

Informe **anual de** Calidad del Aire en Bogotá

Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá

2018



Fotografía aérea de Bogotá

Informe anual de calidad del aire de Bogotá

Año 2018

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

Bogotá D.C 2019



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Enrique Peñalosa Londoño
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Francisco José Cruz Prada
Secretario Distrital de Ambiente

Oscar Ferney López Espitia
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Carmen Lucía Sánchez Avellaneda
Directora de Control Ambiental

Oscar Alexander Ducuara Falla
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

José Hernán Garavito
Coordinación general RMCAB

Luis Alvaro Hernández Gonzalez
Coordinación Técnica RMCAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
Eaking Alberto Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Jesús Alberto Herrera Dallos
Grupo de Operación de la RMCAB

Edison Yesid Ortíz Duarte
Líder del Sistema Integrado de Modelación de
Calidad de Aire de Bogotá - SIMCAB

Ana Cecilia Gálvez Lozada
Referente línea aire, ruido y Radiación
electromagnética
Subdirección de vigilancia en Salud Pública
Secretaria Distrital de Salud

Erika Milena Castillo
Pedro Andrés Morales
Profesionales Especializados
Línea aire, ruido y Radiación electromagnética
Subred Norte
Secretaria Distrital de Salud

Secretaría Distrital de Ambiente
– SDA –
© Julio de 2019, Bogotá - Colombia
Informe anual de la Red de Monitoreo de Calidad
de Aire de Bogotá D.C.
Año 2018.
Impreso en Colombia – Printed in Colombia

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 2. RESUMEN EJECUTIVO..... | 13 |
| 3. OBJETIVOS | 14 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 14 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 14 |
| 4. CARACTERÍSTICAS DE LA RED | 15 |
| 4.1. NORMATIVIDAD | 19 |
| 5. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO | 20 |
| 5.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS..... | 20 |
| 5.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS | 21 |
| 6. CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS)..... | 23 |
| 6.1. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM ₁₀) | 23 |
| 6.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN | 23 |
| 6.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM ₁₀ POR ESTACIÓN | 27 |
| 6.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN | 28 |
| 6.2. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS (PM _{2.5}) | 29 |
| 6.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE PM _{2.5} POR ESTACIÓN..... | 29 |
| 6.2.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM _{2.5} POR ESTACIÓN | 32 |
| 6.2.2. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE PM _{2.5} POR ESTACIÓN | 33 |
| 6.3. OZONO (O ₃) | 34 |
| 6.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE O ₃ POR ESTACIÓN..... | 34 |
| 6.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O ₃ POR ESTACIÓN | 37 |
| 6.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE O ₃ POR ESTACIÓN | 38 |
| 6.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂) | 38 |
| 6.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN | 39 |
| 6.4.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL NO ₂ POR ESTACIÓN..... | 39 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.4.3. | COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE NO ₂ POR ESTACIÓN..... | 41 |
| 6.5. | DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)..... | 42 |
| 6.5.1. | COMPORTAMIENTO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN..... | 42 |
| 6.5.2. | COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO ₂ POR ESTACIÓN | 43 |
| 6.5.3. | COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE SO ₂ POR ESTACIÓN | 45 |
| 6.6. | MONÓXIDO DE CARBONO (CO) | 45 |
| 6.6.1. | COMPORTAMIENTO ANUAL DE CO POR ESTACIÓN..... | 45 |
| 6.6.2. | COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CO POR ESTACIÓN | 46 |
| 6.6.3. | COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE CO POR ESTACIÓN | 48 |
| 7. | INDICES DE CALIDAD DEL AIRE | 48 |
| 7.1. | ICA | 49 |
| 7.2. | IBOCA | 52 |
| 8. | METEOROLOGÍA..... | 56 |
| 8.1. | PRECIPITACION..... | 56 |
| 8.1.1. | PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN | 56 |
| 8.1.2. | PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN..... | 57 |
| 8.1.3. | DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN | 59 |
| 8.1.4. | COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN | 61 |
| 8.2. | TEMPERATURA | 64 |
| 8.2.1. | COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA..... | 64 |
| 8.2.2. | DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA | 68 |
| 8.2.3. | PROMEDIOS HISTORICOS DE TEMPERATURA | 70 |
| 8.3. | VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO..... | 72 |
| 8.3.1. | PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO | 72 |
| 8.3.2. | PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO | 73 |
| 8.3.3. | PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO | 76 |
| 8.3.4. | DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO | 79 |
| 8.3.5. | PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO..... | 79 |
| 8.4. | RADIACION SOLAR..... | 82 |
| 8.4.1. | PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR..... | 82 |

INFORME ANUAL

| | | |
|---------|---|-----|
| 8.4.2. | PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR | 84 |
| 8.4.3. | PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR..... | 85 |
| 8.5. | PRESION ATMOSFERICA | 86 |
| 8.5.1. | PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA..... | 86 |
| 8.5.2. | PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA..... | 88 |
| 8.5.3. | PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA | 89 |
| 8.6. | HUMEDAD | 90 |
| 8.6.1. | PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD..... | 90 |
| 8.6.2. | PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD | 92 |
| 8.6.3. | PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD | 93 |
| 9. | EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA..... | 94 |
| 10. | CALIDAD DEL AIRE Y SALUD..... | 98 |
| 10.1. | GESTION DE LA SALUD AMBIENTAL | 99 |
| 10.2. | VIGILANCIA DE LA SALUD AMBIENTAL..... | 100 |
| 10.2.1. | ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN SALUD | 100 |
| 10.3. | VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA | 101 |
| 10.3.1. | MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA | 103 |
| 10.3.2. | MORBILIDAD POR INFECCION RESPIRATORIA AGUDA..... | 107 |
| 10.4. | VIGILANCIA AMBIENTAL..... | 114 |
| 10.5. | VIGILANCIA SANITARIA..... | 122 |
| 10.5.1. | ACCIONES DE PROMOCION Y PREVENCIÓN..... | 127 |
| 11. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 130 |
| 12. | ANEXOS | 131 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB en el año-2018..... | 17 |
| Figura 5-1. Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB. Año 2018..... | 20 |
| Figura 5-2. Porcentaje de datos capturados por estación. Año 2018..... | 20 |

INFORME ANUAL

| | |
|--|----|
| Figura 5-3. Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento para el año 2018 | 22 |
| Figura 5-4. Porcentaje de datos válidos por estación año 2018 | 22 |
| Figura 6-1. Distribución espacial de los promedios anuales de PM ₁₀ del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging | 26 |
| Figura 6-2. Concentraciones anuales de PM ₁₀ años 2014 a 2018 | 29 |
| Figura 6-3. Distribución espacial de los promedios anuales de PM _{2.5} del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging | 31 |
| Figura 6-4. Concentraciones anuales de PM _{2.5} años 2014 a 2018 | 34 |
| Figura 6-5. Distribución espacial de los promedios anuales de O ₃ del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging | 36 |
| Figura 6-6. Concentraciones anuales de O ₃ años 2014 a 2018 | 38 |
| Figura 6-7. Concentraciones promedio anual de NO ₂ - años 2014 a 2018 | 42 |
| Figura 6-8. Concentraciones anuales de SO ₂ años 2014 a 2018 | 45 |
| Figura 6-9. Concentraciones anuales de CO años 2014 a 2018 | 48 |
| Figura 7-1. ICA por estación para PM ₁₀ y PM _{2.5} año 2018 | 50 |
| Figura 7-2. ICA por mes del año y por estación para PM ₁₀ y PM _{2.5} . Año 2018 | 51 |
| Figura 7-3. IBOCA por estación de monitoreo para PM ₁₀ y PM _{2.5} . Año 2018 | 53 |
| Figura 7-4. IBOCA por mes del año para PM ₁₀ y PM _{2.5} . Año 2018 | 55 |
| Figura 8-1. Comportamiento diurno de la precipitación a nivel ciudad | 57 |
| Figura 8-2. Total acumulado de precipitación por estación en 2018 | 58 |
| Figura 8-3. Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación durante 2018 | 59 |
| Figura 8-4. Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - RMCAB 2018 | 60 |
| Figura 8-5. Variación anual de la precipitación en Bogotá - RMCAB 2000-2018 | 63 |
| Figura 8-6. Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual de 2018. RMCAB 2000 - 2018 | 64 |
| Figura 8-7. Comportamiento de la temperatura horaria anual-2018: a) perfil horario; b) promedio por estación | 66 |
| Figura 8-8. Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2018 Vs 2018 | 67 |
| Figura 8-9. Temperaturas extremas absolutas año 2018 | 68 |
| Figura 8-10. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB a la izquierda 2018. A la derecha Anomalías de la temperatura superficial 2018 respecto al promedio de 2000 -2018 | 69 |
| Figura 8-11. Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2018 | 70 |
| Figura 8-12. Comportamiento mensual de la velocidad del viento a nivel histórico (2000 – 2018) Vs. 2017 y 2018. | 72 |
| Figura 8-13. Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2017 vs. 2018 | 73 |
| Figura 8-14. Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche. RMCAB – 2018 | 75 |
| Figura 8-15. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2018 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2018 | 77 |
| Figura 8-16. Comportamiento promedio anual de la velocidad del viento - 2018 | 77 |

| | |
|---|-----|
| Figura 8-17. Rosas de viento consolidadas por estación – 2018..... | 78 |
| Figura 8-18. Mapa de dirección y velocidad promedio del viento - 2018..... | 80 |
| Figura 8-19. Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en la ciudad de Bogotá entre 2000 a 2018 | 82 |
| Figura 8-20. Cantidad de radiación solar recibió en el día. a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación. | 83 |
| Figura 8-21. Comportamiento mensual de la radiación en 2018 a) promedio mensual; b) totales mensuales acumulados. | 84 |
| Figura 8-22. Comportamiento mensual de la radiación solar en 2018 vs. 2017 | 85 |
| Figura 8-23. Comportamiento anual de la radiación en 2018 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados. | 86 |
| Figura 8-24. Comportamiento del ciclo diurno de la presión atmosférica | 87 |
| Figura 8-25. Comportamiento mensual de la presión atmosférica en 2018. a) promedio ciudad; b) promedio por estación | 88 |
| Figura 8-26. Comportamiento mensual de la presión durante 2018 frente al promedio multianual y el año 2017..... | 89 |
| Figura 8-27. Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2018..... | 90 |
| Figura 8-28. Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2018: a) perfil horario; b) promedio por estación | 91 |
| Figura 8-29. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2018: a) promedia ciudad; b) promedio por estación | 92 |
| Figura 8-30. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2018 vs. Promedio mensual multianual 2017 2018 | 93 |
| Figura 8-31. Comportamiento histórico de la humedad relativa anual: a) promedia multianual; b) promedio por estación | 94 |
| Figura 9-1. Puntos calientes por departamentos. Marzo 15 al 22 de 2018..... | 95 |
| Figura 9-2. Reporte de bruma en aeropuertos de Colombia. 23 de marzo de 2018 | 95 |
| Figura 9-3. Arrastre de material particulado PM ₁₀ desde el Sahara. Marzo 22 y 23 de 2018 | 95 |
| Figura 9-4. Concentraciones media móvil 24H PM _{2.5} y colores IBOCA. Marzo 22 al 30 de 2018 | 96 |
| Figura 9-5. Mapa nacional de precipitación diaria acumulada para los días 25 (izq.) y 28 (der.) de marzo de 2018..... | 97 |
| Figura 9-6. Series media móvil 24H de PM _{2.5} observadas y pronosticadas entre marzo 25 y abril 1 de 2018..... | 97 |
| Figura 9-7. Pronóstico de IBOCA de PM _{2.5} para Marzo 30 y 31 de 2018..... | 97 |
| Figura 10-1. Estudios de la relación entre contaminación del aire y salud realizados en Bogotá .. | 102 |
| Figura 10-2. Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2010 a 2018* (* años 2015 al 2018* datos preliminares) | 103 |
| Figura 10-3. Factores de riesgo para Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en Menores 5 años. | 105 |

INFORME ANUAL

| | |
|--|-----|
| Figura 10-4. Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria en menores de 5 años y material particulado 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Bogotá, 2018..... | 106 |
| Figura 10-5. Morbilidad por IRA (evento 995- SIVIGILA) en menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2012 a 2018..... | 108 |
| Figura 10-6. Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2018 | 109 |
| Figura 10-7 .Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años | 112 |
| Figura 10-8. Excedencias diarias de la normativa guía OMS de material particulado PM_{10} en Bogotá año 2018..... | 115 |
| Figura 10-9. Excedencias diarias de la normativa guía OMS de material particulado $\text{PM}_{2.5}$ en Bogotá año 2018 | 116 |
| Figura 10-10. Promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS de material particulado PM_{10} en Bogotá año 2018 | 117 |
| Figura 10-11. Promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS de material particulado $\text{PM}_{2.5}$ en Bogotá en el año 2018 | 118 |
| Figura 10-12. 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 año 2011-2018 | 118 |
| Figura 10-13. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado $\text{PM}_{2.5}$ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2015-2018 | 119 |
| Figura 10-14. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM_{10} Bogotá 2014-2018..... | 120 |
| Figura 10-15. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado $\text{PM}_{2.5}$ Bogotá 2014-2018..... | 122 |
| Figura 10-16. Quejas atendidas por contaminación del aire, olores y humo de tabaco en Bogotá 2018..... | 123 |
| Figura 10-17. Quejas atendidas por la Secretaría Distrital de Salud debido a la exposición de la comunidad a contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco en Bogotá, 2018 | 126 |
| Figura 10-18. Infografía Día sin carro y son Moto Secretaría Distrital de Salud 2018. | 128 |
| Figura 10-19. Infografía Día Mundial Sin Tabaco Secretaría Distrital de Salud 2018..... | 129 |
| Figura 10-20. Infografía Semana Ambiental Secretaría Distrital de Salud 2018..... | 130 |
| Figura 12-1. Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes. | 131 |
| Figura 12-2. Boxplot de concentraciones diarias de PM_{10} por mes. Año 2018..... | 134 |
| Figura 12-3. Boxplot de concentraciones diarias de $\text{PM}_{2.5}$ por mes. Año 2018 | 135 |
| Figura 12-4. Boxplot de concentraciones 8 horas de O_3 por mes. Año 2018 | 135 |
| Figura 12-5. Boxplot de concentraciones horarias de NO_2 por mes. Año 2018..... | 136 |
| Figura 12-6. Boxplot de concentraciones 24 horas de SO_2 por mes. Año 2018..... | 136 |
| Figura 12-7. Boxplot de concentraciones 8 horas de CO por mes. Año 2018..... | 137 |
| Figura 12-8. Calendar plot de $\text{PM}_{2.5}$ para la estación Carvajal-Sevillana..... | 138 |
| Figura 12-9. Calendar plot de $\text{PM}_{2.5}$ para la estación Centro de Alto Rendimiento..... | 138 |
| Figura 12-10. Calendar plot de $\text{PM}_{2.5}$ para la estación Guaymaral | 139 |
| Figura 12-11. Calendar plot de $\text{PM}_{2.5}$ para la estación Kennedy | 139 |

| | |
|--|-----|
| Figura 12-12. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación Las Ferias | 140 |
| Figura 12-13. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación MinAmbiente..... | 140 |
| Figura 12-14. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación Puente Aranda..... | 141 |
| Figura 12-15. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación San Cristóbal..... | 141 |
| Figura 12-16. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación Suba | 142 |
| Figura 12-17. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación Tunal..... | 142 |
| Figura 12-18. Calendar plot de PM _{2.5} para la estación Usaquén..... | 143 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 4-1. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA..... | 16 |
| Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas para el año-2018 | 18 |
| Tabla 4-3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en el aire. Resolución 2254 de 2017 del MADS..... | 19 |
| Tabla 5-1. Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2018 | 21 |
| Tabla 5-2. Porcentaje de datos validados por estación y parámetro – Año 2018..... | 22 |
| Tabla 6-1. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM ₁₀ registradas en el año 2018 | 24 |
| Tabla 6-2. Comportamiento mensual, diario y horario de las concentraciones de PM ₁₀ en el 2018 | 28 |
| Tabla 6-3. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM _{2.5} registradas en el año 2018..... | 30 |
| Tabla 6-4. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de PM _{2.5} en el 2018..... | 33 |
| Tabla 6-5. Estadísticas de las concentraciones anuales de O ₃ registradas en el año 2018..... | 35 |
| Tabla 6-6. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de PM _{2.5} en el 2018..... | 37 |
| Tabla 6-7. Estadísticas de las concentraciones anuales de NO ₂ registradas en el año 2018..... | 39 |
| Tabla 6-8. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de NO ₂ en el 2018 | 40 |
| Tabla 6-9. Estadísticas de las concentraciones anuales de SO ₂ registradas en el año 2018..... | 43 |
| Tabla 6-10. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de SO ₂ en el 2018 | 44 |
| Tabla 6-11. Estadísticas de las concentraciones anuales de CO registradas en el año 2018..... | 46 |
| Tabla 6-12. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de CO en el 2018 | 47 |
| Tabla 7-1. Puntos de corte del ICA. Resolución 2254 del 2017 del MADS..... | 49 |
| Tabla 7-2. Puntos de corte del IBOCA de acuerdo con la resolución 2410 de 2015..... | 52 |
| Tabla 8-1. Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad (N.A. no cumple criterio de representatividad)..... | 57 |
| Tabla 8-2. Distribución de las lluvias durante el año | 58 |

INFORME ANUAL

| | |
|--|-----|
| Tabla 8-3. Promedio de los acumulados de precipitación por estación. RMCAB - 2018 | 62 |
| Tabla 8-4. Precipitación promedio histórica mensual. RMCAB 2000 - 2018 | 63 |
| Tabla 8-5. Comportamiento de la temperatura horaria durante el año 2018..... | 65 |
| Tabla 8-6. Promedio mensual de temperatura multianual 2000 – 2018 RMCAB..... | 66 |
| Tabla 8-7. Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB 2000 a 2018 .. | 71 |
| Tabla 8-8. Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día. | 73 |
| Tabla 8-9. Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2018..... | 76 |
| Tabla 8-10. Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB entre 2000-2018..... | 81 |
| Tabla 8-11. Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones de la RMCAB en 2018..... | 82 |
| Tabla 8-12. Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m ²)..... | 84 |
| Tabla 8-13. Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m ² periodo 2009 - 2018..... | 85 |
| Tabla 8-14. Variación de la presión horaria en cada una de las estaciones de la RMCAB..... | 86 |
| Tabla 8-15. Comportamiento promedio mensual de la presión por estación de la RMCAB en 2018 | 88 |
| Tabla 8-16. Comportamiento de la presión promedio mensual de 2018 frente a 2017 y el promedio multianual 2009 a 2018..... | 89 |
| Tabla 8-17. Promedios históricos de presión atmosférica – 2009 - 2018..... | 89 |
| Tabla 8-18. Variación de la humedad horaria en 2018 la humedad promedio mensual las estaciones de la RMCAB..... | 90 |
| Tabla 8-19. Comportamiento mensual de la humedad en 2018. | 92 |
| Tabla 8-20. Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente..... | 93 |
| Tabla 9-1. Documentos alertas contaminación atmosférica Marzo 2018 | 94 |
| Tabla 10-1. Subredes Integradas de Servicio de Salud y localidades donde realiza la cobertura | 99 |
| Tabla 10-2. Estadísticas descriptivas según sexo y estrato socioeconómico de los menores de 14 años según la exposición a contaminación del aire. | 110 |
| Tabla 10-3. Porcentaje de síntomas respiratorios según la exposición a contaminación del aire . | 111 |
| Tabla 10-4. Proporción de cumplimiento en Bogotá de objetivos de calidad del aire para material particulado PM ₁₀ establecidos por la Organización Mundial de la Salud..... | 120 |
| Tabla 10-5. Proporción de cumplimiento en Bogotá de objetivos de calidad del aire para material particulado PM _{2.5} establecidos por la Organización Mundial de la Salud..... | 121 |
| 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..... | 132 |
| Tabla 12-2. Concentraciones mensuales de PM ₁₀ por estación de monitoreo..... | 133 |
| Tabla 12-3. Concentraciones mensuales de PM _{2.5} por estación de monitoreo. Año 2018..... | 133 |
| Tabla 12-4. Concentraciones mensuales de O ₃ por estación de monitoreo. Año 2018 | 133 |

1. INTRODUCCIÓN

El Distrito Capital cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, la cual permite recolectar información sobre la concentración 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 los mismos 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 su revisión en la sede central, con el fin de obtener los 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).

Para el año 2018 la RMCAB estaba conformada por catorce (14) estaciones de monitoreo de las cuales trece (13) son fijas y una (1) es móvil. Están ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos automáticos que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de contaminantes criterio: material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), y gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO , O_3), así como de las variables meteorológicas de Precipitación, Velocidad y Dirección del Viento, Temperatura, Radiación Solar, Humedad Relativa y Presión Barométrica

En el presente informe, se incluye el análisis del comportamiento de los contaminantes, las tendencias y la distribución espacial, y la determinación de las excedencias de los contaminantes respecto a la norma; 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 $PM_{2.5}$)

Con respecto a años anteriores, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en general se redujeron respecto a años anteriores, a excepción de la estación Carvajal-Sevillana, que registró incrementos en el promedio anual sobre el valor del año 2017; en esta estación fue la única que se registraron excedencias del promedio anual, con $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{2.5}$. En relación a la norma diaria, esta misma estación tuvo el mayor número de excedencias diarias, 57 para PM_{10} y 27 para $PM_{2.5}$. En la distribución espacial se evidencia que las concentraciones más altas se registran en la zona suroccidental de la ciudad, en las localidades de Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y Tunjuelito.

Comportamiento de la concentración de ozono (O_3)

El promedio anual de ozono de 2018 en las estaciones de la RMCAB aumentó respecto a años anteriores en las estaciones Guaymaral, MinAmbiente y Usaquén, mientras que en las demás estaciones se mantuvo o se redujo, con lo cual la zona que presenta más altos niveles de ozono es el norte y oriente de la ciudad. El promedio anual más alto se obtuvo en la estación Usaquén, con $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el más bajo en la estación Carvajal-Sevillana, con $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación con más excedencias a la norma 8 horas fue Suba, con 17 registros sobre la norma.

Comportamiento de la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2)

En comparación con los años anteriores, las concentraciones de NO_2 fueron iguales o menores en la mayoría de las estaciones, solamente en Puente Aranda se registró un incremento en relación a las concentraciones de los últimos tres años. Para el 2018 cuatro estaciones tuvieron promedios anuales con representatividad temporal mayor al 75%, y en ninguna de ellas se excedió el nivel máximo permisible anual. El promedio anual más alto fue registrado en la estación Carvajal-Sevillana, con $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el más bajo en Guaymaral con $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para este contaminante se evidencia que las concentraciones más altas se registran en las zonas suroccidental de la ciudad. En cuanto a la norma horaria, solamente se registraron 3 excedencias en la ciudad, cada una en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias y Puente Aranda.

Comportamiento de la concentración de dióxido de azufre (SO_2)

En el 2018 las concentraciones se mantuvieron o fueron más bajas que en los años anteriores, solamente la estación Tunal registró un aumento en relación al dato del año 2014. Para el 2018

cinco estaciones tuvieron un promedio anual con representatividad mayor al 75%, Kennedy tuvo el valor más alto con $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Centro de Alto rendimiento el valor más bajo, con $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Según los niveles máximos permisibles, en resolución temporal diaria no se registró ninguna excedencia, pero en resolución temporal horaria se registraron 14 excedencias en la estación Carvajal-Sevillana. Las altas concentraciones de SO_2 también predominan en la zona suroccidental de la ciudad, ya que se asocia el comportamiento al material particulado por las fuentes de emisión similares.

Comportamiento de la concentración de monóxido de carbono (CO)

Las concentraciones registradas en el 2018 fueron menores a las registradas en años anteriores, a excepción de la estación Centro de Alto Rendimiento, que registró la concentración más alta de los últimos tres años. El mayor valor del promedio anual se obtuvo en la estación Carvajal-Sevillana, con $1420 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el registro más bajo corresponde a Usaquén, con $537 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones más altas tienden a registrarse al suroccidente de la ciudad y en la zona centro-oriente, en el área de influencia de la Estación Móvil.

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 del comportamiento de las variables meteorológicas que regulan el transporte de los mismos en la atmósfera de Bogotá.

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 RED

La RMCAB hace parte de la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual de la Secretaría Distrital de Ambiente y está conformada por catorce (14) estaciones de las cuales trece (13) son fijas y una (1) estación móvil.

La Tabla 4-1 presenta las técnicas de medición de los equipos de la RMCAB y los métodos de referencia EPA, 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.

En el año 2018 se integraron dos nuevas estaciones a la RMCAB desde el mes de diciembre. La estación CAMI Fontibón, ubicada en la Carrera 104 No. 20C – 31, en el CAMI II de Fontibón, y la estación móvil, ubicada en la carrera 7 con calle 60. Las dos estaciones cuentan con sensores de todos los contaminantes criterio (a excepción del ozono en la estación móvil) y de los parámetros meteorológicos. Por ello, los registros que se incluyen en el presente informe tienen una representatividad temporal menor al 75%, sin embargo se muestran los datos con fines indicativos. Adicionalmente, la estación MinAmbiente retomó su funcionamiento en el mes de marzo después del mantenimiento en el edificio en que se ubica la estación.

La elaboración de informes de calidad del aire hace parte de uno de los programas contenidos en el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2016 – 2020 “Bogotá Mejor para Todos”, cuyo cumplimiento es responsabilidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, al ser la autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, uno de los procesos misionales de esta entidad es la “Evaluación, control y seguimiento”, dentro del cual se encuentra comprendido el monitoreo de la calidad del aire de la ciudad, el cual se realiza a través de las estaciones de la RMCAB.

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.

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 2018¹. 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 CFR². ()

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 |
| PM _{2.5} | Atenuación por Radiación Beta | EQPM-0609-183 | L |
| | | EQPM-0308-170 | |
| 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 | |
| CO | Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo | RFCA-0992-088 | C |
| | | RFCA-0981-054 | |
| | | RFCA-1093-093 | |
| 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 14 estaciones de monitoreo de la RMCAB presentes durante el año 2018.

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.

¹ United States Environmental Protection Agency. List of designated reference and equivalent methods. December 15, 2018. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/amtic_list_dec_2017_update_1-20-2018_0.pdf

² 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

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

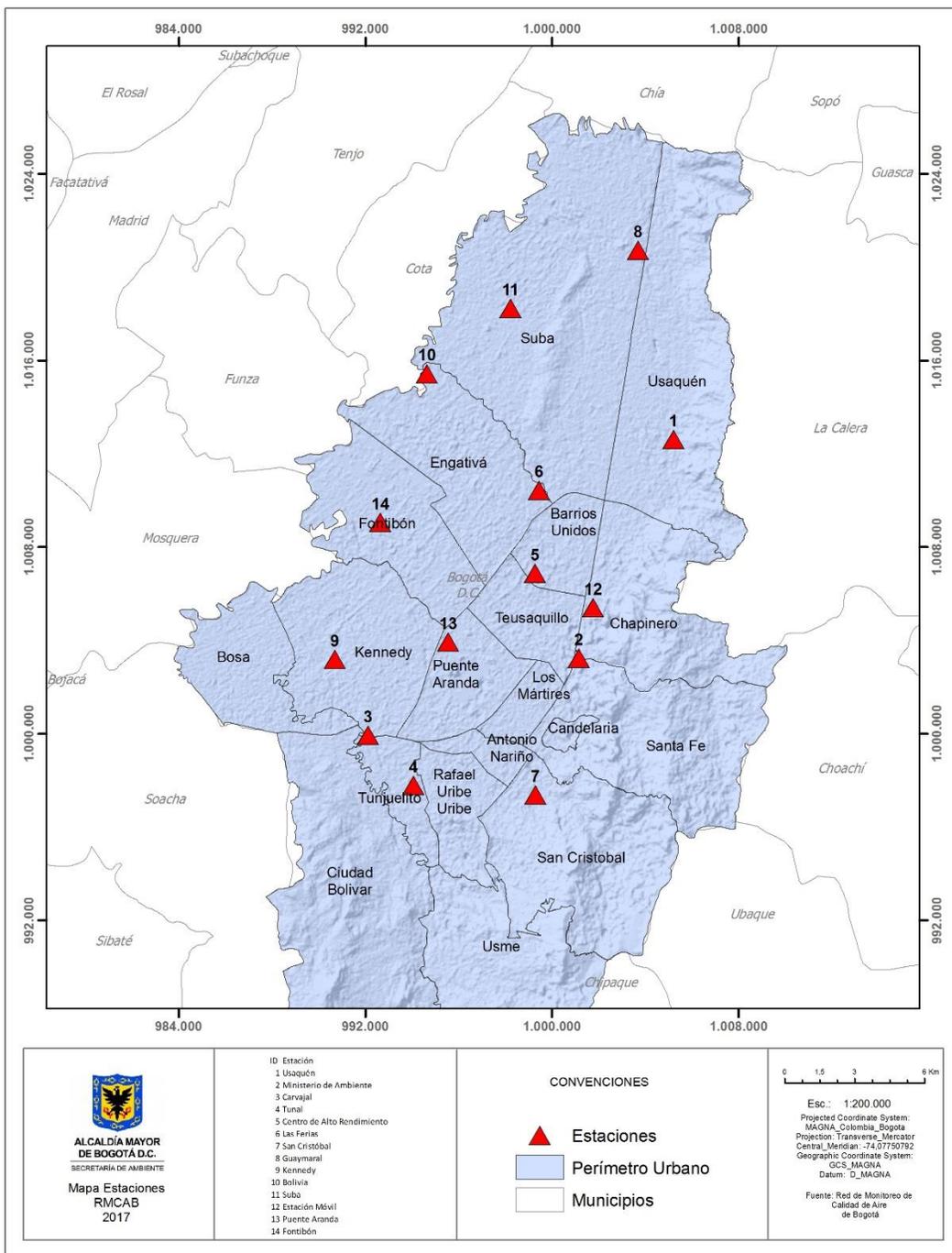


Figura 4-1 Distribución de las estaciones de monitoreo de contaminantes de la RMCAB en el año-2018

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

Tabla 4-2 Estaciones de monitoreo de la RMCAB y variables monitoreadas para el año-2018

| Característica | Bolivia | Carvajal-Sevillana | Centro de Alto Rendimiento | Fontibón | Guaymaral | Kennedy | Las Ferias | Min. Ambiente | Estación Móvil | Puente Aranda | San Cristóbal | Suba | Tunal | Usaquén | |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------|------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Ubicación | Sigla | BOL | CSE | CDAR | FTB | GYR | KEN | LFR | MAM | MOV | PTE | SCR | SUB | TUN | USQ |
| | Código | 100210 | 60303 | 120305 | 90314 | 110308 | 80309 | 100306 | 170302 | 20312 | 160313 | 40307 | 110311 | 30304 | 10301 |
| | Latitud | 4°44'9.12"N | 4°35'44.22"N | 4°39'30.48"N | 4°40'41.67"N | 4°47'1.52"N | 4°37'30.18"N | 4°41'26.52"N | 4°37'31.75"N | 4°38'32.75"N | 4°37'54.36"N | 4°34'21.19"N | 4°45'40.49"N | 4°34'34.41"N | 4°42'37.26"N |
| | Longitud | 74°7'33.18"W | 74°8'54.90"W | 74°5'2.28"W | 74°8'37.75"W | 74°2'39.06"W | 74°9'40.80"W | 74°4'56.94"W | 74°4'1.13"W | 74°5'2.28"W | 74°7'2.94"W | 74°5'1.73"W | 74°5'36.46"W | 74°7'51.44"W | 74°1'49.50"W |
| | Altitud | 2574 m | 2563 m | 2577 m | 2551 m | 2580 m | 2580 m | 2552 m | 2621 m | 2583 m | 2590 m | 2688 m | 2571 m | 2589 m | 2570 m |
| | Altura del suelo | 0 m | 3 m | 0 m | 11 m | 0 m | 3 m | 0 m | 15 m | 0 m | 10 m | 0 m | 6 m | 0 m | 10 m |
| | Localidad | Engativá | Kennedy | Barrios Unidos | Fontibón | Suba | Kennedy | Engativá | Santa Fe | Chapinero | Puente Aranda | San Cristóbal | Suba | Tunjuelito | Usaquén |
| | Dirección | Avenida Calle 80 #121-98 | Autopista Sur #63-40 | Calle 63 #59A-06 | Carrera 104 #20 C - 31 | Autopista Norte #205-59 | Carrera 80 #40-55 sur | Avenida Calle 80 #69Q-50 | Calle 37 #8-40 | Carrera 7 con calle 60 | Calle 10 #65-28 | Carrera 2 Este #12-78 sur | Carrera 111 #159A-61 | Carrera 24 #49-86 sur | Carrera 7B Bis #132-11 |
| | Tipo de zona | Suburbana | Urbana | Urbana | Urbana | Suburbana | Urbana | Urbana | Urbana | Urbana | Urbana | Urbana | Suburbana | Urbana | Urbana |
| | Tipo de estación | De fondo | Tráfico Industrial | De fondo | De tráfico | De fondo | De fondo | De tráfico | De tráfico | De tráfico | Industrial | De fondo | De fondo | De fondo | De fondo |
| Localización toma muestra | Zona Verde | Azotea | Zona Verde | Azotea | Zona Verde | Zona Verde | Zona Verde | Azotea | Andén | Azotea | Zona Verde | Azotea | Zona Verde | Azotea | |
| Altura punto de muestra | 4.6 m | 4.2 m | 4.05m | 15 m | 4.8 m | 7.71 m | 4.02m | 4.67 m | 4 m | 18.7 m | 4.88 m | 11.4 m | 3.62 | 16.45m | |
| Altura del sensor de viento | 10 m | 13 m | 10 m | 17.4 m | 10 m | 10 m | 10 m | 19 m | 12.3 m | 20 m | 10 m | 10 m | 10 m | 19 m | |
| Contaminantes | PM ₁₀ | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | PM _{2.5} | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | O ₃ | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | NO ₂ | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | CO | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | SO ₂ | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Var. Meteorológicas | V. Viento | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | D. Viento | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Temperatura | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Precipitación | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | R. Solar | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | H. Relativa | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Presión Atm. | | | | | 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 2018. 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.

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 2018, todos los parámetros capturaron datos superando el umbral de la norma del 75%. Los parámetros meteorológicos registraron valores superiores al 90% y para los registros de los parámetros de concentraciones de contaminantes mostraron un porcentaje de captura superior al 83%. El parámetro que reportó un menor porcentaje de captura de datos fue el O₃, esto se atribuye a que se instaló un nuevo equipo en la estación de Centro de Alto Rendimiento, debido a que el anterior equipo se encontraba fuera de servicio por un daño en la tarjeta principal del mismo.

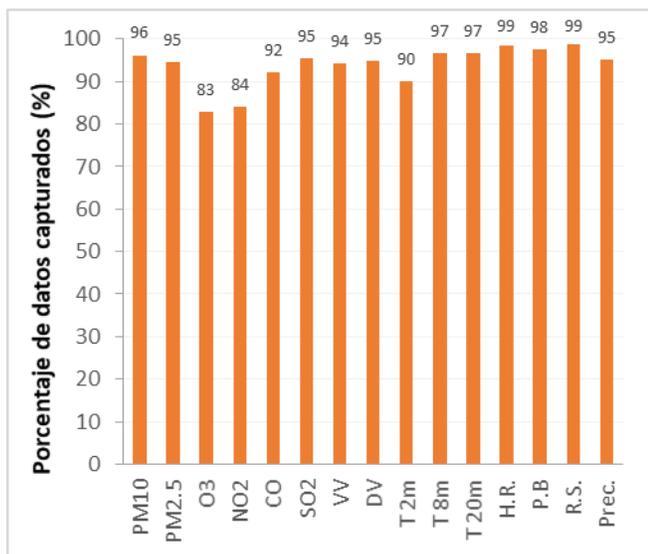


Figura 5-1. Porcentaje de captura de datos por tipo de monitor en la RMCAB. Año 2018

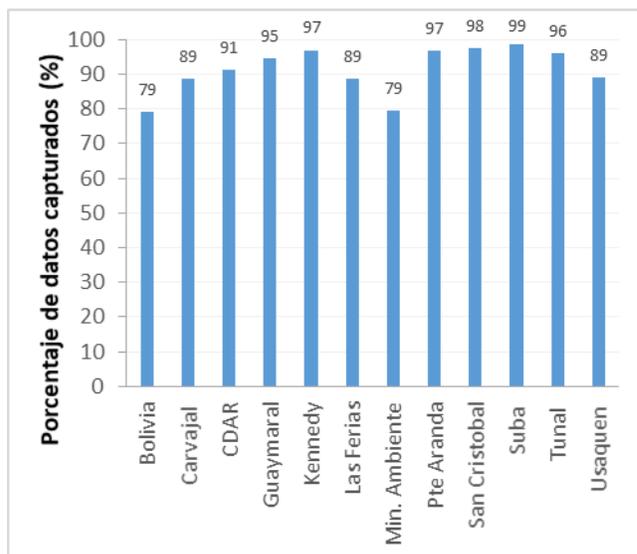


Figura 5-2. Porcentaje de datos capturados por estación. Año 2018

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 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 89%, exceptuando las estaciones de Bolivia y Min Ambiente. Es de aclarar que la estación Min Ambiente fue instalada nuevamente en marzo del 2018 después de finalizar las obras realizadas en la edificación donde se ubicaba la estación.

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.

Tabla 5-1. Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro – Año 2018

| 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 | | | | | | | 79 | 79 | | | | | | | 79 | 79 |
| Carvajal | 94 | 94 | 86 | 87 | 89 | 89 | 84 | 82 | 91 | | | | | | 91 | 89 |
| CDAR | 97 | 98 | 19 | 93 | 99 | 97 | 99 | 99 | 99 | | | 99 | | | 98 | 91 |
| Guaymaral | 95 | 97 | 83 | 86 | | | 97 | 96 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 95 |
| Kennedy | 100 | 99 | 91 | 91 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | | | 100 | 100 | 100 | 90 | 97 |
| Las Ferias | 95 | 89 | 87 | 41 | 93 | | 95 | 95 | 96 | | | 96 | 96 | | 92 | 89 |
| Min. Ambiente | 82 | 78 | 81 | | | | 73 | 82 | | | | | | | 82 | 79 |
| Pte Aranda | 100 | 94 | 85 | 99 | 91 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | | | | 100 | 97 |
| San Cristóbal | 100 | 97 | 87 | | | | 100 | 100 | 100 | | | 100 | | 100 | 100 | 98 |
| Suba | 99 | 98 | 99 | | | 98 | 99 | 99 | 99 | | | | | | 99 | 99 |
| Tunal | 99 | 98 | 95 | 91 | 74 | | 99 | 98 | 100 | | | 100 | | 100 | 100 | 96 |
| Usaquén | 98 | 100 | 99 | | 100 | | 98 | 98 | 19 | | | | | | 100 | 89 |
| Promedio | 96 | 95 | 83 | 84 | 92 | 95 | 94 | 95 | 90 | 97 | 97 | 99 | 98 | 99 | 95 | 93 |

5.2. PORCENTAJE DE DATOS VALIDOS

El proceso de validación busca validar o invalidar 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 motivos de 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 2018 fue del 89% en promedio. La Figura 5-3 presenta el consolidado de datos validos por instrumento. Al comparar con la Figura 5-1 se puede observar que el porcentaje de variación de los parámetros meteorológicos fue máximo del

1%, mientras que en los contaminantes se observan variaciones del 2% al 13% de los datos. El parámetro con el mayor porcentaje de invalidación fue el NO₂.

La Figura 5-4 presenta el porcentaje de datos validados por estación de monitoreo, al comparar con la Figura 5-2 se observa que el porcentaje de datos validados fue igual o menor al 8% de los datos capturados exceptuando la estación Bolivia el cual presento un porcentaje de datos validados del 25%.

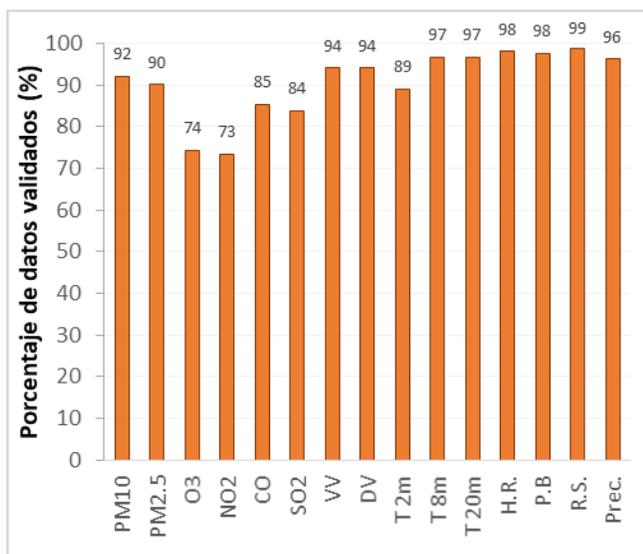


Figura 5-3. Porcentaje de datos validados por tipo de instrumento para el año 2018

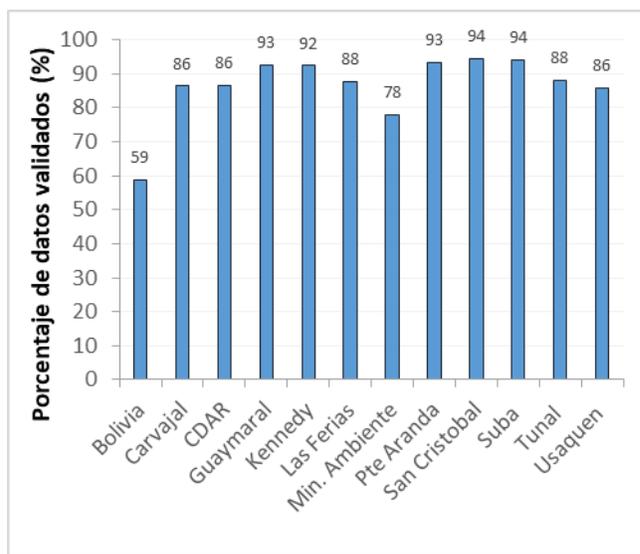


Figura 5-4. Porcentaje de datos válidos por estación año 2018

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 5-2 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 consolidado de los datos capturados válidos para los monitores activos durante el 2018 es del 89%.

Tabla 5-2. Porcentaje de datos validados por estación y parámetro – Año 2018

| 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 | | | | | | | 71 | 27 | | | | | | | 79 | 59 |
| Carvajal | 88 | 94 | 87 | 86 | 88 | 64 | 88 | 85 | 92 | | | | | | 92 | 86 |
| CDAR | 90 | 90 | 19 | 83 | 92 | 84 | 88 | 99 | 99 | | | 99 | | | 98 | 86 |
| Guaymaral | 94 | 84 | 83 | 83 | | | 97 | 87 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 93 |
| Kennedy | 97 | 97 | 74 | 60 | 97 | 78 | 100 | 100 | 100 | | | 100 | 100 | 100 | 100 | 92 |
| Las Ferias | 91 | 86 | 80 | 43 | 93 | | 95 | 95 | 96 | | | 96 | 96 | | 92 | 88 |

| Estación | PM10 | PM2.5 | O3 | NO2 | CO | SO2 | VV | DV | T 2m | T 8m | T 20m | H.R. | P.B | R.S | Prec. | Prom |
|---------------|------|-------|----|-----|----|-----|-----|-----|---------|---------|----------|------|-----|-----|-------|------|
| Min. Ambiente | 79 | 76 | 78 | | | | 73 | 81 | | | | | | | 81 | 78 |
| Pte Aranda | 95 | 91 | 73 | 92 | 91 | 98 | 100 | 94 | 100 | | | | | | 100 | 93 |
| San Cristóbal | 96 | 94 | 64 | | | | 100 | 100 | 100 | | | 97 | | 100 | 100 | 94 |
| Suba | 94 | 96 | 92 | | | 83 | 96 | 96 | 96 | | | | | | 99 | 94 |
| Tunal | 97 | 90 | 70 | 67 | 52 | | 99 | 98 | 89 | | | 100 | | 100 | 100 | 88 |
| Usaquén | 94 | 93 | 99 | | 83 | | 100 | 100 | 20 | | | | | | 100 | 86 |
| Promedio | 92 | 90 | 74 | 73 | 85 | 84 | 94 | 94 | 89 | 97 | 97 | 98 | 98 | 99 | 96 | 89 |

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

Este capítulo incluye reportes gráficos para el análisis de las concentraciones de los contaminantes, comparación de los promedios horarios, diarios, anuales y móviles de 8 horas, según corresponda y la evaluación con los niveles máximos permisibles de acuerdo a los tiempos de exposición establecidos en la normatividad nacional (Resolución 2254 de 2017 del MADS). El cálculo de cada promedio tiene en cuenta una cobertura temporal de mínimo 75% del número de datos.

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 geostatístico, 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.

6.1. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM₁₀)

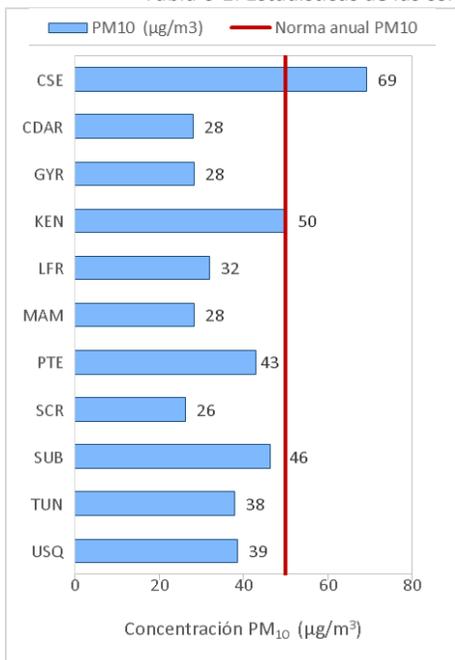
El PM₁₀ representa la masa de las partículas cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm, algunas de las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles y fijas procedente de procesos mecánicos, como obras de construcción y resuspensión del polvo en vías.

6.1.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-1 se observan los promedios anuales de PM₁₀ registrados en las estaciones que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% durante el 2017, además de incluir las estadísticas respecto a promedios, valores máximos diarios y excedencias a la norma. Solamente la estación Carvajal-Sevillana excedió el valor de la norma, con 69 µg/m³, siendo este el mayor promedio de los registrados durante el 2018, mientras que la estación San Cristóbal registró el promedio más bajo, con 26 µg/m³.

El valor del nivel máximo permisible para PM₁₀ en resolución temporal diaria fue modificado a partir de julio de 2018, por lo cual se indican de manera independiente las excedencias para el primer y segundo semestre de 2018. En el primer semestre se registraron solamente 7 excedencias en la estación Carvajal-Sevillana, mientras que en el segundo semestre se registraron en total 61 excedencias, siendo la misma estación la que registró el número más alto de valores sobre la norma.

Tabla 6-1. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM₁₀ registradas en el año 2018



| Estación | Prom. anual PM ₁₀ (µg/m ³) | % datos válidos | Conc. Máx. 24h (µg/m ³) | No. Exced. 24h Ene-Jun | No. Exced. 24h Jul-Dic |
|---|---|-----------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Norma anual: 50 µg/m ³ Norma diaria: 100 µg/m ³ (Hasta junio 30 de 2018) 75 µg/m ³ (desde Julio 1 de 2018) | | | | | |
| CSE | 69 | 87% | 136 | 7 | 50 |
| CDAR | 28 | 89% | 67 | 0 | 0 |
| FTB* | 40 | 7% | 61 | 0 | 0 |
| GYR | 28 | 93% | 63 | 0 | 0 |
| KEN | 50 | 96% | 93 | 0 | 1 |
| LFR | 32 | 91% | 78 | 0 | 0 |
| MAM | 28 | 79% | 63 | 0 | 0 |
| MOV* | 39 | 8% | 78 | 0 | 1 |
| PTE | 43 | 96% | 96 | 0 | 6 |
| SCR | 26 | 97% | 55 | 0 | 0 |
| SUB | 46 | 95% | 82 | 0 | 0 |
| TUN | 38 | 97% | 91 | 0 | 1 |
| USQ | 39 | 92% | 85 | 0 | 2 |

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

La distribución espacial de la concentración de PM₁₀, con base en los promedios anuales de concentración por estación se representan en la *Figura 4-1*, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Según 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 57 y 69 µg/m³. La zona con menores concentraciones de PM₁₀ abarca las localidades San Cristóbal, Santa Fé, La Candelaria, parte de Teusaquillo y Barrios Unidos en el centro de la ciudad, y el área cercana a la

estación Guaymaral en el norte. Como se ha visto en años anteriores, la zona suroccidental aun registra los niveles más altos de contaminación, por posible influencia de las emisiones de fuentes en el área, transporte regional por la zona sur de la ciudad y transporte de contaminantes por dirección de los vientos este-oeste.

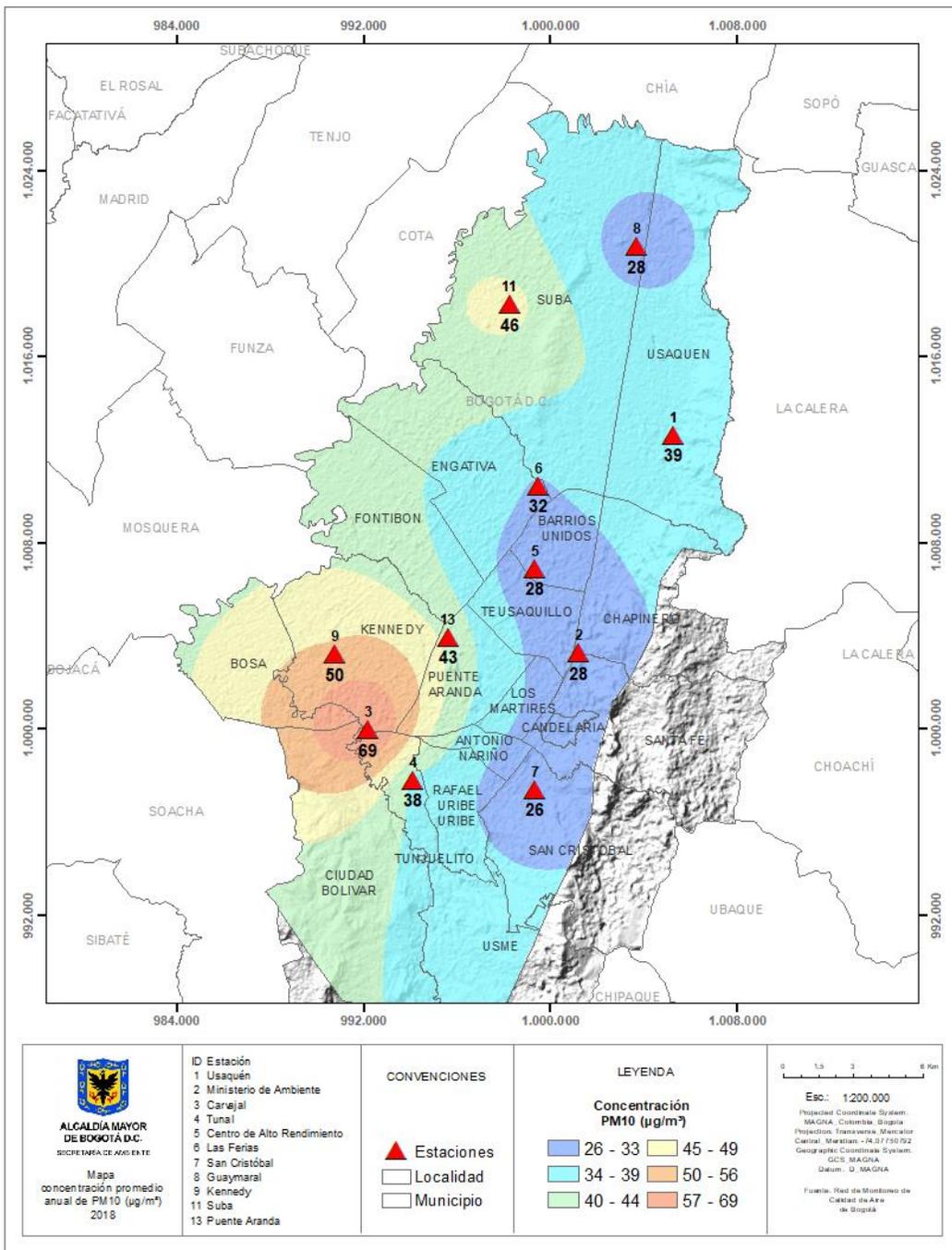


Figura 6-1. Distribución espacial de los promedios anuales de PM₁₀ del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging

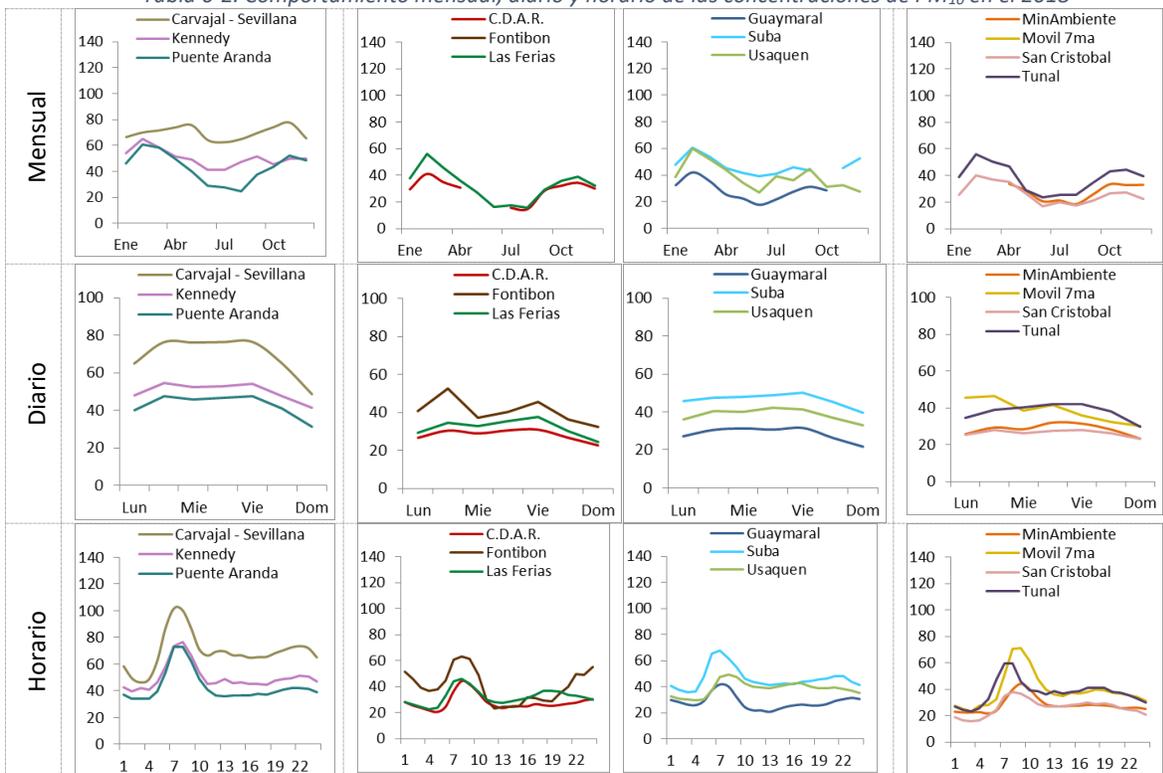
6.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL PM₁₀ POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-2 se observa el comportamiento de las concentraciones de PM₁₀ para una temporalidad mensual, diaria y horaria. Se evidencia que en la base mensual, las concentraciones más altas se registraron en la estación Carvajal-Sevillana en noviembre (78 µg/m³), mientras que en las demás estaciones los incrementos se evidenciaron en el mes de febrero. La temporada de concentraciones más bajas es en mitad de año, en los meses de junio y Julio, siendo la estación Centro de Alto Rendimiento la que tuvo el registro más bajo con 15 µg/m³ en el mes de agosto. Esta periodicidad en el comportamiento del material particulado está influenciada por los cambios en las condiciones del viento en la atmósfera en dichos periodos, tales como reducción de la velocidad y predominancia de los vientos provenientes del occidente, además de la influencia de emisiones de regiones aledañas a la ciudad, por medio del transporte de contaminantes.

Con respecto al comportamiento de una semana promedio, en general las concentraciones más altas se presentan los jueves y viernes, el promedio más alto corresponde a 76 µg/m³ los días miércoles, jueves y viernes en la estación Carvajal-Sevillana, la cual supera los registros de las demás estaciones en 15 µg/m³ aproximadamente. De otro lado, las concentraciones son más bajas los domingos, ya que la atmósfera está más limpia durante el fin de semana, ya que se reduce la actividad de las fuentes de emisión, y empiezan a aumentar nuevamente hasta el martes, cuando la atmósfera empieza a acumular la contaminación generada en la ciudad con el inicio de la semana.

En el comportamiento horario se observa que en todas las estaciones el pico de mayor concentración de PM₁₀ se registra entre las 7 y 8 AM, luego se registra un descenso hasta horas del mediodía, y en algunas estaciones se incrementa nuevamente pero en menor magnitud hacia las 7 PM, para descender en horas de la madrugada, en las cuales se registran las menores concentraciones del día. Las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy son las que registran el promedio más alto, con 102 µg/m³ y 77 µg/m³ respectivamente. Este comportamiento es influenciado por la actividad de las fuentes de emisión, ya que en horas de la mañana se incrementa el tráfico vehicular e inicia la actividad de fuentes fijas, además de que la atmósfera puede verse influenciada por los cambios de temperatura desde la noche hacia la mañana, por lo cual disminuye la dispersión de los contaminantes, a diferencia de las horas de la tarde, que aumenta la velocidad del viento y permite que la concentración de contaminantes sea menor que en la mañana.

Tabla 6-2. Comportamiento mensual, diario y horario de las concentraciones de PM₁₀ en el 2018



6.1.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE PM₁₀ POR ESTACIÓN

Según la Figura 6-2, en la mayoría de las estaciones, las concentraciones anuales de PM₁₀ tienen una tendencia a la disminución con el paso del tiempo para los últimos cinco años. La estación Carvajal-Sevillana es la única que ha registrado excedencias sobre la norma anual desde el 2014, ya que las demás estaciones han registrado concentraciones bajo la norma desde hace dos años en general. En la mayoría de las estaciones las concentraciones anuales más altas se registraron en el año 2014, en el cual se registró un evento de influencia de arenas del desierto del Sahara, el cual sucede periódicamente pero su influencia está determinada por la dirección del viento.

El registro anual más alto de PM₁₀ de los últimos cinco años se presentó en Carvajal-Sevillana en el año 2014 (91 µg/m³), y el más bajo en la estación San Cristóbal en el año 2015 (26 µg/m³)

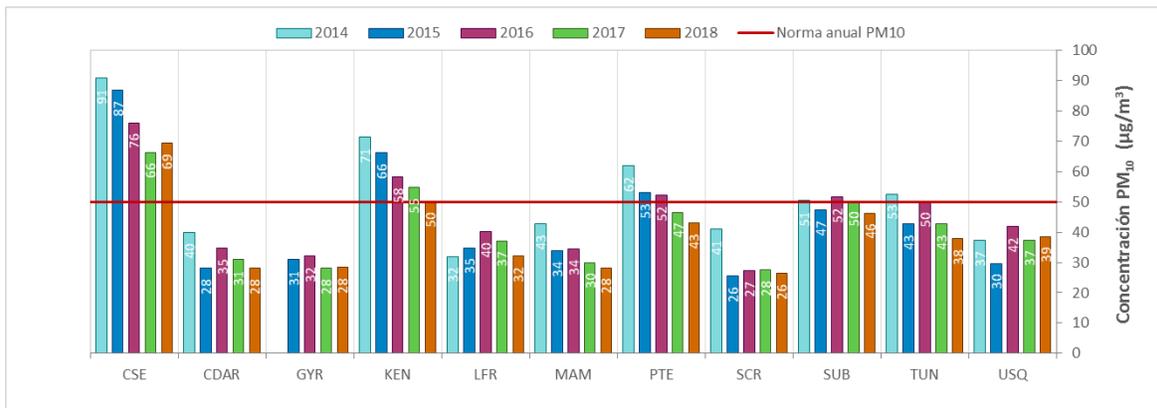


Figura 6-2. Concentraciones anuales de PM₁₀ años 2014 a 2018

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

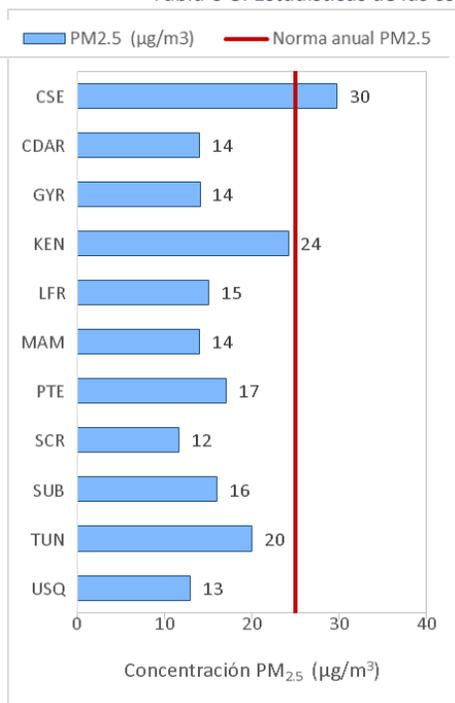
El PM_{2.5} representa la masa de las partículas cuyo diámetro es inferior a 2.5 µm, las fuentes de estas partículas finas incluyen todo tipo de combustiones, incendios forestales, y algunos procesos industriales. Para el año 2017, diez (10) estaciones reportaron datos de PM_{2.5} con una representatividad temporal mayor al 75%, de las once (11) estaciones que monitorearon el contaminante.

6.2.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE PM_{2.5} POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-3 se relacionan los promedios anuales de PM_{2.5} registrados en el año 2018, los valores máximos, porcentaje de datos válidos y excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal diaria. Solamente la estación Carvajal-Sevillana registró el promedio anual sobre la norma, con un valor de 30 µg/m³, las demás concentraciones se encuentran por debajo de 24 µg/m³; el registro anual más bajo es el de la estación San Cristóbal, con 12 µg/m³.

El valor del nivel máximo permisible para PM_{2.5} en resolución temporal diaria fue modificado a partir de julio de 2018, por lo cual se indican de manera independiente las excedencias para el primer y segundo semestre de 2018. En el primer semestre se registraron solamente dos excedencias, en las estaciones Kennedy y Tunal, mientras que en el segundo semestre se registraron 49 excedencias, de las cuales 27 corresponden a la estación Carvajal-Sevillana. Con la restricción en la norma, se observa que las concentraciones diarias en varios puntos de la ciudad siguen siendo altas, en especial en los meses de febrero y marzo, y en septiembre y octubre, además indica que en la zona suroccidental de la ciudad aún persisten las altas concentraciones de material particulado, por lo cual sigue siendo la zona con más posibles afectaciones por este contaminante.

Tabla 6-3. Estadísticas de las concentraciones anuales de PM_{2.5} registradas en el año 2018



| Estación | Promedio anual PM _{2.5} (µg/m ³) | % datos válidos | Conc. Máx. 24h (µg/m ³) | No. Exced. 24h Ene-Jun | No. Exced. 24h Jul-Dic |
|--|---|-----------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Norma anual: 25 µg/m ³ Norma diaria: 50 µg/m ³ (Hasta junio 30 de 2018) 37 µg/m ³ (desde Julio 1 de 2018) | | | | | |
| CSE | 30 | 92% | 57 | 0 | 27 |
| CDAR | 14 | 90% | 36 | 0 | 0 |
| FTB* | 14 | 7% | 32 | 0 | 0 |
| GYR | 14 | 84% | 37 | 0 | 0 |
| KEN | 24 | 99% | 54 | 1 | 6 |
| LFR | 15 | 83% | 37 | 0 | 0 |
| MAM | 14 | 76% | 43 | 0 | 2 |
| MOV | 29 | 7% | 49 | 0 | 5 |
| PTE | 17 | 86% | 42 | 0 | 1 |
| SCR | 12 | 94% | 39 | 0 | 0 |
| SUB | 16 | 97% | 41 | 0 | 0 |
| TUN | 20 | 88% | 56 | 1 | 7 |
| USQ | 13 | 95% | 40 | 0 | 1 |

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

La distribución espacial de la concentración de PM_{2.5}, con base en los promedios anuales de concentración por estación se representan en la Figura 6-3, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Según esta representación, las concentraciones más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad, en la zona en que confluyen las localidades Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, con un rango de concentraciones entre 26 y 30 µg/m³. En contraste, las localidades ubicadas en la zona oriental de la ciudad bajo los cerros orientales, presentan las concentraciones más bajas del contaminante, principalmente en el suroriente de la ciudad. El comportamiento espacial del PM_{2.5} es similar al del PM₁₀, en el cual la zona suroccidental presenta las concentraciones más altas, las cuales se pueden ver influenciadas por la resuspensión del material, las emisiones de fuentes fijas y móviles ubicadas en el sector y en zonas aledañas al límite de la ciudad, y transporte de contaminantes generados en otros sectores de la ciudad.

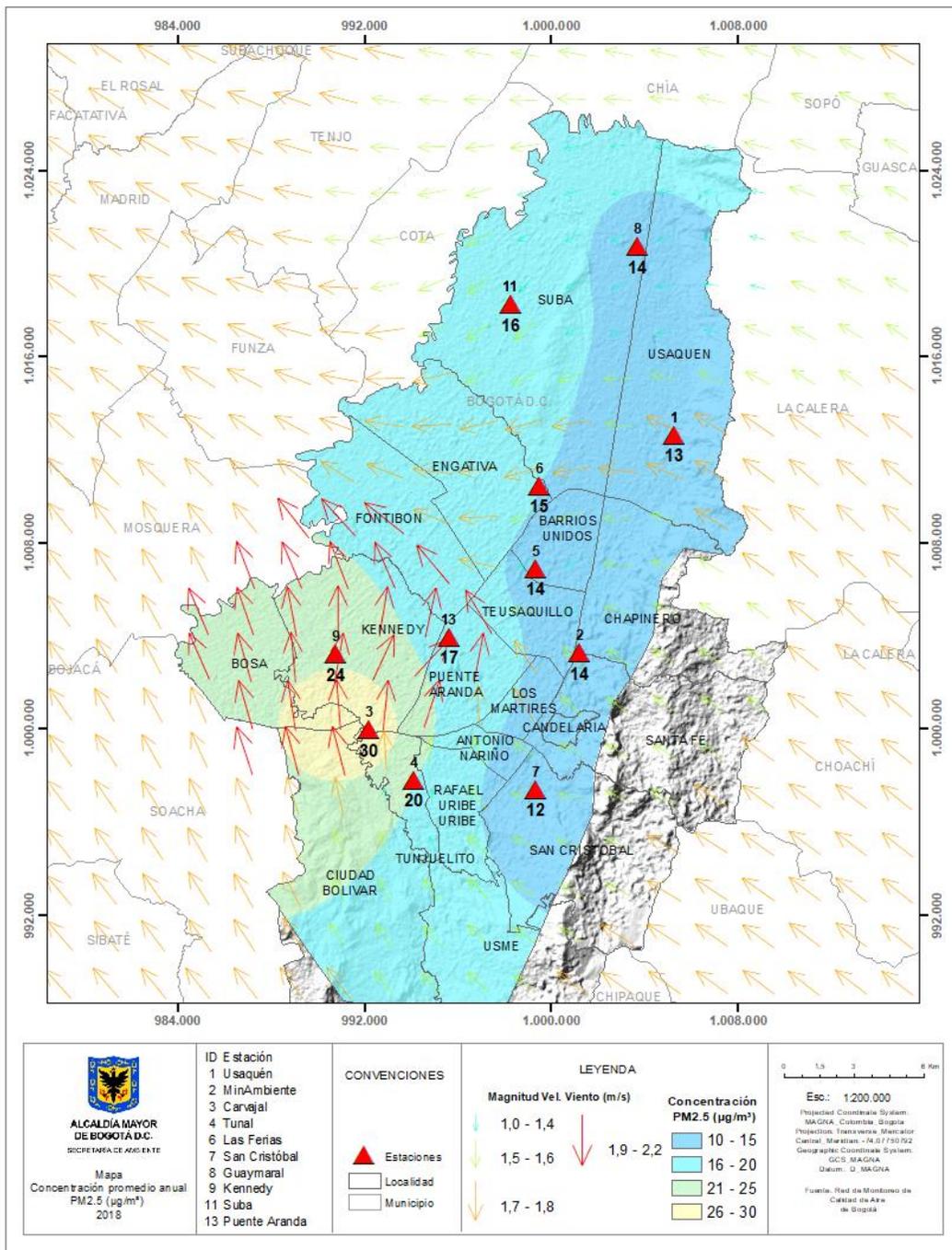


Figura 6-3. Distribución espacial de los promedios anuales de PM_{2.5} del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging

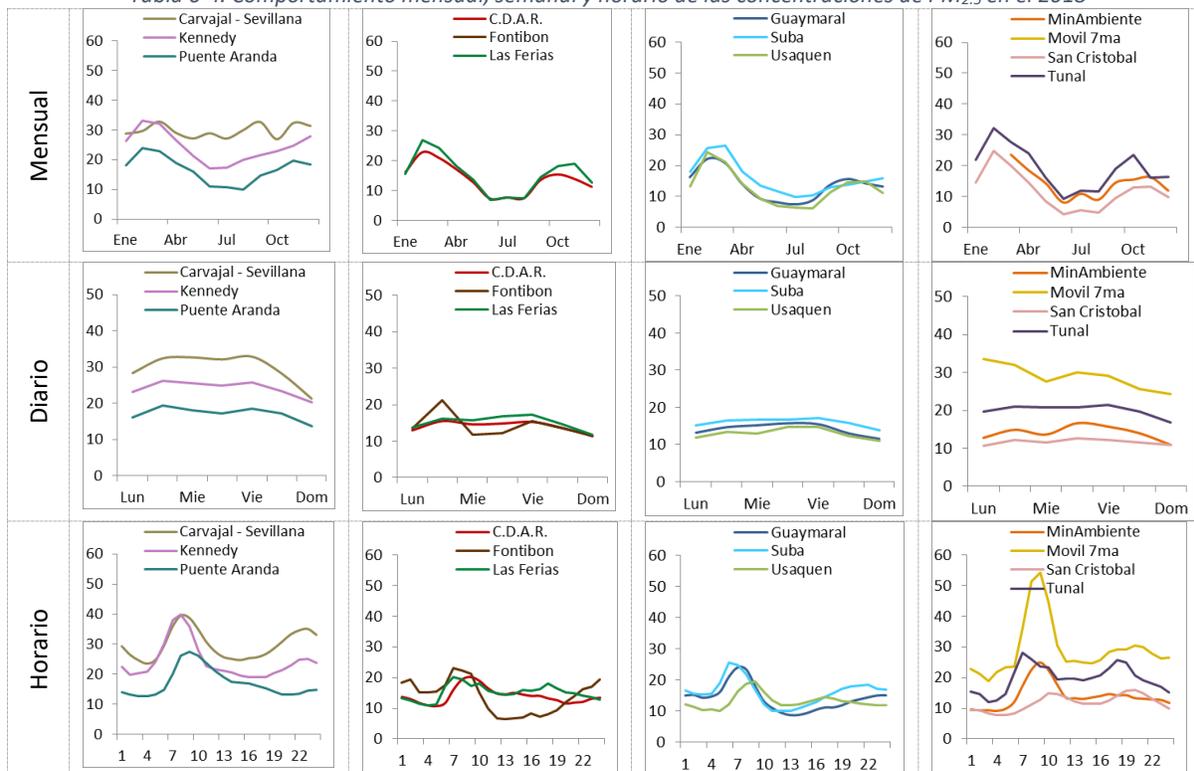
6.2.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL $PM_{2.5}$ POR ESTACIÓN

En la Tabla 6-4 se observa el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para una temporalidad mensual, diaria y horaria. En relación al comportamiento mensual, el mes de febrero presenta las concentraciones más altas, mientras que la temporada de mitad de año es la que registra las concentraciones más bajas de $PM_{2.5}$. Los registros mensuales más altos corresponden a $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy en los meses de marzo y febrero respectivamente, y los registros más bajos corresponden a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en San Cristóbal para el mes de julio, y a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Usaquén para el mes de agosto. Este comportamiento es similar al del PM_{10} , en donde se presentaron concentraciones altas en el primer trimestre del año por transporte de material particulado generado en incendios forestales en la zona de la Orinoquía y Venezuela a través de vientos sinópticos. En los consiguientes meses hubo un aumento en las precipitaciones, lo que posiblemente contribuyó a la reducción de las concentraciones por la dispersión de contaminantes.

Respecto al comportamiento diario de las concentraciones de $PM_{2.5}$, se observa que las concentraciones más altas se registran el viernes, a excepción de la estación Móvil, que registra los valores más altos durante el lunes y en Fontibón el día martes; cabe resaltar que estas estaciones solo cuentan con mediciones del mes de diciembre, por lo cual este comportamiento no incluye todas las fluctuaciones del año. En estas dos últimas estaciones es notable que la actividad es más alta al inicio de la semana, asociada a la presencia de oficinas e incremento de la flota de transporte público. Para el resto de las estaciones, la dinámica del contaminante se ve influenciada por el efecto de acumulación de contaminación, y las condiciones que no favorezcan la dispersión de contaminantes, además de la actividad de las fuentes emisoras, que es mayor en días hábiles que en días entre semana. El promedio más alto corresponde a $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Carvajal-Sevillana para los días miércoles y viernes, y el más bajo de $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación San Cristóbal para el día lunes.

En relación al comportamiento horario, al igual que en PM_{10} , el pico de contaminación se presenta en entre las 7 y 8 AM, y después hay un descenso de las concentraciones hasta el mediodía, luego hay un incremento hacia las 7 PM en las estaciones del centro y suroriente, y hacia las 10 PM en las estaciones del suroccidente. Esto se debe a que posiblemente el tráfico vehicular es mayor en las salidas de la ciudad en la zona suroccidental de la ciudad para las horas de la noche, y que hay una mayor flota vehicular hacia la periferia de la ciudad; el pico de concentración es influenciado por las condiciones de la atmósfera en la mañana, dada la diferencia de temperatura respecto a la altura, y por el inicio de la actividad de las fuentes emisoras en la mañana.

Tabla 6-4. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en el 2018



6.2.2. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE $PM_{2.5}$ POR ESTACIÓN

De acuerdo a la Figura 6-4, las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy han registrado excedencias sobre el promedio anual de concentración en los últimos cinco años, aunque solamente la primera estación tuvo excedencia en el año 2018. En algunas estaciones se redujo la concentración respecto al año anterior, como en Kennedy, Las Ferias, MinAmbiente y Suba, pero en otras las concentraciones se mantienen, como en Guaymaral, San Cristóbal y Usaquén.

El registro más alto desde el 2014 es de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Carvajal-Sevillana, y el más bajo de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en San Cristóbal, para el año 2015. En esta última estación se observa un aumento gradual de las concentraciones en el tiempo, posiblemente asociado a cambios en la dirección del viento (predominancia de vientos del occidente) e influencia de incendios forestales en el primer trimestre del año.

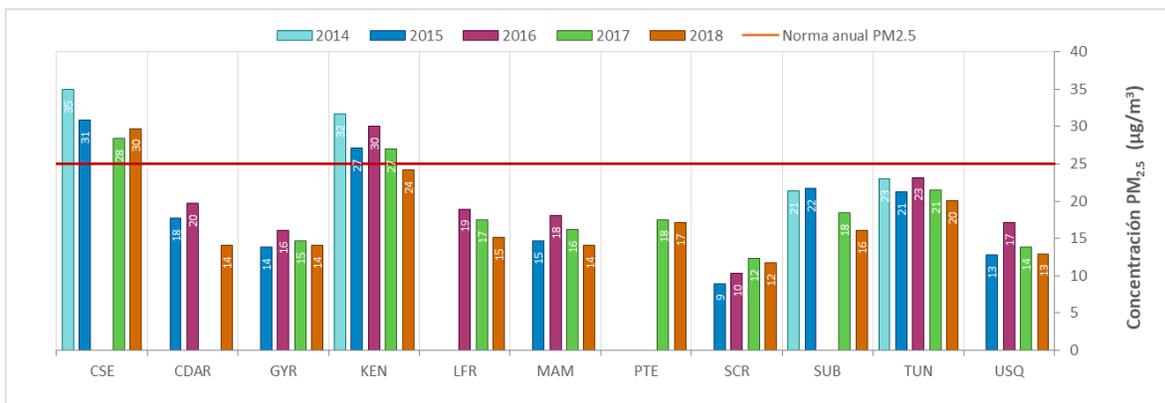


Figura 6-4. Concentraciones anuales de PM_{2.5} años 2014 a 2018

6.3. OZONO (O₃)

El O₃ es un gas azul pálido que existe en las capas altas (estratósfera) y capas bajas (tropósfera) de la atmósfera, pero mientras el estratosférico es de tipo natural y benéfico para la vida, actuando como un filtro protector de la radiación ultravioleta, el segundo (llamado ozono troposférico) es perjudicial en los seres vivos, 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, más sí es producido por la reacción química entre el oxígeno natural del aire y los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, los cuales actúan como precursores o facilitadores de la reacción química en presencia de la luz solar. Estos precursores sí son emitidos directamente a la atmósfera y por tanto a mayor concentración de estos, mayor es la producción de ozono, siempre y cuando exista la radiación solar.

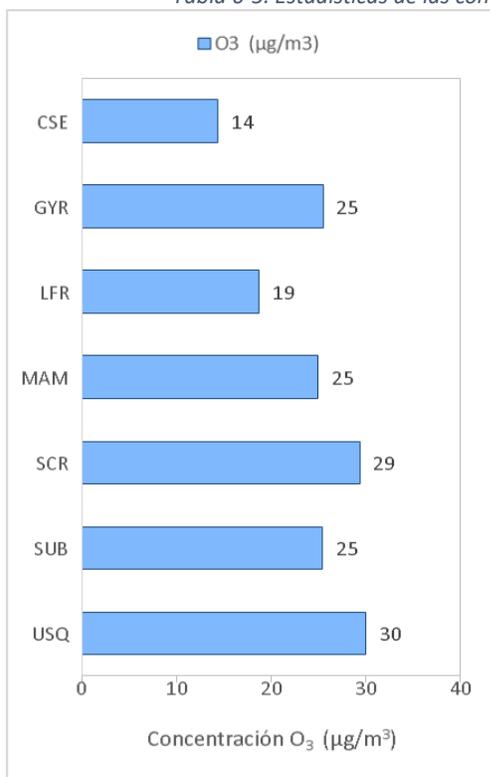
6.3.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE O₃ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-5 contiene los promedios anuales de concentración de ozono, 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.

La estación Usaqué registró el valor más alto de 2018, con 30 µg/m³, seguido de la estación San Cristóbal, con 29 µg/m³, mientras que el valor más bajo corresponde a la estación Carvajal-Sevillana, con 14 µg/m³. Aunque la estación Carvajal-Sevillana registra altos niveles de concentración de material particulado, en esta zona se presentan bajos niveles de ozono, posiblemente por el incremento en la presencia de óxidos de nitrógeno, asociados a emisiones de fuentes móviles en la zona y por transporte de contaminantes, situación que incide en la reacción para generar NO₃, y que implica un consumo de ozono.

En total se obtuvieron 27 excedencias al nivel máximo permisible en resolución temporal 8 horas, siendo la estación Suba la que presentó el valor más alto con 17 excedencias, y la estación San Cristóbal con 8 excedencias. Del mismo modo, la estación Suba obtuvo el valor más alto de las concentraciones 8 horas, con 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 6-5. Estadísticas de las concentraciones anuales de O_3 registradas en el año 2018



| Estación | Promedio anual O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % datos válidos | Conc. Máx. 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | No. Exced. 8h |
|---|--|-----------------|--|---------------|
| Norma 8 horas: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | |
| CSE | 14 | 87% | 80 | 0 |
| CDAR* | 24 | 19% | 106 | 2 |
| FTB* | 21 | 6% | 73 | 0 |
| GYR | 25 | 83% | 92 | 0 |
| KEN* | 18 | 74% | 89 | 0 |
| LFR | 19 | 80% | 81 | 0 |
| MAM | 25 | 77% | 107 | 3 |
| PTE* | 12 | 73% | 72 | 0 |
| SCR* | 29 | 64% | 111 | 8 |
| SUB | 25 | 91% | 118 | 17 |
| TUN* | 25 | 70% | 93 | 0 |
| USQ | 30 | 99% | 87 | 0 |

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

La Figura 6-5 representa la distribución espacial de las concentraciones anuales de O_3 registradas durante el 2018, mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging. Se observa que las concentraciones tienden a aumentar hacia el nororiente de la ciudad, en un rango entre 26.1 a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que abarca la zona norte de Chapinero, la zona sur de Usaquén y el oriente de Suba. Por el contrario, las concentraciones más bajas se presentan en el suroccidente, en los límites de las localidades de Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, en un rango entre 14 y 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante el 2018 se observó un aumento del ozono en la zona oriental de la ciudad, siendo el comportamiento usual que las concentraciones más altas se registren al norte y nororiente de la ciudad.

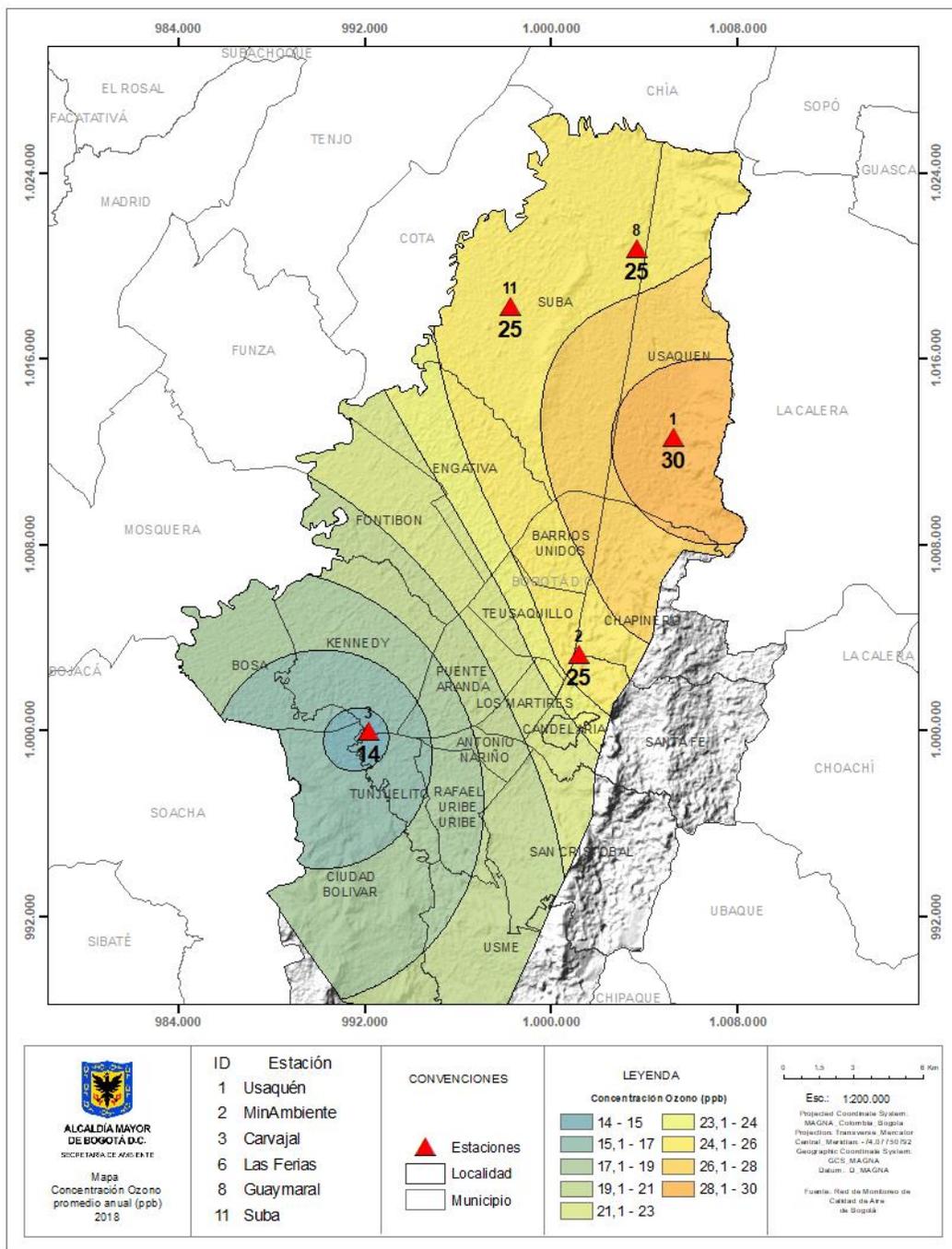


Figura 6-5. Distribución espacial de los promedios anuales de O₃ del año 2018 con base en el método de interpolación Kriging

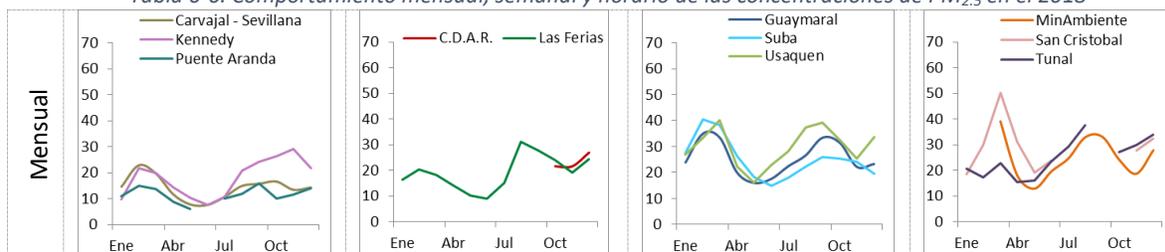
6.3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL O₃ POR ESTACIÓN

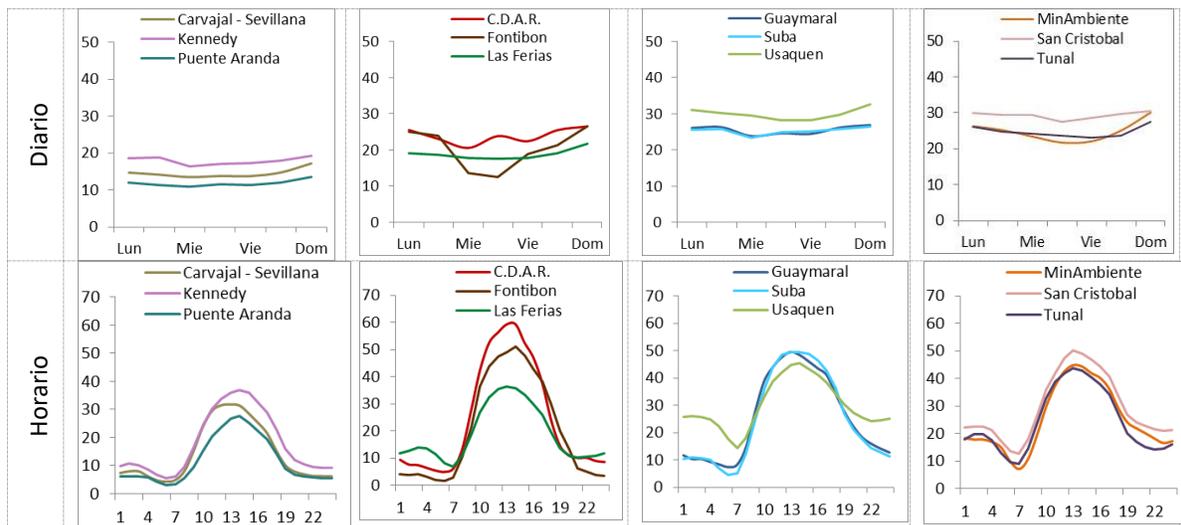
En la Tabla 6-6 se observa el comportamiento de las concentraciones de O₃ para una temporalidad mensual, diaria y horaria. Con base en el comportamiento mensual, se observa que las concentraciones más altas se registraron el inicio del año entre febrero y marzo y en el mes de septiembre, y las más bajas en el mes de junio. Las estaciones del norte y oriente de la ciudad son las que registran los valores más altos de ozono, siendo la estación San Cristóbal la que registró el pico más alto en el mes de marzo (50 µg/m³), y los promedios más bajos se obtuvieron en la zona suroccidente de la ciudad; la concentración promedio más baja fue de 8 µg/m³ en la estación Carvajal-Sevillana para el mes de enero. La generación de ozono troposférico como contaminante secundario está influenciada por la reacción de los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (COV) con la luz solar, por lo cual en la zona suroccidental que registra altas concentraciones de material particulado, se presentan altas concentraciones de óxidos de nitrógeno, por lo que los niveles de ozono son más bajos. Por otro lado, en la zona nororiental aumentan las concentraciones por la posible influencia del menor aporte de óxidos de nitrógeno y de tráfico vehicular, en esta zona.

En cuanto al comportamiento diario del ozono, se evidencia que las concentraciones son más altas entre viernes y domingo, y las más bajas a mitad de semana. Se puede evidenciar la relación con los óxidos de nitrógeno los cuales se asocian a las emisiones de vehículos, cuya actividad es mayor en los días hábiles, por lo que el efecto acumulativo de los contaminantes puede incidir en que se reduzca el ozono a mitad de semana, y que aumente durante el fin de semana dado que se reduce la flota vehicular que transita en la ciudad.

El comportamiento horario del ozono se caracteriza por registrar picos de concentración entre 1 y 2 PM, con lo cual se evidencia la influencia de la radiación solar en la reacción de los contaminantes primarios para generar ozono, por lo que los óxidos de nitrógeno y los COV generados en las emisiones de la mañana, se transforman gradualmente con el aumento de la radiación solar, y después las concentraciones descienden en horas de la tarde. El promedio horario más alto fue registrado en la estación C.D.A.R. (59 µg/m³) a la 1 PM, y el promedio horario más bajo se registró en Fontibón a las 6 AM (2 µg/m³)

Tabla 6-6. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de PM_{2.5} en el 2018





6.3.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE O₃ POR ESTACIÓN

En los últimos cinco años, la estación Usaquén ha registrado las concentraciones más altas de ozono, obteniendo el registro más alto el año 2015 con 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por el contrario, el registro más bajo fue de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Kennedy, para el año 2017. En términos generales, se observa un aumento de las concentraciones de ozono en el 2018 respecto al 2017, aunque en general las concentraciones más altas se registraron durante el año 2015.

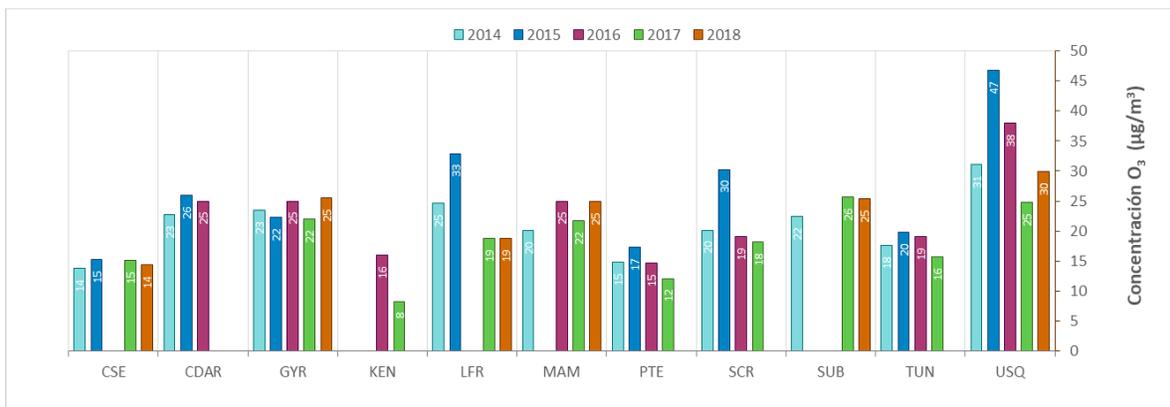


Figura 6-6. Concentraciones anuales de O₃ años 2014 a 2018

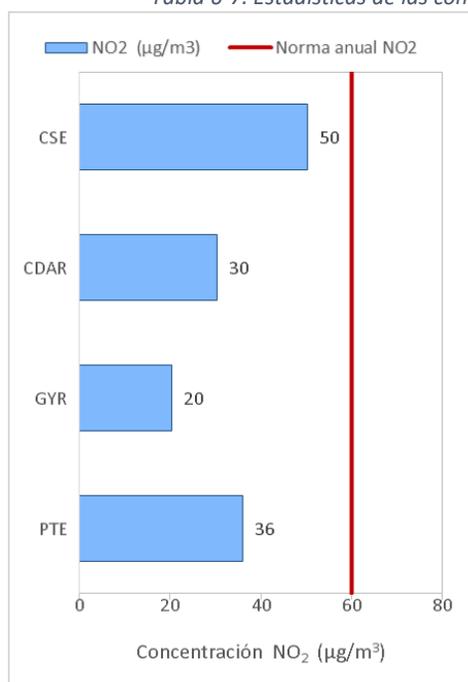
6.4. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El NO₂ 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.

6.4.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE NO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-7 resume los parámetros de concentraciones promedio anuales de NO₂ para el año 2018, porcentaje de datos válidos, concentraciones máximas y excedencias respecto a la norma horaria. Se observa que todas las concentraciones anuales registradas se encuentran por debajo del nivel establecido por la norma; la concentración anual más alta es la registrada en Carvajal-Sevillana (50 µg/m³), mientras que la más baja fue la registrada en Guaymaral (20 µg/m³). Solamente se registraron tres excedencias con respecto a la norma diaria, en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias y Puente Aranda.

Tabla 6-7. Estadísticas de las concentraciones anuales de NO₂ registradas en el año 2018



| Estación | Promedio anual NO ₂ (µg/m ³) | % datos válidos | Conc. Máx. 1h (µg/m ³) | No. Exced . 1h |
|---|---|-----------------|------------------------------------|----------------|
| Norma anual: 60 µg/m ³ Norma horaria: 200 µg/m ³ | | | | |
| CSE | 50 | 86% | 140 | 0 |
| CDAR | 30 | 83% | 215 | 1 |
| FTB* | 45 | 7% | 116 | 0 |
| GYR | 20 | 83% | 197 | 0 |
| KEN* | 24 | 60% | 109 | 0 |
| LFR* | 33 | 43% | 263 | 1 |
| PTE | 36 | 92% | 260 | 1 |
| TUN* | 27 | 67% | 111 | 0 |

*Las concentraciones 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

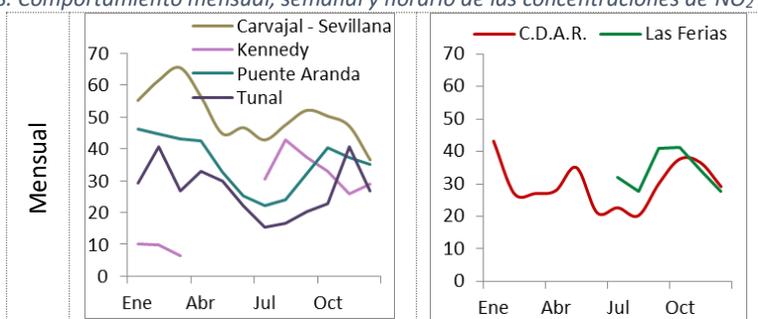
En la Tabla 6-8 se representa el comportamiento promedio de las concentraciones de NO₂ en temporalidad mensual, diaria y horaria para el año 2018. En la base temporal mensual, se observa que en el primer trimestre el año se registra las mayores concentraciones, mientras que la mitad

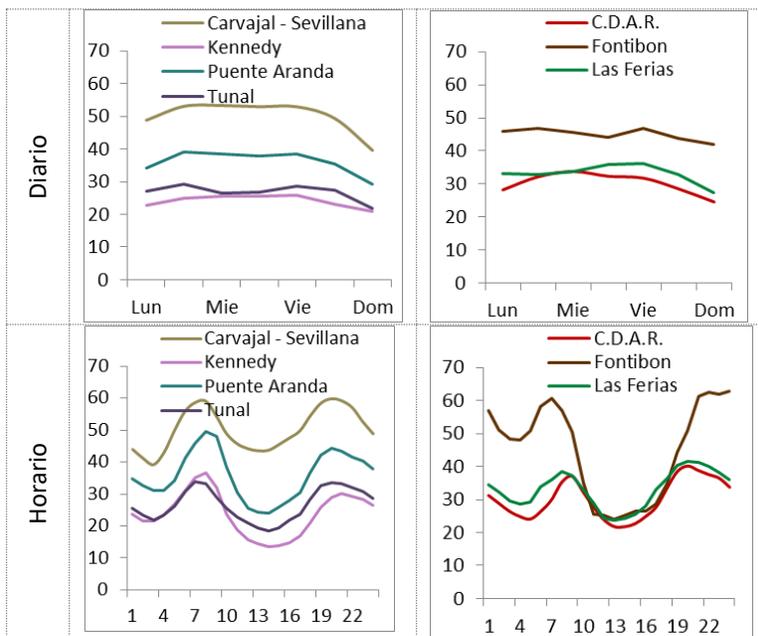
del año tuvo las menores concentraciones del año. La estación Kennedy tuvo datos faltantes entre abril y junio, dado que estuvo en revisión operativa por diferencias en la eficiencia del convertidor, mientras que el monitor de la estación las Ferias estuvo en mantenimiento la primera mitad del año debido a cambio en un componente interno del equipo. El comportamiento de este contaminante es similar al del material particulado, con dos picos de concentración en el primer y último trimestre del año, siendo la zona suroccidental la que registra los niveles más altos, debido a que hay un aporte notable por el número de fuentes de emisión en la zona y el transporte de contaminantes de otras zonas de la ciudad. El promedio mensual más alto se registró en la estación Carvajal-Sevillana en marzo, con $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el menor promedio en la estación Guaymaral en el mes de Julio, con $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$

En relación al comportamiento de una semana promedio, las concentraciones son bajas en el día lunes, se incrementan gradualmente los siguientes días hábiles, y se reducen nuevamente hasta los valores más bajos en el fin de semana. Las concentraciones de NO_2 se encuentran asociadas a las emisiones de las fuentes móviles, por lo que se observa que la dinámica de dichas fuentes que reducen su actividad en días de fin de semana, corresponde a la disminución de concentraciones al final de la semana.

De acuerdo al comportamiento horario, se evidencia que se registran dos picos de concentración de similar magnitud a las 7 AM y a las 8 PM, y las 2 PM se registran las menores concentraciones; es notable que las concentraciones más altas se registran en la estación Carvajal-Sevillana en la zona suroccidente y en la estación Fontibón en la zona centro-occidental de la ciudad, las cuales se encuentran ubicadas cerca de vías de alto tráfico vehicular, por lo cual se observa la influencia de las horas de mayor tráfico en la ciudad. En el medio día las concentraciones descienden posiblemente por el consumo del NO_2 en la reacción fotoquímica que contribuye al aumento del ozono troposférico, dado el incremento de la radiación solar.

Tabla 6-8. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de NO_2 en el 2018





6.4.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE NO₂ POR ESTACIÓN

En la Figura 6-7 se representan las concentraciones promedio anual de NO₂ de los años 2014 a 2018. En algunas estaciones se retiró el sensor de la estación, o las mediciones han tenido una representatividad temporal menor al 75%. El valor más alto se registró en la estación Carvajal-Sevillana, con 53 µg/m³ en el año 2015, y el registro más bajo fue de 11 µg/m³ en la estación Kennedy, para el año 2015. En el año 2018, la norma anual se hizo más restrictiva respecto al valor definido por la normatividad anterior, pasando de 100 a 60 µg/m³, sin embargo, en los últimos cinco años no se han registrado excedencias respecto a dichos niveles.

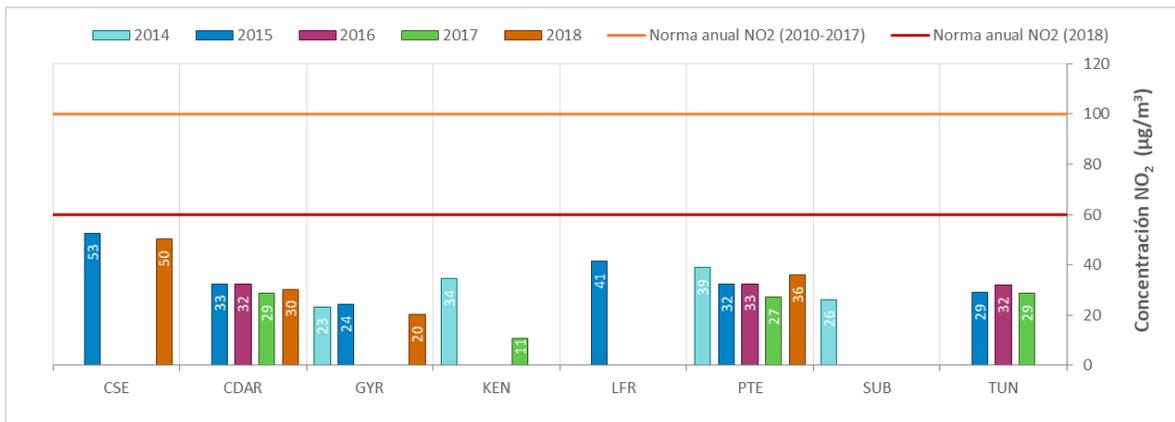


Figura 6-7. Concentraciones promedio anual de NO₂ - años 2014 a 2018

6.5. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

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. Su aspiración continua puede producir problemas respiratorios.

6.5.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE SO₂ POR ESTACIÓN

La Tabla 6-9 muestra los valores registrados como promedio anual de SO₂ en el año 2018. La concentración más alta se registró en la estación Kennedy, con 6.1 µg/m³, y la más baja corresponde a 2.9 µg/m³ en la estación Centro de Alto Rendimiento. Se registraron 15 excedencias a la norma horaria de SO₂, de las cuales 14 se registraron en la estación Carvajal-Sevillana. En esta estación se registran los niveles más altos de SO₂ en la ciudad, sin embargo en los primeros meses del 2018 la estación tuvo mediciones intermitentes, por ajustes de calibración y cambios en el filtro de partículas.

Tabla 6-9. Estadísticas de las concentraciones anuales de SO₂ registradas en el año 2018



| Estación | Prom. anual SO ₂ (µg/m ³) | % datos válidos | Conc. Máx. 24h (µg/m ³) | No. Exced . 24h | No. Exced . 1h |
|--|--|-----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------|
| Norma diaria: 50 µg/m ³ Norma horaria: 100 µg/m ³ | | | | | |
| CSE* | 13.3 | 63% | 49.7 | 0 | 14 |
| CDAR | 2.9 | 82% | 8.8 | 0 | 1 |
| KEN | 6.1 | 77% | 15.0 | 0 | 0 |
| MOV* | 5.1 | 8% | 7.1 | 0 | 0 |
| PTE | 3.0 | 99% | 8.5 | 0 | 0 |
| SUB | 4.3 | 81% | 26.6 | 0 | 0 |
| TUN | 4.3 | 95% | 11.6 | 0 | 0 |
| USQ* | 1.1 | 11% | 2.5 | 0 | 0 |

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

6.5.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL SO₂ POR ESTACIÓN

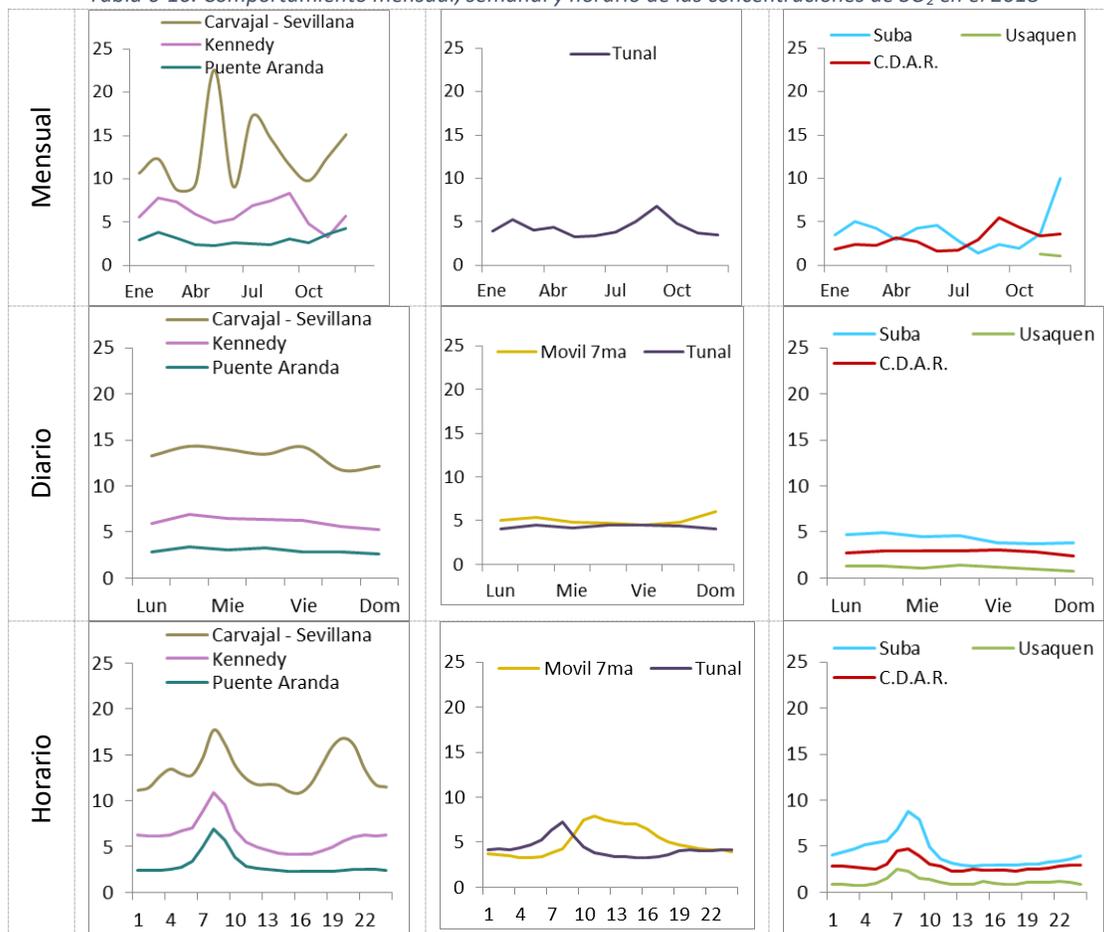
En la Tabla 6-10 se representan los comportamientos de las concentraciones de SO₂ en temporalidad mensual, diaria y horaria, con base en los datos registrados en el 2018. Para la base de tiempo mensual, se observa que en la mayoría de las estaciones las concentraciones se incrementan en los últimos meses del año, a excepción de la estación Carvajal-Sevillana, que presentó dos picos altos en los meses de mayo y agosto, además de que registra las concentraciones más altas de la ciudad. Cabe resaltar que el conjunto de datos de SO₂ en dicha estación tuvo un 63% de representatividad temporal, por lo que las mediciones representan solo una parte del comportamiento del contaminante en la zona. El SO₂ se asocia a emisiones de combustibles fósiles, especialmente los combustibles usados en fuentes móviles y transporte pesado, por lo cual las concentraciones más altas se observan en estaciones que se encuentran cerca de vías principales, tales como la Autopista Sur para el caso de la estación Carvajal-Sevillana.

Respecto al comportamiento diario, se observa que en la mayoría de las estaciones las concentraciones permanecen relativamente similares durante los días de la semana, sin embargo se observa una ligera tendencia al descenso en los días de fin de semana, a excepción de la Estación Móvil, que presenta un aumento de las concentraciones el domingo, aunque este comportamiento solo corresponde al mes de diciembre, lo cual podría asociarse al aumento de

tráfico en la temporada de final de año. El promedio más alto se registró en la estación Carvajal-Sevillana, con $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el día martes.

En cuanto al comportamiento horario, al igual que en el material particulado, se observa que en la mayoría de las estaciones se registra un pico de concentración en la mañana a las 8 AM, a excepción de la estación móvil que registró las mayores concentraciones entre las 10 AM y las 4 PM, y en la estación Carvajal-Sevillana que registra además otro pico hacia las 9 PM. El comportamiento de este contaminante se asocia a la actividad de las fuentes móviles cuyas emisiones son mayores en horas de la mañana, y en el caso de la estación Carvajal se evidencia la influencia del tránsito de transporte pesado en horas de la noche y en menor proporción en la estación Kennedy.

Tabla 6-10. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de SO_2 en el 2018



6.5.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE SO₂ POR ESTACIÓN

La Figura 6-8 representa las concentraciones anuales de SO₂ para los años 2014 a 2018, y la comparación con la norma vigente hasta el 31 de diciembre de 2017 (Resolución 610 de 2010 del MAVDT), ya que en la normatividad vigente no se definió nivel máximo permisible en resolución temporal anual; y las concentraciones anuales de los últimos cinco se han mantenido por debajo de los 80 µg/m³. La estación Carvajal-Sevillana tuvo el registro anual más alto en el año 2017, con 13.4 µg/m³, y la estación San Cristóbal obtuvo el promedio más bajo, con 1.1 µg/m³ en el año 2015. El comportamiento de este contaminante se asocia con el del material particulado, dado que el azufre es producto de algunos procesos de combustión, por lo cual se registran concentraciones altas en la zona suroccidente, mientras que las más bajas se obtienen en la zona suroriental de la ciudad.

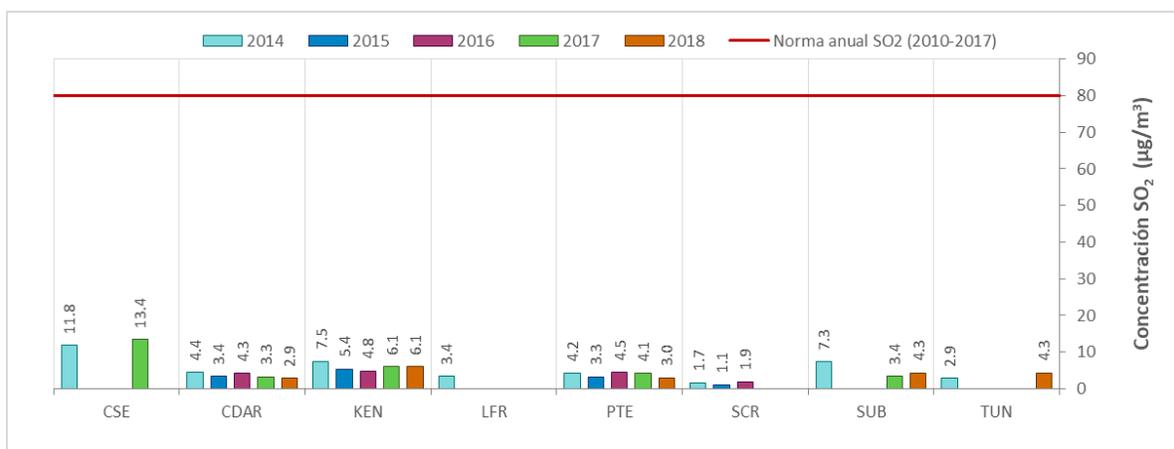


Figura 6-8. Concentraciones anuales de SO₂ años 2014 a 2018

6.6. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

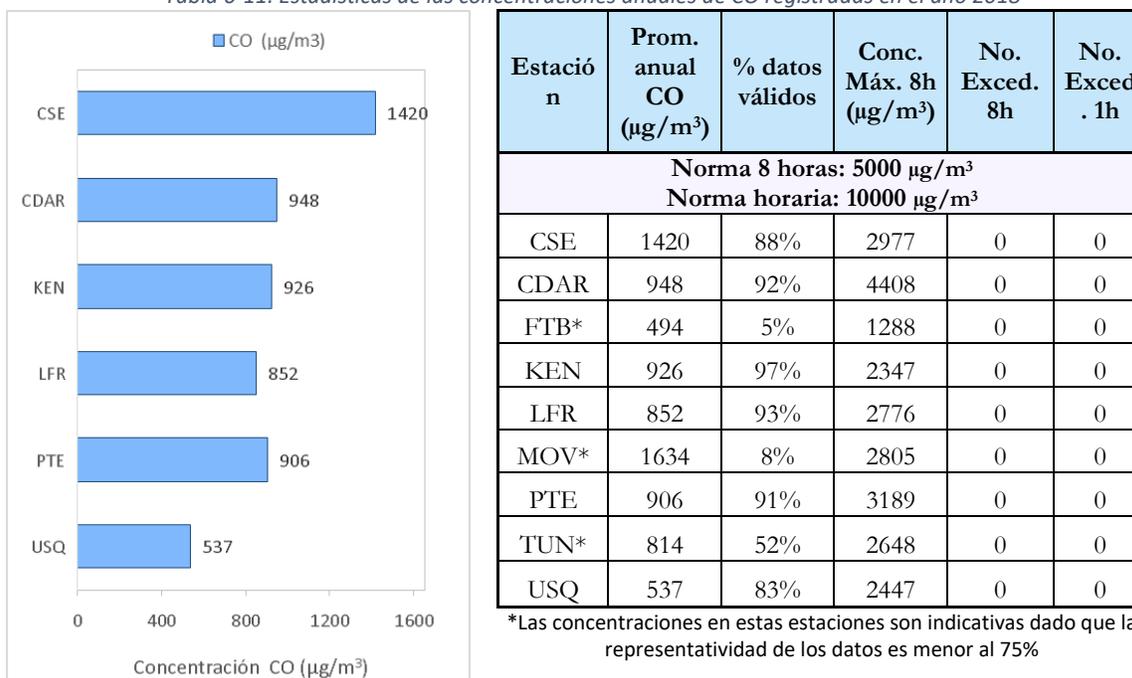
El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido y es producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Este gas afecta la salud puesto que tiene mayor afinidad con la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, por lo cual en altas concentraciones puede llegar a interferir en el proceso de transporte de oxígeno en la sangre. Para el año 2017, seis (6) estaciones reportaron datos de CO con una representatividad temporal mayor al 75%, de las siete (7) estaciones que monitorearon el contaminante en este período.

6.6.1. COMPORTAMIENTO ANUAL DE CO POR ESTACIÓN

La Tabla 6-11 contiene las concentraciones anuales calculadas con base en los datos media móvil 8 horas registrados durante el año 2018, incluyendo los porcentajes de datos válidos,

concentraciones máximas y excedencias respecto a la norma. La concentración anual más alta fue registrada en la estación Carvajal-Sevillana, con 1420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y la más baja fue obtenida en Usaquén, con 537 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el año 2018 no se registraron excedencias a los niveles máximos permisibles de 8 horas y 1 hora, y las concentraciones se han mantenido históricamente debajo de dichos umbrales.

Tabla 6-11. Estadísticas de las concentraciones anuales de CO registradas en el año 2018



| Estación | Prom. anual CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % datos válidos | Conc. Máx. 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | No. Exced. 8h | No. Exced. 1h |
|---|---|-----------------|--|---------------|---------------|
| Norma 8 horas: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma horaria: 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | | | |
| CSE | 1420 | 88% | 2977 | 0 | 0 |
| CDAR | 948 | 92% | 4408 | 0 | 0 |
| FTB* | 494 | 5% | 1288 | 0 | 0 |
| KEN | 926 | 97% | 2347 | 0 | 0 |
| LFR | 852 | 93% | 2776 | 0 | 0 |
| MOV* | 1634 | 8% | 2805 | 0 | 0 |
| PTE | 906 | 91% | 3189 | 0 | 0 |
| TUN* | 814 | 52% | 2648 | 0 | 0 |
| USQ | 537 | 83% | 2447 | 0 | 0 |

*Las concentraciones 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

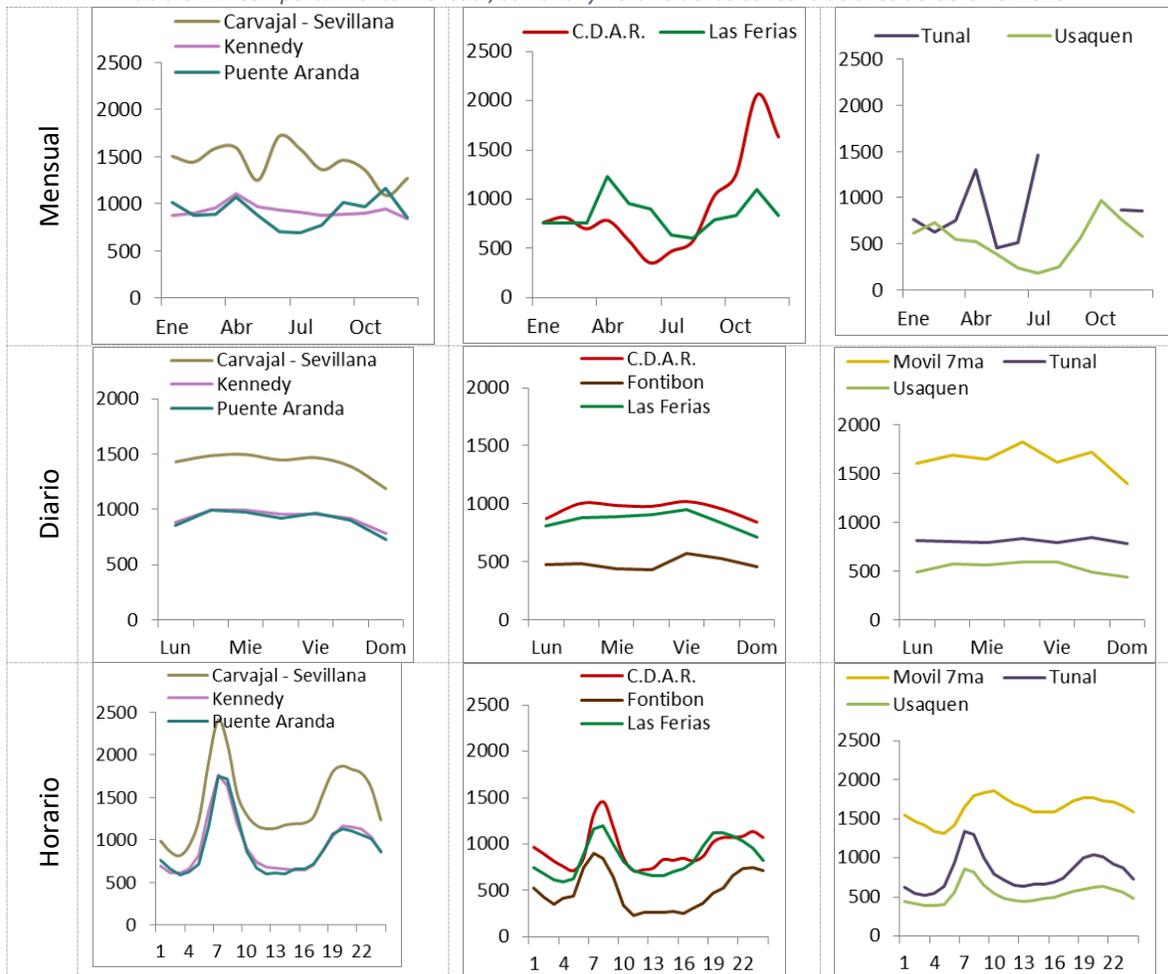
En la Tabla 6-12 se representan los comportamientos mensuales, diarios y horarios de CO para el año 2018. En relación a los datos mensuales, se observan diferentes comportamientos en cada zona de la ciudad: en el suroccidente se observan concentraciones altas en el primer trimestre del año, mientras que en centro y norte las concentraciones fueron más altas en el último trimestre del año. Esto puede ser causado por cambios en los patrones de la dirección del viento, aunque las concentraciones tienden a ser más altas al suroccidente de la ciudad, la contaminación pudo ser trasladada de sur a norte en la última mitad del año.

En el comportamiento de una semana promedio se evidencia que las concentraciones más altas se registran entre semana, y descienden en el fin de semana, en el suroccidente las concentraciones son más altas en el inicio de semana, mientras que en el centro de la ciudad los picos de

concentración se registran en los días jueves y viernes. Dicho comportamiento se asocia a la dinámica de las fuentes fijas y móviles de emisión, cuya actividad disminuye los fines de semana. El promedio más alto se registró en la Estación Móvil, con 1826 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a un jueves promedio en el 2018.

Respecto al comportamiento horario, se puede observar que las concentraciones más altas se registran en la mañana, entre 7 y 8 AM, luego descienden hacia el mediodía, y se vuelven a incrementar en horas de la noche, de 8 a 10 PM. Estos incrementos de concentración se relacionan con los picos de tráfico vehicular en la mañana y en la tarde, y con el inicio de la actividad de las fuentes fijas en las mañanas. El promedio de concentración más alto se registró en la estación Carvajal-Sevillana, con 2410 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a las 7 AM.

Tabla 6-12. Comportamiento mensual, semanal y horario de las concentraciones de CO en el 2018



6.6.3. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE CO POR ESTACIÓN

La Figura 6-9 representa las concentraciones anuales de CO para los años 2014 a 2019. Se observa que las concentraciones más altas han sido registradas en la estación Carvajal-Sevillana, la concentración más alta corresponde al año 2017, con 1709 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el registro más bajo se obtuvo en la estación Usaquén con 505 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015. Las concentraciones en el año 2018 fueron menores a las obtenidas en el 2017, a excepción de la estación Centro de Alto Rendimiento, que registró un aumento de 243 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en relación a la concentración del año anterior.

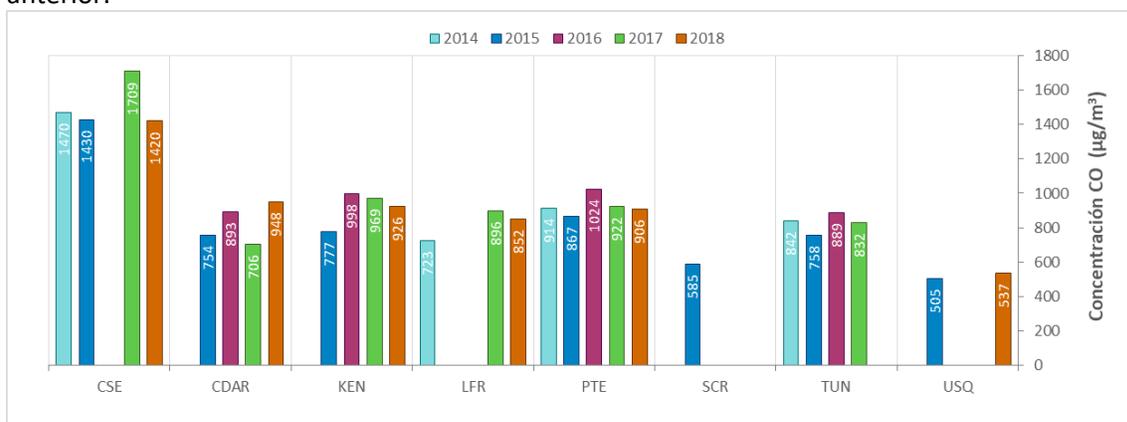


Figura 6-9. Concentraciones anuales de CO años 2014 a 2018

7. INDICES DE CALIDAD DEL AIRE

La RMCAB se encarga de realizar mediciones puntuales 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, y así poder establecer las acciones de acuerdo a las condiciones registradas a corto plazo.

7.1. 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 la definida en la Resolución 2254 de 2017, donde se definen los puntos de corte del ICA, y la descripción de cada condición de calidad del aire. A su vez, la 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).³. En la Tabla 7-1 se observan los puntos de corte de cada contaminante, para los diferentes tiempos de exposición.

Tabla 7-1. 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 Grupos Sensibles | 155 - 254 | 38 - 55 | 10820 - 14254 | 198 - 486 | 190 - 677 | 139 - 167 | 245 - 323 |
| 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:

³ <https://www3.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-sept2018.pdf>

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

Donde:

ICA_p: Índice de calidad del aire para contaminante P PC_{bajo}: Punto de corte menor o igual a C_p
C_p: Concentración registrada para el contaminante P I_{alto}: Valor del ICA para PC_{alto}
I_{bajo}: Valor del ICA para PC_{bajo}
PC_{alto}: Punto de corte mayor o igual a C_p

En la Figura 7-1 se muestra el ICA por estación de monitoreo con base en los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} registrados durante el año 2018, representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de la calidad del aire. Se observa que las condiciones más desfavorables se registraron por el contaminante PM_{2.5}, las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal presentaron las condiciones más desfavorables, siendo la primera estación la que registró un 14% en condición “dañina a grupos sensibles” y 86% en condición “aceptable”, mientras que la estación San Cristóbal presentó el estado más favorable de calidad del aire durante el año, con un 64% en una condición “buena” y un 36% en condición “aceptable”. Con base en PM₁₀, la estación Carvajal-Sevillana registró por mayor tiempo la condición “aceptable” con un 80% del año, y la condición buena un 20% del tiempo, mientras que la estación San Cristóbal registró una calidad del aire “buena” durante el 99% del año.

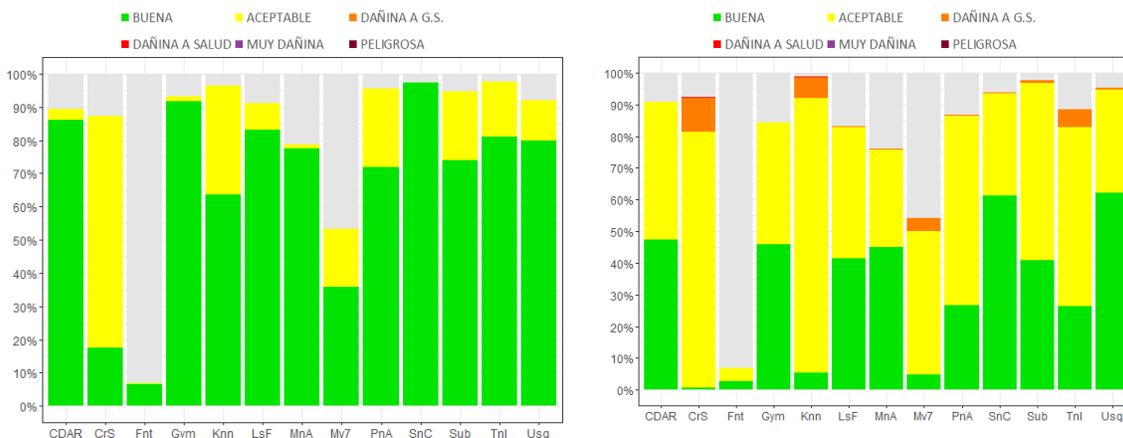


Figura 7-1. ICA por estación para PM₁₀ y PM_{2.5} año 2018

En la Figura 7-2 se representa el porcentaje de tiempo que se presentó una determinada condición de calidad del aire por cada mes del año 2018 para los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}. Se observa que para los dos contaminantes el mes de febrero es el que presenta las condiciones más desfavorables de calidad del aire, en PM₁₀ la condición aceptable permaneció un 47% del tiempo, y en PM_{2.5} un 94% del tiempo. La condición “dañina para grupos sensibles” se registró por mayor tiempo en el mes de marzo, durante un 10% del tiempo. El mes con la mejor calidad del aire fue

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

julio para PM₁₀ y junio para PM_{2.5}, registrando la condición “buena” durante 91% y 73% del tiempo, respectivamente.

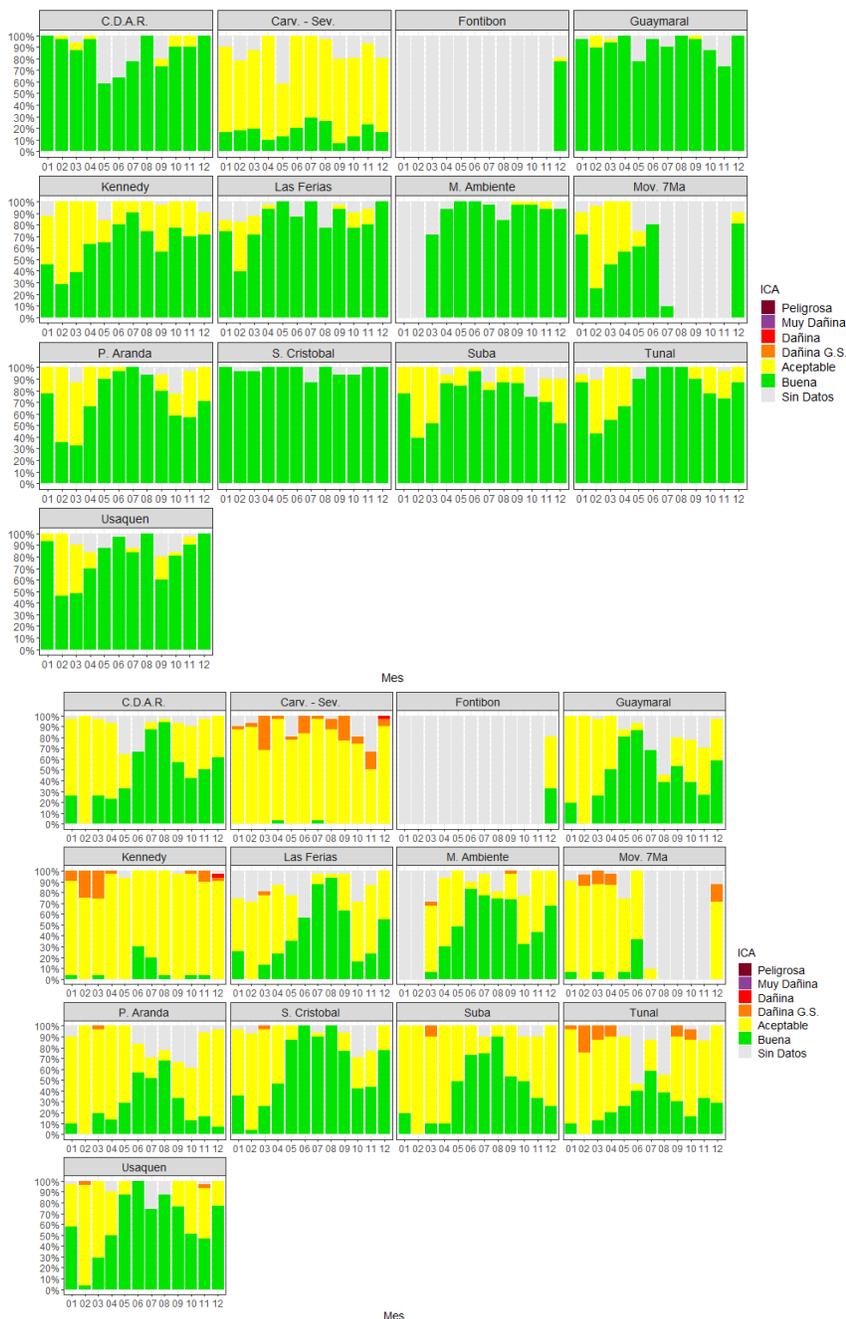


Figura 7-2. ICA por mes del año y por estación para PM₁₀ y PM_{2.5}. Año 2018

7.2. 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 (PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , NO_2 , CO y SO_2) que se registran en las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire, 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 al documento “Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –”, Versión 2013, y es susceptible de mejora mediante estudios 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 criterios, lo cual tiende a disminuir la vulnerabilidad de la población bogotana, 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 a lo establecido en el Decreto 595 del 2015. La Tabla 7-2 muestra los rangos de concentración de contaminantes del aire y los diferentes atributos del IBOCA.

Tabla 7-2. 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 | PM_{10} , 24h ($\mu g/m^3$) | $PM_{2.5}$, 24h ($\mu g/m^3$) | O_3 , 8h ($\mu g/m^3$) [ppb] | CO , 8h ($\mu g/m^3$) [ppm] | SO_2 , 1h ($\mu g/m^3$) [ppb] | NO_2 , 1h ($\mu g/m^3$) [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}

P

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

C_{mayor}: Concentración mayor o igual a C_p

En la Figura 7-3 se muestra el IBOCA por estación de monitoreo con base en los datos de PM₁₀ y PM_{2.5} registrados durante el año 2018, representando el porcentaje de tiempo en que se registró una determinada condición de la calidad del aire. Para el contaminante PM₁₀, la condición más desfavorable se registró en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda, registrando la condición “moderada” en un 80%, 36% y 26% del tiempo respectivamente. Con respecto a PM_{2.5}, predominaron las condiciones “regular” y “moderada”, principalmente en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal, la primera estación registró la condición “regular” un 20% del tiempo, y “moderada” un 80% del año. Por otro lado, para los dos contaminantes la estación que registró la condición de calidad del aire “favorable” por mayor tiempo fue San Cristóbal, 99% para PM₁₀ y 63% para PM_{2.5}.

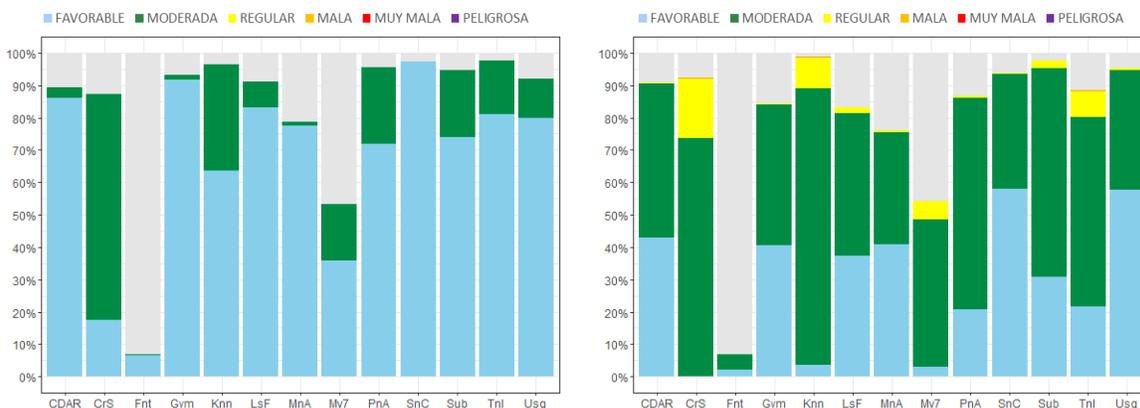


Figura 7-3. IBOCA por estación de monitoreo para PM₁₀ y PM_{2.5}. Año 2018

En la Figura 7-4 se representa el porcentaje de tiempo que se presentó una determinada condición de calidad del aire por cada mes del año 2018 para los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}. Se observa que el mes de febrero registró las condiciones más desfavorables de calidad del aire en el año, con una condición “moderada” durante un 47% del tiempo para PM₁₀, y 90% para PM_{2.5}. Por otro lado, la mejor condición de calidad del aire se registró en el mes de julio para PM₁₀ y junio para PM_{2.5}, presentando la condición “favorable” en un 91% y 71% respectivamente.



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

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

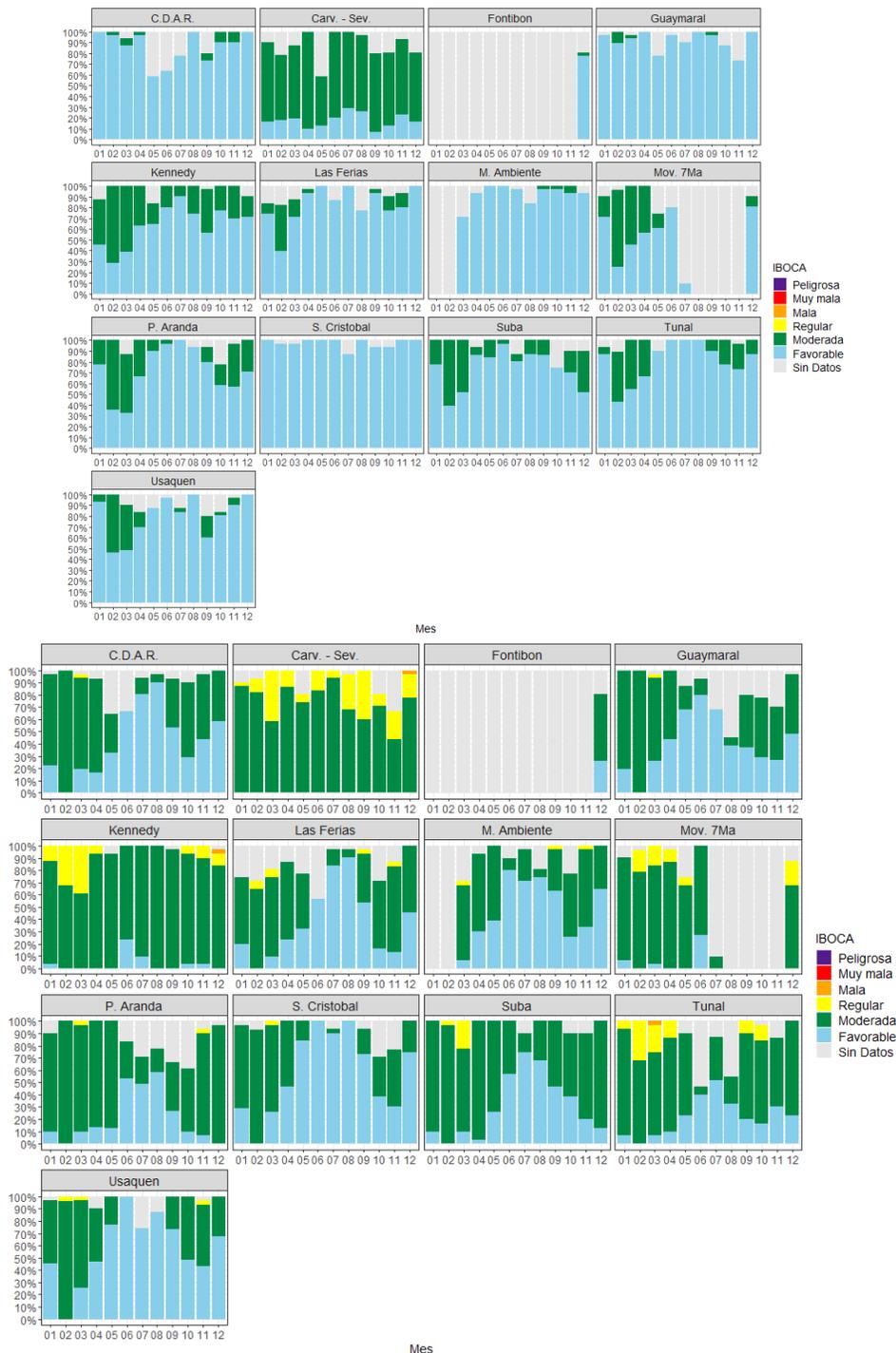


Figura 7-4. IBOCA por mes del año para PM_{10} y $PM_{2.5}$. Año 2018

8. METEOROLOGÍA

8.1. PRECIPITACION

De acuerdo con (OMM, 2010) 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, suponiendo que la superficie es totalmente horizontal, sin procesos de filtración o evaporación. (FOPAE, 2001). 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.

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.

8.1.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN

De acuerdo con los registros de precipitación en la RMCAB, en 2018 los eventos de lluvia se presentaron con mayor frecuencia en horas de la tarde. De acuerdo con la Figura 8-1 las lluvias en 2018 fueron más frecuentes entre las dos y las cuatro la tarde. De este modo, el 12% de las precipitaciones ocurren alrededor de las tres de la tarde; en tanto, su frecuencia en las horas de la mañana y madrugada fue muy baja. No obstante, en horas de la noche también ocurrieron lluvias, pero con menor frecuencia que en horas de la tarde.

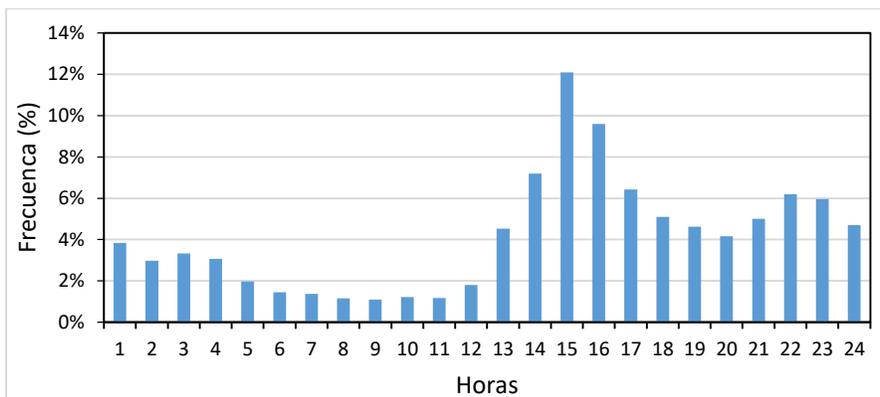


Figura 8-1. Comportamiento diario de la precipitación a nivel ciudad

8.1.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN

En cuanto al comportamiento mensual, en 2018 el sector de la ciudad que mayor cantidad de agua precipitada recibió estuvo representado por estación de Kennedy, seguido de CDAR, San Cristóbal y Usaquén. Asimismo, se observa que los sectores de la ciudad con menores acumulados se concentraron en inmediaciones de las estaciones de Las Ferias, Suba y Tunal. Ver Figura 8-2.

Tabla 8-1. Promedio mensual de precipitación acumulada ciudad (N.A. no cumple criterio de representatividad)

| Fecha & Hora | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total acumulado |
|---------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Bolivia | 33,7 | 73,1 | 30,6 | 111,2 | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | 139,5 | 0,1 | 388,2 |
| Carvajal | 26,6 | 16,2 | 128,5 | 145,8 | 99,6 | 13,2 | 69,1 | 44,9 | 20,9 | 128,4 | 108 | 1,2 | 802,4 |
| CDAR | 51,7 | 54,2 | 122,2 | 170,7 | 143,2 | 32,5 | 36,7 | 39,6 | 38,6 | 57,1 | 179,3 | 6,5 | 932,3 |
| Fontibón | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | 1,7 | N.A |
| Guaymaral | 83,3 | 49,8 | 99,3 | 126,2 | 103,5 | 48,8 | 44,6 | 43,3 | 44,3 | 48,3 | 103,1 | 1,9 | 796,4 |
| Kennedy | 41,4 | 31,7 | 96,1 | 205,2 | 210,4 | 81,1 | 143,5 | 100,4 | 51,8 | 167,6 | 150,4 | 0,6 | 1280,2 |
| Las Ferias | 41,3 | 43 | 138,9 | 87,2 | 0 | 2,8 | 18,9 | 20,6 | 28,9 | 28,7 | 85,2 | 0 | 495,5 |
| MinAmbiente | N.A | N.A | 0 | 17,3 | 100,6 | 26,4 | 5,5 | 0,2 | 0 | 3,3 | 1,8 | 13,4 | 168,5 |
| Puente Aranda | 37,1 | 22 | 91,6 | 167,3 | 131,5 | 30,2 | 51,2 | 37,8 | 27 | 70,3 | 118,9 | 1,1 | 786 |
| San Cristóbal | 97,4 | 38,9 | 94,9 | 171,3 | 112,2 | 54,8 | 74,1 | 54,2 | 40 | 61 | 113,4 | 3,5 | 915,7 |
| Suba | 35,5 | 47,3 | 107,5 | 110,4 | 134,6 | 17,3 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0,9 | 453,6 |
| Tunal | 41,7 | 19,2 | 144,2 | 156,4 | 111,9 | 38,9 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 543,7 |
| Usaquén | 107,1 | 41,2 | 149,6 | 144,1 | 80 | 27,4 | 30,8 | 40,4 | 33,2 | 71,3 | 178,4 | 1,7 | 905,2 |

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

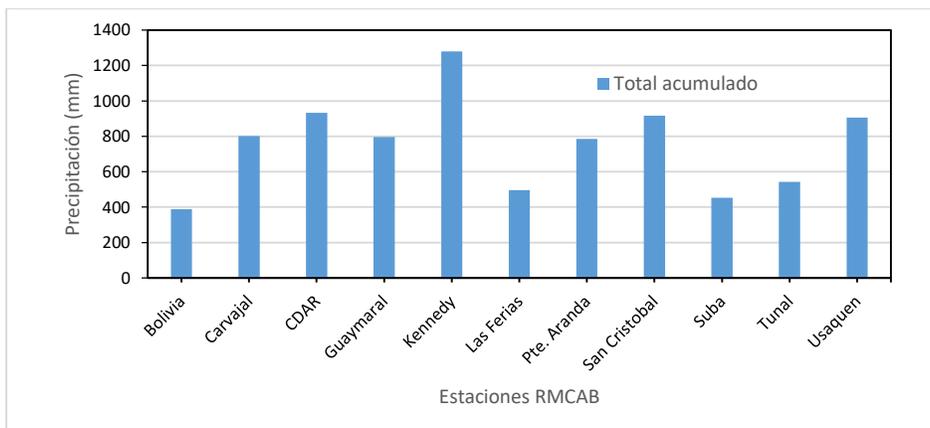


Figura 8-2. Total acumulado de precipitación por estación en 2018

La Tabla 8-2 se presenta un resumen del porcentaje de lluvias acumulado durante cada mes del año, así como a nivel trimestral y semestral. Como se puede apreciar, los meses de abril y mayo registraron los mayores acumulados durante todo el año; el segundo trimestre fue el que trajo consigo las mayores cantidades de lluvia, de lo cual se deduce que el semestre más lluvioso del año 2018 fue el comprendido entre enero a junio con un 63% de las lluvias.

Pese a lo anterior de acuerdo con la Figura 8-3 en el segundo semestre de 2018 se presentaron las lluvias más intensas. Por ejemplo, en el mes de noviembre se acumularon alrededor de 190 mm de lluvia mientras que el máximo acumulado en el en el mes de abril estuvo cercana a los 170 mm de lluvia.

Tabla 8-2. Distribución de las lluvias durante el año

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
|----------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Promedio | 60,7 | 41,2 | 100,0 | 148,1 | 126,2 | 50,0 | 50,6 | 39,1 | 36,4 | 75,4 | 94,6 | 10,7 |
| % Anual | 7% | 5% | 12% | 18% | 15% | 6% | 6% | 5% | 4% | 9% | 11% | 1% |
| % Trimestral 1 | 24% | | | 39% | | | 15% | | | 22% | | |
| % Semestral | 63% | | | | | | 37% | | | | | |

Fuente: RMCAB 2018

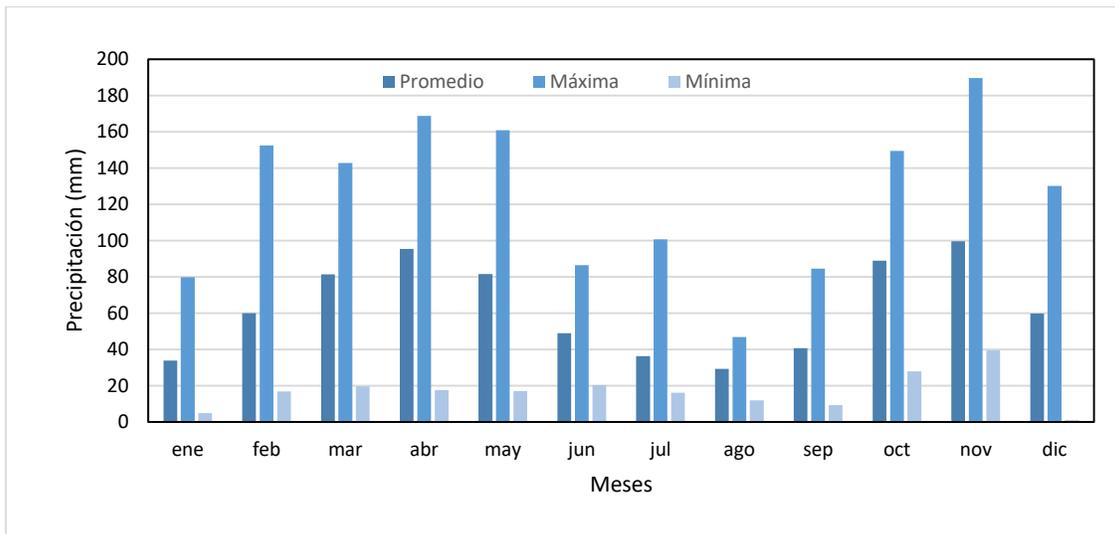


Figura 8-3. Valores medios máximos y mínimos absolutos de precipitación durante 2018

8.1.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

En cuanto a la distribución espacial de la precipitación, la Figura 8-4 permite visualizar que en 2018 las lluvias se concentraron hacia el sur occidente de la ciudad, a diferencia del año 2017, donde el sector que mayor acumulado registró se localizó hacia el noroccidente, en áreas de influencia de la estación Bolivia.

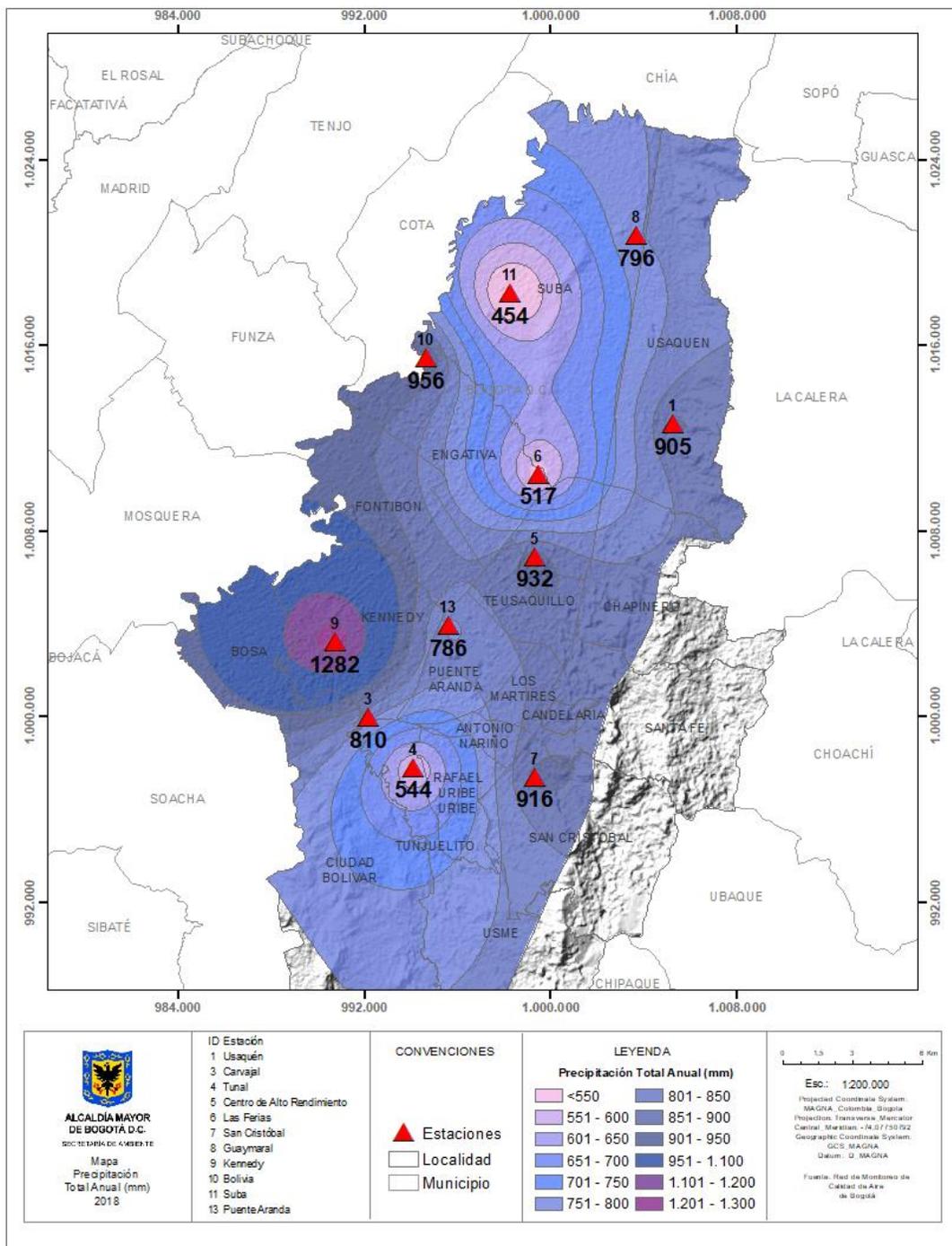


Figura 8-4. Mapa de distribución espacial de la precipitación en la ciudad de Bogotá - RMCAB 2018

8.1.4. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA PRECIPITACIÓN

El comportamiento histórico de la RMCAB se encuentra consignado en la Tabla 8-3. En ésta se resume el comportamiento anual registrado en las distintas estaciones de la RMCAB desde 2000 a 2018.

Como se puede observar algunas estaciones fueron clausuradas; sin embargo, estas se presentan como parte del proceso histórico de la red de monitoreo.

Adicionalmente se presenta la Figura 8-5 que describe el comportamiento promedio de las lluvias en la ciudad de acuerdo con los datos colectados por la RMCAB, desde el año 2000 hasta 2018. De acuerdo con este perfil anual se evidencia una disminución en el total anual de la precipitación en 2018 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 – RMCAB
INFORME ANUAL

Tabla 8-3. Promedio de los acumulados de precipitación por estación. RMCAB - 2018

| ESTACION | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio 2018 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|---------------|
| Bolivia | | | | | | | | | | | | | | 755 | | 558 | 961 | 1389 | 956 | 916,2 |
| Cade Energía | 754 | 525 | 812 | 551 | | | | | | | | | | | | | | | | 660,5 |
| Carvajal - Sevillana | 585 | 317 | 580 | 421 | 577 | | 692 | 669 | | 620 | 970 | 1024 | 638 | 678 | 639 | 450 | 541 | 890 | 810 | 643,2 |
| Cazuca | 551 | 339 | 485 | 142 | 525 | 326 | 674 | 507 | 703 | | | | | | | | | | | 472,4 |
| Central de Mezclas | 402 | 345 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Centro de Alto Rendimiento | | | | | 739 | 752 | | 707 | 848 | 815 | 1523 | 1710 | 891 | 964 | 1062 | 608 | 803 | 1311 | 932 | 979,4 |
| Chico lago (Sto Tomas) | 884 | 588 | 913 | | 756 | 797 | 1095 | 915 | 841 | 758 | 980 | | | | | | | | | 852,7 |
| Fontibón (antigua) | 687 | 471 | 653 | 574 | 684 | 545 | 520 | 559 | | 382 | 522 | 520 | 350 | 392 | | | | | | 527,6 |
| Guaymaral | | | 578 | 709 | | | | 646 | 821 | 656 | 1048 | 1394 | 639 | 828 | 836 | 534 | 964 | 986 | 796 | 818,4 |
| Kennedy | | | | | | | 611 | 546 | 839 | 559 | 644 | 587 | | 688 | 689 | 453 | 723 | 1078 | 1282 | 674,3 |
| Las Ferias | 606 | 592 | 667 | | | 882 | 861 | 654 | 695 | 759 | 1321 | 1429 | 931 | 855 | 925 | 580 | 925 | 1055 | 517 | 858,5 |
| Min Ambiente | 851 | 636 | 874 | | | | | | | 812 | | | 940 | 940 | 915 | 559 | 795 | 1033 | | 835,5 |
| Olaya | 1138 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puente Aranda | | 564 | 901 | 891 | 248 | 431 | 580 | 701 | 1547 | 857 | 881 | 812 | 679 | 660 | 680 | 396 | 836 | 1003 | 786 | 745,1 |
| San Cristóbal | | | | | | | | | | | | | 938 | 865 | 1076 | 574 | 786 | 1073 | 916 | 885,3 |
| Suba | 650 | 496 | 489 | | 1007 | | 573 | 460 | 575 | 646 | 1023 | 1156 | 866 | 930 | 732 | 446 | 362 | 987 | 454 | 712,4 |
| Tunal | | | | | | | | 539 | 686 | 542 | 1071 | 1066 | 668 | 711 | 674 | 510 | | 1042 | 544 | 750,9 |
| Univ. Nacional | 863 | 542 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Usaquén | 1242 | 563 | 867 | 495 | | 947 | 825 | 780 | 946 | 624 | 1292 | 1277 | 828 | 703 | 869 | 461 | 333 | 1141 | 905 | 815,8 |
| USME | | | | | | | 702 | 553 | 718 | | | | | | | | | | | 657,7 |
| Vitelma | | | | | | | 1087 | 803 | 839 | 652 | 922 | | | | | | | | | 860,6 |
| Promedio | 768 | 498 | 711 | 540 | 648 | 669 | 747 | 646 | 838 | 668 | 1016 | 1098 | 761 | 768 | 827 | 506 | 707 | 1054 | 736 | 748,3 |

Fuente: RMCAB 2018

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

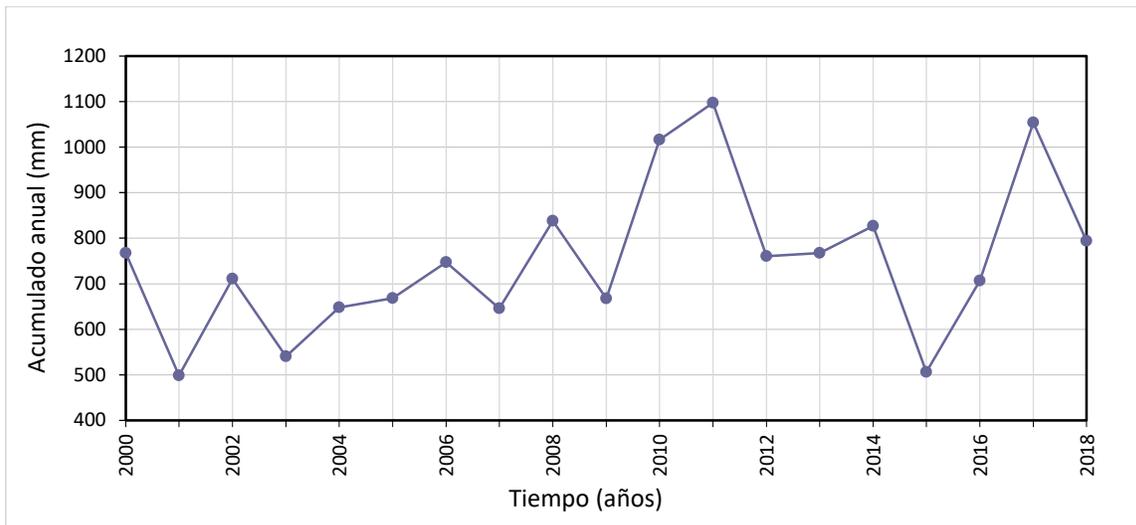


Figura 8-5. Variación anual de la precipitación en Bogotá - RMCAB 2000-2018

En la Tabla 8-4 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 2018. De acuerdo con esta tabla en 2018 las lluvias del primer semestre del año 2018 superaron al promedio histórico; contrariamente en el segundo semestre se presentó una disminución en las lluvias con respecto al promedio de referencia. Ver Figura 8-6

Tabla 8-4. Precipitación promedio histórica mensual. RMCAB 2000 - 2018

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|----------|
| 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 |

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 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 |
| Promedio 2000-2018 | 33,8 | 60,0 | 81,3 | 95,4 | 81,5 | 48,9 | 36,2 | 29,1 | 40,7 | 88,9 | 99,7 | 59,8 | 746,6 |
| Promedio 2000-2017 | 32,3 | 61,0 | 80,3 | 92,4 | 79,0 | 48,8 | 35,4 | 28,6 | 40,9 | 89,7 | 100,0 | 62,6 | 748,8 |

Fuente: RMCAB 2018

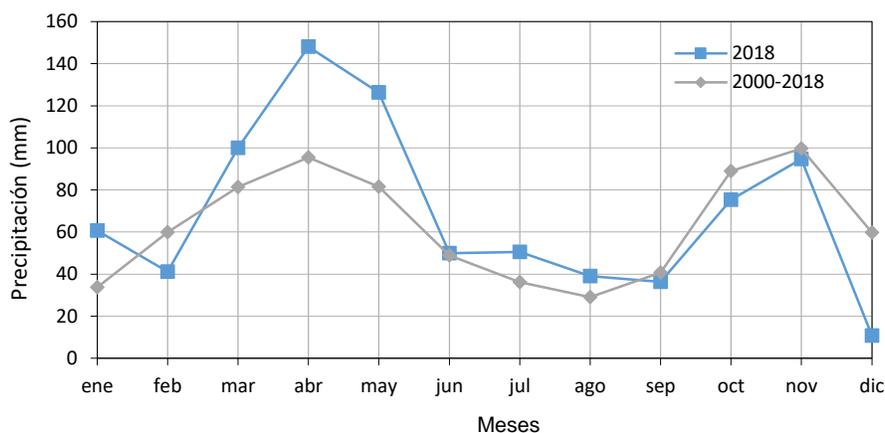


Figura 8-6. Precipitación promedio histórica mensual Vs total anual de 2018. RMCAB 2000 - 2018

8.2. 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.

8.2.1. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA

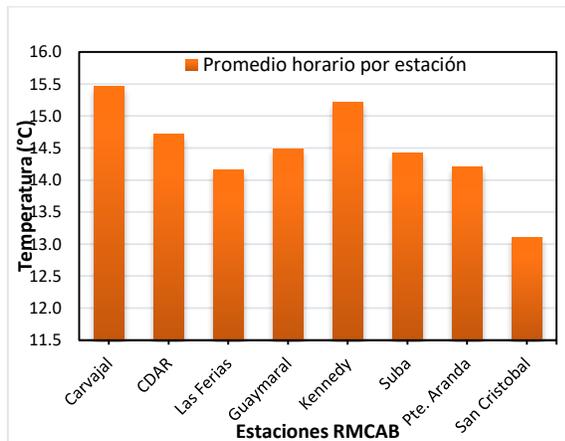
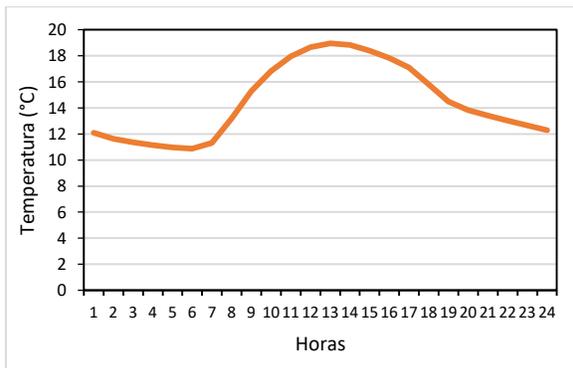
En la Tabla 8-5 se resume el comportamiento de la temperatura horaria durante el año 2018 en cada una de las estaciones de la RMCAB. Así mismo en la Figura 8-7 se muestra el perfil promedio horario de la temperatura en la ciudad y sus variaciones espaciales a través de cada una de sus estaciones. Se destaca que las mayores temperaturas de la ciudad se registran en las estaciones Carvajal y Kennedy, ubicadas en la zona suroccidental. La estación San Cristóbal continúa registrando los valores más bajos de temperatura horaria durante el año.

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

Tabla 8-5. Comportamiento de la temperatura horaria durante el año 2018.

| Hora | Carvajal | Las Ferias | Guaymaral | Kennedy | Suba | Puente Aranda | San Cristóbal |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| | °C | °C | °C | °C | °C | °C | °C |
| 1:00 | 13,1 | 11,9 | 11,3 | 13,3 | 11,2 | 12,4 | 10,9 |
| 2:00 | 12,8 | 11,6 | 10,9 | 13,0 | 10,8 | 12,2 | 10,6 |
| 3:00 | 12,5 | 11,3 | 10,6 | 12,7 | 10,6 | 11,9 | 10,4 |
| 4:00 | 12,3 | 11,1 | 10,4 | 12,5 | 10,4 | 11,7 | 10,2 |
| 5:00 | 12,1 | 10,9 | 10,2 | 12,3 | 10,2 | 11,6 | 10,1 |
| 6:00 | 12,0 | 10,9 | 10,0 | 12,2 | 10,0 | 11,5 | 10,0 |
| 7:00 | 12,5 | 11,5 | 10,7 | 12,3 | 10,2 | 11,8 | 10,3 |
| 8:00 | 14,2 | 13,2 | 13,8 | 13,4 | 12,0 | 13,0 | 12,0 |
| 9:00 | 16,0 | 15,3 | 16,4 | 15,1 | 14,9 | 14,4 | 13,8 |
| 10:00 | 17,5 | 16,6 | 17,8 | 16,7 | 17,3 | 15,7 | 15,0 |
| 11:00 | 18,6 | 17,4 | 18,7 | 17,8 | 18,9 | 16,7 | 16,0 |
| 12:00 | 19,3 | 18,0 | 19,3 | 18,6 | 19,9 | 17,3 | 16,7 |
| 13:00 | 19,5 | 18,2 | 19,7 | 18,9 | 20,3 | 17,4 | 17,0 |
| 14:00 | 19,4 | 18,0 | 19,4 | 18,8 | 20,1 | 17,2 | 16,9 |
| 15:00 | 19,1 | 17,5 | 18,9 | 18,5 | 19,6 | 16,9 | 16,6 |
| 16:00 | 18,6 | 17,0 | 18,4 | 18,1 | 18,8 | 16,4 | 16,1 |
| 17:00 | 17,8 | 16,3 | 17,7 | 17,4 | 17,9 | 15,9 | 15,3 |
| 18:00 | 16,6 | 15,1 | 16,1 | 16,4 | 16,4 | 15,2 | 14,1 |
| 19:00 | 15,6 | 14,0 | 14,3 | 15,5 | 14,5 | 14,4 | 13,1 |
| 20:00 | 15,1 | 13,5 | 13,6 | 15,0 | 13,5 | 14,1 | 12,6 |
| 21:00 | 14,7 | 13,2 | 13,0 | 14,7 | 12,9 | 13,8 | 12,2 |
| 22:00 | 14,4 | 12,8 | 12,5 | 14,4 | 12,4 | 13,4 | 11,9 |
| 23:00 | 14,0 | 12,5 | 12,1 | 14,0 | 11,9 | 13,1 | 11,5 |
| 24:00:00 | 13,5 | 12,2 | 11,7 | 13,7 | 11,5 | 12,8 | 11,2 |
| Promedio | 15,5 | 14,2 | 14,5 | 15,2 | 14,4 | 14,2 | 13,1 |

Fuente: RMCAB 2018



a) Perfil horario anual

b) Promedio horario por estación

Figura 8-7. Comportamiento de la temperatura horaria anual-2018: a) perfil horario; b) promedio por estación

○ **Promedios mensuales de temperatura**

En 2008 la temperatura ambiente se mantuvo estable con respecto al año anterior el promedio anual por ejemplo al igual que en 2017 estuvo alrededor de los 14.5 °C. En cuanto las temperaturas medias mensuales, en el primer semestre se observó un incremento en el mes de febrero con respecto al valor medio multianual 2000 a 2018. En el segundo semestre se observaron incrementos en el mes de julio y en los meses de septiembre hasta diciembre con respecto al valor medio calculado para la ciudad con base en los registros históricos. Ver Figura 8-8

De acuerdo con la Tabla 8-6, en términos generales el año 2018 superó el promedio de temperatura desde 2000 a 2017. De la Figura 8-8 se puede visualizar que, del primer semestre del año, los meses de febrero y marzo presentaron los más altos niveles de temperatura; en tanto que, en el segundo semestre estos niveles se presentaron entre octubre y noviembre.

Por otra parte, al comparar el promedio de temperatura media mensual de 2000 a 2018 contra la media mensual de 2018 se observan anomalías positivas en los meses de noviembre, octubre, marzo y febrero.

Tabla 8-6. Promedio mensual de temperatura multianual 2000 – 2018 RMCAB

| AÑO | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 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 |

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

| AÑO | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 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 |
| Promedio 2000-2018 | 14,1 | 14,3 | 14,7 | 14,5 | 14,6 | 14,2 | 13,9 | 14,0 | 14,2 | 14,4 | 14,3 | 14,1 | 14,3 |
| 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 | - |
| Anomalía | 0,0 | 0,5 | 0,1 | -0,5 | -0,1 | 0,1 | 0,3 | -0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 0,3 | - |

Fuente: RMCAB 2018

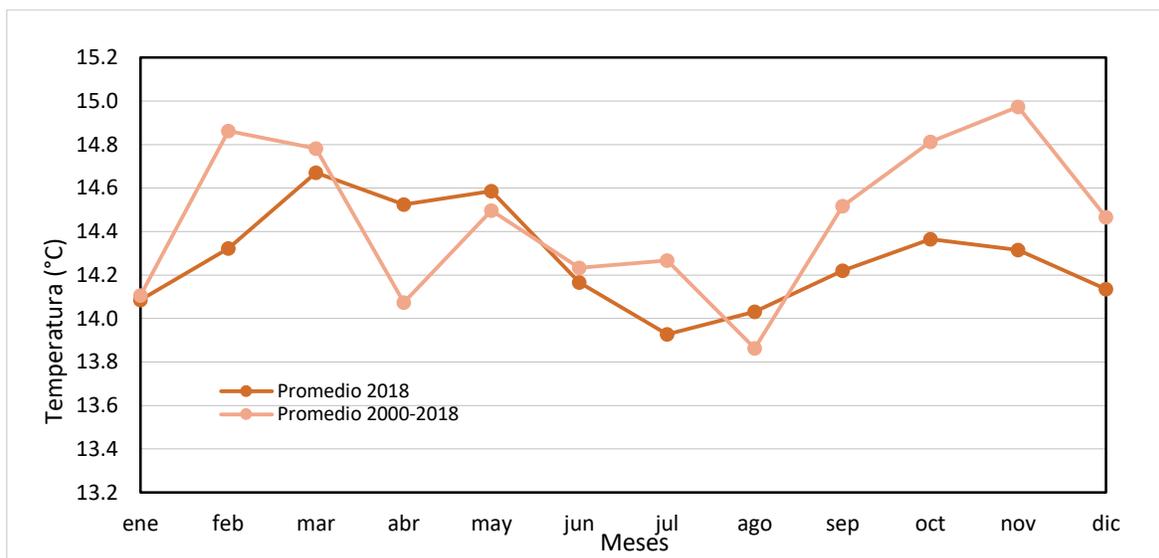


Figura 8-8. Comportamiento de la temperatura mensual multianual periodo 2000-2018 Vs 2018

En cuanto a al comportamiento de las temperaturas extremas, la Figura 8-9 resume el comportamiento de los valores extremos absolutos (el valor más alto o más bajo del año por estación) de las temperaturas medias horarias durante el año 2018. De estos valores extremos se

deduce que los sectores de la ciudad donde se registraron los valores más altos de temperatura fueron Tunal y CDAR; las más bajas en Guaymaral y Tunal.

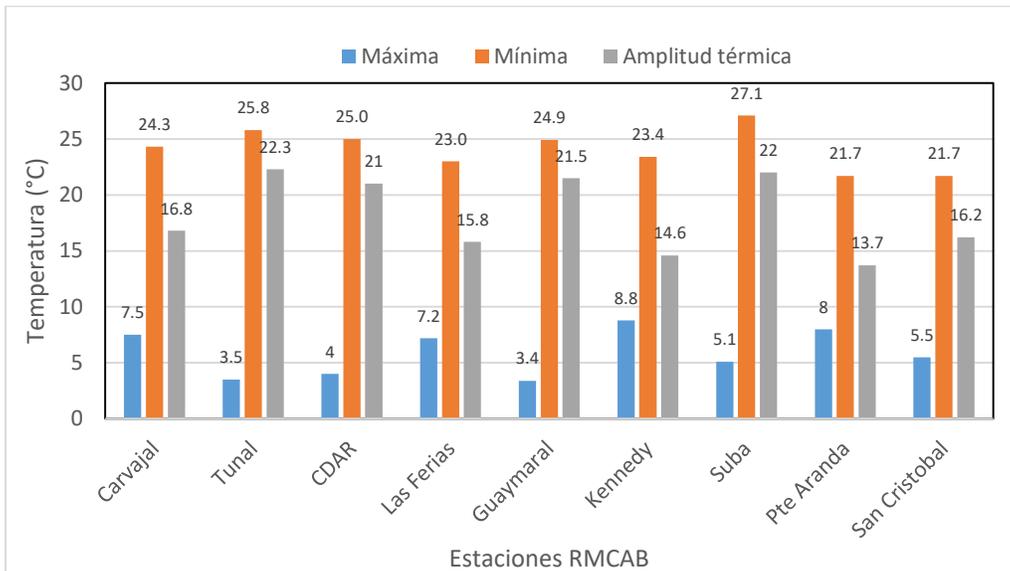


Figura 8-9. Temperaturas extremas absolutas año 2018

8.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En la Figura 8-10 se presenta el mapa del comportamiento medio de la temperatura superficial del aire en la ciudad de Bogotá durante el año 2018, y el mapa de anomalías de temperatura del año 2018 con respecto al promedio de temperatura anual multianual de 2000 a 2018. Como se puede observar, en 2018 las mayores temperaturas se presentaron al sur occidente de la ciudad, y las menores al sur oriente. En el mapa de anomalías se pueden observar anomalías positivas al suroccidente y al noroccidente; esto significa que con respecto al promedio se presentaron incrementos de temperatura aproximadamente de entre 0,4 a 0,7 °C respecto del promedio multianual. Asimismo se puede inferir que en el centro geográfico de la ciudad, representado por estación de Las Ferias, hubo una ligera disminución de la temperatura media anual con respecto a la media multianual. El resto de la ciudad presentó una ligera disminución de temperatura.

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

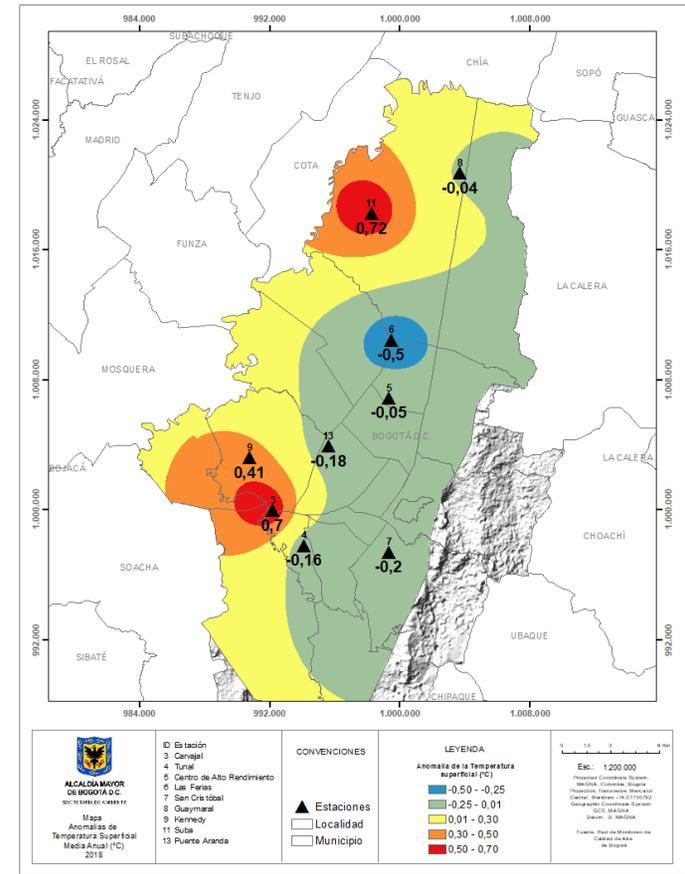
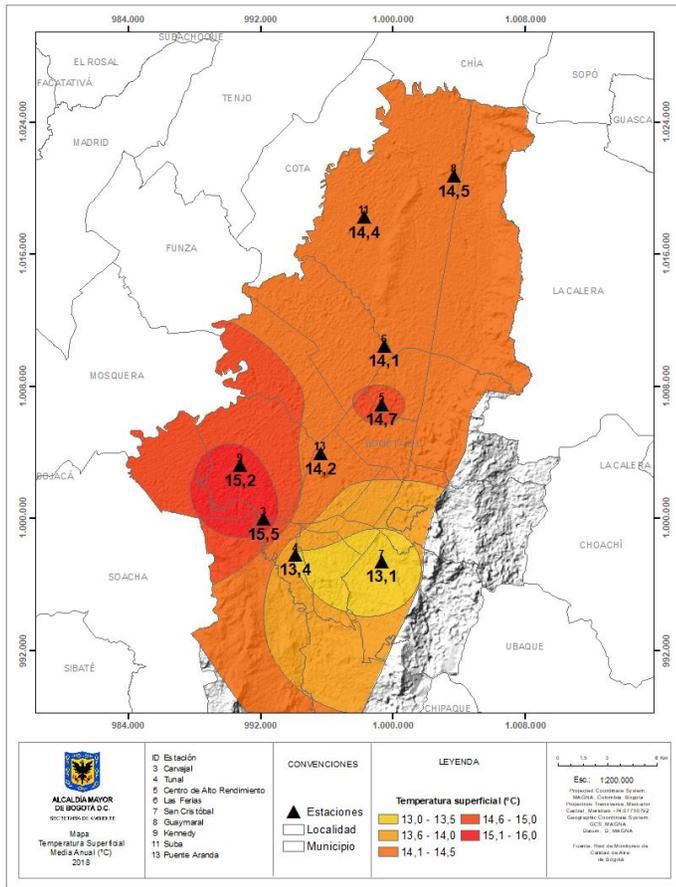


Figura 8-10. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RM CAB a la izquierda 2018. A la derecha Anomalías de la temperatura superficial 2018 respecto al promedio de 2000 -2018.

8.2.3. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE TEMPERATURA

En cuanto al comportamiento histórico de la temperatura superficial del aire de Bogotá la Tabla 8-7 presenta el resumen de los registros medios anuales por estación de la RMCAB desde 2000 a 2018. Como se puede observar en esta tabla, producto de la evolución de la RMCAB algunas estaciones han sido removidas o trasladadas razón por la cual, no todas presentan información. Sin embargo, tomando en cuenta que los promedios anuales de temperatura no presentan variaciones importantes, las estaciones que no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75% de acuerdo con el protocolo de vigilancia de la calidad de aire del ministerio de ambiente, se dejan a modo indicativo.

Así pues, tomando en cuenta lo anterior en la Figura 8-11 se muestra como ha variado en promedio la temperatura anual de la ciudad de Bogotá desde el año 2000 hasta el 2018.

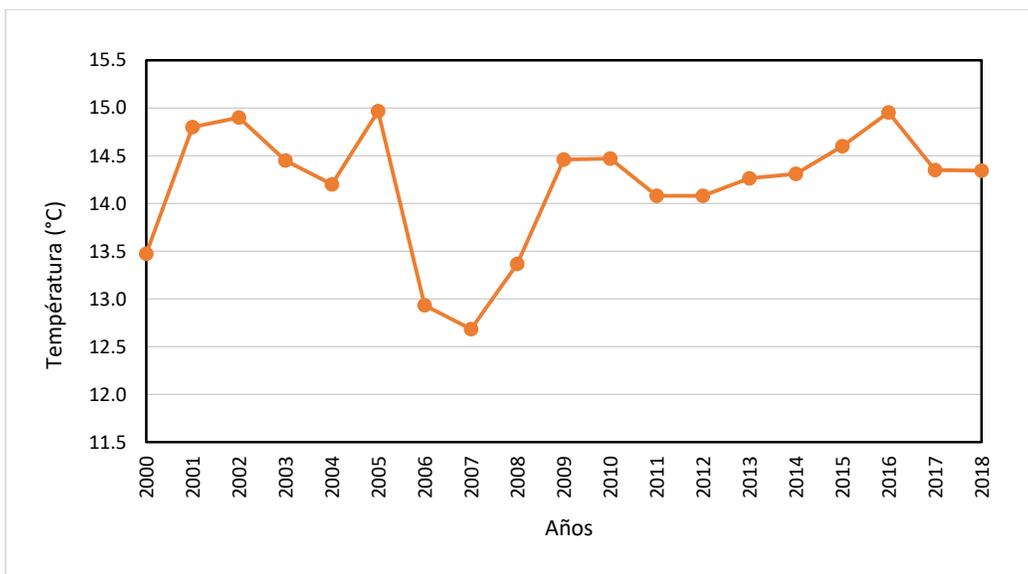


Figura 8-11. Comportamiento histórico de la temperatura desde 2000 a 2018

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

Tabla 8-7. Promedios de temperatura media anual de las estaciones de la RMCAB 2000 a 2018

| Estaciones | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio (°C) |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Carvajal | | | | | | | 12,2 | 11,2 | 14,1 | 15,4 | 15,5 | 15 | 15,2 | 15,5 | 15,5 | 15,8 | 16 | 15,6 | 15,5 | 14,8 |
| Cazuca | | | | | | | 12,3 | 11,7 | 13 | | | | | | | | | | | 12,3 |
| CDAR | | | | | | | | | 13,9 | 14,7 | 14,8 | 14,5 | 14,6 | 14,8 | 14,8 | 15,2 | 15,4 | 14,9 | 14,7 | 14,8 |
| Fontibón (antigua) | 13,6 | 13,9 | 14,1 | 14,2 | 13,9 | 14,2 | 14,1 | 13,9 | 14,1 | 14,7 | 14,5 | 13,6 | 13,8 | 14,1 | | | | | | 14,1 |
| Guaymaral | | | | | | | | | 13,9 | 14,4 | 14,8 | 14,3 | 14,3 | 14,6 | 14,6 | 14,8 | 15,1 | 14,7 | 14,5 | 14,5 |
| Kennedy | | | | | | | | | 13,6 | 14,8 | 14,8 | 14,4 | 14,5 | 14,8 | 14,9 | 15,3 | 15,3 | 15,1 | 15,2 | 14,8 |
| Las Ferias | 15,6 | 16 | 16 | | | 15,9 | | | 13,3 | 14 | 14,2 | 13,7 | 13,9 | 14,2 | 14,2 | 14,4 | 14,7 | 14,3 | 14,1 | 14,6 |
| Puente Aranda | 14,1 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,5 | 14,8 | 14,6 | 14,6 | 14 | 14,6 | 14,6 | 14 | 13,8 | 13,7 | 14 | 14,4 | 15 | 14,5 | 14,2 | 14,4 |
| San Cristóbal | | | | | | | | | | | 13,5 | 13,7 | 13 | 13,1 | 13 | 13,4 | 13,7 | 13,2 | 13,1 | 13,3 |
| Suba | 10,6 | | | | | | 12,6 | 13,2 | 13,7 | 12,9 | | | 14 | 14,3 | 14,3 | 14,6 | 15 | 14,6 | 14,4 | 13,7 |
| Tunal | | | | | | | | | | 14,6 | | 13,2 | 13,4 | 13 | 13,1 | 13,5 | 14,4 | 13,4 | 13,4 | 13,6 |
| Usaquén | | | | | | | | | 11,9 | 14,5 | 15,1 | 14,4 | 14,4 | 14,8 | 14,7 | | | 13,2 | | 14,1 |
| USME | | | | | | | 11,8 | 12,5 | 13,4 | | | | | | | | | | | 12,6 |
| Vitelma | | | | | | | | 11,7 | 11,5 | | 12,9 | | | | | | | | | 12,0 |
| Promedio | 13,5 | 14,8 | 14,9 | 14,5 | 14,2 | 15,0 | 12,9 | 12,7 | 13,4 | 14,5 | 14,5 | 14,1 | 14,1 | 14,3 | 14,3 | 14,6 | 15,0 | 14,4 | 14,3 | 13,8 |
| Desviación estándar | 2,1 | 1,1 | 1,0 | 0,4 | 0,4 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | |

8.3. VELOCIDAD Y DIRECCION 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, que es transparente a la atmósfera, es absorbida por la superficie de la tierra de manera diferencial de acuerdo a sus capacidades de absorción (albedo). Así que, de acuerdo con sus propiedades térmicas cada superficie, conforme absorbe radiación, la transfiere al aire sobre yacente, como ondas de calor que son absorbidas de manera eficiente dada sus propiedades diatérmicas, lo que su vez genera diferencias de presión y estas a su vez 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 tiene magnitud y 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 o en el plano horizontal.

8.3.1. PROMEDIOS ANUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con los registros de la RMCAB, la velocidad del viento en 2018 presentó ligeros incrementos después de que en 2017 la velocidad del viento presentara reducciones considerables en su magnitud; incluso en el mes de agosto su comportamiento fue atípico, al punto que las velocidades del viento del mes de julio fueron mayores que las de agosto. Ver Figura 8-12

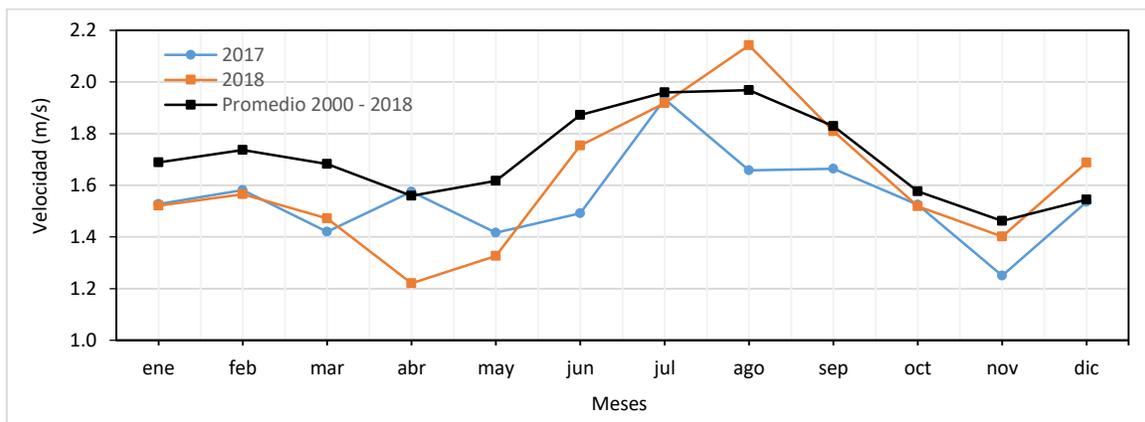


Figura 8-12. Comportamiento mensual de la velocidad del viento a nivel histórico (2000 – 2018) Vs. 2017 y 2018.

Por otra parte, al comparar el comportamiento de las velocidades del viento por estación entre los años 2000 y 2018, se observa que sólo en las estaciones de puente Aranda, Guaymaral, Suba, Tunal se presentaron ligeros incrementos, de los cuales el más importante es en la estación de

punto Aranda. Nótese que incluso la estación de San Cristóbal registró velocidades del viento inferiores en 2018 frente a 2017. Ver Figura 8-13.

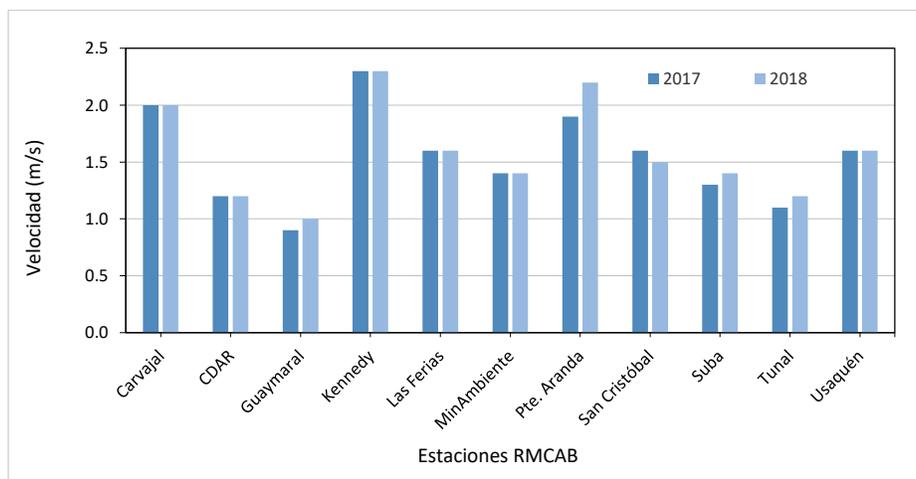


Figura 8-13. Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual 2017 vs. 2018.

8.3.2. PROMEDIOS DIARIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

De acuerdo con los registros de la RMCAB la velocidad del viento en un día normal del año, en promedio se comporta como se describe en la Tabla 8-8. En esta se resume tanto la velocidad como dirección, en diferentes fracciones de un día normal. A fin de identificar patrones de comportamiento en diferentes momentos del día dada la cantidad diferente de radiación solar que se recibe, 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.

Tabla 8-8. Comportamiento de la Velocidad y Dirección del Viento por fracciones del día.

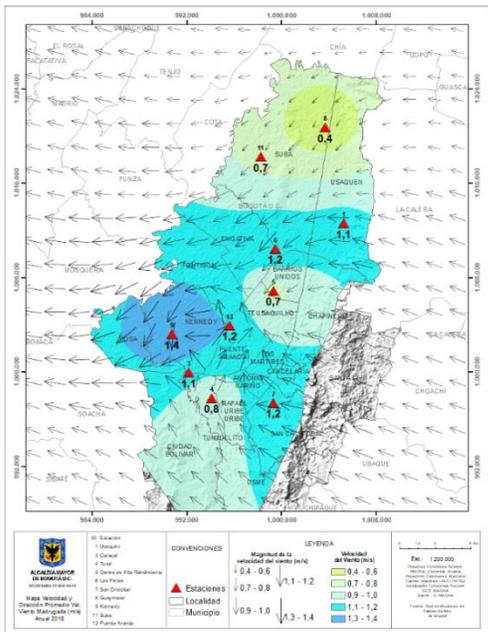
| Estación | Velocidad promedio del viento (m/s) | | | | Dirección promedio del viento (°) | | | |
|---------------|-------------------------------------|--------|-------|-------|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| | Madrugada | Mañana | Tarde | Noche | Madrugada | Mañana | Tarde | Noche |
| Bolivia | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A |
| Guaymaral | 0,4 | 1,1 | 1,8 | 0,7 | 15 | 52 | 136 | 76 |
| Usaquén | 1,1 | 1,5 | 2,3 | 1,7 | 94 | 109 | 153 | 124 |
| Suba | 0,7 | 1,7 | 2,2 | 0,9 | 19 | 42 | 123 | 17 |
| Las Ferias | 1,2 | 1,7 | 2,2 | 1,5 | 29 | 72 | 151 | 61 |
| C.D.A.R. | 0,7 | 1,2 | 2,0 | 1,0 | 29 | 125 | 64 | 16 |
| MínAmbiente | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A |
| Puente Aranda | 1,2 | 2,1 | 3,7 | 2,0 | 292 | 179 | 208 | 234 |
| Kennedy | 1,4 | 2,2 | 3,5 | 2,1 | 4 | 119 | 210 | 205 |
| Carvajal - | 1,1 | 2,0 | 3,1 | 1,7 | 164 | 139 | 184 | 167 |

| Estación | Velocidad promedio del viento (m/s) | | | | Dirección promedio del viento (°) | | | |
|-----------------|-------------------------------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| | Madrugada | Mañana | Tarde | Noche | Madrugada | Mañana | Tarde | Noche |
| Sevillana | | | | | | | | |
| Tunal | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 1,0 | 201 | 185 | 199 | 194 |
| San Cristóbal | 1,2 | 1,3 | 2,1 | 1,5 | 86 | 78 | 95 | 92 |
| Promedio | 1,0 | 1,6 | 2,5 | 1,4 | | | | |

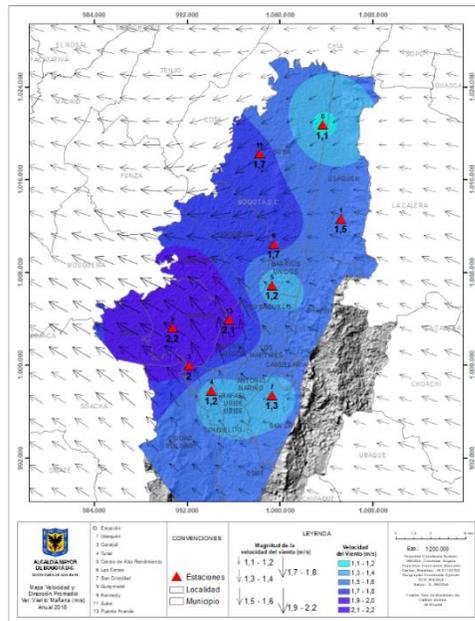
Fuente: RMCAB 2018

De manera complementaria, en la Figura 8-14 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 se consideró como madrugada; de las 6 am a las 12 m, se consideró como hora de la mañana; de las 12 m a las 6 pm, horas de la tarde; y de las 6 pm hasta las 12 pm o 0 horas, como horas de la noche. De acuerdo con esto, en las madrugadas hubo predominio de vientos del noreste; en las mañanas la componen este se hizo prevalente; en las tardes predominan los vientos alisios del sureste y en las noches volvieron a persistir los vientos del este.

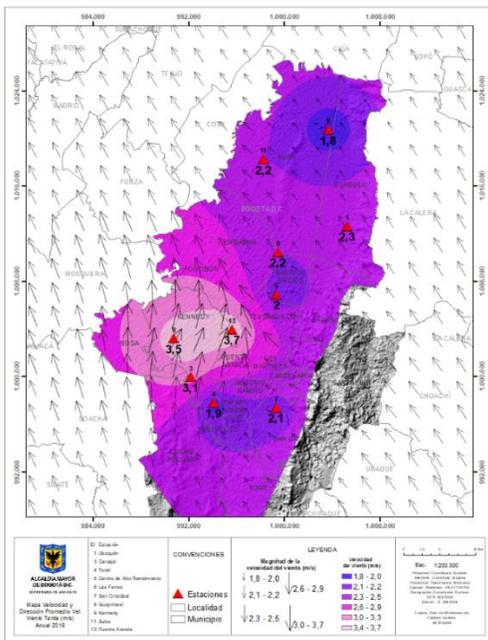
Es importante anotar que en el transcurso del año puede presentarse variaciones de este comportamiento; sin embargo, en promedio la ciudad se ve favorecida por la influencia de los vientos alisios los cuales diariamente ejercen limpieza aerodinámica a través de los vientos predominantes del este. Como podrá observarse, en diferentes momentos del día los alisios pueden presentar variaciones en su predominancia; estas pueden obedecer a la posición relativa del sol durante el año haciendo que predominan los vientos alisios del sureste o los del noreste. En otras circunstancias que no se hacen evidente en los mapas representados, se tiene fuerte influencia de los vientos de escala local tales como las brisas de Valle que ascienden por el cañón del Magdalena y penetran la ciudad desde el suroeste, los cuales cuando vienen cargados de humedad y las condiciones de estabilidad son propicias favorecen la ocurrencia de fuertes eventos de lluvia. Sin embargo, son vientos que pueden ser desfavorables para la calidad del aire de la ciudad, toda vez que pueden transportar contaminantes de fuentes externas a la ciudad e introducirlos a la misma, incrementando las concentraciones de contaminantes principalmente material particulado.



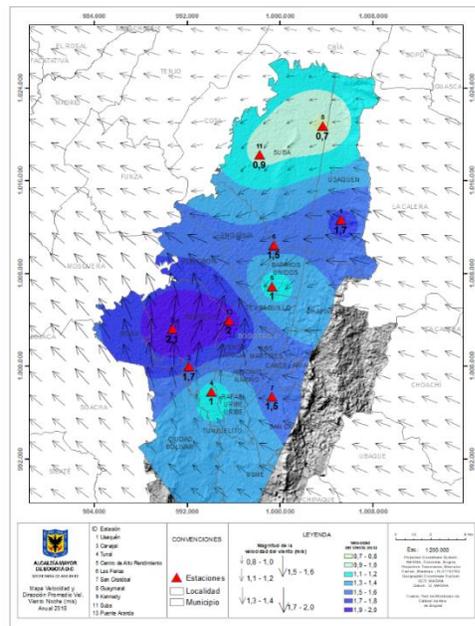
a) Madrugada



b) Mañana



c) Tarde



d) Noche

Figura 8-14. Comportamiento del viento promedio en diferentes fracciones de un día del año: a) Madrugada, b) Mañana c) Tarde y d) Noche. RMCAB – 2018

8.3.3. PROMEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En la Tabla 8-9 se presenta un resumen del comportamiento promedio mensual multianual de los vientos durante los años 2000 a 2018, de acuerdo con los registros de la RMCAB. A su vez, en la Figura 8-15 se representa el comportamiento de los vientos de 2018 frente al promedio multianual. En dicha figura se puede observar que aún en 2018 las velocidades se mantuvieron por debajo de la media de manera semejante a lo ocurrido en el año 2017. Sólo en agosto de 2018 y finales del mismo año, se observó un incremento en la velocidad del viento.

Tabla 8-9. Comportamiento de los promedios mensuales multianuales de los vientos en el periodo 2000 - 2018.

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 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 |
| Promedio 2000 - 2018 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,7 |

Fuente: RMCAB 2018

Por otra parte, en la Figura 8-16 se resume los valores medios máximos y mínimos absolutos registrados durante el año 2018, por cada una de las estaciones de la RMCAB. En esta gráfica se evidencia que para el período del estudio las máximas velocidades se registraron hacia el sector suroccidental de la ciudad. Además, las estaciones de Puente Aranda y Kennedy, en orden de importancia, registraron las mayores velocidades absolutas del viento en la ciudad. Estas velocidades máximas probablemente ocurrieron en horas de la tarde cuando mayor cantidad de energía se ha acumulado, las cuales como se observa la Figura 8-14 frecuentemente favorecen la dispersión de contaminantes en el aire con las mayores velocidades de la ciudad.

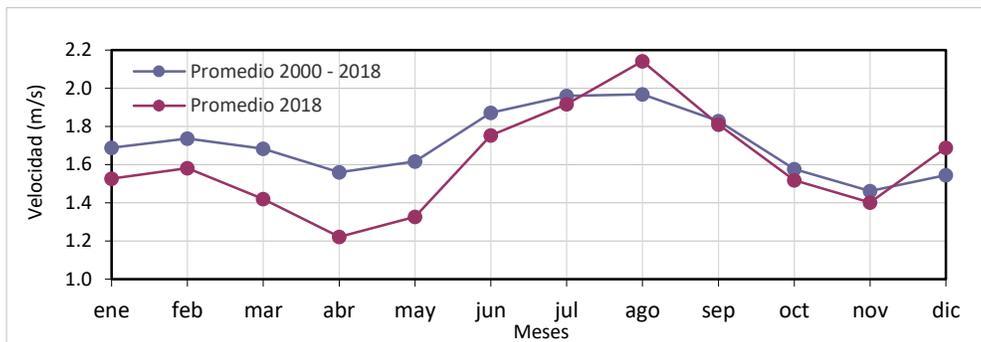
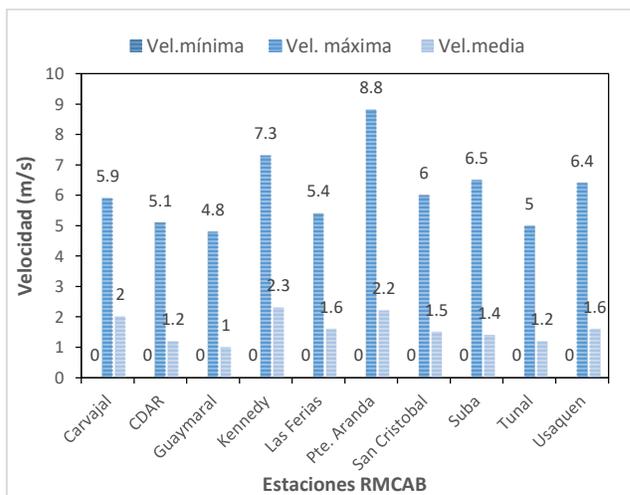


Figura 8-15. Comportamiento de la velocidad media mensual en 2018 vs. promedio mensual multianual 2000 - 2018



| Estación | Vel. mínima | Vel. máxima | Vel. media |
|------------------------|-------------|-------------|------------|
| Bolivia | 0 | 6,7 | 2,1 |
| Carvajal | 0 | 5,9 | 2 |
| CDAR | 0 | 5,1 | 1,2 |
| Guaymaral | 0 | 4,8 | 1 |
| Kennedy | 0 | 7,3 | 2,3 |
| Las Ferias | 0 | 5,4 | 1,6 |
| MinAmbiente | 0 | 7,7 | 1,4 |
| Móvil 7ma | 0 | 4,8 | 1,1 |
| Puente Aranda | 0 | 8,8 | 2,2 |
| San Cristóbal | 0 | 6 | 1,5 |
| Suba | 0 | 6,5 | 1,4 |
| Tunal | 0 | 5 | 1,2 |
| Usaquén | 0 | 6,4 | 1,6 |
| Promedio Ciudad | 0,0 | 6,1 | 1,5 |

Figura 8-16. Comportamiento promedio anual de la velocidad del viento - 2018

Sumado a lo anterior, en la Figura 8-17 se presenta el comportamiento de las direcciones predominantes del viento del año 2018. Las rosas de viento aquí representadas describen a cada una de las estaciones que cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%. Aunque estas representan una instantánea del ciclo anual, ofrecen no solo un panorama de las direcciones predominantes en la ciudad durante todo el año, sino su frecuencia y magnitud. De ellas se destaca la rosa de vientos de la estación Puente Aranda, en la cual se presentaron velocidades de entre 6,8 a 8,8 m/s predominantemente del sur y del sur este, así como del oeste, que probablemente ocurrieron durante el mes de agosto toda vez que el resto del año las velocidades del viento estuvieron por debajo de la media multianual.

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

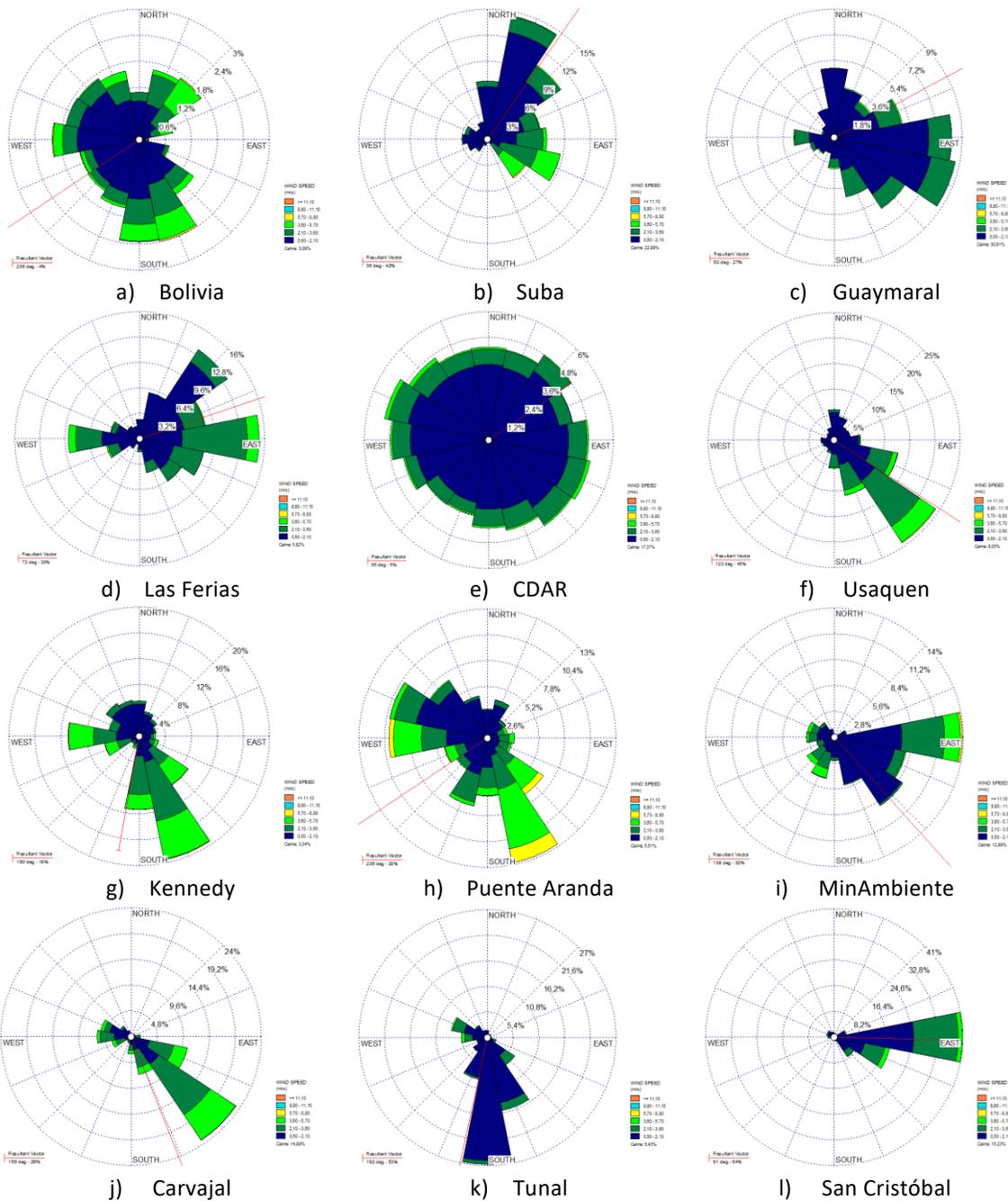


Figura 8-17. Rosas de viento consolidadas por estación – 2018

8.3.4. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VIENTO

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

Así las cosas, en 2018 se mantuvo el patrón arriba descrito, presentándose los vientos más fuertes fue hacia el sector de Kennedy, Fontibón y Puente Aranda; los más débiles en Guaymaral, MinAmbiente y Tunal. Para más información ver Figura 8-18.

8.3.5. PROMEDIOS HISTORICOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO

En cuanto al comportamiento histórico de los vientos la Tabla 8-10 resume las mediciones anuales de la RMCAB desde el año 2000 hasta la fecha; Incluso se pueden apreciar estaciones que hicieron parte del diseño inicial de la red pero que la fecha, por distintas razones, han dejado de funcionar. Sin embargo, se tiene su registro como parte del proceso histórico de la misma. De esta tabla se puede deducir que entre 2000 y 2018 las mayores velocidades del viento se registraron entre 2004 2007 a partir de allí ha fluctuado entre 1,5 a 1,9 m/s. Para mayor detalle ver la Figura 8-19.

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

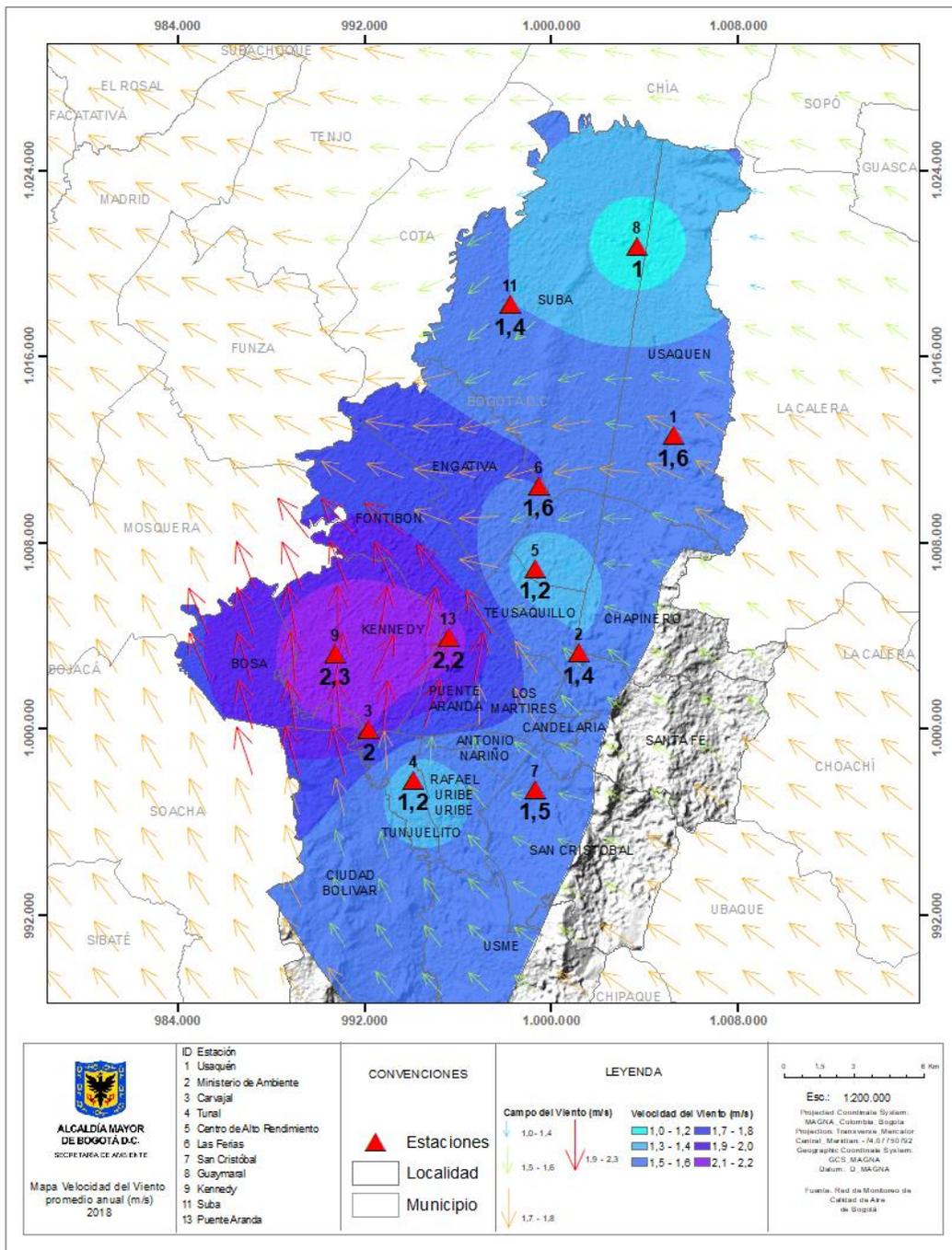


Figura 8-18. Mapa de dirección y velocidad promedio del viento - 2018

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

Tabla 8-10. Comportamiento histórico de la velocidad del viento de acuerdo con los registros de la RMCAB entre 2000-2018.

| Estación | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Cade Energía | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,8 |
| Carvajal - Sevilla | 0,9 | 1,3 | 1,2 | 2,1 | | | | 1,8 | 1,9 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Cazuca | 1,9 | 2,1 | 2,3 | | 2,8 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 1,7 | | | | | | | | | | | 2,3 |
| Central de Mezclas | 2,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,0 |
| Centro de Alto Rendimiento | | | | | 0,8 | 1,9 | | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,4 |
| Chico lago (Sto Tomas) | 0,4 | 0,4 | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 |
| Fontibón (antigua) | 2,4 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 2,7 | 3,0 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | | | | | | 2,9 |
| Guaymaral | | | 0,6 | | | | | 1,1 | 1,2 | 1,3 | | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| Kennedy | | | | | | | 1,5 | 1,5 | 2,3 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Las Ferias | 1,7 | 1,7 | 1,6 | | | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,9 | 2,1 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,7 |
| Min Ambiente | 0,4 | 0,5 | 0,5 | | | | | | | 1,2 | | | | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| Olaya | 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,8 |
| Puente Aranda | 1,9 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 2,2 | 2,4 |
| San Cristóbal | | | | | | | | | | | 1,1 | 1,7 | 1,8 | 2,2 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,6 |
| Suba | 1,4 | 1,4 | 1,3 | | 1,6 | | 1,3 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| Tunal | | | | | | | | 2,1 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Univ. Nacional | 0,5 | 0,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,6 |
| Usaquén | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | | 1,6 | 2,4 | 1,8 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,4 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,4 |
| USME | | | | | | | 2,6 | 2,7 | 3,5 | | | | | | | | | | | 2,9 |
| Vitelma | | | | | | | 1,6 | 1,5 | 1,7 | | | | | | | | | | | 1,6 |
| Promedio | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,6 |

Fuente: RMCAB 2018

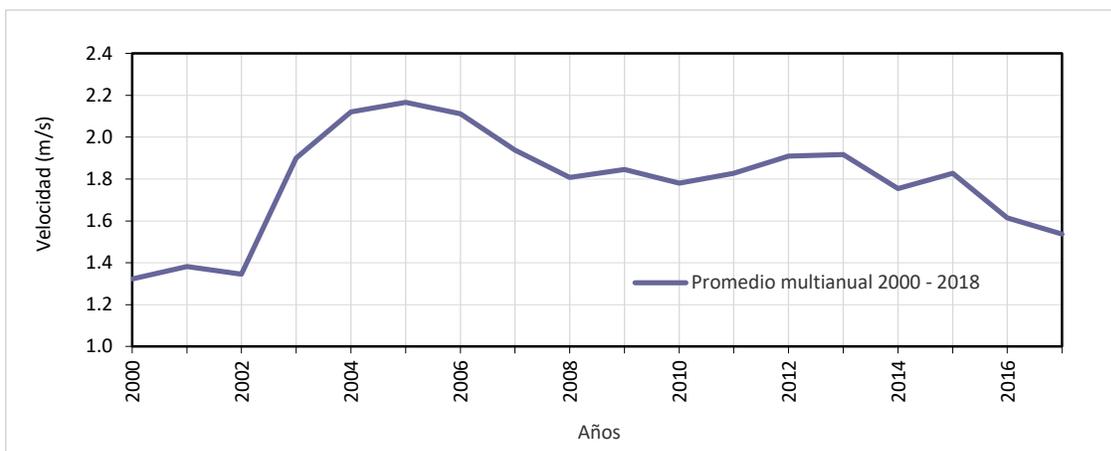


Figura 8-19. Comportamiento medio multianual de la velocidad del viento en la ciudad de Bogotá entre 2000 a 2018

8.4. 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, las variaciones en el tiempo y en el espacio, y analizar las propiedades y distribución de los componentes de la atmósfera.

8.4.1. PROMEDIOS DIARIOS DE RADIACIÓN SOLAR

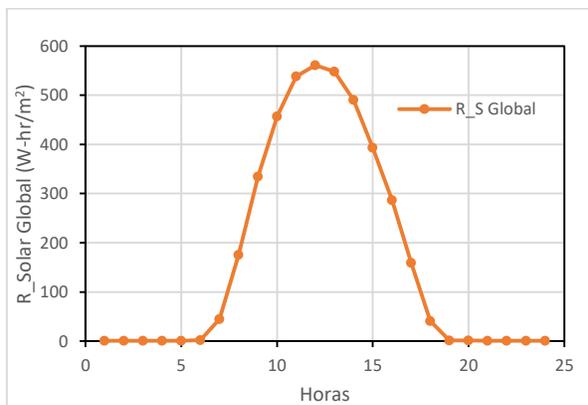
En la Tabla 8-11 se resume el comportamiento medio horario anual de la cantidad de energía recibida en cada una de las estaciones de la RMCAB. En esta se puede observar que en promedio la estación que mayor cantidad de energía acumuló durante el día fue la estación San Cristóbal con alrededor de 5012 W/m². Asimismo, se puede observar que la hora en la cual se acumula mayor cantidad de energía de la ciudad de Bogotá se encuentra entre las 11 AM y la 1 PM. En tanto que, en las horas de la madrugada y la noche esta cantidad de energía tiende a cero.

Tabla 8-11. Cantidad de energía recibida durante el día por cada una de las estaciones de la RMCAB en 2018

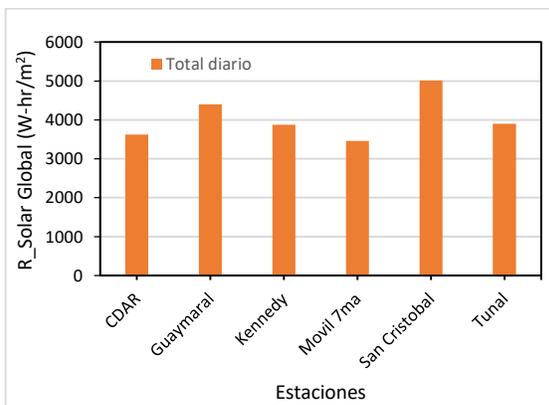
| Hora | CDAR | Guaymaral | Kennedy | Móvil 7ma | Sn Cristóbal | Tunal | Promedio |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| | W-hr/m ² | |
| 1:00 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 2:00 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 3:00 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |

| Hora | CDAR | Guaymaral | Kennedy | Móvil 7ma | Sn Cristóbal | Tunal | Promedio |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| | W-hr/m ² | |
| 4:00 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 5:00 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 6:00 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 0,3 | 7,5 | 1,1 | 2,2 |
| 7:00 | 56,1 | 48,6 | 42,7 | 27,4 | 54,0 | 41,1 | 45,0 |
| 8:00 | 196,9 | 210,9 | 167,6 | 130,2 | 196,2 | 151,9 | 175,6 |
| 9:00 | 339,1 | 409,0 | 319,4 | 281,0 | 380,5 | 279,1 | 334,7 |
| 10:00 | 422,9 | 536,7 | 433,2 | 413,9 | 538,1 | 396,5 | 456,9 |
| 11:00 | 478,5 | 603,6 | 497,6 | 486,3 | 675,7 | 488,5 | 538,4 |
| 12:00 | 493,4 | 596,4 | 511,0 | 518,4 | 717,6 | 529,9 | 561,1 |
| 13:00 | 474,7 | 570,6 | 531,3 | 496,2 | 677,9 | 538,3 | 548,2 |
| 14:00 | 414,2 | 510,1 | 486,2 | 411,3 | 610,2 | 512,5 | 490,7 |
| 15:00 | 334,5 | 393,8 | 396,4 | 317,2 | 497,7 | 421,2 | 393,5 |
| 16:00 | 238,6 | 292,8 | 287,5 | 223,0 | 363,0 | 316,4 | 286,9 |
| 17:00 | 134,9 | 175,0 | 161,9 | 121,0 | 181,6 | 180,0 | 159,1 |
| 18:00 | 33,7 | 45,4 | 41,1 | 31,0 | 45,1 | 47,8 | 40,7 |
| 19:00 | 0,3 | 1,9 | 0,7 | 0,1 | 6,7 | 0,5 | 1,7 |
| 20:00 | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,2 |
| 21:00 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,2 |
| 22:00 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 23:00 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| 24:00:00 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 1,1 |
| Total | 3619,2 | 4401,6 | 3877,9 | 3457,4 | 5012,7 | 3905,0 | 4045,6 |

Fuente: RMCAB 2018



a) Perfil horario



b) Total acumulado por día

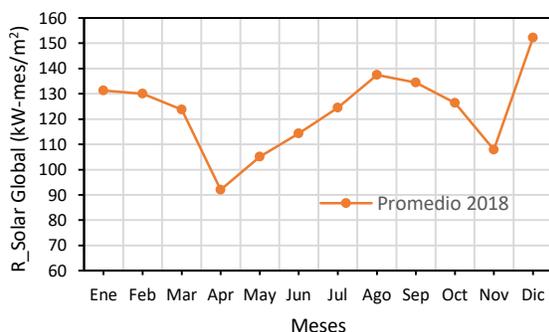
Figura 8-20. Cantidad de radiación solar recibió en el día. a) perfil horario; b) radiación acumulada por cada estación.

8.4.2. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR

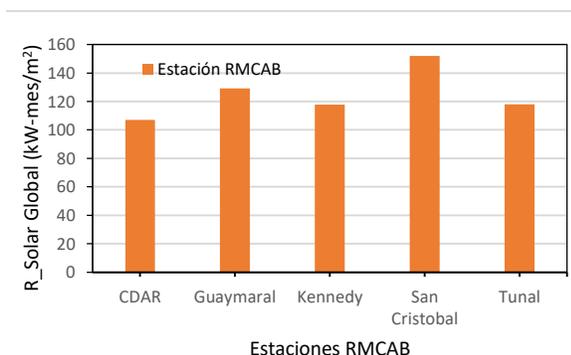
En cuanto a los totales acumulados mensualmente durante 2018, en la Tabla 8-12 se presenta un resumen de los acumulados por cada estación de la RMCAB. Complementariamente, en la Figura 8-21 se detallan las variaciones durante el mes, observándose los meses como las estaciones de la RMCAB, con menor y mayor acumulado en 2018.

Tabla 8-12. Comportamiento mensual de los totales acumulados de radiación solar por estación (kW-mes/m²)

| Estación | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| CDAR | 105,0 | 112,9 | 106,4 | 78,2 | 83,0 | 109,2 | 114,6 | 119,6 | 113,2 | 107,1 | 102,2 | 132,2 | 1283,4 |
| Guaymaral | 157,4 | 156,3 | 140,6 | 100,9 | 102,8 | 108,4 | 115,5 | 134,8 | 137,7 | 134,5 | 93,2 | 168,5 | 1550,7 |
| Kennedy | 132,3 | 133,0 | 129,4 | 90,6 | 101,7 | 100,5 | 114,5 | 134,4 | 122,0 | 116,7 | 103,1 | 133,8 | 1412,1 |
| Móvil 7ma | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | 132,6 | - |
| San Cristóbal | 162,3 | 142,6 | 146,0 | 103,5 | 129,6 | 132,8 | 151,1 | 167,7 | 178,4 | 162,4 | 149,2 | 198,0 | 1823,6 |
| Tunal | 123,6 | 128,2 | 119,2 | 87,1 | 108,4 | 120,6 | 126,6 | 130,6 | 120,5 | 111,4 | 91,9 | 147,9 | 1415,9 |
| Promedio 2018 | 131,3 | 130,0 | 123,7 | 92,0 | 105,1 | 114,3 | 124,4 | 137,4 | 134,4 | 126,4 | 107,9 | 152,2 | 1322,1 |



a) Comportamiento medio mensual



b) Acumulado por estación

Figura 8-21. Comportamiento mensual de la radiación en 2018 a) promedio mensual; b) totales mensuales acumulados.

De acuerdo con los registros de la RMCAB, en 2018 la ciudad de Bogotá acumuló aproximadamente 1.4 GW/m². Energía que fue acumulada de manera diferente durante el ciclo anual en virtud de todas transformaciones que se dan a partir de este flujo energía. La mayor cantidad de energía en orden de magnitud, se recibió entre los meses de diciembre, agosto y septiembre, enero y febrero. Comparado con el año anterior, el total acumulado fue ligeramente superior, como se observa en la Figura 8-22.

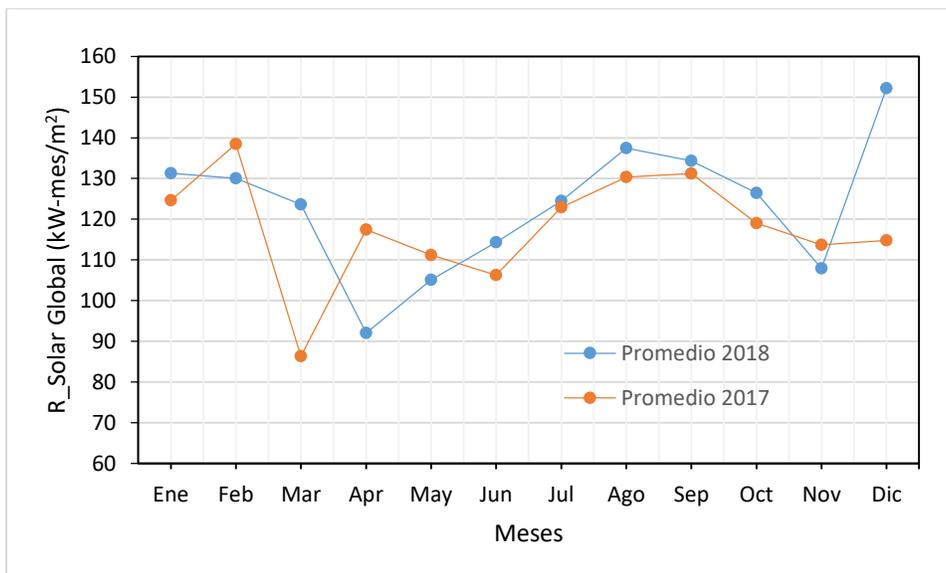


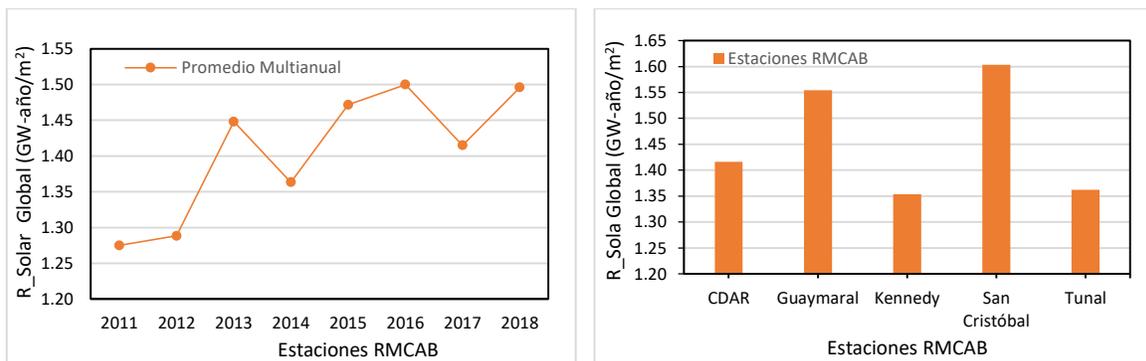
Figura 8-22. Comportamiento mensual de la radiación solar en 2018 vs. 2017

8.4.3. PROMEDIOS HISTÓRICOS DE RADIACIÓN SOLAR

Del mismo modo que en el ciclo mensual así también se resume en la Tabla 8-13 el comportamiento multianual de los totales anuales acumulados en la ciudad de Bogotá entre 2009 a 2018. Y de manera gráfica en la Figura 8-23 su distribución anual y los totales anuales acumulados por cada una de las estaciones de la red.

Tabla 8-13. Radiación Solar acumulada anual en GW-año/m² periodo 2009 - 2018

| ESTACIÓN | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Promedio |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CDAR | 1,48 | 1,29 | 1,34 | 1,47 | 1,47 | 1,41 | 1,52 | 1,55 | 1,35 | 1,28 | 1,42 |
| Guaymaral | 1,63 | NA | 1,36 | 1,58 | 1,55 | 1,51 | 1,49 | 1,68 | 1,64 | 1,55 | 1,55 |
| Kennedy | N.A | 1,26 | 1,06 | 1,30 | 1,39 | 1,44 | 1,52 | 1,33 | 1,47 | 1,41 | 1,35 |
| San Cristóbal | N.A | N.A | N.A | 0,84 | N.A | 1,48 | 1,87 | 1,87 | 1,74 | 1,82 | 1,60 |
| Tunal | NA | 1,21 | 1,34 | 1,40 | 1,39 | 1,37 | 1,38 | 1,47 | 1,28 | 1,42 | 1,36 |
| PROMEDIO | 1,56 | 1,25 | 1,28 | 1,29 | 1,45 | 1,36 | 1,47 | 1,50 | 1,42 | 1,50 | 1,46 |



a) Comportamiento medio mensual

b) Acumulado por estación

Figura 8-23. Comportamiento anual de la radiación en 2018 a) promedio anual; b) totales anuales acumulados.

8.5. PRESION ATMOSFERICA

La presión atmosférica es la presión 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. Es un factor determinante, para la ocurrencia de las lluvias, y 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.

8.5.1. PROMEDIOS DIARIOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Como se puede observar en la Tabla 8-14 y la Figura 8-24, 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 sus variaciones 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 2,3 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.

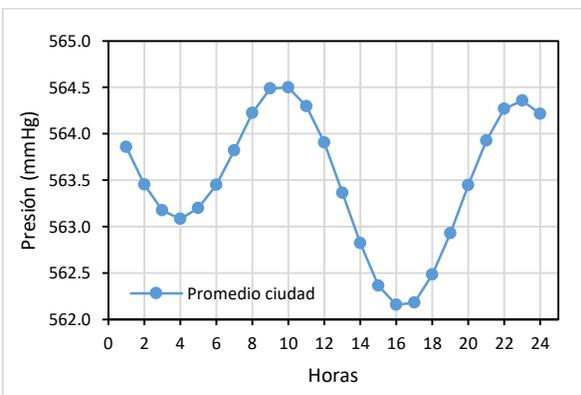
Tabla 8-14. Variación de la presión horaria en cada una de las estaciones de la RMCAB

| Hora | Guaymaral | Kennedy | Las Ferias | Prom. Ciudad (mmHg) |
|------|-----------|---------|------------|---------------------|
| | mmHg | mmHg | mmHg | |
| 1:00 | 564,4 | 564,0 | 564,6 | 563,9 |
| 2:00 | 564,0 | 563,6 | 564,2 | 563,5 |
| 3:00 | 563,6 | 563,3 | 563,9 | 563,2 |

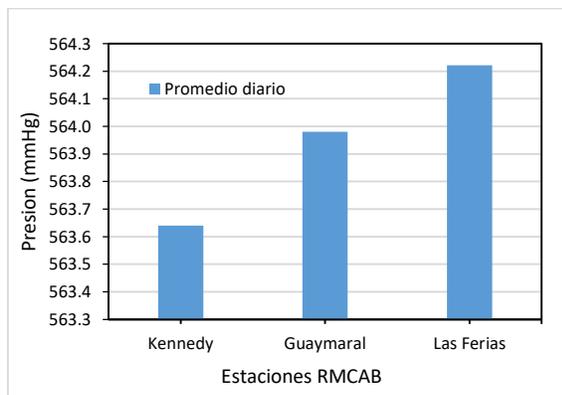
Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Control Ambiental
 Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL

| Hora | Guaymaral | Kennedy | Las Ferias | Prom. Ciudad (mmHg) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| | mmHg | mmHg | mmHg | |
| 4:00 | 563,6 | 563,2 | 563,8 | 563,1 |
| 5:00 | 563,7 | 563,4 | 563,9 | 563,2 |
| 6:00 | 564,0 | 563,6 | 564,2 | 563,4 |
| 7:00 | 564,3 | 563,9 | 564,6 | 563,8 |
| 8:00 | 564,7 | 564,3 | 565,0 | 564,2 |
| 9:00 | 565,0 | 564,6 | 565,2 | 564,5 |
| 10:00 | 565,0 | 564,6 | 565,2 | 564,5 |
| 11:00 | 564,8 | 564,4 | 565,0 | 564,3 |
| 12:00 | 564,4 | 564,0 | 564,6 | 563,9 |
| 13:00 | 563,8 | 563,6 | 564,0 | 563,4 |
| 14:00 | 563,2 | 563,0 | 563,6 | 562,8 |
| 15:00 | 562,8 | 562,6 | 563,0 | 562,4 |
| 16:00 | 562,6 | 562,3 | 562,9 | 562,2 |
| 17:00 | 562,6 | 562,3 | 562,9 | 562,2 |
| 18:00 | 562,9 | 562,6 | 563,2 | 562,5 |
| 19:00 | 563,4 | 563,0 | 563,7 | 562,9 |
| 20:00 | 563,9 | 563,6 | 564,2 | 563,4 |
| 21:00 | 564,4 | 564,1 | 564,7 | 563,9 |
| 22:00 | 564,8 | 564,4 | 565,0 | 564,3 |
| 23:00 | 564,9 | 564,5 | 565,1 | 564,4 |
| 24:00:00 | 564,7 | 564,3 | 564,9 | 564,2 |
| Promedio diario | 564,0 | 563,6 | 564,2 | 563,5 |

Fuente: RMCAB 2018



a) Ciclo semi diario de la presión



b) Promedio diario por estación

Figura 8-24. Comportamiento del ciclo diario de la presión atmosférica

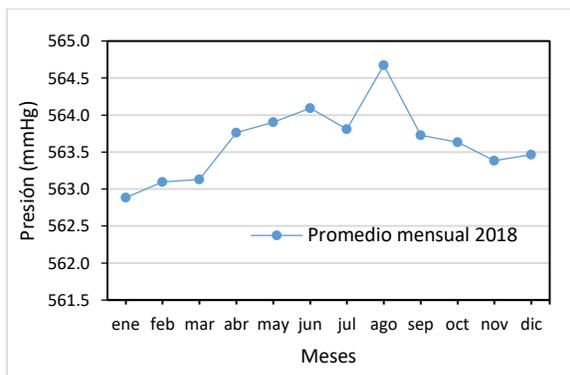
8.5.2. PROMEDIOS MENSUALES DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El comportamiento mensual de la presión atmosférica registrada por la RMCAB durante el año 2018 se resume en la Tabla 8-15. Asimismo, en la Figura 8-25 se representa gráficamente su variación mensual y por estación de la red. Como se puede observar en dicha figura la presión tuvo un máximo en agosto y un mínimo en enero. Al revisar el comportamiento por estaciones se deduce que el sector de Kennedy presenta menores presiones del resto de la ciudad, con una diferencia de presión de 0,12 mmHg con respecto al sector de Las Ferias.

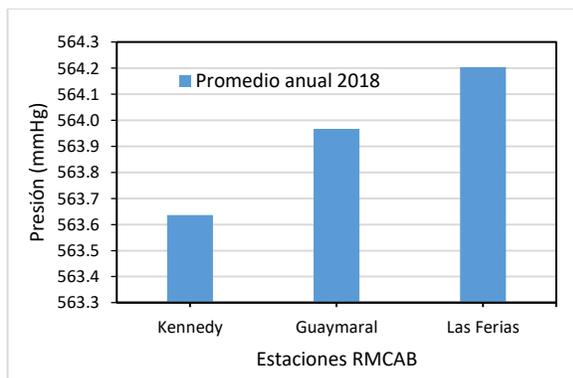
Tabla 8-15. Comportamiento promedio mensual de la presión por estación de la RMCAB en 2018

| Estación | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Móvil 7ma | NA | 562,2 | 562,2 |
| Kennedy | 563,0 | 563,2 | 563,2 | 563,9 | 564,1 | 564,2 | 564,1 | 564,4 | 563,4 | 563,3 | 563,1 | 563,6 | 563,6 |
| Guaymaral | 563,4 | 563,5 | 563,6 | 564,2 | 564,3 | 564,6 | 564,5 | 564,7 | 563,8 | 563,7 | 563,4 | 564,0 | 564,0 |
| Las Ferias | 563,6 | 563,9 | 563,9 | 564,5 | 564,6 | 564,8 | 564,7 | 564,9 | 564,0 | 563,9 | 563,6 | 564,1 | 564,2 |
| Promedio mensual 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 | 563,5 |

Fuente: RMCAB



a) Promedio mensual ciudad



b) Promedio anual por estación

Figura 8-25. Comportamiento mensual de la presión atmosférica en 2018. a) promedio ciudad; b) promedio por estación

De acuerdo con la Figura 8-26, la presión atmosférica en la ciudad de Bogotá fue más baja que el promedio multianual consolidado a través de los registros de la RMCAB. Sólo en el mes de agosto, noviembre y diciembre se evidencia un incremento de las condiciones de presión acercándose al promedio histórico 2009 – 2018. Comparado con el año anterior, aún los tres primeros meses del año 2018, las presiones fueron más bajas que en 2017. Aunque si se observa la curva de presión de 2017, se puede apreciar que al término del este periodo, mostraba una reducción más amplia con respecto a la media multianual; sin embargo, entre diciembre de 2017 hasta agosto de 2018 comenzó su ascenso, con un ligero descenso en enero y julio de 2018. Ver Tabla 8-16

Tabla 8-16. Comportamiento de la presión promedio mensual de 2018 frente a 2017 y el promedio multianual 2009 a 2018

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 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 |
| Promedio 2009- 2018 | 563,8 | 563,6 | 563,9 | 564,1 | 564,5 | 564,6 | 564,6 | 564,6 | 564,5 | 564,0 | 563,4 | 563,6 | 564,2 |

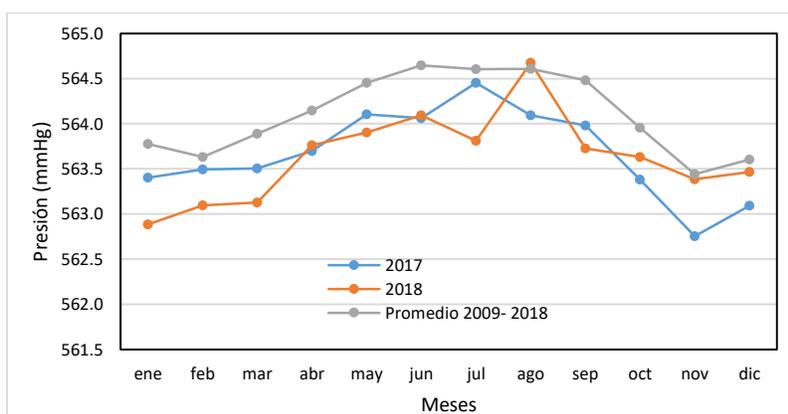


Figura 8-26. Comportamiento mensual de la presión durante 2018 frente al promedio multianual y el año 2017.

8.5.3. PROMEDIOS ANUALES HISTORICOS DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

De acuerdo con lo observado en la Tabla 8-17 la presión atmosférica promedio anual presentó valores máximos en 2010 y 2013, con valores que alcanzaron los 564,7 mmHg. De 2014 a 2018 no se percibe alguna variación importante. En cuanto a su distribución en la ciudad, las estaciones Kennedy y Guaymaral registran las presiones más bajas de la ciudad.

Tabla 8-17. Promedios históricos de presión atmosférica – 2009 - 2018

| Estación | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Prom. |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Fontibón (antigua) | N.A | 565,4 | 565 | 565 | 566 | N.A | N.A | N.A | N.A | N.A | 565,3 |
| Kennedy | N.A | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564,0 |
| Guaymaral | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564 | 564,0 |
| Las Ferias | 565 | 565 | 564 | 564 | 565 | 565 | 565 | 565 | 565 | 564 | 564,7 |
| Promedio | 564,5 | 564,6 | 564,3 | 564,4 | 564,6 | 563,8 | 563,9 | 563,9 | 563,8 | 563,5 | 564,1 |

Fuente: RMCAB 2018

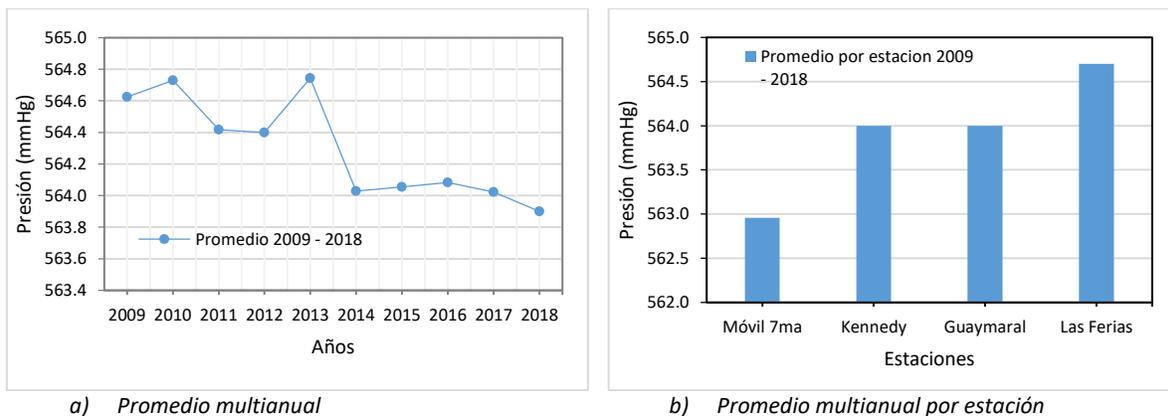


Figura 8-27. Comportamiento de la presión atmosférica promedio multianual 2009 - 2018

8.6. 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 tiene un rol importante en los procesos de reducción o transformación de sustancias contaminantes del aire, basado 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.

8.6.1. PROMEDIOS DIARIOS DE HUMEDAD

En cuanto al comportamiento diario anual de la humedad, dada su relación inversa con la temperatura, en las horas de la madrugada y la noche la atmósfera se satura conforme la temperatura desciende, logrando niveles de humedad por encima del 70%; entre tanto, conforme la atmósfera se calienta se hace más seca y la humedad relativa disminuye. Ver Figura 8-28 a). En cuanto a su distribución espacial, las estaciones de San Cristóbal y Guaymaral fueron las que, en promedio, registraron mayores cantidades de humedad durante el año 2018.

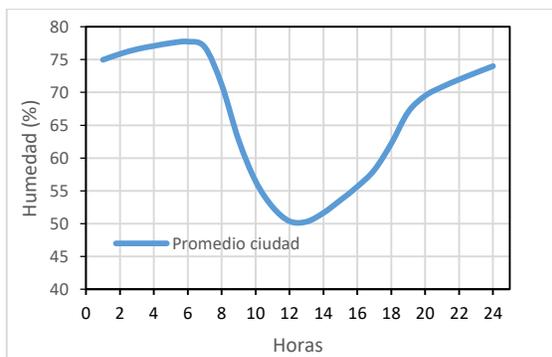
Tabla 8-18. Variación de la humedad horaria en 2018 la humedad promedio mensual las estaciones de la RMCAB

| Hora | CDAR | Fontibón | Guaymaral | Kennedy | Las Ferias | Móvil 7ma | San Cristóbal | Tunal | Promedio ciudad |
|-------|------|----------|-----------|---------|------------|-----------|---------------|-------|-----------------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | |
| 01:00 | 77,9 | N.A | 79,5 | 69,7 | 71,3 | N.A | 79,2 | 72,3 | 73,6 |
| 02:00 | 79,0 | N.A | 80,5 | 70,6 | 72,5 | N.A | 79,8 | 72,9 | 74,7 |
| 03:00 | 79,5 | N.A | 81,2 | 71,5 | 73,4 | N.A | 80,6 | 73,2 | 75,6 |
| 04:00 | 79,8 | N.A | 81,7 | 72,2 | 74,0 | N.A | 81,1 | 73,7 | 76,2 |

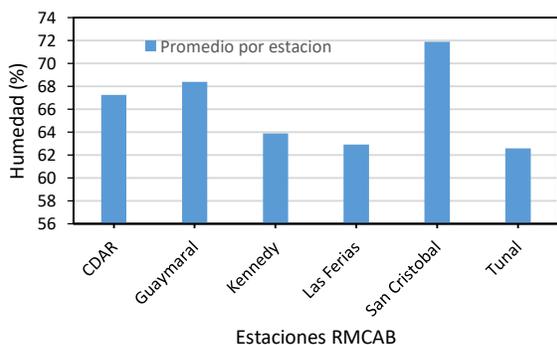
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB
INFORME ANUAL

| Hora | CDAR | Fontibón | Guaymaral | Kennedy | Las Ferias | Móvil 7ma | San Cristóbal | Tunal | Promedio ciudad |
|-------|------|----------|-----------|---------|------------|-----------|---------------|-------|-----------------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | |
| 05:00 | 80,2 | N.A | 82,1 | 72,7 | 74,4 | N.A | 81,5 | 74,2 | 76,6 |
| 06:00 | 80,5 | N.A | 82,5 | 73,0 | 74,3 | N.A | 81,6 | 74,6 | 76,9 |
| 07:00 | 78,5 | N.A | 82,8 | 73,1 | 72,4 | N.A | 80,6 | 74,0 | 75,9 |
| 08:00 | 69,2 | N.A | 78,4 | 71,1 | 65,8 | N.A | 75,9 | 66,6 | 70,2 |
| 09:00 | 59,1 | N.A | 66,1 | 65,3 | 57,9 | N.A | 69,8 | 58,1 | 61,6 |
| 10:00 | 53,7 | N.A | 57,1 | 57,9 | 52,8 | N.A | 65,2 | 52,1 | 54,7 |
| 11:00 | 50,7 | N.A | 52,4 | 52,7 | 49,7 | N.A | 61,6 | 48,1 | 50,4 |
| 12:00 | 48,9 | N.A | 49,6 | 50,5 | 47,8 | N.A | 59,3 | 46,0 | 48,2 |
| 13:00 | 49,4 | N.A | 48,4 | 51,2 | 47,7 | N.A | 58,9 | 46,1 | 48,1 |
| 14:00 | 51,3 | N.A | 49,8 | 52,8 | 49,2 | N.A | 59,5 | 47,1 | 49,7 |
| 15:00 | 53,8 | N.A | 52,3 | 54,2 | 51,6 | N.A | 60,8 | 48,7 | 52,2 |
| 16:00 | 56,3 | N.A | 54,4 | 56,2 | 54,0 | N.A | 62,5 | 50,3 | 54,6 |
| 17:00 | 59,4 | N.A | 56,6 | 58,3 | 56,4 | N.A | 65,5 | 52,7 | 57,2 |
| 18:00 | 64,3 | N.A | 61,0 | 60,9 | 60,1 | N.A | 69,0 | 57,8 | 61,2 |
| 19:00 | 69,6 | N.A | 67,7 | 64,0 | 64,2 | N.A | 72,5 | 64,2 | 65,9 |
| 20:00 | 72,1 | N.A | 71,7 | 65,6 | 66,1 | N.A | 74,0 | 67,4 | 68,1 |
| 21:00 | 73,5 | N.A | 74,0 | 66,3 | 67,0 | N.A | 75,2 | 69,1 | 69,4 |
| 22:00 | 74,7 | N.A | 75,7 | 67,1 | 68,0 | N.A | 76,2 | 70,1 | 70,4 |
| 23:00 | 75,9 | N.A | 77,2 | 67,9 | 69,0 | N.A | 77,0 | 71,0 | 71,3 |
| 00:00 | 76,9 | N.A | 78,4 | 68,7 | 70,1 | N.A | 78,3 | 71,6 | 72,5 |
| TOTAL | 67,3 | N.A | 68,4 | 63,9 | 62,9 | N.A | 71,9 | 62,6 | 64,8 |

Fuente: RMCAB 2018



a) Perfil horario anual



b) Promedio horario por estación

Figura 8-28. Comportamiento de la humedad relativa horaria en 2018: a) perfil horario; b) promedio por estación

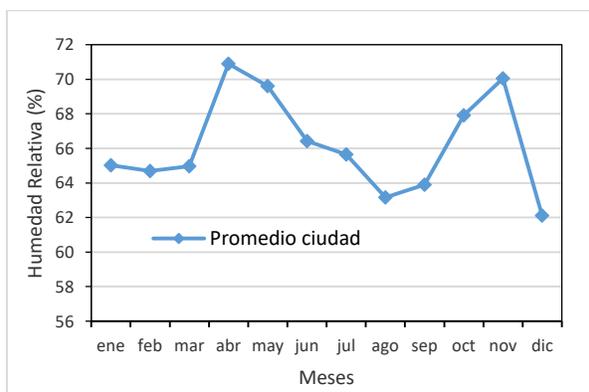
8.6.2. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD

De acuerdo con los registros de la RMCAB, en 2018 los meses más húmedos fueron abril y noviembre, y los más secos agosto y diciembre. De manera análoga al ciclo diurno, el promedio mensual con mayores valores de humedad fue registrado por las estaciones de San Cristóbal y Guaymaral. (Tabla 8-19)

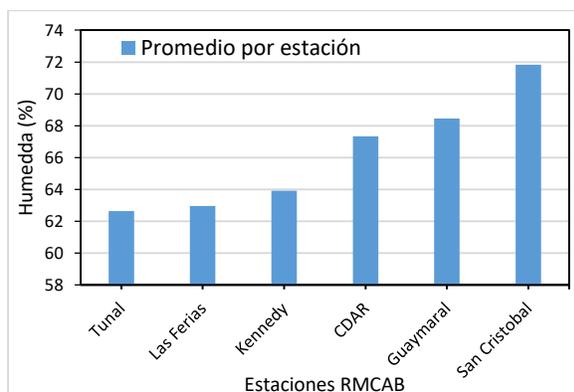
Tabla 8-19. Comportamiento mensual de la humedad en 2018.

| Humedad Relativa | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | Promedio | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|----|
| Móvil 7ma | N,A | 53 | 53 |
| Tunal | 62 | 61 | 61 | 68 | 67 | 64 | 62 | 60 | 60 | 64 | 65 | 57 | 63 | |
| Las Ferias | 62 | 63 | 63 | 68 | 67 | 63 | 62 | 59 | 60 | 65 | 66 | 58 | 63 | |
| Kennedy | 63 | 65 | 63 | 69 | 69 | 63 | 62 | 59 | 61 | 65 | 68 | 59 | 64 | |
| CDAR | 68 | 67 | 68 | 73 | 72 | 66 | 65 | 63 | 65 | 69 | 70 | 63 | 67 | |
| Guaymaral | 67 | 66 | 68 | 72 | 71 | 70 | 69 | 67 | 67 | 69 | 71 | 64 | 68 | |
| San Cristóbal | 67 | 66 | 66 | 74 | 72 | 73 | 74 | 71 | 70 | 77 | 80 | 71 | 72 | |
| Bolivia | N,A | |
| Fontibón | N,A | 63 | 63 | |
| Promedio | 65 | 65 | 65 | 71 | 70 | 66 | 66 | 63 | 64 | 68 | 70 | 62 | 66 | |

Fuente: RMCAB 2018



a) Perfil mensual de humedad



b) Promedio por estación

Figura 8-29. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2018: a) promedia ciudad; b) promedio por estación

Como se observa en Figura 8-30, la atmósfera presentó condiciones relativamente secas en los tres primeros meses del año 2018 comparado con el promedio multianual de la humedad. Sin embargo, el contenido de vapor de agua en la atmósfera se incrementó en los meses de abril y mayo, alcanzando humedades por encima de la media muestral multianual. El resto del año las condiciones de humedad fueron muy semejantes al promedio de la ciudad con ligeros incrementos en el segundo semestre del año, aunque en diciembre mostró una disminución importante.

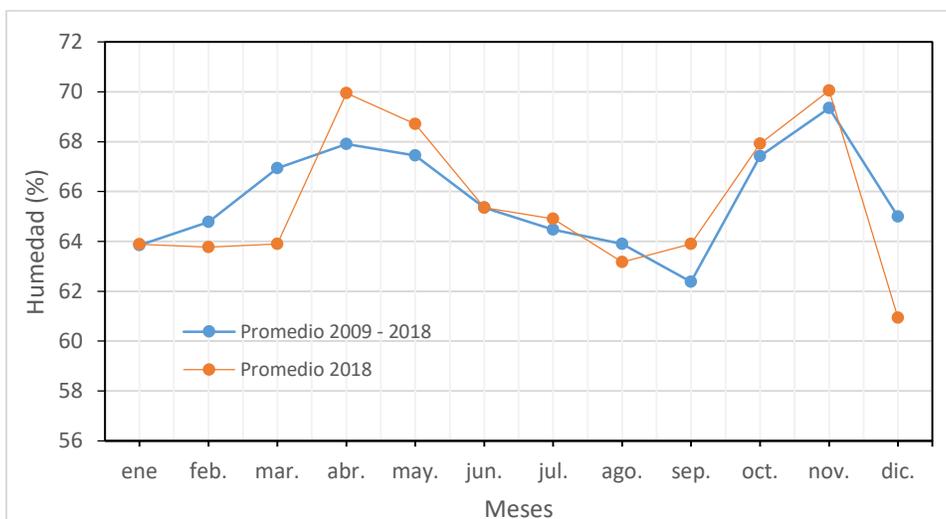


Figura 8-30. Comportamiento de la humedad relativa mensual en 2018 vs. Promedio mensual multianual 2017 2018

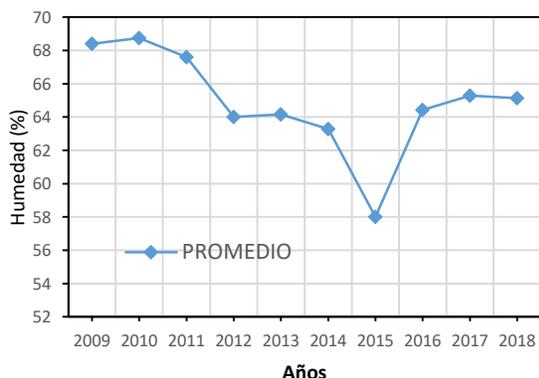
8.6.3. PROMEDIOS HISTORICOS ANUALES DE HUMEDAD

En cuanto al histórico anual de la humedad, se observa que el año 2018 presentó un comportamiento semejante al año anterior por estación (ver Tabla 8-20). De acuerdo con los registros de la RMCAB las mayores cantidades de vapor de agua se han registrado históricamente en inmediaciones del Centro De Alto Rendimiento, como se visualiza en la Figura 8-31 b)

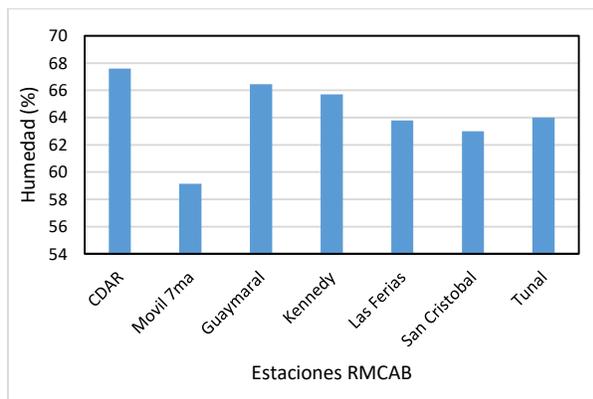
Tabla 8-20. Comportamiento histórico de la humedad del aire ambiente.

| ESTACIÓN | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | PROMEDIO |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bolivia | N.A | N.A | N.A | N.A | 96,6 | N.A | N.A | N.A | N.A | No Data | 96,6 |
| CDAR | 69 | 71 | 69 | 66 | 67 | 67 | 62 | 70 | 68 | 67 | 67,6 |
| Guaymaral | 72 | N.A | 65 | 63 | 63 | 66 | 64 | 69 | 68 | 68 | 66,4 |
| Kennedy | 68 | 69 | 70 | 66 | 66 | 65 | 57 | 67 | 65 | 64 | 65,7 |
| Las Ferias | 66 | 67 | 67 | 64 | 63 | 63 | 57 | 64 | 64 | 63 | 63,8 |
| San Cristóbal | N.A | N.A | N.A | 61 | N.A | 59 | 55 | 59 | 72 | 72 | 63,0 |
| Tunal | 67 | 68 | 67 | 64 | 64 | 63 | 58 | 64 | 62 | 63 | 64,0 |
| Promedio | 68,4 | 68,8 | 67,6 | 64,0 | 64,2 | 63,3 | 58,0 | 64,4 | 65,3 | 65,1 | 64,2 |

Fuente: RMCAB 2018



a) Promedio multianual



b) Promedio multianual por estación

Figura 8-31. Comportamiento histórico de la humedad relativa anual: a) promedia multianual; b) promedio por estación

9. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El día 24 de marzo de 2018 se declaró alerta amarilla por contaminación atmosférica en Bogotá, debido a los altos niveles de concentración de PM_{2,5} durante el mes de marzo, la cual fue finalizada hasta el 29 de marzo de 2018, cuando se evaluó que las condiciones del aire fueron más favorables. En la Tabla 9-1 se relacionan los eventos y los documentos de la alerta amarilla:

Tabla 9-1. Documentos alertas contaminación atmosférica Marzo 2018

| Evento | Fecha | Acto Administrativo | Informe Técnico |
|--|------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Declaración de alerta amarilla por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá D.C. | 24/03/2018 | Resolución No. 00831 de 2018 | IT No. 00422 del 23 de marzo de 2018 |
| Finalización de la declaratoria de alerta amarilla en el Distrito Capital ordenada mediante Res. 00831 del 24 de marzo de 2018 | 29/03/2018 | Resolución No. 00888 de 2018 | IT No. 00473 del 29 de marzo de 2018 |

Dentro de los factores principales por los cuales se dio lugar a la declaración de la alerta, se relaciona la disminución de la velocidad media de los vientos durante el mes en comparación a años anteriores, lo cual contribuyó a la disminución de la dispersión de contaminantes. Además se identificaron puntos calientes en la zona de la Orinoquía y en la zona suroriental del país, y por los vientos del oriente, se pudo causar el arrastre de material particulado de esta zona hacia la ciudad.

De acuerdo a los puntos calientes observados en los satélites de la NASA, entre marzo 16 y 23 se registraron alrededor de 10991 puntos calientes sólo en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Meta, Vichada, Casanare y Arauca. El departamento del Vichada es el que registra el mayor número de puntos calientes en este periodo, con 1523 puntos; los vientos provenientes del este son los que pueden arrastrar el material particulado de estas zonas hacia la ciudad. (Figura 9-1)

En algunos aeropuertos se reportó bruma, por posible arrastre de contaminantes provenientes de incendios, con lo cual la contaminación también fue percibida por otros radares en otros sectores del país. (Figura 9-2)

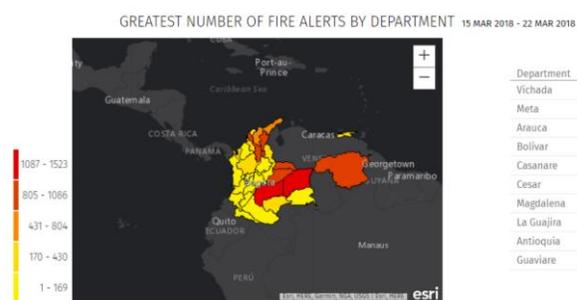


Figura 9-1. Puntos calientes por departamentos. Marzo 15 al 22 de 2018

Fuente: GLOBAL FOREST WATCH FIRES

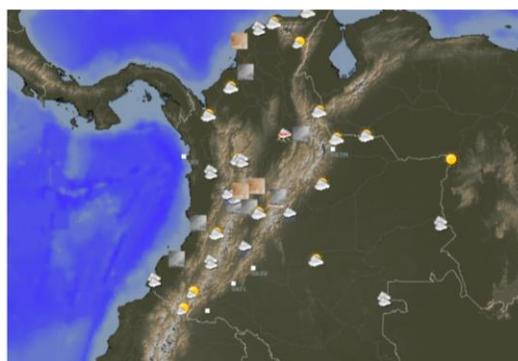


Figura 9-2. Reporte de bruma en aeropuertos de Colombia. 23 de marzo de 2018

Fuente: IDEAM

Entre el 22 y el 23 de marzo se observó un desplazamiento del polvo de Sahara arrastrado por los vientos alisios hacia Suramérica, con lo cual dicho fenómeno pudo influenciar la presencia de bruma en Colombia. (Figura 9-3).

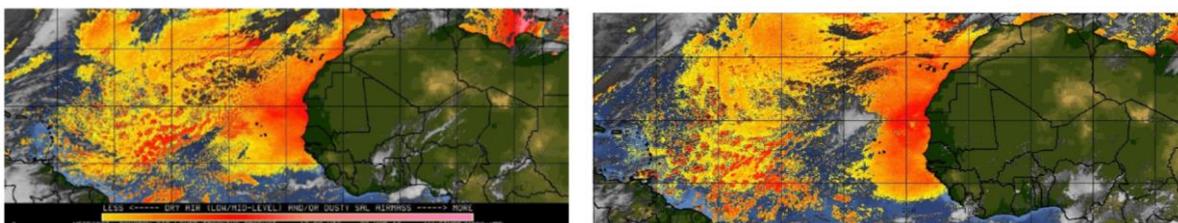


Figura 9-3. Arrastre de material particulado PM_{10} desde el Sahara. Marzo 22 y 23 de 2018

Fuente: Satélite GOES-16- NOAA

En la Figura 9-4 se representa la variación de las concentraciones media móvil 24 horas de $PM_{2.5}$ del 22 al 30 de marzo de 2018 y su comparación con los niveles del IBOCA. Se observa que entre el 22y el 24 de marzo varias estaciones mantuvieron sus concentraciones en una condición “regular”, solamente la estación San Cristóbal permaneció en una condición “moderada”. La estación Tunal

registró la condición más crítica (mala) durante 4 horas en la noche del día 23 de marzo. Dado que la condición “regular” se mantuvo por 48 horas, se realizó la declaratoria de la alerta amarilla a nivel ciudad. En los siguientes días (25 y 26 de marzo) descendieron las concentraciones debido a la dinámica de fin de semana, y se elevaron nuevamente los días 27 al 29 de marzo, descendiendo nuevamente el 30 de marzo, día que se finalizó la alerta amarilla en la ciudad.

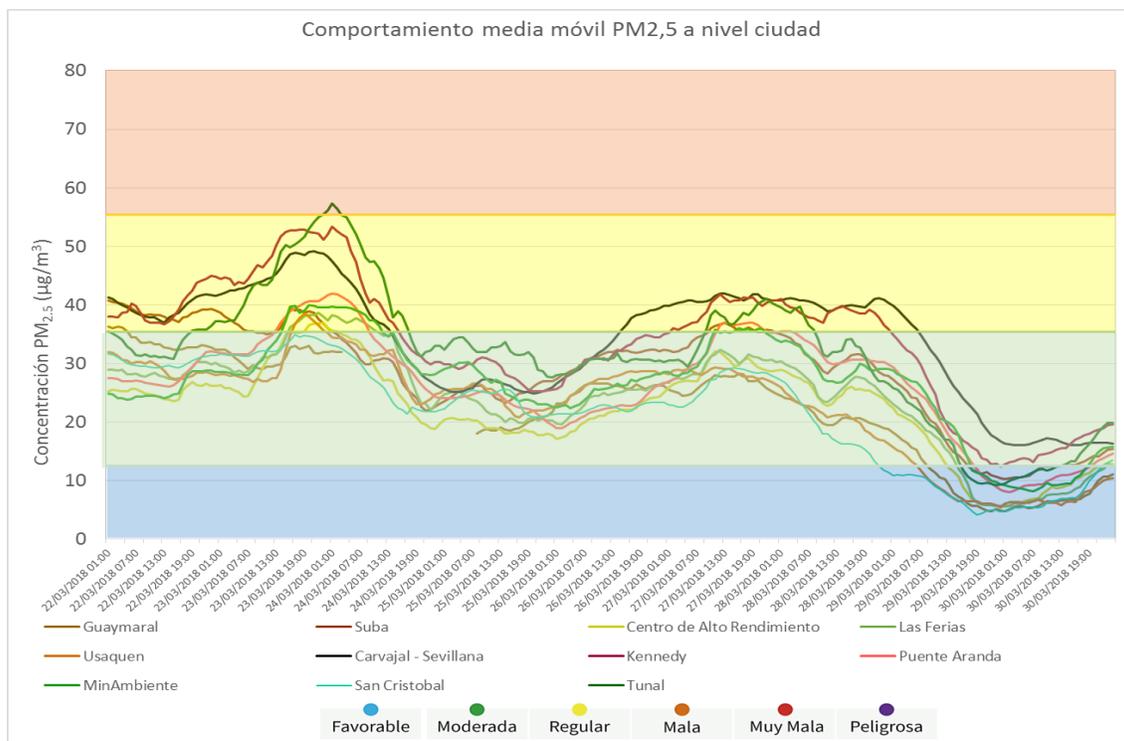


Figura 9-4. Concentraciones media móvil 24H $PM_{2.5}$ y colores IBOCA. Marzo 22 al 30 de 2018

La reducción de las concentraciones se vio influenciada por el aumento en las precipitaciones en el oriente y el centro del país, lo que contribuyó a disminuir los puntos calientes de los incendios en la Orinoquía y el material particulado aportado hacia la ciudad, además disminuyó la frecuencia del reporte de bruma en los aeropuertos. (Figura 9-5). Adicionalmente, las inversiones térmicas que se presentaban anteriormente se rompieron antes de las 7 AM, por lo cual la altura de la capa de mezcla era mayor, y esta condición favoreció la dispersión de contaminantes.

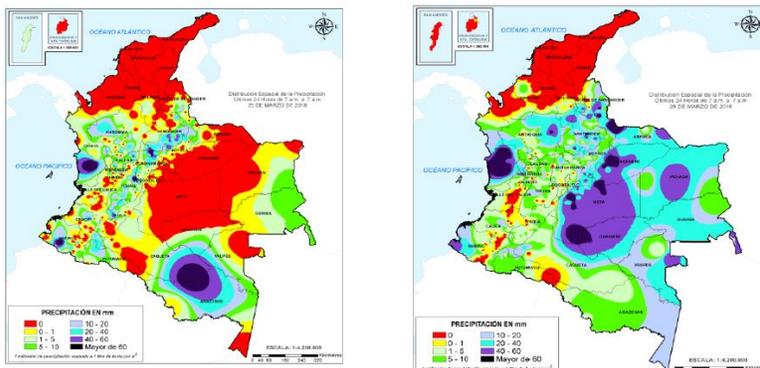


Figura 9-5. Mapa nacional de precipitación diaria acumulada para los días 25 (izq.) y 28 (der.) de marzo de 2018
Fuente: IDEAM

Adicionalmente, según lo pronosticado por el Sistema Integrado de Modelación de Calidad del Aire de Bogotá (SIMCAB), se observó que la condición predominante de calidad del aire sería “moderada”, con pocas zonas puntuales en condición “regular”, por lo cual se esperaba que la condición de calidad del aire en la ciudad fuera más favorable en el transcurso del tiempo. (Figura 9-6 y Figura 9-7)

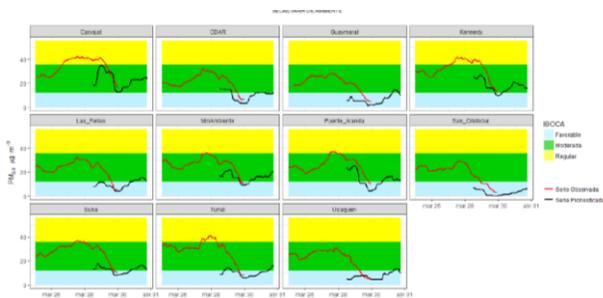


Figura 9-6. Series media móvil 24H de $PM_{2.5}$ observadas y pronosticadas entre marzo 25 y abril 1 de 2018

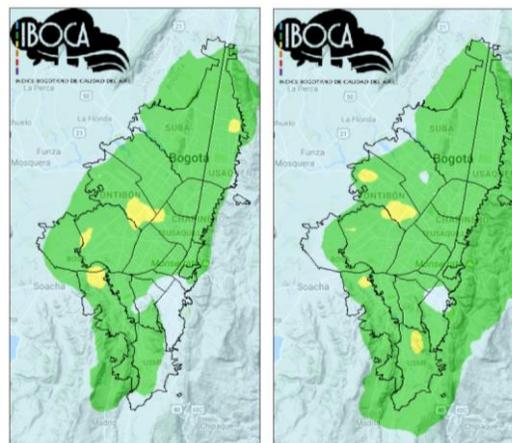


Figura 9-7. Pronóstico de IBOCA de $PM_{2.5}$ para Marzo 30 y 31 de 2018

10. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

La necesidad de un ambiente sano permite mejorar las condiciones de salud de la población, por esta razón desde la dimensión de salud ambiental propuesta en el Plan decenal de salud pública se establecen un conjunto de políticas desarrolladas de forma transectorial que pretenden promover la calidad de vida y salud de la población, materializando el derecho a un ambiente sano, a través de la transformación de los determinantes sanitarios, sociales y ambientales usando la metodología de las fuerzas motrices, la cual muestra la relación entre factores ambientales y efectos en la salud; este método permite a los gobiernos determinar e identificar los factores determinantes de orden estructural, intermedio y proximal y plantear acciones sectoriales y transectoriales que permitan adoptar medidas preventivas y de intervención⁴.

Dicho plan comprende 8 dimensiones prioritarias, siendo una de ellas la de salud ambiental, donde uno de sus componentes es el hábitat saludable, buscando mejorar la calidad de vida y salud de la población, interviniendo de forma positiva los determinantes sociales y en salud que influyen en el desarrollo de un ser humano desde su nacimiento. Esto reúne una serie de entornos cotidianos como: vivienda, entornos educativos, entornos comunitarios saludables, entorno de trabajo y ecosistemas estratégicos saludables.

Dentro de los objetivos del componente de hábitat saludable, se encuentra el intervenir con enfoque diferencial 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.

Con base en lo anterior, el Decreto 596 de 2011 por el cual se adopta la Política Distrital de salud ambiental, establece que una de sus líneas de acción corresponde a las temáticas de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética, y que se debe operar a través de las estrategias: Gestión de la Salud Ambiental, Entornos Ambientalmente Saludables y Vigilancia de la Salud Ambiental. Dentro de este contexto la línea, ha venido adelantado acciones intersectoriales con el propósito de analizar los factores de riesgo posiblemente asociados al desarrollo 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 los factores de riesgo, con el propósito de disminuir la incidencia de los eventos posiblemente relacionados con la calidad del aire en Bogotá¹.

⁴ Dimensión de Salud Ambiental, Plan decenal de Salud Pública 21021-2021. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Documents/dimensiones/dimension-saludambiental.pdf>

Las anteriores acciones son realizadas a través de las cuatro subredes 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 10-1.

Tabla 10-1. 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 |

Fuente: Secretaría Distrital de Salud



10.1. GESTIÓN DE LA SALUD AMBIENTAL

En el marco de la implementación del Consejo Territorial de Salud Ambiental (COTSA) establecido por el CONPES 3550 de 2007, por el cual se adoptan los lineamientos para la formulación de la Política Integral de Salud Ambiental (PISA) con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química; en Bogotá se desarrolló la Mesa de Salud Ambiental de la Comisión Intersectorial de Protección Ambiental, Sostenibilidad Ambiental, Eco urbanismo y Ruralidad CISPAER, en donde participaron diferentes entidades de la administración distrital.

Dentro de los avances, la Secretaría Distrital de Ambiente realizó un análisis de series temporales de datos de la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB, estableciendo las zonas de mayor contaminación del aire, las cuales se ubican al sur occidente de la ciudad, a fin que las entidades que realizan las acciones de inspección, vigilancia y control de las diferentes fuentes de

emisión (industrias, vehículos y vías en mal estado) intensifiquen sus acciones de control en esta zona y con ello reducir las emisiones en el sector.

10.2. VIGILANCIA DE LA 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.

10.2.1. ESTADO DE CONOCIMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN SALUD

Con el fin de documentar el impacto en la salud por la exposición a contaminación del aire en la ciudad, la Secretaría Distrital de Salud desde el año 2007 formuló y ejecutó un estudio epidemiológico encaminado a establecer relación entre la contaminación del aire intra y extramural y la enfermedad respiratoria en menores de 5 años en Bogotá, el cual fue ejecutado hasta el año 2010. Dados los resultados y la necesidad sentida de la ciudad, se decidió a partir de este estudio, diseñar e implementar un sistema de vigilancia epidemiológico, ambiental y sanitario del impacto en la salud por exposición a contaminación del aire. La implementación de la vigilancia se ha realizado de manera permanente y ha incrementado su cobertura de forma progresiva, actualmente tiene una cobertura del 100% en las localidades urbanas de la ciudad.

Los estudios han revelado que la contaminación del aire por material particulado se considera un factor asociado, más **no** un factor causal directo de morbilidad o mortalidad respiratoria. Al ser un factor asociado, en combinación con otros factores de riesgo como desnutrición, contaminación intramural, déficit de condiciones higiénico sanitarias, ausencia de vacunas, cambios climáticos, y presencia de enfermedades, sean hereditarias, genéticas, congénitas y/o infecciosas; se produce un aumento potencial del riesgo de presentar Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) especialmente en grupos vulnerables como lo son: menores de 5 años, mujeres embarazadas y personas mayores⁵.

⁵ Plan de Choque Segundo pico de infección respiratoria aguda. Disponible en:
http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Enfermedad%20respiratoria%20aguda/2017/Plan_de_Choque.pdf

Los estudios epidemiológicos actuales no establecen un umbral crítico por debajo del cual no se afecte la salud, lo que indica que el riesgo cero no existe. Al estar la población expuesta a diferentes niveles de contaminación del aire, el periodo de latencia o de inicio de presentación de síntomas relacionados con esta exposición oscila entre 3 y 7 días. Algunos de los síntomas relacionados son las sibilancias, la tos seca y en menor frecuencia la irritación ocular, todos ellos en ausencia de estados gripales y/o virales.

Cabe mencionar que las afecciones respiratorias no son los únicos efectos en salud por contaminación del aire, existen diferentes patologías relacionadas con la contaminación del aire; de acuerdo a un meta-análisis realizado en el año 2017, se encontró que con incrementos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en $\text{PM}_{2.5}$ aumenta en 0,89% (IC del 95%: 0,68-1,10%; número de ciudades, $n_{\text{ciudades}}=114$) la mortalidad por todas las causas, así mismo aumenta en 0,80% (IC del 95%: 0,41-1,20%; $n_{\text{ciudades}}=89$) la mortalidad cardiovascular y en 1,10% (IC 95%: 0,59-1,62%; $n_{\text{ciudades}}=86$) la mortalidad por enfermedades respiratorias⁶. Por otra parte, otro evento relacionado con la contaminación atmosférica es el bajo peso al nacer, en la actualidad se encontró que la exposición materna durante el embarazo a $\text{PM}_{2.5}$ está asociada con partos prematuros y bajo peso al nacer (OR = 1.03, IC 95%: 1.01-1.05 y OR = 1.03, IC 95%: 1.02-1.03 , respectivamente)⁷.

Con respecto a enfermedades mentales como el Alzheimer, recientemente se halló que el polimorfismo *MTHFR* C677T se asoció con un mayor riesgo de desarrollo de la enfermedad de alzheimer, esto se debe a que *“los mecanismos epigenéticos que incluyen las toxinas ambientales de la contaminación del aire pueden afectar el desarrollo del alzheimer a través de la modificación de las expresiones de los genes en las vías de metilación”*⁸. Por último, en relación a posibles afecciones renales, en el año 2017 se evidenció que la exposición a material particulado ambiental puede estar asociada con un mayor riesgo de cáncer de parénquima renal⁹. Se aclara, que estas son solo algunas de las enfermedades asociadas a contaminación del aire, puesto que en el mundo se continúa realizando investigaciones con el propósito de observar otras posibles asociaciones.

10.3. VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

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

⁶ Acute effects of fine particulate matter constituents on mortality: A systematic review and meta-regression analysis. Souza Achilleos, Marianthi-Anna, Kioumourtzoglou. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S0160412016310418?via%3Dihub>

⁷ Association between ambient fine particulate matter and preterm birth or term low birth weight: An updated systematic review and meta-analysis. Xiangyu Li, Shuqiong Huang, Anqi Jiao. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.unbosque.edu.co/science/article/pii/S0269749116325507?via%3Dihub#bib20>

⁸ Meta-Prediction of the Effect of Methylenetetrahydrofolate Reductase Polymorphisms and Air Pollution on Alzheimer’s Disease Risk. Suh-Mian Wu, Zhao-Feng Chen, Lufei Young and S. Pamela K. Shiao. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5295314/>

⁹ Outdoor air pollution and risk for kidney parenchyma cancer in 14 European cohorts. Raaschou-Nielsen, O Pedersen M, Stafoggia M. Disponible en: <https://spiral.imperial.ac.uk:8443/handle/10044/1/46219>

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.

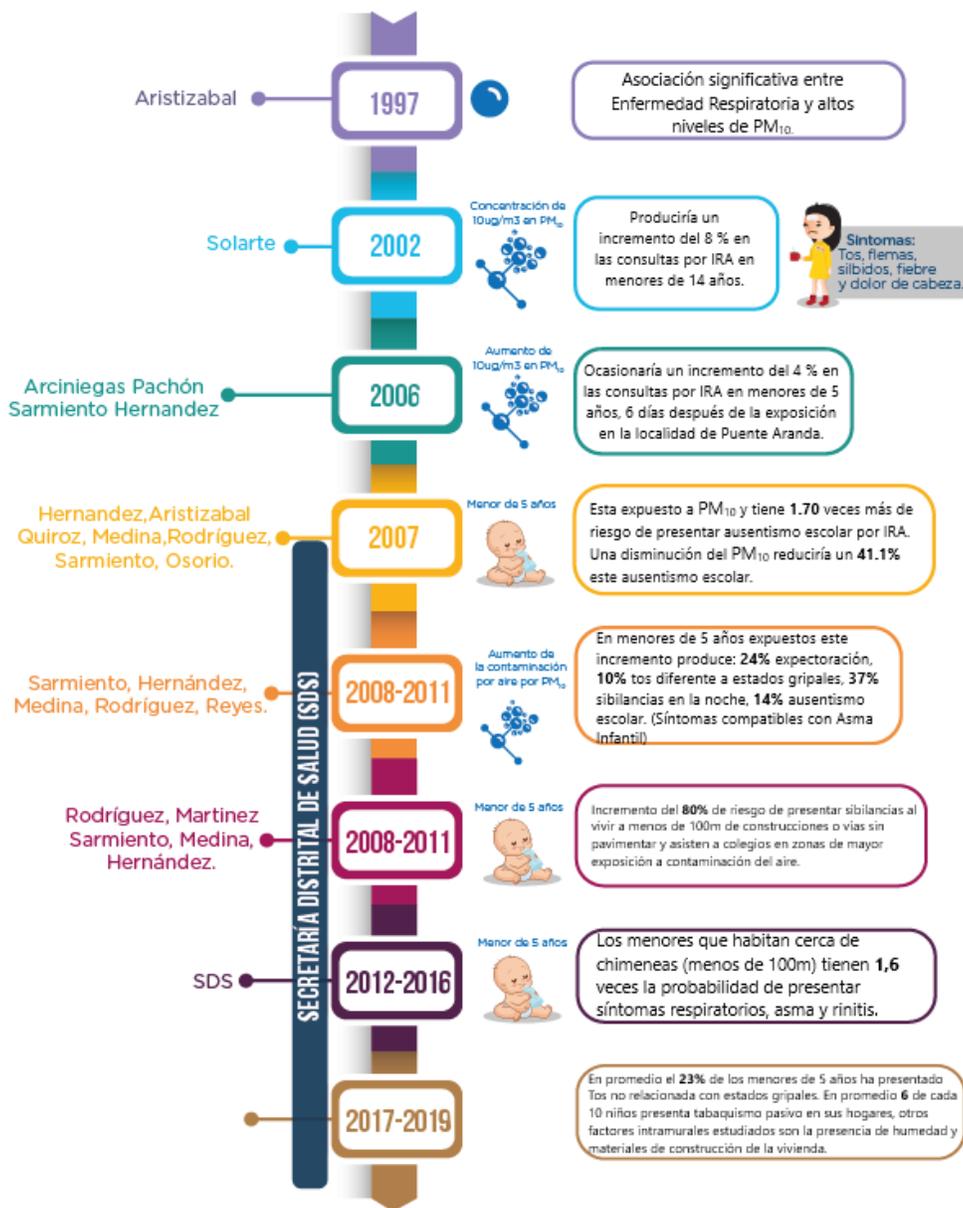


Figura 10-1. Estudios de la relación entre contaminación del aire y salud realizados en Bogotá
Fuente: Secretaría Distrital de Salud, 2018.

10.3.1. MORTALIDAD POR INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA

La infección respiratoria aguda (IRA) se considera un factor de riesgo para desencadenar una patología broncopulmonar, como ocurre en el síndrome bronco-obstructivo en menores de 5 años; o exacerbar otras enfermedades del sistema respiratorio, como en el caso del EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica) en personas mayores. Estas infecciones pueden ser causadas por microorganismos virales, bacterianos o fúngicos y evolucionan en un tiempo menor a 15 días, representan una de las primeras causas de atención médica en todo el mundo y se encuentra entre las primeras 5 causas de mortalidad en América, según cifras de la Organización Panamericana de la Salud¹⁰. En cuanto a la carga ambiental atribuible, la Organización Mundial de la Salud determinó que la exposición a contaminación del aire es responsable del 7,9% de la carga a la IRA en el año 2012 a nivel mundial¹¹.

La mortalidad por IRA en menores de cinco años en Bogotá presenta una tendencia creciente (con $R^2 0.32$), con un descenso del 25,0% en el número de casos en los últimos dos años con respecto al año 2016 en el que se observa el mayor número de casos desde el 2010. La neumonía es el evento secundario por IRA de mayor relevancia, por lo que internacionalmente se toma como un evento trazador y al igual que la IRA también se observa un descenso en los últimos años, correspondiente a un 14,8% en los casos, como se muestra en la Figura 10-2.

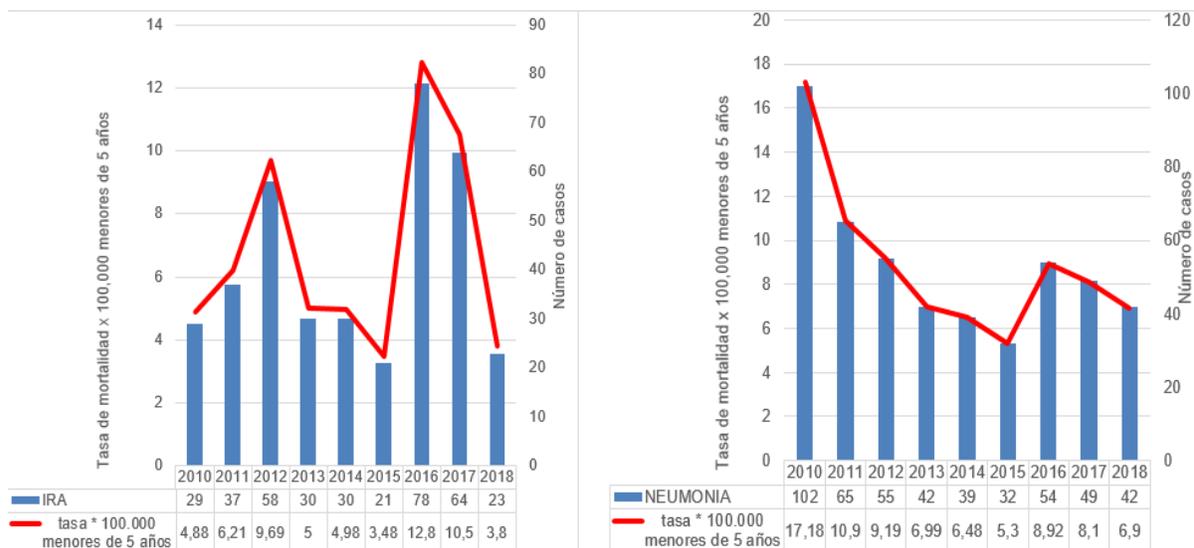


Figura 10-2. Comportamiento de la mortalidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en menores de cinco años. Bogotá, Periodo 2010 a 2018* (* años 2015 al 2018* datos preliminares)

Fuente: Base de datos SDS y aplicativo Web RUAF_ND, 2014, 2015*, 2016*, 2017* y 2018 (*Preliminares)

¹⁰ Disponible en: <https://hiss.paho.org/pahosys/grp.php>

¹¹ Preventing disease through healthy environments A global assessment of the burden of disease from environmental risks A Prüss-Ustün, J Wolf, C Corvalán, R Bos an. Disponible en: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/

En relación al comportamiento por localidades en Bogotá de la mortalidad por infección respiratoria aguda (IRA) en menores de 5 años durante el año 2018, Kennedy, Usme y Ciudad Bolívar son las localidades que presentan el mayor número de casos, por otra parte el 57% de los casos se presentó durante el primer semestre del año.

Por otro lado, la mortalidad infantil por neumonía, se presentó con mayor frecuencia en las localidades de Kennedy y Usme. Según cifras de la estimación de carga de la enfermedad para Colombia, en el año 2010 las infecciones respiratorias inferiores, representaron aproximadamente un 3.5% del total de muertes en Colombia en el año 2010¹², algunos factores ambientales como la contaminación del aire interior ocasionada por el uso de biomasa (como leña o excrementos) como combustible para cocinar o calentar el hogar, el hacinamiento en los hogares y el consumo de tabaco por los padres de los menores, aumentan en los niños el riesgo de padecer neumonía.

En relación con los niveles de contaminación del aire, se observa que 6 casos de mortalidad por IRA y 8 casos de mortalidad por neumonía se presentaron en las zonas determinadas como de mayor exposición a contaminación del aire por material particulado PM_{2.5}, situación que corresponde también para material particulado PM₁₀ como se muestra en la Figura 10-3.

Según los análisis de los determinantes de la mortalidad por IRA y neumonía en menores de 5 años realizados por la Secretaría Distrital de Salud se ha evidenciado que los factores de riesgo que mayor se correlacionan son: edad menor de 1 año, tiempo de gestación menor a 37 semanas, bajo peso al nacer, hijo de madre adolescente, pertenecer a estratos 1 y 2, residir en viviendas ubicadas cerca de un alto tráfico vehicular y hallarse fuentes de contaminación del aire al interior de la vivienda.

¹² Estimación de carga de la enfermedad para Colombia, 2010. Disponible en:
<http://www.javeriana.edu.co/documents/12789/4434885/Carga+de+Enfermedad+Colombia+2010.pdf/e0dbfe7b-40a2-49cb-848e-bd67bf7bc62e>

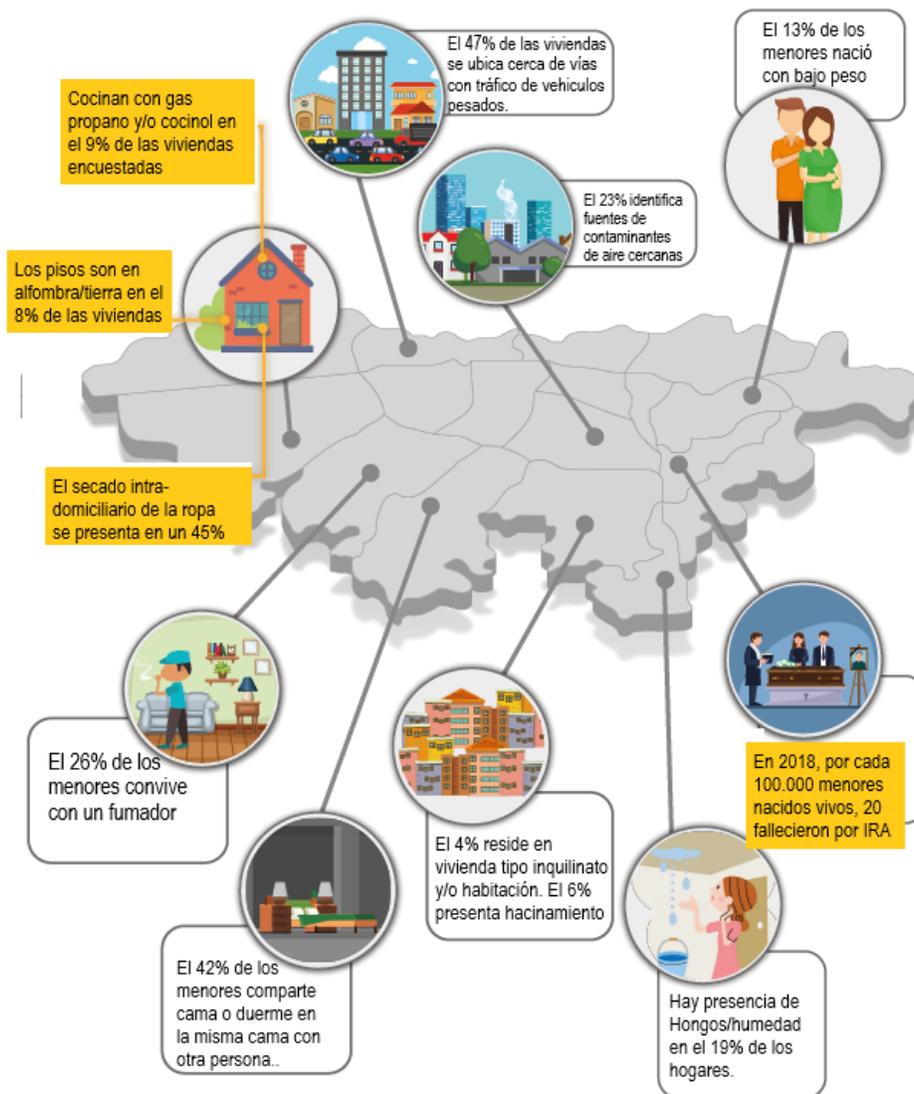


Figura 10-3. Factores de riesgo para Infección Respiratoria Aguda (IRA) y Neumonía en Menores 5 años.
Fuente: Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y Rem, Informe plantilla ERA Secretaría Distrital de Salud, 2018

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

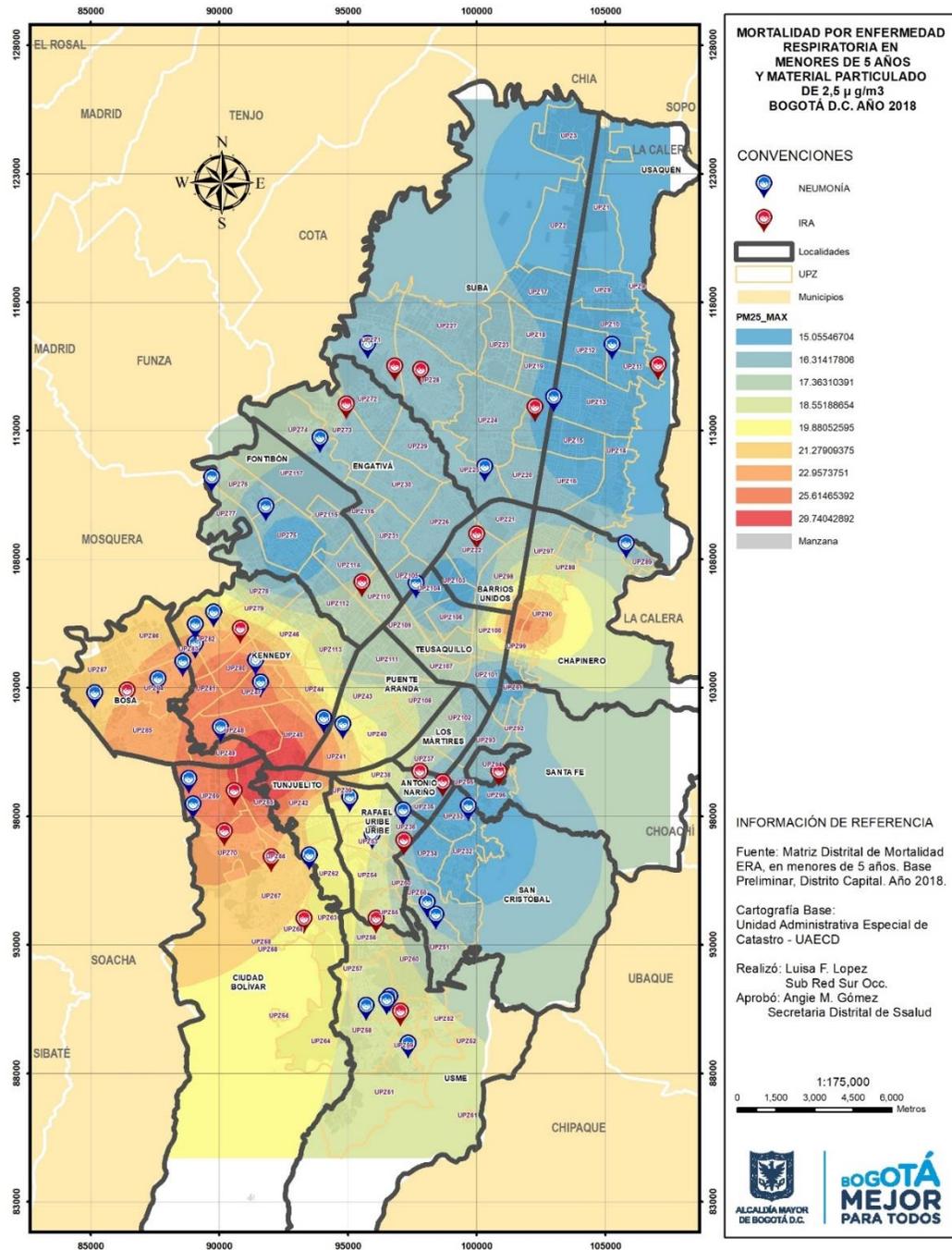


Figura 10-4. Casos de mortalidad por Enfermedad Respiratoria en menores de 5 años y material particulado 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Bogotá, 2018.

Fuente: Niveles de contaminación Secretaría Distrital de Ambiente y mortalidad grupo ERA y Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética –Secretaría Distrital de Salud.

10.3.2. MORBILIDAD POR INFECCION RESPIRATORIA AGUDA

Según los protocolos establecidos a nivel nacional, la Secretaría 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.

o a. Morbilidad Atendida

En el mundo 3.600.000 muertes anuales son por causa de la IRA¹³, en Colombia, el Instituto Nacional de Salud -INS- en su informe preliminar publicado de IRA, indicó que hasta la semana 52 del año 2018 se notificaron 6.996.552 casos de consulta externa y urgencias por Infección Respiratoria Aguda, 41.477 casos más que los notificados en el año 2017; lo que representó un incremento de la morbilidad en un 0,6%. La ciudad de Bogotá aportó el 25% de los casos en el país con 1.7782.425 casos de consulta externa y urgencias IRA; el 29% con 72.261 casos que requirieron hospitalización y un 34% con 7.717 casos que requirieron hospitalización en unidad de cuidados intensivos. Convirtiéndose así en la ciudad con mayor volumen de frecuencia, lo cual se puede relacionar eventualmente con la alta concentración de población que comprende al compararse con el resto de ciudades del país y adicionalmente con la dinámica de factores meteorológicos y ambientales que se presentan en la capital¹⁴.

En consecuencia, la IRA en Bogotá es uno de los principales eventos de interés en salud pública que afecta a la población infantil de la ciudad. En la figura 10-5 se presenta los casos notificados al SIVIGILA de forma colectiva durante los años 2012 a 2018 correspondientes a menores de 5 años, dicha frecuencia representa en promedio el 30% de la población total, porcentaje que determina la magnitud y vulnerabilidad de la población en mención. a través de los años se observa una tendencia creciente en la notificación de casos de IRA en menores de cinco años en Bogotá siendo el año 2017 el año que mayor incremento se ha registrado con 553.970 caso que comparado con el año 2016 corresponde a un incremento del 6,9% en la notificación de IRA, presentándose el mayor incremento de estos casos en los meses de marzo a junio del año 2017. El 2018 declina la curva de tendencia al presentarse 35.965 casos menos que el año anterior, condición consecuente a las múltiples estrategias de prevención y las acciones de intervención aplicadas a la población menor de 5 años en todo el distrito.

¹³ Vega-Briceño LE, Abarca K, Sánchez I. Flu vaccine in children: State of the art. Rev Chil Infectol [citado 02 nov 2017] 2006; 23 (2): 164-9. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182006000200011&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182006000200011>.

¹⁴ Vigilancia rutinaria 2018p –evento 995. Portal Web SIVIGILA 2018-2020. Disponible en: [Infehttp://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/IRA%20PE%20XIII%202017.pdf](http://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/IRA%20PE%20XIII%202017.pdf)

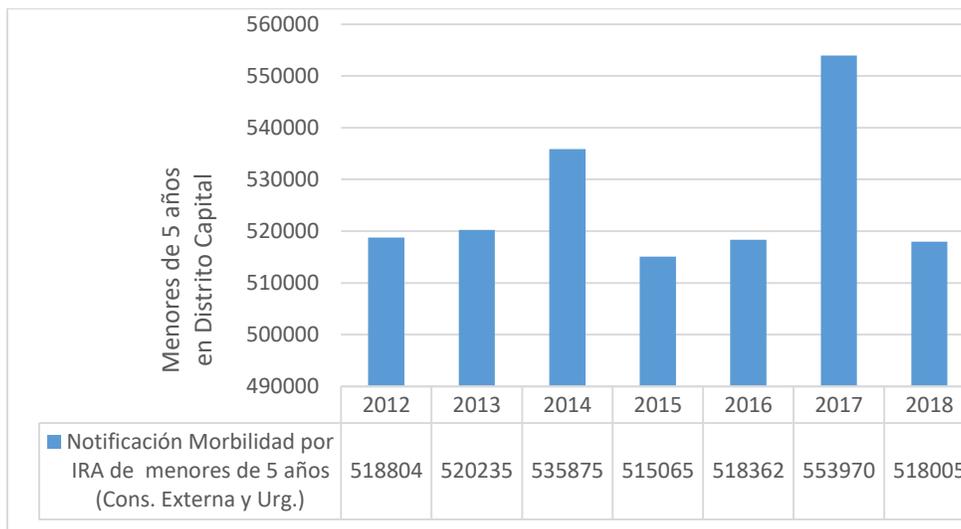


Figura 10-5. Morbilidad por IRA (evento 995- SIVIGILA) en menores de cinco años en Bogotá D.C. Años 2012 a 2018.
 Fuente: Base de datos Sivigila. Vigilancia de IRA.2012-2018

Una estrategia de Atención Primaria en Salud para reducir el impacto de la IRA, es la atención de menores de 5 años son las Salas de Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA), ubicadas en las diferentes instituciones prestadoras de servicio de salud; y sus respectivos planes de contingencia en periodos de pico respiratorio. Más de 80 Salas ERA reportan los menores de 5 años de edad atendidos, y su comportamiento en el volumen de atención indica una tendencia decreciente en los últimos tres años, al observarse en el año 2016 la atención de 52.168 menores, en el año 2017 la atención de 47.014 menores y en el año 2018 la atención de solo 36.003 menores. Eventualmente la causa de la disminución de casos en Salas ERA, puede atribuirse al auge de nuevas modalidades de atención medica domiciliaria y la conciencia que se ha generado en los cuidadores y padres al evitar exponer a los menores a ambientes con potencial riesgo como lo son las salas de urgencia. Los diagnósticos atendidos en salas ERA se muestran en la figura 10-6.

De los casos atendidos en menores de 5 años, el 35% se presentaron en menores de 1 año, en donde el diagnóstico más frecuente para este subgrupo de edad la presencia de bronquiolitis y Síndrome Bronco-obstructivo siendo los más graves de los atendidos en estas salas.

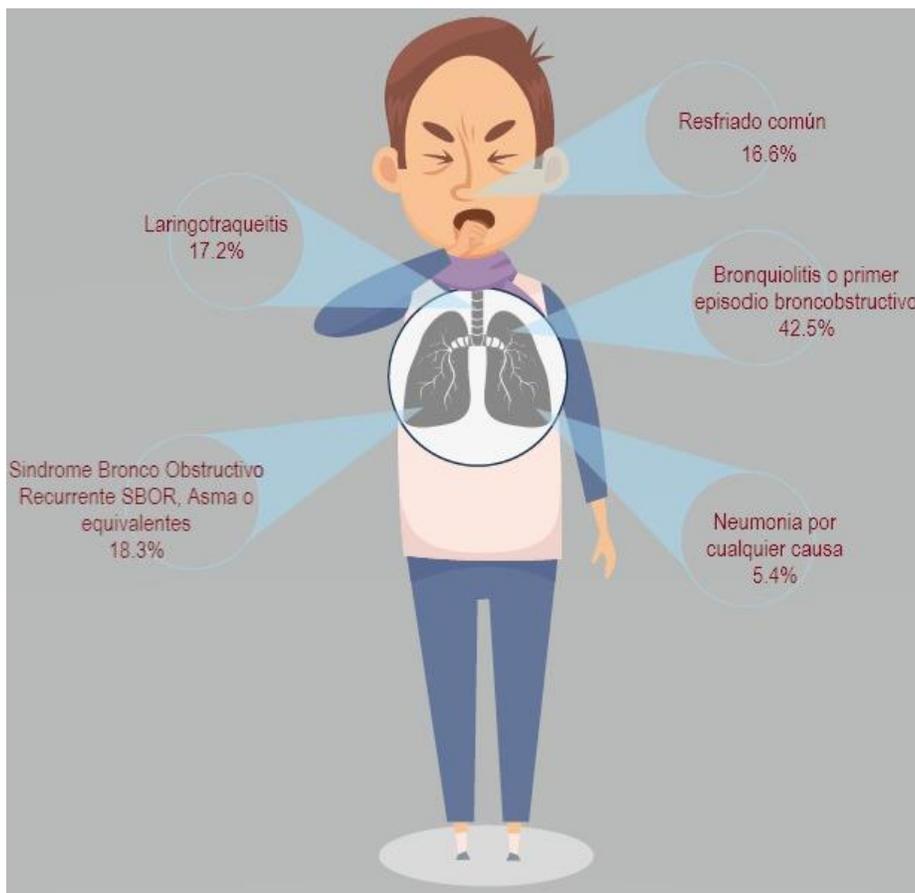


Figura 10-6. Principales diagnósticos de IRA atendidos en salas ERA en Bogotá año 2018
Fuente: Base de datos Salas ERA.2018

o **b. 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 2018 se encuestaron un total de 10.007 menores de 14 años, de los cuales el 45,2% corresponden a menores de 5 años y el 51,4% pertenecen al sexo masculino. El estudio epidemiológico que conlleva la vigilancia ha equiparado las muestras poblacionales para las zonas de exposición, por ende, las cargas para encuestas en zonas de mayor exposición comprenden el

50,9% y en menor exposición con el 49,1%. Como se observa en la Tabla 10-2, predominan los menores pertenecientes al estrato 2 con un 51,1%, seguido del estrato 3 con el 30,2% de representación.

Tabla 10-2. Estadísticas descriptivas según sexo y estrato socioeconómico de los menores de 14 años según la exposición a contaminación del aire.

| | ESTRATOS | | | | | | | Total general | Porcentajes |
|-----------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|----------|---------------|-------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| Menores de 5 años | | | | | | | | 4519 | 45,2% |
| FEMENINO | | | | | | | | 2172 | 21,7% |
| MAYOR EXPOSICIÓN | 2 | 221 | 606 | 275 | 17 | 5 | 5 | 1131 | 11,3% |
| MENOR EXPOSICIÓN | | 135 | 553 | 301 | 50 | 2 | | 1041 | 10,4% |
| MASCULINO | | | | | | | | 2347 | 23,5% |
| MAYOR EXPOSICIÓN | 1 | 192 | 692 | 279 | 16 | 4 | 3 | 1187 | 11,9% |
| MENOR EXPOSICIÓN | | 149 | 622 | 333 | 52 | 4 | | 1160 | 11,6% |
| Niños de 5 a 14 años | | | | | | | | 5488 | 54,8% |
| FEMENINO | | | | | | | | 2695 | 26,9% |
| MAYOR EXPOSICIÓN | 1 | 195 | 778 | 378 | 21 | 3 | | 1376 | 13,8% |
| MENOR EXPOSICIÓN | | 227 | 532 | 526 | 27 | 7 | | 1319 | 13,2% |
| MASCULINO | | | | | | | | 2793 | 27,9% |
| MAYOR EXPOSICIÓN | | 179 | 814 | 363 | 46 | 1 | | 1403 | 14,0% |
| MENOR EXPOSICIÓN | | 250 | 519 | 570 | 44 | 7 | | 1390 | 13,9% |
| Total general | 4 | 1548 | 5116 | 3025 | 273 | 33 | 8 | 10007 | |
| Porcentajes | 0,0% | 15,5% | 51,1% | 30,2% | 2,7% | 0,3% | 0,1% | | |

Fuente: Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y Rem, 2018

En el marco de la vigilancia de los efectos en salud por la exposición a material particulado se identifican los síntomas trazadores *sibilancias* (ruidos en el pecho) y *tos* (seca diferente de gripa) que generan los indicadores de seguimiento, así como el impacto de la enfermedad respiratoria por medio de la estimación del *ausentismo escolar* por presencia de la sintomatología. En la Tabla 10-3, se observan las prevalencias de sintomatología respiratoria en menores de 14 años posiblemente asociada a la contaminación del aire discriminada por los grupos de edad menores de 5 años y niños de 5 a 14 años.

Las prevalencias de los diferentes síntomas respiratorios en los menores de 14 años en la muestra 2018 en Bogotá fueron menores en el grupo de mayor exposición por lo cual, no se observó una asociación estadísticamente significativa entre las variables mencionadas, por lo tanto, se hizo

necesario el análisis de otros posibles factores de riesgo que pueden estar asociados con la aparición de sintomatología respiratoria.

Tabla 10-3. Porcentaje de síntomas respiratorios según la exposición a contaminación del aire

| Síntomas | Exposición | | | | Total | |
|--|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------------------|
| | Mayor | | Menor | | No de Casos | Prevalencia por grupo de edad |
| | No de Casos | Porcentaje | No de Casos | Porcentaje | | |
| Menores de 5 años | | | | | | |
| Sibilancias en el último año | 347 | 3,5% | 293 | 2,9% | 640 | 14,2% |
| Tos en el último. año diferente de gripa | 545 | 5,4% | 593 | 5,9% | 1138 | 25,2% |
| Niños de 5 a 14 años | | | | | | |
| Sibilancias en el último año | 95 | 0,9% | 111 | 1,1% | 206 | 3,8% |
| Tos en el último. año diferente de gripa | 518 | 5,2% | 561 | 5,6% | 1079 | 19,7% |
| Ausentismo escolar en menores de 0 a 14 años | 912 | 9,1% | 940 | 9,4% | 1852 | 18,5% |

Fuente: Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y Rem, 2018

Dentro del análisis de las causas de los síntomas trazadores o sintomatología respiratoria asociada, la encuesta de prevalencia indaga acerca de los factores de riesgo de contaminación del aire a nivel intramural, teniendo en cuenta entonces la exposición a humo de tabaco como potencial factor de riesgo y tal como se observa en la figura 10-7, se han obtenido las prevalencias más relevantes. Según la Organización Mundial de la Salud –OMS- el tabaco se considera la principal causa de enfermedad y muerte evitable a nivel global, con una mortalidad aproximada en 7 millones de muertes por año¹⁵. El humo de tabaco está compuesto por gases, vapores y micropartículas que se trasladan en el aire con gran facilidad, se dispersan rápidamente en el ambiente y en ellas contienen al menos 40 carcinógenos reconocidos y cantidades importantes de monóxido de carbono¹⁶. Por tanto, no existen niveles seguros de exposición al humo de tabaco, así pues, aún en cantidades bajas del contaminante se producirían efectos nocivos a la salud.

La población infantil es particularmente vulnerable a la exposición al humo ambiental del tabaco, dada las características de su metabolismo y tasa de respiración. Esto hace que la dosis que reciben de humo de tabaco sea considerablemente mayor, lo que además propicia un aumento en

¹⁵ Tomado de *Tabaco, Datos y cifras*. Centro de Prensa, 9 de marzo 2018 OMS. Consultado el 25/04/2019 en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>

¹⁶ Samet JM, Wang SS. Environmental tobacco smoke. En: M. Lippmann. Environmental toxicants: Human exposures and their health effects. 2nd Ed. New York: Wiley and Sons.

la frecuencia de infecciones respiratorias y del oído¹⁷. De acuerdo a los hallazgos de la encuesta, 25 de cada 100 menores en el distrito convive con alguien que fuma.

Por otra parte, se sabe que la exposición a sustancias químicas nocivas del tabaco durante la gestación, está relacionada con la prematuridad, el bajo peso al nacer y las malformaciones congénitas¹⁸. La encuesta ha revelado una proporción del 3% de mujeres que manifiestan haber fumado durante el embarazo.



Figura 10-7 .Prevalencias por exposición al humo de tabaco en menores de 14 años y mayores de 60 años
Fuente: Sistema de Información Línea de Aire, Ruido y Rem, 2018

Las personas de edad avanzada también se consideran vulnerables al presentar características anatómicas y funcionales muy particulares en su aparato respiratorio, que se relacionan con una menor capacidad de respuesta a infecciones, mayor prevalencia de patologías crónicas (diabetes

¹⁷ Ídem

¹⁸ Tomado del sitio web oficial OMS. Consultado el 25/04/2019 en https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/201660/WHO_NMH_PND_14.3_spa.pdf;jsessionid=EF19E22EDA67B69A8410882E20C91FD5?sequence=1

mellitus, cardiopatías, EPOC, insuficiencia renal crónica, neoplasias)¹⁹, la situación de salud se complica si está presente el antecedente de haber fumado más de 10 paquetes de cigarrillo por año. De 2.625 personas mayores de 60 años encuestados, el 14% presentó tabaquismo pesado.

Según la OMS, ocurren más de 500.000 muertes al año por infecciones respiratorias atribuidas a la contaminación del medio ambiente en el mundo. En relación a la contaminación del aire, se estima que la quema de carbón o biomasa en interiores, aumenta el riesgo de padecer cáncer de pulmón; el estudio de carga de la enfermedad estimó que el 14% de los cánceres de pulmón son atribuibles a la contaminación del aire, el 17% a contaminación del aire en el hogar, 6.5% al radón, 1.8% al humo de tabaco de segunda mano y el 6,6% a riesgos ocupacionales. Adicionalmente se encontró que la exposición a la contaminación del aire puede reducir la esperanza de vida de la población hasta varios años, este factor es responsable de aproximadamente el 24% de la carga mundial por enfermedad isquémica del corazón. Por otro lado, en el año 2012, el 25% de la carga de la enfermedad por accidente cerebrovascular (en DALYs) fue atribuible a la contaminación del aire exterior.²⁰

De acuerdo al análisis multivariado, no se observó una asociación estadísticamente significativa entre la exposición (mayor / menor) a la contaminación atmosférica en la que se encuentran los menores y la ocurrencia de síntomas trazadores. Sin embargo, si se logró determinar una asociación positiva de impacto mediante la obtención del riesgo relativo en los siguientes factores de riesgo:

Factores de riesgo intrínsecos

- La probabilidad de presentar Sibilancias en el último año es 2,56 veces superior en los menores de 5 años que en el grupo de niños de 5 a 14 años (RR 2,56 con IC 95% de 2,23 a 2,94).
- La probabilidad de presentar Tos (seca diferente de gripa) es 1,44 veces mayor en los menores de 5 años que han tenido un diagnóstico previo de enfermedad en bronquios o pulmones (RR 1,44 con IC 95% de 1,30 a 1,59).
- La probabilidad de presentar Sibilancias (alguna vez en la vida) es 1,29 veces mayor en los menores de 5 años que nacieron con peso <2.500 gr. (RR 1,29 con IC 95% de 1,17 a 1,42).

Factores de riesgo ambiental

¹⁹ Valdivia, C. (2005). Epidemiología de la neumonía del adulto adquirida en la comunidad. Revista chilena de infectología, 22, s11-s17.

²⁰ Preventing disease through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from environmental risks. A Prüss-Ustün, J Wolf, C Corvalán, R Bos and M Neira. Disponible en: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/

- La probabilidad de presentar Sibilancias en el último año es 1,15 veces superior en los menores de 5 años que están en contacto con fumadores durante sus dos primeros años (RR 1,15 con IC 95% de 1,01 a 1,32).
- La probabilidad de presentar Tos (seca diferente de gripa) es 1,15 veces mayor cuando el menor convive con alguien que fuma (RR 1,15 con IC 95% de 1,06 a 1,24).
- La probabilidad de presentar Tos (seca diferente de gripa) es 1,18 veces mayor cuando el menor vive cerca de construcciones o vías sin pavimentar (RR 1,18 con IC 95% de 1,28 a 1,38).
- La probabilidad de presentar Tos (seca diferente de gripa) es 1,14 veces superior cuando hay humedad en la habitación que duerme el menor (RR 1,14 con IC 95% de 1,04 a 1,26).

Dados los resultados se concluye que, a menor edad, mayor riesgo existe de presentar los síntomas trazadores (sibilancias y tos). También se evidencia con una asociación estadísticamente significativa que el bajo peso al nacer y los antecedentes de enfermedad broncopulmonar aumentan la probabilidad de presentar los síntomas trazadores que posiblemente asociados a la contaminación del aire.

En cuanto a los factores de riesgo ambiental, existe evidencia estadísticamente significativa que asocia el contacto de los menores con fumadores (tabaquismo pasivo) y la presencia de sibilancias en el último año. Adicionalmente la tos (seca diferente de gripa) presenta significancia estadística que asocia su presencia a factores de riesgo como la cercanía de la vivienda a vías sin pavimentar u obras en construcción, y cuando existe humedad en la habitación donde duerme el menor.

10.4. VIGILANCIA AMBIENTAL

La Secretaria Distrital de Salud realiza el análisis y seguimiento de los reportes dados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB y de los niveles establecidos por el índice de calidad del aire en la ciudad IBOCA con base en la Guía de Calidad del Aire de la Organización Mundial de Salud – OMS.

Para el año 2018 la RMCAB reporto un total de 91077 datos válidos de material particulado PM₁₀. Los datos fueron reportados por 12 estaciones las cuales fueron: Guaymaral, Suba, Usaquén, Las Ferias, Centro de Alto Rendimiento, Min Ambiente, Puente Aranda, Kennedy, Carvajal - Sevillana, Tunal, San Cristóbal y Fontibón esta última a partir del 6 de diciembre; las estaciones que mayor representatividad de datos reportados de PM₁₀ fueron Ministerio de Ambiente con 98,1%(n=8592), San Cristóbal 97,8%(n=8569) y Kennedy 96,7%(n=8467).

Se realizó análisis estadístico de los datos de PM₁₀ reportados en las estaciones evaluando la cobertura temporal de la información, correspondiente a los datos analizados para la determinación de la media móvil de 24 horas (promedio diario) para cada estación los 365 días del año, que debe ser mayor de 75% para asegurar la representatividad del manejo estadístico. A

partir de este análisis se determinó que en la ciudad se presentaron 929 excedencias teniendo como referencia la guía Organización Mundial de la Salud, la cual sugiere concentraciones de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representando un 25,3% respecto al total de días analizados con los datos reportados en el año; las estaciones que mayor porcentaje de excedencias presentaron respecto al total reportadas en los datos de la RMCAB fueron Carvajal 29% (n=269), Kennedy 17,8% (n=165), Suba Corpas con 13% (n=121) y Puente Aranda con un 11,8% (n=110), como se muestra en la Figura 10-8.

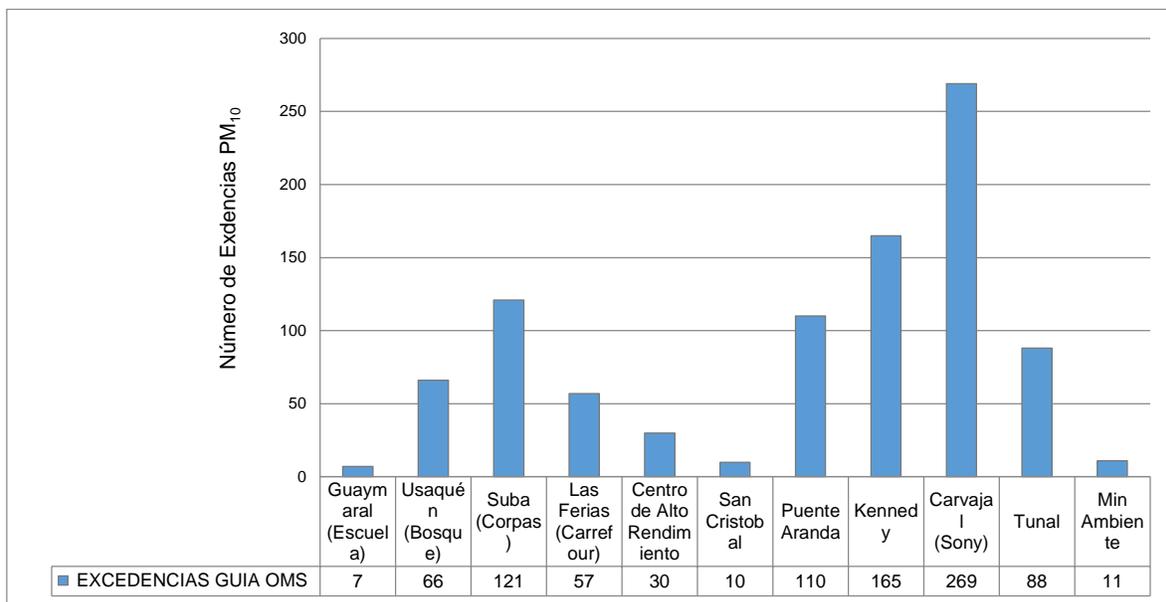


Figura 10-8. Excedencias diarias de la normativa guía OMS de material particulado PM_{10} en Bogotá año 2018

Fuente: Datos analizados por Secretaría Distrital de Salud con base en datos registrados por la Red de Monitoreo de calidad del Aire de Bogotá Administrada por la Secretaría Distrital de Ambiente.

De igual forma, para $\text{PM}_{2.5}$ se reportaron en el distrito se un total de 90581 datos las estaciones que mayor representatividad de datos reportados fueron Centro de Alto Rendimiento con 98,8%(n=8652), Kennedy 97,5%(n=8537), y Ministerio de Ambiente 97,2%(n=8515). A partir de la representatividad del manejo estadístico y el análisis para media móvil de 24 horas (promedio diario) se logró determinar que se presentaron 799 excedencias de los promedios diarios de $\text{PM}_{2.5}$ respecto a la guía OMS de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representando un 22% respecto al total de días analizados con los datos reportados en el año, las estaciones que mayor porcentaje de excedencias presentaron respecto al total reportadas en los datos de la RMCAB fueron Carvajal 7,2% (n=260), Kennedy 4,2% (n=153), y Tunal con un 2,5% (n=90) como se muestra en la Figura 10-9.

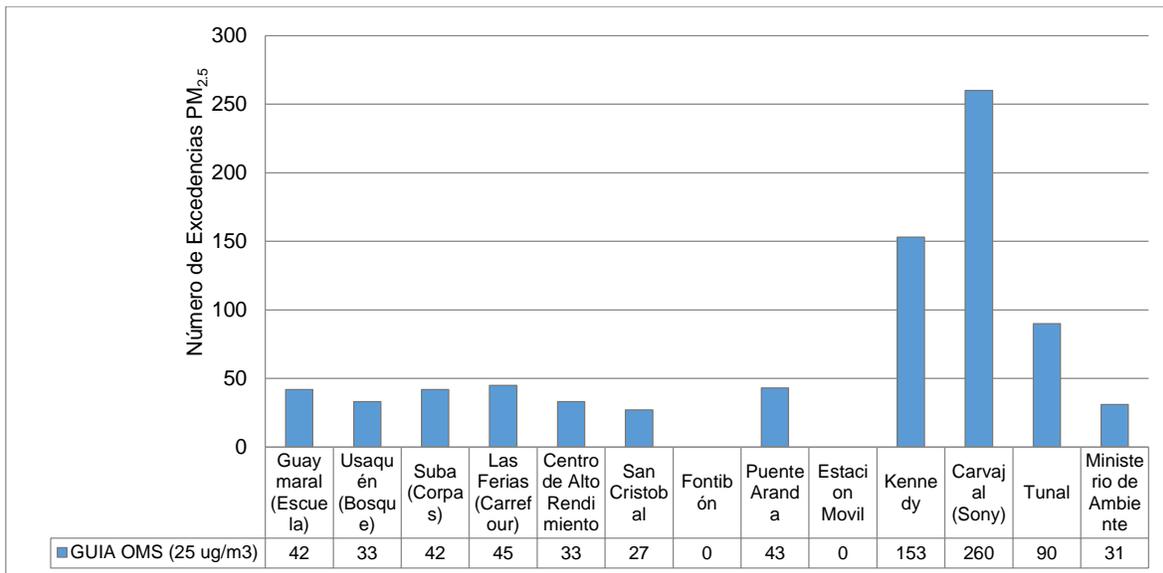


Figura 10-9. Excedencias diarias de la normativa guía OMS de material particulado PM_{2.5} en Bogotá año 2018

Fuente: Datos analizados por Secretaría Distrital de Salud con base en datos registrados por la Red de Monitoreo de calidad del Aire de Bogotá Administrada por la Secretaria Distrital de Ambiente.

Desde el punto de vista de exposición aguda, es decir concentración en 24 horas, se realizó análisis estadístico de los datos de PM₁₀ reportados en las estaciones contando con la temporalidad de la información y la representatividad para el manejo estadístico, correspondiente a los datos analizados para la determinación de la media móvil anual para cada estación los 365 días del año (promedio anual), como se observa en la figura 10-10 en la ciudad se presenta excedencias en todas las estaciones con respecto a los niveles máximos establecidos en la Guía OMS anual de (20µg/m³) y con respecto a la norma nacional Resolución 2254 de 2017 (50µg/m³) la estación de Carvajal supera los niveles máximos permitidos y la estación de Kennedy reporta su concentración promedio muy cerca del valor referencia.

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

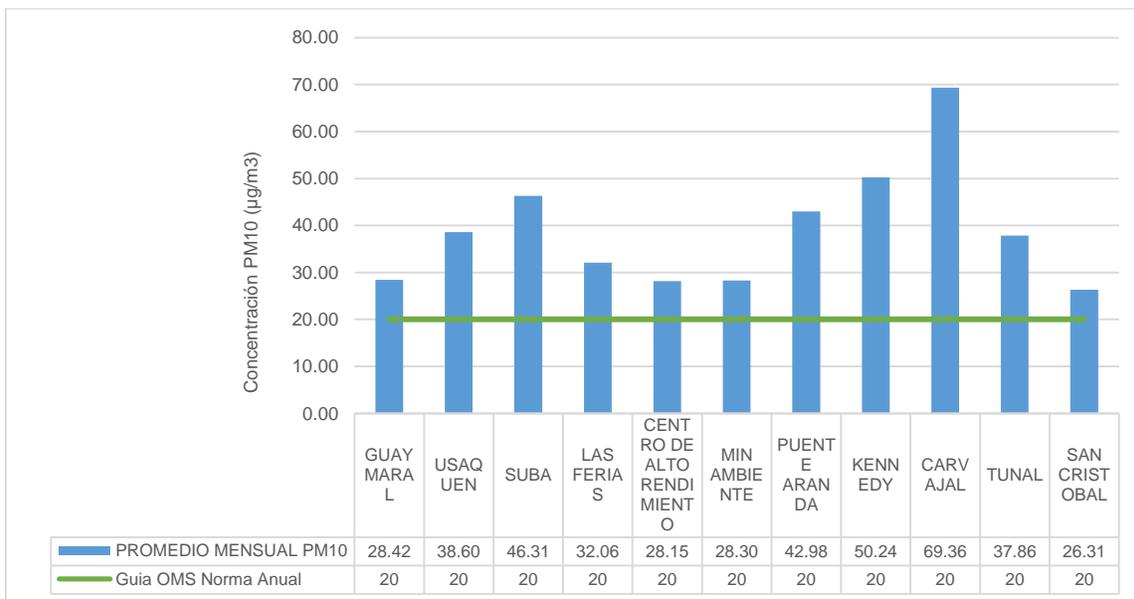


Figura 10-10. Promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS de material particulado PM₁₀ en Bogotá año 2018
Fuente: Datos analizados por Secretaría Distrital de Salud con base en datos registrados por la Red de Monitoreo de calidad del Aire de Bogotá Administrada por la Secretaría Distrital de Ambiente.

De igual forma se realizó análisis estadístico de los datos de PM_{2.5} reportados en las estaciones contando con la temporalidad de la información y la representatividad para el manejo estadístico, correspondiente a los datos analizados para la determinación de la media móvil anual para cada estación los 365 días del año (promedio anual), como se observa en la figura 10-11 en la ciudad se presenta excedencias en todas las estaciones con respecto a los niveles máximos establecidos en la Guía OMS anual de (10µg/m³) y con respecto a la norma nacional Resolución 2254 de 2017 (25µg/m³), de igual forma que con el PM₁₀ la estación de Carvajal supera los niveles máximos establecidos y la estación de Kennedy reporta su concentración promedio muy cerca del valor dado por la norma.

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

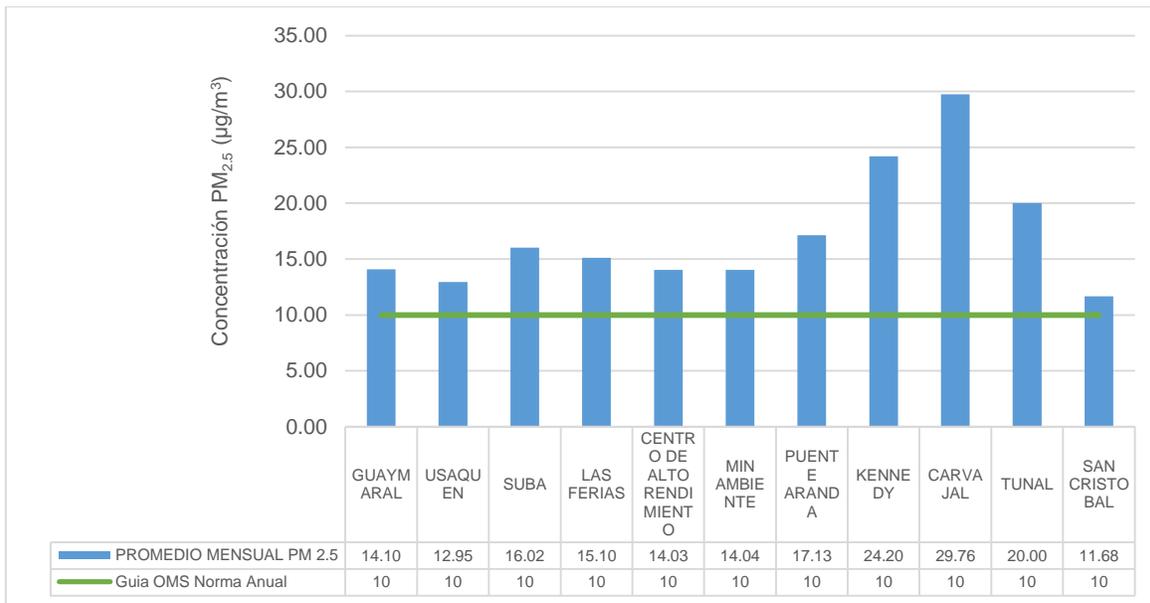


Figura 10-11. Promedio anual y excedencia a la normativa Guía OMS de material particulado PM_{2.5} en Bogotá en el año 2018

Fuente: Datos analizados por Secretaría Distrital de Salud con base en datos registrados por la Red de Monitoreo de calidad del Aire de Bogotá Administrada por la Secretaría Distrital de Ambiente

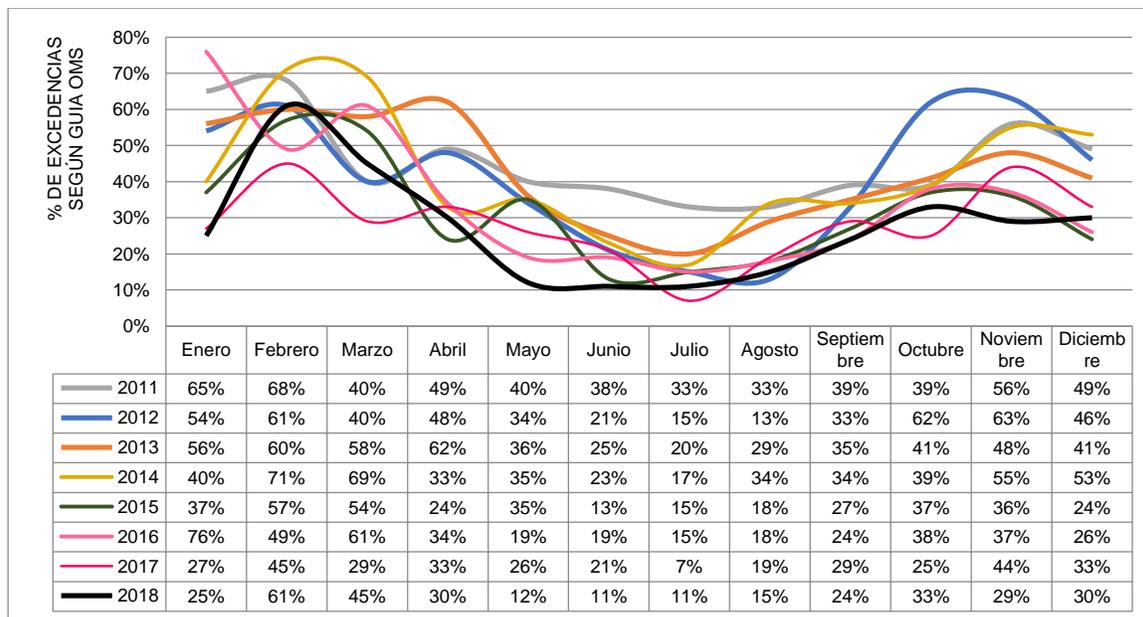


Figura 10-12. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM₁₀ respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2011-2018

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente.

Continuando con el análisis a la exposición aguda, es decir concentración en 24 horas, la temporalidad de las excedencias diarias del material particulado (PM_{2.5}) en Bogotá, en donde como se observa en la Figura 10-12 de forma histórica se presenta un pico de excedencias, el primero en los meses de enero a marzo y un aumento prolongado en las concentraciones en los meses de septiembre a noviembre, evidenciando que los niveles más bajos en el año se presentan en junio y julio. Es así que, en los 365 días del año, en el 2018 el 22% de los días se exceden la recomendación dada por la OMS de 25ug/m³.

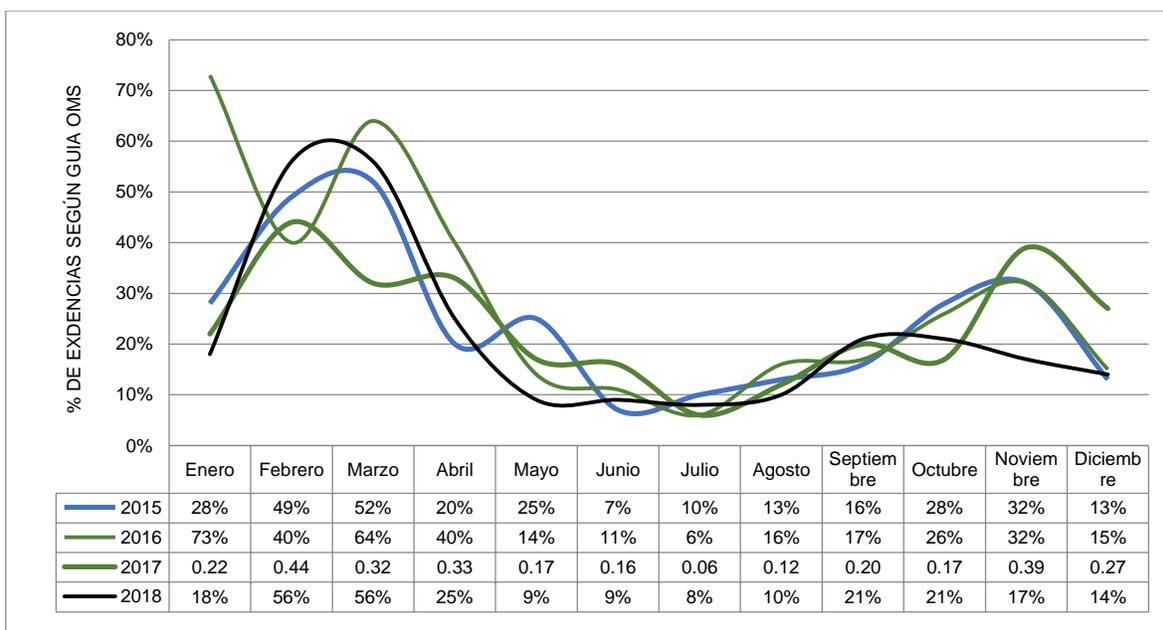


Figura 10-13. Proporción de excedencias de contaminación del aire por material particulado PM_{2.5} respecto a la Guía de Calidad del Aire de la OMS en Bogotá año 2015-2018

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente.

Tomando como línea base los datos históricos y comparándolos frente los diferentes objetivos establecidos por la OMS, se evidencia que para el caso del material particulado PM₁₀ para el año 2018 se cumple en su totalidad con la meta de estar por debajo de 70 µg/m³, siendo la segunda vez en los últimos 4 años que se logra, sin embargo y aunque se ha mejorado los niveles de calidad para el objetivo intermedio 2 las diferentes acciones establecidas en la ciudad permiten estar más cerca del cumplimiento de este objetivo, para el caso de las metas establecidas 3 todavía falta trabajar en la implementación de diferentes aspectos que permitan alcanzar el nivel de cumplimiento.

Tabla 10-4. Proporción de cumplimiento en Bogotá de objetivos de calidad del aire para material particulado PM10 establecidos por la Organización Mundial de la Salud

| AÑO | Cumplimiento objetivo Intermedio 1 | Cumplimiento objetivo Intermedio 2 | Cumplimiento objetivo Intermedio 3 | Guía de Calidad del Aire |
|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| 2014 | 83% | 50% | 0% | 0% |
| 2015 | 91% | 73% | 27% | 0% |
| 2016 | 91% | 55% | 9% | 0% |
| 2017 | 100% | 73% | 27% | 0% |
| 2018 | 100% | 82% | 36% | 0% |

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente.

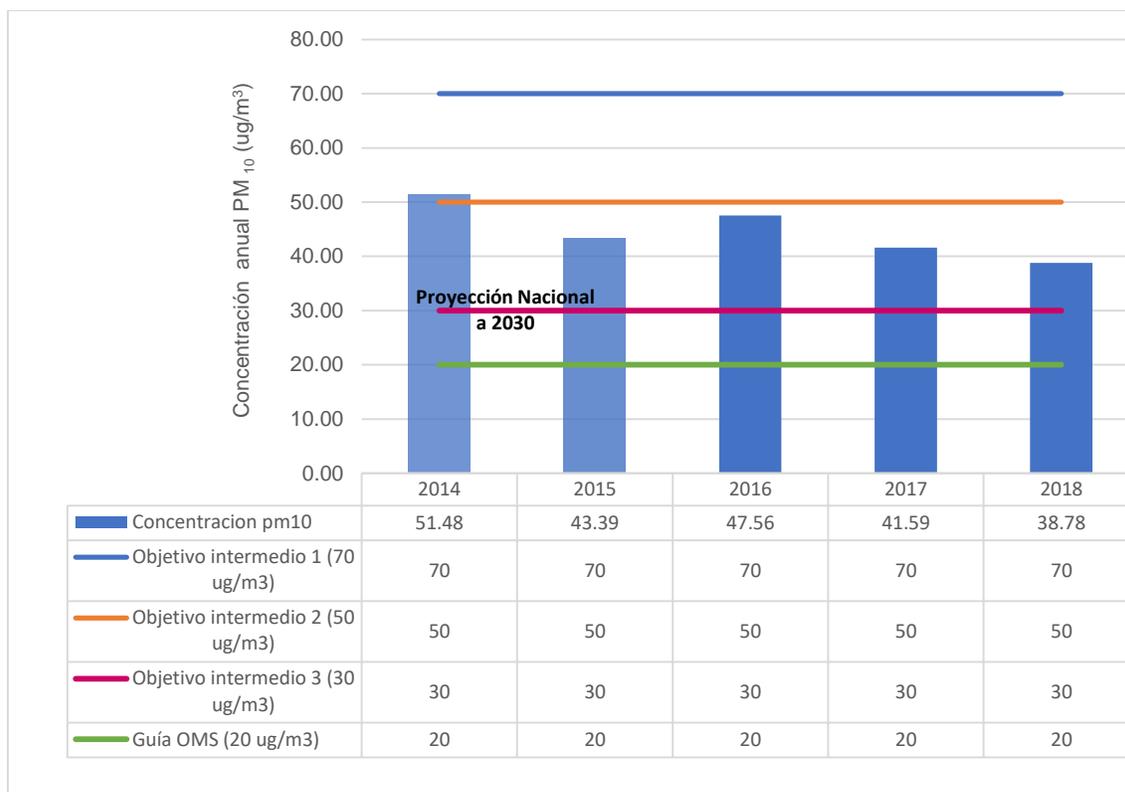


Figura 10-14. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM10 Bogotá 2014-2018

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente

Para el caso del material particulado PM_{2.5} para el año 2018 se cumple en su totalidad con la meta de estar por debajo 35 µg/m³, sin embargo, aunque falta aumentar los esfuerzos para cumplir con los objetivos se evidencia un aumento en el nivel de cumplimiento en el objetivo 2 y una disminución para dar cumplimiento al objetivo 3 este último llegando a un 45%, cabe anotar que esta fracción de material particulado es una de las que más incidencia tiene en la salud.

Tabla 10-5. Proporción de cumplimiento en Bogotá de objetivos de calidad del aire para material particulado PM_{2.5} establecidos por la Organización Mundial de la Salud

| AÑO | Cumplimiento objetivo Intermedio 1 | Cumplimiento objetivo Intermedio 2 | Cumplimiento objetivo Intermedio 3 | Guía de Calidad del Aire |
|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| | (35 µg/m ³) | (25 µg/m ³) | (15 µg/m ³) | (10 µg/m ³) |
| 2015 | 100% | 80% | 40% | 0% |
| 2016 | 100% | 100% | 30% | 0% |
| 2017 | 100% | 80% | 50% | 0% |
| 2018 | 100% | 91% | 45% | 0% |

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente.

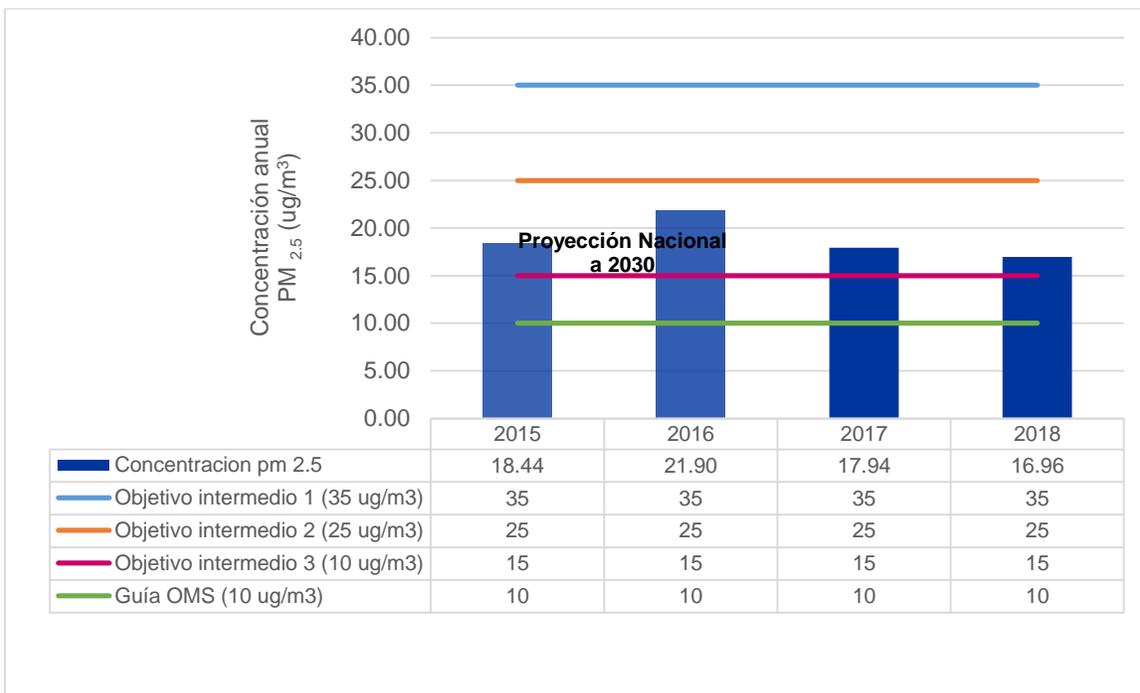


Figura 10-15. Cumplimiento de recomendaciones calidad del aire para exposición anual establecida por OMS para material particulado PM_{2.5} Bogotá 2014-2018

Fuente: Datos analizados por la Secretaría de Salud con base en reportes de la Secretaría de Ambiente

10.5. VIGILANCIA SANITARIA

Este proceso consta del reporte de las quejas notificadas por la comunidad respecto a las fuentes de contaminación del aire a nivel local que posiblemente están afectando la salud; para el año 2018 se presentaron ante la Secretaría Distrital de Salud un total de 37 quejas relacionadas con contaminación del aire por material particulado y 121 por contaminación generada por olores ofensivos y 25 por exposición a humo de tabaco para un total de 183 solicitudes realizadas por la comunidad. Las 183 quejas atendidas en el año 2018 equivalen a una reducción del 44% con respecto a las quejas atendidas en el año 2017. Ver Figura 10-16.

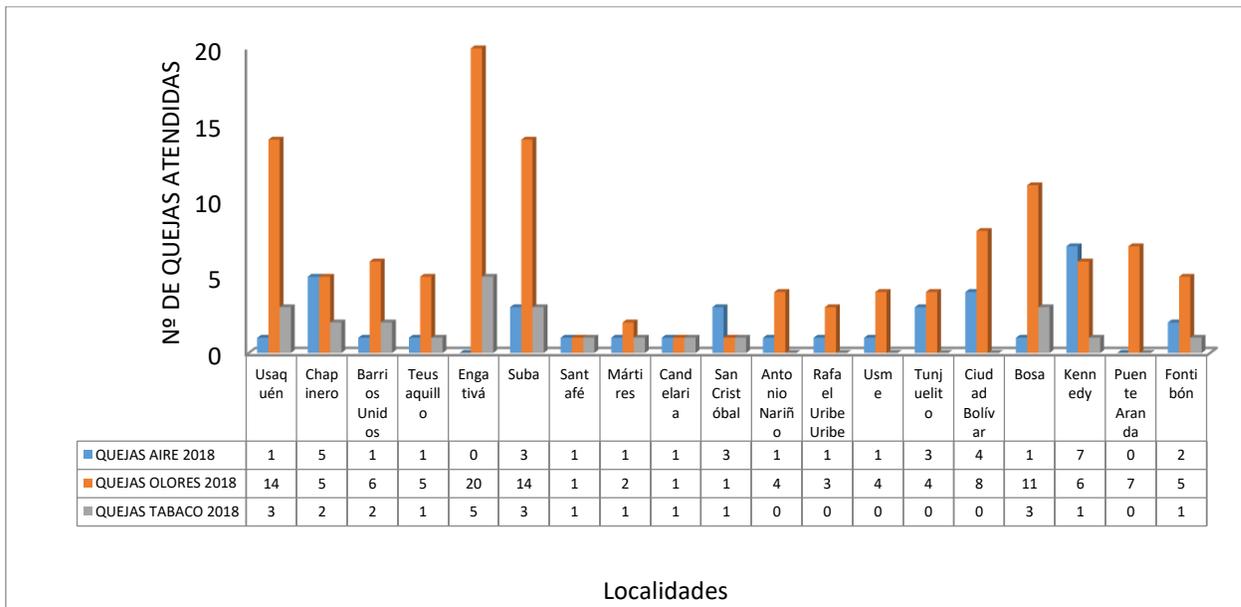


Figura 10-16. Quejas atendidas por contaminación del aire, olores y humo de tabaco en Bogotá 2018
Fuente: Sistemas de Información aire, ruido y radiación electromagnética. SDS.2018

Las localidades donde se presentó la mayor frecuencia de reporte de quejas fueron: Engativá con un 13,7% del total de quejas (n=25), Suba con 10,9% del total de quejas (n=20) y Usaquén con un 9,8% del total de quejas (n=18).

De las 37 quejas atendidas y relacionadas con contaminación del aire por material particulado las localidades que más notificaron quejas en su orden fueron: Kennedy 19% (7/37), Chapinero 13% (5/37), Ciudad Bolívar 10% (4/37), San Cristóbal 8% (3/37), 8% Suba (3/37) y Tunjuelito 8% (3/37); En el proceso de atención se encuestaron a 141 personas con edades entre los 24 a 82 años, quienes manifestaron que la principal fuente de contaminación identificada es de tipo fija en 83%(31/37), un 5% (2/37) área fuente y 2.7% (1/37) fuentes móviles, en relación a la percepción por contaminación del aire dentro del hogar el 41,1% (58/141) lo percibe en forma de humo y olor, el 39,7% (56/141) en forma de polvo y el 4,2% (6/141) en vapor y gas. En relación al lugar dentro de la vivienda en donde se percibe la contaminación se encontró que el 68,8% (97/141) se encuentra en la habitación principal, seguido de la cocina con el 66,6% (94/141), sala 65,9% (93/141), otras habitaciones en el 61,0% (86/141); el 15,6% (22/141) reporta presencia de humedad y hongos al interior de la vivienda en donde el 9,2% (13/141) la presenta en los dormitorios y un 34,7%(49/141) refieren tener animales en las viviendas, en cuanto al horario de percepción de la exposición a la problemática el 47,5% (67/141) refiere que se encuentra diurno, el 22,7% (32/141) nocturno y el 6,4% (9/141) nocturno encontrándose la afectación hace más de un año en el del lugar en el 58,8% (83/141).

Al indagar por la percepción de salud en las personas encuestadas, se encontró que el 58,1% (82/141) considera que la contaminación del aire le ha afectado de alguna manera el estado de salud principalmente por el aumento en síntomas respiratorios como tos, estornudos, alergias y otros como irritación ocular, dolor de cabeza, náuseas, vómito, estrés y aumento en la frecuencia de episodios de gripa, adicionalmente factores intradomiciliarios incrementan el riesgo para presentar enfermedad respiratoria.

Así mismo de las 121 solicitudes de quejas atendidas por contaminación generada por olores ofensivos, se encuestaron un total de 574 personas, de las cuales 460 manifestaron percibir olores ofensivos en el domicilio o en el lugar de la intervención; respecto al estado de salud, el 92% de los encuestados considera que los olores ofensivos pueden afectar su salud, dentro de los síntomas evaluados las personas manifestaron con mayor frecuencia en el estado de ánimo: estrés el 48% (276/574); irritación de mucosas: 46% (261/574) ardor en los ojos, 45% (258/574) picazón en la nariz; vías respiratorias: 42% (240/574) tos, 41% (236/574) dolor de garganta; gastrointestinal: 27% (153/574) náuseas; piel: 14% (79/574) erupciones en la piel y un 14% (82/574) irritación de la piel; en otros síntomas, los encuestados que manifestaron sentir malestar general fueron un 36% (206/574).

Dentro de las acciones que realizan las personas para protegerse de los olores ofensivos se encuentra el uso de tapabocas con un 18% (101/574) y al indagar sobre los grupos etarios más afectados, el 83% (479/574) considera que los niños son el grupo más vulnerable seguido de los adultos mayores de 60 años con un 80% (457/574). Respecto a las características del olor, las cuales están dadas por la fuente y teniendo en cuenta la metodología FIDO (Frecuencia, Intensidad, Duración y Ofensividad), se encontró que el 60% (460/574) tienen percepción diaria o semanal en la mayoría de los casos de olores ofensivos.

Con respecto a la atención a las quejas presentadas por exposición a humo de tabaco se encuestaron 98 personas de la comunidad de las cuales el 70%(n=69/98) corresponden al sexo femenino, y el 30%(n=29/98) con edades entre los 20 a 82 años con un promedio de tiempo de residencia de 10 años y una duración diaria en la vivienda de 14 horas promedio, quienes refieren que las principales fuentes de contaminación por humo de tabaco identificadas son de tipo fija. El tipo de actividad desarrollada en los lugares referidos a las quejas son habitacional con un 18%(n=18/98), comercial 78%(n=77/98) e industrial 3%(n=3/98); por otra parte, se puede mencionar que, de las 25 quejas interpuestas, el 48%(n=47/98) fueron presentadas y atendidas por peticionarios, 8%(n=8/98) de ellas por otra fuente y el 44%(43/98) restante por otras fuentes de información como vecinos o comunidad del entorno. En lo relacionado a la percepción por contaminación por humo de tabaco dentro del hogar el 51%(n=50/98) percibe el olor, el 49%(n=49/98) no lo percibe.

Al indagar por la percepción de salud en las personas encuestadas, se encontró que 18%(n=18/98) manifiesta presentar alguna enfermedad por el humo de tabaco y considera que esta contaminación le ha afectado de alguna manera el estado de salud principalmente por el aumento

en síntomas respiratorios como dolor de garganta, estrés, asfixia y aumento en la frecuencia de episodios de gripa.

Mediante el análisis del comportamiento espacial de las solicitudes se logra determinar que los requerimientos asociados a esta problemática se presentaron con mayor frecuencia al norte de la ciudad, ya que del total de las quejas interpuestas en el año, 13 se presentaron en localidades comprendidas en la Subred Norte E.S.E, lo que corresponde al 52% de las solicitudes atendidas y las localidades en que no se presentaron peticiones y/o quejas, corresponden a las localidades de la Subred Sur E.S.E en el Distrito Capital. Comparando el número de quejas reportadas se evidencia un incremento del 38% ($n=25/18$) lo que representa 7 quejas más que en el 2017 principalmente en las localidades de Engativá y Bosa. Con respecto al año que mayor reporte de quejas reportadas 2014 con 41 se evidencia una reducción del 64% ($n= 41/25$) para el 2018, como se observa en la figura 10-16.

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

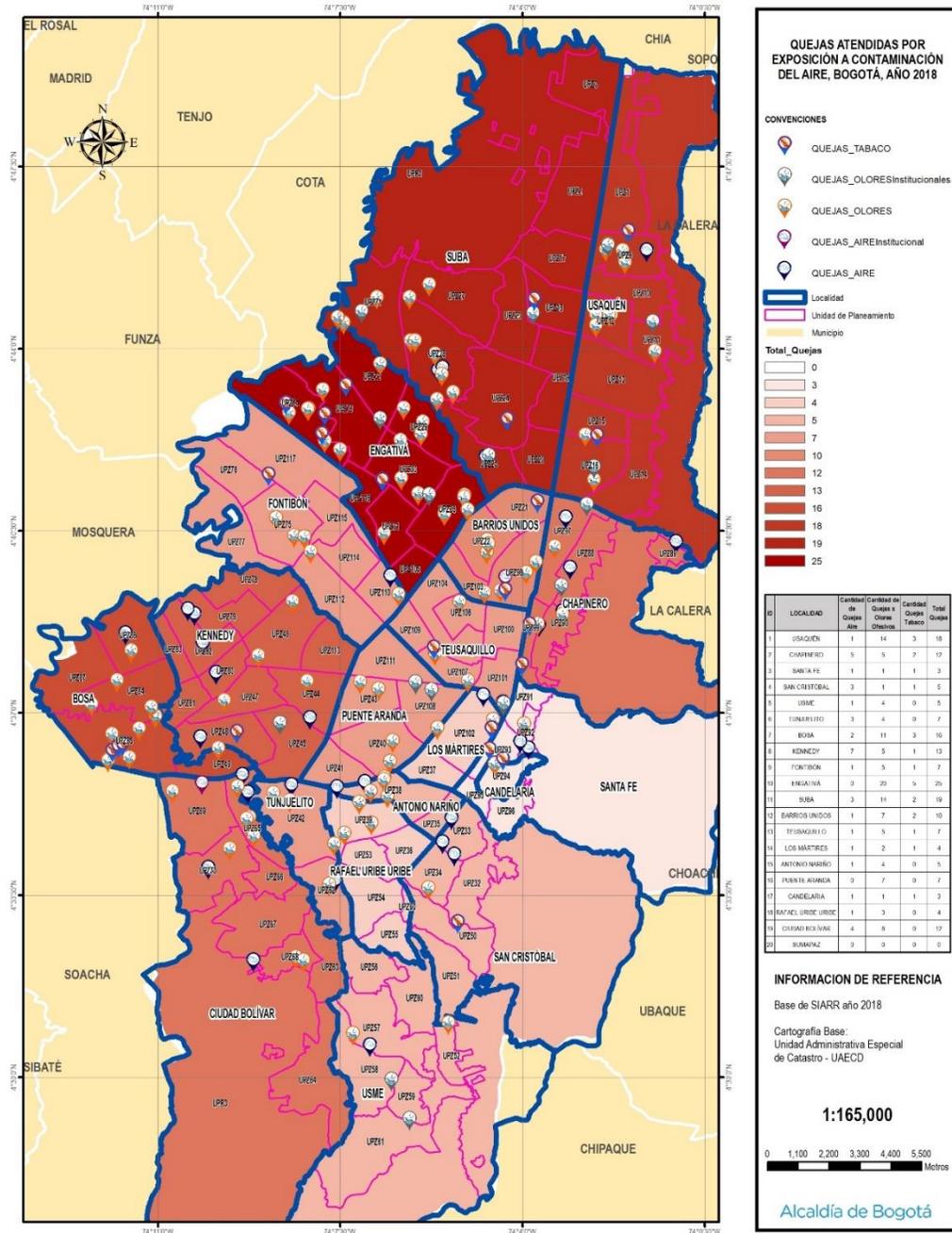


Figura 10-17. Quejas atendidas por la Secretaría Distrital de Salud debido a la exposición de la comunidad a contaminación del aire, olores ofensivos y humo de tabaco en Bogotá, 2018

Fuente: Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética –Secretaría Distrital de Salud.

10.5.1. ACCIONES DE PROMOCION Y PREVENCION

La Secretaría Distrital de Salud suscribió con la Secretaría Distrital de Ambiente el Convenio Interadministrativo 1353 de 2015, el cual tiene por objeto “Aunar esfuerzos entre la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital de Salud, para articular el desarrollo de acciones de cooperación técnica e investigativa, como parte de las estrategias de implementación de la Política Distrital de Salud Ambiental y del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá – PDDAB”.

Producto de este convenio se cuenta con la expedición de la Resolución 2410 de 2015 “Por medio de la cual se establece el Índice Bogotano de Calidad del Aire –IBOCA– para la definición de niveles de prevención, alerta o emergencia por contaminación atmosférica en Bogotá D.C. y se toman otras determinaciones” y de la Resolución 595 de 2015 “Por el cual se adopta el Sistema de Alertas Tempranas Ambientales de Bogotá para su componente aire, SATAB-aire”

De acuerdo con las disposiciones establecidas en la Resolución 2410 de 2015 en relación con la “Estrategia pedagógica, de comunicación y de divulgación del Índice Bogotano de Calidad del Aire –IBOCA–”, esta Secretaría en conjunto con la Secretaría Distrital de Ambiente elaboró el Manual de identidad del Índice Bogotano de Calidad del Aire IBOCA (disponible para su consulta en el link http://201.245.192.252:81/App_AQI/AQI.es-CL.pdf).

Por otra parte la Secretaría Distrital de Salud desarrollo piezas comunicativas, a través de las cuales se realiza la divulgación del IBOCA, así como las recomendaciones en salud para prevenir la exposición a contaminación del aire en el marco de las acciones de Salud Urbana contratadas por medio del Plan de Intervenciones Colectivas –PIC- en el espacio público, es así que para el 2018 se socializó el Índice Bogotano de Calidad del Aire a 202.879 personas, mediante diferentes actividades lúdicas, entrega de material POP a niños y jóvenes que se dinamizan a través de la estrategia “Cuidate y Se Feliz”, orientada a dar una respuesta integral a la comunidad en materia de prevención de enfermedades cardiovasculares generados por diferentes factores de riesgo tales como el tabaquismo, la inactividad física y la contaminación del aire, dando información sobre el acceso y uso del pronóstico del IBOCA; complementando esta estrategia y siendo conscientes de la necesidad de hacer partícipe a la ciudadanía en la prevención y el control de los factores que ponen en riesgo la calidad del aire y por ende la afectación en su salud, en el proceso de vigilancia de la línea de aire, ruido y radiación electromagnética se realizan las actividades de comunicación, educación e información del riesgo de la exposición a contaminación del aire a nivel extramural e intramural con la (disminución de intoxicaciones por monóxido de carbono y reducción del consumo de tabaco) que van encaminadas al cambio de comportamiento, actitudes y prácticas de la comunidad y cuidados en la salud.

Es así que para dar alcance a estas necesidades en el 2018 se abordaron 7.007 personas en intervenciones de movilización social, siendo 3.092 en actividades cotidianas de comunicación social del riesgo y 3.915 en las jornadas de profundización como el “Día sin carro y sin moto”, “día mundial sin tabaco” y la “Semana Ambiental”, y de igual manera se socializa el Índice Bogotano de Calidad del Aire – IBOCA.

Este abordaje inicio en el segundo mes del año con la institucionalización de la jornada del día sin carro el primer jueves de febrero de cada año entre las 5:00am y las 7:30pm bajo el decreto 054 de 2017; para el año 2018, se llevó a cabo el 1 de febrero, en donde por parte de la Secretaria de Salud se adelantaron actividades de pedagógicas en el marco de la promoción y prevención de efectos en salud asociados a contaminación atmosférica, fomentando el uso de otros medios de transporte con el fin de contribuir al mejoramiento del medio ambiente y la salud, así como informando a la población sobre el estado de la calidad del aire a través de la socialización del IBOCA, entre la Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética y la Estrategia Cuídate y se Feliz, en 18 puntos de la ciudad ubicados 16 localidades de la ciudad e donde se logró abordar 1.427 personas a las cuales se les indago sobre la forma cotidiana que utilizan como medio de transporte en la ciudad y el 39% respondió que usa el sistema Transmilenio, 21% usa el SITP y un 13% bicicleta de igual manera se preguntó sobre el medio de trasporte utilizado el día sin carro (1 de febrero) y el 30% utilizó el sistema integrado Transmilenio, un 25% uso bicicleta mientras que un 23% se desplazó caminando.

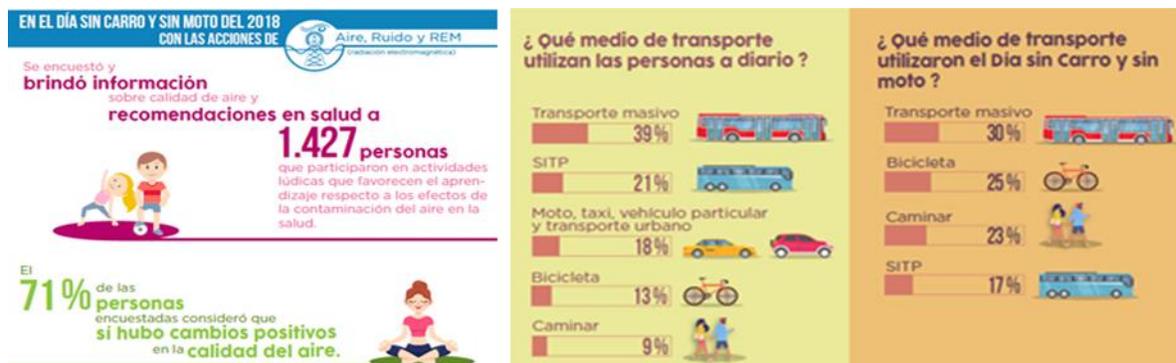


Figura 10-18. Infografía Día sin carro y son Moto Secretaría Distrital de Salud 2018.
Fuente: Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética –Secretaría Distrital de Salud.

Todos los años, el 31 mayo la Organización Mundial de la Salud (OMS) y sus asociados, celebran el Día Mundial Sin Tabaco, con el fin de dar a conocer los riesgos asociados al tabaquismo. Este año el lema principal de este día será “Tabaco y cardiopatías”, el cual tiene diferentes metas dentro de las cuales se encuentran resaltar la relación entre el tabaco y las cardiopatías y otras enfermedades cardiovasculares, aumentar la concienciación de la población frente al tema y reforzar la aplicación de la estrategia MPOWER.

Para el 2018, la Secretaría de Salud por medio de la Línea de Aire, Ruido y REM, realizó en 13 localidades la jornada de profundización conmemorando el Día Mundial sin Tabaco, logrando una participación de 1552 personas, 799 mujeres y 753 hombres en edades entre 18 y 26 años, en esta jornada se estableció como objetivo socializar a la comunidad académica los efectos en salud asociados al consumo y la exposición a humo de tabaco, teniendo en cuenta el slogan “Tabaco y Cardiopatías” y las metas establecidas por la OMS para el presente año y las diferentes disposiciones establecidas en la normatividad nacional referente a la temática, estas actividades se realizaron con el apoyo de Ministerio de Salud y con la convocatoria con centros educativos de educación superior, quienes se unieron al desarrollo de actividades dentro de las instituciones, de igual manera se contó con la gestión y articulación con el componente GESA y espacio público quienes apoyaron las jornadas en los diferentes puntos establecidos.



Figura 10-19. Infografía Día Mundial Sin Tabaco Secretaría Distrital de Salud 2018
Fuente: Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética –Secretaría Distrital de Salud.

En el mes de junio del 2018 se realizó la jornada en conmemoración de la semana ambiental, en el Bogotá se declaró mediante el acuerdo 197 de 2005, la primera semana del mes de junio como la semana del Medio Ambiente, la cual tiene como objetivo sensibilizar a los Bogotanos en el cuidado de los recursos naturales, agua, aire y tierra como factores fundamentales; la semana ambiental se celebró en 8 localidades de la ciudad y se contó con la participación de 936 personas, en donde las Subredes Integradas de Servicios de Salud Centro Oriente, Norte, Sur y Sur Occidente realizaron acercamiento, concertación y gestión en las diferentes instituciones educativas, articulándose con el espacio público y GESA; y desarrollaron actividades participativas en los puntos “CUIDATE Y SE FELIZ”.



Figura 10-20. Infografía Semana Ambiental Secretaría Distrital de Salud 2018
Fuente: Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética –Secretaría Distrital de Salud

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Plan_de_Choque.pdf [Internet]. [citado 26 de febrero de 2018]. Disponible en: http://www.saludcapital.gov.co/DSP/Enfermedad%20respiratoria%20aguda/2017/Plan_de_Choque.pdf
2. OMS | Neumonía [Internet]. WHO. [citado 4 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs331/es/>
3. circular-23-de-2017.pdf [Internet]. [citado 26 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/circular-23-de-2017.pdf>
4. OMS | Calidad del aire ambiente (exterior) y salud [Internet]. WHO. [citado 4 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>

5. Johansson C, Lövenheim B, Schantz P, Wahlgren L, Almström P, Markstedt A, et al. Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle. *Sci Total Environ.* 15 de abril de 2017;584-585:55-63.
 6. Helen E. Wood, N. M. (2015). Effects of Air Pollution and the Introduction of the London Low Emission Zone on the Prevalence of Respiratory and Allergic Symptoms in Schoolchildren in East London: A Sequential Cross-Sectional Study. *Journal PLoS ONE*, 1-12.
- FOPAE. (2001). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Rio Tunjuelito. Bogotá D.C.
- OMM. (2010). Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (Vols. OMM-No 8). Ginebra, Suiza: OMM.

12.ANEXOS

A. Lectura de gráficos de cajas

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

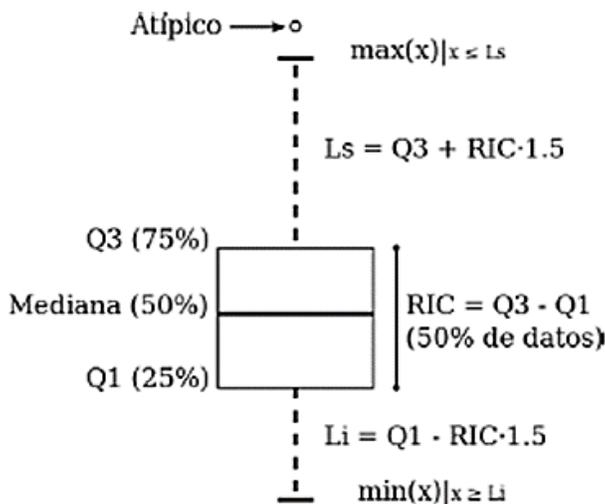


Figura 12-1. Presentación del gráfico de cajas con una descripción de sus componentes.

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**.

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 $\mu g/m^3$, respectivamente:

Tabla 12-1. 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 | 1,1449 | ppm a mg/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 a 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. Promedios mensuales de PM₁₀, PM_{2.5} y O₃ para el año 2018

Tabla 12-2. Concentraciones mensuales de PM₁₀ por estación de monitoreo

| Mes | CSE | CDAR | FTB | GYR | KEN | LFR | MAM | MOV | PTE | SCR | SUB | TUN | USQ |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ene | 66 | 29 | - | 32 | 54 | 38 | - | - | 46 | 26 | 48 | 39 | 38 |
| Feb | 70 | 41 | - | 42 | 65 | 56 | - | - | 61 | 40 | 60 | 56 | 60 |
| Mar | 72 | 35 | - | 36 | 58 | 46 | - | - | 59 | 37 | 54 | 50 | 52 |
| Abr | 74 | 31 | - | 25 | 52 | 36 | 34 | - | 50 | 35 | 45 | 47 | 44 |
| May | - | - | - | 22 | 49 | 27 | 29 | - | 40 | 27 | 41 | 29 | 34 |
| Jun | 64 | - | - | 18 | 41 | 17 | 21 | - | 29 | 17 | 39 | 24 | 27 |
| Jul | 63 | 16 | - | 22 | 41 | 17 | 21 | - | 27 | 20 | 41 | 26 | 39 |
| Ago | 65 | 15 | - | 27 | 47 | 15 | 19 | - | 25 | 17 | 46 | 25 | 36 |
| Sep | 70 | 28 | - | 31 | 52 | 29 | 26 | - | 38 | 21 | 43 | 35 | 44 |
| Oct | 74 | 32 | - | 28 | 46 | 36 | 33 | - | 44 | 27 | - | 43 | 31 |
| Nov | 78 | 34 | - | - | 50 | 39 | 33 | - | 52 | 28 | 45 | 44 | 32 |
| Dic | 66 | 30 | 40 | 28 | 50 | 32 | 33 | 39 | 48 | 22 | 53 | 39 | 28 |

Tabla 12-3. Concentraciones mensuales de PM_{2.5} por estación de monitoreo. Año 2018

| Mes | CSE | CDAR | FTB | GYR | KEN | LFR | MAM | MOV | PTE | SCR | SUB | TUN | USQ |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ene | 29 | 16 | - | 16 | 26 | - | - | - | 18 | 15 | 18 | 22 | 13 |
| Feb | 30 | 23 | - | 22 | 33 | - | - | - | 24 | 25 | 26 | 32 | 24 |
| Mar | 33 | 21 | - | 21 | 32 | 24 | - | - | 23 | 20 | 26 | 28 | 21 |
| Abr | 29 | 17 | - | 14 | 27 | 18 | 19 | - | 19 | 15 | 18 | 24 | 14 |
| May | 27 | - | - | 9 | 21 | 14 | 14 | - | 16 | 8 | 13 | 16 | 9 |
| Jun | 29 | - | - | 8 | 17 | - | 8 | - | 11 | 4 | 12 | - | 7 |
| Jul | 27 | 8 | - | - | 17 | 8 | 11 | - | - | 5 | 10 | 12 | - |
| Ago | 30 | 7 | - | - | 20 | 8 | 9 | - | 10 | 5 | 11 | - | 6 |
| Sep | 33 | 14 | - | 14 | 22 | 15 | 15 | - | - | 10 | 13 | 19 | 11 |
| Oct | 27 | 15 | - | 16 | 23 | - | 15 | - | - | - | 14 | 23 | 15 |
| Nov | - | 14 | - | - | 25 | 19 | 16 | - | 20 | 13 | 15 | 16 | 15 |
| Dic | 31 | 11 | 14 | 13 | 28 | 13 | 12 | 29 | 18 | 10 | 16 | 16 | 11 |

Tabla 12-4. Concentraciones mensuales de O₃ por estación de monitoreo. Año 2018

| Mes | CSE | CDAR | FTB | GYR | KEN | LFR | MAM | MOV | PTE | SCR | SUB | TUN | USQ |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ene | 14 | - | - | 24 | 10 | 16 | - | - | 11 | 18 | 28 | 21 | 27 |

| Mes | CSE | CDAR | FTB | GYR | KEN | LFR | MAM | MOV | PTE | SCR | SUB | TUN | USQ |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Feb | 22 | - | - | 35 | 22 | 20 | - | - | 15 | 30 | 40 | - | 34 |
| Mar | 20 | - | - | 33 | - | - | - | - | 14 | 50 | 38 | 23 | 40 |
| Abr | 12 | - | - | 20 | - | 14 | 18 | - | 9 | 31 | 26 | 16 | 22 |
| May | 8 | - | - | 16 | 10 | 10 | 13 | - | - | 19 | - | - | 16 |
| Jun | - | - | - | - | - | 9 | 20 | - | - | 24 | 15 | 23 | 23 |
| Jul | 11 | - | - | - | - | 15 | 25 | - | - | - | 18 | 29 | 28 |
| Ago | 15 | - | - | 27 | 21 | 31 | 33 | - | - | - | 22 | - | 37 |
| Sep | 16 | - | - | - | 24 | 27 | 33 | - | - | - | 26 | - | 39 |
| Oct | 17 | - | - | 32 | - | - | 24 | - | 10 | - | - | 27 | 33 |
| Nov | 13 | 22 | - | - | - | - | - | - | 12 | 28 | 24 | - | 26 |
| Dic | 14 | 27 | 21 | 23 | 22 | 24 | 28 | - | 14 | 32 | 19 | - | 33 |

D. Boxplot por contaminante y por meses del año 2018

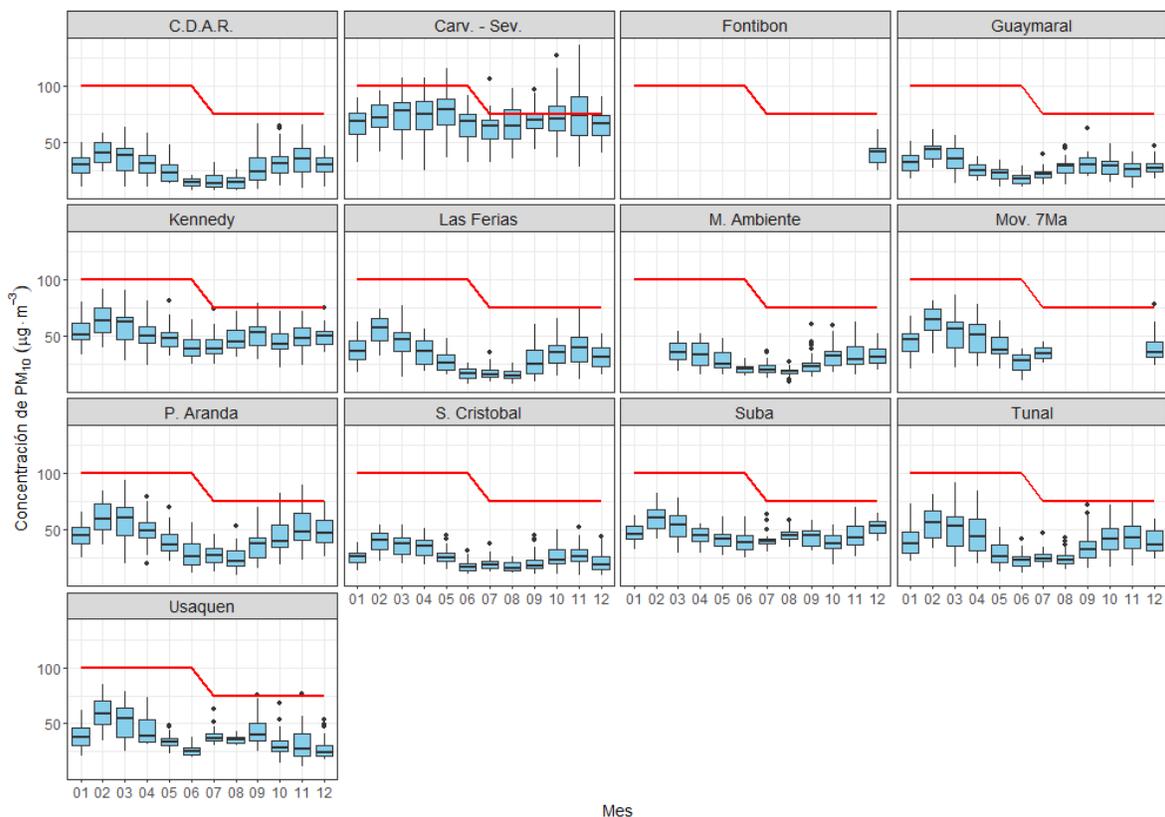


Figura 12-2. Boxplot de concentraciones diarias de PM_{10} por mes. Año 2018

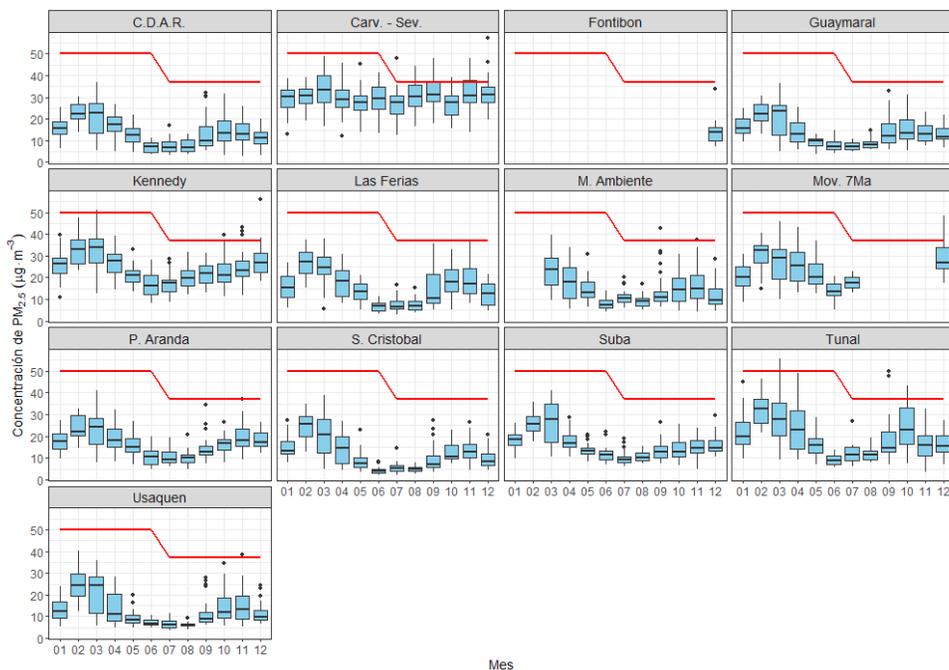


Figura 12-3. Boxplot de concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ por mes. Año 2018

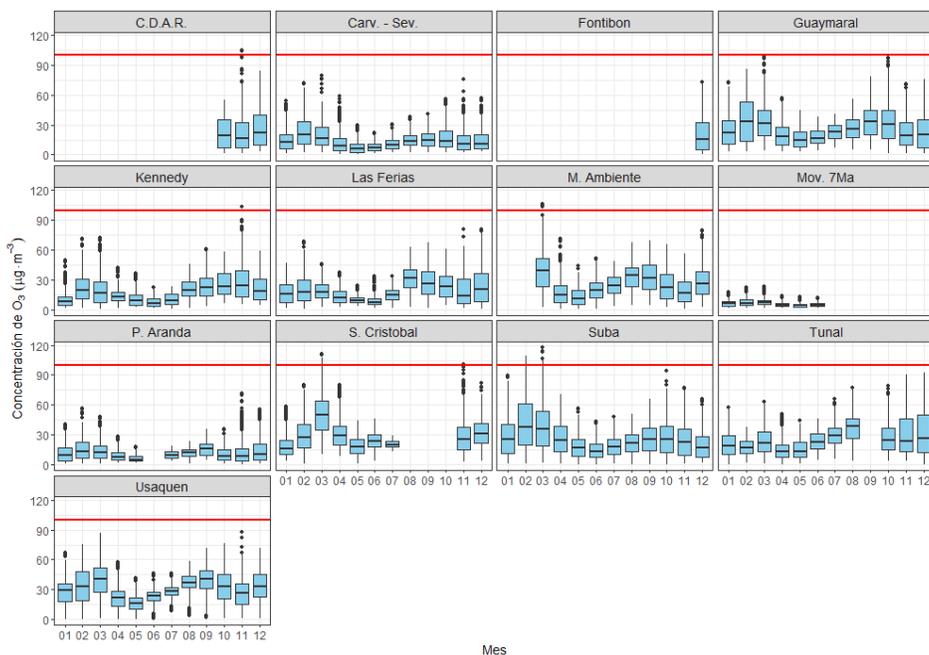


Figura 12-4. Boxplot de concentraciones 8 horas de O_3 por mes. Año 2018

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

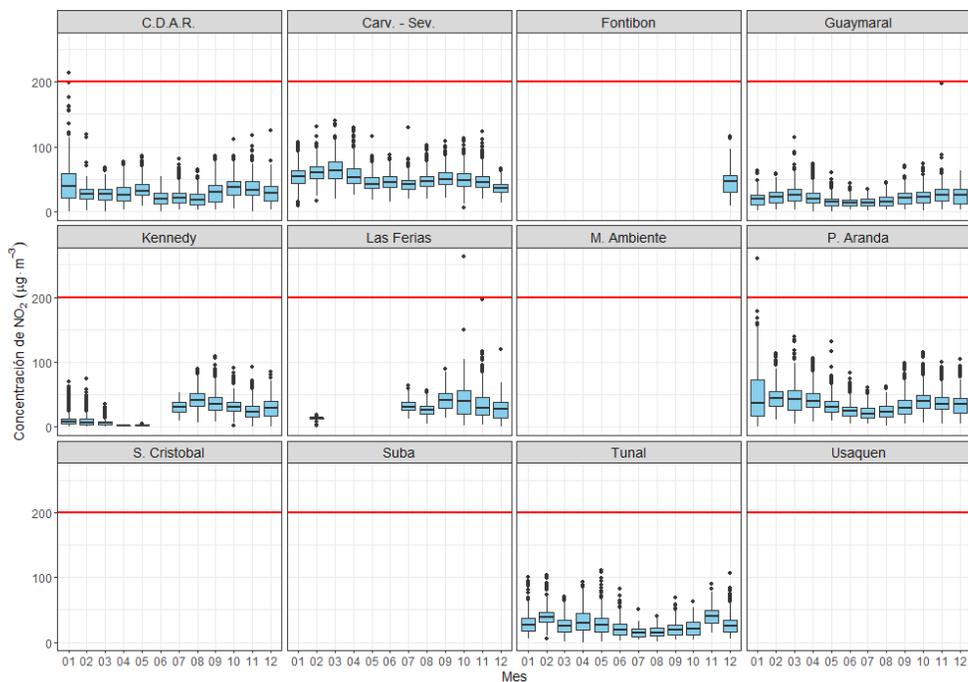


Figura 12-5. Boxplot de concentraciones horarias de NO_2 por mes. Año 2018

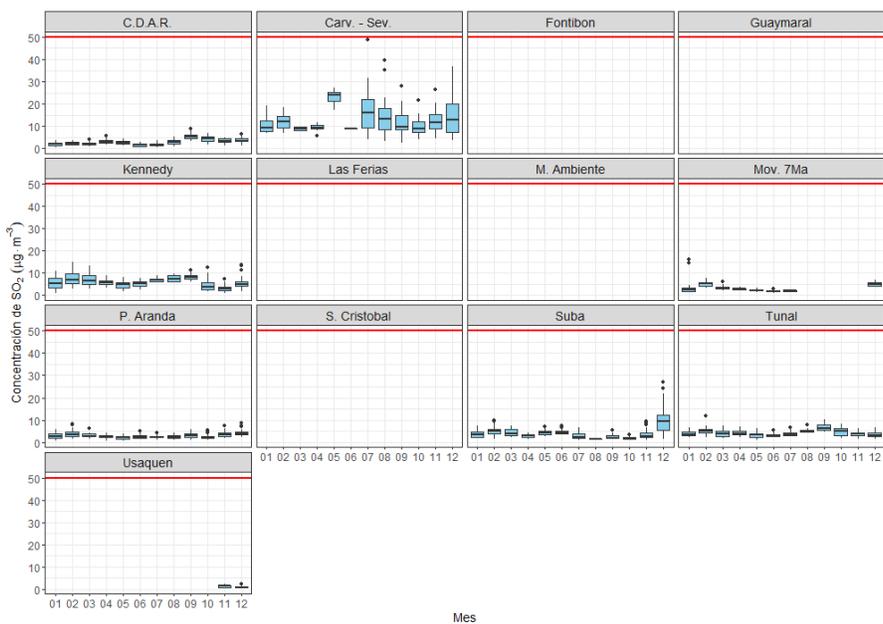


Figura 12-6. Boxplot de concentraciones 24 horas de SO_2 por mes. Año 2018

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

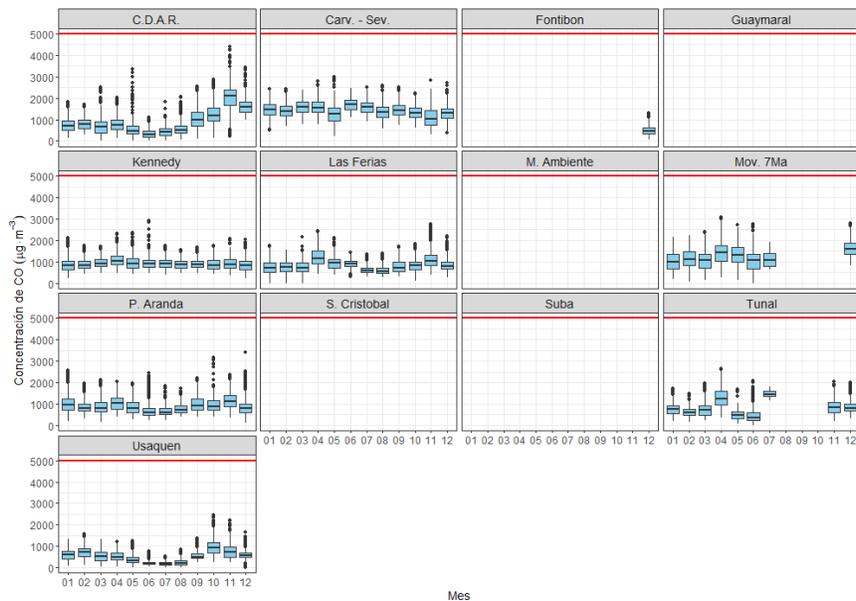


Figura 12-7. Boxplot de concentraciones 8 horas de CO por mes. Año 2018

E. Calendar plot del contaminante PM_{2.5} para el año 2018

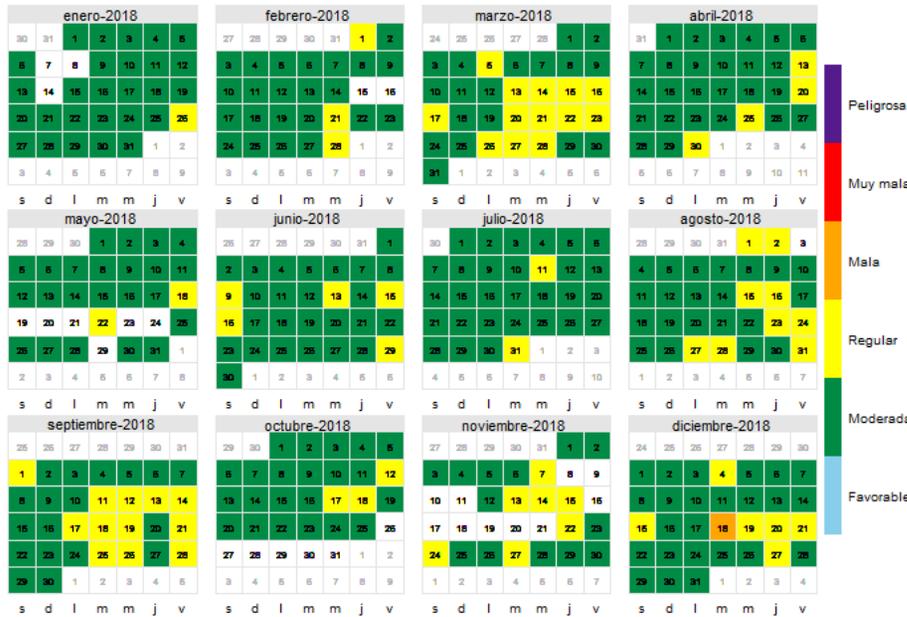


Figura 12-8. Calendar plot de PM_{2.5} para la estación Carvajal-Sevillana

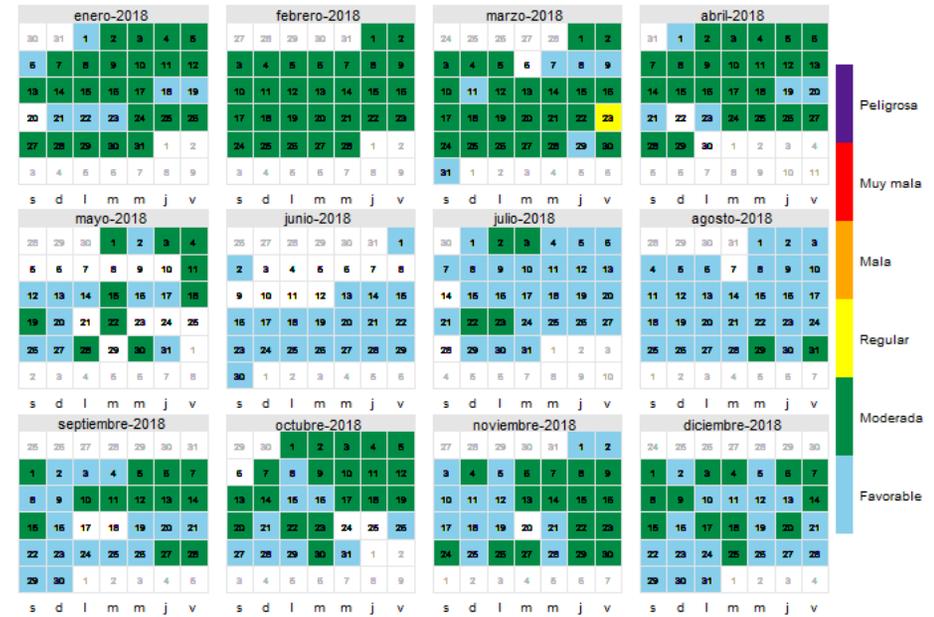


Figura 12-9. Calendar plot de PM_{2.5} para la estación Centro de Alto Rendimiento

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

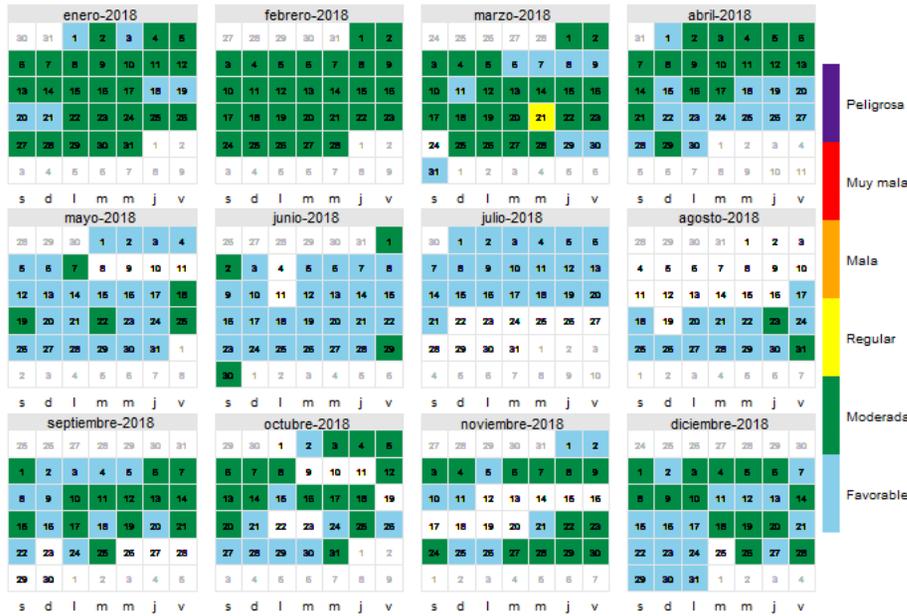


Figura 12-10. Calendar plot de PM_{2.5} para la estación Guaymaral

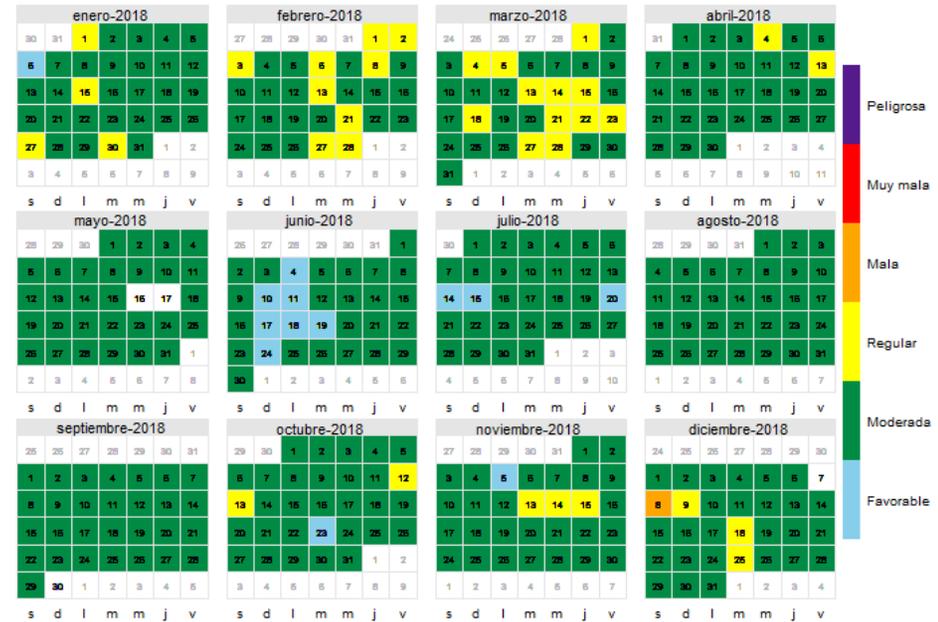
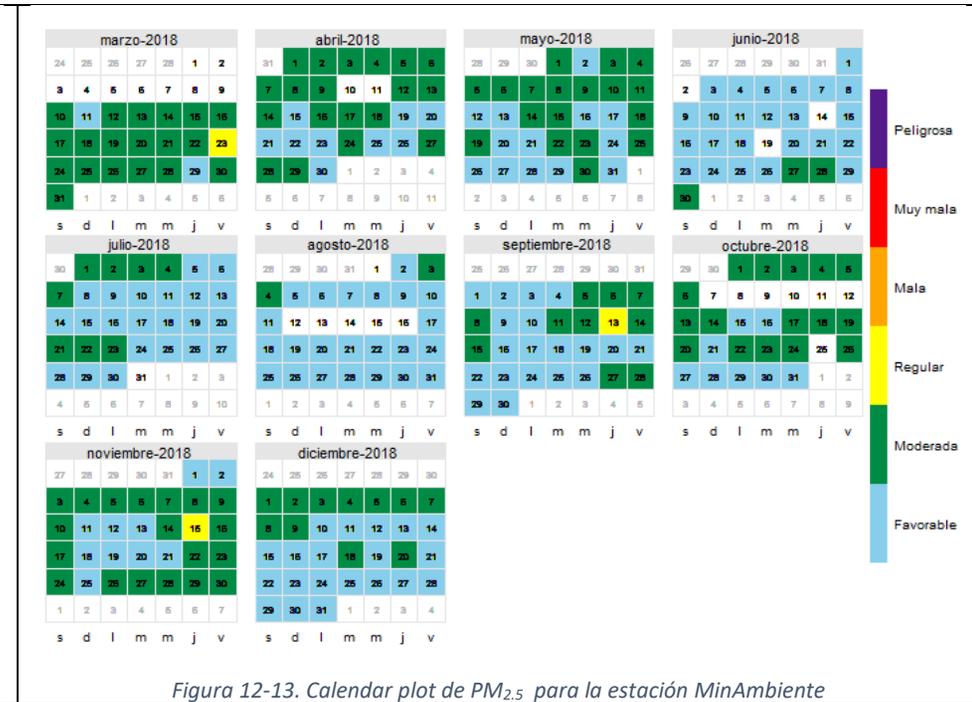
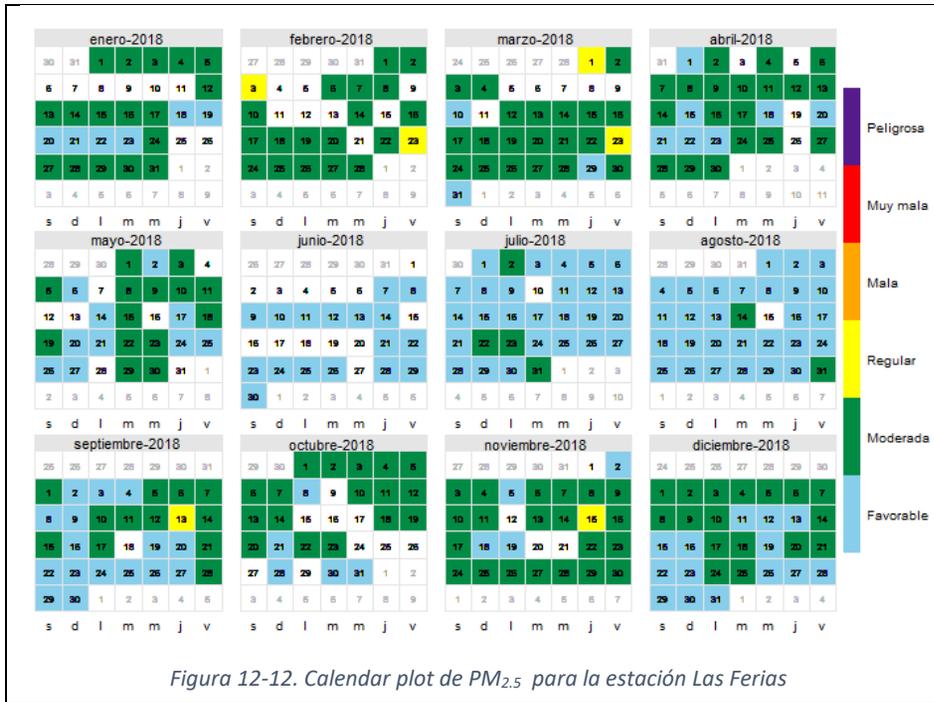
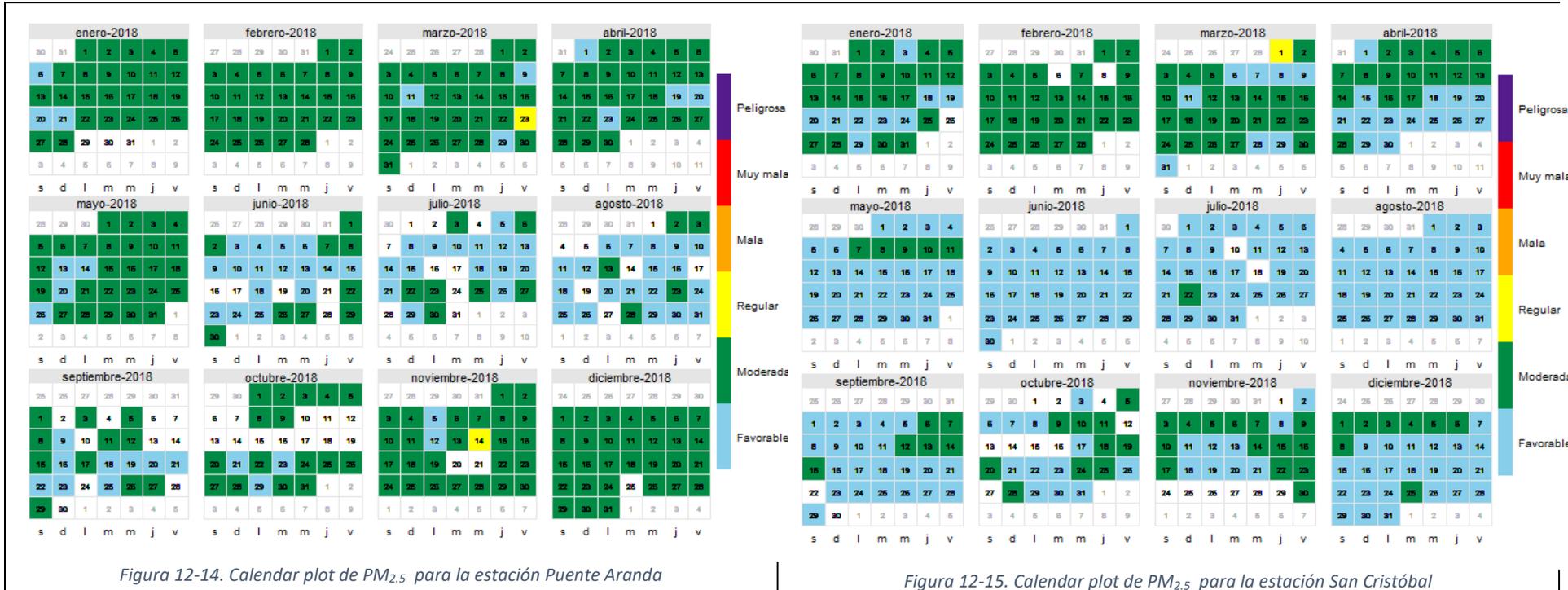


Figura 12-11. Calendar plot de PM_{2.5} para la estación Kennedy

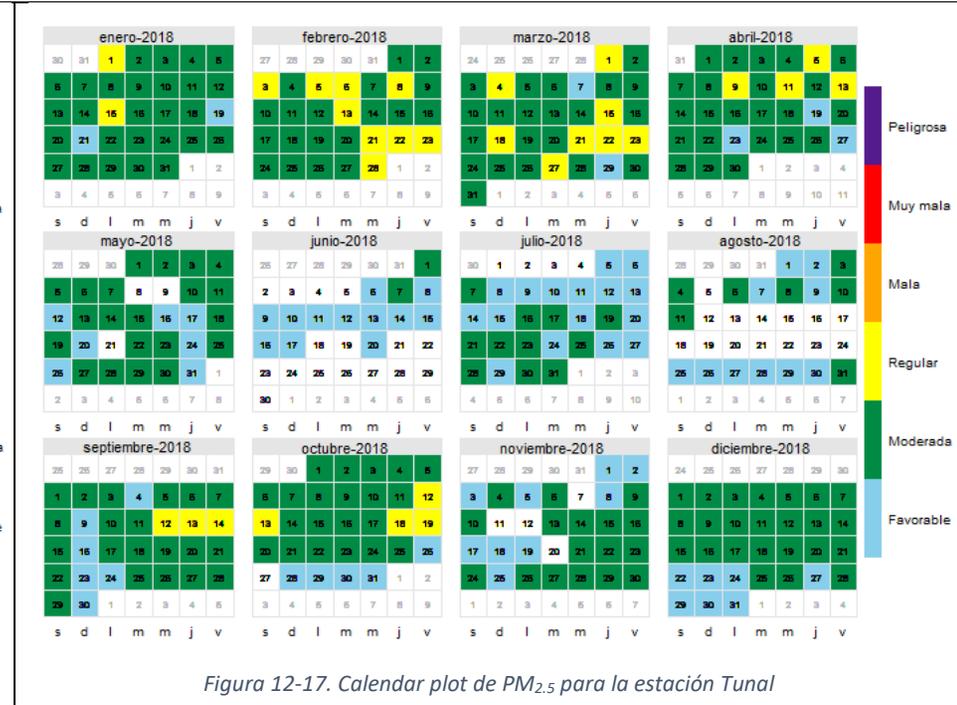
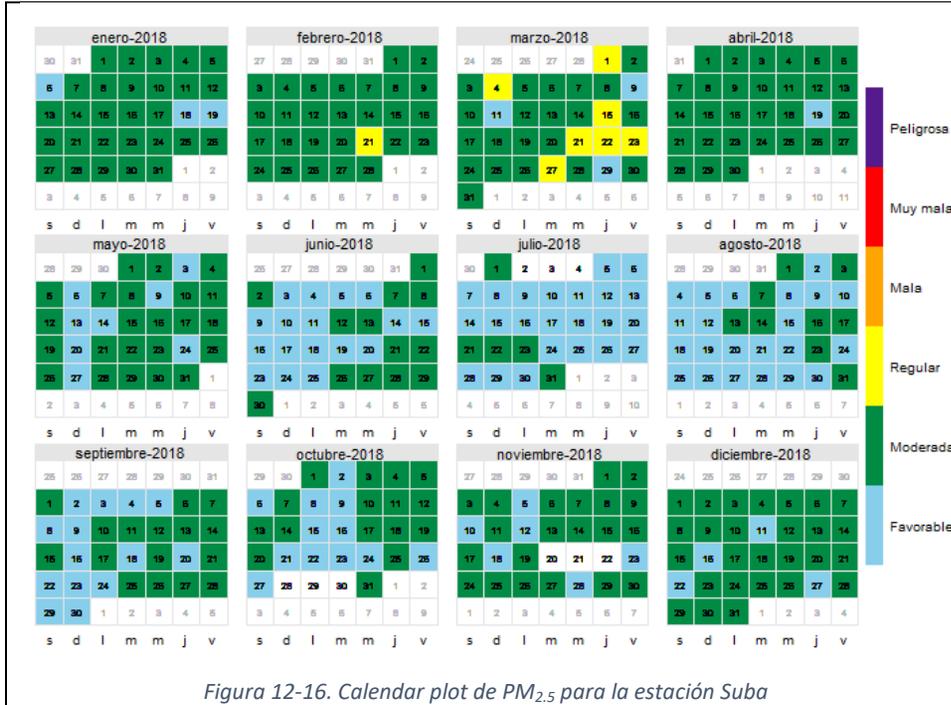
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAV
INFORME ANUAL



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



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



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

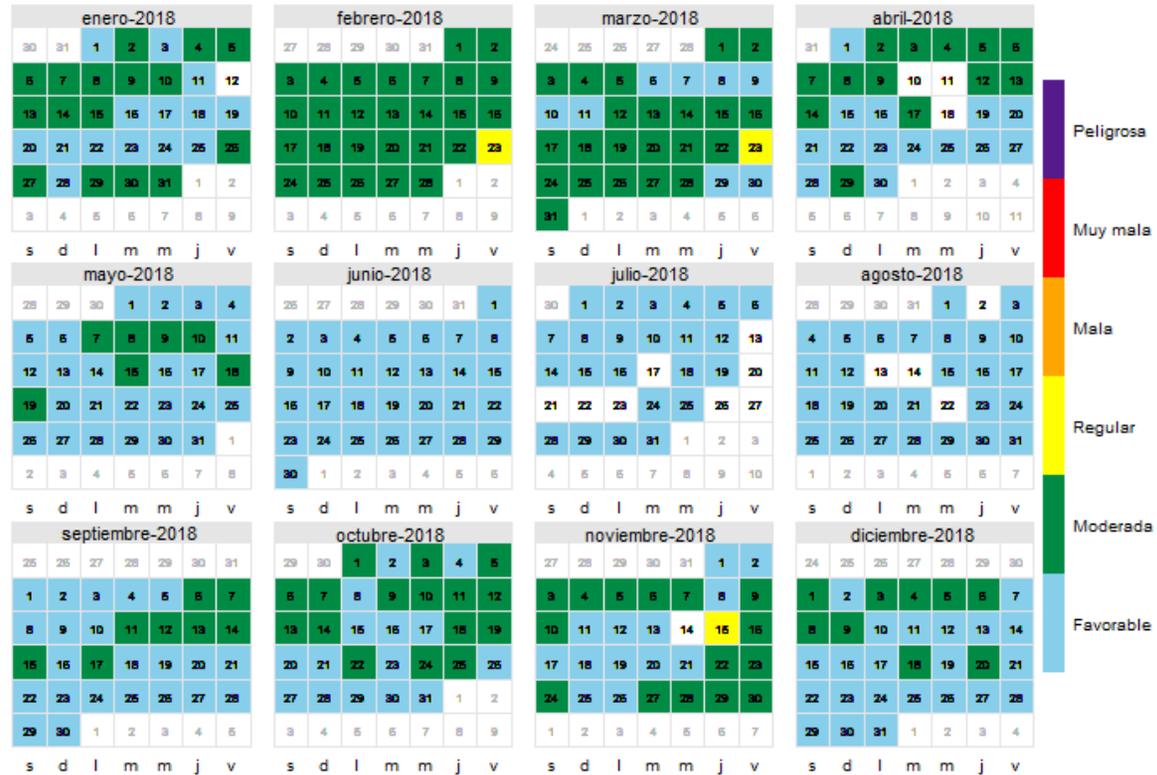


Figura 12-18. Calendar plot de PM_{2.5} para la estación Usaquén

NOTA

El análisis realizado en el presente informe mensual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 1 y el 31 de Diciembre de 2018, y adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido en el procedimiento interno 126PM04-PR84 Generación y Control de Informes de la RMCAB (v. 4.0). Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno 126PM04-PR87 - Validación de datos de la RMCAB (v. 2.0).

Adicionalmente, los procesos de monitoreo de contaminantes en la RMCAB se realizan bajo los siguientes procedimientos internos:

| | |
|------------------------|---|
| 126PM04-PR04 (v. 9.0) | Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá |
| 126PM04-PR101 (v. 5.0) | Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de PM ₁₀ y PM _{2.5} |
| 126PM04-PR102 (v. 4.0) | Monitoreo y revisión rutinaria de la operación de los analizadores de los gases NO _x , SO ₂ , CO y O ₃ |

Elaboró:

Eaking Alberto Ballesteros Urrutia – PROFESIONAL RMCAB - SDA
Edna Lizeth Montealegre Garzón – PROFESIONAL RMCAB - SDA
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez – PROFESIONAL RMCAB - SDA
Edison Yesid Ortiz Durán – PROFESIONAL SIMCAB – SDA
Ana Cecilia Gálvez Lozada - PROFESIONAL SUBDIRECCIÓN DE VIGILANCIA EN SALUD PÚBLICA - SDS
Erika Milena Castillo – PROFESIONAL ESPECIALIZADO - SDS
Pedro Andrés Morales – PROFESIONAL ESPECIALIZADO - SDS

Revisó:

Leonardo Quiñones Cantor – PROFESIONAL ESPECIALIZADO SATAB - SDA
Luis Álvaro Hernández González – PROFESIONAL RMCAB - SDA

Autorizó:

Oscar Alexander Ducuara Falla - SUBDIRECTOR DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL - SDA

FIN DEL INFORME