividades industriales, comerciales y al tránsito de vehículos en el mes de junio tras dos meses de cuarentena estricta, con el tiempo las fuentes de emisión retomaron su actividad normal, lo cual fue más evidente hacia la zona suroccidental de la ciudad.

El comportamiento de las concentraciones de CO para una semana promedio se encuentra representado en la Figura 6-31. Se observa un comportamiento similar en la mayoría de las estaciones, las concentraciones de CO aumentan gradualmente entre el lunes y el miércoles, descienden gradualmente hasta el sábado, y se reducen en mayor proporción el domingo. En cuanto al comportamiento del CO en un día promedio del 2020 (Figura 6-32), en la mayoría de las estaciones se observan dos picos de concentración, a las 8 a.m. y a las 8 p.m., y los registros más bajos se observan a las 2 p.m. En la zona suroccidente el pico de concentración de la mañana es el más elevado en relación con las demás estaciones, mientras que los valores más bajos del día se observaron en la zona noroccidental.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAV
INFORME ANUAL

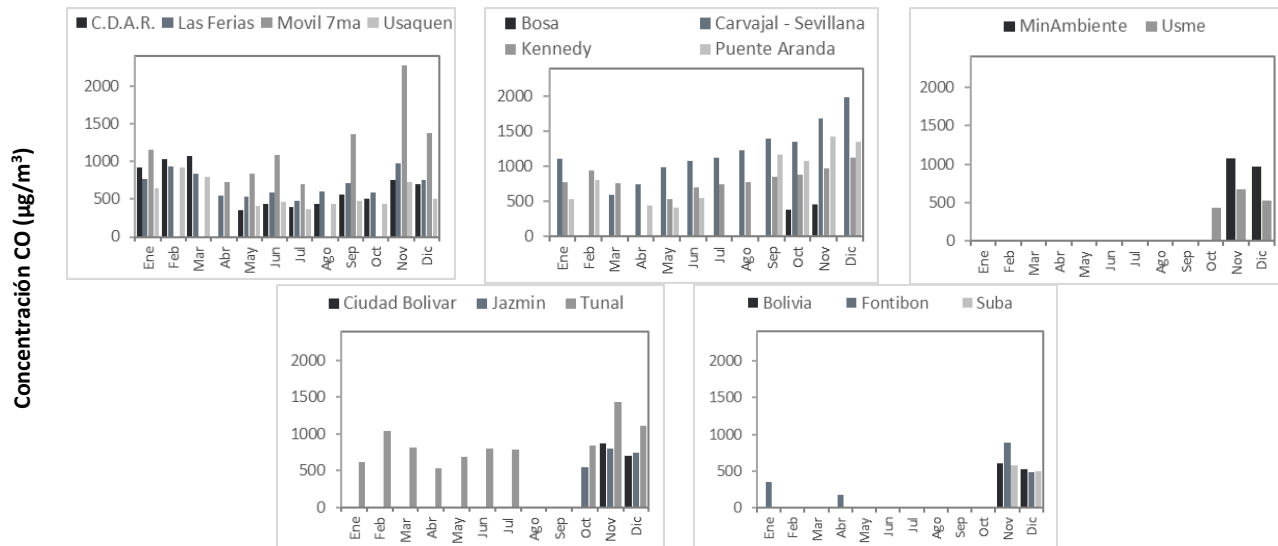


Figura 6-30 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2020

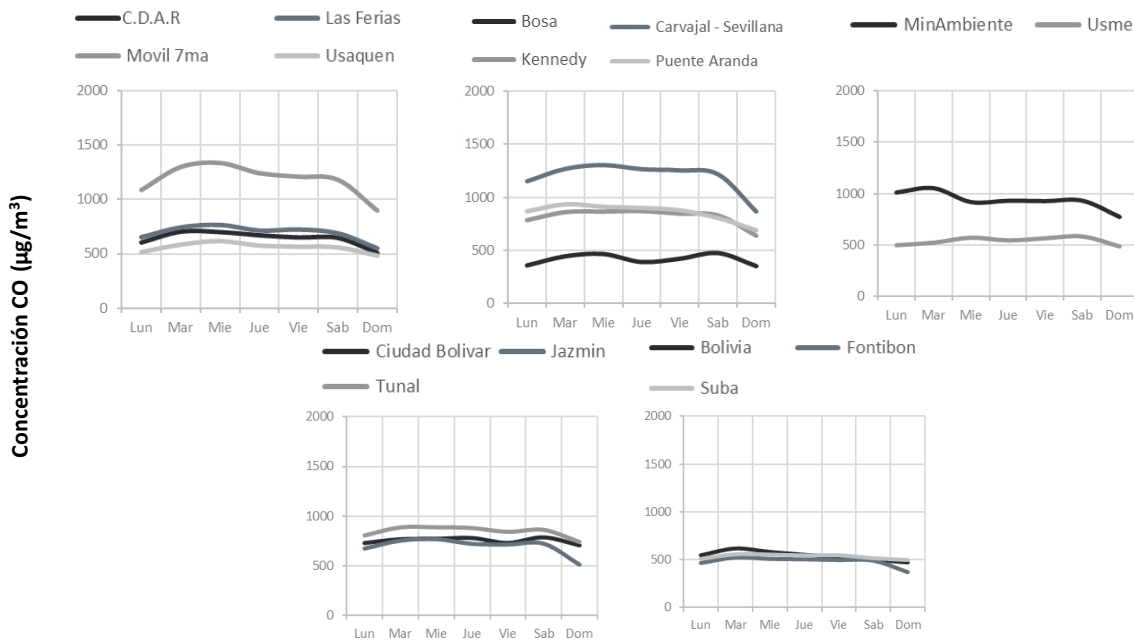


Figura 6-31 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2020

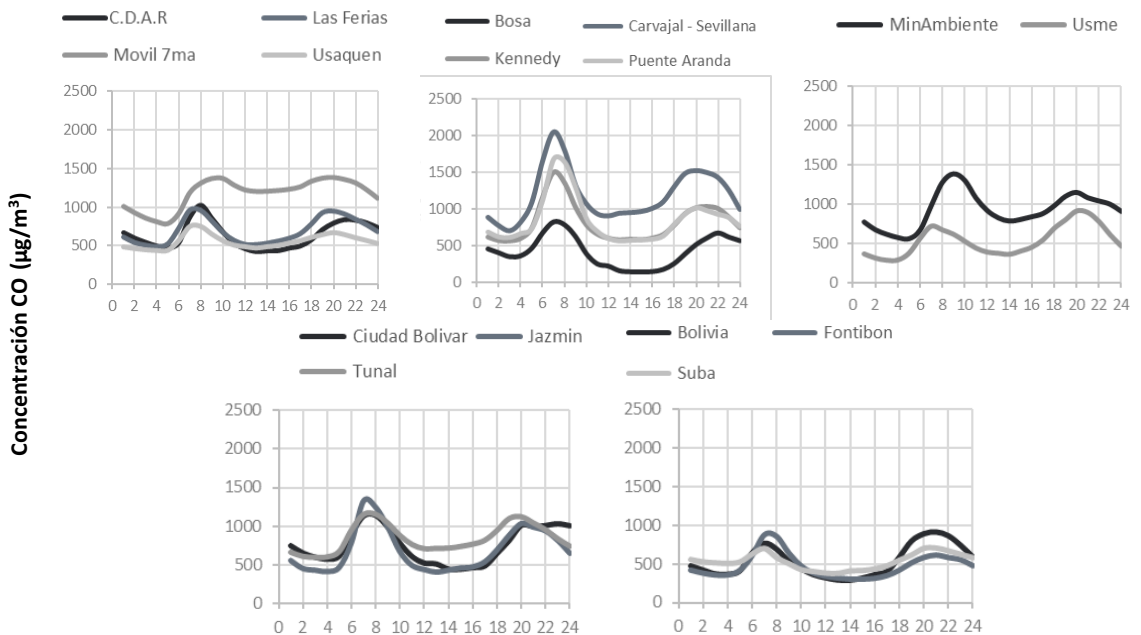


Figura 6-32 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2020

6.6.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 6-33 representa las concentraciones promedio anual de CO para los años 2016 a 2020. Se observa que en la mayoría de las estaciones hay una tendencia a la reducción de las concentraciones con el paso de los años, y los valores registrados en el 2020 fueron menores a los registrados en el año inmediatamente anterior. El promedio anual de concentración de CO más alto en este periodo se registró en la estación Móvil 7ma, con 1866.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2019, mientras que el promedio anual más bajo se observó en la estación Usaquén con 537.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2018.

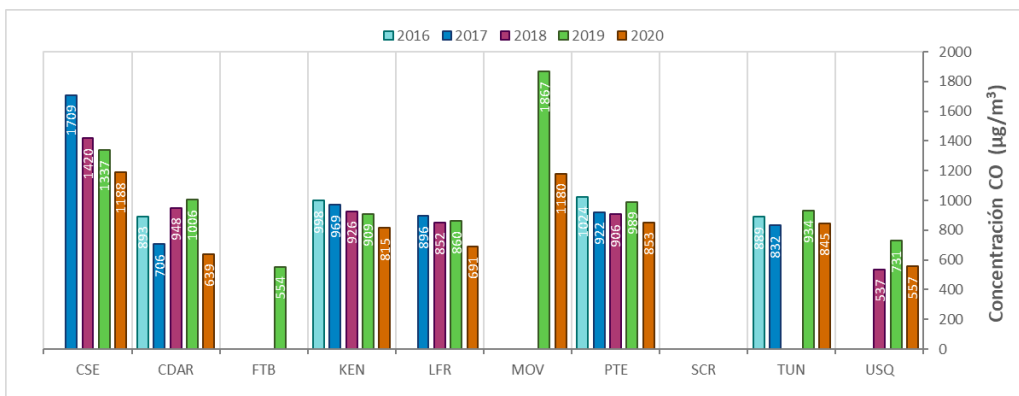


Figura 6-33 Concentraciones anuales de CO años 2016 a 2020

7. COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON

El Black Carbon (BC) es un componente de partículas finas, el cual está formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, especialmente diésel, así como de emisiones industriales, domésticas y por quema de biomasa. El reporte de estos datos se realiza en dos longitudes de onda; la primera proporciona una medida del “componente UV”, es decir, para medir concentraciones de Brown Carbon (UV-BC) del aerosol proveniente de la quema directa de biomasa, ya sea por la ocurrencia de incendios forestales, así como de la combustión de madera y carbón para la calefacción doméstica y la liberación biogénica de materia húmica, restos vegetales y de hongos. La segunda proporciona la concentración de Black Carbon (BC) total, es decir, el producto de diversas fuentes como bioaerosoles y quema incompleta de combustibles fósiles.

La metodología que se aplica a los datos recolectados por los equipos es la seleccionada por el fabricante y desarrollada por Sandradewi (2008). Esta metodología permite realizar una atribución de fuentes del material carbonáceo con base en la absorción del material en dos longitudes de onda, partiendo de la característica que el material carbonáceo con contenido de compuestos orgánicos, usualmente generados en la combustión de Biomasa, absorben en mayor medida en longitudes de onda corta o UV. Esta característica del BC se aprovecha para realizar una medida indirecta de las concentraciones que se encuentran en el ambiente, de esta manera el cálculo se enfoca en determinar qué porcentaje de BC es proveniente de la quema de biomasa, como se mencionó anteriormente este contaminante puede venir de incendios forestales, quema de cultivos, y quema de madera o carbón para uso doméstico.

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

En la Tabla 7-1 se presenta el resumen estadístico de las concentraciones de BC medidas en las longitudes de 880 nm para todas las estaciones en las cuales se registraron datos durante el año 2020. Las estaciones CDAR, Fontibón, Kennedy, Las Ferias, Min Ambiente y Tunal registraron más de 75% de las concentraciones horarias durante este periodo de tiempo, mientras que las estaciones Carvajal – Sevillana, San Cristóbal y Usaquén reportaron el 67%, 46% y 43% respectivamente, por lo tanto, los datos reportados para estas estaciones son de carácter indicativo. Adicionalmente en la Tabla 7-1 se presenta el promedio anual, máximo y mínimo de las concentraciones diarias (24h) de BC para todas las estaciones. Las estaciones Carvajal-Sevillana, Fontibón, Kennedy y Tunal reportan las mayores concentraciones de BC en toda la ciudad, con valores de 7 y 6 mg/m³, mientras que en las estaciones Usaquén, San Cristóbal y Las Ferias se reportan las concentraciones más bajas, con valores de 1, 2 y 3 mg/m³, respectivamente. Las concentraciones máximas más altas registradas de BC se presentaron en la estación Centro de Alto Rendimiento, con un valor de 32 µg/m³.

En la estación Carvajal-Sevillana se presentaron inconvenientes para realizar el cambio de la cinta de recolección de la muestra en el aetalómetro, causando la pérdida de datos durante el 2020. En la estación de San Cristóbal hurtaron el cabezal de muestreo del instrumento, el cual fue instalado nuevamente en Julio de 2020, fecha a partir de la cual se registraron datos de forma continua. Y debido a los bajos valores hallados en la estación de Usaquén

en 2019 usando un aetalómetro AE42 (descontinuado por la marca), se trasladó este instrumento a la estación Las Ferias, con el fin de realizar una validación con el aetalómetro AE 33 previamente instalado en la estación Las Ferias. Así, a partir de Julio de 2020 no se continuo la medición de BC en Usaquén, por daños instrumentales que se presentaron durante el periodo de validación.

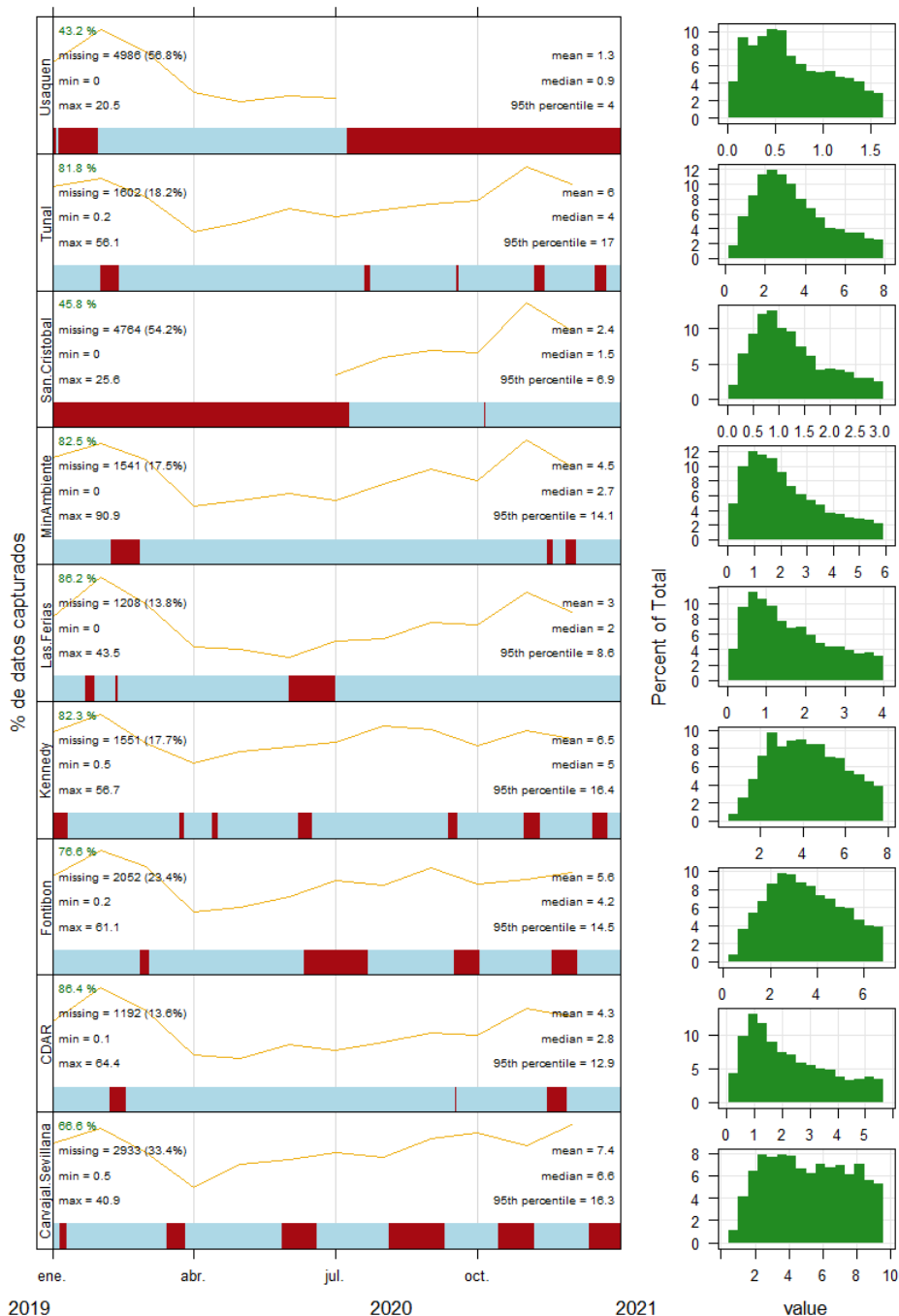
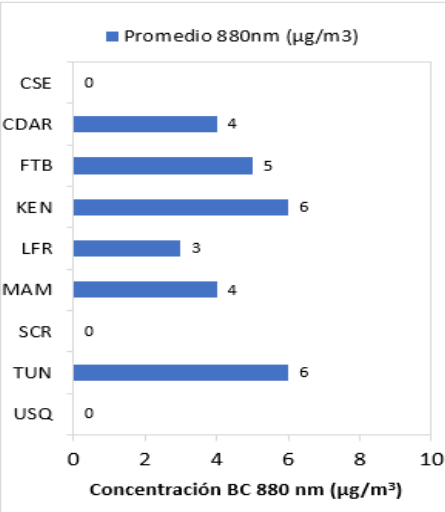


Figura 7-1 Gráfico de representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de BC – Año 2020

Tabla 7-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de BC tomadas a la $\lambda = 880 \text{ nm}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Año 2020

Estación	Promedio \pm sd	Mínimo	Máximo	Datos capturados (%)
Carvajal – Sevillana*	7 \pm 3	1	14	67%
CDAR	4 \pm 3	1	16	86%
Fontibón	6 \pm 3	1	14	77%
Kennedy	6 \pm 2	2	15	82%
Las Ferias	3 \pm 2	1	10	86%
Min Ambiente	5 \pm 3	1	32	83%
San Cristóbal*	2 \pm 1	1	7	46%
Tunal	6 \pm 3	1	17	82%
Usaquén*	1 \pm 1	1	6	43%



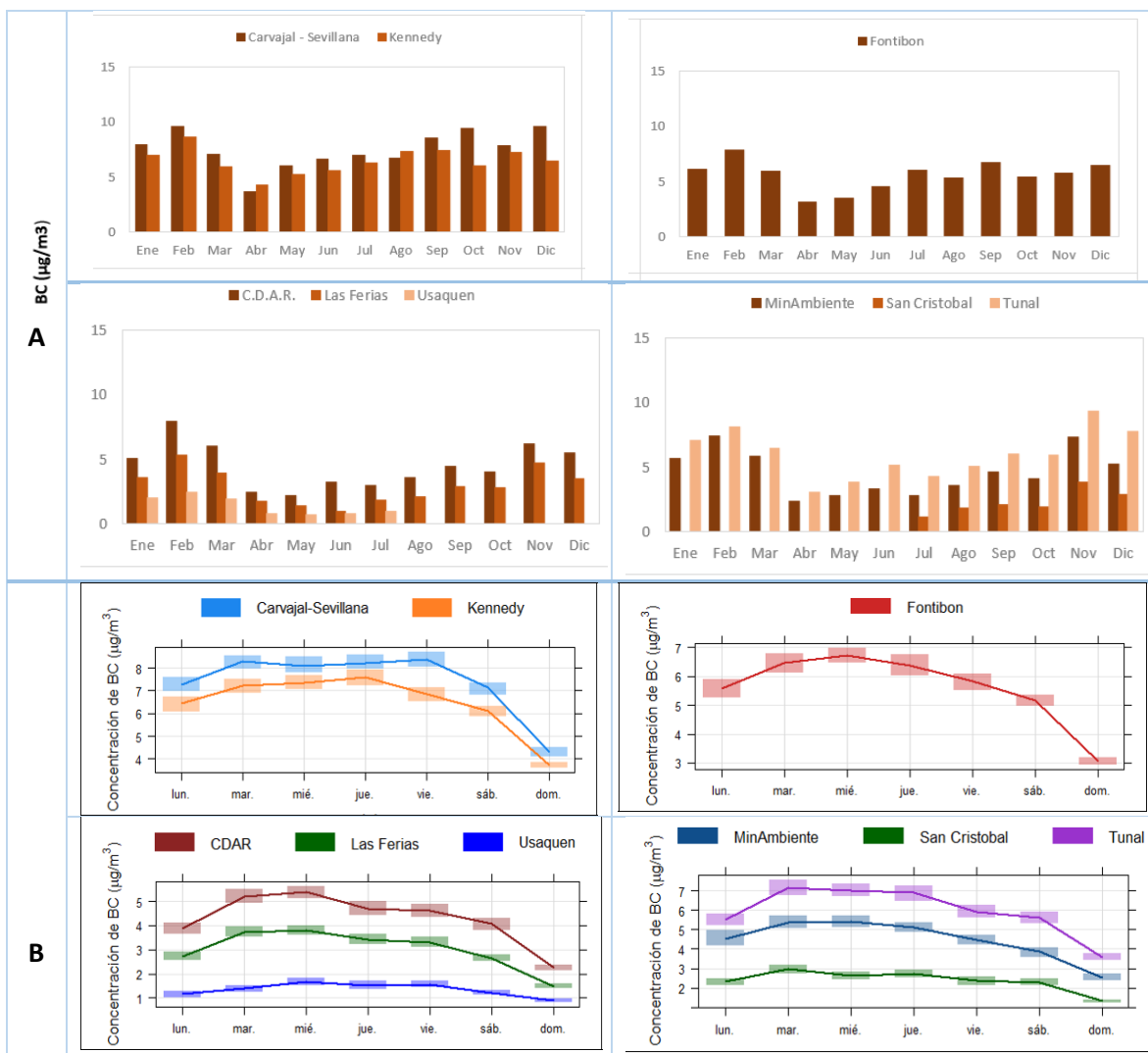
*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

En la figura 7-2 se presenta la variabilidad temporal de las concentraciones de BC reportadas en 2020 con una resolución mensual, diaria y horaria. Las concentraciones de BC mostraron cambios importantes mes a mes durante 2020. Todas las estaciones coinciden con presentar la máxima concentración en febrero, seguido por los meses de noviembre y diciembre. En el mes de abril se presentó una caída significativa de las concentraciones de BC en toda la ciudad, porque a partir de mediados de marzo se declaró el Aislamiento Preventivo Obligatorio debido a la pandemia mundial por COVID-19. Este evento llevó a que las actividades económicas en la ciudad se suspendieran, es decir, que las actividades industriales y el tráfico vehicular se redujeron de manera considerable durante los meses de abril y mayo, por ser los que tuvieron las restricciones más estrictas.

A partir de junio se permitió el retorno de algunas actividades, aunque se mantuvieron las bajas concentraciones la mayoría del mes. Las estaciones ubicadas al sur occidente de la ciudad mostraron una tasa de incremento de concentración de BC entre abril y septiembre superior a la que se evidenció en la zona centro. Los registros mensuales más altos se presentaron en la estación Carvajal-Sevillana en el mes de febrero con un promedio de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en marzo, agosto y septiembre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un valor similar en la estación Tunal en el mes de noviembre. La concentración promedio mensual más baja se observó en San Cristóbal en el mes de julio y en Usaquén en los meses de mayo a junio, con valores de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Con respecto a la dinámica de las concentraciones de BC durante la semana, se observa que los martes, miércoles e incluso en algunas estaciones los jueves, se presentan las mayores concentraciones. Tomando como referencia las concentraciones de BC del domingo, la concentración promedio de los días laborales (martes a viernes) incrementan en promedio de 90 a 130%, siendo las estaciones CDAR y Las Ferias, en las que se observa el mayor porcentaje y en las estaciones de Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal donde el incremento es del orden del 90%.

En relación con el comportamiento horario, las máximas concentraciones de BC se presentan entre las 4:00 y 8:00 a.m., posteriormente se presenta un descenso en las concentraciones hasta el mediodía y nuevamente se observa un incremento en las horas de la tarde, que corresponde con las horas de mayor tráfico vehicular de la ciudad. La estación de Carvajal-Sevillana muestra que durante todo el día hay fuentes de combustión, que derivan en la emisión de BC, mientras que las estaciones de Kennedy y Fontibón al parecer están influenciadas por emisiones de tráfico vehicular porque después del medio día se reportan concentraciones de BC inferiores a las observadas en la madrugada (antes de 4:00 a.m.).



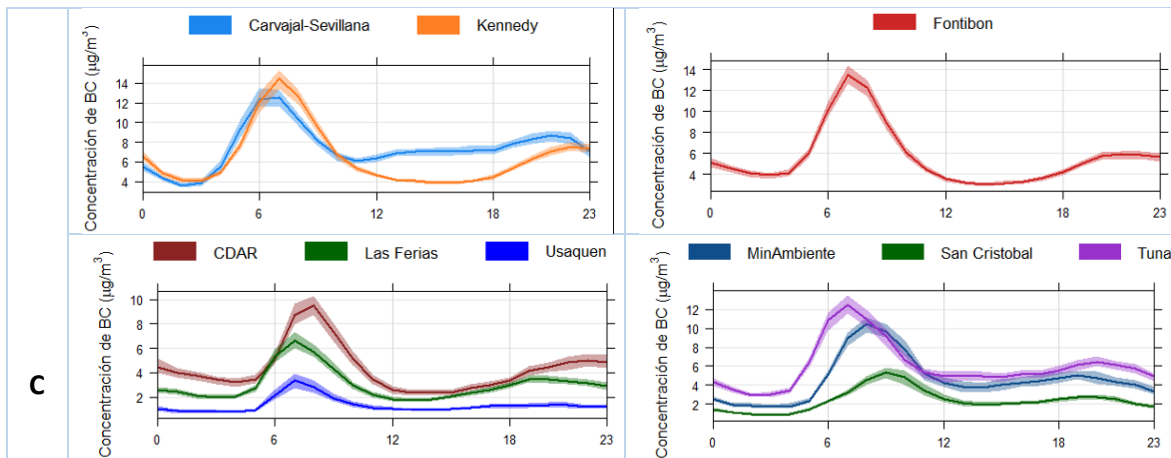


Figura 7-2 Variabilidad temporal de la concentración de BC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). a) Resolución temporal mensual. B) resolución semanal y c) resolución horaria – Año 2020

De acuerdo con la figura 7-3 las mayores concentraciones de Brown Carbon (UV-BC) y Black Carbon (BC) se presentan en las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy. De igual forma, se evidencia que todas las estaciones redujeron sus concentraciones considerablemente con respecto al año anterior, debido a la declaratoria de Aislamiento Preventivo Obligatorio debido a la pandemia mundial por COVID-19 desde principios de año. Cabe resaltar que los datos de 2018 son indicativos debido a que la medición de los primeros equipos de Black Carbon inicio a finales del año 2018 y en el año 2019 las estaciones de Centro de Alto Rendimiento (CDAR), Fontibón y MinAmbiente presentan datos indicativos debido a que la medición de estos equipos inicio en el segundo semestre del año, además que durante el 2020 se reactivó el funcionamiento del monitor de la estación de San Cristóbal y se retiró el equipo de monitoreo de la estación de Usaquén para pruebas de intercomparación.

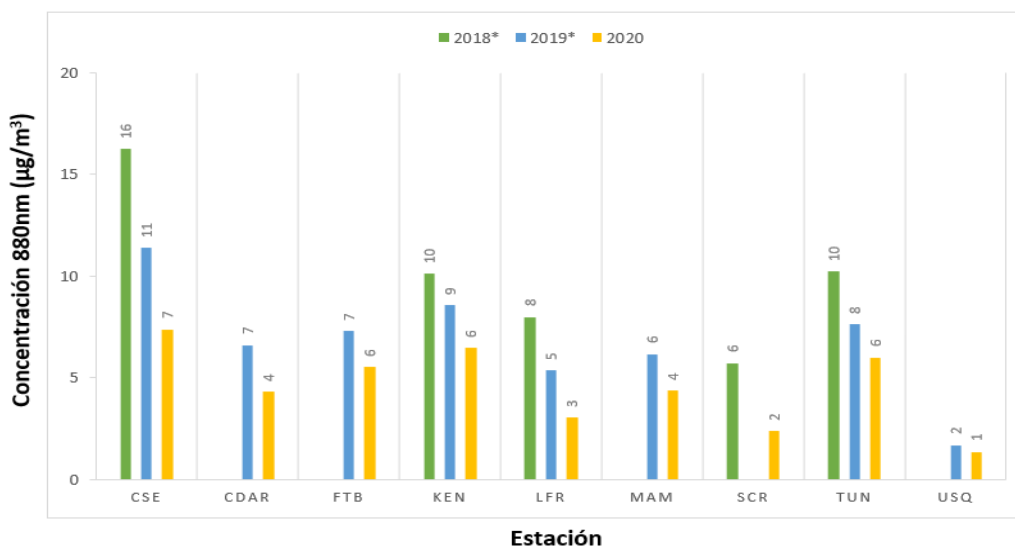


Figura 7-3 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2018 a 2020

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

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología propuesta por Sandradewi (2008) el cual toma las mediciones de longitudes de onda para calcular un porcentaje de BC proveniente de la Biomasa. Como valor indicativo de la quema de biomasa se optó por tomar datos satelitales del sensor MODIS, el cual capta las áreas quemadas caracterizadas por depósitos de carbón y cenizas, remoción de vegetación y alteración de la estructura vegetal. Es por eso por lo que varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros, es por ello por lo que se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

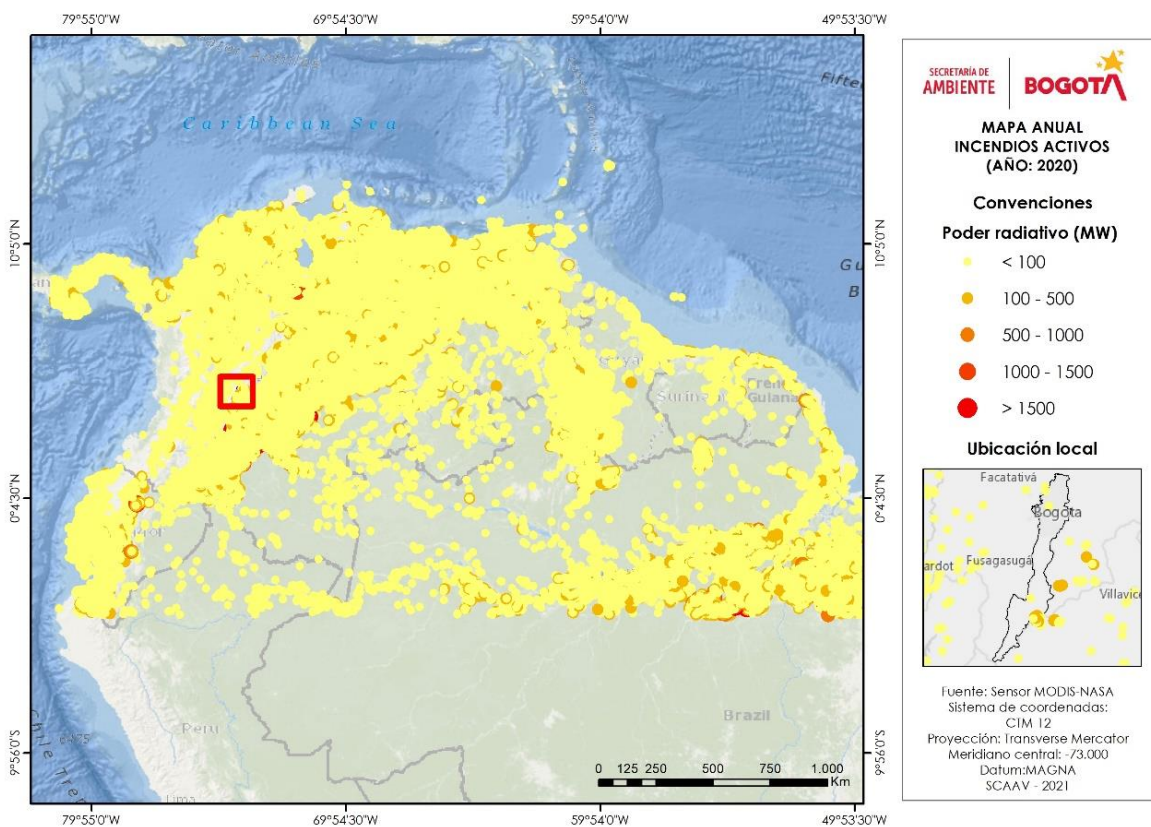


Figura 7-4 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS – Año 2020

En la figura 7-5 podemos observar la distribución espacial de incendios que presentaron durante el año 2020, con una zona altamente activa en Colombia, los incendios se distribuyen a lo largo de la cuenca de la Orinoquia colombo venezolana, el oriente antioqueño y la costa atlántica, con una alta densidad de incendios activos. Según la clasificación de la potencia del incendio propuesta por Ichoku et al (2008), el 97% de los puntos calientes registrados por el sensor MODIS en la zona delimitada se clasifican en la categoría 1, es decir, anomalías térmicas con un poder radiativo (FRP) menor a 100MW, el 6% se clasifica en una categoría 2, es decir, incendios con FRP entre 100MW y 500MW, el 0.187% en la categoría 3 correspondiente a los incendios con FRP entre 500MW y 1000MW, el 0.027% en la categoría 4 correspondiente a los

incendios con FRP entre 1000MW y 1500MW y los restantes en una categoría 5 superiores a 1500MW.

Adicionalmente, en la figura 7-5 se muestra el número de eventos o puntos calientes ocurridos diariamente e identificados por el sensor MODIS mes a mes, donde se evidencia que durante el primer trimestre del año se vio un aumento en el número de eventos, especialmente durante el mes de marzo.

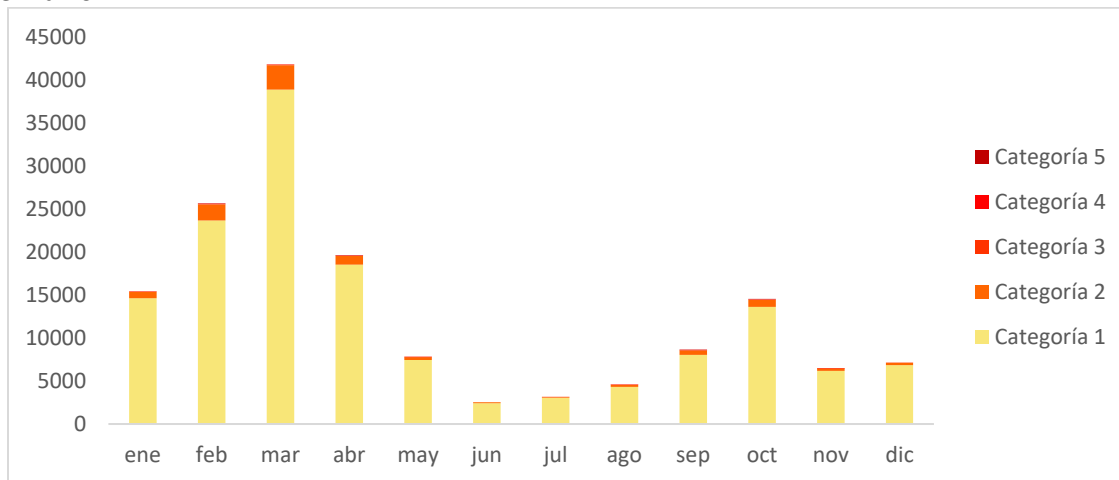


Figura 7-5 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS - Año 2020

8. INDICES DE CALIDAD DEL AIRE

La RMCAB se encarga de realizar mediciones puntuales en resolución temporal horaria de las concentraciones de contaminantes criterio en cada estación de monitoreo, con el fin de evaluar la contaminación en un área determinada influenciada por las fuentes de emisión, las condiciones meteorológicas y la influencia de la contaminación de las regiones aledañas a la ciudad. A través de los índices de calidad del aire se puede conocer en términos generales el estado de la calidad del aire en términos cualitativos a través de un valor adimensional, para dar a conocer la condición de la calidad del aire a la ciudadanía de una manera más eficiente, y así poder establecer y ejecutar las acciones de acuerdo con las condiciones registradas a corto plazo.

8.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE - ICA

El ICA es un valor adimensional que oscila entre 0 y 500 que representa el grado de contaminación del aire ambiente y los potenciales efectos perjudiciales en la salud pública.

Este índice permite ofrecer información sobre la calidad del aire a la población que sea fácil de entender y que exponga las posibles complicaciones en la salud que pueden llegar a presentarse cuando los contaminantes alcanzan niveles no saludables, además de ofrecer un criterio para comparar la calidad entre diferentes ciudades y países.

La metodología de cálculo se basa en lo establecido en, en el Artículo 19 de la Resolución 2254 de 2017 del MADS, en el cual se definen los puntos de corte del ICA y la descripción de cada condición de calidad del aire. A su vez, dicha metodología está basada en los lineamientos dados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos U.S.-EPA, mediante el documento “Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)”, versión de septiembre de 2018, donde se describen las categorías del AQI, se establecen puntos de corte para cada contaminante de acuerdo al tiempo de exposición y al grado de afectación que tendría sobre la salud, asignándole un rango y una clasificación; (bueno, moderado, dañino a la salud para grupos sensibles, dañino a la salud, muy dañino a la salud y peligroso).² En la Tabla 8-1 se observan los puntos de corte de cada contaminante, para los diferentes tiempos de exposición.

Tabla 8-1. Puntos de corte del ICA. Resolución 2254 del 2017 del MADS

Índice de Calidad del Aire			Puntos de corte del ICA						
ICA	Color	Categoría	PM ₁₀ µg/m ³ 24 horas	PM _{2.5} µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas	O ₃ µg/m ³ 1 hora
0 – 50	Verde	Buena	0 - 54	0 - 12	0 - 5094	0 - 93	0 - 100	0 - 106	-----
51 – 100	Amarillo	Aceptable	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	107 - 138	-----
101 – 150	Naranja	Dañina a la salud de	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	139 - 167	245 - 323

²<https://www.airnow.gov/sites/default/files/2020-05/aqi-technical-assistance-document-sept2018.pdf>

Índice de Calidad del Aire			Puntos de corte del ICA						
ICA	Color	Categoría	PM ₁₀ µg/m ³ 24 horas	PM _{2.5} µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas	O ₃ µg/m ³ 1 hora
		Grupos Sensibles							
151 – 200	Rojo	Dañina a la salud	255 - 354	56 - 150	14255 – 17688	487 - 797	678 - 1221	168 - 207	324 - 401
201 – 300	Púrpura	Muy dañina a la salud	355 - 424	151 - 250	17689 – 34862	798 - 1583	1222 - 2349	208 - 393	402 - 794
301 - 500	Marrón	Peligrosa	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	394	795 - 1185

El cálculo del ICA se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$ICA_p = \frac{I_{alto} - I_{bajo}}{PC_{alto} - PC_{bajo}} * (C_p - PC_{bajo}) + I_{bajo}$$

Donde:

ICA_p: Índice de calidad del aire para contaminante P

C_p: Concentración registrada para el contaminante P

PC_{alto}: Punto de corte mayor o igual a C_p

PC_{bajo}: Punto de corte menor o igual a C_p

I_{alto}: Valor del ICA para PC_{alto}

I_{bajo}: Valor del ICA para PC_{bajo}

En la Figura 8-1 se muestran los porcentajes por condición de calidad del aire del ICA para los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} durante el año 2020, las franjas en gris indican el porcentaje de datos faltantes en la estación. Se puede observar que las estaciones instaladas en el mes de octubre (Bolivia, Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme) registran el mayor porcentaje de datos no disponibles dado el inicio de su monitoreo hasta el cuarto trimestre del año. De las estaciones nuevas, Ciudad Bolívar registra los porcentajes más altos de la condición “aceptable” (17%) y de la condición “dañina a grupos sensibles” (1%) para el periodo en el que se registraron datos de PM_{2.5}. Con respecto a las estaciones antiguas, las condiciones más desfavorables se observaron en los índices con base en PM_{2.5}, y la estación Carvajal-Sevillana que registró las condiciones “aceptable” y “dañina a grupos sensibles” en mayor proporción en relación con las demás estaciones, con porcentajes de 71% y 17%. Por otro lado, la estación Usaquén registró el porcentaje más alto de la condición “buena” con un 58% del año, registrando las mejores condiciones de calidad del aire en cuanto al material particulado.

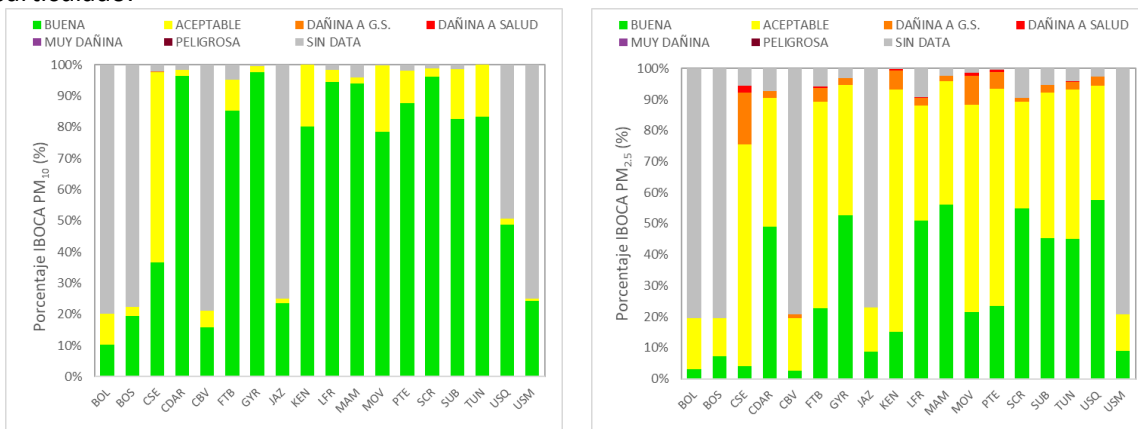


Figura 8-1. ICA por estación para PM₁₀ y PM_{2.5} – Año 2020

En la Figura 8-2 y la Figura 8-3 se representan los porcentajes de tiempo para cada condición del ICA por mes del año 2020 en cada estación de la RMCAB, para los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$ respectivamente. Se observa que las condiciones de ICA con base en el contaminante $PM_{2.5}$ se registran condiciones de calidad del aire más desfavorables, evidenciando las categorías “dañina a grupos sensibles” y “dañina a la salud” en varias estaciones, especialmente en el mes de marzo, cuando se registraron las concentraciones más altas de material particulado debido a la influencia de contaminación proveniente de incendios forestales y el comportamiento de la meteorología. Adicionalmente durante los meses de febrero y marzo se registró la mayor parte del tiempo en todas las estaciones la condición “aceptable”, mientras que la condición “buena” predominó en el mes de julio, dado que la meteorología favoreció la dispersión de contaminantes. Con respecto al PM_{10} , cabe resaltar que las estaciones Carvajal-Sevillana, Bolivia y Bosa registraron la condición “aceptable” en más del 50% del tiempo en la mayoría de los meses del año.

La Figura 8-4 muestra las gráficas de los porcentajes de tiempo en que se registraron las condiciones del ICA para los gases durante el año 2020. Se evidencia que en todas las estaciones que registraron datos de gases prevaleció la condición “Buena” durante todo el año 2020, con lo cual las concentraciones de estos contaminantes en la atmósfera en cada año no se encontraron dentro de los niveles considerados un factor de riesgo para la salud de la población.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

■ BUENA ■ ACEPTABLE ■ DAÑINA A G.S. ■ DAÑINA A SALUD ■ MUY DAÑINA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA



Figura 8-2 ICA por mes del año y por estación para PM₁₀ – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

■ BUENA ■ ACEPTABLE ■ DAÑINA A G.S. ■ DAÑINA A SALUD ■ MUY DAÑINA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA



Figura 8-3 ICA por mes del año y por estación para PM_{2.5} – Año 2020



Figura 8-4 ICA por estación para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2020

8.2. ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA

El índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA), adoptado mediante la Resolución Conjunta 2410 de 2015 de la Secretaría Distrital de Ambiente y de la Secretaría Distrital de Salud, es un indicador multipropósito adimensional, que oscila entre 0 y 100, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos criterio (PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, CO y SO₂) que se registran en las estaciones de la RMCAB, y comunica de forma sencilla, oportuna y clara el riesgo ambiental por contaminación atmosférica, el estado de la calidad del aire de Bogotá, las afectaciones y recomendaciones en salud y las medidas voluntarias para que la ciudadanía contribuya a mantener o mejorar la calidad del aire de la ciudad.

El IBOCA también funciona como indicador de riesgo ambiental por contaminación atmosférica en el marco del Sistema Distrital de Alertas del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. Este indicador está basado en la ecuación y umbrales del ICA de la US-EPA, de acuerdo con el documento “Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –”, Versión 2013, y es susceptible de mejora mediante estudios epidemiológicos locales. Además, cuenta con recomendaciones en salud revisadas para el contexto local, de modo que mantiene o mejora las del ICA para cada nivel de concentración de los contaminantes criterio, lo cual tiende a disminuir la

vulnerabilidad de la población bogotana ante la exposición a los diferentes contaminantes, y además tiene recomendaciones para disminuir las emisiones atmosféricas, lo que contribuye a disminuir la amenaza asociada. Siendo así, el IBOCA obedece a una estrategia de disminución del riesgo ambiental, que se refuerza y consolida con los protocolos específicos de actuación y respuesta que la ciudad defina de forma interinstitucional e intersectorial, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 595 del 2015. La Tabla 8-2 muestra los rangos de concentración de contaminantes del aire y los diferentes atributos del IBOCA.

Tabla 8-2. Puntos de corte del IBOCA de acuerdo con la resolución 2410 de 2015

Atributos del IBOCA				Rangos de concentración y tiempo de exposición para cada contaminante ¹					
Rangos numéricos	Color	Estado de calidad del aire	Estado de actuación y respuesta ²	PM10, 24h (µg/m ³)	PM2.5, 24h (µg/m ³)	O ₃ , 8h (µg/m ³) [ppb]	CO, 8h (µg/m ³) [ppm]	SO ₂ , 1h (µg/m ³) [ppb]	NO ₂ , 1h (µg/m ³) [ppb]
0 - 10	Azul claro	Favorable	Prevención	(0-54)	(0-12)	(0-116) [0-59]	(0-5038) [0.0-4.4]	(0-93) [0-35]	(0-100)
10,1 - 20	Verde	Moderada	Prevención	(55-154)	(12.1-35.4)	(117-148) [60-75]	(5039-10762) [4.5-9.4]	(94-198) [36-75]	(101-188)
20,1 - 30	Amarillo	Regular	Alerta Amarilla	(155-254)	(35.5-55.4)	(149-187) [76-95]	(10763-14197) [9.5-12.4]	(199-486) [76-185]	(189-677) [101-360]
30,1 - 40	Naranja	Mala	Alerta Naranja	(255-354)	(55.5-150.4)	(188-226) [96-115]	(14198-17631) [12.5-15.4]	(487-797) [186-304]	(678-1221) [361-649]
40,1 - 60	Rojo ³	Muy Mala	Alerta Roja ³	(355-424)	(150.5-250.4)	(227-734) [116-374]	(17632-34805) [15.5-30.4]	(798-1583) [305-604]	(1221-2349) [650-1249]
60,1 - 100 ⁴	Morado	Peligrosa	Emergencia	(425-604)	(250.5-500.4)	(734-938) [374-938]	(34806-57703) [30.5-50.4]	(1584-2630) [605-1004]	(2350-3853) [1250-2049]

El cálculo del IBOCA se realiza por medio 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_{menor}: Concentración menor o igual a C_p

C_p: Concentración registrada para el contaminante P

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

C_{mayor}: Concentración mayor o igual a C_p

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

En la Figura 8-5 se muestra el IBOCA por estación de monitoreo con base en los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} registrados durante el año 2020, representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de la calidad del aire. Se evidencia que el PM_{2.5} es el contaminante que registra las condiciones determinantes para el IBOCA, ya que se evidenció la condición “regular” en un mayor número de estaciones, siendo los porcentajes más altos los que se observaron en las estaciones del suroccidente de la ciudad y en la estación Móvil 7ma, entre el 9 y el 22%. En el caso del PM₁₀, a excepción de las estaciones del suroccidente de la ciudad, durante el año se registró más del 80% en la condición “favorable”, siendo la condición Guaymaral la que registró el mejor estado de la calidad del aire con un 98% del tiempo en la condición “favorable”.

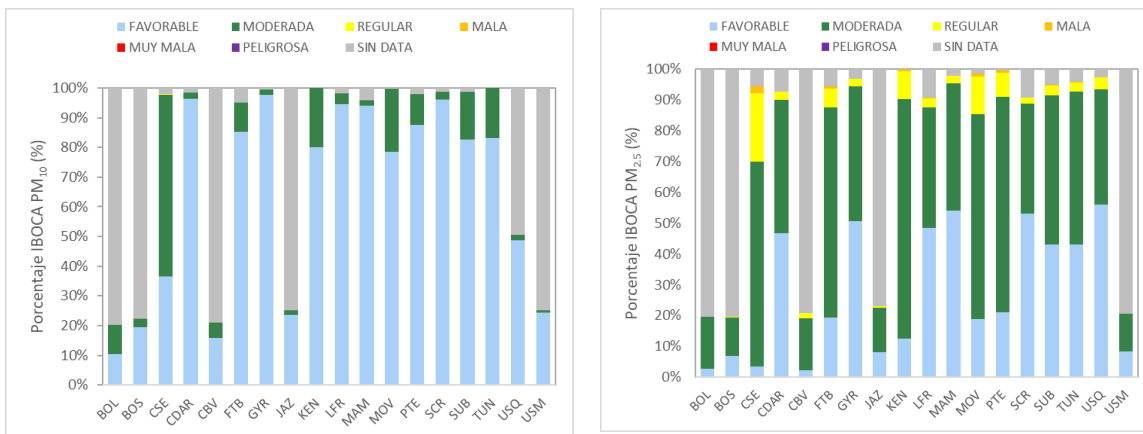


Figura 8-5 IBOCA por estación de monitoreo para PM₁₀ y PM_{2.5} – Año 2020

En la Figura 8-6 y la Figura 8-7 se presenta el IBOCA de PM₁₀ y PM_{2.5}, para cada estación de monitoreo y por mes de acuerdo con los datos registrados durante el año 2020. Se evidencia que en el primer trimestre se observaron mayores porcentajes en las condiciones “moderada” y “regular”, especialmente en el PM_{2.5}, siendo esta última condición predominante durante los meses de febrero y marzo, dadas las condiciones de alerta ambiental por contaminación atmosférica. En la mayoría de las estaciones se observó que la calidad del aire mejoró en el segundo trimestre de 2020, teniendo en cuenta las restricciones a la movilidad y a varias actividades comerciales, y en los siguientes meses se incrementó gradualmente el porcentaje de la condición “moderada” hasta aumentar notablemente en el mes de diciembre. Se observó una prevalencia de la condición “favorable” en el IBOCA calculado con base en el PM₁₀ en la mayoría de las estaciones, a excepción de la estación Carvajal-Sevillana y otras estaciones en el primer trimestre, en los que predominó la condición “moderada” en cada mes.

En la Figura 8-8 se muestra la distribución de las condiciones del IBOCA por estación de monitoreo para los gases contaminantes en el año 2020 (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. En algunas estaciones se registró menos del 0.4% de la condición “moderada”, principalmente en el primer trimestre del año y en las estaciones del suroccidente de la ciudad, sin embargo, los niveles registrados de los gases contaminantes se encontraban en los rangos que no generaban perjuicios en la salud de la población.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

■ FAVORABLE ■ MODERADA ■ REGULAR ■ MALA ■ MUY MALA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA



Figura 8-6 IBOCA por mes del año para PM₁₀ – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

■ FAVORABLE ■ MODERADA ■ REGULAR ■ MALA ■ MUY MALA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA

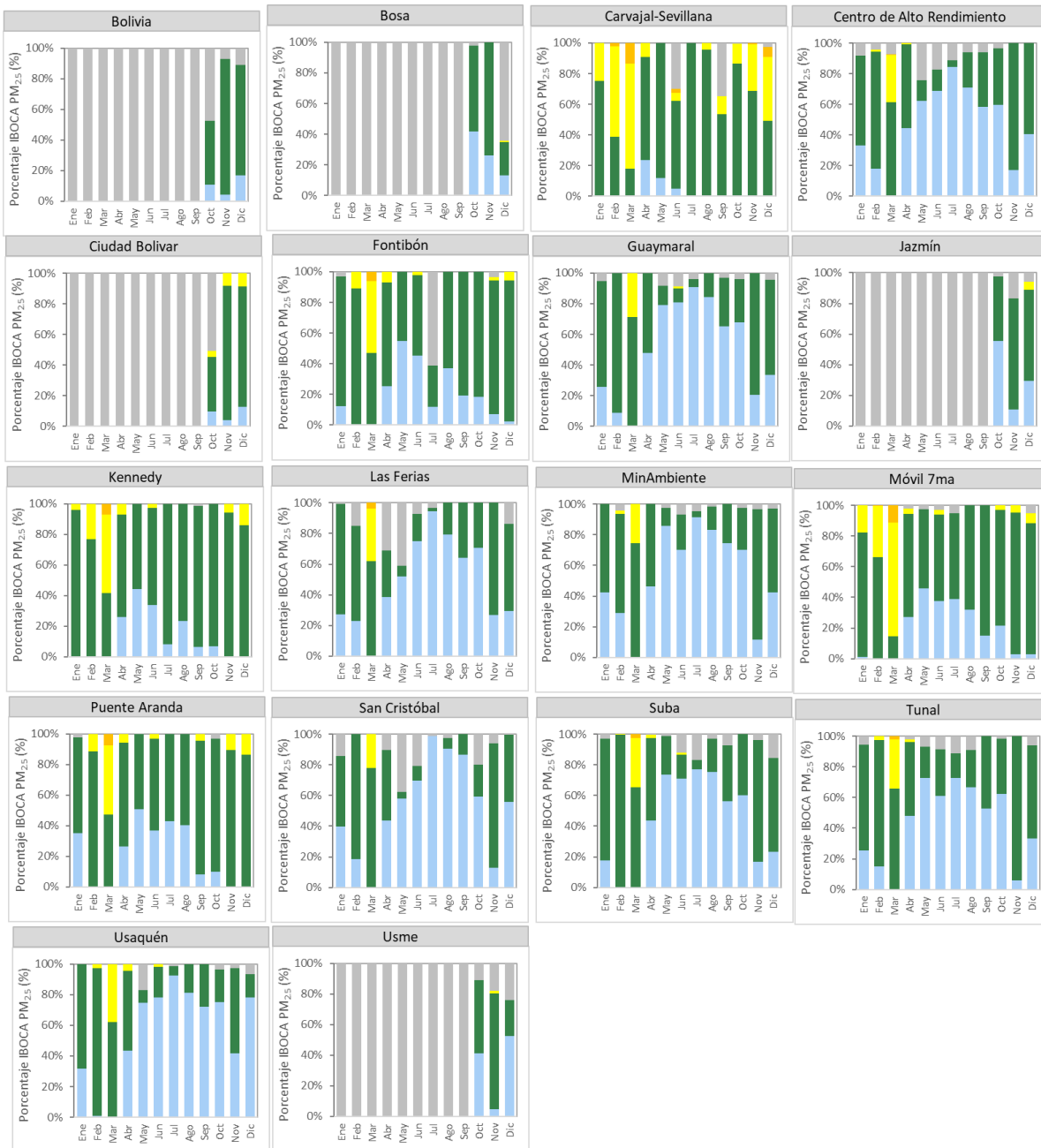


Figura 8-7. IBOCA por mes del año para PM_{2.5} – Año 2020

FAVORABLE MODERADA REGULAR MALA MUY MALA PELIGROSA SIN DATA

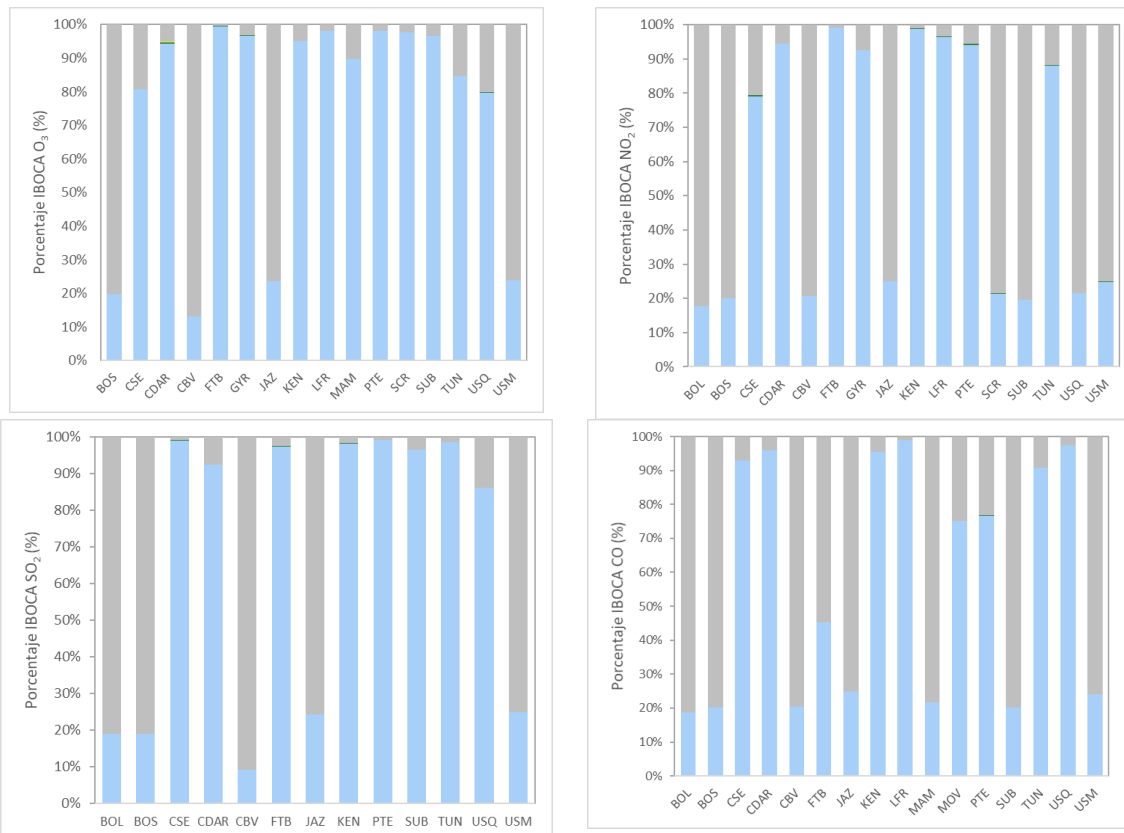


Figura 8-8 IBOCA por estación para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2020

9. METEOROLOGÍA

9.1. PRECIPITACIÓN

De acuerdo con (OMM, 2010) citado por (FOPAE, 2001) la precipitación se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo. La medida de la cantidad de lluvia se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo, supuesto perfectamente horizontal, suponiendo que no es objeto de filtración, evaporación o escurrimiento.

A esta medida se llama altura de precipitación y es expresada en milímetros. Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie. 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 y dura todo abril y 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 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.

9.1.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

Como suele ocurrir en la ciudad de Bogotá, son más frecuentes y con mayor intensidad las lluvias en horas de la tarde y noche, así, entre las 3:00 p.m. y las 6:00 p.m. en promedio cayó aproximadamente el 40% de las lluvias, entre las 7:00 p.m. y las 12:00 a.m. aproximadamente el 28% y el 31% restante en promedio ocurren entre la 1:00 a.m. y las 2:00 p.m. En 2020 el mayor número de eventos de lluvia se presentó hacia las 5:00 p.m. (Figura 9-1). En 2019 semejante a lo registrado en 2020 el mayor número de eventos de lluvia se presentó hacia las 4:00 p.m.

Así pues, las lluvias que se presentan en horas de la tarde probablemente sean las que mayormente contribuyen con la limpieza de la atmósfera por arrastre aerodinámico de partículas. Estos eventos de lluvia además son propicios para el lavado de las vías y la disminución de material particulado susceptible de ser resuspendido.

De acuerdo con Montoya & Eslava (2000), el comportamiento antes descrito obedece a la acumulación de energía durante el día que ocurre entre la 1 y las 3 de la tarde, es decir, cuando las temperaturas alcanzan su máximo valor y con ella el desarrollo

convectivo, y a la interrupción del flujo básico del nororiente y suroriente para darle paso a las masas de aire cálidas y húmedas provenientes del valle del Magdalena los cuales ascienden por el suroccidente cargados de humedad y al encontrarse con los cerros orientales son forzados a ascender y formar nubes productoras de lluvia, si las condiciones de estabilidad de la atmósfera son favorables.

Es normal que estas lluvias ocurran bajo condiciones propicias de humedad, dirección del viento del occidente y condiciones de estabilidad favorables para la convección térmica o convección forzada con la contribución de los vientos encañonados del Magdalena que se ven forzados a ascender al colisionar con los cerros orientales.

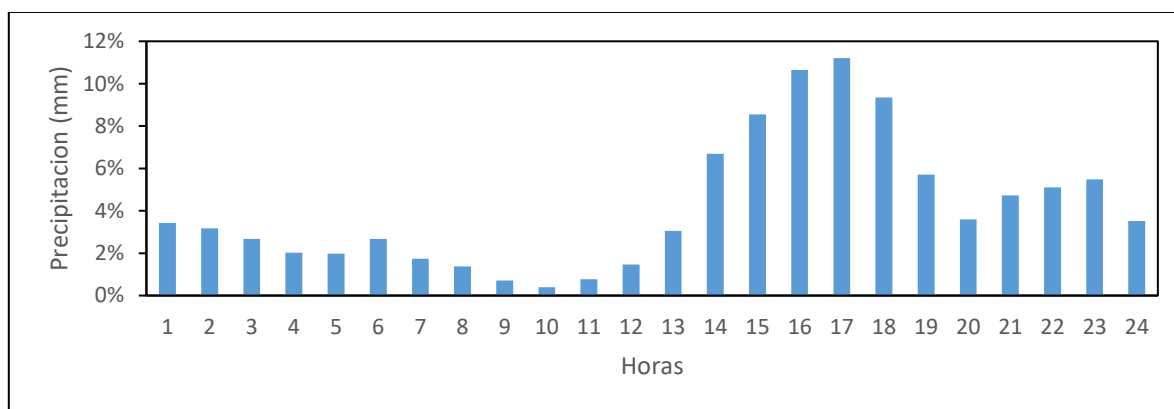


Figura 9-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2020

9.1.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

En cuanto al comportamiento mensual, como es sabido la ciudad de Bogotá está marcada por dos periodos de lluvia y dos períodos secos. De este modo, tal como se observa en las Tabla 9-2 donde se presenta el comportamiento mensual de las lluvias por cada estación y Tabla 9-1 donde se resumen el comportamiento de las lluvias durante cada mes, así como a nivel trimestral y semestral. En dichas tablas se puede apreciar que, en 2020, al igual que en 2019, los mayores acumulados se presentaron en el segundo semestre del año. Además, que el 59% de las lluvias ocurrieron en el segundo semestre. No obstante, las lluvias registradas durante los dos períodos secos dejan entrever que fueron más húmedos que el año anterior e idénticos al primer periodo de lluvias.

Tabla 9-1. Distribución de las lluvias durante el año 2020

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	30,8	94,5	84,4	63,7	69,8	79,0	90,1	40,5	86,4	34,9	240,1	94,5
% Anual	3%	10%	9%	6%	7%	8%	9%	4%	9%	4%	24%	10%
% Trimestral	21%			21%			22%			37%		
% Semestral	43%						59%					

Como se puede observar en la Figura 9-2 en el segundo semestre de 2020 se presentaron las lluvias más intensas. En el mes de noviembre se acumularon alrededor de 434 mm de lluvia mientras que el máximo acumulado en el mes de mayo fue de alrededor de 188 mm de lluvia, menor que lo registrado en febrero un mes característicamente seco.

Tabla 9-2 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2020

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado (mm)
CSE	0,9	52,1	42,2	55,5	76	72,9	92	45,8	54,1	62,9	159,8	42,3	756,5
CDAR	33,9	108,8	130,1	55,3	58,3	88,9	96	48,3	93,4	40,7	236,2	87,5	1077,4
GYR	17,1	87,3	57,9	65,8	56,5	87,9	33,9	51,2	113,2	23,7	235,1	70,3	899,9
KEN	62,6	198,8	182,3	163,8	188,1	229,5	281,1	36,7	49,1	20	0	67,8	1479,8
LFR	15,8	51,1	64,5	41,3	34,9	26,4	61,5	17	107,7	20,1	236,2	124,3	800,8
MAM	46,6	107,8	102,2	35,2	51,6	53,4	72,6	34	78,4	26,6	263,6	116,3	988,3
MOV	15,9	98,3	85,3	27,9	53,8	28,9	39,4	12,7	55,7	20,4	227,6	79,1	745,0
PTE	5,7	62,2	57,6	43,3	47,6	47,9	73,1	36,1	71,2	23,9	139,2	102,3	710,1
SCR	35,3	100,1	77	57,5	61,4	99,5	95,1	85,7	155,4	55,4	433,9	223	1479,3
SUB	40,4	53,8	67,2	87,5	71,9	93,8	102,6	46,3	93,7	38,6	242,6	75,3	1013,7
TUN	53	62,3	33,1	53,6	93,5	81,5	88,2	38,1	78,5	64	200,1	62,8	908,7
USQ	42,9	151,2	113,5	77,3	43,5	37,6	45,8	34,2	86	22	266,5	82,5	1003,0

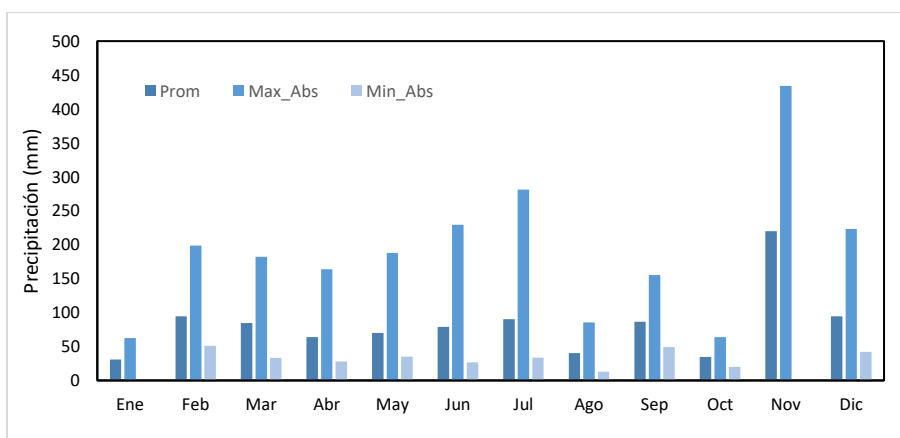


Figura 9-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación – Año 2020

En 2020 de acuerdo con los registros de la RMCAB, en su mayoría los totales anuales fluctuaron entre 700 mm a 1100 mm. Se destacan los acumulados registrados en San Cristóbal, con totales por encima de los 1400 mm. Ver la Figura 9-3 y la Figura 9-4.

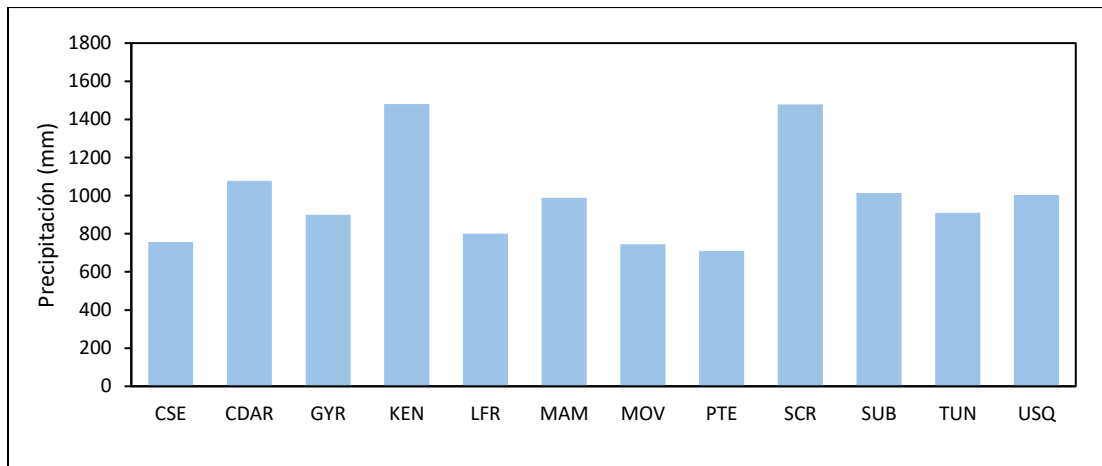


Figura 9-3 Total acumulado por estación – Año 2020

9.1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

La distribución espacial de las precipitaciones se puede observar en el mapa de isoyetas de la Figura 9-4. En dicha figura se puede observar que los mayores acumulados se presentaron tanto al oriente como el occidente. Los acumulados registrados hacia el flanco occidental podrían estar asociados a lluvias de tipo advectivos. Entretanto, las lluvias registradas hacia el flanco oriental de la ciudad, se estima obedezcan a procesos de convección forzada.

9.1.4. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

En la Tabla 9-3 se presenta el registro histórico de la RMCAB, donde se resume el comportamiento anual registrado en las distintas estaciones de la RMCAB desde 2000 hasta la vigencia analizada.

Adicionalmente se presenta la Figura 9-5 que describe el comportamiento promedio de las lluvias en la ciudad, de acuerdo con los datos colectados por la RMCAB, desde el año 2000. De acuerdo con este perfil anual se evidencia un ascenso en el total anual de la precipitación de 2020 con respecto al año anterior.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

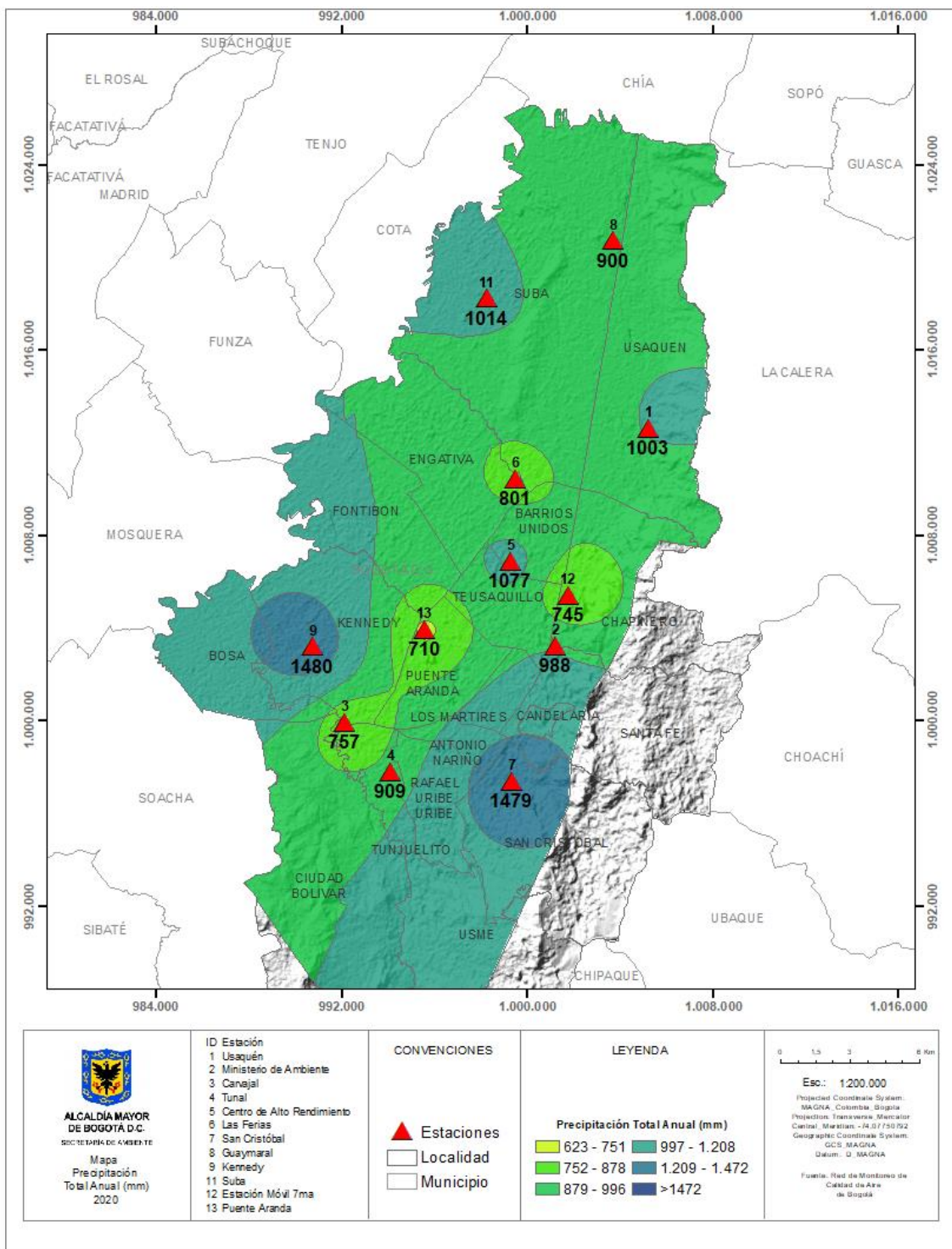


Figura 9-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

Tabla 9-3 Promedio de los acumulados de precipitación por estación – Año 2020

EST.	BOL	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM	Prom.
1998															1150
1999															940
2000		585		687			606	851			650		1242		767,8
2001		317		471			592	636	564		496		563		498,2
2002		580		653	578		667	874	901		489		867		710,8
2003		421		574	709				891				495		540,4
2004		577	739	684					248		1007				648,0
2005			752	545			882		431				947		668,6
2006		692		520		611	861		580		573		825	702	747,3
2007		669	707	559	646	546	654		701		460	539	780	553	645,6
2008			848		821	839	695		1547		575	686	946	718	838,2
2009		620	815	382	656	559	759	812	857		646	542	624		667,8
2010		970	1523	522	1048	644	1321		881		1023	1071	1292		1016,4
2011		1024	1710	520	1394	587	1429		812		1156	1066	1277		1097,5
2012		638	891	350	639		931	940	679	938	866	668	828		760,7
2013	755,4	678	964	392	828	688	855	940	660	865	930	711	703		767,8
2014		639	1062		836	689	925	915	680	1076	732	674	869		827,0
2015	558,4	450	608		534	453	580	559	396	574	446	510	461		506,5
2016	961,4	540,8	802,6		964,4	723,4	924,6	795	835,5	786,4	362		333		706,8
2017	1389,4	890,2	1310,7		986,3	1078,1	1054,7	1032,8	1002,9	1072,6	986,6	1041,8	1140,8		1054,3
2018	955,7	809,7	932,3		796,2	1281,5	517,3		786	916,1	453,6	543,7	905,2		794,2
2019	989,4	723,5	979,8		923,9	1565,5	558,5	676,2	843,4	1065,5	801,7	814,6	1105,6		914,4
2020		756,5	1077		899,9	1480	800,8	988,3	710,1	1479	1014	908,7	1003		1010,7
Prom.	935	662,1	982,6	527,6	828,7	838,9	821,7	834,9	750,3	974,8	719,3	752	860,3	657,7	770,9

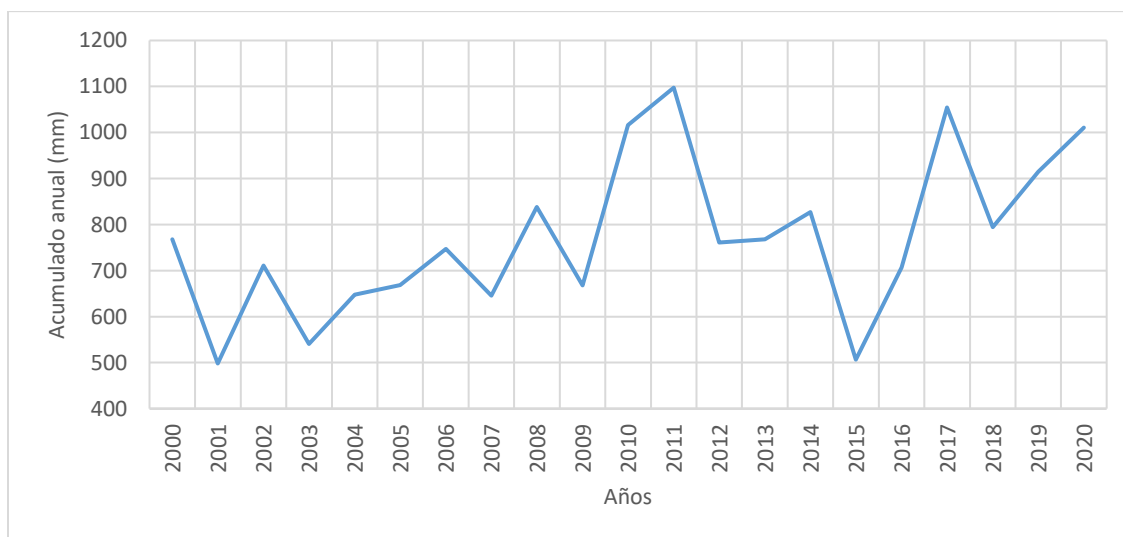


Figura 9-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá – Año 2020

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL

En la Tabla 9-4 se resume el comportamiento mensual multianual de la lluvia en la ciudad de Bogotá de acuerdo con los registros de la RMCAB desde 2000 hasta 2020. De acuerdo con esta tabla en 2020 las lluvias superaron al promedio histórico durante meses considerados como secos (febrero, julio). Mientras que, durante el primer periodo húmedo las lluvias no fueron abundantes como suele ocurrir durante el ciclo anual de la precipitación en la ciudad. Ver Figura 9-6.

Tabla 9-4 Precipitación promedio histórica mensual – Año 2020

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	41,0	152,5	112,2	59,1	62,2	41,9	49,1	37,3	84,6	53,3	64,5	22,0	779,7
2001	22,9	23,8	83,5	17,4	67,7	25,7	28,0	11,9	73,0	27,8	53,8	60,8	496,2
2002	20,9	28,8	69,7	154,6	104,7	73,1	20,4	22,4	42,2	61,2	39,5	75,1	712,5
2003	13,8	39,3	79,0	77,3	31,8	51,6	42,6	37,7	55,5	80,4	117,2	23,2	649,3
2004	10,6	47,7	34,4	103,9	91,9	75,4	35,7	14,0	47,3	100,3	57,1	23,1	641,4
2005	24,2	62,9	28,3	72,7	111,5	25,6	20,3	22,2	47,5	86,2	54,3	66,1	621,9
2006	63,4	23,8	107,1	98,7	77,7	72,9	16,0	12,0	17,3	91,6	80,6	23,6	684,6
2007	11,0	16,8	30,4	84,0	44,8	46,0	30,5	37,1	9,2	149,5	97,0	102,9	659,2
2008	22,6	94,6	100,9	47,5	80,6	52,2	47,0	44,9	36,5	104,4	135,9	81,7	848,7
2009	52,2	82,0	98,1	66,2	18,5	38,9	23,3	20,7	17,4	119,8	56,0	28,9	621,9
2010	9,4	20,4	19,5	134,2	160,9	70,7	100,7	30,3	47,1	126,1	170,1	112,8	1002,3
2011	62,9	75,4	106,2	168,8	115,5	46,3	41,9	32,1	39,5	128,0	175,0	130,2	1122,0
2012	79,8	135,3	101,4	134,7	29,1	31,7	42,9	35,8	21,0	104,0	53,0	47,9	816,5
2013	7,4	96,0	58,0	118,9	98,0	23,2	30,8	46,8	32,7	71,5	138,7	73,6	795,6
2014	47,7	70,2	92,4	61,8	74,7	44,4	25,9	14,3	36,7	104,6	114,5	124,5	811,6
2015	38,9	31,9	95,9	58,9	17,1	52,4	30,6	18,6	30,8	44,1	59,0	1,1	479,2
2016	4,8	20,8	85,8	136,1	76,9	20,3	30,9	44,8	68,8	85,2	189,7	59,0	823,0
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
Prom.	32,7	60,5	81,2	94,8	82,4	51,0	38,6	29,7	43,3	86,5	107,7	60,3	768,9

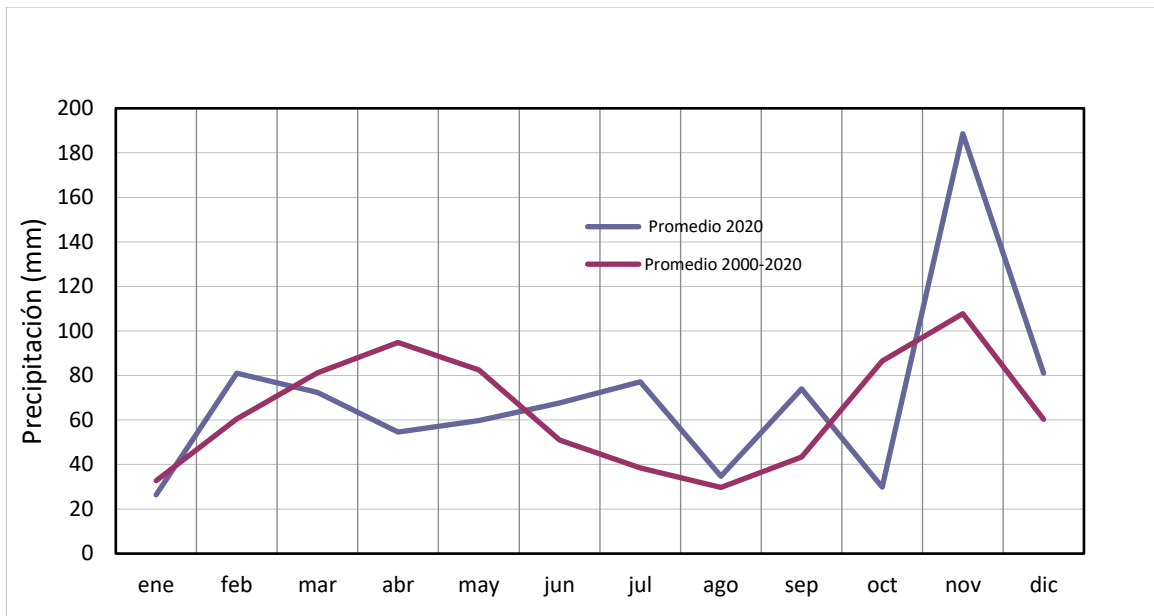


Figura 9-6 Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual 2020

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

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 contribuya con la toma de decisiones asociadas a esta variable.

9.2.1. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los registros de la RMCAB en la Tabla 9-5 se resume el perfil promedio horario anual de la temperatura durante el año 2020 por estación. 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 el aire en contacto, la temperatura del aire comienza a incrementarse alcanzando su máximo entre las 12 horas y las 14 horas, posiblemente incluso hasta las 15 horas. Este incremento de temperatura máxima corresponde con la hora en la que ocurre la mayor convección térmica en un día normal en Bogotá,

que podría propiciar no sólo la mayor dispersión de contaminantes en la atmósfera, sino también favorecer la convección profunda y la ocurrencia de lluvias con tormentas.

En la Figura 9-7 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 2020 de manera idéntica que el año anterior, las mayores temperaturas de la ciudad se reportaron en las estaciones Kennedy, Móvil 7ma y Carvajal-Sevillana. El sector de San Cristóbal continúa registrando los valores más bajos de temperatura horaria durante el año.

Tabla 9-5 Comportamiento de la temperatura horaria – Año 2020

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

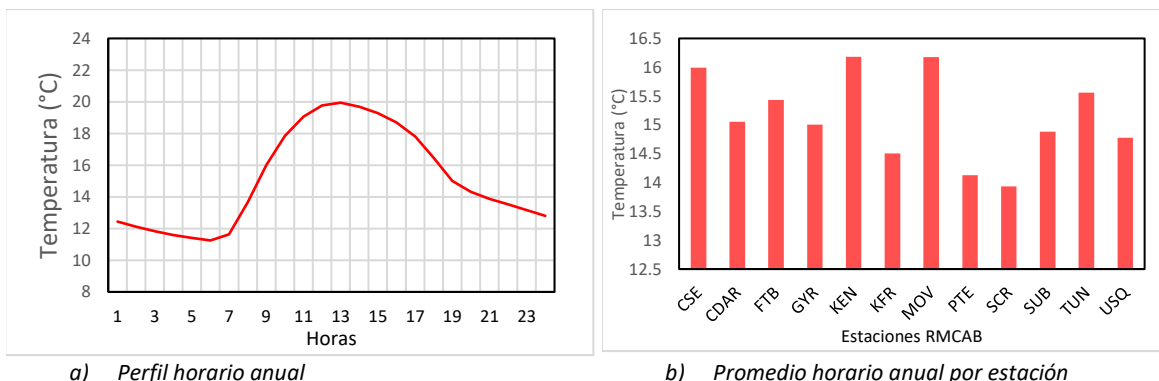


Figura 9-7 a) Perfil horario anual de temperatura. b) perfil diario de temperatura por estación

9.2.2. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA

Los datos registrados en la RMCAB permiten establecer que 2020 fue un año con temperaturas semejantes a las registradas durante el año anterior. El promedio anual fue de 15,1 °C superando nuevamente el promedio anual de 2016 que fue uno de los años más calientes de la década. De acuerdo con estos registros, los meses con mayores valores de temperatura del año se presentaron entre enero y agosto, exceptuando al mes de marzo que fue ligeramente menor, como se puede ver en la

Tabla 9-8 y la Figura 9-8.

Por otra parte, al comparar el promedio de temperatura media mensual multianual de 2000 a 2020 contra la media mensual de 2020 se observa que el promedio mensual de 2020 fue superior al promedio multianual, durante todo el año. Asimismo, se puede observar que con respecto a la media multianual las anomalías de temperatura fueron positivas y que se presentaron durante todo el año, sobre todo durante el mes de marzo.

Tabla 9-6 Promedio mensual de temperatura multianual 2000 – 2020

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

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
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
Prom. 2000-2020	14,2	14,4	14,8	14,6	14,7	14,2	14,0	14,1	14,3	14,4	14,4	14,2	14,4
Desviación estándar	0,9	1,1	0,7	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	

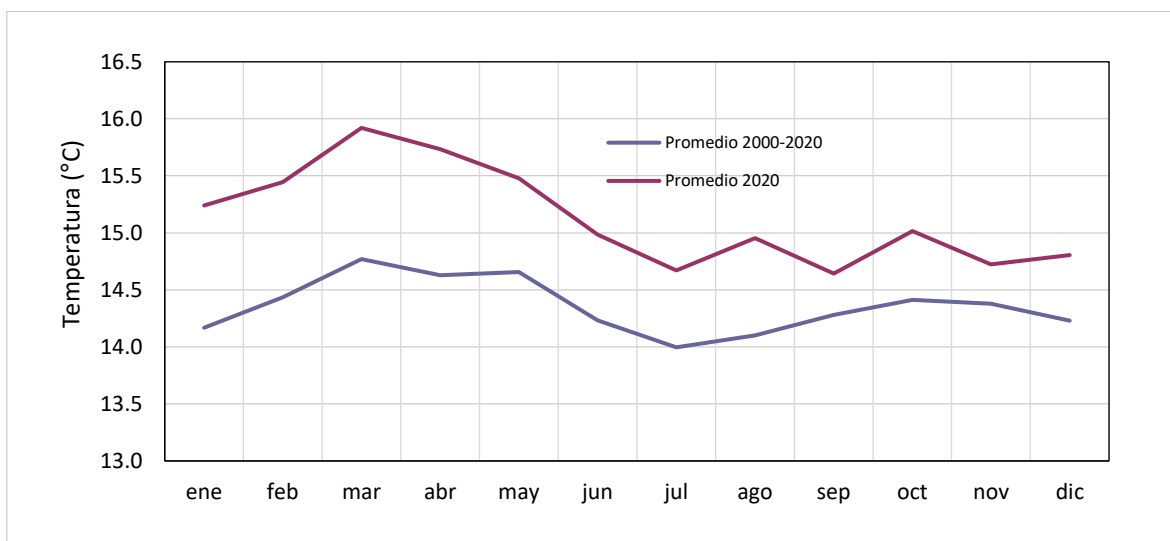


Figura 9-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2020 Vs 2020

En cuanto al comportamiento de las temperaturas extremas, las estaciones Suba, Tunal y Móvil 7ma fueron las que registraron los valores más altos en cuanto a las máximas absolutas con 28,0°C, 27,2°C y 27,1°C respectivamente. En cuanto a las mínimas absolutas Guaymaral y CDAR registraron las temperaturas más bajas durante el año con 0,7 °C y 1,7 °C respectivamente. En la Figura 9-9 se resume el comportamiento de los valores extremos absolutos (el valor más alto o bajo del año por estación) de las temperaturas medias horarias durante el año 2020. De la Tabla 9-7 se puede deducir que las mayores amplitudes térmicas se presentaron hacia los sectores de la ciudad representados por las estaciones Guaymaral, CDAR, Suba y Tunal. Estas variaciones de temperatura durante el día son las que en el trópico contribuyen con la formación de corrientes convectivas que ayudan al ascenso de masas de aire y con la reducción de la contaminación atmosférica complementado con la mezcla y transporte turbulentos (Hastenrath, 1991).

Los valores presentados en la Tabla 9-7 y la Figura 9-9 de las estaciones Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme, corresponden a los registros medidos durante los últimos meses del año, los cuales le permitirán a la RMCAB dar información a la ciudadanía acerca del comportamiento de las temperaturas en estos espacios intermedios de la ciudad donde se desconocía el comportamiento de la temperatura superficial. Por tanto, estos se reportan como valores indicativos de comportamiento preliminar de la temperatura superficial en dichos puntos, dado que estos no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%.

Tabla 9-7 Temperaturas extremas – Año 2020

ESTACIÓN	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Amplitud Térmica (°C)
BOS*	7,3	20,7	13,4
CSE	6,2	25,6	19,4
CDAR	1,7	26,6	24,9
CBV*	8,1	19,8	11,7
FTB	6,2	24,6	18,4
GYR	0,7	25,9	25,2
JAZ*	9	21,8	12,8
KEN	6,8	29,1	22,3
LFR	5,7	23,6	17,9
MOV	7,4	27,1	19,7
PTE	6,3	23,3	17
SCR	4,3	23,1	18,8
SUB	3,2	28	24,8
TUN	2,6	27,2	24,6
USQ	4,7	24,4	19,7
USM*	7,4	22	14,6

* Los valores estimados en estas estaciones son indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

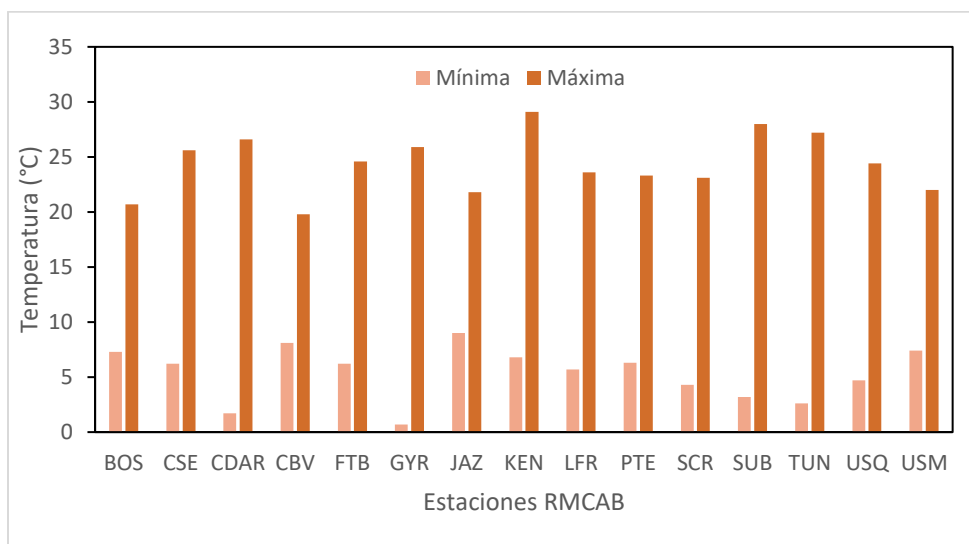


Figura 9-9 Temperaturas extremas absolutas – Año 2020

9.2.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Los registros de la RMCAB permiten establecer que en 2020 las mayores temperaturas medias superficiales se presentaron entre el flanco occidental, el flanco oriental y el norte de la ciudad con valores de entre 15 °C a 16,2 °C. Mientras que las menores temperaturas se registraron hacia el suroriente, como es frecuente, y a lo largo de una franja central en dirección sur norte donde las temperaturas en promedio oscilan desde 13,9 °C hasta 14,9 °C, como se puede ver en la Figura 9-10.

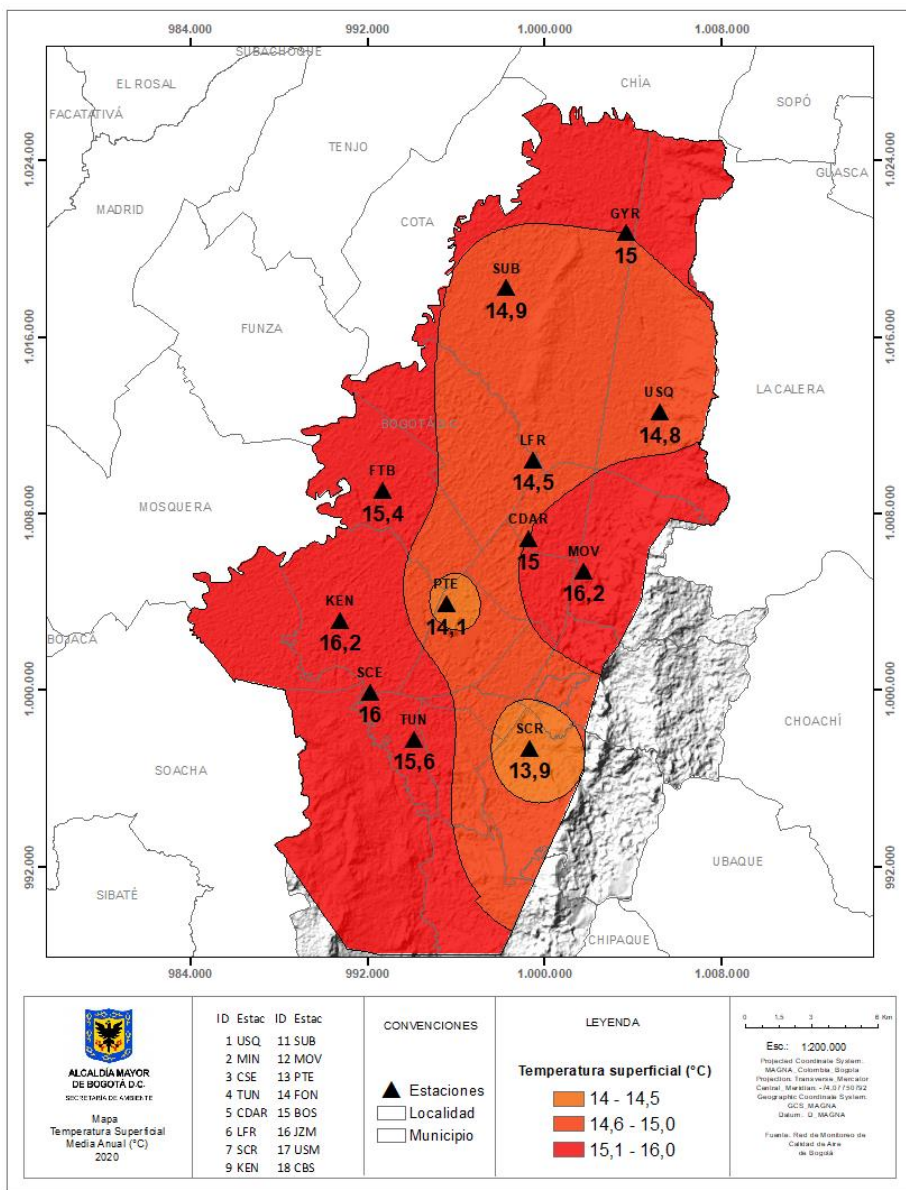


Figura 9-10 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB – Año 2020

9.2.4. PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA

En la Tabla 9-8 se presenta el resumen de los registros medios anuales por estación de la RMCAB desde 2000 a 2020. Estos reportes permiten observar que en 2020 la temperatura media superficial mostró un ligero incremento con respecto a 2019, y se estima que ambas temperaturas medias se encuentran alrededor de los 15,1 °C.

Las estaciones Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme, hacen parte de las estaciones recientemente instaladas por la RMCAB, por lo que sus registros son indicativos, debido a que no alcanzaron el porcentaje de representatividad temporal del 75%.

En la Figura 9-11 se muestra cómo ha variado en promedio la temperatura anual de la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el 2020. Esta representación es importante porque permite visualizar la evolución de la temperatura del aire en la ciudad de Bogotá, durante las últimas dos décadas. En esta figura se aprecia que en 2020 así como el año anterior las temperaturas medias superficiales superaron las registradas en 2016 calificado como de los años más calientes de la última década. Asimismo, superan las temperaturas medias superficiales registradas en 2005 cuando se presentó uno de los eventos El Niño más fuerte de las últimas dos décadas.

Tabla 9-8 Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB 2000 a 2020

Año/Est.	BOS*	CSE	CDAR	CBV*	FTB	GYR	JAZ*	KEN	LFR	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM*	Prom .
2000					13,6				15,6	14,1		10,6				13,5
2001					13,9				16	14,5						14,8
2002					14,1				16	14,6						14,9
2003					14,2					14,7						14,5
2004					13,9					14,5						14,2
2005					14,2				15,9	14,8						15,0
2006		12,2			14,1					14,6		12,6				12,9
2007		11,2			13,9					14,6		13,2				12,7
2008		14,1	13,9		14,1	13,9		13,6	13,3	14		13,7		11,9		13,4
2009		15,4	14,7		14,7	14,4		14,8	14	14,6		12,9	14,6	14,5		14,5
2010		15,5	14,8		14,5	14,8		14,8	14,2	14,6	13,5			15,1		14,5
2011		15	14,5		13,6	14,3		14,4	13,7	14	13,7		13,2	14,4		14,1
2012		15,2	14,6		13,8	14,3		14,5	13,9	13,8	13	14	13,4	14,4		14,1
2013		15,5	14,8		14,1	14,6		14,8	14,2	13,7	13,1	14,3	13	14,8		14,3
2014		15,5	14,8			14,6		14,9	14,2	14	13	14,3	13,1	14,7		14,3
2015		15,8	15,2			14,8		15,3	14,4	14,4	13,4	14,6	13,5			14,6
2016		16	15,4			15,1		15,3	14,7	15	13,7	15	14,4			15,0
2017		15,6	14,9			14,7		15,1	14,3	14,5	13,2	14,6	13,4	13,2		14,4
2018		15,5	14,7			14,5		15,2	14,1	14,2	13,1	14,4	13,4			14,3
2019		15,8	15,1		15,4	14,9		16,6	14,5	14,2	13,4	14,8	15,5	14,7		15,0
2020	14,3	16	15	14,1	15,4	15	15,3	16,2	14,5	14,1	13,9	14,9	15,6	14,8	14,8	15,0
Prom. (°C)		15,0	14,8		14,2	14,6		15,0	14,6	14,4	13,4	13,9	13,9	14,3		13,9

* Los valores estimados en estas estaciones son indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

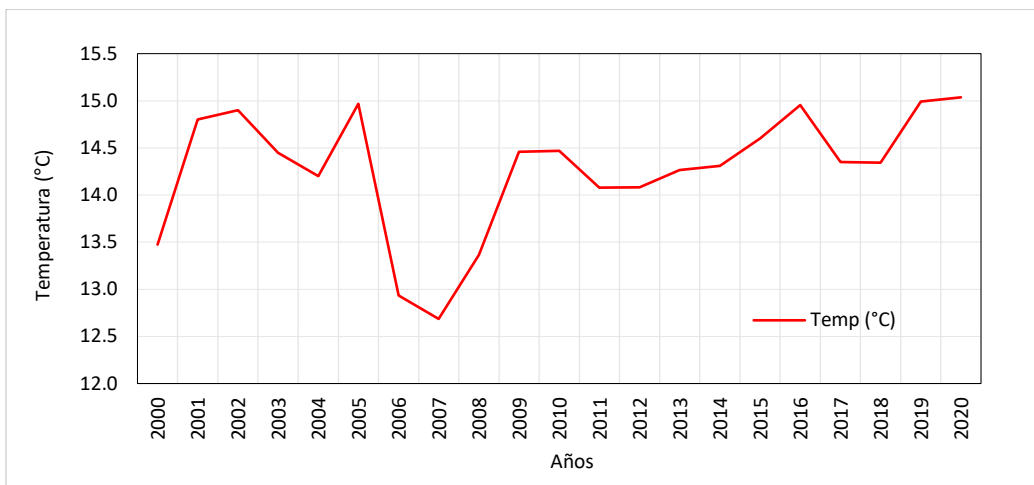


Figura 9-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2020

9.3. 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. Esta radiación, es absorbida por la superficie de la Tierra de manera diferencial en función de sus capacidades de absorción (albedo), y de acuerdo con sus propiedades térmicas, cada superficie absorbe radiación y la transfiere al aire circundante como ondas de calor que son absorbidas de manera eficiente dada sus propiedades diatérmicas, lo que a su vez genera diferencias de presión las cuales 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 de la descomposición vectorial, tomando en cuenta sus componentes u y v , los cuales parametrizan el viento en el plano horizontal.

El viento juega un papel muy importante en los procesos de dispersión de contaminantes en la atmósfera de la ciudad, debido a que las partículas se encuentran en suspensión y dependiendo de las condiciones sinópticas y la circulación local de las masas de aire, estas pueden ayudar en mayor o menor medida con los procesos de mezcla y transporte de los contaminantes. Sin embargo, también pueden contribuir de manera desfavorable cuando transportan contaminantes provenientes de fuentes externas, ya sean a nivel local o regional y los introducen a la ciudad cuando su trayectoria está así determinada.

9.3.1. PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con los registros de la RMCAB la velocidad del viento en 2020 presentó un descenso considerable con respecto a la media multianual, principalmente en el segundo semestre del año

donde los vientos entre julio y agosto presentan sus mayores valores, como se puede apreciar en la Figura 9-12.

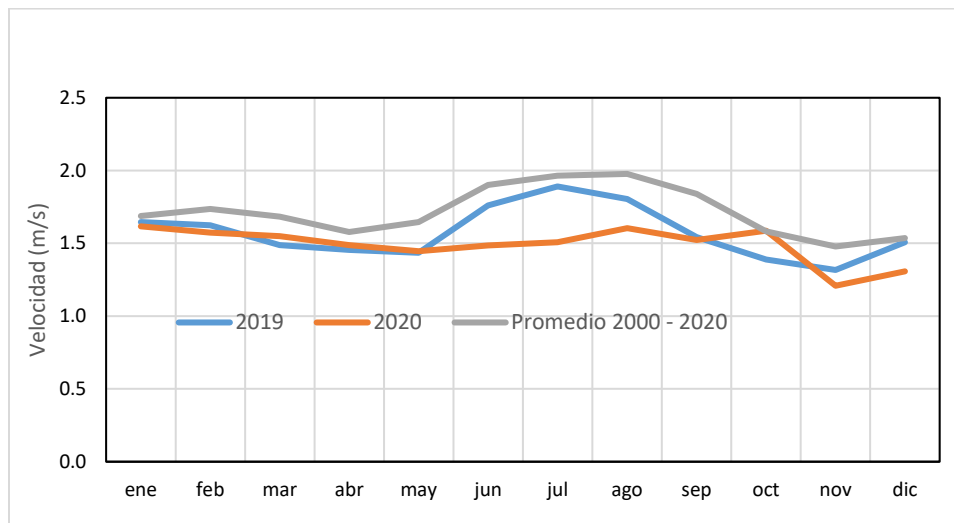


Figura 9-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (2000 – 2020) Vs. 2019 y 2020.

De otro lado, si se compara el comportamiento de las velocidades del viento por estación entre los años 2000 y 2020 se observa que sólo en las estaciones Tunal, Kennedy, Guaymaral, y Usaquén, se presentaron ligeros incrementos con respecto a la media multianual, como se muestra en la Tabla 9-9 y la Figura 9-13.

Tabla 9-9 Promedio multianual por estación de los años 2000 - 2020

Estación	CSE	CDAR	GYR	KEN	LFR	MA M	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2000	0,9	N.A	N.A	N.A	1,7	0,4	1,9	N.A	1,4	N.A	1,2
2001	1,3	N.A	N.A	N.A	1,7	0,5	2,4	N.A	1,4	N.A	1,1
2002	1,2	N.A	0,6	N.A	1,6	0,5	2,4	N.A	1,3	N.A	1,0
2003	2,1	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2,6	N.A	N.A	N.A	1,2
2004	N.A	0,8	N.A	N.A	N.A	N.A	2,7	N.A	1,6	N.A	N.A
2005	N.A	1,9	N.A	N.A	1,5	N.A	2,8	N.A	N.A	N.A	1,6
2006	N.A	N.A	N.A	1,5	1,4	N.A	2,8	N.A	1,3	N.A	2,4
2007	1,8	1,1	1,1	1,5	1,4	N.A	2,7	N.A	1,5	2,1	1,8
2008	1,9	1,4	1,2	2,3	1,9	N.A	2,7	N.A	0,5	1,3	0,7
2009	2,4	1,7	1,3	2,7	2,1	1,2	2,9	N.A	0,9	1,2	0,9
2010	2,1	1,5	N.A	2,5	1,7	N.A	2,7	1,1	1,0	1,2	1,2
2011	2,1	1,3	0,9	2,4	1,8	N.A	2,7	1,7	1,8	1,1	1,4
2012	2,4	1,4	1,0	2,6	1,9	N.A	2,2	1,8	2,0	1,1	1,6
2013	2,4	1,4	1,0	2,5	1,9	1,8	2,1	2,2	2,0	1,1	1,6
2014	2,4	1,4	1,1	2,6	1,8	1,8	2,1	1,8	1,9	1,0	1,4
2015	2,6	1,5	1,1	2,8	2,0	1,8	2,3	1,2	1,9	1,2	1,7

Estación	CSE	CDAR	GYR	KEN	LFR	MA M	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2016	2,0	1,2	0,9	2,4	1,7	1,5	2,1	1,7	1,4	1,2	1,7
2017	2,0	1,2	0,9	2,3	1,6	1,4	1,9	1,6	1,3	1,1	1,6
2018	2,0	1,2	1,0	2,3	1,6	N.A	2,2	1,5	1,4	1,2	1,6
2019	1,6	1,3	1,4	2,4	1,6	1,3	N.A	1,5	1,2	1,4	1,6
2020	1,1	1,2	1,5	2,3	1,8	1,2	1,9	1,6	1,1	1,6	1,5
Prom. 2000 - 2020	1,9	1,3	1,1	2,3	1,7	1,2	2,4	1,6	1,4	1,3	1,4

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo

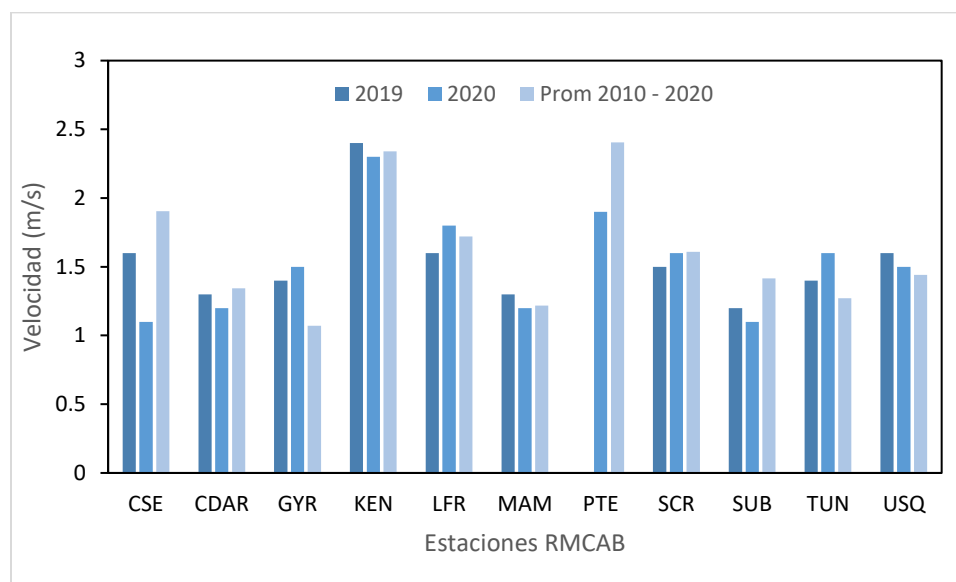


Figura 9-13. Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2019 vs. 2020.

9.3.2. PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Tabla 9-10 se presenta un resumen del comportamiento promedio mensual multianual de los vientos durante las últimas décadas. De acuerdo con los registros de la RMCAB, las velocidades del viento durante el 2020 registraron un fuerte descenso sobre todo durante los meses de noviembre y diciembre, como se muestra en la Figura 9-14. Esta reducción de las velocidades de los vientos durante el mes de noviembre principalmente, frente a los altos acumulados de precipitación, podría sugerir encuentros de masas de aire en la ciudad que redujeron su velocidad forzando su ascenso convectivo y produciendo lluvias abundantes como las que se registraron en gran parte de la ciudad, sobre todo en el segundo semestre de 2020.

Tabla 9-10 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2020

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

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
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
Prom. 2000 - 2020	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

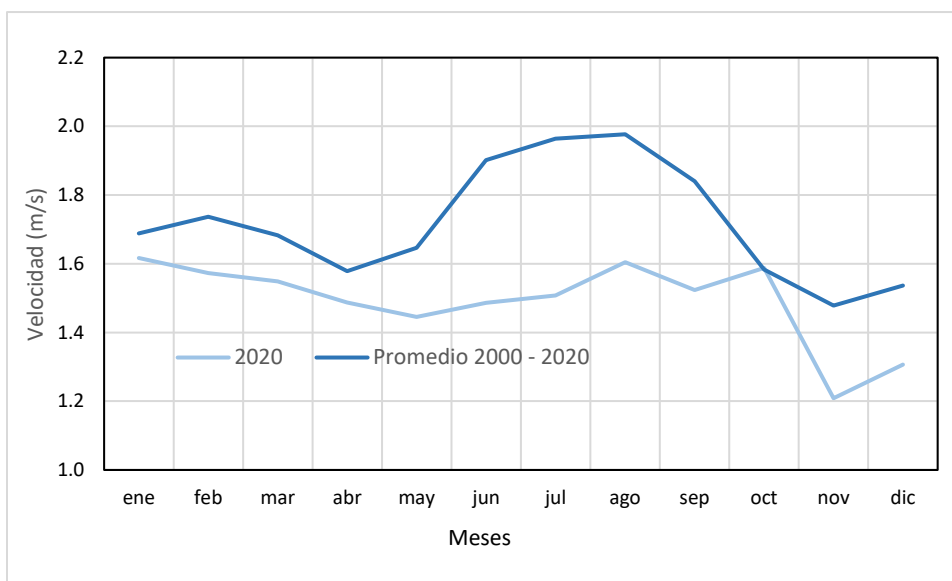


Figura 9-14. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2020 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2020

Como información adicional se presenta en la Figura 9-15 los valores medios máximos y mínimos absolutos registrados durante el año 2020, por cada una de las estaciones de la RMCAB. De esta figura se sustrae que para el período del estudio las máximas velocidades absolutas de manera semejante al año anterior se registraron hacia los sectores de MinAmbiente, Las Ferias, Puente Aranda y Kennedy. Estas velocidades máximas probablemente ocurrieron en horas de la tarde cuando mayor cantidad de energía se ha acumulado en la atmosfera, favoreciendo la limpieza de la

ciudad como se observa en la Figura 9-17, toda vez que tienen la capacidad de mezclar y transportar los contaminantes que son descargados a la atmósfera local ya sea por fuentes puntuales dentro del distrito, vecinas, o incluso regionales como se ha evidenciado en los episodios de emergencia que se han presentado por quemas y/o incendios a nivel continental.

Es importante resaltar que los valores presentados de las estaciones Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme, son indicativos toda vez que no cumplen con la representatividad temporal del 75% y se presentan con el ánimo de dar a conocer la existencia de las nuevas estaciones que la RMCAB ha implementado para mejorar la resolución de la información meteorológica que se registran en la ciudad.

De acuerdo con estos registros hacia el sector de Bosa se observa que el viento alcanza velocidades relativamente mayores a las registradas en las estaciones Kennedy y Puente Aranda y confirman que hacia ese sector de la ciudad se presentan las mayores velocidades con una fuerte componente suroccidental. En la estación Ciudad Bolívar, por encontrarse en una cota superior al nivel medio de la sabana (aproximadamente 100 m por encima), es consistente que las velocidades del viento sean mayores que al nivel de la sabana de Bogotá. Asimismo, la estación Usme permite de manera preliminar, confirmar las bajas velocidades que se presentan hacia el suroriente de la ciudad. No obstante, se debe aclarar que estos valores no describen de manera concluyente el comportamiento de la velocidad de los vientos en dichos sectores, teniendo en consideración la temporalidad por debajo del 75%.

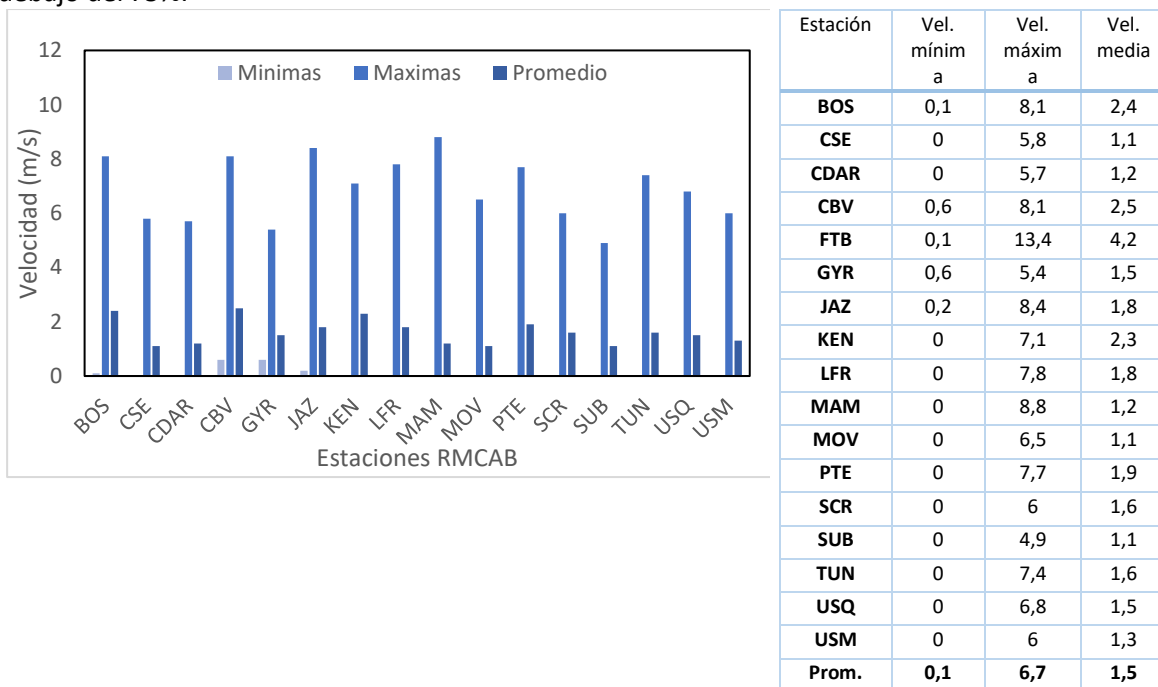
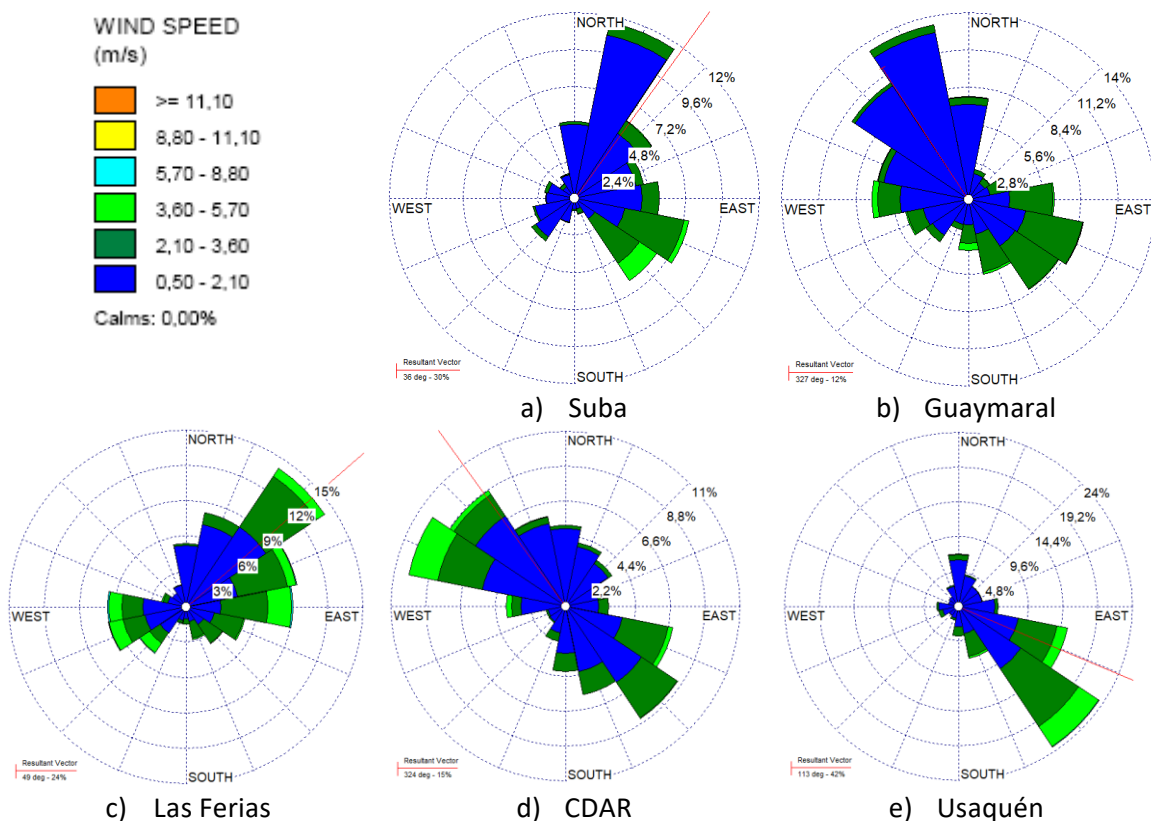


Figura 9-15 Velocidades medias, máximas y mínimas del viento – Año 2020

En la Figura 9-16 se presentan las rosas de los vientos anuales de acuerdo con los registros de la RMCAB durante el año 2020, para las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad

temporal del 75%. Si bien dicha ilustración representa una instantánea del ciclo anual de la velocidad y dirección del viento, esta ofrece información complementaria acerca de las direcciones predominantes en la ciudad durante todo el año, su frecuencia y magnitud. En el sector de Carvajal-Sevillana donde se registran las mayores concentraciones de contaminantes de la ciudad se presentaron velocidades de entre 0,5 y 5,7 m/s con predominio de vientos del suroriente en un 23% del tiempo, aunque son más frecuentes las velocidades bajas de entre 0,5 y 2,1 m/s los vientos del suroriente son los que en últimas contribuyen con la limpieza de la ciudad ejercida por la fuerza del viento, aunado a la convección térmica que se puede presentar en el sector, dada la cantidad de energía que se recibe. Semejante a los años anteriores se destaca la rosa de vientos de la estación de Puente Aranda donde se presentaron velocidades de entre 5,7 m/s y 8,8 m/s predominantemente del suroriente en un 12% y del occidente en un 15% del año. Velocidades de tal magnitud y poca frecuencia son proclives a presentarse durante las horas del día debido a la acumulación de mayor cantidad de energía (Ver además el mapa del campo del viento presentado en la Figura 9-18).



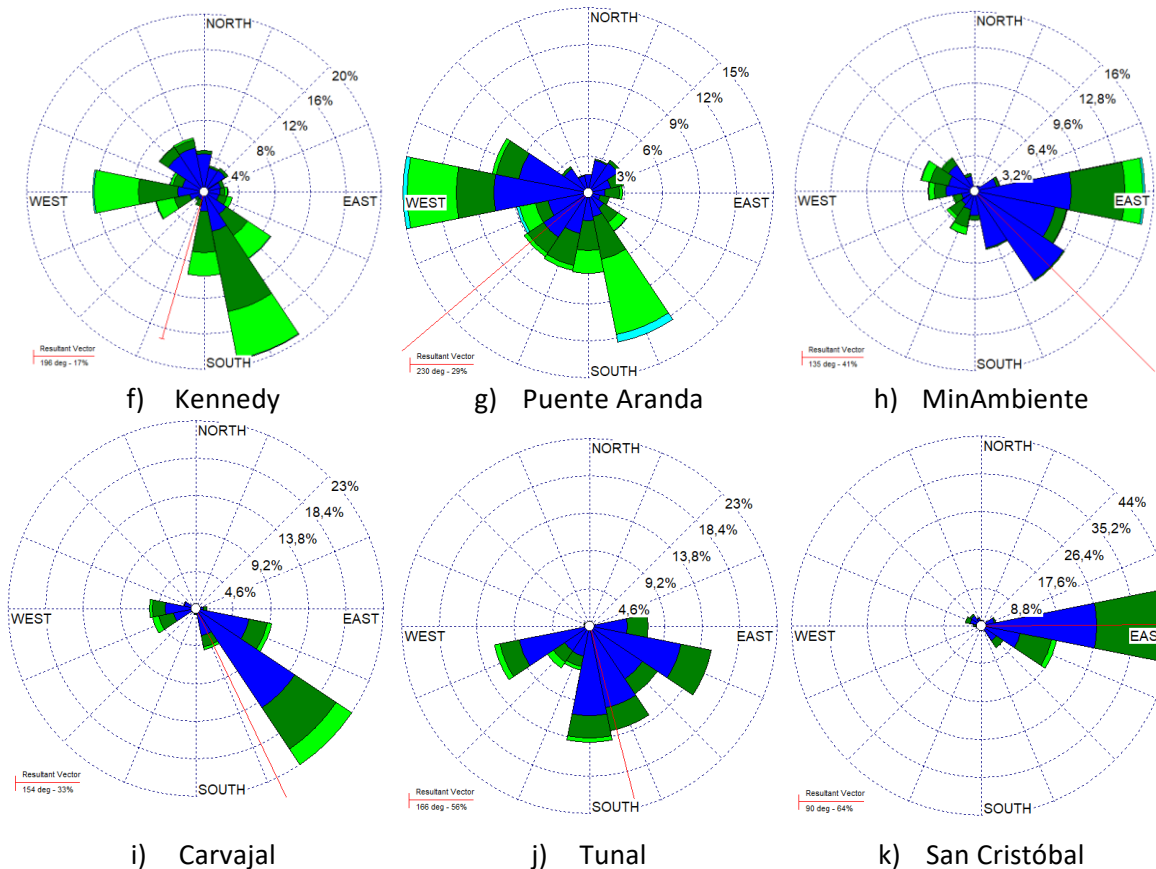


Figura 9-16 Rosas de viento consolidadas por estación – Año 2020

9.3.3. PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

Teniendo en cuenta que la magnitud de la velocidad de los vientos depende del ciclo diurno del sol, es importante conocer su comportamiento en diferentes horas del día tanto en velocidad como en dirección a fin de hallar patrones durante el día que podrían determinar la forma en que los contaminantes son dispersados. De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2020, el comportamiento de los vientos promedio durante el día se presenta en Tabla 9-11. En esta se resume tanto la velocidad como la dirección, en diferentes fracciones de un día normal, esto con el propósito de identificar patrones de comportamiento en diferentes momentos del día, dada la cantidad diferente de radiación solar que se recibe. Así las cosas, se dividió el día en cuatro fracciones a saber: madrugada, mañana, tarde y noche. La dirección calculada a partir de los registros anuales de la red es un promedio vectorial, por consiguiente, es la resultante de todos los vientos registrados en cada fracción del día.

De la Tabla 9-11 es deducible que en 2020 las mayores velocidades del viento se presentaron en horas de la mañana y la tarde como es natural que ocurra, en tanto que las velocidades más bajas se registraron en la madrugada y en la noche. En cuanto a las direcciones, estas se pueden apreciar con mayor detalle en la Figura 9-17.

Tabla 9-11 Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día

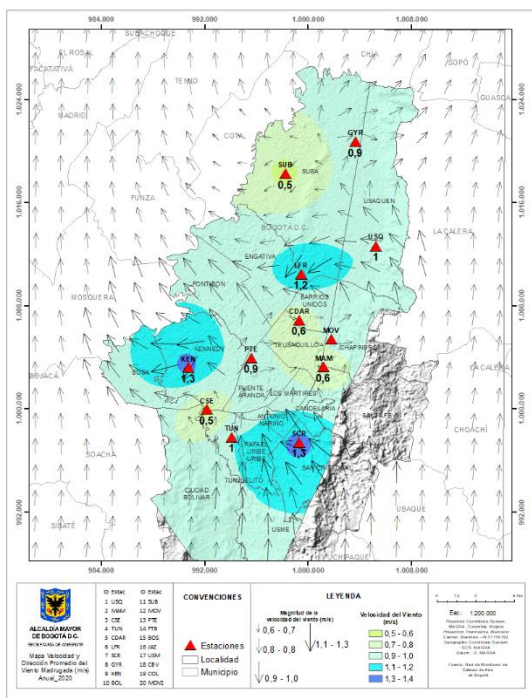
Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
GYR	0,9	1,7	2,4	1,1	329	8	167	297
CDAR	0,6	1,2	2,2	0,9	329	1	222	329
CSE	0,5	1,1	2,1	0,8	150	132	190	164
KEN	1,3	2,1	3,7	2,1	24	109	216	211
LFR	1,2	1,7	2,7	1,5	18	52	162	33
MAM	0,6	1,1	2,1	1,0	139	142	170	121
MOV	0,9	1,0	1,3	1,2	329	1	222	329
PTE	0,9	1,7	3,4	1,7	274	198	210	233
SCR	1,3	1,3	2,1	1,6	89	72	83	91
SUB	0,5	1,3	1,7	0,6	15	37	146	16
TUN	1,0	1,6	2,4	1,3	164	165	170	165
USQ	1,0	1,4	2,1	1,6	83	107	147	111

En la Figura 9-17 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 0 horas hasta las 6 a.m. se consideró como madrugada; de las 6 a.m. a las 12 m., se consideró como mañana; de las 12 m. a las 6 p.m., tarde; y de las 6 p.m. hasta las 12 p.m. o 0 horas, como noche. De acuerdo con esto, el comportamiento de los vientos en las diferentes fracciones del día, durante el año 2020, fueron como a continuación se describe:

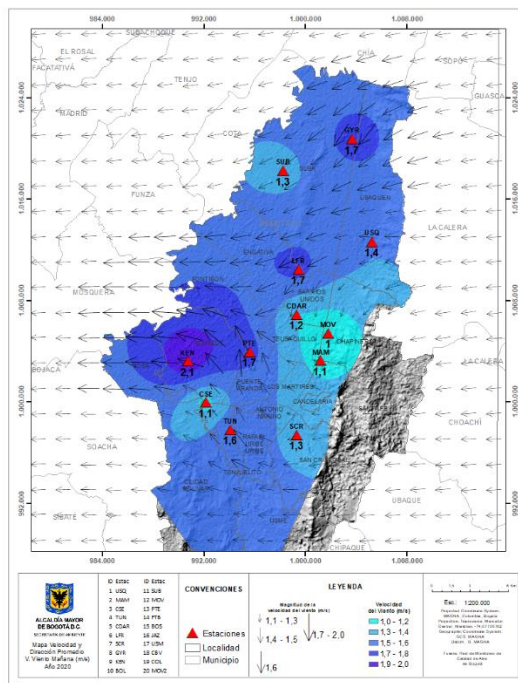
En las **madrugadas** hubo predominio de vientos del sur en el sur de la ciudad, vientos del suroriente bordeando los cerros orientales para continuar hacia el norte e incluso con flujo divergente atravesando toda la ciudad en dirección noroccidente que pudieron colisionar con los vientos del sur y del suroccidente. De acuerdo con las estimaciones de las descomposiciones vectoriales en las **mañanas** hubo mayor predominio de vientos del oriente en toda la ciudad; vientos que por su trayectoria y velocidad debieron haber contribuido a la remoción de contaminantes residuales del día anterior. En las horas de la **tarde** el cálculo de la descomposición vectorial permite deducir que durante el año 2020 los vientos prevalecieron principalmente del sur y del suroriente; estos son los vientos que mayormente pueden contribuir con la limpieza de la ciudad por su magnitud, capacidad de mezcla y transporte. En las horas de la **noche** el comportamiento fue semejante al de las horas de la madrugada con una variación en el flujo de los vientos del sur los cuales adoptaron una componente suroccidente.

Es importante aclarar que estas condiciones estáticas descritas anteriormente, pueden presentar variaciones durante el año; no obstante, en promedio la ciudad se ve favorecida por la influencia de los vientos alisios los cuales diariamente ejercen limpieza aerodinámica a través de los vientos predominantes del oriente. Como podrá observarse, en diferentes momentos del día los alisios pueden presentar variaciones en su dirección; estas pueden obedecer a la posición relativa del sol durante el año haciendo que predominen los vientos alisios del suroriente o los del nororiente. Aunado a lo anterior, se puede presentar la influencia de sistemas de escala sinóptica como huracanes.

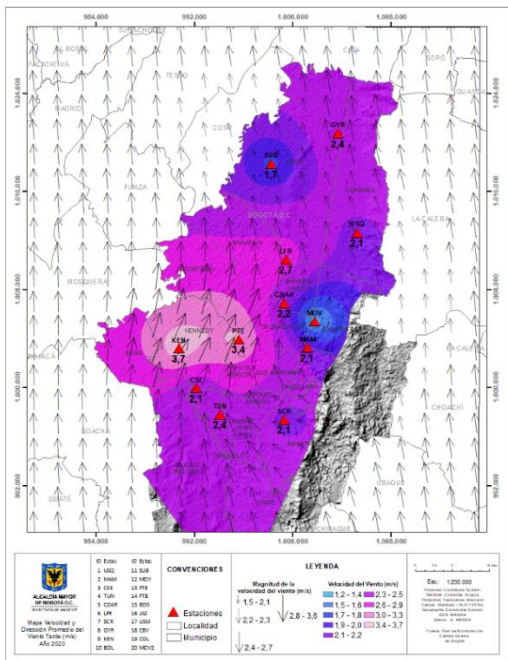
En otras circunstancias que no se hacen evidentes en los mapas representados, se tiene fuerte influencia de los vientos de escala local tales como las Brisas de Valle que como ya se mencionó anteriormente ascienden por el cañón del Magdalena e ingresan a la ciudad desde el suroccidente, los cuales, cuando vienen cargados de humedad y las condiciones de estabilidad son propicias, favorecen la ocurrencia de fuertes eventos de lluvia. Sin embargo, también pueden ser desfavorables para la calidad del aire de la ciudad, toda vez que pueden transportar contaminantes de fuentes externas ya sea a nivel local o regional, e introducirlos a la misma, incrementando las concentraciones de contaminantes, principalmente material particulado.



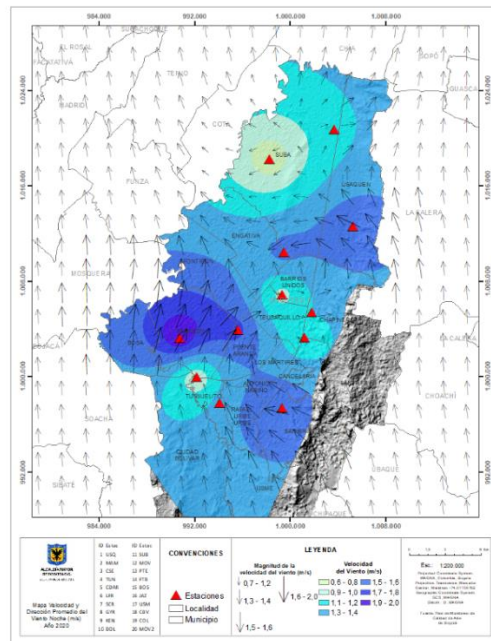
a) Madrugada



b) Mañana



c) Tarde



d) Noche

Figura 9-17 Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche – Año 2020

9.3.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

Como complemento a la información que podrían aportar las rosas de los vientos se presenta el mapa de la Figura 9-18, donde se puede confirmar que las mayores velocidades de los vientos se presentaron hacia el flanco occidental de la ciudad con predominio de vientos del oriente cuya magnitud fluctuó entre 1,8 a 2,3 m/s, en el flanco centro oriente y noroccidente con velocidades relativamente bajas de entre 1,1 m/s a 1,2 m/s y en el resto de la ciudad con velocidades entre 1,3 y 1,6 m/s.

También se observa la ocurrencia del patrón de flujo base de los vientos alisos en la ciudad los cuales se caracterizan por presentar mayores velocidades hacia el sector suroccidental con un predominio de la componente sur y suroccidental; vientos del suroriente con velocidades más bajas que el suroccidente pero persistentes, responsables de la depuración aerodinámica de la ciudad durante la mayor parte del año, y vientos débiles en los extremos norte y sur de la misma, que tienden a confluir en el centro geográfico de la ciudad para continuar su trayectoria hacia el noroccidente, limpiando la ciudad.

Este patrón presenta sus variaciones, pero persiste durante gran parte del año, ayudando con la remoción de la carga contaminante emitida a la atmósfera local por las actividades antrópicas en la ciudad y/o las que son introducidas desde fuentes externas al distrito ya sea de los municipios vecinos o de influencia regional, como se muestra en la Figura 9-18.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

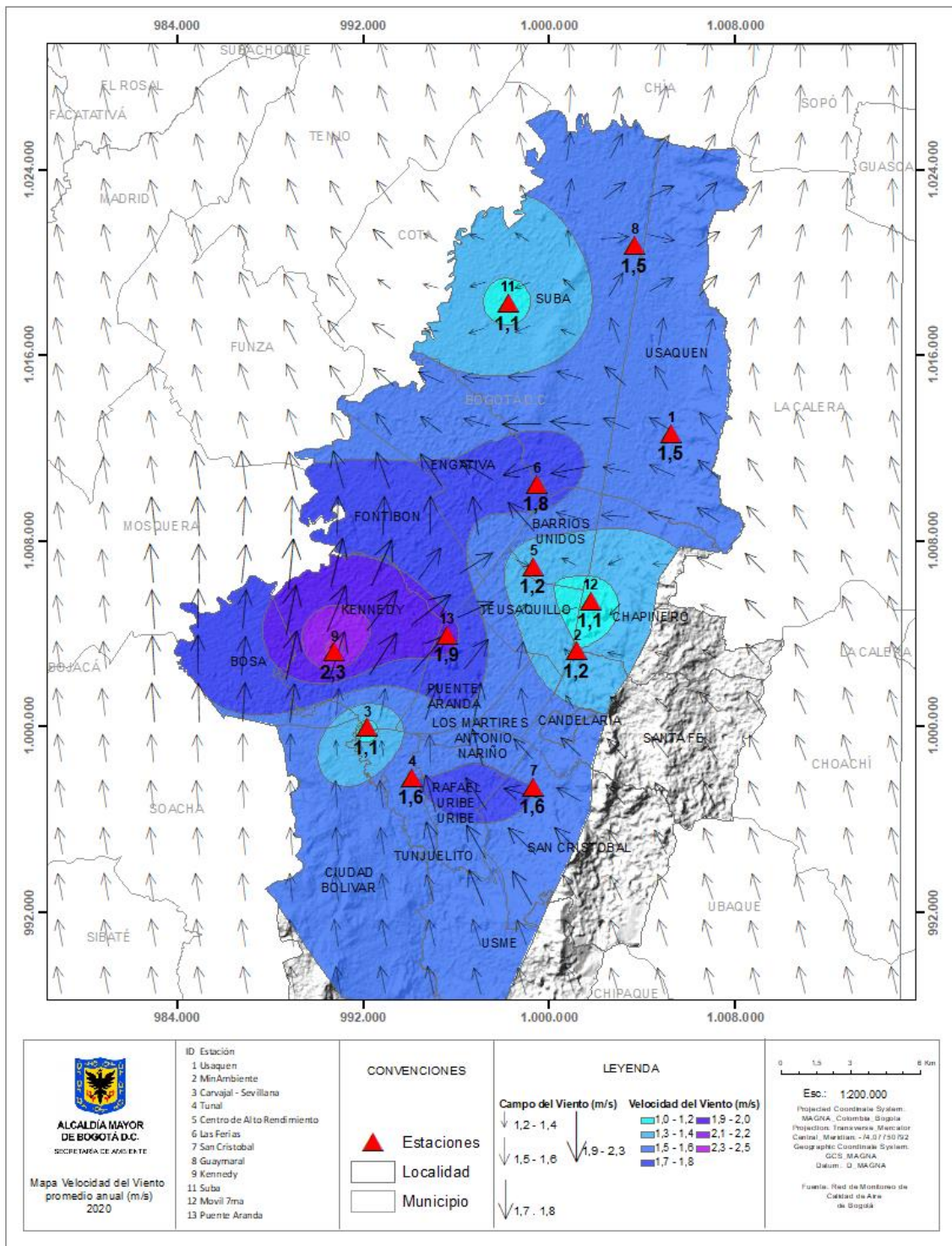


Figura 9-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2020

9.3.5. PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

La

Tabla 9-12 resume los promedios anuales de velocidad del viento desde el año 2000 hasta el 2020. De esta tabla se puede deducir que las velocidades del viento en 2020 no presentaron variaciones importantes frente a los máximos valores medios anuales registrados entre 2004 y 2007 y que se mantienen velocidades bajas semejantes a los últimos cuatro años. Ver Figura 9-19.

Como se indicó anteriormente, en la Tabla 9-12 se presenta el valor promedio anual registrado en las estaciones nuevas como indicativo, debido a que no cumplieron con el criterio de representatividad temporal.

Tabla 9-12 Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB entre 2000-2020.

Estación	BOS	CSE	CDAR	CBV	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM	Prom.
2000		0,9			2,4				1,7	0,4	1,9		1,4		1,2		1,3
2001		1,3			2,8				1,7	0,5	2,4		1,4		1,1		1,4
2002		1,2			2,8	0,6			1,6	0,5	2,4		1,3		1		1,3
2003		2,1			2,8						2,6				1,2		1,9
2004			0,8		2,7						2,7		1,6				2,1
2005			1,9		2,8				1,5		2,8				1,6		2,2
2006					2,9			1,5	1,4		2,8		1,3		2,4		2,1
2007		1,8	1,1		3,4	1,1		1,5	1,4		2,7		1,5	2,1	1,8		1,9
2008		1,9	1,4		2,7	1,2		2,3	1,9		2,7		0,5	1,3	0,7		1,8
2009		2,4	1,7		3	1,3		2,7	2,1	1,2	2,9		0,9	1,2	0,9		1,8
2010		2,1	1,5		2,8			2,5	1,7		2,7	1,1	1	1,2	1,2		1,8
2011		2,1	1,3		2,9	0,9		2,4	1,8		2,7	1,7	1,8	1,1	1,4		1,8
2012		2,4	1,4		3	1		2,6	1,9		2,2	1,8	2	1,1	1,6		1,9
2013		2,4	1,4		3	1		2,5	1,9	1,8	2,1	2,2	2	1,1	1,6		1,9
2014		2,4	1,4			1,1		2,6	1,8	1,8	2,1	1,8	1,9	1	1,4		1,8
2015		2,6	1,5			1,1		2,8	2	1,8	2,3	1,2	1,9	1,2	1,7		1,8
2016		2	1,2			0,9		2,4	1,7	1,5	2,1	1,7	1,4	1,2	1,7		1,6
2017		2	1,2			0,9		2,3	1,6	1,4	1,9	1,6	1,3	1,1	1,6		1,5
2018		2	1,2			1		2,3	1,6		2,2	1,5	1,4	1,2	1,6		1,6
2019		1,6	1,3			1,4		2,4	1,6	1,3		1,5	1,2	1,4	1,6		1,5
2020	2,4	1,1	1,2	2,5	4,2	1,5	1,8	2,3	1,8	1,2	1,9	1,6	1,1	1,6	1,5	1,3	1,8
Prom.		2	1,4		2,9	1		2,3	1,7	1,2	2,4	1,6	1,4	1,2	1,4		1,6

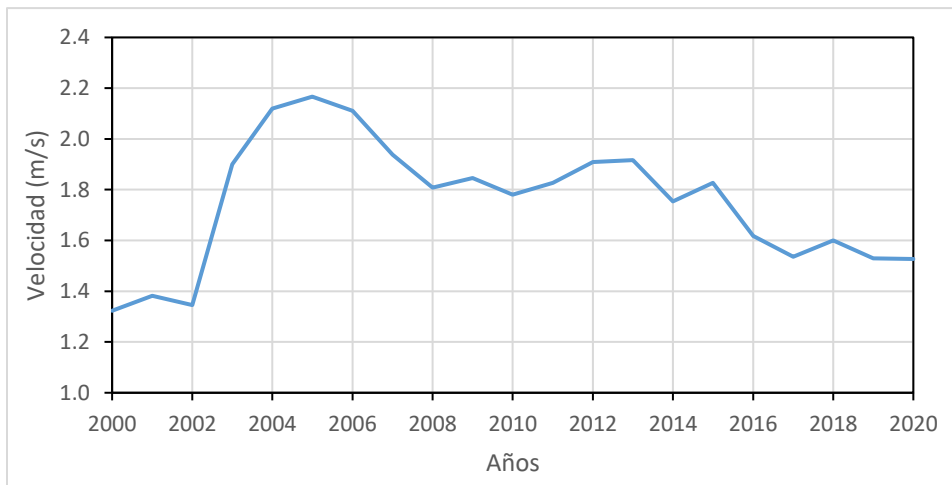


Figura 9-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá de 2000 a 2020

9.4. RADIACION SOLAR

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

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

9.4.1. PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR

De acuerdo con los registros de la RMCAB, en 2020 la ciudad de Bogotá acumuló en promedio aproximadamente 1.5 GW/m². Energía que fue acumulada de manera diferente durante el ciclo anual, en virtud de todas las transformaciones que se dan a partir de este flujo. La mayor cantidad de energía en orden de magnitud se recibió durante los tres primeros meses del año superando ampliamente la cantidad de energía recibida en 2019 y el promedio multianual de 2009 a 2020. Comparado con el año anterior, el total acumulado fue inferior, como se observa en la Figura 9-20.

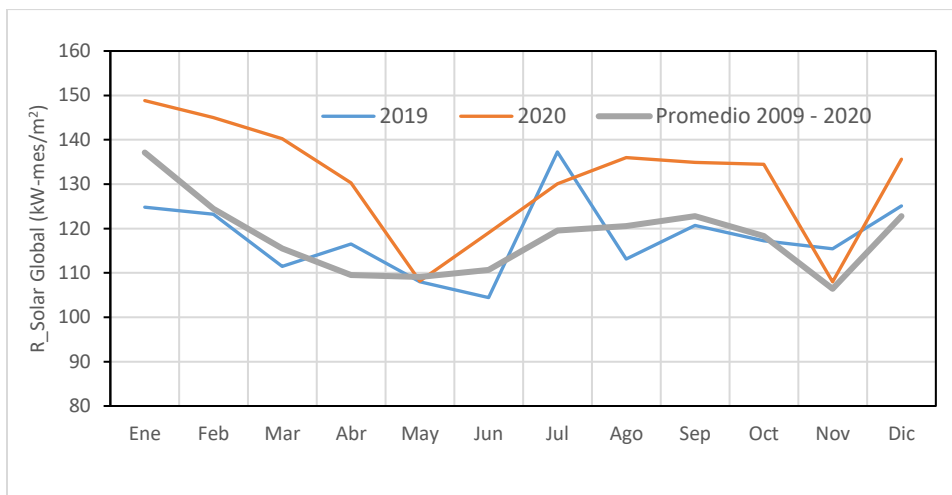


Figura 9-20. Comportamiento mensual de la radiación solar en 2020 vs. 2019

9.4.2. PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 9-13 se resume el perfil medio horario anual de la cantidad de energía recibida en cada una de las estaciones de la RMCAB. En esta se puede observar que en promedio las estaciones que mayor cantidad de energía acumularon durante el día fueron San Cristóbal, Tunal y Guaymaral como se puede apreciar en la Figura 9-21. Como es normal y de acuerdo con el ciclo de radiación solar, el sistema Tierra-atmósfera y las particularidades locales, 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. En tanto que, en las horas de la madrugada y la noche esta cantidad de energía tienden a cero.

A modo indicativo también se presentan los resultados del acumulado promedio horario anual de las estaciones Bosa, Usme y Jazmín registrados parcialmente en 2020 con una representatividad temporal de alrededor del 25%.

Tabla 9-13 Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones – Año 2020

Hora	CDAR	GYR	KEN	MOV	SCR	TUN	BOS	USM	JAZ	Prom.
	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	W-hr/m²	
1:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
2:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
3:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
4:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
5:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
6:00	1	4	0	1	10	15	7	2	2	5
7:00	50	50	43	31	49	58	56	45	53	47
8:00	185	223	186	124	184	180	190	180	188	180
9:00	333	425	363	290	399	335	341	330	339	358
10:00	446	571	496	434	602	464	442	448	459	502
11:00	504	641	559	503	757	563	496	498	537	588
12:00	510	646	571	508	793	609	538	512	553	606

Hora	CDAR	GYR	KEN	MOV	SCR	TUN	BOS	USM	JAZ	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	
13:00	489	591	570	458	712	607	546	480	528	571
14:00	426	538	517	394	603	556	463	447	441	506
15:00	360	429	441	318	523	478	371	369	347	425
16:00	258	315	302	204	391	352	273	241	233	304
17:00	151	172	160	103	199	204	138	119	113	165
18:00	41	48	37	27	69	67	27	16	20	48
19:00	0	3	0	0	12	12	0	0	0	5
20:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
21:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
22:00	0	3	0	0	10	12	0	0	0	4
23:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
24:00	0	3	0	0	8	12	0	0	0	4
Total	3757	4685	4246	3394	5385	4616	3886	3687	3812	

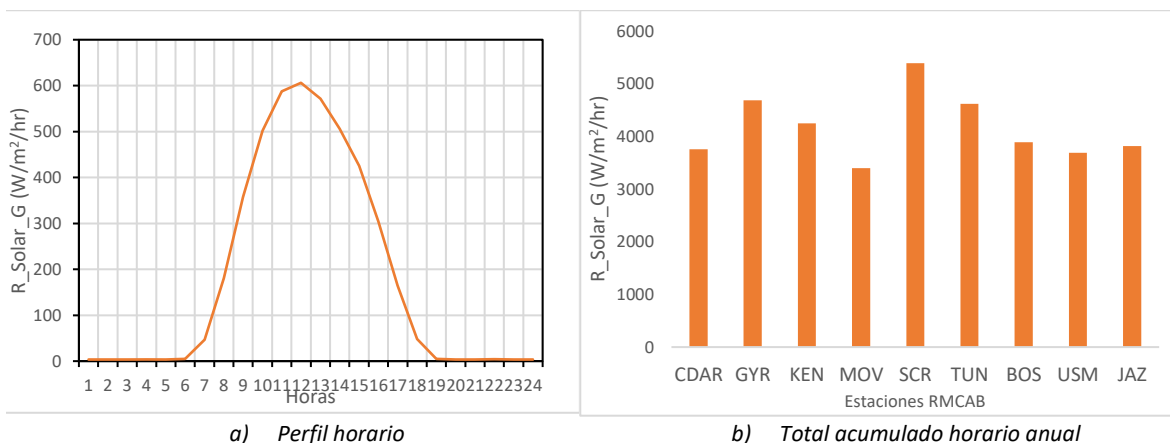


Figura 9-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día – Año 2020

9.4.3. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

En relación con los totales mensuales de radiación durante 2020, en la Tabla 9-14 se presenta un resumen de los acumulados por cada estación de la RMCAB. Asimismo, en la Figura 9-22 se detallan las variaciones mensuales durante el año. En esta figura se observa que los meses con mayores acumulados fueron enero, febrero y marzo, siendo el primer mes del año el que registro el mayor acumulado de radiación solar. Este comportamiento está asociado con la presencia o ausencia de nubosidad en la bóveda celeste que cubre la ciudad de Bogotá. Así pues, en ausencia de vapor de agua la posibilidad de formación de nubes se reduce y viceversa, lo cual está estrechamente relacionado con el ciclo anual de la zona de confluencia intertropical.

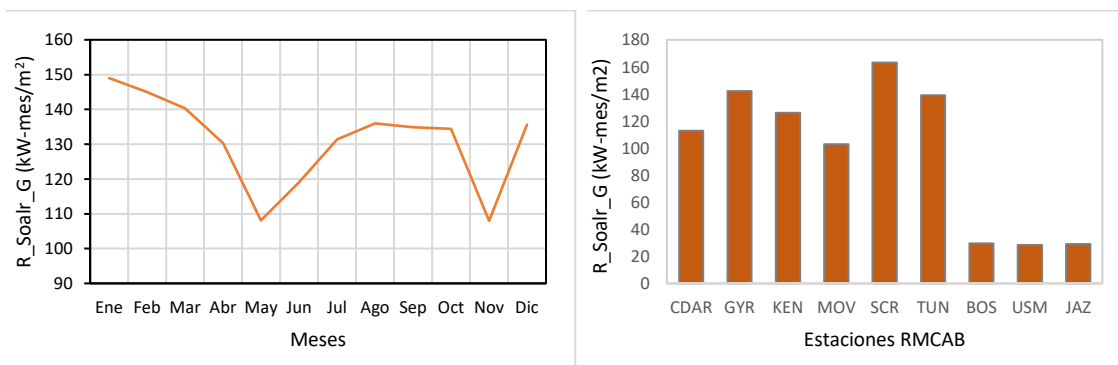
Los registros de las estaciones nuevas se presentan a modo indicativo en la Tabla 9-14 donde se puede apreciar que a partir de octubre de 2020 se tienen reportes de datos de radiación solar global

en las estaciones Bosa, Usme y Jazmín. Cabe aclarar, que los valores indicativos no fueron contabilizados en el cálculo del promedio de los valores mensuales ni por estación.

Tabla 9-14 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m²) – Año 2020

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
CDAR	131,8	127,4	127,1	112,8	94,1	89,2	112,1	119,5	115,5	109,9	95,1	118,8	112,8
GYR	170,2	160,3	167,5	135,1	116,7	123,1	125,7	133,6	143,5	141,6	130,0	158,8	142,2
KEN	148,4	145,0	110,2	132,8	107,7	111,5	116,5	132,8	131,3	137,2	110,2	129,1	126,0
MOV	102,8	95,5	93,2	87,8	78,2	89,6	124,6	128,2	119,1	108,5	87,5	119,2	102,9
SCR	177,4	181,6	184,1	172,7	131,7	155,9	167,7	160,7	169,7	173,5	120,6	162,9	163,2
TUN	163,4	160,3	159,5	140,5	120,4	145,2	141,7	141,3	130,1	135,9	104,5	124,6	138,9
BOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	124,7	107,6	123,3	
USM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	123,9	92,7	122,6	
JAZ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	131,0	96,9	121,8	
Prom.	149	145,03	140,26	130,29	108,13	119,07	131,4	136,02	134,88	134,44	107,99	135,59	149

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo



a) Comportamiento medio mensual

b) Acumulado por estación

Figura 9-22 Comportamiento mensual de la radiación en 2020 a) promedio mensual; b) totales mensuales acumulados.

9.4.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

Del mismo modo que en el ciclo mensual se resume en la Tabla 9-15 el comportamiento multianual de los totales acumulados en Bogotá entre 2009 y 2020, y de manera gráfica en la Figura 9-23 su distribución anual, y los totales anuales acumulados por cada una de las estaciones de la RMCAB. De acuerdo con la figura referida, en 2020 las cantidades de radiación solar dejan entrever aumentos por encima de las cantidades acumuladas en los años 2015 – 2018.

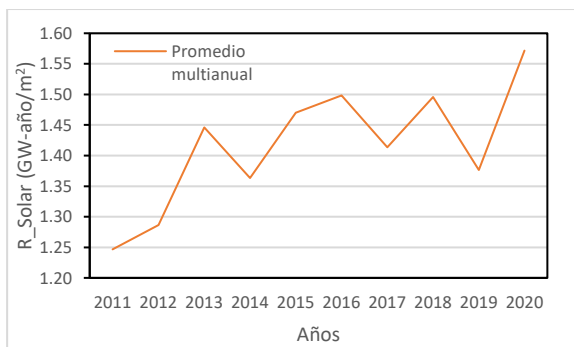
También se presentan como indicativos los totales anuales de radiación solar acumulados en las estaciones Bosa, Usme y Jazmín durante 2020.

Tabla 9-15 Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m² periodo 2009 - 2020

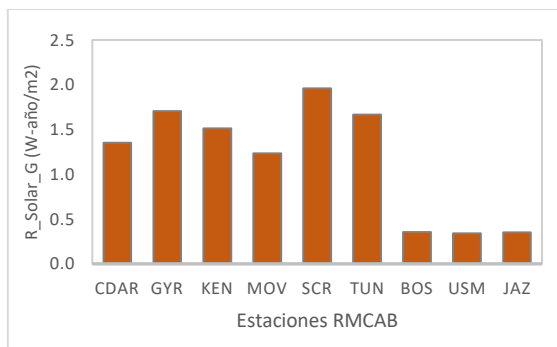
ESTACIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Prom.
CDAR	1,48	1,29	1,34	1,47	1,47	1,41	1,52	1,54	1,35	1,28	1,19	1,35	1,42

GYR	1,63	NA	NA	1,58	1,55	1,51	1,49	1,68	1,64	1,41	1,34	1,71	1,58
KEN	NA	1,26	1,06	1,30	1,38	1,44	1,52	1,33	1,46	NA	0,80	1,51	1,36
MOV	NA	NA	NA	1,14	1,44	0,97	1,05	1,10	1,01	1,55	1,55	1,23	1,12
SCR	NA	NA	NA	0,83	NA	1,48	1,86	1,87	1,74	1,82	1,82	1,96	1,63
TUN	NA	1,21	1,34	1,40	1,39	1,37	1,38	1,47	1,28	1,42	1,56	1,67	1,40
BOS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,36	
USM	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,34	
JAZ	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,35	
PROM.	NA	1,26	1,25	1,29	1,45	1,36	1,47	1,50	1,41	1,50	1,38	1,57	1,42

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado anual por estación

Figura 9-23 Comportamiento anual de la radiación- Año 2020

9.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La presión atmosférica es la fuerza ejercida por la atmósfera gaseosa 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 está caliente, 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.

9.5.1. PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

En 2020 el comportamiento de la presión atmosférica mostró una reducción con respecto al promedio mensual multianual durante la mayor parte del año, salvo los meses de febrero, abril y mayo donde registró un valor idéntico al del año anterior. Ahora bien, comparado con el año anterior se observa que las mayores presiones durante 2020 se registraron en el mes de mayo. Este comportamiento puede explicar las razones por las cuales las lluvias durante el mes de mayo fueron escasas, comparadas con el comportamiento histórico y con el segundo semestre de 2020, como se puede observar en la Figura 9-24 y la Tabla 9-16.

Tabla 9-16 Comportamiento de la presión media mensual de 2010 - 2020

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2010	564,3	564,2	564,5	564,8	565,0	565,4	565,1	565,1	564,7	564,6	563,8	563,6	564,6
2011	563,5	564,0	564,0	564,3	564,4	564,8	564,6	565,1	565,1	564,1	563,8	563,6	564,3
2012	563,8	563,6	563,9	564,3	564,5	565,0	564,7	565,1	565,3	564,2	564,1	563,9	564,4
2013	564,3	563,9	564,5	564,6	565,0	564,8	565,1	564,7	564,7	564,4	563,2	563,6	564,4
2014	563,5	563,3	563,8	564,1	564,3	564,4	564,8	564,2	563,9	563,6	563,3	563,8	563,9
2015	563,9	563,5	563,5	563,6	564,0	564,2	564,2	564,0	564,0	564,0	563,1	563,7	563,8
2016	563,8	563,5	564,2	563,8	564,5	564,7	564,3	564,3	564,3	563,3	563,1	563,2	563,9
2017	563,4	563,5	563,5	563,7	564,1	564,1	564,5	564,1	564,0	563,4	562,8	563,1	563,7
2018	562,9	563,1	563,1	563,8	563,9	564,1	563,8	564,7	563,7	563,6	563,4	563,5	563,6
2019	563,6	563,3	563,5	563,7	563,7	564,8	564,7	564,4	564,1	563,2	562,7	562,9	563,7
2020	563,6	563,6	563,5	564,1	564,3	564,0	563,6	563,7	563,6	563,3	563,1	562,9	563,6
PROM. 2010 - 2020	563,7	563,6	563,8	564,1	564,3	564,6	564,5	564,5	564,4	563,8	563,4	563,5	564,0

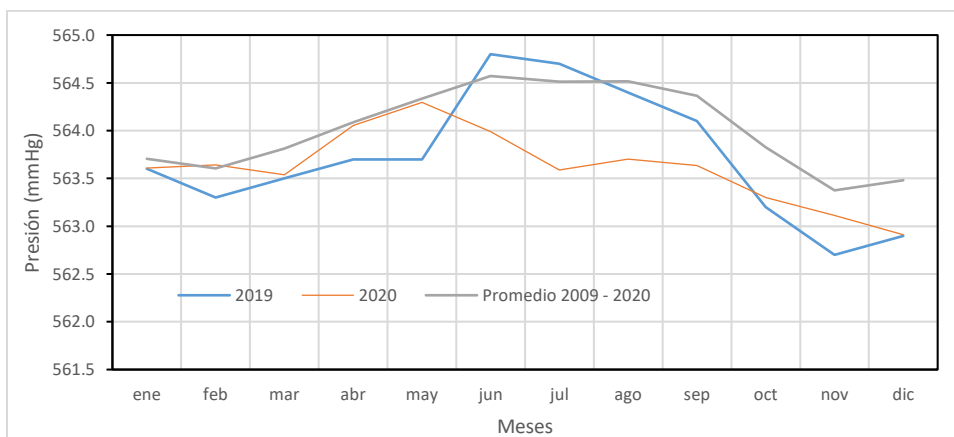


Figura 9-24. Comportamiento mensual de la presión en 2019 y 2020 frente al promedio mensual multianual 2009-2020

9.5.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

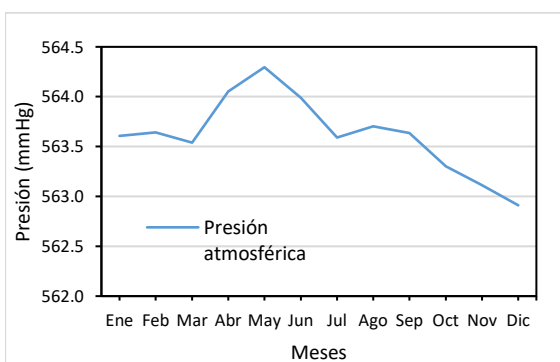
A continuación, se describe el comportamiento medio mensual de 2020, con base en los registros de presión de la RMCAB y se resume en la Tabla 9-17. Asimismo, en la Figura 9-25 se representa gráficamente su variación mensual y por estación.

Como es consistente con el ciclo de la radiación solar, en los meses de noviembre y diciembre se presentaron las más bajas presiones con una media mensual a nivel ciudad de 563 mmHg, lo cual se correlaciona con las abundantes lluvias ocurridas durante el mes de noviembre de 2020, que superaron los 460 mm.

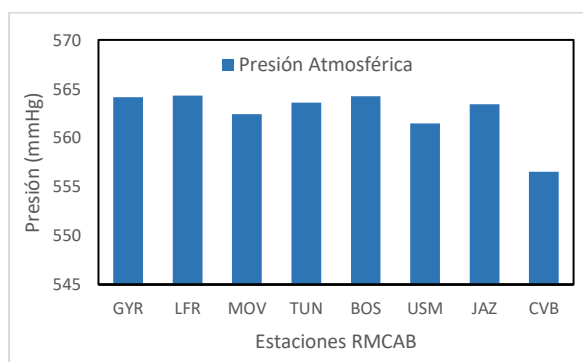
Tabla 9-17. Comportamiento promedio mensual de la presión por estación de la RMCAB en 2020

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
TUN	563,6	563,6	563,5	564,1	564,3	564,0	563,6	563,7	563,6	563,2	563,0	562,8	563,6
LFR	564,3	564,3	564,2	564,7	565,0	564,6	564,3	564,4	564,3	564,0	563,9	563,6	564,3
GYR	564,2	564,2	564,1	564,6	564,8	564,5	564,1	564,2	564,2	563,9	563,6	563,5	564,2
MOV	562,4	562,4	562,3	562,9	563,1	562,8	562,4	562,5	562,4	562,1	561,9	561,7	562,4
BOS	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,4	564,3	564,1	564,2
USM	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	561,7	561,4	561,3	561,5
JAZ	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,5	563,4	563,3	563,4
CBV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	556,6	556,6	556,4	556,5
Promedio	563,6	563,6	563,5	564,1	564,3	564,0	563,6	563,7	563,6	563,3	563,1	562,9	562,9

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo



a) Promedio mensual ciudad



b) Promedio por estación durante el 2020

Figura 9-25. Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica – Año 2020.

9.5.3. 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 9-18 y la Figura 9-26, 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 a 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 asociado al calentamiento del aire por acumulación de energía durante el día y por consiguiente al descenso de la presión, lo que su vez favorece la dispersión de los contaminantes, porque la atmósfera se hace inestable y se propician los fenómenos de turbulencia mecánica y la turbulencia convectiva, que son los mecanismos principales de la atmósfera para mezclar y transportar los contaminantes que se encuentran en la capa límite planetaria.

En cuanto al comportamiento espacial de la presión, de acuerdo con los registros de la RMCAB, las presiones más bajas, en promedio día durante el año, se localizaron hacia el flanco oriental y sur de la ciudad representados por las estaciones Móvil 7ma y Tunal, mientras que las más altas se presentaron en el sector norte de la ciudad, representadas por las estaciones Las Ferias y Guaymaral.

A modo indicativo se incluyen los valores promedio horario y diarios de los últimos tres meses del año, durante los cuales se registró la presión barométrica en las estaciones Bosa, Usme, Jazmín y Ciudad Bolívar, recientemente instaladas.

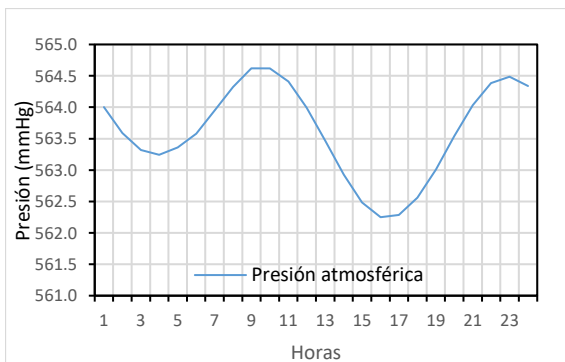
De los valores de presión barométrica registrados a diciembre de 2020 en las cuatro estaciones se evidencia que en Ciudad Bolívar se registran las menores presiones de la ciudad, lo cual es consistente con la altitud (altura con respecto al nivel medio del mar) a la cual se encuentra la misma. En cuanto a las estaciones Bosa, Usme y Jazmín sus promedios son coherentes con los valores históricos registrados en las antiguas estaciones de la RMCAB.

Cabe aclarar que los promedios horarios calculados a nivel ciudad no incluyen los registros de las nuevas estaciones dado que estas no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%.

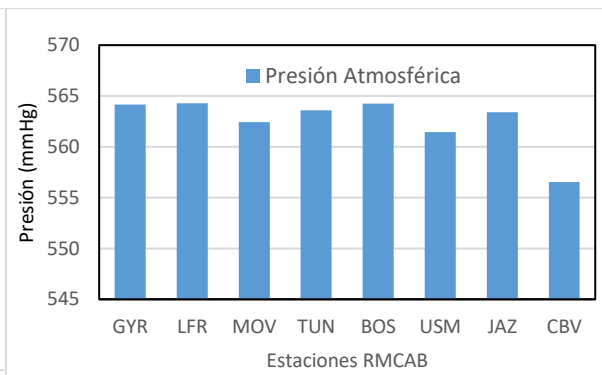
Tabla 9-18. Variación de la presión horaria por cada estación de la RMCAB – Año 2020

Hora	GYR	LFR	MOV	TUN	BOS	USM	JAZ	CBV	Prom. Ciudad (mmHg)
	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	
1:00	564,5	564,7	562,8	564,0	564,5	561,8	563,7	556,8	563,9
2:00	564,2	564,3	562,4	563,6	564,2	561,4	563,3	556,4	563,6
3:00	563,9	564,0	562,1	563,3	563,8	561,2	563,1	556,1	563,3
4:00	563,8	564,0	562,0	563,2	563,8	561,1	563,0	556,1	563,2
5:00	563,9	564,1	562,1	563,3	563,9	561,3	563,2	556,2	563,2
6:00	564,1	564,3	562,3	563,6	564,3	561,6	563,5	556,5	563,5
7:00	564,5	564,6	562,7	563,9	564,7	561,9	563,9	556,9	563,9
8:00	564,9	565,0	563,1	564,3	565,2	562,3	564,3	557,4	564,2
9:00	565,2	565,3	563,4	564,6	565,4	562,6	564,6	557,7	564,5

Hora	GYR	LFR	MOV	TUN	BOS	USM	JAZ	CBV	Prom. Ciudad (mmHg)
	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	
10:00	565,2	565,3	563,4	564,6	565,4	562,6	564,6	557,6	564,6
11:00	565,0	565,1	563,2	564,4	565,1	562,3	564,3	557,5	564,4
12:00	564,5	564,7	562,8	564,0	564,7	561,8	563,8	556,9	564,0
13:00	564,0	564,1	562,3	563,5	564,1	561,2	563,2	556,4	563,5
14:00	563,4	563,6	561,8	562,9	563,5	560,6	562,6	555,7	563,0
15:00	563,0	563,2	561,3	562,5	563,0	560,1	562,1	555,4	562,4
16:00	562,7	562,9	561,1	562,2	562,8	559,9	561,9	555,0	562,2
17:00	562,8	563,0	561,1	562,2	562,9	559,9	562,0	555,2	562,2
18:00	563,1	563,2	561,4	562,5	563,1	560,4	562,3	555,5	562,5
19:00	563,5	563,7	561,8	563,0	563,6	560,8	562,8	555,9	563,0
20:00	564,1	564,2	562,3	563,5	564,2	561,5	563,4	556,5	563,5
21:00	564,6	564,7	562,8	564,0	564,7	561,9	563,9	557,0	564,0
22:00	564,9	565,1	563,2	564,4	565,0	562,3	564,2	557,3	564,3
23:00	565,0	565,2	563,3	564,5	565,1	562,3	564,2	557,3	564,4
24:00	564,9	565,0	563,1	564,3	564,9	562,2	564,1	557,2	564,3
Promedio	564,2	564,3	562,4	563,6	564,2	561,5	563,4	556,5	563,6



a) Ciclo semi diurno de la presión



b) Promedio horario anual por estación

Figura 9-26. Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica – Año 2020

9.5.4. PROMEDIOS ANUALES HISTÓRICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En 2020 el promedio anual de presión prácticamente fue igual que los dos años anteriores, como se puede observar en la Figura 9-27.

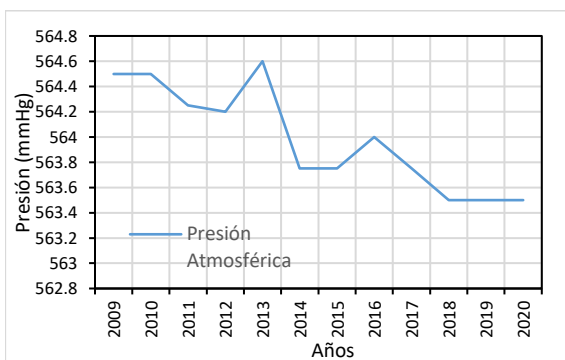
En cuanto al comportamiento espacial en la ciudad, entre 2010 y 2013 la estación Fontibón registró los mayores valores de presión y del 2014 en adelante las estaciones Kennedy, Guaymaral, Móvil 7ma y Las Ferias presentaron los mayores valores. Así las cosas, se estima que los niveles de presión en la ciudad entre 2000 y 2020 han variado entre los 563 mmHg y los 565 mmHg.

Como se dijo anteriormente, pese a los escasos registros de presión atmosférica de las estaciones Bosa, Usme y Jazmín, durante el año 2020, estas registran valores medios de presión semejantes a las estaciones antiguas. La estación Ciudad Bolívar por las razones expuestas anteriormente en cuanto a su altitud, reporta presiones atmosféricas cercanas a los 557 mmHg que se presentan aproximadamente por encima de los 100 m con respecto al nivel medio de la sabana de Bogotá. No obstante, se aclara que estos datos son de tipo indicativo porque su representatividad temporal no alcanzó el 75%.

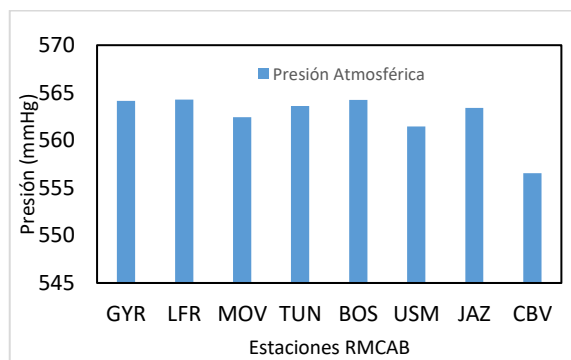
Tabla 9-19 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá 2009 - 2020

Estación	MOV	FTB	GYR	KEN	LFR	TUN	BOS	USM	JAZ	CBV	Promedio
2009	N.A	N.A	564	N.A	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,5
2010	N.A	565	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,6
2011	N.A	565	564	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,3
2012	564	565	564	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,4
2013	564	566	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	564,6
2014	562	N.A	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,8
2015	562	N.A	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,9
2016	563	N.A	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,9
2017	562	N.A	564	564	565	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,8
2018	562	N.A	564	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	563,5
2019	562	N.A	564	N.A	564	564	N.A	N.A	N.A	N.A	563,3
2020	562	N.A	564	N.A	564	564	564	561	563	557	563,5
Promedio	562,6	565,2	564	564	564,6	564					564,2

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo



a) Promedio multianual



b) Promedio multianual por estación

Figura 9-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2020

9.6. HUMEDAD

Se denomina humedad ambiental a 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 Óxidos de azufre (SOx) y Óxidos de Nitrógeno (NOx), los cuales se condensan y pueden precipitar en forma de rocío, llovizna o lluvia ácida.

9.6.1. 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 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 viaje de 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. Por lo anterior, como se observa en Figura 9-28 la atmósfera presentó condiciones relativamente secas en los dos primeros meses, sobre todo durante el mes de febrero, comparado con el promedio multianual de la humedad. Sin embargo, en los meses de abril y mayo la humedad no alcanzó los promedios históricos, lo que a su vez explica los bajos niveles de precipitación registrados por la RMCAB para este primer periodo de lluvias. Contrariamente, en los meses considerados como secos tales como julio y agosto el contenido de humedad en el aire fue mayor que el promedio histórico. A diferencia del primer periodo de lluvias, en el segundo sí se presentaron altos valores de humedad los cuales se asocian con las bajas presiones y las cantidades de lluvia precipitadas durante este periodo.

Tabla 9-20 Comportamiento de la humedad mensual multianual 2010 - 2020

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2010	60,5	64,4	65,3	73,1	72,5	69,9	70,7	67,1	69,3	68,8	73,7	69,8
2011	65,9	67,7	68,6	70,6	68,0	65,3	65,1	62,4	63,5	69,6	72,7	67,4
2012	66,2	64,2	65,1	68,7	64,1	60,3	63,3	63,6	60,0	64,0	65,1	64,0
2013	62,0	67,1	64,9	65,8	68,0	62,6	61,7	63,6	62,7	64,3	69,0	67,8
2014	65,9	62,6	63,9	62,1	63,9	64,4	62,1	61,7	60,5	65,3	66,6	65,2
2015	60,9	62,1	64,7	62,6	62,0	63,9	61,9	60,7	57,6	59,9	64,5	58,1
2016	61,1	59,0	61,8	66,8	65,0	61,6	61,4	60,7	61,7	64,1	68,8	64,5
2017	63,5	60,2	68,7	62,1	66,5	66,5	64,2	61,9	61,0	63,8	68,9	65,2
2018	63,9	63,8	63,9	70,0	68,7	65,4	64,9	63,2	63,9	67,9	70,1	60,7
2019	62,5	63,2	66,6	67,7	65,7	64,6	59,7	60,0	61,3	63,6	66,4	63,6
2020	62,5	60,8	64,9	64,6	65,8	65,2	65,6	63,5	64,0	63,0	71,2	65,5

Promedio	63,2	63,4	65,3	66,9	66,4	64,4	63,5	62,5	62,1	65,1	68,6	64,6
----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

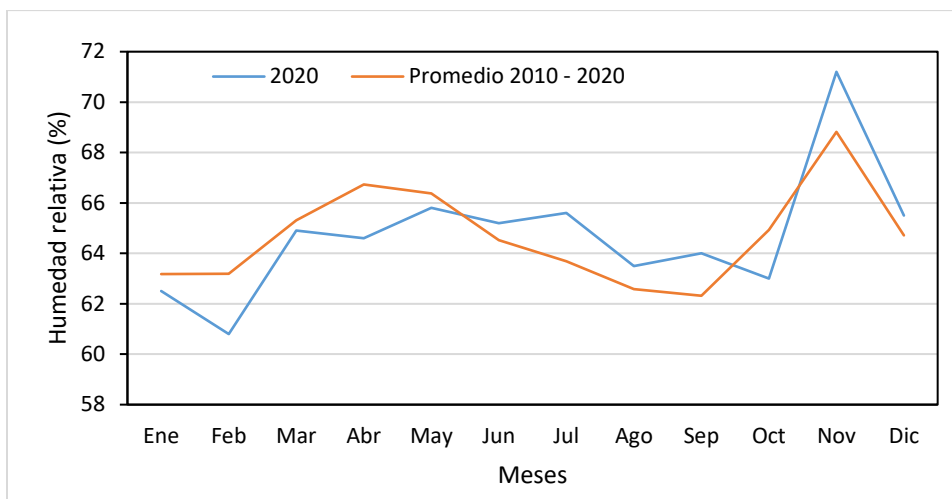


Figura 9-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2020 vs. Promedio mensual multianual 2010-2020

9.6.2. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

De acuerdo con los registros de la RMCAB, en 2020 los meses más húmedos fueron abril y noviembre como es usual que ocurra, y los más secos enero y julio.

Espacialmente, los sectores de la ciudad donde mayores cantidades de humedad se registraron fueron San Cristóbal, Guaymaral, Centro de Alto rendimiento y Fontibón.

A modo indicativo se presentan los registros de humedad de los últimos tres meses de 2020 en las estaciones Bosa, Usme, Jazmín y Ciudad Bolívar. Estos registros permitirán conocer con mayor detalle las proporciones de humedad en lugares de la ciudad, que no estaban identificados. De los registros indicativos se observan valores de humedad no registrados con antelación hacia el sector de Bosa, los cuales se irán confirmando conforme se posea una serie de datos más robusta. Esto también aplica para las otras estaciones nuevas.

Tabla 9-21. Comportamiento mensual de la humedad por estación – Año 2020

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	65,3	65,1	68,8	67,4	67,1	67,2	67,5	65,7	67,0	65,9	73,4	68,3	67,4
FTB	65,7	63,3	67,9	67,0	67,4	67,6	68,0	65,8	66,4	64,9	73,7	68,7	67,2
GYR	66,0	65,6	66,9	68,0	69,1	68,8	68,3	67,1	68,2	66,8	72,8	68,0	68,0
KEN	57,5	54,7	61,7	63,2	63,2	62,6	63,6	61,6	61,7	61,0	69,2	64,9	62,1
LFR	60,8	59,0	62,6	62,5	63,3	62,9	63,0	60,9	62,0	60,5	68,9	63,7	62,5
MOV	56,1	55,0	59,4	58,1	59,7	58,7	58,8	56,3	57,2	56,9	65,8	57,8	58,3
SCR	68,9	65,9	69,8	69,4	72,5	71,0	72,0	69,2	68,5	67,2	77,3	69,2	70,1
TUN	59,6	58,1	62,0	61,6	64,2	62,5	63,3	61,2	61,2	60,7	68,8	63,4	62,2
BOS	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	77,6	88,6	84,8	83,7
USM	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	69,4	80,6	71,1	73,7

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
JAZ	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	67,7	81,2	73,7	74,2
CBV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	74,8	84,2	76,3	78,4
Promedio	62,5	60,8	64,9	64,6	65,8	65,2	65,6	63,5	64,0	63,0	71,2	65,5	64,7

N.A (No Aplica): El dato no estuvo disponible para el periodo de monitoreo

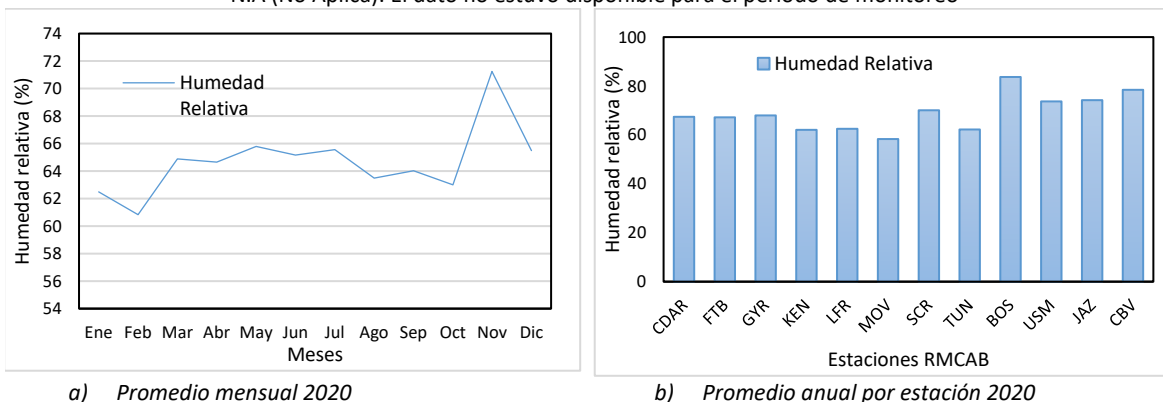


Figura 9-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2020: a) promedio ciudad; b) promedio por estación

9.6.3. PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

Respecto al comportamiento diario de la humedad a lo largo del año, 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 pico 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 como se puede apreciar en la Tabla 9-22 y Figura 9-28 a).

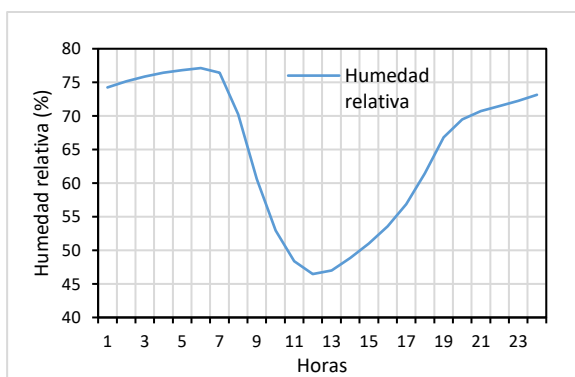
Complementariamente se presentan los registros horarios de humedad relativa de las estaciones Bosa, Usme, Jazmín y Ciudad Bolívar, que tienen una representatividad temporal de entre el 21% al 25% de datos razón por la cual sus datos son indicativos. Por tanto, es pertinente aclarar que estos valores no se incluyen dentro de los promedios horarios ni por estaciones.

En cuanto a la distribución espacial de la humedad, la estación San Cristóbal fue la que, en promedio, registró mayores cantidades de humedad durante el año 2020.

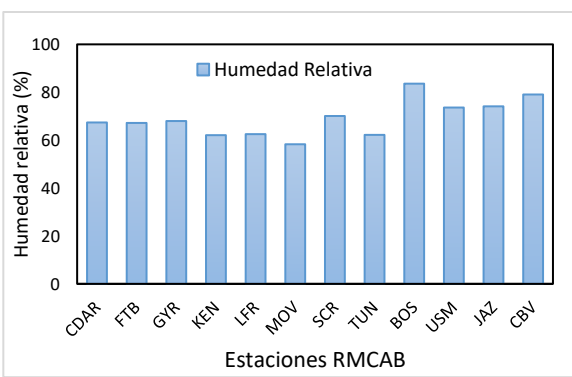
Tabla 9-22. Variación de la humedad horaria y por estaciones de la RMCAB - 2020

Hora	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MOV	SCR	TUN	BOS	USM	JAZ	CBV	Promedio
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
1:00	79,2	77,1	79,9	70,2	71,8	64,9	78,4	72,3	92,7	84,1	83,4	87,1	74,2
2:00	80,1	78,3	80,7	71,1	72,8	65,9	79,5	72,8	93,5	84,2	84,7	88,1	75,1
3:00	81,1	79,3	81,4	71,7	73,5	66,7	80,2	73,0	93,5	84,4	85,4	88,9	75,8
4:00	81,9	80,0	81,8	72,3	74,0	67,4	80,6	73,5	93,5	84,8	86,1	88,9	76,4
5:00	82,2	80,5	82,2	72,8	74,3	67,8	80,9	73,9	94,2	84,7	86,6	87,9	76,8

Hora	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MOV	SCR	TUN	BOS	USM	JAZ	CBV	Promedio
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
6:00	82,5	80,8	82,5	73,2	74,5	68,0	81,3	74,2	94,8	84,5	86,9	88,4	77,1
7:00	81,4	79,3	82,8	73,5	72,6	67,7	80,4	73,8	93,2	82,8	84,5	86,5	76,4
8:00	72,1	72,0	78,3	69,0	65,5	64,7	74,5	65,9	85,3	75,9	77,3	80,3	70,2
9:00	59,4	62,5	65,6	58,9	57,1	57,6	66,8	57,0	74,4	69,5	70,0	73,4	60,6
10:00	51,3	54,4	56,1	50,3	51,0	49,7	60,5	50,5	65,1	62,2	61,5	65,6	53,0
11:00	47,4	49,1	50,7	45,2	47,1	44,9	56,3	46,3	61,5	57,2	55,6	60,5	48,4
12:00	45,9	47,5	47,5	44,5	45,0	43,0	54,0	44,3	65,3	54,7	53,5	61,2	46,5
13:00	46,6	49,3	46,4	46,5	45,0	43,1	53,9	45,0	68,8	54,8	55,0	64,6	47,0
14:00	49,2	51,7	47,4	48,5	47,3	45,1	55,4	46,3	73,1	55,8	58,4	68,1	48,9
15:00	51,4	54,3	50,1	50,4	49,6	47,1	57,3	48,0	75,4	58,5	61,3	70,1	51,0
16:00	54,5	56,8	52,7	52,4	52,9	49,8	59,8	49,7	77,9	61,7	64,2	73,4	53,6
17:00	58,1	59,9	56,1	55,3	56,2	53,3	63,0	52,8	80,6	66,3	69,2	76,7	56,8
18:00	63,3	64,4	61,4	59,5	60,5	56,9	67,6	57,9	86,4	73,7	73,8	81,4	61,4
19:00	70,0	69,1	68,2	64,5	65,1	60,6	72,4	64,7	89,2	78,6	78,4	84,1	66,8
20:00	73,3	71,3	72,4	66,8	67,4	62,1	74,2	68,3	88,8	80,2	79,9	84,0	69,5
21:00	75,2	72,3	74,7	67,7	68,3	62,6	75,1	69,6	88,4	81,3	79,6	84,1	70,7
22:00	76,3	73,1	76,2	68,1	68,9	62,9	75,9	70,3	89,4	81,9	80,4	83,6	71,5
23:00	77,0	74,1	77,6	68,5	69,6	63,3	76,8	71,1	90,1	82,2	80,9	84,5	72,2
24:00	78,1	75,4	78,8	69,2	70,6	63,9	77,5	71,7	91,1	83,0	82,0	86,2	73,2
Promedio	67,4	67,2	68,0	62,1	62,5	58,3	70,1	62,2	83,6	73,6	74,1	79,1	64,7



a) Perfil horario



b) Promedio horario anual por estación

Figura 9-30. Comportamiento de la humedad relativa horaria anual – Año 2020

9.6.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS ANUALES DE HUMEDAD

En cuanto al comportamiento histórico anual de la humedad en 2020 se presentó un ligero incremento con respecto al año anterior e idéntico a los años 2017 y 2018 como se puede observar en la Figura 9-31. Los valores registrados durante el año 2020 hacen parte de la variabilidad del elemento meteorológico en el tiempo.

Los valores presentados a nivel indicativo de humedad promedio de las estaciones Bosa, Usme, Jazmín y Ciudad Bolívar, tiene como propósito describir el comportamiento inicial de la humedad en dichas estaciones, teniendo en cuenta que es una variable meteorológica cuya variación anual no presenta cambios significativos.

Tabla 9-23. Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente.

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

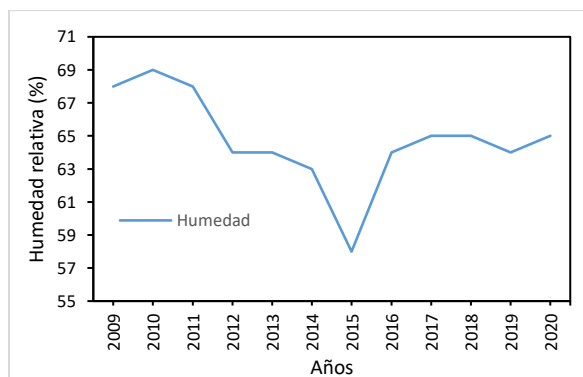


Figura 9-31. Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual

10. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El año 2020 fue un año atípico en cuanto al comportamiento de la calidad del aire, ya que desde finales del mes de marzo cambió la dinámica de la ciudad a causa de las restricciones establecidas en la ciudad a causa del virus COVID-19. Por ello, se evidenció una reducción notable de las concentraciones en los meses de abril, mayo y junio, cuando se mantuvieron las restricciones más estrictas. Sin embargo, en el primer trimestre se registraron altas concentraciones de material particulado, por lo cual se declararon dos alertas ambientales por contaminación atmosférica en febrero y marzo de 2020. Adicionalmente se observó la influencia del transporte de arenas del Sahara en los últimos días del mes de junio, lo cual incidió en el aumento de las concentraciones de PM₁₀, y en el segundo semestre se observaron algunos episodios de contaminación por condiciones locales de la ciudad.

10.1. ALERTAS AMBIENTALES POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Tabla 10-1 se presentan los periodos y documentos asociados a las alertas por contaminación atmosférica declaradas en los meses de febrero y marzo 2020. Las dos alertas fueron de categoría “amarilla”, por lo cual se establecieron acciones y restricciones en las zonas que registraron mayores niveles de contaminación durante estos meses.

Tabla 10-1. Documentos alertas contaminación atmosférica febrero, marzo y abril 2020

Evento	Fecha	Acto administrativo	Informe Técnico
Declaración de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en el Suroccidente de la ciudad de Bogotá	Febrero 06 de 2020	Resolución SDA No. 00346 del 06-02-2020	IT No. 00240 del 06-02-2020 2020IE27835
Finalización de la declaratoria de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en el Suroccidente de la ciudad de Bogotá	Febrero 17 de 2020	Resolución SDA No. 00527 del 17-02-2020	IT No. 00365 del 17-02-2020 2020IE37406
Declaración de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá D.C.	Marzo 05 de 2020	Resolución SDA No. 00678 del 05-03-2020	IT No. 00514 del 05-03-2020 2020IE51958
Finalización de la alerta amarilla por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá	Abril 03 de 2020	Resolución SDA No. 00853 del 03-04-2020	IT No. 00592 del 02-04-2020 2020IE51958

Para la alerta amarilla declarada en febrero de 2020, la Alcaldía Mayor de Bogotá emitió el Decreto 047 de febrero 06 de 2020, en el cual se definieron medidas transitorias y preventivas en materia de tránsito en las vías públicas en el Distrito Capital, con el fin de establecer las restricciones a los vehículos durante la alerta:

Restricción transitoria de vehículos de carga con año modelo superior a 10 años, entre las 05:00 a.m. a 11:59 a.m. y 05:00 p.m. a 09:59 p.m. Dicha restricción es aplicable al polígono de la zona suroccidental (localidades de Kennedy, Bosa, Puente Aranda, parte de Fontibón y de Ciudad Bolívar), que se puede observar en la Figura 10-1.

* Acciones que debe realizar la Secretaría Distrital de Salud tales como establecer 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.

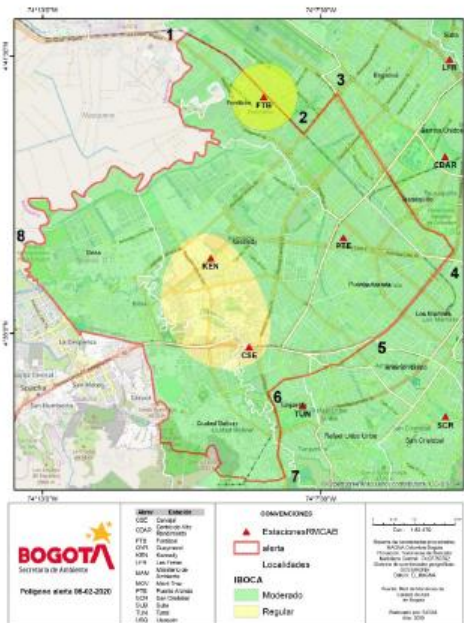
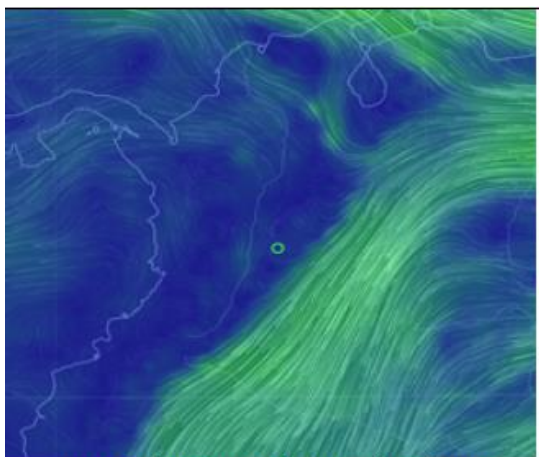


Figura 10-1 Delimitación polígono restricción vehicular en periodo de alerta amarilla – febrero 2020

En la Figura 10-2 se observa el comportamiento de los vientos en Colombia para el día 06 de febrero y el reporte de los puntos calientes para los dos días previos a la declaración de la alerta. Se evidencia que se registraron varios puntos asociados a incendios al oriente del país y en Venezuela, con lo cual los vientos, con una dirección predominante de nororiente a suroccidente, favorecieron el transporte de material particulado desde los incendios hacia la ciudad.



Vientos sinópticos en 850 hPa para Feb 06 de 2020



Puntos calientes últimas 48 horas para Feb 06 de 2020

Figura 10-2. Vientos sinópticos a 850 hPa y puntos calientes asociados a incendios por 48 horas, para febrero 06 de 2020

En la Figura 10-3 se observan las retrotrayectorias del viento y los puntos calientes para el inicio y el final de la alerta, con lo cual se observa más puntualmente el cambio en la dirección predominante de los vientos al inicio y al final de la alerta

amarilla. El día 06 de febrero las corrientes de viento transportaron el material particulado de los incendios del oriente del país e ingresaron por el sur de la ciudad. Por el contrario, el día 17 de febrero se redujeron los puntos calientes en la Orinoquía, y los vientos, aunque provenían de la misma dirección, transportaron menos material particulado, por lo cual se evidenció un mejoramiento de las condiciones de calidad del aire en la ciudad.

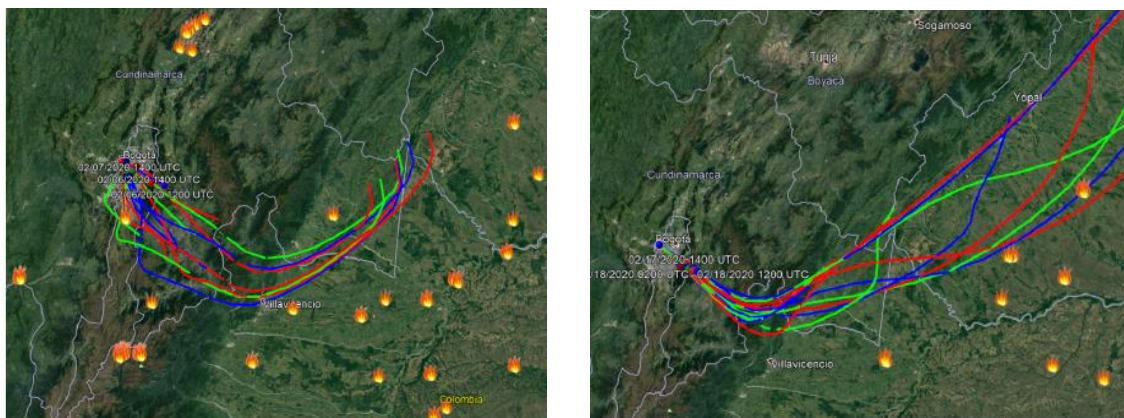


Figura 10-3. Retrotrayectorias elaboradas en HySplit para los días 06 y 17 de febrero de 2020

La Figura 10-4 muestra los mapas de distribución espacial del IBOCA para los días de inicio y fin de la alerta amarilla; para el 06 de febrero se observó que las estaciones del suroccidente y el occidente de la ciudad registraban condiciones “regulares” al menos durante 48 horas. Debido a las medidas implementadas, la reducción de los incendios forestales y al cambio de las condiciones meteorológicas, principalmente cambios en dirección y aumento en la velocidad del viento, el 17 de febrero se dieron las condiciones para el levantamiento de la alerta amarilla, al registrar condiciones favorables al oriente de la ciudad y condiciones moderadas al occidente.

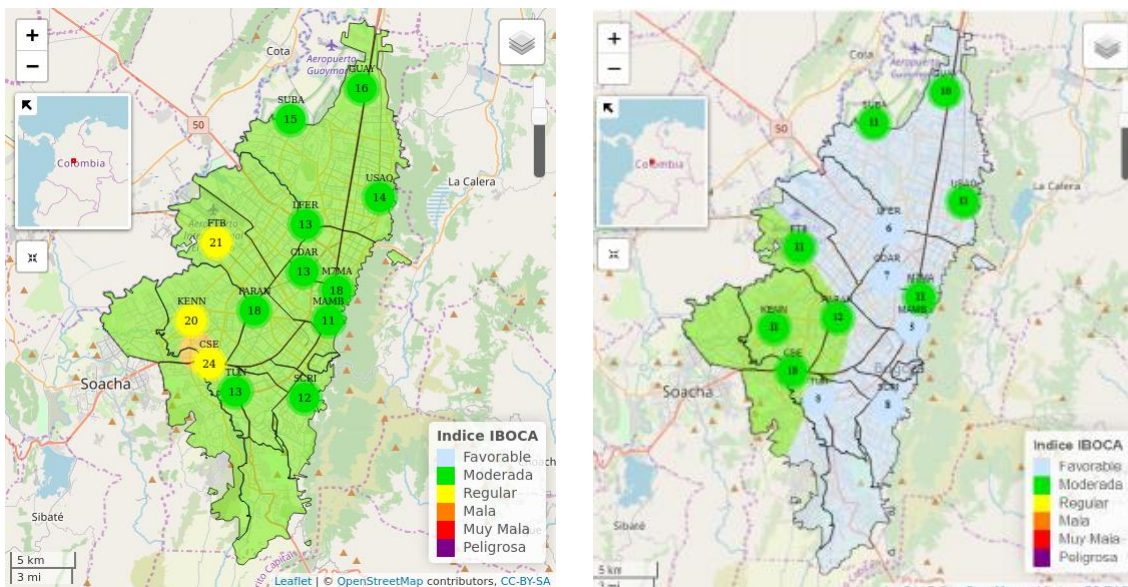


Figura 10-4. Mapas IBOCA para PM_{2.5} febrero 06 y 17 de 2020

En el mes de marzo se declaró una segunda alerta amarilla, declarada desde el día 05 de marzo de 2020, debido a que se evidenció la influencia del material particulado arrastrado por los vientos desde el oriente del país, además de que se pronosticó un deterioro de la calidad del aire en los siguientes días, por aumento en los incendios forestales y su influencia en el aumento de la concentración de material particulado.

En el acto administrativo emitido por la Secretaría Distrital de Ambiente se estableció el cese de operación de las fuentes fijas ubicadas en establecimientos industriales comerciales o de servicios que operen con combustibles sólidos (carbón, madera, biomasa, etc.) o con combustibles líquidos localizadas en la ciudad, en los horarios de 00:01 a.m. a 11:59 a.m.

Para las fuentes móviles se establecieron medidas desde la Alcaldía Mayor de Bogotá, a través del Decreto 078 de marzo 06 de 2020, en el cual se definieron las siguientes medidas transitorias y preventivas en materia de tránsito en las vías públicas en el Distrito Capital:

Tabla 10-2. Medidas transitorias y preventivas en materia de tránsito en las vías públicas de Bogotá para la alerta amarilla de marzo 2020

Vehículo	Días entre semana	Días en fin de semana	Condiciones
Vehículos automotores y motocicletas	Restricción entre 06:00 a.m. y 07:30 p.m.	Según último dígito de placa Sábado: 06:30 a.m. a 06:00 p.m. Domingo y festivo: 06:30 a.m. a 02:00 p.m.	Restricción para placas pares en día par, y para placas impares en día impar
Vehículos de carga	Horarios restricción: - 06:00 a.m. a 12:00 m. - 05:00 p.m. a 10:00 p.m.	Restricción rotativa cada fin de semana de 05:00 a.m. a 09:00 p.m.: Semana 1: sábado par y domingo impar Semana 2: sábado impar y domingo par	Aplica para vehículos con año modelo mayor a 10 años

Adicionalmente en la resolución se establecen excepciones a los vehículos que pueden circular sin restricción durante el periodo de la alerta ambiental, y también se definieron las responsabilidades de la Secretaría Distrital de Salud.

En la Figura 10-5 se observa el comportamiento de los vientos para el día 05 de marzo, y la representación del poder radiativo de los puntos calientes al oriente de Colombia y el occidente de Venezuela. Se observa una predominancia de los vientos del oriente, con lo cual se produjo un arrastre de las concentraciones de material particulado proveniente de los incendios forestales en los primeros días de marzo.

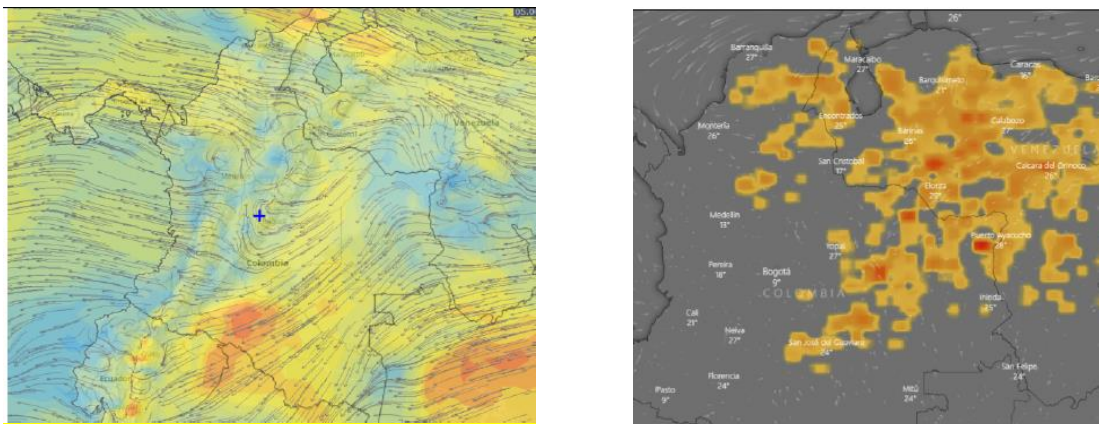


Figura 10-5. Vientos sinópticos a 850 hPa y poder radiativo de puntos calientes. Marzo 05 de 2020
Fuente: Meteoblue y Windy

Desde el día 18 de marzo, se registraron nuevos incrementos de concentración de $PM_{2.5}$, debido a la influencia de los incendios en el norte y oriente de Colombia, que arrastraron material particulado hacia el centro del país, lo cual fue evidenciado en las altas concentraciones registradas por los sistemas de monitoreo de calidad del aire en Bogotá, Medellín, Bucaramanga y Cúcuta. De acuerdo con las retro trayectorias de la dirección del viento se observa que las corrientes del viento fueron predominantes del oriente y norte de Colombia, arrastrando material particulado de las zonas con incendios activos, en la Sierra Nevada de Santa Marta, Valledupar, Vichada y Casanare.

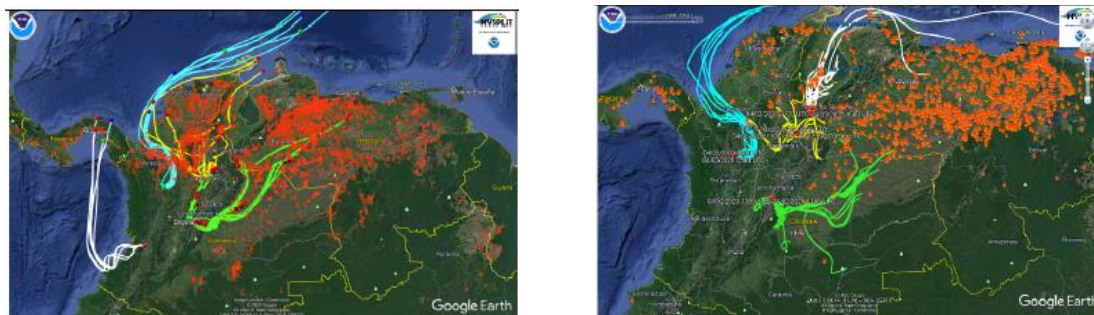


Figura 10-6. Retro trayectorias y puntos calientes, marzo 05 y abril 02 de 2020

En la Figura 10-7 se presentan los mapas de calidad del aire para los días 05 de marzo y 02 de abril, que corresponden al inicio y al final de la alerta. Se observa que en abril hubo un mejoramiento de la calidad del aire notable respecto a las condiciones registradas a inicios de marzo, pasando de cinco estaciones en condición “regular” a siete estaciones en condición “moderada”.

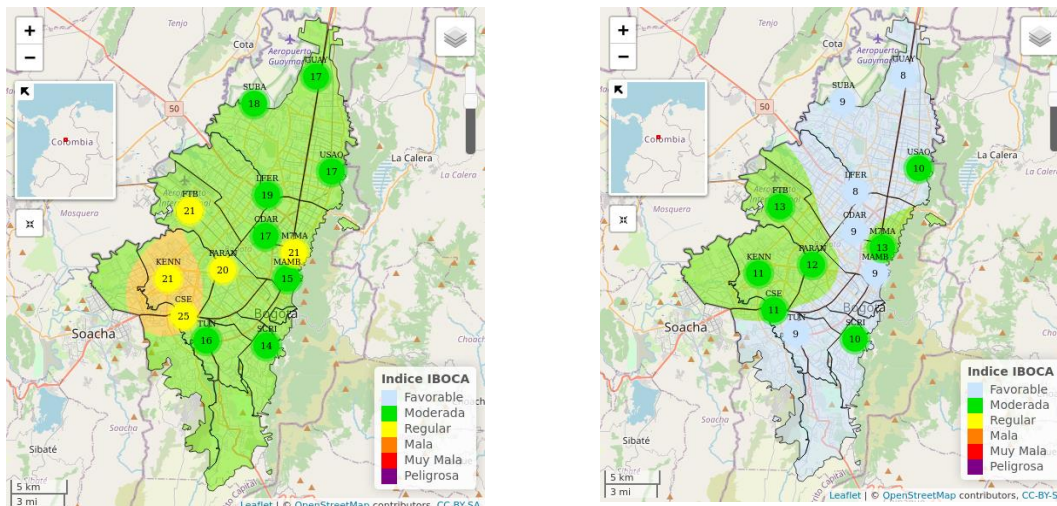


Figura 10-7. Mapas IBOCA marzo 05 y abril 02 de 2020

Dentro de los factores que favorecieron el mejoramiento de la calidad del aire, se consideran las variaciones en las condiciones meteorológicas, tales como cambio en la dirección e intensidad de los vientos, con lo cual se redujo el efecto de transporte regional de contaminantes y favorecieron a la dispersión local de los mismos. Además, se presentó menor frecuencia de fenómenos de estabilidad atmosférica e inversiones térmicas, lo que también favoreció la dispersión vertical de los contaminantes.

También se observó una disminución en el número de eventos locales y regionales de incendios respecto a los eventos registrados en la primera semana de marzo de 2020 debido a diferentes factores, tales como las condiciones meteorológicas que se presentaron en el país durante el inicio de abril, en especial, la presencia de precipitaciones en la región Orinoquía, así como la dirección e intensidad de los vientos, con lo cual se redujo el efecto de transporte regional de contaminantes y favorecieron a la dispersión local de los mismos.

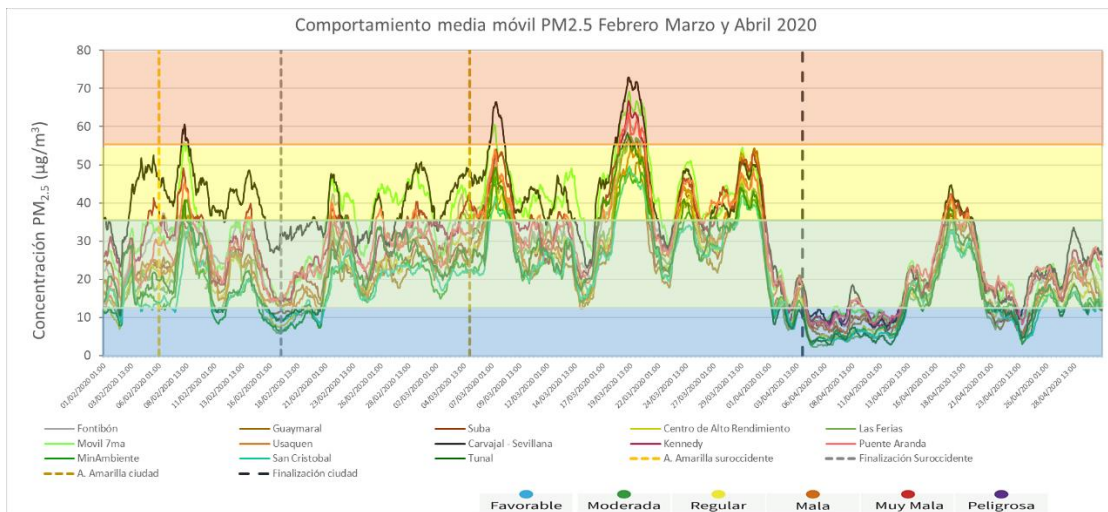


Figura 10-8. Concentraciones medias móvil 24h PM_{2.5}. Febrero - Abril 2020

En la Figura 10-8 se observan las concentraciones media móvil 24 horas para los meses de febrero, marzo y abril de 2020. En estos meses se observaron distintos comportamientos del contaminante, dada la influencia de los diferentes factores que incidieron en las variaciones de las concentraciones. En la primera alerta amarilla hasta nueve estaciones registraron la condición “regular”, siendo la estación Carvajal-Sevillana la que registró dicha condición por mayor tiempo; se registró un ligero aumento el día 14 de febrero y finalmente descendieron las concentraciones hacia el 17 de febrero, con valores menores a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por debajo del límite de la condición “moderada”. En los siguientes días después de la finalización de la alerta hubo una tendencia gradual al incremento de las concentraciones, registrando un pico el día 04 de marzo, posterior a la declaración de la segunda alerta amarilla, y a partir de este día descendieron nuevamente las concentraciones hasta el 16 de marzo. En los dos días siguientes se registró un nuevo incremento, el más alto entre febrero y abril, en el cual se registraron hasta nueve estaciones en condición “mala” en la mañana del 19 de marzo. En estos días aumentó el número de puntos calientes y por consiguiente la influencia en las concentraciones de material particulado en la ciudad, además de una reducción en la velocidad del viento.

En el marco de las restricciones por la pandemia del COVID-19, se inició un simulacro de cuarentena el día 20 de marzo, con lo cual se permitió solo el tránsito de vehículos relacionados con actividades de primera necesidad, y se restringieron varias actividades comerciales. Por ello, en los siguientes días las concentraciones disminuyeron, pero permanecieron varias estaciones en condición “regular”. Solamente hasta el 01 de abril se evidenció una reducción notable de las concentraciones, debido al inicio de la primera temporada de lluvias, lo cual contribuyó a que las concentraciones permanecieran en las condiciones “moderada” y “favorable”. Aunque la cuarentena se mantuvo durante todo el mes, se registró un aumento de las concentraciones el 18 de abril, debido a la influencia de incendios forestales que aún se registraban en Venezuela.

10.2. TRANSPORTE DE ARENAS DEL SAHARA EN JUNIO DE 2020

Desde mediados de junio de 2020, los satélites registraron una nube de aerosoles proveniente del desierto del Sahara, que se desplazó desde África, alcanzó parte del occidente de España, y se transportó a través del océano Atlántico hasta llegar al norte de Suramérica, el mar Caribe y el golfo de México.³ La nube de polvo del Sahara se evidenció por un aumento en la profundidad óptica de los aerosoles, y su llegada a los países de América y el Caribe generó un aumento en los niveles de contaminación por material particulado, además de una reducción en la visibilidad.

³ NASA-NOAA's Suomi NPP Satellite Analyzes Saharan Dust Aerosol Blanket. NASA, 2020.
<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/nasa-noaa-s-suomi-npp-satellite-analyzes-saharan-dust-aerosol-blanket>

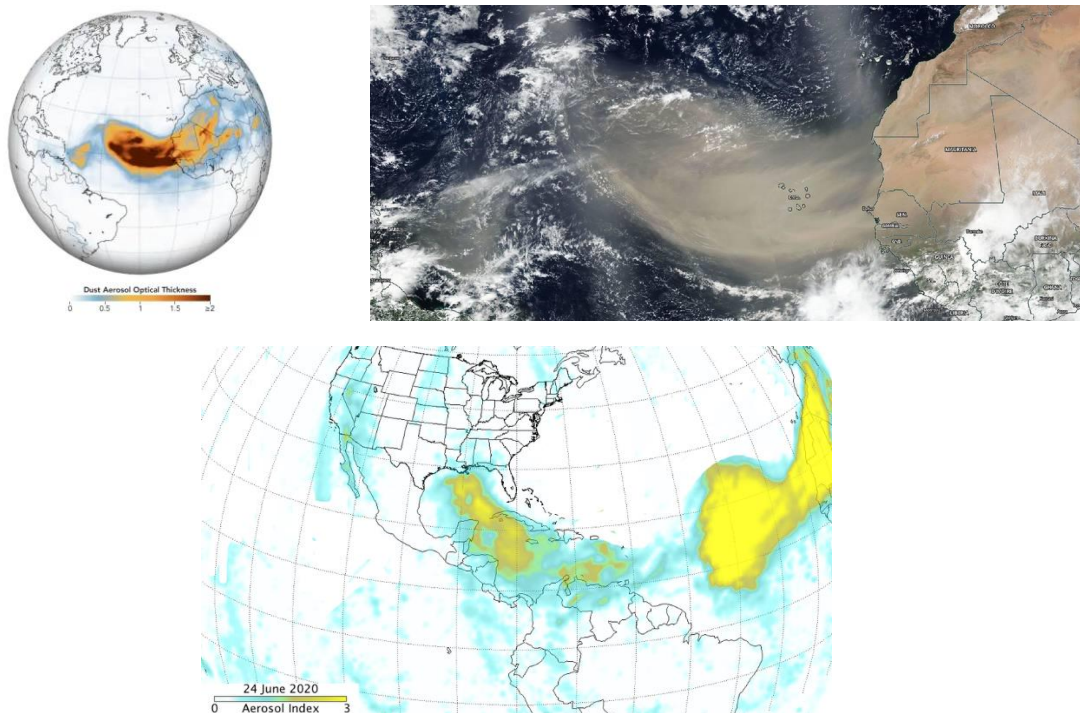


Figura 10-9. Imágenes satelitales transporte de polvo del Sahara. Fuente: NASA

En la Figura 10-10 se representan las concentraciones horarias de PM_{10} para todas las estaciones de la RMCAB para el periodo comprendido entre el 20 y el 30 de junio de 2020. En el marco de las restricciones por la pandemia del virus COVID-19, las concentraciones de contaminantes se habían reducido desde el mes de abril, además de que históricamente el mes de junio registra las concentraciones más bajas del año. Sin embargo, entre los días 23 y 26 de junio se registraron aumentos notables de concentración de material particulado, siendo las estaciones del suroccidente de la ciudad y la estación Móvil 7ma las que presentaron los niveles más altos, con registros entre 220 a $290 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debido a la influencia de la arena del Sahara. El día 27 de junio descendieron las concentraciones nuevamente, con registros menores a los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el resto del mes.

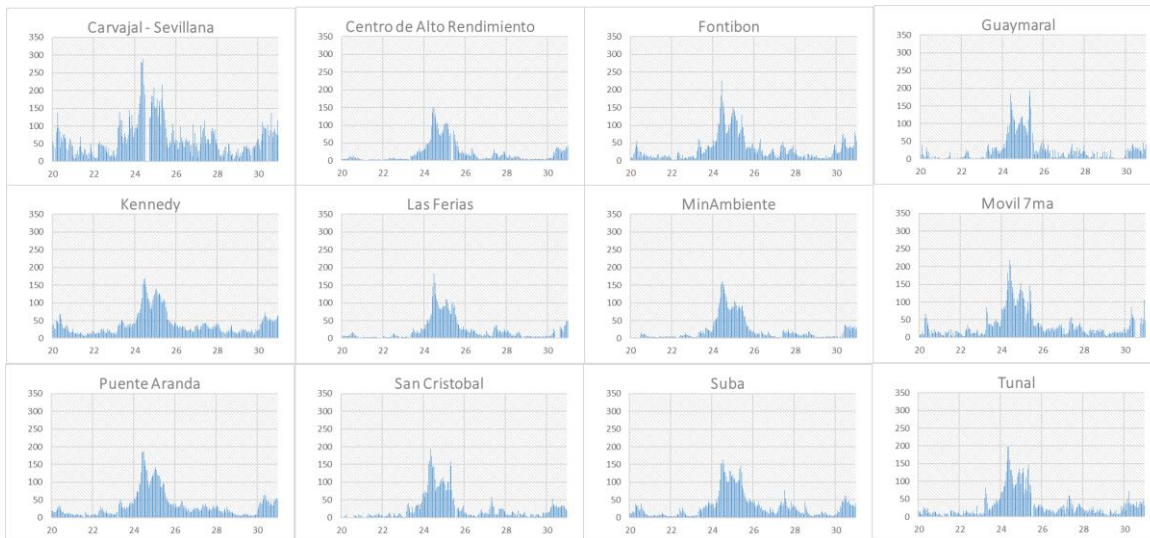


Figura 10-10. Concentraciones horarias PM_{10} Junio 20 - 30 de 2020

10.3. INFLUENCIA DE LAS RESTRICCIONES EN LA PANDEMIA DEL COVID 19

Debido al aumento de casos registrados del COVID-19 en Bogotá, como medida preventiva la administración distrital estableció la medida del Simulacro Vital, reglamentado por el Decreto 090 del 19 de marzo de 2020, en la cual se restringía la libre circulación de vehículos y personas entre el jueves 19 de marzo a las 11:59 p.m. y el lunes 23 de marzo a las 11:59 p.m. Solamente se encontraban habilitados para circular el personal de salud y los relacionados con necesidades básicas. Este simulacro coincidió con el inicio del Aislamiento Preventivo Obligatorio, que inició a nivel nacional con el Decreto 457 del 22 de marzo de 2020. Desde el inicio del simulacro vital en Bogotá se eliminaron las restricciones de pico y placa y otras medidas asociadas a la circulación de vehículos.

Debido a estas restricciones, solamente algunas fuentes de emisión se encontraban en funcionamiento en la ciudad, y se redujo en gran proporción el número de vehículos particulares y de la flota del transporte público que circulaban en las calles. Consecuentemente se evidenció una disminución notable en el aporte de emisiones de fuentes móviles, en especial en horas de la mañana. Aunque también pudo observarse que al tener menos actividad de las fuentes de emisión que en años anteriores, las concentraciones de $PM_{2.5}$ se mantenían en condición “regular” algunos días después del 20 de marzo, debido al aporte del material particulado proveniente de los incendios forestales activos al norte y oriente de Colombia.

En la Figura 10-11 se observan las concentraciones media móvil 24 horas de $PM_{2.5}$ observadas durante el periodo comprendido entre marzo 15 y diciembre 31 de 2020. En esta gráfica se observan las variaciones de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en el transcurso del año, en el marco de las restricciones por la pandemia del COVID-19.

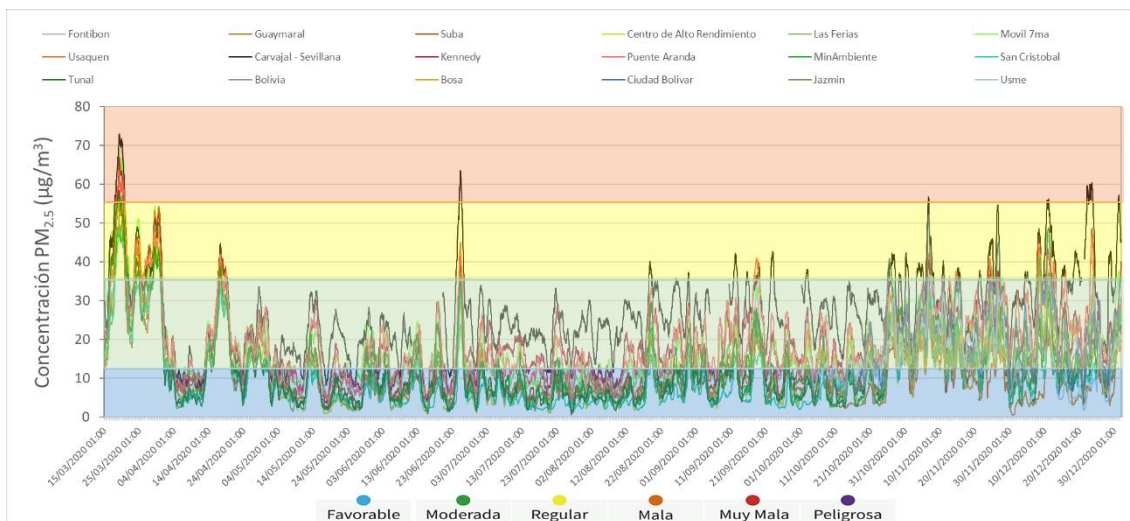


Figura 10-11. Concentraciones media móvil PM_{2.5} Marzo 15 - Diciembre 31 2020

Se observa que las concentraciones más altas durante el periodo de la cuarentena (marzo-agosto) fueron registradas a finales de junio por el transporte de arenas del Desierto del Sahara (alcanzando la condición “mala” en la estación Carvajal-Sevillana) y a finales de abril por influencia de incendios forestales en el oriente del país. El resto de los meses las concentraciones se mantuvieron principalmente en condiciones “moderada” y “favorable” hasta el mes de octubre, teniendo en cuenta que entre julio y agosto se establecieron cuarentenas por localidades, y en septiembre finalizó la etapa de aislamiento obligatorio, por lo cual hasta este mes se evidenció un retorno gradual a las actividades normales de la ciudad. Posteriormente, a finales de octubre se registraron condiciones desfavorables locales que no contribuyeron con la dispersión de concentraciones. Durante los meses de noviembre y diciembre se evidenciaron incrementos de concentraciones en relación con los meses previos, aumentando la frecuencia de datos en la condición “regular” especialmente en las estaciones del suroccidente, ya que las actividades de la ciudad funcionaron en su mayoría con normalidad, además de que aumentó el tráfico vehicular, y las condiciones meteorológicas fueron menos favorables para la dispersión de contaminantes.

10.4. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR CONDICIONES LOCALES

Durante el mes de octubre de 2020 se mantuvieron las condiciones de aislamiento voluntario tras varios meses de restricciones en el marco de las acciones para evitar los contagios por la pandemia del COVID-19. Según la Figura 10-12 en la mayor parte del mes las concentraciones se mantuvieron en las condiciones “favorable” y “moderada”, sin embargo en los últimos días del mes, desde el 27 de octubre, se observó un aumento en las concentraciones de material particulado debido a la confluencia de vientos provenientes del occidente, lo cual causó que el material particulado se mantuviera al interior de la ciudad, generando que varias estaciones se mantuvieran en condición “regular” desde el 27 de octubre.

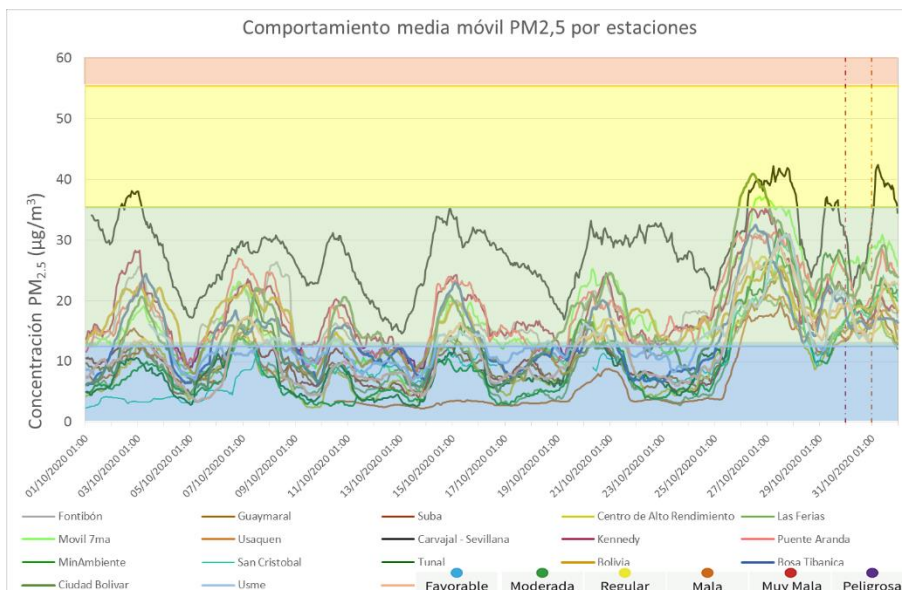


Figura 10-12. Concentraciones media móvil 24 h de PM_{2,5} octubre de 2020

11. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) 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 en las Américas en 2016. 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)⁴.

En el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021 desde la dimensión de salud ambiental se menciona el derecho a un ambiente sano con el fin de mejorar las condiciones de salud de la población, para lo cual se establece un conjunto de políticas que promueven la calidad de vida con la participación de diferentes actores sociales. Por medio de la transformación positiva de los determinantes sanitarios, sociales y ambientales bajo el enfoque de las fuerzas motrices, se establecen relaciones entre condiciones ambientales y de salud, permitiendo a los gobiernos identificar factores determinantes de orden estructural, intermedio y proximal, así como actores y acciones sectoriales y transectoriales preventivas y correctivas.

Uno de los componentes de la dimensión de salud ambiental es el hábitat saludable que contempla varios objetivos entre ellos intervenir con enfoque diferencial de los determinantes sanitarios y ambientales de la salud relacionados con la calidad del aire, el ruido y las radiaciones electromagnéticas, los impactos del urbanismo, las condiciones de la ruralidad, las características de la movilidad, las condiciones de la vivienda y espacios públicos para ello se requiere de procesos participativos organizados alrededor de entornos cotidianos: vivienda, entornos educativos, entornos comunitarios saludables, entorno de trabajo y ecosistemas estratégicos saludables⁵.

Trabajar para reducir en un 10% la concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} mediante la implementación del Plan de Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030, “Unidos por un

¹ Organización Panamericana de la Salud Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

² Dimensión de Salud Ambiental, Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Documents/dimensiones/dimension-saludambiental.pdf>

Nuevo Aire” es la consigna, que busca trabajar por la protección de la salud de los niños, niñas y adultos mayores la población más vulnerable a los factores de contaminación⁶.

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 Ambiental⁷.

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 11-1 que reorganizaron la oferta pública de prestación de servicios de salud de la ciudad, por medio del decreto 641 de 2016, conforme se evidencia en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1. Subredes Integradas de Servicio 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

⁶ Plan de Desarrollo: Mejorar la calidad el aire 10%, prioridad para esta administración. Disponible en: http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/historial-de-noticias/-/asset_publisher/1RkX/content/plan-de-desarrollo%3A-mejorar-la-calidad-del-aire-10-prioridad-para-esta-administracion.

⁷ 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>



Figura 11-1. Red Integrada de Servicios de Salud

11.1. 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 realizar esta se tiene en cuenta los siguientes componentes de la vigilancia en salud pública:

- Vigilancia Epidemiológica: vigila los posibles efectos en salud en la población debido a la exposición a contaminación del aire.
- Vigilancia Sanitaria: contempla la atención de quejas presentadas por las partes interesadas respecto a la contaminación del aire.
- Vigilancia 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.

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 micrones que pueden llegar a causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer⁸.

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

⁸ 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)

aumento de síntomas y consultas de urgencias por causas respiratorias, aumento exacerbaciones asmáticas y reducción en la función pulmonar⁹.

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

Un estudio realizado en los Estados Unidos mostró que cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de elevación en PM_{10} provocan un aumento del 0,31% de mortalidad cardiopulmonar diaria a corto plazo; otro estudio similar realizado en Europa encontró con la misma elevación de PM_{10} un incremento de mortalidad cardiovascular de 0,69%. Por otra parte, los efectos relacionados con la exposición a $\text{PM}_{2,5}$ fueron observados a largo plazo en una cohorte de mujeres en los Estados Unidos donde se demostró un aumento de eventos cardiovasculares en un 24% y un 76% de muertes por causa cardiovascular por cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento¹¹.

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

A nivel de Bogotá se han llevado a cabo diferentes estudios principalmente en población infantil con el fin de identificar los efectos en salud dado 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 aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} produce un aumento de por lo menos el 8 por ciento en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años¹³.

En 2006, Arciniegas et al, realizaron un estudio en la localidad del Puente Aranda en Bogotá donde identificaron que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de material particulado menor a 10

⁹ Contaminación Atmosférica Efectos en la Salud Respiratoria en el niño. Dr Ubilla Carlos y Dra Yohannessen Karla. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S071684017300214>

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

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

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

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

micrómetros PM₁₀ ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA con un periodo de latencia de seis días en niños menores a 5 años¹⁴.

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

En el año 2020 se produjo la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 que estamos viviendo en la actualidad la cual ocasionó una crisis sanitaria de gran magnitud, debido a su rápida expansión, lo que puso a prueba los sistemas sanitarios de todos los países. En el afán de controlarlo se establecieron cuarentenas obligadas con medidas de confinamiento severas obligando a la reducción de la actividad económica a nivel mundial, provocando beneficios para el medio ambiente específicamente en la calidad del aire y disminución en la contaminación ambiental.

Según la Organización Mundial de la Salud 4,6 millones de personas mueren por año debido a enfermedades directamente como consecuencia de la mala calidad del aire, la contaminación del aire podría exacerbar la severidad de los síntomas de la infección por COVID-19 incrementado el riesgo de mortalidad, tal como se observó en un estudio en los EEUU donde la exposición a largo plazo de PM_{2,5} con un incremento de solo 1µg/m³ se asocia con un incremento de un 8% en la tasa de mortalidad por COVID-19, estos resultados se toman con cautela ya que la publicación no ha pasado por el proceso de revisión de pares¹⁶.

11.2. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Desde el año 2007 la Secretaría Distrital de Salud formuló y ejecuto 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 epidemiológico, ambiental y sanitario del impacto en la salud por exposición a contaminación del aire, el cual se ha realizado de manera permanente, incrementando su cobertura de forma progresiva en todas las localidades de la ciudad.

La Secretaría Distrital de Salud 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

¹⁴ Estudio de la morbilidad en niños menores a 5 años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100002

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

¹⁶ Comprender el COVID-19 desde una perspectiva de salud pública. Aragón Ana Pérez y Lacasaña Marina. Disponible en: <https://www.easp.es/web/coronavirusysaludpublica/efecto-de-la-pandemia-de-covid-19-en-la-calidad-del-aire-impacto-en-la-salud-respiratoria/>

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.

11.2.1. 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 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, el 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 1.000 niños menores de 5 años¹⁷.

En el año 2020 se presentaron 9 muertes por IRA en menores de 5 años en Bogotá, comparado con los últimos 4 años se observa una disminución de casos, los años 2016 y 2019 mostraron las tasas de mortalidad más altas con 4,3 y 3,8 por 100.000 menores de 5 años, específicamente respecto al año 2019 se presentó una disminución porcentual del 60,8%. (Figura 11-2).

Con respecto a la neumonía, en el año 2020 ocurrieron 13 muertes observando una disminución porcentual del 68% comparado con el año 2019 donde se presentaron 41 muertes, teniendo en cuenta además que el promedio de la tasa de mortalidad por neumonía de los últimos 4 años fue de 7,4 por 100.000 menores de 5 años, se observa para el año 2020 una reducción significativa. La localidad que más registro defunciones en menores de 5 años por neumonía durante el año 2020 fue Kennedy con 3 casos lo que corresponde al 23,1%.

Esta reducción particular posiblemente pueda deberse a la pandemia provocada por el COVID-19 que obligo a tomar medidas como el confinamiento estricto, lo que pudo favorecer la salud de los menores quienes no fueron expuestos a la contaminación del ambiente. (Figura 11-2)

¹⁷ Enfermedad Respiratoria Aguda. Vigilancia en Salud Pública. Disponible en:
<http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Paginas/ENFERMEDADRESPIRATORIAAGUDA.aspx>

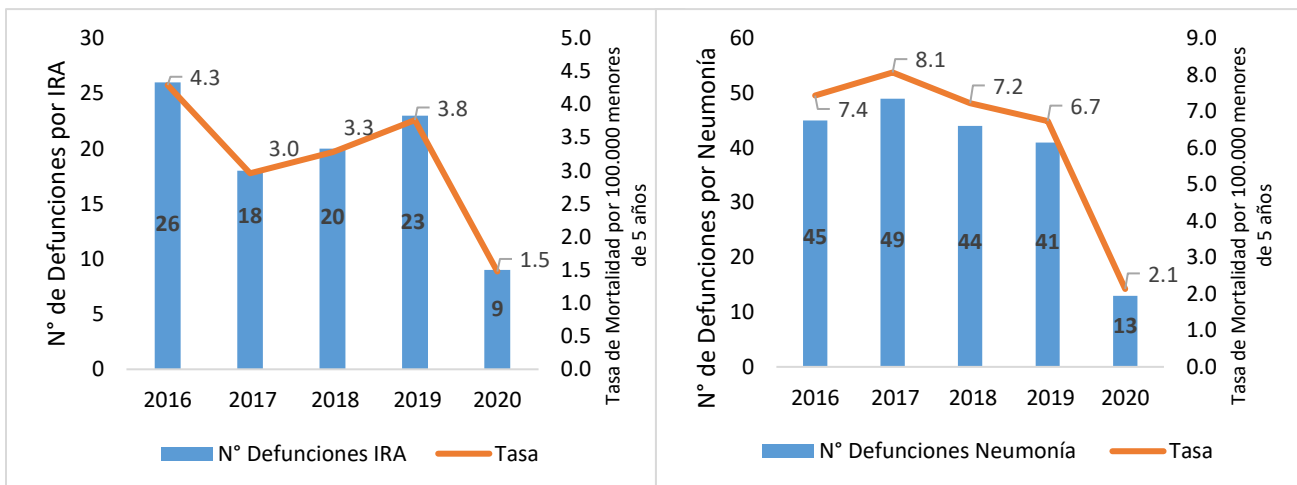


Figura 11-2. Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2016 a 2020

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 hospitalización.¹⁸ En la figura 11-3 se observa el mapa con la ubicación del número máximo de casos ocurridos en las diferentes localidades de mortalidad por IRA y Neumonía en menores de 5 años, así como el tipo de Riesgo dado por el valor ACRE representados por los colores rojo y verde, identificándose que los casos se concentraron en las localidades de Kennedy, Bosa, Engativá, Suba, Ciudad Bolívar, Tunjuelito y Santa fe.

¹⁸ El impacto mundial de la enfermedad respiratoria. Disponible en: https://www.who.int/gard/publications/The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_ES.pdf

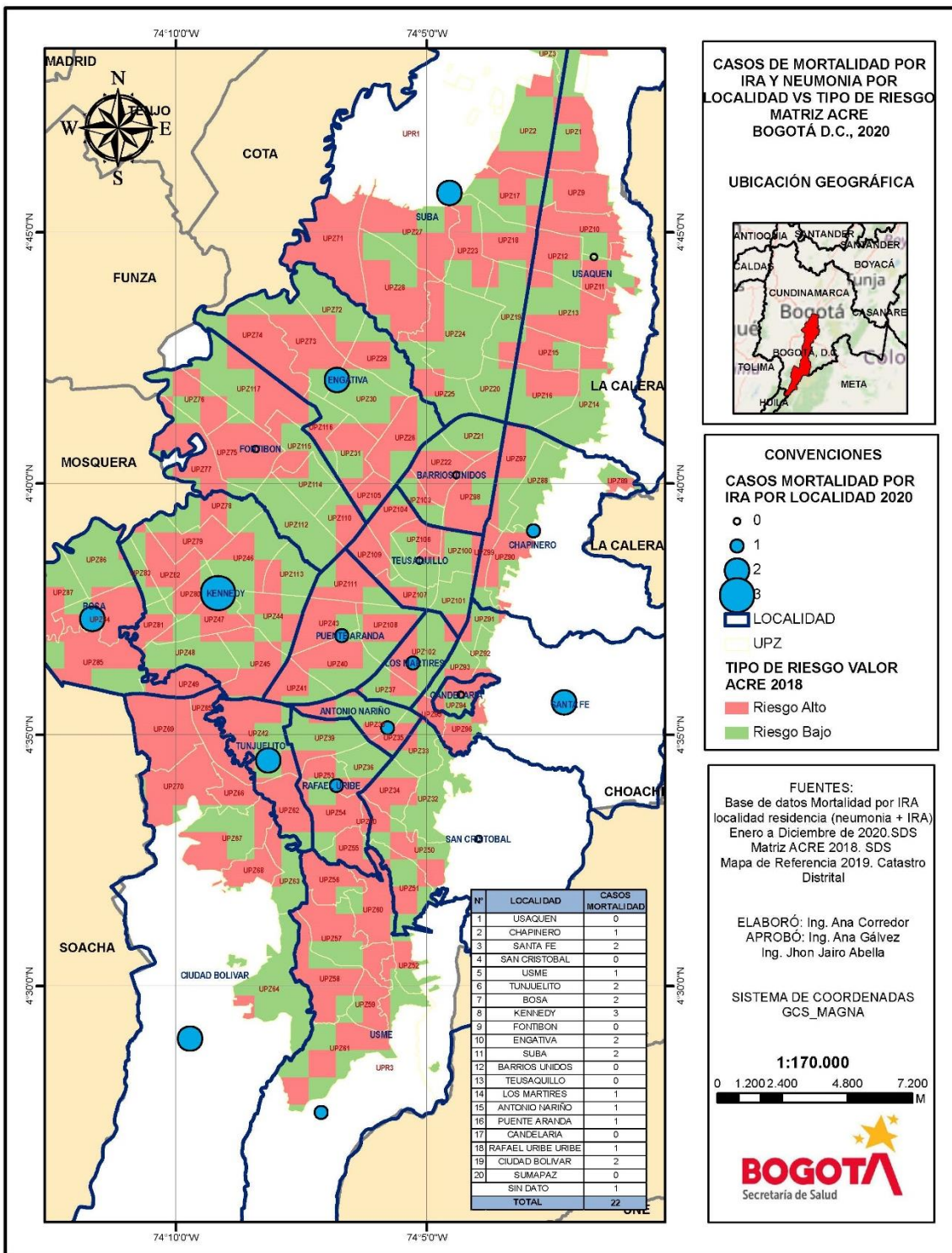


Figura 11-3. Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE, 2020

11.2.2. 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 la Dimensión de Salud Ambiental del Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021.

- **Morbilidad Atendida**

La infección respiratoria aguda (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 aureus*¹⁹.

La Figura 11-4 muestra el comportamiento de la notificación por IRA (evento 995) en la población general y en menores de 5 años; durante el año 2020 en Bogotá se notificaron 1.141.625 casos de Infección Respiratoria Aguda en la población general, comparado con el año 2019 se observa una reducción de casos del 40,03%, se evidencia durante los años 2016 a 2019 una tendencia hacia el aumento de los casos en todos los grupos de edad, pero para el año 2020 hay una marcada disminución que comparado con el año inmediatamente anterior fue del 67,11%. Por otra parte 176.681 casos de esta población se presentaron en menores de 5 años lo que corresponde al 15,5%. Los casos de IRA en la población de menores de 5 años para el año 2020 mostraron una disminución porcentual del 67,11% con respecto a los casos atendidos en año 2019.

Probablemente el comportamiento de la disminución en la notificación por Infección Respiratoria Aguda en el año 2020 fue debido al confinamiento preventivo debido a la pandemia generada por el COVID-19, que además produjo una reducción en la presencia de fuentes móviles y fijas, y así mismo en la emisión por combustión hasta en un 60% comparado con el año 2019, que también pudo favorecer la disminución de casos por enfermedades respiratorias, dado por una mejora en la calidad del aire que favoreció las cifras de la morbilidad en menores de 5 años, comparando la tasa entre enero y marzo del año 2019 que fue de 10,5 con el mismo periodo año 2020 que fue de 2,1 se puede observar las mejoras en los niveles de salud.²⁰

¹⁹ 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

²⁰ Calidad del aire de Bogotá, ¿de vuelta a la “mala normalidad”? El Tiempo Disponible en: <https://www.eltiempo.com/bogota/calidad-del-aire-de-bogota-de-vuelta-a-la-mala-normalidad-508622>

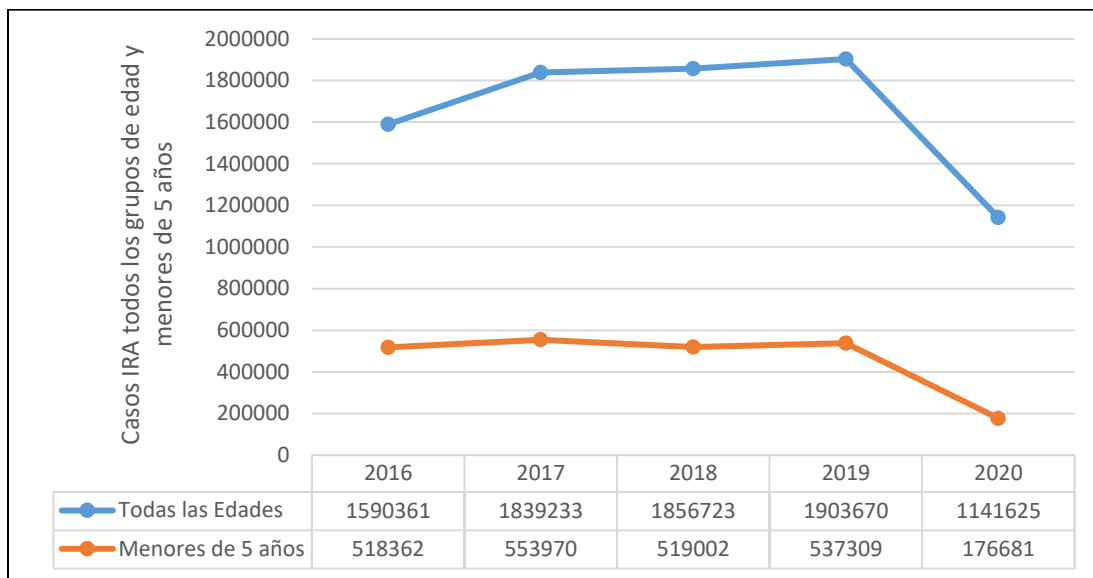


Figura 11-4. Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2016 a 2020

Dentro de la vigilancia de la morbilidad por IRA en el Distrito Capital se cuenta con la estrategia de Salas ERA en conjunto con la Línea de Calidad del 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.²¹

En el año 2020 se atendieron 9.213 casos en las salas ERA en Bogotá, disminuyendo en un 72,95% con respecto al año anterior (n=34.066), el primer trimestre del año fue donde se presentó la mayor asistencia con 8.689 casos, es decir el 94,31% de total, posterior a este periodo se presentó un descenso significativo en la asistencia, dado probablemente por el confinamiento al que fue sometida la población como parte de las medidas de control para evitar el contagio del virus SARS-Cov-2. La localidad donde se presentó la mayor asistencia a las Salas ERA fue Suba con un 19,55% seguido por Ciudad Bolívar con 11,06% y Engativá con 10,27%. Los menores de 1 año representaron el 31,46 % de los casos.

En la Figura 11-5 se muestran los principales diagnósticos atendidos en las Salas ERA, siendo la bronquiolitis el más frecuente con 44,51%, seguido por el Síndrome Bronco obstructivo Recurrente (SBOR), asma o equivalentes. De igual manera, el 14,74% de los casos requirió hospitalización por la complejidad del cuadro clínico. Al 30,98% de los asistentes les fueron tomados Rayos X.

²¹ Guía de promoción atención en enfermedad respiratoria aguda (ERA). Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Guia%20de%20Atenci%C3%B3n%20ERA.pdf>

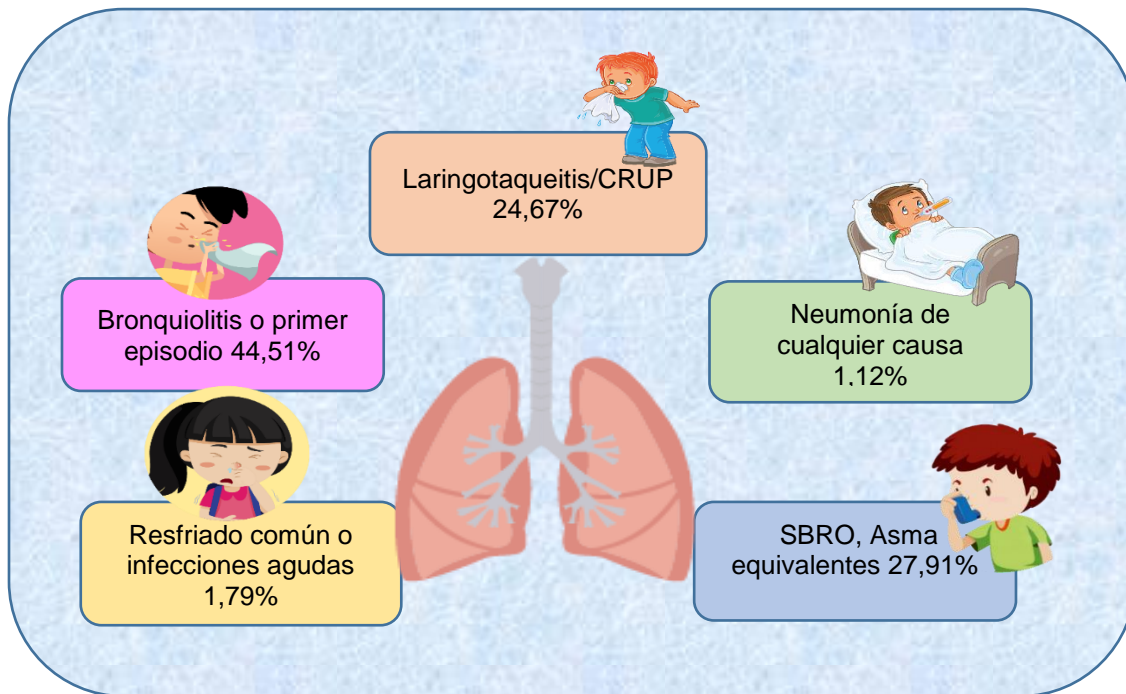


Figura 11-5. Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2020

- **Morbilidad Sentida**

El Sistema de vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria 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 escolares (0-14 años) y personas mayores de 60 años, por medio de la aplicación de una encuesta de prevalencia de sintomatología respiratoria y factores asociados a contaminación del aire.

En el año 2020 se aplicaron 10.289 encuestas de prevalencia de sintomatología respiratoria a población vulnerable, de las cuales el 32,34% fueron aplicadas a menores de 5 años, 45,87% a niños de 5 a 14 años, y 21,79% a personas mayores de 60 años. En la población menor de 14 años se aplicaron 8.047 encuestas, el 51,29% correspondió al sexo masculino. En los adultos mayores predominó el sexo femenino con el 69,18%.

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 11-6.

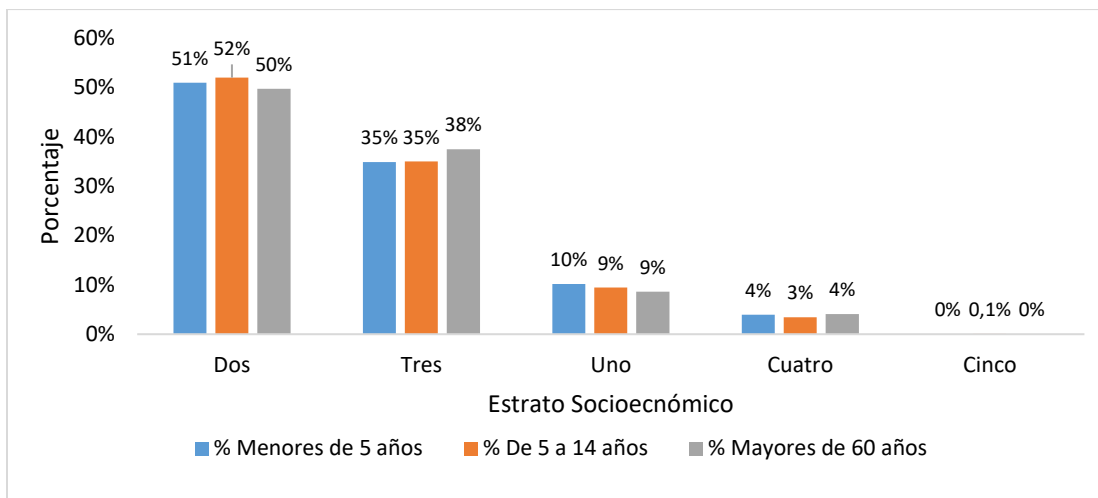


Figura 11-6. Distribución por Estrato Socioeconómico según grupos de población encuestada. Bogotá 2020

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 siendo más alto en los menores de 5 años con el 72%, seguido por el régimen subsidiado con predominio en los adultos mayores de 60 años con el 40%, como se observa en la Figura 11-7.

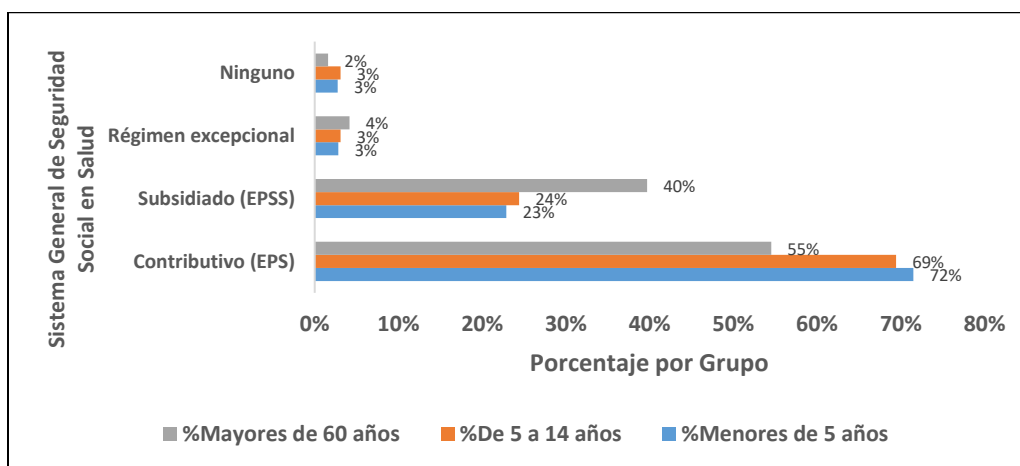


Figura 11-7. Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada. Bogotá 2020

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

En la Tabla 11-2 se muestra la prevalencia de la sintomatología respiratoria de los menores de 14 años, donde se puede observar que la prevalencia del síntoma “Tos seca sin gripa en el último año” fue mayor en los niños de 5 a 14 años con 8,71%, mientras que la proporción de los demás síntomas

como sibilancias en el último año, despertar por tos, ausentismo escolar y ausentismo laboral fue mayor en los menores de 5 años.

Tabla 11-2. Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años.

Síntomas	Menores de 5 años (n=3327)		Niños de 5 a 14 años (n= 4720)		Total menores de 14 años (n=8047)	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sibilancia en el último año	172	5,17%	74	1,57%	246	3,06%
Tos seca sin gripa en el último año	133	4,00%	411	8,71%	544	6,76%
Despertar por tos	66	1,98%	92	1,95%	158	1,96%
Ausentismo escolar	65	5,16%	122	2,60%	187	2,32%
*Ausentismo laboral	99	2,98%	49	1,04%	148	1,84%

*Ausentismo laboral del padre o cuidador del niño

La presencia de otros síntomas en los menores como por ejemplo mocos y nariz tapada cuando no tienen gripa fue de 12,11% en los menores de 5 años y de 9,17% en los niños de 5 a 14 años, el mayor número de estos síntomas se presentó durante el primer trimestre del año 2020.

En los adultos mayores, el síntoma “Sibilancia en el último mes” alcanzó una proporción del 3,66% (82/2.242) y el indicador de impacto despertar por tos fue de 3,93% (88/2.242).

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.

La Figura 11-8 presenta la prevalencia por exposición al humo de tabaco, encontrando que el 3,09% de los menores de 14 años se encuentran expuestos al tabaquismo pasivo en sus hogares, lo que 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 escolares²².

El 1,23% 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 temprana²³.

En los adultos mayores se obtuvo una prevalencia de tabaquismo pesado (más de 10 paquetes de cigarrillos por año) de 11,95% este indicador es utilizado para calcular el riesgo de desarrollar cáncer

²² Tabaquismo pasivo en el niño. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1245178914672723>

²³ Efectos fetales y posnatales del tabaquismo durante el embarazo. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000200068

de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y diabetes tipo II. En el caso de Colombia durante los últimos 6 años el país pasó de 12,9% del consumo al 9,8%, anualmente mueren 34.800 personas por enfermedades atribuibles al consumo de tabaco²⁴. Las enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco representan un costo directo anual al sistema de salud de más de 4,5 billones de pesos, la recaudación del impuesto por la venta de cigarrillos cubre solamente un 10% de este gasto²⁵.



Figura 11-8. Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años

Por medio del análisis de regresión logística binaria se pudo identificar factores de riesgo relacionados con la presencia de síntomas respiratorios como sibilancias en el último año y tos sin gripa en el último año dado por exposición a contaminación intramural y extramural.

- **Menores de 5 años**

La Tabla 11-3 muestra los resultados del análisis realizado por regresión logística binaria, donde se identifican factores de riesgo como la edad, antecedentes de enfermedad respiratoria en los menores y en los padres para la presencia de “Sibilancias en el último año”.

El síntoma de “Tos sin gripa en el último año” mostró relación estadística con malnutrición, antecedentes de enfermedad respiratoria, tabaquismo pasivo, permanencia de ventanas cerradas, humedad en la vivienda y presencia de mascotas.

²⁴ 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>

²⁵ Hoja informativa: Que entre colores y sabores el tabaco no te enamore. Disponible en: <https://www.cancer.gov.co/files/libros/archivos/Hoja%20informativa%20tabaco%202019.pdf>

Tabla 11-3. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y tos sin gripa en el último año en menores de 5 años .

Menores de 5 años			
Sibilancias en el Último año			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Edad (Entre 2 a 12 meses)	0	8,201	3,829-17,56
Dx Enfermedad de bronquios/pulmones	0,016	3,434	1,254-9,41
Dx Padres con Enfermedad Respiratoria	0,061	1,607	0,979-2,639
Tos sin gripa Último Año			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Controles Prenatales	0,034	1,826	1,048-3,183
Dx Malnutrición	0,005	2,735	1,348-5,549
Dx de Enfermedad bronquios/pulmones	0,000	3,452	2,411-4,942
Tabaquismo Pasivo	0,012	2,646	1,237-5,657
Permanencia Ventanas	0,004	1,745	1,198-2,542
Humedad en la vivienda	0,001	2,053	1,358-3,103
Presencia de Mascotas	0,018	1,563	1,080-2,263

- **Niños de 5 a 14 años**

En los niños de 5 a 14 el análisis por regresión logística binaria permitió identificar que antecedentes como diagnóstico de asma y congestión nasal son factores de riesgo para la presencia de Sibilancias en el último año. Antecedentes como bajo peso al nacer y la malnutrición, factores intradomiciliarios como el consumo de tabaco en el hogar, la permanencia de las ventanas cerradas y el funcionamiento de un negocio en la vivienda y extradomiciliarios como la circulación de tráfico pesado cerca de la vivienda de los menores son factores de riesgo para que se produzca el síntoma de tos sin gripa en el último año, tabla 11-4.

Por otra parte, el tener un diagnóstico de enfermedad de Asma aumenta la probabilidad de despertar por tos.

Tabla 11-4. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias, tos sin gripa y despertar por tos en los niños de 5 a 14 años.

Niños de 5 a 14 años			
Sibilancias Último Año			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Dx Asma	0,000	5,505	3,104-9,763
Congestión Nasal	0,000	6,882	2,852-16,610
Tos sin gripa Último año			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Bajo peso al nacer	0,035	1,579	1,034-2,411
Dx Malnutrición	0,02	1,993	1,117-3,556
Tabaquismo Pasivo	0,031	1,704	1,051-2,763
Dx Padres Enf Respiratoria	0,016	2,127	1,150-3,933

Tipo de Vivienda	0,004	1,847	1,217-2,805
Permanencia de ventanas cerradas	0,002	1,567	1,186-2,070
Humedad en la vivienda	0,000	2,013	1,497-2,708
Funciona Negocio	0,007	1,648	1,146-2,368
Tráfico Cercano	0,000	1,479	1,198-1,826
Despertar por tos			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Dx Asma	0,033	2,213	1,066-4,596

- **Mayores de 60 años**

En los adultos mayores de 60 años el análisis de regresión logística binaria permitió identificar que el haber fumado en algún momento de la vida es un factor de riesgo para presencia del síntoma Sibilancias en el último mes y la exposición a tóxicos para la presencia del síntoma Despierta por Tos, además de tener antecedentes de enfermedades respiratorias como la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, como se observa en la tabla 11-5.

Tabla 11-5. Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y despertar por tos en adultos mayores de 60 años.

Adulto Mayor de 60 años			
Sibilancias Último Mes			
Variables	p valor	Exp (β) OR	IC 95%
Dx EPOC	0,004	2,267	1,307-3,932
Fumo en algún momento de su vida	0,013	1,961	1,154-3,333
Despierta por Tos			
Dx EPOC	0,000	4,318	2,511-7,426
Exposición a tóxicos	0,043	1,571	1,015-2,431

De los resultados anteriores se puede concluir que la exposición a diferentes factores de riesgo tanto intramurales como extramurales por parte de población vulnerable a la contaminación del aire, así como al humo de cigarrillo y antecedentes propios, provocan la presencia de síntomas relacionados con problemas respiratorios y cardiovasculares.

11.3. VIGILANCIA AMBIENTAL

La Secretaría Distrital de Salud realiza el análisis de los niveles de calidad del aire en la ciudad de Bogotá y las excedencias presentadas con base en la Guía de Calidad del Aire de la Organización Mundial de Salud – OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3); con base en los datos reportados por la Red Monitoreo Calidad de Aire de Bogotá -RMCAB.

- **Calidad del aire extramural**

Las guías de calidad del aire de la OMS tienen como objetivo dar orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud, con valores de concentración guía de contaminantes como PM₁₀ y PM_{2.5} promedio diarios (24 horas) y anuales recomendados para disminuir la exposición y los posibles efectos a la salud causados por la contaminación del aire en la

población, por tal motivo se realiza el análisis a las excedencias presentadas con respecto a los valores guía dados por la OMS²⁶.

- **Material particulado PM₁₀ en Bogotá 2020**

En cuanto a excedencias diarias durante el año 2020 para PM₁₀, teniendo en cuenta la guía establecida por la OMS de (50µg/m³) para exposiciones de 24 horas, en Bogotá se reportaron 770 excedencias, en 13 estaciones de monitoreo, siendo las estaciones de Carvajal-Sevillana (240), Kennedy (102), Móvil 7ma (96) y Tunal (84), las que registraron el mayor porcentaje de excedencias para periodo analizado, mientras que las estaciones con menos excedencias fueron Centro Alto Rendimiento (10), MinAmbiente (10), Guaymaral (8) y Usaqué (8), teniendo en cuenta que en esta última entre el 16 de abril y el 8 de octubre no contó con registro de concentraciones; en la (figura 11-9), se puede observar el número de excedencias según el análisis del total de los promedios diarios reportados de PM₁₀.

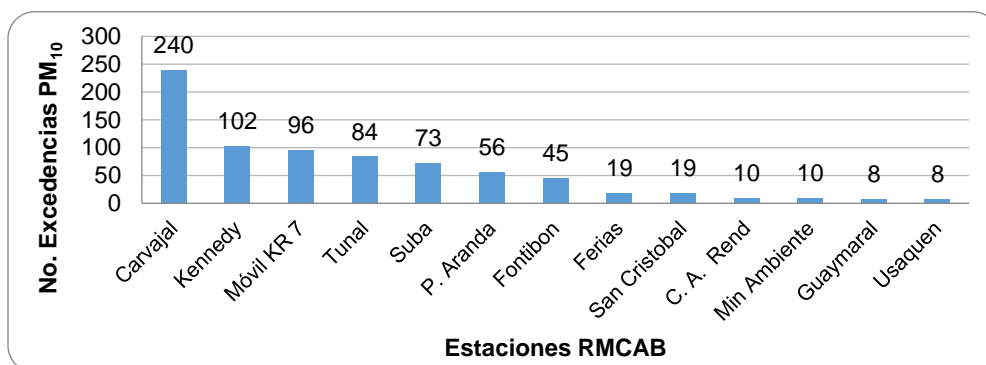


Figura 11-9. Número de excedencias anuales, de PM10 con respecto a la guía OMS en las estaciones de la RMCAB 2020

Con respecto a las concentraciones de PM₁₀ promedio anuales, se tiene que las concentraciones más altas se presentaron en las estaciones de Carvajal (64,3µg/m³), Kennedy (41,0µg/m³), Móvil Kr7 (39,8µg/m³) y Tunal (36,5µg/m³), mientras que las estaciones que reportaron menor concentración promedio anual fueron Ferias (23,6µg/m³), Usaqué (21,9µg/m³), Centro A. Rendimiento (21,4µg/m³) y Min. Ambiente (21,1µg/m³); Finalmente se tiene que el mes de marzo presentó las concentraciones promedio mensual más altas, como la estación Carvajal con 87,8µg/m³, mientras que el mes de mayo registró las concentraciones promedio mensual más bajas, siendo la estación de Guaymaral con 10,1µg/m³, la que presentó la menor concentración y la estación Carvajal durante el mes de mayo presentó el valor más alto con 44,8µg/m³; frente a los valores máximos permisibles de la Guía-OMS de 20µg/m³, ninguna estación se encontró por debajo del promedio anual, siendo la estación del Centro de Alto Rendimiento y Min. Ambiente las más cercanas, al valor guía, igualmente respecto al valor permisible establecido en la Resolución 2254 de 2017 de 50µg/m³, la estación Carvajal se encontró por encima del valor referencia, como se muestra en la Figura 11-10.

²⁶ Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

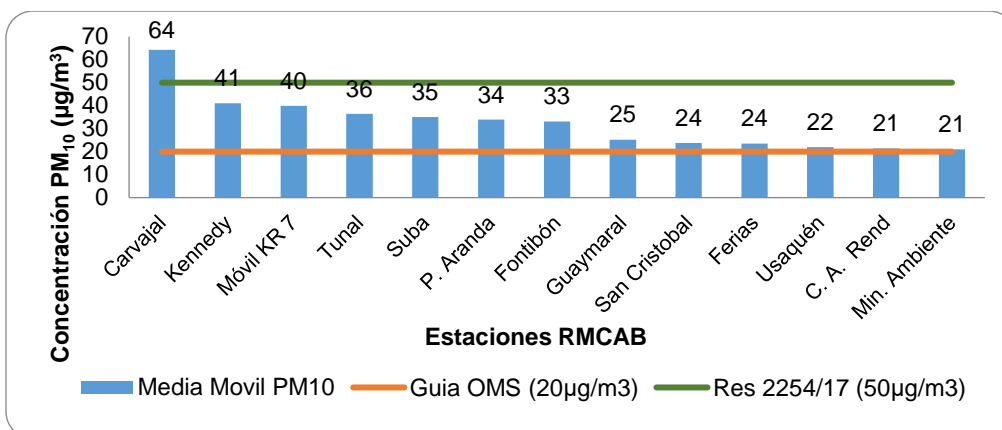


Figura 11-10. Concentración promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS y Res. 2254/17 de material particulado PM10 en Bogotá enero – diciembre 2020

En la Tabla 11-6, se puede observar, el porcentaje de excedencias respecto a los objetivos intermedio de la Guía OMS para concentraciones de 24 horas, por lo que se tiene respecto al OI-1 que ninguna estación presentó excedencias y por tanto todas las estaciones cumplieron con dicho objetivo, respecto al OI-2 el 85% (11/13) de las estaciones cumplieron con dicho objetivo, siendo la estaciones de Carvajal y móvil Kr 7 las que presentaron excedencias del 8% y 1% respectivamente, siguiendo con el OI-3 el 31% (4/13) de las estaciones cumplieron con el objetivo, las excedencias se encontraron entre el 1% y el 29%, siendo la estación de Carvajal (29%) la que mayor porcentaje presentó y solo las estaciones de Guaymaral, Usaquén, Centro de Alto Rendimiento y Min. Ambiente, cumplieron con el objetivo, cabe recordar que la estación de Usaquén no contó con registró entre abril y octubre, y respecto al GCA-OMS, las excedencias se encontraron entre el 2% y 70%, y ninguna estación se encontró por debajo del nivel Guía de la OMS de 50µg/m³

Tabla 11-6. Porcentaje de excedencias en concentraciones promedio de 24 horas (enero – diciembre) de PM10, respecto a la guía OMS y Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) por estación – Año 2020

PM ₁₀ EXCEDENCIAS OMS ENE A DIC 2020	GYR	USQ	MOV	SUB	CDAR	LFR	CSE	KEN	FTB	PTE	TUN	SCR	MAM
% CON RESPECTO AL OI-1 150µg/m ³	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% CON RESPECTO AL OI-2 100µg/m ³	0%	0%	1%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% CON RESPECTO AL OI-3 75µg/m ³	0%	0%	3%	3%	0%	1%	29%	2%	1%	1%	2%	1%	0%
% CON RESPECTO A LA GUÍA OMS 50µg/m ³	2%	5%	27%	20%	3%	6%	70%	28%	13%	16%	23%	5%	3%

En la Figura 11-11, se observan las barras azules muestran cuál es el nivel de concentración de material particulado en los últimos 5 años, en Bogotá. La línea azul representa la concentración mínima de material particulado que debería tener la ciudad según la OMS en la Guía de Calidad de aire y la línea amarilla corresponde a la meta a 2030 establecido en la resolución 2254 de 2017; La

figura refleja que frente al objetivo intermedio 1 (OI-1), se viene dando cumplimiento, así como el objetivo 2, sin embargo, tanto para el objetivo 3 y el valor guía de la OMS no se ha dado cumplimiento, no obstante se observa una reducción gradual de la concentración media anual a partir del año 2017, y para el año 2020 se observa la menor concentración aproximándose a cumplir el objetivo 3.

El ideal de la OMS es que las ciudades presenten una concentración promedio anual de a de 20 microgramos de material particulado PM_{10} por metro cúbico de aire.

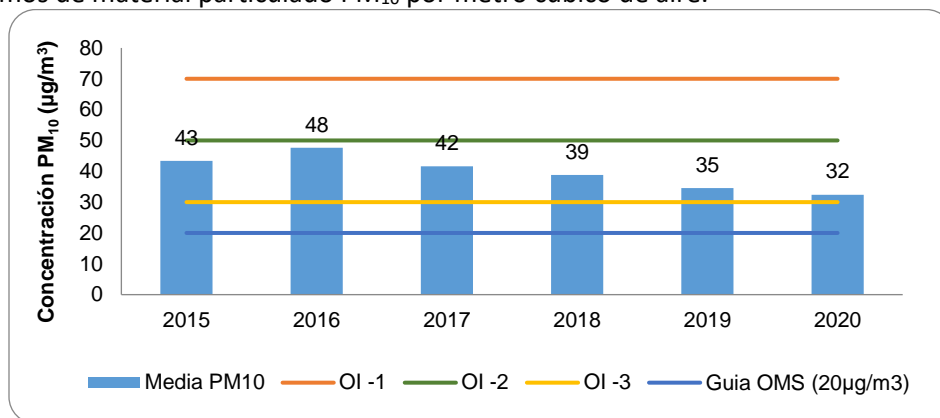


Figura 11-11. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM_{10} Bogotá 2015-2020.

Continuando con el análisis a la exposición aguda, es decir concentración en 24 horas, la temporalidad de las excedencias diarias del material particulado (PM_{10}) en Bogotá, y teniendo en cuenta los años 2015 a 2020, como se observa en la figura 11-12, de forma histórica se presenta un pico de excedencias; el primero en los meses de febrero y marzo y un leve aumento en las concentraciones entre octubre y noviembre, evidenciando que los niveles más bajos en el año se presentan en junio y julio. De igual forma se observa que a partir del mes de abril el número de excedencias se redujo frente a los años anteriores.

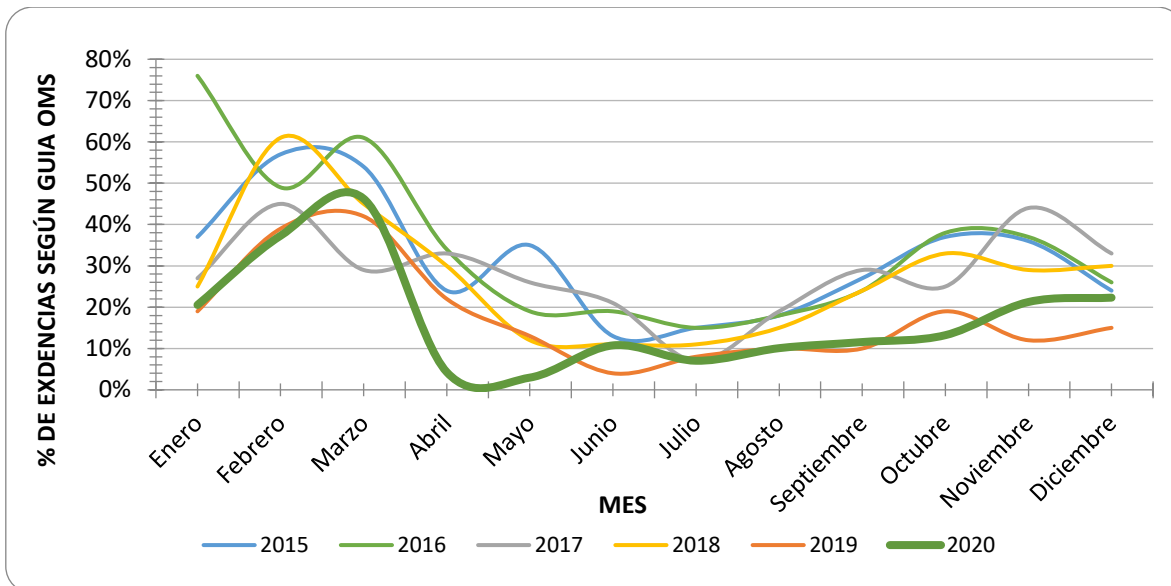


Figura 11-12. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM10 respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2015-2020

- **Material Particulado PM_{2.5}**

Del mismo modo se presentaron excedencias diarias de PM_{2.5}, con un total de 957, siendo las estaciones de Carvajal (179), Kennedy (108), Móvil 7ma (103) y Fontibón (94), las que presentaron mayor número de excedencias con respecto a la guía establecida por la OMS de (25µg/m³) para 24 horas), como se observa en la figura 11-13; Las estaciones que registraron menos excedencias a diciembre, fueron Usaquén (44), Guaymaral (38), Min. Ambiente (35) y San Cristóbal (31).

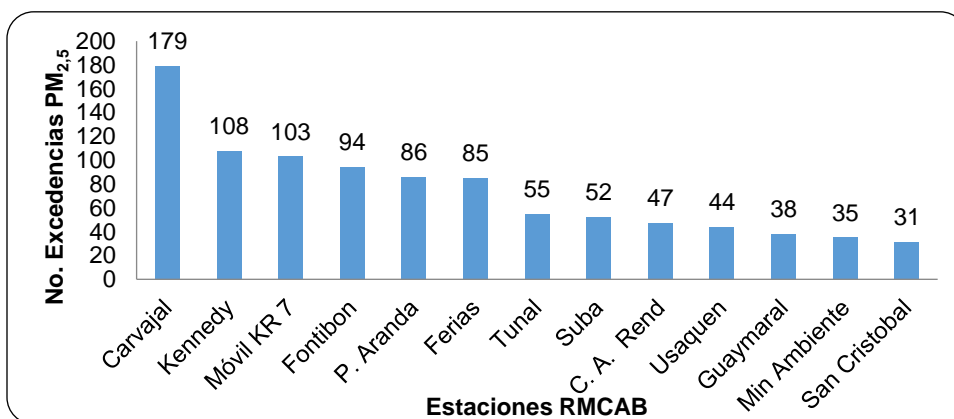


Figura 11-13. Comportamiento anual (enero – diciembre) de excedencias del contaminante PM2.5 con respecto a la guía OMS en las estaciones de la RMCAB 2020

Al igual que el PM₁₀, el PM_{2.5} durante este periodo las concentraciones promedio anuales más altas se presentaron en la estación Carvajal-Sevillana (26,8µg/m³), Kennedy (21,0µg/m³) y Fontibón (20,5µg/m³), mientras que las estaciones con menores concentración promedio anuales fueron,

Tunal ($13,3\mu\text{g}/\text{m}^3$), MinAmbiente ($12,3\mu\text{g}/\text{m}^3$) y San Cristóbal ($11,6\mu\text{g}/\text{m}^3$); Por otra parte se tiene que el primer trimestre del año se presentaron las concentraciones más altas, siendo el mes de marzo donde se registraron las concentraciones promedio mensual más altas, como en la estación Carvajal con $43,5\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el mes de mayo se registraron las concentraciones más bajas como en la estación San Cristóbal con $5,7\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la estación Carvajal-Sevillana registro $17,9\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo las más alta durante el mes de mayo; en este sentido se tiene que frente a al valor guía de la Resolución 2254 de 2017 de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$, solo la estación Carvajal se encontró por encima de dicho valor y frente al valor de la guía-OMS de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna estación se encontró por debajo siendo la estación San Cristóbal la más próxima a cumplir con este valor guía. Figura 11-14.

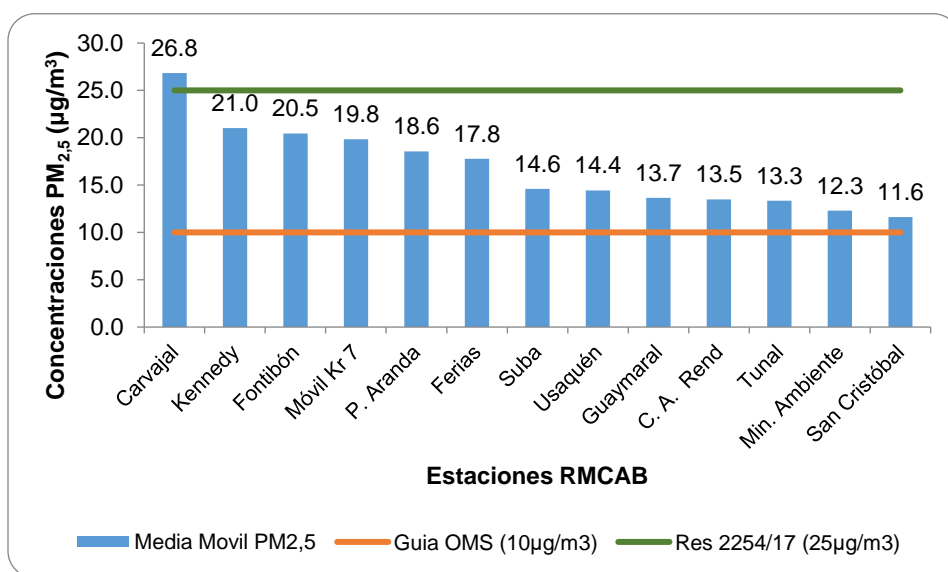


Figura 11-14. Concentración promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS y Res. 2254/17 de material particulado PM_{2.5} en Bogotá, enero a diciembre 2020.

Según la guía de la OMS en el seguimiento a los valores guía para la media de 24 horas esté protegerá frente a niveles máximos de contaminación que de otra manera determinarían un exceso sustancial de morbilidad o de mortalidad en la población expuesta, por tal razón se realiza el análisis al comportamiento de las concentraciones horarias de los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}, para cada estación de monitoreo de la RMCAB y a partir del número de excedencias presentadas se conoce el porcentaje de incumplimiento con respecto a cada uno de los valores guía de la OMS.

En la Figura 11-7, se observa el porcentaje de excedencias de contaminante PM_{2.5} frente a cada objetivo intermedio establecido en la Guía de Calidad de aire de la OMS (GCA-OMS); Frente al OI-1, todas las estaciones se encontraron por debajo de $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ y por tanto cumplieron con este objetivo, respecto al OI-2 el 31% (4/13) de las estaciones cumplieron con el objetivo, las cuales fueron Guaymaral, Usaquén, San Cristóbal y Min. Ambiente, mientras las demás estaciones presentaron excedencias entre 1% y el 4%, respecto al O-I3 las excedencias estuvieron entre el 2% y el 20% y ninguna estación cumplió con este objetivo, de igual manera respecto al valor de GCA-OMS, todas las estaciones presentaron excedencias, las cuales se

encontraron entre el 9% y 51%, siendo la estación Carvajal la que mayor porcentaje de excedencias presentó durante el año 2020.

Tabla 11-7. Porcentaje de excedencias diarias (enero – diciembre) del contaminante $PM_{2.5}$ con respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) por estación de la RMCAB 2020.

PM _{2.5} EXCEDENCIAS OMS ENE A DIC 2020	GYR	USQ	MOV	SUB	CDAR	FER	CVS	KEN	FON	PTE	TUN	SCR	MAM
% CON RESPECTO AL OI-1 75µg/m ³	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% CON RESPECTO AL OI-2 50µg/m ³	0%	0%	2%	1%	1%	1%	4%	2%	2%	1%	1%	0%	0%
% CON RESPECTO AL OI-3 37,5µg/m ³	3%	3%	11%	3%	3%	4%	20%	9%	7%	8%	3%	2%	2%
% CON RESPECTO A LA GUÍA OMS 25µg/m ³	10%	12%	29%	14%	13%	26%	51%	31%	26%	23%	15%	9%	9%

Por otra parte teniendo en cuenta la concentración promedio anual para Bogotá, de material particulado $PM_{2.5}$, entre 2015 y 2019 se observa una concentración promedio de 19µg/m³ mientras que para el año 2020 la concentración media anual fue de 17µg/m³, en este sentido se observa un cumplimiento frente a los objetivos intermedios de la OMS 1 y 2, ahora bien frente al objetivo 3, la ciudad se encuentra muy cerca de cumplir dicho objetivo de 15µg/m³, el cual se establece como objetivo para el año 2030 en la resolución 2254 de 2017; por otra parte es importante que la ciudad siga trabajando para cumplir los objetivos y lograr reducir la concentración promedio anual al nivel recomendable en la Guía OMS de 10µg/m³, cabe anotar que esta fracción de material particulado es una de las que más incidencia tiene en la salud, Figura 11-15.

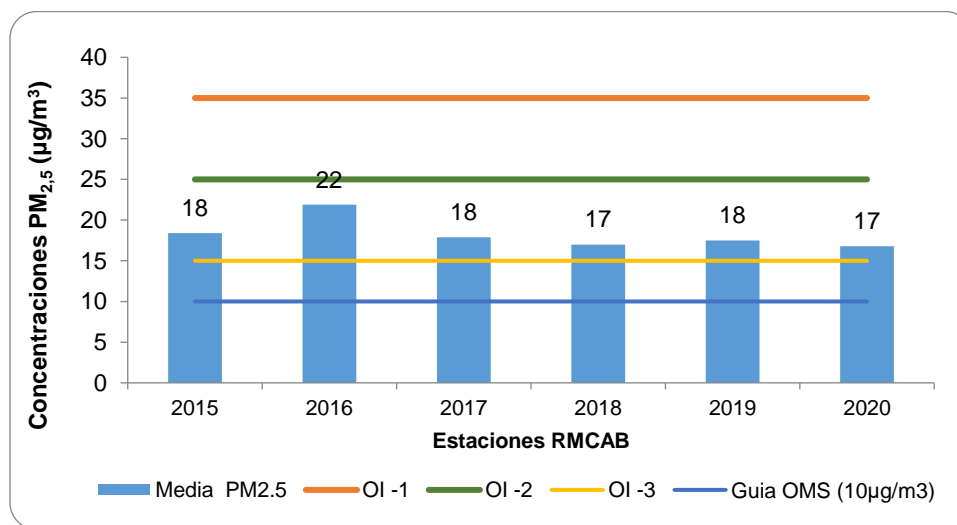


Figura 11-15. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado $PM_{2.5}$ Bogotá 2015-2020

Tomando como línea base los datos históricos y comparándolos frente los diferentes objetivos establecidos por la OMS, para el caso del material particulado $PM_{2.5}$ para el año 2020 se observa que entre el mes de febrero y marzo se presentaron excedencias por encima respecto a los años anteriores, sin embargo, a partir del mes de abril se observa

una reducción de excedencias hasta el mes de octubre, mientras que a partir del mes de noviembre presenta un pequeño incremento, es importante tener en cuenta que a partir de la cuarta semana del mes de marzo tanto la ciudad como el país inicio las cuarentenas a causa de la pandemia por COVID-19, que llevaron al cese de actividades industriales comerciales, de transporte entre otras. Figura 11-16.

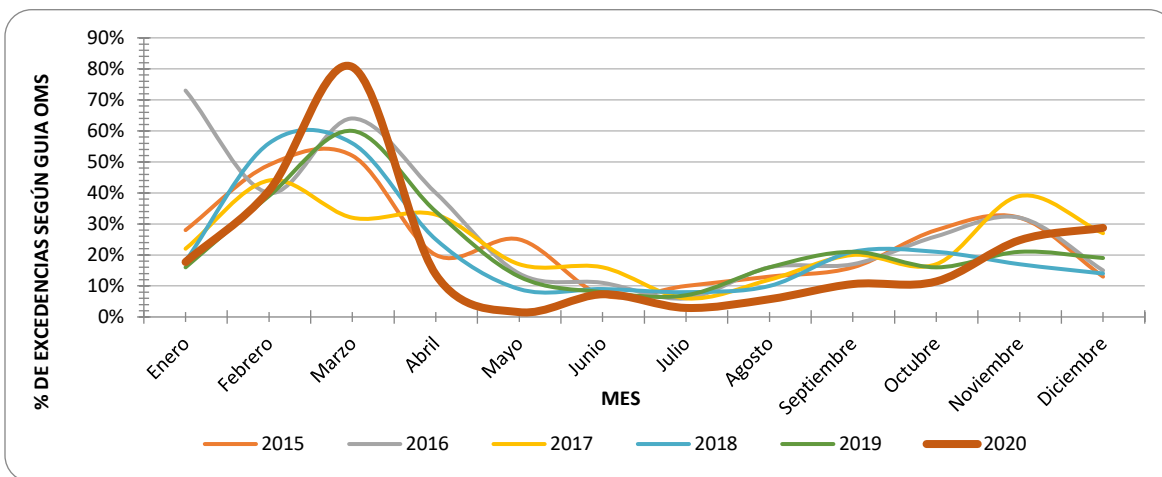


Figura 11-16. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado $PM_{2.5}$ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2015-2020

- **Calidad del aire intramural**

En el marco de las intervenciones o actividades realizadas por la línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética de la Secretaría Distrital de Salud a través de las cuatro Subredes Integradas de Servicios de Salud con las que cuenta el Distrito Capital (Norte, Centro Oriente, Sur Occidente y Sur), se encuentra la ejecución de monitoreos intramurales empleando equipos de medición para determinados contaminantes. Esta actividad se viene desarrollando desde el primer semestre del año 2018, inicialmente como una prueba piloto y posteriormente como parte de la vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria de la línea.

Durante 2020 se llevaron a cabo, 27 monitoreos intramurales en 16 localidades de la ciudad 3 de ellos relacionados con fuentes generadoras de olores ofensivos, en cercanía a fuentes fijas o móviles de emisiones atmosféricas como industrias, fabricas, cementerios, relleno sanitario o sitios de disposición inadecuada de residuos sólidos, industria de metal mecánica, o mecánica automotriz. Tabla 11-8.

En los diferentes puntos de monitoreo, son realizados en instituciones como IPS, instituciones educativas, propiedad horizontal, establecimientos comerciales, entre otros, en los que de manera simultánea se realiza medición de gases y material particulado.

Tabla 11-8. Monitoreos intramurales por localidad, enero a diciembre 2020, Bogotá.

Localidad	Contaminación del aire	Olores ofensivos
Usaquén	1	
Chapinero	1	
Barrios Unidos	1	
Engativá	2	
Suba	2	
Santafé	1	
Mártires	1	
Antonio Nariño	1	
Rafael Uribe	2	
Usme	1	
Tunjuelito		1
Ciudad Bolívar	3	
Bosa	2	1
Kennedy	2	
Puente Aranda	1	
Fontibón	3	1
Bogotá	24	3

Cabe mencionar que en Colombia no existen valores de referencia o límites máximos permisibles normativos para contaminantes en espacios interiores; por ende, es necesario remitirse a guías, normas, estudios y demás información relacionada con este tema que haya sido desarrollada en otros países para el respectivo análisis. La Organización Mundial de la Salud en 2010, desarrolló unos lineamientos o guía para la calidad del aire interior que incluye un total de nueve contaminantes (Benceno, Monóxido de Carbono, Formaldehído, Naftaleno, Dióxido de Nitrógeno, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Radón, Tricloroetileno, Tetracloroetileno); en ese documento no aparecen valores de referencia para material particulado ni tampoco para sulfuro de hidrogeno.

El monitoreo de la contaminación del aire interior y exterior puede indicar una posible exposición humana a contaminantes del aire. Las exposiciones individuales y de la población a los contaminantes del aire dependen de muchos factores, como el tiempo que se pasa al aire libre y en interiores, la permeabilidad de las estructuras de las viviendas y la movilidad dentro de una comunidad²⁷.

Por tanto, a continuación, se presenta los resultados de la intervención realizada en la localidad de Fontibón que hace parte de los monitoreos intramurales que fueron programados para el periodo 2020 en las diferentes Subredes siguiendo el cronograma establecido, con el fin de medir las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁, partículas respirables y partículas totales) y sulfuro de hidrogeno (H₂S)²⁸.

- **Punto de monitoreo salón comunal – Fontibón**

²⁷ Community-based exposure estimate for hydrogen sulfide. Inserra, Steven. 2, 2002, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol. 12, págs. 124 - 129.

²⁸ Secretaría Distrital de Salud. Informe monitoreo intramural de material particulado y sulfuro de hidrogeno localidad de Fontibón. Bogotá: s.n., 2020.

El Salón Comunal La Cabaña se encuentra ubicado en la KR 100 23G 18 de la localidad de Fontibón. El Jardín Cementerio Fontibón se encuentra a una distancia de 158 metros aproximadamente de este salón. Como otras fuentes potenciales se encuentran vías por donde transitan vehículos de diferentes tipos (fuentes móviles).

El monitor de partículas DustTrak DRX Pro se instaló al interior del Salón Comunal, el equipo monitorea material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1 , partículas respirables y partículas totales), como se muestra en el siguiente registro fotográfico (Imagen 11-17).



Figura 11-17. Punto de monitoreo Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre 2020

El equipo se instaló desde el día 16 de septiembre al 19 de octubre de 2020, obteniendo un total de 795 registros horarios y 34 registros promedios diarios para cada variable arrojada por el equipo, según la metodología establecida en el Protocolo de monitoreo intramural para calidad del aire de la línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética, teniendo en cuenta las condiciones y tipo de intervención, en cuanto a los resultados de los promedios diarios teniendo en cuenta todos los tamaños de partícula monitoreados por el equipo se presentaron concentraciones promedio diarias entre $7,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $53,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así mismo las partículas monitoreadas presentaron un comportamiento similar, exceptuando el día 23 de septiembre.

Al comparar los valores de PM_{10} y $PM_{2.5}$ estos presentan un comportamiento similar para los promedios de 24 horas como se muestra en la figura 11-18. Sin embargo, se aclara que en el día 23 de septiembre se presentaron valores atípicos que afectaron el promedio diario ostensiblemente; en los días 16 de septiembre y 19 de octubre, los registros horarios no cumplen con la representatividad de datos referente al 75% (18 registros/día), puesto que corresponden a los días de instalación y retiro de los equipos de medición. En estos 2 días se cuenta con 14 y 13 registros respectivamente, por lo tanto, no es objetiva la comparación para promedios diarios.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RM CAB
INFORME ANUAL

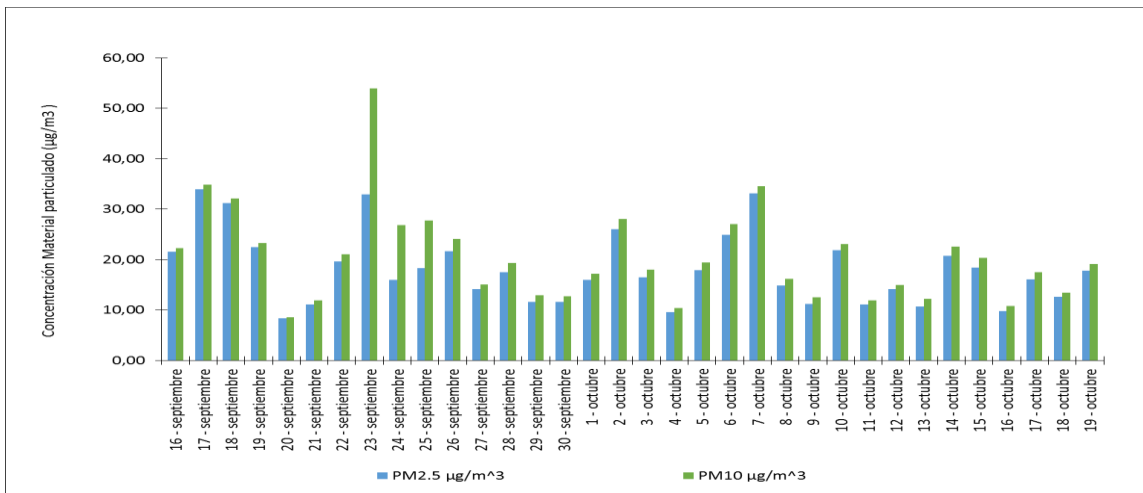


Figura 11-18. Comportamiento promedio diario material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}. Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre - octubre 2020

En el comportamiento horario de PM_{2.5} y PM₁₀ durante el tiempo de monitoreo se evidenció un incremento en los valores de concentración a partir de las 4:00 am, presentando un primer pico a la 6:00 am, con valores de 23,67 µg/m³ y 24,82 µg/m³ para PM_{2.5} y PM₁₀ respectivamente; un segundo pico se presenta para PM₁₀ sobre las 9:00 am con un valor promedio horario de 27,21 µg/m³.

En horas de la noche, se presenta el pico de contaminación más elevado sobre las 8:00 pm en donde las concentraciones promedio fueron de 23,21 µg/m³ y 24,55 µg/m³ para PM_{2.5} y PM₁₀ respectivamente. Después de presentarse este último pico, las concentraciones medias tienden a disminuir sus valores hacia la media noche como lo muestra la Figura 11-19.

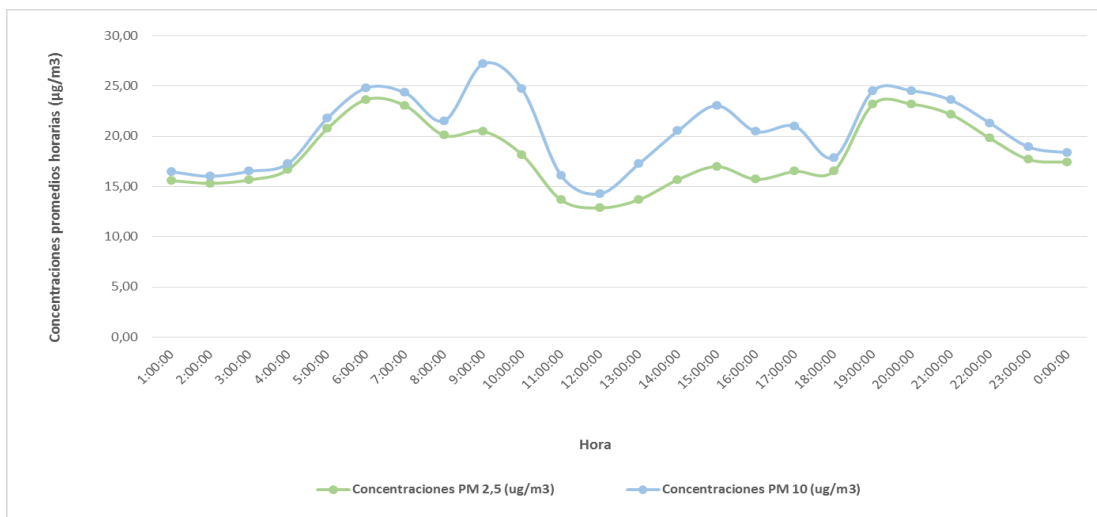


Figura 11-19. Comportamiento promedio horario material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}. Salón Comunal La Cabaña. Localidad Fontibón. Septiembre - octubre 2020

En términos generales, se puede afirmar que el comportamiento horario es fluctuante, se da claridad que estos registros por ser promedios aritméticos se pueden ver afectados por valores atípicos, como los registros obtenidos el día 23 de septiembre entre la 1:40 p.m. y las 5:40 p.m.

Como se mencionó en la introducción de este apartado, en Colombia no existen límites normativos para contaminantes en espacios interiores. Así en base a la guía y estándares de la EPA – Estándar Nacional de Calidad del Aire Ambiental, CA – Norma de calidad del aire ambiente de California, los registros presentan un comportamiento similar a los niveles encontrados comúnmente en interiores para PM₁₀ con valores promedios diarios entre 8,58 µg/m³ y 34,88 µg/m³; para PM_{2.5} si se presentan valores por encima de las directrices referenciadas en algunos días con concentraciones promedio diarias entre 8,38 µg/m³ y 33,96 µg/m³.

- **Monitoreo intramural sulfuro de hidrógeno**

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable y extremadamente peligroso con olor a "huevo podrido". Se presenta de forma natural en petróleo crudo y gas natural, y puede ser producido por la descomposición de materia orgánica y desechos humanos/animales (por ejemplo, aguas residuales domésticas). Es más pesado que el aire y puede acumularse en áreas bajas y cerradas, pobremente ventiladas, como sótanos, bocas de registros, bóvedas subterráneas para líneas de alcantarillado y teléfonos/eléctricas. Según el New Jersey Department of Health el umbral de olor para este gas es de 0.008 a 0.1 ppm (No se puede percibir el olor del sulfuro de hidrógeno en concentraciones superiores a 100 ppm). Con el fin de contextualizar los efectos en salud por la exposición a este gas odorífero, se presentan en la tabla 11-9 las relaciones dosis – efecto:

Tabla 11-9. Sulfuro de hidrógeno: relaciones establecidas de dosis-efecto

Concentración de Sulfuro de Hidrógeno		Efecto
mg/m ³	ppm	
1400 - 2800	1000 - 2000	Colapso inmediato con parálisis de respiración
750 - 1400	530 – 1000	Estimulación fuerte al Sistema Nervioso Central, hiperpnea seguida de paro respiratorio
450 - 750	320 - 530	Edema pulmonar con riesgo de muerte
210 - 350	150 – 250	Pérdida de sentido olfativo
70 - 140	50 – 100	Daño grave en los ojos
15 - 30	10 - 20	Umbral para irritación en ojos

Fuente: OMS, 1981; Nordiska expert gruppen f6r gransvardes dokumentation, 1982; citados por OMS - Oficina Regional para Europa, 2000.

En el marco de la Resolución 1229 de 2013 mediante la cual se establece el Modelo de Inspección, Vigilancia y Control Sanitario y de acuerdo con la Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C 2011-2023; la Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética incorporó dentro de sus actividades o intervenciones el monitoreo intramural de contaminantes, incluidos aquellos relacionados con la generación de olores ofensivos. El ToxiRAE Pro (configuración H₂S) es uno de los equipos empleados para la vigilancia de este tipo de contaminación a nivel intramural; su uso en esta intervención es para determinar la presencia y posible afectación de este gas odorífero en inmediaciones al Jardín Cementerio Fontibón por el funcionamiento de los hornos crematorios.

Durante el periodo monitoreado (16 de septiembre al 19 de octubre) las concentraciones registradas por el equipo ToxiRAE Pro fueron iguales a cero.

Se puede concluir a partir de los monitoreos realizados, que el sulfuro de hidrógeno no está relacionado con las emisiones generadas por el funcionamiento y operación de los hornos crematorios, lo cual se puede corroborar al revisar los estándares de emisiones admisibles para estas unidades en la normatividad nacional vigente. En el monitoreo intramural de este gas odorífero realizado al interior del Salón Comunal cercano a los hornos crematorios del Jardín Cementerio Fontibón, se registraron concentraciones promedio iguales a cero para este contaminante en el periodo de tiempo establecido; lo cual es acorde a las referencias bibliográficas y normativas de las emisiones asociadas a este tipo de actividad.

Sin embargo, no se debe descartar que se hayan presentado concentraciones bajas de sulfuro de hidrógeno teniendo en cuenta que de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante sobre el sensor que posee el equipo ToxiRAE Pro, la resolución de este no permite detectar concentraciones de este gas odorífero por debajo de 1 ppm. Es importante mencionar que como se indicó anteriormente, este umbral de olor para este gas es muy bajo (0.008 a 0.1 ppm), por ende, es perceptible por el sistema olfativo en concentraciones bajas que, si bien no están asociadas bibliográficamente a efectos en salud, pueden generar molestias en los receptores sensibles.

En cuanto a las mediciones intramurales de material particulado realizadas, se evidencian registros promedio horarios para PM_{2.5} entre 12,88 µg/m³ y 23,67 µg/m³ y para PM₁₀ entre 14,29 µg/m³ y 27,21 µg/m³, variando su comportamiento según el día de la semana en el periodo de 4:00 a.m. a 8:00 p.m.

El análisis de las concentraciones de contaminantes en interiores se dificulta en la medida que en la actualidad no se cuenta con normatividad en el país que permita comparar niveles máximos permisibles con los datos obtenidos durante la ejecución de este tipo de intervenciones. No obstante, la Secretaría Distrital de Salud y las cuatro Subredes Integradas de Servicios de Salud que operan en la ciudad, pretenden visibilizar la importancia de una reglamentación en este ámbito y de analizar la exposición a contaminantes en espacios interiores y los posibles efectos en salud.

11.4. VIGILANCIA SANITARIA

La vigilancia sanitaria contempla la atención a quejas y solicitudes presentadas por la comunidad por temas relacionados con contaminación del aire, olores ofensivos o humo de tabaco, haciendo un reconocimiento y atención a estas solicitudes que pueden generar afectaciones en la salud de las personas. Debido a la pandemia relacionada al Coronavirus SARS-Cov-2, y teniendo en cuenta las medidas de prevención para la disminución de propagación de aislamiento y distanciamiento social, la actividad de aplicación de encuestas de percepción en la atención de quejas fue suspendida desde el mes de abril lo que se refleja en la disminución de quejas durante este periodo y se retoma a partir del mes de septiembre.

Durante el 2020 como se puede ver en la Figura 11-20, se atendieron un total de 103 quejas en Bogotá, 52 peticiones relacionadas a olores ofensivos, 28 por contaminación del aire y 23 por humo

de tabaco, de las cuales en la Subred Sur Occidente se presentaron el mayor número de quejas (38), seguido por la Subred Norte (37), la Subred Sur (16) y la Subred Centro Oriente (12); las localidades que más reportaron quejas fueron Kennedy (17) y Usaquén (9).

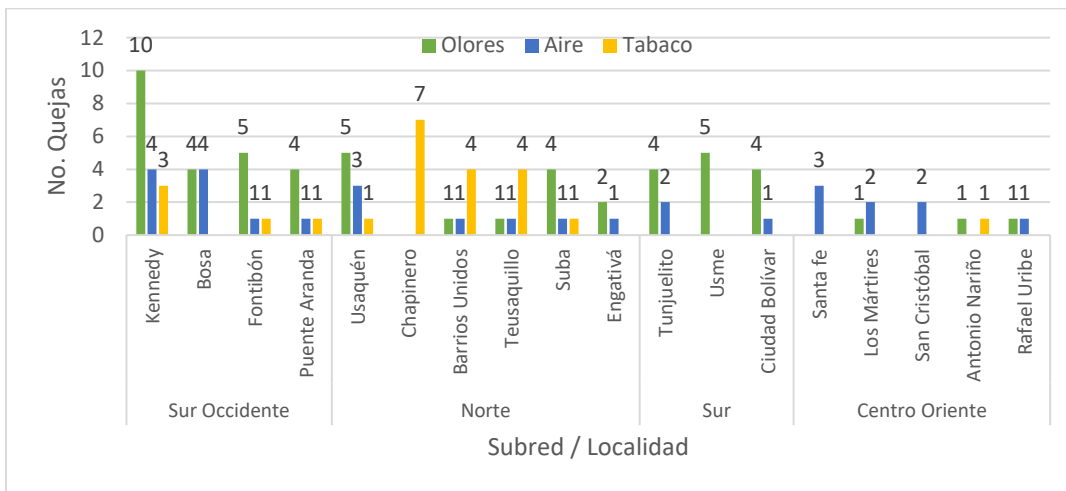


Figura 11-20. Atención a quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco en las localidades del distrito, enero –diciembre 2020.

Como se observa en la figura 11-21 el mayor porcentaje de quejas corresponde a quejas por olores ofensivos un 50%, principalmente en la zona sur occidental y en especial la localidad de Kennedy (10) y le sigue Fontibón (5), Usme (5) y Usaquén (5), fueron las localidades con mayor reporte de quejas por este motivo, en cuanto a quejas por calidad de aire corresponde al 27% de las quejas y fueron las localidades de Kennedy (4), Bosa (4) Usaquén (3) y Santafé (3) las que presentaron el mayor número de quejas por contaminación del aire y el 22% restante corresponde a quejas por humo de tabaco, siendo la localidad de Chapinero (7) la que presentó el mayor número de quejas



Figura 11-21. Distribución de quejas por contaminación del Aire, Olores y humo de tabaco, por Subred enero-diciembre 2020.

11.5. MOVILIZACIÓN SOCIAL

Como un componente importante del proceso de salud ambiental se encuentra las actividades de información, educación y comunicación del riesgo por la exposición a contaminación del aire a nivel intramuros (disminución de intoxicaciones por monóxido de carbono y del consumo de tabaco) y extramural, que van encaminadas al cambio de comportamiento, actitudes y prácticas de la comunidad y cuidados en salud.

A diciembre de 2020, se realizaron 12 talleres de comunicación social del riesgo, como se observa en la figura 11-22, en las temáticas de contaminación del aire y exposición a humo de tabaco así como 1 jornada de profundización el día sin Carro y Moto en las que se logró sensibilizar a 1.049 personas, siendo 770 de ellas intervenidas en la jornada del día sin carro y sin moto desarrollado en el mes de febrero 2020.

Siguiendo las recomendaciones de aislamiento y distanciamiento social a causa del COVID-19, las actividades de comunicación social del riesgo quedaron suspendidas desde el mes de abril, sin embargo, se realizaron infografías comunicativas dentro del marco del día mundial sin Tabaco y el día del medio ambiente.



10 talleres y 1 jornada de profundización por contaminación del aire con 1004 participantes.



2 talleres en ambientes libre de humo de tabaco.
Participaron 45 personas.

Figura 11-22. Acciones de Movilización y comunicación social del riesgo en el distrito enero –diciembre 2020

Las jornadas de profundización son principalmente actividades de carácter educativo que pretenden impactar el mayor número de personas en una jornada de un día por localidad, brindando información importante sobre un tema específico o de interés para el mes o el día en que se realiza la actividad, sin embargo como se mencionó anteriormente producto de las medidas para disminuir la propagación del COVID-19, no se programaron actividades que requirieran aglomeración de personas, no obstante se realizaron infografías socializadas a través de redes sociales y publicadas en la página web de la Secretaría de Salud.

- **Jornada del día sin carro y sin moto 2020**

El jueves 6 de febrero, se inició la jornada con la actividad principal la cual conto con el apoyo de varios equipos de las Subredes Integradas de Salud, y la coordinación logística del equipo de Espacio público, en donde se realizó una figura de pulmones en el parque Distrital Simón Bolívar acompañada del mensaje: “Aire limpio para los pulmones de Bogotá”.



Figura 11-23. “Aire limpio para los pulmones de Bogotá”.

Así mismo la línea de aire, ruido y radiación electromagnética dentro del marco del día sin carro y moto en Bogotá, realizó actividades pedagógicas, donde participaron **770** personas en **8** puntos de la ciudad, de los cuales 1 corresponde a una institución educativa. Predominó el sexo femenino con **53%** mujeres (408) y el grupo de edad de 27 a 59 años.

La localidad más concurrida fue Santa Fe con **122** personas. La población está de acuerdo que el flujo vehicular es una fuente de mayor contaminación. De igual manera el **86%** respondió que el día sin carro y sin moto promueve la actividad física en sus diferentes formas. El **64%** realizan actividad física al aire libre y adoptan recomendaciones como hidratación frecuente y uso de ropa cómoda. El uso diario de bicicleta y no realizar quemas de material incluyendo el consumo de cigarrillo fueron las respuestas más frecuentes para disminuir la contaminación del aire. Así mismo el **43%** (332 personas) de la población respondió que la movilidad disminuyó 1 hora aproximadamente; Es necesaria la frecuente divulgación del IBOCA para que los ciudadanos tengan acceso a la información relacionada con la calidad del aire y sus respectivas recomendaciones (Figura 11-24).





Figura 11-24. Registro Fotográfico de las acciones de movilización y comunicación social del riesgo en el distrito febrero 6 de 2020

CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y COVID-19

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud.



La exposición crónica a estas partículas aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares respiratorias y cáncer de pulmón (1).

Diversos estudios sostienen que los pacientes con afecciones pulmonares y cardíacas crónicas causadas por la exposición a la contaminación del aire, son menos capaces de combatir las infecciones pulmonares incluyendo COVID-19 y tienen más probabilidades de morir (2).

Las personas que han vivido durante décadas en una ciudad con altos niveles de contaminación por partículas finas como (PM_{2.5}) tienen un 15% más probabilidad de morir por COVID-19 que quienes viven en lugares con mejor calidad de aire (3)

El SARS-CoV-2 que causa la enfermedad COVID-19 es capaz de unirse a partículas atmosféricas, pero no se mantiene viable por más de 3 horas, sin embargo, en ambientes cerrados (como habitaciones) estas gotas portadoras podrían concentrarse o depositarse sobre las superficies (4)






! Olores ofensivos, un contaminante invisible ¡

Figura 11-25. Infografías prevención de olores ofensivos y COVID 19

Amplíe esta información en el siguiente enlace <https://drive.google.com/file/d/1ks8RCT890-HIG5EewyfN9mM5iXLZDeYi/edit>

La exposición a olores desagradables, se constituye un tipo de contaminación atmosférica proveniente del desarrollo de actividades industriales y humanas que liberan moléculas odoríferas al medio ambiente, que se caracterizan por ser volátiles, lo cual resulta en una calidad del aire no óptimo para el ser humano, afectando en algunas ocasiones su salud.

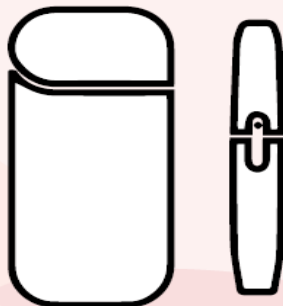
Conoce como prevenir los olores ofensivos ingresando al siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1-3gxlvmU3JxpZvo9jIwAZ_MfIQxj_Rrr/edit



El uso de aparatos electrónicos tiene mayor incidencia cada día, es así como, surgen nuevos dispositivos que buscan reemplazar el tradicional cigarrillo o tabaco, algunos de ellos son conocidos como productos de tabaco y sistemas electrónicos con o sin dispensación de nicotina y similares.

Productos de Tabaco Calentado (PTC)



Los PTC exponen a los consumidores a emisiones tóxicas, muchas de las cuales provocan cáncer, y actualmente no se dispone de suficientes datos para concluir que sean menos perjudiciales que los cigarrillos convencionales.

Un ejemplo claro son los IQOS, el consumidor inhala el aerosol por succión o aspiración.

Estos aerosoles, que suelen ser aromatizados, contienen nicotina (sustancia adictiva) y aditivos no contenidos en el tabaco.

Sistemas Electrónicos de Administración de Nicotina (SEAN) y Sin Nicotina (SESN)- Cigarrillos Electrónicos

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Panamericana de la Salud. OPS. [En línea] [Citado el: marzo de 31 de 2021.] <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>.
2. Minsalud. Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021. Dimensión Salud Ambiental.
3. Secretaría Distrital de Ambiente. Plan de Desarrollo: Mejorar la calidad del aire 10 %, prioridad para esta Administración. [En línea] http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/historial-de-noticias/-/asset_publisher/1RkX/content/plan-de-desarrollo%3A-mejorar-la-calidad-del-aire-10-prioridad-para-esta-administracion#:~:text=in%20your%20browser,-,El%20Plan%20de%20Desarrollo%20contempla%20u.
4. Secretaría de Salud. Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá, D.C. Decreto N° 566 de 2011. [En línea] [Citado el: 5 de abril de 2021.]
5. Organización Mundial de la Salud. Calidad del Aire y Salud. [En línea] [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
6. Contaminación Atmosférica Efectos en la Salud Respiratoria en el niño. Dr Ubilla, Carlos y Dra Yohannessen, Karla. 1, Santiago de Chile: s.n., 2017, Rev.Med.Clin.Condes, Vol. 28, págs. 111-118.
7. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Oyarzun G, Manuel. 26, Santiago de Chile: s.n., 2010, págs. 16-25.
8. Contaminación atmosférica, riesgo cardiovascular e hipertensión arterial. Soldevilla, Nuria, y otros. 4, 2018, Hipertensión y riesgo vascular, Vol. 35, págs. 177-184.
9. Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y adultos mayores. Vargas, Sandra, y otros. 1, Bogotá: s.n., 2008, Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, Vol. 11, págs. 31-45.
10. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en menores de 14 años en Bogotá. Drs Solarte, Pedro Iván, Caicedo, Mónica y Restrepo, Sonia. 2, Revista Médica Sanitas, Vol. 5.
11. Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. Arciniegas, Angela, y otros. Bogotá: 3, 2006, Rev.ActaNova, Vol. 2.
12. Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de cinco años en tres localidades de Bogotá. Hernández, Luis Jorge, y otros. 2, Bogotá: s.n., junio de 2012, Pediatría, Vol. 45, págs. 124-138.
13. Pérez Aragón, Ana y Lacasaña, Marina. Efecto de la pandemia de COVID-19 en la calidad del aire: Impacto en la salud respiratoria. [En línea] 22 de mayo de 2020. <https://www.easp.es/web/coronavirusysaludpublica/efecto-de-la-pandemia-de-covid-19-en-la-calidad-del-aire-impacto-en-la-salud-respiratoria/>.
14. Salud Capital. Vigilancia en Salud Pública. Enfermedad Respiratoria Aguda. [En línea] <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Paginas/ENFERMEDADRESPIRATORIAAGUDA.aspx>.
15. Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales. El impacto mundial de la enfermedad respiratoria. México: s.n., 2017.

16. OPS. Unidad de Atención de Enfermedad Respiratoria Aguda Comunitaria UAERAC/UAIRAC. BOGOTÁ: s.n., 2012.
17. Puentes, Ana. Calidad del aire de Bogotá, ¿de vuelta a la mala normalidad? EL TIEMPO. 18 de junio de 2020.
18. Secretaría Distrital de Salud. Guía de promoción y atención en Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA). BOGOTÁ: s.n., 2019.
19. Tabaquismo Pasivo en el niño. Labbé, A y Labbé, J. P. 2, junio de 2014, EMC Pediatría, Vol. 49, págs. 1-9.
20. Efectos fetales y posnatales del tabaquismo durante el embarazo. Chinchilla Araya, Tamara y Durán Monje, Maria del Pilar. 2, San José Costa Rica: s.n., Sep-Dic de 2020, Med. leg. Costa Rica, Vol. 36.
21. Minsalud. Colombia mantiene tendencia a la baja en consumo de tabaco. [En línea] 13 de octubre de 2020. <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-mantiene-tendencia-a-la-baja-en-consumo-de-tabaco.aspx>.
22. Instituto Nacional de Cancerología. Hoja Informativa: Que entre colores y sabores el tabaco no te enamore. [En línea] 2020. <https://www.cancer.gov.co/files/libros/archivos/Hoja%20informativa%20tabaco%202020.pdf>.
23. Organización Mundial de la Salud. Guías de Calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2005.
24. Community-based exposure estimate for hydrogen sulfide. Inserra, Steven, y otros. 124-129, 24 de abril de 2002, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Vol. 12, págs. 124-129.
25. Secretaría Distrital de Salud. Informe monitoreo intramural de material particulado y sulfuro de hidrógeno localidad de Fontibón. [En línea] 2020.
26. Organización Mundial de la Salud. Datos y cifras 26 de julio de 2020. [En línea] [Citado el: 26 de Julio de 2020.] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>.
27. Granda-Orive, J.I. de. El tabaco de tercera mano. [En línea] [Citado el: 26 de septiembre de 2020.] https://www.revistadepatologiaspiratoria.org/descargas/PR_23-1_24-30.p.

13. ANEXOS

A. Lectura de gráficos de *cajas*

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

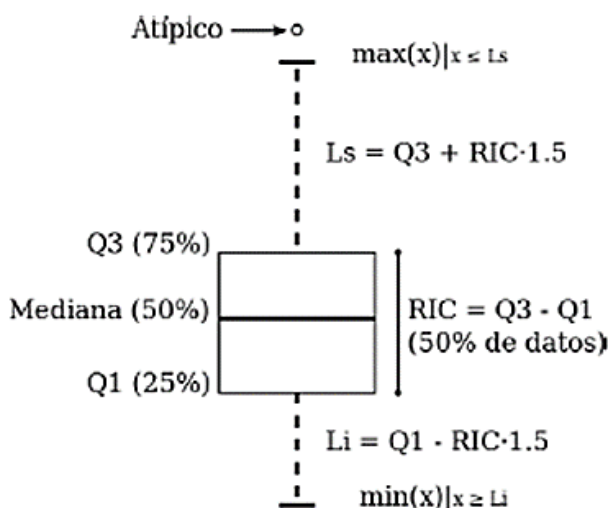


Figura 13-1. Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes.

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. **L_i**, límite inferior, corresponde a $Q_1 - (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q_3 - Q_1$). **L_s**, límite superior, corresponde a $Q_3 + (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q_3 - Q_1$). A los puntos por fuera de los límites se les llama valores **atípicos**.

B. 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/m^3 y $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente:

Tabla 13-1. Factores de conversión de unidades para gases contaminantes. Las unidades resultantes (mg/m^3 y $\mu g/m^3$) estarán en condiciones de referencia correspondientes a $25^\circ C$ y 760 mm Hg.

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a $\mu g/m^3$
SO ₂	2,6186	ppb a $\mu g/m^3$
NO ₂	1,8804	ppb a $\mu g/m^3$
O ₃	1,9620	ppb a $\mu g/m^3$

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 $25^\circ C$, 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:

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

Donde:

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

P: presión atmosférica [Pa]

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

T: temperatura absoluta [K]

C. 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 diciembre de 2020 (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	EQA-0992-087	D
		EQA-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

D. Declaraciones

Se declara que los resultados relacionados en el presente informe anual de calidad del aire corresponden únicamente a los parámetros y variables monitoreadas por los analizadores y sensores en las estaciones de la RMCAB, adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con ítems ensayados y/o comprobados metrológicamente.

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 y su evaluación se registra en el formato interno PA10-PR03-F12 de acuerdo con lo establecido en el instructivo interno PA10-PR03-INS8, y no se reporta en los informes periódicos de calidad del aire, minimizando cualquier posibilidad de interpretaciones equívocas o de uso incorrecto.

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 2020.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido 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 y de estimación de la incertidumbre en la RMCAB 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”.

Tabla 13-3. 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 Formato PA10-PR03-F12 - Cálculo de Incertidumbre RMCAB

Adicionalmente, la versión original de este informe fue firmada por el Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual, Ing. Hugo Enrique Sáenz Pulido, y cuenta con la denominación y consecutivo “Informe Técnico No. 02495”, firmado el 09 de julio de 2021, mediante el radicado SDA 2021IE39396, con el cual se aprueba y se autoriza su publicación en la página web de la RMCAB.

FIN DEL INFORME

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá Año 2021

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



Unidos por un nuevo aire



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



Estación Las Ferias

Informe anual de calidad del aire de Bogotá

Año 2021

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

Bogotá D.C. 2022



Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.– RMCAB



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

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

Carolina Urrutia Vásquez
Secretaría Distrital de Ambiente

Julio Cesar Pulido Puerto
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Camilo Alexander Rincón Escobar
Director de Control Ambiental

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

Sol Yiber Beltrán Aguilera
Subdirectora de Vigilancia en Salud Pública
Secretaría Distrital de Salud

Luis Álvaro Hernández González
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)

María Camila Buitrago Jiménez
Profesional Especializado Componente Aire
(SATAB)

Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Jennyfer Montoya Quiroga
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
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
Richard Alejandro Sánchez Serrano
Equipo de Operación de la RMCAB

Ana Cecilia Gálvez Lozada
Jhon Jairo Abella Flórez
Profesionales Especializados - Línea aire, ruido y
Radiación electromagnética
Subdirección de vigilancia en Salud Pública
Secretaría Distrital de Salud

Karem Johanna Delgado García
Medica Pediatra Epidemióloga
Componente salud ambiental
Subdirección de Vigilancia en Salud Pública
Secretaría Distrital de Salud

Secretaría Distrital de Ambiente
– SDA –
© Junio de 2022, Bogotá - Colombia
Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad
de Aire de Bogotá D.C.
Año 2021.
Impreso en Colombia – Printed in Colombia

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. RESUMEN EJECUTIVO.....	14
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
4. CARACTERÍSTICAS DE LA RMCAB	17
4.1. NORMATIVIDAD	21
5. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO	22
5.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS.....	22
5.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDADOS.....	24
6. CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS).....	27
6.1. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM ₁₀).....	27
6.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN.....	28
6.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	31
6.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN	33
6.2. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM _{2.5})	34
6.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	34
6.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN	37
6.2.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN.....	39
6.3. OZONO (O ₃).....	40
6.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN	40
6.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN	42
6.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O ₃ POR ESTACIÓN	45
6.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	46
6.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN	46
6.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN.....	49
6.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO ₂ POR ESTACIÓN.....	51
6.5. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	52
6.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	52

6.5.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN	55
6.5.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO ₂ POR ESTACIÓN.....	57
6.6.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	57
6.6.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN	57
6.6.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN	61
6.6.3.	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN.....	63
7.	COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON	64
7.1.	COMPORTAMIENTO ANUAL DE BLACK CARBON (BC) POR ESTACIÓN.....	64
7.2.	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA.....	71
8.	INDICE DE CALIDAD DEL AIRE.....	74
8.1.	ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA	74
9.	METEOROLOGÍA.....	82
9.1.	PRECIPITACIÓN.....	82
9.1.1.	PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN	82
9.1.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN.....	83
9.1.3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN	85
9.1.4.	COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN	85
9.2.	TEMPERATURA.....	89
9.2.1.	COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA.....	90
9.2.2.	COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA	92
9.2.3.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA	94
9.2.4.	PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA	96
9.3.	VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.....	98
9.3.1.	PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	99
9.3.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	100
9.3.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO	105
9.3.4.	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO	108
9.3.5.	PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO.....	110
9.4.	RADIACION SOLAR.....	112
9.4.1.	PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR	112
9.4.2.	PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	113
9.4.3.	PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR	115

9.4.4.	PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	116
9.5.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	117
9.5.1.	PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	117
9.5.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	118
9.5.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	119
9.5.4.	PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA	121
9.6.	HUMEDAD	122
9.6.1.	PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD.....	122
9.6.2.	PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD.....	123
9.6.3.	PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD.....	124
9.6.4.	PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD	126
10.	EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	127
11.	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD.....	130
11.1.	VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL.....	132
11.2.	VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA	134
11.2.1.	MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA	134
11.2.2.	MORBILIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA.....	138
11.3.	VIGILANCIA AMBIENTAL.....	147
11.3.1.	ATENCIÓN Y GESTIÓN DE QUEJAS POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	159
11.3.2.	PROMOCIÓN DE LA SALUD Y PREVENCIÓN DEL RIESGO.....	161
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	165
13.	ANEXOS	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Distribución de las estaciones monitoreo de contaminantes de la RMCAB – Año 2021.	19
Figura 5-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2021.....	23
Figura 5-2 Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2021.....	23
Figura 5-3 Porcentaje de datos válidos por tipo de instrumento - Año 2021.....	25
Figura 5-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2021.....	25
Figura 6-1 Concentraciones promedio anual de PM ₁₀ – Año 2021.....	28
Figura 6-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM ₁₀ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	30
Figura 6-3. Concentraciones mensuales de PM ₁₀ por estación – Año 2021	32
Figura 6-4. Comportamiento diario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2021.....	32
Figura 6-5. Comportamiento horario de las concentraciones de PM ₁₀ – Año 2021	33
Figura 6-6 Concentraciones anuales de PM ₁₀ años 2018 a 2021.....	34
Figura 6-7 Concentraciones promedio anual de PM _{2.5} – Año 2021	35
Figura 6-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM _{2.5} del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	36
Figura 6-9 Concentraciones mensuales de PM _{2.5} por estación – Año 2021.....	38
Figura 6-10 Comportamiento diario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2021.....	38
Figura 6-11 Comportamiento horario de las concentraciones de PM _{2.5} – Año 2021	39
Figura 6-12 Concentraciones anuales de PM _{2.5} años 2018 a 2021	40
Figura 6-13 Concentraciones promedio anual de O ₃ – Año 2021.....	41
Figura 6-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O ₃ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	43
Figura 6-15 Concentraciones mensuales de O ₃ por estación – Año 2021	44
Figura 6-16 Comportamiento diario de las concentraciones de O ₃ – Año 2021.....	44
Figura 6-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O ₃ – Año 2021	45
Figura 6-18 Concentraciones anuales de O ₃ años 2018 a 2021	46
Figura 6-19 Concentraciones promedio anual de NO ₂ – Año 2021	47
Figura 6-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO ₂ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	48
Figura 6-21 Concentraciones mensuales de NO ₂ por estación – Año 2021.....	50
Figura 6-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2021	50
Figura 6-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO ₂ – Año 2021.....	51
Figura 6-24 Concentraciones promedio anual de NO ₂ - años 2018 a 2021	52
Figura 6-25 Concentraciones promedio anual de SO ₂ – Año 2021	53
Figura 6-26 Distribución espacial de los promedios anuales de SO ₂ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	54
Figura 6-27 Concentraciones mensuales de SO ₂ por estación – Año 2021.....	55
Figura 6-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2021.....	56
Figura 6-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO ₂ – Año 2021	56
Figura 6-30 Concentraciones anuales de SO ₂ años 2018 a 2021	57
Figura 6-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2021	58
Figura 6-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging	60

Figura 6-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2021	61
Figura 6-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2021	62
Figura 6-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2021	63
Figura 6-36 Concentraciones anuales de CO años 2018 a 2021	63
Figura 7-1 Representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de eBC - Año 2021	65
Figura 7-2 Gráfico de representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de eBC – Año 2021	67
Figura 7-3 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2021	68
Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2021	69
Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2021	70
Figura 7-6 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2018 a 2021. (*) datos anuales incompletos.....	70
Figura 7-7 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS durante el año 2021.....	72
Figura 7-8 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS durante el año 2021.....	73
Figura 7-9 Concentraciones mensuales de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles BC(ff) vs. Quema de biomasa BC(bb) por estación – Año 2021.....	73
Figura 8-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM ₁₀ y PM _{2.5} – Año 2021.....	76
Figura 8-2 IBOCA por mes del año para PM ₁₀ – Año 2021	77
Figura 8-3 IBOCA por mes del año para PM _{2.5} – Año 2021	78
Figura 8-4 IBOCA por estación de monitoreo para O ₃ , NO ₂ , SO ₂ y CO – Año 2021.....	79
Figura 8-5 IBOCA por mes del año para O ₃ – Año 2021	80
Figura 8-6 IBOCA por mes del año para NO ₂ – Año 2021.....	80
Figura 8-7 IBOCA por mes del año para SO ₂ – Año 2021	81
Figura 8-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2021	81
Figura 9-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2021.....	83
Figura 9-2 Valores medios y máximos de precipitación comparados con el promedio de PM ₁₀ – Año 2021.....	84
Figura 9-3 Total acumulado por estación – Año 2021	85
Figura 9-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en Bogotá - Año 2021.....	86
Figura 9-5 Promedios totales anuales de precipitación por estación - 2000-2021	88
Figura 9-6 Precipitación promedio histórica mensual de los años 2000 – 2021 Vs total mensual de 2021.....	89
Figura 9-7 Comportamiento de la temperatura horaria anual 2021: a) perfil horario; b) promedio por estación	92
Figura 9-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2021 Vs 2021 .	93
Figura 9-9 Temperaturas extremas absolutas - Año 2021	94
Figura 9-10 Mapa de Temperatura superficial - Año 2021	95
Figura 9-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2021	98
Figura 9-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2021) Vs. 2020 y 2021.....	99
Figura 9-13 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2020 y 2021 Vs. Promedio 2009 – 2021.....	100

Figura 9-14 Comportamiento de la velocidad media mensual en 2020 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2021	101
Figura 9-15 Velocidades absolutas de la velocidad del viento – Año 2021	102
Figura 9-16 Rosas de vientos consolidadas por estación – Año 2021.....	104
Figura 9-17 Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año ...	107
Figura 9-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2021	109
Figura 9-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 y 2021.....	112
Figura 9-20 Comportamiento mensual de la radiación solar en 2020 y 2021 vs. Promedio 2009 a 2021.....	113
Figura 9-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día durante 2021	114
Figura 9-22 Comportamiento mensual de la radiación - Año 2021	116
Figura 9-23 Comportamiento anual de la radiación en 2021	117
Figura 9-24 Comportamiento mensual de la presión en 2020 y 2021 frente al promedio mensual multianual 2010 – 2021	118
Figura 9-25 Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica – Año 2021.....	119
Figura 9-26 Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica - Año 2021.....	121
Figura 9-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2021.....	122
Figura 9-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2021 vs. Promedio mensual multianual 2010 - 2021	123
Figura 9-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2021:	124
Figura 9-30 Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2021:	125
Figura 9-31 Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual.....	126
Figura 10-1 Concentraciones media móvil 24h de PM2.5 - enero - abril 15 de 2021.....	128
Figura 10-2 Concentraciones media móvil 24h de PM2.5 - abril 15 - diciembre de 2021.....	129
Figura 11-1 Red Integrada de Servicios de Salud	131
Figura 11-2 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, periodo 2017 a 2021. Base de datos SDS- información para mapeo semana 52 -2020.....	135
Figura 11-3 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE – Año 2020	137
Figura 11-4 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2017 a 2021. Base de datos SIVIGILA. Vigilancia de IRA 2017-2021....	139
Figura 11-5 Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá - Año 2021.....	140
Figura 11-6 Distribución por Estrato Socioeconómico según grupos de población encuestada Bogotá - Año 2021. Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y REM.....	141
Figura 11-7 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada Bogotá - Año 2021. Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y REM..	141
Figura 11-8 Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años Bogotá - Año 2021.....	144
Figura 11-9 Concentración anual y cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para PM10 Bogotá 2016-2021.....	149
Figura 11-10 Porcentaje de excedencias de PM10, respecto a la Guía-OMS, Bogotá año 2016-2021	150

Figura 11-11 Concentración promedio anual de PM10 por estación de monitoreo de la RMCAB y excedencia a la Guía-OMS y valores permisibles de la Resolución 2254 de 2019 – Año 2021	150
Figura 11-12 Concentración promedio diaria de PM10 y valor Guía-OMS y Resolución 2254 de 2019 – Año 2021	151
<i>Figura 11-13 Excedencias diarias de PM₁₀ respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB – Año 2021</i>	<i>152</i>
Figura 11-14 Concentración anual y cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para PM2.5 Bogotá 2016-2021.....	153
Figura 11-15 Porcentaje de excedencias de PM2.5 respecto a la Guía-OMS en Bogotá años 2016-2021.....	154
Figura 11-16 Concentración promedio anual de PM2.5 por estación de monitoreo de la RMCAB y excedencia a la Guía-OMS y valores permisibles de la Resolución 2254 de 2019 - Año 2021	154
Figura 11-17 Concentración promedio diaria de PM2.5 y valor Guía-OMS y Resolución 2254 de 2019 - Año 2021	155
Figura 11-18 Excedencias de PM2.5 con respecto a la Guía-OMS en las estaciones la RMCAB - Año 2021.....	156
Figura 11-19 Atención a quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco, Bogotá, 2020-2021	159
Figura 11-20 Distribución de quejas por contaminación del aire, olores y humo de tabaco, por Subred - Año 2021	160
<i>Figura 11-21 La contaminación atmosférica es el mayor riesgo ambiental para la salud pública mundial y se estima que el 92% de la población está expuesto al aire contaminado, lo que causa aproximadamente siete millones de muertes prematuras cada año.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 11-22 ¿Cómo podemos contribuir para respirar un aire más puro?</i>	<i>163</i>
<i>Figura 11-23 ¿Qué conoces sobre los dispositivos electrónicos de tabaco?</i>	<i>163</i>
<i>Figura 11-24 Recomendaciones para proteger nuestra salud.</i>	<i>164</i>
Figura 13-1 Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes.	168
Figura 13-2. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM ₁₀ por mes y por estación en el año 2021.....	169
Figura 13-3. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM _{2.5} por mes y por estación en el año 2021.....	169
Figura 13-4. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de SO ₂ por mes y por estación en el año 2021.....	170
Figura 13-5. Diagrama de cajas de concentraciones 1h de NO ₂ por mes y por estación en el año 2021	170
Figura 13-6. Diagrama de cajas de concentraciones 8h de O ₃ por mes y por estación en el año 2021	171
Figura 13-7. Diagrama de cajas de concentraciones 8h de CO por mes y por estación en el año 2021	171

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA.....	18
Tabla 4-2 Estaciones monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2021	20
Tabla 4-3 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS.....	21
Tabla 5-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2021	23
Tabla 5-2 Porcentaje de datos validados por estación y parámetro - Año 2021.....	26
Tabla 6-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM ₁₀ – Año 2021.....	29
Tabla 6-2 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM _{2.5} – Año 2021	35
Tabla 6-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O ₃ – Año 2021	41
Tabla 6-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO ₂ – Año 2021	47
Tabla 6-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO ₂ – Año 2021	53
Tabla 6-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2021	58
Tabla 7-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC (µg/m ³) - Año 2021.	66
Tabla 8-1 Puntos de corte del IBOCA de acuerdo con la resolución 868 de 2021.....	75
Tabla 9-1 Distribución de las lluvias – Año 2021.....	83
Tabla 9-2 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2021.....	84
Tabla 9-3 Promedio de los acumulados de precipitación por estación años 2000 – 2021.....	87
Tabla 9-4 Precipitación promedio histórica mensuales años 2000 – 2021.....	88
Tabla 9-5 Comportamiento de la temperatura horaria - Año 2021.....	91
Tabla 9-6 Promedio mensual de temperatura multianual 2000 – 2021.....	92
Tabla 9-7 Temperaturas extremas - Año 2021.....	94
Tabla 9-8 Promedios de temperatura media anual de los años 2000 a 2021	97
Tabla 9-9 Promedio multianual por estación de los años 2000 – 2021.....	99
Tabla 9-10 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 – 2021.....	101
Tabla 9-11 Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día	105
Tabla 9-12 Comportamiento histórico de la velocidad del viento entre 2000 - 2021	111
Tabla 9-13 Cantidad de energía recibida durante el día – Año 2021.....	114
Tabla 9-14 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m ²) – Año 2021	115
Tabla 9-15 Radiación solar acumulada anual en GW-año/m ² periodo 2009 – 2021.....	116
Tabla 9-16 Comportamiento de la presión media mensual multianual 2010 – 2021.....	118
Tabla 9-17 Comportamiento promedio mensual de la presión - Año 2021	119
Tabla 9-18 Variación de la presión horaria – Año 2021	120
Tabla 9-19 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad 2009 – 2021.....	121
Tabla 9-20 Comportamiento de la humedad mensual multianual 2010 - 2021	123
Tabla 9-21 Comportamiento mensual de la humedad por estación – Año 2021	124
Tabla 9-22 Variación de la humedad horaria - Año 2021	125
Tabla 9-23 Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente – Año 2021	126
Tabla 11-1 Subredes Integradas de Servicio de Salud y localidades donde realiza la cobertura ...	131
Tabla 11-2 Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años Bogotá - Año 2021.....	142

Tabla 11-3 Factores relacionados con la presencia de Sibilancias, tos sin gripa y síntomas sin gripa en el último año en menores de 5 años Bogotá – Año 2021	145
Tabla 11-4 Factores relacionados con la presencia de tos, síntomas sin gripa y sibilancias en los niños de 5 a 14 años Bogotá - Año 2021	146
Tabla 11-5 Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y por tos en adultos mayores de 60 años Bogotá - Año 2021	147
<i>Tabla 11-6 Porcentaje de excedencias de PM_{10} para concentraciones diarias por estación de la RMCAB, respecto a la Guía y Objetivos Intermedios de la OMS – Año 2021</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 11-7 Porcentaje de excedencias del contaminante $PM_{2.5}$ con respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) – Año 2021</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 11-8 Monitoreos intramurales por localidad - Año 2021</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 11-9 Monitoreos intramurales material particulado por localidad – Año 2021</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 11-10 Infografías temáticas de la línea de aire ruido y radiación electromagnética – Año 2021</i>	<i>161</i>
Tabla 13-1 Factores de conversión de unidades para gases contaminantes. Las unidades resultantes (mg/m^3 y $\mu g/m^3$) estarán en condiciones de referencia correspondientes a 25°C y 760 mm Hg ..	172
Tabla 13-2 Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA	173
Tabla 13-3 Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB	174

1. 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 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 2021 la RMCAB estuvo conformada por veinte (20) estaciones monitoreo de las cuales dieciocho (18) son fijas y dos (2) son móviles. 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, PM_{2.5}), gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y Black Carbon, así como de las variables meteorológicas de Precipitación, Velocidad y Dirección del Viento, Temperatura, Radiación Solar, Humedad Relativa y Presión Barométrica.

Así mismo, 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 de entre 20 y 30°C, mediante un sistema de aire acondicionado y 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 2021, 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.

2. RESUMEN EJECUTIVO

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

Las concentraciones promedio anual de PM₁₀ y PM_{2.5} durante el 2021 mantuvieron la distribución espacial de los años anteriores, las concentraciones más altas se registraron al suroccidente de la ciudad y las más bajas en la zona suroriental. Carvajal - Sevillana registró los promedios anuales más altos de PM₁₀ y PM_{2.5}, con 68.5 µg/m³ y 34.6 µg/m³, las cuales sobrepasaron el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual. Se registraron en total 165 excedencias de PM₁₀ y 156 excedencias de PM_{2.5}. Con respecto a años anteriores, las concentraciones de material particulado del año 2021 fueron ligeramente menores, aunque en estaciones como Carvajal - Sevillana y Puente Aranda aumentaron las concentraciones respecto a 2020. En general, se observó que las concentraciones se mantuvieron similares al año anterior, ya que la temporada de mayor contaminación, que corresponde al primer trimestre del año, tuvo influencia del fenómeno de la Niña, con precipitaciones en el mes de febrero, que influyeron en la reducción de contaminantes. Sin embargo, el mes de diciembre tuvo las concentraciones más altas en la mayoría de las estaciones, por la reactivación de varias fuentes de emisión, y aumento del tráfico vehicular.

Comportamiento de la concentración de ozono (O₃)

Las concentraciones más altas de O₃ se observaron en el nororiente de la ciudad, y las áreas de influencia de Fontibón y Kennedy; mientras que las concentraciones más bajas se observaron al suroccidente de la ciudad, en las estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy. El promedio anual más alto se evidenció en Usaquén, con 32.693 µg/m³, y el menor promedio se registró en Carvajal – Sevillana con 13.481 µg/m³. En total se registraron 75 excedencias a la norma 8 horas, de las cuales se registraron 38 en Kennedy. En relación con los promedios de años anteriores, los promedios anuales de 2021 se redujeron, aunque se mantienen las concentraciones altas en el occidente y norte de la ciudad. Las variaciones de los precursores de ozono, y la reducción de la radiación solar al inicio del año, pudo influir en la reducción de las concentraciones durante el 2021.

Comportamiento de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Las concentraciones más altas de NO₂ se registraron en las estaciones Kennedy y Bolivia, con 37.6 y 37.1 µg/m³ respectivamente. Dichos niveles estuvieron por debajo del nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual, el cual no ha tenido excedencias en los últimos cuatro años, y tampoco se observaron excedencias a la norma horaria en 2021. El comportamiento de las concentraciones de NO₂ fue similar al del material particulado, con valores altos en el segundo semestre del año, principalmente en las estaciones que se ubican cerca de vías principales, como la Autopista Sur y Avenida Boyacá. Respecto a años anteriores, en varias estaciones se observó un aumento de la concentración en 2021, posiblemente asociado al aumento de la actividad en la ciudad y el incremento de los vehículos que circulan en la ciudad.

Comportamiento de la concentración de dióxido de azufre (SO₂)

La estación Carvajal - Sevillana registró el promedio anual más alto en el 2021 con 15.6 µg/m³, mientras que en la estación Usaquén se registró el valor más bajo con 2.1 µg/m³, además se registraron 104 excedencias a la norma horaria y 2 excedencias a la norma diaria, en la estación Carvajal - Sevillana. Con ello, las concentraciones más altas de SO₂ se mantienen al suroccidente de la ciudad, y las más bajas en el nororiente. Durante el año, las concentraciones más altas se observaron en mayo y diciembre. En las estaciones Carvajal - Sevillana y Tunal hubo un aumento de concentración en relación con el 2020, y en Ciudad Bolívar y Usme también se observaron concentraciones de mayor magnitud en comparación con las demás estaciones antiguas, por lo cual son predominantes las altas concentraciones de SO₂ al sur de la ciudad, asociadas posiblemente al uso del diésel como combustible.

Comportamiento de la concentración de monóxido de carbono (CO)

Para el año 2021, los promedios anuales de las estaciones Carvajal - Sevillana y Puente Aranda fueron los más altos de la ciudad, con 2138.0 y 1131.8 µg/m³ respectivamente, con lo cual predominan las altas concentraciones de CO al suroccidente de la ciudad, mientras que el menor promedio se observó en Colina con 484.0 µg/m³. Se registraron 46 excedencias a la norma 8 horas en la estación Puente Aranda. El primer trimestre del año registró los promedios mensuales más altos en la mayoría de las estaciones, por la influencia de los incendios forestales que se registraron al oriente del país. En varias estaciones se registró un aumento del promedio anual en comparación con los años anteriores, siendo el más notable el del Carvajal – Sevillana, que registró el promedio más alto de CO en los últimos cuatro años.

Nota:

Este informe “Informe anual de calidad del aire 2021”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5476410 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

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 monitoreo de calidad del aire.
- Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire relacionados en la **Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)**.
- Proveer información para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

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 monitoreo de las cuales dieciocho (18) son fijas, y dos (2) son móviles.

Durante el año 2021 se realizó la instalación de dos (2) estaciones adicionales para el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad, Colina y Móvil Fontibón, las cuales iniciaron el monitoreo oficialmente en enero y marzo de 2021 respectivamente. Adicionalmente durante el año se pusieron en línea analizadores de NO₂, SO₂ y CO en otras estaciones, con lo cual se aumentó la cobertura de medición de parámetros 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 encuentran 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 tal 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 diciembre de 2020 (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 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, 2020).

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	EQQA-0992-087	D
		EQQA-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

En la Tabla 4-2 se especifican las características generales de las estaciones la RMCAB, incluyendo la ubicación, parámetros medidos con respecto a los contaminantes y a las variables meteorológicas. La Figura 4-1 corresponde a la distribución espacial de las estaciones en la ciudad.

Tabla 4-2 Estaciones monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas – Año 2021

Nombre Estación	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 _x	CO	SO ₂	BC	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.
Guaymaral	GYR	4°47'01.5"N	74°02'38.9"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°44'08.9"N	74°07'33.2"W	2574	0	Engativá	Sub urbana	De fondo	Avenida Calle 80 # 121-98	X	X	X	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	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
Estación Móvil 7ma	MOV	4°38'42.7"N	74°03'41.6"W	2583	0	Chapinero	Urbana	De tráfico	Carrera 7 con calle 60	X	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				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
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
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
Carvajal - Sevillana	CSE	4°35'45.0"N	74°08'54.6"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
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
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
Bosa	BOS	4°36'20.2"N	74°12'14.6"W	2546	0	Bosa	Urbana	De fondo	Diagonal 73 F Sur # 78 - 44	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
Colina	COL	4°44'13.9"N	74°04'10.1"W	2555	0	Suba	Urbana	De fondo	Avenida Boyacá No 142A-55	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Móvil Fontibón	MOV2	4°40'04.8"N	74°08'54.6"W	2547	0	Fontibón	Urbana	Tráfico / Industrial	Cra. 98 #16 B 50	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X

4.1. **NORMATIVIDAD**

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 4-3 (en la Resolución 2254 de 2017 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.

5. 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 2021, iniciando con la determinación del porcentaje de datos capturados, y finalizando con la presentación del porcentaje de datos validados, cada parte se diferencia por instrumento (sensor, analizador, monitor) y por estación de monitoreo.

5.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

La Figura 5-1 presenta el porcentaje de captura de datos agrupados por parámetro medido en la RMCAB para el año 2021, 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. Los parámetros que reportaron los porcentajes más bajos fueron humedad relativa, presión barométrica, radiación solar y precipitación, esto se atribuye a que se instalaron nuevos sensores en algunas de las estaciones.

En la estación Puente Aranda se instalaron sensores nuevos, uno (1) de humedad relativa que se puso en línea el 01 de diciembre 2021, uno (1) de presión barométrica y uno (1) de radiación solar que fueron puestos en línea el 12 de noviembre de 2021. En la estación Fontibón se instalaron dos (2) nuevos sensores, uno (1) de presión barométrica y uno (1) de precipitación, los cuales fueron puestos en línea el 14 de julio y el 09 de julio de 2021 respectivamente.

En las estaciones Guaymaral y San Cristóbal se instalaron dos (2) nuevos analizadores de CO y en la estación MinAmbiente se instaló un analizador de NO₂, los tres (3) analizadores fueron puestos en línea el 01 de junio del 2021. Por último, en la estación Bolivia se instaló un (1) sensor nuevo de precipitación el cual se puso en línea el 16 de julio de 2022 y un analizador de Ozono el cual fue puesto en línea el 01 de agosto de 2021. Por otro lado, se tuvo que sacar de línea el sensor de precipitación de la estación Kennedy el 01 de abril de 2021, debido a una falla de operación y de comunicación.

En la Figura 5-2 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 Puente Aranda y Bosa. Cabe aclarar que la estación Bosa quedó fuera de operación el 19 de agosto por inconvenientes de vandalismo con la estación y por esta razón el porcentaje de datos capturados fue del 62%, en cuanto a Puente Aranda, el 20 de agosto de 2021 se presentó una sobrecarga eléctrica debido a la caída de un rayo, por lo cual, se dañaron las tarjetas de algunos equipos en la estación, por esta razón, el porcentaje de captura de datos fue del 68%.

En la estación Bolivia el porcentaje de captura de datos fue del 83% debido a que (tal como se mencionó anteriormente) durante el año 2021 se instalaron el sensor de precipitación (julio) y el analizador de ozono (agosto), lo cual genera una reducción en el promedio porcentual de la estación.

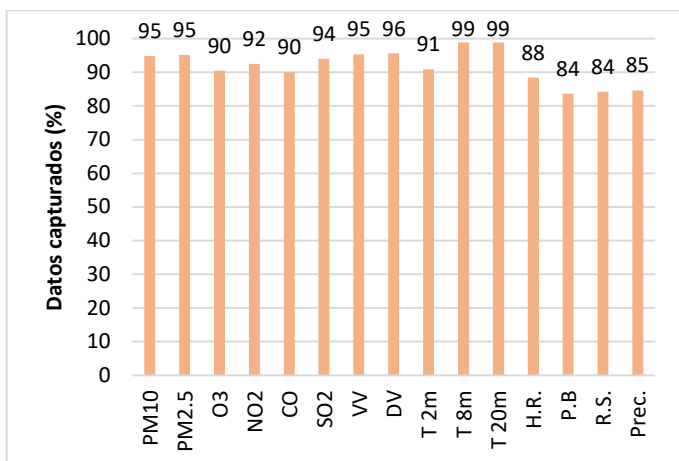


Figura 5-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2021

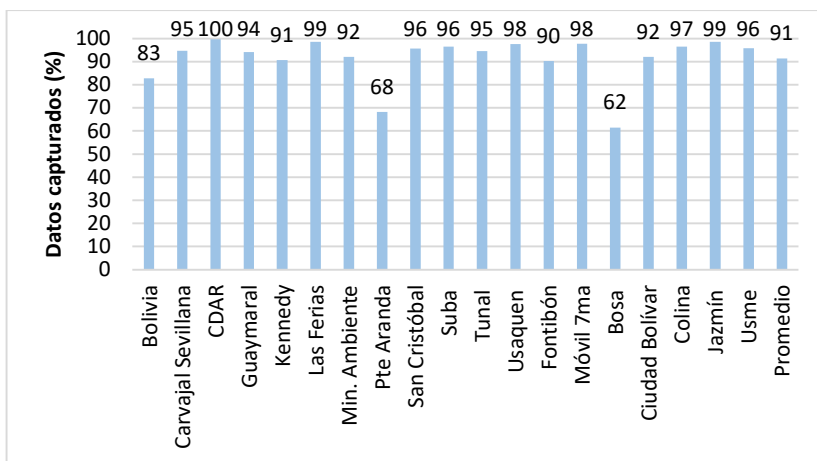


Figura 5-2 Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2021

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 5-1 se presenta el resumen de datos capturados por tipo de 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 2021 fue del 91%.

Tabla 5-1 Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2021

Estación	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	99	99	44	93	99	99									46	83
Carvajal - Sevillana	92	89	78	98	93	100	100	100	100						100	95
CDAR	100	100	99	99	99	99	100	100	100			100		100	100	100
Guaymaral	95	98	95	94	56		95	96	99	99	99	99	99	99	97	94
Kennedy	96	96	96	97	88	96	97	97	97			97		97	34	91
Las Ferias	99	99	99	99	88		100	100	100			100	100		100	99
MinAmbiente	99	98	99	42	99		100	100							100	92
Puente Aranda	83	95	97	97	97	98	74	74	73			8	13	13	63	68
San Cristóbal	98	98	99	99	57		100	100	100			100		100	100	96
Suba	95	97	97	95	97	91	98	98	98						98	96
Tunal	99	100	96	99	99	99	97	97	45			99	99	99	100	95
Usaquén	97	86	99	99	99	98	100	100	100						100	98
Fontibón	100	98	96	96	99	99	100	100	100			100	47		48	90

Estación	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Móvil 7ma	98	97		98	83		100	100	100			100	100	100	100	98
Bosa	63	63	63	61	62	52	62	61	63			63	63	63		62
Ciudad Bolívar	99	98	98	99	99	98	98	100	88			88	100	41		92
Colina	96	99	98	97	98	93	97	99	91			91	99	99		97
Jazmín	98	98	99	96	98	97	99	100	100			100	100	100		99
Usme	98	100	76	99	98	99	99	99	92			92	99	99		96
Promedio	95	95	90	92	90	94	95	96	91	99	99	88	84	84	85	91

5.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDADOS

La validación manual 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 2021 fue del 88% 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 5-3 presenta el consolidado de datos validos por tipo de instrumento; al comparar la Figura 5-3 con la Figura 5-1 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 (81%), 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, sin embargo, cumple con el porcentaje mínimo recomendado (75%). Para las variables de temperatura a 8 y 20 metros el porcentaje de representatividad fue el más alto (99%), debido a que se monitorea en la estación Guaymaral y dichos sensores no presentaron inconvenientes relevantes para invalidación de datos.

La Figura 5-4 presenta el porcentaje de datos válidos por estación de monitoreo, al compararla con la Figura 5-2 se observa que el porcentaje varía significativamente en las estaciones Bosa, Colina, Usaquén y Móvil 7ma. En Bosa, además de la salida de operación de la estación, se invalidaron la mayoría de los datos de SO₂ en los meses en los que estuvo activo el monitoreo, por inconvenientes con el analizador, al final este se sacó de línea y se envió a reparación por garantía con el fabricante.

De la misma manera pasó en la estación Colina, se invalidaron los datos de SO₂ monitoreados en el año ya que se encontraron fallos en el analizador y se envió a reparación por garantía, sin embargo, este parámetro entró en línea hasta el mes de marzo, por lo que contó con menos datos disponibles para su invalidación. También el porcentaje de datos válidos baja en Colina, debido a que el parámetro de O₃ entró en línea en mayo y la variable de radiación solar en febrero, razón por la cual no se cuenta con datos disponibles para estos antes de su puesta en línea.

En la estación Usaquén el porcentaje disminuyó, debido a que los equipos de material particulado presentaron algunas fallas entre marzo y julio y los datos tuvieron que ser invalidados. Por último, en la estación Móvil 7ma el equipo de CO presentó algunas fallas a lo largo del año por lo que se invalidaron varios periodos de datos.

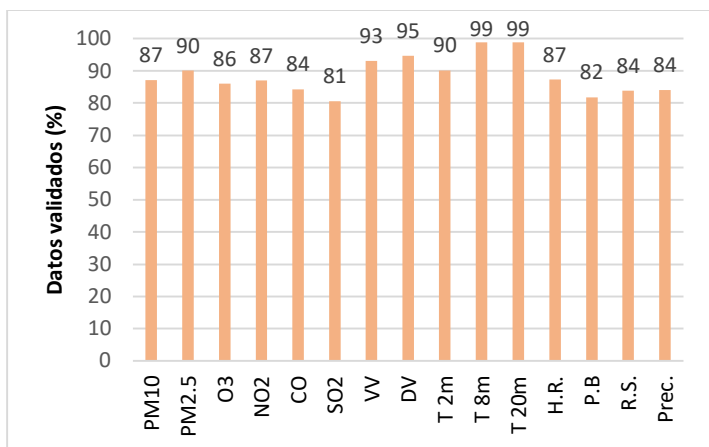


Figura 5-3 Porcentaje de datos válidos por tipo de instrumento - Año 2021

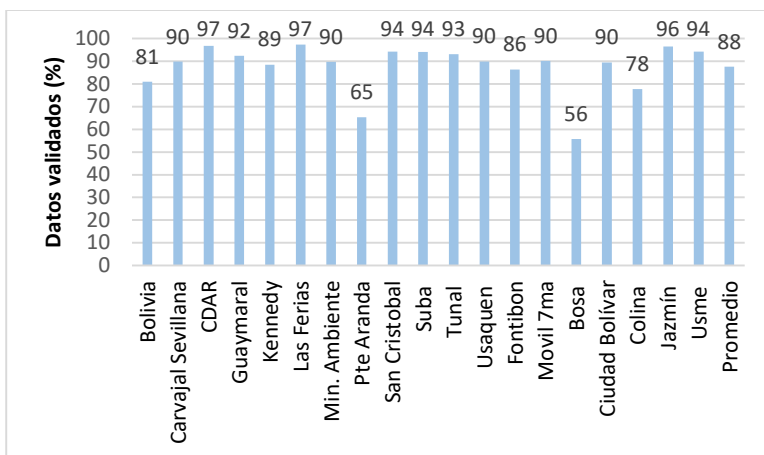


Figura 5-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2021

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 del año 2021 se exponen en la Tabla 5-2. Las celdas vacías en esta tabla indican que no se disponía del instrumento de medición en la respectiva estación durante el periodo de medición. El consolidado de los datos capturados válidos para los monitores activos durante el 2021 fue del 88%.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2021

Tabla 5-2 Porcentaje de datos validados por estación y parámetro - Año 2021

Estación	PM10	PM2.5	O3	NO2	CO	SO2	VV	DV	T 2m	T 8m	T 20m	H.R.	P.B.	R.S.	Prec.	Prom.
Bolivia	98	99	41	90	99	94									46	81
Carvajal - Sevillana	86	85	77	64	92	98	97	100	100						100	90
CDAR	90	98	97	99	99	80	100	100	100			100		100	100	97
Guaymaral	89	98	94	89	57		81	96	99	99	99	99	99	99	98	92
Kennedy	92	95	90	97	83	94	97	97	97			97		97	24	89
Las Ferias	90	97	99	97	87		100	100	100			100	100		100	97
MinAmbiente	87	98	98	42	94		99	100							100	90
Puente Aranda	77	91	97	96	96	97	63	63	71			8	13	13	63	65
San Cristóbal	93	96	98	97	57		95	100	100			100		100	100	94
Suba	92	95	96	94	94	80	97	98	98						98	94
Tunal	98	95	96	87	99	99	97	97	45			99	99	99	100	93
Usaquén	56	55	99	97	99	95	99	99	100						100	90
Fontibón	92	91	90	85	93	91	100	100	100			100	47		48	86
Móvil 7ma	90	96		89	19		100	100	100			100	100	100	100	90
Bosa	58	58	58	56	58	8	62	61	63			63	63	63		56
Ciudad Bolívar	96	97	91	98	98	97	98	100	88			87	86	39		90
Colina	76	77	60	84	82	0	94	96	87			87	96	96		78
Jazmín	97	97	98	94	98	96	97	100	94			90	97	100		96
Usme	97	93	70	98	97	98	99	99	91			91	99	99		94
Promedio	87	90	86	87	84	81	93	95	90	99	99	87	82	84	84	88

6. 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 2021. 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 concentraciones de 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 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	Bosa	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme	
Sigla	CSE	BOS	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.

6.1. 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.

6.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-1 se observan los promedios anuales de PM₁₀ registrados por las estaciones la RMCAB durante el 2021, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma, y en la Figura 6-1 se representan los promedios anuales de PM₁₀ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. Solamente la estación Carvajal - Sevillana, al suroccidente de la ciudad, excedió el valor de la norma anual (50 µg/m³), con un promedio de 68,5 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 MinAmbiente y San Cristóbal, en la zona central y suroriental de la ciudad, con 19,7 y 20,6 µg/m³ respectivamente.

Con respecto a las excedencias 24h, la estación Carvajal - Sevillana registró el mayor número de datos sobre la norma con 119 registros, seguida de la estación Móvil Fontibón con 16 excedencias, Kennedy y Ciudad Bolívar con 10 excedencias cada una. Las estaciones Bosa, Colina y Usaquén registraron menos del 75% de datos válidos en el 2021; en Bosa se suspendió el monitoreo desde agosto de 2021 para todos los parámetros, en Colina se inició el monitoreo del parámetro hasta abril de 2021, pero se invalidaron también algunos datos en julio, septiembre, octubre y noviembre debido a comportamiento atípico del parámetro; en Usaquén también se invalidaron varios datos por comportamiento atípico en varios meses del año y no estuvo en funcionamiento durante unos días del mes de abril.

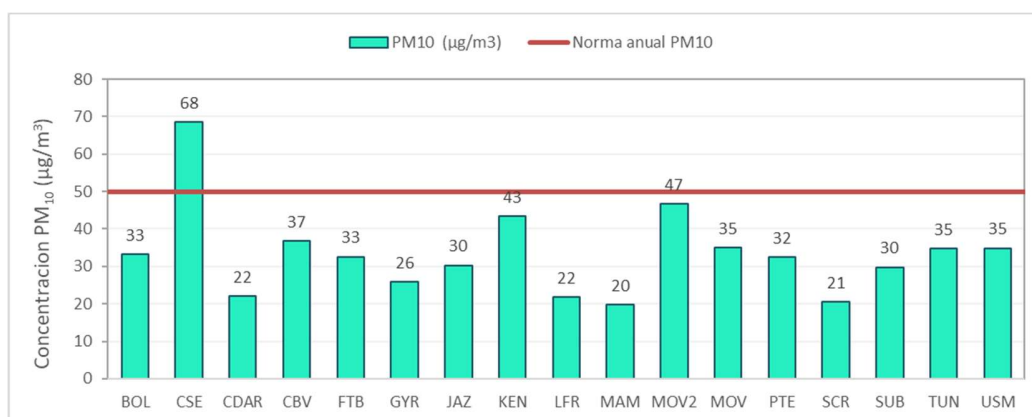


Figura 6-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2021

Tabla 6-1 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM₁₀ – Año 2021

Estación	Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	Estación	Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³					Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³				
BOL	33,2	99%	84,3	4	LFR	21,8	91%	47,8	0
BOS*	31,0	57%	68,1	0	MAM	19,7	88%	46,7	0
CSE	68,5	86%	127,0	119	MOV2	46,7	76%	119,9	16
CDAR	22,1	89%	52,3	0	MOV	35,0	89%	75,1	1
CBV	36,8	96%	98,1	10	PTE	32,4	77%	69,0	0
COL*	17,5	71%	42,5	0	SCR	20,6	96%	50,6	0
FTB	32,6	90%	66,5	0	SUB	29,8	89%	66,0	0
GYR	25,9	89%	54,8	0	TUN	34,8	98%	85,0	5
JAZ	30,3	96%	71,1	0	USQ	19,5	57%	44,4	0
KEN	43,5	92%	82,4	10	USM	34,9	98%	73,2	0

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

En la Figura 6-2 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de PM₁₀ por estación para el año 2021, 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 suroccidental de la ciudad, en las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, siendo la zona de influencia cercana a la estación Carvajal - Sevillana la que registró las concentraciones más altas, con un rango de concentraciones entre 47 y 68 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron hacia el centro, norte y oriente de la ciudad, en las localidades San Cristóbal, Santa Fe, Antonio Nariño, Los Mártires, Teusaquillo, y parte de Suba y Engativá, con concentraciones entre 20 y 30 µg/m³.

Al igual que en años anteriores, la zona suroccidente registra las concentraciones más altas en la ciudad, y se evidencia una reducción de las concentraciones hacia el centro de la ciudad. Con la puesta en funcionamiento de las nuevas estaciones, se puede evidenciar que en Fontibón también se registran concentraciones moderadas de material particulado, principalmente en la zona que limita con la localidad de Kennedy. En la estación Jazmín se registraron concentraciones similares a las de Puente Aranda, en donde se registraron menores concentraciones que en las demás estaciones del suroccidente. En la estación Bolivia se observan concentraciones similares a las de Suba y Fontibón y en el mismo rango de valores se observan los registros de Usme.

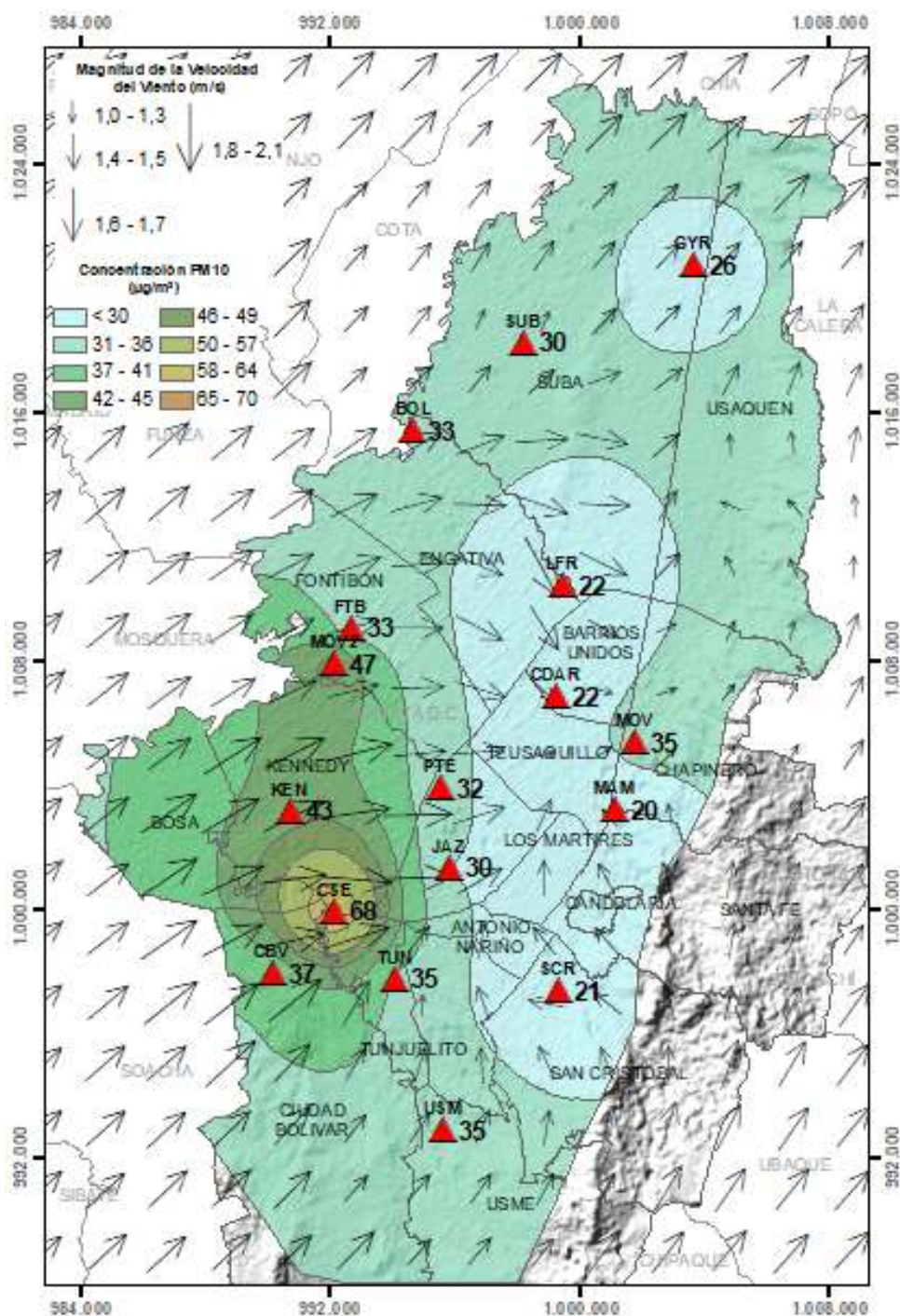


Figura 6-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{10} del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging

6.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

La Figura 6-3 muestra el comportamiento de las concentraciones mensuales de PM₁₀ por cada estación de monitoreo para 2021. Se observa que en la mayoría de las estaciones las concentraciones de PM₁₀ fueron más altas en el segundo semestre del año; en el sur de la ciudad (Usme, Ciudad Bolívar, Jazmín y Tunal) las concentraciones más elevadas se evidenciaron en el cuarto trimestre del año, principalmente en noviembre. En la zona suroccidental se registraron las concentraciones más elevadas en noviembre y diciembre, aunque la estación Carvajal – Sevillana tuvo registros notablemente más altos que las demás estaciones, con incrementos desde septiembre hasta noviembre.

Se destaca también en la zona centro-oriental en la estación Móvil 7ma, la cual fue la única que registró concentraciones más altas de PM₁₀ en el primer trimestre del año en comparación al último trimestre, ya que tuvo el promedio más alto en marzo. 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, mes en el que se observaron las concentraciones más bajas, y después se fueron incrementando gradualmente hasta final de año. Este comportamiento puede estar asociado a que en el primer semestre del año se mantuvieron algunas de las restricciones por los efectos de la emergencia sanitaria por COVID-19, mientras que en el segundo semestre se fueron eliminando las restricciones y con el retorno de las actividades presenciales hubo un aumento del tráfico, lo cual incidió en el incremento de las concentraciones del cuarto trimestre del año.

En la Figura 6-4 se evidencia el comportamiento del contaminante PM₁₀ durante una semana típica del año 2021 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. Finalmente se incrementan las concentraciones los sábados, y disminuyen en los domingos. La mayor variación de la concentración en la semana se observó en la zona suroccidental, pasando de concentraciones cercanas a 20 µg/m³ los lunes hasta 80 µg/m³ los sábados.

En la Figura 6-5 se observa la variación horaria de las concentraciones de PM₁₀ en un día promedio para el año 2021. En la mayoría de las estaciones de monitoreo el comportamiento durante el día fue similar, las concentraciones más bajas se evidencian en la madrugada hasta las 6 de la mañana, después se incrementan las concentraciones desde las 7 a.m. y se alcanza el pico más alto entre las 8 y las 9 a.m. Después se reducen gradualmente hacia el mediodía, y durante la tarde y noche se mantuvieron estables en la mayoría de las estaciones. 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 10 de la noche. 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 3 p.m. que después se redujo lentamente hasta el final del día. En las estaciones con tendencias atípicas 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 circula además tráfico pesado.

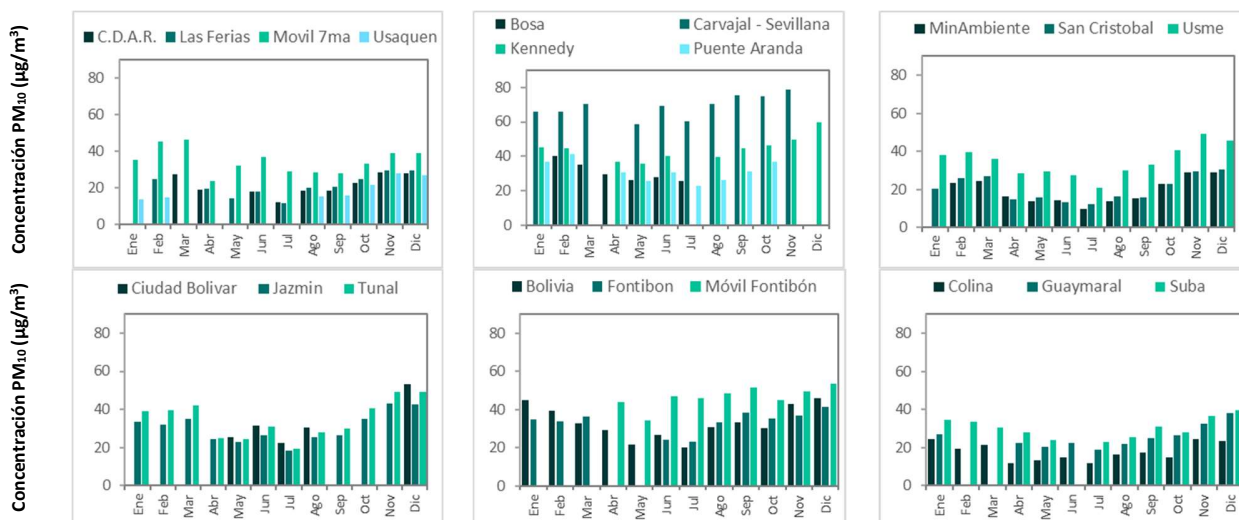


Figura 6-3. Concentraciones mensuales de PM_{10} por estación – Año 2021

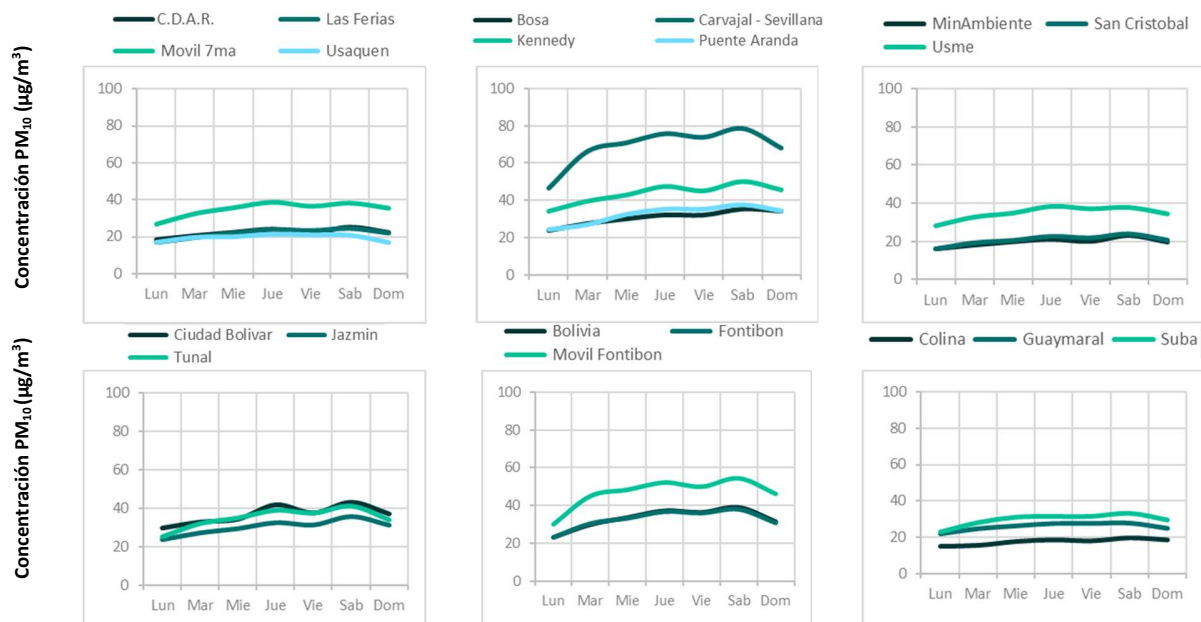


Figura 6-4. Comportamiento diario de las concentraciones de PM_{10} – Año 2021

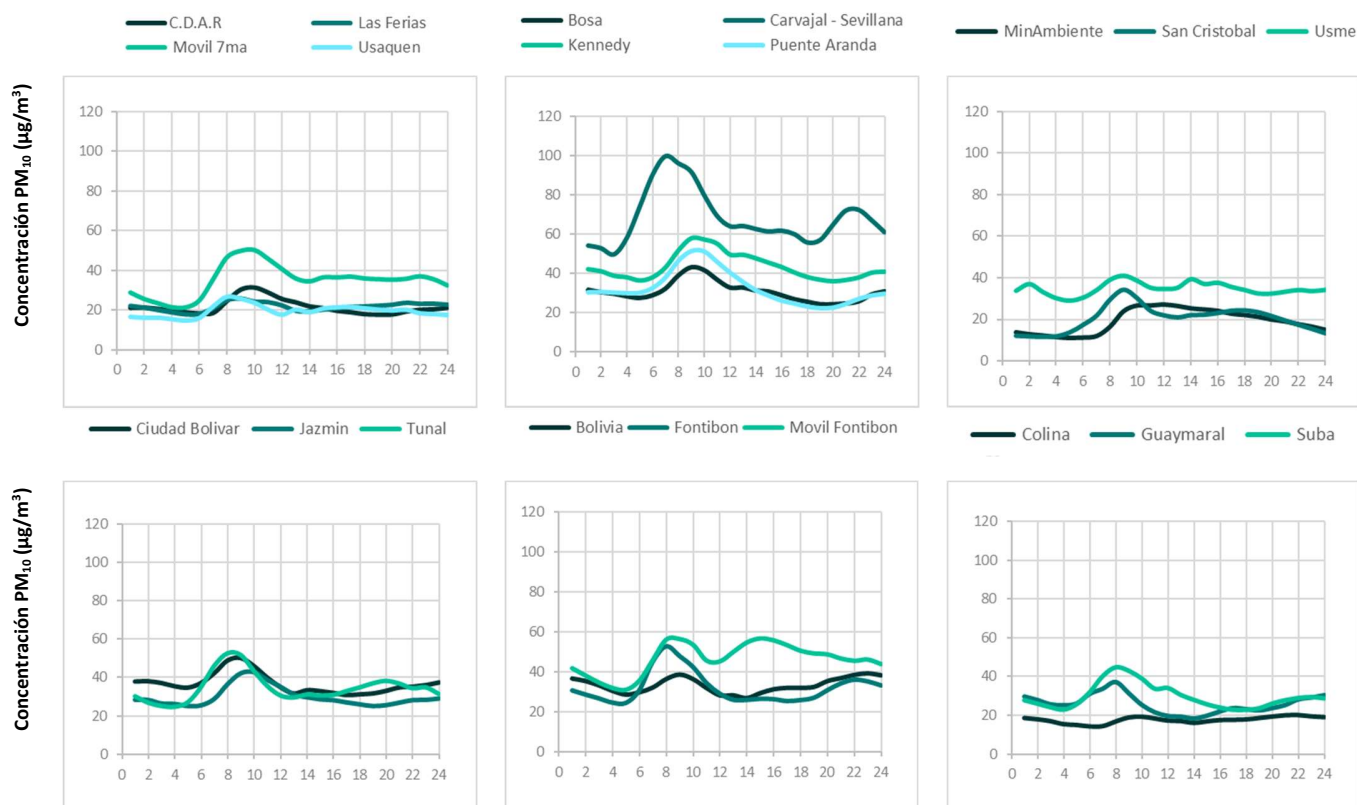


Figura 6-5. Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{10} – Año 2021

6.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM_{10} POR ESTACIÓN

Los promedios anuales de concentración de PM_{10} para los años 2018 a 2021 se muestran en la Figura 6-6, en la mayoría de las estaciones se observa una tendencia a la reducción de las concentraciones con el paso de los años, solamente Carvajal - Sevillana sobrepasó el nivel máximo permisible ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para los últimos cuatro años, además de registrar el promedio anual más alto para todas las estaciones del 2018. Cabe resaltar que, en las estaciones del suroccidente de la ciudad, (Carvajal - Sevillana y Kennedy) se registraron promedios anuales en 2021 más altos que en el año anterior, con lo cual Carvajal - Sevillana aumentó en $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el promedio anual, posiblemente porque en esta zona se observó con mayor intensidad el efecto de la reactivación de la ciudad.

Por otro lado, la estación Centro de Alto Rendimiento ha registrado los promedios anuales más bajos en la ciudad para los últimos cuatro años, y MinAmbiente en los dos últimos años, siendo el promedio de 2021 en esta estación el más bajo de los cuatro años en la ciudad, con $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, en relación con los promedios de 2021 de las nuevas estaciones, en Móvil Fontibón y Ciudad Bolívar se registraron promedios más altos que los observados en los últimos cuatro años en otras estaciones cercanas como Fontibón o Tunal, con lo cual se pueden identificar otros sectores de la ciudad que registran altas concentraciones de material particulado.

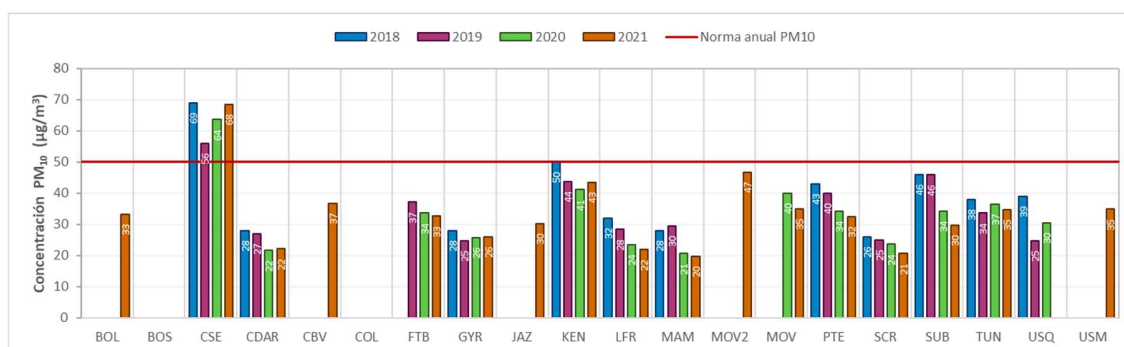


Figura 6-6 Concentraciones anuales de PM₁₀ años 2018 a 2021

6.2. 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.

6.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-2 se relacionan los promedios anuales de PM_{2.5} registrados en el año 2021, los valores máximos, porcentaje de datos válidos y excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal diaria, y en la Figura 6-7 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 estación Carvajal - Sevillana con 34,6 µg/m³, hacia el suroccidente de la ciudad, mientras que la concentración anual más baja se evidenció en Usme, con 10,9 µg/m³ en la zona sur.

En relación con las excedencias a la norma diaria (37 µg/m³), la estación Carvajal - Sevillana registró el mayor número de datos diarios sobre el límite máximo, con 120 datos, seguida de las estaciones Ciudad Bolívar y Puente Aranda con 10 excedencias cada una.

Los monitores de PM_{2.5} de las estaciones Bosa, Colina, Móvil Fontibón y Usaquén registraron menos del 75% de datos válidos durante el año 2021; Bosa suspendió la operación de todos los parámetros en agosto de 2021, por lo cual no cuenta con datos para los meses de septiembre a diciembre, Colina y Móvil Fontibón empezaron su funcionamiento en el segundo trimestre del año, además se invalidaron varios datos atípicos en Colina, Usaquén no registró datos debido a que no estuvo en funcionamiento el monitor entre marzo y julio de 2021. Debido a lo expuesto, los promedios estimados son indicativos, ya que solo representan una parte del comportamiento del contaminante durante el año.

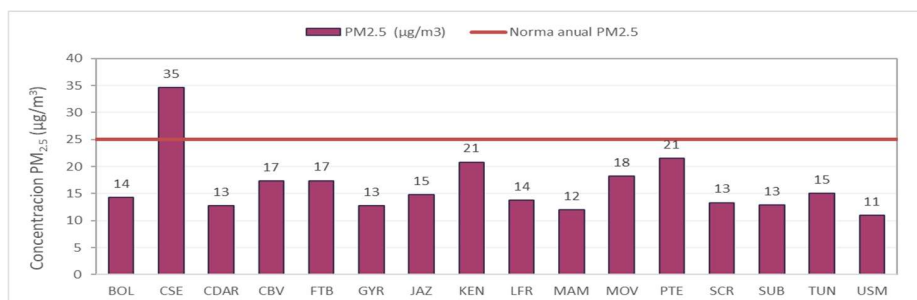


Figura 6-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2021

Tabla 6-2 Estadísticas de las concentraciones anuales de PM_{2.5} – Año 2021

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	14,3	100%	34,7	0
BOS*	12,6	57%	34,1	0
CSE	34,6	84%	66,7	120
CDAR	12,7	95%	36,0	0
CBV	17,3	97%	51,6	10
COL*	7,8	73%	24,1	0
FTB	17,4	89%	36,5	0
GYR	12,8	97%	30,8	0
JAZ	14,7	96%	38,7	2
KEN	20,8	94%	44,0	6

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				
LFR	13,8	94%	34,6	0
MAM	11,9	98%	30,8	0
MOV2*	18,3	72%	39,4	1
MOV	18,2	94%	44,5	7
PTE	21,5	86%	45,0	10
SCR	13,3	81%	35,7	0
SUB	12,9	93%	32,8	0
TUN	15,0	85%	36,2	0
USQ*	10,9	55%	27,8	0
USM	10,9	93%	31,6	0

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

En la Figura 6-8 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de PM_{2.5} para 2021, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Según esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en la zona suroccidental, en las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, con concentraciones superiores a 21 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron en las zonas cercanas a las estaciones MinAmbiente y Usme, con valores entre 11 y 12 µg/m³. La distribución espacial del PM_{2.5} es similar a la del PM₁₀, las mayores concentraciones suelen registrarse hacia el suroccidente de la ciudad, pero con un aumento notable de las concentraciones del entorno de la estación Carvajal - Sevillana, y una disminución generalizada de las concentraciones en el oriente de la ciudad. Las estaciones Ciudad Bolívar y Jazmín registraron promedios similares a Fontibón y Tunal, un poco más altos que la mayor parte del oriente de la ciudad, pero son más bajos en relación con el valor observado en Carvajal - Sevillana.

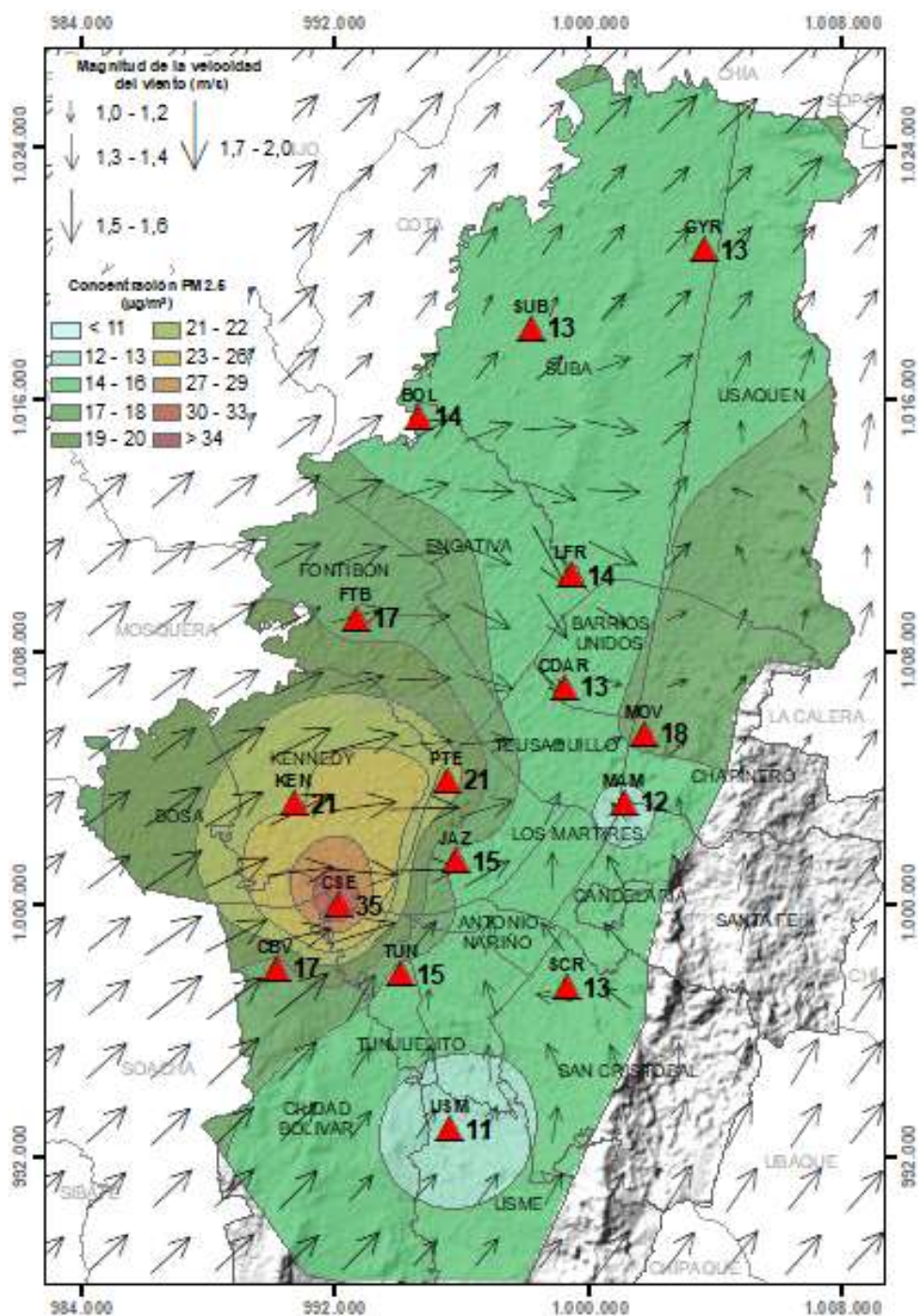


Figura 6-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging

6.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

Las variaciones mensuales de las concentraciones de PM_{2.5} durante el 2021 se observan en la Figura 6-9. Se registraron altas concentraciones en el primer trimestre, con valores más altos en el mes de marzo, luego se redujeron en el segundo trimestre hasta el mes de julio que tuvo los valores más bajos, y se empezaron a incrementar desde agosto hasta registrar los valores más altos en el mes de diciembre.

Las variaciones en las concentraciones en el primer trimestre estuvieron influenciadas por la contaminación generada por incendios forestales, aunque también se evidenció un aporte por las lluvias que se presentaron principalmente en febrero, y de las restricciones por un aumento en los casos de COVID-19 en la ciudad después de las celebraciones de final de año. En el segundo trimestre las condiciones meteorológicas favorecieron la dispersión de contaminantes y la temporada de vacaciones de mitad de año. Desde agosto hubo un cambio en los parámetros meteorológicos, y un aumento de la actividad en la ciudad, con lo cual gradualmente aumentaron las concentraciones hasta diciembre.

El comportamiento de las concentraciones de PM_{2.5} en una semana promedio se observa en las gráficas de la Figura 6-10. Se evidencian 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 y después descienden hasta el domingo, cuando se registran las concentraciones más bajas. En las estaciones del oriente y del norte de la ciudad se observó un comportamiento más homogéneo, mientras que en las estaciones del suroccidente de la ciudad se observan mayores variaciones, especialmente entre los viernes y domingos.

En la Figura 6-11 se representa el comportamiento de las concentraciones de PM_{2.5} en un día promedio de 2021. Se observaron concentraciones de valores similares en la madrugada hasta las 6 de la mañana (a excepción de Carvajal - Sevillana en la que inicia el aumento desde las 4 de la mañana), después hay un incremento gradual hasta las 9 a.m. (7 a.m. en Carvajal - Sevillana) que se mantiene por dos horas, y hay un nuevo descenso, hasta la 1 y 2 de la tarde. Después hay una estabilización de las concentraciones durante la tarde y noche para la mayoría de las estaciones; al suroccidente se observa un segundo aumento de concentración hacia las 10 de la noche de menor magnitud a la de la mañana. En la estación Móvil Fontibón hay un aumento de concentraciones después de mediodía que se mantiene en una magnitud similar al pico de la mañana, y en la estación Colina el comportamiento es bastante homogéneo durante todo el día. En las estaciones de bajas concentraciones de material particulado es menos evidente la variación entre la noche y la mañana, mientras que, en las estaciones de altas concentraciones, los picos registrados son bastante pronunciados, asociados a las horas de mayor tráfico en las vías de la ciudad.

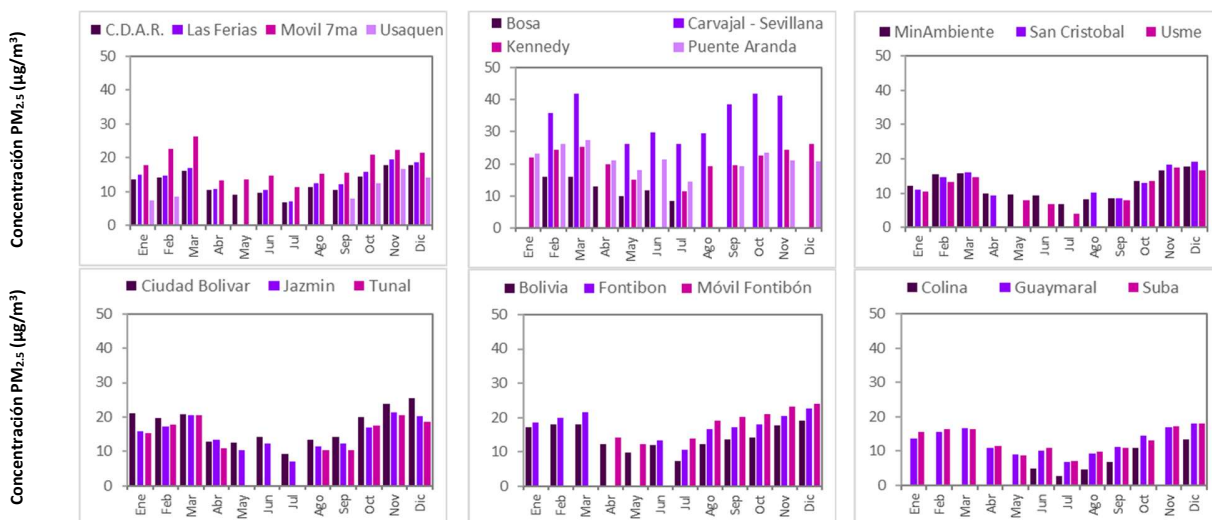


Figura 6-9 Concentraciones mensuales de $PM_{2.5}$ por estación – Año 2021



Figura 6-10 Comportamiento diario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2021



Figura 6-11 Comportamiento horario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2021

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

En la Figura 6-12 se representan los promedios anuales de $PM_{2.5}$ para los años 2018 a 2021. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana ha sido la única que ha registrado los promedios anuales por encima de la norma anual ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y además dichos promedios han sido los más altos de todas las estaciones en los últimos cuatro años. En general, se observa una tendencia a la reducción de las concentraciones con el paso de los años, a excepción de las estaciones Carvajal - Sevillana, Puente Aranda y San Cristóbal, que registraron promedios más altos en 2021 respecto al año anterior. Por otro lado, los promedios más bajos se evidenciaron en la estación MinAmbiente, San Cristóbal y Usme, siendo el promedio de 2021 de esta última estación el más bajo desde 2018. Aunque se han observado reducciones de pocas unidades en la mayoría de las estaciones, debe tenerse en cuenta que en 2020 y 2021 hubo varias modificaciones en el comportamiento de las fuentes de emisión en la ciudad, además de la influencia de fenómenos como el de La Niña, que pueden conllevar reducciones de concentración en el primer trimestre principalmente, en el que usualmente se observan las concentraciones más altas del año.

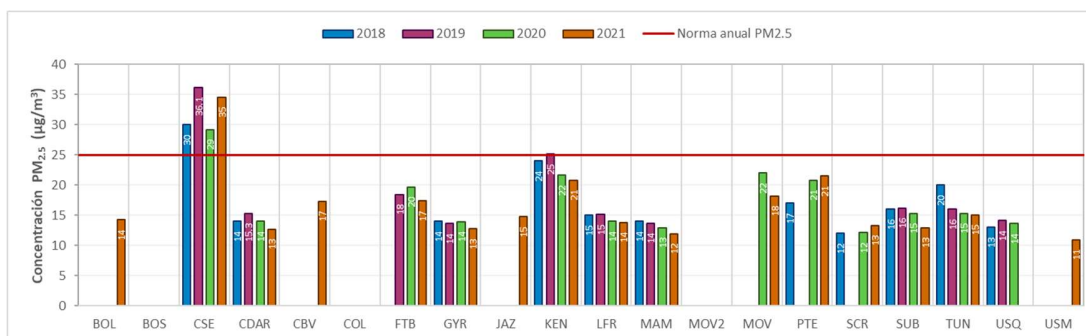


Figura 6-12 Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2018 a 2021

6.3. OZONO (O₃)

El O₃ es un gas azul pálido que existe en las capas altas 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.

6.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-3 contiene los promedios anuales de concentración de ozono para el año 2021, 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, y en la Figura 6-13 se observan las concentraciones promedio anual de 2021 para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. De acuerdo con lo anterior, se observa que la concentración anual más alta de O₃ se registró en la estación Usaqué, con 32,693 µg/m³, mientras que la concentración más baja se obtuvo en la estación Carvajal - Sevillana, con 13,481 µg/m³.

La estación Kennedy registró el mayor número de excedencias, con 38 datos sobre la norma para un tiempo de exposición 8 horas, seguida de MinAmbiente con 13 excedencias. Las estaciones Bolivia, Bosa, Colina, Móvil Fontibón y Usme registraron un porcentaje de representatividad temporal menor al 75%, en la mayoría se debió a que se instalaron los analizadores después del inicio del segundo trimestre del 2021, por lo cual no tuvieron suficiente tiempo de monitoreo en el año.

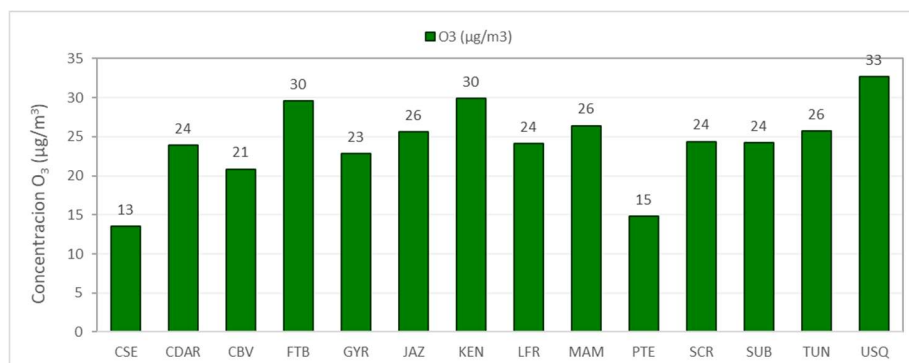


Figura 6-13 Concentraciones promedio anual de O₃ – Año 2021

Tabla 6-3 Estadísticas de las concentraciones anuales de O₃ – Año 2021

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*	9,402	40%	43,279	0
BOS*	20,147	58%	105,798	3
CSE	13,481	77%	78,961	0
CDAR	23,917	97%	117,094	7
CBV	20,846	91%	89,770	0
COL*	13,480	60%	46,559	0
FTB	29,539	90%	107,472	9
GYR	22,849	94%	93,104	0
JAZ	25,601	98%	104,140	3
KEN	29,896	90%	136,159	38

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	24,118	99%	99,603	0
MAM	26,414	98%	118,418	13
MOV2*	16,450	42%	74,872	0
PTE	14,765	97%	83,494	0
SCR	24,385	98%	98,044	0
SUB	24,223	96%	103,144	2
TUN	25,745	96%	96,685	0
USQ	32,693	99%	93,784	0
USM*	21,291	69%	88,578	0

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

La Figura 6-14 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de O₃ registradas durante el 2021, 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 las estaciones Fontibón y Usaqué, con valores entre 30 y 33 µg/m³, y las menores concentraciones se registraron al suroccidente de la ciudad, en parte de las localidades de Puente Aranda, Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Bosa y Kennedy, con valores entre 13 y 21 µg/m³. Al ser el ozono un contaminante secundario, tiene una notable variación en la distribución espacial cada año, aunque es evidente nuevamente el comportamiento de las altas concentraciones al norte, y las bajas concentraciones al suroccidente, con un comportamiento opuesto al del material particulado.

6.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

El comportamiento del O₃ para cada uno de los meses del año 2021 se presenta en la Figura 6-15. Se observa que las concentraciones se mantuvieron similares en algunas estaciones durante los cuatro primeros meses del año, luego entre abril y junio se observó una reducción notable de las concentraciones, y se volvió a registrar un aumento gradual hasta septiembre, mes que tuvo el pico más alto de concentración, y finalmente hubo una leve disminución hacia final de año. En cada zona se ven comportamientos similares del contaminante durante el año, a excepción de Usaquén, que tuvo un incremento notable en el segundo semestre en relación con las estaciones cercanas. Kennedy, que es la única que registra altas concentraciones de O₃ en la zona suroccidente, aunque 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 2021 (Figura 6-16) muestra que hubo pocas variaciones en el comportamiento del contaminante con el paso de los días, de 4 µg/m³ aproximadamente. En general las concentraciones son estables durante la semana, pero se observaron descensos de concentración los martes y miércoles, y un leve aumento los viernes y sábados respecto a los primeros días de la semana.

En la Figura 6-17 se observa el comportamiento de las concentraciones de O₃ en un día promedio en el 2021. Se observa que las concentraciones permanecen estables hasta las 6 a.m., cuando hay una pequeña disminución y empieza a aumentar notablemente hacia 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. En las estaciones Fontibón y Kennedy se observaron las mayores diferencias de concentración entre la noche y la mañana, con 50 µg/m³ en Kennedy y 55 µg/m³ en Fontibón.

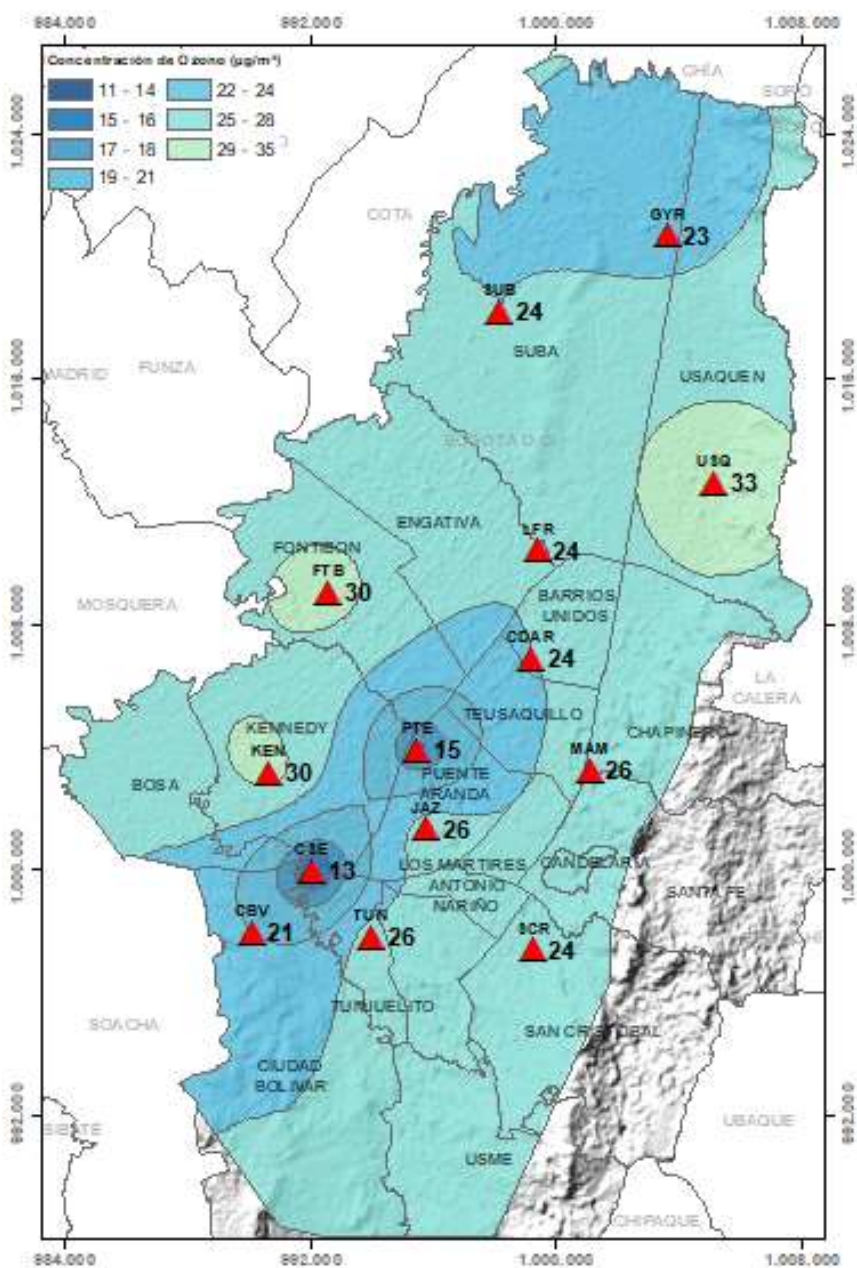
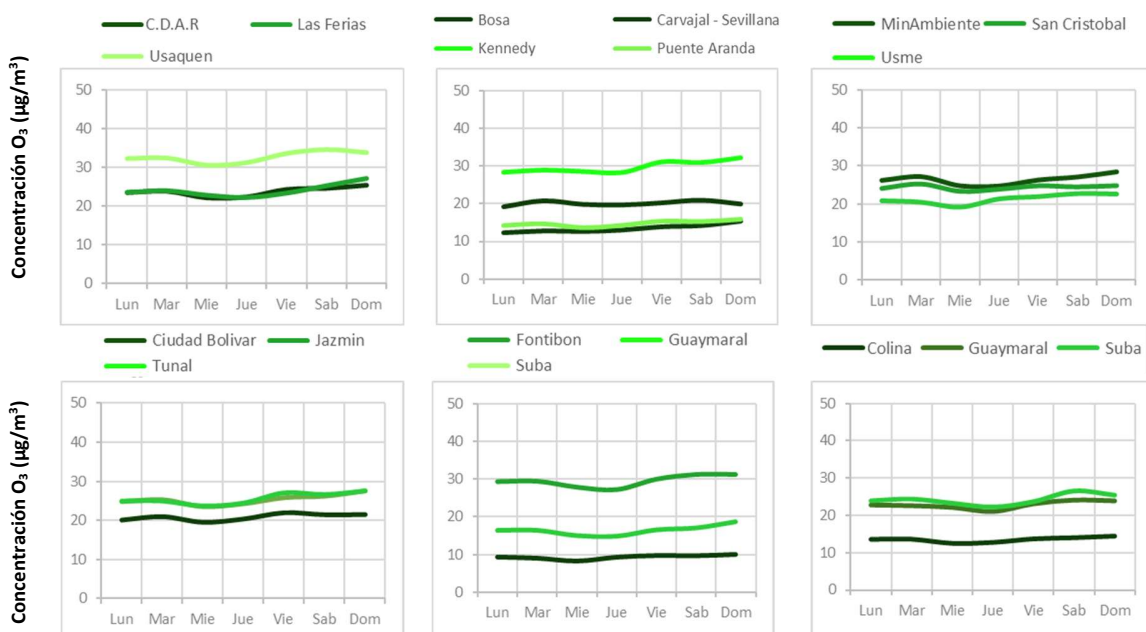
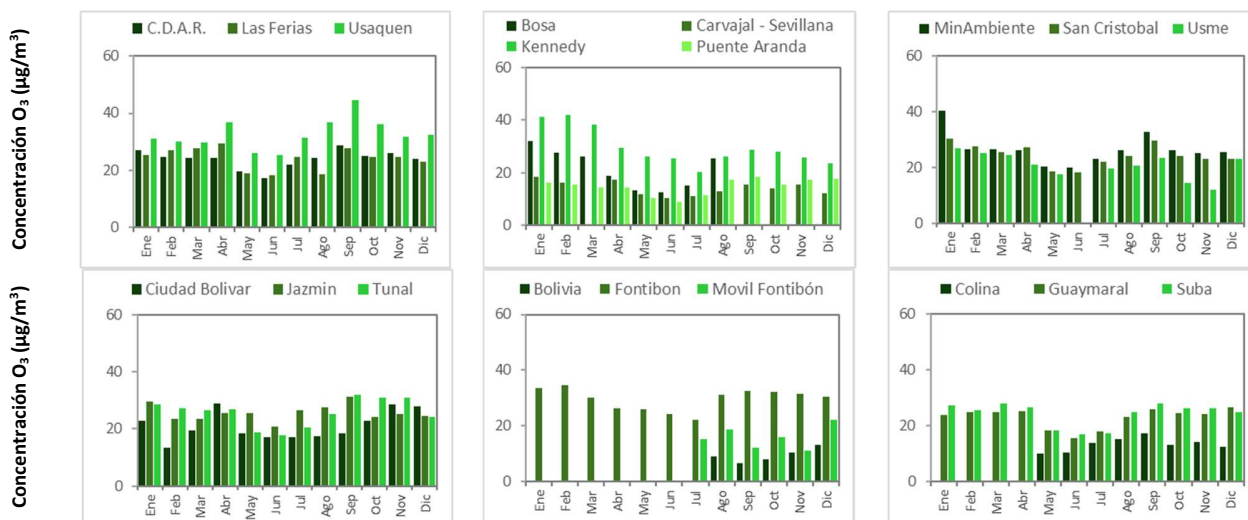


Figura 6-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O₃ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging



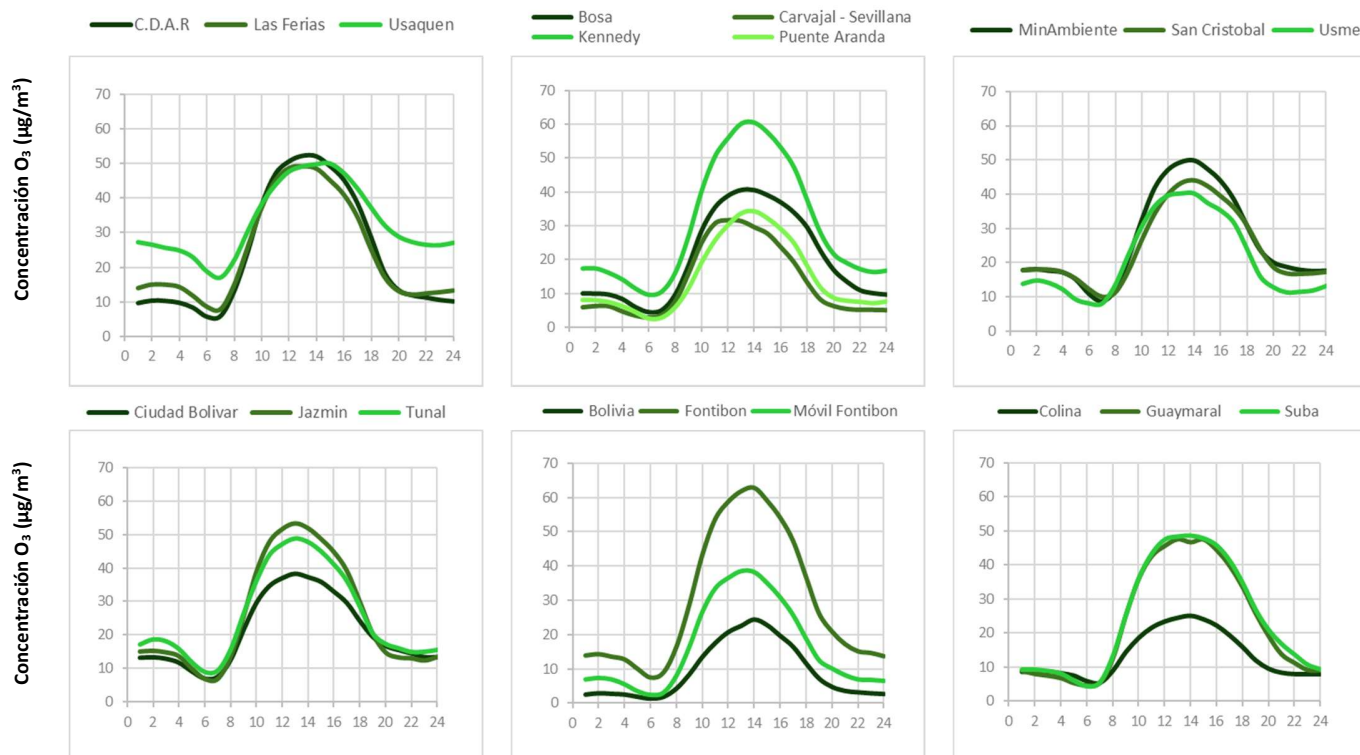


Figura 6-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O_3 – Año 2021

6.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O_3 POR ESTACIÓN

En la Figura 6-18 se observan las concentraciones anuales de O_3 para los años 2018 a 2021. Se evidencia que la estación Usaquén ha registrado los promedios anuales de concentración más altos en la ciudad, sin embargo, la estación Kennedy tuvo el promedio más alto de los últimos cuatro años en 2020 con $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En todas las estaciones se observó una reducción de las concentraciones anuales en 2021 respecto al año anterior, aunque en el año 2020 se observó un incremento en relación con los años anteriores, por influencia de las variaciones del comportamiento de las fuentes de emisión en el inicio de las restricciones para reducir los casos de COVID-19, por lo cual se pudieron incrementar las concentraciones de precursores de ozono en la ciudad.

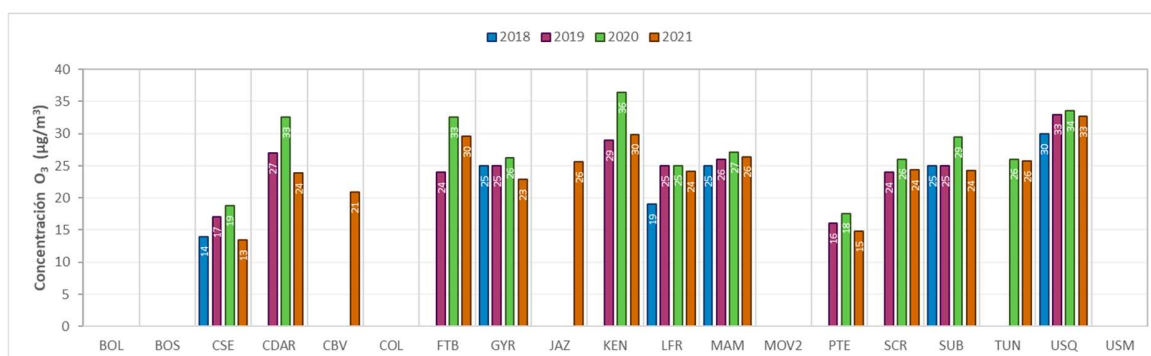


Figura 6-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2018 a 2021

6.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El NO₂ es uno de los gases de los óxidos de nitrógeno. Es un gas 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.

6.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-4 resume los parámetros calculados de concentraciones promedio anuales de NO₂ para el año 2021, porcentaje de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias a la norma horaria, y la Figura 6-19 muestra las concentraciones anuales de NO₂ para las estaciones con datos representativos. Se evidencia que los promedios anuales más altos se registraron en la zona suroccidental, en las estaciones Kennedy y Bolivia con 37,6 y 37,1 µg/m³ respectivamente, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en Usaquén y Móvil 7ma, con 18,0 y 11,1 µg/m³.

Durante el año 2021 no se registraron excedencias a la norma horaria (200 µg/m³). Los analizadores de NO₂ de las estaciones Bosa, Carvajal - Sevillana, Móvil Fontibón y MinAmbiente registraron menos del 75% de representatividad temporal en el 2021; Bosa finalizó la operación de todos los parámetros en agosto de 2021 debido a actos de vandalismo, en Carvajal - Sevillana se invalidaron varios datos debido a comportamiento atípico del analizador, y en Móvil Fontibón y MinAmbiente los analizadores de NO₂ se pusieron en funcionamiento en julio y junio de 2021.

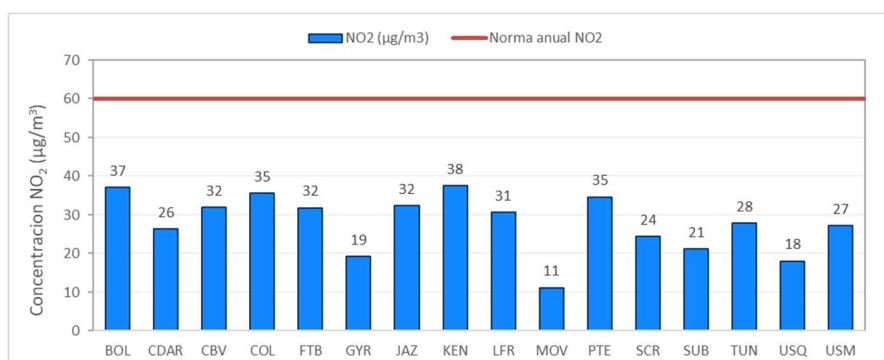


Figura 6-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2021

Tabla 6-4 Estadísticas de las concentraciones anuales de NO₂ – Año 2021

Estación	Prom. anual NO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 1h	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					Norma anual: 60 µg/m³ Norma horaria: 200 µg/m³				
BOL	37,1	88%	57,1	0	LFR	30,6	98%	65,6	0
BOS*	19,9	55%	39,4	0	MAM*	26,7	42%	55,7	0
CSE*	47,7	65%	79,3	0	MOV2*	39,1	51%	57,7	0
CDAR	26,4	99%	58,4	0	MOV	11,1	89%	26,5	0
CBV	31,9	98%	81,7	0	PTE	34,6	96%	72,9	0
COL	35,5	81%	97,4	0	SCR	24,4	97%	61,8	0
FTB	31,8	83%	55,6	0	SUB	21,2	92%	38,5	0
GYR	19,3	86%	52,4	0	TUN	27,9	87%	66,3	0
JAZ	32,3	94%	67,1	0	USQ	18,0	98%	57,2	0
KEN	37,6	96%	63,1	0	USM	27,2	99%	54,1	0

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

La Figura 6-20 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de NO₂ registradas durante el 2021, 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, parte de Bosa y Puente Aranda, y también en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Colina, con concentraciones que varían de 35 a 38 µg/m³. Las concentraciones más bajas se registraron en el oriente de la ciudad, en la localidad de Chapinero, parte de Usaquén y el área de influencia de Guaymaral, con concentraciones entre 11 y 19 µg/m³. El comportamiento de este contaminante es similar al del material particulado, con las concentraciones más altas hacia el suroccidente de la ciudad, sin embargo, se evidenciaron también altas concentraciones en el noroccidente, asociadas posiblemente al tipo de transporte que circula en las vías cercanas.

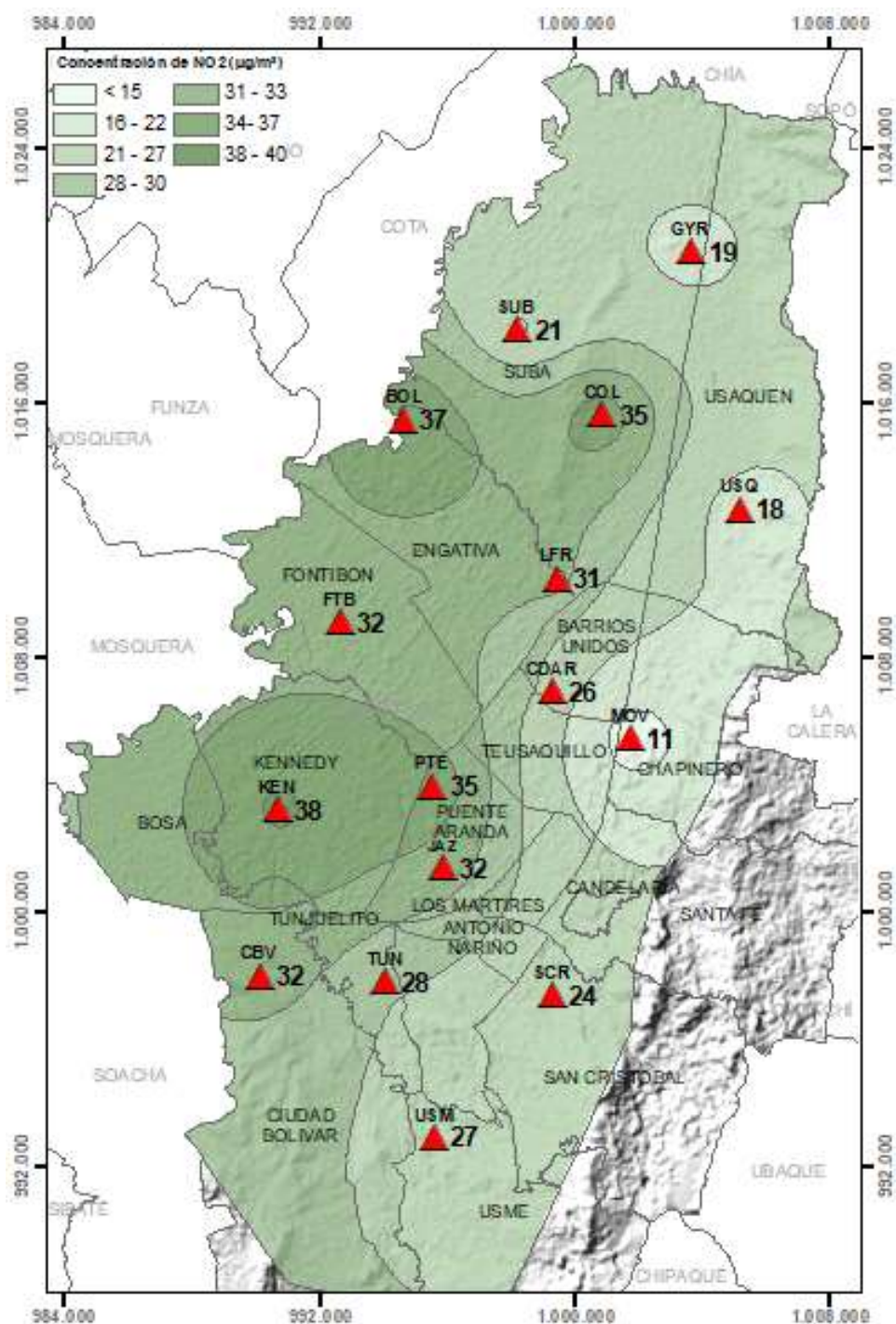


Figura 6-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO₂ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging

6.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 6-21 muestra las concentraciones mensuales de NO₂ en el año 2021 para cada estación de monitoreo. Se evidencia que las concentraciones se incrementaron ligeramente entre enero y marzo, y después hubo una reducción en los meses siguientes hasta julio en la mayoría de las estaciones. Desde agosto hay un aumento notable de las concentraciones que fue creciente durante el tercer trimestre del año, registrando las concentraciones más altas en octubre y noviembre y disminuyeron ligeramente en diciembre. La estación Ciudad Bolívar fue la única que registró la concentración más alta en marzo, en las demás el pico más alto se registró en el cuarto trimestre. Los aumentos de concentración en el segundo semestre se pueden asociar al incremento del tráfico en la ciudad, especialmente en vías principales como la Autopista Sur o la Avenida Boyacá.

El comportamiento del NO₂ de una semana promedio en el año 2021 se representa en la Figura 6-22. Las concentraciones tienen un comportamiento poco variable durante la semana en la mayoría de las estaciones, solamente en las estaciones del suroccidente se evidencia una reducción notable de las concentraciones registradas entre los viernes y los domingos, y en las estaciones del centro, nororiente y sur también se observa esta variación en menor proporción. Estas variaciones son coherentes con el comportamiento de las fuentes móviles en la ciudad, ya que el tráfico se reduce los domingos.

En relación con el comportamiento horario en un día promedio del 2021), se evidencian dos picos marcados de concentración, el primero entre 6 a.m. y 8 a.m. y el segundo entre las 8 p.m. y 9 p.m. En general, las concentraciones disminuyen ligeramente entre las 12 a.m. y 4 a.m., luego empiezan a aumentar gradualmente hasta el primer 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 alto que el de la mañana en las estaciones del suroccidente, centro y nororiente de la ciudad. Finalmente, hay una nueva reducción de las concentraciones hasta alcanzar los niveles observados a medianoche, este comportamiento es bastante influenciado por las horas pico de transporte en la ciudad, en la salida hacia los lugares de trabajo en la mañana y retorno a los hogares de los ciudadanos en la tarde.

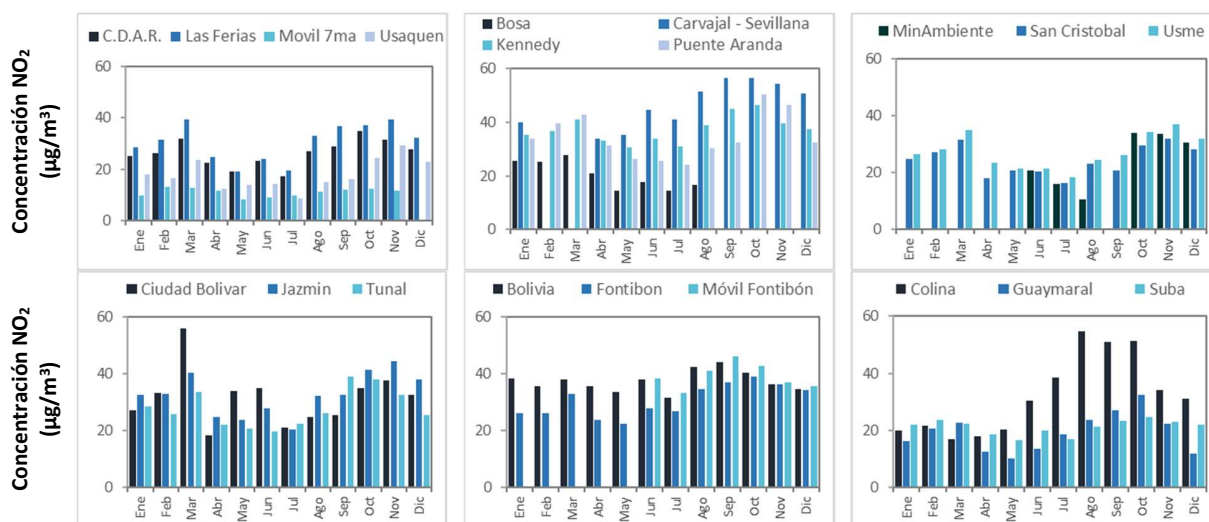


Figura 6-21 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2021



Figura 6-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2021

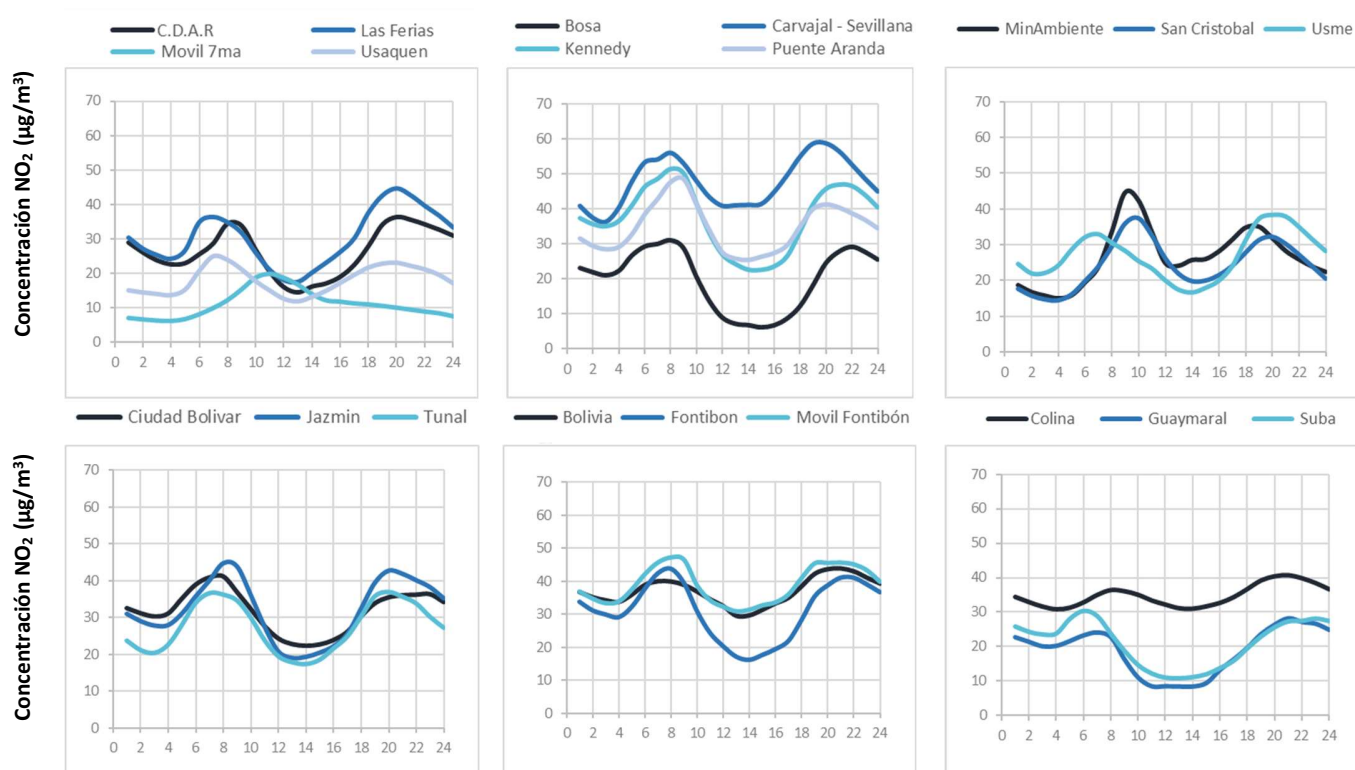


Figura 6-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2021

6.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-24 se representan las concentraciones promedio anual de NO₂ de los años 2018 a 2021 y la comparación con el límite máximo permisible (60 µg/m³). Se observa que las concentraciones promedio anual en este periodo han permanecido por debajo del nivel máximo permitido, y las concentraciones más altas se han registrado en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de Kennedy y Puente Aranda. En la mayoría de las estaciones se observó un aumento de las concentraciones de NO₂ en el 2021 respecto al año anterior, lo cual puede asociarse al aumento del tráfico vehicular y de actividad cotidiana en la ciudad con relación al 2020. El promedio más alto se registró en Carvajal – Sevillana para 2018 con 50 µg/m³ y el promedio más bajo se observó en Móvil 7ma para 2021 con 11 µg/m³.

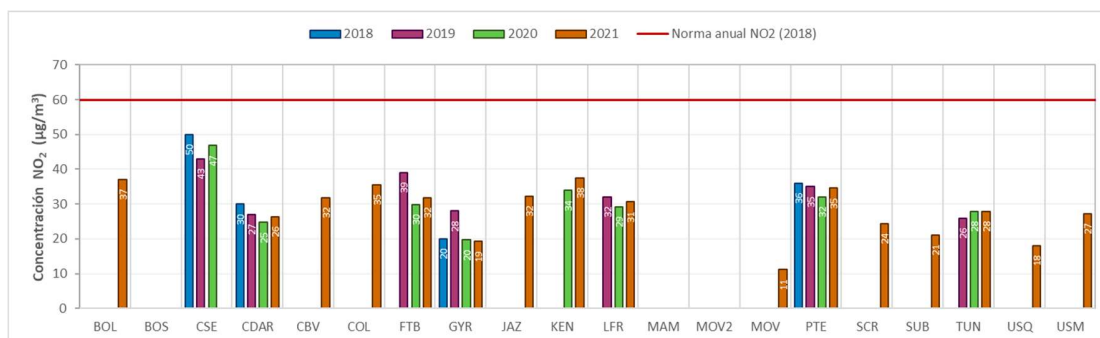


Figura 6-24 Concentraciones promedio anual de NO₂ - años 2018 a 2021

6.5. 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 y generar lluvia ácida y material particulado secundario, la exposición permanente a este contaminante puede producir problemas respiratorios.

6.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-5 muestra las concentraciones promedio anual de SO₂ en el año 2021, concentraciones máximas, datos válidos y excedencias, y la Figura 6-25 representa las concentraciones promedio anual de SO₂ para las estaciones con representatividad temporal mayor al 75%. La estación Carvajal - Sevillana registró el promedio más alto de la ciudad, con 15,6 µg/m³, seguida de Usme con 8,8 µg/m³. Por otro lado, la estación Usaquén registró el promedio más bajo con 2,1 µg/m³, seguida por Centro de Alto Rendimiento y Suba con 2,6 µg/m³.

Durante el año 2021 se registraron 104 excedencias a la norma horaria (100 µg/m³) y 2 excedencias a la norma diaria (50 µg/m³), todas en la estación Carvajal - Sevillana. Solamente la estación Bosa registró menos del 75% de representatividad temporal, debido a que el analizador registró datos en enero y marzo y después no se obtuvieron datos debido a que el equipo registró varias concentraciones atípicas.

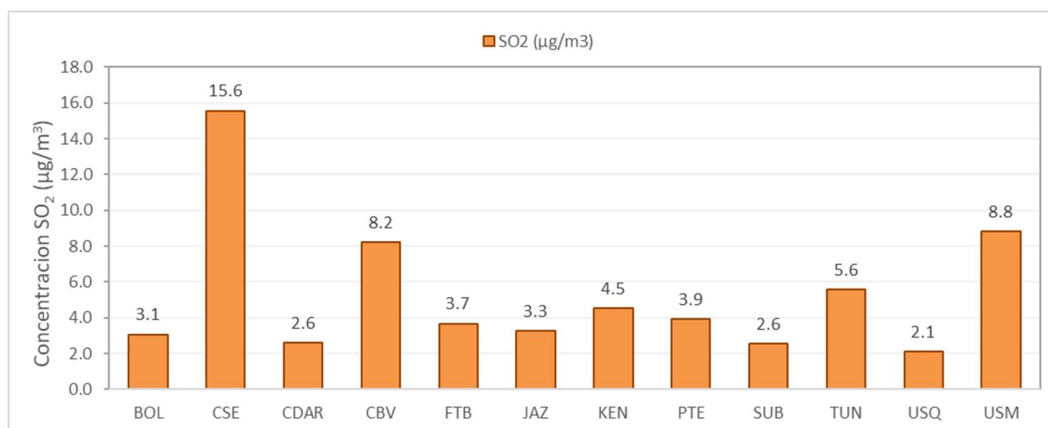


Figura 6-25 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2021

Tabla 6-5 Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ – Año 2021

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
BOL	3,1	93%	12,7	0	0
BOS*	3,7	7%	9,2	0	0
CSE	15,6	98%	53,8	2	104
CDAR	2,6	80%	6,6	0	0
CBV	8,2	97%	23,1	0	0
FTB	3,7	89%	12,6	0	0
JAZ	3,3	96%	11,0	0	0

Estación	Prom. anual SO ₂ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h	No. Exced. 1h
Norma diaria: 50 µg/m³ Norma horaria: 100 µg/m³					
KEN	4,5	93%	12,4	0	0
PTE	3,9	97%	12,4	0	0
SUB	2,6	78%	19,2	0	0
TUN	5,6	100%	14,9	0	0
USQ	2,1	95%	10,1	0	0
USM	8,8	98%	22,2	0	0

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

La Figura 6-26 representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de SO₂ registradas durante el 2021, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Se observa que las concentraciones más altas se registraron en el suroccidente de la ciudad, en la zona de influencia cercana de la estación Carvajal - Sevillana, con un promedio de 15,6 µg/m³, también se observan concentraciones altas en las localidades de Usme, Tunjuelito y Ciudad Bolívar, con valores entre 8,2 y 8,8 µg/m³. La zona norte de la ciudad registra las menores concentraciones, con valores menores a los 2,6 µg/m³. En la zona de Carvajal – Sevillana es notable la influencia de las fuentes industriales del sector, y de las fuentes móviles que usan diésel como combustible, mientras que el norte de la ciudad no tiene fuentes de emisión notables de este mismo tipo, por lo cual las concentraciones son mucho más bajas.

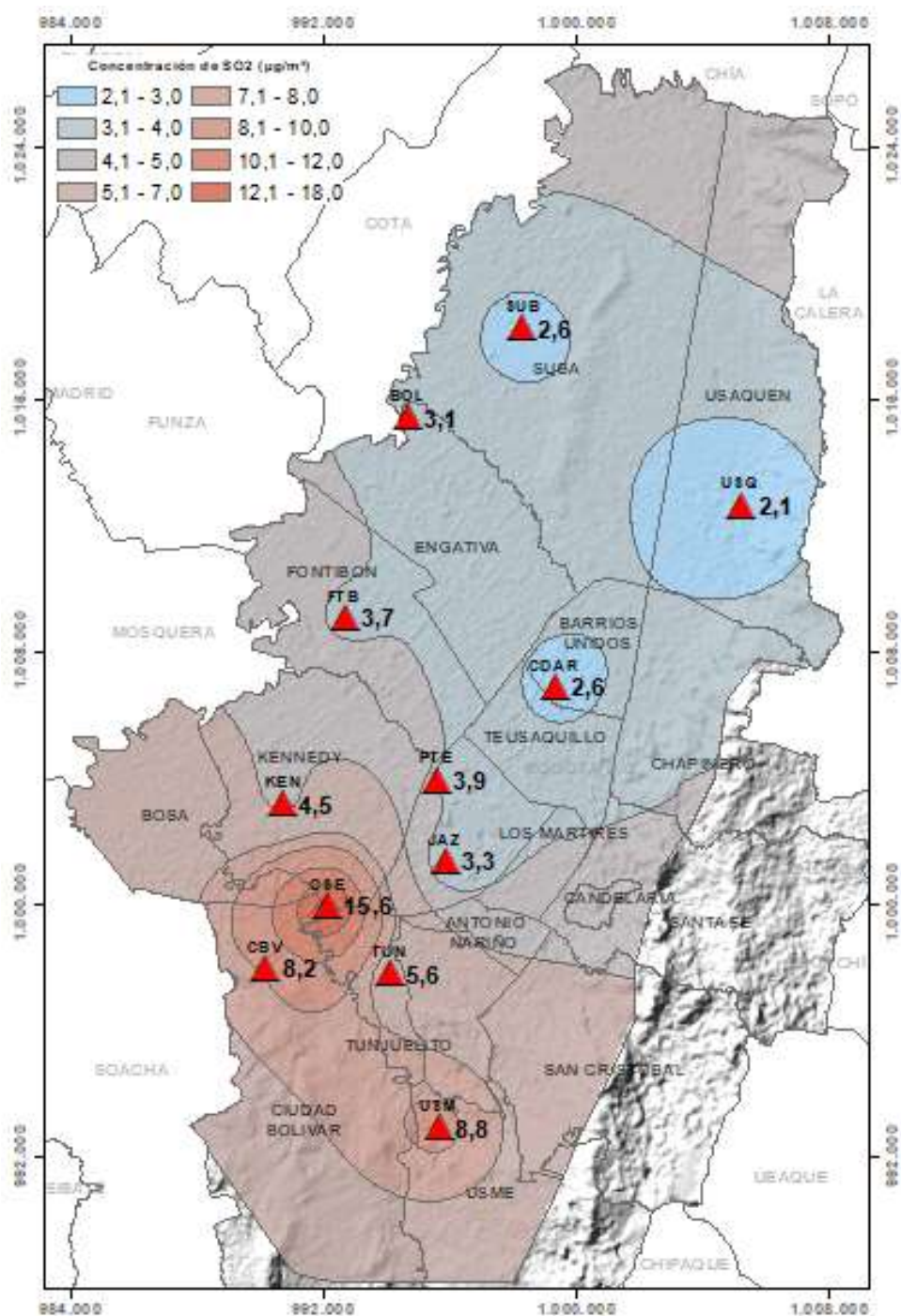


Figura 6-26 Distribución espacial de los promedios anuales de SO₂ del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging

6.5.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-27 se encuentran representados los promedios mensuales de concentración de SO₂ por estación para el año 2021. Durante el año es notable que las concentraciones son más altas en la estación Carvajal - Sevillana, llegando a registrar hasta 25,5 µg/m³ en el mes de mayo y a partir del mes de julio se redujeron las concentraciones mensuales hasta noviembre, con un ligero aumento en diciembre. En las estaciones del sur de la ciudad se registraron también los promedios más altos en mayo, después se redujeron en junio, aumentaron ligeramente en septiembre y nuevamente disminuyeron en diciembre. En el norte y occidente de la ciudad se registraron los promedios más altos en diciembre.

En la Figura 6-28 se observa el comportamiento del SO₂ durante la semana en 2021. En las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Usaquén no se registraron variaciones a lo largo de la semana, en el suroccidente las concentraciones más altas se registran los jueves y sábados, en el sur hay una leve tendencia a la reducción de las concentraciones con el paso de los días, con un incremento en los jueves para Ciudad Bolívar, en Fontibón se observa el aumento los miércoles, mientras que Bolivia tuvo altas concentraciones los domingos y lunes.

El comportamiento del SO₂ en un día promedio se representa en la Figura 6-29. Se observa que, en la mayoría de las estaciones, las concentraciones son estables en las primeras horas del día y se empiezan a incrementar desde las 6 a.m. (8 a.m. en la zona suroccidente) y después descienden gradualmente hasta las 10 a.m., cuando se estabilizan por el resto del día. En Carvajal - Sevillana después del pico de la mañana hay un incremento con variaciones a lo largo del día, hasta registrar las concentraciones más altas hacia las 11 p.m., lo cual puede ser causado por el tránsito de vehículos pesados que se encargan de la distribución de mercancía en las primeras horas del día. En Ciudad Bolívar también se observa una tendencia al aumento de las concentraciones durante la tarde y noche, registrando a medianoche el mismo valor que en el pico de la mañana.

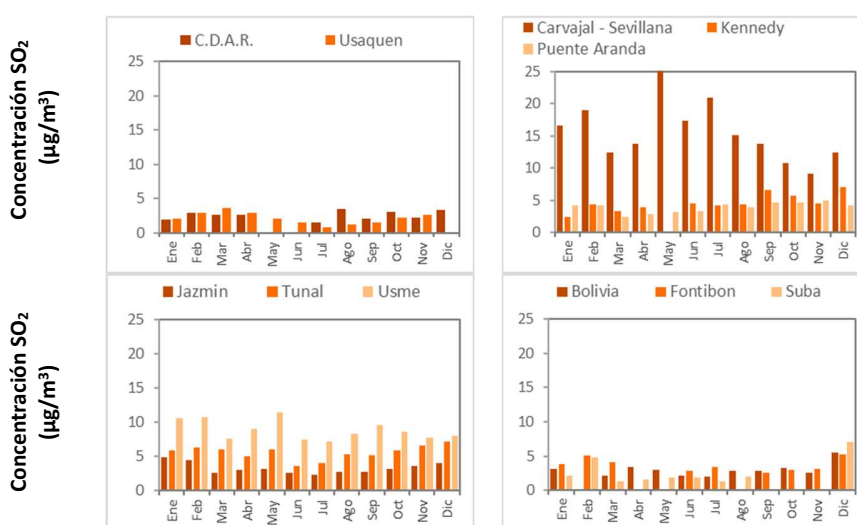


Figura 6-27 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2021

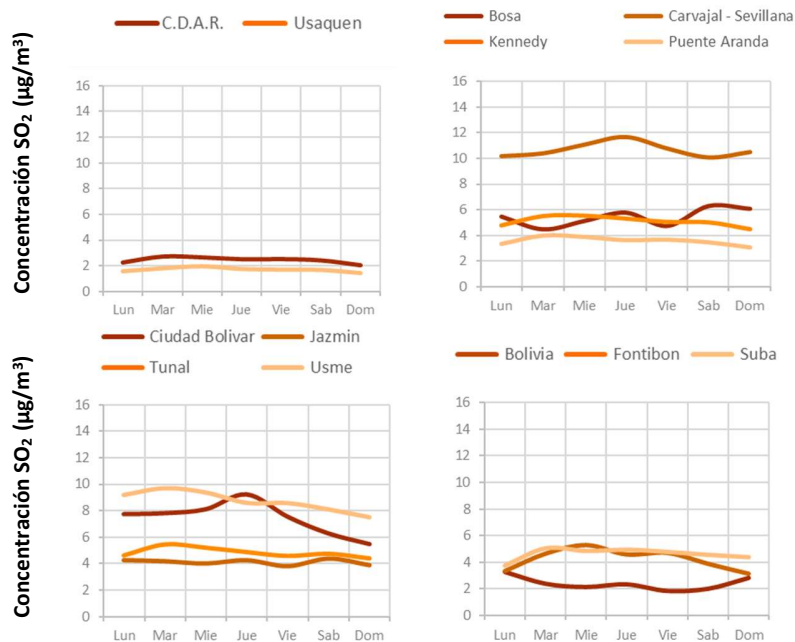


Figura 6-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO₂ – Año 2021

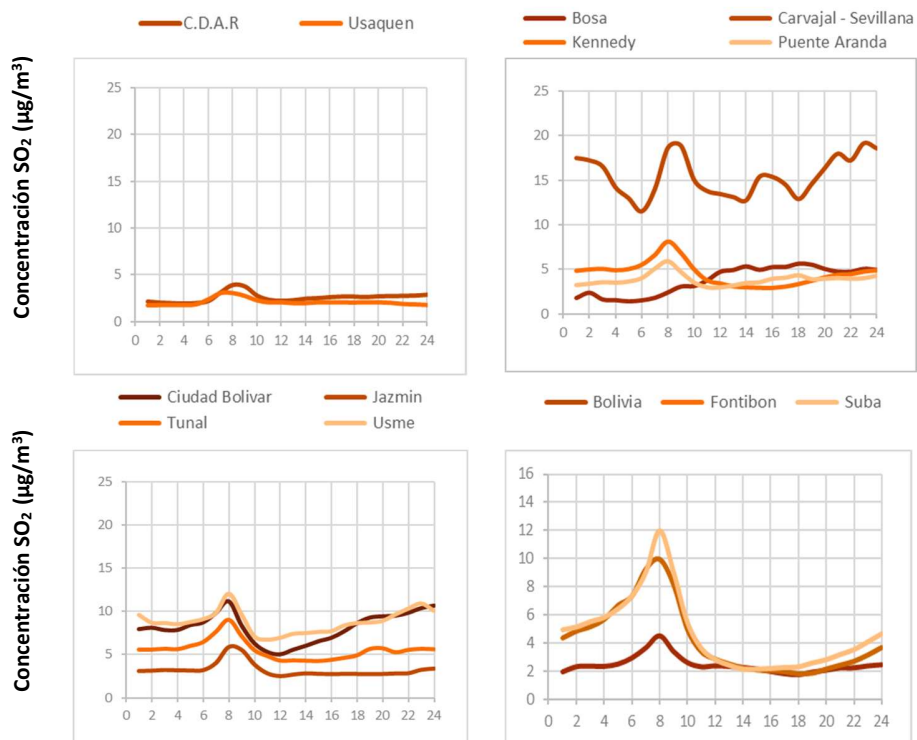


Figura 6-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ – Año 2021

6.5.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 6-30 representa las concentraciones promedio anual de SO₂ para los años 2018 a 2021. 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 en Carvajal - Sevillana, para los años 2019 y 2021. También destacan los promedios registrados en 2021 en Ciudad Bolívar y Usme, que fueron más altos que los registrados por las demás estaciones en los últimos cuatro años. Los promedios más bajos se han observado en Usaquén, siendo el valor más bajo al correspondiente a 2020 con 1,7 µg/m³. Se evidencia que las concentraciones altas de SO₂ son una problemática generalizada en el sur de la ciudad, cuyo aporte más notable es el uso de vehículos diésel. Además, en las estaciones Puente Aranda y Tunal se observa una ligera tendencia al aumento de las concentraciones con el paso de los años.

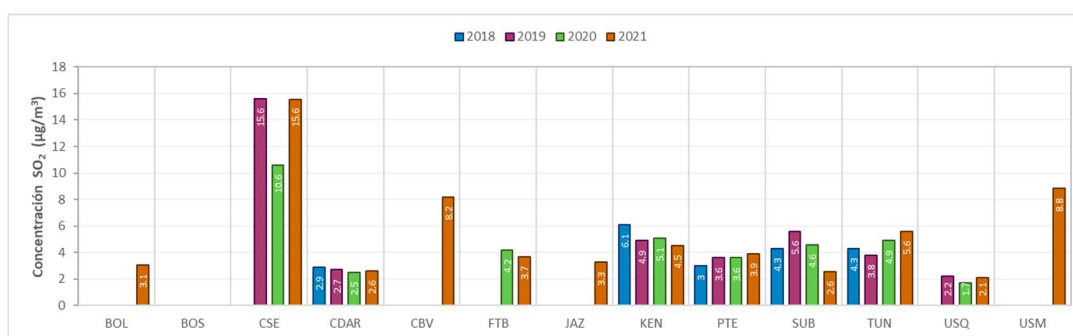


Figura 6-30 Concentraciones anuales de SO₂ años 2018 a 2021

6.6. 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).

6.6.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Tabla 6-6 muestra las estadísticas de las concentraciones promedio anual calculadas con base en los datos media móvil 8 horas registrados durante el año 2021, incluyendo los porcentajes de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias respecto a la norma 8 horas y 1 hora. Adicionalmente en la Figura 6-31 se representan los promedios anuales de concentración de CO por estación que registraron más del 75% de datos válidos en el año 2021.

La estación Carvajal - Sevillana localizada en la zona suroccidente, registró el promedio más alto de CO para el 2021 con 2138,0 µg/m³ seguido de 1131,8 µg/m³ en Puente Aranda al occidente de la ciudad, mientras que el valor más bajo se observó en la estación Colina con 484,0 µg/m³. En relación

con la norma 8 horas, se registraron 14 excedencias en Carvajal - Sevillana y 32 excedencias en Puente Aranda.

Las estaciones Bosa, Guaymaral, Móvil 7ma y San Cristóbal tuvieron menos del 75% de representatividad temporal en los promedios anuales, Bosa se debió a la suspensión del monitoreo de todos los parámetros en agosto de 2021 por actos de vandalismo, en Guaymaral y San Cristóbal los analizadores entraron en funcionamiento en junio, y en Móvil 7ma entró en funcionamiento en octubre.

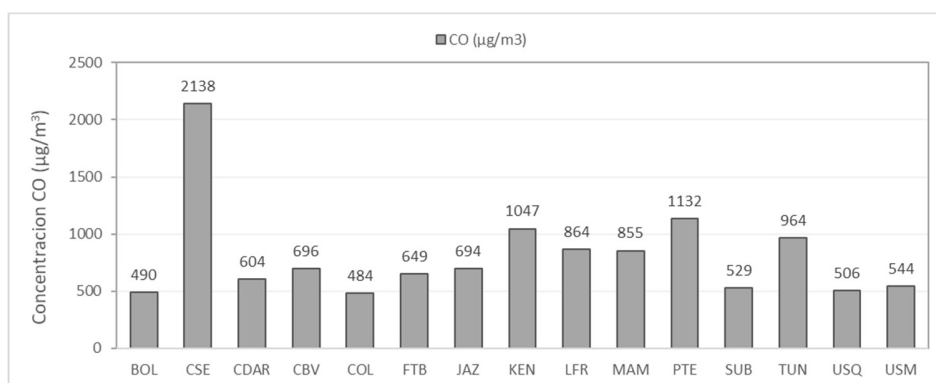


Figura 6-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2021

Tabla 6-6 Estadísticas de las concentraciones anuales de CO – Año 2021

Estación	Prom. anual CO (µg/m³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m³)	No. Exced. 8h	No. Exced. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 µg/m³ Norma horaria: 35000 µg/m³					
BOL	489,9	99%	1982,6	0	0
BOS*	545,2	58%	2202,5	0	0
CSE	2138,0	92%	6768,3	14	0
CDAR	604,4	99%	3159,9	0	0
CBV	695,6	98%	3555,0	0	0
COL	484,0	81%	1644,6	0	0
FTB	648,7	92%	1893,8	0	0
GYR*	287,4	56%	1417,1	0	0
JAZ	694,5	99%	3423,8	0	0
KEN	1047,0	83%	4191,2	0	0

Estación	Prom. anual CO (µg/m³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m³)	No. Exced. 8h	No. Exced. 1h
Norma media móvil 8 horas: 5000 µg/m³ Norma horaria: 35000 µg/m³					
LFR	863,7	87%	2791,2	0	0
MAM	854,8	94%	2241,5	0	0
MOV*	1715,4	19%	3671,3	0	0
PTE	1131,8	96%	6038,9	32	0
SCR*	568,0	57%	1682,0	0	0
SUB	529,1	94%	1876,5	0	0
TUN	963,8	99%	3060,2	0	0
USQ	506,3	99%	1877,3	0	0
USM	543,8	97%	1777,0	0	0

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

En la Figura 6-32 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio anual de CO por estación para el año 2021, esta se elaboró por el método de interpolación espacial Kriging. De acuerdo con esta representación las concentraciones más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad, en la zona de influencia de la estación Carvajal – Sevillana, también se observan altas concentraciones en las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Tunjuelito. Las menores concentraciones se registraron al norte de la ciudad, en las localidades de Suba y Usaquén. El comportamiento de este contaminante es similar al del material particulado, con los mayores registros en Carvajal - Sevillana asociados a procesos de combustión en fuentes fijas y móviles en la zona.

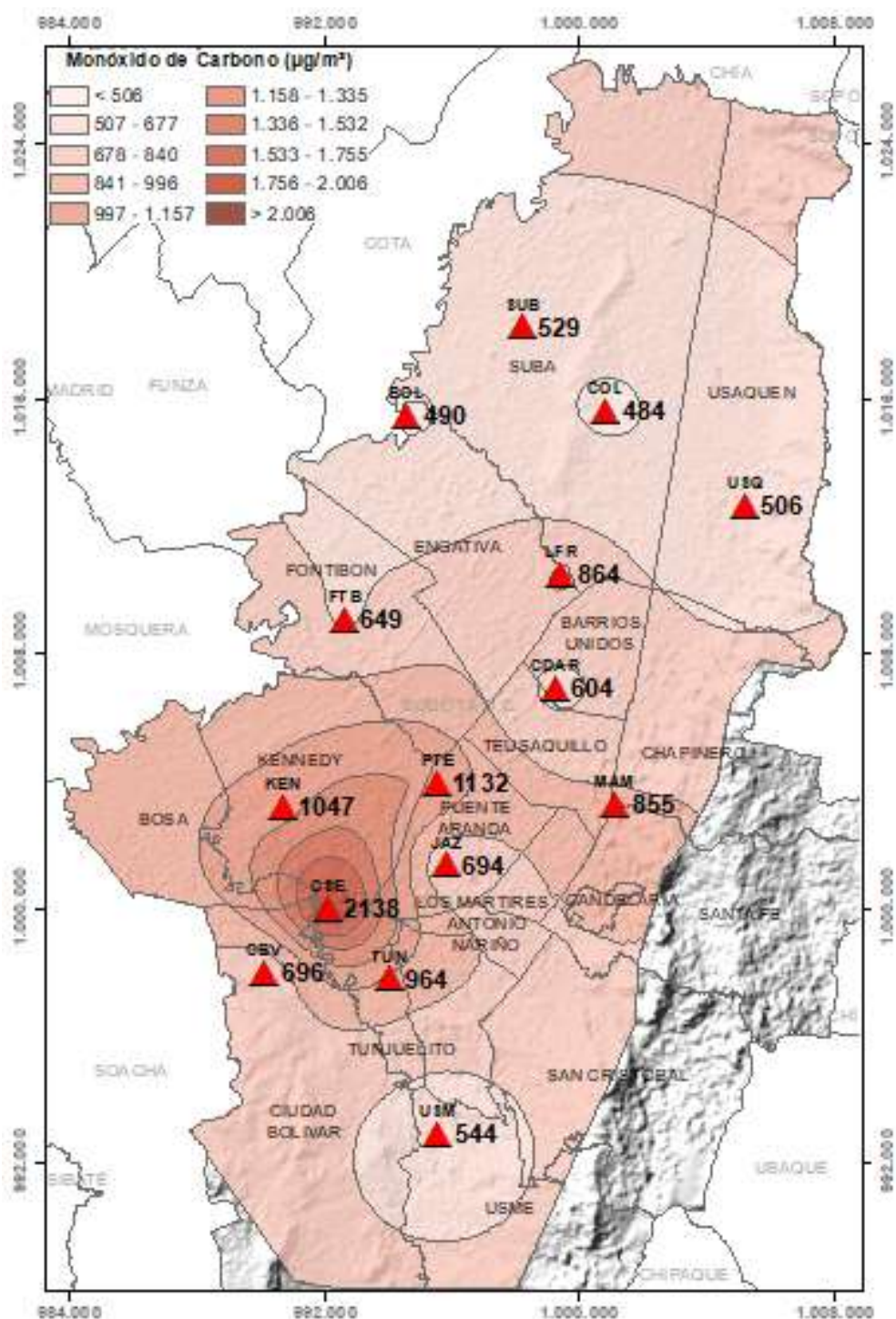


Figura 6-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2021 con base en el método de interpolación Kriging

6.6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 6-33 muestra la representación de los promedios mensuales por estación de concentración de CO en el año 2021. Se evidencia que en las estaciones del occidente y norte de la ciudad no hubo gran variación en el comportamiento del contaminante, dado que las concentraciones no superan los 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el año, sin embargo, en Guaymaral se evidenció un aumento notable en noviembre con respecto al mes anterior. En las demás estaciones se observó un comportamiento creciente entre enero y marzo, seguido de una disminución de las concentraciones hacia mayo y junio y en los siguientes meses un aumento creciente hasta noviembre y diciembre, meses que también registraron las concentraciones más altas. Para el caso de este contaminante se observó que las concentraciones fueron más altas en el primer trimestre del año, posiblemente por la influencia de los incendios forestales en la Orinoquía y Venezuela, cuyo aporte es predominante en la contaminación registrada en la ciudad.

El comportamiento de las concentraciones de CO para una semana promedio se encuentra representado en la Figura 6-34. Se observa que, en la zona occidental y norte, que registra bajas concentraciones de CO, no hay mayores variaciones del contaminante durante la semana. En las demás estaciones hay un aumento gradual de las concentraciones hasta el jueves y se incrementan hasta viernes o sábado, con una reducción en el domingo. Las estaciones Móvil 7ma y Usaquén tienen el comportamiento más variable entre los días de mayor y menor concentración.

En cuanto al comportamiento del CO en un día promedio del 2021 (Figura 6-35), en la mayoría de las estaciones se observan dos picos de concentración, entre las 7 a.m. y 8 a.m. y entre 8 p.m. y 9 p.m., los registros más bajos se observan a las 2 p.m. En la zona suroccidente los picos de concentración en la mañana son los más altos en la ciudad, llegando a registrar hasta 3300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal - Sevillana. Los picos de concentración están asociados a las horas pico de tráfico de la ciudad, aunque también están influenciados por las inversiones térmicas en las mañanas y por el transporte de contaminantes desde regiones cercanas.

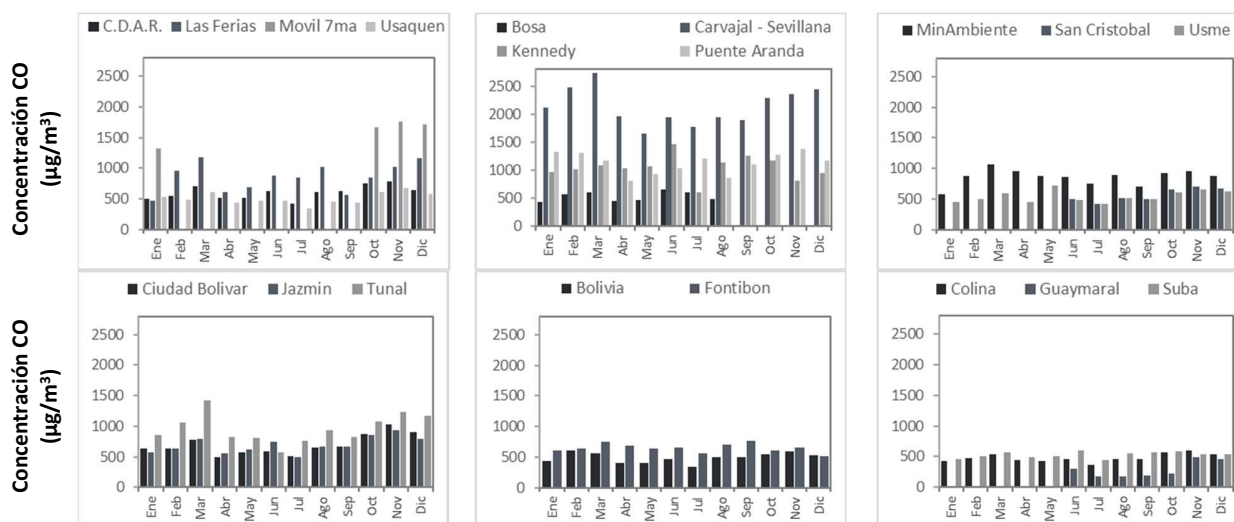


Figura 6-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2021

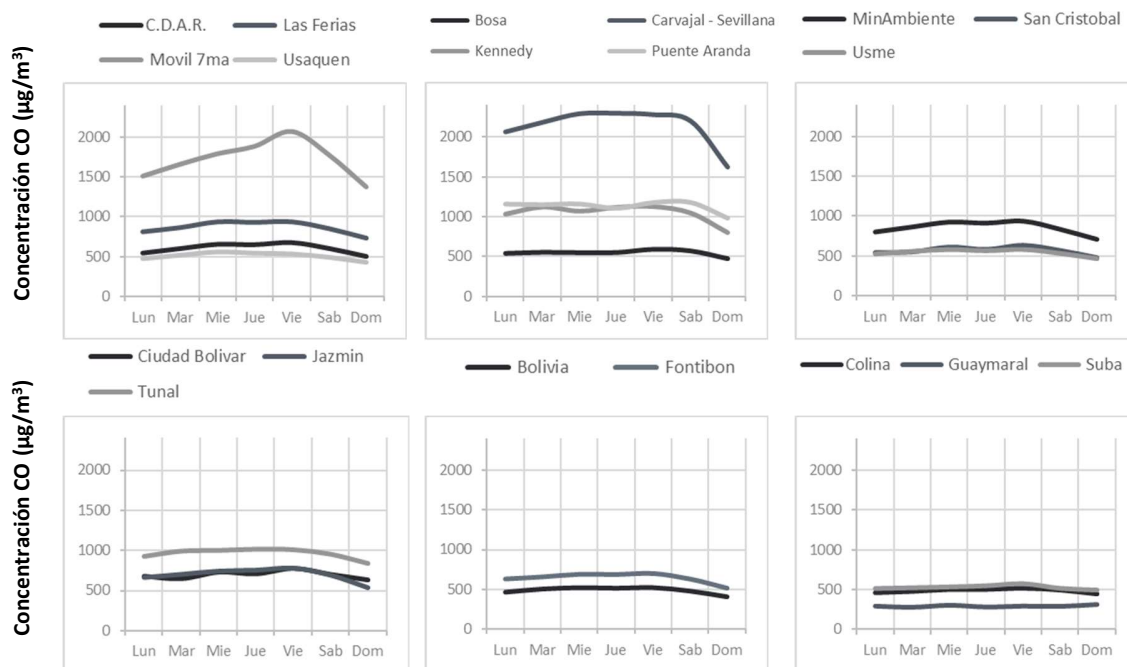


Figura 6-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2021

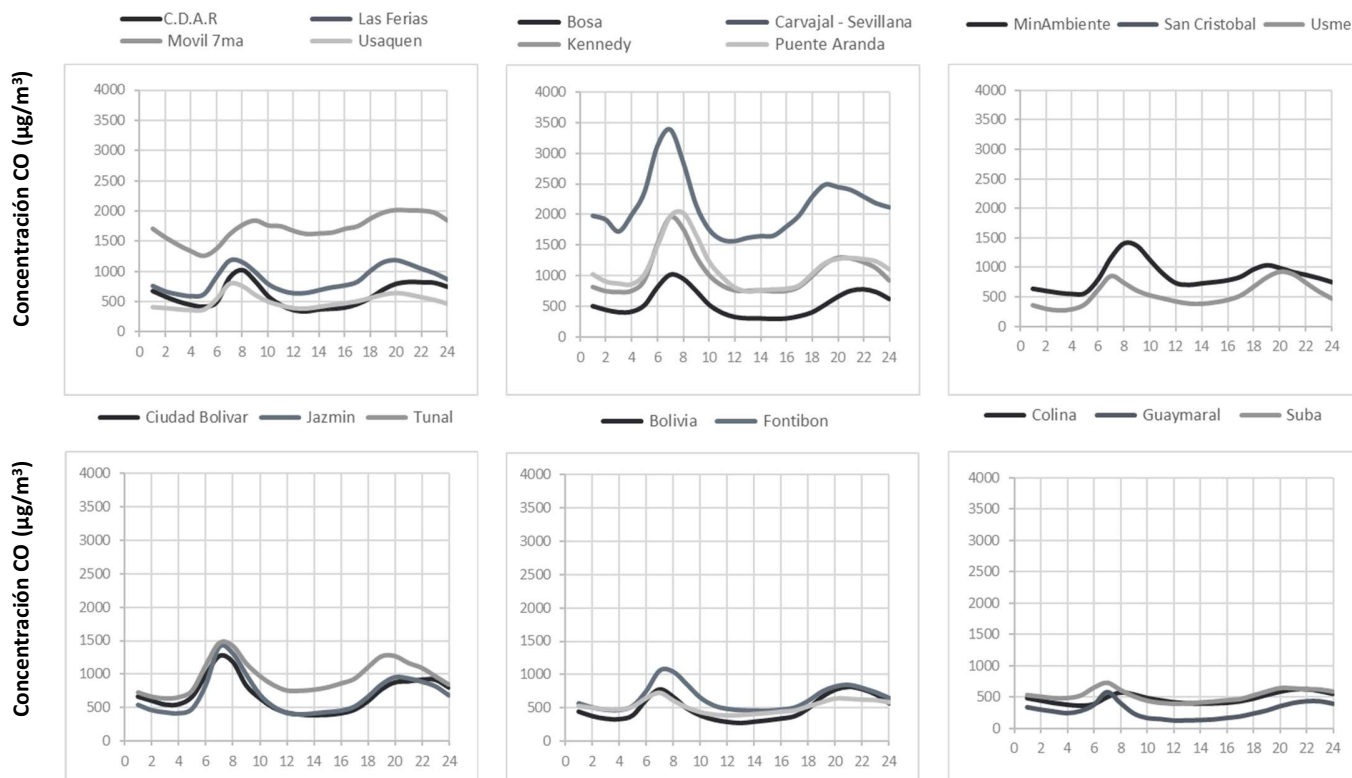


Figura 6-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2021

6.6.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN

La Figura 6-36 representa las concentraciones promedio anual de CO para los años 2018 a 2021. Se observa que la estación Carvajal - Sevillana registró los promedios más altos de concentración en los últimos cuatro años, aunque la estación Móvil 7ma registró el valor más alto en 2019. En Carvajal – Sevillana, Fontibón, Kennedy, Las Ferias, Puente Aranda y Tunal se registraron concentraciones más altas en 2021 respecto al año anterior, siendo la estación Carvajal – Sevillana la que registró el mayor aumento con relación al 2020 con 950 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de diferencia. La reducción en el 2020 estuvo influenciada por las restricciones para reducir el contagio del virus COVID-19, que fueron más estrictas en el segundo y tercer trimestre del año.

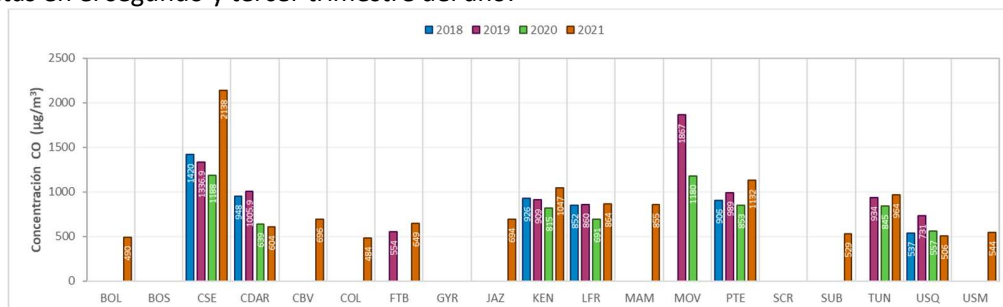


Figura 6-36 Concentraciones anuales de CO años 2018 a 2021

7. 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.

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

En la Figura 7-1 y Tabla 7-1 se presenta el resumen estadístico de las concentraciones de eBC medidas en las longitudes de 880 nm para todas las estaciones en las cuales se registraron datos durante el año 2021. Las estaciones CDAR, Fontibón, Kennedy, Las Ferias, Min Ambiente, San Cristóbal y Tunal registraron más de 75% de las concentraciones horarias para 2021, mientras que la estación Carvajal – Sevillana reportó el 40,1%, por lo tanto, los datos reportados para esta estación son de carácter indicativo para el periodo de 2021.

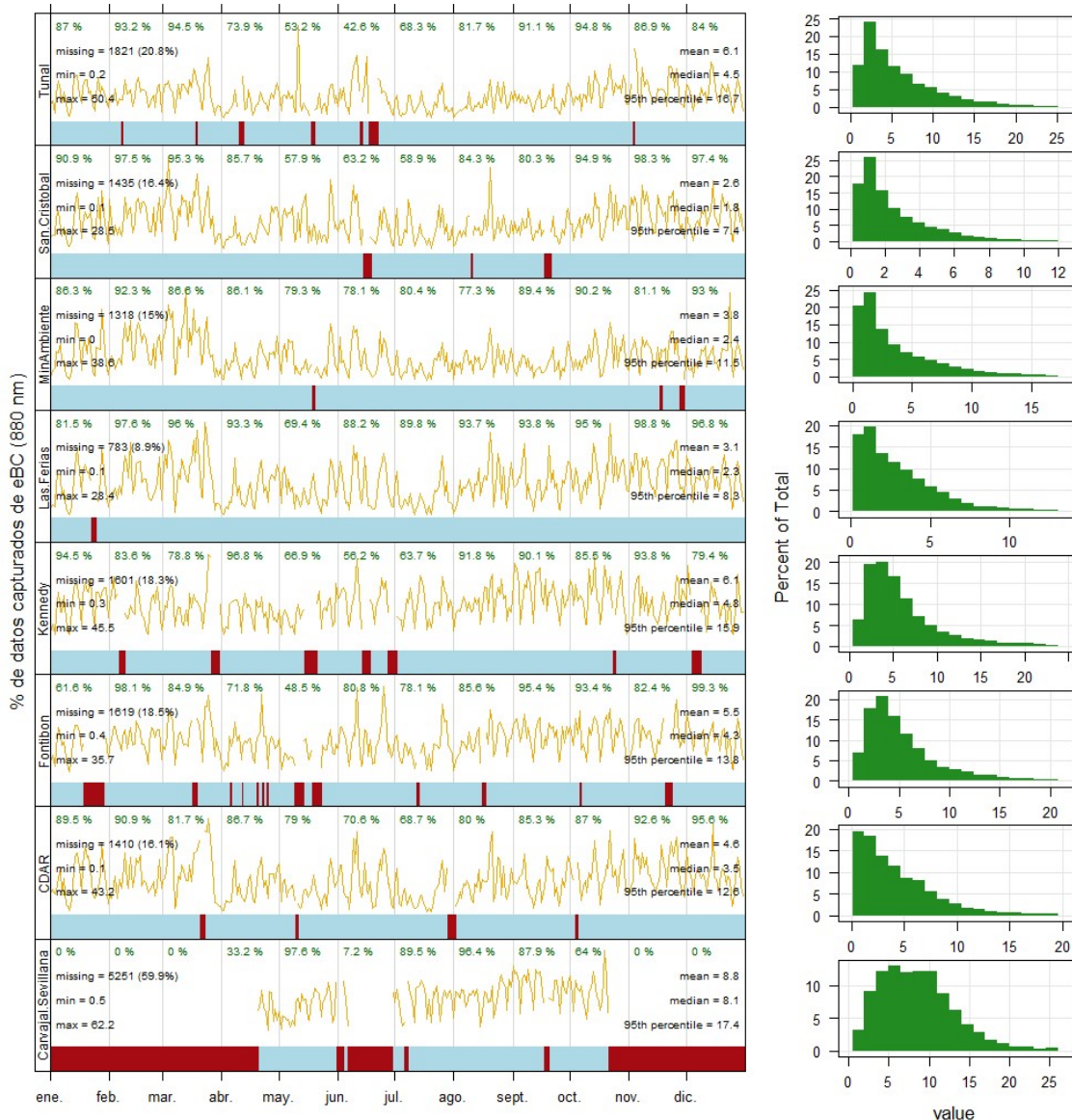


Figura 7-1 Representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de eBC - Año 2021

La operación del aetalometro instalado en la estación Carvajal – Sevillana, presentó problemas operativos en los meses de enero, febrero, marzo, junio, noviembre y diciembre, impidiendo alcanzar el porcentaje mínimo de datos para ser representativo en el año 2021. En las otras estaciones se alcanzó a reportar más del 75% de las concentraciones horarias de eBC la mayoría de los meses. En la estación CDAR, solo el mes de julio reportó un porcentaje inferior, Fontibón reportó más del 75% de la concentración horaria de eBC durante todos los meses del año.

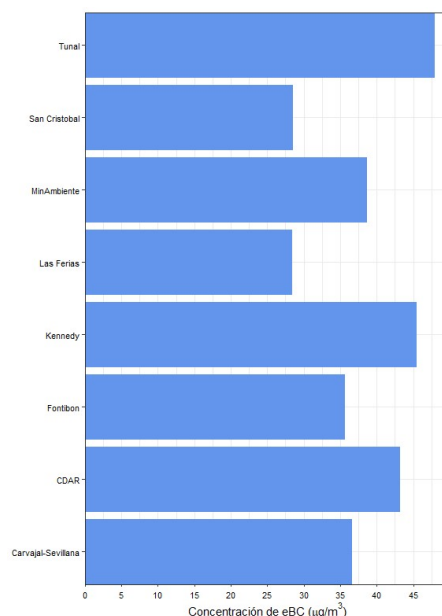
La estación Kennedy reportó un porcentaje inferior entre mayo y julio, Las Ferias reportó un porcentaje inferior solo en el mes de mayo. La estación MinAmbiente reportó satisfactoriamente más del 75% durante todos los meses del año. Las estaciones San Cristóbal y Tunal reportaron un porcentaje inferior al 75% entre mayo y julio.

En la Tabla 7-1 se presenta el promedio anual, máximo y mínimo de las concentraciones diarias (24h) de eBC. Las estaciones Carvajal - Sevillana, Tunal, Kennedy y Fontibón reportaron las mayores concentraciones de eBC en toda la ciudad, con valores de 8,8, 6,1, 6,1 y 5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que en las estaciones San Cristóbal y Las Ferias se reportaron las concentraciones más bajas, con valores de 3,1 y 2,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. La máxima concentración diaria se observó en la estación Tunal con un valor de 22,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, las estaciones Las Ferias y San Cristóbal reportaron las máximas concentraciones diarias con valores de 6,4 y 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que otras estaciones reportaron una concentración máxima que entre 11,5 y 15,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones diarias más bajas reportadas en cada estación no superan el valor de 1 mg/m^3 , excepto en la estación Carvajal - Sevillana donde se observó como valor mínimo una concentración de 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 7-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Año 2021.

Estación	Promedio \pm sd	Mediana	Mín.	Max.	Datos capturados (%)
Carvajal – Sevillana*	8,2 \pm 2,7	8,6	2,4	15,6	40,1
CDAR	3,8 \pm 2,3	3,5	0,3	12,4	83,9
Fontibón	4,5 \pm 1,8	4,3	1,2	11,5	81,5
Kennedy	5,0 \pm 1,9	4,9	1,3	12,2	81,7
Las Ferias	2,6 \pm 1,5	2,4	0,3	6,4	91,1
Min Ambiente	3,0 \pm 2,1	2,2	0,4	12,4	85,0
San Cristóbal	2,1 \pm 1,2	1,6	0,4	7,7	83,6
Tunal	5,1 \pm 3,0	4,2	0,9	22,9	79,2

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



Considerando las concentraciones de $PM_{2.5}$ y eBC de todas las estaciones que monitorean estos contaminantes en la ciudad de Bogotá, se reporta que las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$ en 2021 se presentaron el 6 de marzo y el 22 de octubre, con valores promedio de 36 y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente para cada día. Mientras que la máxima concentración de eBC en la ciudad se reportó los días 22 de octubre, 4 de marzo y 11 de junio, con concentraciones de 9 , 8 , $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, como se muestra en la Figura 7-2.

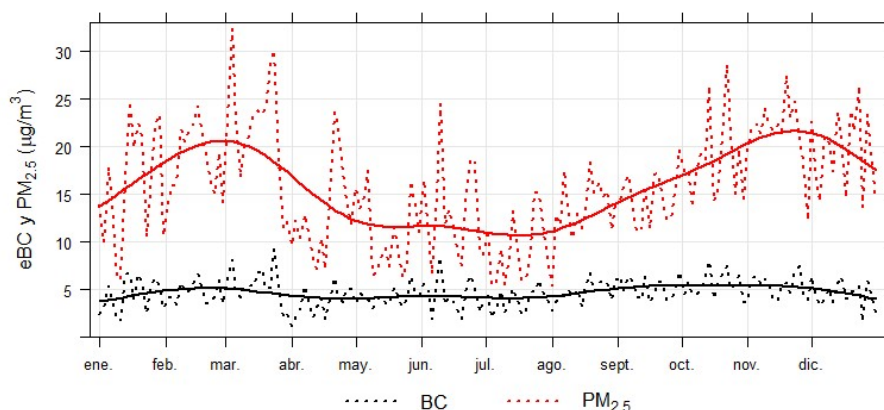


Figura 7-2 Gráfico de representatividad temporal de las mediciones de concentraciones de eBC – Año 2021

En la Figura 7-3 se presenta la variabilidad temporal de las concentraciones de eBC reportadas en 2021 con una resolución mensual, diaria y horaria. Las concentraciones de eBC mostraron cambios importantes mes a mes durante 2021. Las estaciones Carvajal - Sevillana, Tunal, Kennedy y MinAmbiente muestran los mayores valores promedio en los meses de septiembre y noviembre. Mientras que las estaciones Fontibón, CDAR, Las Ferias y San Cristóbal presentan los mayores valores en marzo, los meses con menores concentraciones de eBC coinciden para todas las estaciones, sucediendo en abril, mayo y julio.

Las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones ubicadas al suroccidente de la ciudad, superando los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal - Sevillana y $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Kennedy, durante el mes de septiembre. La estación Fontibón registró la mayor concentración en los meses de marzo y octubre, con un valor promedio de $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones localizadas en el centro de la ciudad, es decir, Las Ferias y CDAR, reportaron valores máximos de $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, en los meses de marzo y noviembre.

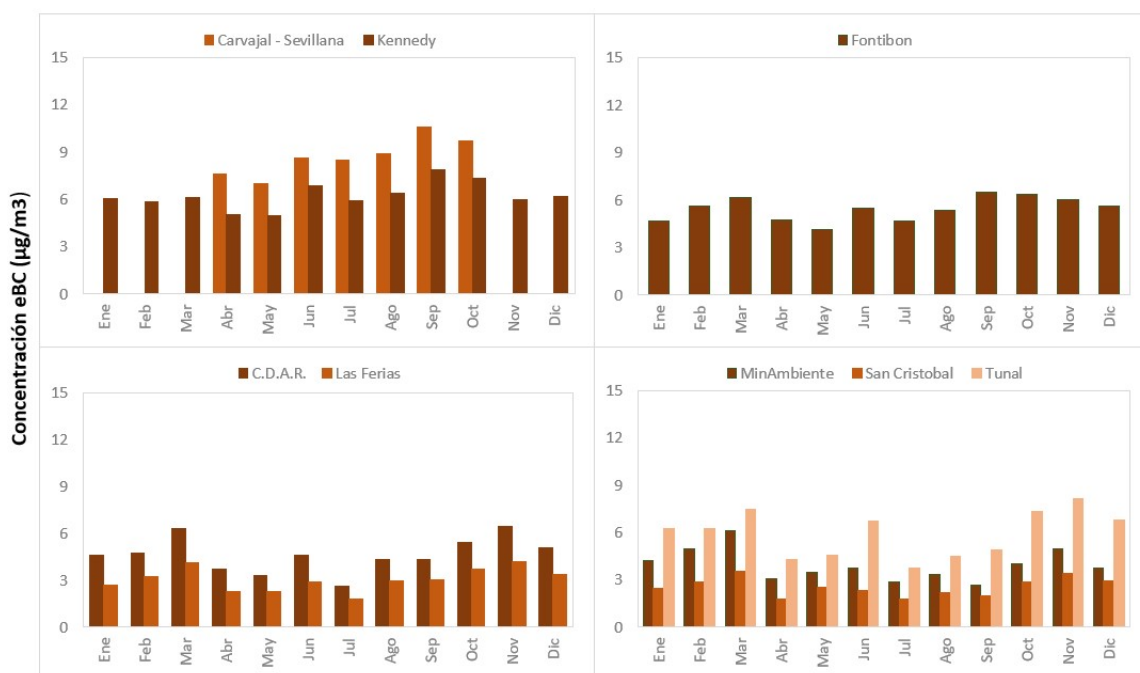


Figura 7-3 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2021

Las estaciones localizadas en el suroriente de la ciudad obtuvieron concentraciones máximas de $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en MinAmbiente, San Cristóbal y Tunal respectivamente, sin embargo, estos valores promedio se presentaron en marzo para las dos primeras estaciones y en noviembre en la estación Tunal. Las concentraciones horarias más bajas se encuentran en el rango de $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Las Ferias y $6,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal – Sevillana durante el mes de abril.

Con respecto a la dinámica de las concentraciones de eBC durante la semana, en la Figura 7-4 se observa que los viernes y jueves en las estaciones Carvajal - Sevillana, Fontibón, Kennedy y Tunal se obtuvieron concentraciones promedio de $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $6,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Mientras que en CDAR, Las Ferias, MinAmbiente y San Cristóbal las máximas concentraciones se observaron los viernes con concentraciones promedio de $4,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Todas las estaciones coinciden con presentar el menor valor los días domingo, con valores que están en el rango entre los $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

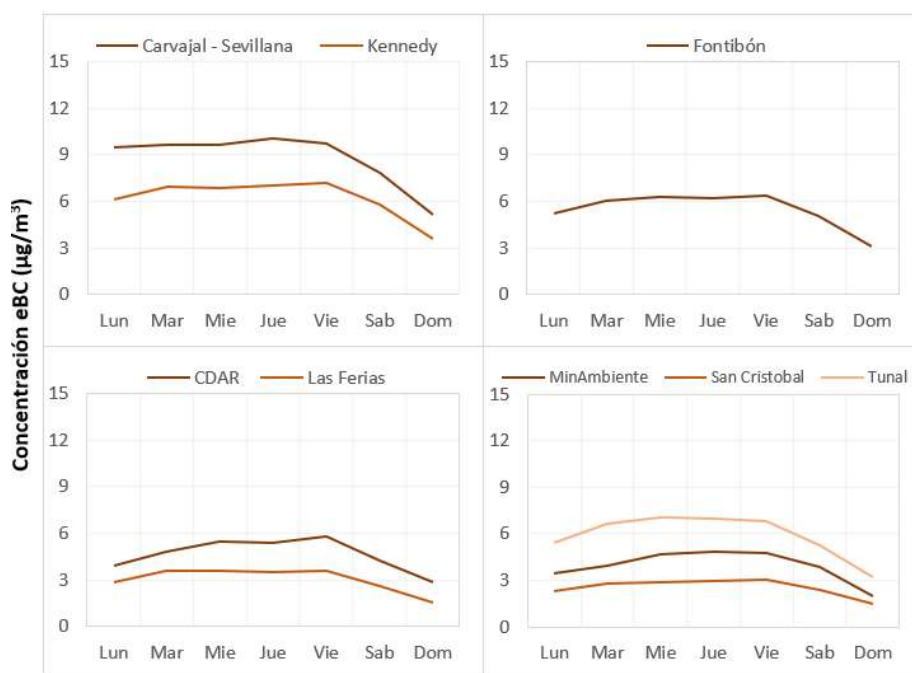


Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2021

En la Figura 7-5 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 a.m. Adicionalmente, las estaciones que presentaron el mayor incremento de las concentraciones de Black Carbon fueron Carvajal – Sevillana y Kennedy con $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, la estación San Cristóbal es la que presentó las menores concentraciones con un máximo de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

De igual forma, las concentraciones de Black Carbon presentaron un incremento en sus concentraciones en el periodo horario de las 6 a 8 p.m., especialmente en las zonas suroccidente y noroccidente, en donde las estaciones presentan un incremento que no supera los $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

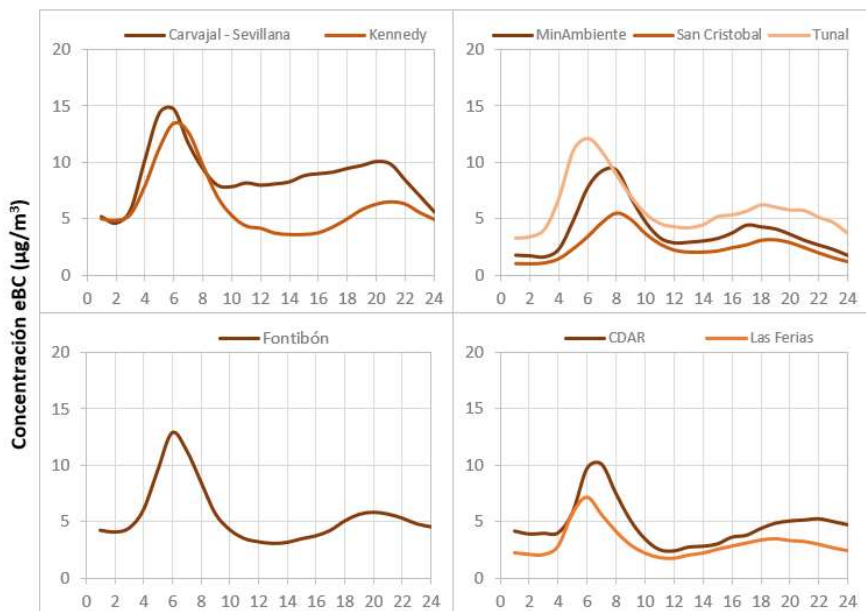


Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2021

En la Figura 7-6 se representan los promedios anuales de eBC para los años 2018 a 2021. Se observa que las concentraciones del año 2021 en general fueron similares o un poco mayor a las del año anterior. Por otro lado, durante este periodo de tiempo se evidencia que hubo una reducción considerable en las concentraciones de eBC, especialmente en las estaciones Carvajal – Sevillana, Las Ferias y San Cristóbal. Las restricciones en las actividades de la ciudad y la circulación de vehículos incidieron en la reducción generalizada de las concentraciones de eBC, sin embargo, el primer trimestre del año la ciudad tuvo condiciones normales de funcionamiento y además hubo influencia en las concentraciones de material particulado provenientes de incendios forestales, por lo cual no se ha evidenciado una tendencia a la reducción de las concentraciones generalizada en la ciudad.

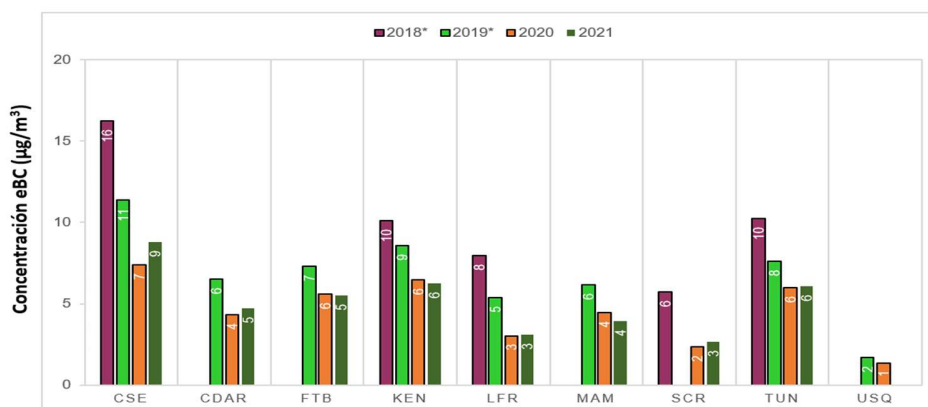


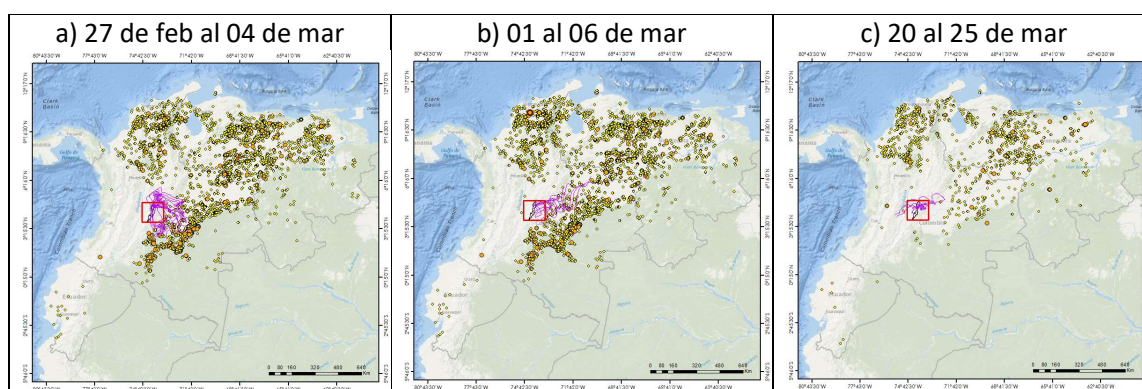
Figura 7-6 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2018 a 2021. (*) datos anuales incompletos

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

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología propuesta por (Sandradewi, 2008), la cual toma las mediciones de longitudes de onda para calcular un porcentaje de BC proveniente de la Biomasa. Como valor indicativo de la quema de biomasa se optó por tomar datos satelitales del sensor MODIS, el cual capta las áreas quemadas caracterizadas por depósitos de carbón y cenizas, remoción de vegetación y alteración de la estructura vegetal. Es por eso por lo que varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros. En consecuencia, se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

En la Figura 7-7 se puede observar la distribución espacial de incendios activos que se presentaron durante el año 2021 en periodos de tiempo donde se registraron altas concentraciones de BC. Durante el primer trimestre del año (figuras a, b, c y d) se evidencia una alta presencia de incendios en las regiones Caribe, Andina y Orinoquia que las direcciones de los vientos presentadas en sentido oriente - occidente 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 e y f), infiriendo que el aumento de concentraciones se dio debido a otro tipo de fuente. Durante el tercer trimestre del año nuevamente se registraron altas concentraciones del contaminante, sin embargo, la presencia de incendios es menor respecto al primer trimestre del año (Figura 7-7) y las trayectorias de vientos provienen de diferentes direcciones según el periodo observado (figuras g, h y i); no obstante, los aumentos de BC registrados el 14 y 22 de octubre pudieron presentarse debido al transporte de la quema de biomasa.



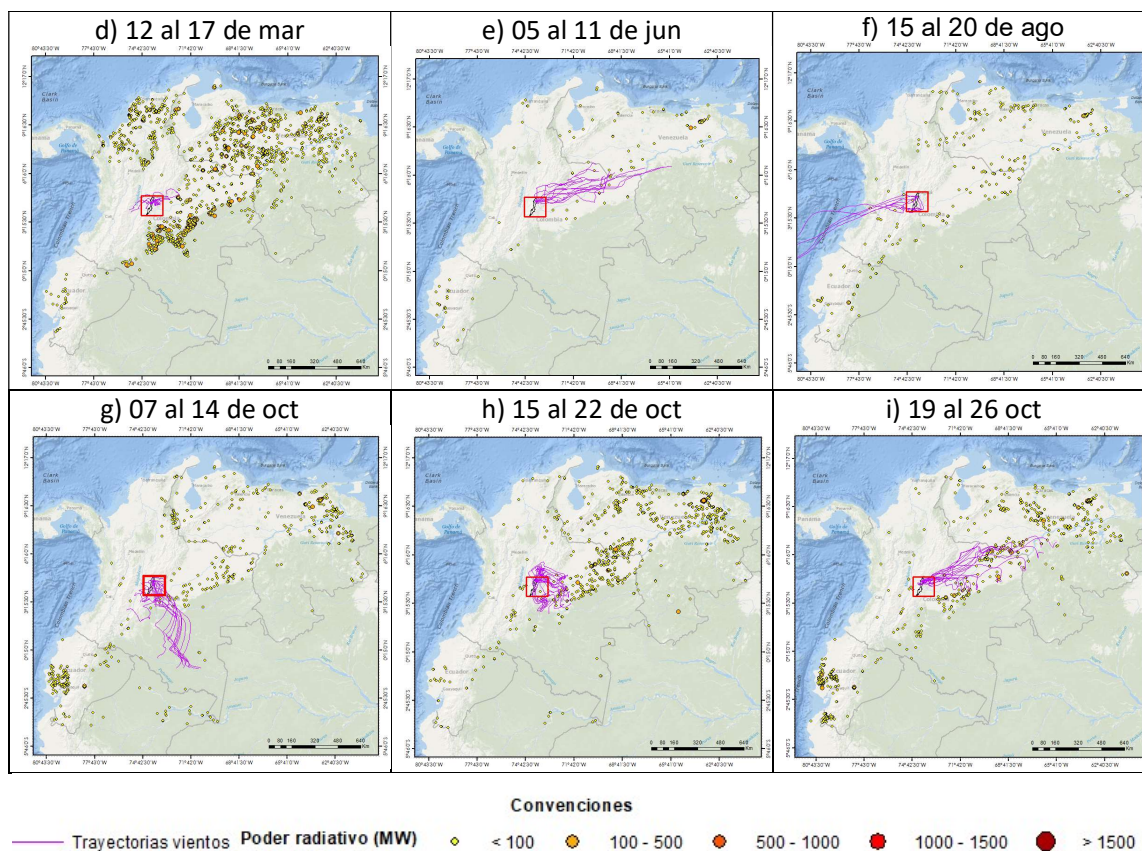


Figura 7-7 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS durante el año 2021

La Figura 7-8 muestra la cantidad de incendios activos en el Norte de Suramérica según la clasificación de la potencia del incendio propuesta por (Ichoku, 2008), el 94% de los puntos calientes registrados por el sensor MODIS en la zona delimitada se clasifican en la categoría 1, es decir, anomalías térmicas con un poder radiativo (FRP) menor a 100MW, el 5% se clasifica en una categoría 2, que corresponden a incendios con FRP entre 100MW y 500MW, el 0.08% en la categoría 3, equivalente a incendios con FRP entre 500MW y 1000MW, el 0.008% en la categoría 4, incendios con FRP entre 1000MW y 1500MW y los restantes en una categoría 5, superiores a 1500MW.

Adicionalmente, se observa que, durante el primer trimestre del año, concretamente durante los meses de febrero y marzo, se registró una mayor cantidad de incendios respecto a los demás meses del año, lo cual, corresponde con los aumentos en las concentraciones de BC proveniente de biomasa registrada durante ese periodo.

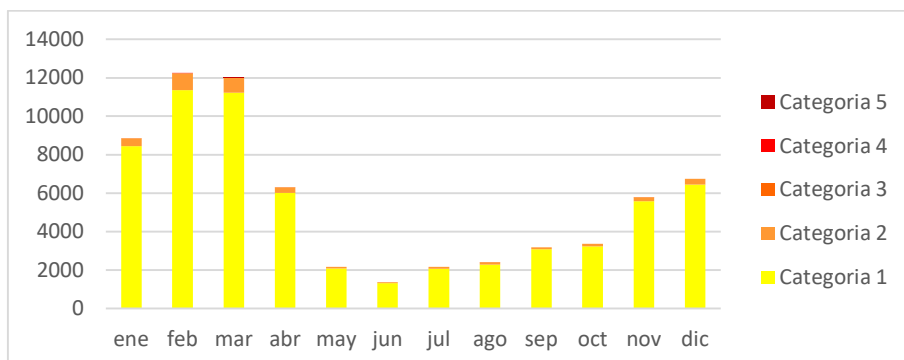


Figura 7-8 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS durante el año 2021

La Figura 7-9 muestra el comportamiento mensual durante 2021, 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 San Cristóbal registró un aumento durante los meses de enero, marzo, abril, mayo, junio y julio que se encuentra entre el 10 y 20%.

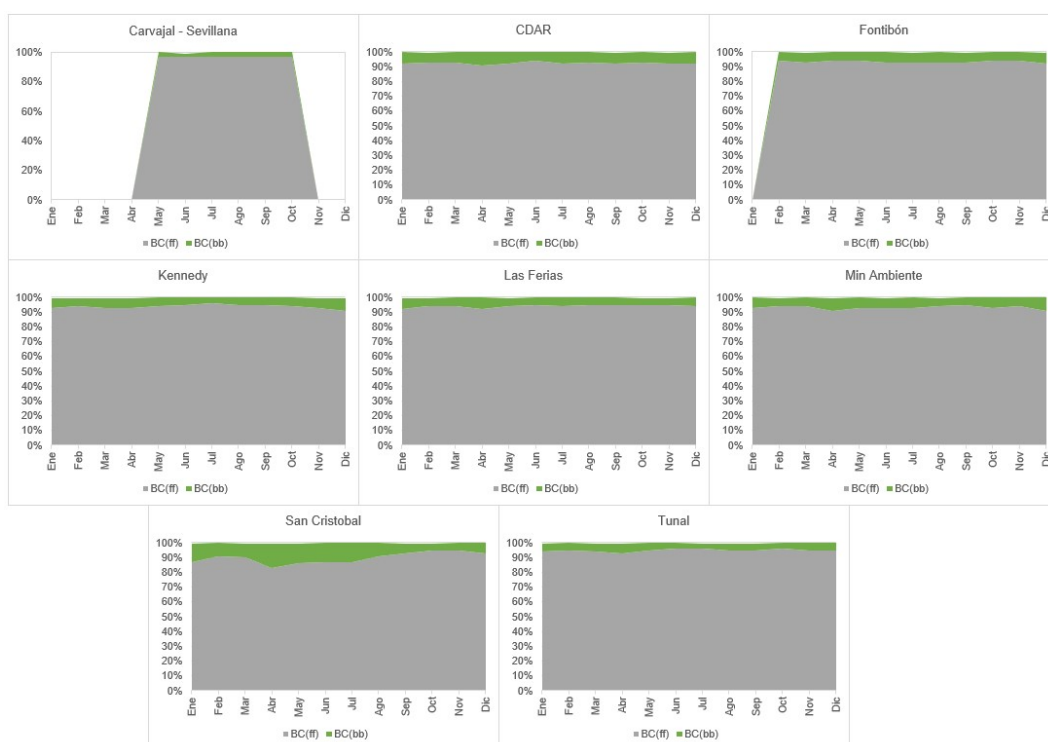


Figura 7-9 Concentraciones mensuales de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles BC(ff) vs. Quema de biomasa BC(bb) por estación – Año 2021

8. INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

La RMCAB se encarga de realizar mediciones puntuales en resolución temporal horaria de las concentraciones de contaminantes criterio en cada estación de monitoreo, con el fin de evaluar la contaminación en un área determinada influenciada por las fuentes de emisión, las condiciones meteorológicas y la influencia de la contaminación de las regiones aledañas a la ciudad. A través de los índices de calidad del aire se puede conocer en términos generales el estado de la calidad del aire cualitativamente por medio de un valor adimensional, para dar a conocer la condición de la calidad del aire a la ciudadanía de una forma más eficiente, y así poder establecer y ejecutar las acciones de acuerdo con las condiciones registradas a corto plazo.

8.1. ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA

El índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA), adoptado mediante la Resolución Conjunta 868 de 2021 de la Secretaría Distrital de Ambiente y de la Secretaría Distrital de Salud, es un indicador multipropósito adimensional, que oscila entre 0 y 500, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos criterio (PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , NO_2 , CO y SO_2) que se registran en las estaciones de la RMCAB. Este índice permite comunicar de forma sencilla, oportuna y clara el riesgo ambiental por contaminación atmosférica, el estado de la calidad del aire de Bogotá, las afectaciones y recomendaciones en salud y las medidas voluntarias para que la ciudadanía contribuya a mantener o mejorar la calidad del aire de la ciudad. Además, el IBOCA es la base para la determinación de las medidas que se establecen en eventos de contaminación del aire, con lo cual se definen los roles y actividades correspondientes a las instituciones involucradas en la ciudad ante la declaración de eventos de alerta y emergencia.

Esta actualización del IBOCA corresponde a la modificación del índice establecido por la Resolución Conjunta 2410 de 2015, con lo cual se busca principalmente una armonización con los colores y escala definidos en la Resolución 2410 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Adicionalmente se ajustaron los rangos de los estados de calidad del aire y así mismo los niveles de riesgo, para los cuales se establecieron de manera más específica las acciones en cada nivel y los criterios para declaración y finalización de las alertas ambientales.

La Tabla 8-1 muestra los rangos de concentración de contaminantes del aire y los diferentes atributos del IBOCA.

Tabla 8-1 Puntos de corte del IBOCA de acuerdo con la resolución 868 de 2021

Atributos del IBOCA				Intervalos de concentración media móvil (µg/m³)					
Intervalo de valores adimensionales	Color	Estado de calidad del aire	Nivel de riesgo	PM ₁₀ (24h)	PM _{2.5} (24h)	CO (8h)	SO ₂ (1h)	NO ₂ (1h)	O ₃ (8h)
0 – 50	Verde	Favorable	Prevención	0 – 54	0 – 12.0	0 – 5094	0 – 92	0 – 100	0 – 106
51 – 100	Amarillo	Moderada	Prevención	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 1	255 – 354	55.5 – 150.4	14254 – 17688	486 – 796	678 – 1220	168 – 206
201 – 300	Morado	Peligrosa	Emergencia	355 – 424	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	-----

El cálculo del IBOCA se realiza por medio 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_{menor}: Concentración menor o igual a C_p

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

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

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

C_{mayor}: Concentración mayor o igual a C_p

En la Figura 8-1 se muestra el IBOCA por estación de monitoreo con base en los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} registrados durante el año 2021, representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de calidad del aire durante el año. Se sabe que el PM_{2.5} es el contaminante que registra las condiciones determinantes para el IBOCA, ya que se evidenció la condición “moderada” por mayor tiempo en comparación al PM₁₀, siendo el menor porcentaje el observado en Usaquén (20%) y el más alto en Kennedy (80%).

También se observó la condición “regular” asociada al PM_{2.5} en Carvajal - Sevillana con un 35% durante el año, y porcentajes entre el 3 y 4% en otras estaciones de la zona suroccidente. Por otro lado, la estación Colina registró el mayor porcentaje de datos en la condición “favorable” para PM_{2.5}, con un 79% 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 96% del año, mientras que Carvajal - Sevillana registró la condición “regular” por mayor tiempo, con 66% del periodo.

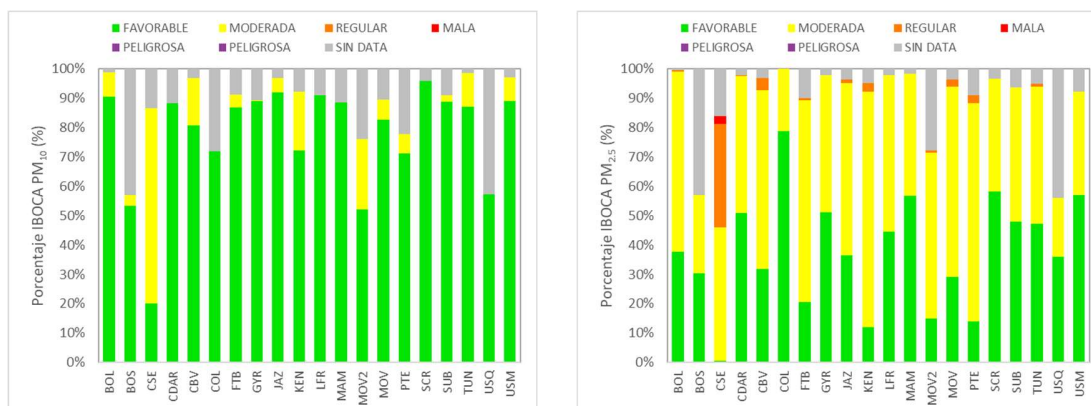


Figura 8-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM₁₀ y PM_{2.5} – Año 2021

En la Figura 8-2 y la Figura 8-3 se presenta el IBOCA de PM₁₀ y PM_{2.5}, para cada estación de monitoreo y por mes de acuerdo con los datos registrados durante el año 2021. Se evidencia que en el caso del PM₁₀ la condición “moderada” fue predominante en enero y diciembre en la mayoría de las estaciones, especialmente las localizadas al sur y suroccidente de la ciudad, aunque la estación Carvajal - Sevillana tuvo la condición “moderada” como predominante en todos los meses del año, con un 92% en noviembre. En las demás estaciones fue predominante la condición “favorable” para el contaminante PM₁₀.

En el caso del PM_{2.5} se observó la predominancia de la condición “moderada” en el primer y cuarto trimestre del año, mientras que la condición “favorable” se observó en mayor proporción en los meses de mayo, junio y julio de 2021. También en varias estaciones se registró la condición “regular” en varios meses del año en Ciudad Bolívar, Fontibón, Jazmín, Kennedy, Móvil Fontibón, Móvil 7ma, Puente Aranda y Tunal, con mayor proporción en el mes de marzo, evidenciando el porcentaje más alto en Puente Aranda con un 19%.

La estación Carvajal - Sevillana muestra un comportamiento diferente al del resto de las estaciones, ya que debido a las altas concentraciones de material particulado la mayor parte del año reportó la condición “moderada” y durante cinco meses registró la condición “regular” en más del 50% del mes. En 2021 se vieron acentuadas las altas concentraciones de material particulado y se evidenció la mayor parte del tiempo los efectos del incremento del tráfico y de las actividades comerciales e industriales al suroccidente de la ciudad.

En la Figura 8-4 se muestra la distribución de las condiciones del IBOCA por estación de monitoreo para los gases contaminantes en el 2021 (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 observaron los siguientes casos en que se registraron condiciones diferentes: en el caso del SO₂ se observó un 1 % de los datos del año en condición “moderada” en Carvajal - Sevillana; para el NO₂, en 17 estaciones se registró entre 1 y 36 datos en la condición “moderada”, siendo la estación Carvajal - Sevillana la que tuvo mayor número de datos (36), pero solamente representa el 0.4% de los datos del año.

En relación con las concentraciones de O₃, las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Kennedy y MinAmbiente registraron algunos datos en la condición “moderada”, siendo Kennedy la que tuvo mayor número de registros en dicha condición, que representa el 0.4% de los datos del año.

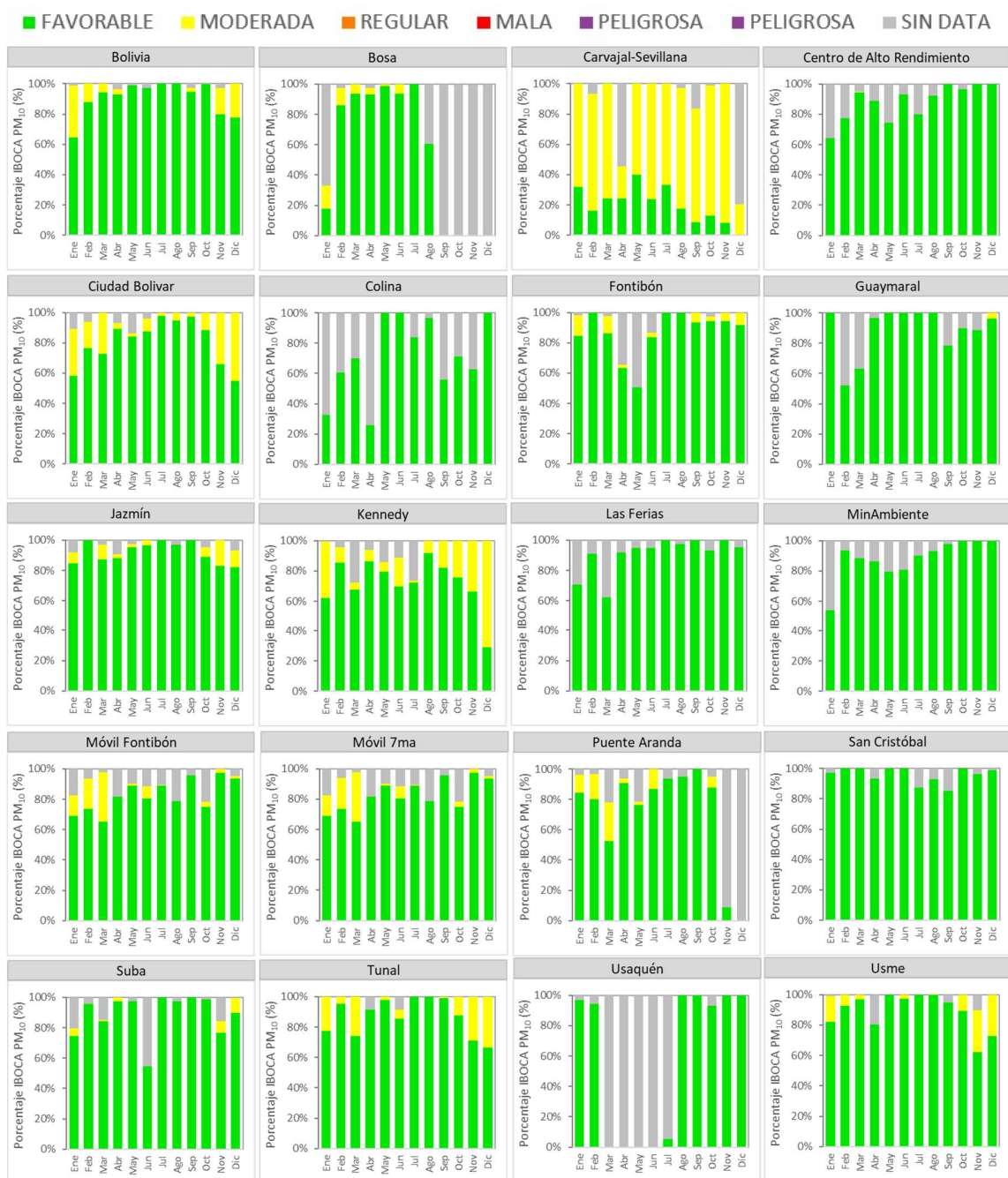


Figura 8-2 IBOCA por mes del año para PM₁₀ – Año 2021

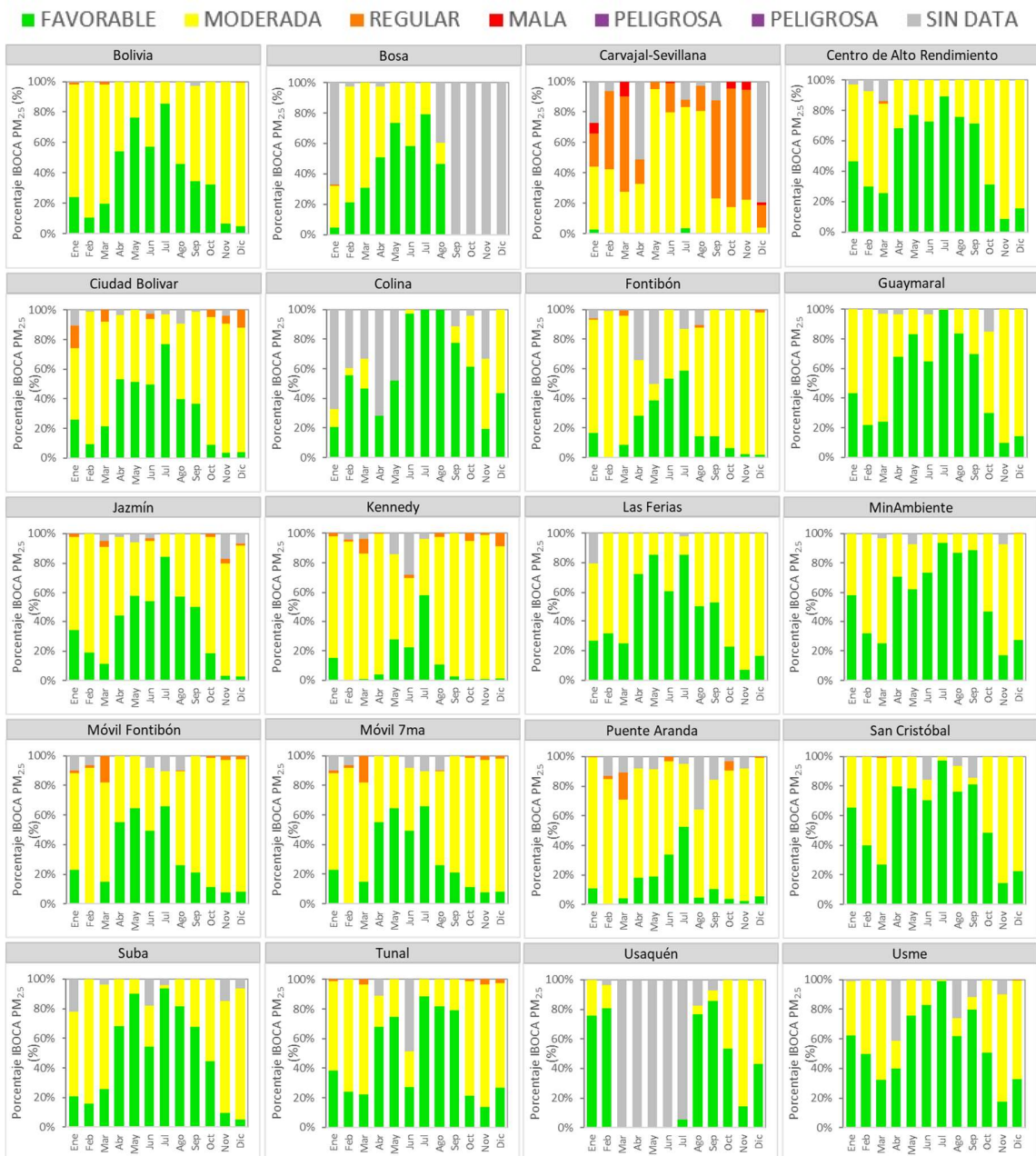


Figura 8-3 IBOCA por mes del año para PM_{2.5} – Año 2021



Figura 8-4 IBOCA por estación de monitoreo para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2021

En la Figura 8-5, Figura 8-6, Figura 8-7 y Figura 8-8, se observan los porcentajes del IBOCA por mes del año para cada estación, para los contaminantes O₃, SO₂, NO₂ y CO. Se evidencia que las condición “favorable” fue predominante 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 Kennedy y MinAmbiente principalmente en enero; para el NO₂ se observaron datos en varias estaciones para el mes de noviembre, siendo la estación Colina la que registró el porcentaje más alto; en el caso del SO₂ se observaron datos en dicha condición en los meses de mayo, junio y julio en Carvajal - Sevillana.

■ FAVORABLE ■ MODERADA ■ REGULAR ■ MALA ■ PELIGROSA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA



Figura 8-5 IBOCA por mes del año para O₃ – Año 2021



Figura 8-6 IBOCA por mes del año para NO₂ – Año 2021

■ FAVORABLE ■ MODERADA ■ REGULAR ■ MALA ■ PELIGROSA ■ PELIGROSA ■ SIN DATA



Figura 8-7 IBOCA por mes del año para SO₂ – Año 2021



Figura 8-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2021

9. METEOROLOGÍA

9.1. PRECIPITACIÓN

De acuerdo con (OMM, 2010) citado por (FOPAE, 2001) la precipitación se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo. La medida de la cantidad de lluvia se expresa por la altura de la capa de agua que cubriría el suelo horizontalmente, suponiendo que no es objeto de filtración, evaporación o escurrimiento.

A esta medida se llama altura de precipitación y es expresada en milímetros. Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado de superficie. 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 y 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.

9.1.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

En un día normal, por el ciclo diurno debido a las condiciones forzantes propias de Bogotá, se espera que los eventos de precipitación sean más frecuentes y con mayor intensidad en horas de la tarde y noche que en horas de la madrugada y mañana. De allí que en 2021 y de manera idéntica los años anteriores entre las 3:00 y las 6:00 de la tarde ocurrieron los mayores eventos de precipitación. En 2021 el mayor número de eventos de lluvia se presentó hacia las 3:00 de la tarde, desplazándose una hora con respecto a los dos años anteriores. Ver Figura 9-1.

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 arrastre aerodinámico de partículas, así como arrastre, por escorrentía, de material particulado susceptible de ser resuspendido.

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

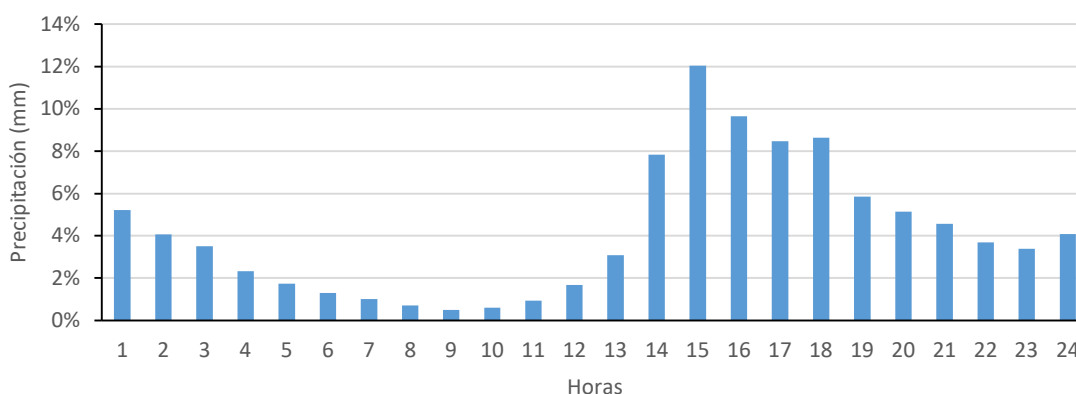


Figura 9-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2021

9.1.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

En cuanto al comportamiento mensual, es claramente conocida la bimodalidad de las lluvias en la ciudad de Bogotá. En consecuencia, como se observa en la Tabla 9-1 y Tabla 9-2 en 2021, al igual que en 2020, los mayores acumulados se presentaron en el segundo semestre del año con un 51% de las lluvias y un 49% en el primer semestre. A diferencia del año anterior cuando se presentaron importantes acumulados de lluvia durante el primer trimestre considerado como seco; en 2021 se observa una normalización del ciclo estacional de las lluvias tanto en el primer como el segundo semestre, y una marcada bimodalidad de las mismas.

Tabla 9-1 Distribución de las lluvias – Año 2021

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	17,2	63,4	116,9	123,8	152,2	142,3	51,4	122,5	57,1	199,2	166,7	43,4
% Anual	1%	5%	9%	10%	12%	11%	4%	10%	5%	16%	13%	3%
% Trimestral	16%			33%			18%			33%		
% Semestral	49%						51%					

Como se puede observar en la Figura 9-2 en el segundo semestre de 2021 el promedio de los totales mensuales fue ligeramente mayor que en el primer semestre, con octubre como el mes de mayores acumulados de precipitación. No obstante, las máximas absolutas medias durante el ciclo anual se presentaron durante el mes de mayo. Los niveles de lluvia registrados durante el mes de mayo y

junio de 2021 podrían estar relacionados con las bajas concentraciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} registradas por la RMCAB para dicho mes.

Tabla 9-2 Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad – Año 2021

Est.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
BOL	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	71,9	63,7	207,7	121,1	51,5	515,9*
CSE	17,9	37,8	N.A.	80,4	124,7	168,9	33,6	101,4	56,9	185,3	140,5	11,1	958,5
CDAR	23,1	47	114	89	112	187,2	48,8	116,8	63,8	167,7	200,9	47,8	1218,1
FTB	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	177,7	92	148,5	170,5	27,9	616,6
GYR	12,2	38,5	92	102,9	109,9	98,5	54,2	62,1	42,5	115,7	99,5	47,4	875,4
KEN	25,9	16,6	41,4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	83,9*
LFR	11,3	84,7	133,3	137,4	160	185,1	35,7	152,1	97,4	222,9	187,3	67,7	1474,9
MAM	22,8	45,2	98,7	119,6	171,2	147,3	36,3	113,7	30,3	156,1	136,8	27,3	1105,3
MOV	6,0	20,7	69,8	65,9	75,9	83,6	31,2	148,2	39	152,6	182,4	51,2	926,5
PTE	14,4	37,9	98,8	61,8	104,1	122,4	26,6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	466*
SCR	28,4	91,9	209,4	177,4	453,8	246,5	138,9	231,8	77,9	340,4	293	85,5	2374,9
SUB	32,8	96	155,4	127,8	171,3	128,1	71,7	105,6	71	307,8	129,3	71,2	1468
TUN	10,4	32,8	100,2	70,6	179,5	118,7	36,2	94,8	69,8	163	132,9	20,4	1029,3
USQ	7	65,7	120,5	94,8	105,5	88,7	23,2	99	26,6	129	155,9	64,7	980,6

* Los valores estimados en estas estaciones son indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%
N.A.: no cumple criterio de representatividad

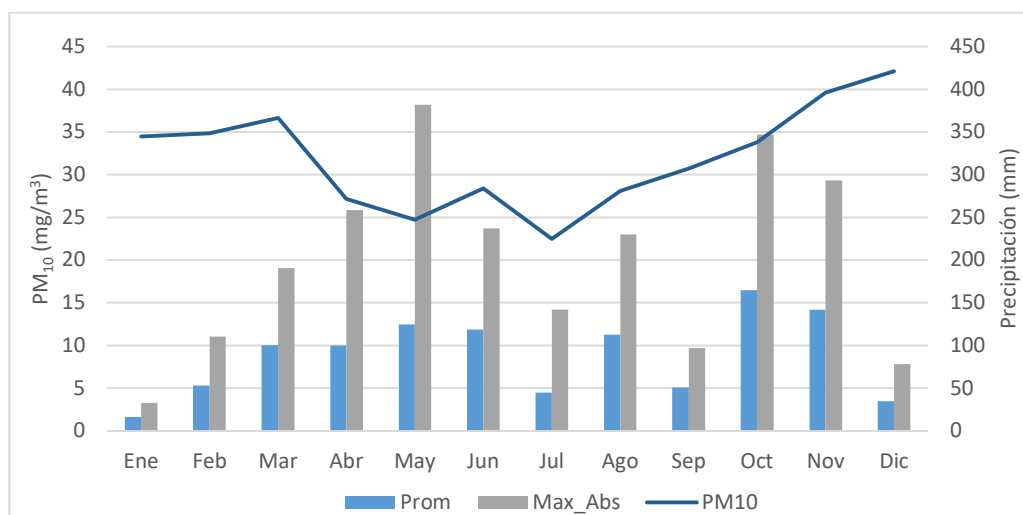


Figura 9-2 Valores medios y máximos de precipitación comparados con el promedio de PM₁₀ – Año 2021

En 2021 de acuerdo con los registros de la RMCAB, en su mayoría los totales mensuales fluctuaron entre 875 mm a 2375mm. Se destacan los acumulados registrados en el sector de San Cristóbal 2375mm. Ver la Figura 9-3.

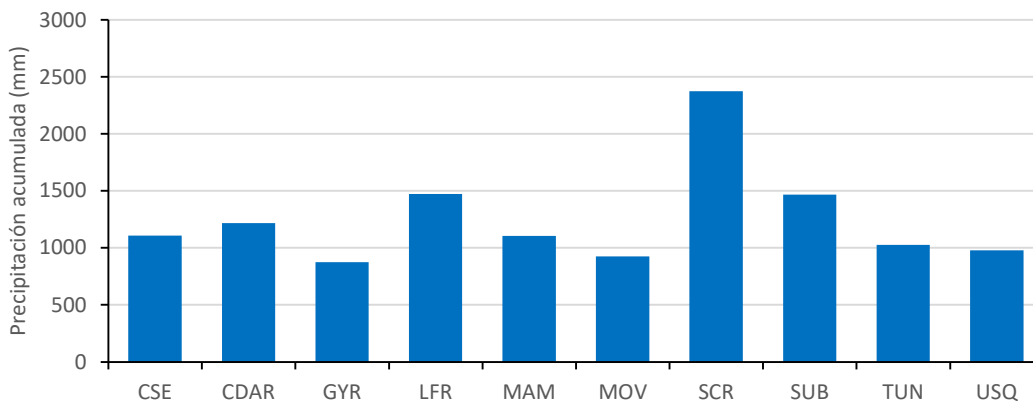


Figura 9-3 Total acumulado por estación – Año 2021

9.1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

Los totales acumulados descritos en la Figura 9-3, se pueden visualizar de manera especializada en el mapa de isoyetas de la Figura 9-4. Como se puede notar, los mayores acumulados se presentaron tanto al suroriente como al noroccidente de la ciudad. En tanto, los menores registros se presentaron hacia el nororiente y centro occidente de la ciudad con acumulados de 900mm.

9.1.4. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

Como parte de la historia de la RMCAB en la Tabla 9-3 se presenta el registro de los totales anuales de precipitación desde 2000 hasta la presente vigencia. Adicionalmente se presenta Figura 9-5, donde se puede observar la variación promedio de las lluvias en la ciudad, de acuerdo con los datos recolectados por la RMCAB. Con base en este perfil anual, se evidencia un ascenso en el total anual de la precipitación desde 2018.

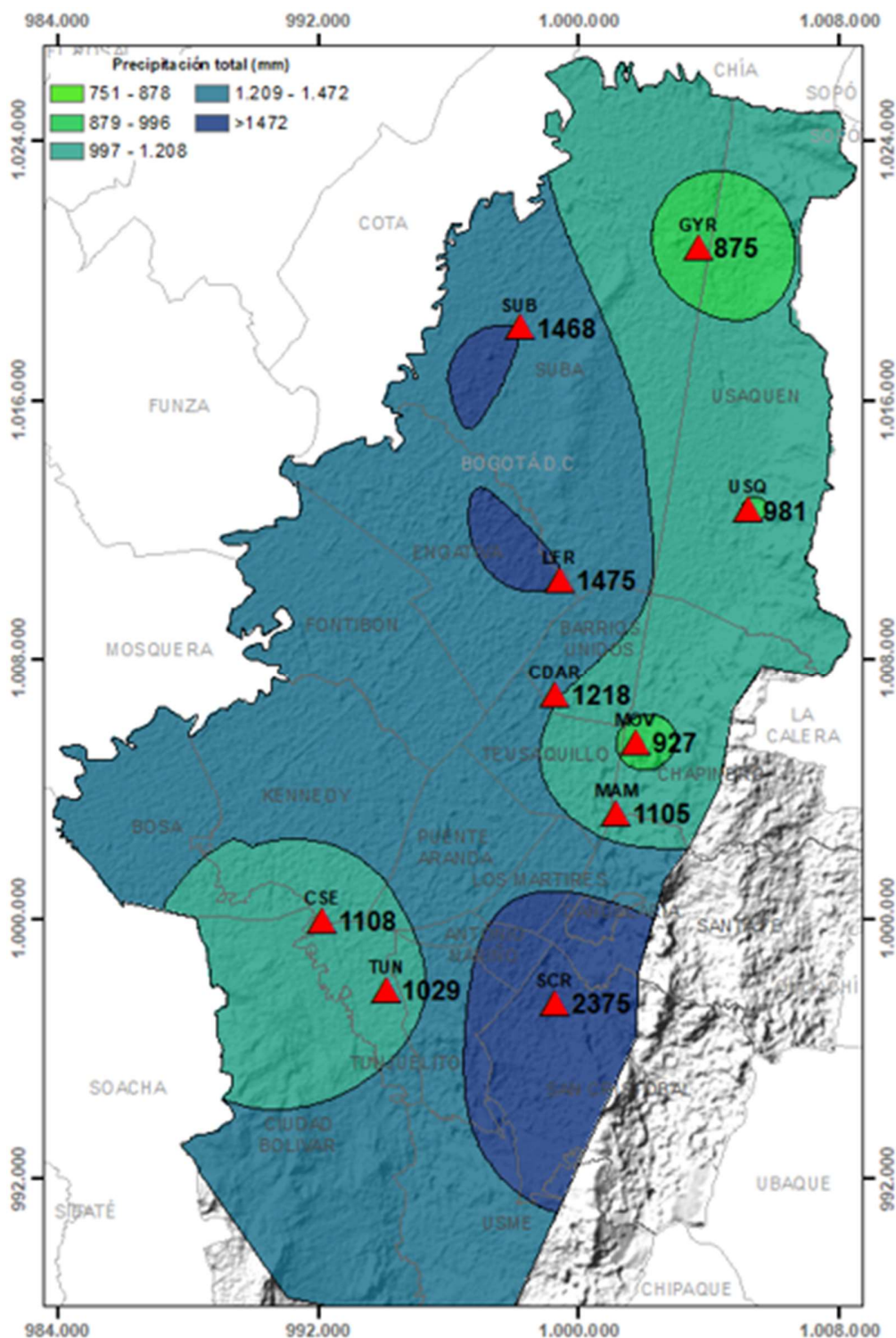


Figura 9-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en Bogotá - Año 2021

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2021

Tabla 9-3 Promedio de los acumulados de precipitación por estación años 2000 – 2021

Est.	BOL	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2000	N.A.	585	N.A.	687	N.A.	N.A.	606	851	N.A.	N.A.	N.A.	650	N.A.	1242
2001	N.A.	317	N.A.	471	N.A.	N.A.	592	636	N.A.	564	N.A.	496	N.A.	563
2002	N.A.	580	N.A.	653	578	N.A.	667	874	N.A.	901	N.A.	489	N.A.	867
2003	N.A.	421	N.A.	574	709	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	891	N.A.	N.A.	N.A.	495
2004	N.A.	577	739	684	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	248	N.A.	1007	N.A.	N.A.
2005	N.A.	N.A.	752	545	N.A.	N.A.	882	N.A.	N.A.	431	N.A.	N.A.	N.A.	947
2006	N.A.	692	N.A.	520	N.A.	611	861	N.A.	N.A.	580	N.A.	573	N.A.	825
2007	N.A.	669	707	559	646	546	654	N.A.	N.A.	701	N.A.	460	539	780
2008	N.A.	N.A.	848	N.A.	821	839	695	N.A.	N.A.	1547	N.A.	575	686	946
2009	N.A.	620	815	382	656	559	759	812	N.A.	857	N.A.	646	542	624
2010	N.A.	970	1523	522	1048	644	1321	N.A.	N.A.	881	N.A.	1023	1071	1292
2011	N.A.	1024	1710	520	1394	587	1429	N.A.	N.A.	812	N.A.	1156	1066	1277
2012	N.A.	638	891	350	639	N.A.	931	940	N.A.	679	938	866	668	828
2013	755	678	964	392	828	688	855	940	233	660	865	930	711	703
2014	N.A.	639	1062	N.A.	836	689	925	915	412	680	1076	732	674	869
2015	558	450	608	N.A.	534	453	580	559	293	396	574	446	510	461
2016	961	541	803	N.A.	964	723	925	795	476	836	786	362	N.A.	333
2017	1389	890	1311	N.A.	986	1078	1055	1033	776	1003	1073	987	1042	1141
2018	956	810	932	N.A.	796	1282	517	N.A.	N.A.	786	916	454	544	905
2019	989	724	980	N.A.	924	1566	559	676	689	843	1066	802	815	1106
2020	N.A.	757	1077	N.A.	900	1480	801	988	745	710	1479	1014	909	1003
2021	N.A.	1108	1218	662	875	84	1475	1105	927	529	2375	1468	N.A.	981
Prom. 2019	935	684	996	537	831	789	854	856	569	740	1115	757	752	866

N.A.: no cumple criterio de representatividad

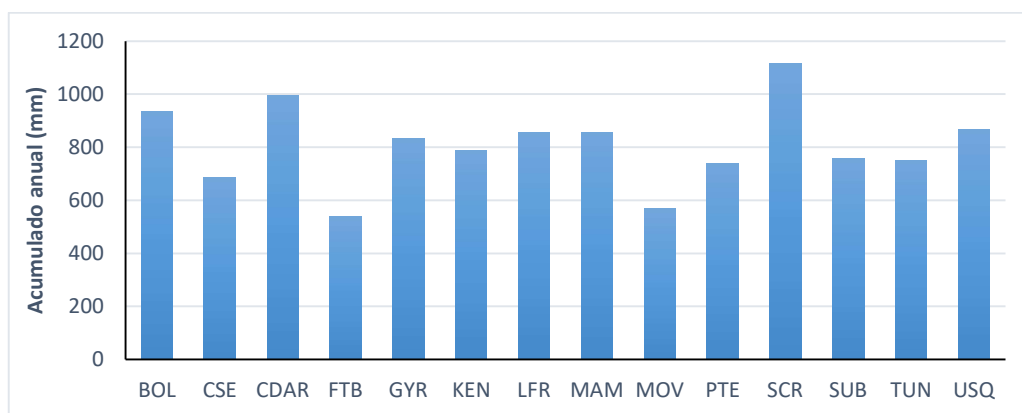


Figura 9-5 Promedios totales anuales de precipitación por estación - 2000-2021

En la Tabla 9-4 se resume el comportamiento mensual multianual de la lluvia en la ciudad de Bogotá, según registros de la RMCAB desde 2000 hasta 2021. De acuerdo con esta tabla en 2021 las lluvias superaron al promedio histórico durante la mayor parte del año salvo durante los meses de enero, febrero y diciembre (Ver Figura 9-6). Como se indicó anteriormente en mayo se observó una disminución en las concentraciones de material particulado, que podría estar asociado en parte a las intensas lluvias registradas en durante ese mes.

Tabla 9-4 Precipitación promedio histórica mensuales años 2000 – 2021

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	41,0	152,5	112,2	59,1	62,2	41,9	49,1	37,3	84,6	53,3	64,5	22,0	779,7
2001	22,9	23,8	83,5	17,4	67,7	25,7	28,0	11,9	73,0	27,8	53,8	60,8	496,2
2002	20,9	28,8	69,7	154,6	104,7	73,1	20,4	22,4	42,2	61,2	39,5	75,1	712,5
2003	13,8	39,3	79,0	77,3	31,8	51,6	42,6	37,7	55,5	80,4	117,2	23,2	649,3
2004	10,6	47,7	34,4	103,9	91,9	75,4	35,7	14,0	47,3	100,3	57,1	23,1	641,4
2005	24,2	62,9	28,3	72,7	111,5	25,6	20,3	22,2	47,5	86,2	54,3	66,1	621,9
2006	63,4	23,8	107,1	98,7	77,7	72,9	16,0	12,0	17,3	91,6	80,6	23,6	684,6
2007	11,0	16,8	30,4	84,0	44,8	46,0	30,5	37,1	9,2	149,5	97,0	102,9	659,2
2008	22,6	94,6	100,9	47,5	80,6	52,2	47,0	44,9	36,5	104,4	135,9	81,7	848,7
2009	52,2	82,0	98,1	66,2	18,5	38,9	23,3	20,7	17,4	119,8	56,0	28,9	621,9
2010	9,4	20,4	19,5	134,2	160,9	70,7	100,7	30,3	47,1	126,1	170,1	112,8	1002,3
2011	62,9	75,4	106,2	168,8	115,5	46,3	41,9	32,1	39,5	128,0	175,0	130,2	1122,0
2012	79,8	135,3	101,4	134,7	29,1	31,7	42,9	35,8	21,0	104,0	53,0	47,9	816,5
2013	7,4	96,0	58,0	118,9	98,0	23,2	30,8	46,8	32,7	71,5	138,7	73,6	795,6
2014	47,7	70,2	92,4	61,8	74,7	44,4	25,9	14,3	36,7	104,6	114,5	124,5	811,6
2015	38,9	31,9	95,9	58,9	17,1	52,4	30,6	18,6	30,8	44,1	59,0	1,1	479,2
2016	4,8	20,8	85,8	136,1	76,9	20,3	30,9	44,8	68,8	85,2	189,7	59,0	823,0
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

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
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
Prom. 2000-2021	32,0	60,1	82,6	95,2	86,0	55,2	39,0	34,0	44,1	91,3	110,2	59,7	768,5

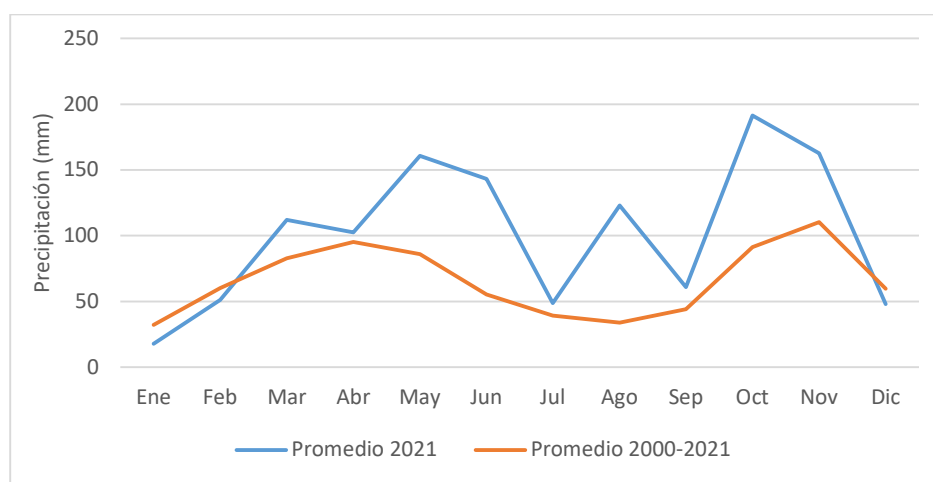


Figura 9-6 Precipitación promedio histórica mensual de los años 2000 – 2021 Vs total mensual de 2021

9.2. 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 determina 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 quemas 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 con resolución horaria de manera que contribuya a la toma de decisiones asociadas a esta variable.

9.2.1. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los registros de la RMCAB en la Tabla 9-5 se resume el perfil promedio horario anual de la temperatura durante el año 2021 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 se transfiere la temperatura al aire, la cual comienza a incrementarse alcanzando su máximo entre las 12 y las 14 horas, posiblemente incluso hasta las 15 horas. Este incremento de temperatura máxima corresponde con la hora en la que ocurre la mayor convección térmica en un día normal en la ciudad de Bogotá, que podría contribuir no sólo a la mayor dispersión de contaminantes de la atmósfera, sino, a la convección profunda y la ocurrencia de lluvias con tormentas.

En la Figura 9-7 se muestra el perfil promedio horario de la temperatura en la ciudad y sus variaciones espaciales a través de cada una de las estaciones. Durante el año 2021 igual que el año anterior, las mayores temperaturas de la ciudad se reportaron en las estaciones Kennedy, Móvil 7ma y Carvajal - Sevillana. El sector de San Cristóbal continúa registrando los valores más bajos de temperatura horaria durante el año. En promedio durante el año 2021, la variación diurna de las temperaturas medias mínimas y las máximas fue de aproximadamente 10 °C.

Por otro lado, la variación de la temperatura media en la ciudad fluctuó entre 13,6 °C hacia el sector de San Cristóbal y 16 °C hacia el sector de la estación Móvil 7ma que se encuentra reclinada a los cerros e influenciada por el tráfico de la carrera séptima. No se descarta la influencia por la reflectancia generada por la superficie pavimentada y el efecto espejo producido por las ventanas en vidrio de las edificaciones vecinas.

Así mismo, se reportaron altos valores de temperatura en las estaciones Kennedy y Carvajal - Sevillana, los cuales se asocian a las actividades industriales y al tráfico vehicular. Así mismo, en este sector se registran las mayores velocidades del viento, que están estrechamente relacionadas con las mayores temperaturas del aire.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2021

Tabla 9-5 Comportamiento de la temperatura horaria - Año 2021

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

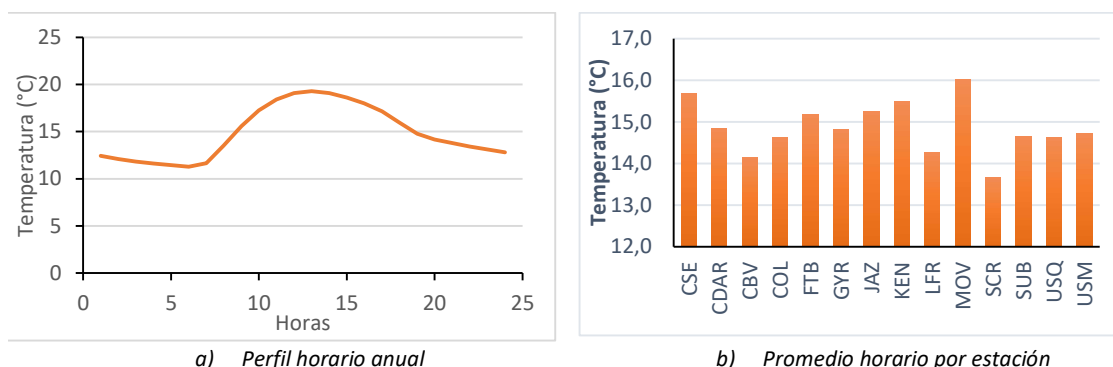


Figura 9-7 Comportamiento de la temperatura horaria anual 2021: a) perfil horario; b) promedio por estación

9.2.2. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA

La serie de temperatura anual registrada permite establecer que 2021 fue un año con temperaturas más bajas que el año anterior, pero por encima del promedio multianual. Se exceptúa el mes de marzo que presentó una disminución de aproximadamente 0,5 °C con respecto al promedio multianual, y alrededor de 1,5 °C con respecto al mes de marzo del año anterior. No obstante, diciembre de 2021 reporta altos niveles de temperatura incluso superiores al mes de diciembre de 2020. El promedio anual estimado para la ciudad en 2021 fue de 14,8 °C, evidenciando un descenso en los niveles de temperatura superficial respecto al año anterior y al año 2016 en los que se registraron los valores más altos de temperatura de la última década (Tabla 9-6 y en la Figura 9-8).

Tabla 9-6 Promedio mensual de temperatura multianual 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

AÑOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
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	14,5	15,2	14,2	15,3	15,1	14,7	14,5	14,6	14,5	14,9	14,9	15,6	14,9
Prom. 2000-2021	14,2	14,4	14,8	14,6	14,7	14,2	14,0	14,1	14,3	14,4	14,4	14,2	14,4

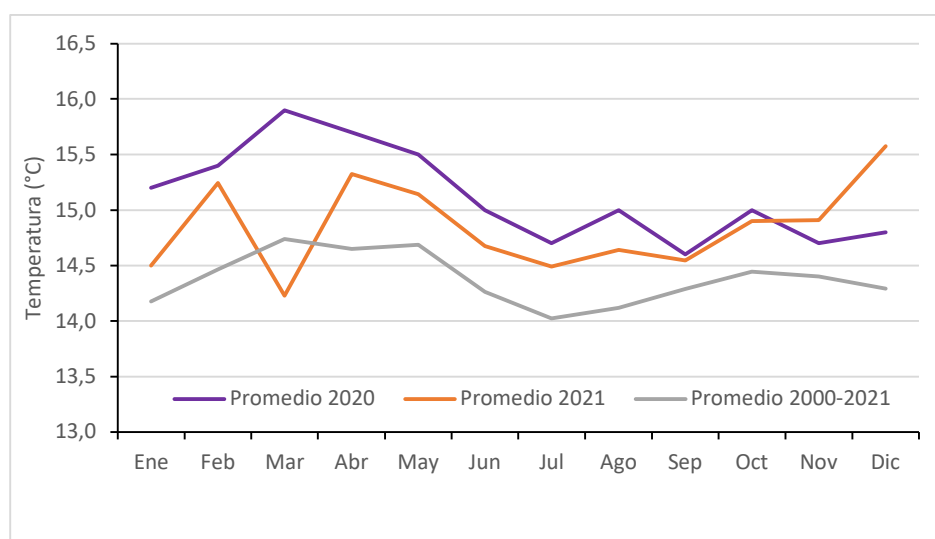


Figura 9-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2021 Vs 2021

En cuanto al comportamiento de las temperaturas extremas, las estaciones Suba (27,1 °C), Móvil 7ma (26,9 °C), y Tunal (26,6 °C) registraron los valores más altos en cuanto a las máximas absolutas. Respecto a las mínimas absolutas las estaciones Tunal (3,5 °C), Guaymaral (4,0 °C) y CDAR (4,4 °C) registraron las temperaturas más bajas durante el año. Comparadas con 2020, se presentó un incremento de las mínimas absolutas con aumentos de hasta 0,7 °C en la estación Guaymaral.

En la Figura 9-9 se resume el comportamiento de los valores extremos absolutos (el valor más alto o bajo del año por estación) de las temperaturas mínimas horarias durante el año 2021. De la Tabla 9-7 se puede deducir que las mayores amplitudes térmicas se presentaron hacia las estaciones Guaymaral, Centro de Alto Rendimiento, Suba y Tunal. A pesar de que las variaciones mensuales de temperatura son de baja amplitud a nivel intradiurno, cuando se presentan fuertes variaciones en el trópico (para ser más precisos, en la franja ecuatorial) se contribuye diariamente con la formación de corrientes convectivas que ayudan al ascenso de masas de aire, e incluso al rompimiento de inversiones térmicas, que son las causales de episodios de contaminación en horas de las madrugadas, principalmente durante los meses de enero y febrero.

Por tanto, en la franja ecuatorial las variaciones intradiurnas son la clave para la reducción de la contaminación atmosférica a través de los mecanismos de convección, mezcla y transporte turbulento. Para más información ver (Hastenrath, 1991).

Tabla 9-7 Temperaturas extremas - Año 2021

ESTACIÓN	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Amplitud Térmica (°C)
BOS*	6,1	21,3	15,2
CSE	8,1	25,2	17,1
CDAR	4,4	26,2	21,8
CBV	7,5	20,6	13,1
COL	6,8	22,1	15,3
FTB	8	23,3	15,3
GYR	4	25,5	21,5
JAZ	8,8	23,1	14,3
KEN	6,9	26,2	19,3
LFR	7,3	23,6	16,3
MOV2*	8,5	22,7	14,2
MOV	9	26,9	17,9
PTE*	8	22,5	14,5
SCR	6,2	22,4	16,2
SUB	5,1	27,1	22
TUN*	3,5	26,6	23,1
USQ	6,8	23,5	16,7
USM	6,8	23,4	16,6

* Los valores estimados en estas estaciones son indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

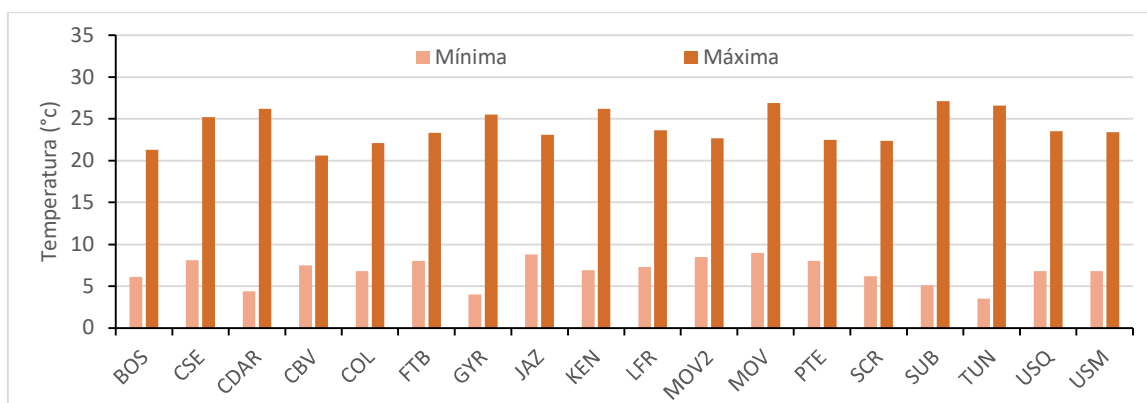


Figura 9-9 Temperaturas extremas absolutas - Año 2021

9.2.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Al graficar los registros medios anuales de temperatura en 2021, se puede establecer que las mayores temperaturas medias superficiales se presentaron en una franja entre el flanco occidental y el oriental con valores entre 15 °C y 16 °C, mientras que, las menores temperaturas se registraron hacia el suroriente, centro geográfico de la ciudad y suroccidente, con temperaturas medias de entre 13,6 °C hasta 14,3 °C (Figura 9-10).

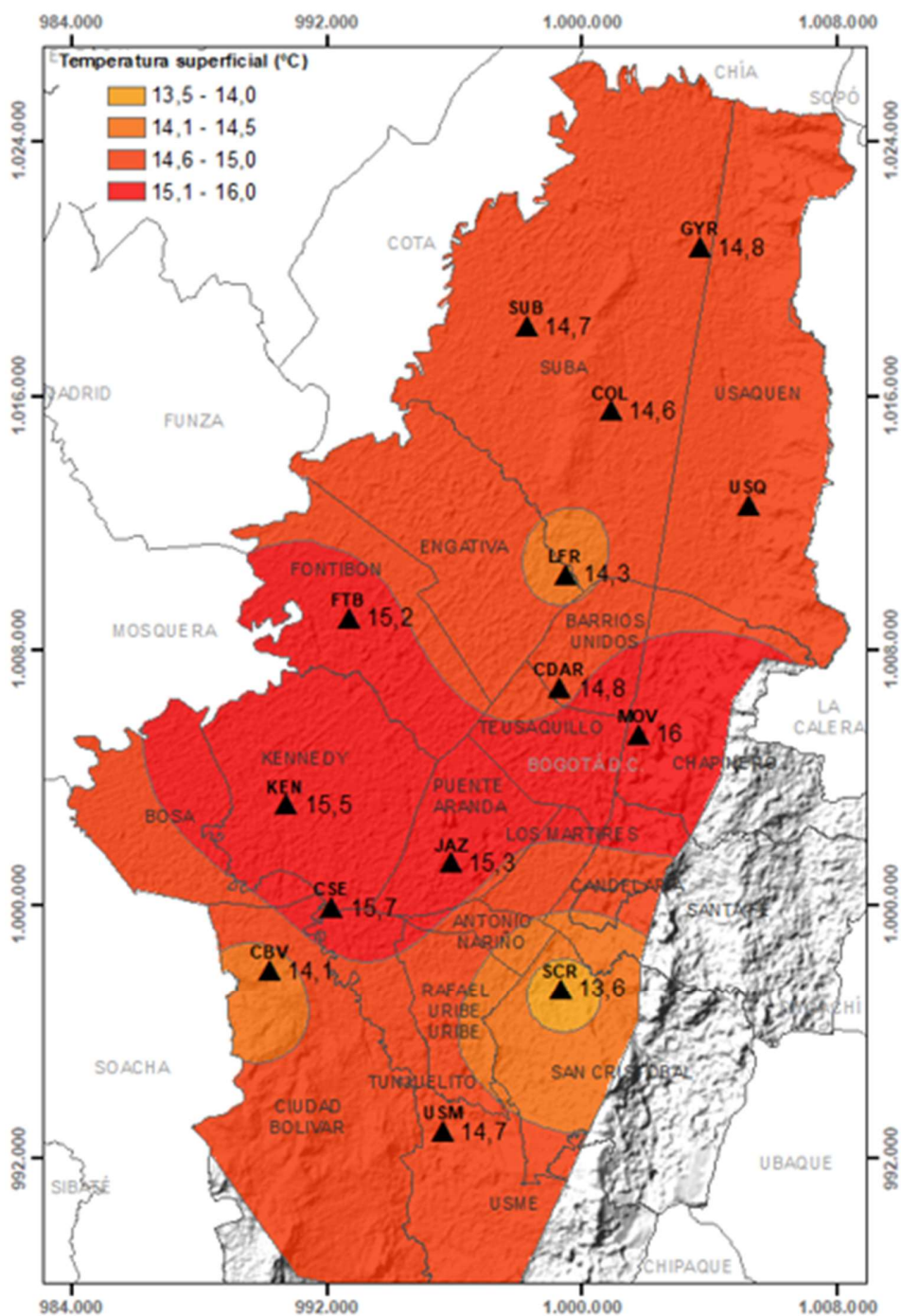


Figura 9-10 Mapa de Temperatura superficial - Año 2021

9.2.4. PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA

En la Tabla 9-8 se presenta el resumen de los registros medios anuales por estación desde 2000 a 2021. Estos reportes permiten evidenciar que en 2021 la temperatura media superficial tuvo un descenso con respecto a 2020, como se describió anteriormente.

En la Figura 9-11 se observa cómo ha variado en promedio la temperatura anual de la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el 2021. Este resumen evidencia la evolución de la temperatura del aire en la ciudad de Bogotá durante aproximadamente dos décadas. Así mismo, se aprecia que frente a los dos años anteriores y a 2016 (los más calientes de la última década), en 2021 las temperaturas medias superficiales mostraron una ligera reducción.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2021

Tabla 9-8 Promedios de temperatura media anual de los años 2000 a 2021

Estaciones	BOS*	CSE	CDAR	CBV*	FTB	GYR	JAZ*	KEN	LFR	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM*	Promedio
2000	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.	13,5
2001	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.	14,8
2002	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.	14,9
2003	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.	14,5
2004	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.	14,2
2005	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.	15,0
2006	N.A.	12	N.A.	N.A.	14,1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	14,6	N.A.	12,6	N.A.	N.A.	N.A.	13,4
2007	N.A.	11	N.A.	N.A.	13,9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	14,6	N.A.	13,2	N.A.	N.A.	N.A.	13,2
2008	N.A.	14	13,9	N.A.	14,1	13,9	N.A.	13,6	13,3	14	N.A.	13,7	N.A.	11,9	N.A.	13,6
2009	N.A.	15	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.	14,5
2010	N.A.	16	14,8	N.A.	14,5	14,8	N.A.	14,8	14,2	14,6	14	N.A.	N.A.	15,1	N.A.	14,6
2011	N.A.	15	14,5	N.A.	13,6	14,3	N.A.	14,4	13,7	14	14	N.A.	13,2	14,4	N.A.	14,1
2012	N.A.	15	14,6	N.A.	13,8	14,3	N.A.	14,5	13,9	13,8	13	14	13,4	14,4	N.A.	14,1
2013	N.A.	16	14,8	N.A.	14,1	14,6	N.A.	14,8	14,2	13,7	13	14,3	13	14,8	N.A.	14,3
2014	N.A.	16	14,8	N.A.	N.A.	14,6	N.A.	14,9	14,2	14	13	14,3	13,1	14,7	N.A.	14,3
2015	N.A.	16	15,2	N.A.	N.A.	14,8	N.A.	15,3	14,4	14,4	13	14,6	13,5	N.A.	N.A.	14,6
2016	N.A.	16	15,4	N.A.	N.A.	15,1	N.A.	15,3	14,7	15	14	15	14,4	N.A.	N.A.	15,0
2017	N.A.	16	14,9	N.A.	N.A.	14,7	N.A.	15,1	14,3	14,5	13	14,6	13,4	13,2	N.A.	14,4
2018	N.A.	16	14,7	N.A.	N.A.	14,5	N.A.	15,2	14,1	14,2	13	14,4	13,4	N.A.	N.A.	14,3
2019	N.A.	16	15,1	N.A.	15,4	14,9	N.A.	16,6	14,5	14,2	13	14,8	15,5	14,7	N.A.	15,0
2020	14	16	15	14,1	15,4	15	15,3	16,2	14,5	14,1	14	14,9	15,6	14,8	14,8	14,9
2021	N.A.	16	14,8	14,1	15,2	14,8	15,3	15,5	14,3	N.A.	14	14,7	N.A.	14,6	14,7	14,8
Promedio (°C)		15	14,8		14,3	14,6		15,1	14,5	14,4	13	13,9	13,9	14,3		13,9

* Son indicativos. Numero de datos insuficientes para promediar. N.A.: no cumple criterio de representatividad.

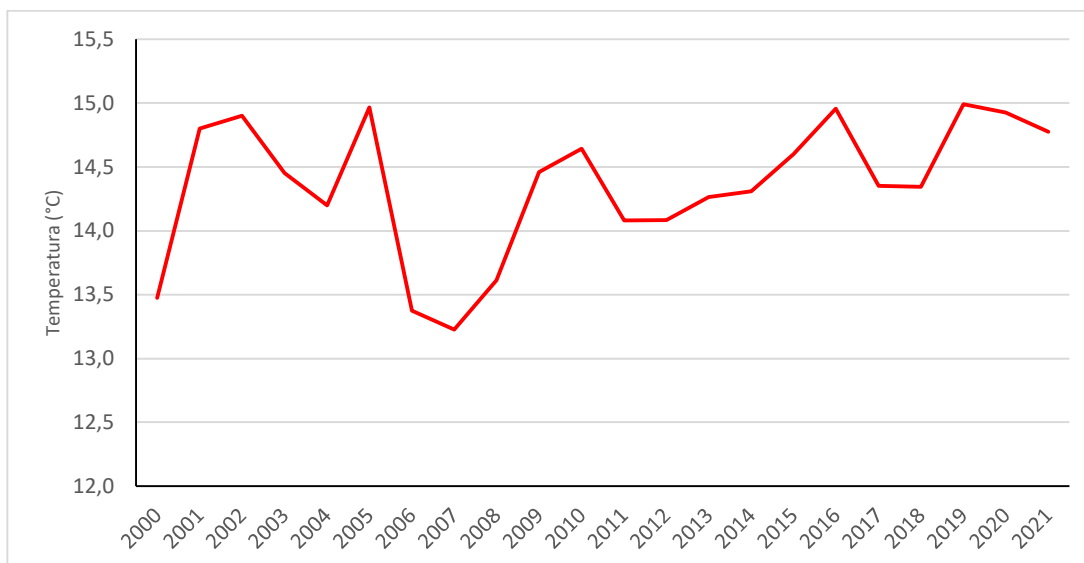


Figura 9-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2021

9.3. 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, es absorbida por la superficie de la tierra de manera diferencial de acuerdo con sus capacidades de absorción (albedo). De acuerdo con las propiedades térmicas, cada superficie conforme absorbe radiación, la transfiere al aire como ondas de calor que son absorbidas de manera eficiente dada sus propiedades diatérmicas, lo que a su vez genera diferencias de presión que propician el movimiento de las masas de aire 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 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 en que pueden ayudar en mayor o menor grado con los procesos de mezcla y transporte de los contaminantes, cuando las partículas se encuentran en suspensión y dependiendo de las condiciones sinópticas y la circulación local de las masas de aire. 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.

9.3.1. PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con los registros, la velocidad del viento en 2021 fue menor que el promedio multianual, excepto durante el mes de abril, como se puede observar en la Figura 9-12.

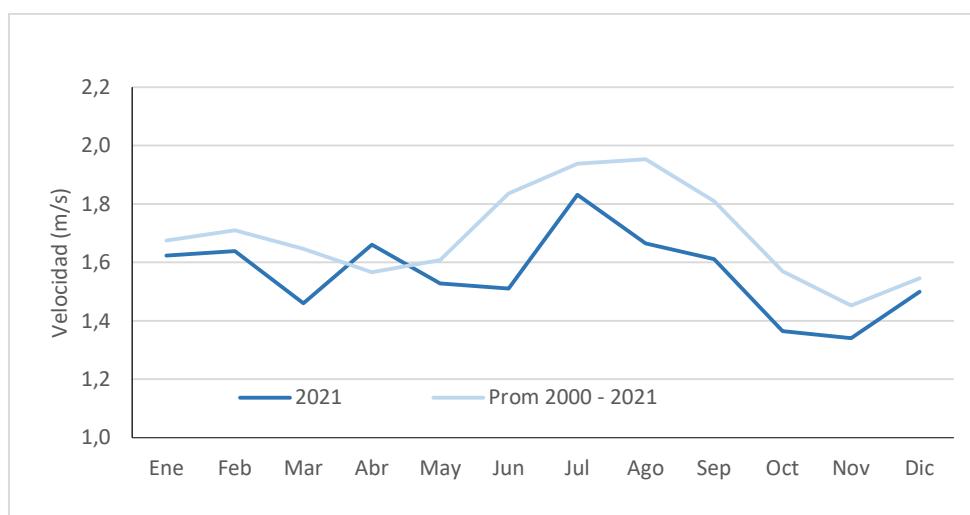


Figura 9-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2021) Vs. 2020 y 2021

De otro lado, si se compara el comportamiento de las velocidades del viento por estación entre los años 2000 a 2021 con los años recientes, se observa que las estaciones Puente Aranda y Kennedy se han mantenido como los sectores de la ciudad con mayores velocidades (Tabla 9-9 y Figura 9-13).

Tabla 9-9 Promedio multianual por estación de los años 2000 – 2021

Estación	BOS*	CSE	CDAR	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV2*	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2000	N.A.	0,9	N.A.	N.A.	N.A.	1,7	0,4	N.A.	N.A.	1,9	N.A.	1,4	N.A.	1,2
2001	N.A.	1,3	N.A.	N.A.	N.A.	1,7	0,5	N.A.	N.A.	2,4	N.A.	1,4	N.A.	1,1
2002	N.A.	1,2	N.A.	0,6	N.A.	1,6	0,5	N.A.	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.	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.	2,7	N.A.	1,6	N.A.	N.A.
2005	N.A.	N.A.	1,9	N.A.	N.A.	1,5	N.A.	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	N.A.	1,6
2006	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,5	1,4	N.A.	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	1,3	N.A.	2,4
2007	N.A.	1,8	1,1	1,1	1,5	1,4	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	N.A.	1,5	2,1	1,8
2008	N.A.	1,9	1,4	1,2	2,3	1,9	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	N.A.	0,5	1,3	0,7
2009	N.A.	2,4	1,7	1,3	2,7	2,1	1,2	N.A.	N.A.	2,9	N.A.	0,9	1,2	0,9
2010	N.A.	2,1	1,5	N.A.	2,5	1,7	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	1,1	1,0	1,2	1,2
2011	N.A.	2,1	1,3	0,9	2,4	1,8	N.A.	N.A.	1,7	2,7	1,7	1,8	1,1	1,4
2012	N.A.	2,4	1,4	1,0	2,6	1,9	N.A.	N.A.	2,7	2,2	1,8	2,0	1,1	1,6
2013	N.A.	2,4	1,4	1,0	2,5	1,9	1,8	N.A.	2,9	2,1	2,2	2,0	1,1	1,6

Estación	BOS*	CSE	CDAR	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV2*	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2014	N.A.	2,4	1,4	1,1	2,6	1,8	1,8	N.A.	1,3	2,1	1,8	1,9	1,0	1,4
2015	N.A.	2,6	1,5	1,1	2,8	2,0	1,8	N.A.	1	2,3	1,2	1,9	1,2	1,7
2016	N.A.	2,0	1,2	0,9	2,4	1,7	1,5	N.A.	0,9	2,1	1,7	1,4	1,2	1,7
2017	N.A.	2,0	1,2	0,9	2,3	1,6	1,4	N.A.	1,2	1,9	1,6	1,3	1,1	1,6
2018	N.A.	2,0	1,2	1,0	2,3	1,6	N.A.	N.A.	1,1	2,2	1,5	1,4	1,2	1,6
2019	N.A.	1,6	1,3	1,4	2,4	1,6	1,3	N.A.	1,3	N.A.	1,5	1,2	1,4	1,6
2020	N.A.	1,1	1,2	1,5	2,3	1,8	1,2	N.A.	1,1	1,9	1,6	1,1	1,6	1,5
2021	N.A.	1,7	1,2	1,5	2,0	1,9	1,1	N.A.	1	1,8	1,3	1,3	1,2	1,4
Prom. 2010 - 2021		1,9	1,3	1,1	2,3	1,7	1,2		1,5	2,4	1,6	1,4	1,3	1,4

* Son indicativos. Numero de datos insuficientes para promediar. N.A.: no cumple criterio de representatividad.

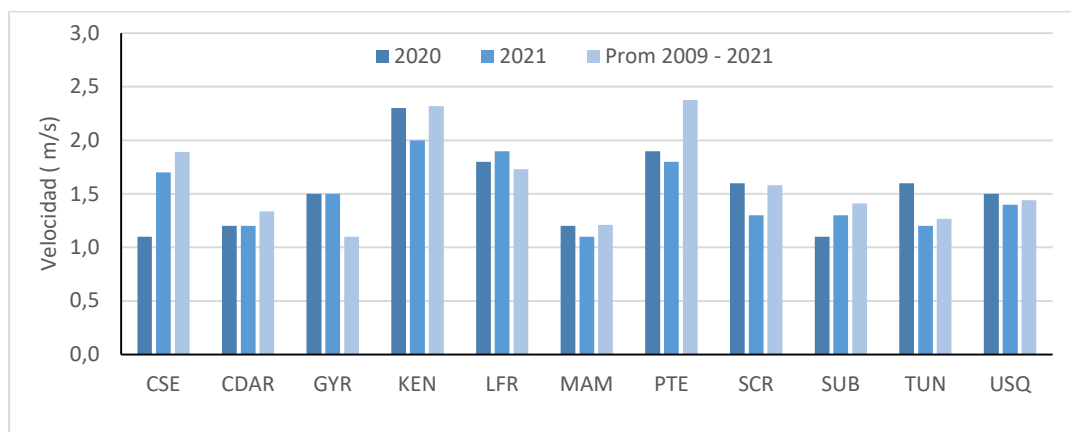


Figura 9-13 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2020 y 2021 Vs. Promedio 2009 – 2021

9.3.2. PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Tabla 9-10 se presenta un resumen del comportamiento promedio mensual multianual de los vientos durante las últimas décadas. De acuerdo con los registros, las velocidades del viento en 2021 fueron menores que el promedio multianual, excepto durante el mes de abril como se visualiza en la Figura 9-14. Este comportamiento sugiere que en 2021 la capacidad de remoción de contaminantes pudo haber sido mayor que en 2020 con una contribución durante el mes de julio, superando incluso el mes de agosto, mes en el que históricamente se han presentado las mayores velocidades del viento a lo largo de los años.

Tabla 9-10 Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 – 2021

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
Prom. 2000 - 2021	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

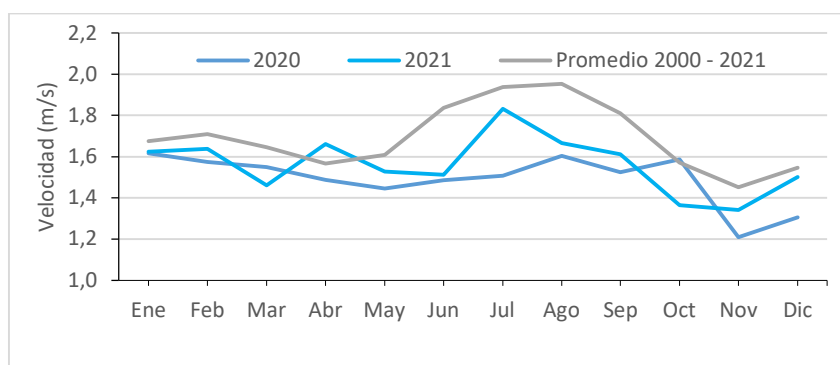
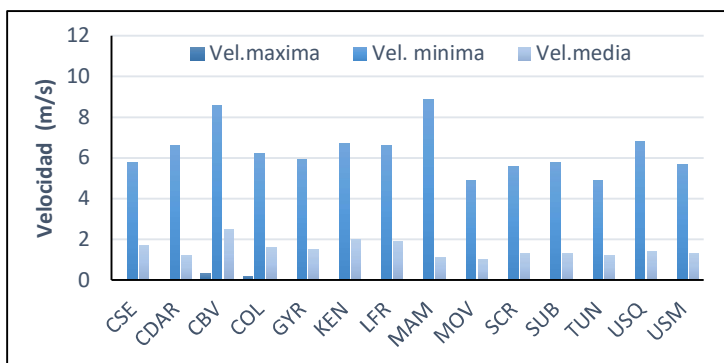


Figura 9-14 Comportamiento de la velocidad media mensual en 2020 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2021

La información complementaria que se presenta en la Figura 9-15 en la que se observan los valores medios, máximos y mínimos absolutos registrados durante el año 2021. En esta figura se evidencia que para el período del estudio las máximas velocidades absolutas se registraron hacia los sectores de MinAmbiente, Ciudad Bolívar y Jazmín.

Los eventos de máximas velocidades se pueden presentar bajo diferentes condiciones atmosféricas, ya sea en horas de mayor acumulación de energía y con 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 cuando mayor cantidad de energía se ha acumulado, mezclando y limpiando la atmosfera de la ciudad con mayor capacidad de vientos de menor magnitud.

De acuerdo con los registros, se observa que hacia el sector de Bosa el viento alcanza velocidades relativamente mayores a las registradas en las estaciones Kennedy y Puente Aranda. Los valores registrados en la estación Bosa confirman las velocidades del viento que superan las registradas al interior de la ciudad y se caracterizan por tener una fuerte componente suroccidental. En el sector de Jazmín se han registrado velocidades idénticas a las medidas en la estación Puente Aranda por la cercanía entre estaciones.



Estación	Vel. Mín.	Vel. Máx.	Vel. Med.
BOS*	0	8,2	2,5
CSE	0	5,8	1,7
CDAR	0	6,6	1,2
CBV	0,3	8,6	2,5
COL	0,2	6,2	1,6
GYR	0	5,9	1,5
JAZ	0,3	8	1,8
KEN	0	6,7	2
LFR	0	6,6	1,9
MAM	0	8,9	1,1
MOV2*	0,1	5	1,4
MOV	0	4,9	1
PTE*	0	7,3	1,8
SCR	0	5,6	1,3
SUB	0	5,8	1,3
TUN	0	4,9	1,2
USQ	0	6,8	1,4
USM	0	5,7	1,3
Prom.	0,1	6,9	1,7

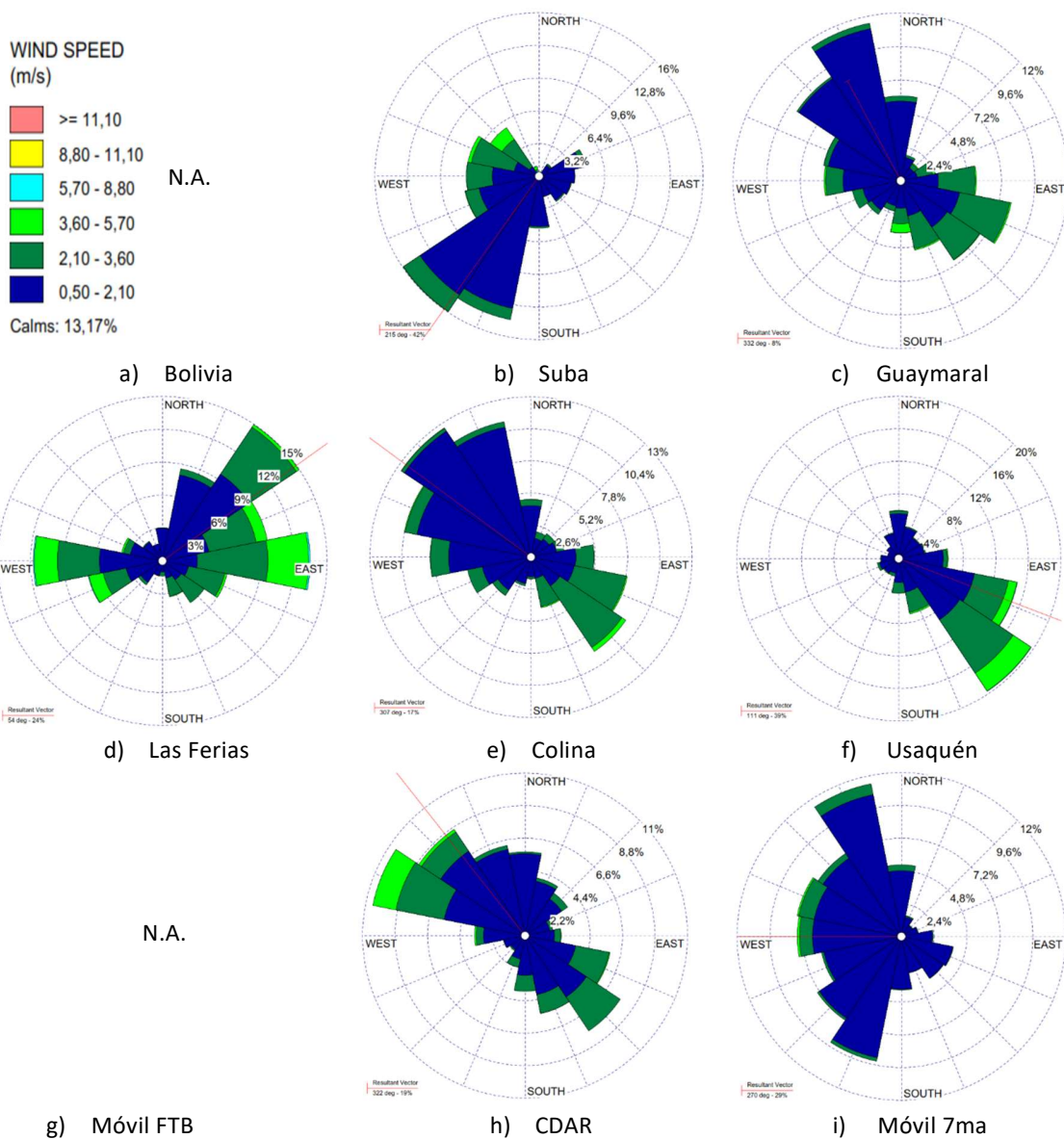
Figura 9-15 Velocidades absolutas de la velocidad del viento – Año 2021

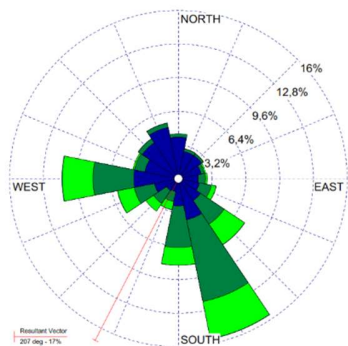
* Los valores estimados en estas estaciones son indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

Para ampliar la información anterior, en la Figura 9-16 se presentan las rosas de vientos anuales de la RMCAB durante el año 2021, para las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%. Si bien las rosas de vientos representan una instantánea del comportamiento promedio anual de 2021, estas adicionalmente ofrecen información acerca de las direcciones predominantes de los vientos en la ciudad durante todo el año, además de su frecuencia y magnitud.

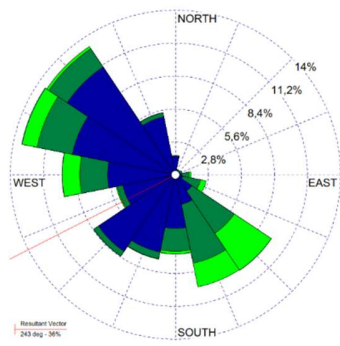
De este modo, se puede deducir que en el área de influencia de la estación Carvajal - Sevillana (donde se registran las mayores concentraciones de contaminantes de la ciudad) se presentaron velocidades entre 0,5 y 5,7 m/s con predominio de vientos del suroriente en un 27 % del tiempo, aunque son más frecuentes las velocidades bajas de entre los 0,5 y los 2,1 m/s las cuales contribuyen con la limpieza de la ciudad ejercida por la fuerza del viento, aunada a la convección térmica.

Se destacan además los porcentajes de vientos presentados en las estaciones San Cristóbal y Usaquén con porcentajes de vientos de entre 35% y 45%, provenientes del oriente y del suroriente, los cuales también contribuyen con la depuración aerodinámica de la ciudad.

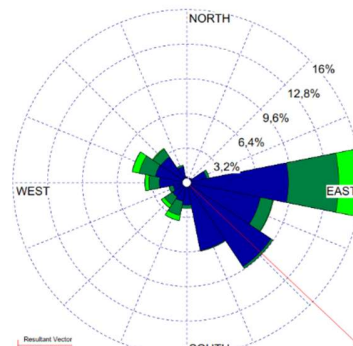




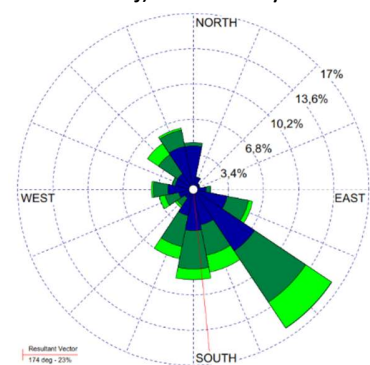
j) Kennedy



k) Jazmín

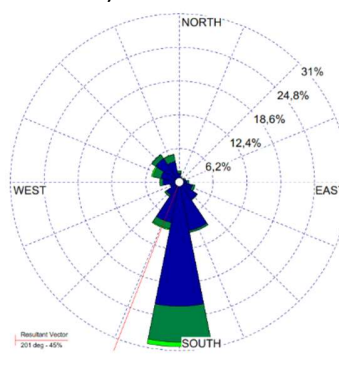


l) MinAmbiente

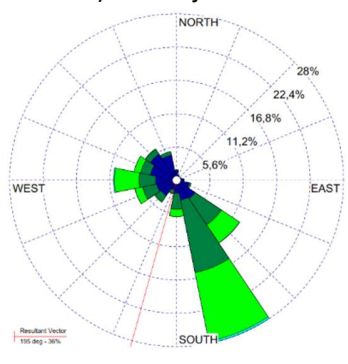


m) Carvajal - Sevillana

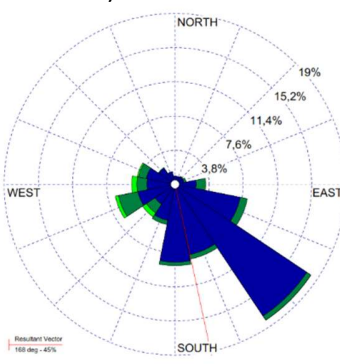
N.A.



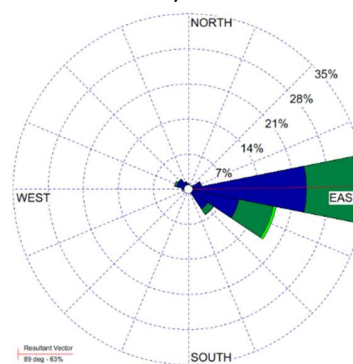
o) Usme



p) Ciudad Bolívar



q) Tunal



r) San Cristóbal

Figura 9-16 Rosas de vientos consolidadas por estación – Año 2021

9.3.3. PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

La magnitud de la velocidad de los vientos está influenciada por el ciclo diurno del sol, por lo que es importante conocer su comportamiento en diferentes horas del día tanto en velocidad como en dirección, a fin de hallar patrones intradiurnos que podrían explicar la forma en que los contaminantes son dispersados en la ciudad. Así pues, en 2021 la velocidad del viento en un día normal del año en promedio se presenta en la Tabla 9-11, en esta se resume el predominio promedio, tanto de la velocidad como de la dirección del viento, en diferentes fracciones de un día normal. 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.

En la Tabla 9-11 se puede observar que en 2021 las mayores velocidades del viento se presentaron entre las horas de la mañana y la tarde, mientras que las velocidades más bajas ocurrieron en la madrugada y en la noche. El comportamiento de las direcciones del viento se puede apreciar con mayor detalle en la Figura 9-17.

Tabla 9-11 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	0,9	1,6	2,9	1,5	175	147	220	184
CDAR	0,6	1,2	2,1	0,9	327	358	230	325
CBV	1,5	2,5	3,8	2,2	225	132	207	203
COL	1,1	1,7	2,2	1,3	319	6	179	292
GYR	0,9	1,6	2,3	1,1	326	2	164	292
JAZ	1,0	1,8	3,1	1,4	266	221	225	243
KEN	1,1	1,8	3,4	1,8	355	134	217	211
LFR	1,3	1,9	2,8	1,7	26	134	185	22
MAM	0,6	1,1	2,0	0,9	143	74	130	129
MOV	0,7	0,9	1,3	0,9	234	284	309	262
SCR	0,7	1,0	1,8	1,3	90	75	85	86
SUB	0,8	1,5	2,0	0,9	206	221	324	190
TUN	0,7	1,1	2,0	1,0	171	163	183	171
USQ	0,9	1,3	2,0	1,3	85	71	150	115
USM	0,8	1,4	1,8	1,2	211	211	206	196
Prom.	1,0	1,6	2,7	1,4				

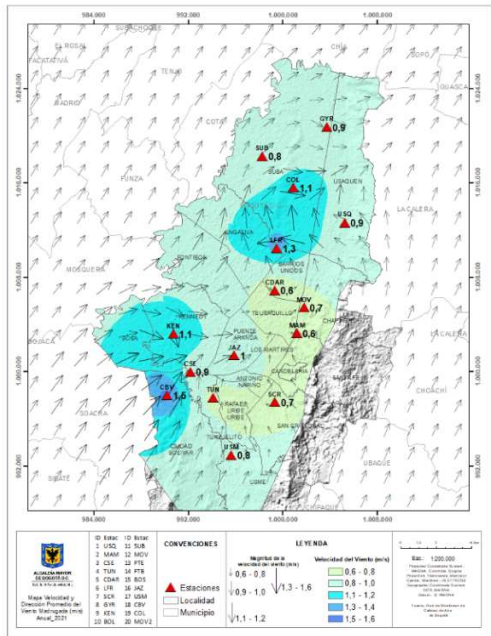
En la Figura 9-17 se presentan los mapas que permiten observar el comportamiento promedio de cada fracción del día durante el año. Las fracciones consideradas fueron así: de las 0 horas hasta las 6 am, madrugada; de las 6 am a las 12 m, mañana; de las 12 m a las 6 pm, tarde; y de las 6 pm hasta las 12 pm o 0 horas, noche. De acuerdo con esto, el comportamiento de los vientos en las diferentes fracciones del día durante el año 2021, fueron como a continuación se describe:

En las madrugadas de 2021 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 sureste. Al sur de la ciudad vientos del sur y suroccidente; en el flanco oriental, vientos del sureste 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 y 1,5 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 desde fuentes externas a la ciudad de Bogotá y/o en las zonas periféricas del sur y del flanco occidental, debido a la componente sur y suroccidental de los vientos en las horas de la madrugada.

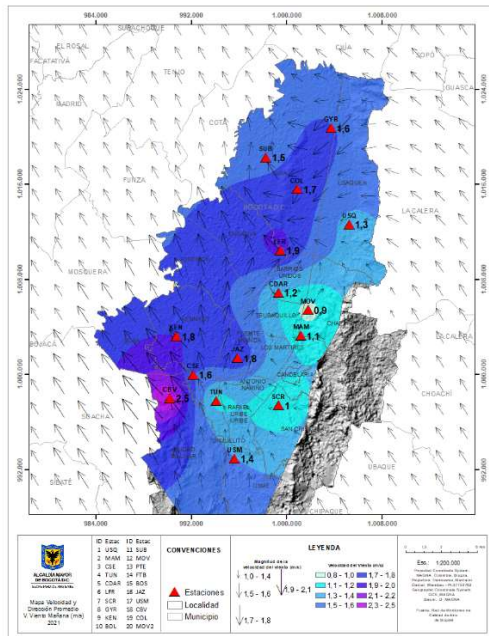
A diferencia del comportamiento promedio de los vientos en las horas de las madrugadas, en las horas de la tarde predominaron los vientos del sureste y noroeste en toda la ciudad con algunas variaciones en cuanto a la componente norte o la componente sur. De esta manera hacia el norte de la ciudad hubo mayor predominio de los vientos del noroeste, en tanto que al sur de la ciudad se hicieron mayormente predominantes los vientos del sureste. Naturalmente las velocidades en horas de la tarde adquirieron mayor vigor fluctuando entre 0,9 m/s hacia los cerros orientales y 2,5 m/s en el suroccidente de la ciudad donde normalmente se presentan las mayores velocidades del viento.

Con el caer de la tarde y el acumulamiento de la energía solar durante las horas anteriores, el aire adquiere mayor inercia generando velocidades mayores por lo que en esta fracción del día los vientos adquirieron velocidades medias de entre 1,3 m/s cerca a los cerros orientales junto a la estación Móvil 7ma y hasta 3,8 m/s en el sector suroccidental de la ciudad en la zona de influencia de la estación Ciudad Bolívar. Para esta fracción del día en promedio, los vientos tuvieron un predominio del suroccidente, posibilitando la ocurrencia de las lluvias durante las horas de la tarde como se observó en la Figura 9-1. El viento cargado de humedad colisiona con los cerros orientales, complementándose con condiciones de estabilidad atmosférica favorables, lo que resulta en lluvias en horas de la tarde por el ascenso y formación de nubes productoras de lluvia.

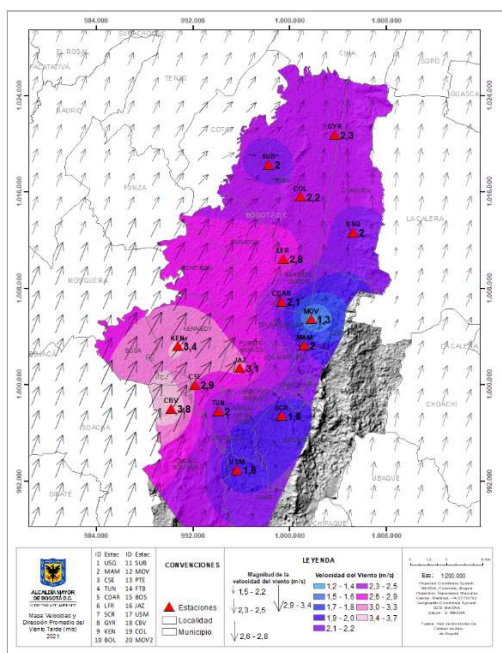
De acuerdo con los registros, se estima que en horas de la noche predominaron los vientos del oriente lo largo de los cerros orientales, pero al parecer vientos del suroccidente también hicieron presencia durante las horas de la noche, con el posible transporte o arrastre de los contaminantes descargados a la atmosfera en horas de la tarde, hacia el noroeste y norte de la ciudad. Naturalmente, con un descenso en la velocidad del viento por la disminución de energía solar entrante.



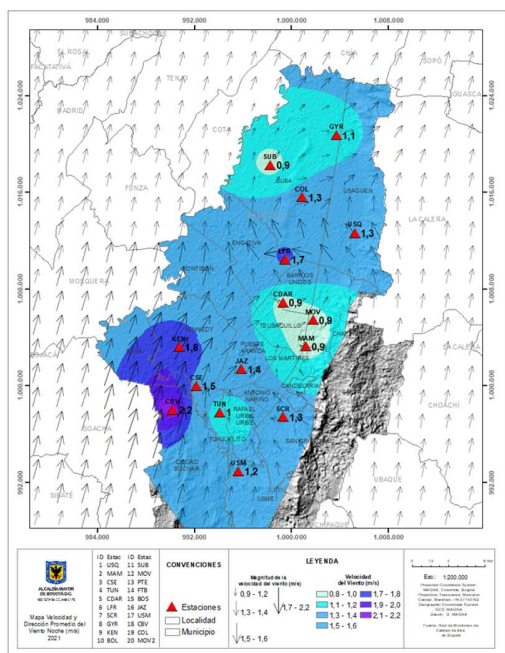
a) Madrugada



b) Mañana



c) Tarde



d) Noche

Figura 9-17 Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año
 a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche - Año 2021

9.3.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

Complementariamente a la información que podrían aportar las rosas de los vientos, se presenta el mapa de la Figura 9-18 este mapa resume el comportamiento de los vientos durante la vigencia 2021, visualizando cuáles fueron las componentes del viento predominantes durante todo el año y las velocidades medias alcanzadas, las cuales estuvieron entre 1 m/s y 2,5 m/s. Así pues, se puede establecer que predominaron los vientos del suroccidente penetrando a la ciudad incluso hasta los cerros orientales en el sector norte.

En menor proporción se observa un predominio de los vientos del suroriente, de lo que se podría concluir que durante 2021 hubo un debilitamiento de los vientos alisios del suroriente, permitiendo la mayor influencia de los vientos de escala local provenientes del suroccidente.

En estos términos, posiblemente la ciudad se vio afectada por la introducción de contaminantes de fuentes externas y no se vio altamente favorecida por vientos que contribuyeran al transporte y arrastre de contaminantes por fuera de la ciudad como ocurre con frecuencia durante el ciclo anual.

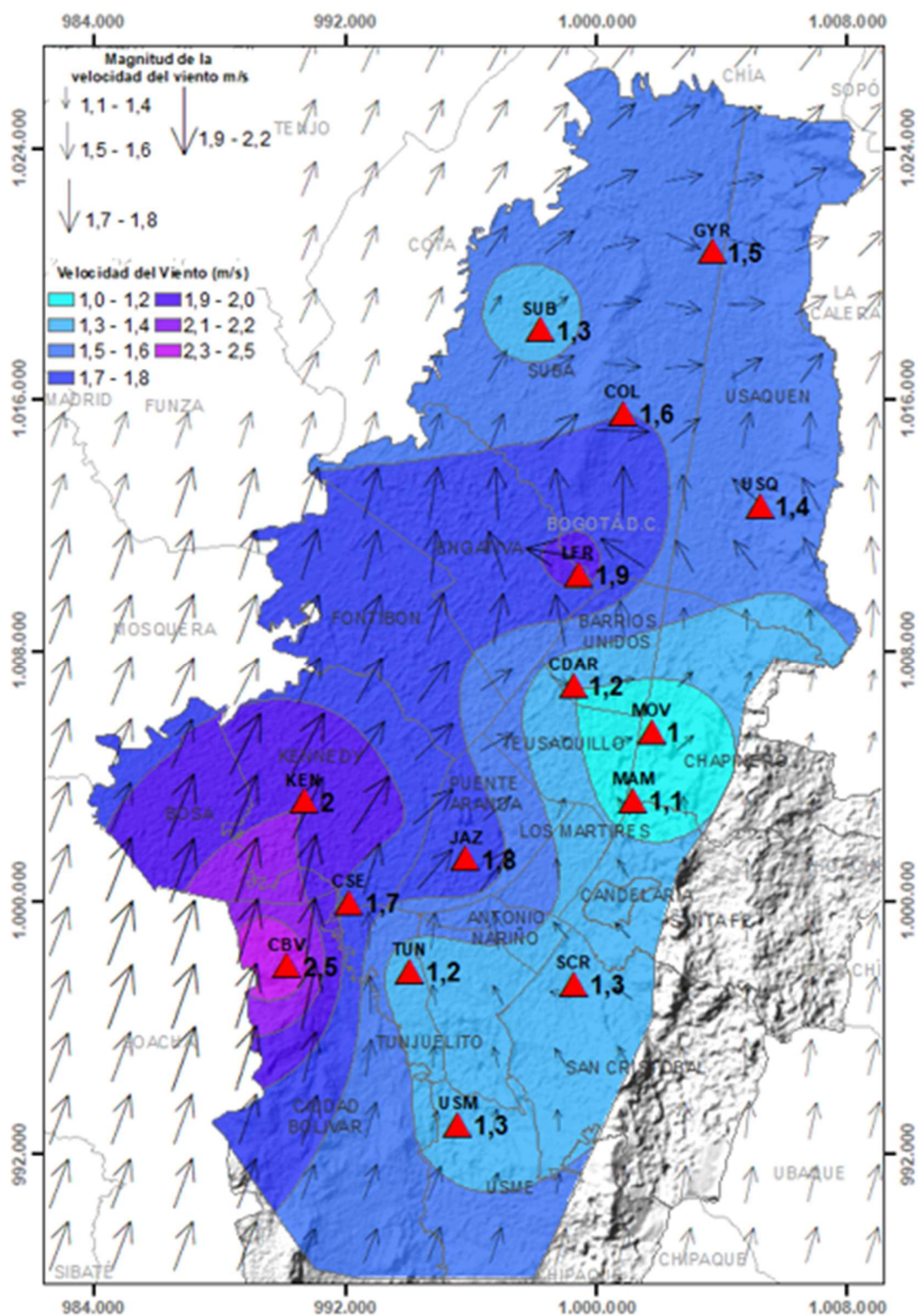


Figura 9-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2021

9.3.5. PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

La Tabla 9-12 resume los promedios anuales de velocidad del viento desde el año 2000 hasta el 2021, contiene información de estaciones recientes y estaciones antiguas que hicieron parte de la RMCAB. Al comparar los valores históricos con el promedio de 2021, se puede observar que el promedio de este año no presentó una variación considerable, por el contrario, continúa presentando magnitudes similares a la de los años recientes como se puede evidenciar en la Figura 9-19.

De los resultados presentados en la Tabla 9-12 es importante anotar que las estaciones Bosa y Móvil Fontibón cuentan con valores indicativos dado que la representatividad de los datos es menor al 75%. Adicionalmente, estaciones nuevas como Jazmín y Ciudad Bolívar no se incorporaron al promedio por estación toda vez que el número de datos no es adecuado para ser promediados estadísticamente.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL 2021

Tabla 9-12 Comportamiento histórico de la velocidad del viento entre 2000 - 2021

Est.	BOS	CSE	CDAR	CBV	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	MOV2	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	USM	Prom.
2000	N.A.	0,9	N.A.	N.A.	2,4	N.A.	N.A.	N.A.	1,7	0,4	N.A.	N.A.	1,9	N.A.	1,4	N.A.	1,2	N.A.	1,4
2001	N.A.	1,3	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	N.A.	1,7	0,5	N.A.	N.A.	2,4	N.A.	1,4	N.A.	1,1	N.A.	1,6
2002	N.A.	1,2	N.A.	N.A.	2,8	0,6	N.A.	N.A.	1,6	0,5	N.A.	N.A.	2,4	N.A.	1,3	N.A.	1	N.A.	1,4
2003	N.A.	2,1	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2,6	N.A.	N.A.	N.A.	1,2	N.A.	2,2
2004	N.A.	N.A.	0,8	N.A.	2,7	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.	2,1
2005	N.A.	N.A.	1,9	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	N.A.	1,5	N.A.	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	N.A.	1,6	N.A.	2,1
2006	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2,9	N.A.	N.A.	1,5	1,4	N.A.	N.A.	N.A.	2,8	N.A.	1,3	N.A.	2,4	N.A.	2,1
2007	N.A.	1,8	1,1	N.A.	3,4	1,1	N.A.	1,5	1,4	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	N.A.	1,5	2,1	1,8	N.A.	1,8
2008	N.A.	1,9	1,4	N.A.	2,7	1,2	N.A.	2,3	1,9	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	N.A.	0,5	1,3	0,7	N.A.	1,7
2009	N.A.	2,4	1,7	N.A.	3	1,3	N.A.	2,7	2,1	1,2	N.A.	N.A.	2,9	N.A.	0,9	1,2	0,9	N.A.	1,8
2010	N.A.	2,1	1,5	N.A.	2,8	N.A.	N.A.	2,5	1,7	N.A.	N.A.	N.A.	2,7	1,1	1	1,2	1,2	N.A.	1,8
2011	N.A.	2,1	1,3	N.A.	2,9	0,9	N.A.	2,4	1,8	N.A.	N.A.	1,7	2,7	1,7	1,8	1,1	1,4	N.A.	1,8
2012	N.A.	2,4	1,4	N.A.	3	1	N.A.	2,6	1,9	N.A.	N.A.	2,7	2,2	1,8	2	1,1	1,6	N.A.	2,0
2013	N.A.	2,4	1,4	N.A.	3	1	N.A.	2,5	1,9	1,8	N.A.	2,9	2,1	2,2	2	1,1	1,6	N.A.	2,0
2014	N.A.	2,4	1,4	N.A.	N.A.	1,1	N.A.	2,6	1,8	1,8	N.A.	1,3	2,1	1,8	1,9	1	1,4	N.A.	1,7
2015	N.A.	2,6	1,5	N.A.	N.A.	1,1	N.A.	2,8	2	1,8	N.A.	1	2,3	1,2	1,9	1,2	1,7	N.A.	1,8
2016	N.A.	2	1,2	N.A.	N.A.	0,9	N.A.	2,4	1,7	1,5	N.A.	0,9	2,1	1,7	1,4	1,2	1,7	N.A.	1,6
2017	N.A.	2	1,2	N.A.	N.A.	0,9	N.A.	2,3	1,6	1,4	N.A.	1,2	1,9	1,6	1,3	1,1	1,6	N.A.	1,5
2018	N.A.	2	1,2	N.A.	N.A.	1	N.A.	2,3	1,6	N.A.	N.A.	1,1	2,2	1,5	1,4	1,2	1,6	N.A.	1,6
2019	N.A.	1,6	1,3	N.A.	N.A.	1,4	N.A.	2,4	1,6	1,3	N.A.	1,3	N.A.	1,5	1,2	1,4	1,6	N.A.	1,5
2020	2,4	1,1	1,2	N.A.	4,2	1,5	N.A.	2,3	1,8	1,2	N.A.	1,1	1,9	1,6	1,1	1,6	1,5	N.A.	1,8
2021	2,5	1,7	1,2	2,5	N.A.	1,5	1,8	2	1,9	1,1	1,4	1	1,8	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,6
Prom.	2,5	1,9	1,3	2,5	2,9	1,1	1,8	2,3	1,7	1,2	1,4	1,5	2,4	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,8

N.A.: no cumple criterio de representatividad.

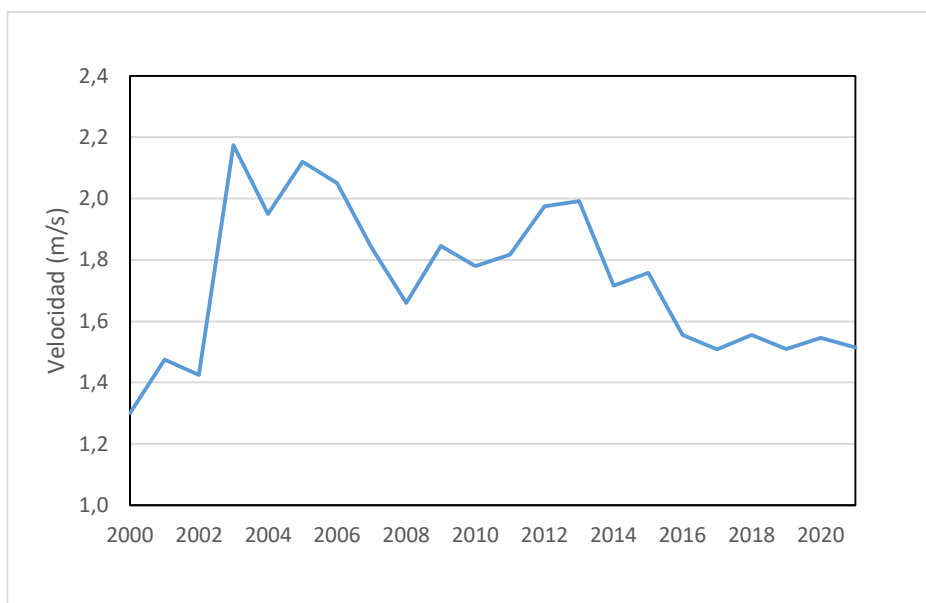


Figura 9-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 y 2021

9.4. RADIACION SOLAR

El sol es la fuente principal de energía para la mayor parte de los procesos que ocurren en la Tierra. De acuerdo con (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:

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

9.4.1. PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR

En la Figura 9-20 se evidencia que en Bogotá se acumuló en promedio aproximadamente 1,5 GW/m². La mayor cantidad de energía se recibió durante el primer mes del año, superando mínimamente el promedio multianual de 2009 a 2021. Comparado con el año anterior, el total

acumulado fue inferior, en los meses siguientes la cantidad de radiación solar se mantuvo por debajo de los registros de 2020 y ligeramente por encima el promedio multianual.

Por lo anterior, las temperaturas superficiales durante el año 2021 mostraron una disminución con respecto al año 2020.

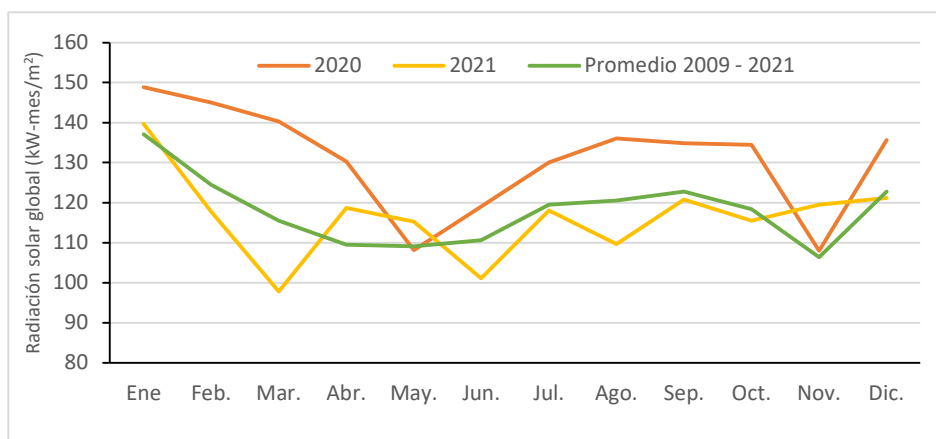


Figura 9-20 Comportamiento mensual de la radiación solar en 2020 y 2021 vs. Promedio 2009 a 2021

9.4.2. PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 9-13 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, en esta se puede observar que en un día promedio se recibieron hasta 620 W/m^2 en la hora de mayor incidencia en la estación San Cristóbal. Por otra parte, en la Figura 9-21 se puede observar gráficamente el perfil promedio horario del año en toda la ciudad y los totales acumulados por estación, en dicho perfil se evidencia que las horas en la cuales se acumula mayor cantidad de energía en la ciudad son entre las 11 am y la 1 pm. De manera que, en las horas de la madrugada y la noche esta cantidad de energía tiende a cero.

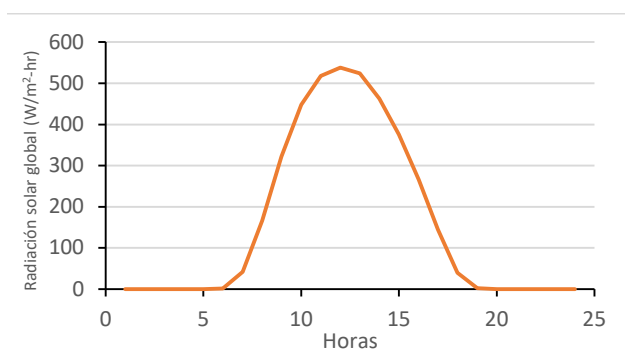
Con la acumulación de energía sobre todo en las horas de la tarde, los vientos incrementan su magnitud, así como los procesos convectivos y turbulentos, que constituyen los mecanismos para la depuración de la atmósfera de la ciudad.

En cuanto a la acumulación promedio durante un día, se puede observar que las estaciones San Cristóbal y Guaymaral fueron las que mayores acumulados registraron con totales de 4659 W/m^2 y 4429 W/m^2 , respectivamente. En 2021 las estaciones Usme y Jazmín reportaron datos que superaron el porcentaje de representatividad temporal requerido, sin embargo, la estación Bosa no contó con la misma representatividad ya que esta variable se monitoreó hasta agosto por inconvenientes de orden público.

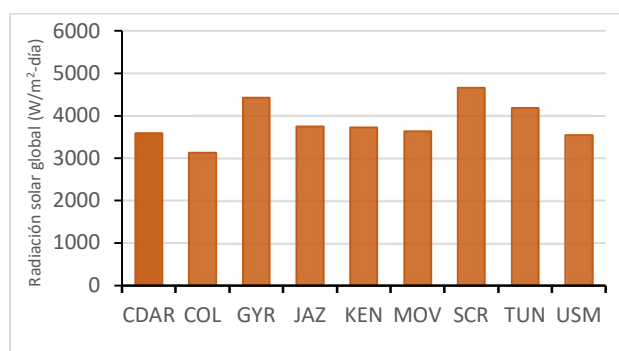
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

Tabla 9-13 Cantidad de energía recibida durante el día – Año 2021

Hora	CDAR	COL	GYR	JAZ	KEN	MOV	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	
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	1	4	1	1	0	1	1	1	1	1
7:00	50	42	50	46	38	33	26	49	41	42
8:00	183	153	221	168	166	139	126	183	162	167
9:00	322	293	410	306	315	309	309	333	297	322
10:00	421	394	546	422	440	461	502	444	400	448
11:00	480	436	620	488	492	531	630	527	460	518
12:00	486	436	604	527	503	539	687	574	486	538
13:00	470	419	574	511	509	504	663	580	486	524
14:00	413	357	502	460	465	426	582	534	422	462
15:00	338	278	408	374	372	342	485	429	355	376
16:00	247	188	296	263	259	216	355	311	260	266
17:00	140	100	159	146	138	105	200	173	140	144
18:00	37	26	39	39	33	28	76	46	34	40
19:00	0	0	0	0	0	0	16	1	1	2
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3589	3125	4429	3752	3729	3635	4659	4186	3546	



a) Perfil horario



b) Total acumulado por día

Figura 9-21 Cantidad de radiación solar recibida en promedio día durante 2021

a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación.

9.4.3. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

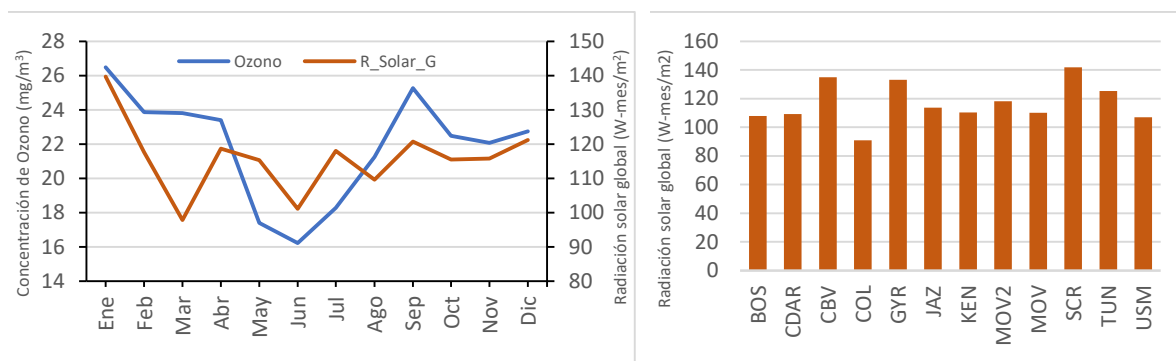
En la Tabla 9-14 se presenta un consolidado de los totales acumulados mensuales por cada una de las estaciones, así mismo, en la Figura 9-22 se detallan las variaciones mensuales de radiación solar durante el año. En la Tabla 9-14 se observa que los meses con mayores acumulados fueron enero y septiembre, entretanto, las cantidades de radiación solar registradas en la mitad del año fueron relativamente bajas en comparación con el año anterior. De la misma forma, el mes de febrero registro bajas cantidades de radiación solar. Este comportamiento está asociado con la presencia o ausencia de nubosidad en la bóveda celeste que cubre la ciudad. Así pues, en ausencia de vapor de agua la posibilidad de formación de nubes se reduce y viceversa, lo cual está estrechamente relacionado con el ciclo anual de la zona de confluencia intertropical.

Contemplando la influencia de la radiación solar en las concentraciones de ozono en la Figura 9-22, se evidencia el perfil de las concentraciones de ozono promedio de 2021. Este perfil permite observar que, así como durante los meses de enero y septiembre se presentaron altos acumulados de radiación solar, así mismo las mayores concentraciones promedio de ozono se presentaron en dichos meses.

Tabla 9-14 Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m²) – Año 2021

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
BOS	138,7	115,7	94,8	114,0	115,2	101,1	117,7	66,5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	107,9
CDAR	135,4	104,5	89,0	107,5	110,8	101,8	110,6	105,7	110,0	109,0	111,8	113,6	109,1
CBV	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	107,9	149,3	139,5	137,9	140,2	135,0
COL	81,3	118,4	104,7	117,0	107,7	78,6	81,8	78,8	83,1	79,4	81,0	79,4	90,9
GYR	168,0	139,2	115,9	124,9	128,9	116,8	119,9	127,8	134,2	130,3	146,9	145,2	133,2
JAZ	140,9	108,5	90,1	116,5	113,9	108,1	119,5	113,7	118,8	110,3	112,1	111,3	113,6
KEN	146,9	116,4	96,3	121,4	103,5	85,5	111,1	111,3	108,0	101,8	111,4	110,0	110,3
MOV2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	33,8	129,8	124,0	125,9	133,5	134,5	145,4	118,1
MOV	138,5	98,6	78,7	102,6	105,7	109,7	129,1	110,7	119,3	107,8	110,3	109,9	110,1
PTE	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	75,2	125,9	100,5
SCR	178,6	145,3	119,0	150,5	140,4	140,9	144,9	138,5	143,1	131,7	131,0	136,5	141,7
TUN	149,6	122,3	99,7	123,0	124,4	126,8	129,5	126,2	127,5	120,0	130,3	123,6	125,2
USM	118,8	108,1	90,2	109,3	102,1	109,4	104,6	104,5	108,8	106,8	107,3	113,3	106,9
Prom.	132,9	117,3	98,9	116,0	115,3	101,3	109,9	100,1	119,1	113,7	117,9	117,9	115,0

N.A.: no cumple criterio de representatividad.



a) Comportamiento promedio mensual

b) Acumulado por estación

Figura 9-22 Comportamiento mensual de la radiación - Año 2021

a) promedio mensual Radiación Solar Vs concentración promedio mensual de Ozono; b) totales mensuales acumulados.

9.4.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

En la Tabla 9-15 se presenta el comportamiento multianual de los totales acumulados en la ciudad entre los años 2009 y 2021, de manera gráfica en la Figura 9-23 se evidencia la distribución anual, y los totales anuales acumulados por cada una de las estaciones. En 2021 las cantidades de radiación solar tienen aumentos por encima de las cantidades acumuladas en los años 2015 – 2020.

Tabla 9-15 Radiación solar acumulada anual en GW-año/m² periodo 2009 – 2021

ESTACIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
CDAR	1,48	1,29	1,34	1,47	1,47	1,41	1,52	1,54	1,35	1,28	1,19	1,35	1,31	1,38
GYR	1,63	N.A.	N.A.	1,58	1,55	1,51	1,49	1,68	1,64	1,41	1,34	1,71	1,60	1,56
KEN	N.A.	1,26	1,06	1,30	1,38	1,44	1,52	1,33	1,46	N.A.	0,80	1,51	1,32	1,31
MOV	N.A.	N.A.	N.A.	1,14	1,44	0,97	1,05	1,10	1,01	1,55	1,55	1,23	1,32	1,24
SCR	N.A.	N.A.	N.A.	0,83	N.A.	1,48	1,86	1,87	1,74	1,82	1,82	1,96	1,70	1,68
TUN	N.A.	1,21	1,34	1,40	1,39	1,37	1,38	1,47	1,28	1,42	1,56	1,67	1,50	1,42
BOS*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,36	N.A.	
USM*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,34	1,28	
JAZ*	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,35	1,36	
Prom.	N.A.	1,26	1,25	1,29	1,45	1,36	1,47	1,50	1,41	1,50	1,38	1,57	1,39	1,42

* Son indicativos. Numero de datos insuficientes para promediar. N.A.: no cumple criterio de representatividad

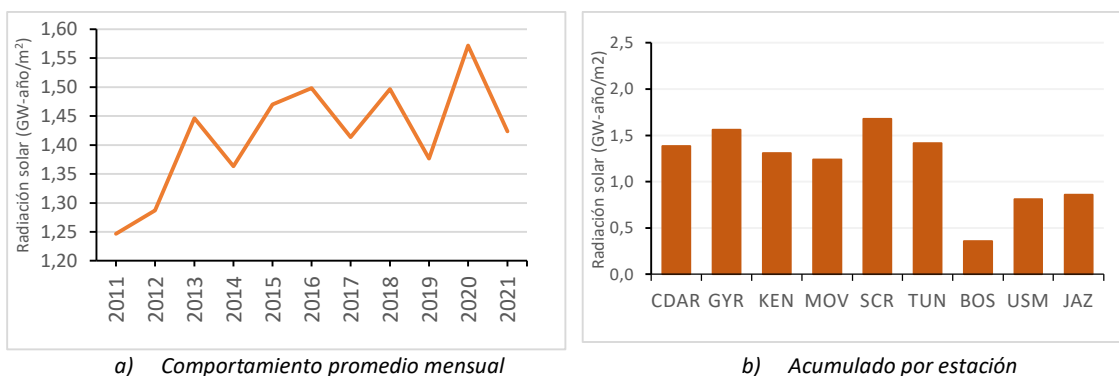


Figura 9-23 Comportamiento anual de la radiación en 2021
a) promedio anual; b) totales anuales acumulados

9.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

9.5.1. PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En 2021 el comportamiento de la presión atmosférica mostró una reducción con respecto al año anterior y respecto al promedio mensual multianual 2010 - 2021. Las presiones más bajas se presentaron en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, mientras que las mayores presiones se presentaron en julio y agosto (564 mmHg). A diferencia del año anterior, mientras las máximas presiones se presentaron en los meses de abril y mayo de 2021 y estuvieron dentro de la normalidad del ciclo anual, como se puede apreciar en la Figura 9-24 y la Tabla 9-16. Posiblemente las bajas presiones registradas durante este año están asociadas con los altos registros de precipitación.

Tabla 9-16 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
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
Prom. 2010 - 2021	564	563	564	564	564	564	564	564	564	564	563	563	564

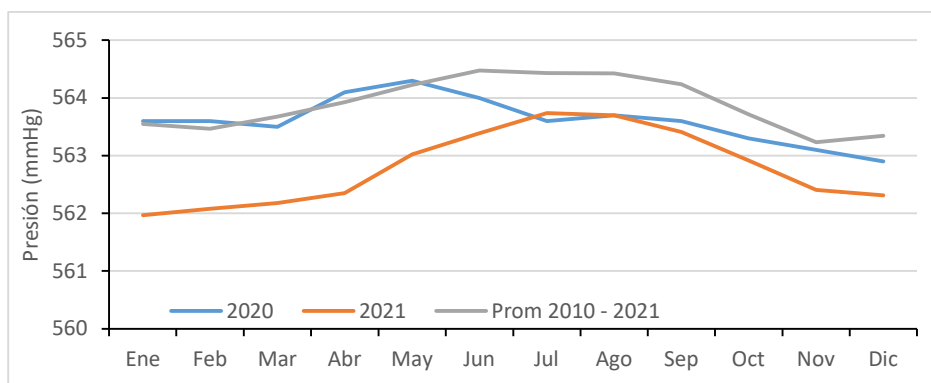


Figura 9-24 Comportamiento mensual de la presión en 2020 y 2021 frente al promedio mensual multianual 2010 – 2021

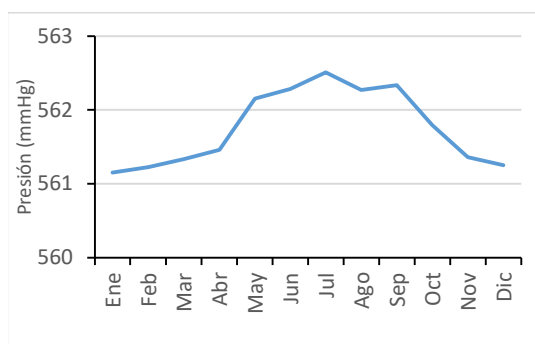
9.5.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En la Tabla 9-17 se presentan los valores medios mensuales de 2021, tanto al principio como al final del año, se evidenciaron menores presiones con una media mensual a nivel ciudad de 563 mmHg. Así mismo, dada su poca variabilidad se observa que en toda la ciudad la presión estuvo alrededor de los 563 y los 564 mmHg.

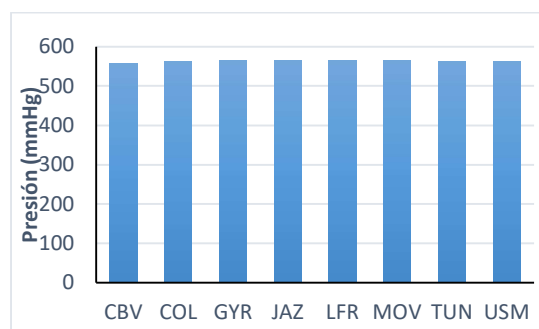
Tabla 9-17 Comportamiento promedio mensual de la presión - Año 2021

Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
BOS	564	564	564	564	565	565	565	566	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	565
CBV	556	556	556	557	557	557	558	558	557	557	557	557	557
COL	562	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	565	564	564	N.A.
GYR	563	563	563	564	564	564	565	564	565	564	563	563	564
JAZ	563	563	563	563	564	564	564	564	564	564	563	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.	N.A.
LFR	563	564	564	564	564	565	565	565	565	564	564	563	564
MOV2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	565	566	565	565	565	564	564	N.A.
MOV	562	562	562	562	563	563	563	563	563	562	562	562	562
PTE	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	562	562	N.A.
TUN	563	563	563	563	564	564	564	564	564	563	563	563	563
USM	561	561	561	561	562	562	563	562	562	562	561	561	562
Prom.	562	562	562	562	563	563	564	564	563	563	562	562	563

N.A.: no cumple criterio de representatividad



a) Promedio mensual ciudad 2021



b) Promedio anual por estación 2021

Figura 9-25 Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica – Año 2021
a) promedio ciudad; b) promedio por estación

9.5.3. PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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 9-18 y en la Figura 9-26, la presión en la ciudad varía regularmente entre las 10 de la mañana y las 10 de la noche aproximadamente, por lo 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 a las 10 de la mañana y el mínimo a las 4 de la tarde, con una amplitud de la presión de alrededor de 2,4 mmHg, lo cual está asociado al calentamiento del aire por acumulación de energía durante el día y por consiguiente al descenso de la presión, lo que su vez favorece la dispersión de los contaminantes porque la atmósfera se hace inestable y se propician los fenómenos de turbulencia mecánica y convectiva, que son los mecanismos principales de la atmósfera para mezclar y transportar los contaminantes que se encuentran en la capa límite planetaria. Por ello en las tardes, la atmósfera de la ciudad es 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 la zona donde se ubica la estación (100m) con respecto al nivel medio de la sabana de Bogotá. En cuanto a las estaciones Bosa, Usme y Jazmín sus promedios son coherentes a los valores históricos registrados en las antiguas estaciones la RMCAB.

Tabla 9-18 Variación de la presión horaria – Año 2021

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

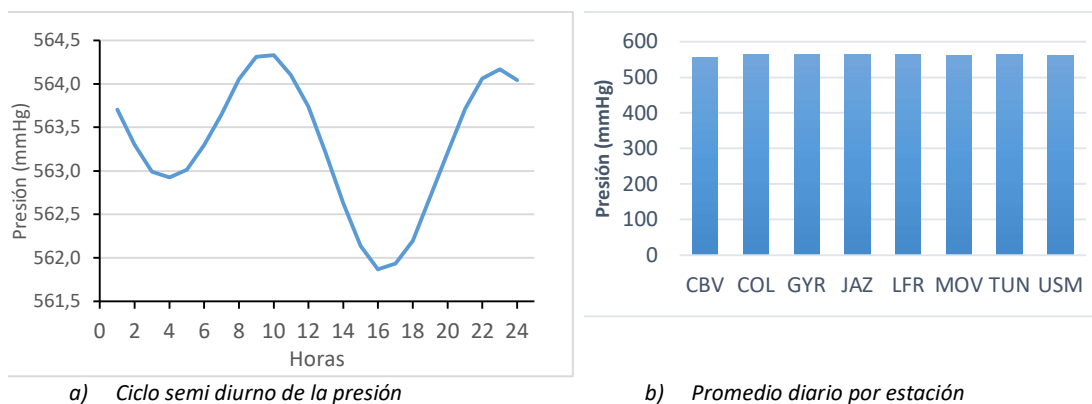


Figura 9-26 Comportamiento del ciclo semi-diurno de la presión atmosférica - Año 2021

9.5.4. PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Anualmente se estima que los niveles de presión en la ciudad, en promedio, varían entre 563 y 565 mmHg. Se observa un descenso de aproximadamente 1 mmHg en los niveles de presión atmosférica, con respecto al año anterior como se puede visualizar en la Figura 9-27.

Tabla 9-19 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad 2009 – 2021

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

N.A.: no cumple criterio de representatividad

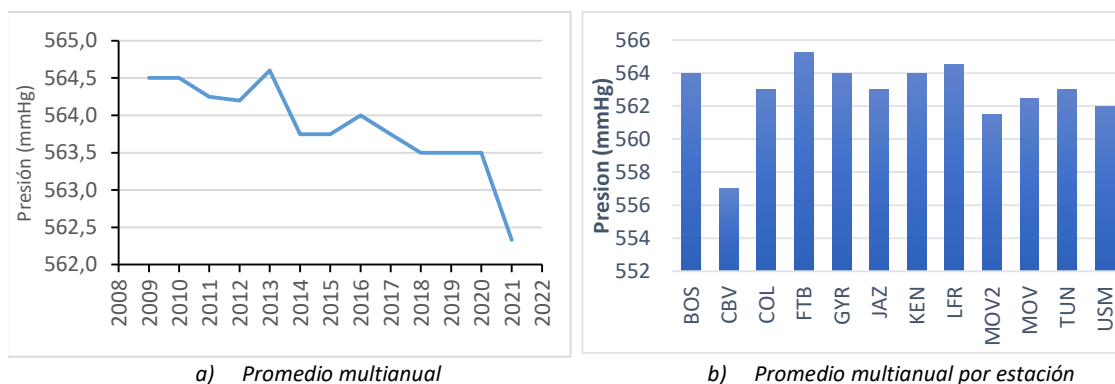


Figura 9-27 Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2021

9.6. 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 en el aire, puede contribuir con la decantación o deposición de material particulado o en su defecto, reaccionar con gases derivados de la combustión de hidrocarburos, tales como los SO_x y NO_x, los cuales se condensan y pueden precipitar en forma de rocío, llovizna o lluvia ácida.

9.6.1. 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, 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 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 viaje de retorno o de descenso relativo, se da un nuevo incremento en las cantidades de vapor de agua, que alcanza su máximo entre los meses de octubre y noviembre. De esta manera, como se observa en la Figura 9-28, se observa un incremento en las cantidades de humedad respecto del promedio multianual. Esta cantidad de humedad está relacionada con la cantidad de agua precipitada en todo el año.

Tabla 9-20 Comportamiento de la humedad mensual multianual 2010 - 2021

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
Prom.	63	63	66	67	67	65	64	63	63	65	69	65

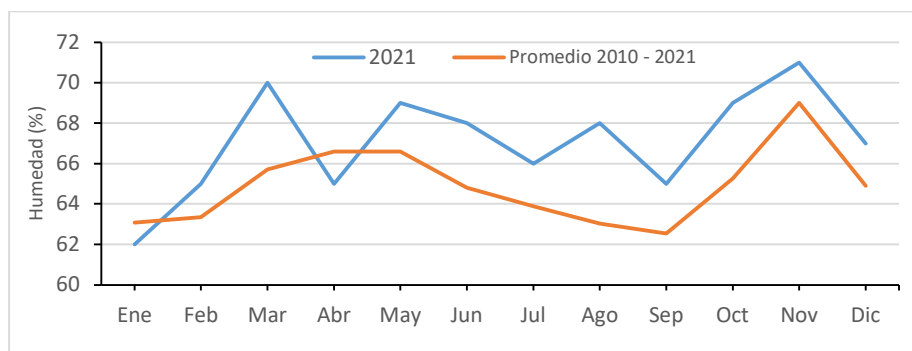


Figura 9-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2021 vs. Promedio mensual multianual 2010 - 2021

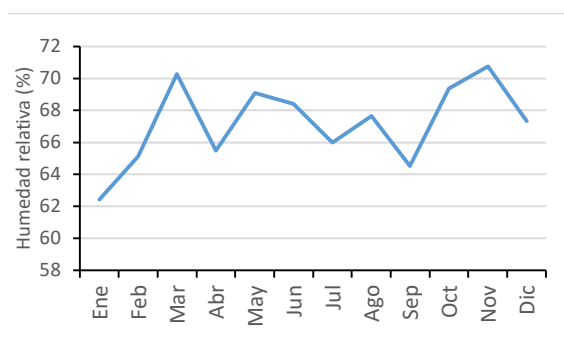
9.6.2. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

En 2021 la atmósfera presentó condiciones relativamente secas en los dos primeros meses, sobre todo durante el mes de enero, en marzo abril y mayo la humedad superó los promedios históricos. Aunque hubo mayor disponibilidad de humedad durante el mes de marzo, esta no se vio reflejada proporcionalmente en la cantidad de agua precipitada, a diferencia de los registros de precipitación del mes de mayo donde hubo menor disponibilidad de humedad que durante el mes de marzo, pero las lluvias fueron más abundantes. En el segundo semestre la correlación entre la cantidad de humedad y la cantidad de agua precipitada fue más estrecha.

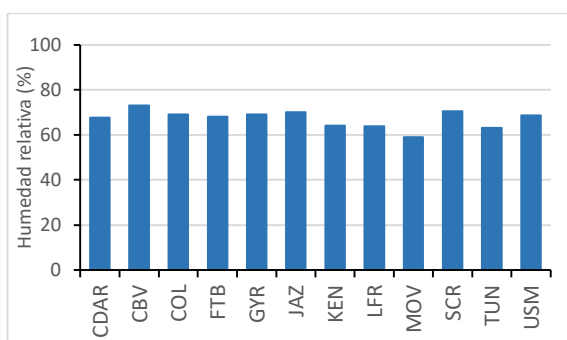
En cuanto a su distribución espacial, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Jazmín fueron las estaciones en las que se registró la mayor cantidad de humedad, mientras que en la Móvil 7ma se presentaron las menores cantidades.

Tabla 9-21 Comportamiento mensual de la humedad por estación – Año 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
Prom.	62	65	70	65	69	68	66	68	65	69	71	67	67



a) Promedio mensual 2021



b) Promedio por estación 2021

Figura 9-29 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2021:

a) promedia ciudad; b) promedio por estación

9.6.3. PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

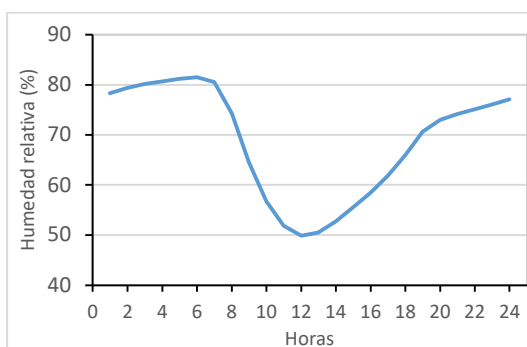
Respecto al comportamiento diario anual de la humedad, dada su relación inversa con la temperatura, en las horas de la madrugada y la noche, es normal que la atmósfera se sature por el descenso de la temperatura, alcanzando el pico más alto de humedad conforme ocurre el valor más bajo de temperatura, es decir, entre las 5 y las 6 de la madrugada. De manera contraria, conforme el aire se calienta se hace más seco y la humedad relativa disminuye (Tabla 9-22 y Figura 9-30a).

De acuerdo con el promedio mensual, a nivel diario, las estaciones con mayores valores de humedad fueron Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Jazmín durante el año 2021.

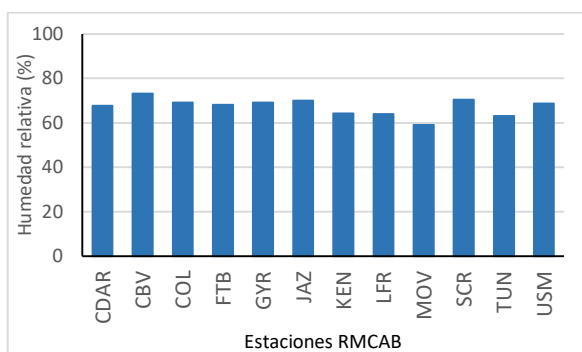
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

Tabla 9-22 Variación de la humedad horaria - Año 2021

Hora	CDAR	CBV	COL	FTB	GYR	JAZ	KEN	LFR	MOV	SCR	TUN	USM	Promedio
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1:00	80	81	78	78	80	79	72	73	66	79	73	77	78
2:00	81	82	79	79	81	81	73	74	67	80	74	78	79
3:00	81	83	80	80	82	82	74	75	68	81	74	79	80
4:00	82	83	80	80	82	82	75	76	68	81	75	79	81
5:00	82	84	80	81	82	83	75	76	69	81	75	80	81
6:00	82	84	81	81	83	84	76	76	69	82	75	80	81
7:00	82	82	79	80	83	82	76	74	69	81	75	78	81
8:00	72	77	73	72	79	75	71	66	66	77	67	72	74
9:00	59	70	66	63	67	67	60	57	58	70	58	66	65
10:00	51	63	60	55	58	58	52	51	50	62	51	60	57
11:00	48	59	56	50	53	52	46	48	45	57	47	56	52
12:00	46	58	53	48	50	50	45	46	43	55	45	54	50
13:00	47	58	52	50	48	51	48	46	43	54	45	53	50
14:00	50	60	53	53	49	54	50	48	45	55	47	54	53
15:00	53	63	56	56	52	56	53	51	48	57	49	55	56
16:00	56	66	59	59	55	60	55	55	51	59	52	57	59
17:00	60	69	62	62	58	64	58	58	54	63	55	60	62
18:00	65	72	66	66	63	68	62	63	58	67	59	65	66
19:00	70	75	70	70	70	72	67	67	61	72	66	70	71
20:00	74	76	73	72	73	74	69	69	63	74	69	73	73
21:00	75	76	74	73	76	75	70	70	63	75	70	74	74
22:00	76	77	75	74	77	76	70	71	64	76	71	75	75
23:00	77	78	76	75	78	77	71	71	64	77	72	76	76
24:00	78	79	77	76	79	78	71	72	65	78	72	77	77
Promedio	68	73	69	68	69	70	64	64	59	71	63	69	69



a) Perfil horario anual



b) Promedio horario por estación

Figura 9-30 Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2021:
a) perfil horario; b) promedio por estación

9.6.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS ANUALES DE HUMEDAD

En cuanto al comportamiento histórico anual de la humedad en 2021, se observa una ligera disminución con respecto al año anterior como se puede apreciar en la Tabla 9-23 y en la Figura 9-31. Este ligero cambio se pudo dar por la variabilidad del elemento meteorológico en el tiempo.

Tabla 9-23 Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente – Año 2021

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

N.A.: no cumple criterio de representatividad

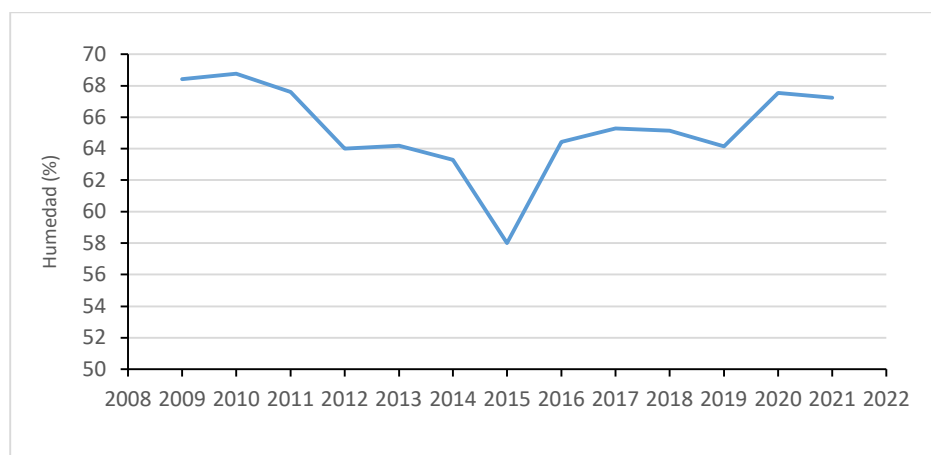


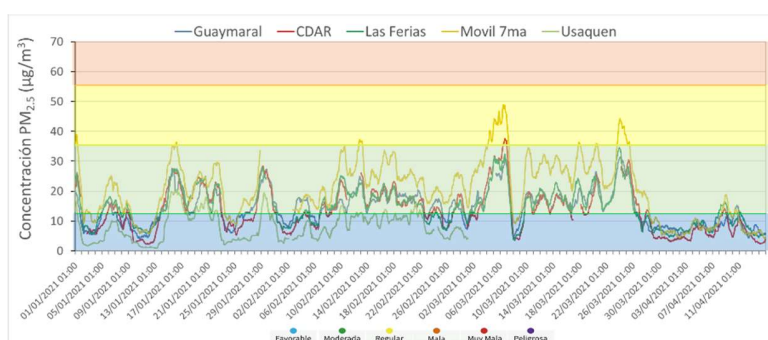
Figura 9-31 Comportamiento histórico de la humedad relativa promedio multianual

10. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Durante el año 2021 no se realizó la declaración de alertas ambientales por contaminación atmosférica, ya que no se registraron las condiciones para establecer los niveles de alerta en la ciudad. El primer trimestre, en el cual se registran usualmente las concentraciones más altas de material particulado, estuvo influenciado por la llegada de precipitaciones en febrero y marzo, que atenuaron las concentraciones en varias zonas de la ciudad con respecto a años anteriores.

En las siguientes gráficas se muestran las concentraciones como promedio móvil 24 horas de $PM_{2.5}$ para dos periodos, entre enero y abril 14 y entre abril 15 y diciembre de 2021, ya que en abril 15 inició la vigencia de la Resolución 868 de 2021, mediante la cual se cambiaron los colores y los estados de alerta de calidad del aire en la ciudad. Por ello, en el primer periodo se muestran las concentraciones con los estados de calidad del aire de la Resolución 2410 de 2015, en las cuales se observa una prevalencia de la condición “moderada” en verde de la mayoría de las estaciones, solamente en las estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy se observaron varios datos en “regular” durante febrero y marzo principalmente, y algunos datos en la primera y cuarta semana del mes en la estación Móvil 7ma.

El incremento mencionado estuvo asociado a incendios forestales en el oriente y norte de la ciudad, y a la reactivación de varias actividades en el Distrito al final del mes de marzo. En el inicio del mes de abril hubo una reducción notable de las concentraciones, con lo cual predominó la condición “favorable” en azul; en el inicio del segundo semestre del año las condiciones meteorológicas favorecen la dispersión de contaminantes, por lo cual se observó una reducción generalizada de las concentraciones en la ciudad.



Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

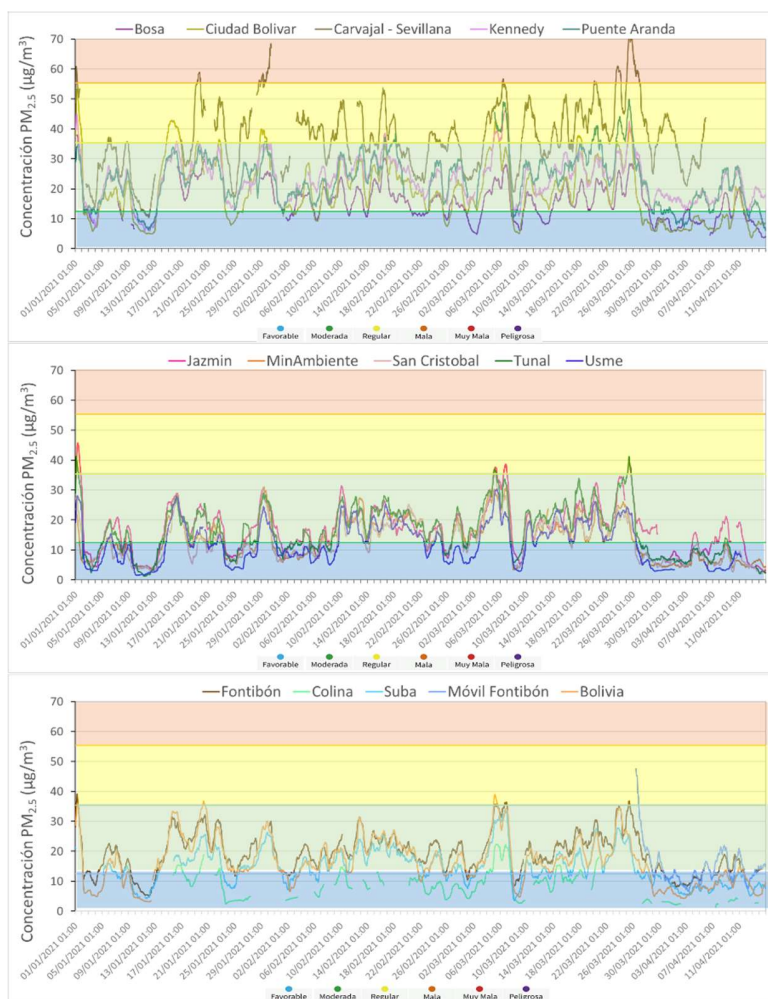


Figura 10-1 Concentraciones media móvil 24h de PM2.5 - enero - abril 15 de 2021

En la Figura 10-2 se representan las concentraciones promedio media móvil 24h de PM_{2.5} para el periodo entre el 15 de abril y diciembre de 2021, con los colores actualizados de acuerdo con la Resolución 868 de 2021. Se observa que en la zona suroccidental hasta el mes de julio se presentaron varios registros en la condición “favorable” en verde, y desde este mes se evidenció un incremento gradual de las concentraciones en el resto del segundo semestre del año, con los valores más altos en la última semana de noviembre, predominando las concentraciones en la condición “moderada” en amarillo.

En la zona norte y occidente se observó un comportamiento similar, pero con concentraciones de menor magnitud en el segundo semestre, en la zona nororiental, oriental y suroriental la condición “favorable” predominó incluso hasta finales de septiembre y mediados de octubre, y se observó un incremento gradual en menor proporción en la mitad occidental de la ciudad, con los valores más altos en noviembre de 2021.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

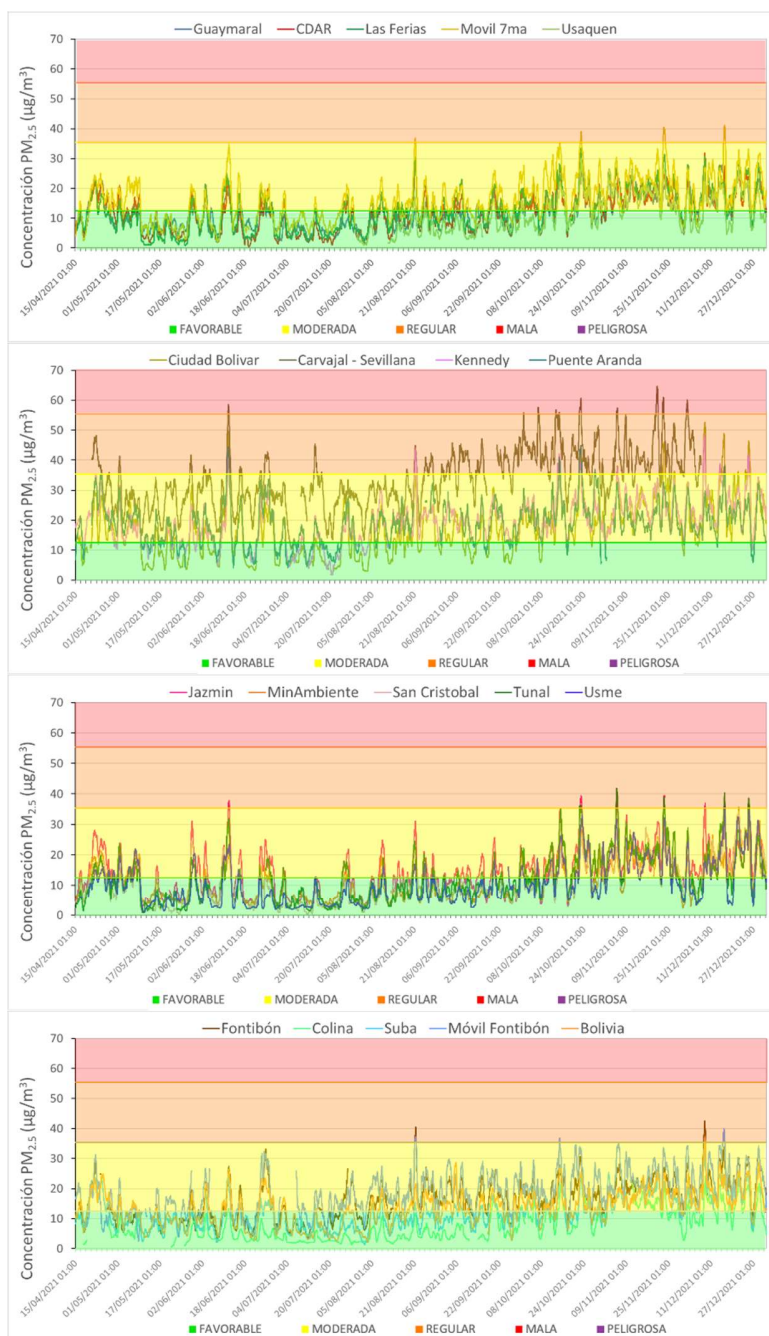


Figura 10-2 Concentraciones media móvil 24h de PM_{2.5} - abril 15 - diciembre de 2021

11. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), 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 en la región de Las Américas en 2016. Se distinguen grandes diferencias entre grupos de población y zonas 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) (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2021).

En el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021 desde la dimensión de salud ambiental se menciona el derecho a un ambiente sano con el fin de mejorar las condiciones de salud de la población, para lo cual se establece un conjunto de políticas que promueven la calidad de vida con la participación de diferentes actores sociales. Por medio de la transformación positiva de los determinantes sanitarios, sociales y ambientales bajo el enfoque de las fuerzas motrices, se establecen relaciones entre condiciones ambientales y de salud, permitiendo a los gobiernos identificar factores determinantes de orden estructural, intermedio y proximal, así como actores y acciones sectoriales y transectoriales preventivas y correctivas.

Uno de los componentes de la dimensión de salud ambiental es el hábitat saludable que contempla varios objetivos entre ellos intervenir con enfoque diferencial de los determinantes sanitarios y ambientales de la salud relacionados con la calidad del aire, el ruido y las radiaciones electromagnéticas, los impactos del urbanismo, las condiciones de la ruralidad, las características de la movilidad, las condiciones de la vivienda y espacios públicos para ello se requiere de procesos participativos organizados alrededor de entornos cotidianos: vivienda, entornos educativos, entornos comunitarios saludables, entorno de trabajo y ecosistemas estratégicos saludables (Dimensión de Salud Ambiental, Plan Decenal de Salud Pública, 2012 - 2021).

El Plan de Desarrollo Distrital de Bogotá 2020-2024 denominado “El Plan que nos Reactiva” busca trabajar para reducir en un 10% la concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} mediante la implementación del Plan de Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá 2030, “Unidos por un Nuevo Aire” es la consigna, que busca trabajar por la protección de la salud de los niños, niñas y

adultos mayores la población más vulnerable a los factores de contaminación (Plan de Desarrollo: Mejorar la calidad el aire 10%, prioridad para esta administración. , 2020 - 2024).

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

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 Tabla 11-1 que reorganizaron la oferta pública de prestación de servicios de salud de la ciudad, por medio del Decreto 641 de 2016.

Tabla 11-1 Subredes Integradas de Servicio de Salud y localidades donde realiza la cobertura

Norte	Centro Oriente	Suroccidente	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



Figura 11-1 Red Integrada de Servicios de Salud

11.1. 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 realizar esta, se tiene en cuenta los siguientes componentes de la vigilancia en salud pública:

- Vigilancia Epidemiológica: vigila los posibles efectos en salud en la población debido a la exposición a contaminación del aire.
- Vigilancia Sanitaria: contempla la atención de quejas presentadas por las partes interesadas respecto a la contaminación del aire.
- Vigilancia 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.

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud tanto en los países desarrollados como en los países en vía de desarrollo. Se estima que la contaminación del aire causa 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año tanto en zonas urbanas como rurales, dicha mortalidad se debe a partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micras que pueden llegar a causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2021).

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 más reportados en la literatura son aumento de síntomas respiratorios exacerbaciones de patologías crónicas como el asma, consultas a urgencias por estas causas y a largo plazo muestran reducción en la función pulmonar (Dr Ubilla & Dra Yohannessen , 2021).

Por otra parte, los adultos mayores constituyen otro grupo susceptible a la contaminación del aire debido a que se ve disminuida la función pulmonar por longevidad y a la presencia de otras comorbilidades como enfermedades cardiovasculares y pulmonares crónicas, que hacen a esta población más vulnerable a los contaminantes del aire, cuyos efectos dependen por una parte de la concentración y tiempo de exposición y por otra de las características de las personas expuestas (Oyarzún G, 2010).

Un estudio realizado en los Estados Unidos mostró que cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de elevación en PM_{10} provocan un aumento del 0,31% de mortalidad cardiopulmonar diaria a corto plazo; otro estudio similar realizado en Europa encontró con la misma elevación 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 aumento (Soldevila, Vinyoles, Agudo Ugena, & Camps Vila, 2018).

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 vida (Vargas, Sandra, 2008).

A nivel de Bogotá se han llevado a cabo diferentes estudios principalmente en población infantil con el fin de identificar los efectos en salud dado por exposición a la contaminación del aire, a continuación se mencionan algunos de ellos: en el año 1999 Solarte et al, realizó 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 aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} produce un aumento de por lo menos el 8 por ciento en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años (Solarte, Caicedo, & Restrepo, 2021).

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

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 expuestos (Hernández, y otros, 2012).

En el año 2020 durante la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2 un grupo de investigadores realizó una revisión rápida sobre contaminación del aire y morbimortalidad por COVID-19 encontrando que la incidencia y el riesgo de morbilidad y mortalidad por COVID-19 se incrementan con la exposición crónica y aguda a la contaminación del aire, particularmente a material particulado ($PM_{2.5}$, PM_{10}) y dióxido de nitrógeno NO_2 (Arellano EE, Schilmann A, HurtadoDíaz M, Texcalac Sangrador JL, & Riojas Rodríguez H, 2020).

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 la gente 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 países (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2021).

11.2. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

Desde el año 2007 la Secretaría Distrital de Salud formuló y ejecutó un estudio epidemiológico con el fin de establecer relaciones entre la contaminación del aire intra y extramural y la enfermedad respiratoria en menores de 5 años en Bogotá, seleccionando instituciones educativas (hogares y/o jardines infantiles). A partir de este estudio, se decidió diseñar e implementar un sistema de vigilancia epidemiológico, ambiental y sanitario del impacto en la salud por exposición a contaminación del aire, el cual se ha realizado de manera permanente en las poblaciones menores de 14 años y persona mayor de 60 años, incrementando su cobertura de forma progresiva en todas las localidades de la ciudad.

En la actualidad y teniendo en cuenta los aportantes que hacen parte de la contaminación del aire (fuentes fijas, fuentes móviles y áreas fuente), la dispersión de los contaminantes por incidencia de precipitación, temperatura, dirección y velocidad del viento, se estableció una metodología de Análisis Acumulado de Riesgo de Exposición (ACRE) para dar una clasificación de exposición por contaminación atmosférica en la ciudad, se realizó la actualización del mapa de zonas de exposición teniendo en cuenta la carga de la contaminación y características sociodemográficas.

El desarrollo de las actividades se realizó a partir de la agrupación de las localidades de acuerdo a la proporción de la densidad demográfica de las 19 localidades de Bogotá usando las proyecciones Secretaría Distrital de Planeación 2021, a su vez se realizó una distribución de acuerdo a la proporción de población en cada una de las unidades de planeación zonal usando como fuente de información los datos de las proyecciones de población Secretaría Distrital de planeación por UPZ 2020 se definió el 30% de las manzanas para la aleatorización y 5% para las manzanas de reemplazo con el fin de apoyar y orientar la implementación del sistema de vigilancia epidemiológico y ambiental de calidad del aire.

A la fecha la Secretaría Distrital de Salud realiza el seguimiento continuo y sistemático de las diferentes estrategias para la vigilancia de la infección respiratoria aguda y cardiovascular 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.

11.2.1. 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 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. En los países en desarrollo se estima que, en los niños menores de dos años, el 2 al 3% tuvo neumonía grave que requirió hospitalización y las tasas de mortalidad por IRA oscilan entre 60 a 100 casos por 1.000 niños menores de 5 años (Enfermedad Respiratoria Aguda. Vigilancia en Salud Pública. , 2021).

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 hospitalización (El impacto mundial de la enfermedad respiratoria, 2021).

En el año 2021 se presentaron 7 muertes por IRA en menores de 5 años en Bogotá, se mostró una disminución en la tasa de mortalidad de 1,4 por 100.000 menores de 5 años, comparado con los últimos 4 años se observa una disminución de casos, los años 2018 y 2019 mostraron las tasas de mortalidad más altas con 3,3 y 3,8 por 100.000 menores de 5 años (Figura 11-2). Con respecto a la neumonía, en el año 2021 ocurrieron 21 muertes observando un aumento respecto al año 2020 donde se presentaron 13 muertes, se evidencia un ascenso en la tasa de mortalidad por neumonía en el año 2021 con 3,4 por 100.000 menores de 5 años. La localidad que más registro defunciones en menores de 5 años por neumonía durante el año 2021 fue Ciudad Bolívar con 6 casos lo que corresponde al 26,6% de los casos distritales.

Esta reducción particular de los casos posiblemente pueda deberse a la pandemia provocada por el COVID-19 que obligo a tomar medidas como el confinamiento estricto, lo que pudo favorecer la salud de los menores quienes no fueron expuestos a la contaminación del ambiente y a la circulación viral rutinaria.

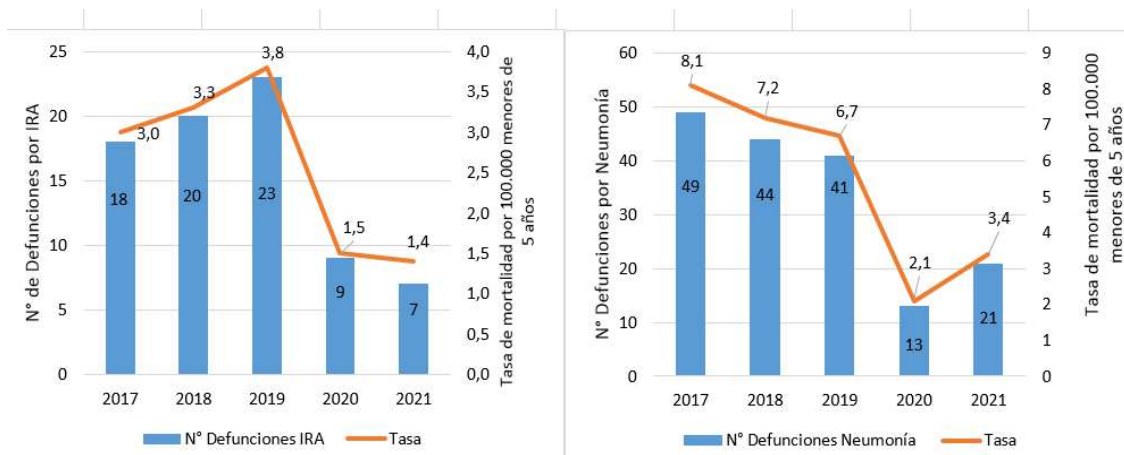


Figura 11-2 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, periodo 2017 a 2021. Base de datos SDS- información para mapeo semana 52 -2020

En la Figura 11-3 se observa el mapa con la ubicación del número máximo de casos ocurridos en las diferentes localidades de mortalidad por IRA y Neumonía en menores de 5 años, así como el tipo de Riesgo dado por el valor ACRE representados por los colores rojo y verde. La ubicación espacial permite identificar que los casos se concentraron en las localidades de Kennedy, Bosa, Engativá, Suba, Ciudad Bolívar, Tunjuelito y Santa fe.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

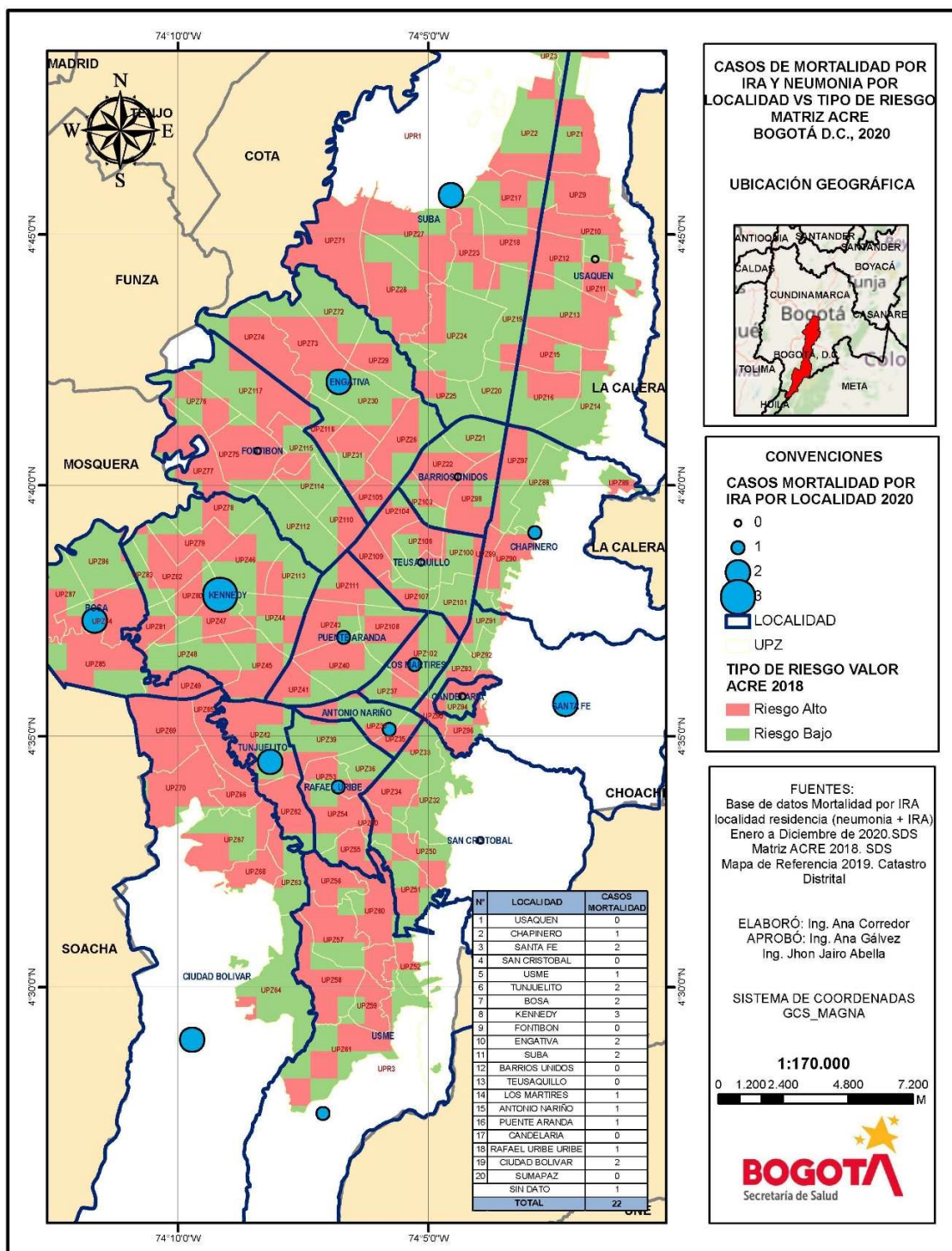


Figura 11-3 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE – Año 2020

11.2.2. 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 la Dimensión de Salud Ambiental del Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021.

- **Morbilidad Atendida**

La infección respiratoria aguda (IRA) se puede presentar en cualquier parte de la vía respiratoria, con valores en promedio de periodos de incubación hasta de 14 días y 10 a 15 días de duración de los síntomas. Pueden ser causados por diferentes microorganismos, principalmente virus seguido de bacterias y otros menos frecuentes como hongos en personas con características de salud que los hace susceptibles. Dichos microorganismos entran por nariz y/o boca y pueden 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 la enfermedad. Las infecciones del sistema respiratorio superior son causadas frecuentemente por virus como el virus sincitial respiratorio, para influenza, 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 también pueden ser agentes causales las bacterias, las cuales causan infecciones más severas que requieren tratamiento antibiótico y pueden llegar a causar la muerte, dentro de los agentes más comunes se encuentran streptococcus pneumoniae, haemophilus influenzae y staphylococcus aureus (Salud, 2012).

La Figura 11-4 muestra el comportamiento de la notificación por IRA (evento 995) en la población general y en menores de 5 años; durante el año 2021 en Bogotá se notificaron 1.191.382 casos de Infección Respiratoria Aguda en la población general, comparado con el año 2020 se observa un aumento de 4,3% de los casos del año 2021, 230.806 se presentaron en menores de 5 años lo que corresponde al 19,4%, mientras en el mismo grupo etario para el años 2020, el número de casos fue de 176.691, lo que corresponde al 15,5% de los casos totales de ese año, este comportamiento puede relacionarse con el levantamiento de las restricciones por la pandemia por COVID-19.

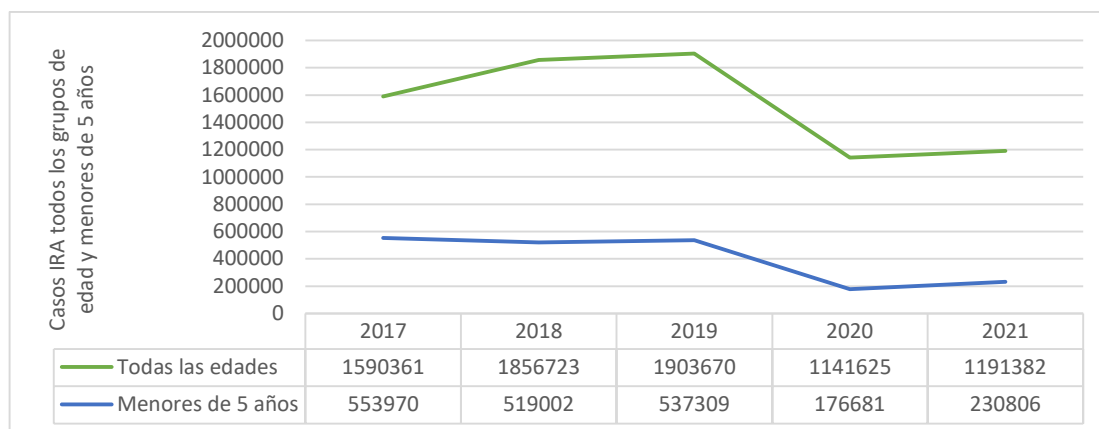


Figura 11-4 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2017 a 2021. Base de datos SIVIGILA. Vigilancia de IRA 2017-2021

Dentro de la vigilancia de la morbilidad por IRA en el Distrito Capital se cuenta con la estrategia de Salas ERA, siendo una atención primaria en salud, en donde se atienden a menores entre los 2 a 4 años y 11 meses de edad de manera oportuna en el manejo del cuadro agudo de enfermedad respiratoria con una estancia no mayor de 4 a 6 horas; esto con el propósito de 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. Desde la línea de Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética (vigilancia sanitaria y ambiental) se verifica la notificación y el comportamiento de los casos atendidos con el fin de determinar la posible relación con la contaminación ambiental.

En el año 2021 se atendieron 6.015 casos en las salas ERA de Bogotá, disminuyendo en un 34,7% con respecto al año anterior, los casos atendidos en los meses de octubre y noviembre fueron 2.516 lo que corresponde a una proporción del 41,8%. Según la localidad de residencia, el mayor número de atenciones se presentó en Puente Aranda con 1.377 casos (22,8%), seguido de Suba con 895 casos (14,8%). Los menores de 1 año representaron el 23,4 % de los casos.

En la Figura 11-5 se muestran los principales diagnósticos atendidos en las Salas ERA, siendo la bronquiolitis el más frecuente con 56,7% seguido de los casos agrupados de Síndrome Bronco obstructivo Recurrente (SBOR), asma y equivalentes que correspondieron al 24,9% de los casos. De igual manera, el 38% de los casos requirió hospitalización por la complejidad del cuadro clínico.



Figura 11-5 Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá - Año 2021.

- **Morbilidad Sentida**

El Sistema de vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria 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 de escolares menores de 14 años y personas mayores de 60 años, por medio de la aplicación de una encuesta de prevalencia de sintomatología respiratoria y factores asociados a contaminación del aire.

En el año 2021 se aplicaron 12.632 encuestas de prevalencia de sintomatología respiratoria a población vulnerable, de las cuales el 31,9% fueron realizadas a menores de 5 años, 40,7% a niños de 5 a 14 años, y 27,4% a personas mayores de 60 años. En la población menor de 14 años se realizaron 9.165 encuestas, de las cuales el 52% correspondió al sexo masculino. En los adultos mayores predominó el sexo femenino con el 65,1%.

Con relación a la distribución del estrato socioeconómico de la población encuestada predominó en el estrato 2 en las tres poblaciones, seguido por el estrato 3, como se puede observar en la Figura 11-6.

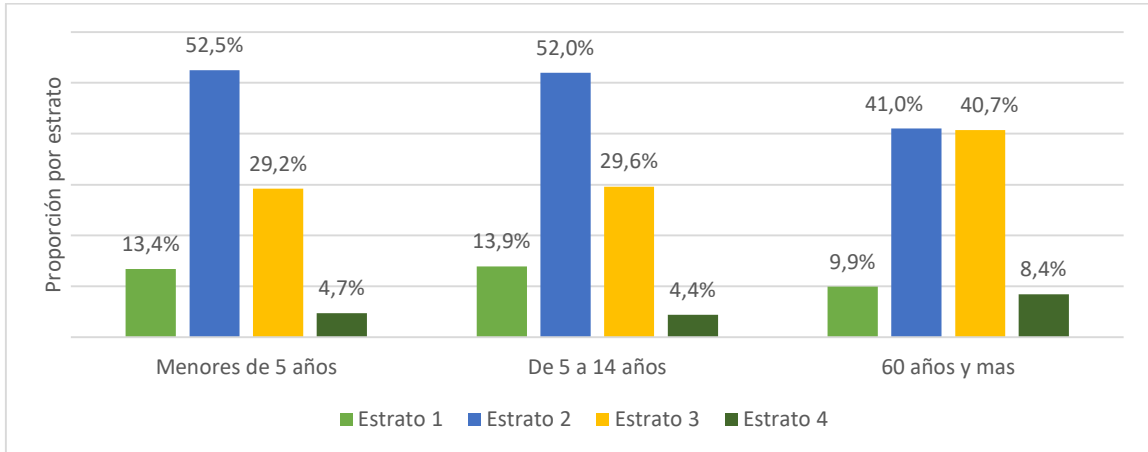


Figura 11-6 Distribución por Estrato Socioeconómico según grupos de población encuestada Bogotá - Año 2021. Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y REM

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 seguido del régimen subsidiado como se observa en la Figura 11-7.

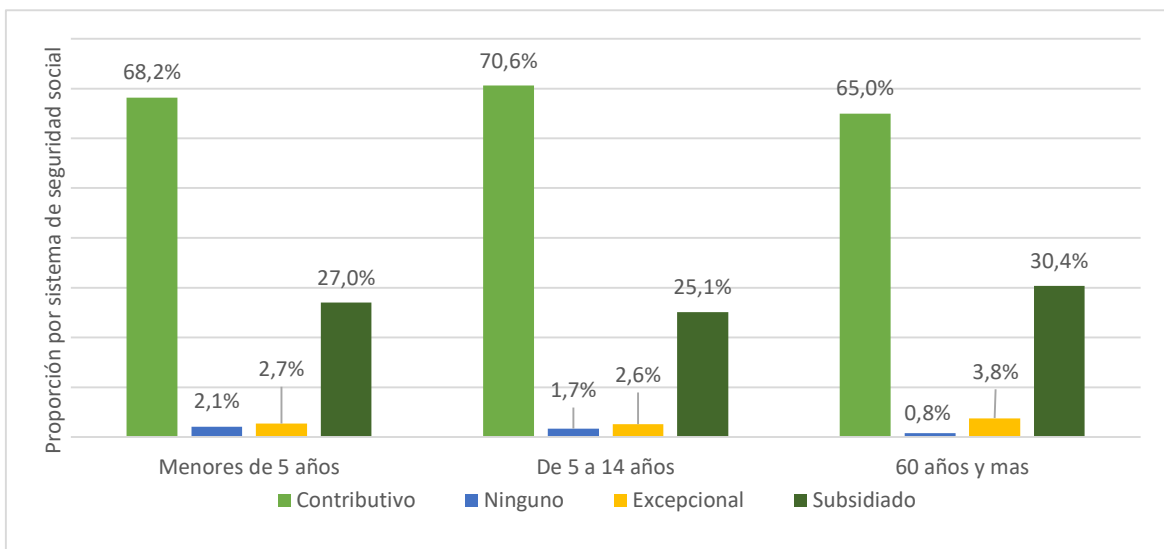


Figura 11-7 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada Bogotá - Año 2021. Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y REM

En el marco de la vigilancia de los efectos en salud por contaminación del aire se identifican síntomas trazadores los cuales son, sibilancias (ruidos en el pecho), tos (seca diferente de gripa), despertar por tos y síntomas como mocos, lagrimeo, nariz tapada, rasquiña en los ojos sin presencia de gripa. Estos síntomas son objeto de seguimiento a través de indicadores y su monitoreo se acompaña del cálculo del impacto de la enfermedad respiratoria medio por indicadores de, ausentismo escolar y ausentismo laboral del cuidador del niño.

En la Tabla 11-2 se muestra la prevalencia de sintomatología respiratoria de los menores de 14 años, donde los “síntomas sin gripa en el último año” representan la mayor prevalencia (12%). Por su parte, “tos seca sin gripa en el último año” fue mayor en los niños de 5 a 14 años (5,9%) que en los menores de 5 años (2,7%). La proporción de los demás síntomas como sibilancias en el último año, despertar por tos, así como el ausentismo escolar y ausentismo laboral fue mayor en los menores de 5 años que entre los niños de 5 a 14 años.

Tabla 11-2 Prevalencia de síntomas respiratorios en menores de 5 años y 5 a 14 años Bogotá - Año 2021

Síntomas	Menores de 5 años (n=4030)		Niños de 5 a 14 años (n= 5135)		Total menores de 14 años (n=9165)	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Sibilancia en el último año	113	2,8	67	1,3	180	2,0
Tos seca sin gripa en el último año	107	2,7	305	5,9	412	4,5
*Síntomas sin gripa en el último año	487	12,1	615	12,0	1102	12
Despertar por tos	93	2,3	80	1,6	173	1,9
**Ausentismo escolar	47	3,8	82	1,6	129	2,1
***Ausentismo laboral	54	1,3	53	1,0	107	1,2

* 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” tuvo una prevalencia del 3% (105/3.467) y el indicador de impacto despertar por tos fue de 2,2% (79/3.467). 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.

La Figura 11-8 presenta la prevalencia por exposición al humo de tabaco durante el año 2021, encontrando que el 4,4% de los menores de 14 años se encuentran expuestos al tabaquismo pasivo en sus hogares, en comparación al año 2020 estuvieron expuestos en 3,1%. 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 con la alteración el desarrollo neurológico (alteraciones cognitivas). A largo plazo se

pueden presentar otros problemas de adicción a sustancias psicoactivas, déficit de atención y bajo rendimiento escolar (A.Labbé, 2014).

El 1,6% de los niños estuvieron expuestos al humo de tabaco durante la gestación, esta exposición se asocia con un menor crecimiento fetal y disminución en el peso al nacer. Los menores expuestos nacen con una disminución en la función pulmonar, mayor riesgo de asma, bronquiolitis y sibilancias. También tienen mayor riesgo de aumento de peso rápido en la infancia, predisponiendo a sobrepeso u obesidad, lo que eleva el riesgo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2 en la adultez temprana (Chinchilla Araya & Durán Monge, 2019).

En los adultos mayores de 60 años, se obtuvo una prevalencia de 14,3% de tabaquismo pesado (consumo de más de 10 paquetes de cigarrillos/ año) (Saldías Peñafiel, Elola Aránguiz, Uribe Monasterio, Morales Soto, & Díaz Patiño, 2016), este indicador es utilizado para calcular el impacto del consumo de tabaco y el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y diabetes tipo II.

En el caso de Colombia durante los últimos 6 años el país pasó de 12,9% del consumo en 2021 a 9,8% para el año 2020, anualmente mueren 34.800 personas por enfermedades atribuibles al consumo de tabaco en Colombia (Bautista, 2020).

Las enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco representan un costo directo anual al sistema de salud de más de 4,5 billones de pesos, la recaudación del impuesto por la venta de cigarrillos cubre solamente un 10% de este gasto (Instituto Nacional de Cancerología - ESE, 2021).



Figura 11-8 Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años Bogotá - Año 2021

- **Menores de 5 años**

A continuación, se describe la relación de posibles factores de riesgo con la presencia de síntomas trazadores en menores de 5 años mediante el análisis bivariado y cálculo de razones de prevalencia Tabla 11-3. La presencia de sibilancias en el último año se relacionó principalmente con el diagnóstico de malnutrición, vivienda de permanencia cerrada o sin ventanas y cocina compartida con espacio para dormir, es decir que los niños que tuvieron estos factores de riesgo mostraron mayor prevalencia de sibilancias con respecto a los niños que no tienen estos factores de riesgo.

El síntoma “Tos sin gripa en el último año” mostró relación estadística con malnutrición, cocina sin ventilación, pisos en material de riesgo y exposición a tabaquismo, se anota que algunos de estos los factores de riesgo presentaron los intervalos de confianza amplios por lo que se recomienda precaución en la interpretación. Con respecto a los síntomas sin gripa, se evidenció una relación estadística principalmente con la cocina compartida con espacio para dormir, así como con el hacinamiento no mitigable (5 personas o más por dormitorio).

Tabla 11-3 Factores relacionados con la presencia de Sibilancias, tos sin gripa y síntomas sin gripa en el último año en menores de 5 años Bogotá – Año 2021

Menores de 5 años			
Sibilancias en el Último año			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1,71	1,19-2,74	0,007
Diagnóstico de malnutrición	2,01	1,13-3,60	0,046
Ingresos (No alcanzan para cubrir los gastos del hogar)	1,74	1,24-2,45	0,003
Ventanas cerradas o sin ventanas	2,19	1,58-3,04	0,001
Cocina en espacio también para dormir	2,35	1,14-3,89	0,007
Humedad en la vivienda	1,6	1,13-2,27	0,01
Tos sin gripa Último Año			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Cocina no ventilada	3,17	1,58-6,34	0,005
*Material de los pisos	2,07	1,27-3,36	0,006
Humedad en la vivienda	1,64	1,08-2,50	0,023
Diagnóstico de malnutrición	3,08	1,54-6,16	0,006
Madre fumo durante la gestación	4,45	2,04-9,70	0,003
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	2,79	1,88-4,23	0,001
Contacto con fumadores los dos primeros años de vida	2,64	1,71-4,06	0,001
Síntomas sin gripa			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Bajo peso al nacer	1,4	1,12-1,75	0,004
Diagnóstico de malnutrición	1,71	1,16-2,54	0,014
Tabaquismo pasivo	1,56	1,04-2,34	0,04
Madre estuvo en contacto con fumadores durante la gestación	1,57	1,26-1,94	0,001
Contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1,52	1,22-1,91	0,001
**Hacinamiento no mitigable	1,73	1,01-2,95	0,057
Cocina en espacio también para dormir	2,08	1,55-2,79	0,001
Material de los pisos	1,42	1,12-1,81	0,006
Humedad en la vivienda	1,64	1,37-1,97	0,001

RP: Razón de Prevalencias

*Material pisos: se considera de riesgo Alfombra/Tierra/Caucho corrugado/Cemento/Ladrillo/Madera sin procesar.

**Hacinamiento no mitigable: 5 o más personas por dormitorio.

• Niños de 5 a 14 años

En los niños de 5 a 14 el análisis bivariado permitió identificar que los factores como exposición al tabaquismo y diagnóstico de bajo peso al nacer estuvieron relacionados con los tres desenlaces estudiados (tos sin gripa, síntomas sin gripa y sibilancias en el último año), al mostrar prevalencias mayores entre los expuestos a los factores de riesgo en comparación con los no expuestos.

Así mismo, se evidenció que la presencia de síntomas sin gripa se relacionó con la mayoría de los factores de riesgo intramurales y sociodemográficos, pero se resalta la asociación con la variable cercanía de la vivienda a tráfico pesado (buses, busetas y camiones), que indica que los niños cuyas viviendas cuentan con ese factor de exposición, presentaron mayor prevalencia de síntomas sin gripa con respecto a los niños que viven cerca de tráfico liviano.

Lo anterior denota la importancia que tienen las fuentes móviles en el aporte a la contaminación del aire y la relación de esta con la presencia de síntomas de enfermedad respiratoria en la población expuesta en la Tabla 11-4.

Tabla 11-4 Factores relacionados con la presencia de tos, síntomas sin gripa y sibilancias en los niños de 5 a 14 años Bogotá - Año 2021

Niños de 5 a 14 años			
Tos sin gripa Último año			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de malnutrición	2,23	1,47-3,45	0,001
Bajo peso al nacer	1,69	1,28-2,24	0,001
Consumo de tabaco en el hogar	1,38	1,08-1,76	0,01
Tabaquismo pasivo	1,57	1,02-2,43	0,044
Madre en contacto con fumadores durante la gestación	2,01	1,55-2,61	0,001
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del niño	2,05	1,31-2,21	0,005
Humedad en la vivienda	1,73	1,36-2,20	0,001
Síntomas sin gripa			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de malnutrición	1,72	1,24-2,39	0,003
Bajo peso al nacer	1,49	1,23-1,82	0,001
Consumo de tabaco en el hogar	1,21	1,02-1,44	0,026
Tabaquismo pasivo	1,55	1,14-2,10	0,007
Madre fumó durante la gestación	1,59	1,04-2,43	0,053
Madre en contacto con fumadores durante la gestación	1,97	1,62-2,30	0,001
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del niño	1,79	1,30-2,46	0,001
Familiar en contacto con tóxicos	1,64	1,17-2,29	0,007
Ingresos del hogar (No alcanza para los gastos mínimos)	1,20	1,009-1,43	0,042
Secado intradomiciliario de ropa	1,28	1,10-1,48	0,001
Humedad en la vivienda	1,77	1,50-2,07	0,001
Material del piso	1,38	1,10-1,72	0,007
Dormir con la mascota en la misma habitación	2,11	1,54-2,89	0,001
Tráfico pesado cerca de la vivienda (a menos de 100 metros)	1,25	1,07-1,45	0,003
Sibilancias en el último año			
VARIABLES O FACTORES DE RIESGO	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de malnutrición	2,86	1,40-5,86	0,012
Madre en contacto con fumadores durante la gestación	1,8	1,07-3,02	0,041

RP: Razón de Prevalencias

*Material pisos: se considera de riesgo Alfombra/Tierra/Caucho corrugado/Cemento/Ladrillo/Madera sin procesar.

• Mayores de 60 años

Para esta población los resultados del análisis bivariado mostraron relación estadística entre la presencia de sibilancias en el último mes y tos, con los factores de riesgo consumo de tabaco en el presente y exposición a contaminantes en el trabajo.). El desenlace sibilancias en el último mes también se relacionó con tener construcciones cerca de la vivienda, el cual es un factor extramural que aumenta la contaminación del aire.

Por su parte el síntoma tos en el último mes, se relacionó con la no realización de actividad física y el factor extramural de presencia de canales de agua cerca de la vivienda.

Tabla 11-5 Factores relacionados con la presencia de Sibilancias y por tos en adultos mayores de 60 años Bogotá - Año 2021

Personas de 60 años y mas			
Sibilancias en el último mes			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Consumo de tabaco en el presente	1,75	1,09-2,81	0,036
Exposición a polvo, gases, humo, vapores en el tiempo laborado	1,44	1,005-2,07	0,045
Material de las paredes	1,47	1,01-2,12	0,053
Construcciones cerca de la vivienda (menos de 100 metros)	1,46	1,20-1,78	0,001
Tos			
Variables	RP	IC 95%	p valor
No realización de actividad física	1,32	1,07-1,62	0,009
Consumo de tabaco en el presente	1,48	1,073-2,06	0,026
Consumo de tabaco en el pasado	1,23	1,003-1,51	0,053
Contacto con fumadores en el pasado	1,39	1,13-1,72	0,002
Exposición a polvo, gases, humo, vapores en el tiempo laborado	1,75	1,42-2,16	0,001
Uso de alcohol como combustible	3,03	1,78-5,14	0,001
Presencia de canales de agua cerca de la vivienda	1,66	1,09-2,52	0,031

11.3. VIGILANCIA AMBIENTAL

La Secretaría Distrital de Salud realiza el análisis de las concentraciones y estados de calidad del aire en la ciudad de Bogotá así como las excedencias presentadas teniendo en cuenta los valores referidos en la Guía de Calidad del Aire de la Organización Mundial de Salud – OMS, como los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3), los cuales esta dirigidos a las ciudades para que progresivamente reduzcan las concentraciones de los contaminantes y logren alcanzar el valor guía recomendado por la OMS.

Dicho análisis se realiza a partir de los datos reportados por la RMCAB, en donde se tiene en cuenta que para procesamiento de los datos se debe tener el 75% de representatividad de los datos reportados para el periodo analizado, sin embargo, para efectos del presente informe se incluirán en el análisis identificando aquellas estaciones que no contaron con la representatividad y se indicara en la descripción y en la gráfica con un color diferente.

Por otra parte, han pasado más de 15 años desde la publicación de Global Update 2005. En este tiempo ha habido un incremento notable de las pruebas sobre los efectos adversos de la contaminación atmosférica para la salud, gracias a avances en la medición de la contaminación y la evaluación de la exposición y a una base mundial ampliada de datos en la materia. En nuevos estudios epidemiológicos realizados en países de ingresos bajos y medianos se han documentado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a altos niveles de contaminación del aire, y en estudios en países de ingresos altos con un aire relativamente limpio se han registrado efectos adversos por niveles mucho más bajos de los que se habían estudiado anteriormente, por consiguiente, durante el mes de septiembre de 2021, la OMS publico la nueva guía 2021, con valores más restrictivos.

Igualmente, durante el mes de abril de 2021, se publicó la Resolución 868 de 2021, resolución conjunta entre la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, en la cual se actualiza el Índice Bogotano de Calidad del Aire y riesgo en salud, IBOCA, en donde se establece el nuevo IBOCA, para la gestión conjunta del riesgo de deterioro del ambiente y de la salud humana, ajustando los colores, y escalas del índice, armonizando los atributos con el Índice de Calidad de Aire-ICA a nivel nacional, en pro de la implementación del Plan Estratégico para la Gestión Integral de la Calidad del Aire de Bogotá.

- **Calidad del aire extramural**

Como ya se mencionó anteriormente, las guías de calidad del aire de la OMS tienen como objetivo orientar a las ciudades, en busca de la reducción los efectos de la contaminación del aire en la salud, con valores de concentración guía de contaminantes como PM_{10} y $PM_{2.5}$ promedio diarios (24 horas) y anuales recomendados para disminuir la exposición y los posibles efectos a la salud causados por la contaminación del aire en la población; por tal motivo se realiza el análisis a las excedencias presentadas con respecto a los valores guía dados por la OMS (OMS, 2006) y para efectos de este documento se tiene en cuenta la Guía-OMS 2005.

- **Material particulado PM_{10} en Bogotá 2021**

Para el análisis de PM_{10} , se contó con 6009 datos diarios de 6935 posibles, es decir se contó con una representatividad del 86,6% para 19 estaciones la RMCAB para los 365 días del año; en la Figura 11-9, se muestra en barras azules la concentración anual de PM_{10} de los últimos 6 años en Bogotá, donde se observa una reducción progresiva siendo el año 2021 el año de con menor concentración promedio anual.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos intermedios para concentraciones promedio anuales, se observa que entre 2016 y 2021 se ha cumplido el objetivo 1 (OI-1) de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el objetivo 2 (OI-2) de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no obstante, frente al Objetivo 3 (OI-3) de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no se dio cumplimiento a dicho objetivo, así mismo la línea punteada coincide con la meta al año 2030 establecida en la Resolución 2254 de 2017, finalmente la línea roja representa la concentración recomendada en la Guía-OMS de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

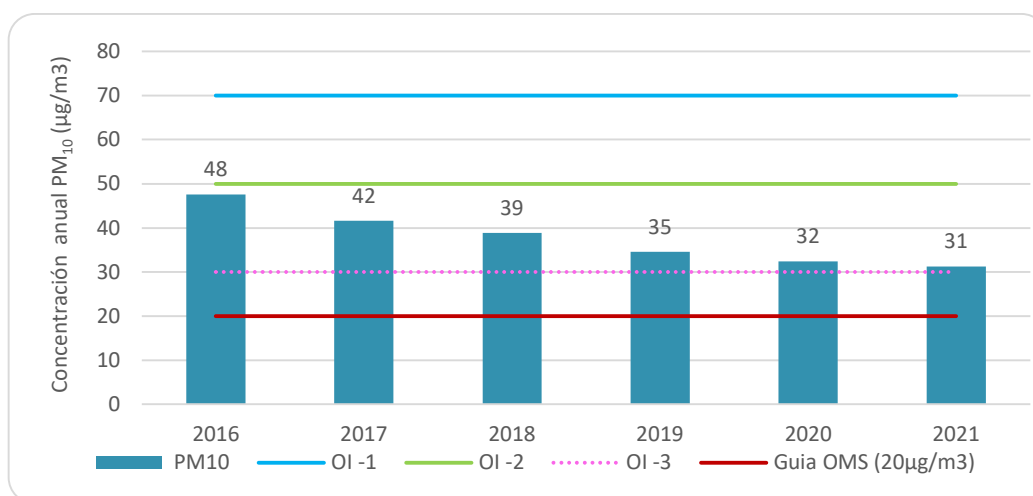


Figura 11-9 Concentración anual y cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para PM10 Bogotá 2016-2021

Históricamente en Bogotá se presentan dos picos de concentraciones, siendo el primero en los meses de febrero y marzo y el segundo entre octubre y noviembre, mientras que, por el contrario, durante los meses de junio y julio las concentraciones suelen ser menores; en la Figura 11-10 se muestra el porcentaje de excedencias para concentraciones promedio de 24 horas por mes, donde se presentó 12,9% (776/6009) de excedencias totales en 2021 en las 19 estaciones monitoreo, aquí se observa en los meses de enero, noviembre y diciembre, mayor cantidad de excedencias, mientras que los meses de abril, mayo y julio, presentaron menos excedencias.

Ahora bien, se puede observar que durante el año 2021 el porcentaje de excedencias respecto a años anteriores, fue menor, igualmente durante el año 2020, a partir del mes de abril se observa la disminución notable de excedencias, comparada con años anteriores, teniendo en cuenta que producto de las acciones para la mitigación de la propagación del COVID-19, como las medidas de aislamiento social, suspensión de actividades industriales, comerciales o la movilización de vehículos, impactaron en la dinámica de la ciudad y por tanto en la disminución de concentraciones de los contaminantes atmosféricos.

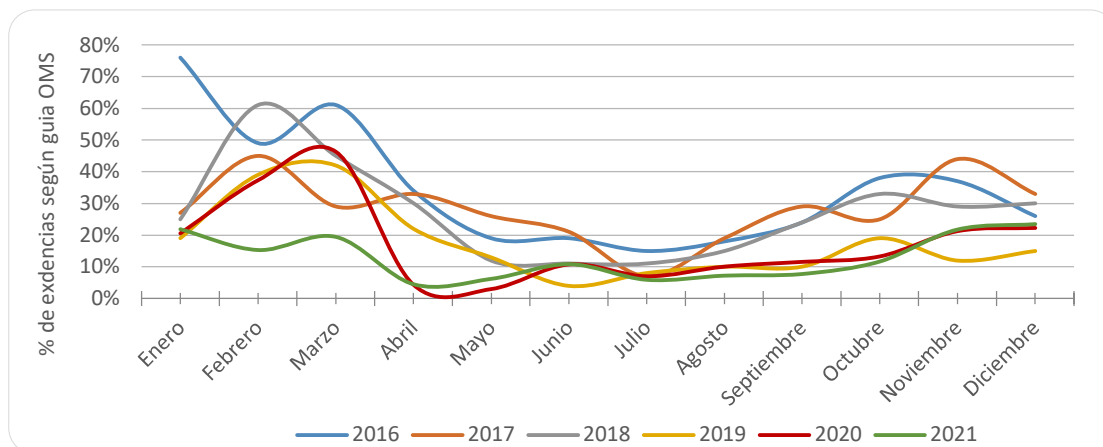


Figura 11-10 Porcentaje de excedencias de PM₁₀, respecto a la Guía-OMS, Bogotá año 2016-2021

En cuanto a la concentración anual de PM₁₀, durante el año 2021, las estaciones Carvajal - Sevillana 68,5 µg/m³, Kennedy 43,5 µg/m³ y Ciudad Bolívar 35,0 µg/m³ se encuentran entre las estaciones con concentraciones más altas, siendo Carvajal - Sevillana la única estación que supero el valor máximo recomendado en la Guía-OMS, por el contrario, las estaciones San Cristóbal 20,5 µg/m³, MinAmbiente 19,8 µg/m³, Usaquén 19,5 µg/m³ y Colina 17,5 µg/m³, registraron los promedios anuales más bajos, cabe mencionar que las estaciones Usaquén, Colina y Bosa no cumplieron con la representatividad del 75% de los datos reportados en el año, sin embargo, para efectos del presente informe se incluirán en el análisis identificándolas en la Figura 11-11 con diferente color.

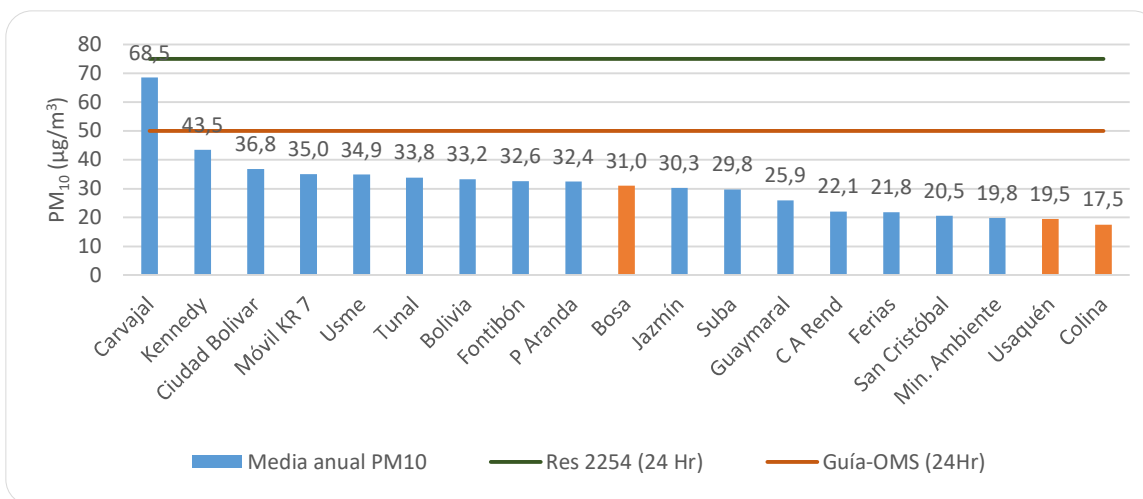


Figura 11-11 Concentración promedio anual de PM₁₀ por estación de monitoreo de la RMCAB y excedencia a la Guía-OMS y valores permisibles de la Resolución 2254 de 2019 – Año 2021

Por otra parte, en cuanto a concentraciones promedio diarias, se destaca la estación Carvajal - Sevillana presentando más altas concentraciones diarias, así mismo se puede observar que durante el primer trimestre del año se presentan concentraciones más altas las cuales disminuyen hacia junio y julio, pero hacia el cuarto trimestre, principalmente hacia noviembre y diciembre se registraron un aumento de las concentraciones, como se observa en la Figura 11-12.

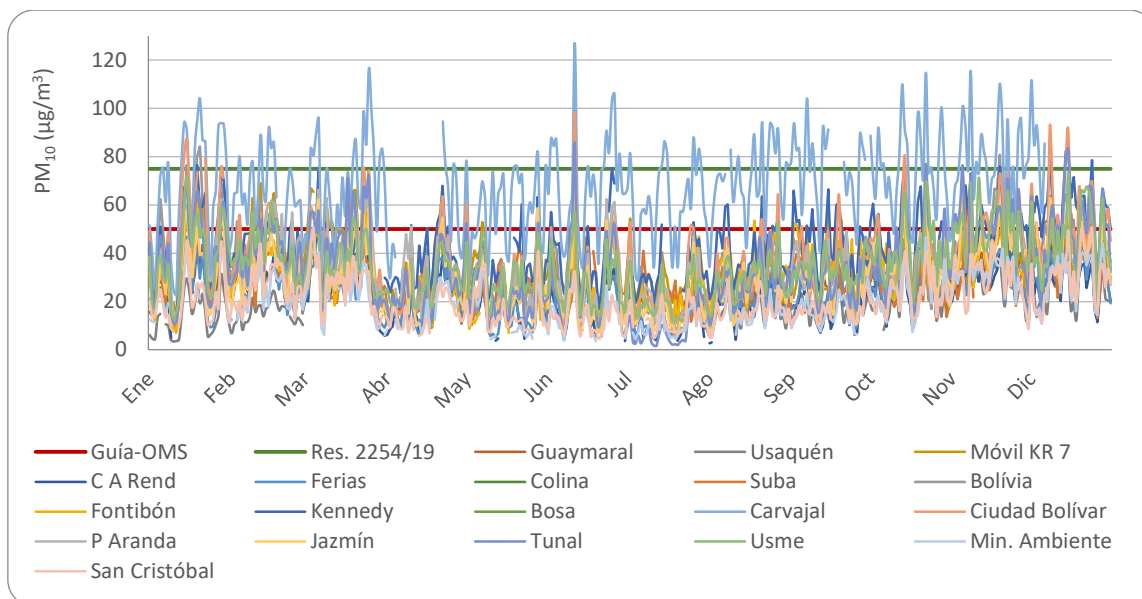


Figura 11-12 Concentración promedio diaria de PM₁₀ y valor Guía-OMS y Resolución 2254 de 2019 – Año 2021

En cuanto a las excedencias diarias de PM₁₀ teniendo en cuenta el valor de la Guía-OMS de 50µg/m³ por estación, se tiene que las estaciones con el mayor porcentaje de excedencias se encuentran Carvajal - Sevillana 82,8% (260/314), Kennedy 31,7% (106/334), Ciudad Bolívar 21,0% (74/352) y Tunal 17,6% (63/358), mientras que las estaciones con menos excedencias fueron Suba 5,2% (17/326), Guaymaral 1,2% (4/325), San Cristóbal 0,6% (2/350) y Centro Alto Rendimiento 0,3% (1/325), por otro lado las estaciones Usaquén, Ferias, Colina y MinAmbiente no presentaron excedencias, según el análisis del total de los promedios diarios reportados de PM₁₀ (Figura 11-13).

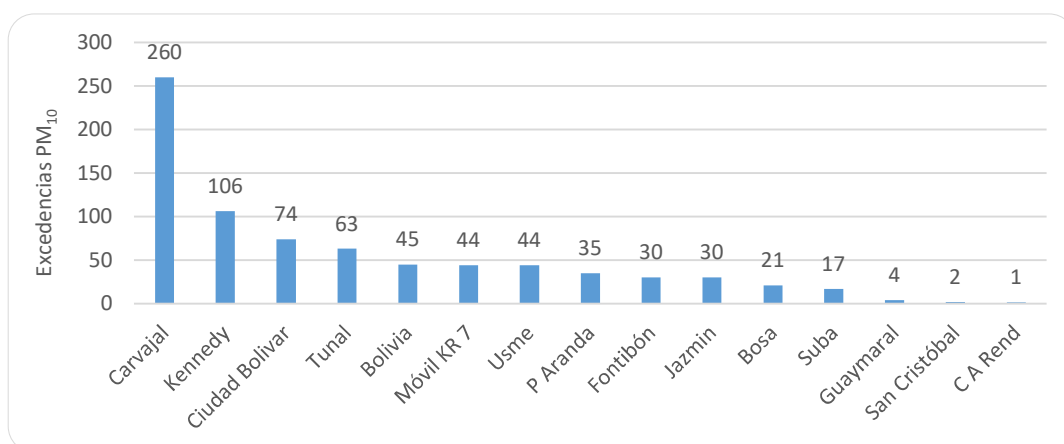


Figura 11-13 Excedencias diarias de PM₁₀ respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB – Año 2021

De igual manera que la Guía-OMS cuenta con objetivos intermedios para concentraciones anuales, la Guía establece tres objetivos intermedios uno más restrictivo que el otro a fin de dar cumplimiento y alcanzar el valor guía recomendable para concentraciones de 24 horas. A continuación, se presenta el porcentaje de excedencias de PM₁₀ para cada objetivo de la Guía, en donde todas las estaciones presentaron concentraciones por debajo de 150 µg/m³ y cumplieron el primer objetivo intermedio, respecto al OI-2 el 94,7% (18/19) de las estaciones cumplieron con el objetivo, respecto al OI-3 el 73,7% (14/19) de las estaciones cumplieron con el objetivo y frente al valor Guía-OMS el 26,3% (5/19) de las estaciones cumplieron Tabla 11-6.

Tabla 11-6 Porcentaje de excedencias de PM₁₀ para concentraciones diarias por estación de la RMCAB, respecto a la Guía y Objetivos Intermedios de la OMS – Año 2021

PM ₁₀ EXCEDENCIAS OMS AÑO 2021	% 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 A LA GUÍA OMS 50µg/m ³
Guaymaral	0%	0%	0%	1%
Usaquén	0%	0%	0%	0%
Móvil 7ma	0%	0%	0%	14%
C.D.A.R.	0%	0%	0%	0%
Ferías	0%	0%	0%	0%
Colina	0%	0%	0%	0%
Suba	0%	0%	0%	5%
Bolivia	0%	0%	1%	13%
Fontibón	0%	0%	0%	9%
Kennedy	0%	0%	3%	32%
Bosa	0%	0%	0%	10%
Carvajal - Sevillana	0%	4%	38%	82%
Ciudad Bolívar	0%	0%	3%	21%
Puente Aranda	0%	0%	0%	13%
Jazmín	0%	0%	0%	9%
Tunal	0%	0%	1%	18%

PM ₁₀ EXCEDENCIAS OMS AÑO 2021	% 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 A LA GUÍA OMS 50µg/m ³
Usme	0%	0%	0%	12%
MinAmbiente	0%	0%	0%	0%
San Cristóbal	0%	0%	0%	1%

- **Material Particulado PM_{2.5}**

A continuación, se presenta el análisis del comportamiento del material particulado PM_{2.5}, en cual se contó con 6063 datos diarios de 6935 posibles, es decir se contó con una representatividad del 87,4% para 19 estaciones la RMCAB, para los 365 días del año; en la Figura 11-14, se muestra en barras azules la concentración anual de PM_{2.5} de los últimos 6 años en Bogotá, donde se observa una reducción progresiva siendo el año 2021 el año de con menor concentración promedio anual.

En cuanto a la concentración promedio anual de material particulado PM_{2.5} entre 2017 y 2021 se observa una concentración entre los 16 y 18 µg/m³, siendo la menor concentración la del año 2021, en este sentido, se observa un cumplimiento frente a los Objetivos Intermedios 1 y 2, sin embargo respecto al objetivo 3 el año 2021 fue el año que más cerca ha estado de cumplir con el objetivo de 15 µg/m³, el cual se establece como objetivo nacional al año 2030 establecido en la Resolución 2254 de 2017, claramente no ha alcanzado el valor Guía de la OMS de 10 µg/m³.

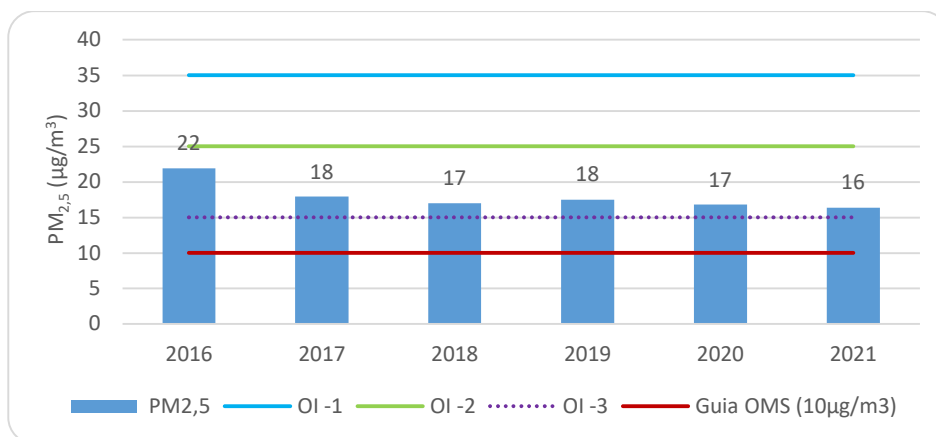


Figura 11-14 Concentración anual y cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para PM_{2.5} Bogotá 2016-2021

Teniendo en cuenta que históricamente el comportamiento de PM_{2.5} presenta dos picos de altas concentraciones, principalmente entre febrero y marzo y otro pico hacia octubre y noviembre, durante el año 2020 se observa durante el primer trimestre gran número de excedencias, sin embargo, a partir del mes de abril hasta septiembre, se presentan menos excedencias, y por debajo de lo presentado en años anteriores, en donde, como ya se mencionó anteriormente, las medidas de mitigación para la disminución de propagación del COVID-19, influyo en la reducción de concentraciones y por ende menos excedencias.

Nos obstante, el año 2021, las excedencias también fueron bajas, pero se observa que, durante el primer trimestre de año, un pico de excedencias, igualmente se observa que a partir del mes de septiembre, las excedencias comienzan un aumento paulatino, al tiempo en que se realizaba la reactivación socioeconómica; para el año 2021 las mayores excedencias se presentaron en el mes de marzo y diciembre mientras que las menores excedencias se presentaron durante el mes de julio (Figura 11-15)

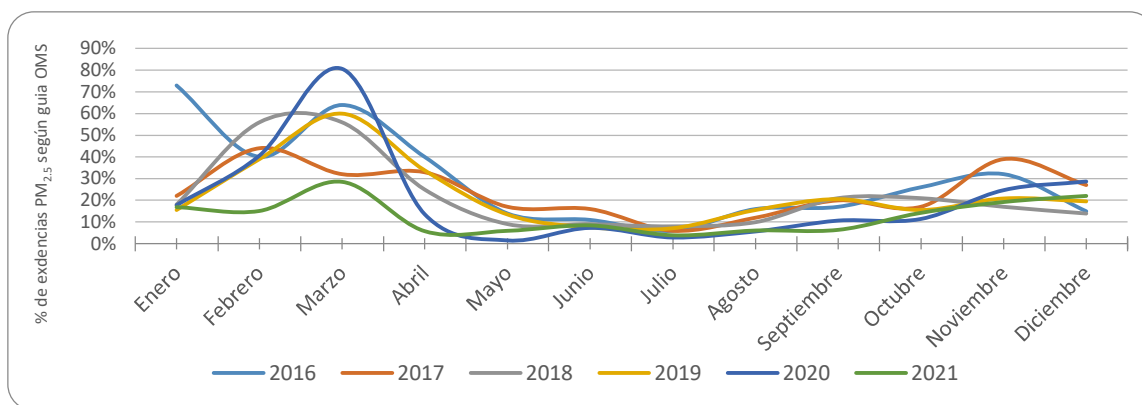


Figura 11-15 Porcentaje de excedencias de PM_{2.5} respecto a la Guía-OMS en Bogotá años 2016-2021

Por otra parte, en cuanto a las concentraciones promedio anuales, las mayores concentraciones durante el año 2021 se registraron en las estaciones Carvajal - Sevillana 34,5 µg/m³, superando el valor máximo permisible establecido en la Resolución 2254 de 2017 para promedio anual, le sigue la estación Kennedy 20,6 µg/m³ y Puente Aranda 20,1 µg/m³; las estaciones que reportaron la menor concentración en el periodo analizado fueron MinAmbiente 11,9 µg/m³, Usme 11,0 µg/m³, Usaquén 10,2 µg/m³ y Colina con 7,9 µg/m³, como se muestra en la Figura 11-16, cabe mencionar que las estaciones Usaquén, Bosa y Colina no contaron con la representatividad del 75% para promedio anual.

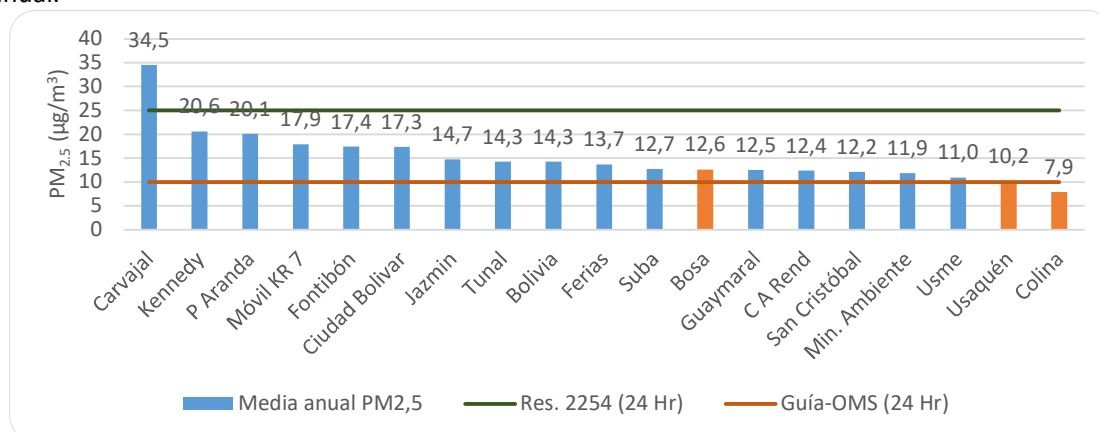


Figura 11-16 Concentración promedio anual de PM_{2.5} por estación de monitoreo de la RMCAB y excedencia a la Guía-OMS y valores permisibles de la Resolución 2254 de 2019 - Año 2021

En cuanto a concentraciones promedio diarias, se destaca la estación Carvajal - Sevillana presentando las concentraciones diarias más altas, principalmente durante el mes de marzo en donde la concentración diaria más alta durante el año se presentó el 25 marzo $66,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Carvajal, sin embargo, el 11 de junio se observa un pico de contaminación $57,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Carvajal-Sevilla y $48,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Ciudad Bolívar, por el contrario durante los meses de mayo y junio se registraron las concentraciones más bajas, el segundo pico de contaminación se presentó en los entre octubre y noviembre, como se observa en la Figura 11-17.

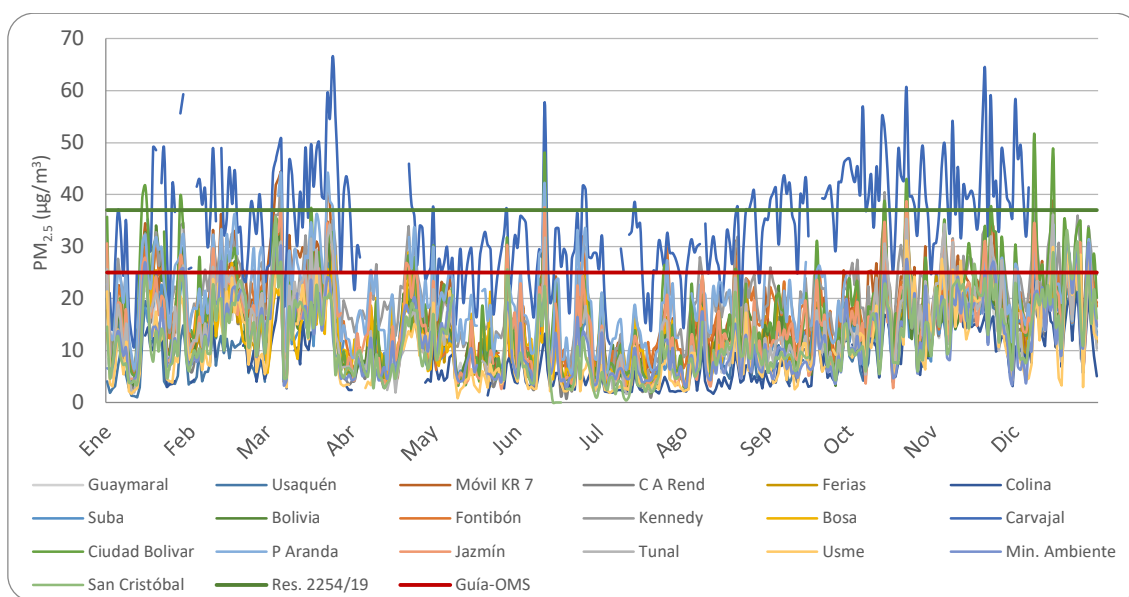


Figura 11-17 Concentración promedio diaria de $\text{PM}_{2.5}$ y valor Guía-OMS y Resolución 2254 de 2019 - Año 2021

En cuanto a las excedencias diarias de $\text{PM}_{2.5}$ teniendo en cuenta el valor de la Guía-OMS de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por estación, se tiene que las estaciones con el mayor porcentaje de excedencias se encuentran Carvajal - Sevillana 83,9% (256/305), Kennedy 28,0% (97/346), Puente Aranda 22,9% (68/297) y Ciudad Bolívar 19,3% (68/352), mientras que las estaciones con menos excedencias fueron Suba 2,1% (7/339), Guaymaral 1,4% (5/356) y Usaquén 0,6% (1/168), por otro lado la estación Colina no presentó excedencias, según el análisis del total de los promedios diarios reportados de $\text{PM}_{2.5}$.

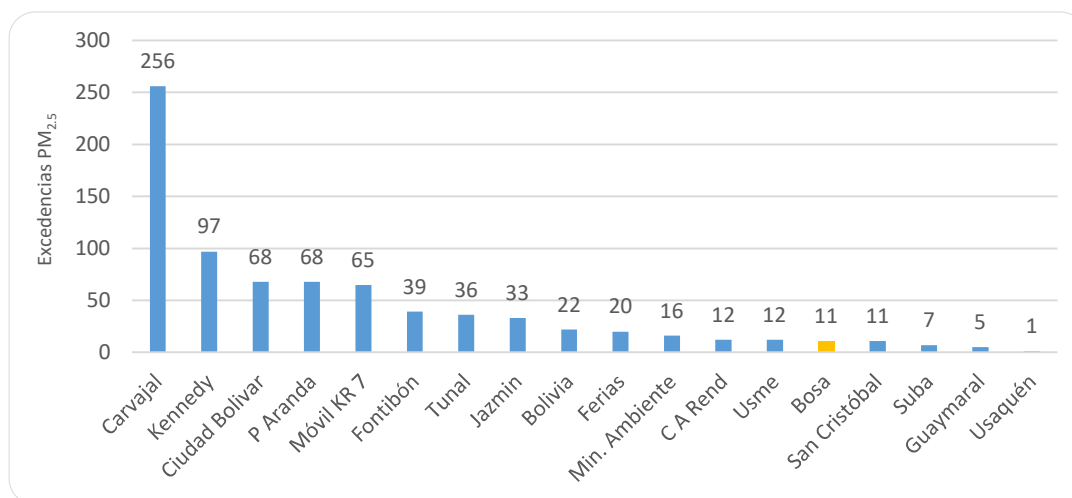


Figura 11-18 Excedencias de PM_{2.5} con respecto a la Guía-OMS en las estaciones la RMCAB - Año 2021

Según la guía de la OMS el seguimiento a los valores guía para la media de 24 horas podrá proteger a la población frente a niveles máximos de contaminación que de otra manera determinarían un exceso sustancial de morbilidad o de mortalidad en la población expuesta, por tal razón se realiza el análisis al comportamiento de las concentraciones horarias de los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}, para cada estación de monitoreo de la RMCAB y a partir del número de excedencias presentadas se conoce el porcentaje de incumplimiento con respecto a cada uno de los valores guía de la OMS; así mismo, la Guía-OMS define tres objetivos intermedios para concentraciones anuales, uno más restrictivo que el otro a fin de dar cumplimiento y alcanzar el valor guía recomendable para concentraciones de 24 horas.

A continuación, se presenta el porcentaje de excedencias de PM_{2.5} para cada objetivo de la Guía, en donde todas las estaciones presentaron concentraciones por debajo de 75 µg/m³ y cumplieron el primer objetivo intermedio, respecto al OI-2 el 94,7% (18/19) de las estaciones cumplieron con el objetivo, respecto al OI-3 el 68,4% (13/19) de las estaciones cumplieron con el objetivo y frente al valor Guía-OMS 5,2% (1/19) de las estaciones cumplió con la Guía-OMS.

Tabla 11-7 Porcentaje de excedencias del contaminante PM_{2.5} con respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2 y OI-3) – Año 2021

PM _{2.5} EXCEDENCIAS OMS AÑO 2021	% CON RESPECTO AL OI-1 75µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI-2 50µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI- 3 37,5µg/m ³	% CON RESPECTO A LA GUIA OMS 25µg/m ³
Guaymaral	0%	0%	0%	1%
Usaquén	0%	0%	0%	1%
Móvil 7ma	0%	0%	2%	19%
C.D.A.R.	0%	0%	0%	3%
Ferías	0%	0%	0%	6%
Colina	0%	0%	0%	0%
Suba	0%	0%	0%	2%
Bolivia	0%	0%	0%	6%
Fontibón	0%	0%	0%	12%

PM _{2.5} EXCEDENCIAS OMS AÑO 2021	% CON RESPECTO AL OI-1 75µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI-2 50µg/m ³	% CON RESPECTO AL OI- 3 37,5µg/m ³	% CON RESPECTO A LA GUIA OMS 25µg/m ³
Kennedy	0%	0%	1%	27%
Bosa	0%	0%	0%	5%
Carvajal- Sevillana	0%	6%	38%	84%
Ciudad Bolívar	0%	0%	2%	19%
Puente Aranda	0%	0%	2%	23%
Jazmín	0%	0%	1%	9%
Tunal	0%	0%	0%	11%
Usme	0%	0%	0%	4%
MinAmbiente	0%	0%	0%	4%
San Cristóbal	0%	0%	0%	3%

- **Calidad del aire intramural**

En el marco de las intervenciones o actividades realizadas por la línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética de la Secretaría Distrital de Salud a través de las cuatro Subredes Integradas de Servicios de Salud con las que cuenta el Distrito Capital (Norte, Centro Oriente, Suroccidente y Sur), se encuentra la ejecución de monitoreos intramurales empleando equipos de medición para determinados contaminantes. Esta actividad se viene desarrollando desde el primer semestre del año 2018, inicialmente como una prueba piloto y posteriormente como parte de la vigilancia en salud ambiental.

La Secretaría Distrital de Salud a través de la Subred Suroccidente, realiza acciones de Monitoreo Ambiental a nivel intramuros conforme a las competencias establecidas en la Ley 715 de 2001, realizando monitoreos intramurales de material particulado PM₁₀, PM_{2.5} y gases contaminantes como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), amoníaco NH₃, compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y formaldehído (H₂SO₄) así como monitoreos sobre olores ofensivos, en las localidades urbanas de Bogotá.

Es importante mencionar que en Colombia no existen valores de referencia o límites máximos permisibles normativos para contaminantes en espacios interiores; por ende, es necesario remitirse a guías, normas, estudios y demás información relacionada con este tema que haya sido desarrollada en otros países para el respectivo análisis. Estos monitoreos pueden contribuir a una aproximación de la exposición intramural y tomar dichos resultados como línea base a la formulación de las concentraciones que se pueden encontrar a nivel intramuros.

Durante el año 2021, se realizaron 41 monitoreos intramurales en 18 localidades de la ciudad, para dichos monitores se priorizaron zonas con fuentes cercanas de emisiones atmosféricas fijas o móviles, como hornos crematorios (cementeros), industria cementera, relleno sanitario o sitios de disposición inadecuada de residuos sólidos, o actividades comerciales de manufactura, metalmecánica, mecánica automotriz, que puedan afectar negativamente a la población cercana. En la Tabla 11-8, se pueden ver los monitoreos intramurales totales por localidad.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

Tabla 11-8 Monitoreos intramurales por localidad - Año 2021

Localidad	Contaminación del aire	Olores ofensivos
Usaquén	1	
Chapinero	3	
Barrios Unidos	1	2
Teusaquillo	1	2
Engativá	1	1
Suba	2	
Santa fe	3	
Los Mártires	2	
San Cristóbal	2	
Antonio Nariño	1	
Rafael Uribe	2	
Usme	2	1
Tunjuelito	3	
Ciudad Bolívar	3	
Bosa	2	
Kennedy	1	
Puente Aranda	4	
Fontibón	1	
Bogotá	35	6

Así mismo, en la Tabla 11-9 se muestran los monitoreos intramurales de material particulado dentro de la vigilancia de la línea realizados durante el periodo 2021, la cual involucra un promedio de los datos totales registrados durante el muestreo, dichos puntos se programaron y priorizaron teniendo en cuenta problemáticas asociadas a material particulado.

Tabla 11-9 Monitoreos intramurales material particulado por localidad – Año 2021

SUBRED	LOCALIDAD	PUNTO DE MONITOREO	MONITOREOS 2021						
			Material Particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
			FECHA INICIO	FECHA FINAL	PM ₁	PM _{2.5}	RESP	PM ₁₀	TOTAL
CENTRO ORIENTE	SANTA FÉ	Establecimiento comercial	13/04/2021	21/05/2021	22,46	22,70	23,48	24,95	20,50
		Establecimiento comercial	27/10/2021	8/11/2021	27,10	27,26	27,66	28,14	24,60
	SAN CRISTÓBAL	Unidad habitacional	23/09/2021	19/10/2021	11,11	11,20	11,44	11,78	7,77
	LOS MÁRTIRES	Geriátrico Oasis de Amor	17/003/2021	12/04/2021	22,12	22,30	22,82	23,81	20,45
SUR	CIUDAD BOLÍVAR	USS Casa de Teja	28/01/2021	23/02/2021	26,84	27,32	28,54	30,48	25,31
		Cemex de Colombia	25/02/2021	19/03/2021	43,76	45,68	48,18	54,50	46,58
	TUNJUELITO	CAPS San Benito	12/04/2021	6/05/2021	22,63	23,15	23,82	25,87	23,31
SUROCCIDENTE	PUENTE ARANDA	Establecimiento comercial	22/01/2021	15/02/2021	25,09	25,29	25,93	26,93	23,84

SUBRED	LOCALIDAD	PUNTO DE MONITOREO	MONITOREOS 2021						
			Material Particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
			FECHA INICIO	FECHA FINAL	PM ₁	PM _{2.5}	RESP	PM ₁₀	TOTAL
	BOSA	Unidad habitacional	24/03/2021	9/04/2021	22,22	22,77	23,34	24,69	19,22
NORTE	TEUSAQUILLO	Unidad habitacional	25/03/2021	9/04/2021	10,50	10,62	10,88	11,32	10,13
	CHAPINERO	Unidad habitacional	9/04/2021	26/05/2021	22,55	22,78	23,32	24,25	15,98
	SUBA	Cementerio Jardines del Recuerdo	29/01/2021	22/01/2021	20,92	21,28	21,62	22,34	20,77
	ENGATIVÁ	Unidad habitacional	24/02/2021	26/03/2021	38,06	38,39	39,17	40,30	38,07

11.3.1. ATENCIÓN Y GESTIÓN DE QUEJAS POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Como proceso de transversal a la vigilancia ambiental, se cuenta con la actividad de atención de quejas y solicitudes presentadas por la comunidad por temas relacionados con contaminación del aire, olores ofensivos o humo de tabaco, haciendo un reconocimiento y atención a estas solicitudes que pueden generar afectaciones en la salud de las personas.

Durante el año 2021 como se muestra en la Figura 11-19, se atendieron 208 quejas en Bogotá, lo que representa un incremento del 101,9% respecto al año anterior; del total de las quejas presentadas a durante 2021 se tiene que el 62,5% (130/208) se encontraban relacionadas a molestias por olores ofensivos, el 28,4% (59/208) de las peticiones estuvieron relacionadas a contaminación del aire y 9,1% (19/208) relacionadas a exposición al humo de tabaco.

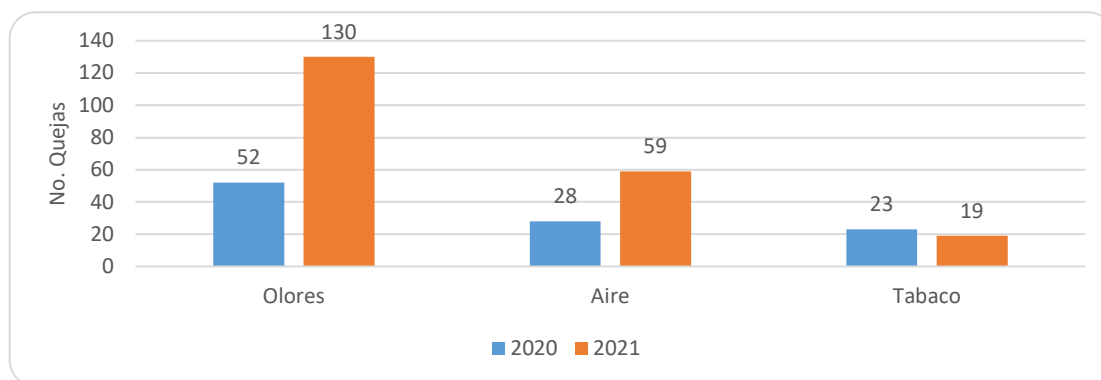


Figura 11-19 Atención a quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco, Bogotá, 2020-2021

Uno de los motivos por los cuales se observa un aumento en el número de quejas durante 2021, se debe a que, a partir del mes de abril hasta octubre de 2020, se suspendió la aplicación de encuestas en atención a quejas, atendiendo las restricciones y medidas de prevención a causa de la pandemia por COVID-19, sin embargo, respecto al número de quejas presentadas en el año 2019, se presentó una reducción de 7,5%.

En la Figura 11-20 se puede observar el número de quejas por Subred Integrada de Servicios de Salud, de las cuales la Subred Norte presentó el mayor porcentaje de quejas 40,9% (85/208), seguido por la Subred Suroccidente 30,3% (63/208), la Subred Sur 21,2% (44/208) y la Subred Centro Oriente 7,7% (16/208).

Las localidades que más reportaron quejas fueron Engativá 11,1% (23/208), Kennedy 10,6% (22/208) y Suba y Bosa 9,1% (19/208) cada una, mientras que las localidades que presentaron menos quejas fueron Puente Aranda 3,4% (7/208), Teusaquillo y San Cristóbal 2,9% (6/208) cada una y Rafael Uribe 1,0% (2/208), por otra parte, las localidades de Santa Fe, Los Mártires y Candelaria no se presentaron quejas.

En cuanto a quejas por olores ofensivos la localidad de Kennedy 13,1% (17/130), Engativá 11,5% (15/130), Suba y Ciudad Bolívar 10,0% (13/130) fueron las localidades con mayor número de quejas por este motivo.

En cuanto al número de quejas por contaminación del aire, las localidades de Bosa y Usme presentaron el mayor número de quejas, 13,6% (8/59) cada una, Suba, Engativá y Puente Aranda 8,5% (5/59), mientras que las localidades con menos quejas por este motivo fueron Teusaquillo, Tunjuelito, Antonio Nariño 1,7% (3/59) cada una, mientras que Fontibón, San Cristóbal y Rafael Uribe 1,7% (1/59) cada una, solo las localidades de Usaquén, Santa Fe, Los Mártires y La Candelaria no presentaron quejas.

La localidad con mayor número de quejas por exposición al humo de tabaco fue Fontibón con el 26,3% (5/19) de las quejas presentadas en la ciudad, le sigue las localidades de Engativá 15,8% (3/19), Usaquén, Barrios Unidos, Bosa y San Cristóbal 10,5% (2/19) cada una y Suba, Kennedy, Chapinero presentaron 5,3% (1/19) cada una, las demás localidades no presentaron quejas por este motivo.



Figura 11-20 Distribución de quejas por contaminación del aire, olores y humo de tabaco, por Subred - Año 2021

11.3.2. PROMOCIÓN DE LA SALUD Y PREVENCIÓN 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 intramuros y extramural, que van encaminadas al cambio de comportamiento, actitudes y prácticas de la comunidad y cuidados en salud, sin embargo producto de la pandemia de COVID-19 desde el mes de abril del año 2020 no se han realizado actividades que requieran convocatoria y aglomeración de personas, como medida de prevención de propagación del virus; es así que durante el año 2020, se realizaron actividades de información, educación y comunicación social del riesgo en temáticas de calidad del aire, ruido, tabaquismo donde participaron 2036 personas.

No obstante, se sigue brindando información, mediante publicación de infografías, difundidas en la página WEB y redes sociales de la Secretaría Distrital de Salud, como se muestra a continuación:

Tabla 11-10 Infografías temáticas de la línea de aire ruido y radiación electromagnética – Año 2021

TEMA	TÍTULO	ENLACE
Radiación Electromagnética	¿Un día sin red WI-FI?	https://drive.google.com/file/d/1SutH6WTMVTVS9Zl8dgNnndxWSOIYg0IR/view
Radiación electromagnética	Usa saludablemente la tecnología	https://drive.google.com/file/d/12sMsaz8MMatDkmZBveaML4m9neLcmm03/view
Calidad del aire	17 de noviembre Cómo podemos contribuir para respirar un aire más puro	https://drive.google.com/file/d/1cUMvOuCWJMNjiEht_iR2DsHG1tFPjQr9/view
Olores Ofensivos	Un entorno saludable, es un entorno sin olores ofensivos	https://drive.google.com/file/d/1ym17jCoaO7DzidQrMVKn89iTp2xCeWiw/view
Olores Ofensivos	Olores ofensivos, ambiente y salud	https://drive.google.com/file/d/1HvGRQJzW2ir6xEITxqUByoQbPYnAb_Uk/view
Calidad del aire	Preservar la capa de ozono, es preservar la vida en el planeta	https://drive.google.com/file/d/1jMGHegnhUO8xaviIWDeAyAdHFmJID2CZ/view
Tabaco	Dispositivos electrónicos de tabaco	https://drive.google.com/file/d/1B6dUHOVbtFpfDKMuj3oZDFBBePbjznq/view
Tabaco	COVID y dispositivos 2021.	https://drive.google.com/file/d/1IWqkEcozuQ-jcZbHtAJUiWh-dMSIMqbh/view
Calidad del aire	Día interamericano de la calidad del aire	https://drive.google.com/file/d/1Ez44FnXu_Lw1w0pcdTfmzZFbikx9ZKq/view
Calidad del aire	¿Qué aire queremos respirar?	https://drive.google.com/file/d/1PHM1ZgOeuO5O00uT22LiOgqHtZkK0Bl/view
Radiación Electromagnética	Día internacional contra la contaminación electromagnética	https://drive.google.com/file/d/1rUe0SSRaBbS6HrI5aqy8jWUk1OfZpS8W/edit
Calidad del aire	Semana Ambiental	https://drive.google.com/file/d/1_piFikbFqslfCs3oJDN-zm5L3DYd8Es7/view

TEMA	TÍTULO	ENLACE
Tabaco	Día Mundial sin Tabaco	https://drive.google.com/file/d/1_xdmAqojKrqa6seEWtfd1Yw1EHXV9e2Z/edit
Ruido	Cuidado del oído y la audición	https://drive.google.com/file/d/1n_eWX9Oo-hgazZQelKa4Py2vjPT9fK4-/view
Ruido	Día internacional de concienciación sobre el Ruido	https://drive.google.com/file/d/1KCRGX4MEgdUZQIB8P49aEinytKDYHJy/edit
Calidad del aire	Efectos en la salud por contaminación del aire	https://drive.google.com/file/d/109EZxKbV3w2ZtqeNyu5BkfHRiBwlgQbQ/edit
Calidad del aire	Contaminación del aire	https://drive.google.com/file/d/1RKRR_lmsHFA8og8sfH6TetzqH2BFS5usd/edit
Ruido	Cuida tu sueño, garantiza un buen futuro	https://drive.google.com/file/d/1eekvFB2_80cRyJmLdFq3v95uaB7IRYHH/view
Tabaco	Humo de tabaco de segunda y tercera mano	https://drive.google.com/file/d/1ivbeL5-Wp4QD5K4btHvPi5-2vuzYiD7f/edit
Tabaco	Normas para el control de tabaco en propiedad horizontal	https://drive.google.com/file/d/1ivbeL5-Wp4QD5K4btHvPi5-2vuzYiD7f/edit
Tabaco	Productos de tabaco y sistemas electrónicos con o sin dispensación de nicotina y similares	https://drive.google.com/file/d/1VW4ickHo6msr52XTj0TJbTQGZyJ9G0gB/edit



Figura 11-21 La contaminación atmosférica es el mayor riesgo ambiental para la salud pública mundial y se estima que el 92% de la población está expuesto al aire contaminado, lo que causa aproximadamente siete millones de muertes prematuras cada año

- ▶ Cambiar las bolsas de plástico por otras reutilizables (canastos, bolsas de tela).
- ▶ Usar bombillas y lámparas LED.
- ▶ Elegir papel 100% reciclado y blanqueado sin cloro.
- ▶ No usar vasos, platos y cubiertos de plástico cuando estés fuera de casa.
- ▶ Comprar tu comida a granel y evita el exceso de bolsas.
- ▶ Adquirir electrodomésticos de mayor eficiencia energética.
- ▶ Evitar la quema de residuos, basura o llantas.
- ▶ Aplicar las tres R: reducir, reusar y reciclar.
- ▶ Evitar el uso de aerosoles que contengan gases de efecto invernadero.
- ▶ Evitar el uso del automóvil durante las horas pico; en su lugar usar el transporte público, bicicleta o caminar.
- ▶ Apagar el motor cuando el vehículo o moto se encuentre detenido.

Figura 11-22 ¿Cómo podemos contribuir para respirar un aire más puro?
Consulté aquí: https://drive.google.com/file/d/1cUMvOuCwJMNjiEHt_iR2DsHG1tFPjQr9/view



¿Qué conoces sobre los dispositivos electrónicos de tabaco?

"PTC, SEAN Y SESN"

Sabías qué...

Los Productos de Tabaco Calentados "PTC"
Se compone de aerosoles que contienen nicotina y otras sustancias químicas. Calientan el tabaco hasta **350°C** con sistemas alimentados por baterías.(2)

Los Sistemas Electrónicos de Administración Con Nicotina y Sin Nicotina "SEAN" Y "SESN"
Generan un aerosol que suele contener saborizantes, aromatizantes, normalmente disueltos en propilenglicol o glicerina vegetal, mediante el calentamiento de una solución líquida. Pueden contener nicotina (**SEAN**) o no (**SESN**) comúnmente conocidos como "**VAPEADORES o Mods**".(3)

Figura 11-23 ¿Qué conoces sobre los dispositivos electrónicos de tabaco?
Consulte aquí: <https://drive.google.com/file/d/1B6dUHOVbtFpfDKMuj3oZFDfBePbljznq/view>



- Usar tapabocas el tiempo que considere necesario para mitigar el olor percibido.
- Si la fuente generadora es intramural, se sugiere abrir ventanas o utilizar los sistemas de ventilación disponibles.
- Si la fuente generadora es extramural, se sugiere evitar que el olor ingrese a la unidad habitacional o sitio afectado a través del flujo del aire, por ende, se pueden cerrar puertas y ventanas.
- Las comunidades y las industrias pueden trabajar juntas para controlar olores utilizando «Leyes y ordenanzas de control de olores» (2).



Figura 11-24 Recomendaciones para proteger nuestra salud.

Puede consultarla en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1ym17jCoaO7DzidQrMVKn89iTp2xCeWiw/view>

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Enfermedad Respiratoria Aguda. Vigilancia en Salud Pública.* . (2021). Obtenido de <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Paginas/ENFERMEDADRESPIRATORIAAGUDA.aspx>
- A.Labbé. (2014). *Tabaquismo pasivo en el niño*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1245178914672723>
- Arciniegas , A., Rodríguez , C., Pachón , J., Sarmiento , H., & Hernández , L. (2006). *Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892006000100002
- Arellano EE, F., Schilman A, HurtadoDíaz M, Texcalac Sangrador JL, & Riojas Rodríguez H. (2020). *Revisión rápida: contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19*. Obtenido de Salud Pública de México: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=95392>
- Bautista, N. (2020). *Colombia mantiene tendencia a la baja en consumo de tabaco*. Obtenido de MinSalud: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-mantiene-tendencia-a-la-baja-en-consumo-de-tabaco.aspx>
- Chinchilla Araya, T., & Durán Monge, M. (2019). *Efectos fetales y posnatales del tabaquismo durante el embarazo*. Obtenido de Scielo: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152019000200068
- Dimensión de Salud Ambiental, Plan Decenal de Salud Pública.* (2012 - 2021). Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Documents/dimensiones/dimension-saludambiental.pdf>
- Dr Ubilla , C., & Dra Yohannessen , K. (2021). *Contaminación Atmosférica Efectos en la Salud Respiratoria en el niño*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S071684017300214>
- El impacto mundial de la enfermedad respiratoria.* (2021). Obtenido de https://www.who.int/gard/publications/The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_ES.pdf
- EPA, U. (Diciembre de 2020). *List of designated reference and equivalent methods*. Obtenido de https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-08/documents/designated_reference_and-equivalent_methods.pdf

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

GAW Report, & Petzold et al. (2013, 2016).

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

Hernández, J., Aristizabal, G., Slagado, Y., Cantor, L., Medina, K., & Reyes, J. (2012). *Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de cinco años en tres localidades de Bogotá*. Obtenido de Sociedad Colombiana de Pediatría: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120491215300112>

Ichoku. (2008). *Estimating smoke emissions over the US Southern Great Plains using MODIS fire radiative power and aerosol observations*. Atmospheric Environment.

Instituto Nacional de Cancerología - ESE. (2021). *Instituto Nacional de Cancerología*. Obtenido de <https://www.cancer.gov.co/files/libros/archivos/Hoja%20informativa%20tabaco%202019.pdf>

LII, L. (2020). *40 CFR Appendix Table A-1 to Subpart A of Part 53, Summary of Applicable Requirements for Reference and Equivalent Methods for Air Monitoring of Criteria Pollutants*. Obtenido de https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-Table_A-1_to_subpart_A_of_part_53

María Piñero-Iglesias, J. A.-G.-L.-M.-R. (2021). *Study of Temporal Variations of Equivalent Black Carbon*. Applied Sciences.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*.

Montoya Gaviria, G. de J, & Eslava Ramírez, J. A. (2000). *Análisis de las condiciones que favorecen el desarrollo de la actividad convectiva de las tormentas eléctricas en la Sabana de Bogotá*. Earth Sciences Research Journal.

OMM. (2010). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (Vols. OMM-No 8). Ginebra, Zuisa: OMM.

OMS, O. M. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Organización Mundial de la Salud - OMS. (2021). Obtenido de Calidad del aire y Salud: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Organización Panamericana de la Salud - OPS. (2021). Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

Oyarzún G, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias.*

Plan de Desarrollo: Mejorar la calidad el aire 10%, prioridad para esta administración. . (2020 - 2024). Obtenido de http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/historial-de-noticias/-/asset_publisher/1RkX/content/plan-de-desarrollo%3A-mejorar-la-calidad-del-aire-10-prior

Saldías Peñafiel, F., Elola Aránguiz, J., Uribe Monasterio, J., Morales Soto, A., & Díaz Patiño, O. (2016). *Predictores clínicos y funcionales del riesgo de cáncer pulmonar en el seguimiento de una cohorte de adultos fumadores.* Obtenido de Rev Med Chile : <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v144n11/art03.pdf>

Salud, O. P. (2012). *Unidad de Atención de Enfermedad Respiratoria Aguda Comunitaria UAERAC/UAIRAC.* Obtenido de Manual para Agentes Comunitarios Voluntarios de Salud: https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/UAIRAC_15062012%5B1%5D.pdf

Sandradewi. (2008). *Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter.* ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY.

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

Solarte, P., Caicedo, M., & Restrepo, S. (2021). Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Bogotá . https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/20110628lec.ad.articulo_estudio_iv_an_solarte.pdf.

Soldevila, N., Vinyoles, E., Agudo Ugena, J., & Camps Vila, L. (2018). Contaminación atmosférica, riesgo cardiovascular e hipertensión arterial.

Vargas, Sandra. (2008). Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica,* <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v11n1/v11n1a06.pdf>.

13. ANEXOS

A. Lectura de gráficos de cajas

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

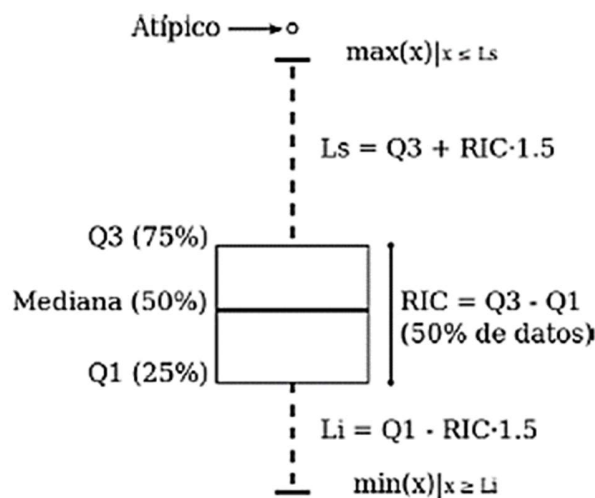


Figura 13-1 Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes.

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. **L_i**, límite inferior, corresponde a $Q_1 - (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q_3 - Q_1$). **L_s**, límite superior, corresponde a $Q_3 + (RIC \times 1.5)$, donde RIC equivale al Rango Intercuartílico ($Q_3 - Q_1$). A los puntos por fuera de los límites se les llama valores **atípicos**.

B. Diagramas de cajas de datos 24h, 1h y 8h de los contaminantes en 2021

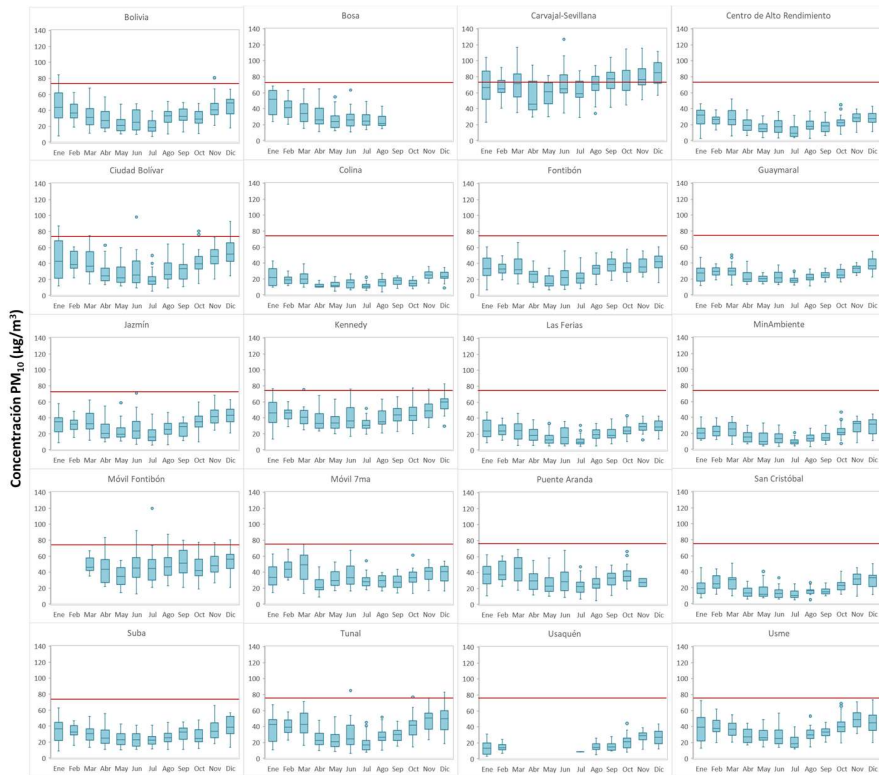


Figura 13-2. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM₁₀ por mes y por estación en el año 2021

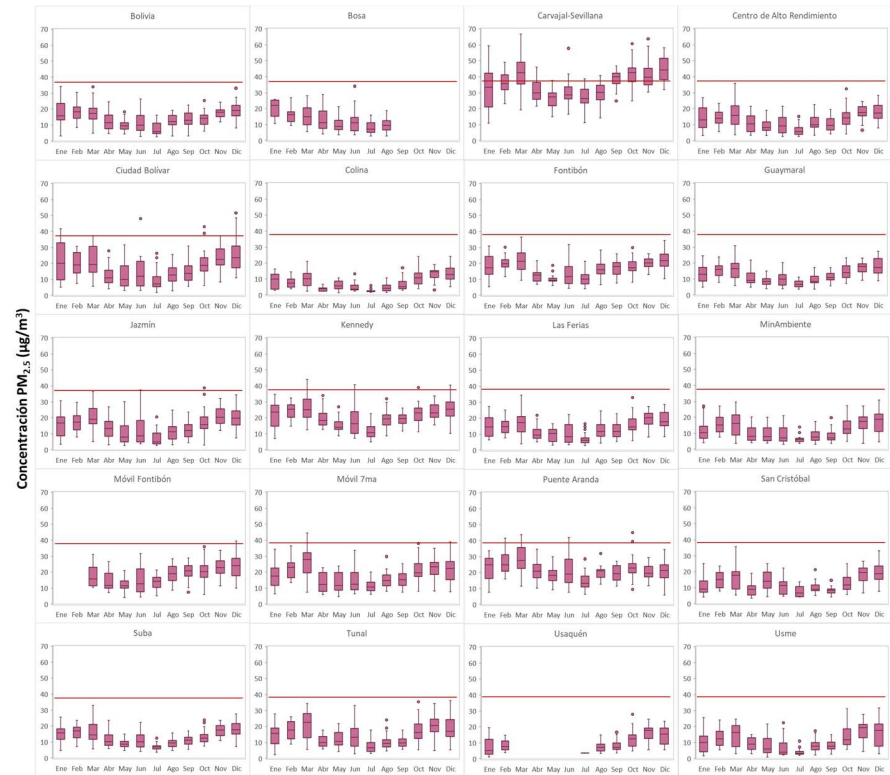


Figura 13-3. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM_{2.5} por mes y por estación en el año 2021

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

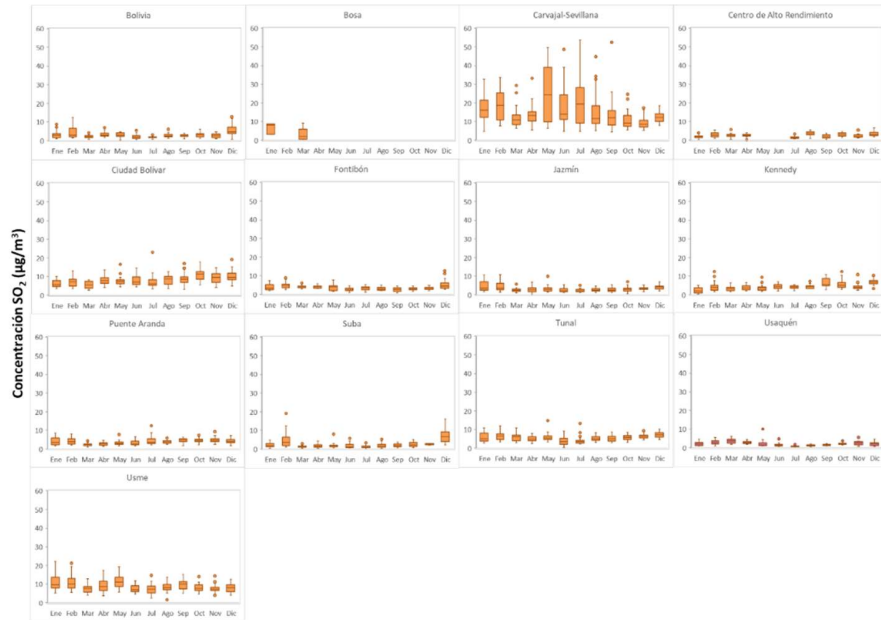


Figura 13-4. Diagrama de cajas de concentraciones 24h de SO₂ por mes y por estación en el año 2021

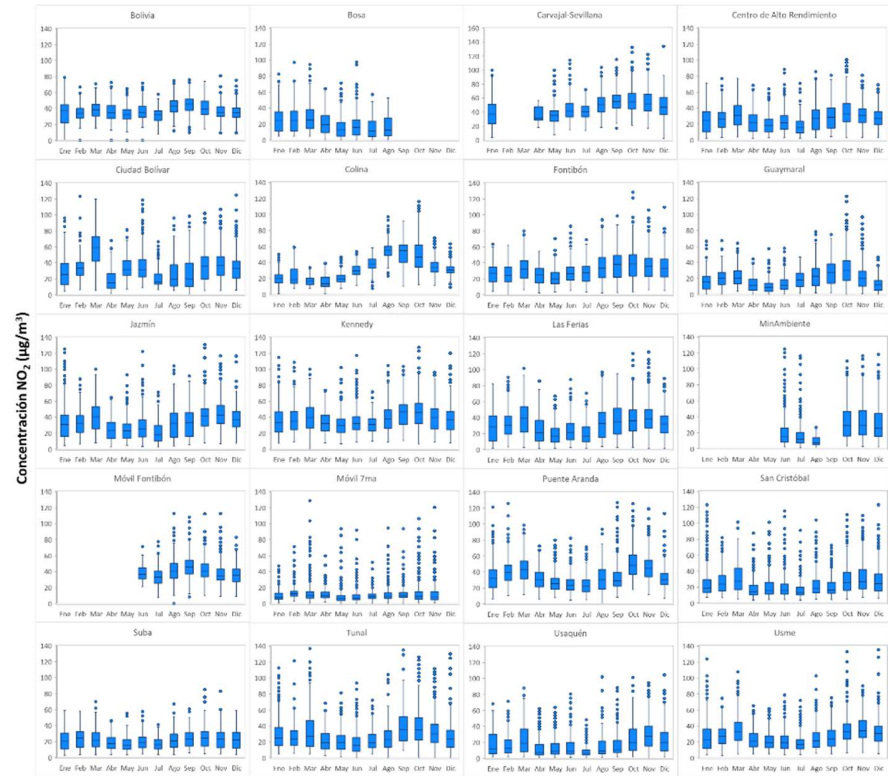


Figura 13-5. Diagrama de cajas de concentraciones 1h de NO₂ por mes y por estación en el año 2021

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

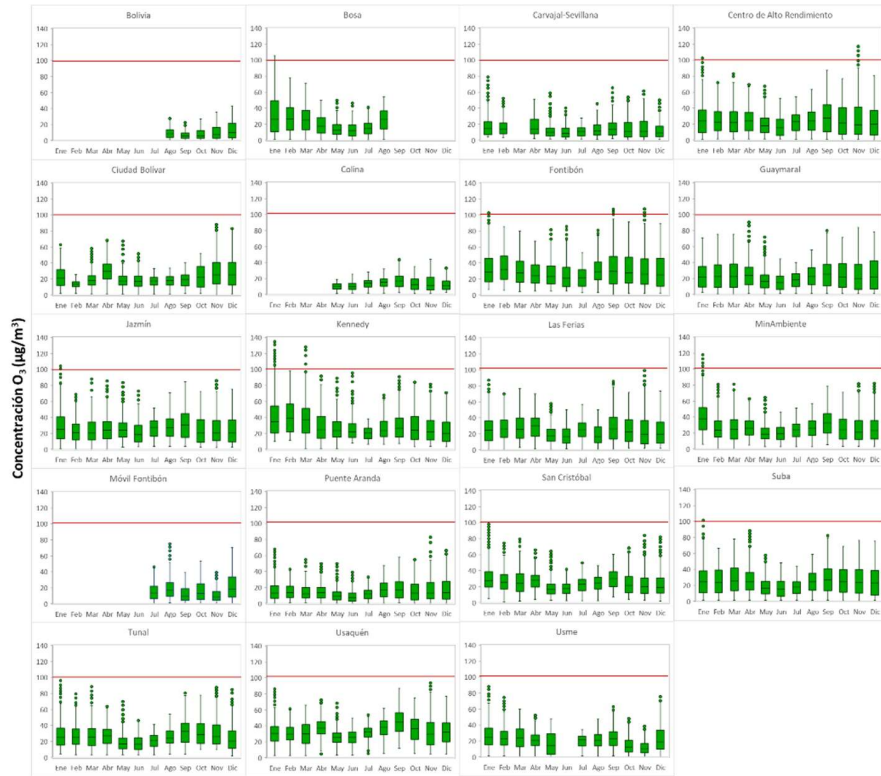


Figura 13-6. Diagrama de cajas de concentraciones 8h de O_3 por mes y por estación en el año 2021

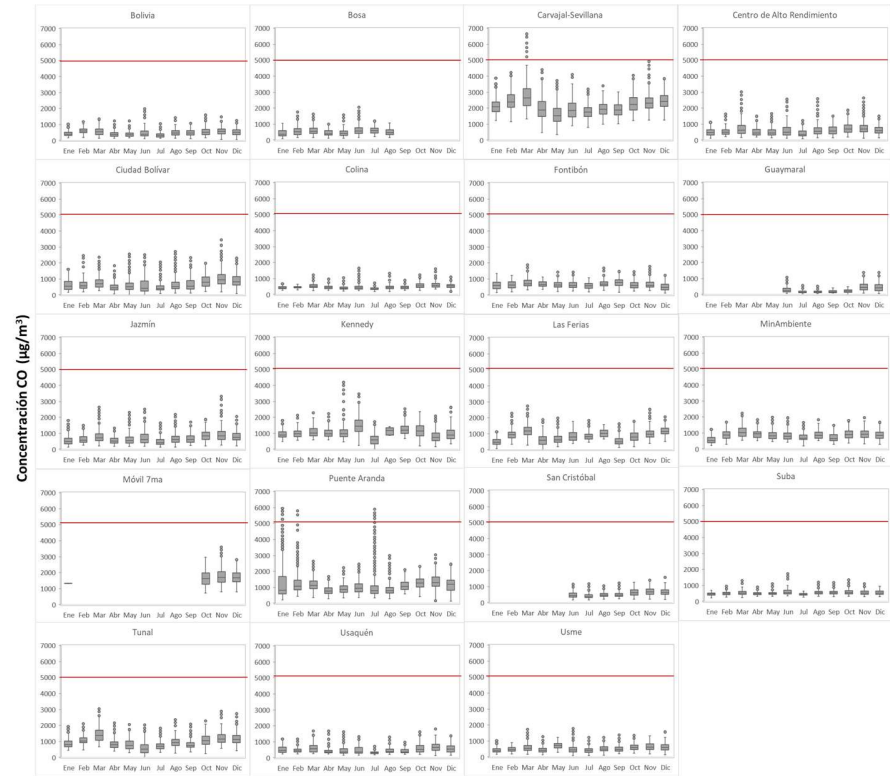


Figura 13-7. Diagrama de cajas de concentraciones 8h de CO por mes y por estación en el año 2021

C. 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/m^3 y $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente:

Tabla 13-1 Factores de conversión de unidades para gases contaminantes. Las unidades resultantes (mg/m^3 y $\mu\text{g}/\text{m}^3$) estarán en condiciones de referencia correspondientes a 25°C y 760 mm Hg

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	2,6186	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	1,8804	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃	1,9620	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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]

D. 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 diciembre de 2020 (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-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

E. Declaraciones

Se declara que los resultados relacionados en el presente informe anual de calidad del aire corresponden únicamente a los parámetros y variables monitoreadas por los analizadores y sensores en las estaciones la RMCAB, adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con ítems ensayados y/o comprobados metrológicamente.

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 y su evaluación se registra en el formato interno PA10-PR03-F12 de acuerdo con lo establecido en el instructivo interno PA10-PR03-INS8, y no se reporta en los informes periódicos de calidad del aire, minimizando cualquier posibilidad de interpretaciones equívocas o de uso incorrecto.

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 2021.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido 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 y de estimación de la incertidumbre en la RMCAB 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”.

Tabla 13-3 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 Formato PA10-PR03-F12 - Cálculo de Incertidumbre RMCAB

FIN DEL INFORME

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


 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

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 Arandia
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


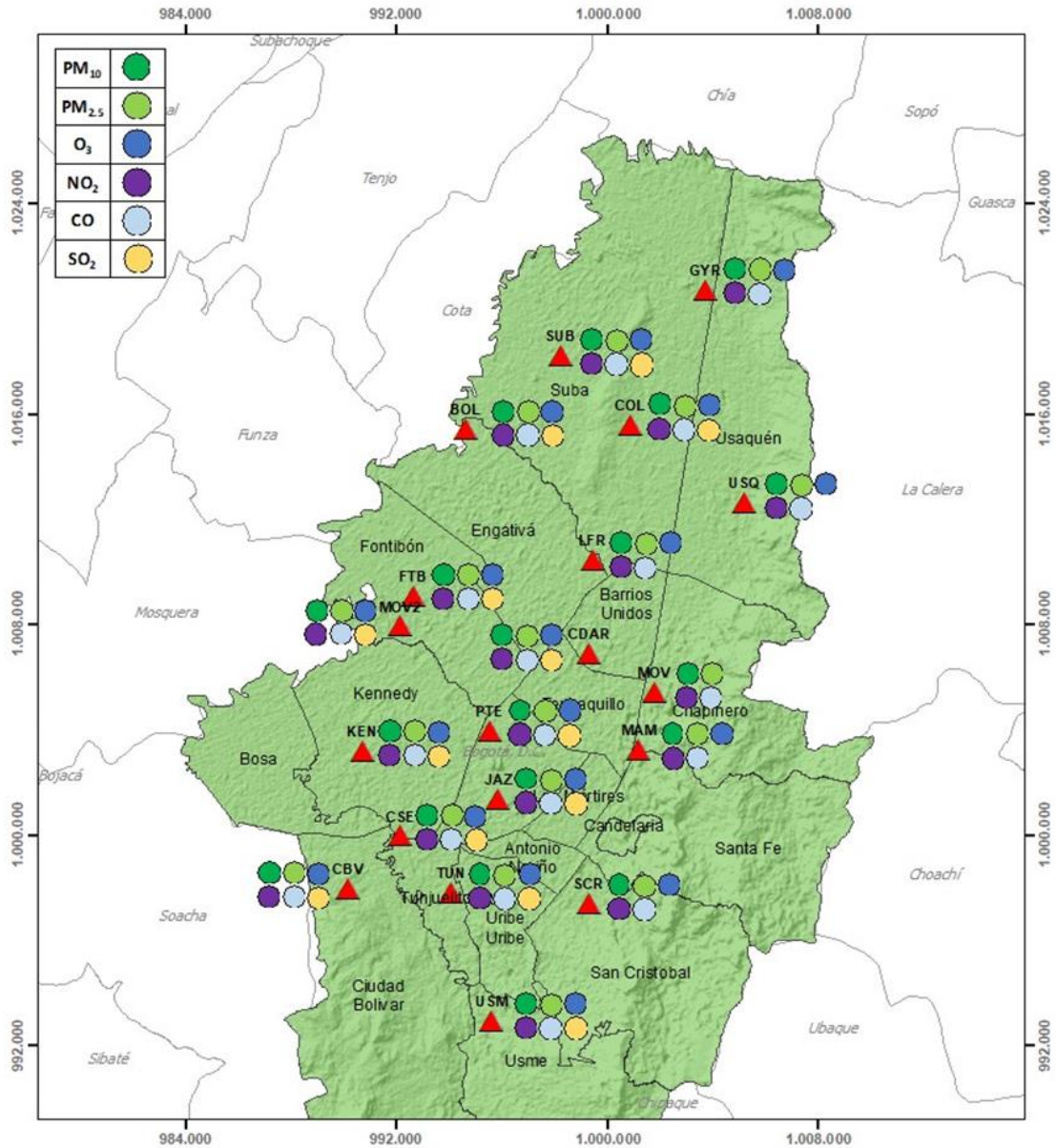
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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.





 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.  Secretaría de Ambiente Localización Estaciones RMCAB	CONVENCIONES  Estaciones_sin_Bosa <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	15 BOS		 Esc.: 1:200.000 <small> Proyección: Coordenada System: MAGNA, Colombia, Bogotá Proyección: Transversa, Meridiano Central, Maritimo - 74.07730792 Geographic Coordinate System: GCS: MAGNA Datum: D: MAGNA Fuente: Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá </small>
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.

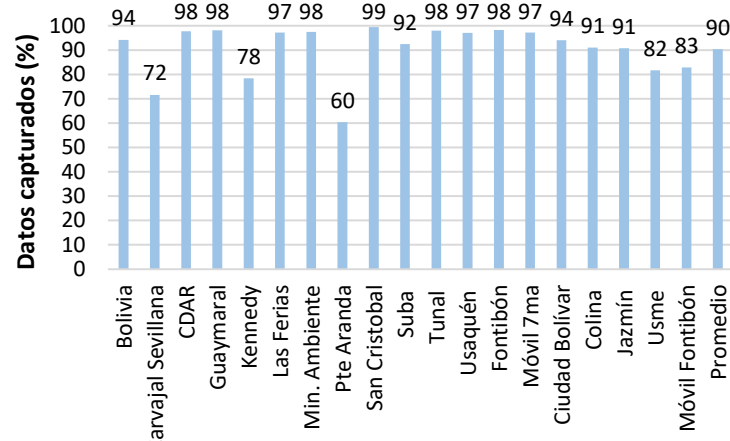
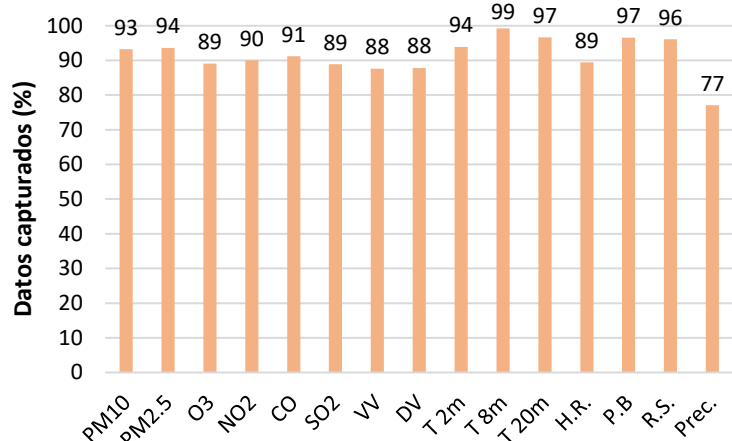


Figura 6-1 Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB - Año 2022


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.

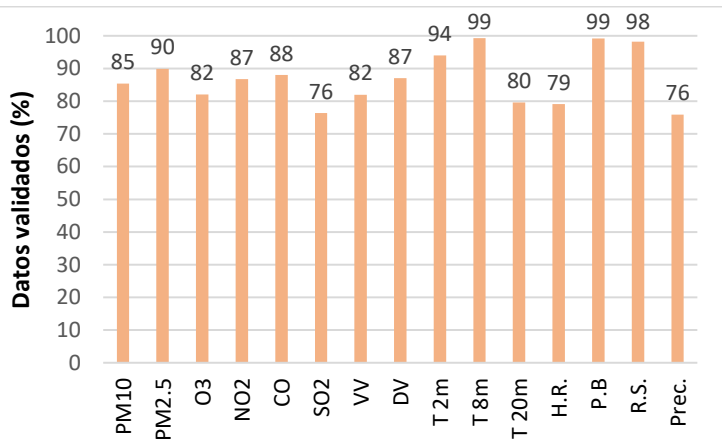


Figura 6-3 Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento - Año 2022

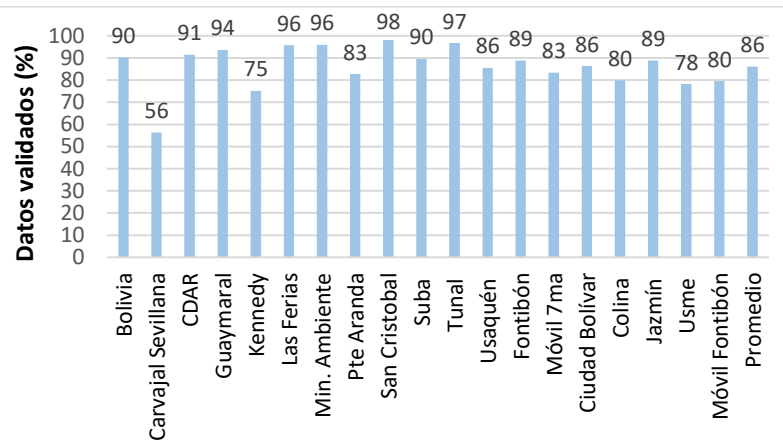



Figura 6-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2022

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.

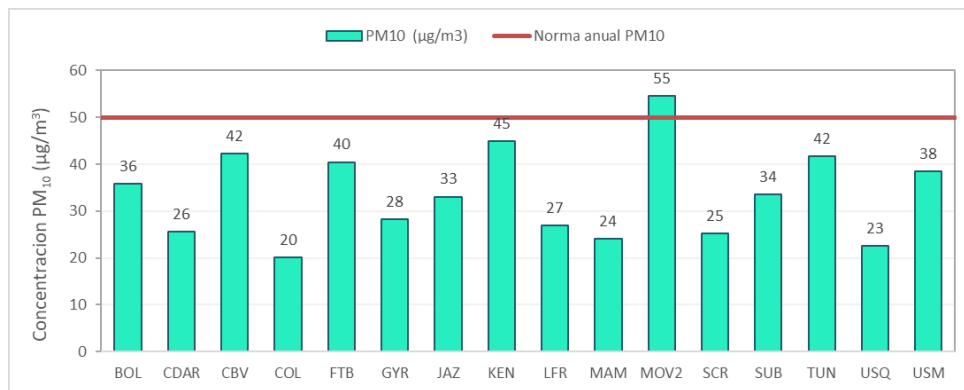


Figura 7-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2022

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	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					Norma anual: 50 µg/m ³ Norma diaria: 75 µg/m ³				
BOL	35.8	87%	75.3	1	MAM	24.0	93%	56.2	0
CSE*	75.1	16%	108.8	35	MOV2	54.6	98%	111.2	59
CDAR	25.6	98%	63.0	0	MOV*	34.3	62%	73.0	0
CBV	42.3	94%	109.7	18	PTE*	31.6	43%	64.3	0
COL	20.1	95%	49.2	0	SCR	25.2	99%	56.7	0
FTB	40.5	98%	89.4	5	SUB	33.5	92%	80.6	1
GYR	28.2	98%	54.9	0	TUN	41.6	96%	91.9	6
JAZ	33.1	96%	68.6	0	USQ	22.6	93%	54.1	0
KEN	44.9	88%	89.7	10	USM	38.5	96%	91.5	5
LFR	27.0	95%	71.1	0					

* 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.

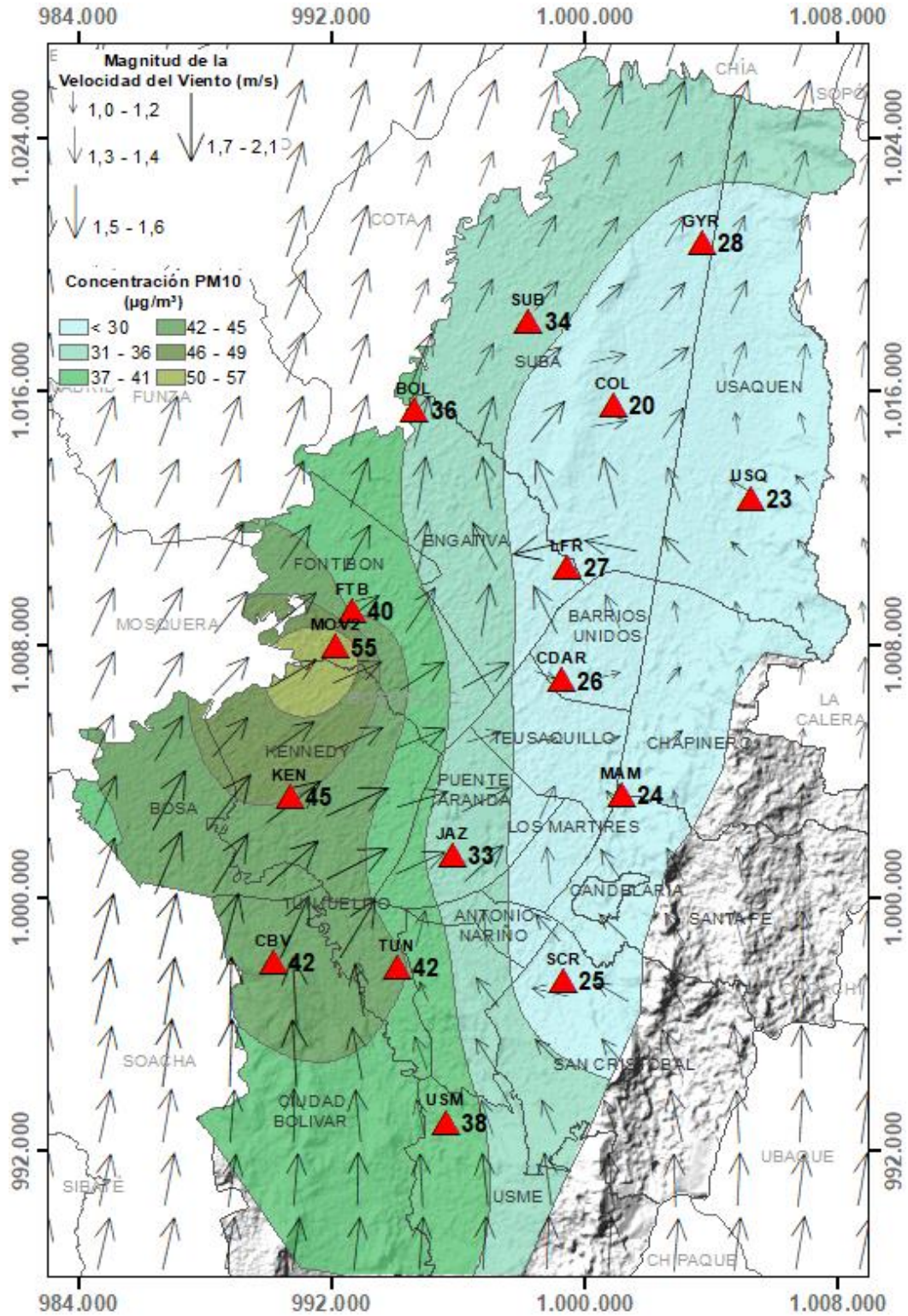



Figura 7-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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.

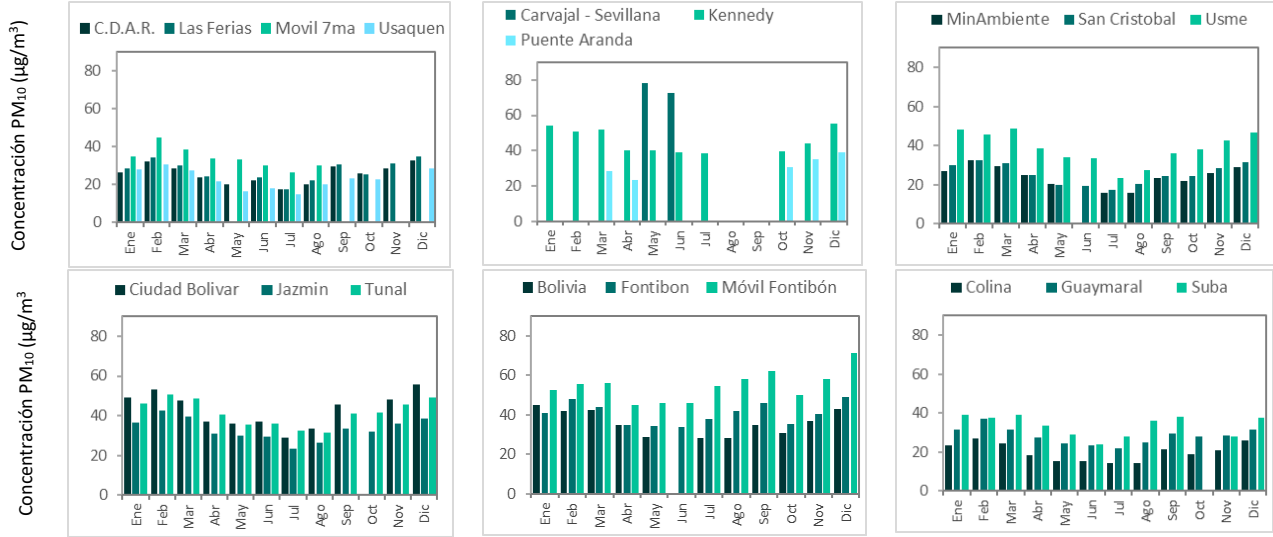


Figura 7-3 Concentraciones mensuales de PM_{10} por estación – Año 2022



Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM_{10} – 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.

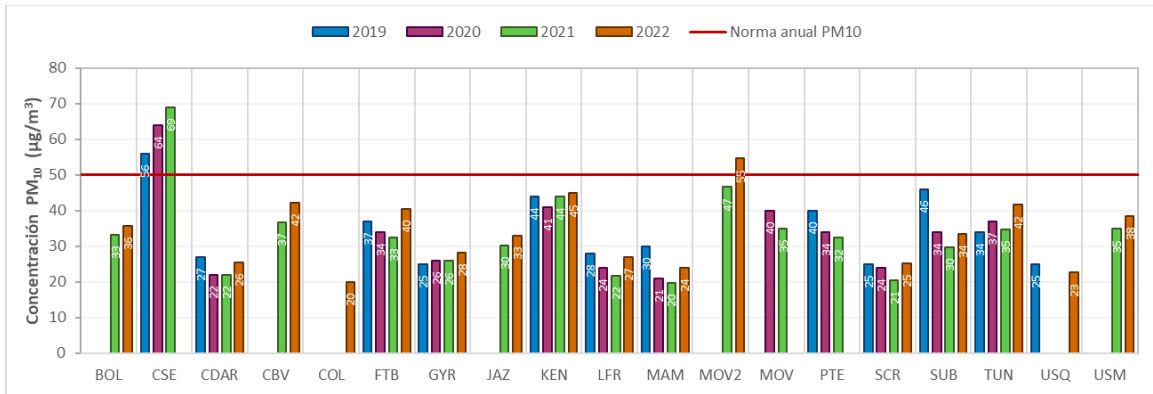


Figura 7-6 Concentraciones anuales de PM₁₀ años 2019 a 2022

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

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

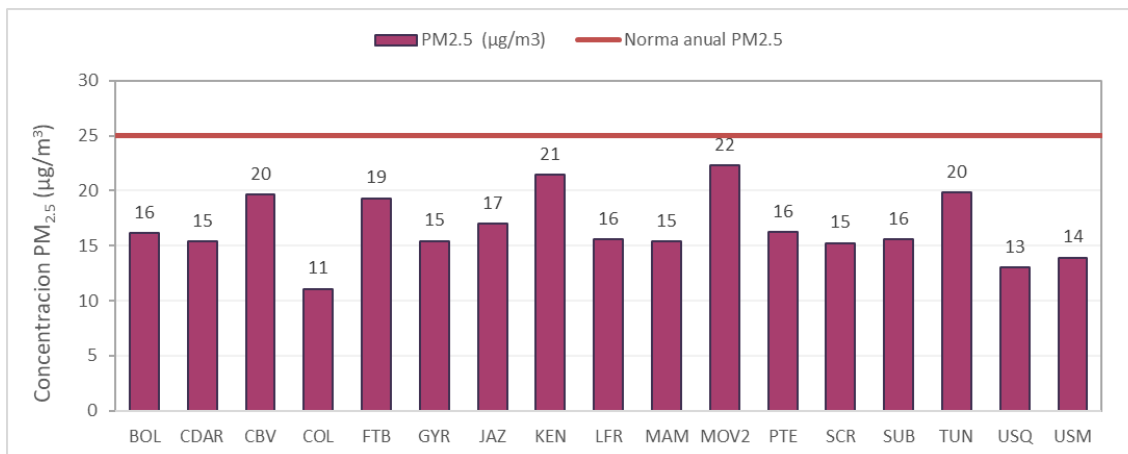


Figura 7-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2022


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.

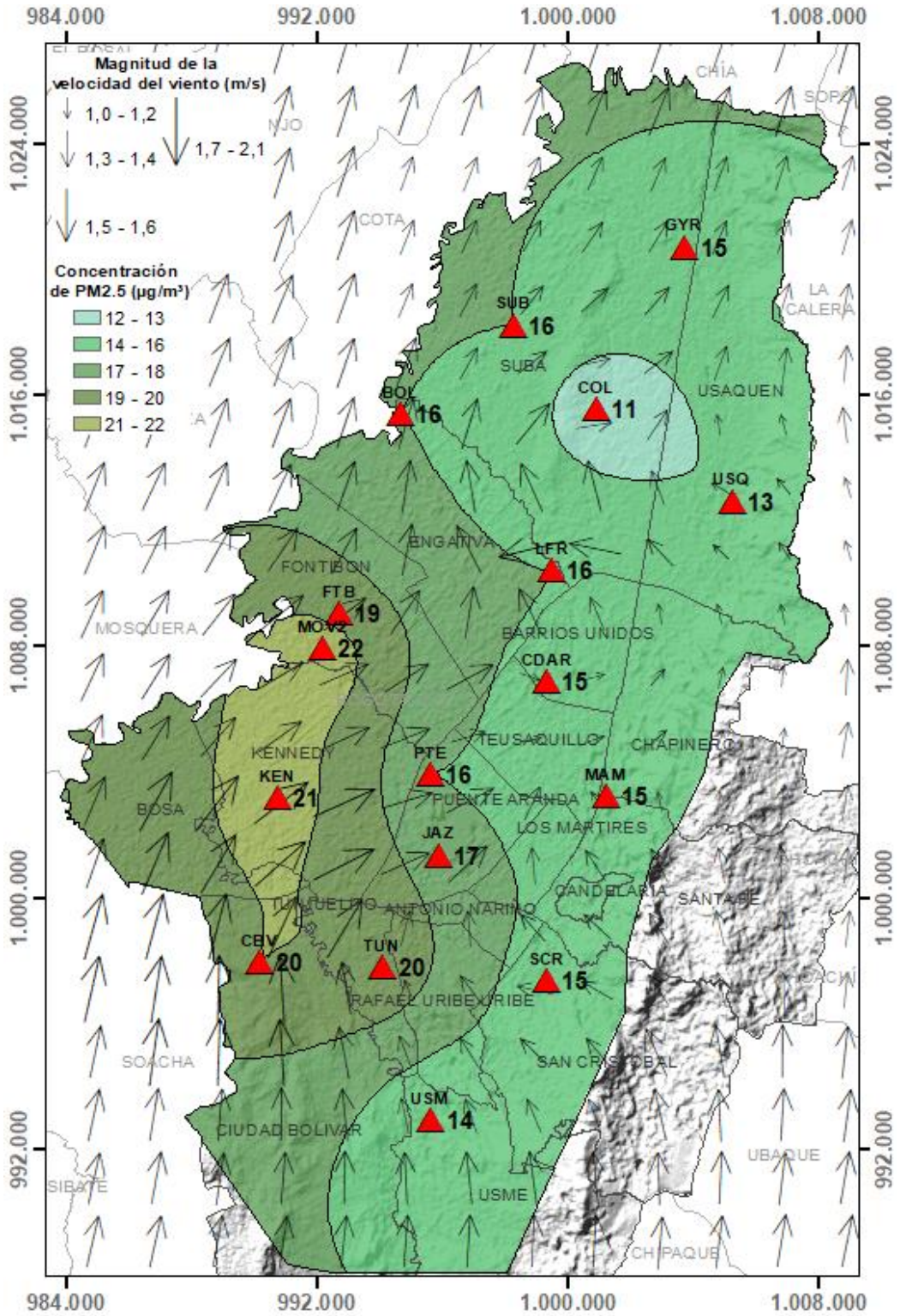



Figura 7-8 Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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.

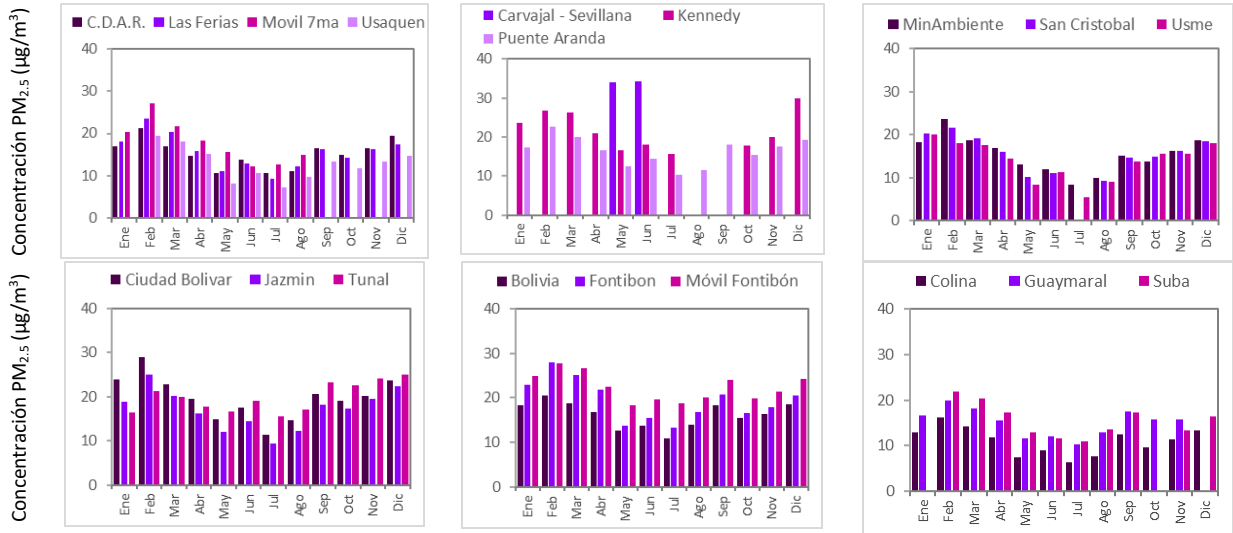


Figura 7-9 Concentraciones mensuales de $PM_{2.5}$ por estación – Año 2022

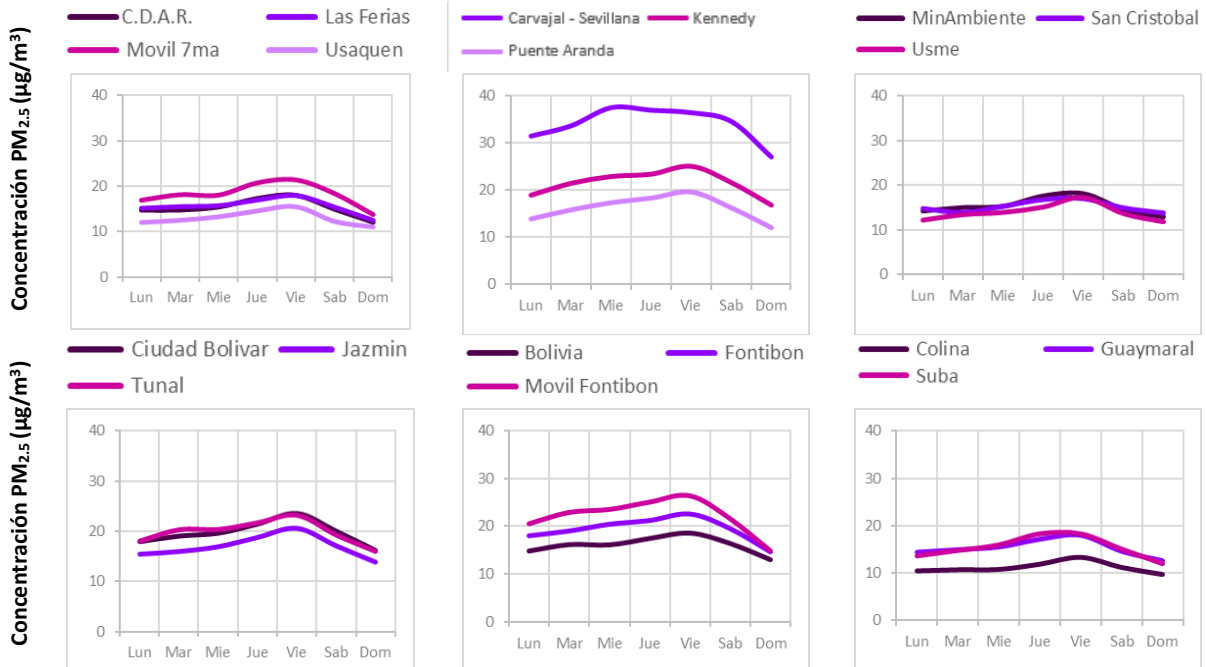


Figura 7-10 Comportamiento diario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ – Año 2022



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.

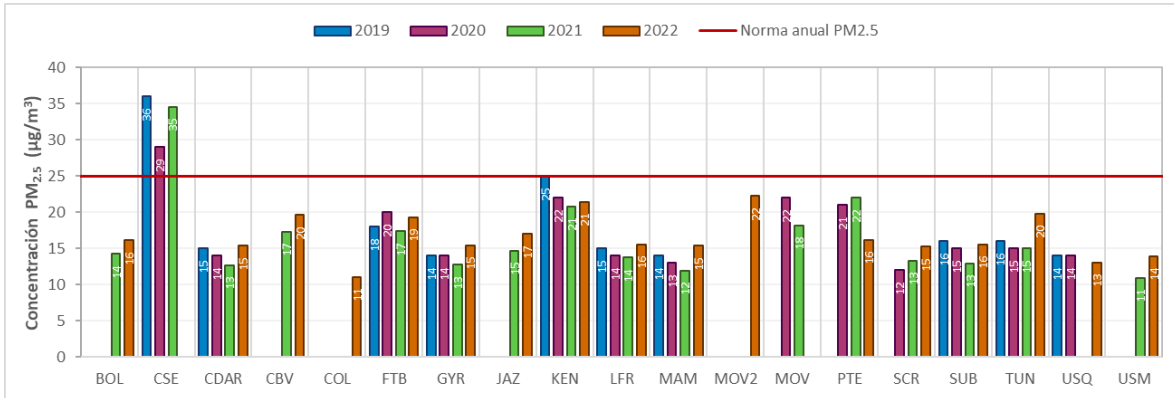


Figura 7-12 Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2019 a 2022

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.

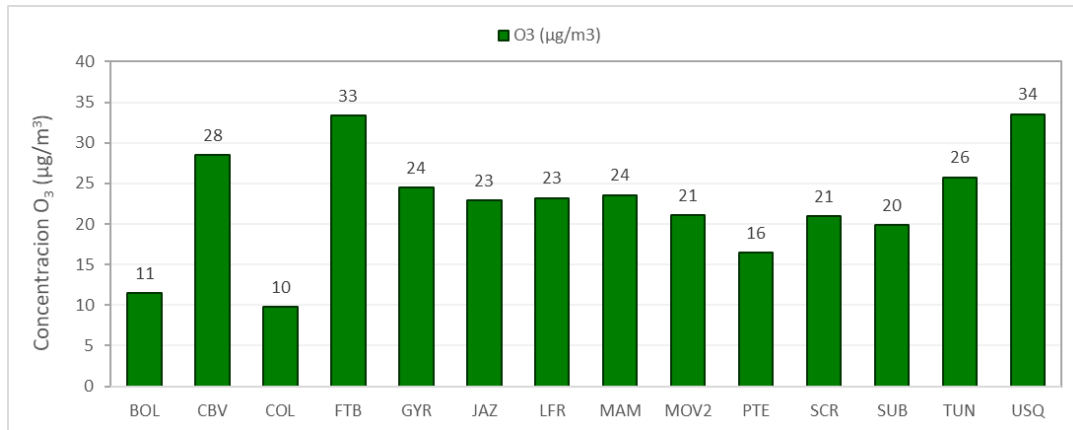


Figura 7-13 Concentraciones promedio anual de O₃- Año 2022

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 radicación solar.

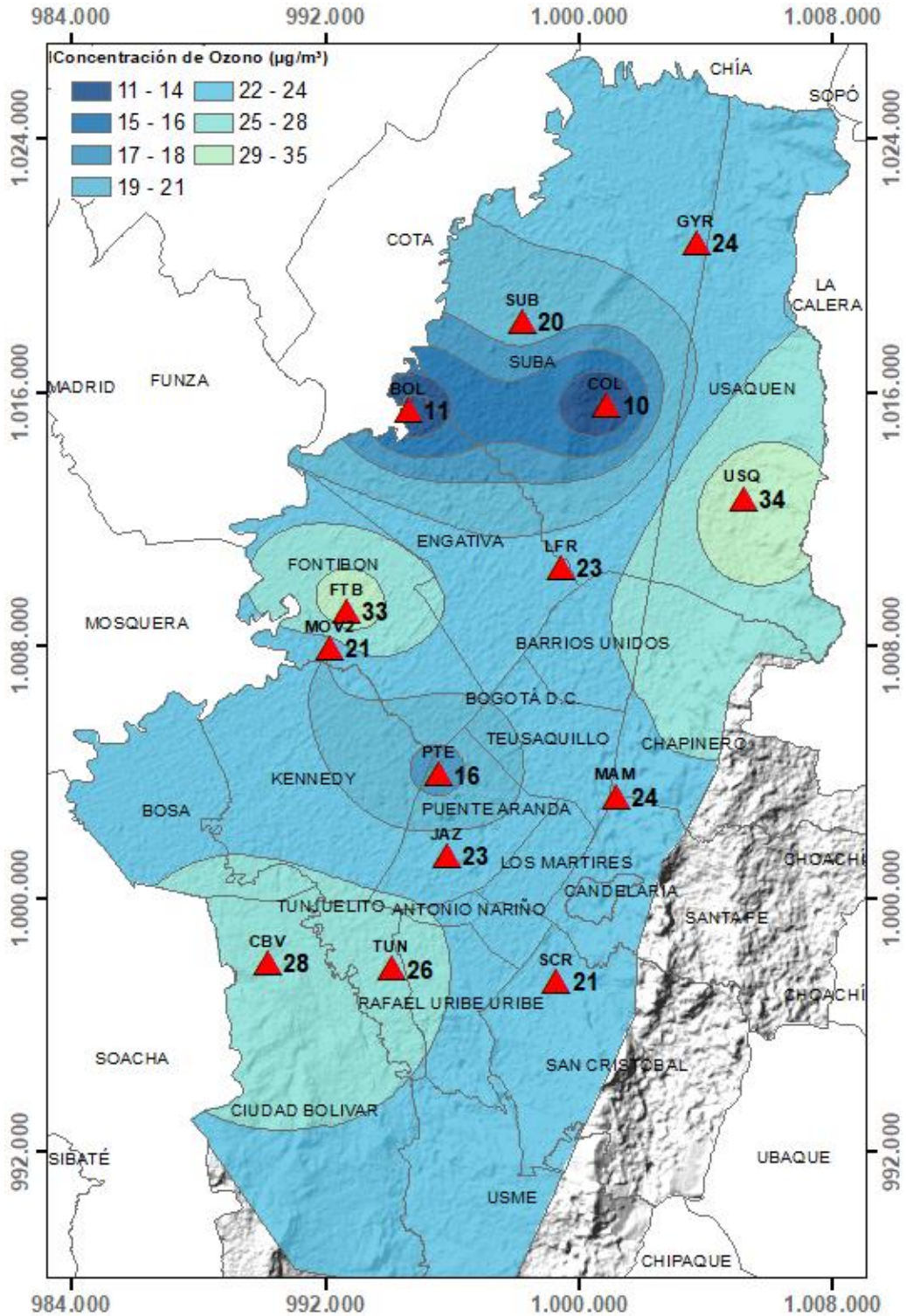



Figura 7-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O_3 del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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.

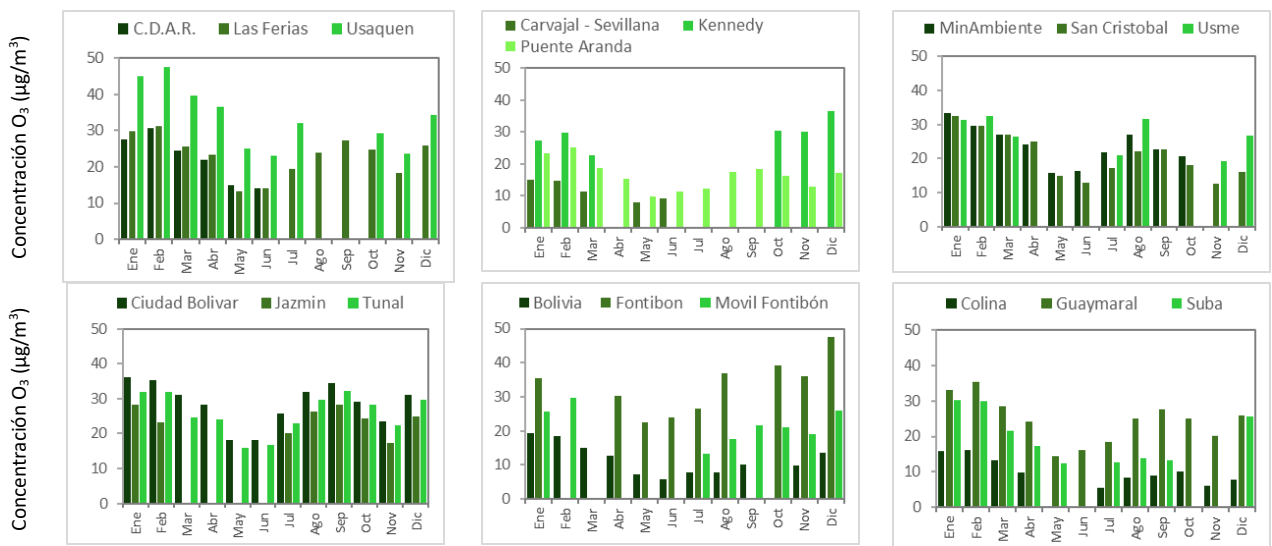
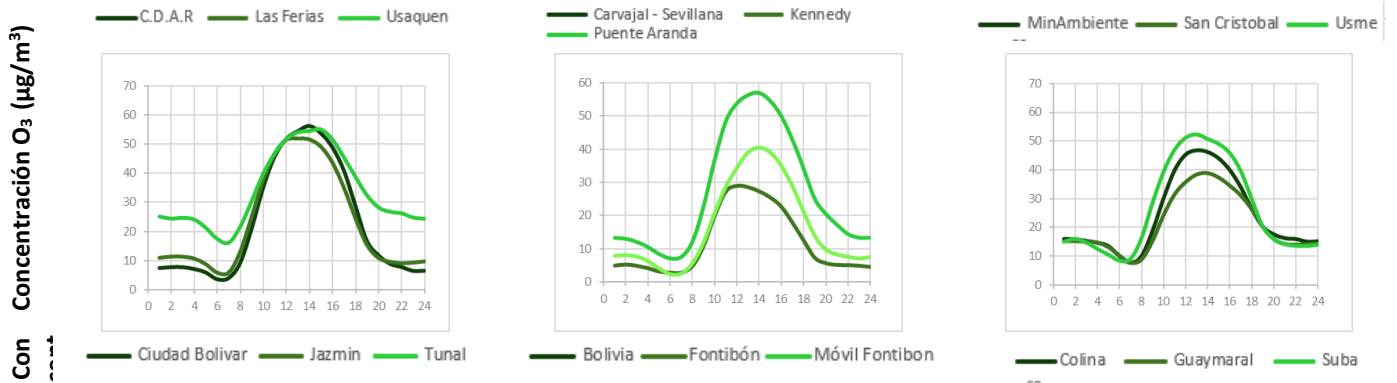


Figura 7-15 Concentraciones mensuales de O₃ por estación – Año 2022



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



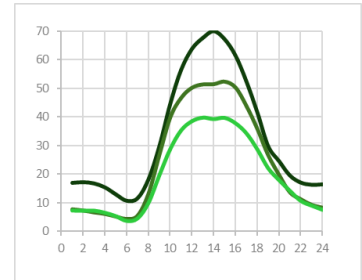
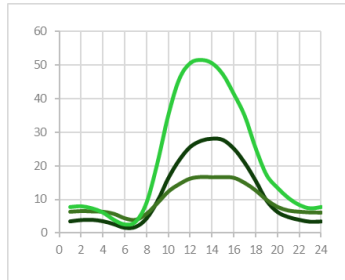
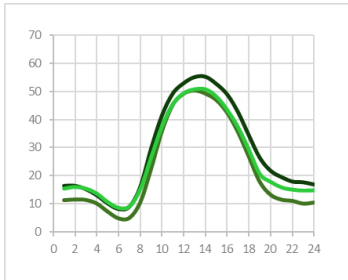


Figura 7-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ – Año 2022

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 Usaquéen 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 Usaquéen, siendo esta última la que presentó el promedio anual más alto del 2022 con 33.555 µg/m³.

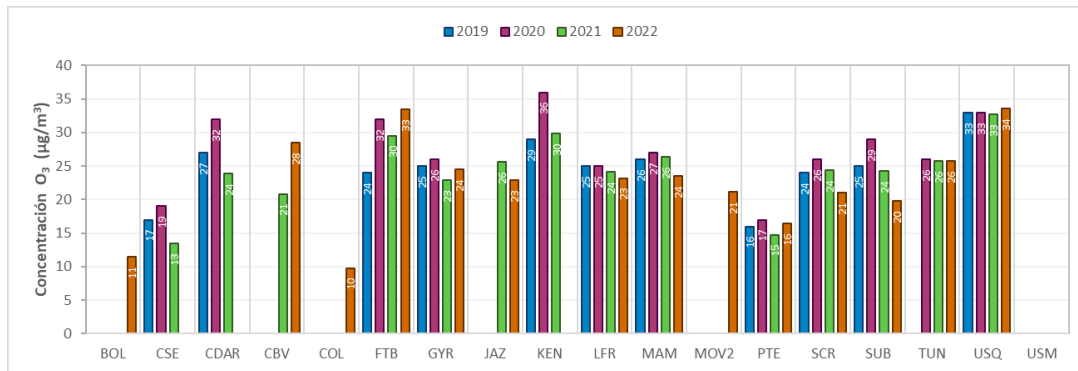



Figura 7-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2019 a 2022

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.

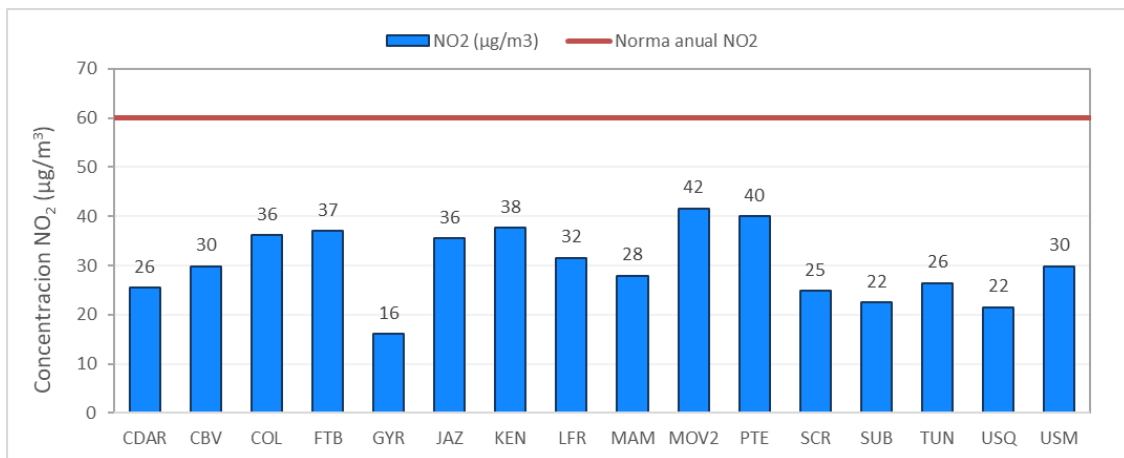


Figura 7-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2022


	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/m ³ Norma horaria: 200 µg/m ³				
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/m ³ Norma horaria: 200 µg/m ³				
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.

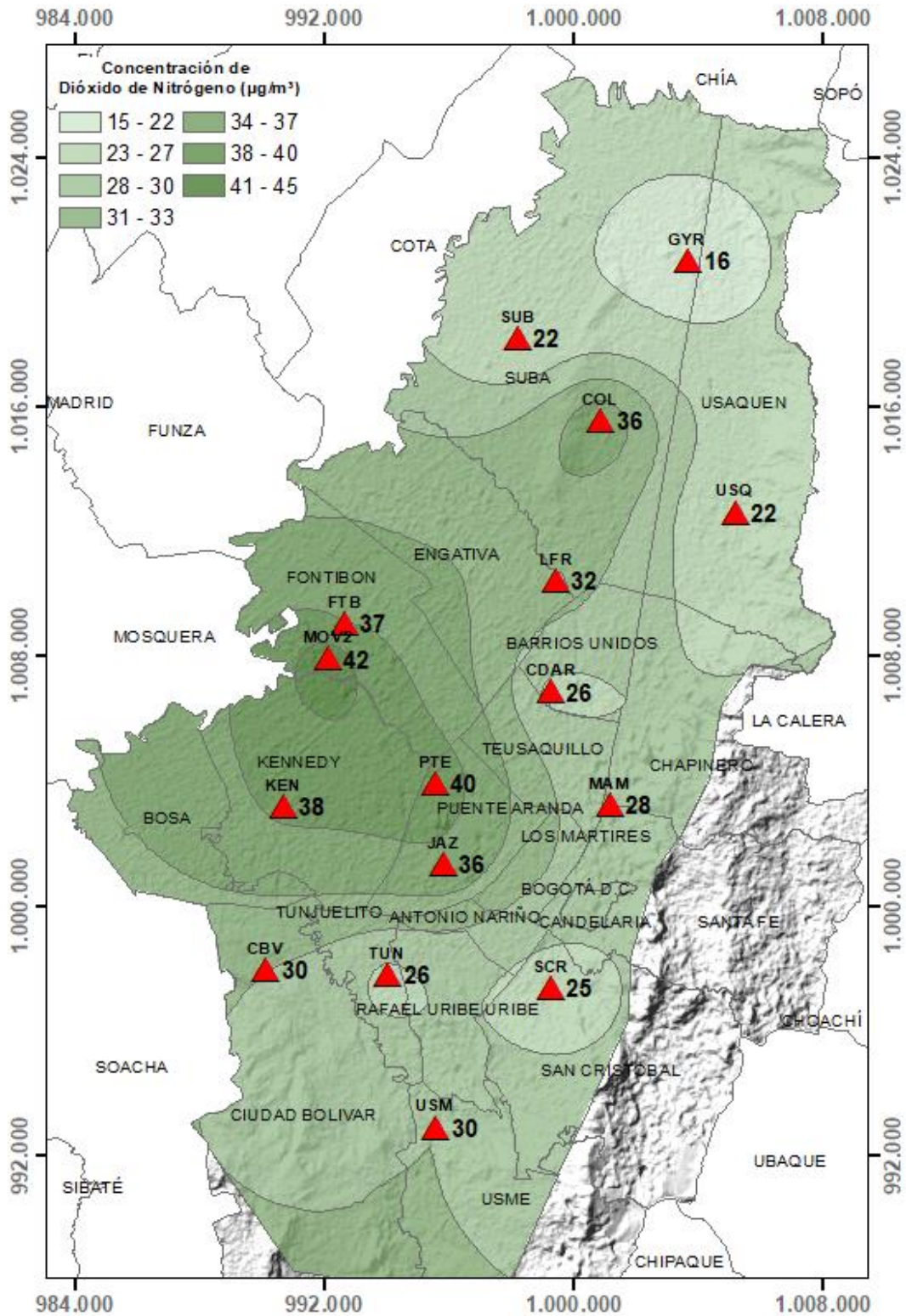



Figura 7-20 Distribución espacial de los promedios anuales de NO_2 del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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.

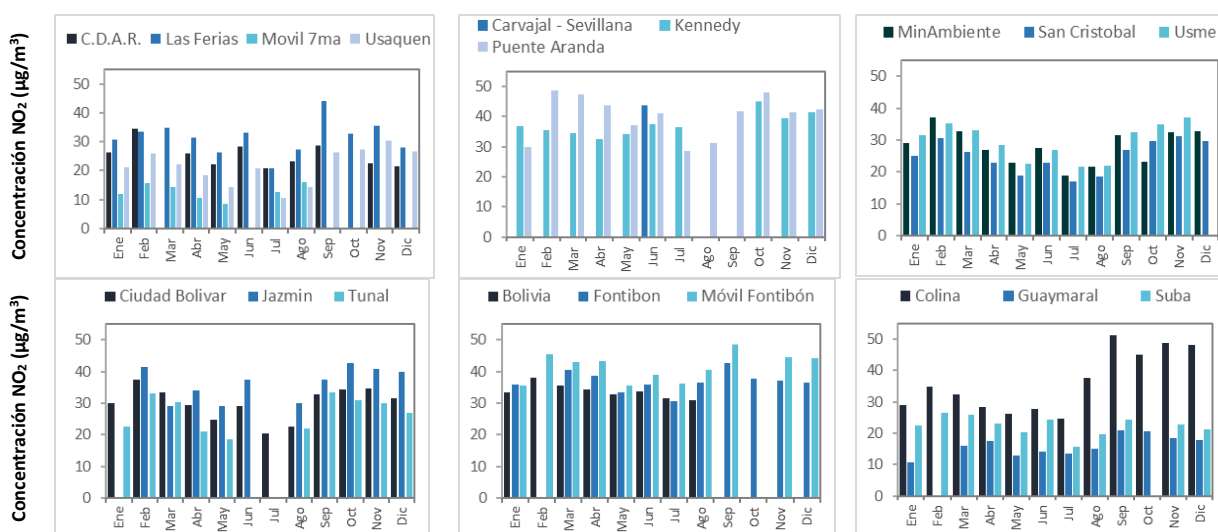


Figura 7-21 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2022

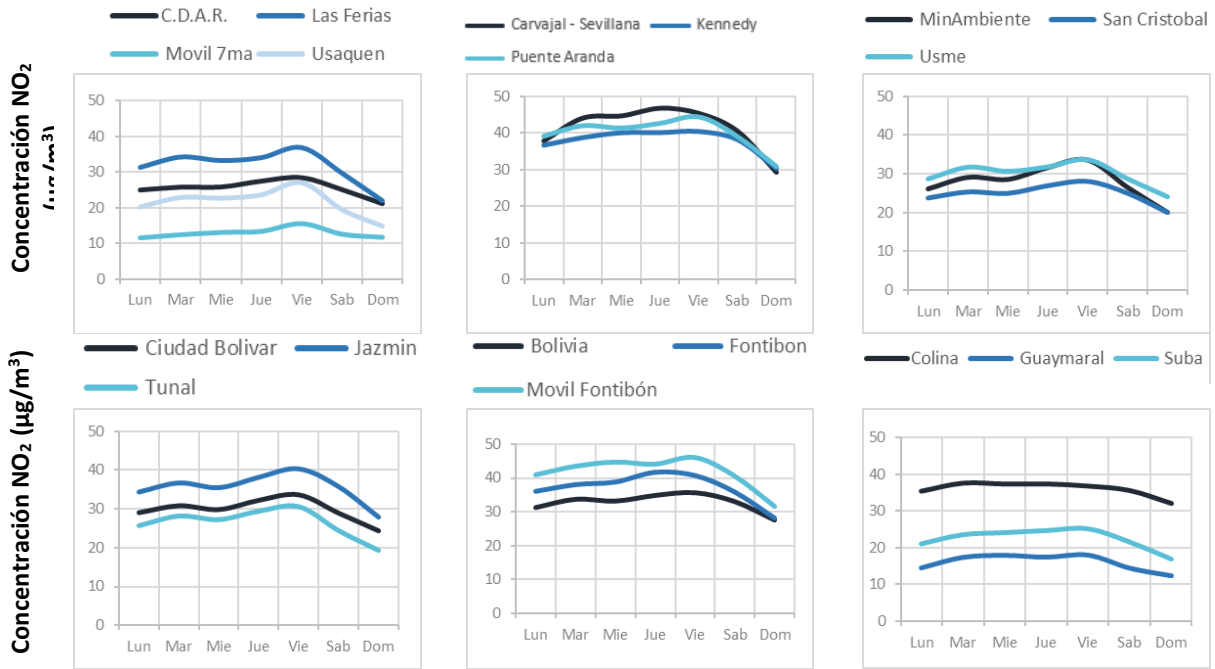


Figura 7-22 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2022

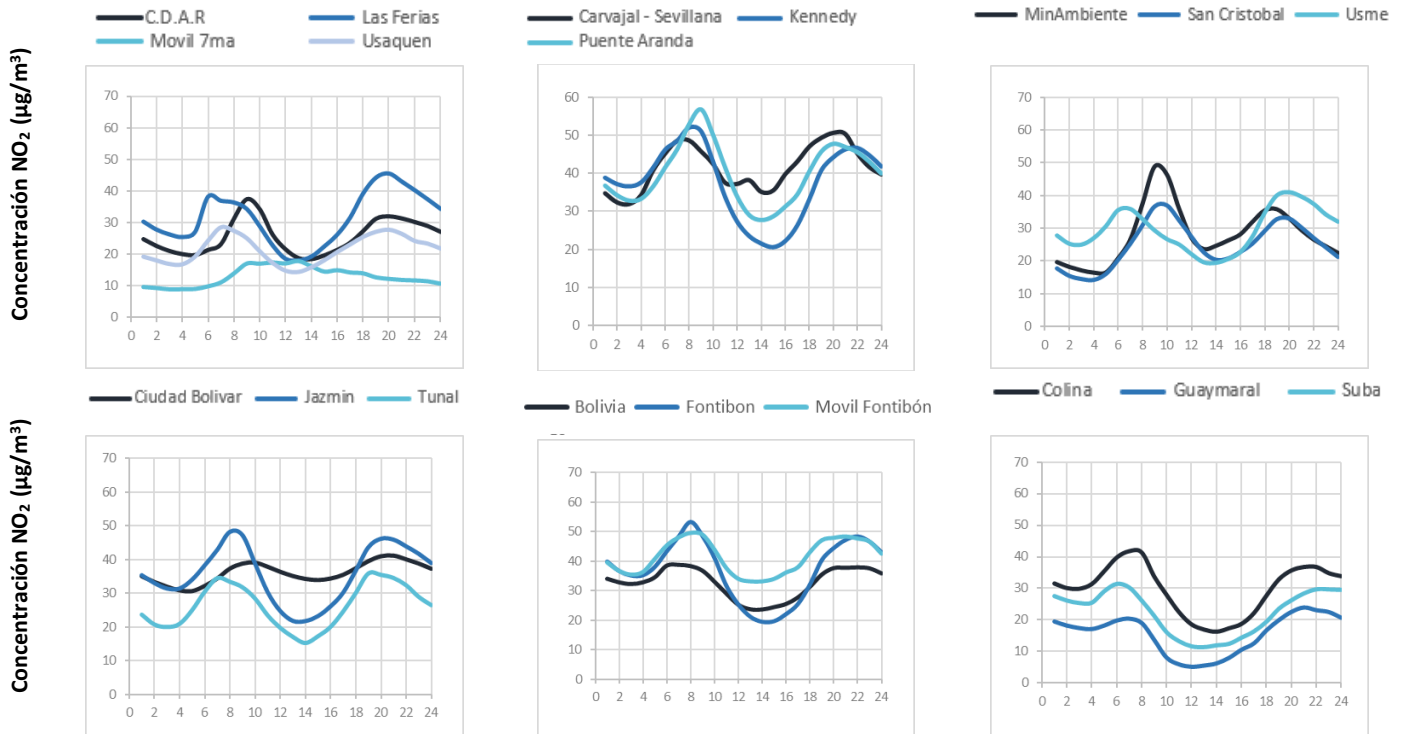



Figura 7-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2022

	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.

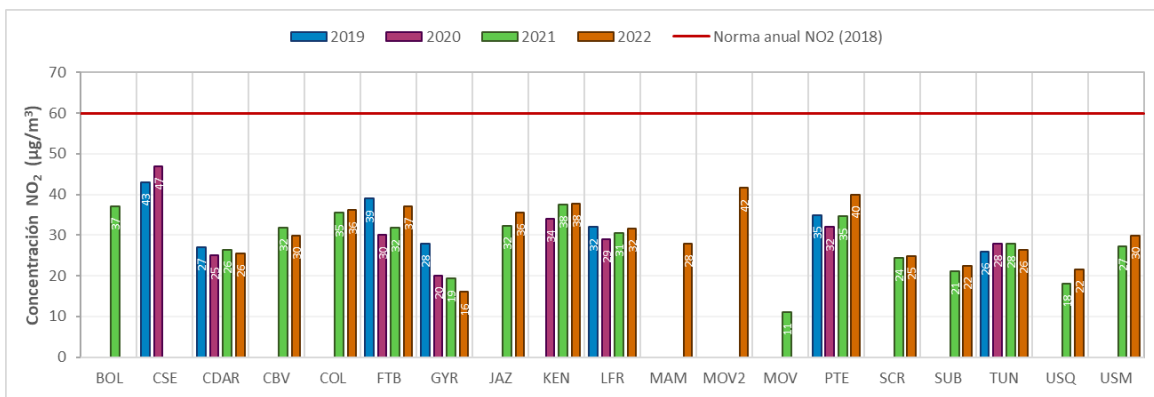



Figura 7-24 Concentraciones promedio anual de NO₂ - Años 2019 a 2022

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.

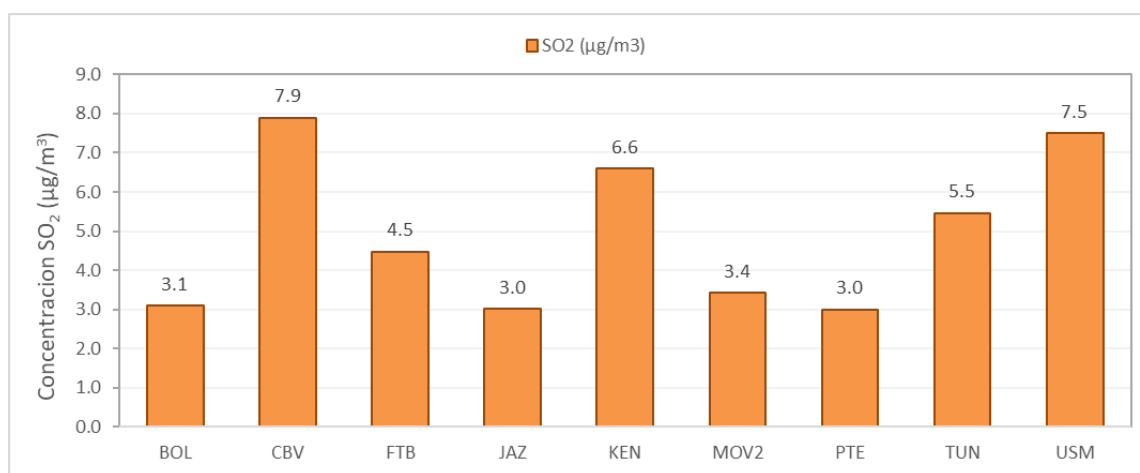



Figura 7-25 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2022

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.

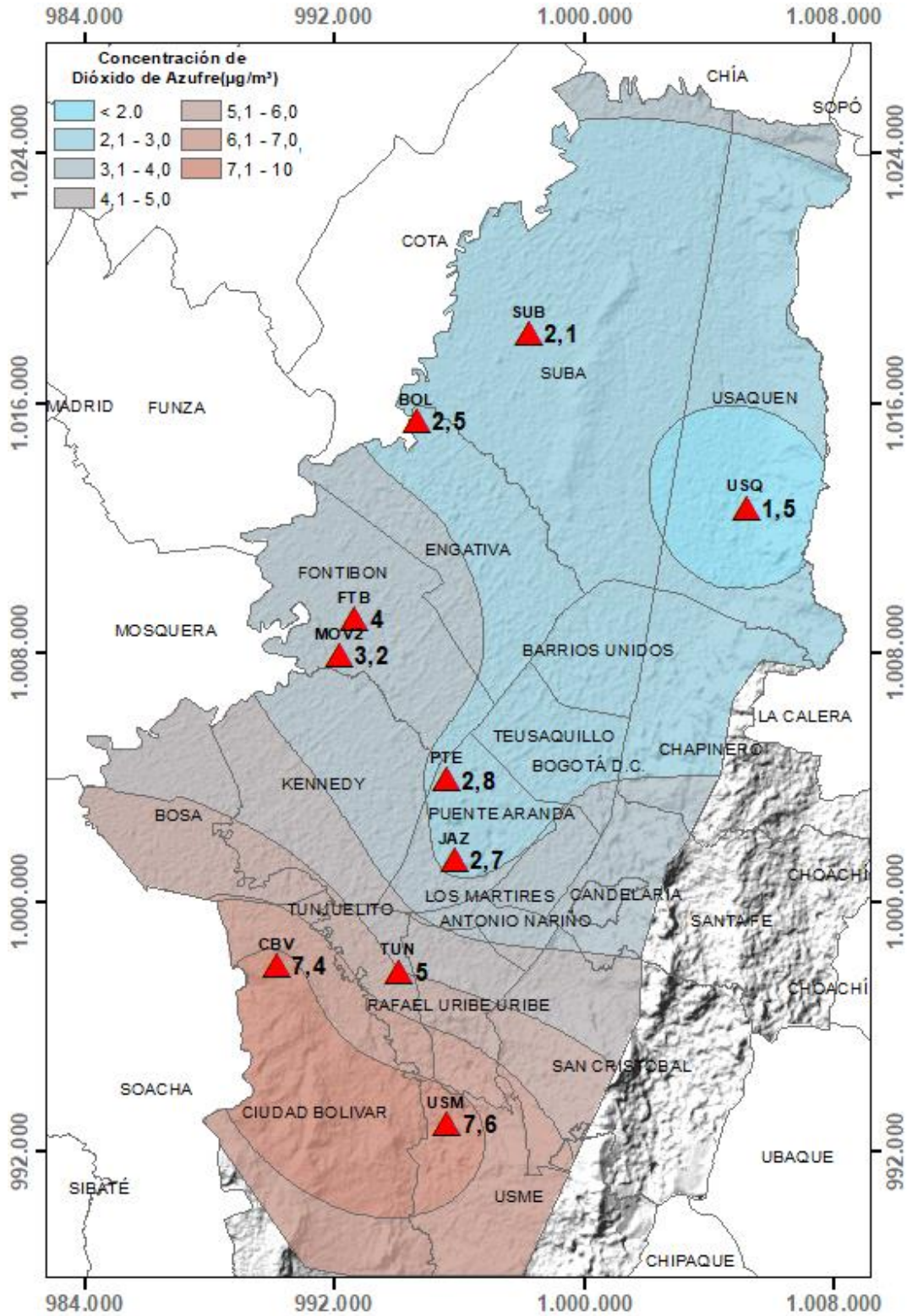



Figura 7-26 Distribución espacial de los promedios anuales de SO₂ del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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 reporto 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.

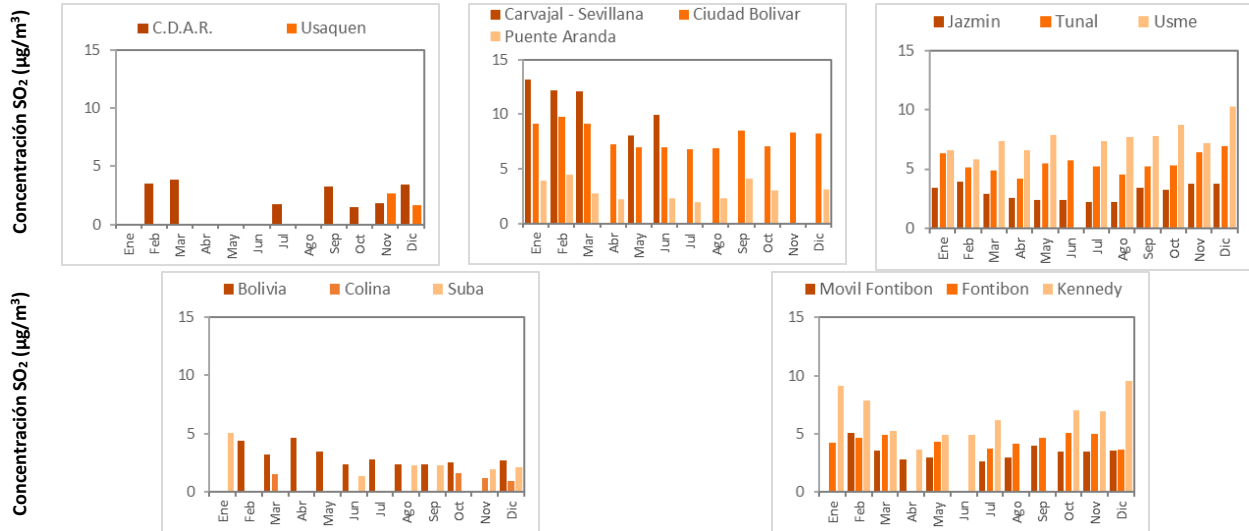



Figura 7-27 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2022



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.

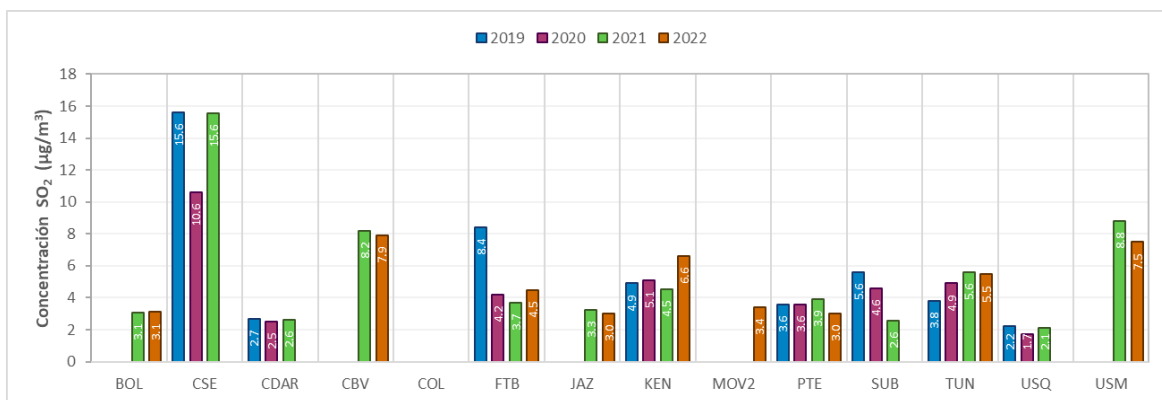



Figura 7-30 Concentraciones anuales de SO₂ años 2019 a 2022

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.

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

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.

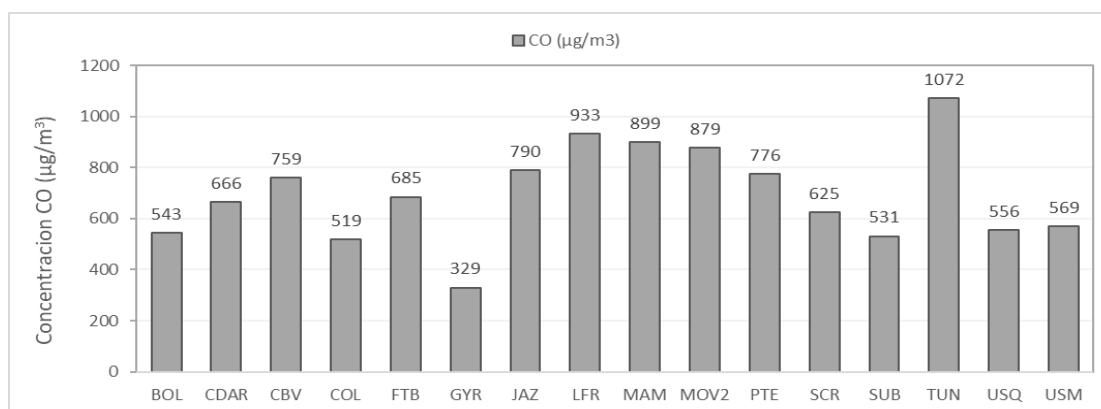



Figura 7-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2022

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.

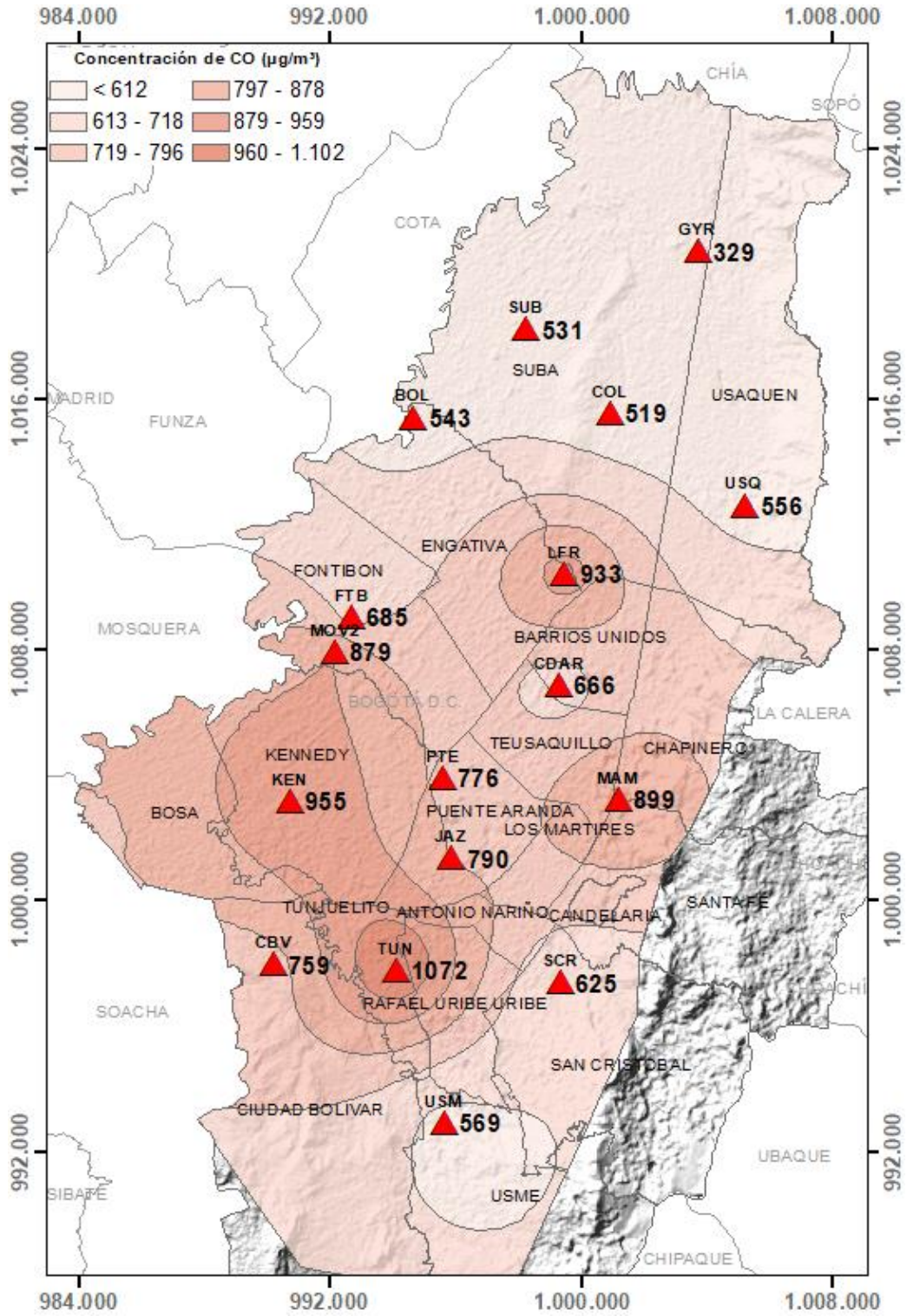



Figura 7-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2022 con base en el método de interpolación Kriging

	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.

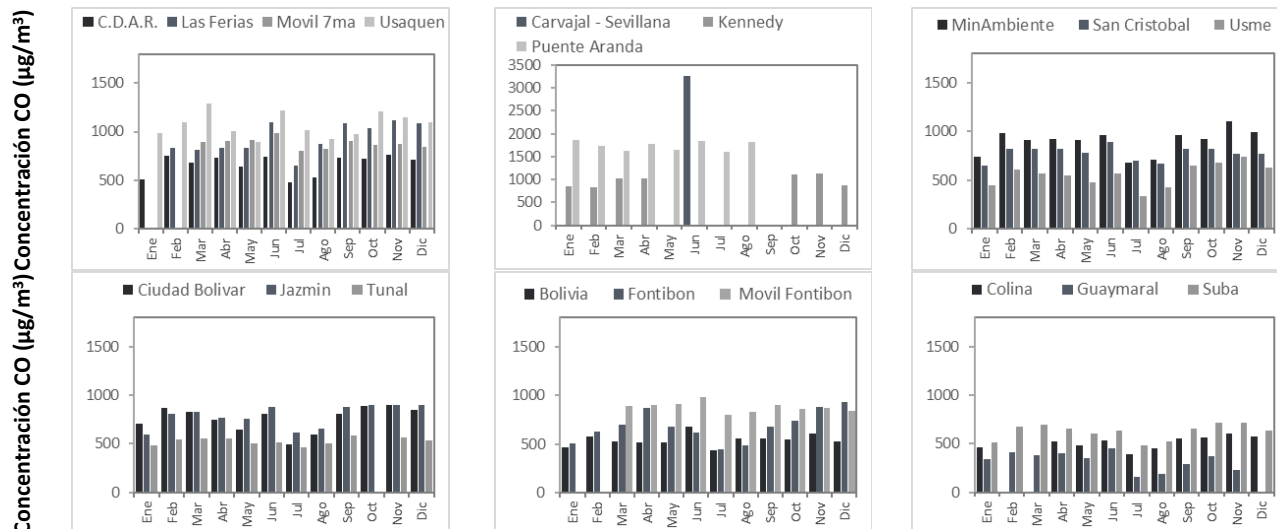


Figura 7-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2022

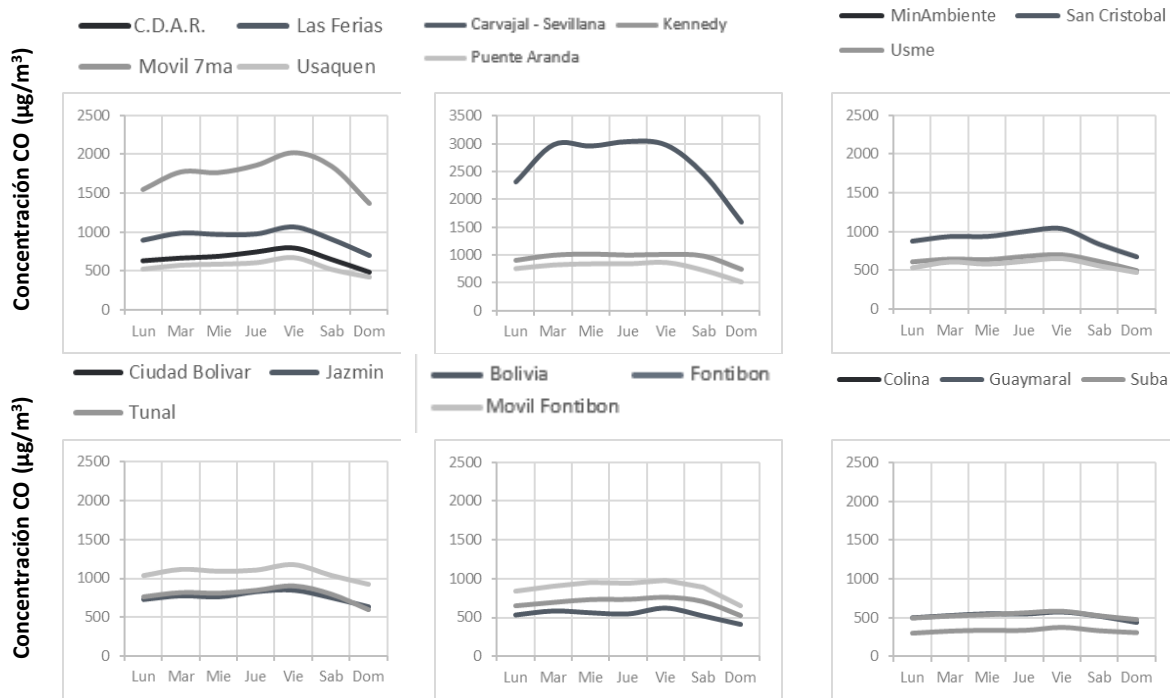


Figura 7-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2022

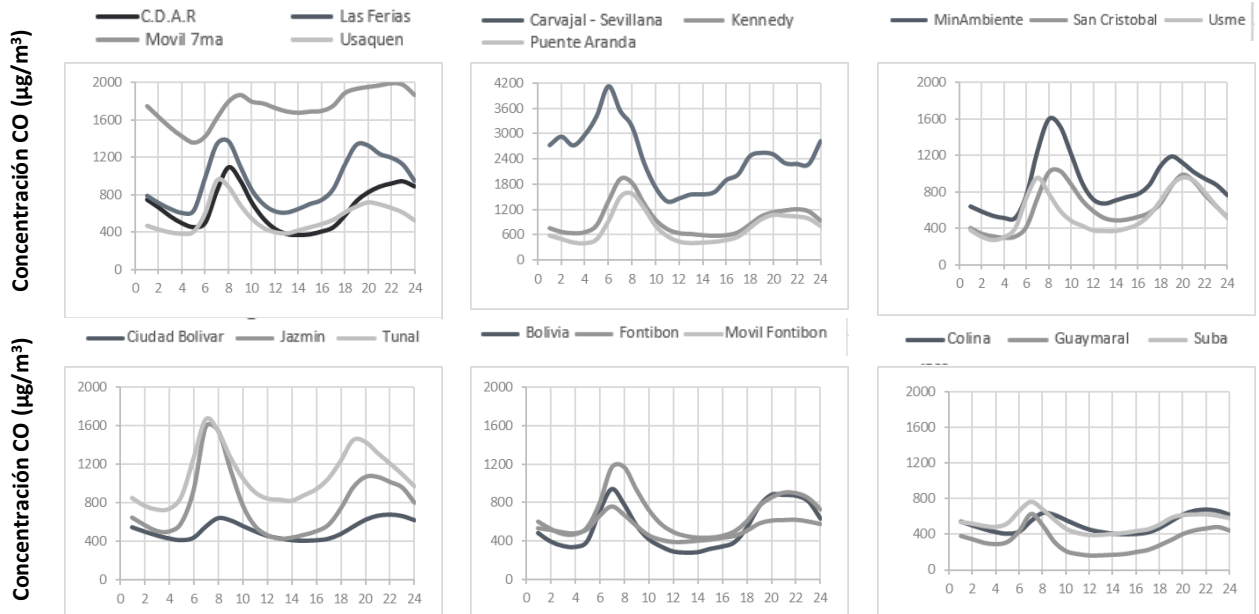



Figura 7-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2022

	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.

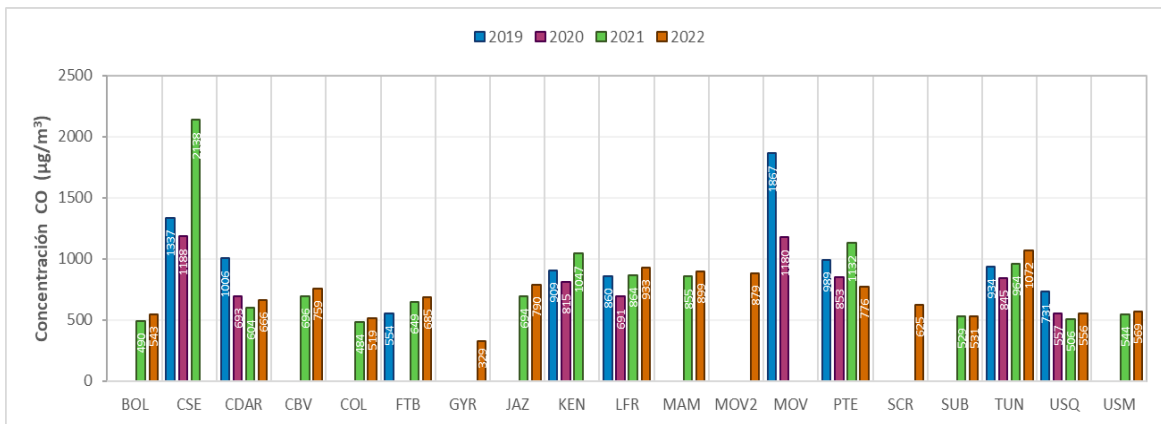



Figura 7-36 Concentraciones anuales de CO años 2019 a 2022

	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.

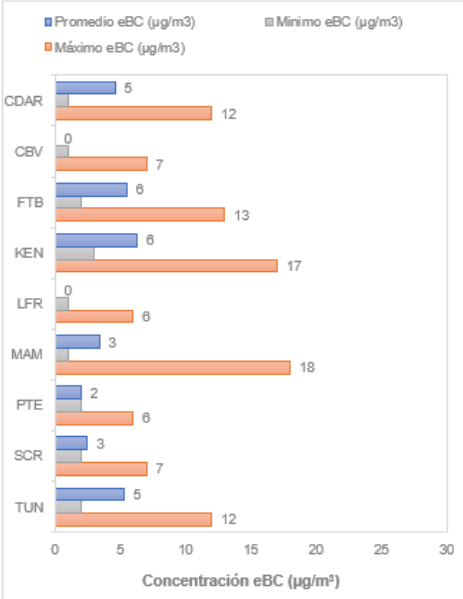
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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%

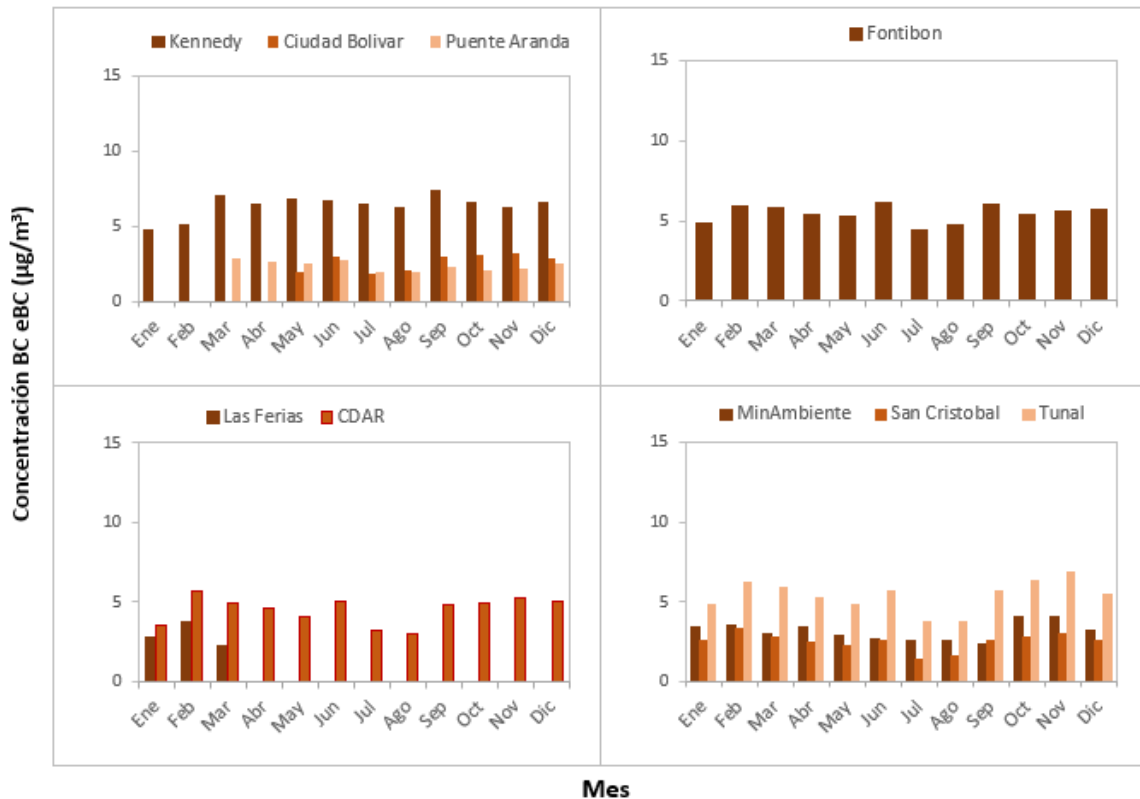
En la Figura 8-1 se presentan las concentraciones mensuales de eBC reportadas en 2022, donde se aprecia que las máximas concentraciones tuvieron lugar en diferentes meses para todas las estaciones. En la mayoría de las estaciones se observaron comportamientos bimodales, con máximos en febrero, marzo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

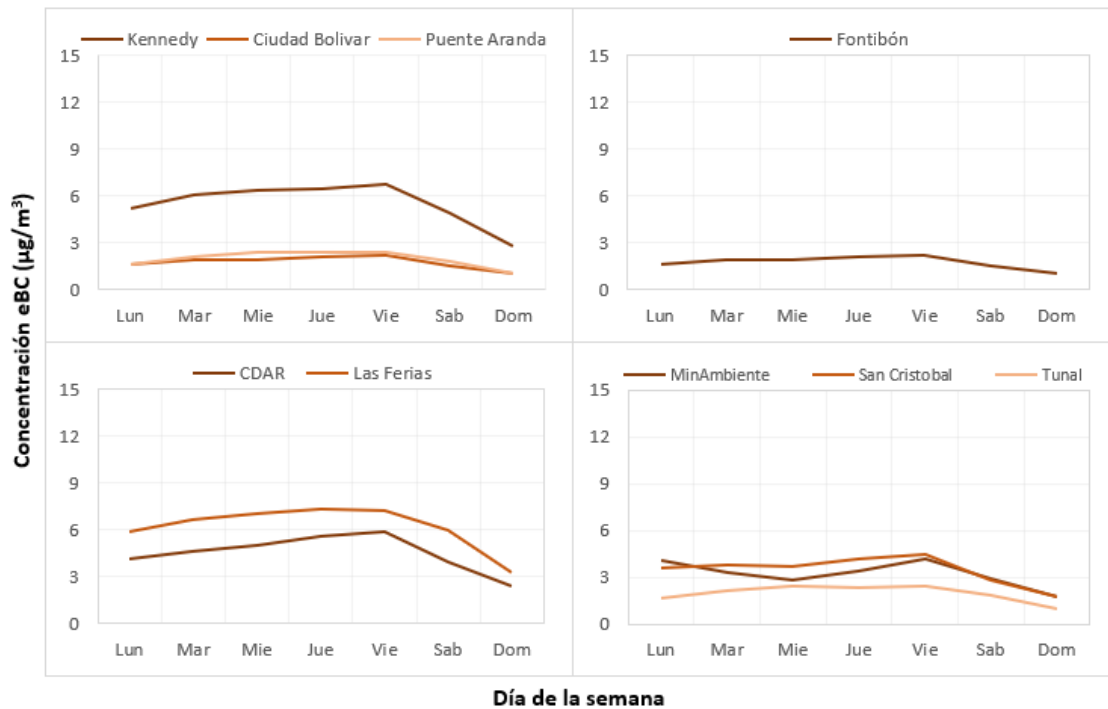


Figura 8-2 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2022

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 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

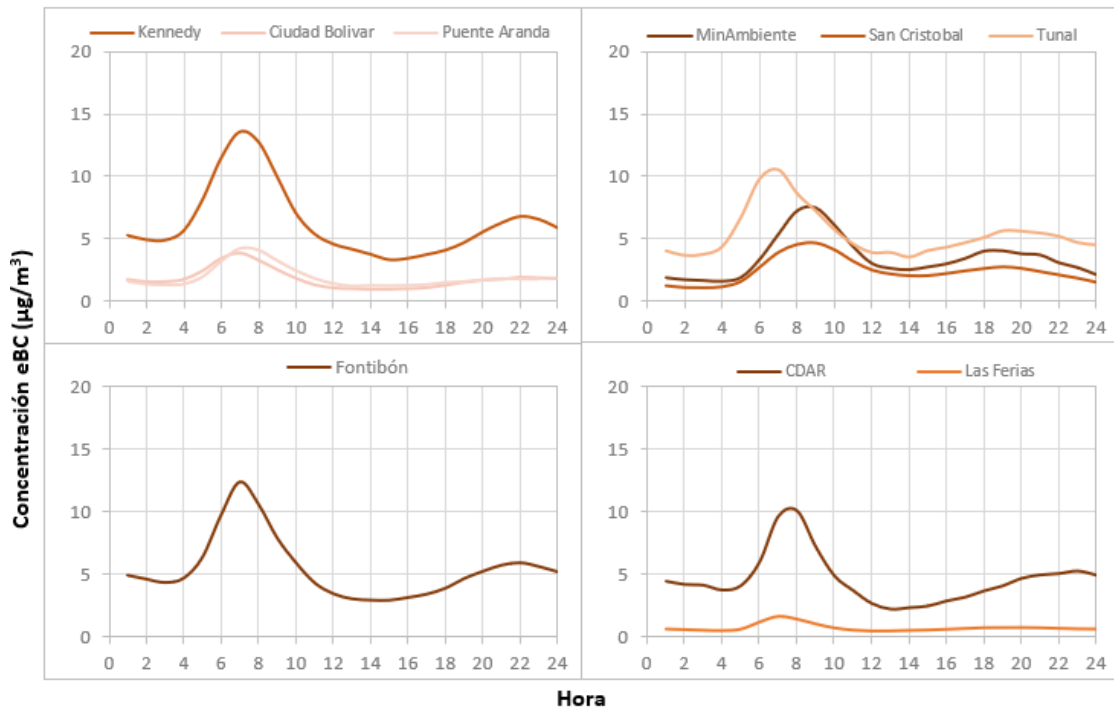


Figura 8-3 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2022

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.

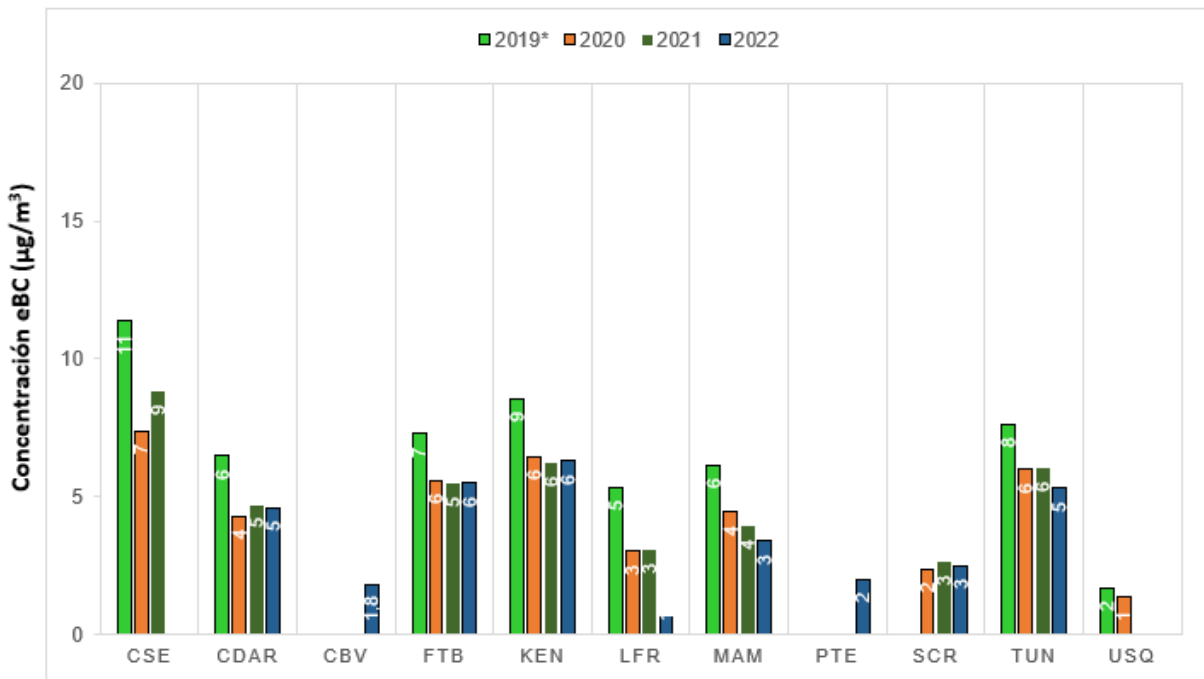


Figura 8-4 Concentraciones promedio anuales de Black Carbon años 2019 a 2022. (*) datos anuales incompletos

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.

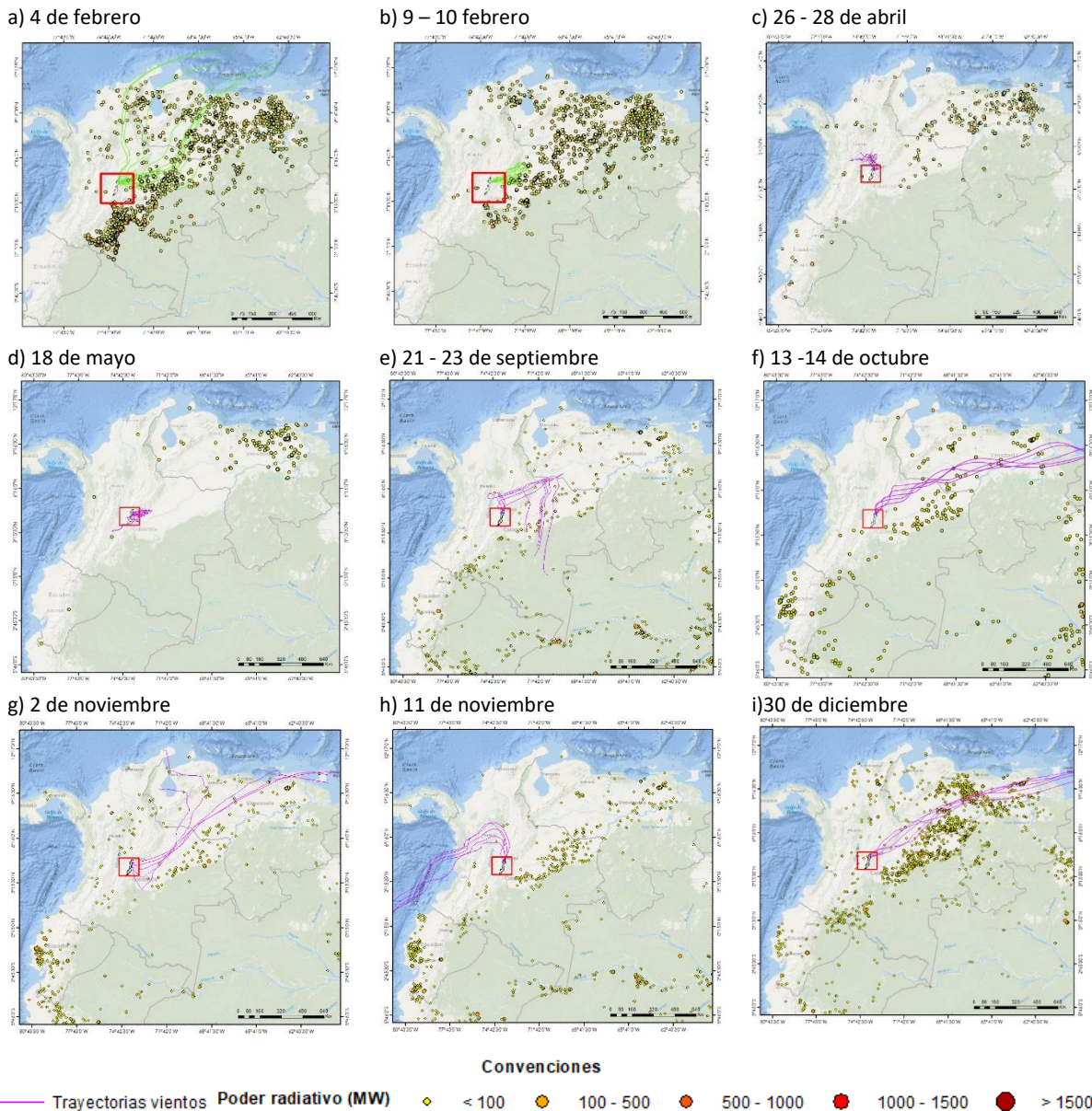


Figura 8-5 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS - Año 2022

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.

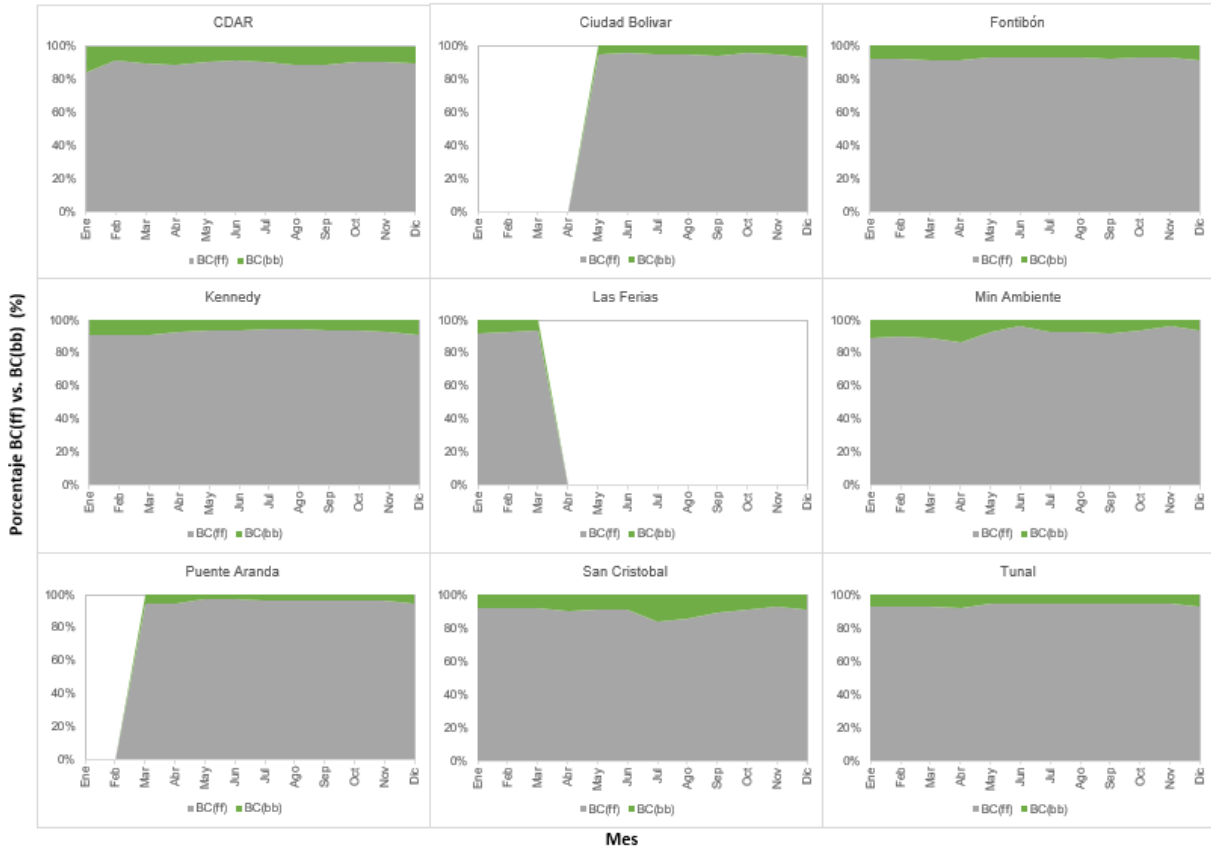



Figura 8-6 Concentraciones mensuales de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles BC(ff) vs. Quema de biomasa BC(bb) por estación – Año 2022

	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%.

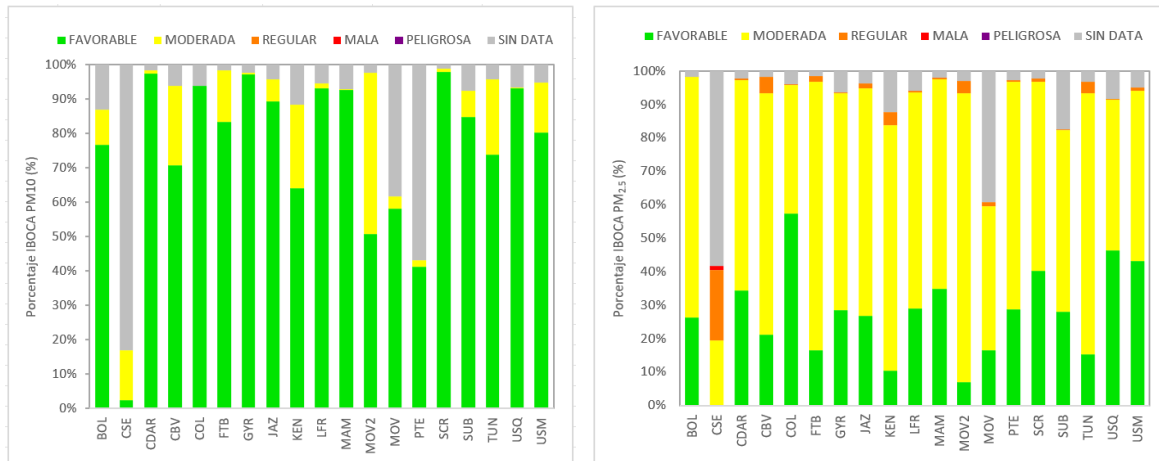


Figura 9-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM₁₀ y PM_{2.5}– Año 2022

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%.

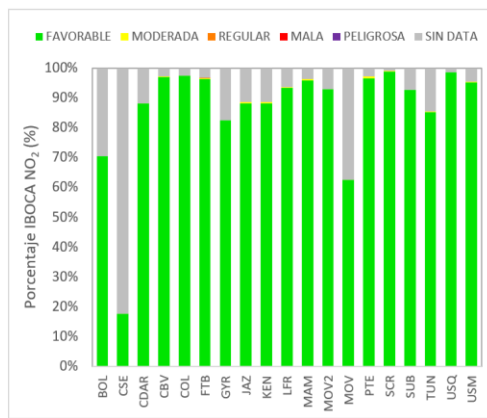
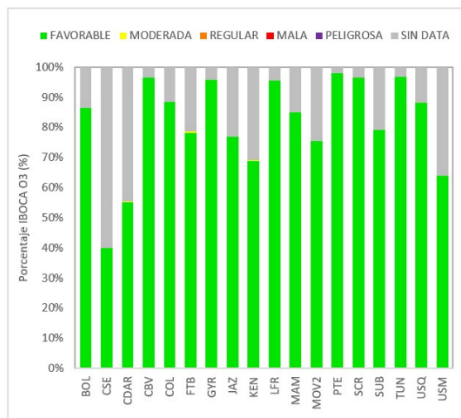


Figura 9-2 IBOCA por mes del año para PM₁₀ – Año 2022



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.



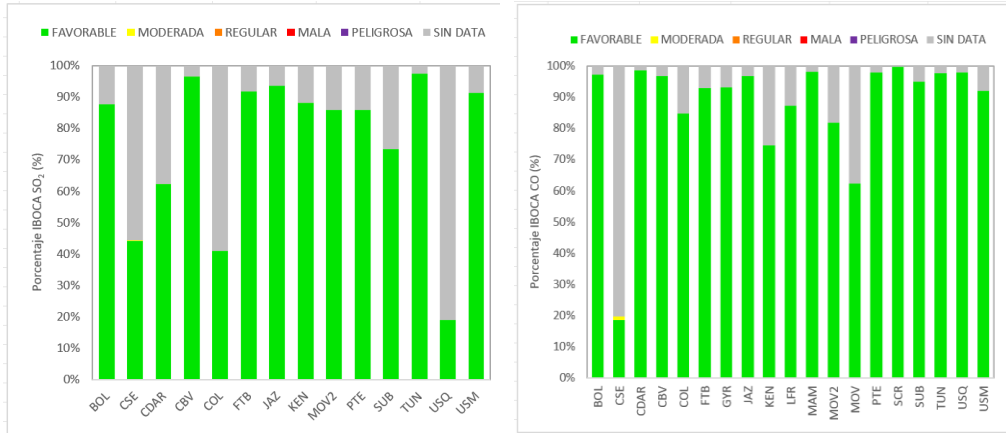


Figura 9-4 IBOCA por estación de monitoreo para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2022

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

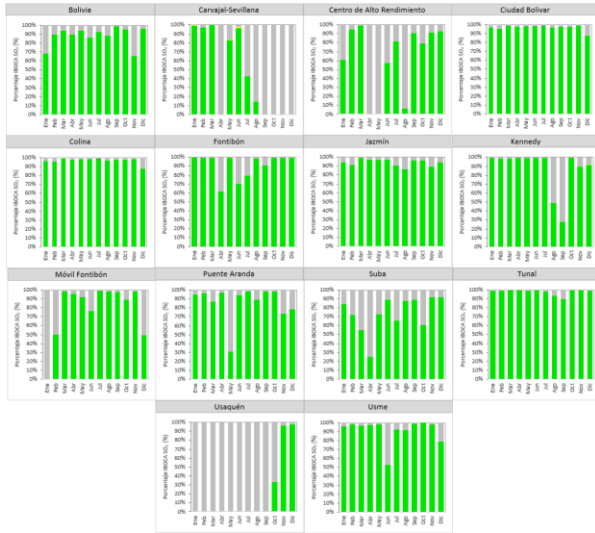



Figura 9-7 IBOCA por mes del año para SO₂ – Año 2022



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.

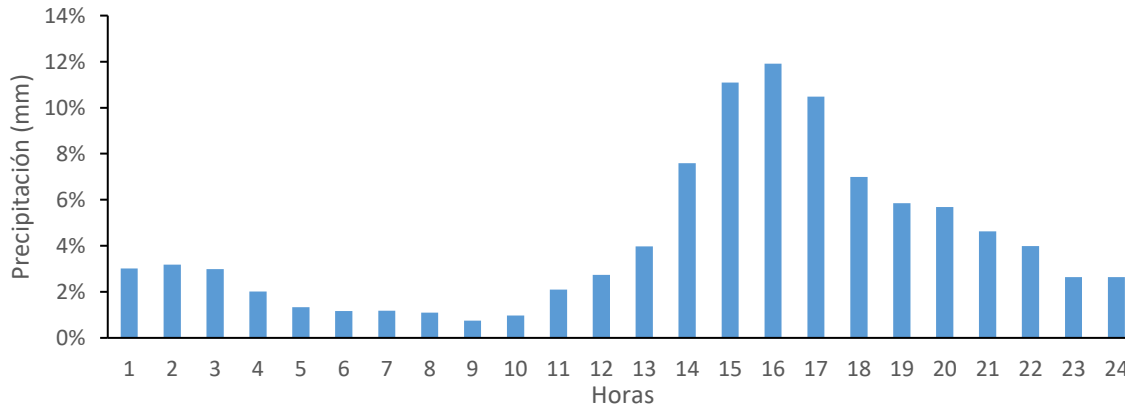



Figura 10-1 Comportamiento diario de la precipitación – Año 2022

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%

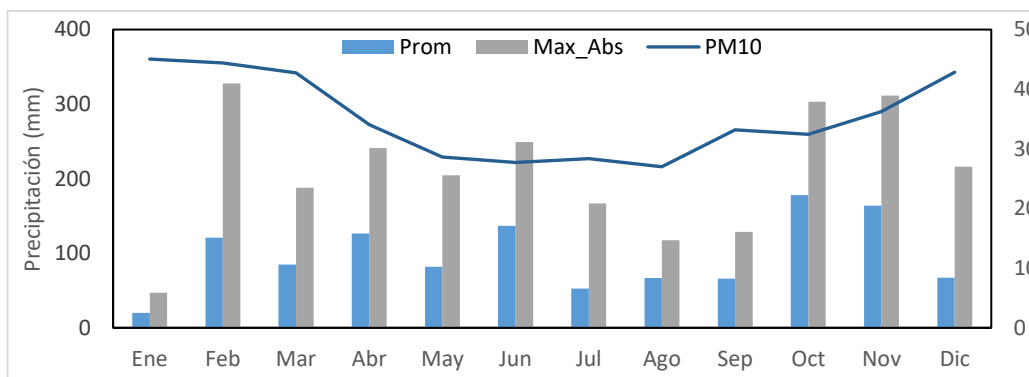


Figura 10-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación – Año 2022

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).

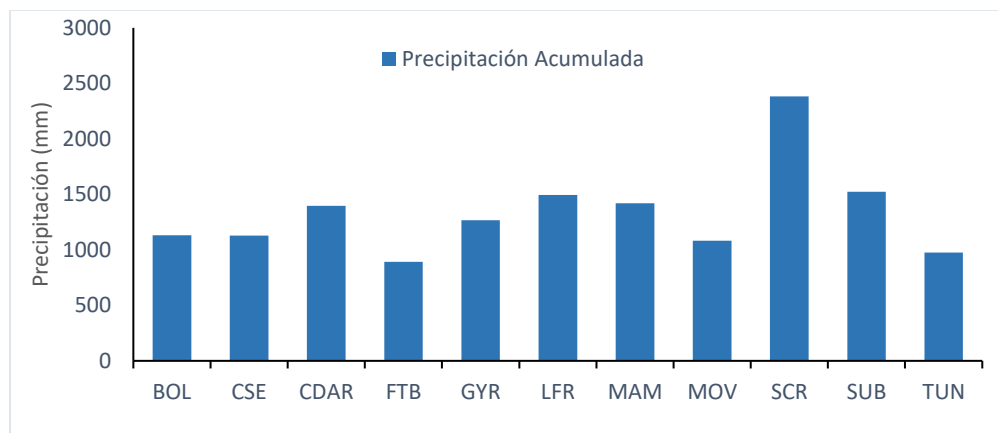


Figura 10-3 Total acumulado por estación – Año 2022

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.

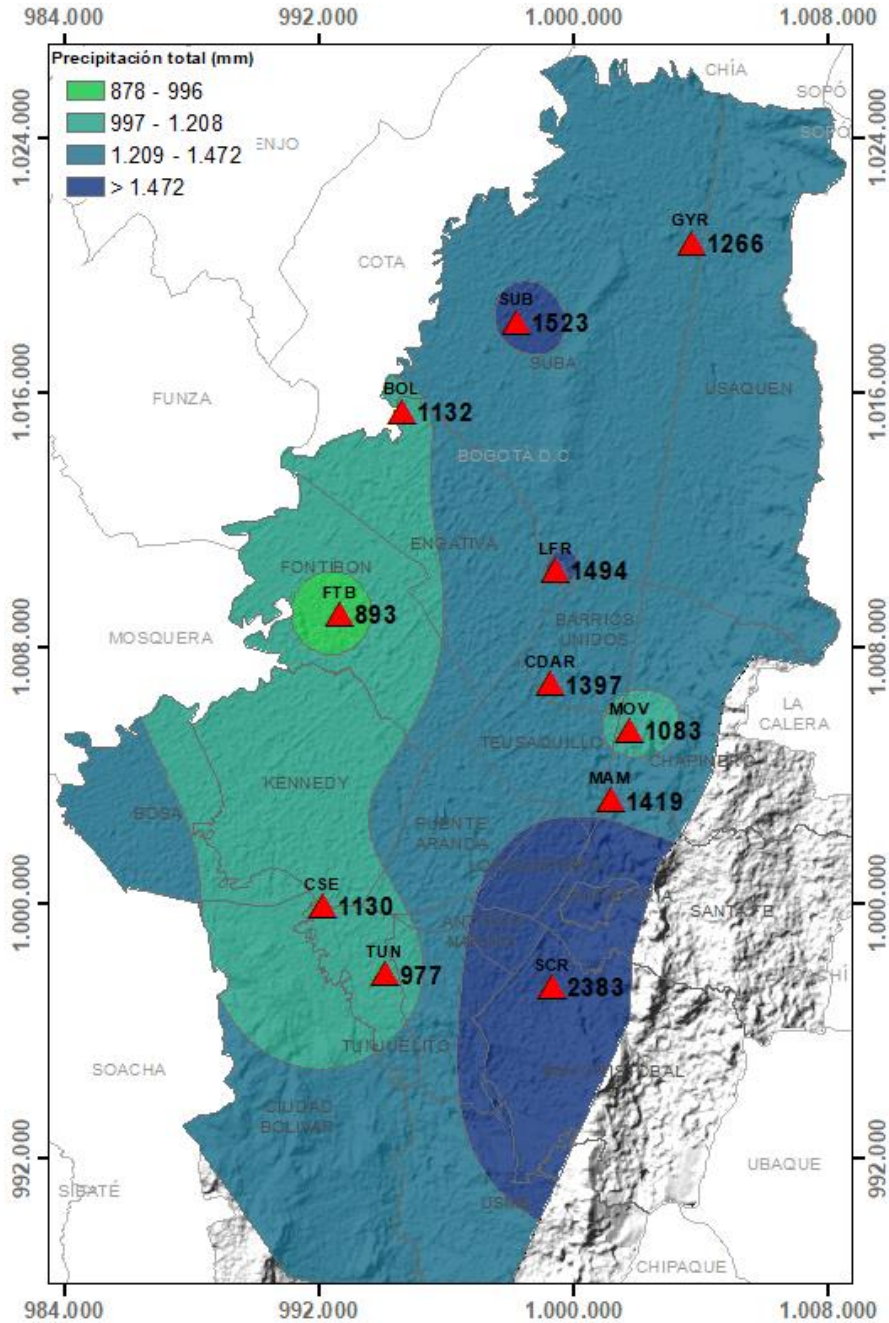


Figura 10-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - Año 2022

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.

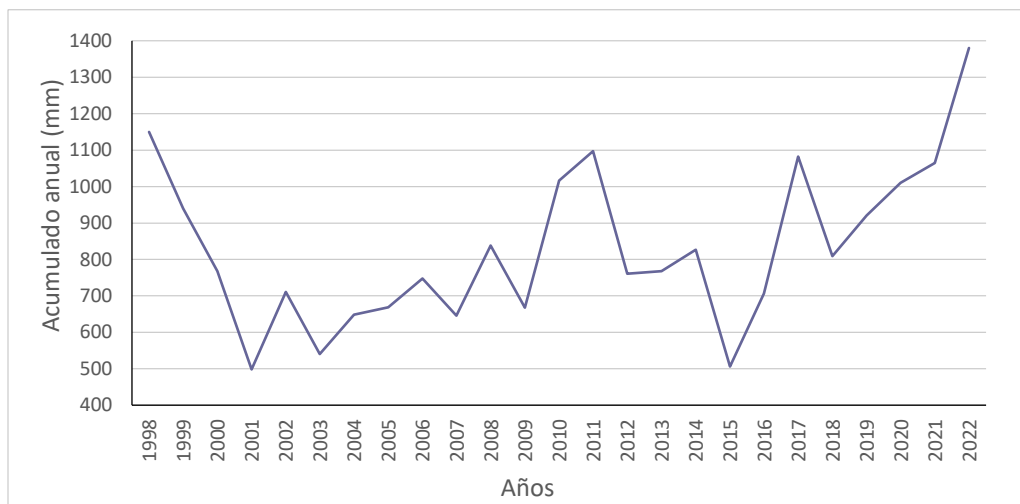


Figura 10-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá Años 2000-2022

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

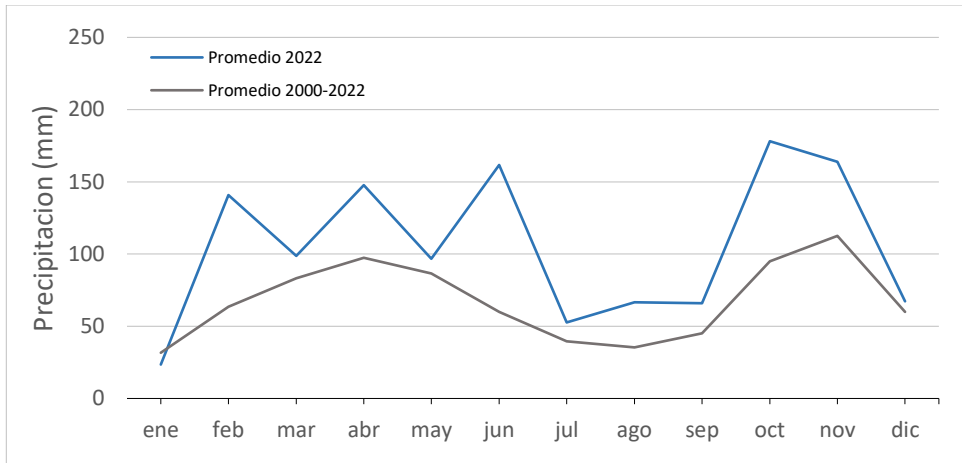


Figura 10-6 Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual de 2022. Años 2000 - 2022



	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.

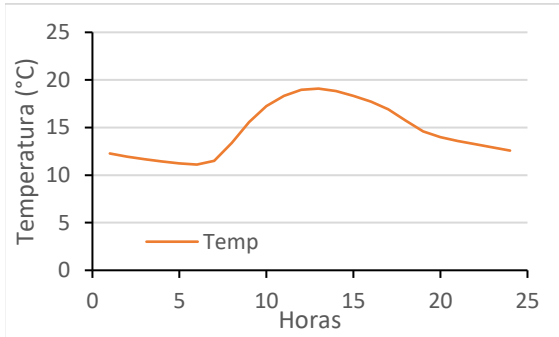
Así mismo, conforme el sol calienta el suelo y éste a su vez la transfiera al aire en contacto, la temperatura del aire comienza a incrementarse alcanzando su máximo entre las 12 horas y las 14 horas, incluso hasta las 15 horas. Este incremento de temperatura máxima se corresponde con la hora en la que 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.

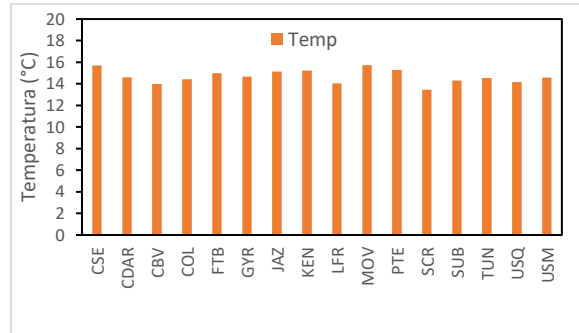
Asimismo, altos valores de temperatura se reportaron en las estaciones Carvajal - Sevillana y Kennedy los cuales se asocian con actividades industriales y el alto tráfico vehicular. Es en este sector de la ciudad donde también se registran las mayores velocidades del viento, que están estrechamente relacionadas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

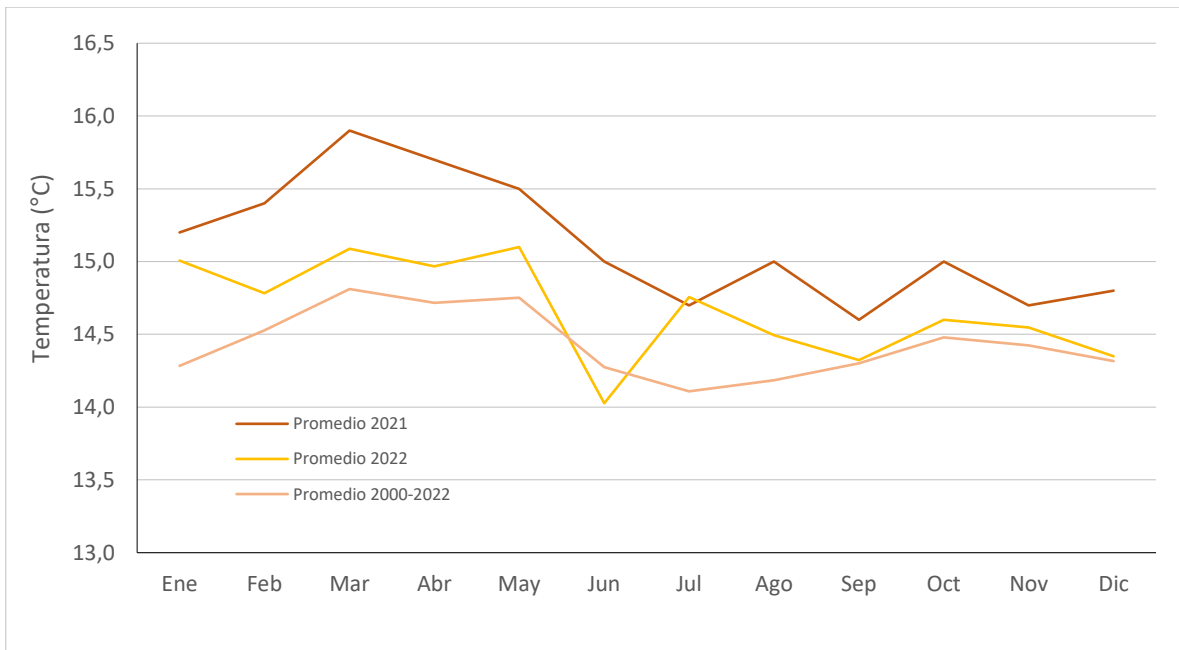


Figura 10-8 Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2022 Vs 2022 y 2021

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

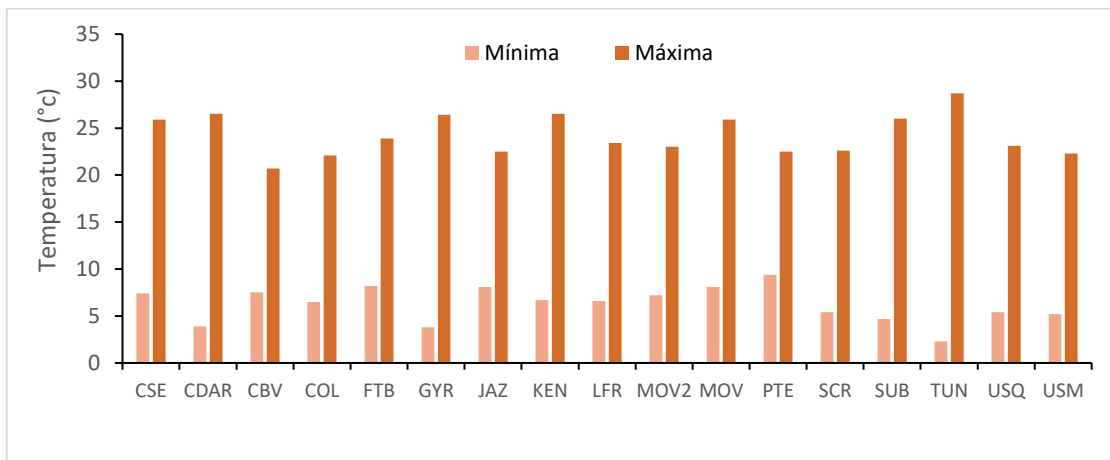


Figura 10-9 Temperaturas extremas absolutas – Año 2022

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.



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

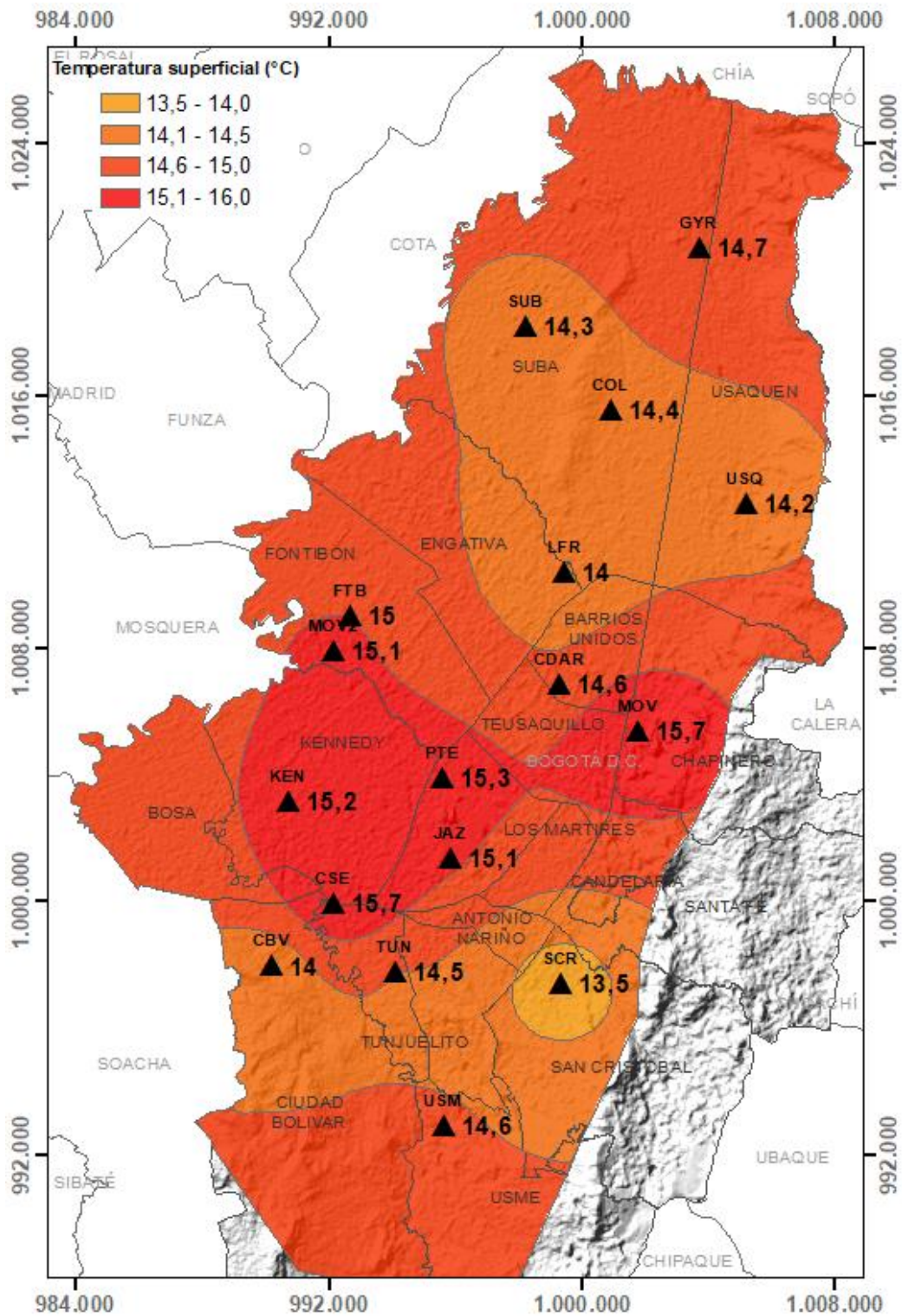



Figura 10-10 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB – Año 2022

	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.

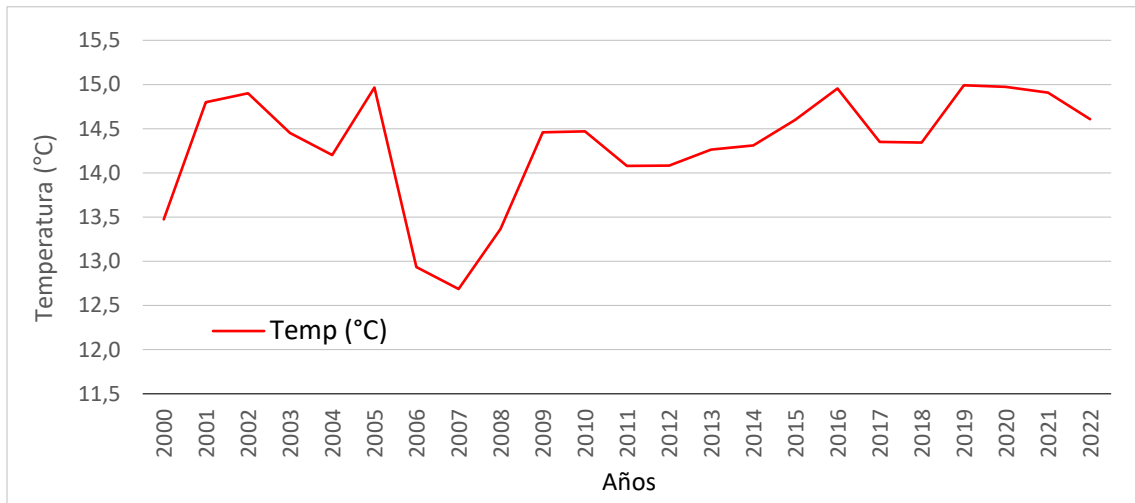


Figura 10-11 Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2021



	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).

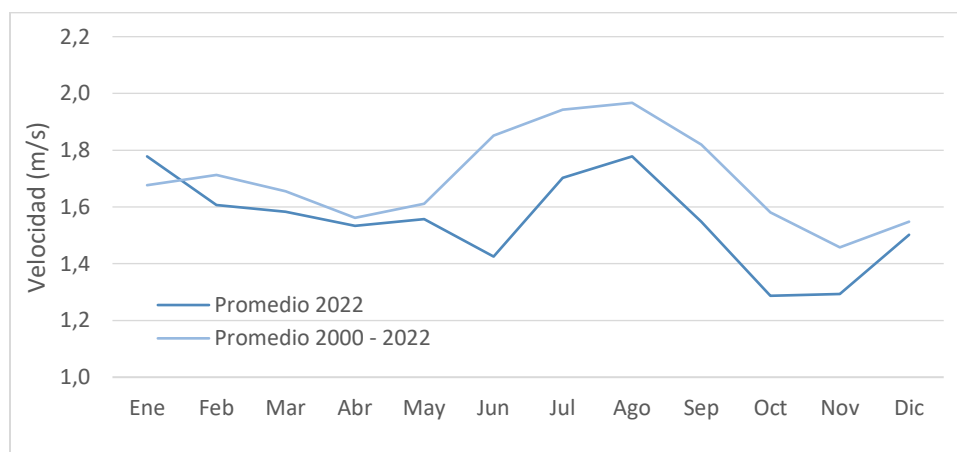



Figura 10-12 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2022) Vs 2022

	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%

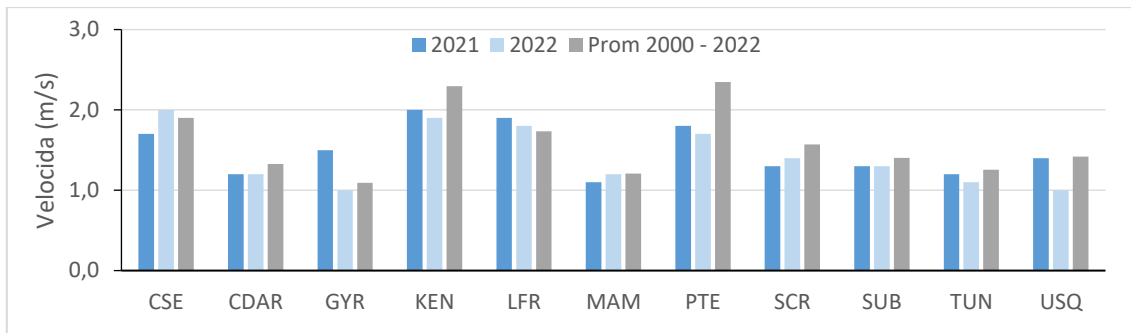



Figura 10-13 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2021, 2022 Vs (2000 – 2022)

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

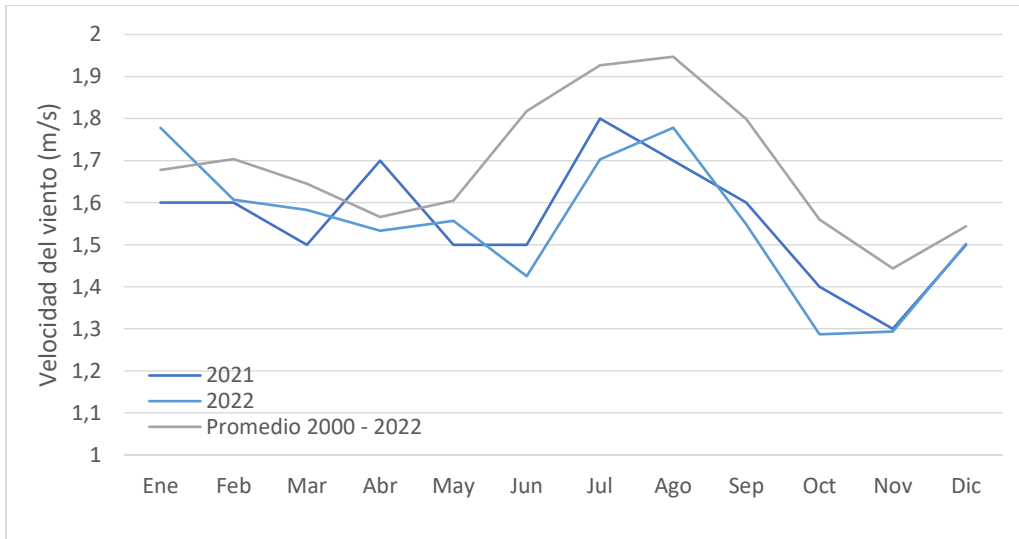
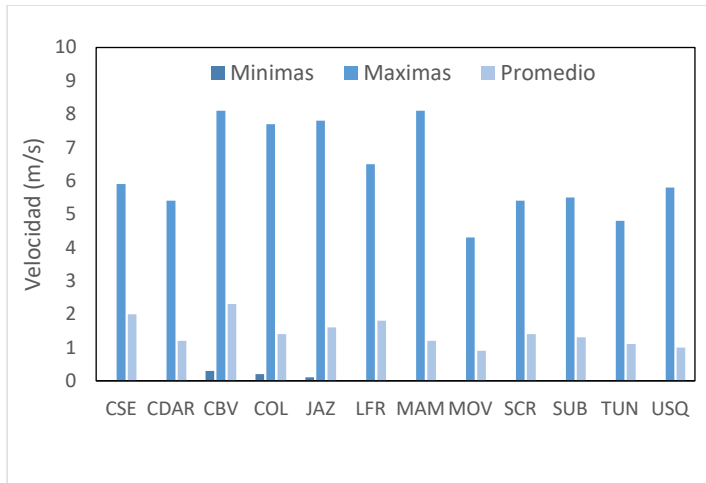


Figura 10-14 Comportamiento de la velocidad media mensual en 2021 y 2022 Vs. promedio mensual multianual 2000 - 2022

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
JAZ*	0.1	4.5	1.0
MAM	0	8.1	1.2
MOV	0	4.3	0.9
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



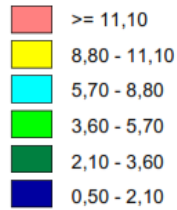
METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

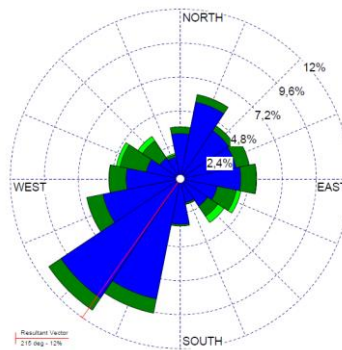
Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

WIND SPEED (m/s)

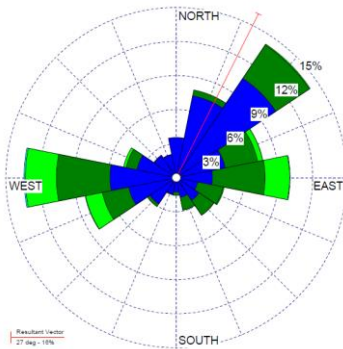


Calms: 13,17%

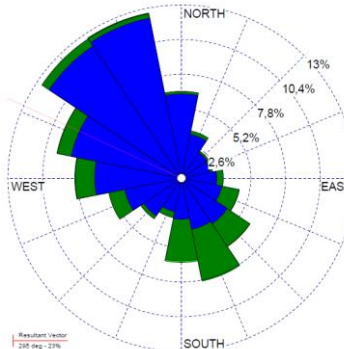


N.A.

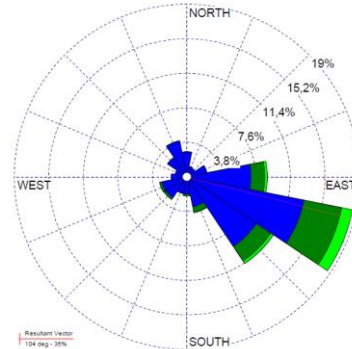
a) Bolivia



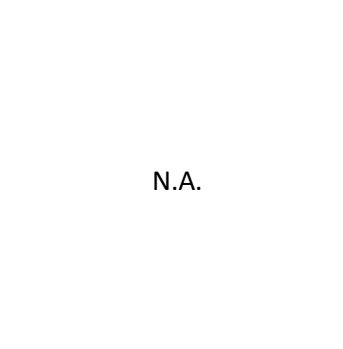
b) Suba



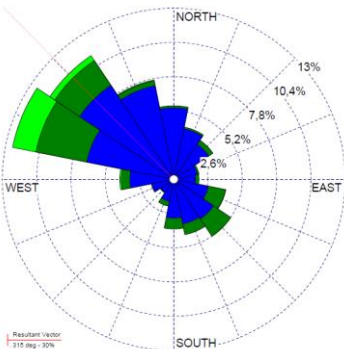
c) Guaymaral



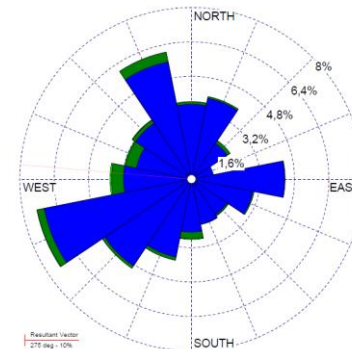
d) Las Ferias



e) Colina



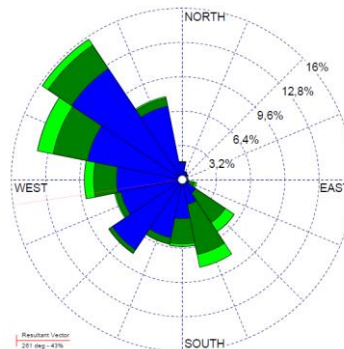
f) Usaquén



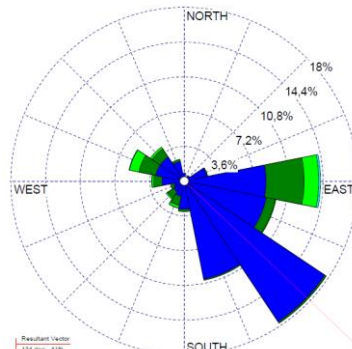
N.A.

g) Móvil FTB

h) CDAR



i) Móvil 7ma




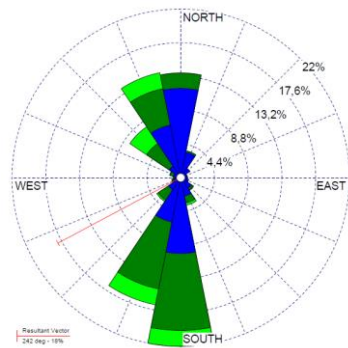
N.A.

j) Kennedy

k) Jazmín

l) MinAmbiente

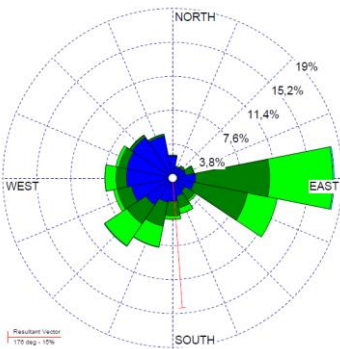
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe anual de la Red monitoreo de calidad del aire de Bogotá- RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8



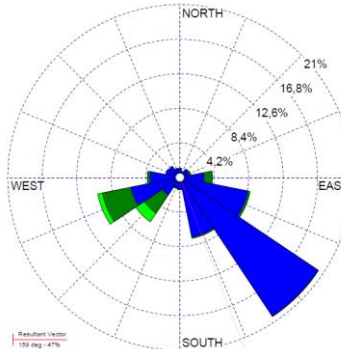
m) Carvajal-Sevillana

N.A.

N.A.

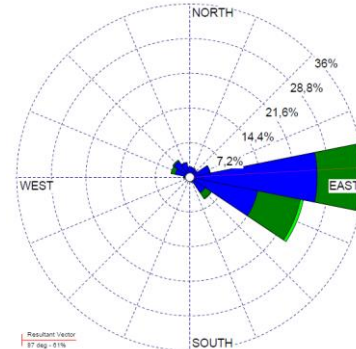


p) Ciudad Bolívar



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.

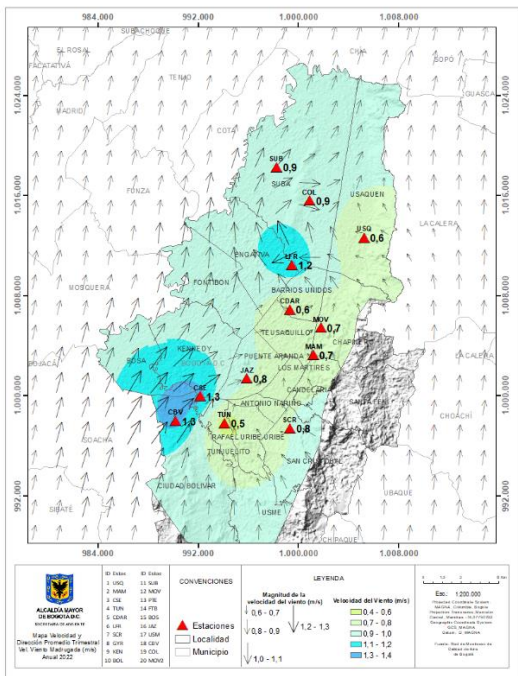
Ahora, no se descarta la introducción de material particulado y gases contaminantes aportadas desde fuentes externas a la ciudad de Bogotá y/o en las zonas periféricas del sur y del flanco occidental, debidos a la componente sur y suroccidental de los vientos en las horas de la madrugada. A diferencia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

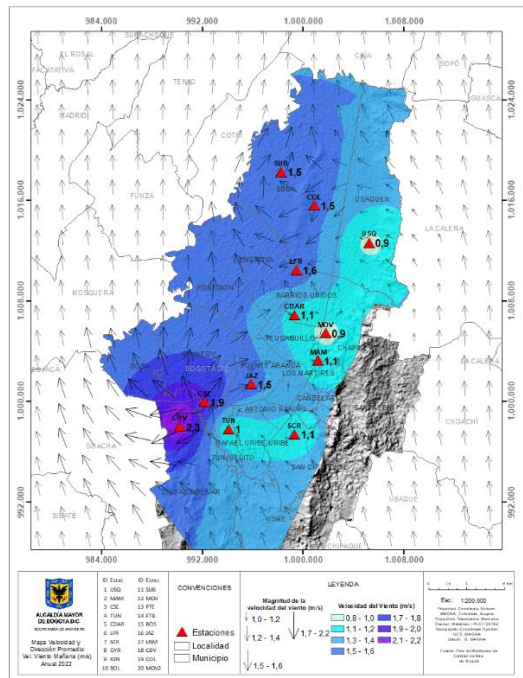
Con el caer de la tarde y la acumulación de energía solar durante las horas anteriores, el aire adquiere mayor inercia generando velocidades mayores por lo que en esta fracción del día del año, en promedio los vientos adquirieron velocidades medias de entre 0.9 m/s hasta 3.6 m/s en el sector suroccidental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

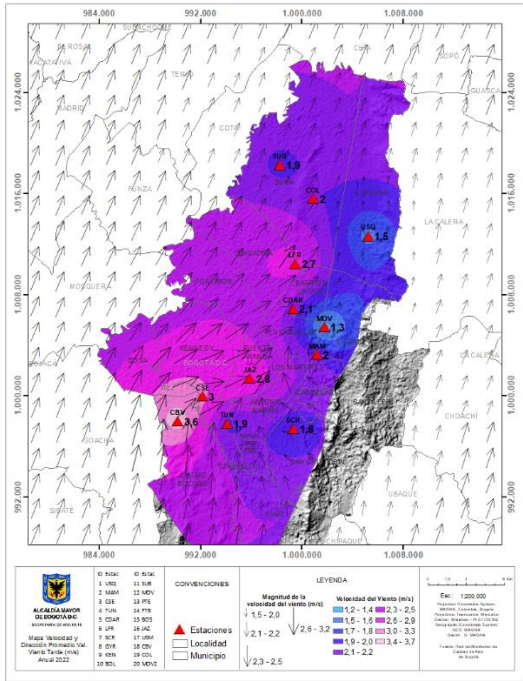
De acuerdo con los registros de la RMCAB, se estima que en horas de la noche del año 2022 predominaron los vientos del oriente lo largo de los cerros orientales, pero al parecer vientos del suroccidente también se hicieron presentes durante las horas de la noche, con posible transporte o arrastre de los contaminantes descargados a la atmósfera 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.



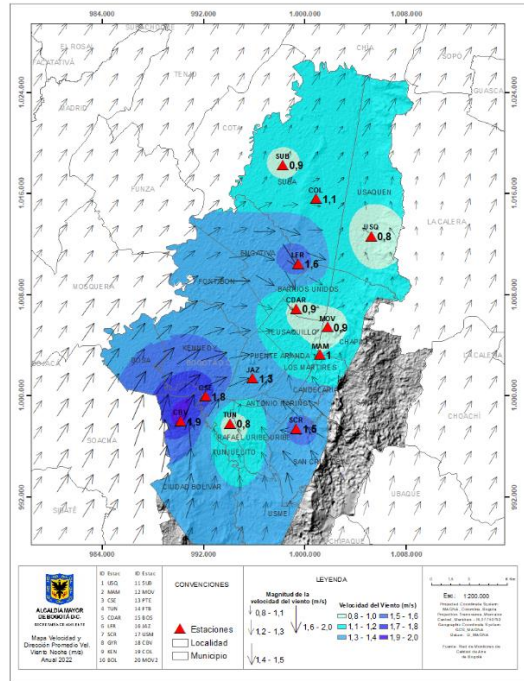
a) Mañana



b) Mañana



c) Tarde



d) Noche

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

10.3.4 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

En el mapa de la Figura 10-18 de manera complementaria a las rosas de los vientos, se presenta el comportamiento general de los vientos durante el 2022, aunque no ofrece mayores detalles como los descritos en la Figura 10-17, permite visualizar cuáles fueron las componentes del viento mayormente predominantes durante todo el año y las velocidades medias alcanzadas durante el mismo. Así pues, se puede establecer que predominaron velocidades entre 1 m/s hasta 2.5 m/s, con vientos del sur occidente penetrando a la ciudad incluso hasta los cerros orientales en el sector norte.

En menor proporción se observa un predominio de los vientos del sur oriente, de lo que se podría concluir que durante 2022 hubo un debilitamiento de los vientos alisios del sur oriente, permitiendo la mayor influencia de los vientos de escala local provenientes del sur occidente. En estos términos, posiblemente la ciudad se vio mayormente afectada por la introducción de contaminantes entre fuentes externas que de vientos que favorecieran el transporte y arrastre de contaminantes por fuera de la ciudad como ocurre con frecuencia durante el ciclo anual.

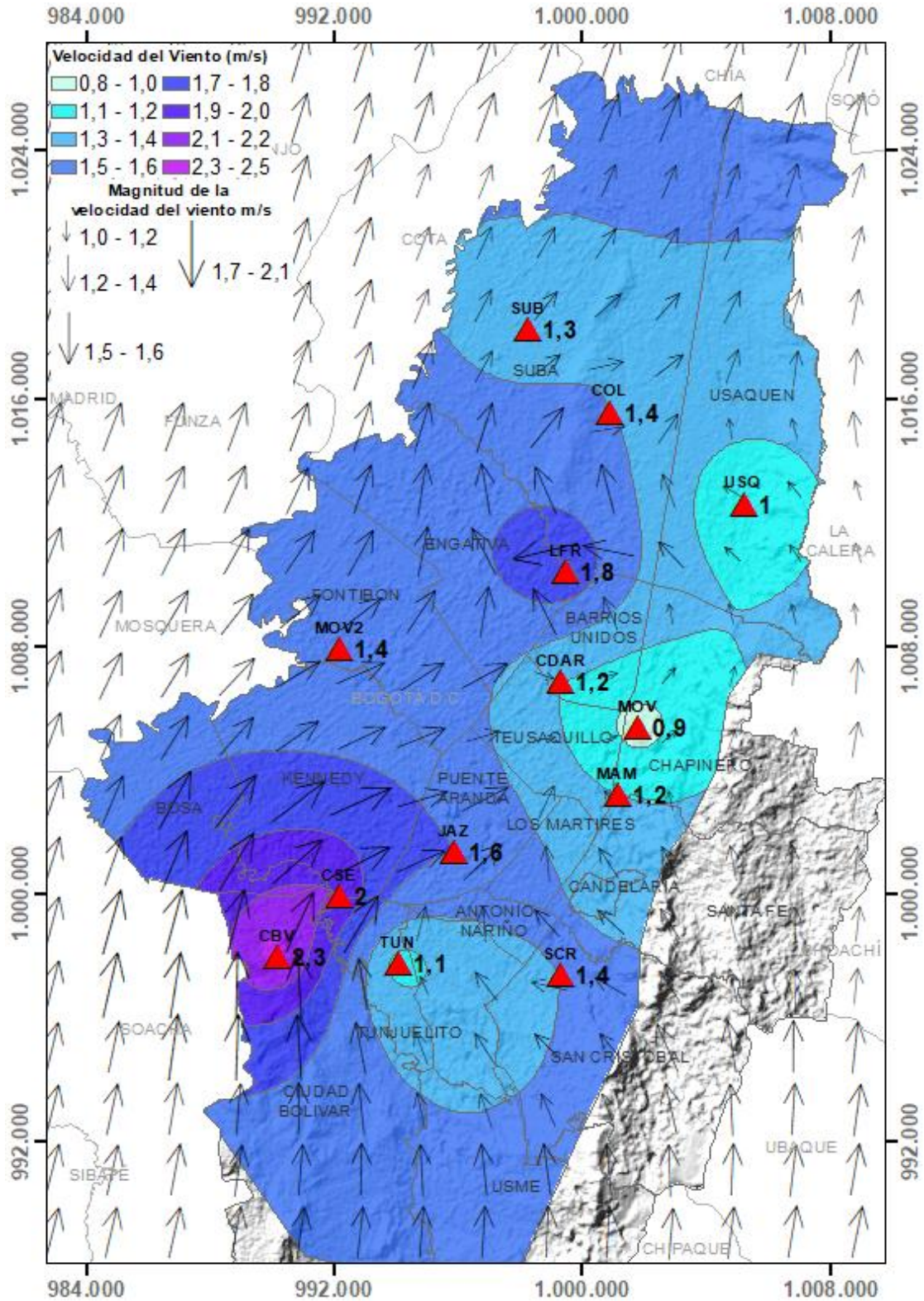



Figura 10-18 Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – Año 2022

	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

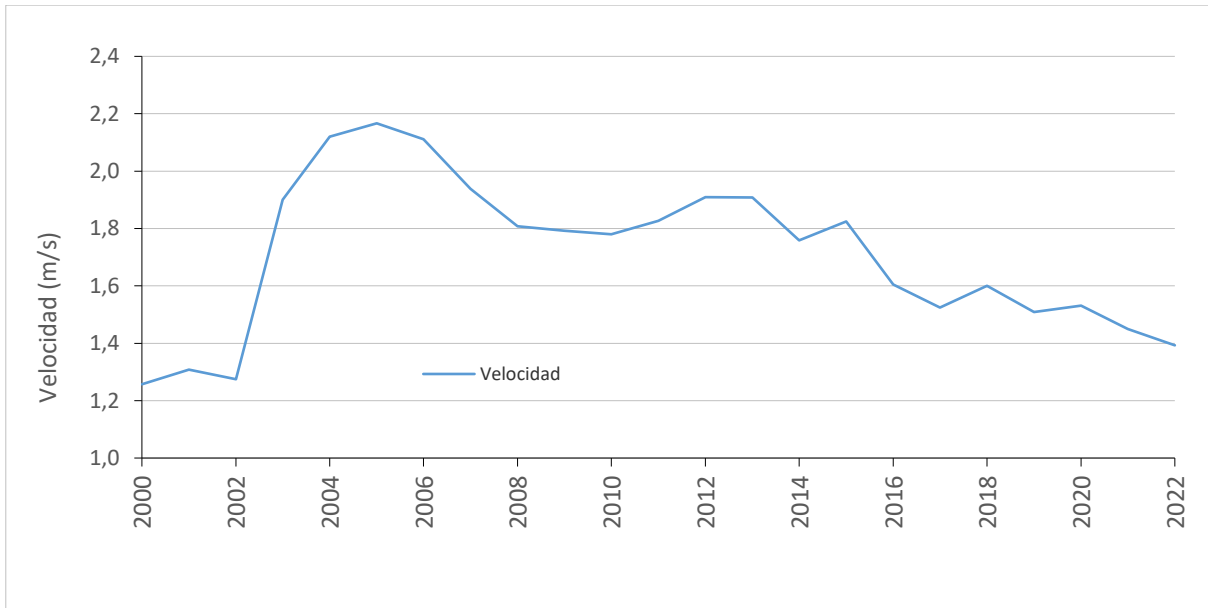



Figura 10-19 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 a 2022

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.

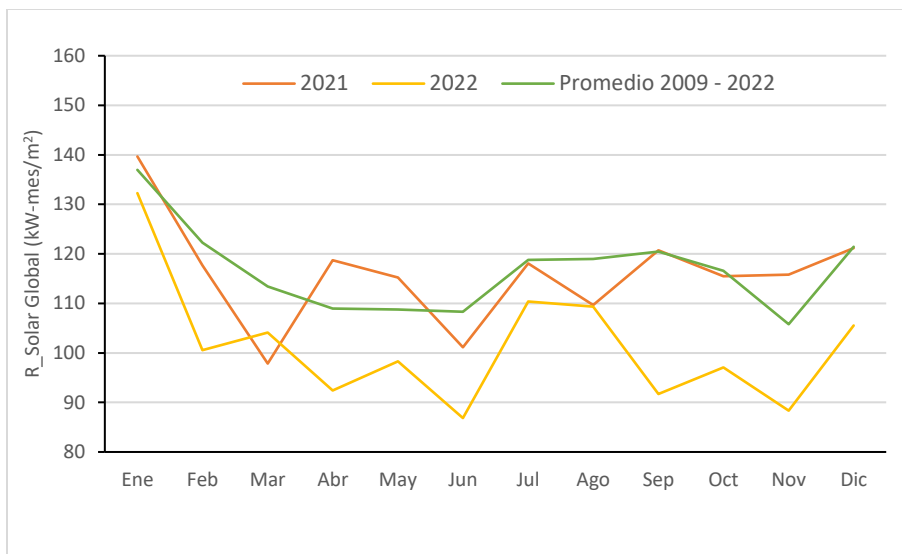



Figura 10-20 Comportamiento mensual de la radiación solar en 2022 y 2021 vs. 2009 a 2022

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.

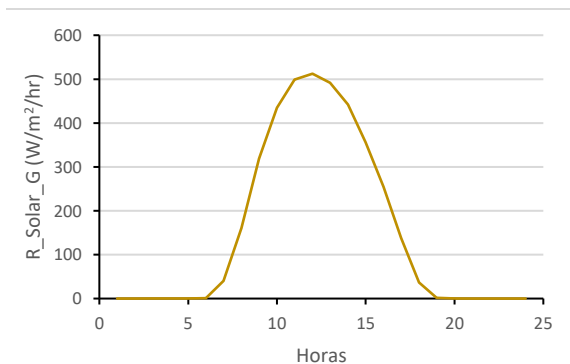
En 2022 las estaciones Usme y Jazmín reportaron datos que superaron el porcentaje de representatividad temporal, no así la estación Bosa donde por razones de seguridad tuvo que ser suspendida y en consecuencia no se reporta su registro. En cuanto a la acumulación promedio

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

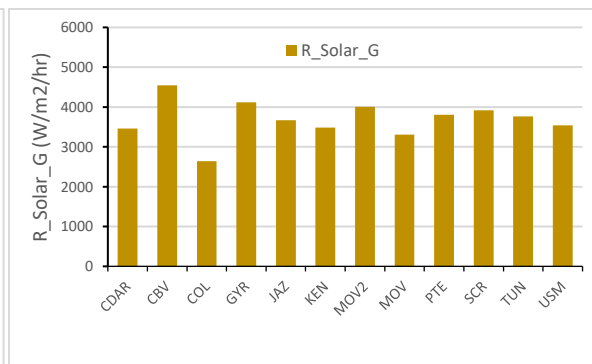
durante un día, se puede observar que las estaciones Ciudad Bolívar y Guaymaral fueron las que mayores acumulados registraron con totales de 4541 W/m² y 4119 W/m², respectivamente.

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

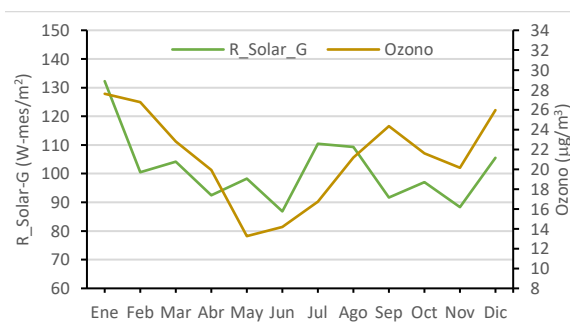
10.4.3 PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

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.

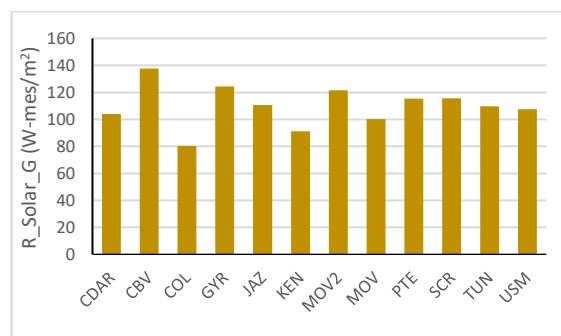
Teniendo la influencia de la radiación solar en las concentraciones de ozono, en la Figura 10-22 se muestra el perfil de las concentraciones de ozono promedio de 2022. Este perfil permite observar una estrecha relación entre las cantidades de radiación acumuladas en enero y las concentraciones de ozono 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



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado por estación

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%

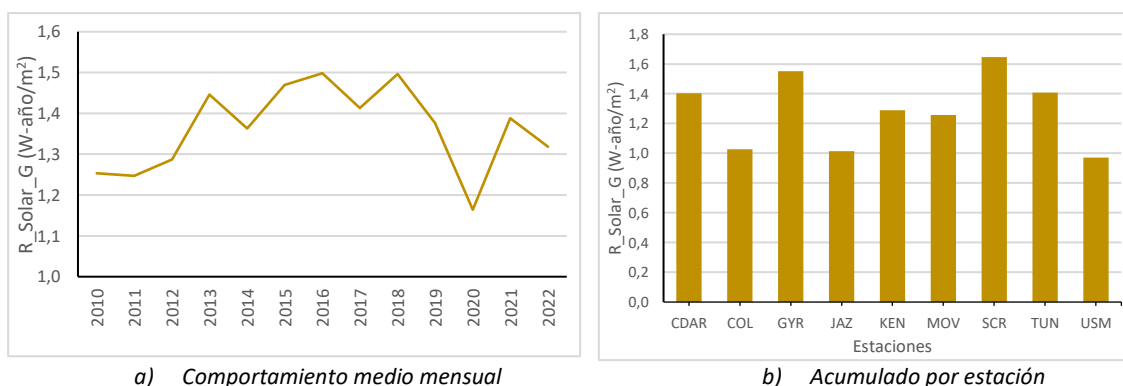



Figura 10-23 Comportamiento anual de la radiación en 2020 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados

	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

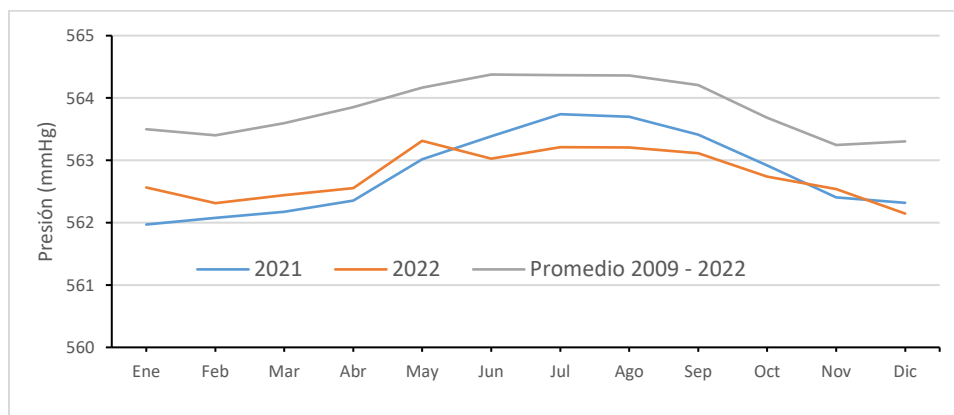



Figura 10-24 Comportamiento mensual de la presión en 2019 y 2018 frente al promedio mensual multianual 2010-2022

10.5.2 PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

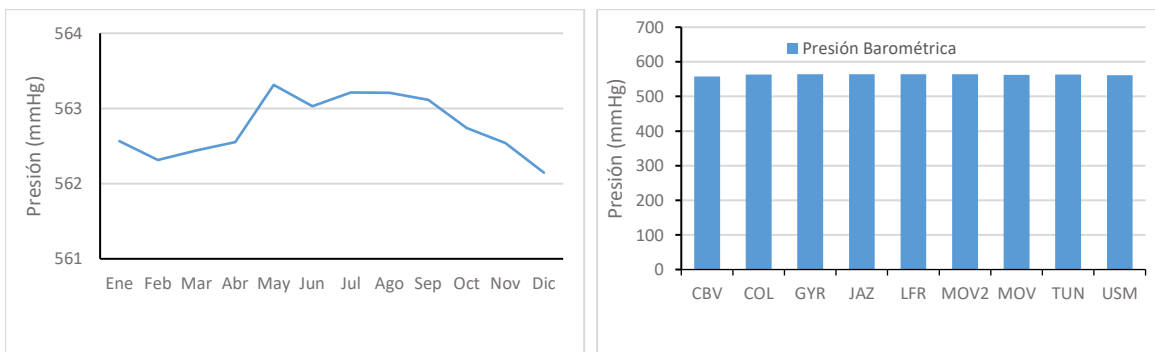
En la Tabla 10-18 se describe el comportamiento medio mensual de 2022. De acuerdo con los registros de presión, tanto a principio como al final del año, se presentaron las menores presiones con una media mensual a nivel ciudad de 563 mmHg. Asimismo, dada su poca variabilidad espacialmente durante el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

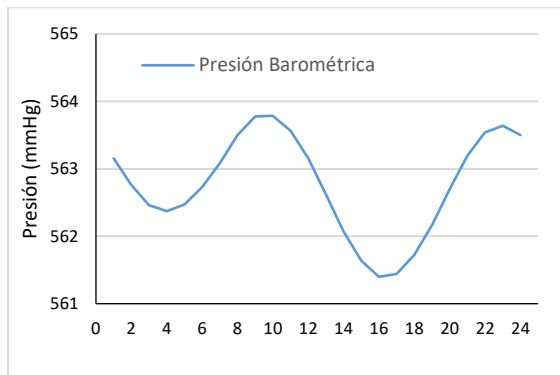
Los promedios horarios calculados a nivel ciudad incluyen los registros de las estaciones Móvil de Fontibón (MOV2) y Puente Aranda toda vez que cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75%.

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

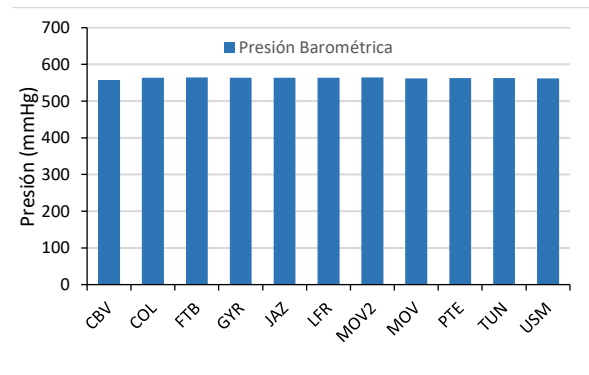
Hora	CBV	COL	GYR	FTB	JAZ	KEN	LFR	MOV2	MOV	PTE	TUN	USM	Prom. Ciudad (mmHg)
	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	MmHg	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	
1:00	558	564	565	564	564	N.A	564	565	562	563	564	562	563
2:00	557	563	565	564	564	N.A	564	564	562	563	563	562	563
3:00	557	563	564	563	563	N.A	564	564	562	562	563	561	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

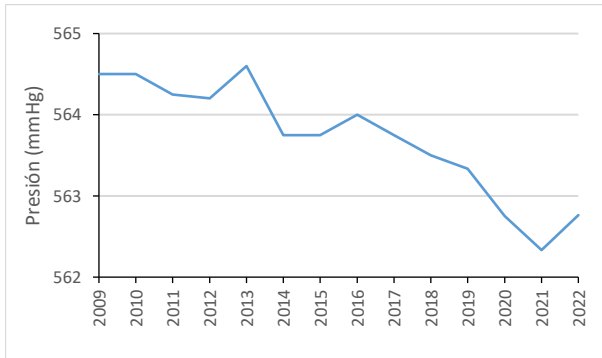
10.5.4 PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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.

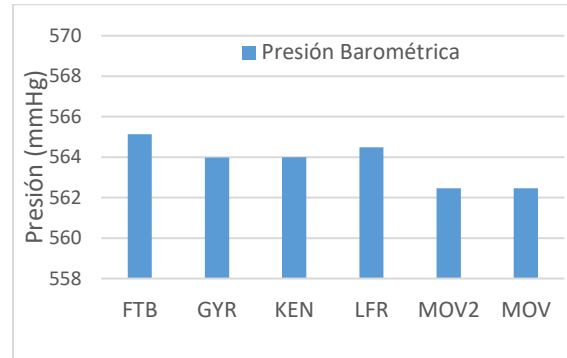
Tabla 10-20 Comportamiento multianual de la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá Años 2009 – 2022

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

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 ácida.

10.6.1 PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD

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

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

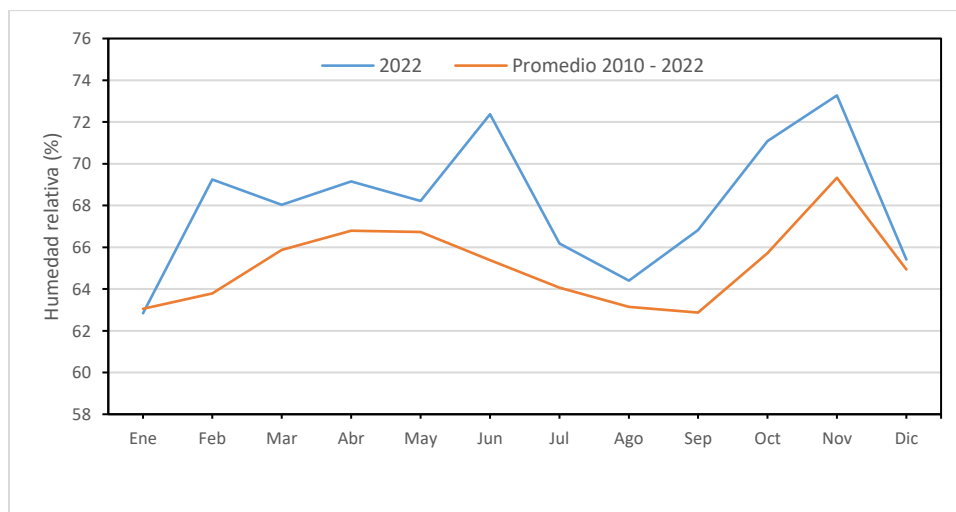



Figura 10-28 Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2022 vs. Promedio mensual multianual 2010-2022

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

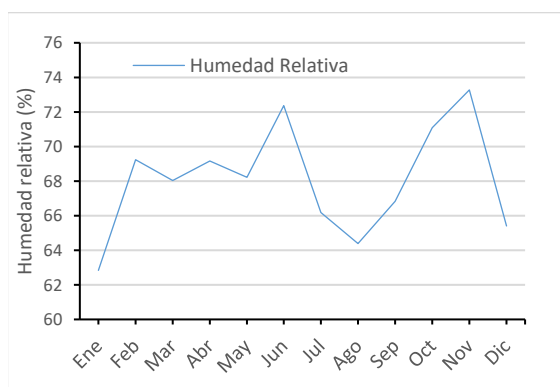
10.6.2 PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

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.

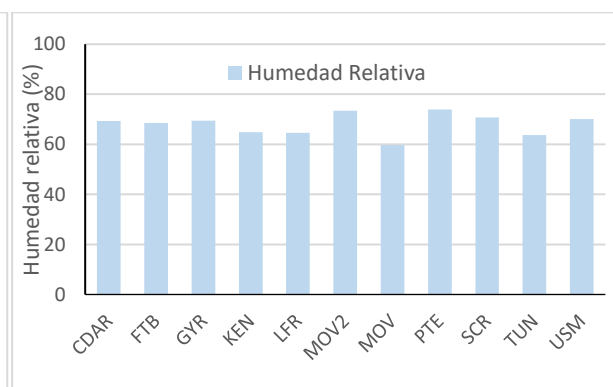
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Móvil Fontibón y Puente Aranda se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por San Cristóbal, Usme, Guaymaral y Jazmín, mientras que la Móvil 7ma la que menor cantidad reportó.

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

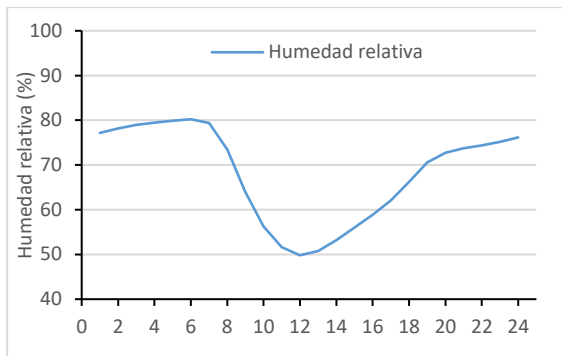
Respecto al comportamiento diario anual de la humedad, dada su relación inversa con la temperatura, en las horas de la madrugada y la noche es normal que la atmósfera se sature por el descenso de la temperatura, alcanzando el pico más alto de humedad conforme ocurre el valor más bajo de temperatura, 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.

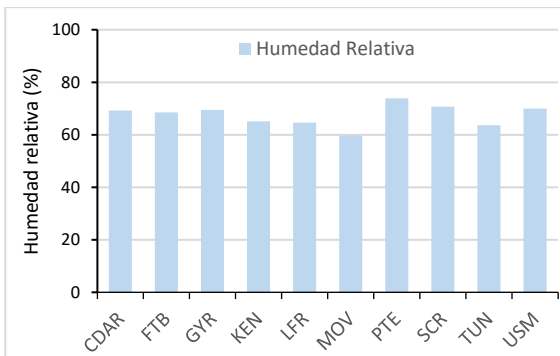
Tabla 10-23 Variación de la humedad horaria y por estaciones de la RMCAB – Año 2022

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

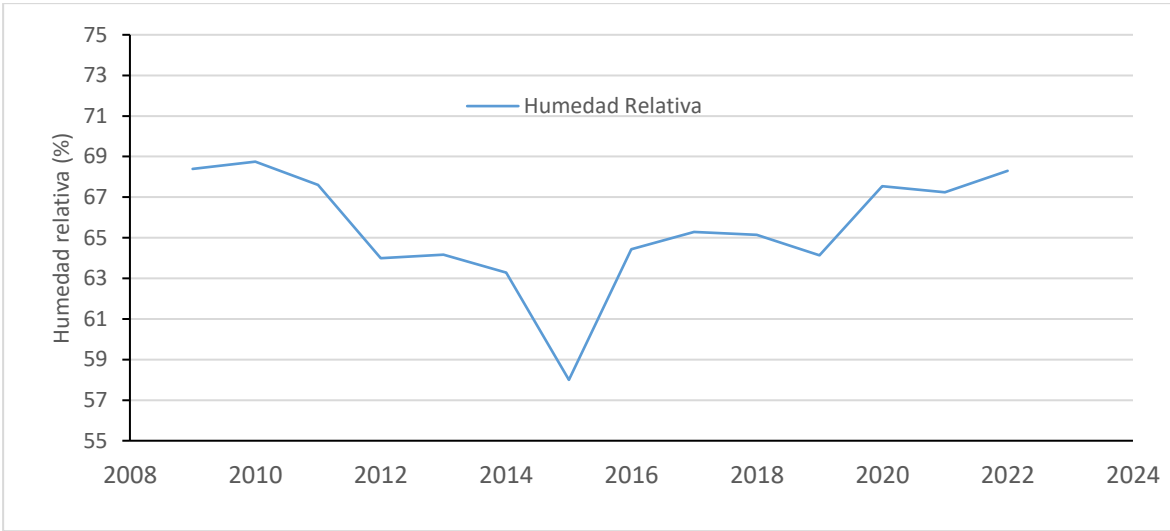
10.6.4 PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD

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.

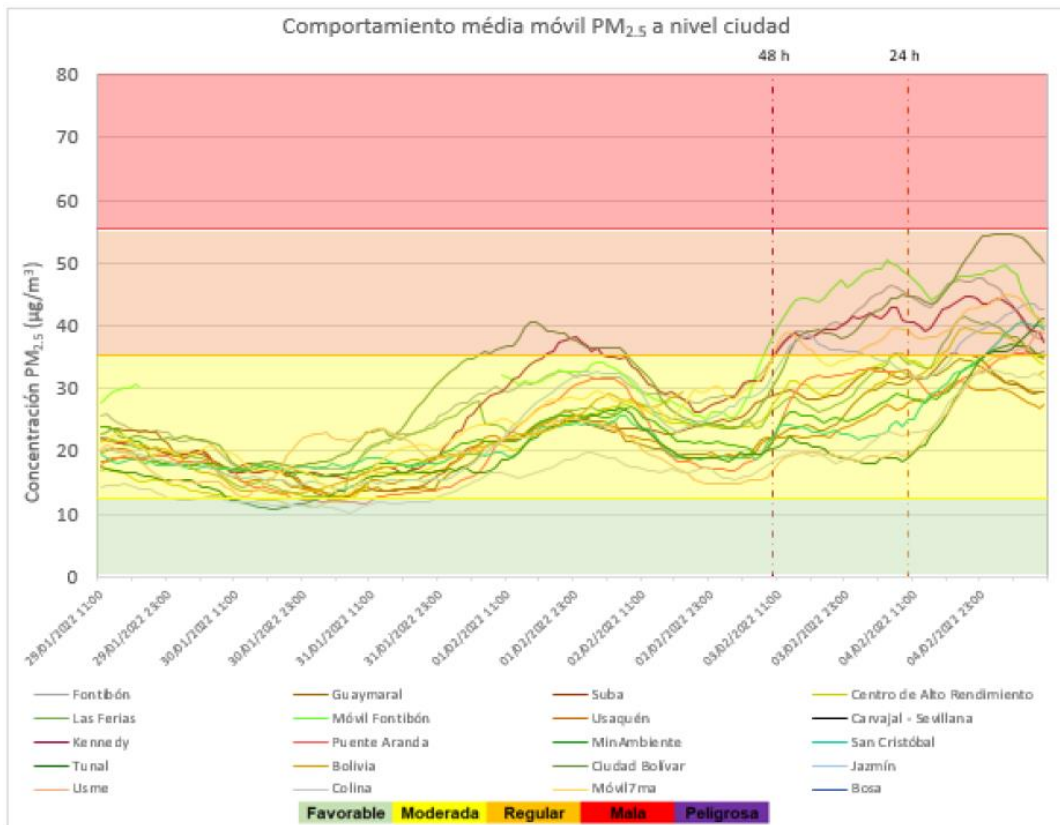


Figura 11-1 Concentraciones medias móvil $PM_{2.5}$ - 29 de enero al 5 de febrero de 2022

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).

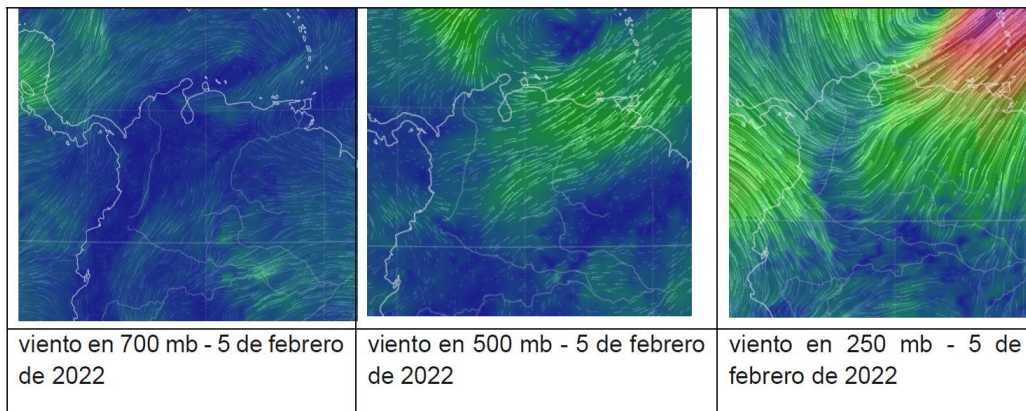



Figura 11-2 Comportamiento de vientos a nivel regional para el mes de febrero de 2022 en diferentes niveles de la atmósfera

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

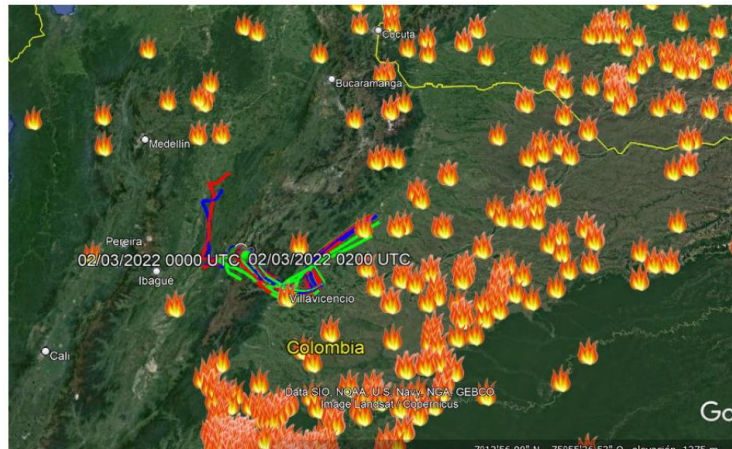


Figura 11-3 Retrotraectorias para el 4 de febrero de 2022

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.

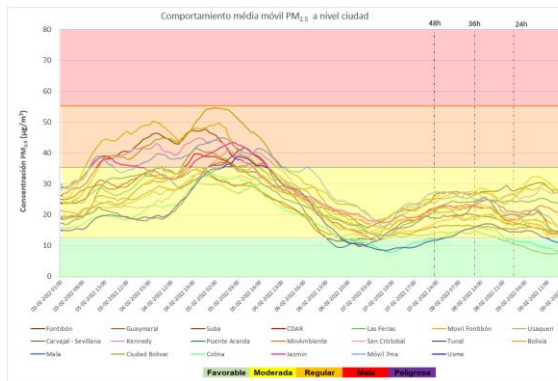



Figura 11-4 Concentraciones medias móvil 24h $PM_{2.5}$ 2 al 14 de febrero de 2022



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:

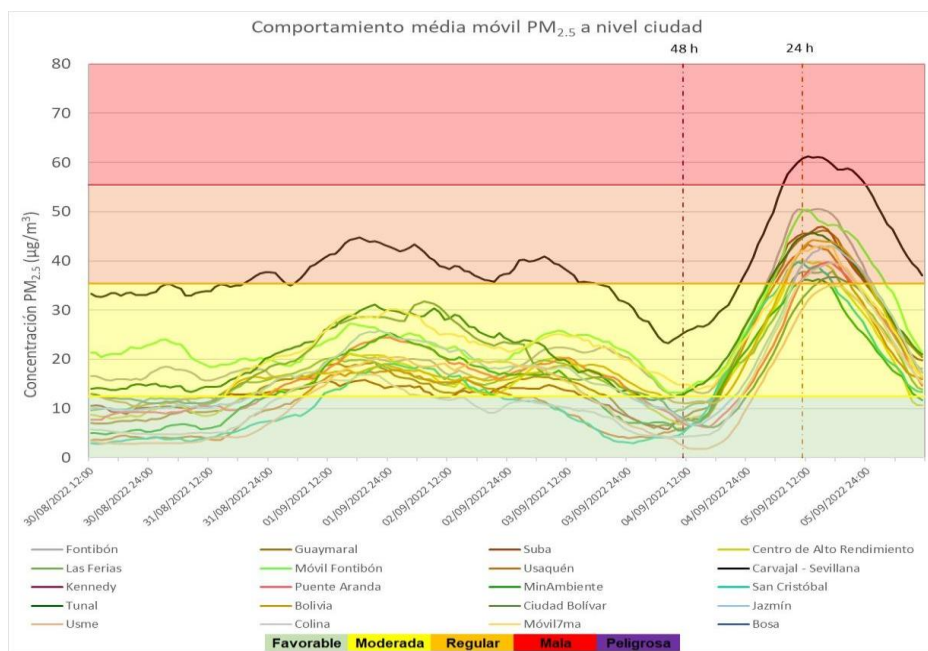


Figura 11-6 Comportamiento media móvil PM_{2.5} - 30 de agosto al 6 de septiembre 2022

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

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.

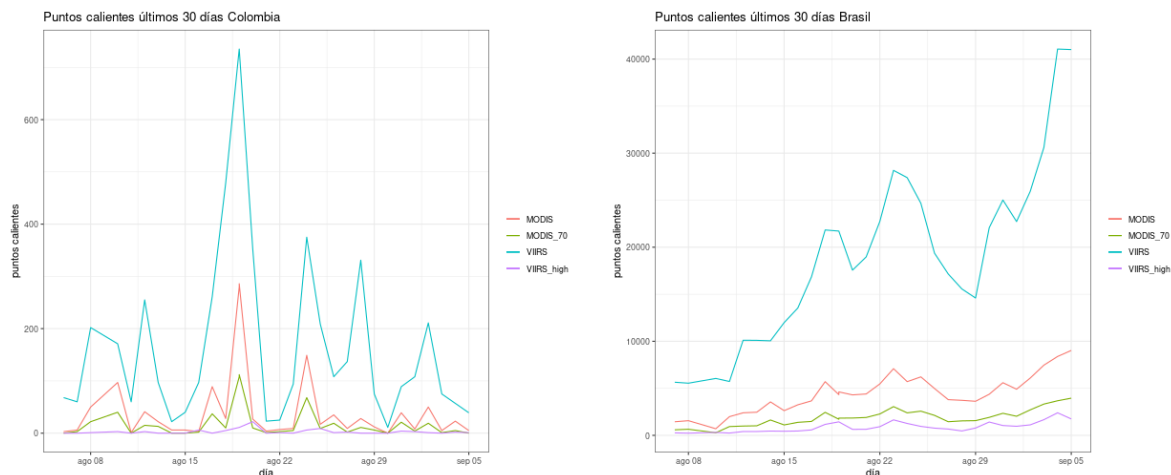


Figura 11-7 Seguimiento últimos 30 días de puntos calientes medidos por MODIS (total y 70% de confianza) y VIIRS (total y alta confianza) para Colombia y Brasil

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:

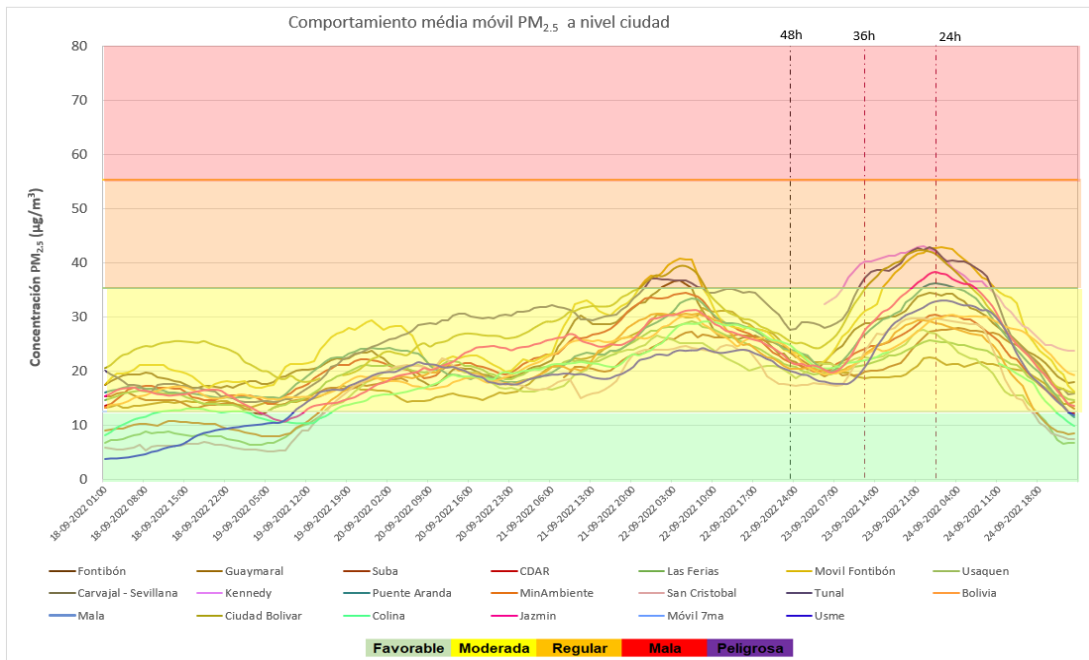



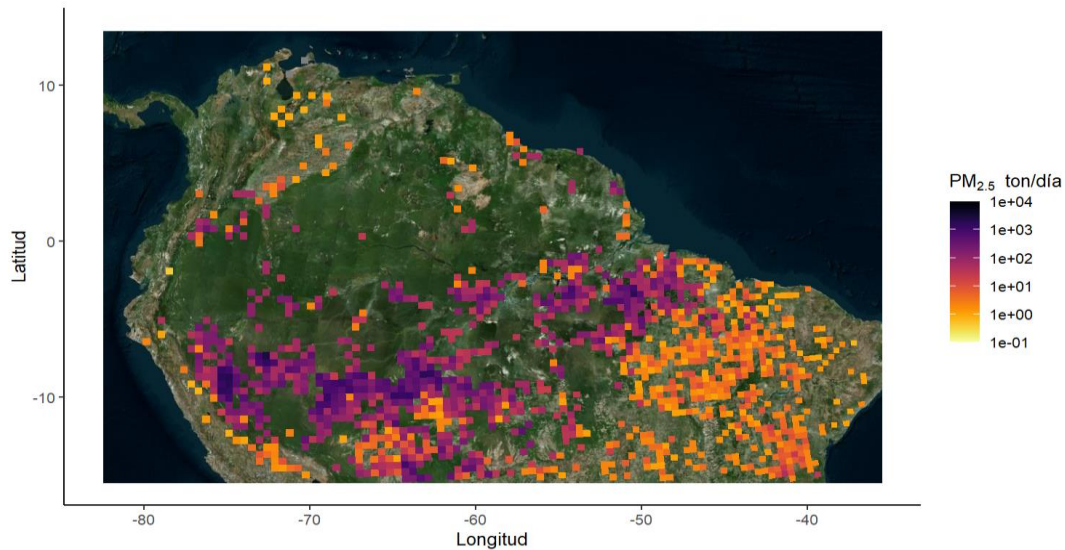
Figura 11-8 Comportamiento media móvil PM_{2.5} – 21 al 24 de septiembre 2022

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.

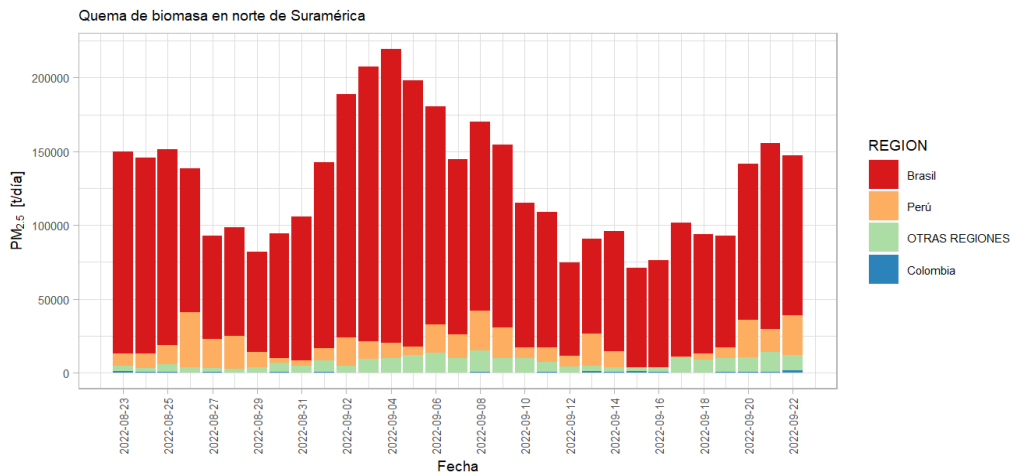
En la Figura 11-9 se observan las emisiones de PM_{2.5} generadas por incendios forestales para el 22 de septiembre de 2022, en la cual cada pixel representa una extensión de 50 km x 50 km y las emisiones equivalentes de PM_{2.5} t/día, de acuerdo con esta información y según los órdenes de magnitud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

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



(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:

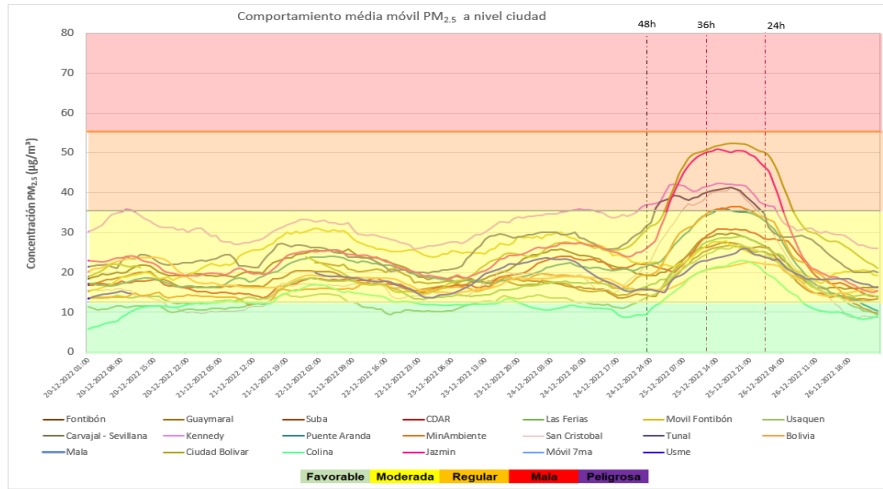


Figura 11-11 Comportamiento media móvil PM2.5 – 20 al 26 de diciembre 2022

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).

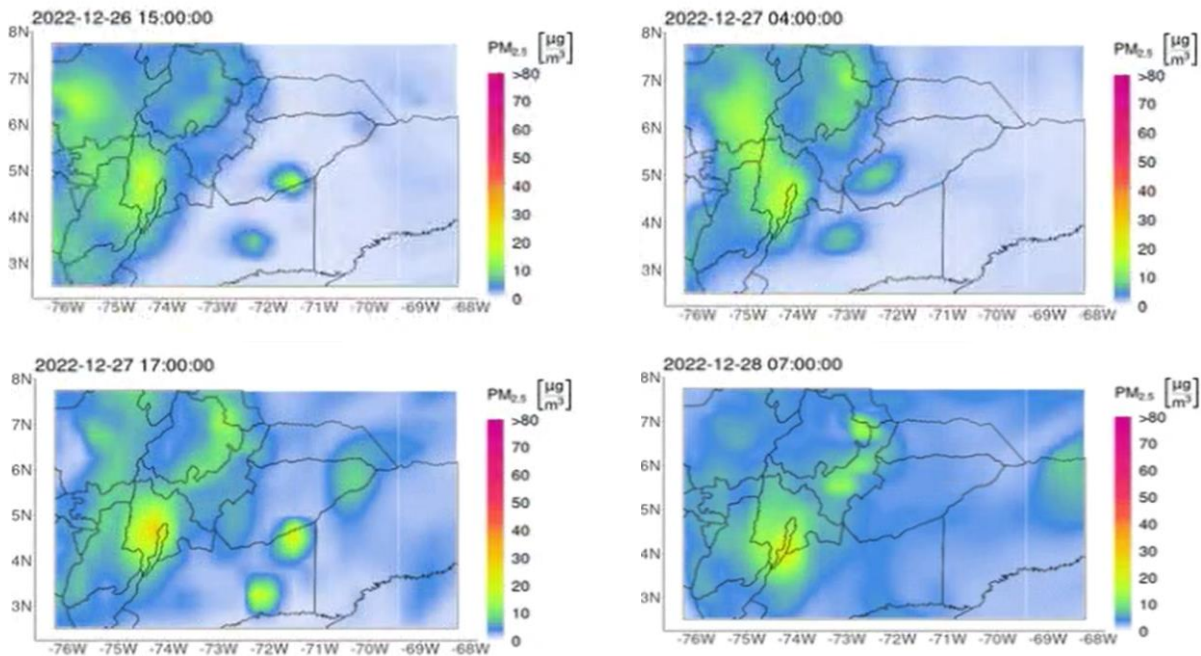



Figura 11-12 Concentraciones de PM2.5 estimadas por el modelo GEOS-CF de la NASA – 26 al 29 de diciembre de 2022

	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.

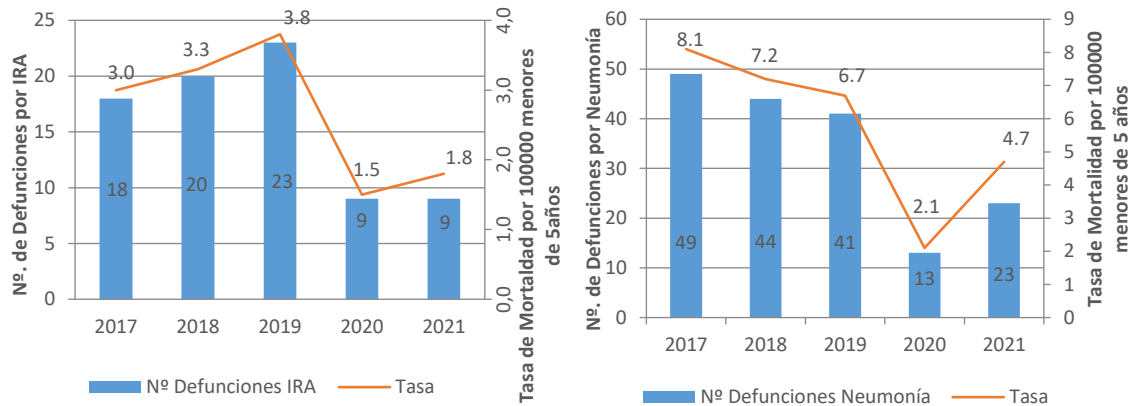


Figura 12-2 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2017 a 2021

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.

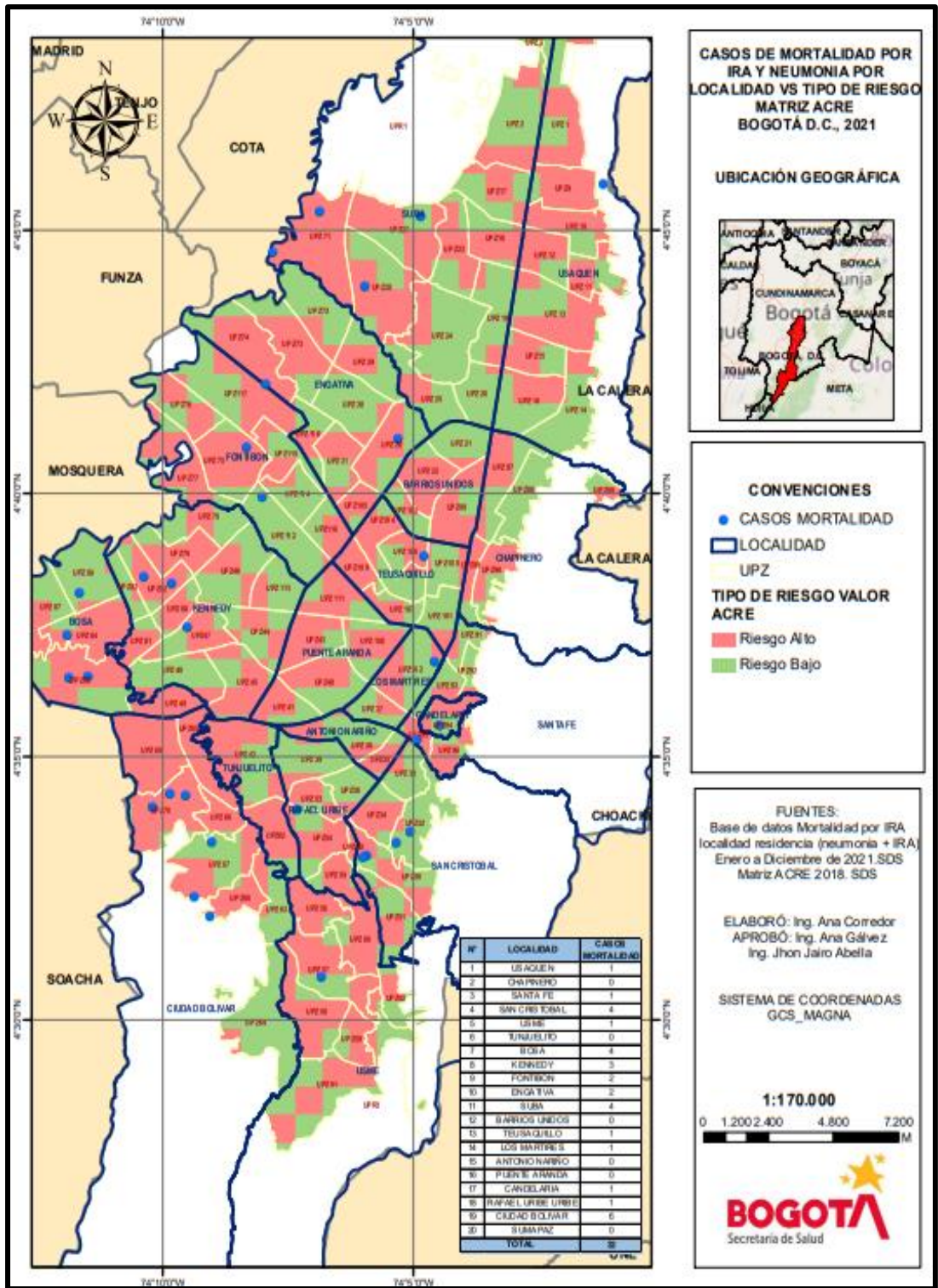



Figura 12-3 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Tipo de Riesgo Matriz ACRE, 2021

	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.

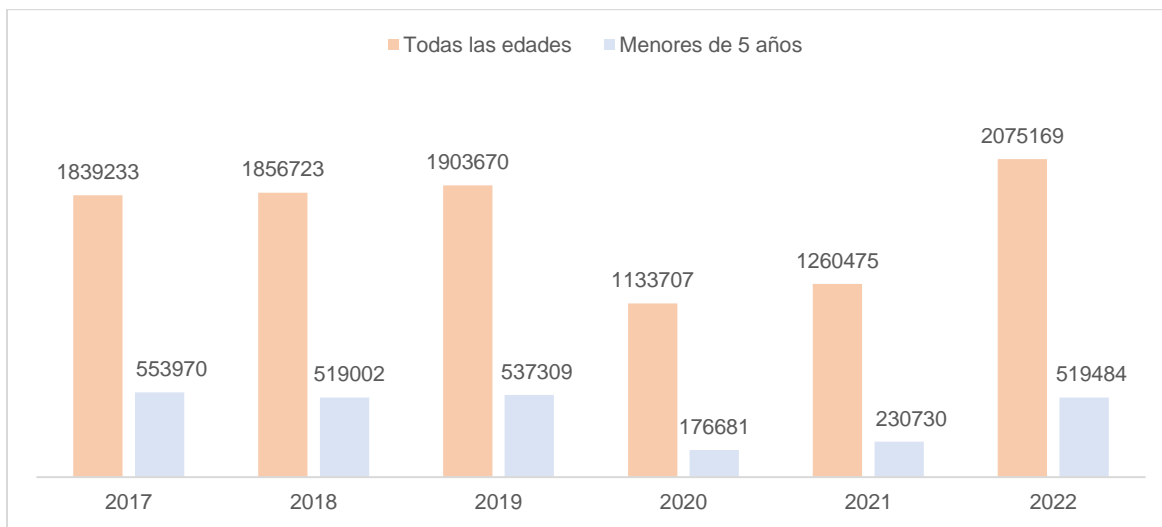



Figura 12-4 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2017 a 2022

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.

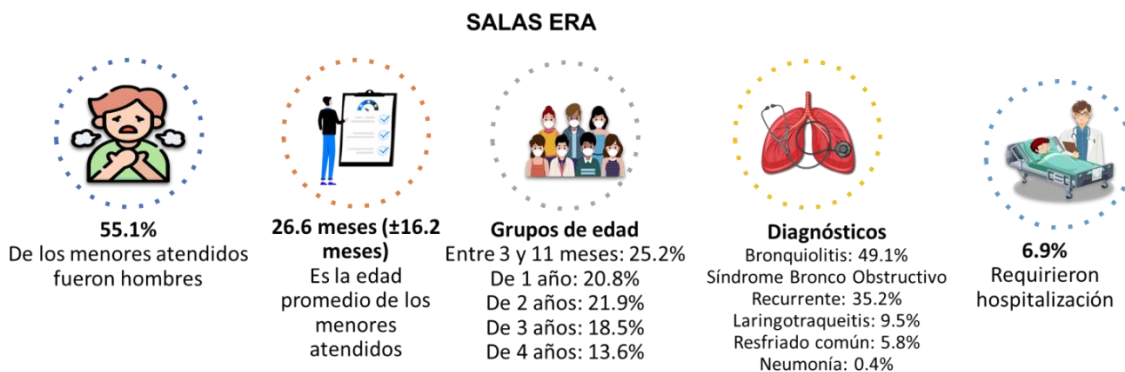


Figura 12-5 Principales características de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá – Año 2022

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.

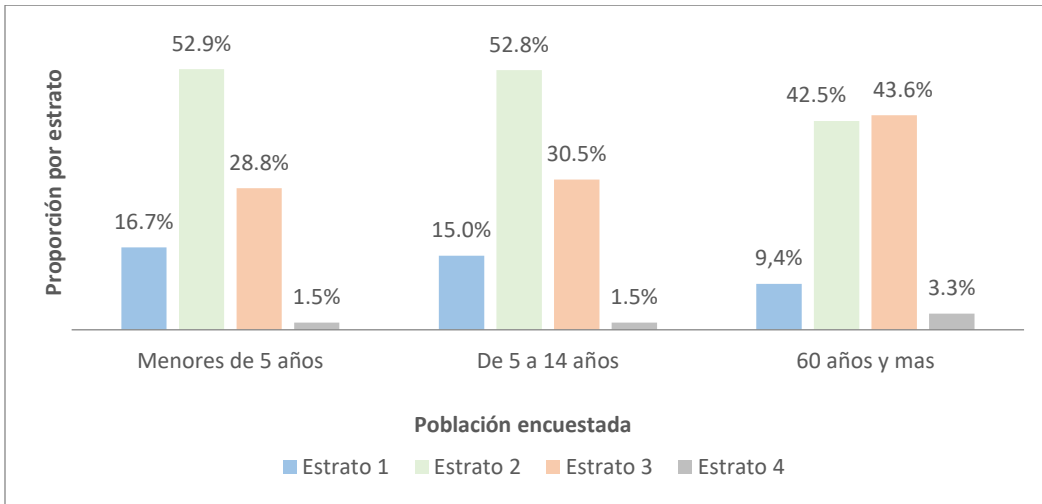


Figura 12-6 Distribución de los principales estratos socioeconómicos según grupos de población encuestada Bogotá – Año 2022

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.

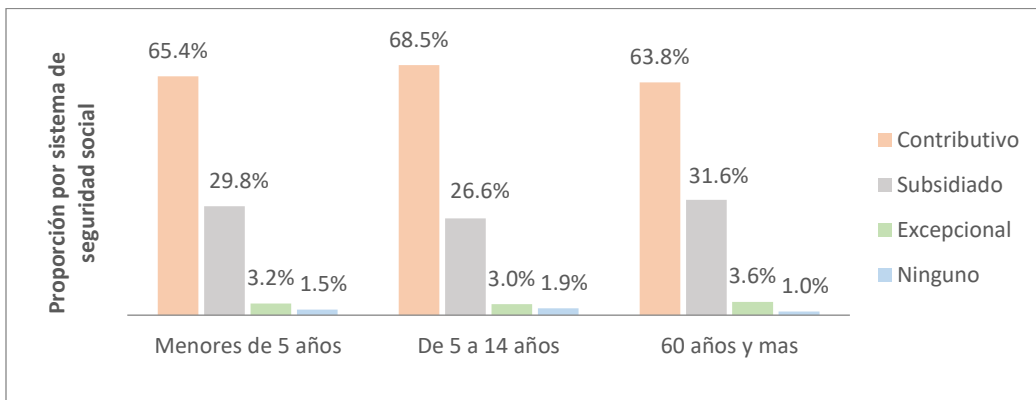



Figura 12-7 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá – Año 2022

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-decidido-dejar-de-fumar.aspx#:~:text=Comunicaciones-,%E2%80%9CAUTOCUIDATE%E2%80%9D%20la%20App%20de%20MinSalud%20para%20las%20personas%20que,han%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.

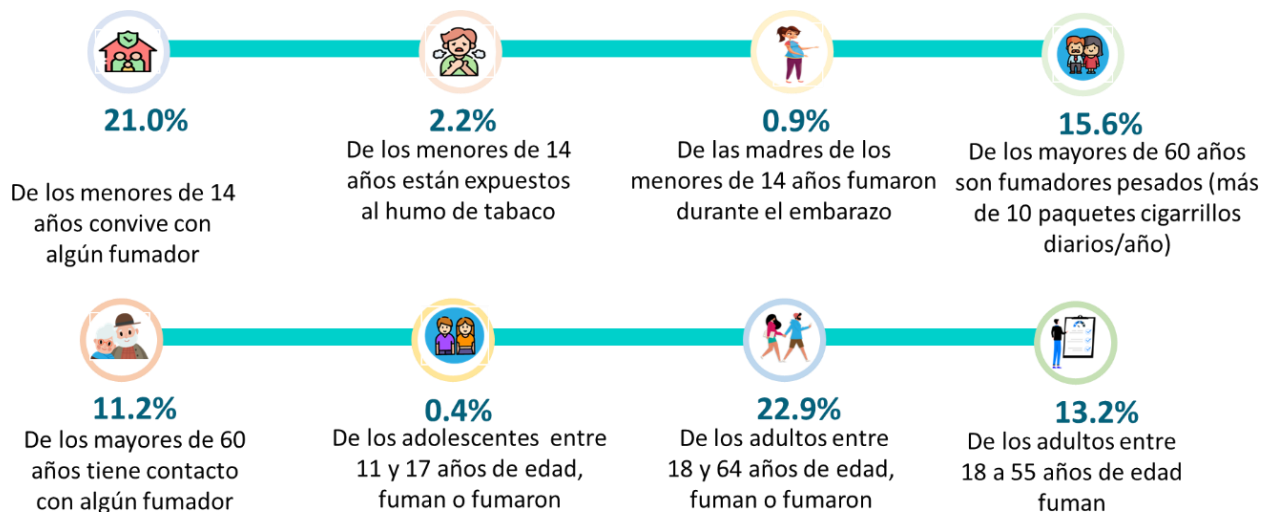


Figura 12-8 Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años

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.

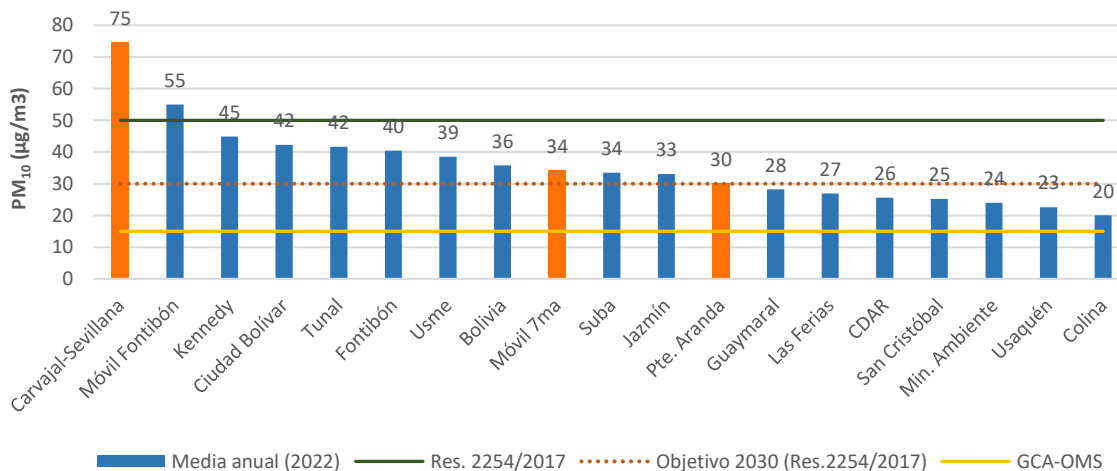



Figura 12-9 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM₁₀, para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en color naranja, no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual

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.

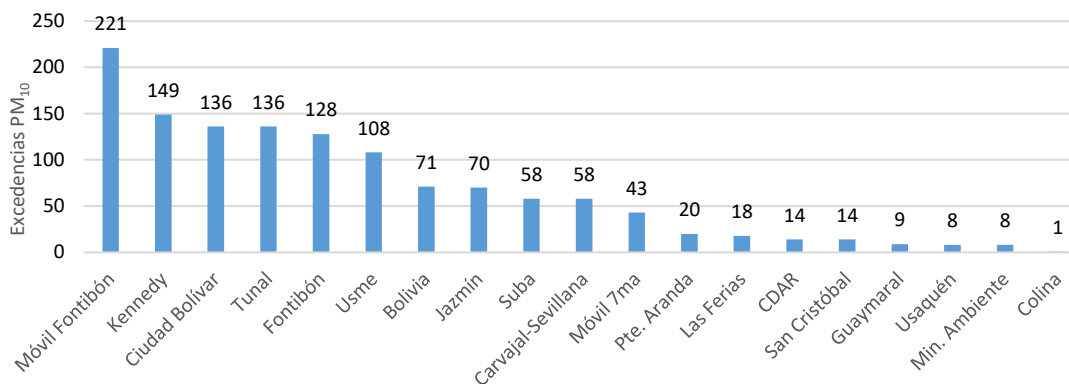


Figura 12-10 Excedencias de concentraciones de PM₁₀, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB – Año 2022

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.

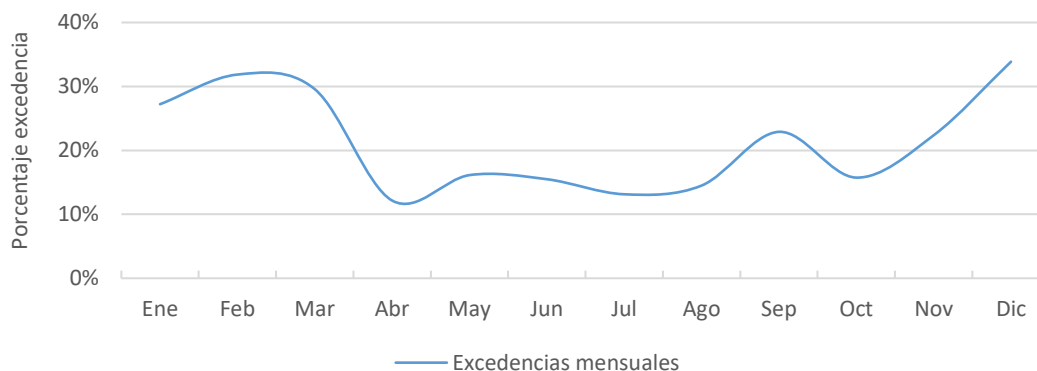


Figura 12-11 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM₁₀, en Bogotá – Año 2022

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

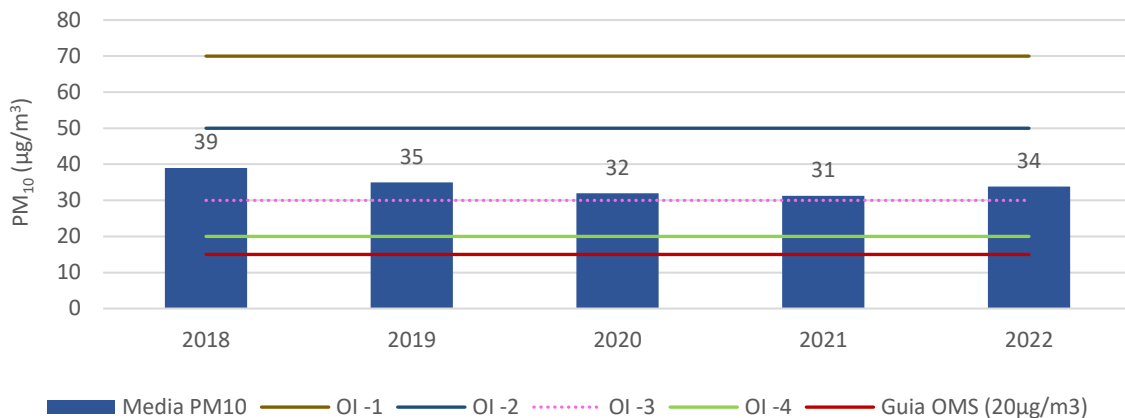


Figura 12-12 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS, para exposición anual, de PM₁₀ Bogotá – Años 2018-2022

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.

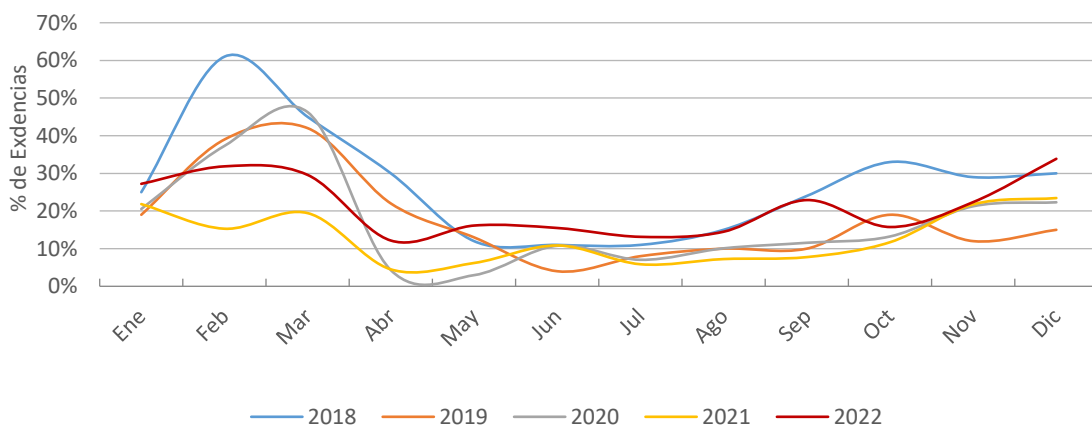



Figura 12-13 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá - Años 2018-2022

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.

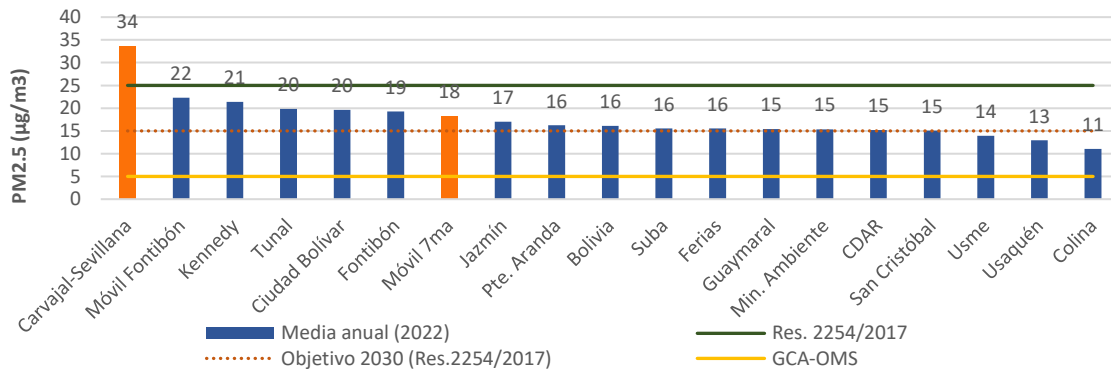


Figura 12-14 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de $\text{PM}_{2.5}$ para estaciones de la RMCAB, 2022. * Las estaciones en anaranjado no contaron con el 75% de representatividad para promedio anual.

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.

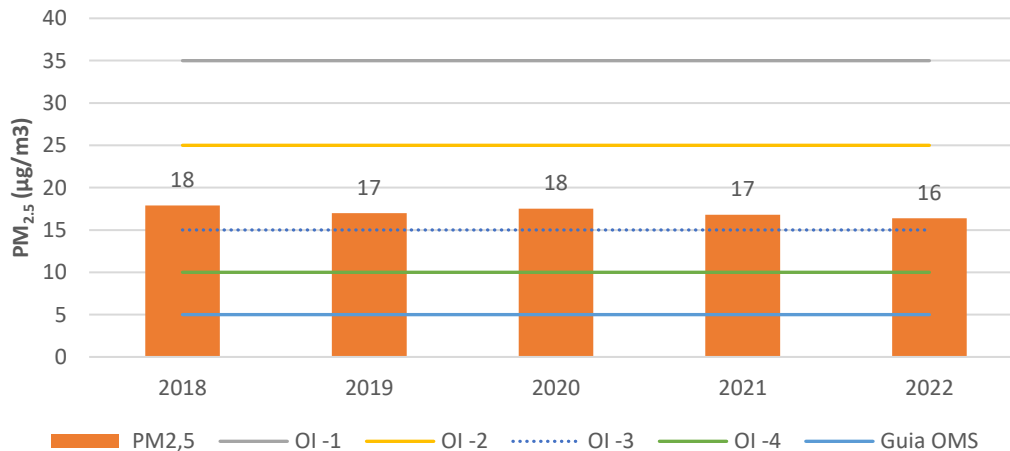



Figura 12-15 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS para exposición anual, para material particulado $\text{PM}_{2.5}$ Bogotá – Año 2022

	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.

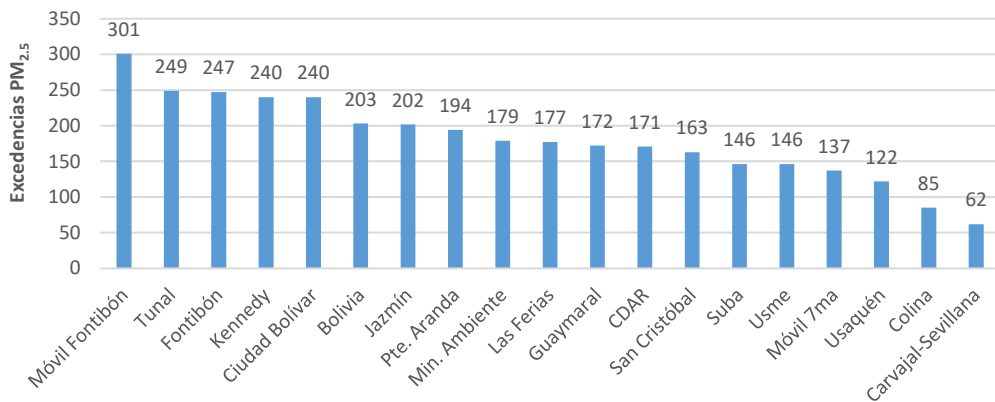


Figura 12-16 Excedencias de $PM_{2.5}$, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB Año - 2022

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.

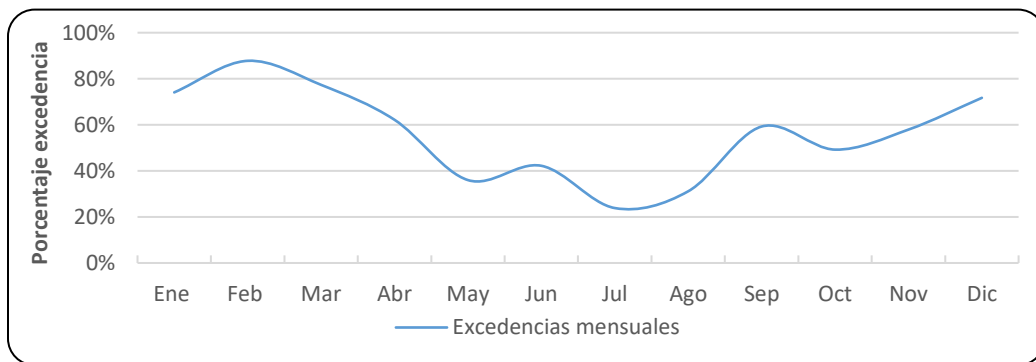



Figura 12-17 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de $PM_{2.5}$, en Bogotá - Año 2022

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

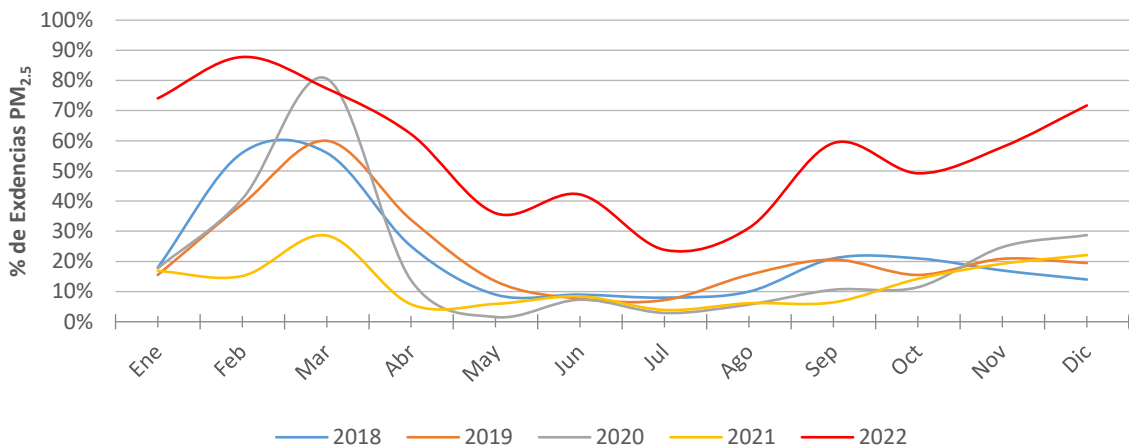


Figura 12-18 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM_{2.5} respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2018-2022

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.

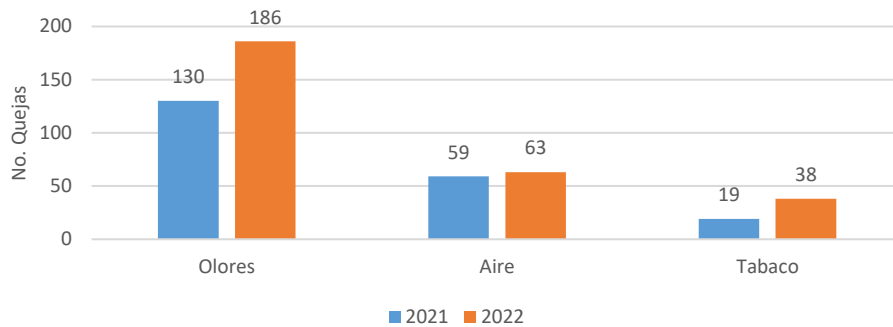


Figura 12-19 Quejas por contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco, Bogotá Años 2021-2022

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.

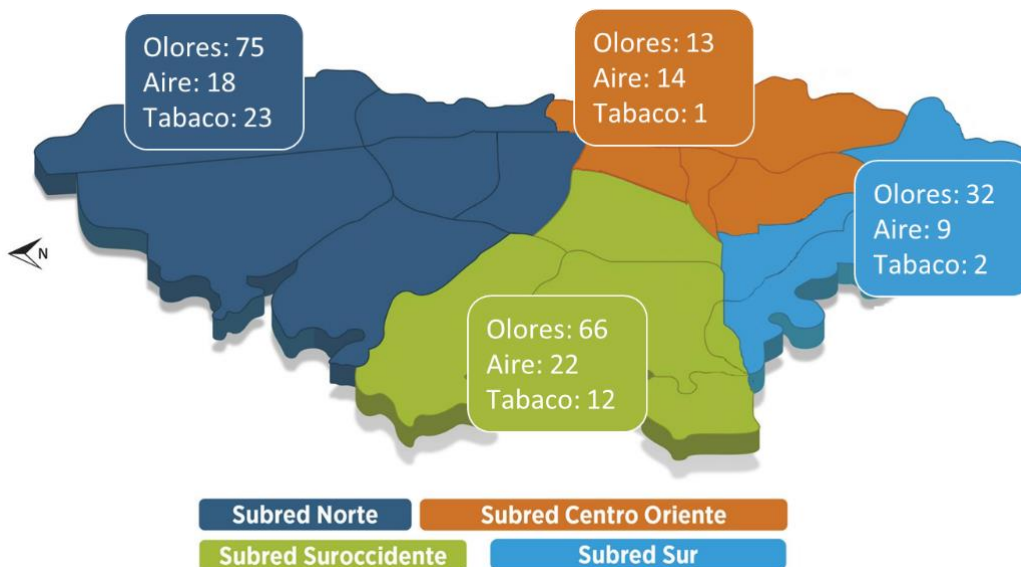



Figura 12-20 Quejas por Aire, Olores y humo de tabaco, presentadas por Subred integrada de servicios de salud, Bogotá, - Año 2022

	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

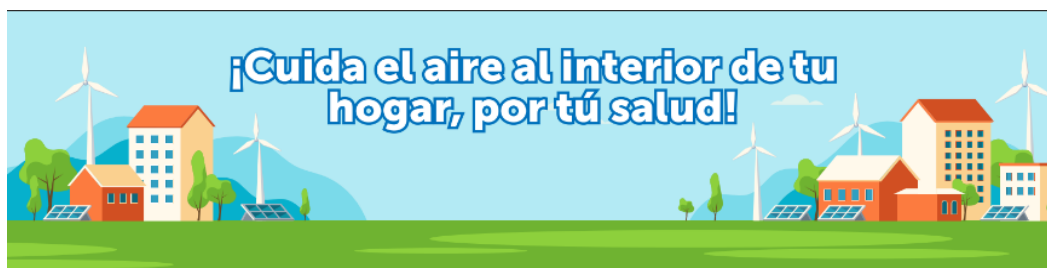
Quejas por humo de tabaco

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*.

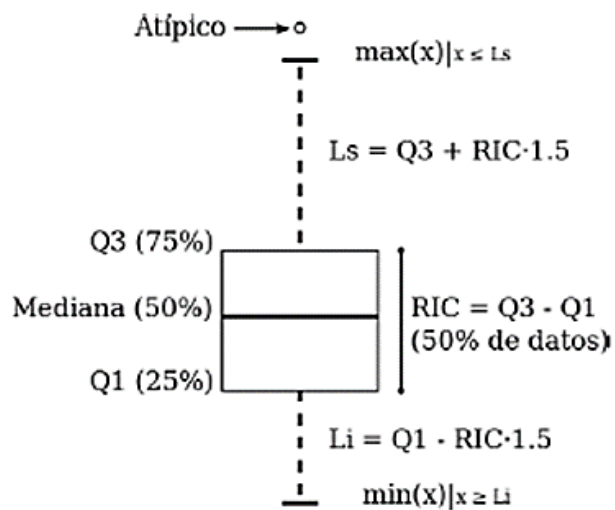


Figura 13-1 Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes

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**.

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

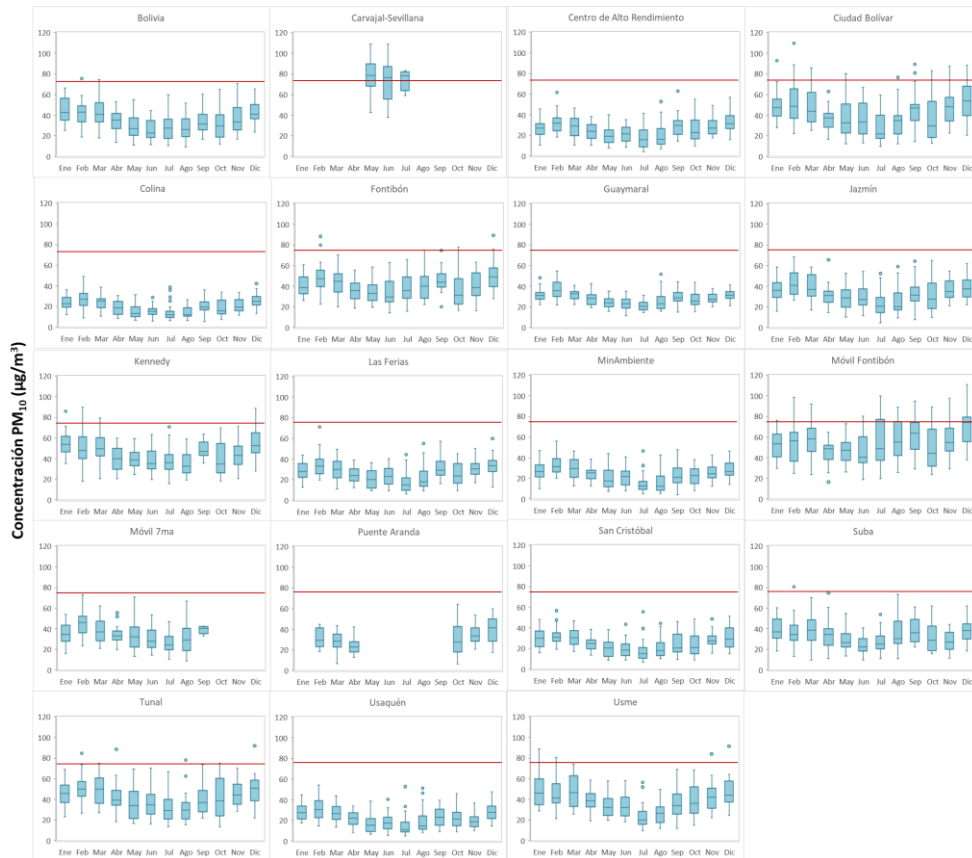


Figura 13-2 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM₁₀ por mes y por estación - Año 2022

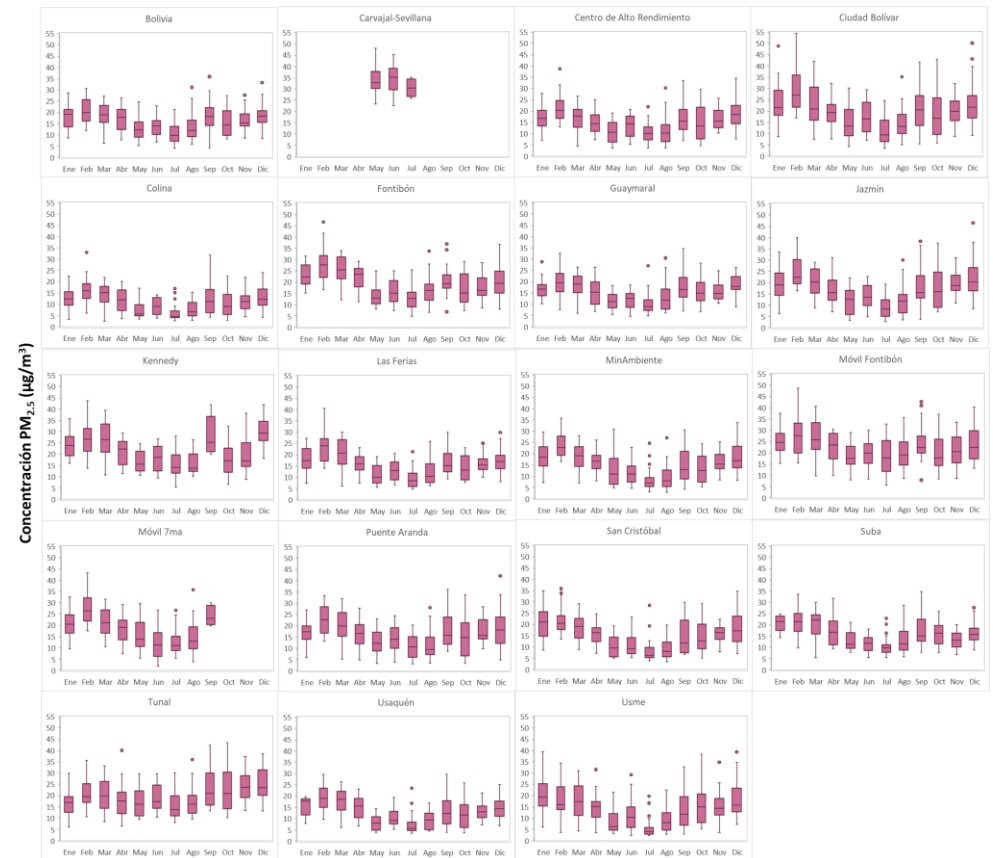


Figura 13-3 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de PM_{2.5} por mes y por estación – Año 2022



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

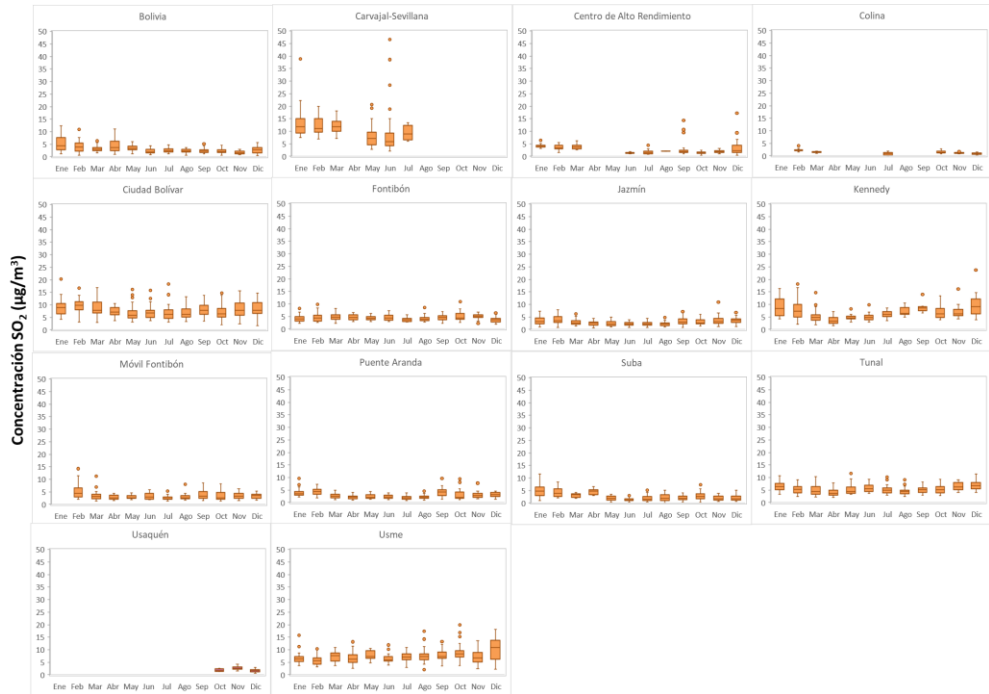


Figura 13-4 Diagrama de cajas de concentraciones 24h de SO₂ por mes y por estación – Año 2022



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

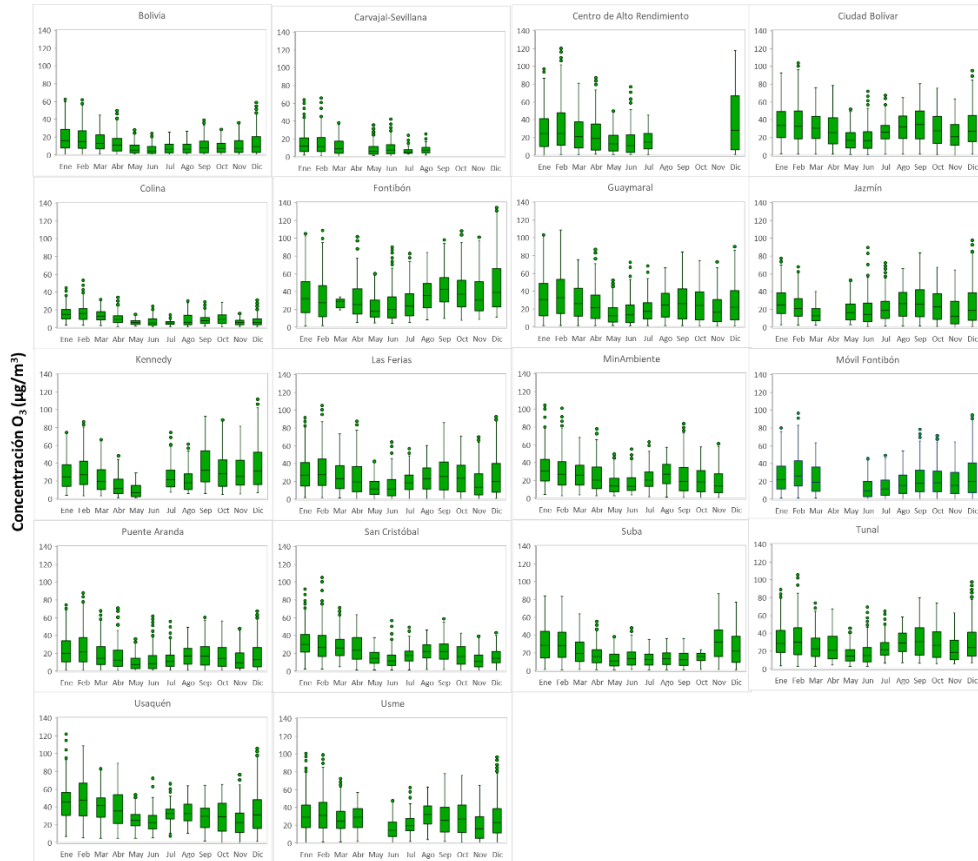


Figura 13-6 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de O₃ por mes y por estación – Año 2022

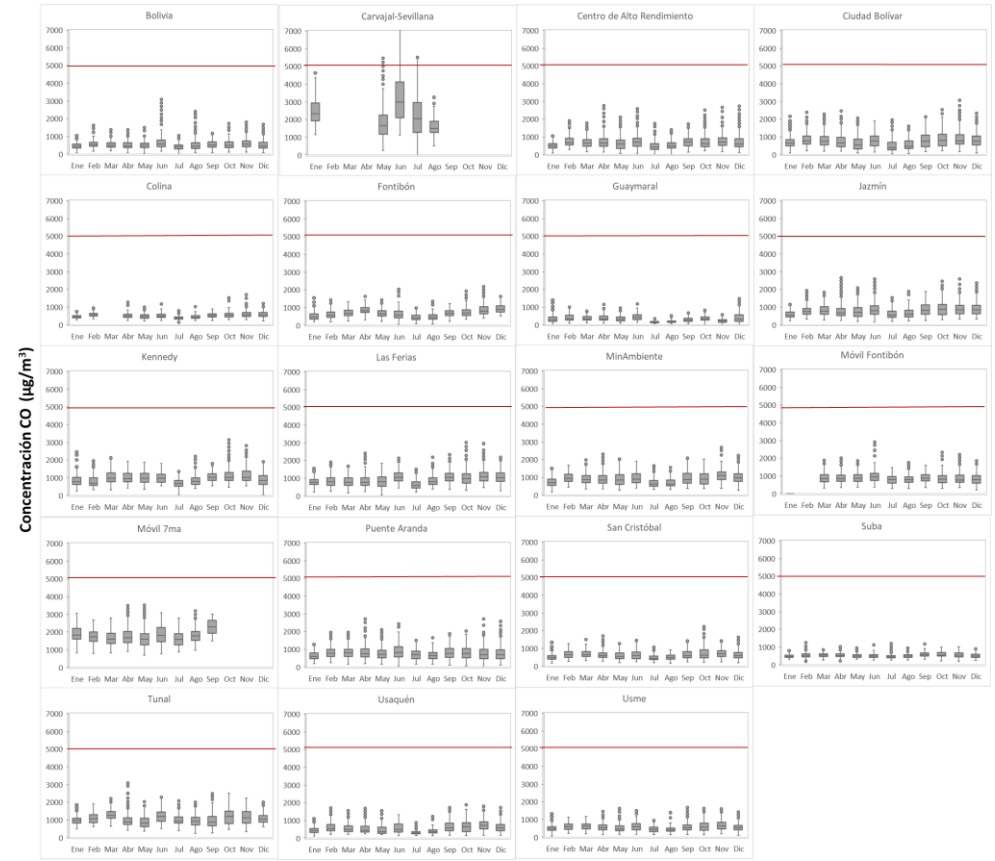



Figura 13-7 Diagrama de cajas de concentraciones 8h de CO por mes y por estación – Año 2022

	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:

Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá Año 2023

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



Estación Las Ferias

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

Carlos Fernando Galán
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Adriana Soto Carreño
Secretaria Distrital de Ambiente

Jerónimo Juan Diego Rodríguez Rodríguez
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Gladys Emilia Rodríguez Pardo
Directora de Control Ambiental

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

José Hernán Garavito Calderón
Líder Técnico RMCAB

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

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



Ana Milena Hernández Quinchara
Coordinadora Técnica del SATAB

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

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




Secretaría Distrital de Ambiente
Avenida Caracas No. 54 - 38

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

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

CONTENIDO

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

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

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

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

1. RESUMEN EJECUTIVO




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

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


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

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

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

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

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


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

2. INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

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

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

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

4. CARACTERÍSTICAS DE LA RMCAB

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

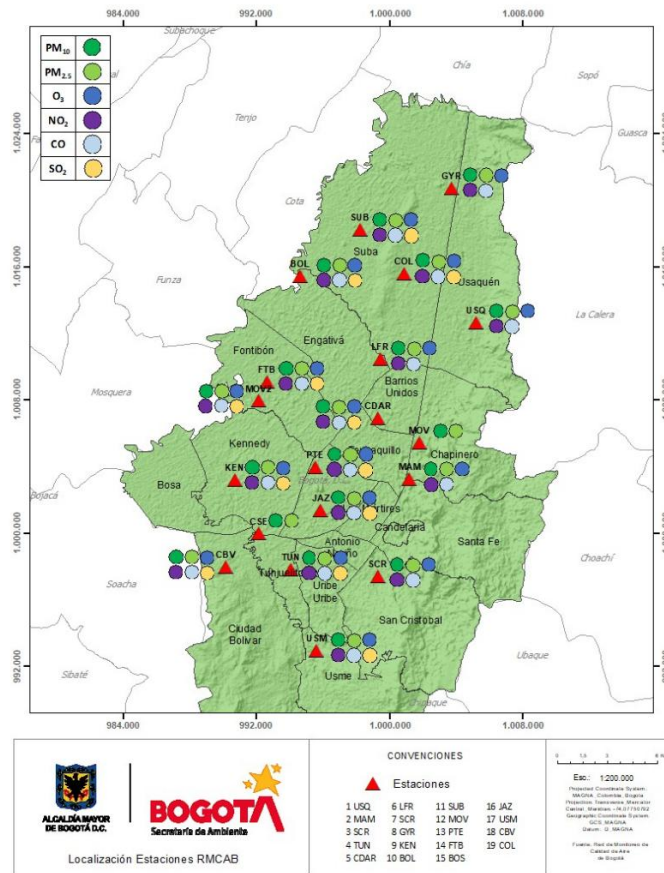


Figura 4-1. Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB año 2023


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

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

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



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.1. **NORMATIVIDAD**

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


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

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

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

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

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

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

5. GESTIONES DE LA RMCAB

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

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

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

6. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO

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


6.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

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

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

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

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

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

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

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

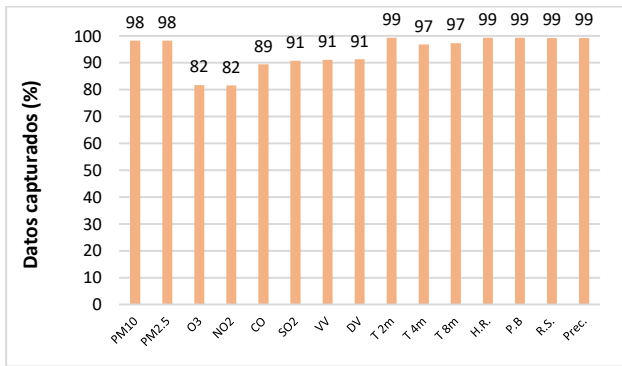


Figura 6-1

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

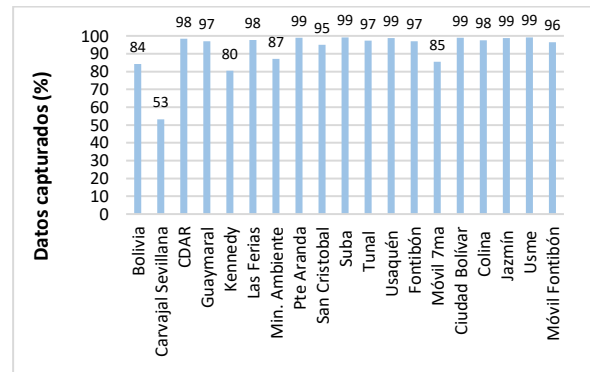


Figura 6-2

Porcentaje de datos capturados por estación - Año 2023

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

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


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

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


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

Tabla 6-2.

6.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS

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

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

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

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

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

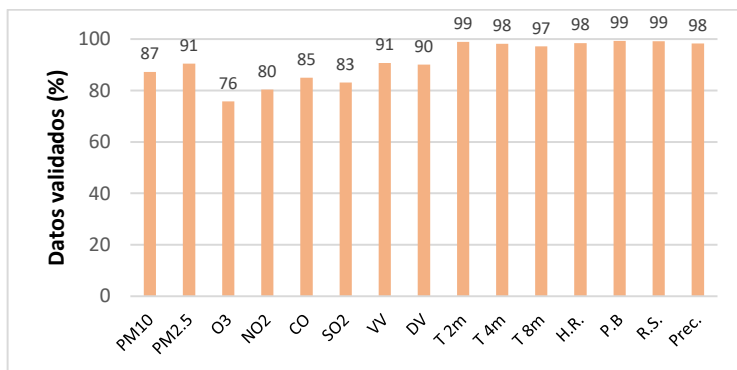


Figura 6-3 Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento - Año 2023

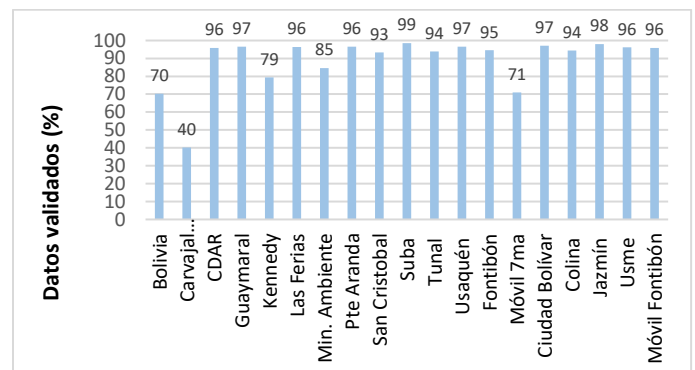


Figura 6-4 Porcentaje de datos válidos por estación - Año 2023

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

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

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

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

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

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


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

7.1. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM₁₀)

7.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

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

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

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

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

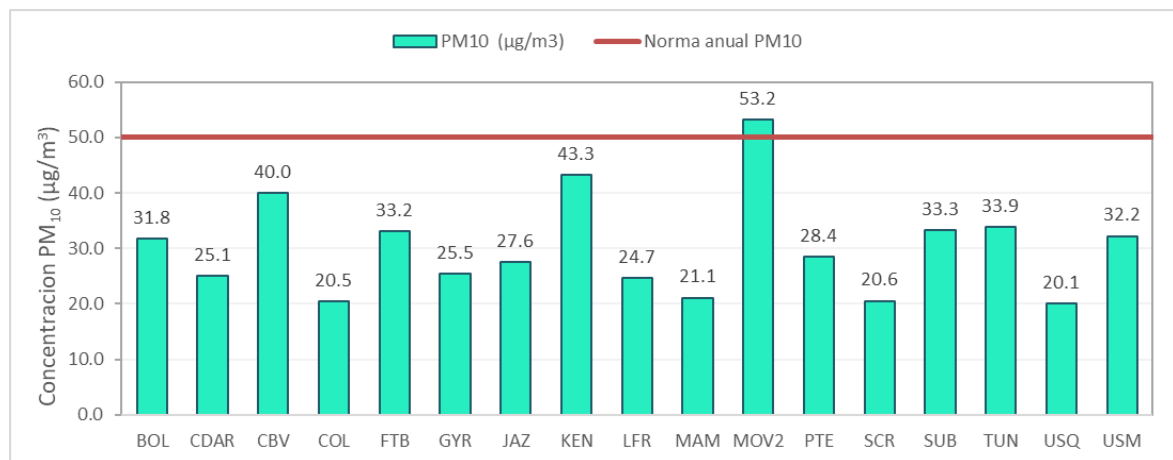


Figura 7-1 Concentraciones promedio anual de PM₁₀ – Año 2023

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

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

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

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

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

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

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

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

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

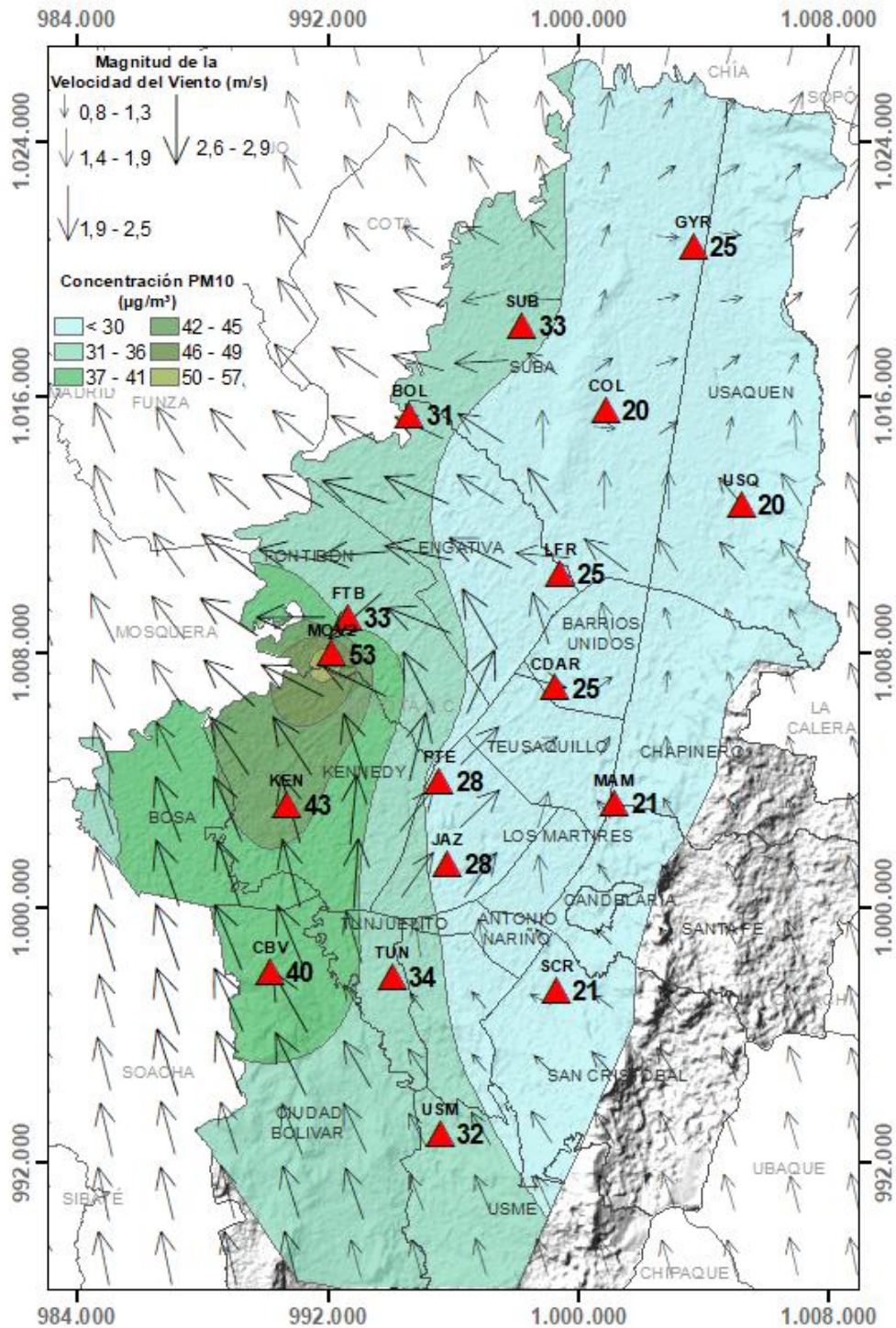


Figura 7-2 Distribución espacial de los promedios anuales de PM10 del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

Figura 7-1.

Figura 7-2.

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

Figura 7-3.

Figura 7-4.

7.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

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

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

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

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

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

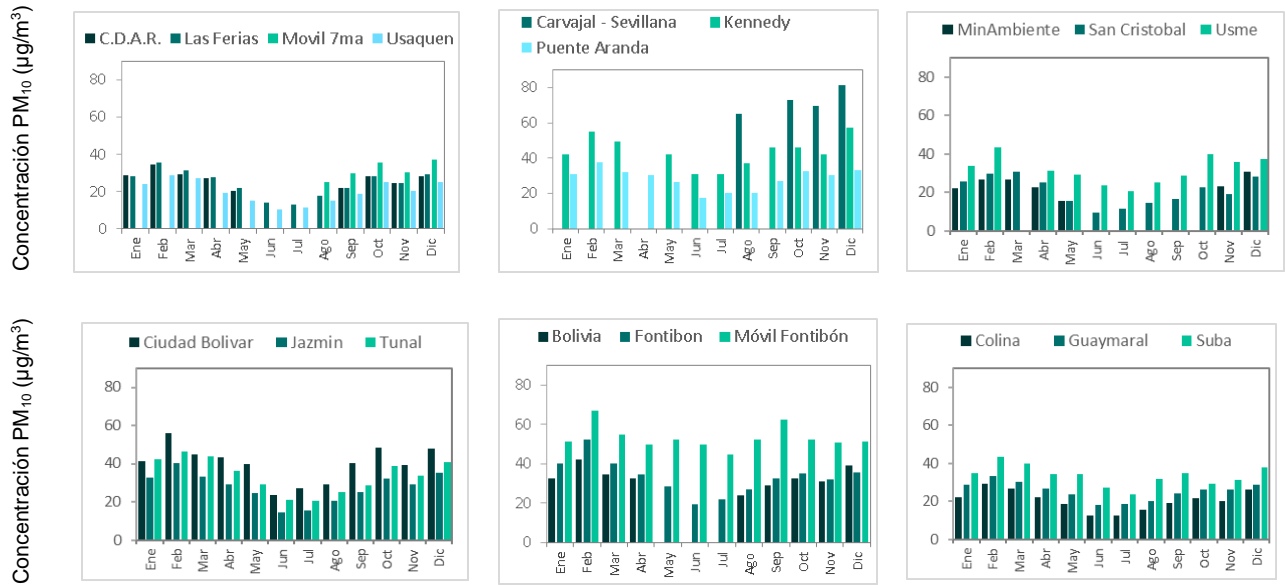


Figura 7-3 Concentraciones mensuales de PM10 por estación – Año 2023

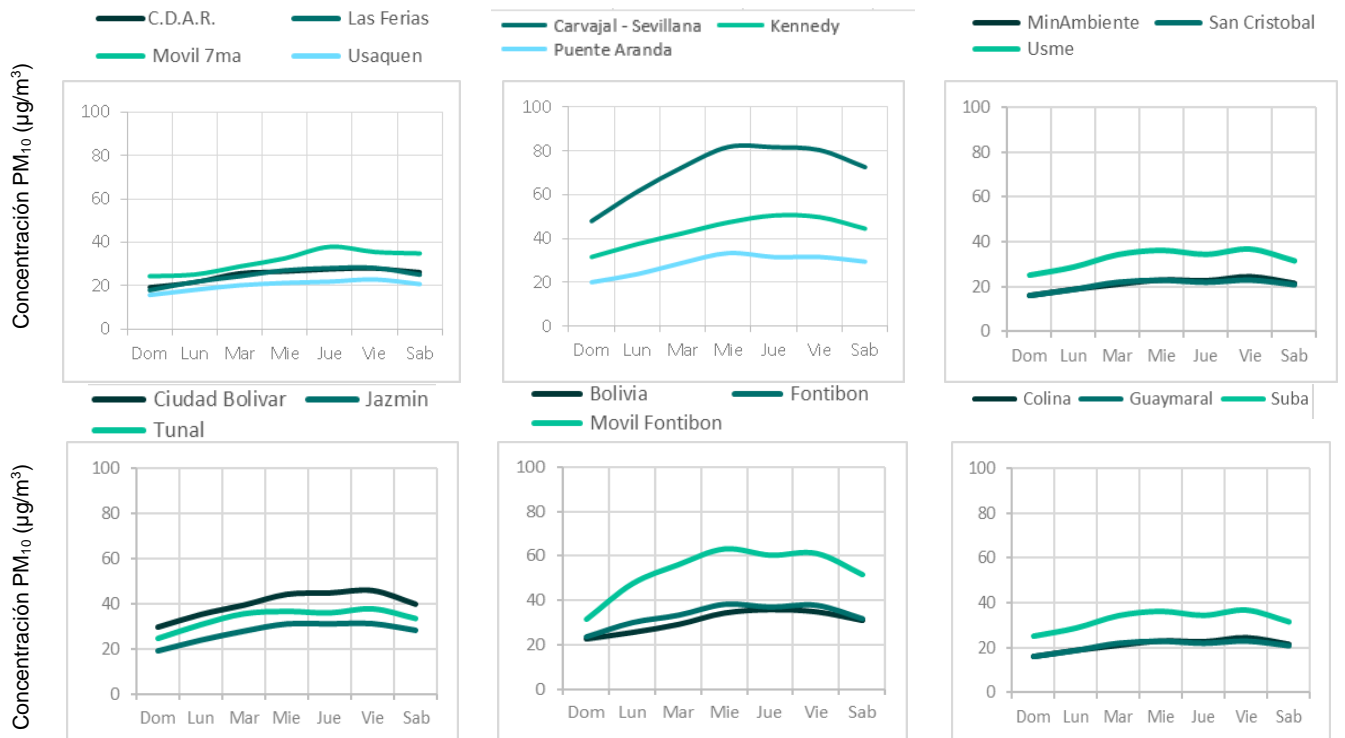


Figura 7-4 Comportamiento diario de las concentraciones de PM10 – Año 2023

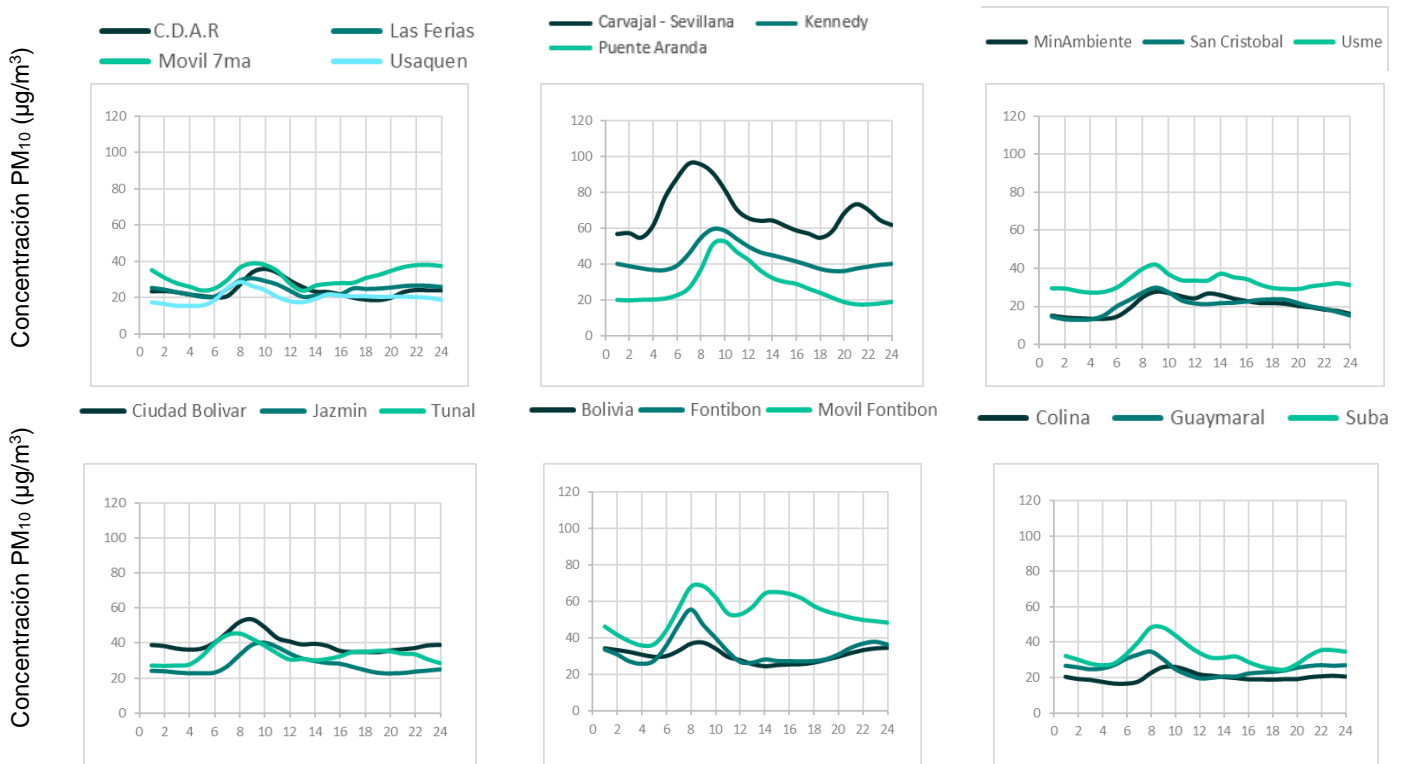


Figura 7-5 Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{10} – Año 2023

7.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PM_{10} POR ESTACIÓN

Los promedios anuales de concentración de PM_{10} para los años 2020 a 2023 se evidencian en la Figura 7-6. En la mayoría de las estaciones se observa una leve disminución en comparación con el año anterior, Móvil Fontibón sobrepasó el nivel máximo permisible registrando los promedios anuales más altos en los dos últimos años, mientras que Carvajal- Sevillana mostró este mismo comportamiento en los años 2020 y 2022.

Las estaciones Fontibón, MinAmbiente, Jazmín, San Cristóbal, Tunal y Usme se registraron promedios anuales en 2023 más bajos con relación al año anterior, con lo cual Tunal, Fontibón y Usme disminuyeron entre $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Por otro lado, la estación Colina y Usaquén registraron los promedios anuales más bajos en la ciudad en el último año, con un promedio de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cada una. En relación con los promedios de 2023 para las estaciones Móvil Fontibón, Ciudad Bolívar y Usme se sigue evidenciando que registran concentraciones considerables de material particulado para los últimos tres años, lo cual conlleva a identificar y a concluir que las zonas con mayores registros de PM_{10} se encuentran hacia el sur y occidente de la ciudad.

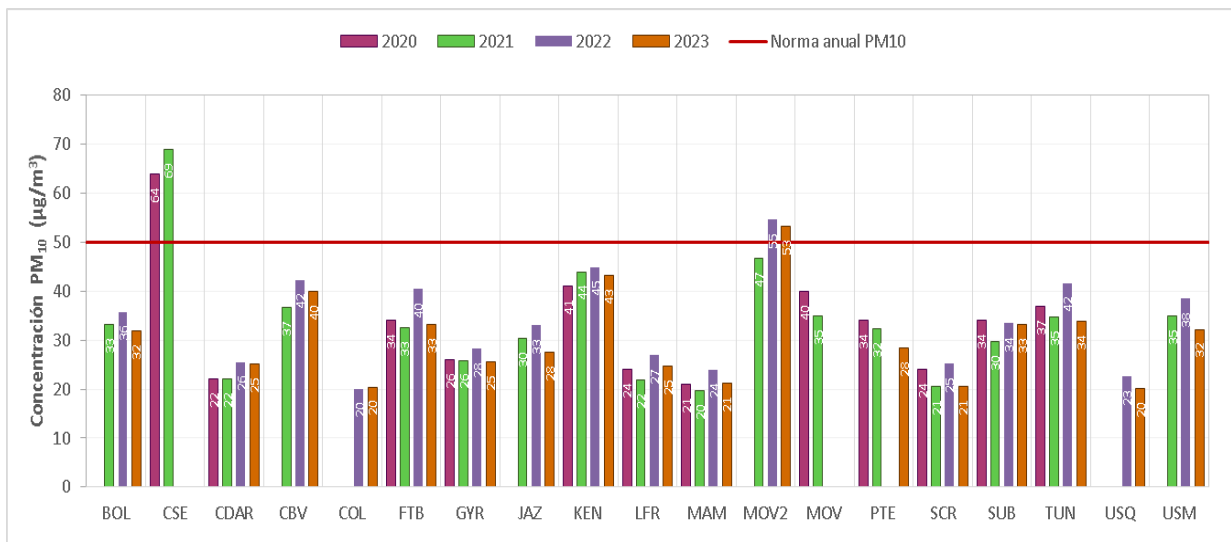



Figura 7-6 Concentraciones anuales de PM10 años 2020 a 2023

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

7.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

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

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

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

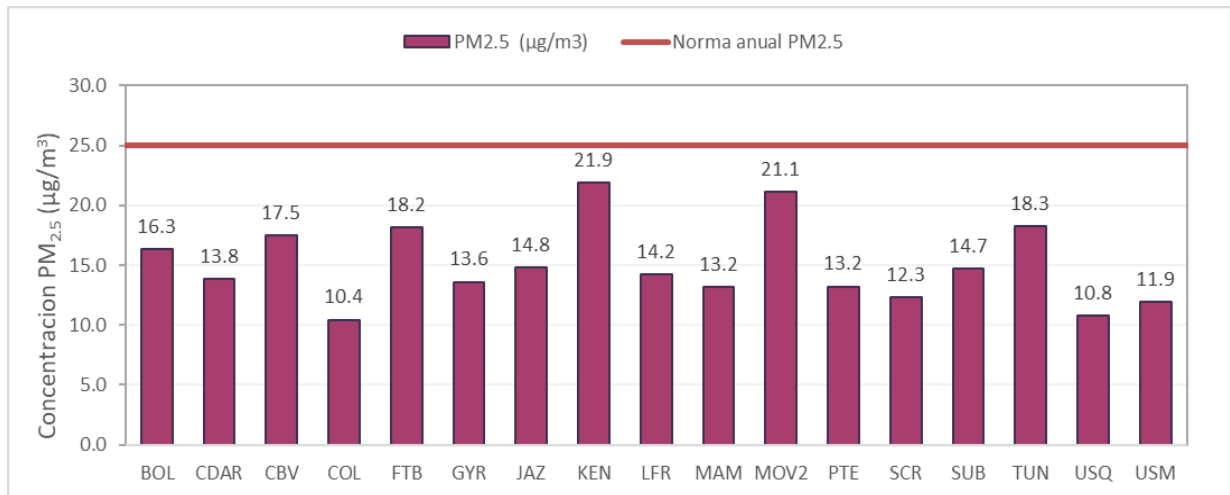


Figura 7-7 Concentraciones promedio anual de PM_{2.5} – Año 2023


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

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

Estación	Prom. anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m³ Norma diaria: 37 µg/m³				
BOL	16.3	81%	35.3	0
CSE*	33.8	39%	58.0	45
CDAR	13.8	98%	37.5	2
CBV	17.5	100%	46.6	9
COL	10.4	96%	30.7	0
FTB	18.2	98%	40.2	4
GYR	13.6	97%	33.5	0
JAZ	14.8	98%	40.6	2
KEN	21.9	90%	56.8	24
LFR	14.2	97%	34.1	0

Estación	Prom. anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máx. (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m³ Norma diaria: 37 µg/m³				
MAM	13.2	99%	39.8	1
MOV2	21.1	95%	49.5	17
MOV*	13.8	42%	38.5	1
PTE	13.2	98%	35.9	0
SCR	12.3	89%	36.4	0
SUB	14.7	97%	37.7	1
TUN	18.3	97%	42.7	11
USQ	10.8	91%	34.2	0
USM	11.9	95%	39.3	1

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

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

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

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



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

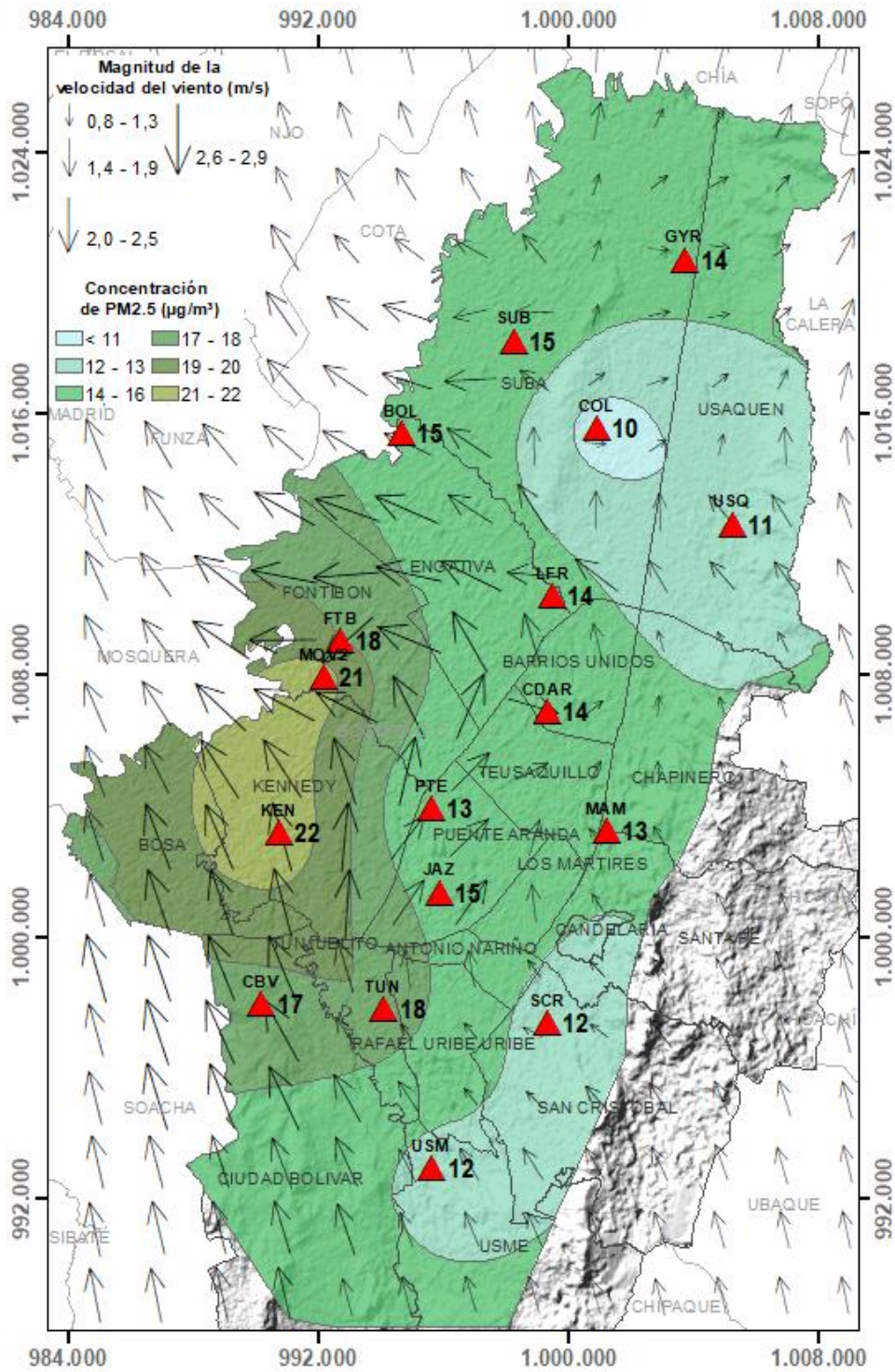


Figura 7-8 Distribución espacial de los promedios anuales de $PM_{2.5}$ del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

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

7.2.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM_{2.5} POR ESTACIÓN

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

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

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

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

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

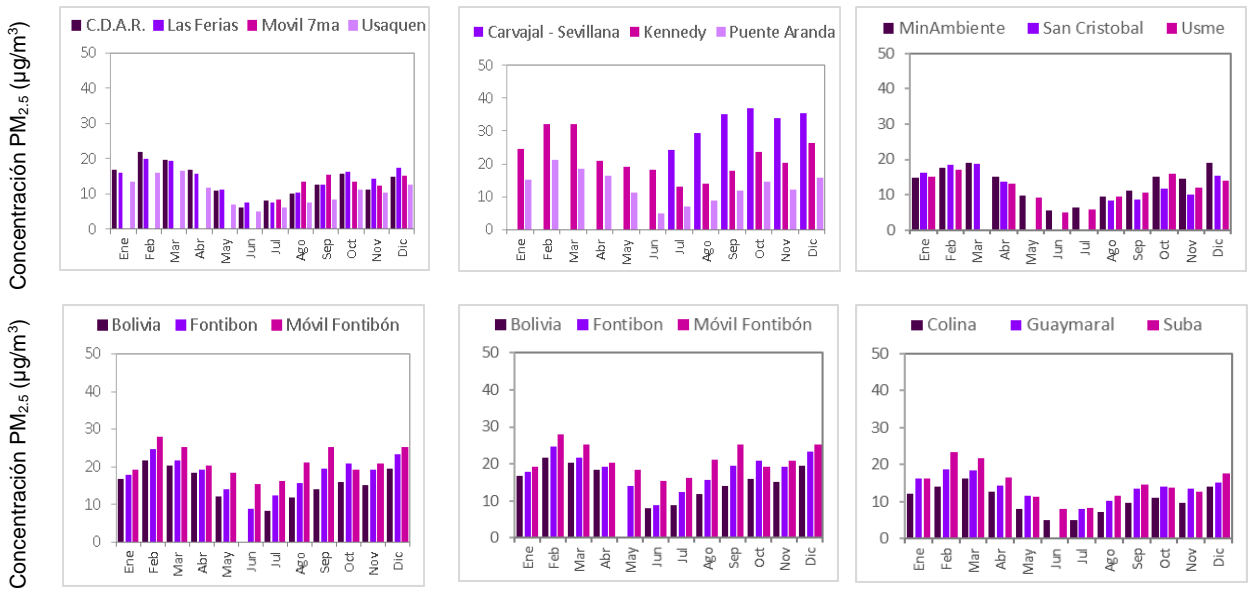


Figura 7-9 Concentraciones mensuales de PM2.5 por estación – Año 2023

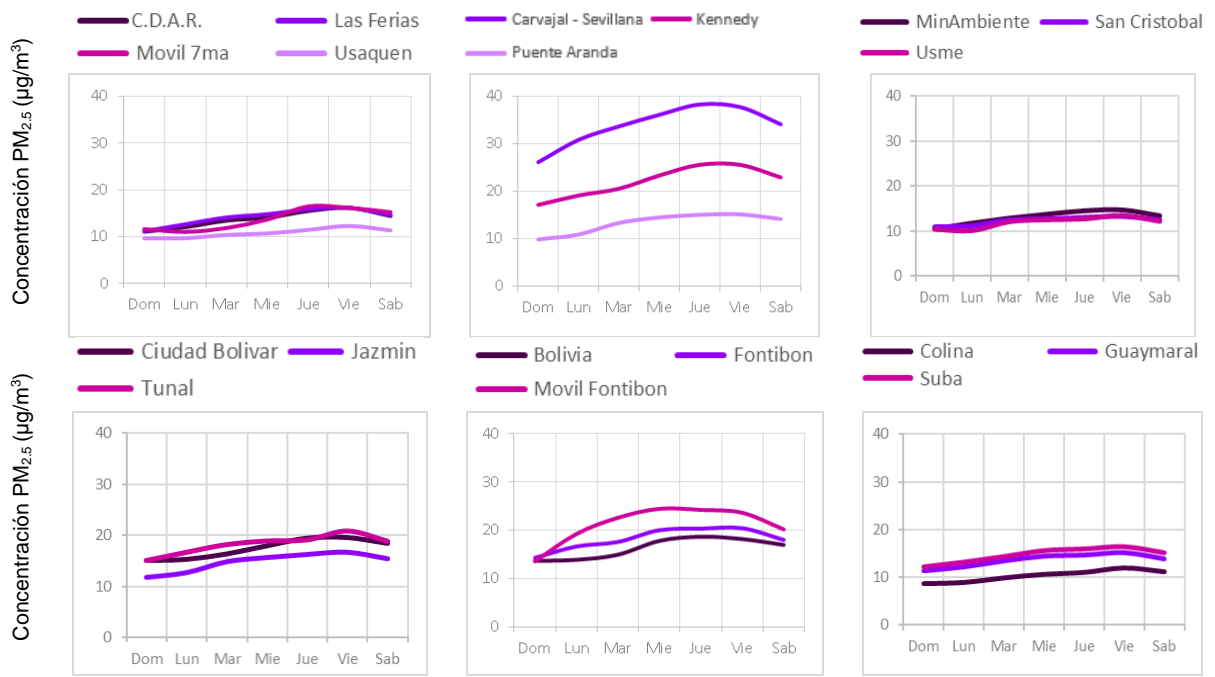


Figura 7-10 Comportamiento diario de las concentraciones de PM2.5 – Año 2023



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

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

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

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

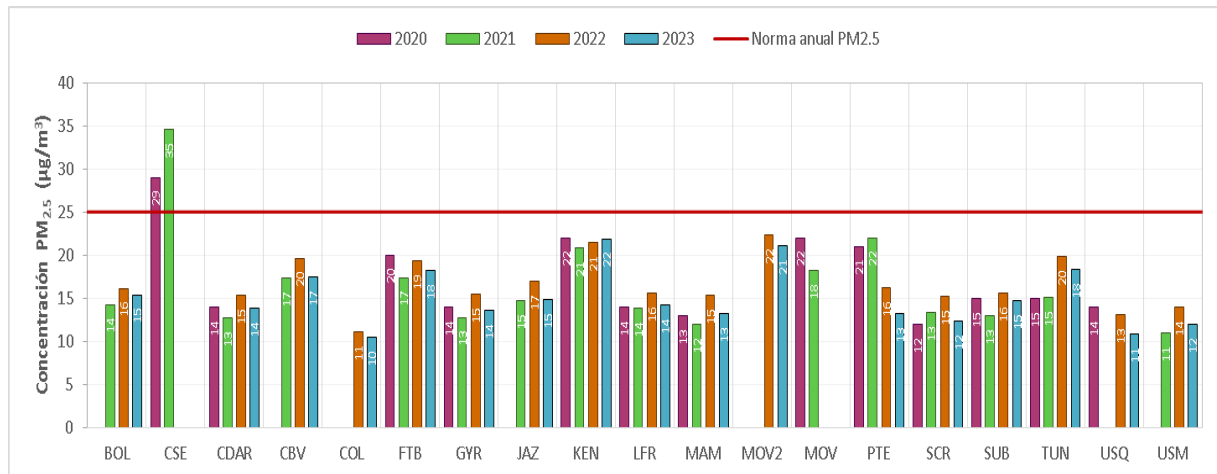


Figura 7-12 Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2020 a 2023

7.3. OZONO (O₃)

7.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

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

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

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

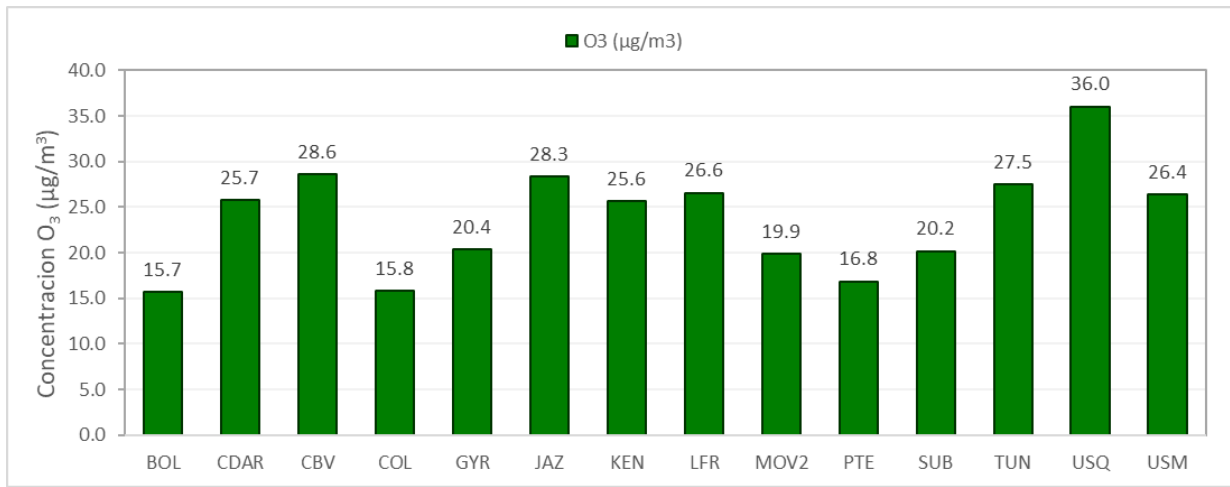


Figura 7-13 Concentraciones promedio anual de O₃ – Año 2023

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

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

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

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

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

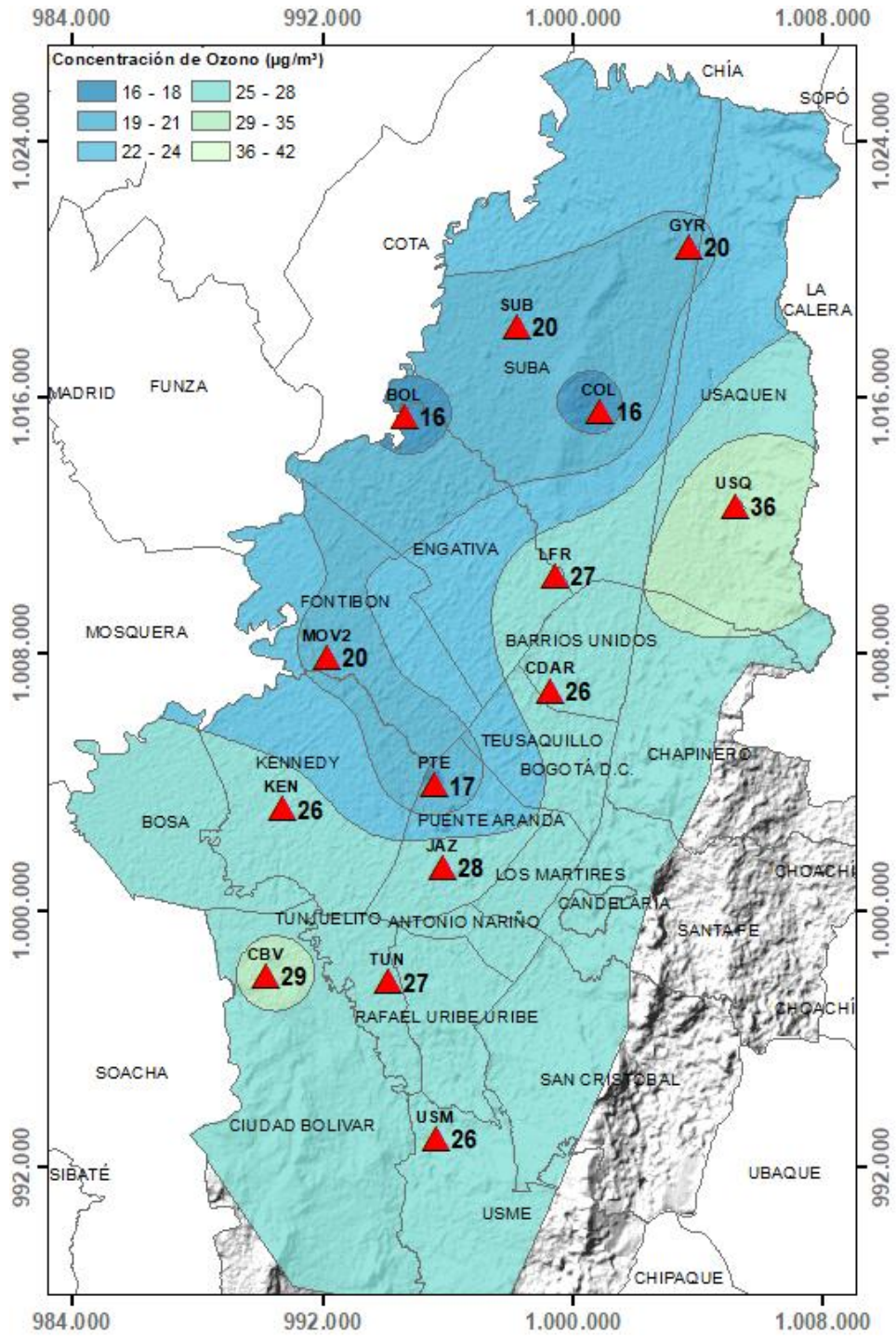



Figura 7-14 Distribución espacial de los promedios anuales de O₃ del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

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

7.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

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

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

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

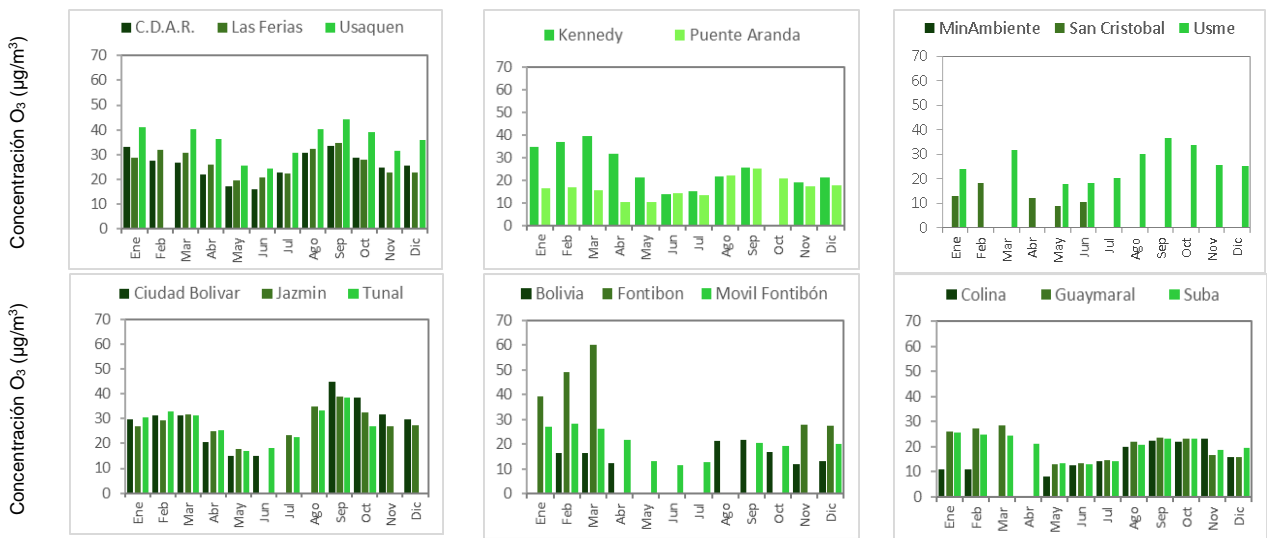


Figura 7-15 Concentraciones mensuales de O₃ por estación – Año 2023

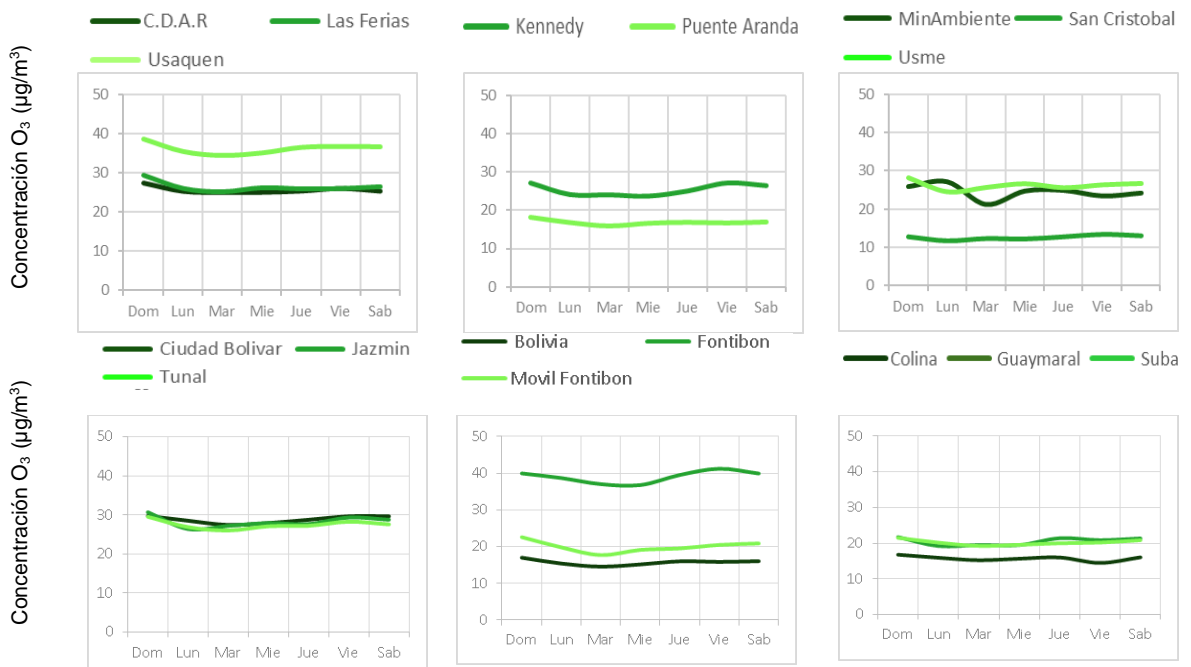


Figura 7-16 Comportamiento diario de las concentraciones de O₃ – Año 2023

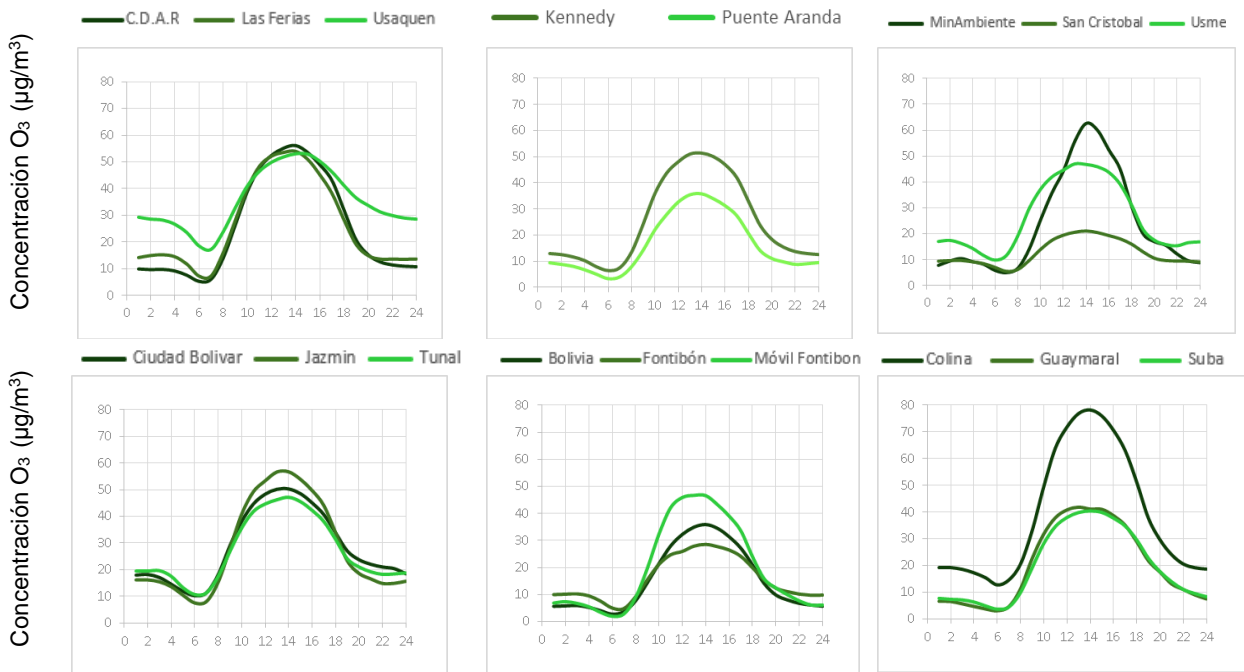



Figura 7-17 Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ – Año 2023

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

7.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL O₃ POR ESTACIÓN

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

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

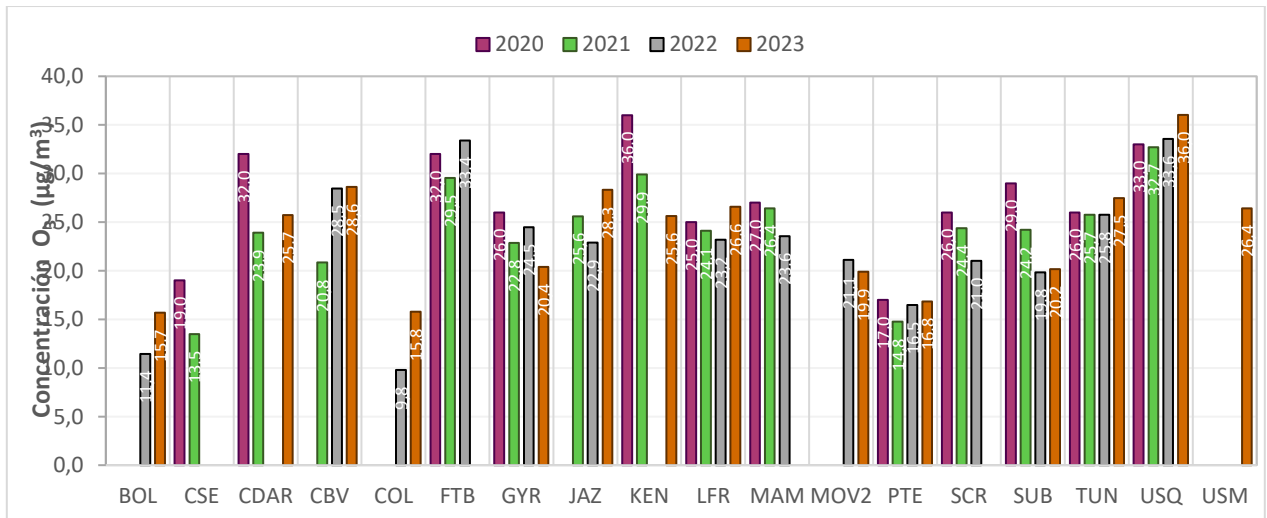


Figura 7-18 Concentraciones anuales de O₃ años 2020 a 2023

7.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

7.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

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

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

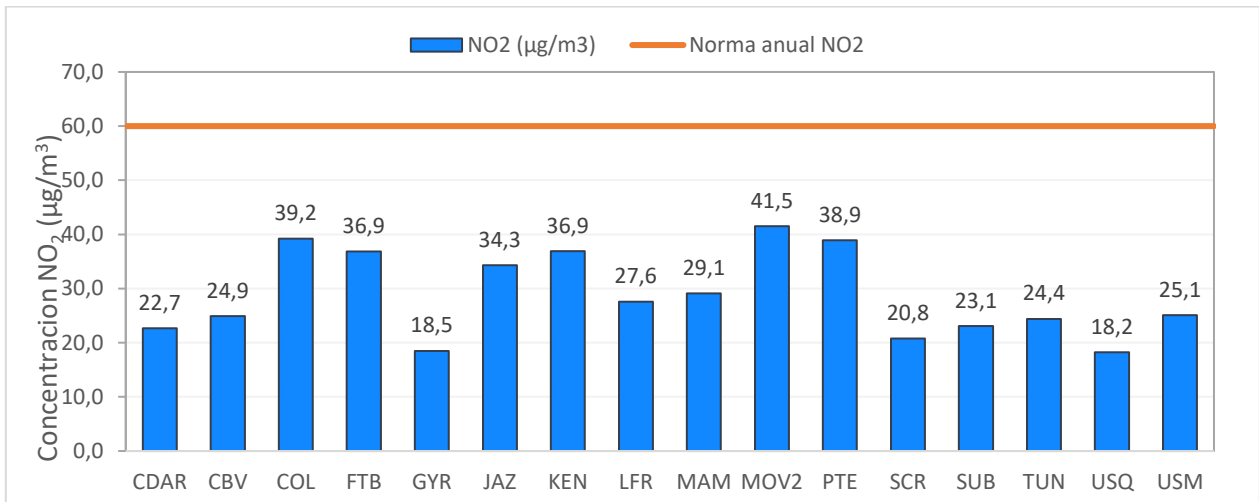


Figura 7-19 Concentraciones promedio anual de NO₂ – Año 2023

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

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

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

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

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

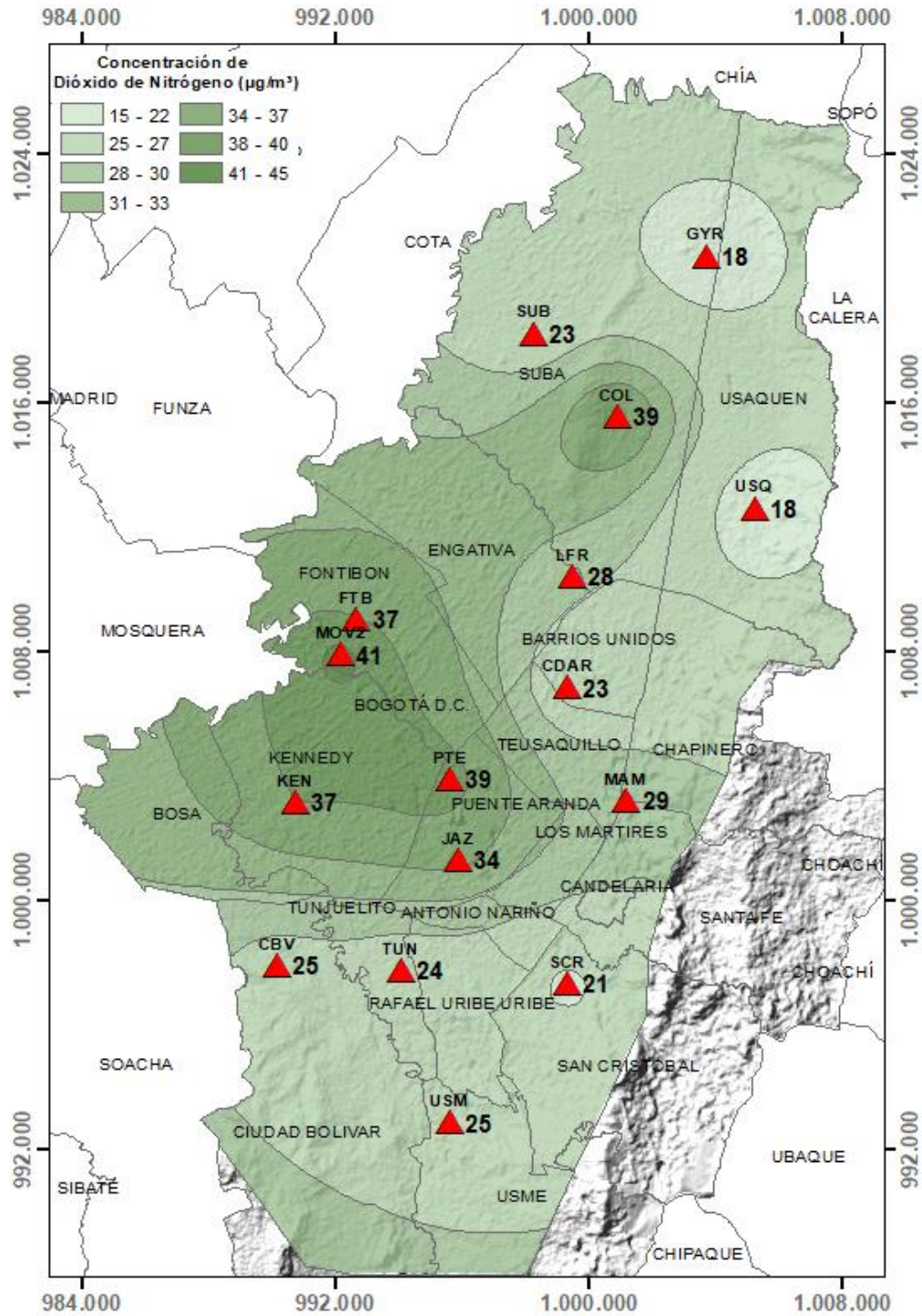



Figura 7-20

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

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

7.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO₂ POR ESTACIÓN

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

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

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

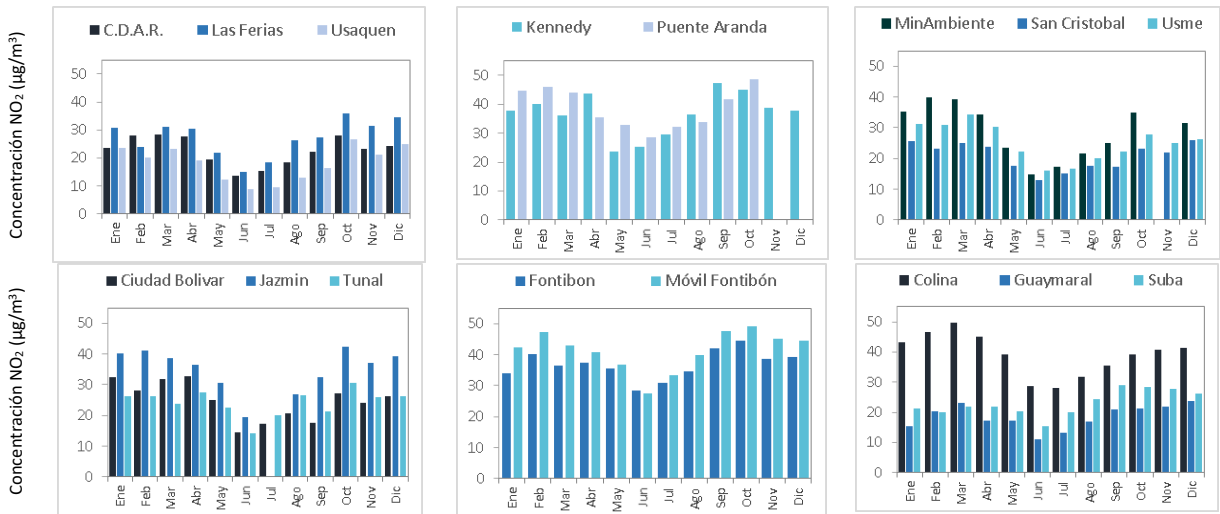


Figura 7-21 Concentraciones mensuales de NO₂ por estación – Año 2023

Figura 7-6.

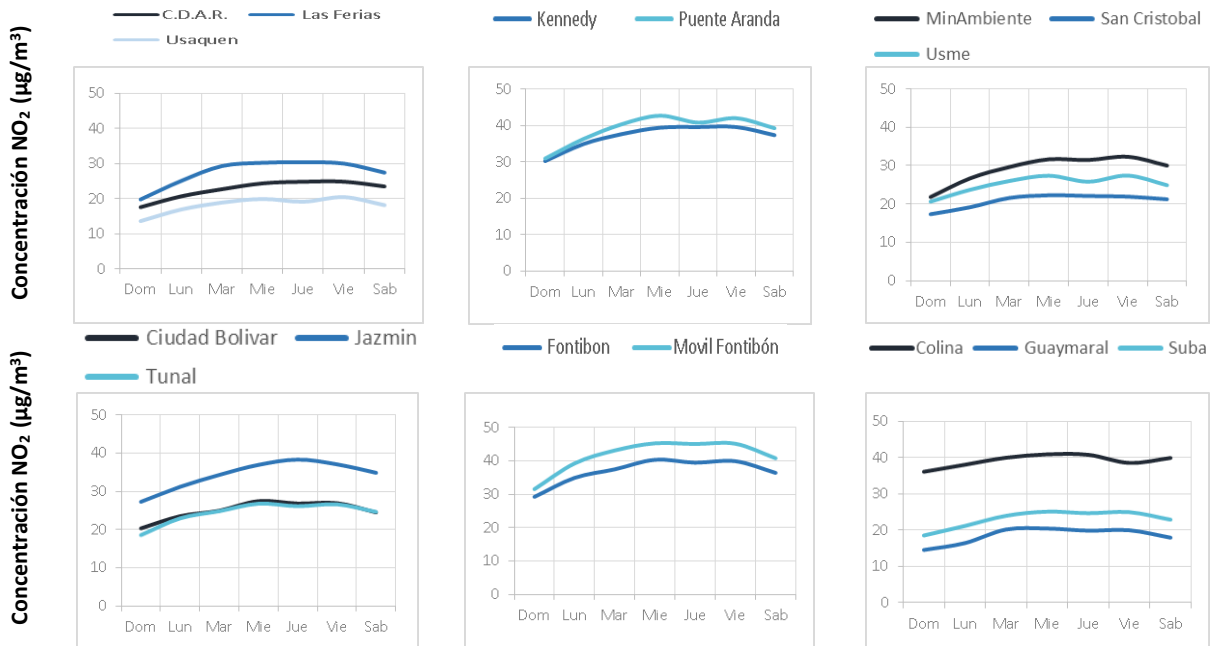


Figura 7-22 Comportamiento diario de las concentraciones de NO₂ – Año 2023

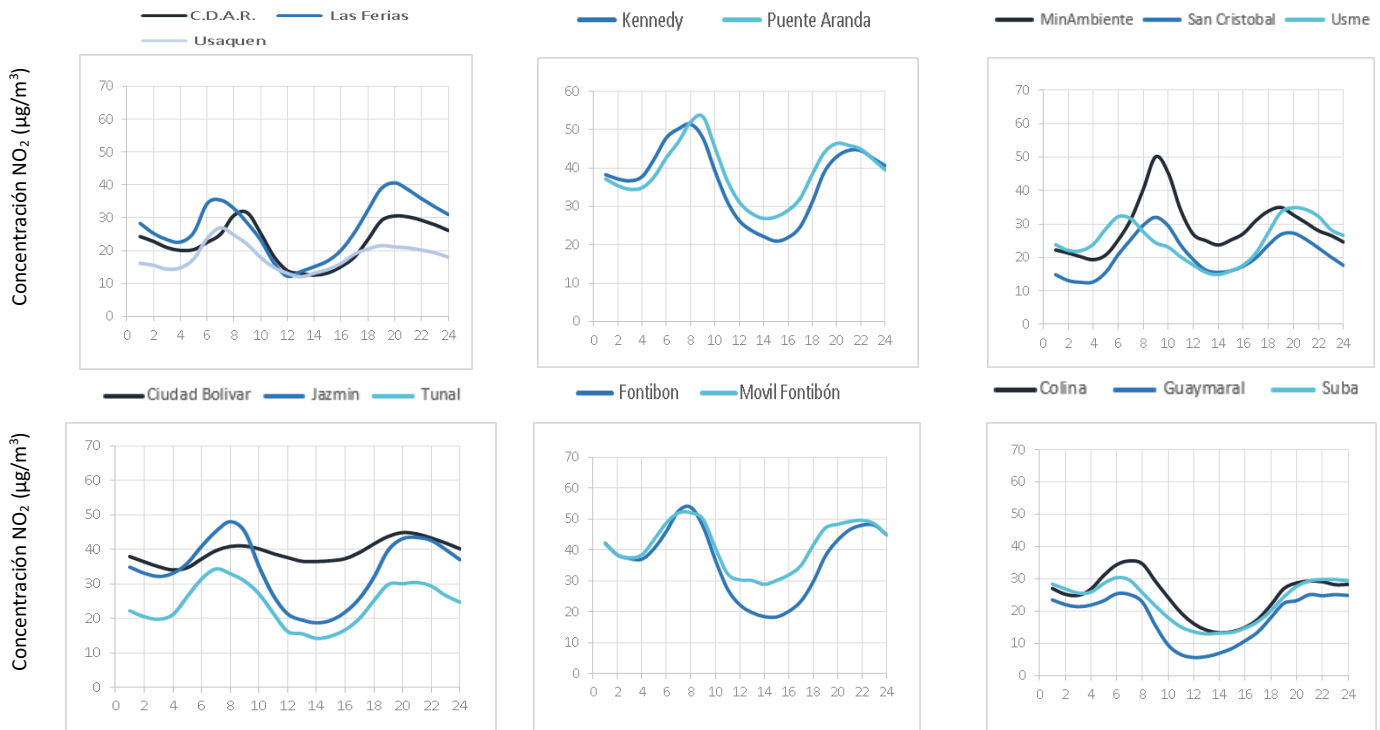


Figura 7-23 Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ – Año 2023

7.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL NO₂ POR ESTACIÓN

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

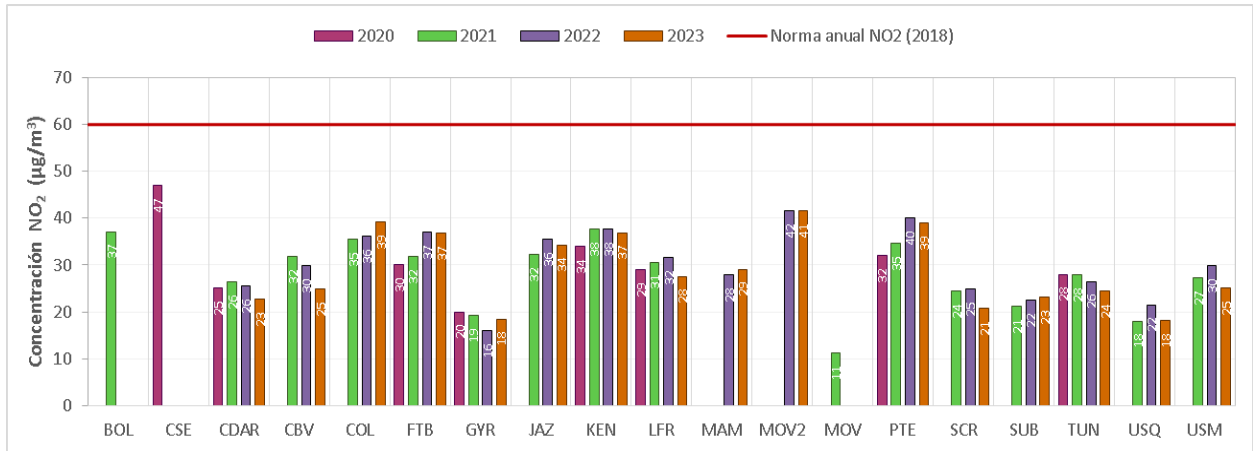


Figura 7-24 Concentraciones promedio anual de NO₂ - Años 2020 a 2023

7.5. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

7.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

La

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

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

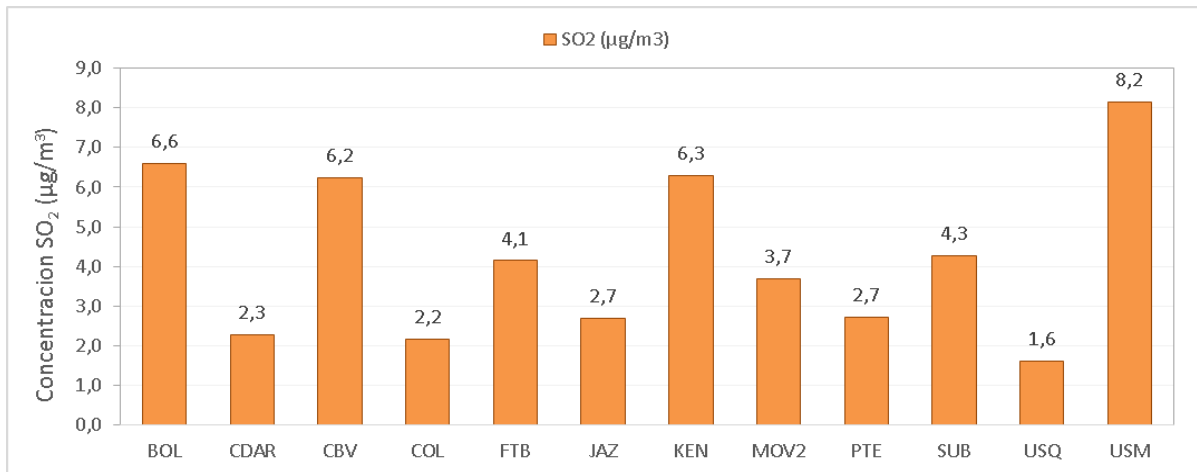


Figura 7-25 Concentraciones promedio anual de SO₂ – Año 2023

Tabla 7-5.

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

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

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

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

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

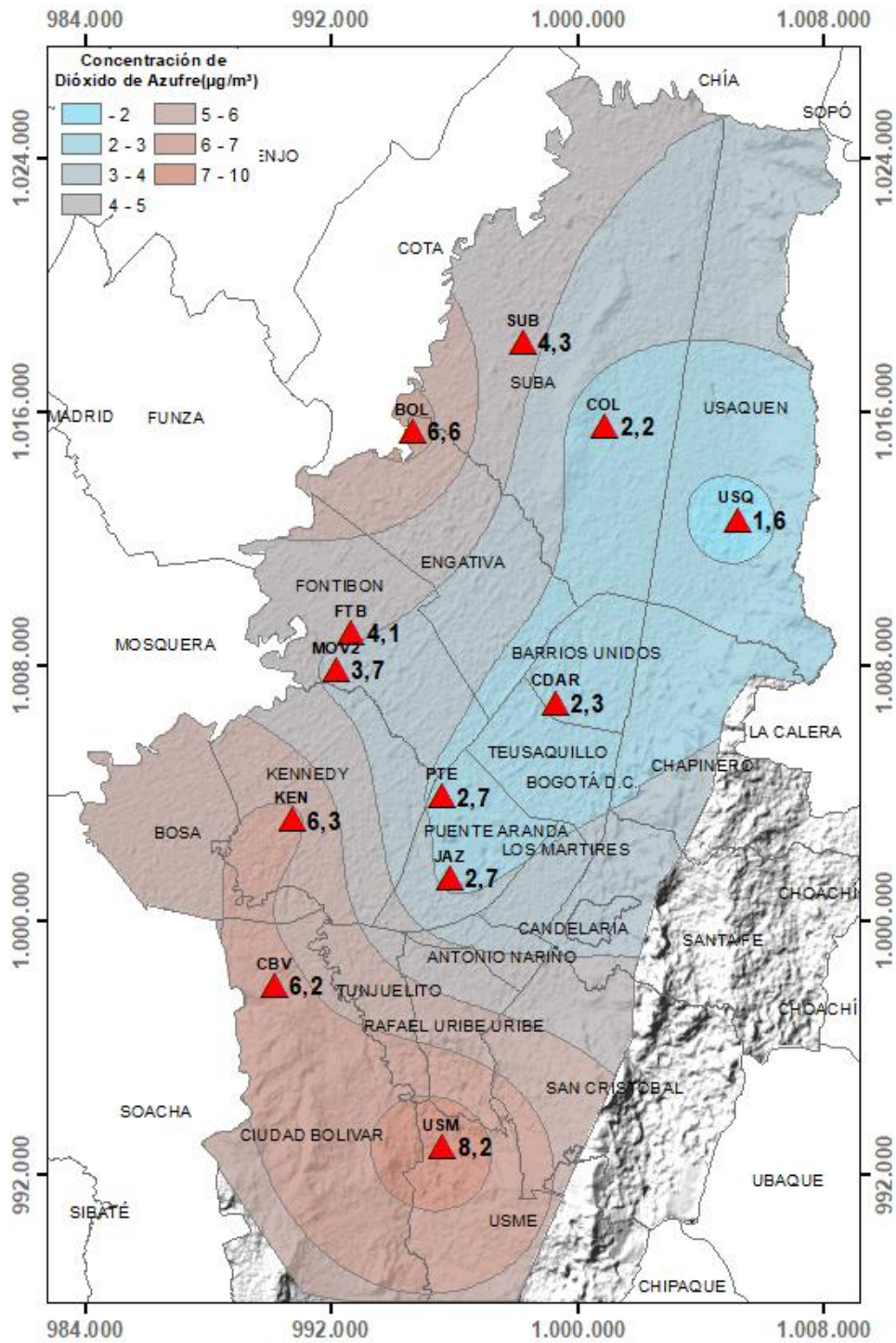



Figura 7-26

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

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

7.5.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

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

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

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

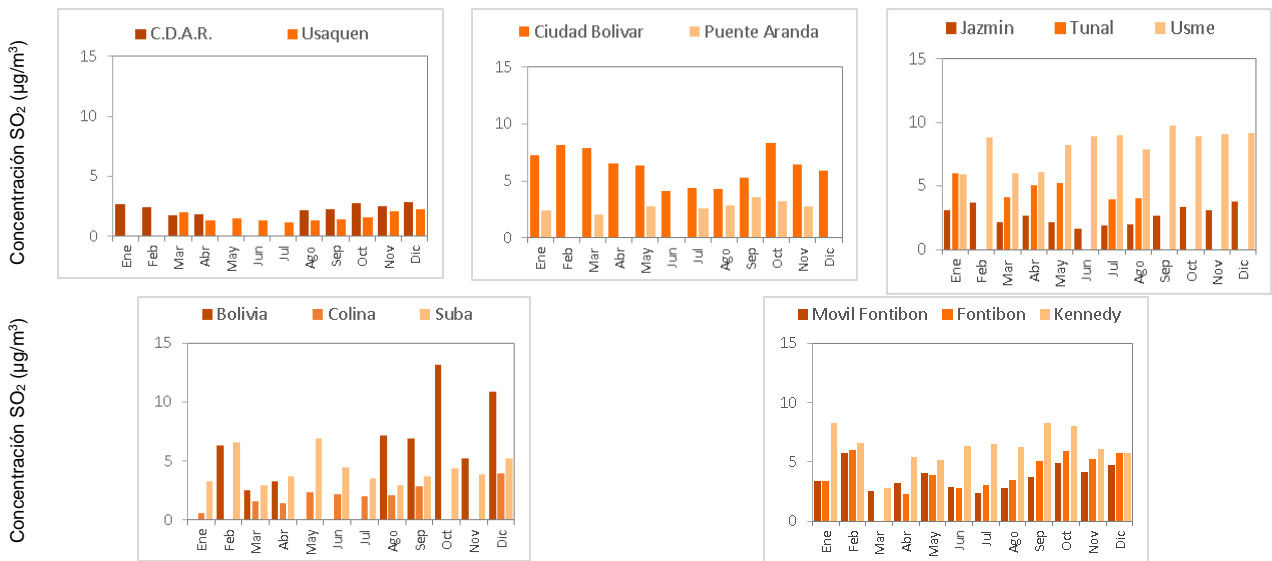


Figura 7-27 Concentraciones mensuales de SO₂ por estación – Año 2023

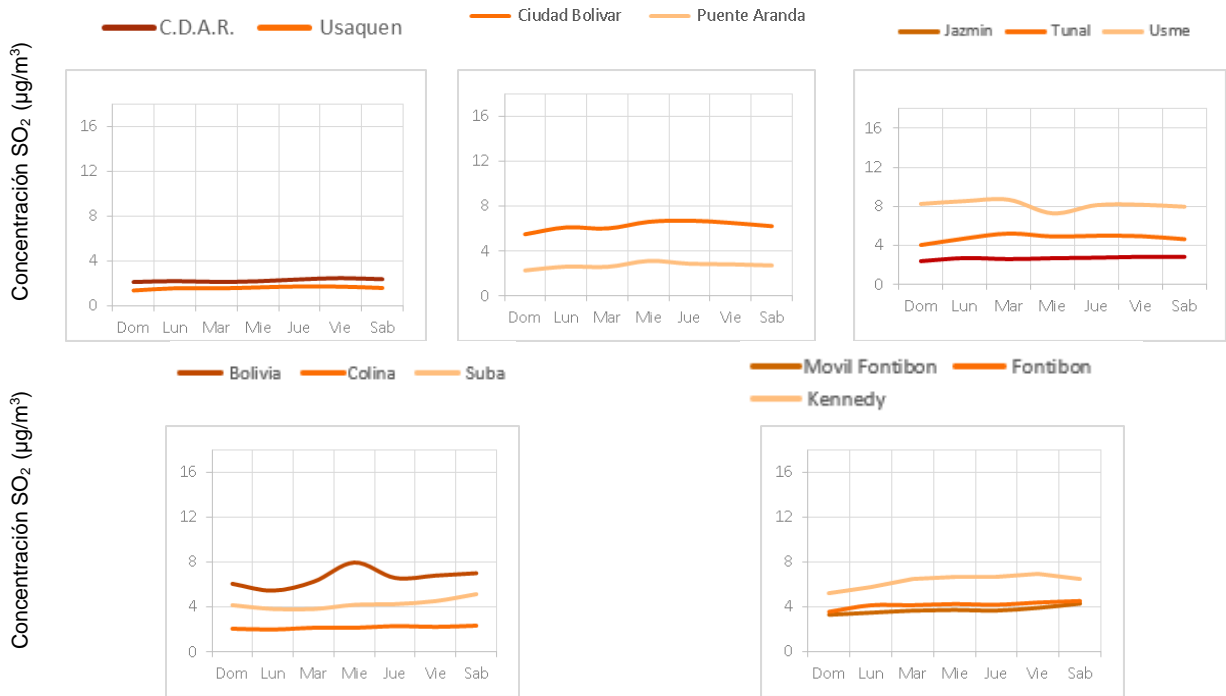


Figura 7-28 Comportamiento diario de las concentraciones de SO₂ – Año 2023

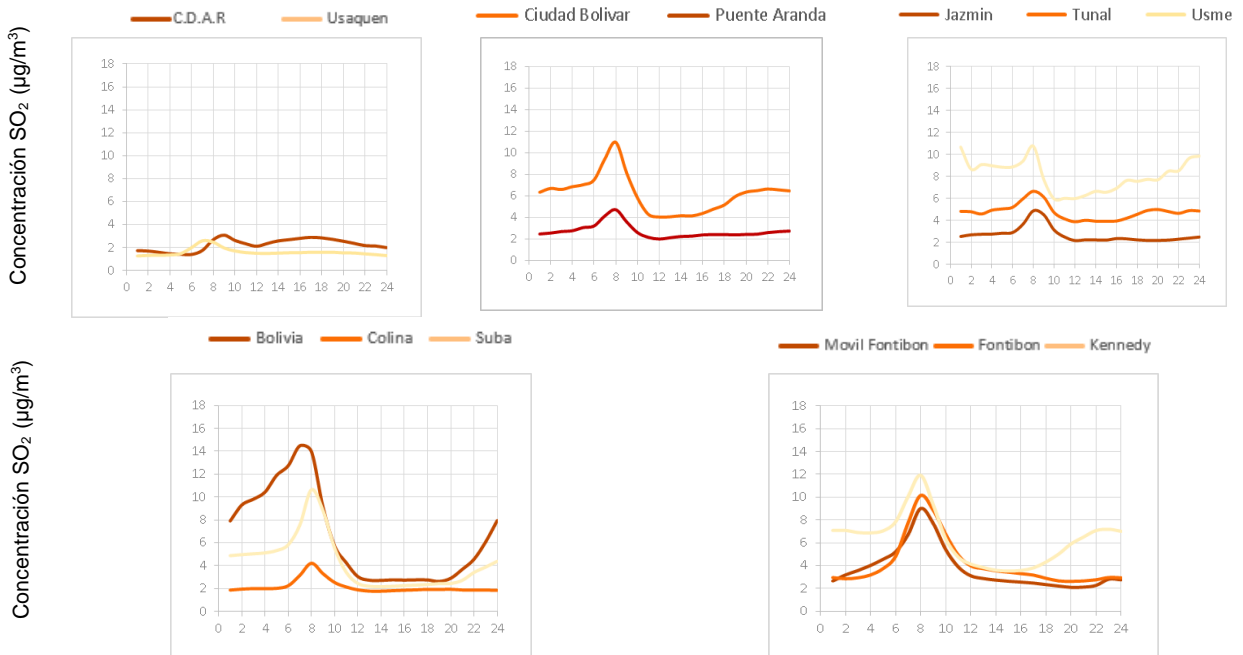



Figura 7-29 Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ – Año 2023

7.5.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL SO₂ POR ESTACIÓN

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

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

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

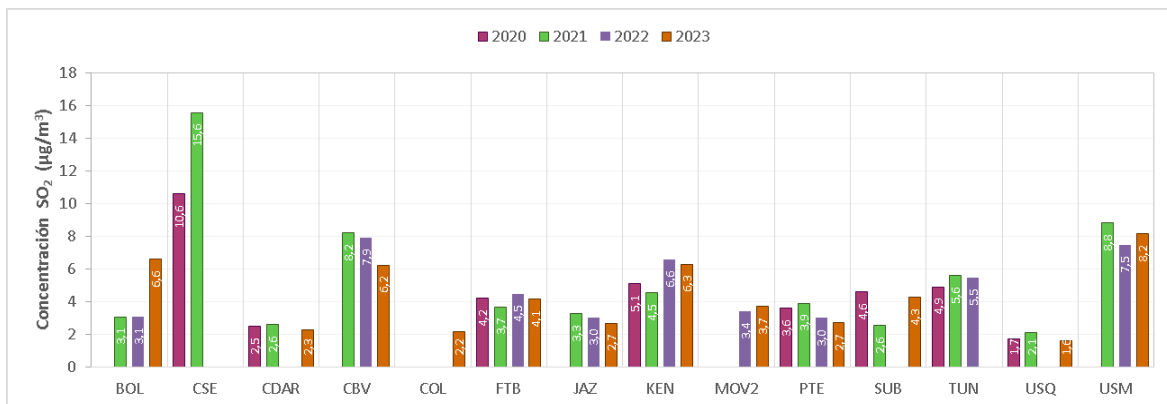



Figura 7-30 Concentraciones anuales de SO_2 años 2020 a 2023

7.6. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

7.6.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DEL CO POR ESTACIÓN

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

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

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

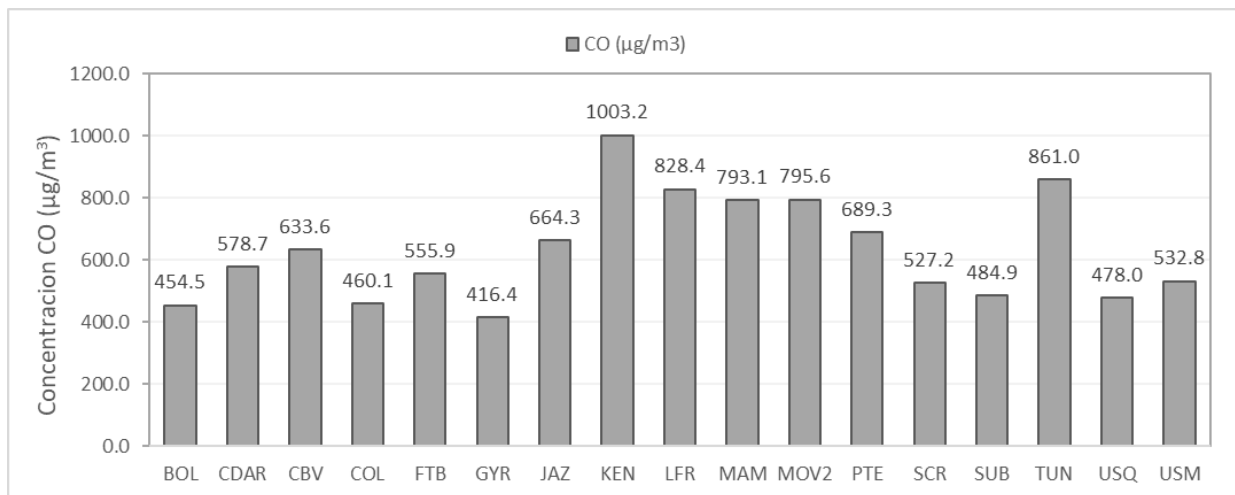


Figura 7-31 Concentraciones promedio anual de CO – Año 2023

Tabla 7-7.

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

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

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

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



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

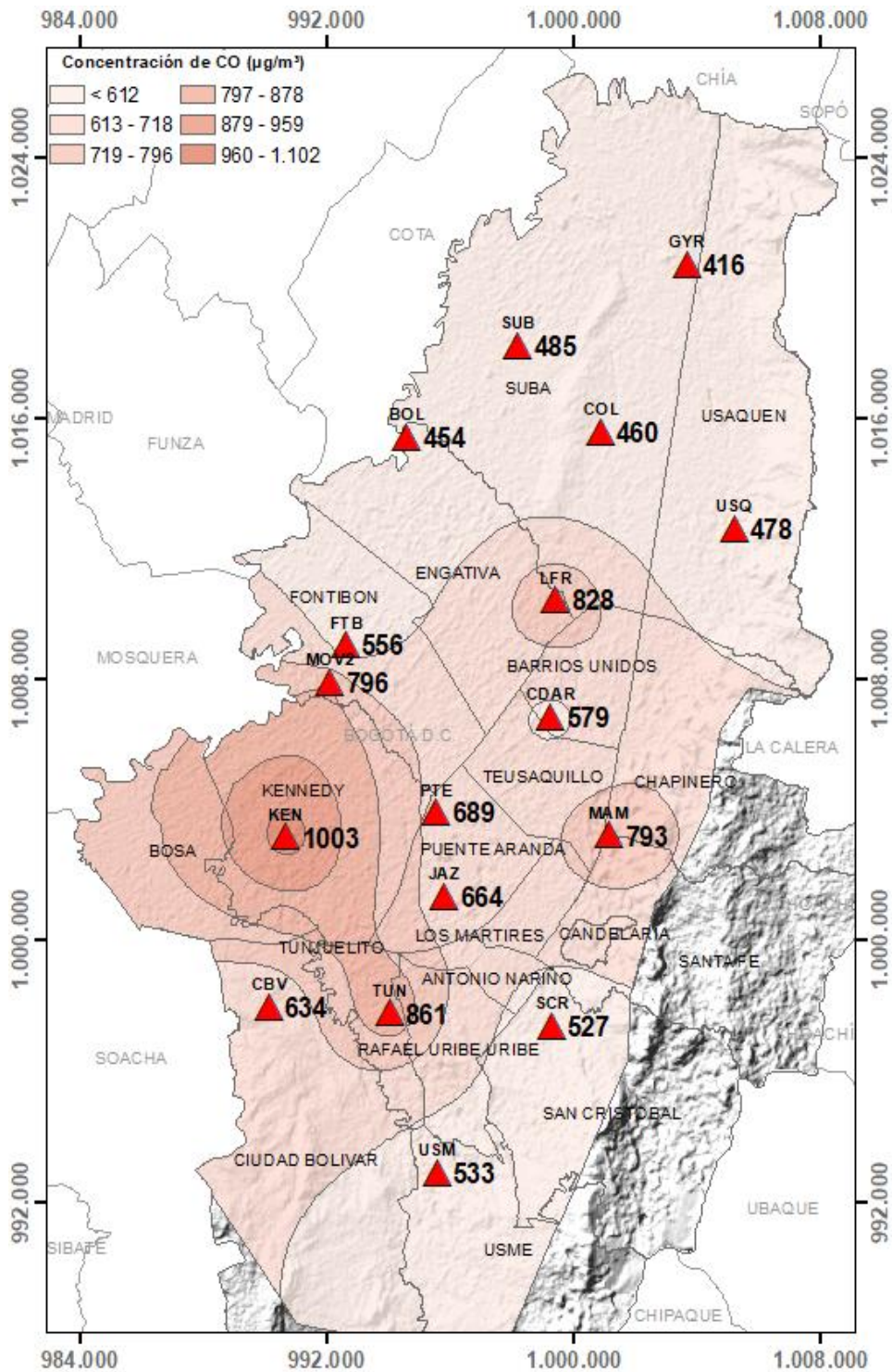



Figura 7-32 Distribución espacial de los promedios anuales de CO del año 2023 con base en el método de interpolación Kriging

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – 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 2023. La estación Ferias en la zona Norte de la ciudad registró el promedio mensual más alto en el mes de febrero; Kennedy reporto concentraciones mensuales altas durante el año, solo entre los meses de septiembre y octubre disminuyeron los registros en esta estación. En cuanto a las estaciones Colina, Guaymaral y Suba se presentó poca variabilidad en gran parte del año. En general las concentraciones altas que se presentaron en el primer trimestre del año estuvieron asociadas posiblemente a la influencia de los incendios forestales.

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

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

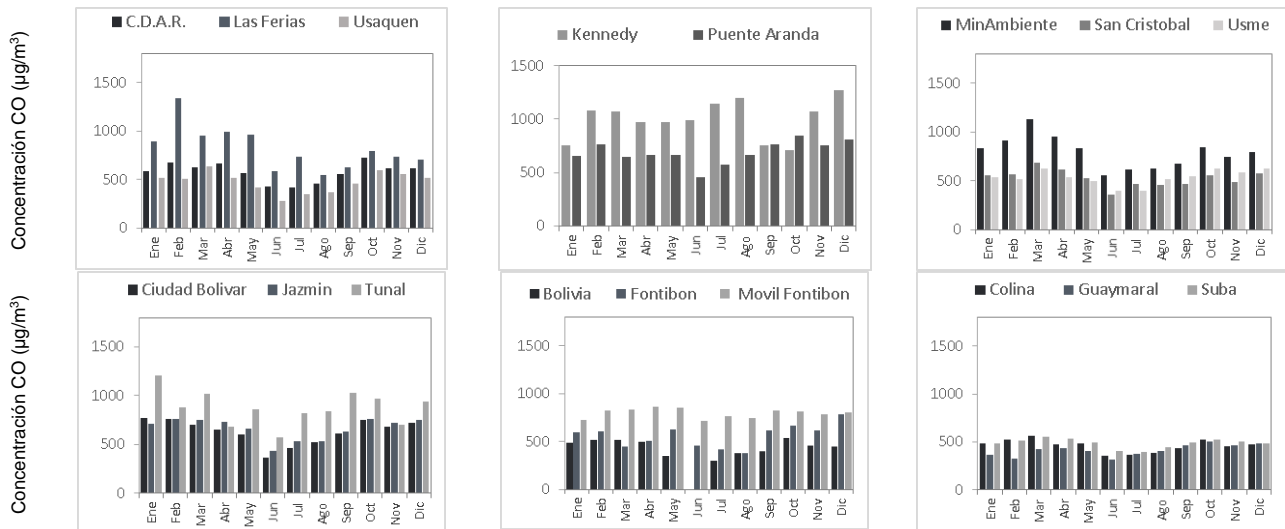


Figura 7-33 Concentraciones mensuales de CO por estación – Año 2023

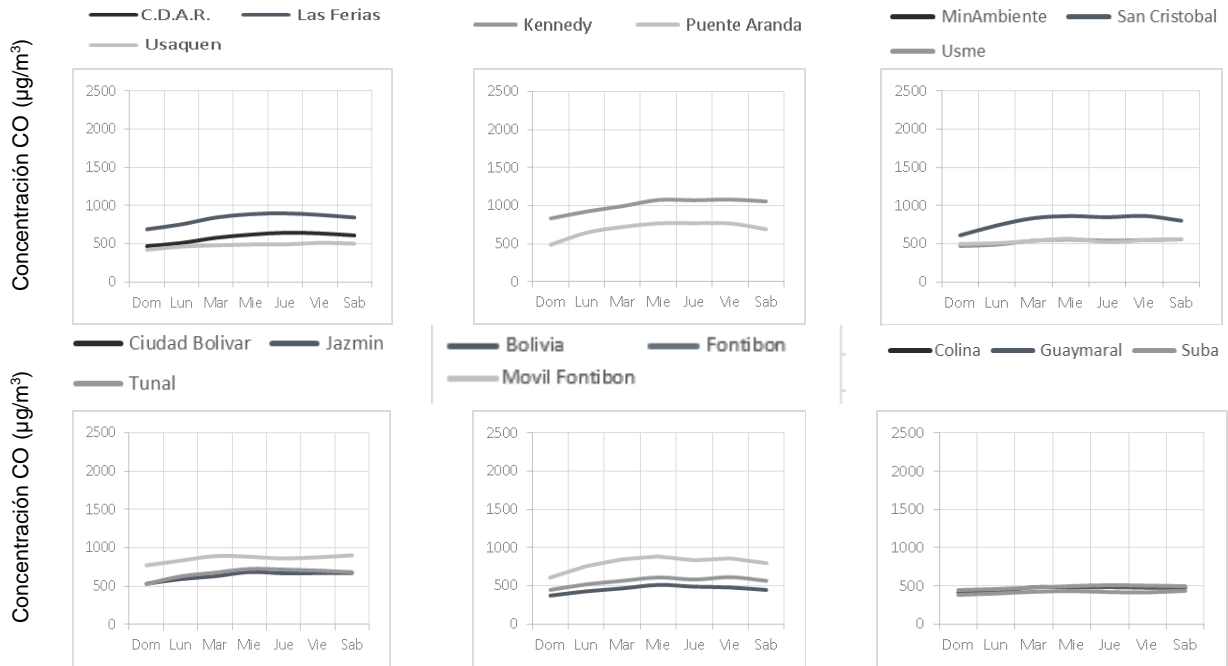


Figura 7-34 Comportamiento diario de las concentraciones de CO – Año 2023

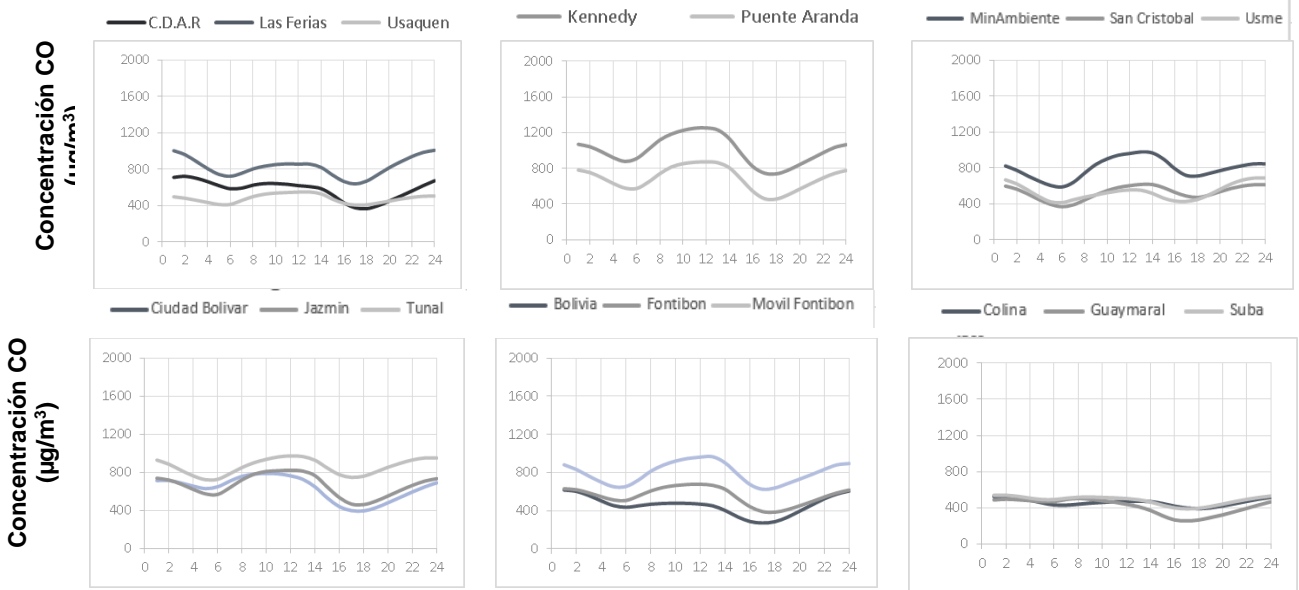


Figura 7-35 Comportamiento horario de las concentraciones de CO – Año 2023

7.6.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CO POR ESTACIÓN

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

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

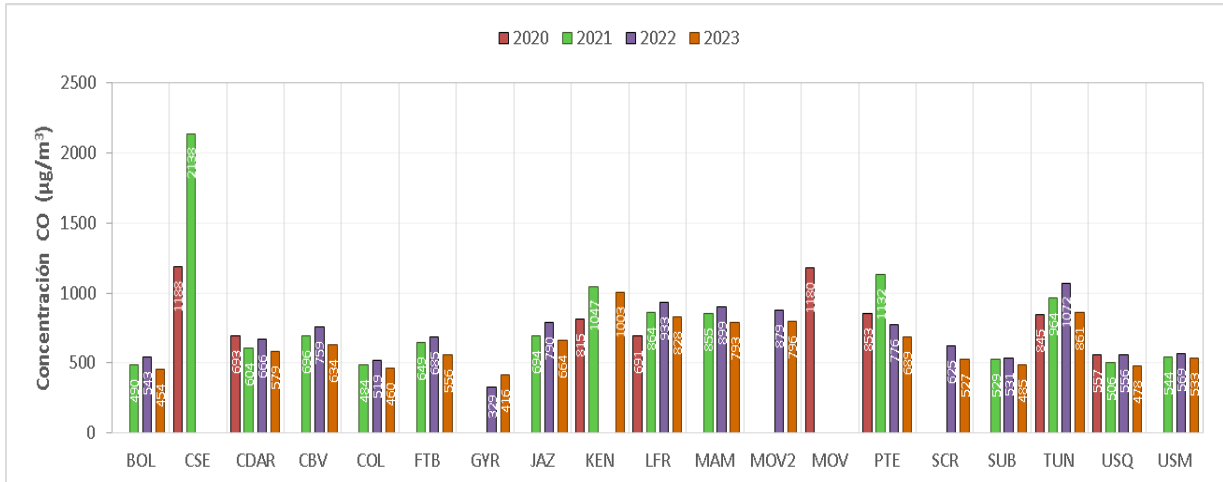


Figura 7-8. Figura 7-36 Concentraciones anuales de CO años 2020 a 2023

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

8. COMPORTAMIENTO DEL BLACK CARBON

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

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

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

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

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

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

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

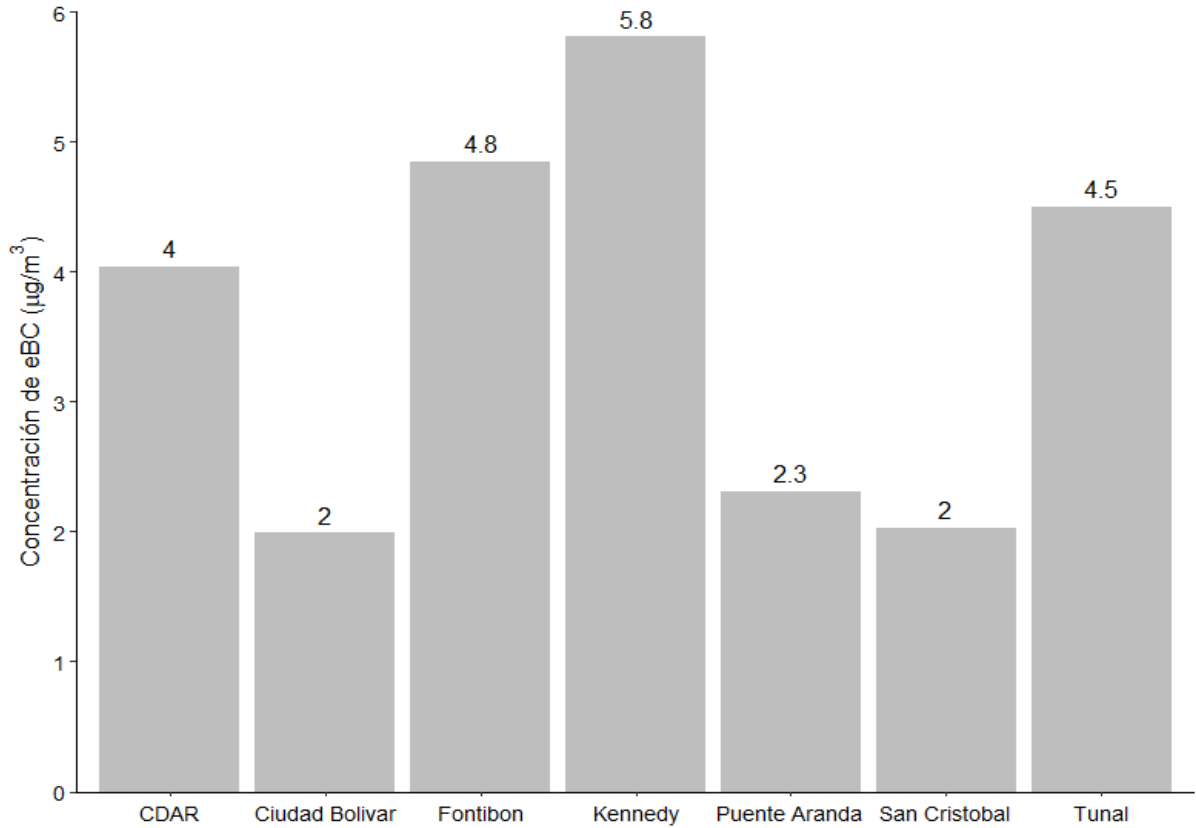


Figura 8-1 Resumen estadístico de las concentraciones de diarias de eBC (µg/m3) reportadas por la RMCAB en el año 2023.

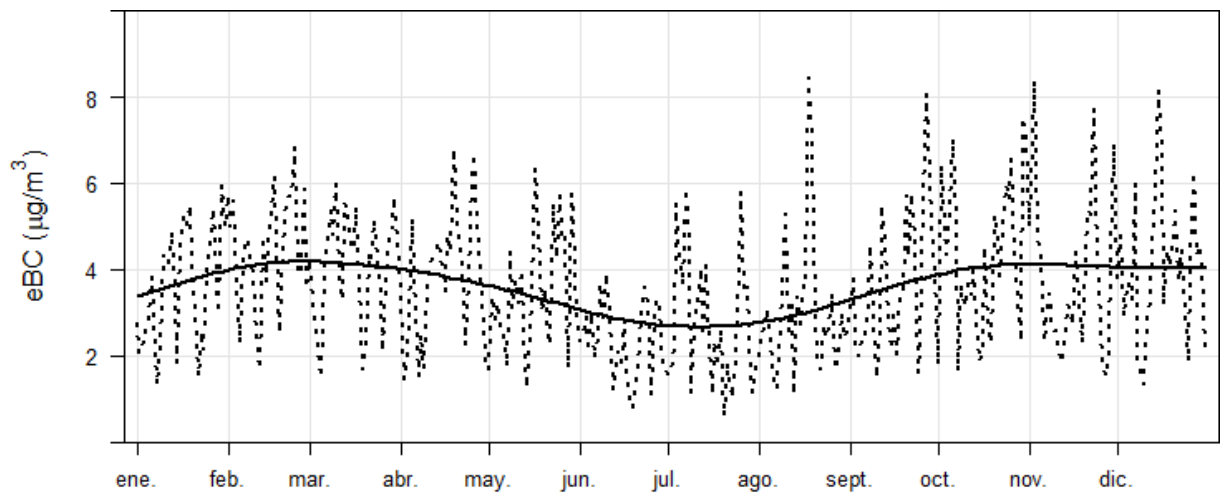



Figura 8-2 Concentraciones diarias promedio de eBC reportadas por la RMCAB en 2023.

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

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

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

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

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

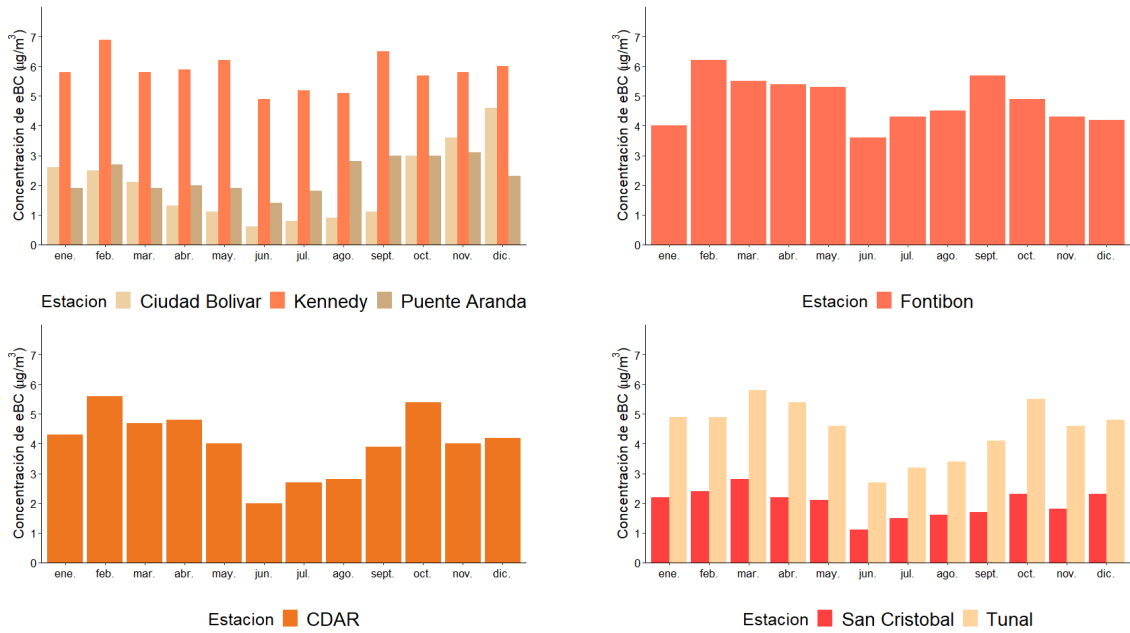


Figura 8-3 Concentraciones mensuales de eBC por estación – Año 2023

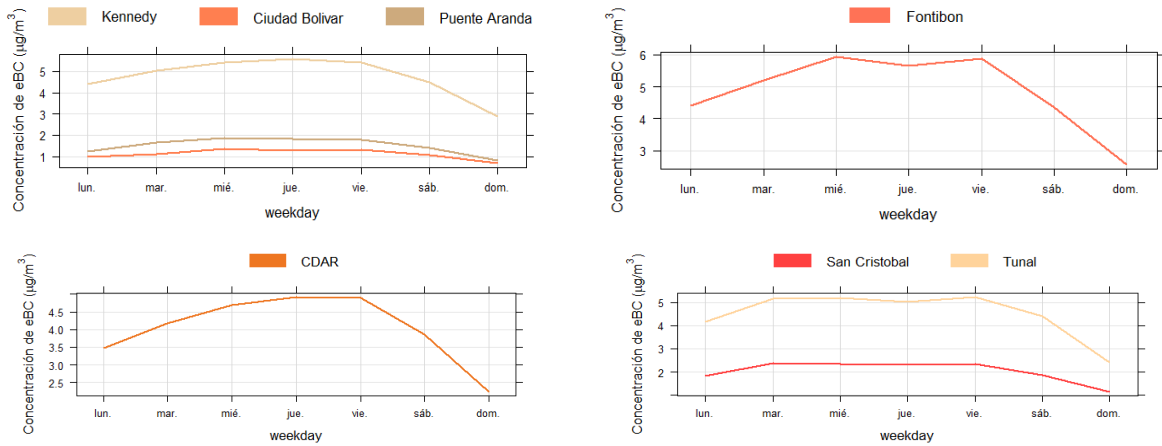


Figura 8-4 Comportamiento diario de las concentraciones de eBC – Año 2023

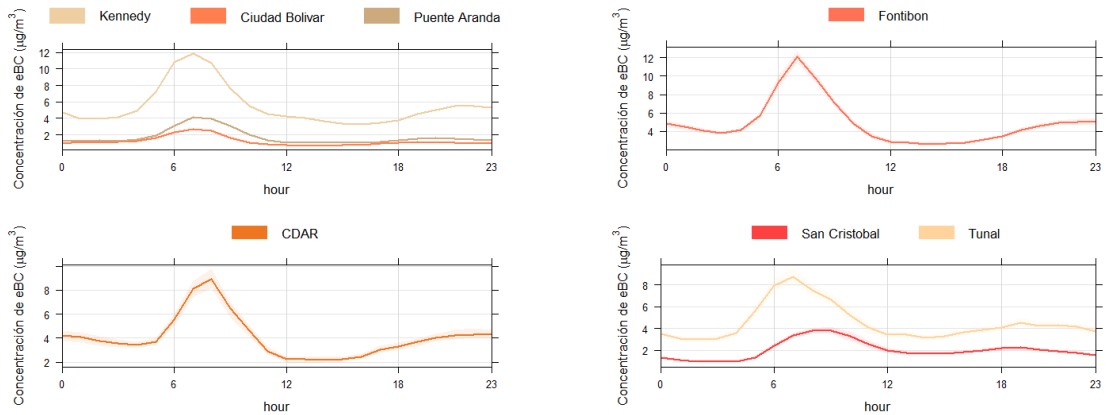


Figura 8-5 Comportamiento horario de las concentraciones de eBC – Año 2023

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

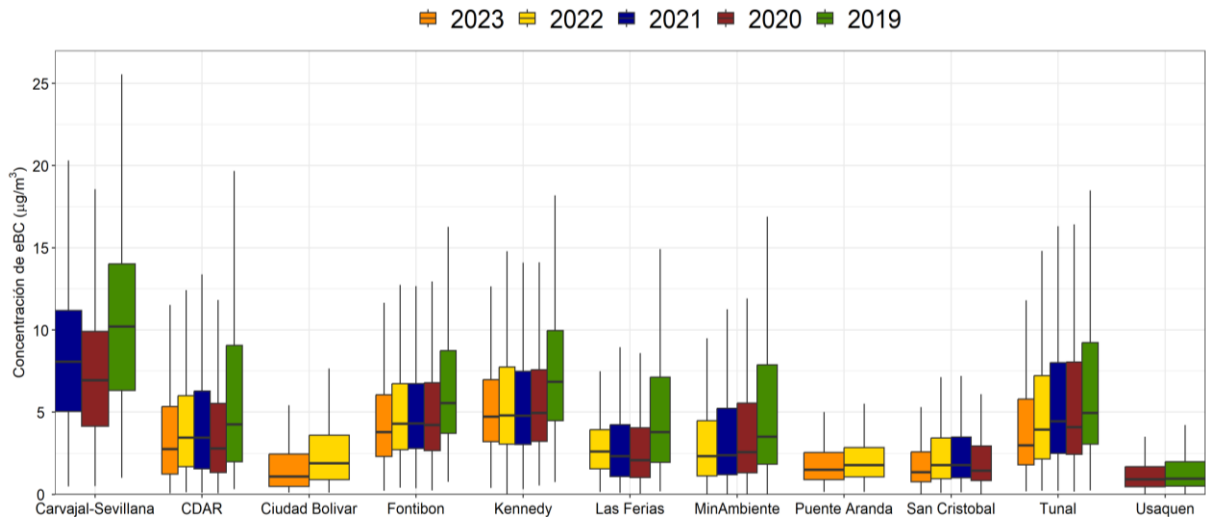


Figura 8-6 Diagrama de cajas de las concentraciones de eBC para los años 2019 a 2023

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

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

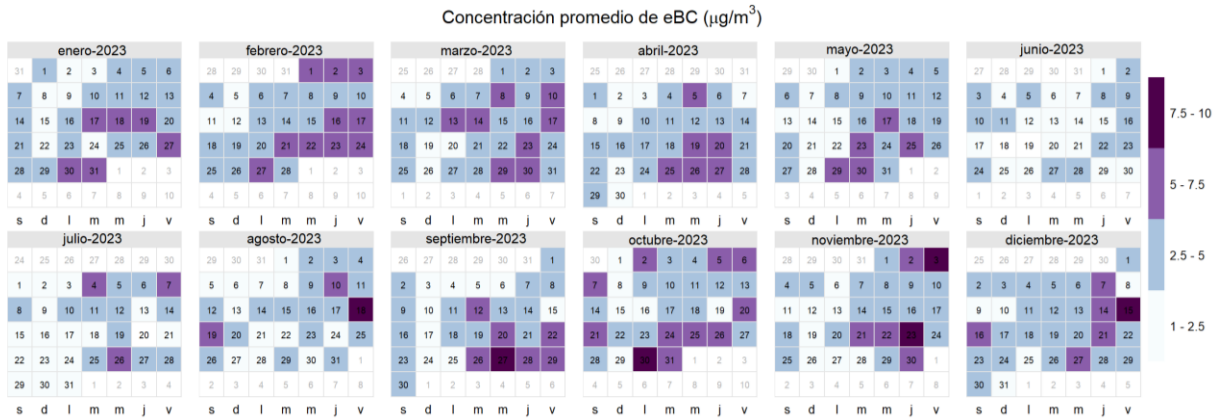


Figura 8-7 Calendario de las concentraciones diarias (24H) promedio eBC durante el año 2023.

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

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

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

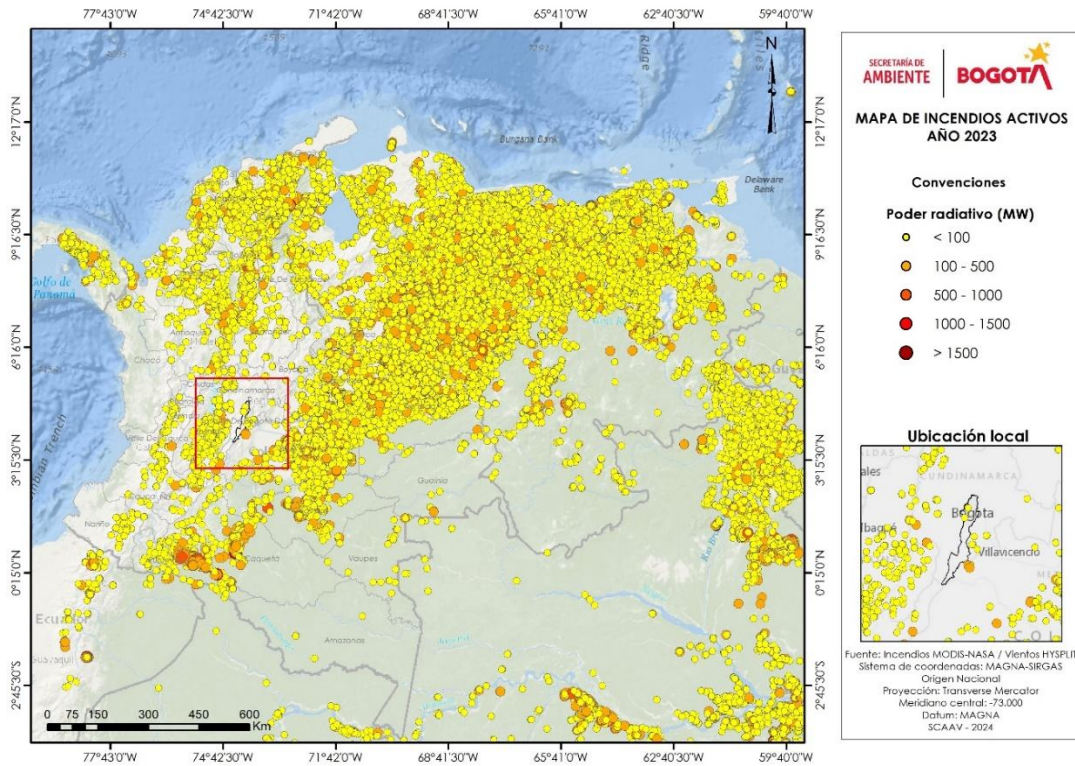


Figura 8-8 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS durante el año 2023

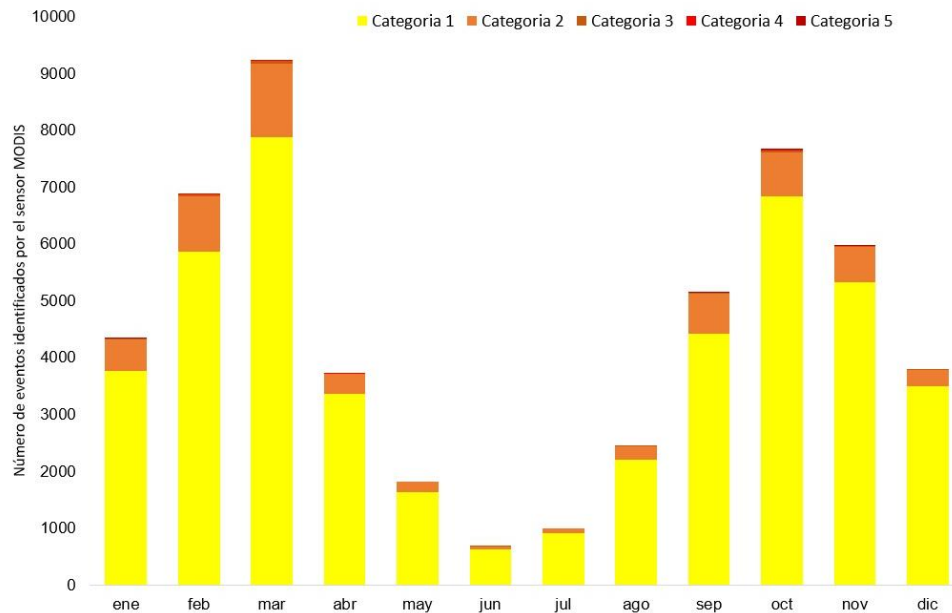



Figura 8-9 Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS durante el año 2023.

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

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

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

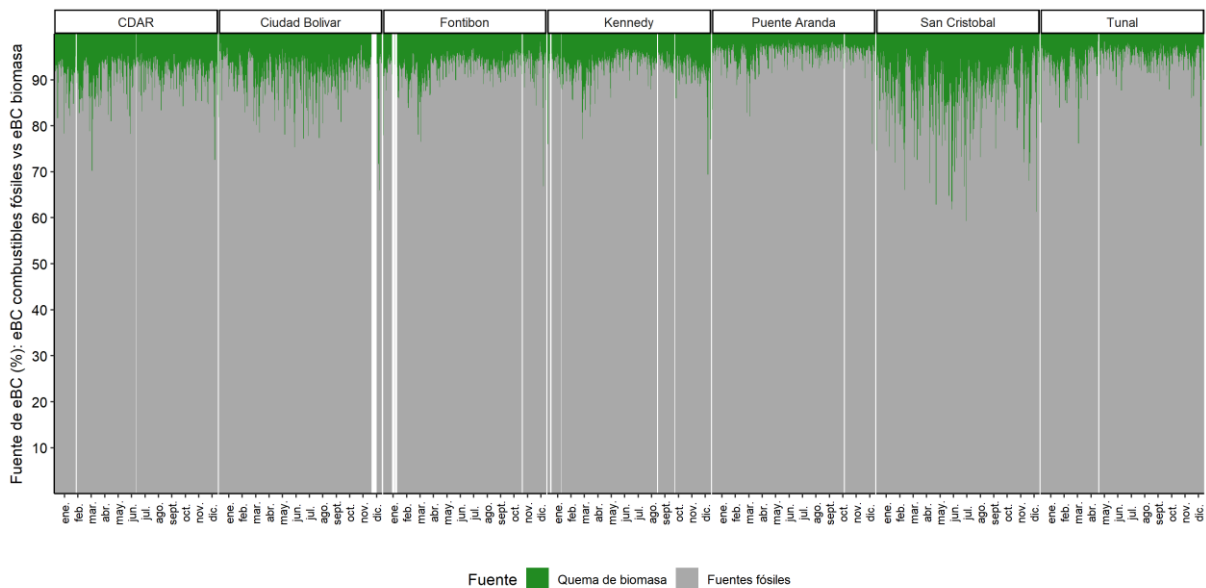


Figura 8-10 Porcentaje de eBC procedente de combustibles fósiles y de quema de biomasa para cada estación en el año 2023

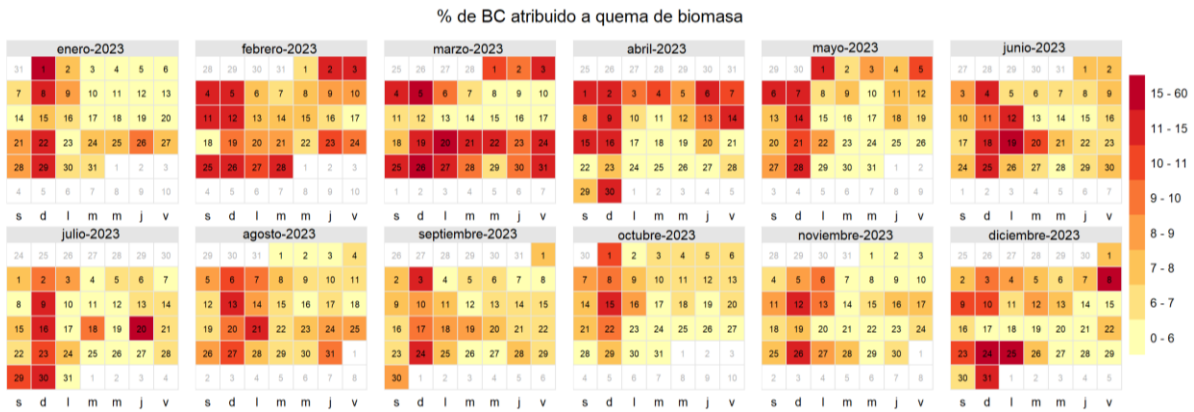
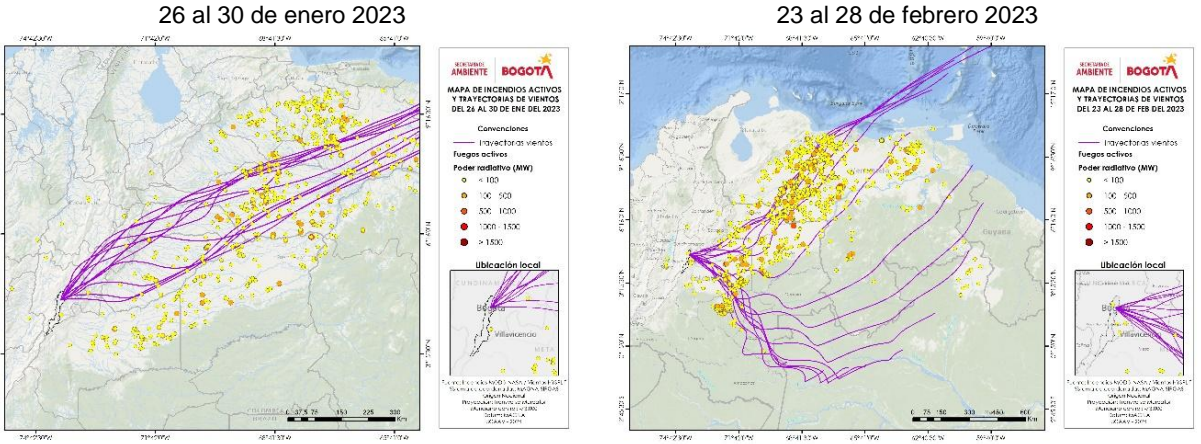


Figura 8-11 Calendario del porcentaje de eBC procedente de quema de biomasa promedio en la ciudad en el año 2023.

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

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



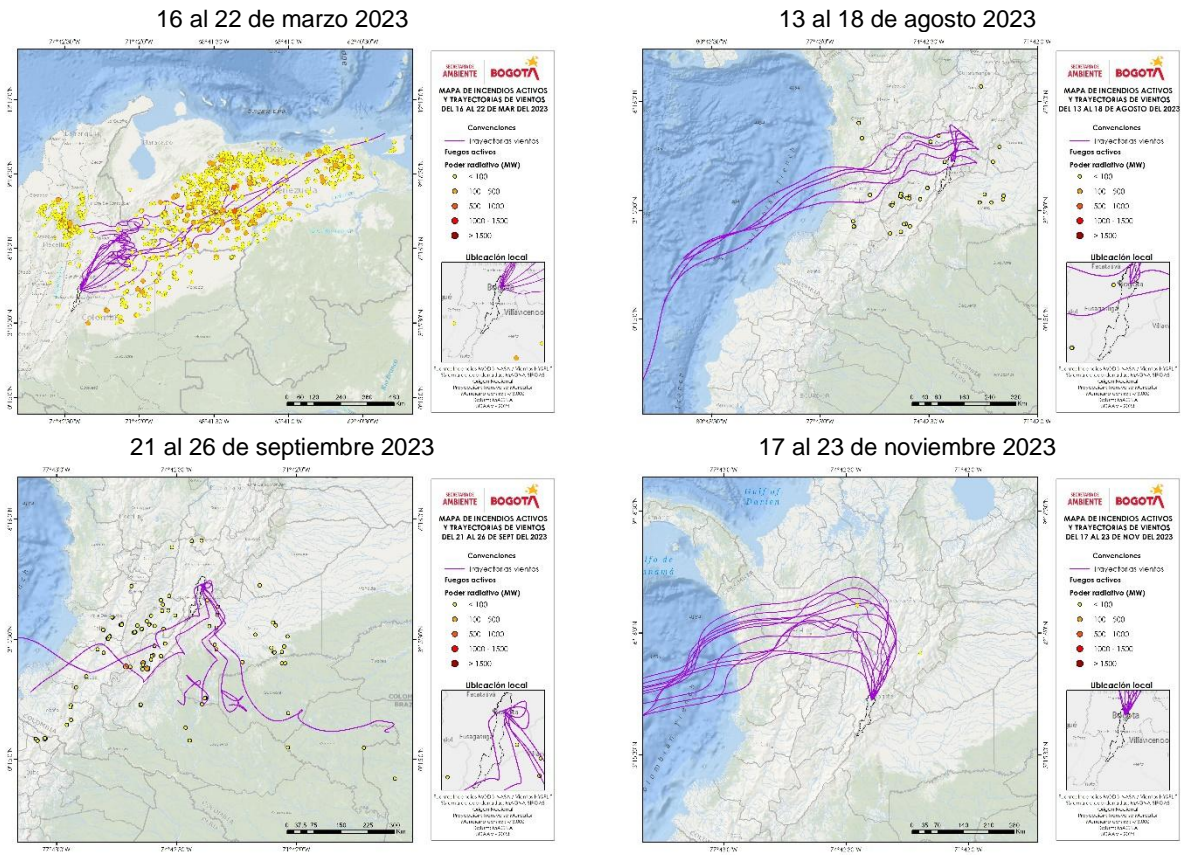


Figura 8-12 Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS que se encuentran a 150 km de distancias de las trayectorias de masas de aire que llegan a Bogotá para fechas en las que se registró las mayores concentraciones de eBC en 2023

9. ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

$IBOCA_p$: Índice para contaminante P

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


C_{mayor} : Concentración mayor o igual a C_p

C_{menor} : Concentración menor o igual a C_p

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

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

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

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

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

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

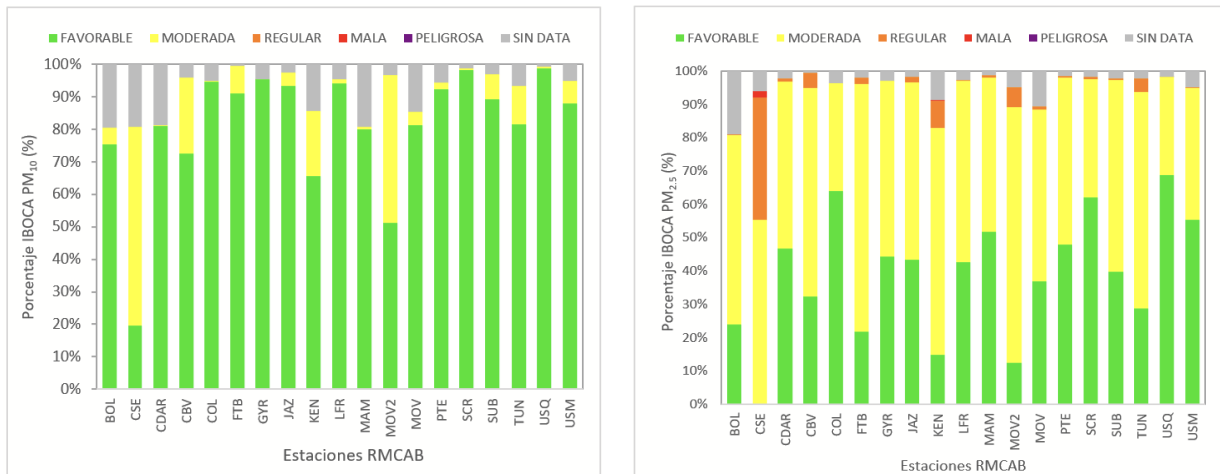


Figura 9-1 IBOCA por estación de monitoreo para PM_{10} y $PM_{2.5}$ – Año 2023

En la Figura 9-2 se presenta el IBOCA de PM_{10} , para cada estación de monitoreo y por mes, de acuerdo con los datos registrados durante el año 2023. Se evidencia que en el caso del PM_{10} la condición “favorable” fue predominante durante el transcurso del año, mientras que estaciones como Carvajal - Sevillana, Ciudad Bolívar, Kennedy y Móvil Fontibón registraron una condición ‘moderada’ con valores entre 20% y 61%.

La Figura 9-3 presenta el IBOCA de $PM_{2.5}$ se observó la predominancia de la condición “moderada” durante el transcurso del año en todas las estaciones, con algunos incrementos de la condición “favorable” durante el periodo de mayo a agosto en la mayoría de las estaciones, exceptuando a la estación de Colina que su predominancia fue la condición ‘favorable’ durante 2023. De igual forma, se registró la condición “regular” en varias estaciones durante el primer y cuarto trimestre del año como Carvajal - Sevillana, Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, Móvil Fontibón, Móvil 7ma y Tunal, con mayor proporción en los meses de enero a marzo, evidenciando el porcentaje más alto en Carvajal - Sevillana con valores entre 40 y 80%.

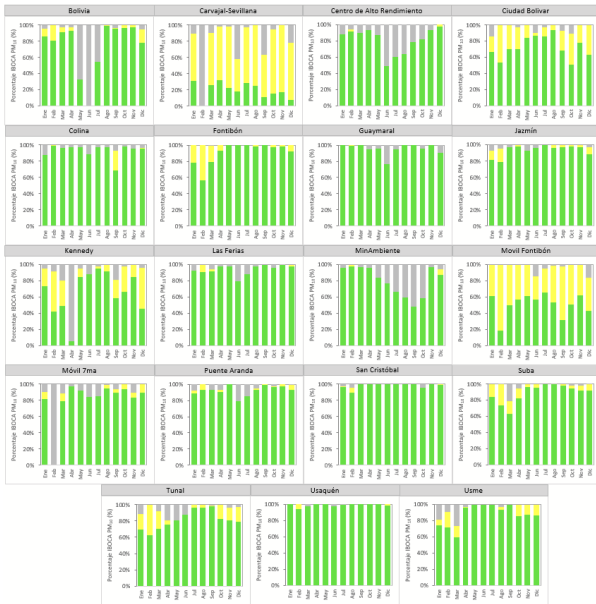


Figura 9-2 IBOCA por mes del año para PM10 – Año 2023

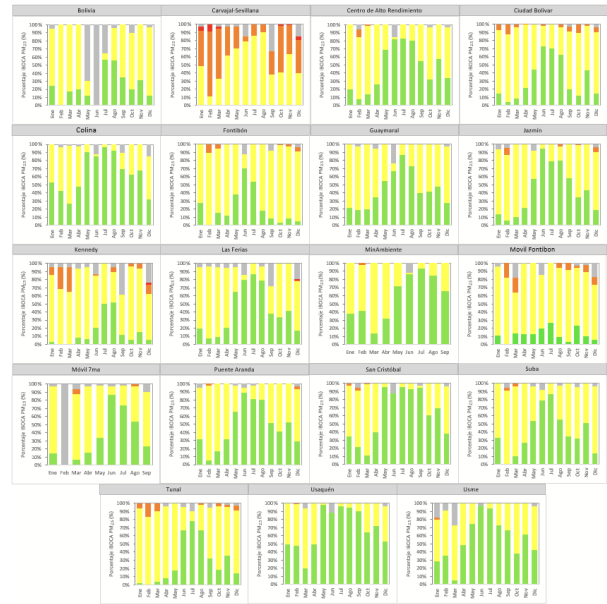
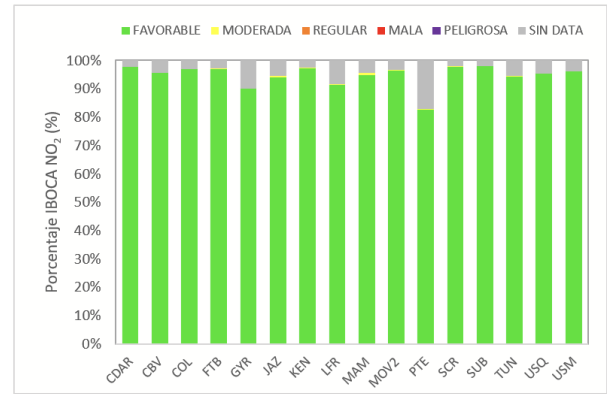
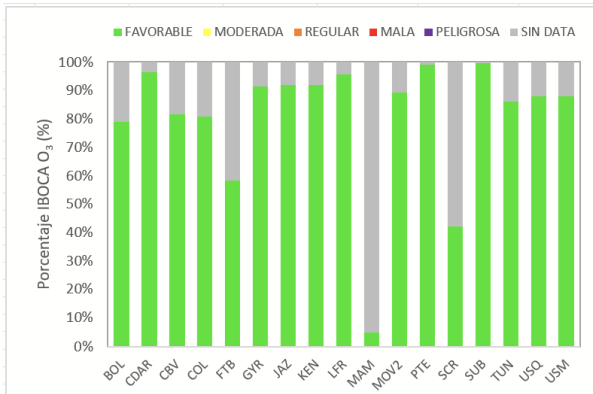


Figura 9-3 IBOCA por mes del año para PM2.5 – Año 2023

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



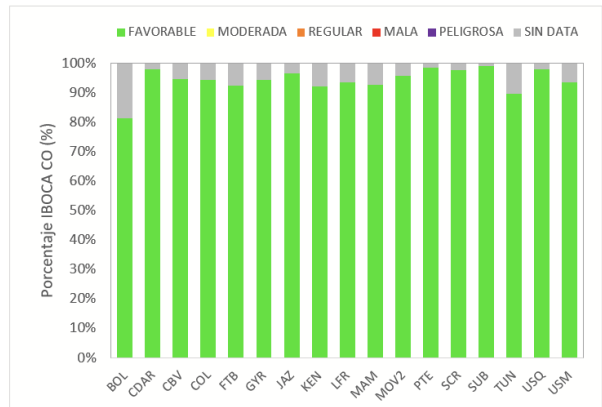
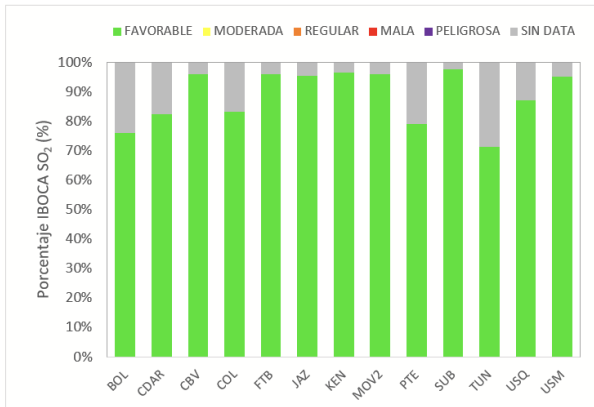


Figura 9-4 IBOCA por estación de monitoreo para O₃, NO₂, SO₂ y CO – Año 2023

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



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



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



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

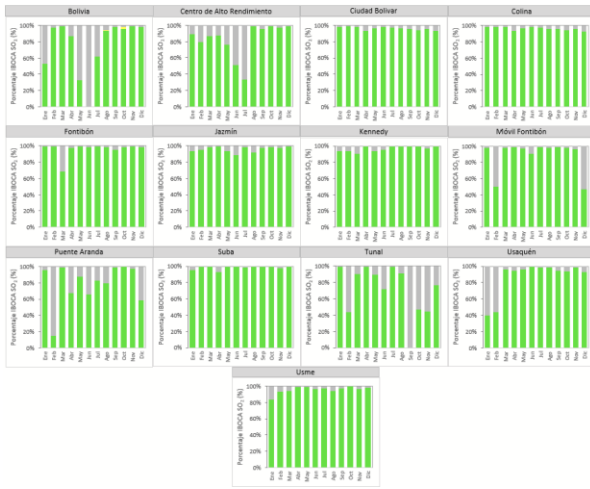


Figura 9-7 IBOCA por mes del año para SO₂ – Año 2023

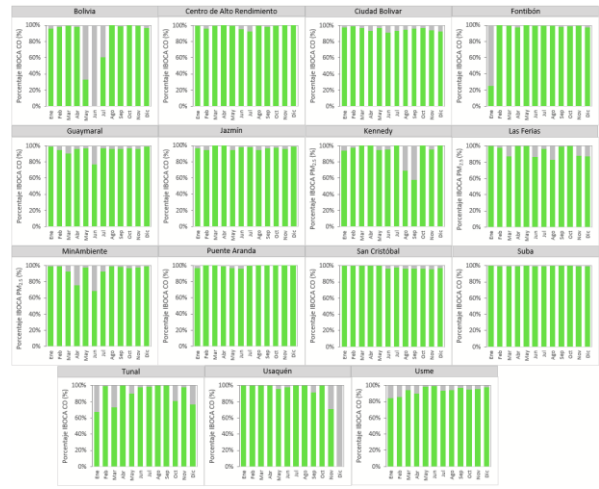



Figura 9-8 IBOCA por mes del año para CO – Año 2023

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

10. METEOROLOGÍA

10.1. PRECIPITACIÓN

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

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


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

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

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

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

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

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

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

10.1.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

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

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

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

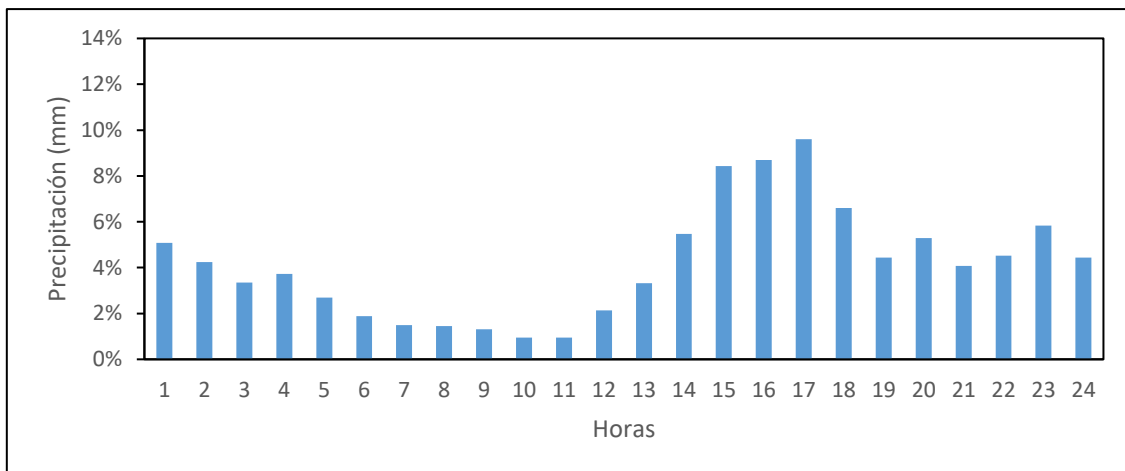



Figura 10-1 Comportamiento diario de la precipitación - 2023

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

10.1.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

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

Tabla 10-1 Índice ONI 2020-2023

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

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

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

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

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


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

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

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

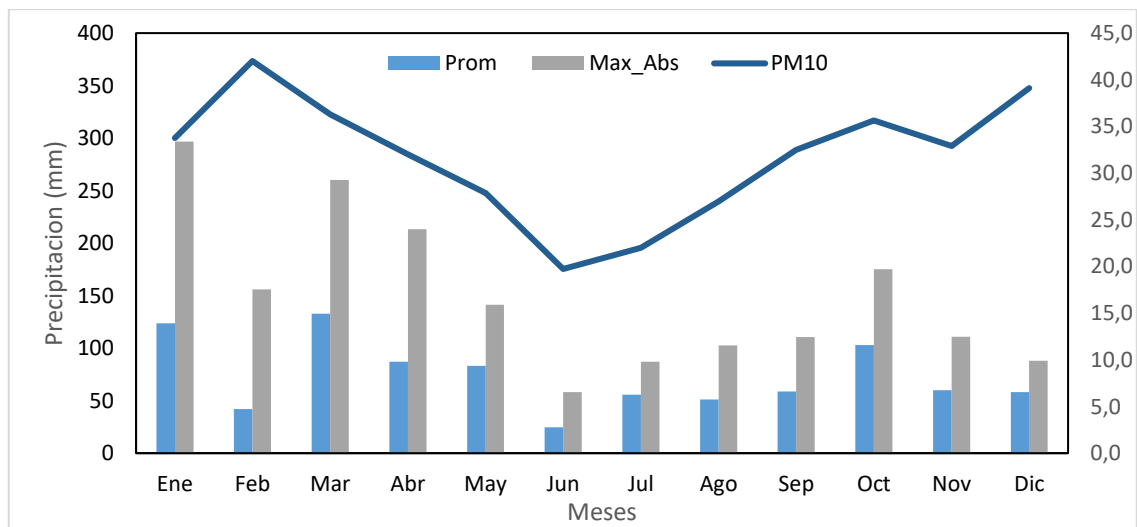


Figura 10-2 Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación durante 2023

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

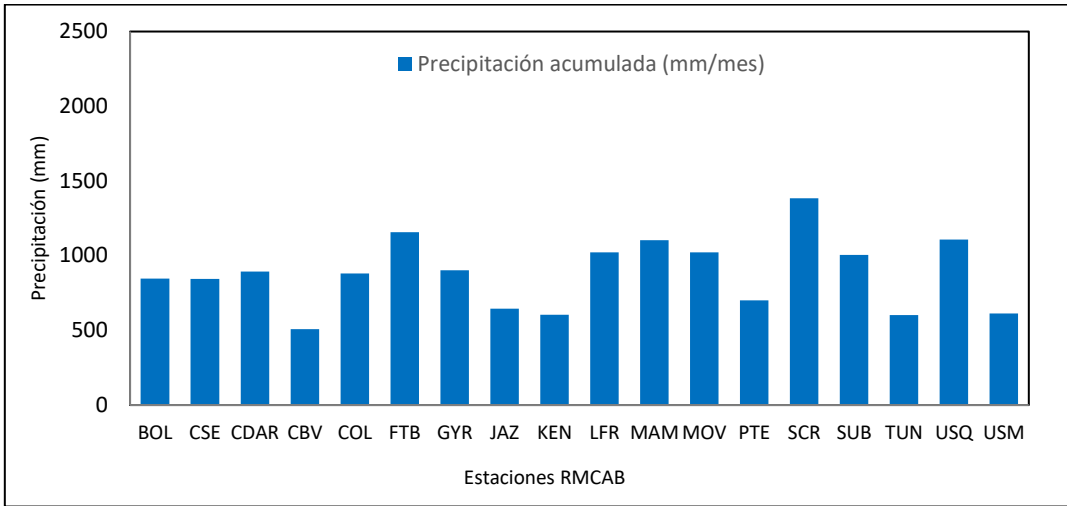


Figura 10-3 Total acumulado por estación en 2023

10.1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

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



SECRETARÍA DE AMBIENTE



METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

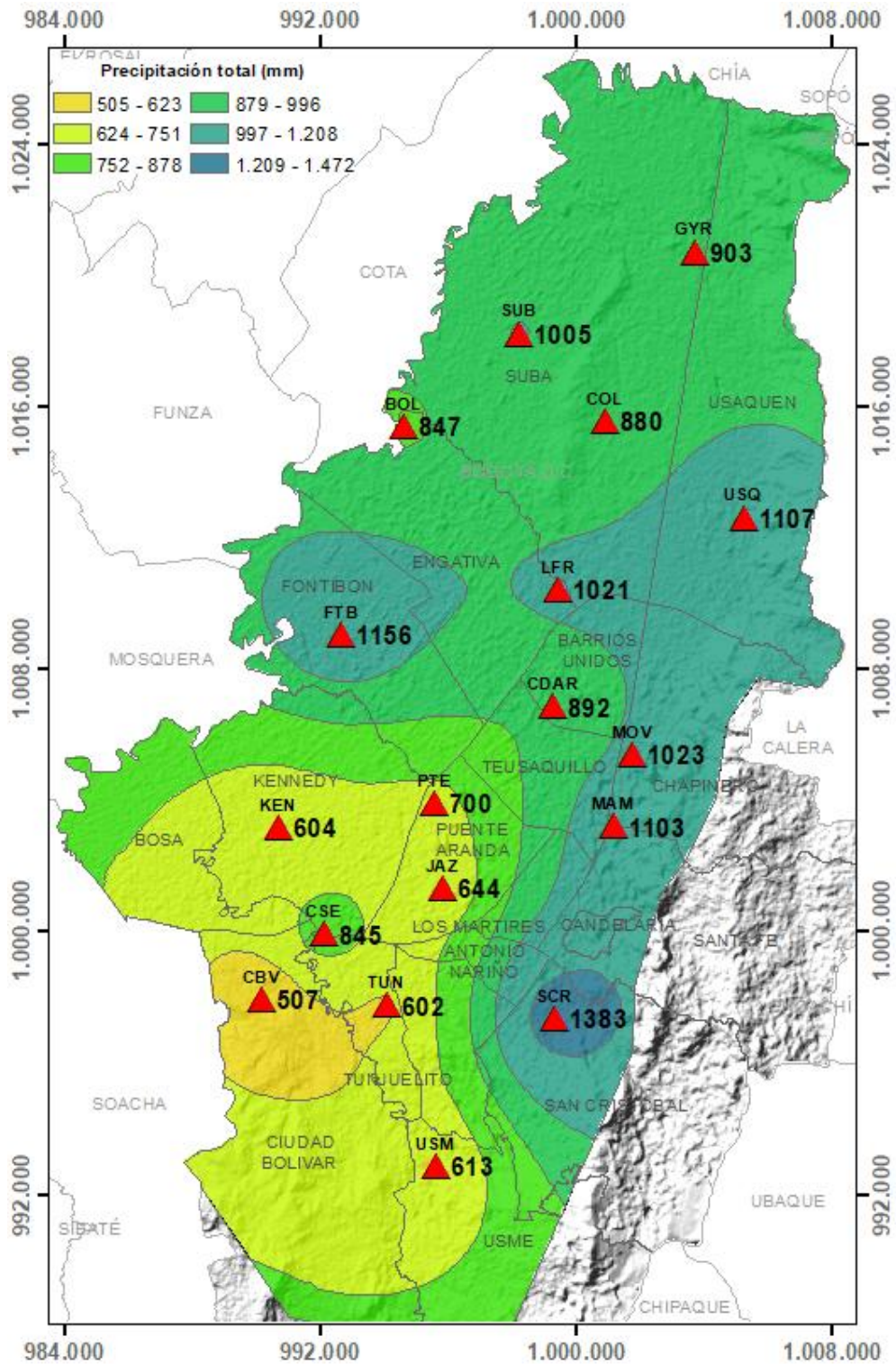



Figura 10-4 Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - RMCAB 2023

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

10.1.4. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

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



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

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

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

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

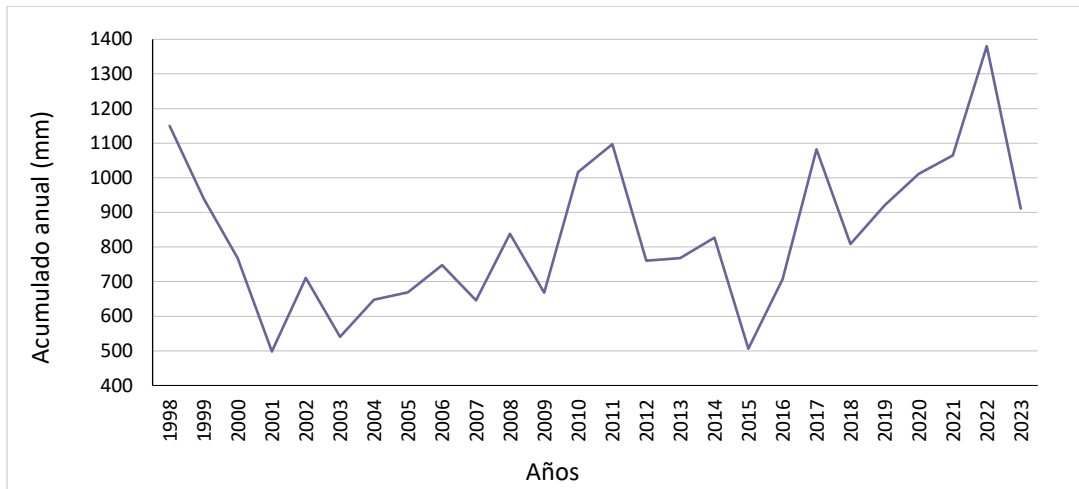



Figura 10-5 Variación anual de la precipitación en Bogotá - RMCAB 2000-2023

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

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

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

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

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

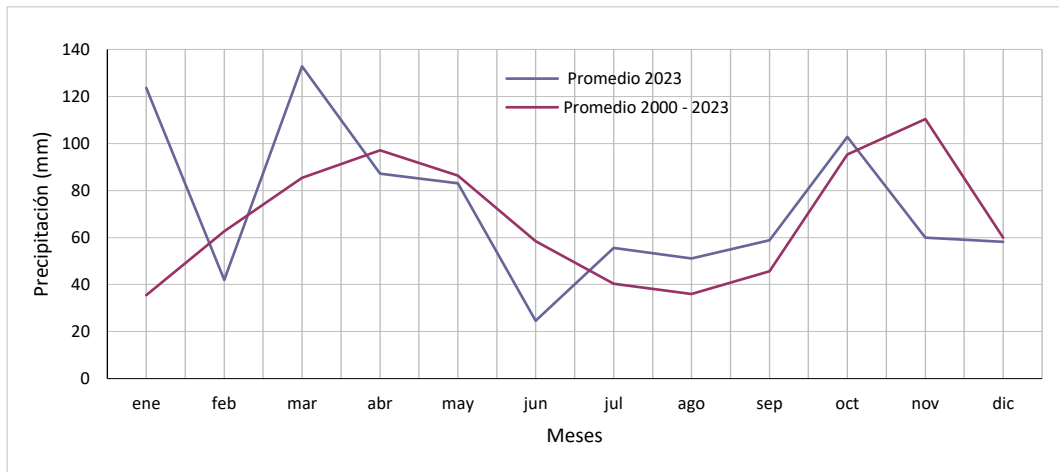



Figura 10-6. Precipitación promedio mensual histórica Vs total anual de 2023. RMCAB 2000 - 2023

10.2. TEMPERATURA

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

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

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

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

10.2.1. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA TEMPERATURA

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

En la

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


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

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

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

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

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

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

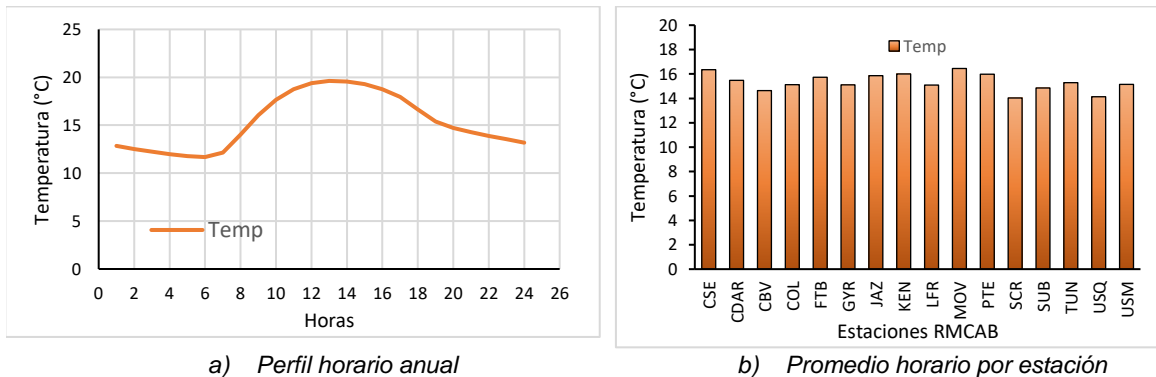


Figura 10-7. Comportamiento de la temperatura horaria anual-2023: a) perfil horario; b) promedio por estación

10.2.2. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA TEMPERATURA

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

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

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

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

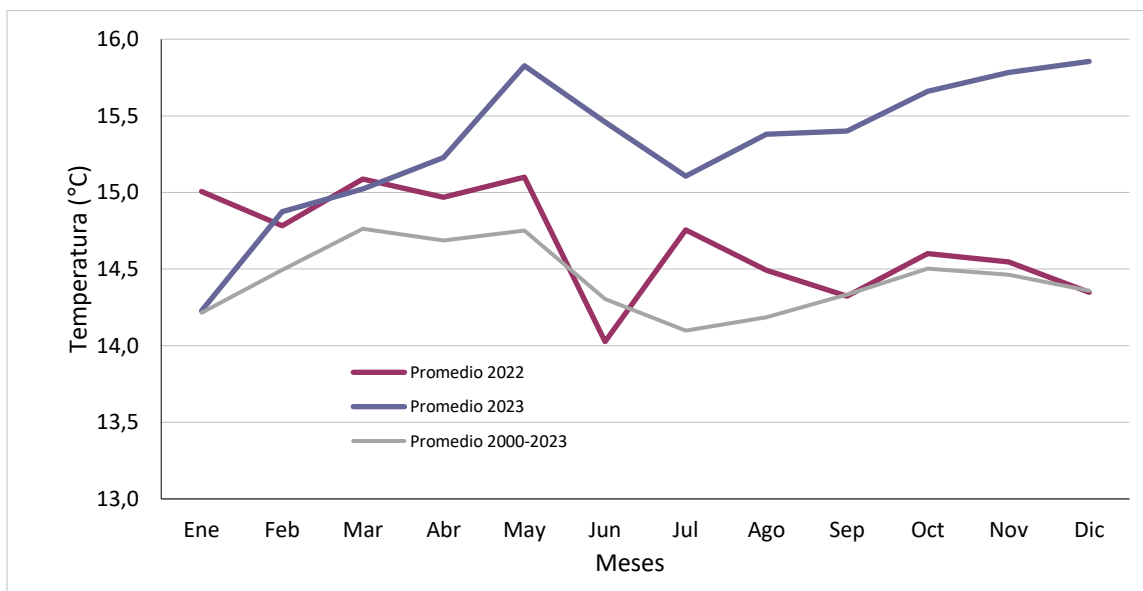


Figura 10-8. Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2023 Vs 2022 y 2023

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

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

Tabla 10-8 Temperaturas extremas año 2023

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

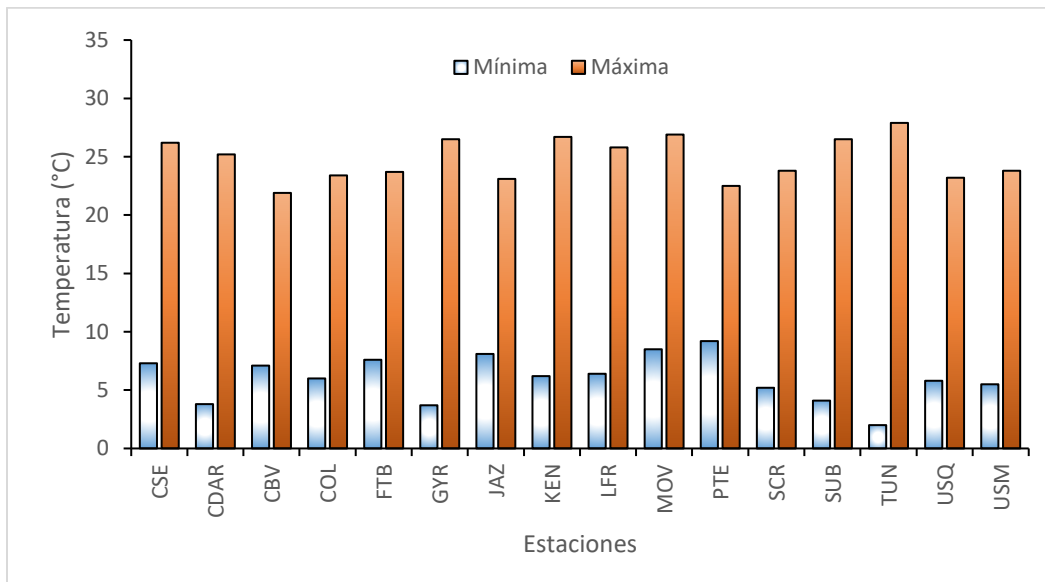


Figura 10-9 Temperaturas extremas absolutas año 2023

10.2.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

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

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

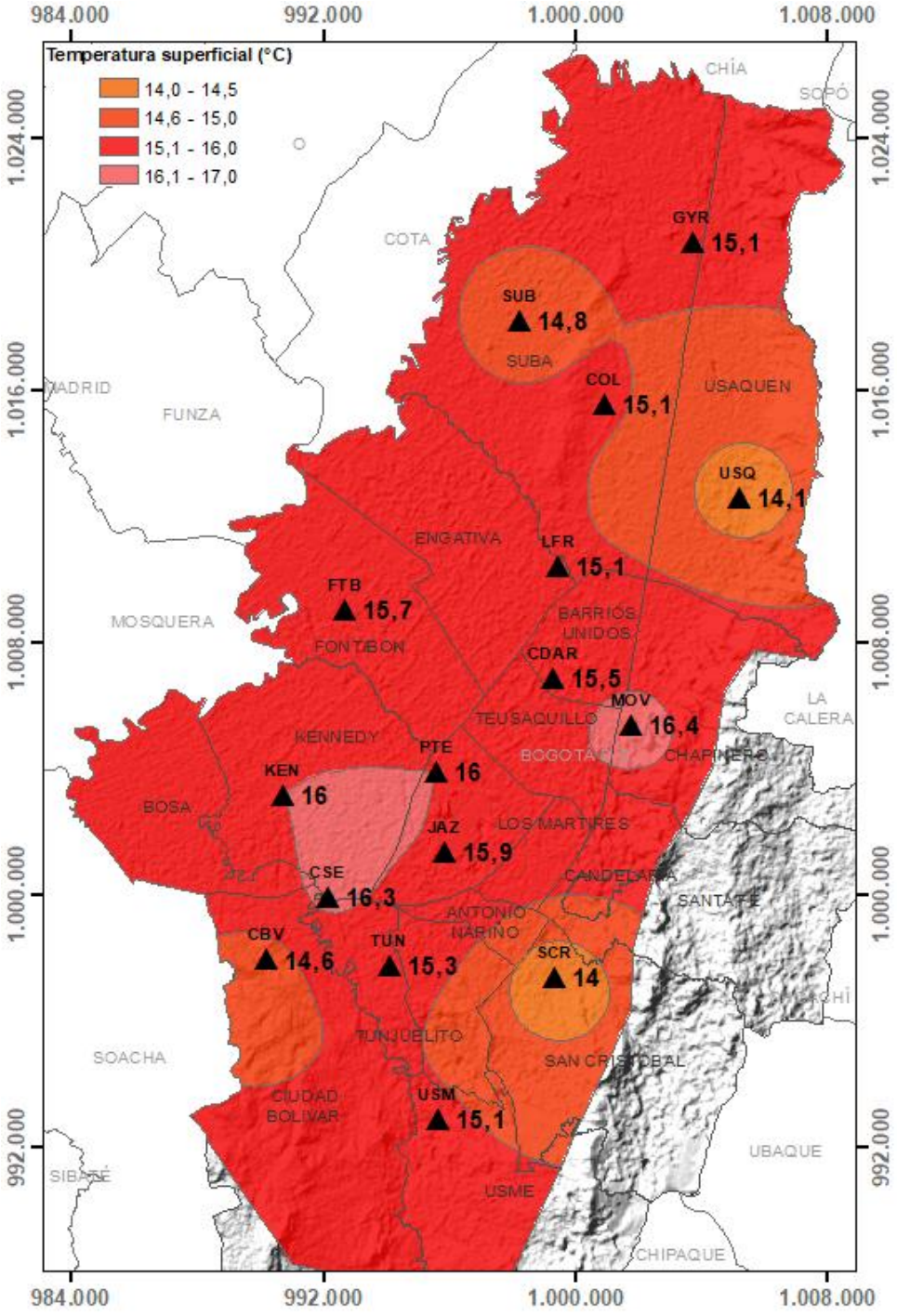



Figura 10-11. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB -2023

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

10.2.4. PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA

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

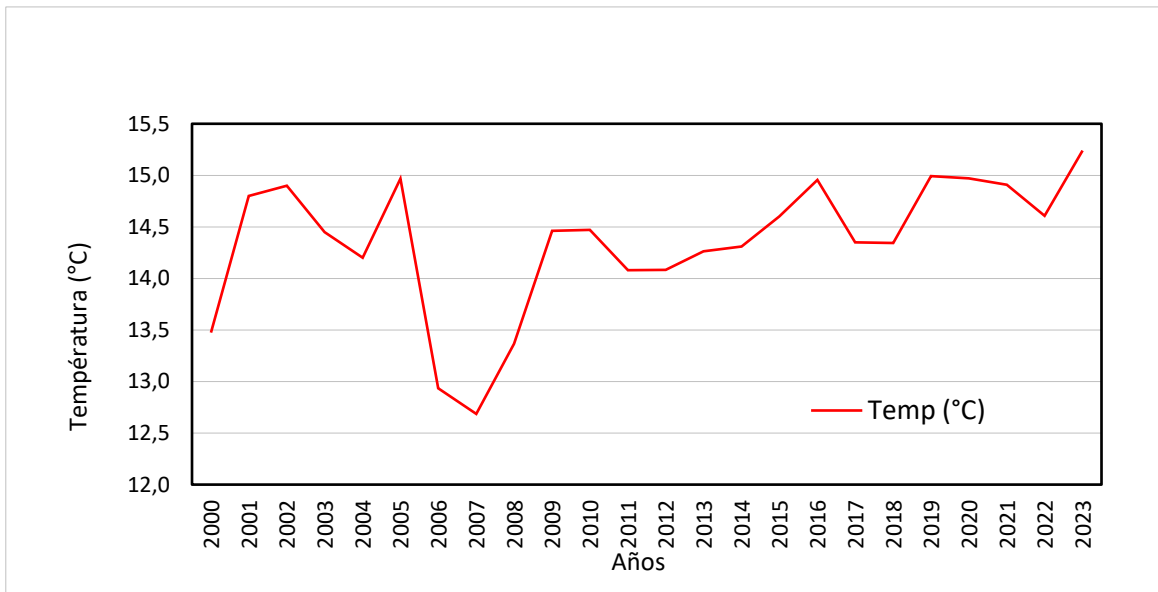


Figura 10-12. Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2023

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



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

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

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

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

10.3. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

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

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

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

10.3.1. PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

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

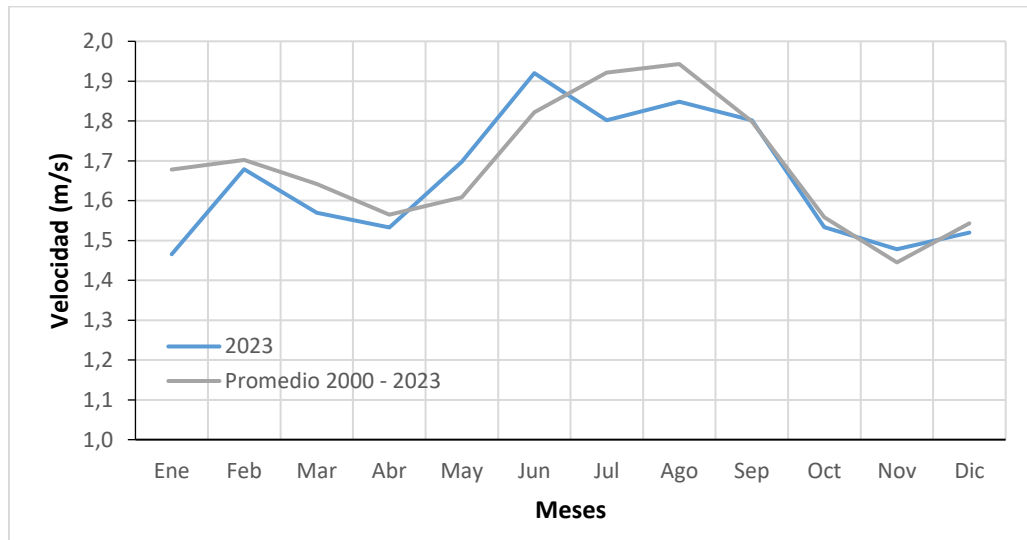


Figura 10-13 Comportamiento mensual de la velocidad del viento (promedio 2000 – 2023) Vs 2023.

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

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

Estación	BOS	CSE	CDAR	CBV	COL	GYR	JAZ	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
2000	N.A	0.9	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.7	0.4	N.A	1.9	N.A	1.4	N.A	1.2
2001	N.A	1.3	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	1.7	0.5	N.A	2.4	N.A	1.4	N.A	1.1
2002	N.A	1.2	N.A	N.A	N.A	0.6	N.A	N.A	1.6	0.5	N.A	2.4	N.A	1.3	N.A	1.0
2003	N.A	2.1	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	2.6	N.A	N.A	N.A	1.2
2004	N.A	N.A	0.8	N.A	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

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

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

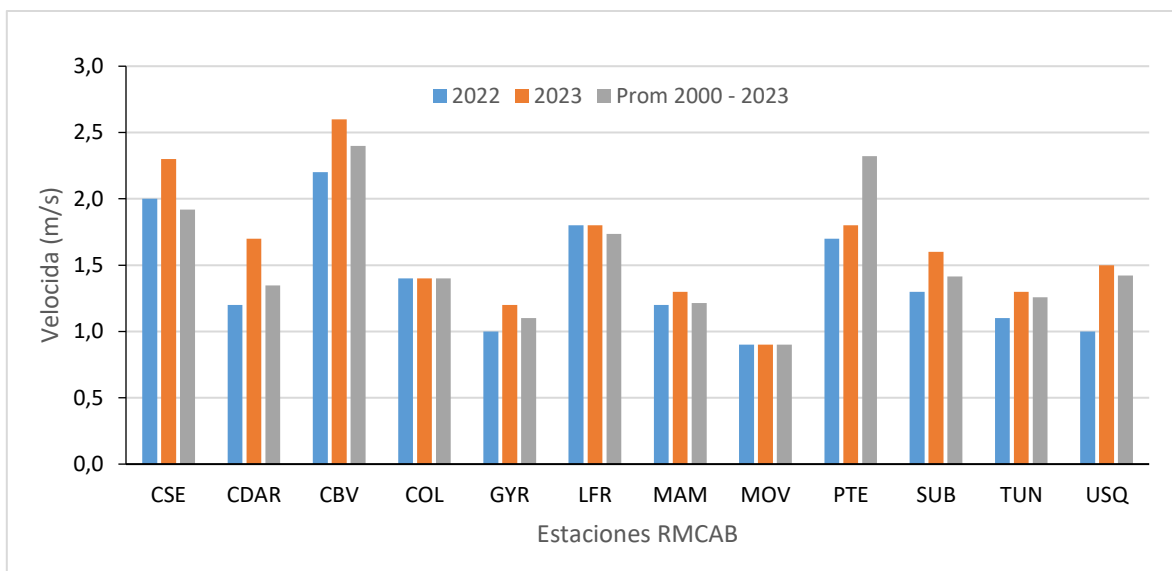


Figura 10-14 Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2022, 2023 Vs (2000 – 2023).

10.3.2. PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

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

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

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

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

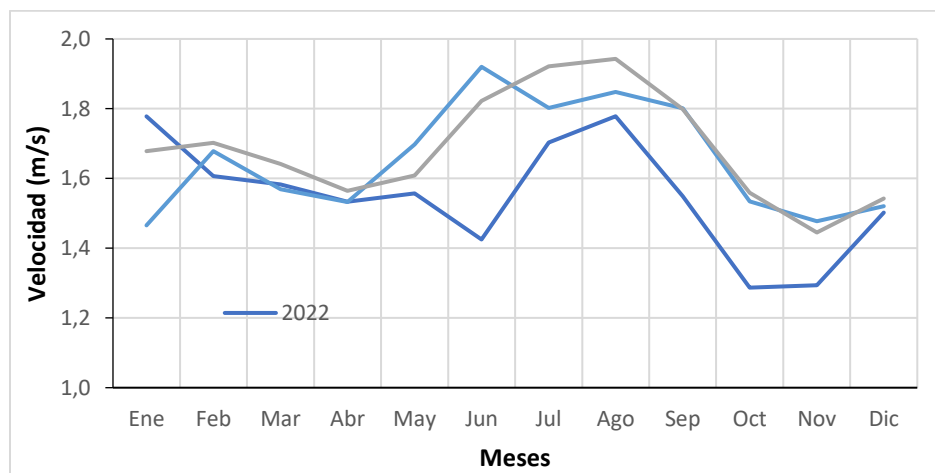


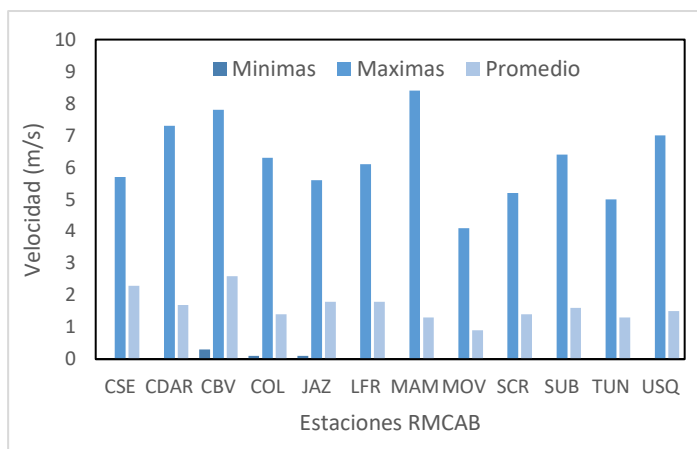
Figura 10-15. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2022 y 2023 Vs. promedio mensual multianual 2000 - 2023

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

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

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

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



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

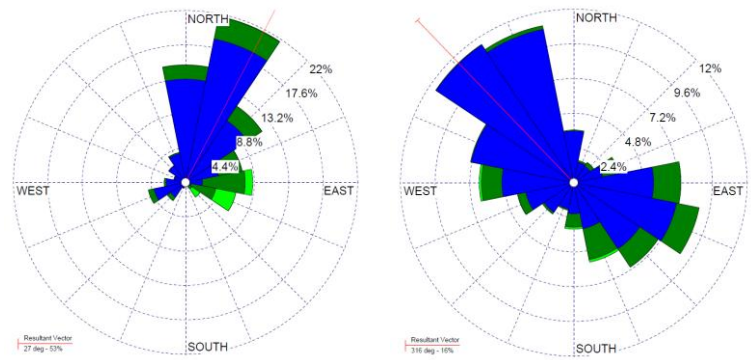
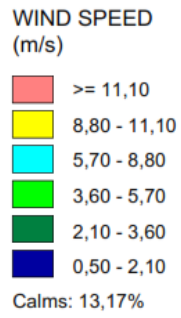
* Los valores se presentan a modo indicativo toda vez que no cumplieron con el porcentaje de representatividad

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

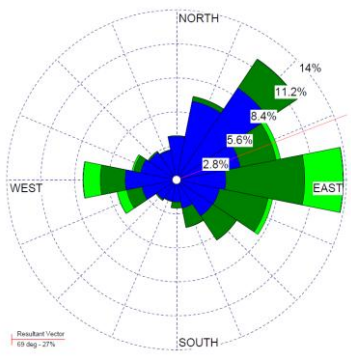
Para ampliar la información anterior en la Figura 10-16 se presentan las rosas de los vientos anuales de la RMCAB durante el año 2023, para las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%. Además de representar el comportamiento medio anual, las rosas de los vientos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

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

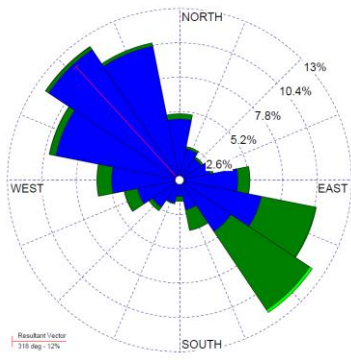
N/A



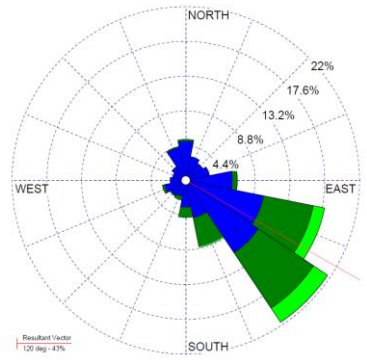
a) Bolivia



b) Suba



c) Guaymaral



d) Las Ferias



e) Colina



f) Usaquén





SECRETARÍA DE
AMBIENTE



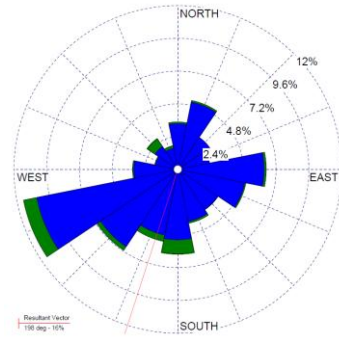
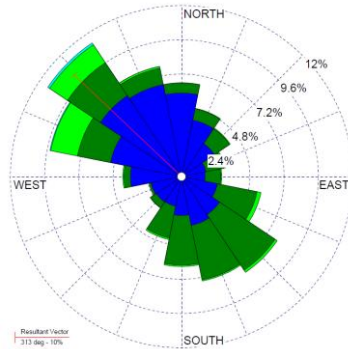
METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

N.A.

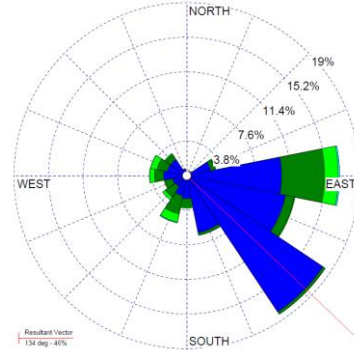
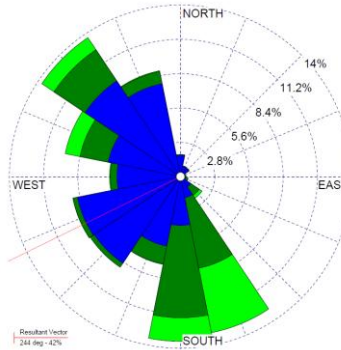


g) Móvil FTB

h) CDAR

i) Móvil 7ma

N.A.

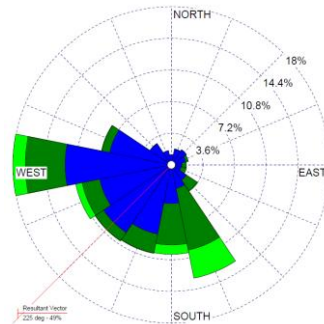
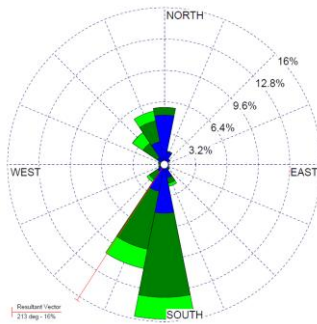


j) Kennedy

k) Jazmín

l) MinAmbiente

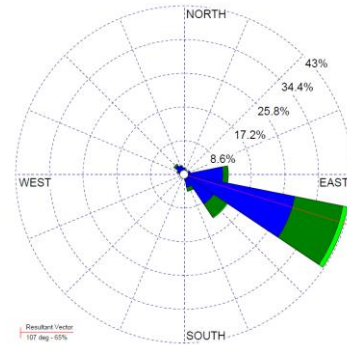
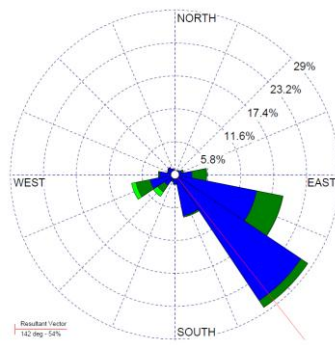
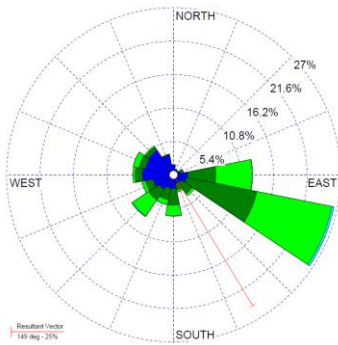
N.A.



m) Carvajal-Sevillana*

n) Puente Aranda

o) Usme




p) Ciudad Bolívar

q) Tunal

r) San Cristóbal

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

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

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

10.3.3. PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO




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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

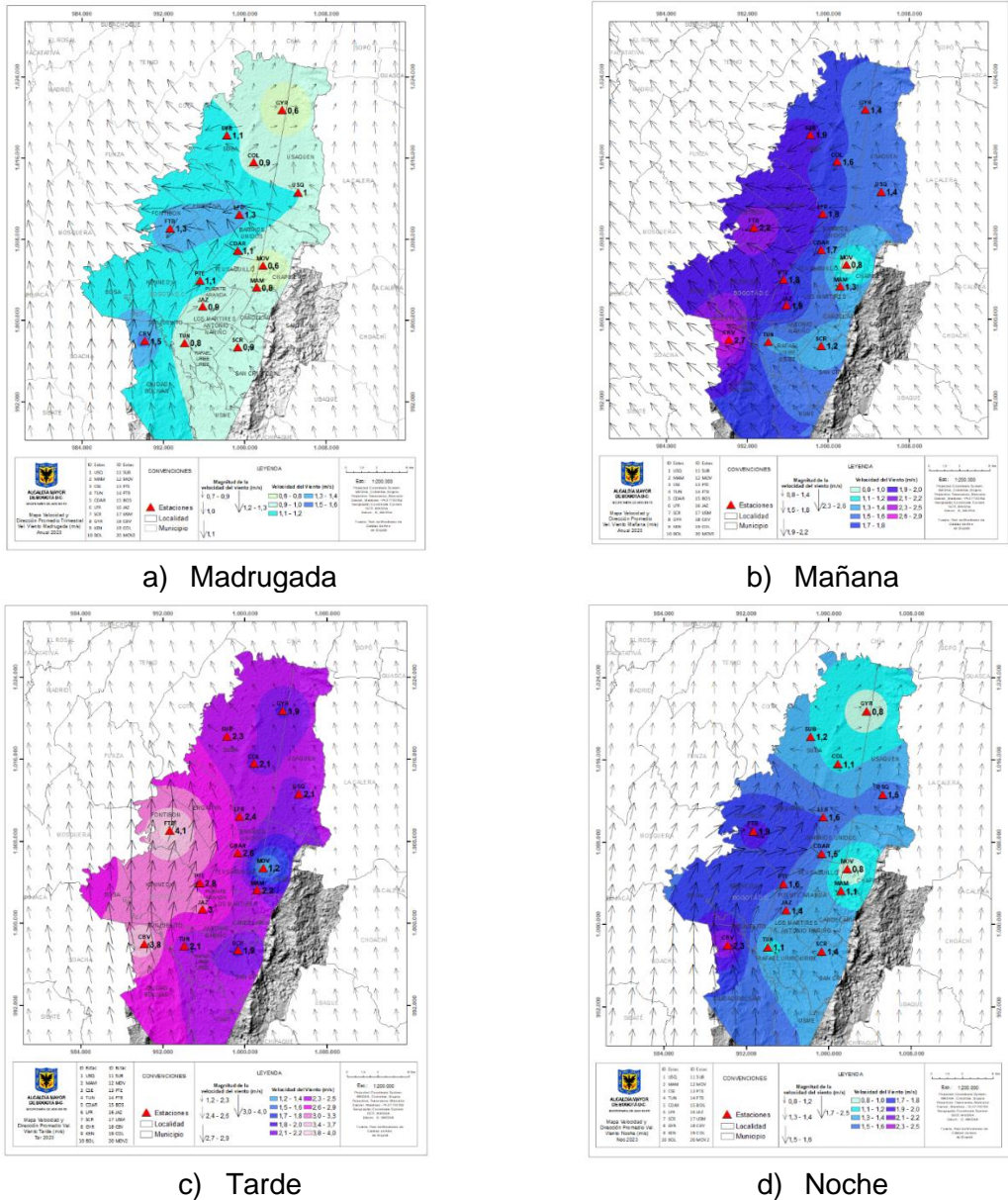





Figura 10-18. Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche. RMCAB – 2023

10.3.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

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

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

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

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



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

BOGOTÁ

METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M1

Versión: 8

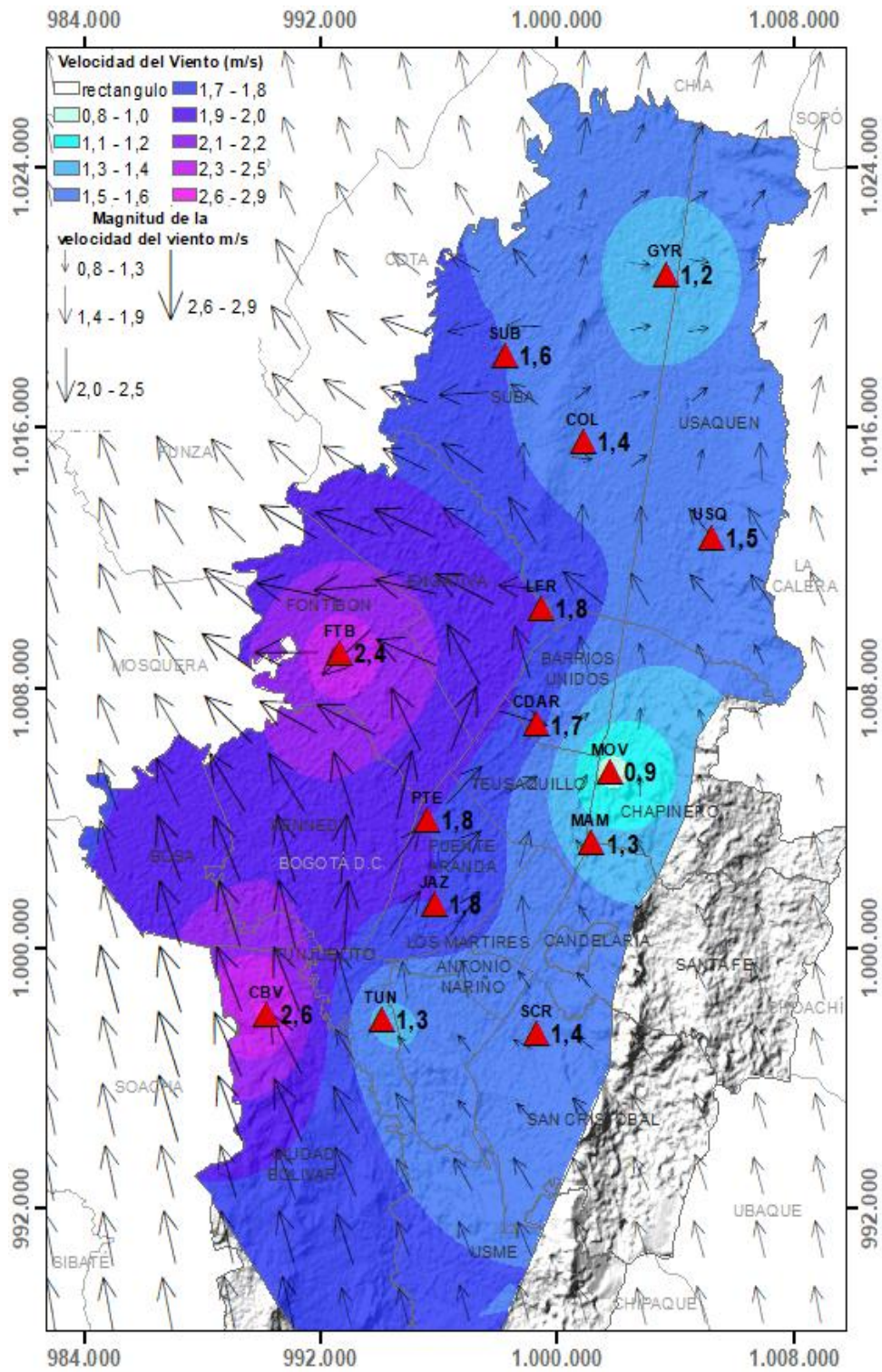



Figura 10-19. Mapa de dirección y velocidad promedio del viento – 2023

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

10.3.5. PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

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



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

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

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

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

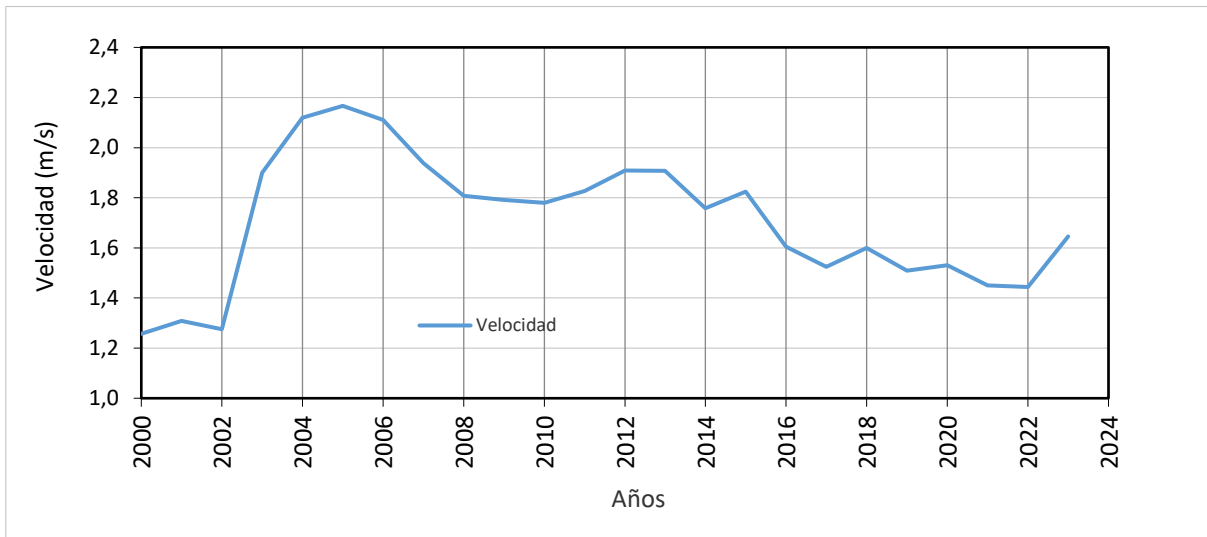


Figura 10-20 Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en Bogotá entre 2000 a 2023

10.4. RADIACION SOLAR


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

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

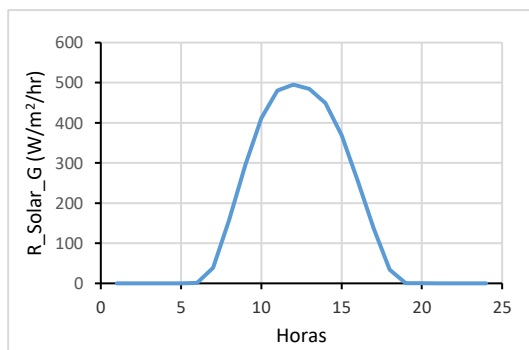
La radiación solar es de máxima importancia para la vida sobre la Tierra. Los distintos flujos de radiación, hacia y desde la superficie de la Tierra, permiten deducir el balance de calor de la Tierra en su totalidad, y de cualquier lugar particular sobre el globo. El conocimiento de la radiación solar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

10.4.1. PROMEDIOS ANUALES DE RADIACIÓN SOLAR

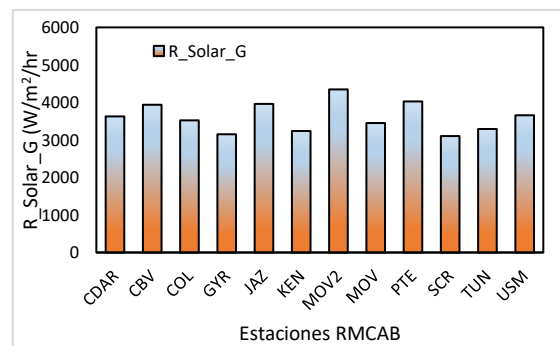
De acuerdo con los registros de la RMCAB, en la ciudad de Bogotá se acumularon, en promedio, aproximadamente 1.30 GW/m² en 2023. A nivel mensual, en enero se recibió la mayor cantidad de radiación, ligeramente por debajo del año anterior y del promedio multianual 2009 a 2023. No obstante. Salvo en los meses de marzo y agosto, las cantidades de radiación recibidas en 2023, fueron menores que el promedio multianual. Ver Figura 10-21 .

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

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



a) Perfil horario




b) Total acumulado por día

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

10.4.3. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

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

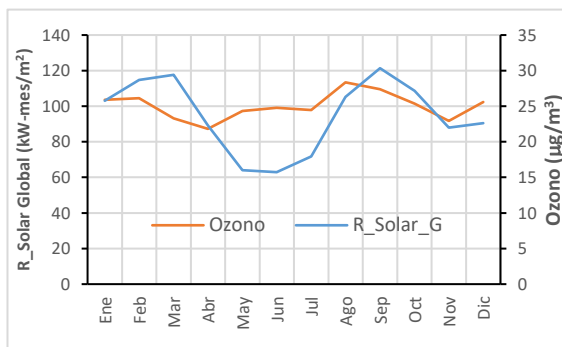
Teniendo la influencia de la radiación solar en las concentraciones de ozono, en la Figura 10-23 se muestra el perfil de las concentraciones de ozono promedio de 2023. Este perfil permite observar una estrecha relación entre las cantidades de radiación acumuladas en enero y

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

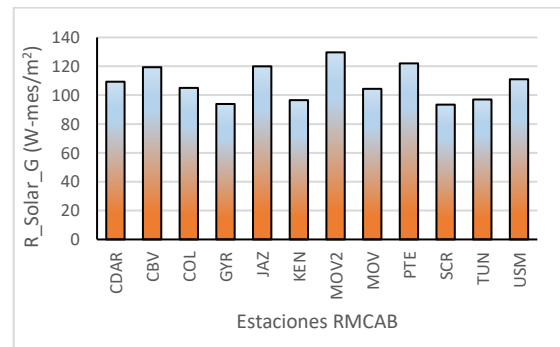
las concentraciones de ozono para el mismo periodo. Semejanza idéntica se observa entre agosto y diciembre; sin embargo, el incremento en las concentraciones de ozono en entre abril y julio tiene un comportamiento opuesto a las cantidades de radiación recibidas en dicho mes, lo que sugiere que dichas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

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

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



a) Comportamiento medio mensual




b) Acumulado por estación

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

10.4.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

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

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

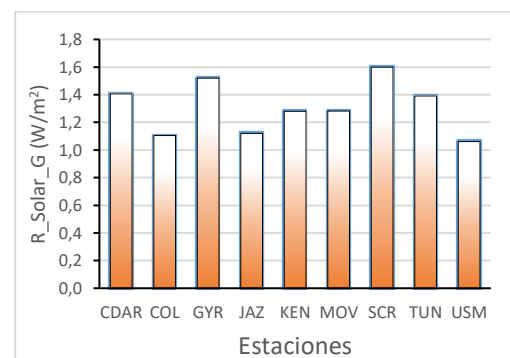
Semejante a lo reportado a nivel mensual, también se presentan los totales anuales de radiación solar acumulados en las estaciones Ciudad Bolívar, Móvil de Fontibón y Puente Aranda durante el año en curso. Estos valores son solo indicativos, pero no representan el promedio histórico del sector que representa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

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

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



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado por estación

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

10.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

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

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

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

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


10.5.1. PROMEDIOS ANUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

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

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

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

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

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

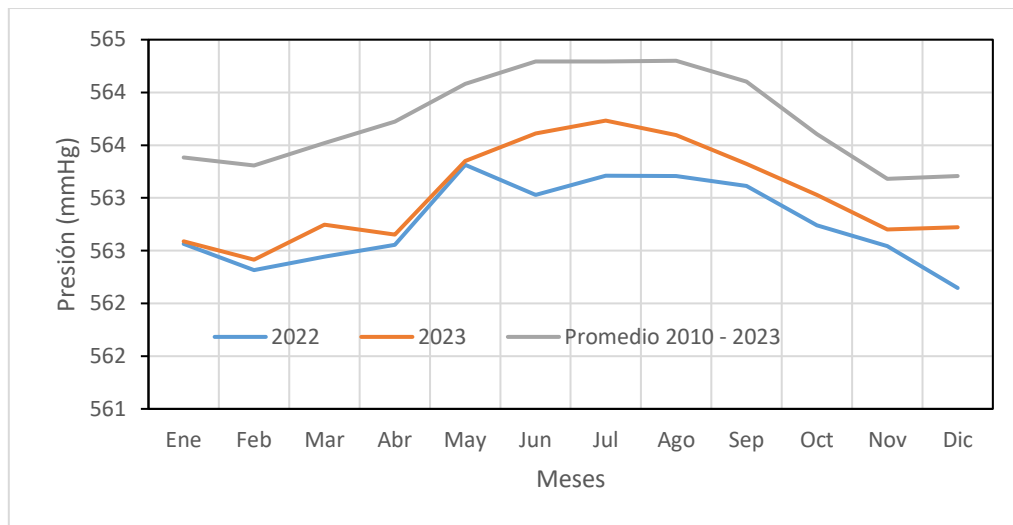


Figura 10-25. Comportamiento mensual de la presión en 2022 y 2023 frente al promedio mensual multianual 2010-2023


10.5.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

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

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

Fuente: RMCAB 2023

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

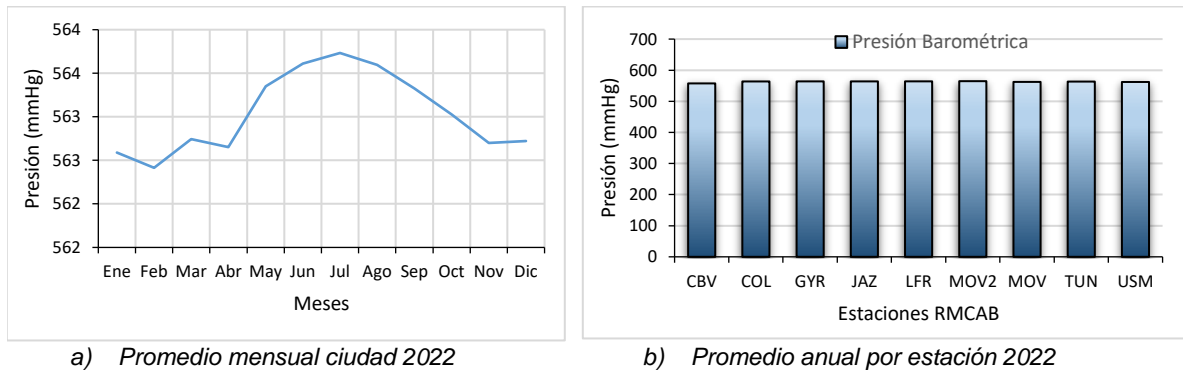


Figura 10-26. Comportamiento medio mensual de la presión atmosférica en 2023. a) promedio ciudad; b) promedio por estación

10.5.3. PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

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

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


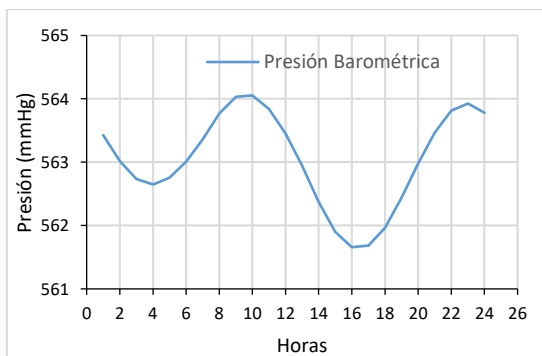
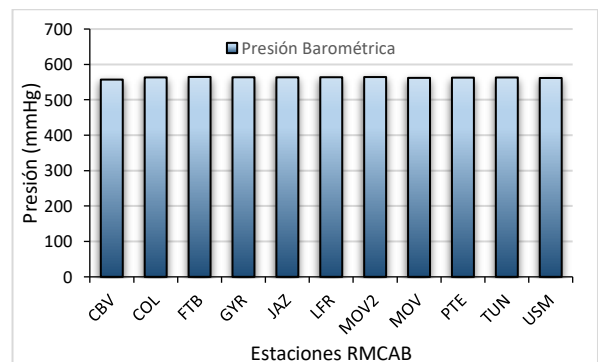
	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

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

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



a) Ciclo semi diario de la presión



b) Promedio diario por estación

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

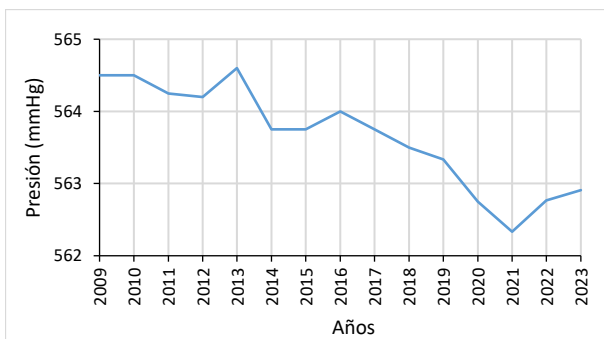
10.5.4. PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

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

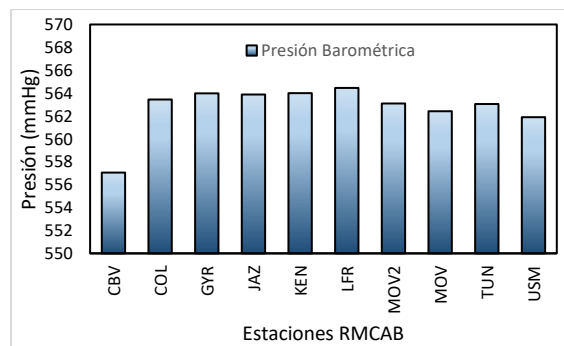
De acuerdo con los registros de la RMCAB en 2023 se observa un incremento de aproximadamente 0.1 mmHg en los niveles de presión atmosférica, con respecto al año anterior como se puede visualizar en la Figura 10-28

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

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




a) Promedio multianual



b) Promedio multianual por estación

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

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

10.6. HUMEDAD

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

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


10.6.1. PROMEDIOS ANUALES DE HUMEDAD

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

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

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

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

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

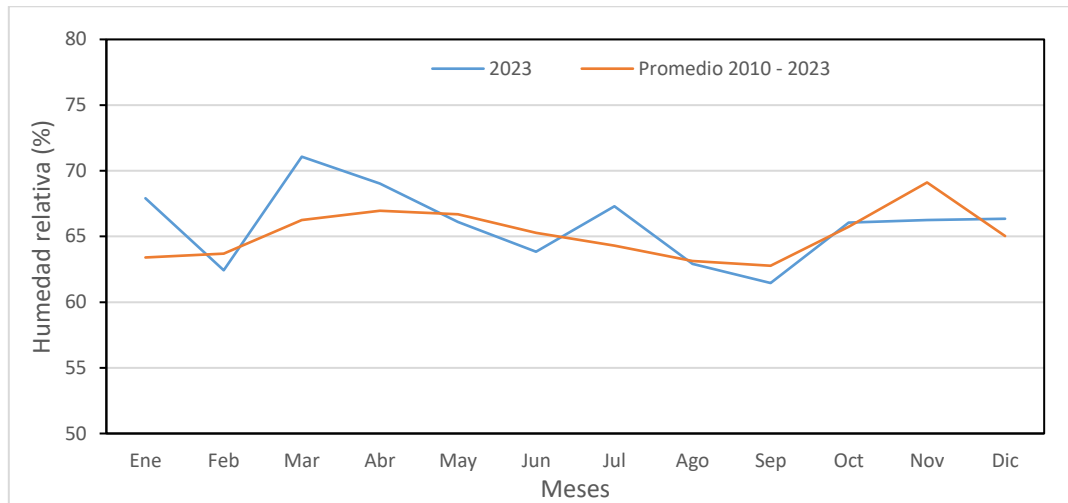


Figura 10-29. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2023 Vs promedio mensual multianual 2010-2023

10.6.2. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

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

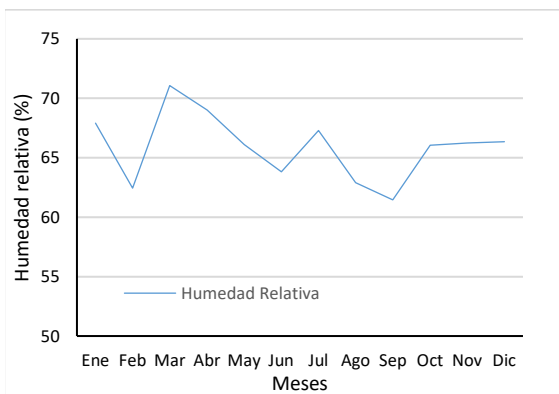
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Puente Aranda y Jazmín se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por las estaciones San Cristóbal, Guaymaral y CDAR, mientras que la Móvil de la Séptima la que menor cantidad reportó.

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

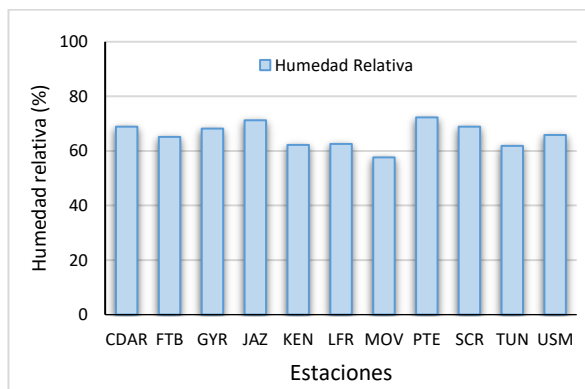
Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	69	67	73	72	68	65	68	65	67	72	70	71	69
CBV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
COL	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
FTB	68	63	70	69	65	61	65	61	60	66	66	66	65
GYR	68	66	71	70	69	67	69	67	66	69	68	68	68
JAZ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

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

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



a) Promedio mensual 2023



b) Promedio por estación 2023

c)

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


10.6.3. PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

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

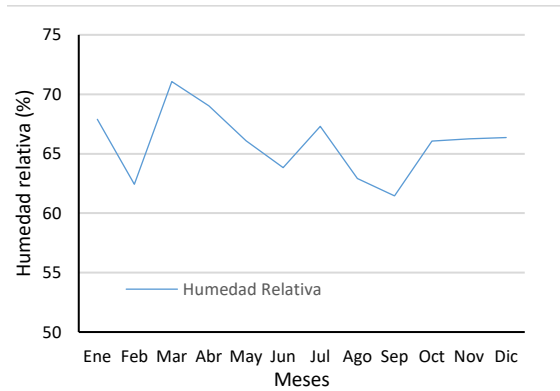
En cuanto a su distribución espacial, en las estaciones Puente Aranda y Jazmín se registraron los mayores contenidos de humedad, seguidos por las estaciones San Cristóbal, Guaymaral y CDAR, mientras que la Móvil de la Séptima la que menor cantidad reportó.

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

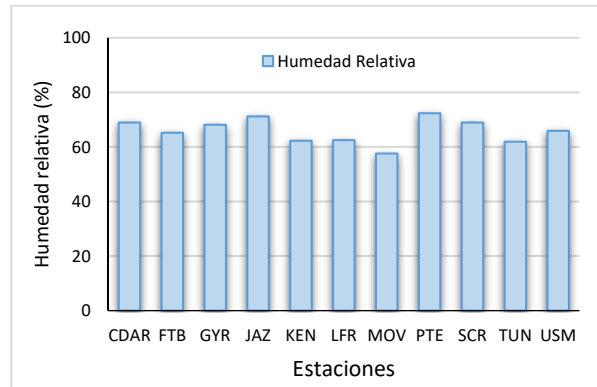
Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
CDAR	69	67	73	72	68	65	68	65	67	72	70	71	69
CBV	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
COL	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	
FTB	68	63	70	69	65	61	65	61	60	66	66	66	65
GYR	68	66	71	70	69	67	69	67	66	69	68	68	68
JAZ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

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

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



d) Promedio mensual 2023



e) Promedio por estación 2023


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

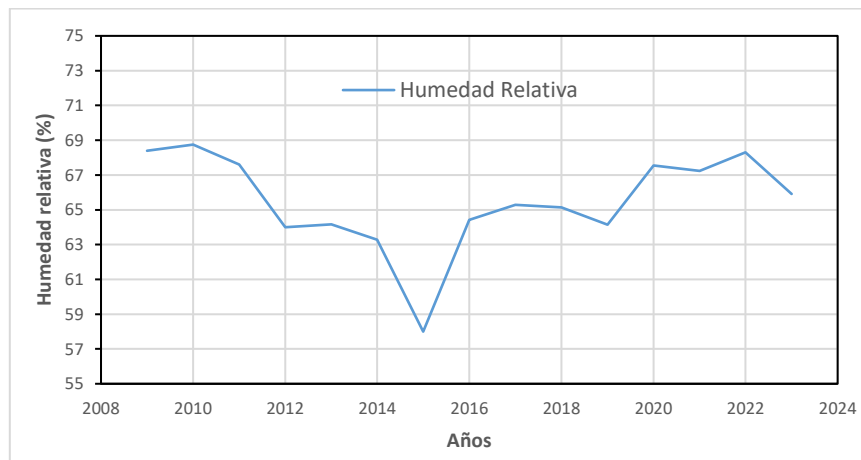
10.6.4. PROMEDIOS HISTÓRICOS ANUALES DE HUMEDAD

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

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

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

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



a) Promedio multianual RMCAB 2009 - 2023


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

11. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA

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

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

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

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

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

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

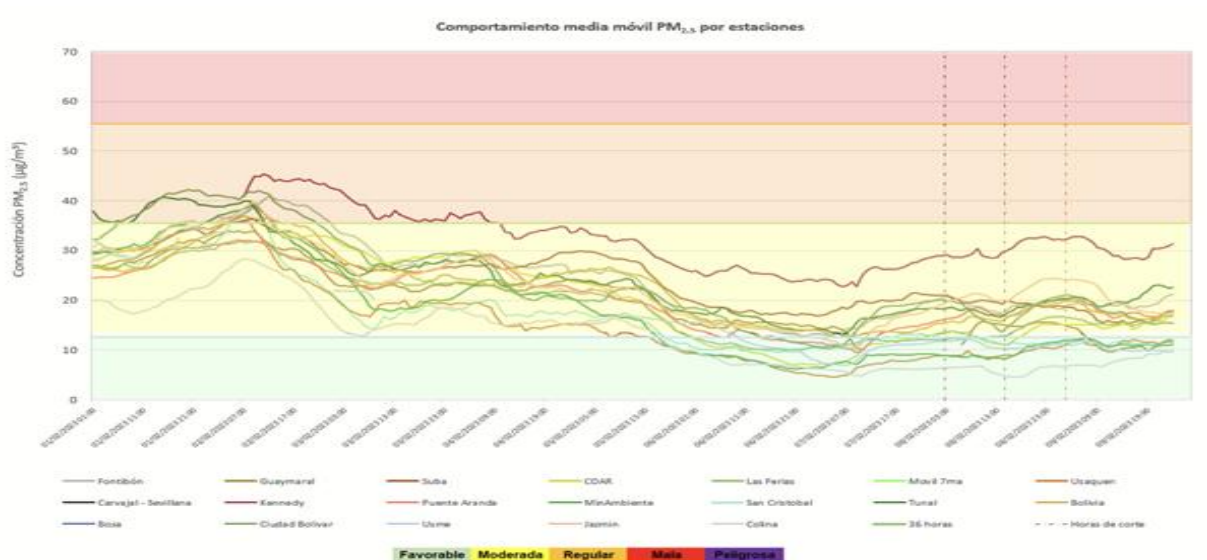


Figura 11-1. Comportamiento concentraciones media móvil 24H $PM_{2.5}$ – Alerta Fase 1 en la zona suroccidente 4 al 10 de febrero 2023

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

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

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

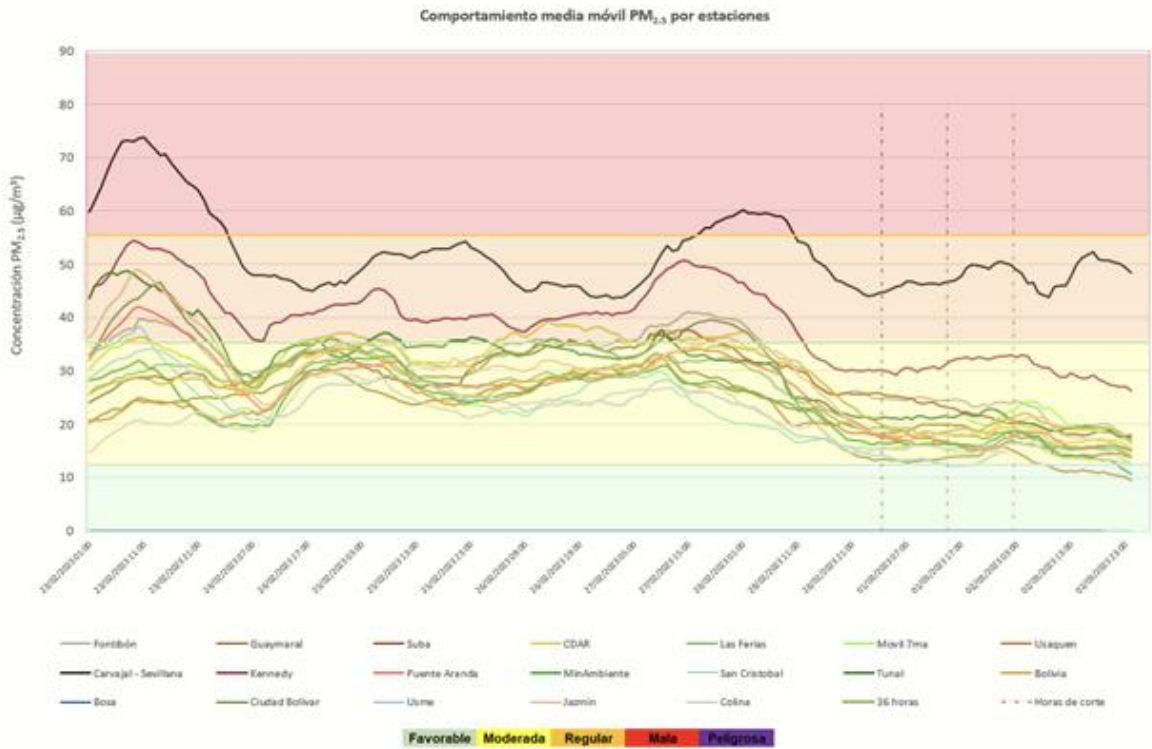


Figura 11-2. Comportamiento concentraciones media móvil 24H $PM_{2.5}$ – alerta fase 1 a nivel ciudad 24 de febrero al 2 de marzo 2023

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

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

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

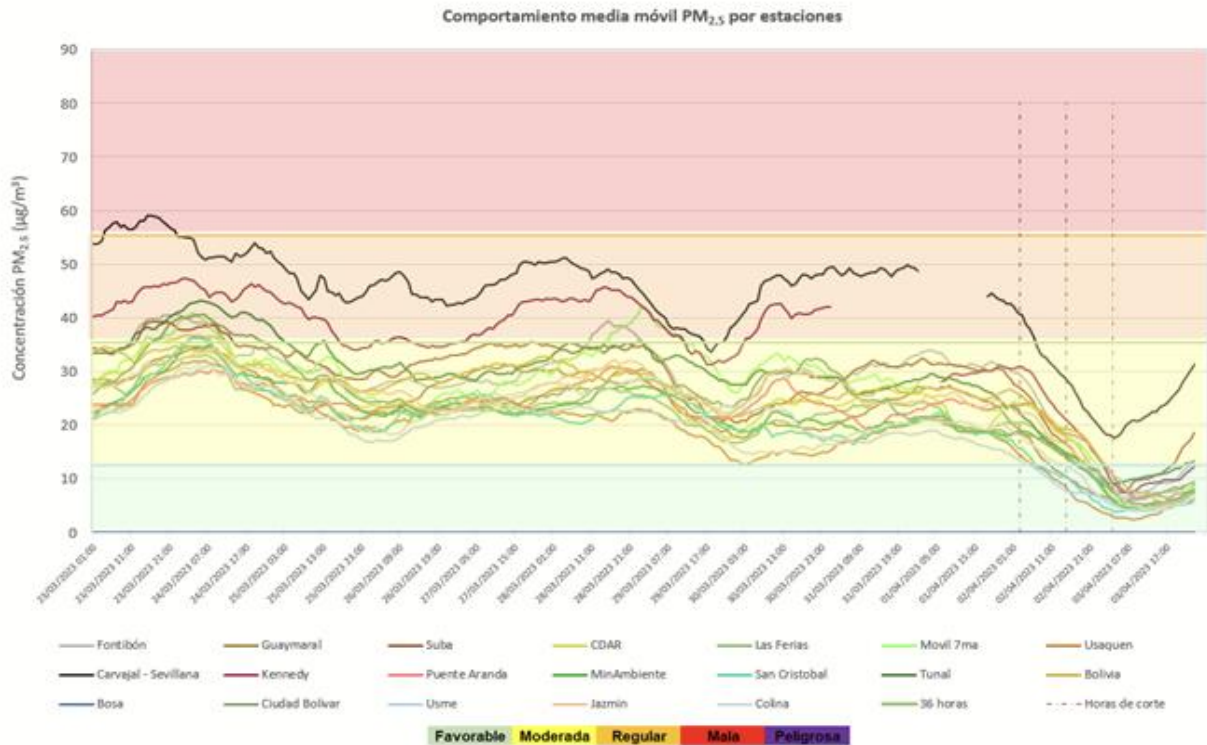



Figura 11-3. Comportamiento concentraciones media móvil 24H PM_{2.5} – Alerta Fase 1 Zona Suroccidente 24 de marzo al 3 de abril 2023

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

12. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

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

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

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

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

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

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


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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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


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



Figura 12-1. Red Integrada de Servicios de Salud

12.1. VIGILANCIA EN SALUD AMBIENTAL


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

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

Como procesos transversales de la vigilancia:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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


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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7.2. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

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

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


7.3. MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA

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

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

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

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

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

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

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

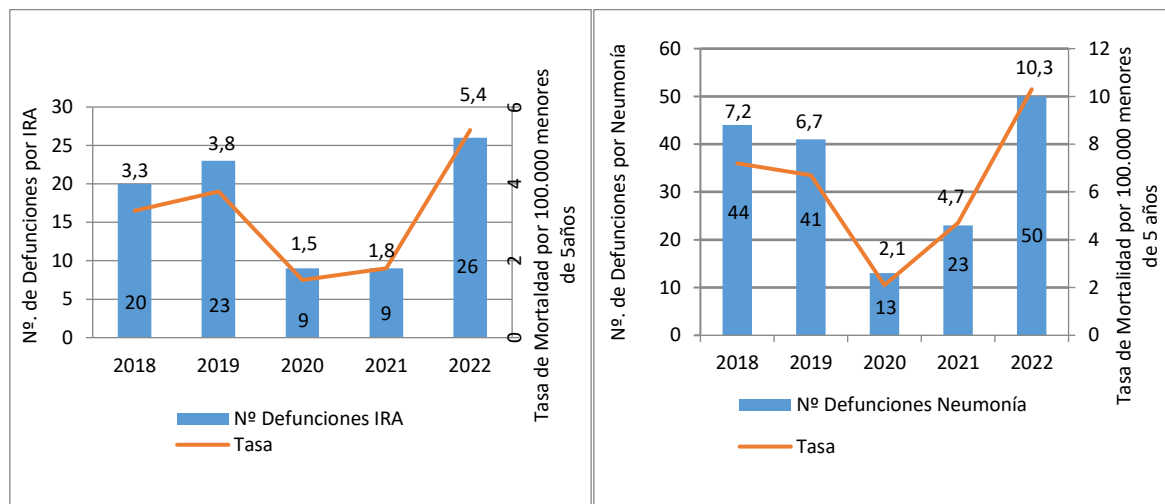


Figura 12-1 Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2018 a 2023.

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

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

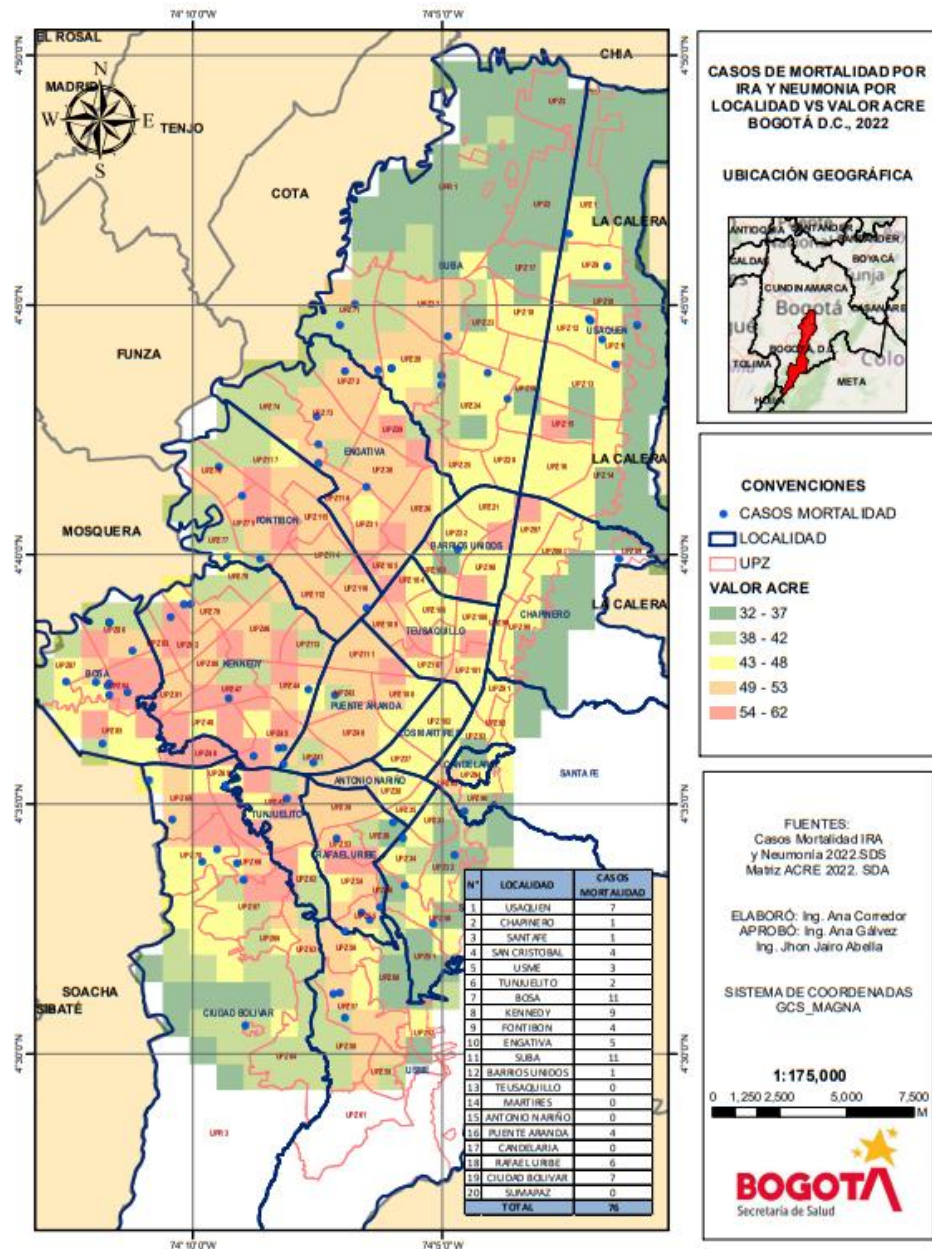


Figura 12-2 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Valor ACRE, 2023. Se observa el mapa con la ubicación del número de casos ocurridos en las diferentes localidades de mortalidad por IRA y Neumonía en menores de 5 años, así como el valor ACRE representados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

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

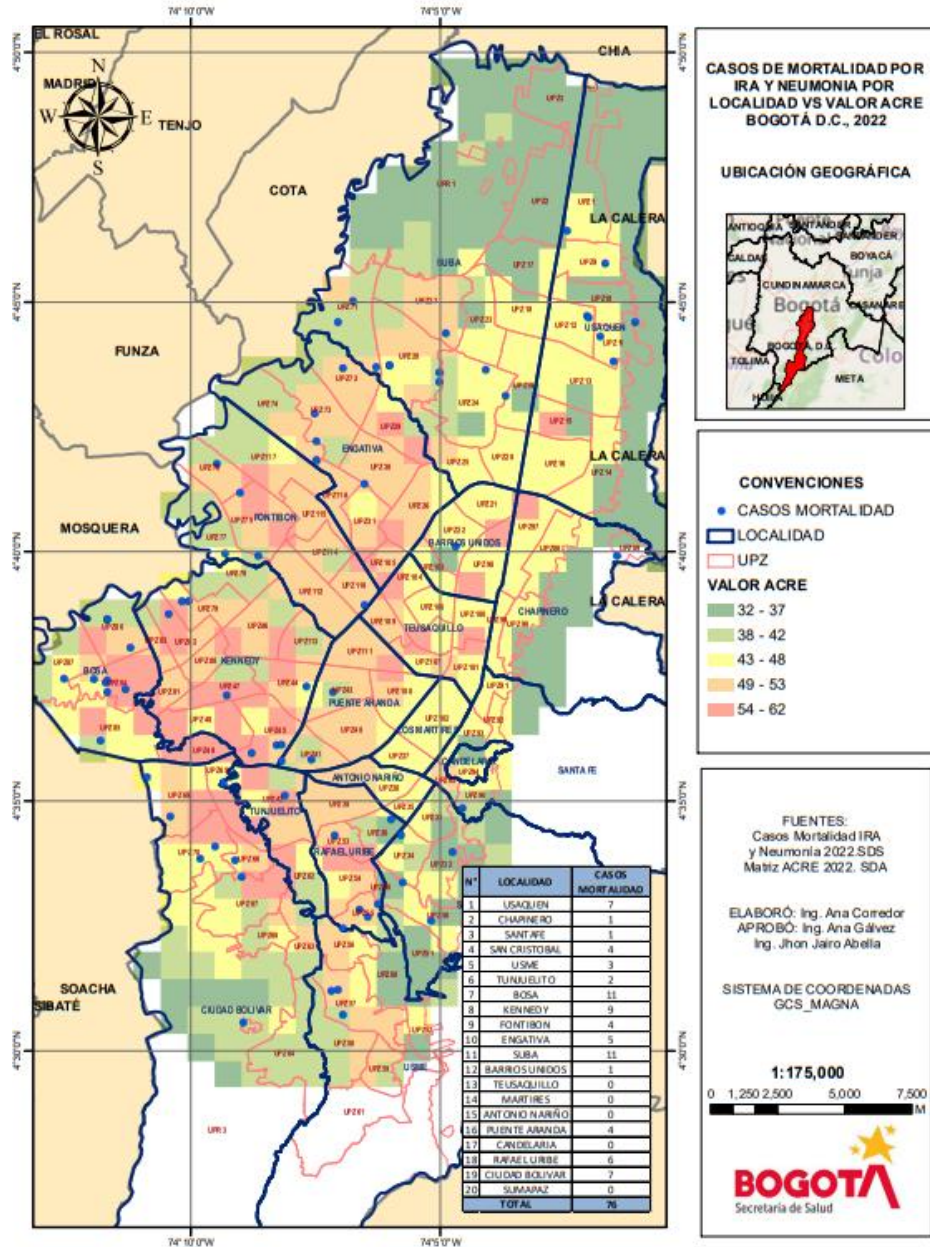



Figura 12-2 Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria y Neumonía en menores de 5 años en Bogotá Vs Valor ACRE, 2023.

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

7.2.1. MORBILIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA

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

Morbilidad Atendida


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

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

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

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

²² Unidad de atención de Enfermedad Respiratoria Aguda Comunitaria. OPS. Disponible en: https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/UAIAC_15062012%5B1%5D.pdf

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

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

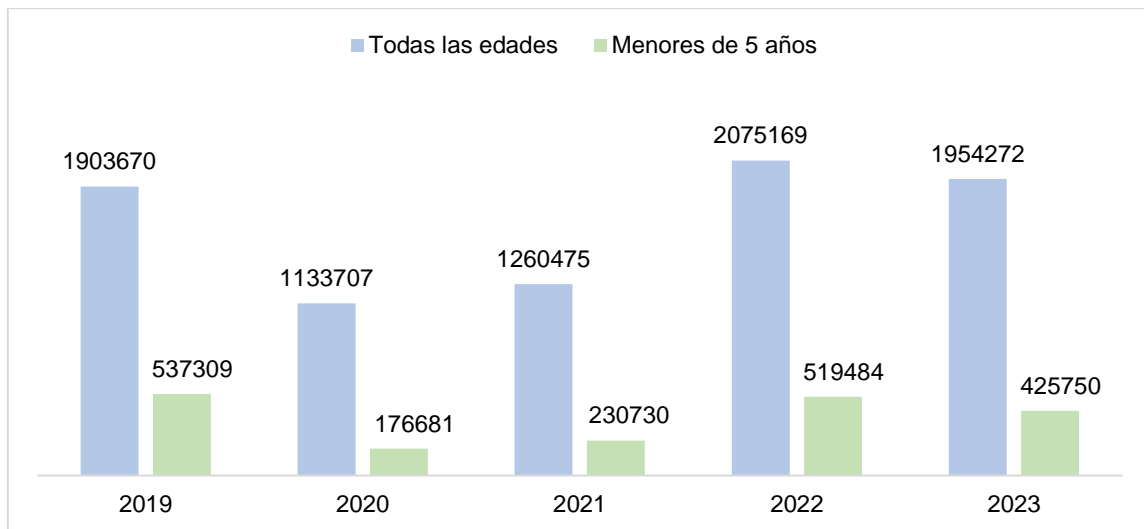


Figura 12-3 Morbilidad por IRA (evento 995-SIVIGILA) en la población general y menores de cinco años en Bogotá D.C. Años de 2019 a 2023.

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

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

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

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

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

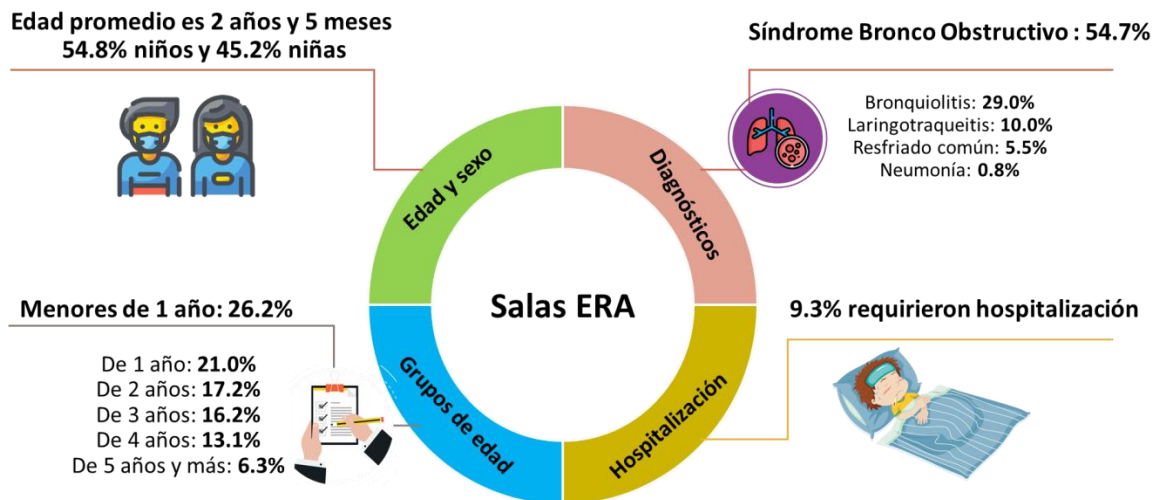



Figura 12-4 Principales características de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2023.

Morbilidad Sentida

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

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

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

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

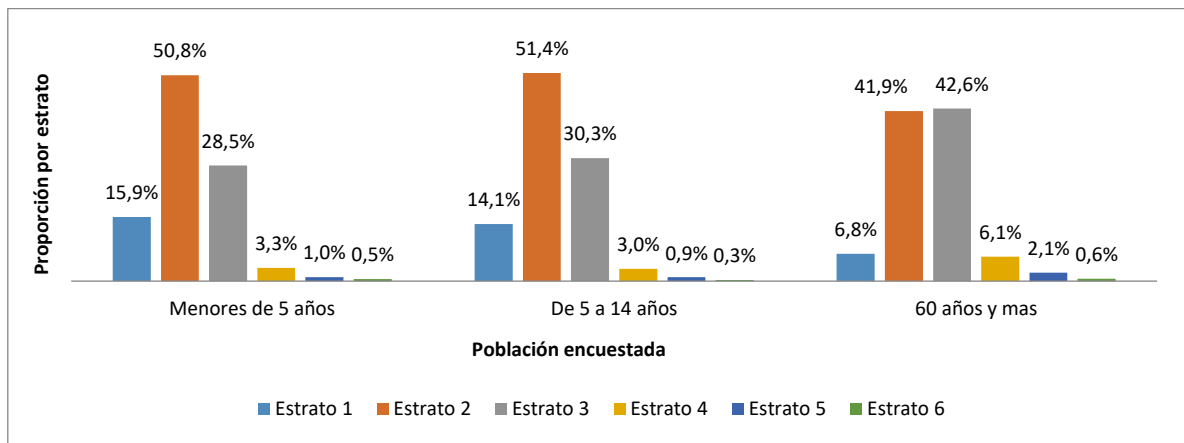


Figura 12-5 Distribución de los estratos socioeconómicos según grupos de población encuestada. Bogotá 2023.

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

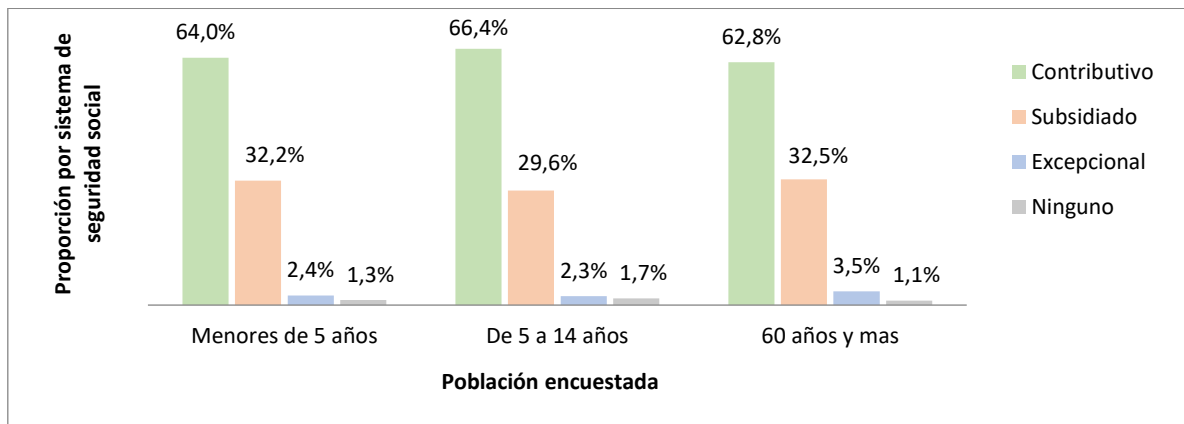


Figura 12-6 Distribución por el Sistema General de Seguridad Social en Salud según grupos de población encuestada, Bogotá 2023.

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

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

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

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

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

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

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


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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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


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

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

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

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

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

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

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

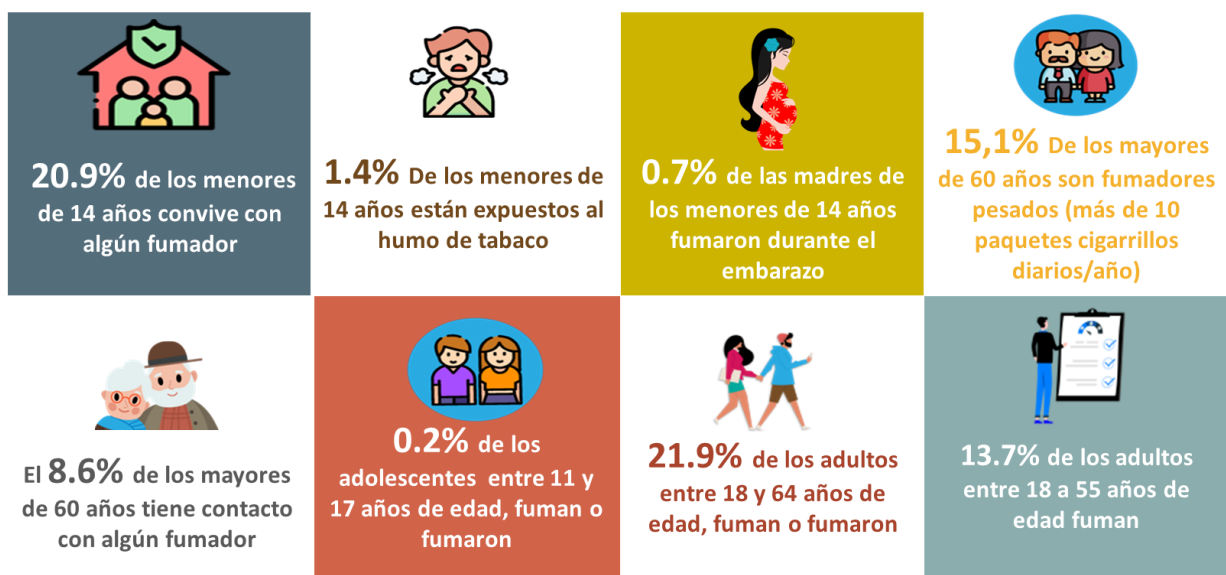


Figura 12-7 Proporciones por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años. Bogotá 2023.

Menores de 5 años

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

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

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

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

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

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


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

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

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

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

Menores de 5 años			
Sibilancias en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	9.83	7.65-12.62	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	2.26	1.36-3.75	0.002
Diagnóstico de desnutrición	2.01	1.09-3.69	0.042
Diagnóstico de obesidad	2.01	3.88-6.96	0.001
Cocina no ventilada	2.00	1.20-3.33	0.009
Hongos/humedad en la habitación	1.91	1.40-2.61	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.90	1.47-2.46	0.000
Algún antecedente gestacional	1.88	1.45-2.45	0.000
Cocina compartida	1.71	1.08-2.70	0.023
Hongos/humedad en la vivienda	1.70	1.32-2.18	0.000
No lactancia materna exclusiva	1.61	1.14-2.27	0.008
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.51	1.07-2.14	0.020
Restaurantes cerca de la vivienda	1.51	1.10-2.08	0.010
Menor duerme con otra persona en la misma cama	1.35	1.06-1.70	0.011
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.32	1.03-1.69	0.057
Niños hombres	1.31	1.04-1.66	0.022
Tos seca en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Diagnóstico de desnutrición	3.41	2.41-4.84	0.000
Diagnóstico de obesidad	2.73	1.53-4.87	0.006
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.67	2.21-3.22	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.44	1.57-3,78	0.000
Tabaquismo pasivo	2.14	1.29-3.52	0.005
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	2.04	1.66-2.51	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	2.03	1.49-2.76	0.000
Hongos/humedad en la habitación	2.02	1.57-2.59	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.82	1.49-2.23	0.000
Presencia de cucarachas o roedores	1.78	1.30-2.44	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.74	1.33-2.28	0.000
Menor en contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.69	1.28-2.24	0.000
Cocina compartida	1.63	1.12-2.39	0.013
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.58	1.26-1.99	0.000
Algún antecedente gestacional	1.57	1.25-1.97	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	1.57	1.21-2.03	0.001
Parqueadero de buses, tractomulas cerca de la vivienda	1.57	1.16-2.11	0.004
Bajo peso al nacer	1.55	1.23-1.95	0.000
Reparación de vehículos cerca de la vivienda	1.38	1.06-1.80	0.016
Consumo tabaco en el hogar	1.30	1.05-1.63	0.017
Permanencia ventanas cerradas	1.24	1.00-1.54	0.051
Niños hombres	1.22	1.01-1.48	0.037

Síntomas sin gripa en el último año

Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de obesidad	1.70	1.04-2.76	0.053
Diagnóstico de bronquios/pulmones	1.69	1.48-1.92	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.59	1.39-1.81	0.000
Hongos/humedad en la habitación	1.59	1.34-1.90	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.55	1.34-1.79	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.52	1.10-2.10	0.016
Cocina compartida	1.42	1.09-1.84	0.013
Canales de agua cerca de la vivienda	1.42	1.16-1.74	0.001
Zonas de reciclaje cerca de la vivienda	1.37	1.13-1.67	0.002
Ornamentación cerca de la vivienda	1.31	1.09-1.58	0.005
Vivir cerca de alguna fuente fija	1.23	1.08-1.40	0.001
Vivir cerca de tráfico pesado	1.17	1.03-1.33	0.013
Permanencia ventanas cerradas	1.16	1.00-1.34	0.042

Despertarse por tos en la noche en el último mes

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de desnutrición	2.80	1.76-4.46	0.000
Diagnóstico de obesidad	2.54	1.25-5.14	0.027
Vivir cerca de quemas a cielo abierto	2.46	1.22-5.68	0.036
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.37	1.42-3.96	0.001
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.32	1.87-2.89	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	2.07	1.63-2.61	0.000
Dormir con las mascotas	2.00	1.08-3.70	0.043
Tabaquismo pasivo	1.99	1.09-3.62	0.043
Vivir cerca de lavandería	1.86	1.29-2.69	0.001
Hongos/humedad en la habitación	1.70	1.25-2.30	0.001
Algún antecedente gestacional	1.69	1.31-2.17	0.000
Menor en contacto con fumadores los dos primeros años de vida	1.58	1.14-2.20	0.006
Hongos/humedad en la vivienda	1.50	1.18-1.91	0.001
Construcciones cerca de la vivienda	1.39	1.08-1.74	0.008

RP: Razón de Prevalencia

Niños de 5 a 14 años


En este grupo de edad mediante el análisis bivariado realizado se identificó que, para los diferentes síntomas, los antecedentes de salud de los menores son los que presentan las mayores razones de prevalencias, entre estos el haber nacido con bajo peso, el diagnóstico de desnutrición y de bronquios/pulmones. Por su parte, el diagnóstico de enfermedades respiratorias en los padres, la madre en contacto con fumadores durante el embarazo y la exposición laboral a tóxicos por parte de alguien que conviva con el menor también pueden ser factores de riesgo para los diferentes síntomas en los menores de 5 a 14 años. En cuanto a las condiciones intradomiciliarias más representativas se encuentran residir en vivienda con cocina compartida y la humedad en la misma; y entre los factores extramurales que mayormente se asociaron a los síntomas fueron residir cerca de restaurantes, zonas de reciclaje y lavandería. Ver Tabla 12-4.

Tabla 12-4. Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos sin gripa, síntomas sin gripa en el último año y despertarse por tos en la noche en el último mes en menores de 5 a 14 años.

Niños de 5 a 14 años			
Sibilancias en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	9.81	6.95-13.84	0.000
Diagnóstico de desnutrición	5.93	3.44-10.22	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	3.62	2.48-5.30	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	3.38	1.88-6.08	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	3.22	1.07-9.68	0.047
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	3.11	2.23-4.34	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Parqueadero de buses cerca de la vivienda	2.80	1.86-4.22	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.56	1.66-3.94	0.000
Cocina compartida	2.49	1.51-4.12	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	2.38	1.65-3.43	0.000
Zona de reciclaje cerca de la vivienda	2.20	1.45-3.39	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	2.17	1.35-3.51	0.001
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.96	1.36-2.83	0.000
Bajo peso al nacer	1.92	1.30-2.85	0.001
Hongos/humedad en la vivienda	1.60	1.13-2.27	0.008
Obras de construcción cerca de la vivienda	1.52	1.01-2.27	0.040
Tos en la noche sin gripa en el último Año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.20	1.98-2.46	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	2.00	1.26-3.19	0.007
Diagnóstico de desnutrición	1.92	1.43-2.59	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.92	1.65-2.24	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.79	1.39-2.31	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.71	1.51-1.95	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	1.62	1.44-1.82	0.000
Diagnóstico de obesidad	1.61	1.18-2.20	0.005
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.53	1.28-1.82	0.000
Hongos/humedad en la habitación	1.53	1.30-1.80	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.49	1.23-1.79	0.000
Bajo peso al nacer	1.42	1.23-1.65	0.000
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.29	1.12-1.48	0.001
Zona de reciclaje cerca de la vivienda	1.29	1.08-1.54	0.005
Material de las paredes*	1.28	1.01-1.62	0.045
No lactancia materna exclusiva	1.27	1.06-1.51	0.008
Cocina compartida	1.26	1.00-1.58	0.054
Dormir con otra persona en la misma cama	1.25	1.11-1.41	0.000
Vivir cerca de construcciones	1.19	1.06-1.35	0.004
Restaurantes cerca de la vivienda	1.18	1.00-1.38	0.042
Síntomas sin gripa en el último año			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Diagnóstico de desnutrición	1.98	1.55-2.53	0.000
Diagnóstico de bronquios/pulmones	1.74	1.57-1.92	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.52	1.29-1.78	0.000

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.49	1.32-1.67	0.000
Restaurantes cerca de la vivienda	1.47	1.30-1.66	0.000
Diagnóstico de obesidad	1.46	1.10-1.95	0.015
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	1.46	1.13-1.88	0.006
Ornamentación cerca de la vivienda	1.39	1.22-1.60	0.000
Material de las paredes*	1.35	1.10-1.65	0.005
Hongos/humedad en la vivienda	1.32	1.19-1.48	0.000
Reparación de vehículos cerca de la vivienda	1.31	1.15-1.51	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	1.28	1.08-1.51	0.005
Hongos/humedad en la habitación	1.28	1.10-1.50	0.002
Bajo peso al nacer	1.25	1.10-1.44	0.001
Secado ropa intradomiciliaria	1.23	1.12-1.36	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	1.23	1.04-1.46	0.019
Canales de agua cerca de la vivienda	1.22	1.03-1.44	0.021
Ingresos del hogar no alcanzan para cubrir los gastos	1.21	1.07-1.38	0.003
Despertarse por tos en la noche en el último mes			
Variables o factores de riesgo	RP	IC 95%	p valor
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con tóxicos en su trabajo	3.52	2.42-5.11	0.000
Cocina compartida	2.85	2.09-3.90	0.000
No cambiar la ropa de la actividad laboral	2.76	1.40-5.44	0.009
Diagnóstico de desnutrición	2.69	1.58-4.57	0.002
Diagnóstico de bronquios/pulmones	2.58	2.08-3.19	0.000
Madre fumó durante los dos primeros años de vida del menor	2.49	1.43-4.35	0.005
Hongos/humedad en la habitación	2.49	1.89-3.27	0.000
Madre en contacto con fumadores durante el embarazo	2.31	1.72-3.11	0.000
Alguna de las personas que vive con el niño(a), está en contacto con otros niños y/o pacientes en su trabajo	2.23	1.65-3.01	0.000
Hongos/humedad en la vivienda	2.19	1.76-2.73	0.000
Padres diagnosticados con enfermedad respiratoria	1.92	1.49-2.46	0.000
Cocina no ventilada	1.83	1.08-3.10	0.024
Material de las paredes*	1.80	1.20-2.69	0.004
Bajo peso al nacer	1.72	1.31-2.26	0.000
Lavandería cerca de la vivienda	1.61	1.12-2.32	0.010
Restaurantes cerca de la vivienda	1.48	1.11-1.97	0.007
Permanencia ventanas cerradas	1.31	1.01-1.70	0.038

RP: Razón de Prevalencia

*Material paredes: se considera de riesgo "Ladrillo/Madera/Bahareque/Piedra/Metal/Cemento sin pintar".

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8


Mayores de 60 años

Para esta población los resultados del análisis bivariado mostraron asociación estadística principalmente con factores de exposición al tabaquismo de acuerdo con los 3 síntomas analizados a continuación. Es importante destacar que la dificultad respiratoria es el síntoma que tiene más factores de riesgo asociados, entre ellos los relacionados con el combustible utilizado para cocinar como leña y carbón. También se puede identificar que la mayor afectación en este grupo de edad tiene asociación con exposiciones acumuladas durante su vida, ejemplo la exposición a tóxicos durante el tiempo laborado. Ver Tabla 12-5.

Tabla 12-5. Factores relacionados con la presencia de sibilancias, tos y dificultad respiratoria en adultos mayores de 60 años.

Personas de 60 años y mas			
Sibilancias en el último mes			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Material de los pisos**	2.02	1.32-3.10	0.001
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.86	1.28-2.72	0.001
No realizar actividad física	1.81	1.26-2.60	0.001
Material de las paredes*	1.76	1.09-2.87	0.021
Combustible carbón para cocinar	1.73	1.10-2.74	0.017
Combustible leña para cocinar	1.56	1.09-2.22	0.013
Tos			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.86	1.54-2.24	0.000
Combustible leña para cocinar	1.51	1.27-1.80	0.000
Contacto con fumadores en el pasado	1.33	1.11-1.58	0.002
Espacio cerrado de exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.31	1,04-1.65	0.016
No realizar actividad física	1.31	1.10-1.56	0.002
Combustible cocinol para cocinar	1.21	1.01-1.44	0.031
Dificultad respiratoria			
Variables	RP	IC 95%	p valor
Haber vivido la mayoría del tiempo en vivienda compartida	1.96	1.11-3.48	0.051
Combustible carbón para cocinar	1.78	1.44-2.20	0.000
Combustible leña para cocinar	1.78	1.49-2.11	0.000
Combustible cocinol para cocinar	1.68	1.42-2.00	0.000
Exposición a tóxicos durante el tiempo laborado	1.50	1.26-1.79	0.000
Contacto con fumadores en el pasado	1.48	1.25-1.76	0.000
Establecimiento de ornamentación cerca de la vivienda	1.43	1.11-1.84	0.007
Contacto con fumadores en el presente	1.33	1.02-1.74	0.036
No realizar actividad física	1.33	1.12-1.58	0.001
Tabaquismo pesado***	1.30	1.04-1.61	0.019
Material de los pisos**	1.30	1.02-1.64	0.032
Tráfico pesado	1.19	1.00-1.42	0.047

*Material paredes: se considera de riesgo Ladrillo/Madera/Bahareque/Piedra/Metal/Cemento sin pintar”.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

**Material pisos: Alfombra/Tierra/Caucho corrugado/Cemento/Ladrillo/Madera.

***Un índice de un paquete/año equivale a fumar un paquete de cigarrillos cada día durante un año. Un resultado de 10 o más se considera tabaquismo pesado.

12.2. VIGILANCIA AMBIENTAL

La Secretaría Distrital de Salud realiza el análisis del comportamiento y la dinámica de calidad del aire en la ciudad, a partir de los datos reportados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, comparando las concentraciones presentadas, teniendo en cuenta las recomendaciones de la Guía de Calidad del Aire y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) de la Organización Mundial de Salud- OMS.

Calidad del aire extramural

La guía de calidad del aire de la OMS tiene como objetivo, orientar a las ciudades sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud, mediante el cumplimiento de los objetivos y el valor recomendado, para concentraciones promedio de 24 horas y promedio anual para contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$, con lo cual al alcanzar dichos valores se disminuiría la exposición y los posibles efectos a la salud causados por la contaminación del aire en la población; según lo indica la guía de la OMS, el seguimiento a los valores guía para la media de 24 horas, protegerá frente a niveles máximos de contaminación que de otra manera determinarían un exceso sustancial de morbilidad o de mortalidad en la población expuesta³¹, por tal motivo se realiza el análisis a las excedencias presentadas con respecto a los valores guía dados por la OMS.

Para efectos del análisis de las concentraciones presentadas, se tiene que para el año 2023, se contó con 17 estaciones de monitoreo, algunas de ellas no contaron con la representatividad mínima del 75% para promedios anuales, como se indicará más adelante.

Material particulado PM_{10} en Bogotá 2023

Con respecto a la concentración de PM_{10} , las estaciones con mayores concentraciones durante 2023, fueron Móvil Fontibón con $53.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Kennedy $41.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Ciudad Bolívar $40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, donde se observa que la estación Móvil Fontibón, superó el valor máximo permisible para una concentración promedio anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, indicado en la Resolución nacional 2254 de 2017, de igual manera dicha resolución contempla una meta de reducción al año 2030 de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en donde 9 de las 17 estaciones registraron un promedio igual o inferior a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Figura 12-9.

Por otra parte, teniendo en cuenta el valor recomendado por la Guía-OMS para promedio anual de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, todas las estaciones se encontraron por encima de dicho valor recomendado, la estación Colina fue la que presentó la menor concentración anual de $20.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cabe mencionar que las estaciones de Carvajal-Sevillana, Móvil 7ma y Bosa, no contaron con datos representativos para promedios anuales.

³¹ Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

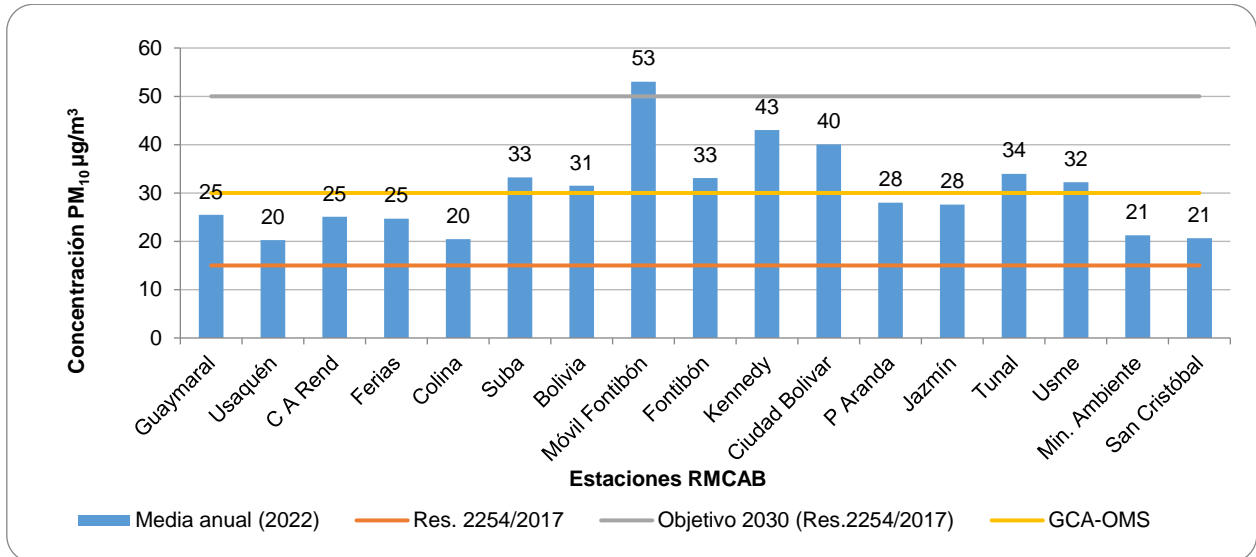


Figura 12-8 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM₁₀, para estaciones de la RMCAB, 2023.

Al revisar el promedio de 24 horas, la Guía-OMS recomienda una concentración media de 45 µg/m³, se observa que, durante el año 2023, se presentaron 961 excedencias en las 17 estaciones, principalmente en las estaciones al sur y occidente de la ciudad; las estaciones que registraron el mayor porcentaje de excedencias fueron Móvil Fontibón (65,9%), Kennedy (41.1%), Ciudad Bolívar (36,0%), Tunal (23,1%) y Suba (19,3%), como se muestra en la Figura 12-10.

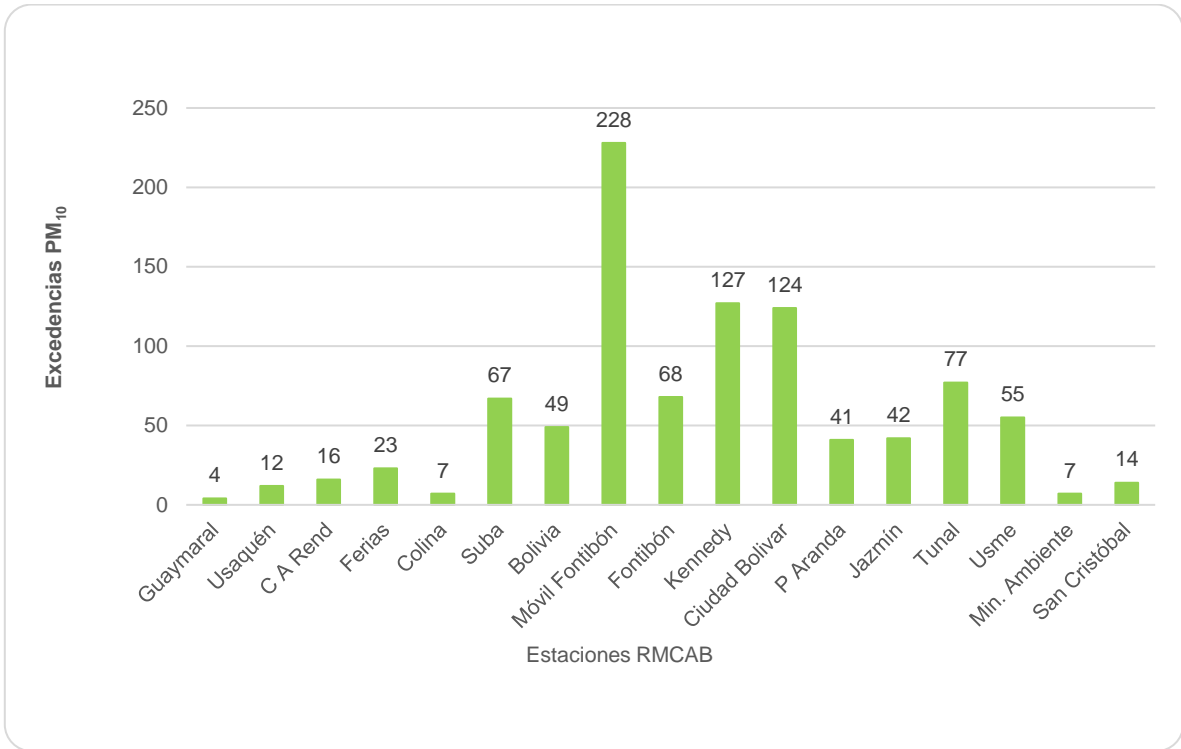


Figura 12-9 Excedencias de concentraciones de PM₁₀, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB, 2023.

Por otra parte, al revisar el comportamiento mensual, se puede observar en la Figura 12-11 que, entre febrero y marzo, así como entre octubre y diciembre, se presentaron el mayor porcentaje de excedencias y, por tanto, fueron los meses con mayores concentraciones promedio diarias.

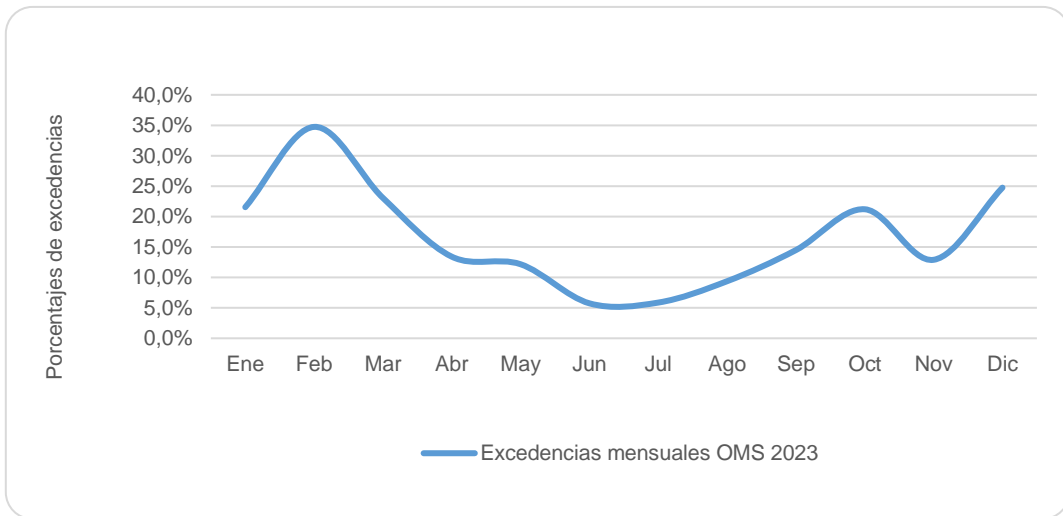



Figura 12-10 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM₁₀, en Bogotá, 2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

En la Tabla 12-6 se presenta el porcentaje de excedencias de PM₁₀, teniendo en cuenta los objetivos intermedios de la Guía OMS para concentraciones de 24 horas; para primer objetivo (OI-1), el 100% de las estaciones cumplieron el objetivo, respecto al OI-2 el 88.2% de las estaciones cumplieron, respecto al OI-3 el 58.8% de las estaciones cumplieron, y respecto al objetivo 4 y la Guía-OMS ninguna estación se encuentra por debajo de dicho valor recomendado, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias fueron Móvil Fontibón y Kennedy.

Tabla 12-6. Porcentaje excedencias de PM₁₀ para concentraciones promedio de 24hr, respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) por estación de la RMCAB, 2023.

PM ₁₀ EXCEDENCIA S OMS 2023	% CON RESPECT O AL OI-1 150µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-2 100µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-3 75µg/m ³	% CON RESPECT O AL OI-4 50µg/m ³	% CON RESPECT O A LA GUIA OMS 45µg/m ³
Guaymaral	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	1,2%
Usaquén	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	3,4%
C A Rend	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	5,3%
Ferías	0,0%	0,0%	0,0%	2,9%	6,7%
Colina	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	2,1%
Suba	0,0%	0,0%	0,3%	11,5%	19,3%
Bolivia	0,0%	0,0%	0,0%	8,9%	16,2%
Móvil					
Fontibón	0,0%	0,3%	13,0%	56,4%	65,9%
Fontibón	0,0%	0,0%	1,4%	12,0%	18,9%
Kennedy	0,0%	0,0%	2,9%	31,4%	41,1%
Ciudad Bolívar	0,0%	0,3%	4,7%	30,2%	36,0%
P Aranda	0,0%	0,0%	0,0%	5,2%	11,9%
Jazmín	0,0%	0,0%	0,0%	8,3%	12,0%
Tunal	0,0%	0,0%	0,9%	18,0%	23,1%
Usme	0,0%	0,0%	0,3%	10,9%	16,2%
Min. Ambiente	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	2,4%
San Cristóbal	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	3,9%

En la Figura 12-12 se muestra en las barras azules la concentración anual de PM₁₀ de los últimos 5 años en Bogotá y en líneas los objetivos intermedios de la OMS para la media anual; respecto al objetivo 1 (OI-1) de 70 µg/m³, y al objetivo 2 (OI-2) de 50 µg/m³, todos los años han presentado concentraciones medias por debajo del valor recomendado, sin embargo, para el objetivo 3 (OI-3) de 30 µg/m³, el año 2023 fue el año que presentó menor concentración en los últimos 5 años, cabe mencionar que el valor de promedio de 30 µg/m³, también corresponde a la meta de la Resolución 2254 de 2017 para el año 2030. Finalmente, frente al objetivo 4 y el valor Guía-OMS, falta reducir las concentraciones para alcanzar dichos valores promedio.

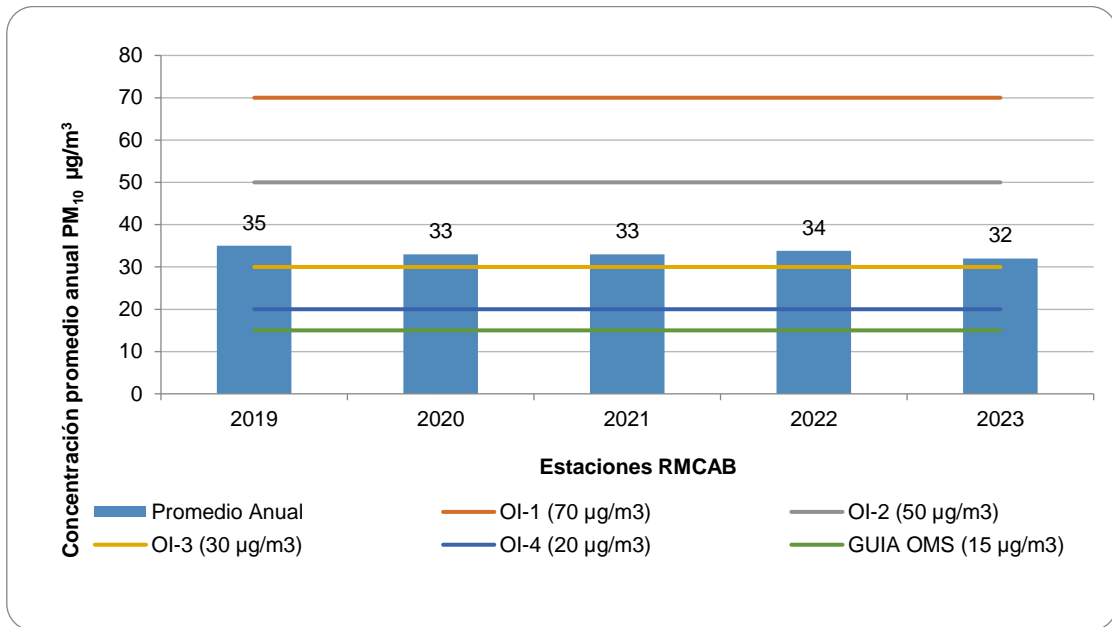


Figura 12-11 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS, para exposición anual, de PM₁₀ Bogotá 2019-2023.

En la Figura 12-13 se muestra el porcentaje de excedencias mensuales, de los últimos 5 años, donde se puede observar que el año 2019, presentó mayor porcentaje de excedencias, así mismo se observa la tendencia a presentar dos picos de altas concentraciones, principalmente entre los meses de enero a marzo y entre noviembre y diciembre, mientras que entre abril y agosto se presentan menos excedencias. Por otra parte, el año 2021, presentó menor porcentaje de excedencias respecto a años anteriores durante el primer trimestre, mientras que durante mayo y junio presentó un aumento, y hacia el último trimestre se presentaron más excedencias respecto al mismo periodo de años anteriores.

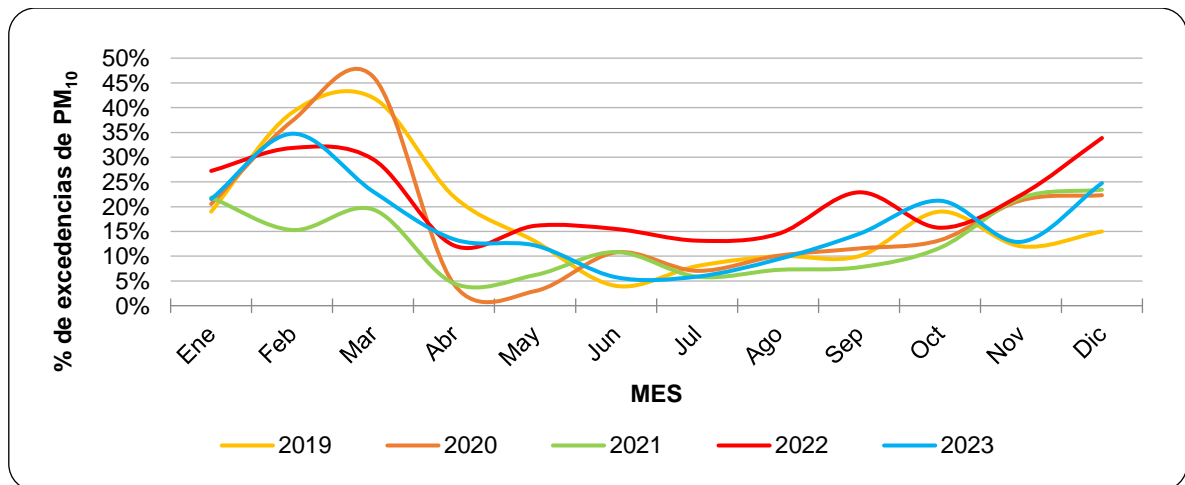


Figura 12-12 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2019-2023.

Material Particulado PM_{2.5} en Bogotá 2023

En Figura 12-14, se presenta el promedio de concentración anual de las estaciones de la RMCAB durante el año 2023, donde se observa que las estaciones con mayores concentraciones fueron Kennedy, Móvil Fontibón, Tunal, Fontibón y Ciudad Bolívar, principalmente las estaciones al sur y occidente de la ciudad; ahora bien, al comparar con el valor permisible de la Resolución 2254 de 2017 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ninguna estación superó dicho valor; por otra parte, se observa que, 11 estaciones presentaron concentraciones promedio anual por debajo de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cumpliendo con la meta para el año 2030 de la resolución 2254 de 2017. No obstante, teniendo en cuenta el valor recomendado por la Guía-OMS ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ninguna estación se encuentra cumpliendo con dicho valor.

Las estaciones de Bosa, Carvajal-Sevilla y Móvil 7ma no contaron con la representatividad del 75% para promedio anual.

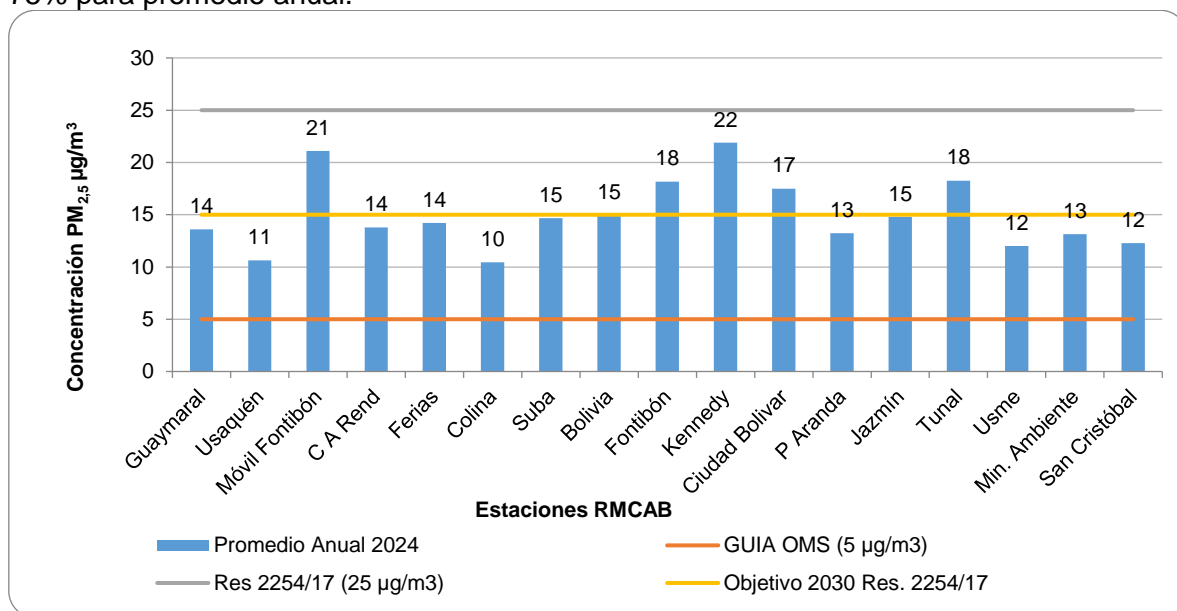


Figura 12-13 Concentración promedio y excedencia a la normativa Guía-OMS y Resolución 2254 de 2017 de PM_{2.5} para estaciones de la RMCAB, 2023.

La Figura 12-15 presenta las excedencias para concentraciones diarias de PM_{2.5}, presentadas durante el año 2023 y teniendo en cuenta el valor recomendado de la Guía-OMS de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se observa que, se presentaron 2580 excedencias en las 17 estaciones, las estaciones que registraron el mayor porcentaje de excedencias fueron Kennedy (73.9%), Móvil Fontibón (72.8%), Fontibón (61.9%), Tunal (57.5%) y Bolivia (54.4%).

Cabe mencionar que la estación Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma, reportó información solo entre agosto y diciembre y la estación de Bosa no reportó datos durante el año 2023.

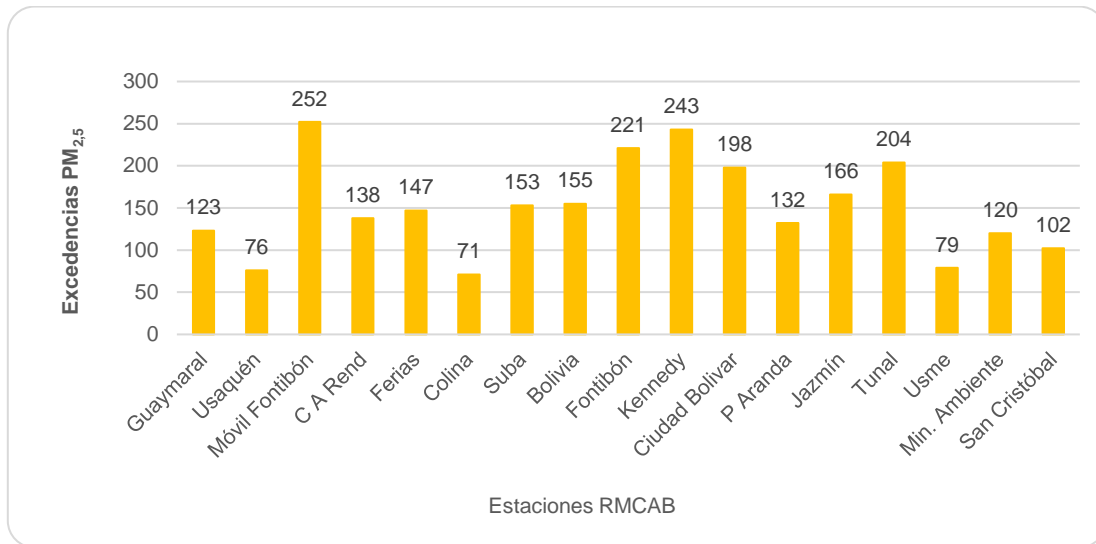


Figura 12-14 Excedencias de PM_{2,5}, respecto a la Guía-OMS en las estaciones de la RMCAB, 2023.

Además, al revisar el comportamiento mensual, se puede observar en la Figura 12-16 que, durante el periodo enero - abril, así como entre septiembre a diciembre se presentaron el mayor porcentaje de excedencias y por tanto fueron los meses con mayores concentraciones promedio diarias.

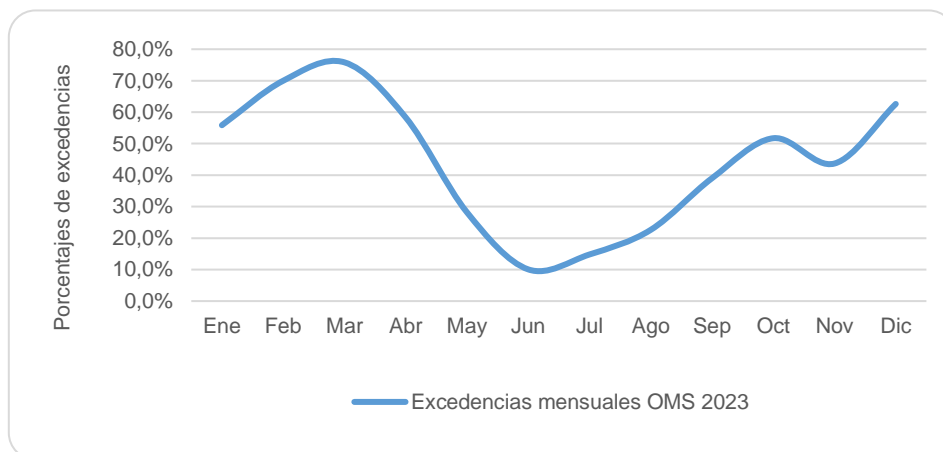


Figura 12-15 Porcentaje de excedencias mensuales, para concentraciones de 24 horas de PM_{2,5}, en Bogotá, 2023.

En la Tabla 12-7, se presenta el porcentaje de excedencias de PM_{2,5}, teniendo en cuenta los objetivos intermedios de la Guía OMS para concentraciones de 24 horas, donde se tiene que para primer objetivo (OI-1), el 100% de las estaciones cumplieron el objetivo, respecto al OI-2 el 94,1% de las estaciones cumplieron con el objetivo, respecto al OI-3 el 41,2% de las estaciones cumplieron con el objetivo, y respecto al objetivo 4, ninguna de las estaciones cumplió dicho objetivo, así como con el valor Guía-OMS, donde las estaciones con mayores porcentajes de excedencias se encuentran Kennedy, Móvil Fontibón, Fontibón y Tunal.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 12-7. Porcentaje excedencias de PM_{2.5} para concentraciones promedio de 24 hr, respecto a la guía OMS y los Objetivos Intermedios (OI-1, OI-2, OI-3 y OI-4) por estación de la RMCAB, 2023.

PM_{2.5} EXCEDENCIAS S OMS ENERO A DICIEMBRE 2023	% CON RESPECTO O AL OI-1 75µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-2 50µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-3 37,5µg/m³	% CON RESPECTO O AL OI-4 25µg/m³	% CON RESPECTO A LA GUÍA OMS 15µg/m³
Guaymaral	0,0%	0,0%	0,0%	5,1%	34,9%
Usaquén	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	22,9%
Móvil					
Fontibón	0,0%	0,0%	4,6%	29,8%	72,8%
C A Rend	0,0%	0,0%	0,3%	9,6%	38,8%
Ferías	0,0%	0,0%	0,0%	8,2%	41,5%
Colina	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	20,2%
Suba	0,0%	0,0%	0,3%	9,0%	43,2%
Bolivia	0,0%	0,0%	0,0%	14,0%	54,4%
Fontibón	0,0%	0,0%	1,1%	18,5%	61,9%
Kennedy	0,0%	0,6%	7,0%	35,3%	73,9%
Ciudad Bolívar	0,0%	0,0%	2,5%	23,1%	54,4%
P Aranda	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	36,8%
Jazmín	0,0%	0,0%	0,6%	13,4%	46,2%
Tunal	0,0%	0,0%	2,8%	22,0%	57,5%
Usme	0,0%	0,0%	0,3%	5,6%	24,4%
Min. Ambiente	0,0%	0,0%	0,3%	7,8%	33,2%
San Cristóbal	0,0%	0,0%	0,0%	5,8%	31,4%

En la Figura 12-17 se presenta la concentración promedio anual de los últimos 5 años, donde se observa una concentración promedio de 17.2 µg/m³, presentándose la menor concentración en el año 2021 (16 µg/m³); al comparar con los objetivos intermedios de la OMS, se observa que las concentraciones han cumplido con el objetivo 1 y 2, respecto a los objetivos 3 y 4 y para el valor Guía-OMS, no se cumple para ningún periodo analizado.

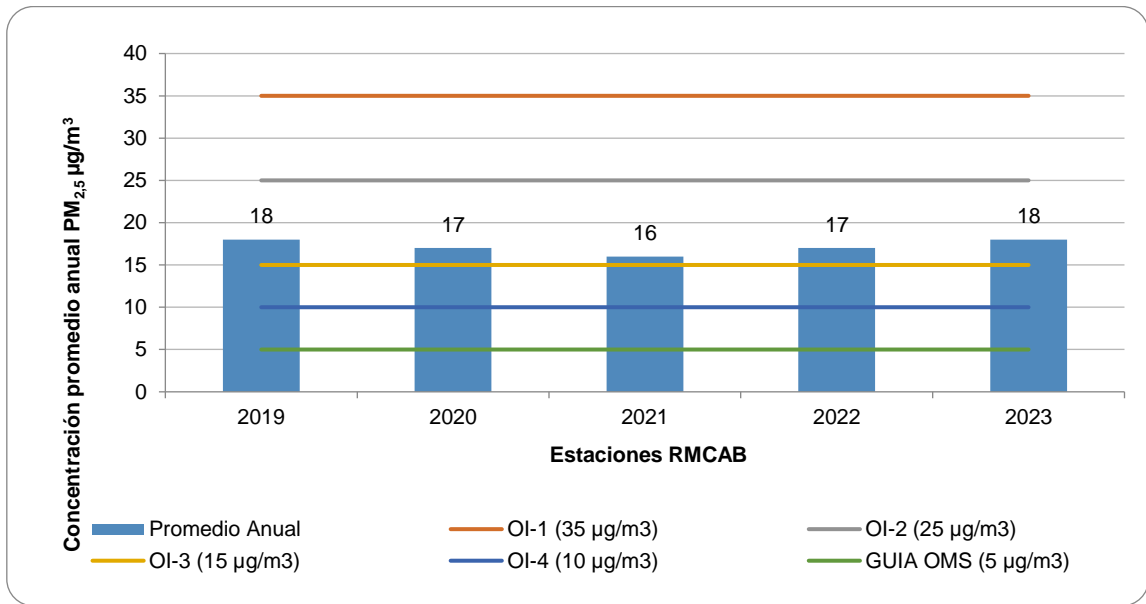


Figura 12-16 Seguimiento a objetivos intermedios de la OMS para exposición anual, para material particulado PM_{2.5} Bogotá 2019 - 2023.

En la Figura 12-18 se muestra el porcentaje de excedencias mensuales, de los últimos 5 años, donde se observa que el año 2021, presentó el menor porcentaje de excedencias, sin embargo, el año 2022 presentó mayores excedencias respecto a los años anteriores y al igual que el PM₁₀, se observa la tendencia a presentar periodos de altas concentraciones, como lo es febrero, marzo, noviembre y diciembre, mientras que entre junio y julio presentan menos excedencias.

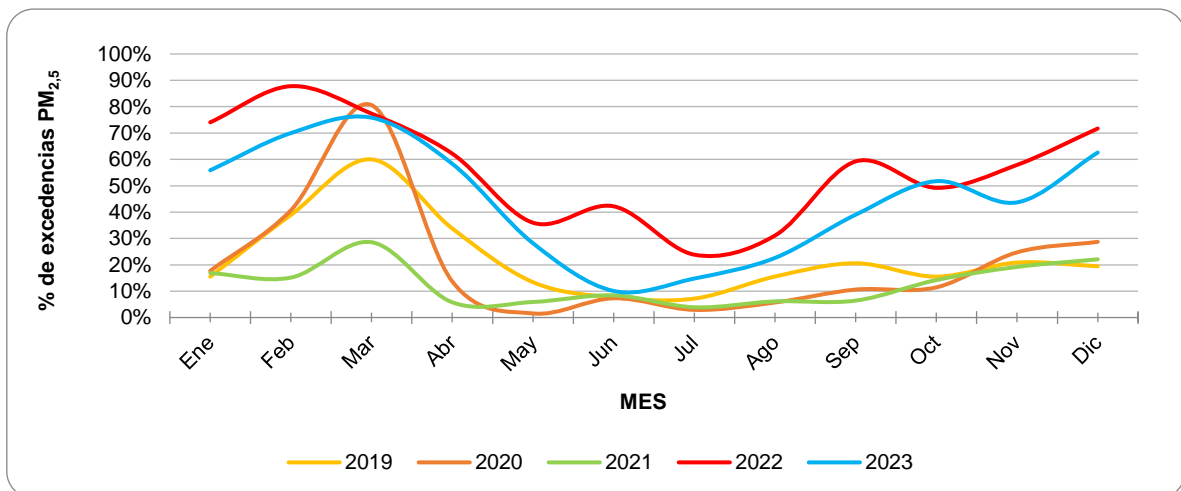




Figura 12-17 Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM_{2.5} respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2019-2023.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOPAE. (2001). *Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelito*. Bogotá D.C.
- Hastenrath, S. (1991). *Climate Dynamics of the Tropics*. Madison: Kluwer Academic Publisher.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*.
- Montoya, G. d., & Eslava, J. (2000). *Análisis de las condiciones que favorecen el desarrollo de la actividad convectiva de las tormentas eléctricas en la Sabana de Bogotá*. Geofísica Colombiana, 25.
- OMM. (2010). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (Vols. OMM-No 8). Ginebra, Zuisa: OMM.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

14. ANEXOS

14.1. CÁLCULOS, PROMEDIOS POR ESTACIÓN Y PORCENTAJE DE REPRESENTATIVIDAD.


Para el cálculo de los promedios anuales se usan como base los datos horarios, para obtener el promedio de concentración de un día, teniendo en cuenta la base de cálculo para los niveles máximos permisibles 24 horas para PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO₂ y 8 horas para O₃ y CO. Adicionalmente se realiza la conversión de ppb a µg/m³ para SO₂, NO₂, O₃ y CO, de acuerdo con los siguientes factores de conversión.

Tabla 14-1 Factores de conversión de ppb y ppm a µg/m³ para concentraciones de gases.

Contaminante	Multiplicar por	Para convertir
SO ₂	2.6186	ppb a µg/m ³
NO ₂	1.8804	ppb a µg/m ³
O ₃	1.9620	ppb a µg/m ³
CO	1144.9	ppm a µg/m ³

Para calcular los promedios de concentración en las estaciones se realiza mediante un promedio aritmético tradicional y para la representatividad se tiene en cuenta el promedio junto con el número de datos registrados en el periodo a analizar. Es importante indicar que para todos los cálculos se debe tener en cuenta lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire y en el documento del Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Territorial, para lo cual se debe tener como mínimo el 75% de los datos para la comparación de los valores con los niveles máximos permisibles, si no, dichas cifras deben ser consideradas como indicativas.

En el caso de las estaciones Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma su porcentaje de representatividad se vio comprometido por fallas en los aires acondicionados de las estaciones desde el 2022, junto con la estación Bolivia en el 2023 que presentó falla en el sensor de temperatura y humedad relativa interna, que generaron la invalidación de datos conforme a procedimiento PA10-PR05 "Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB". Para el año 2023 desde el área técnica del grupo de la RMCAB realizó una revisión minuciosa en los manuales de operación de los equipos de monitoreo de contaminantes criterio en cuanto a los rangos de temperatura para su operación normal, y por otro lado, se encontró que en términos de control de temperatura los equipos de material particulado, varían de acuerdo a la marca, numeral conforme el numeral 7.2.2 *Sampling Environment del Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Handbook Volume II... Datos de los parámetros de PM₁₀ y PM_{2.5} de la estación en el periodo específico donde la temperatura no cumpla con los rangos de operación establecidos en los manuales de los equipos (verificar para cada marca)*, lo que permitió actualizar los criterios para validación de datos en relación con la temperatura interna de cada estación.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Así las cosas, se iniciaron las gestiones administrativas necesarias para actualizar el procedimiento interno PA10-PR05-INS1 *“Instructivo de Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”*, para indicar los lineamientos respecto a la invalidación de datos por control de temperatura. Fue así, como el 28 de julio de 2023 el procedimiento PA10-PR05 *“Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”* fue actualizado y a partir de esta fecha los datos PM₁₀ y PM_{2.5} de las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma fueron validados conforme el nuevo criterio.

Conforme a lo anterior y a la revisión por parte del personal técnico, se determinó que los datos que fueron invalidados bajo el procedimiento anterior se constituían en datos indicativos, porque la temperatura en este caso no comprometía la calidad de los mismos, sin embargo, al tener como guía el procedimiento debía darse cumplimiento a lo allí registrado y no podían ser considerados válidos al interior de la RMCAB.

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, elabora informes mensuales, trimestrales y anuales, para 2023 no fueron tenidos en cuenta en estos informes, los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} de Carvajal – Sevillana, Móvil 7ma y Bolivia, en los periodos en los que no se contaba con el procedimiento actualizado o que presentaron novedades que generaron la invalidación de datos, sin embargo, para los informes Bogotá cómo vamos (BCV), acuerdo 067, objetivos de desarrollo sostenibles (OBS), reportes de indicadores de meta de reducción de material particulado del Plan Distrital de Desarrollo, la gestión de Alertas Ambientales por contaminación del aire y las publicaciones en la plataforma del Observatorio Ambiental de Bogotá - OAB, estos datos sí fueron tenidos en cuenta de forma *“indicativa”*, con el fin de no perder o interrumpir la serie histórica, y mantener la línea base de análisis, y no generar confusión en los resultados a nivel ciudad, pues como se mencionó con anterioridad se logró identificar que los equipos operan dentro de los rangos de temperatura sugeridos por los fabricantes, es por ello, que partiendo de esta distinción, en los informes se va a observar diferencia entre los promedios y porcentaje de representatividad tal como se relaciona a continuación:


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 14-2 Resumen Datos Indicativos RMCAB para PM₁₀

Promedios por estación y representatividad sin tener en cuenta los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM10 (publicados en BCV, acuerdo 067, ODS, OAB)					Promedios por estación y representatividad con los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM10 (publicados en el informe anual de calidad del aire)				
Estación	Promedio anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h	Estación	Promedio anual PM ₁₀ (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³					Norma anual: 50 µg/m³ Norma diaria: 75 µg/m³				
BOL	30,7	89%	72,3	0	BOL	31,8	80%	72,3	0
CSE	69,0	92%	123,0	124	CSE	71,5	38%	123,0	54
CDAR	25,1	84%	58,1	0	CDAR	25,1	84%	58,1	0
CBV	40,0	96%	100,6	16	CBV	40,0	96%	100,6	16
COL	20,5	95%	51,5	0	COL	20,5	95%	51,5	0
FTB	33,2	100%	85,1	5	FTB	33,2	100%	85,1	5
GYR	25,5	95%	53,0	0	GYR	25,5	95%	53,0	0
JAZ	27,6	98%	67,1	0	JAZ	27,6	98%	67,1	0
KEN	43,3	85%	92,3	10	KEN	43,3	85%	92,3	10
LFR	24,7	96%	64,6	0	LFR	24,7	96%	64,6	0
MAM	21,1	80%	56,6	0	MAM	21,1	80%	56,6	0
MOV2	53,2	96%	102,0	46	MOV2	53,2	96%	102,0	46
MOV	31,6	95%	74,3	0	MOV	31,3	41%	74,3	0
PTE	28,4	96%	66,0	0	PTE	28,4	96%	66,0	0
SCR	20,6	99%	55,8	0	SCR	20,6	99%	55,8	0
SUB	33,3	97%	75,5	1	SUB	33,3	97%	75,5	1
TUN	33,9	93%	79,6	3	TUN	33,9	93%	79,6	3
USQ	20,1	99%	61,8	0	USQ	20,1	99%	61,8	0
USM	32,2	95%	75,7	1	USM	32,2	95%	75,7	1


	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Tabla 14-3 Resumen Datos Indicativos RMCAB para PM_{2.5}

Promedios por estación y representatividad sin tener en cuenta los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM _{2.5} (publicados en BCV, acuerdo 067, ODS, OAB)					Promedios por estación y representatividad con los criterios del procedimiento PA10-PR05 para PM _{2.5} (publicados en el informe anual de calidad del aire)				
Estación	Promedio anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h	Estación	Promedio anual PM _{2.5} (µg/m ³)	% datos válidos	Conc. Máxima (µg/m ³)	No. Exced. 24h
Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³					Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 37 µg/m ³				
BOL	15,4	92%	35,3	0	BOL	16,3	81%	35,3	0
CSE	34,5	95%	60,1	125	CSE	33,8	39%	58,0	45
CDAR	13,8	98%	37,5	2	CDAR	13,8	98%	37,5	2
CBV	17,5	100%	46,6	9	CBV	17,5	100%	46,6	9
COL	10,4	96%	30,7	0	COL	10,4	96%	30,7	0
FTB	18,2	98%	40,2	4	FTB	18,2	98%	40,2	4
GYR	13,6	97%	33,5	0	GYR	13,6	97%	33,5	0
JAZ	14,8	98%	40,6	2	JAZ	14,8	98%	40,6	2
KEN	21,9	90%	56,8	24	KEN	21,9	90%	56,8	24
LFR	14,2	97%	34,1	0	LFR	14,2	97%	34,1	0
MAM	13,2	99%	39,8	1	MAM	13,2	99%	39,8	1
MOV2	21,1	95%	49,5	17	MOV2	21,1	95%	49,5	17
MOV	15,8	98%	42,2	4	MOV	13,8	42%	38,5	1
PTE	13,2	98%	35,9	0	PTE	13,2	98%	35,9	0
SCR	12,3	89%	36,4	0	SCR	12,3	89%	36,4	0
SUB	14,7	97%	37,7	1	SUB	14,7	97%	37,7	1
TUN	18,3	97%	42,7	11	TUN	18,3	97%	42,7	11
USQ	10,8	91%	34,2	0	USQ	10,8	91%	34,2	0
USM	11,9	95%	39,3	1	USM	11,9	95%	39,3	1

La información plasmada en la sección izquierda de la tabla para las filas demarcadas con color amarillo, son considerados como datos indicativos, pues como se ha mencionado en el contenido del documento estos datos son indicativos pero no se ajustan a los lineamientos de validación que se tenían en su momento por procedimiento interno, por esta razón se manejaron dos versiones de información, una que cumple con los requisitos establecidos en el procedimiento y otra que los muestra como datos indicativos que corresponden a los usados en los informes de BCV, acuerdo 067, ODS y en la plataforma Observatorio Ambiental de Bogotá - OAB.

14.2. MAPAS INDICATIVOS DE PM₁₀ y PM_{2.5}

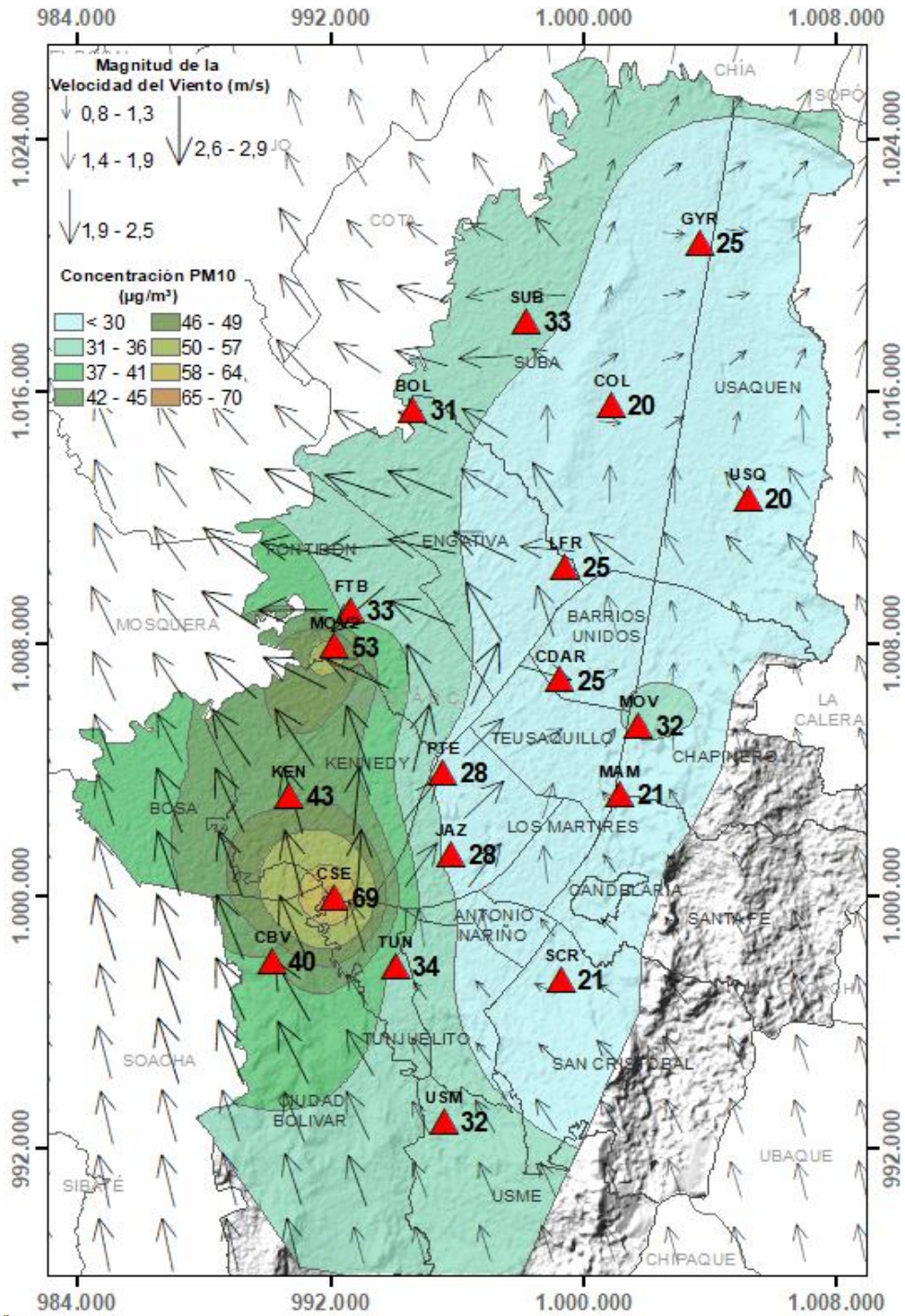
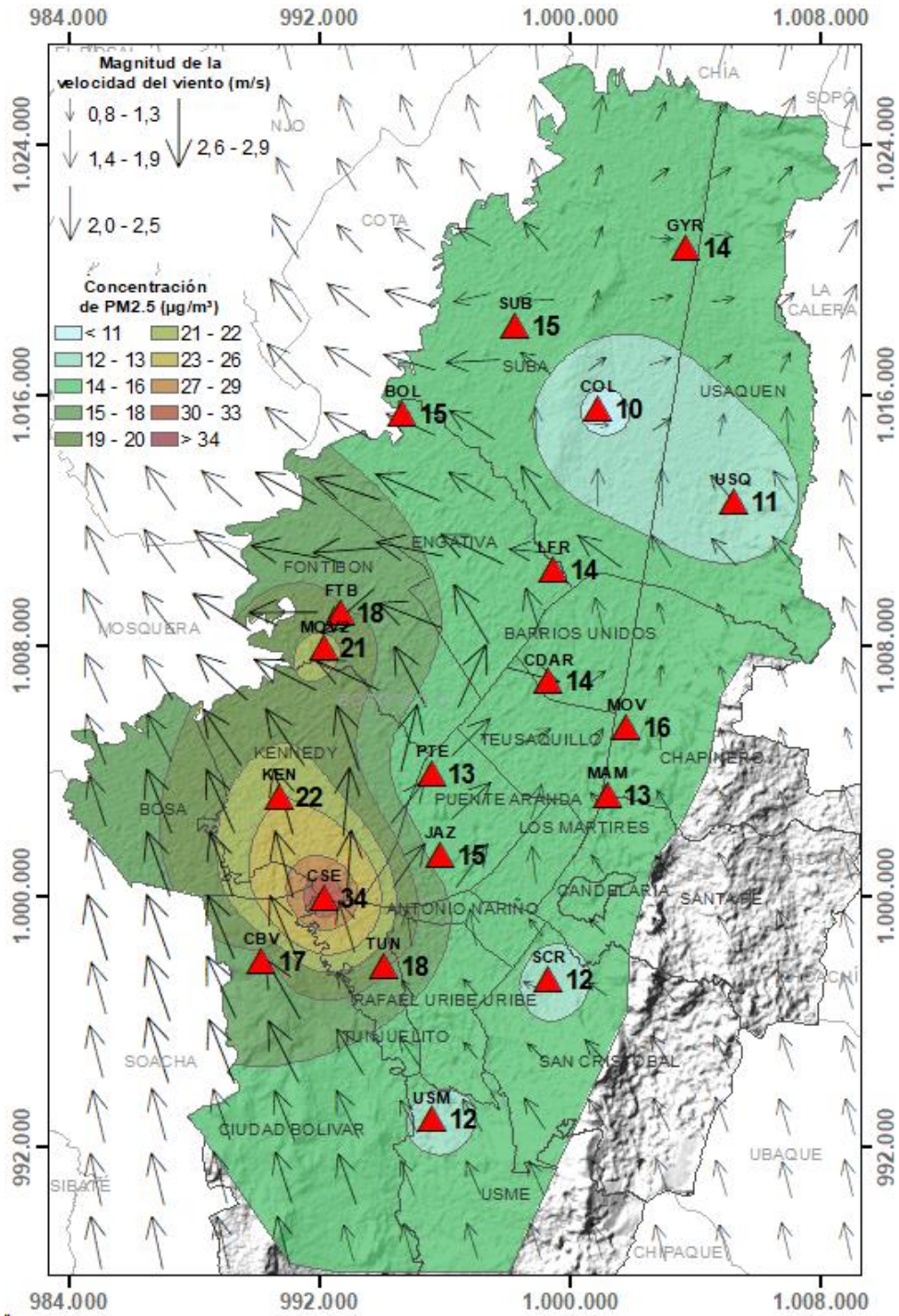





Figura 14-1

Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2023 con datos indicativos




Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2023 con datos indicativos

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

15. DECLARACIONES

Se deben incluir las siguientes declaraciones:

- ✓ *Los resultados relacionados en el presente informe anual de calidad del aire corresponden únicamente a los parámetros y variables monitoreadas por los analizadores y sensores en las estaciones de la RMCAB, adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con ítems ensayados y/o comprobados metrologicamente.*
- ✓ *El análisis realizado en el presente informe anual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 01 de enero al 31 de diciembre de 2023.*
- ✓ *En las estaciones de la RMCAB se garantizan las condiciones ambientales, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los analizadores en cada estación. Para el año 2023 la temperatura interna de las estaciones se mantuvo entre los criterios de temperatura establecidos en la mayoría de las estaciones para cumplir el procedimiento de PA10-PR05 “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB y “ PA10-PR06 “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación, analizadores de gases, monitores de partículas y sensores meteorológicos”*
- ✓ *Las concentraciones y resultados presentados en este informe de calidad del aire y en la página web se encuentran a condiciones de referencia, con el fin de que sean comparables con los niveles establecidos por la normatividad vigente.*
- ✓ *La identificación de las contribuciones a la incertidumbre de la medición de los equipos se documenta en el instructivo interno PA10-PR03-INS8 “Estimación de incertidumbre de medición de la RMCAB” y su registro se consigna en el formato interno PA10-PR03-F12 “Cálculo de Incertidumbre RMCAB”. Lo anterior se evalúa bajo una regla de decisión binaria de Aceptación Simple, en este caso el Límite de Aceptación corresponde al mismo Límite de Tolerancia, es decir el nivel máximo permisible que establece la Resolución 2254 de 2017 para cada contaminante y tiempo de exposición.*
- ✓ *Dentro del análisis del presente informe se declara la conformidad de la siguiente forma: CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean menores o iguales al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, párrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. NO CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean mayores al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, párrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. El criterio de incertidumbre se describe en los criterios de gestión metrológica.*
- ✓ *Este informe fue elaborado con base en el modelo de informe anual establecido de la RMCAB relacionado en el procedimiento interno PA10-PR04 “Análisis de datos, generación y publicación de informes de calidad del aire de Bogotá”. Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05 “Revisión y*

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

Validación de datos de la RMCAB". Cabe resaltar que los procesos de monitoreo se realizan bajo los siguientes procedimientos internos, para los cuales se utiliza la última versión vigente cargada el aplicativo interno de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA "Isolucion". Así mismo se tiene en cuenta los otros procedimientos para la operación general de la RMCAB.

Código Procedimiento Interno	Nombre del Procedimiento Interno
PA10-PR02	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación analizadores, monitores de partículas y sensores meteorológicos
PA10-PR03	Aseguramiento de Calidad de los Resultados emitidos por el Laboratorio Ambiental SDA

- ✓ *La siguiente tabla presenta los factores de conversión de unidades que deben ser aplicados a las concentraciones de los gases en partes por millón (ppm) y en partes por billón (ppb) para ser convertidos a mg/m³ y µg/m³, respectivamente:*

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a µg/m ³
SO ₂	2,6186	ppb a µg/m ³
NO ₂	1,8804	ppb a µg/m ³
O ₃	1,9620	ppb a µg/m ³

- ✓ *El resultado de cada una de las conversiones se encuentra a una presión de 760 mm Hg y a una temperatura de 25°C, que son las condiciones de referencia según los términos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire.*
- ✓ *El factor de conversión se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:*

$$\text{Factor de Conversión [ppb o ppm]} = \frac{M * P}{R * T} * \frac{1}{1000} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ o } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right]$$

Donde:


M: masa molar del gas contaminante [g/mol]

P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

FIN DEL INFORME

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME ANUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M1	Versión: 8

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Descripción de la Modificación	No. Acto Administrativo y fecha
7	Se eliminan capítulos de inventarios de emisión y modelo de pronóstico de calidad del aire. El análisis de black carbon sale del capítulo de calidad del aire y pasa a tener un capítulo independiente. Se agrega un capítulo de gestiones administrativas de la RMCAB. Se agrega un capítulo de declaraciones.	Radicado No. 20211E189371 del 7 de septiembre del 2021.
8	Se incluye la dirección de la Secretaría Distrital de Ambiente en la hoja de los créditos del informe.	

Elaboró	Revisó	Aprobó
Nombre: Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez Cargo: Profesional de análisis de datos Fecha: 27/09/2022 Nombre: Luis Álvaro Hernández González Cargo: Líder Técnico RMCAB Fecha: 29/09/2022	Nombre: Hugo Enrique Sáenz Pulido Cargo: Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual. Fecha: 30/09/2022 Nombre: Rodrigo Alberto Manrique Forero Cargo: Director de Control Ambiental Fecha: 30/09/2022	Nombre: Julio Cesar Pulido Puerto Cargo: Subsecretario General Fecha: