



INFORME ANUAL CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2012

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá
RM CAB



Bogotá, D.C. 2013

126PM04-PR84-M-A2-V1.0



Gustavo Francisco Petro Urrego
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

María Susana Muhamad González
Secretaría Distrital de Ambiente

Milton Rengifo Hernández
Subsecretaría Distrital de Ambiente

Julio César Pulido Puerto
Director Control Ambiental

Fernando Molano Nieto
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Edgar Alberto Rojas
Profesional Especializado SDA

Giovana Constanza Saavedra Plazas
Mayra Alejandra Lancheros Barragán
Nicolás Cuadros Rubio
Ana María Llorente Valbuena
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Henry Ospino Dávila
Darío Alejandro Gómez Flechas
José Luis López Parra
Norbey Alirio Barahona González
Sandra Milena Cifuentes
Grupo de Operación de la RMCAB

Secretaría Distrital de Ambiente
– SDA –

© Mayo de 2013, Colombia
Informe Anual de la Red de Calidad de Aire de Bogotá D.C.

Año 2012.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

BOGOTÁ
HUMANANA

RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ D.C.

INFORME ANUAL 2012

2012

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN.....	17
1. GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES	19
1.1. INFORMACIÓN SOBRE ESTACIONES Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN	19
1.1.1. ESTACIÓN USAQUÉN (BOSQUE)	19
1.1.2. SAGRADO CORAZÓN	19
1.1.3. ESTACIÓN CARVAJAL (SONY).....	20
1.1.4. ESTACIÓN TUNAL.....	20
1.1.5. ESTACIÓN PARQUE SIMÓN BOLÍVAR (IDRD)	21
1.1.6. ESTACIÓN LAS FERIAS (CARREFOUR).....	21
1.1.7. ESTACIÓN SAN CRISTÓBAL.....	22
1.1.8. ESTACIÓN GUAYMARAL (ESCUELA)	22
1.1.9. ESTACIÓN KENNEDY	23
1.1.10. ESTACIÓN BOLIVIA.....	23
1.1.11. ESTACIÓN SUBA (CORPAS).....	24
1.1.12. ESTACIÓN PUENTE ARANDA.....	24
1.1.13. ESTACIÓN FONTIBÓN.....	25
1.1.14. ESTACIÓN MÓVIL (ACTUAL UBICACIÓN)	25
2. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO	26
2.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS	26
2.1.1. ESTACIÓN	26
2.1.2. PARÁMETRO.....	26
2.2. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS.....	27
2.2.1. ESTACIÓN	27
2.2.2. PARÁMETRO.....	27
3. CALIDAD DEL AIRE	29
3.1. MATERIAL PARTICULADO – MP o PM (PARTICULATE MATTER).....	30
3.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀	30
3.1.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM _{2.5}	43
3.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST	48
3.2. GASES CONTAMINANTES.....	54
3.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO ₂	54
3.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO ₂	62
3.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO	70
3.2.4. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₃	76

3.3.	<i>SÍNTESIS DE RESULTADOS</i>	85
4.	ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE	97
4.1.	<i>ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA PM₁₀</i>	98
4.2.	<i>ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂</i>	100
4.3.	<i>ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA OZONO (O₃), MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)</i>	101
5.	METEOROLOGÍA	103
5.1.	<i>PRECIPITACIÓN</i>	104
5.2.	<i>VIENTOS</i>	124
5.3.	<i>TEMPERATURA SUPERFICIAL</i>	141
5.4.	<i>RADIACIÓN SOLAR</i>	154
5.5.	<i>PRESIÓN ATMOSFÉRICA</i>	158
5.6.	<i>HUMEDAD RELATIVA</i>	161
	GLOSARIO	165
	ANEXOS	172

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PM ₁₀ DURANTE EL 2012	14
FIGURA 2. EPISODIO DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2012. PROMEDIO DIARIO.	14
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD AÑO 2012. FUENTE RMCAB	15
FIGURA 4. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MADRUGADA –2012.	16
FIGURA 5. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA –2012.....	16
FIGURA 6. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA TARDE –2012.	16
FIGURA 7. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA NOCHE –2012.	16
FIGURA 8. GRÁFICA DE PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS POR ESTACIÓN – 2012.	26
FIGURA 9. GRÁFICA DE PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS POR PARÁMETRO – 2012.....	26
FIGURA 10. GRÁFICA DE PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS POR ESTACIÓN – 2012.	27
FIGURA 11. GRÁFICA DE PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS POR PARÁMETRO – 2012.....	28
FIGURA 12. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.	32
FIGURA 13. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL 2012.....	34
FIGURA 14. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL 2012.....	35
FIGURA 15. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	36
FIGURA 16. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	37
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.....	38
FIGURA 18. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	41
FIGURA 19. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR AÑOS.	42
FIGURA 20. CONCENTRACIONES DE PM _{2.5} 24 HORAS DURANTE EL 2012.....	43
FIGURA 21. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM _{2.5} POR DÍAS DE LA SEMANA (SOBRE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2012.....	45
FIGURA 22. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM _{2.5} POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS), DESDE 2009 HASTA 2012.	46
FIGURA 23. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM _{2.5} EN 2012.....	47
FIGURA 24. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM _{2.5} 24 HORAS POR AÑO, DESDE 2009 HASTA 2012.....	48
FIGURA 25. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2012.	49
FIGURA 26. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST POR DÍAS DE LA SEMANA (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	49
FIGURA 27. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	51
FIGURA 28. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PST EN EL 2012 EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL.	52
FIGURA 29. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	52
FIGURA 30. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR AÑOS, DESDE 2005 HASTA 2012.....	53
FIGURA 31. CONCENTRACIÓN DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.....	55
FIGURA 32. CONCENTRACIÓN DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.....	56
FIGURA 33. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO EL AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	57
FIGURA 34. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS, POR MESES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	58
FIGURA 35. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ PARA EL 2012.	59
FIGURA 36. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	61
FIGURA 37. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR AÑOS.....	62
FIGURA 38. CONCENTRACIÓN HORARIA DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.....	63
FIGURA 39. CONCENTRACIÓN DE NO ₂ 24 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	64
FIGURA 40. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	65
FIGURA 41. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	66
FIGURA 42. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.	67

FIGURA 43. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES (BASE 24 HORAS).....	69
FIGURA 44. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR AÑOS.	70
FIGURA 45. CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS HORARIAS DE CO DURANTE EL 2012.....	71
FIGURA 46. CONCENTRACIÓN MÁXIMA Y MEDIA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.....	72
FIGURA 47. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	73
FIGURA 48. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES. 74	74
FIGURA 49. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES, COMPARANDO AÑO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	75
FIGURA 50. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR AÑOS, DESDE 2006 HASTA 2012.	76
FIGURA 51. CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.	77
FIGURA 52. CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2012.	79
FIGURA 53. EPISODIO DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ , EN PPB, PROMEDIO 8 HORAS, 2012.....	80
FIGURA 54. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OZONO EN PPB, AÑO 2012, BASADO EN PROMEDIOS DIARIOS	81
FIGURA 55. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA, COMPARANDO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	82
FIGURA 56. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ PROMEDIO MENSUAL (DESDE BASE DIARIA) COMPARANDO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.....	83
FIGURA 57. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ PROMEDIOS ANUALES (DESDE BASE DIARIO) POR ESTACIONES COMPARANDO 2012 CON AÑOS ANTERIORES.	84
FIGURA 58. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ PROMEDIO ARITMÉTICO DE LAS ESTACIONES (DESDE BASE DIARIA).....	85
FIGURA 59. ICA PARA PM ₁₀ AÑO 2012, PORCENTAJE MENSUAL POR CATEGORÍA.....	98
FIGURA 60. COMPARACIÓN DEL ICA PARA PM ₁₀ AÑOS 2011 – 2012.	99
FIGURA 61. ICA PARA PM ₁₀ POR ESTACIÓN, AÑO 2012.....	99
FIGURA 62. ICA PARA NO ₂ AÑO 2012, PORCENTAJE MENSUAL POR CATEGORÍA.	100
FIGURA 63. COMPARACIÓN DEL ICA PARA NO ₂ , AÑOS 2011 – 2012.....	101
FIGURA 64. ESQUEMATIZACIÓN HORA-MES DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN DEL AEROPUERTO EL DORADO EN BOGOTÁ. FUENTE: IDEAM.....	104
FIGURA 65. COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE NINO REGIÓN 3.4 EN LOS ÚLTIMOS AÑOS. FUENTE IRI.....	105
FIGURA 66. SERIES DE TIEMPO DE ÁREAS PROMEDIADAS PARA LAS ANOMALÍAS EN LA TEMPERATURA EN °C DE LA SUPERFICIE DE OCEANO (SST) PARA LAS REGIONES DEL EL NIÑO [(Niño-1+2(0°-10°S, 90°W- 0°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), Niño-3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W), Niño-4 (150°W-160°E 5°N-5°S). LAS ANOMALÍAS DE SST SON VARIACIONES DE LOS PROMEDIOS SEMANALES DEL PERÍODO BASE DE 1971-2000 TOMADO DE: CENTRO DE PREDICCIONES CLIMATICAS/NCEP/NWS	106
FIGURA 67. SERIE DE TIEMPO DE LAS PRECIPITACIONES PROMEDIO EN ESCALA MENSUAL DESDE AGOSTO DE 1997 HASTA DICIEMBRE DE 2012 PARA LAS ESTACIONES EN FUNCIONAMIENTO DE LA RMCAB.....	107
FIGURA 68. SERIE DE TIEMPO PRECIPITACIÓN 2012. FUENTE RMCAB	108
FIGURA 69 ACUMULADO PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES ACTIVAS DE LA RMCAB DEL PERIODO 1998-2011 COMPARADA CON EL PROMEDIO DE LOS DE 2012. FUENTE RMCAB.....	109
FIGURA 70. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE LA RMCA EN EL II TRIMESTRE DESDE 1998 HASTA 2012. FUENTE RMCAB	110
FIGURA 71. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN EN EL II TRIMESTRE DESDE 1999 HASTA 2012. FUENTE RMCAB.....	110
FIGURA 72. DÍAS DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LA RMCAB DEL PERIODO AMJ DE 1998-2011 COMPARADA CON EL PROMEDIO PARA EL II TRIMESTRE DE 2012. FUENTE RMCAB	111
FIGURA 73. PROMEDIO DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCA PARA EL I Y II TRIMESTRE DESDE 1998 HASTA 2012. FUENTE RMCAB	112
FIGURA 74. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DESE 1998 HASTA 2012 PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	112
FIGURA 75. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE CADA ESTACIÓN EN EL ÚLTIMO TRIMESTRE DE 2012. FUENTE. RMCAB.....	114
FIGURA 76. DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE CADA ESTACIÓN DURANTE LOS TRIMESTRES DE 2012. FUENTE. RMCAB	115
FIGURA 77. ACUMULADOS HORARIOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL II TRIMESTRE DE 2012 Y SU COMPARACIÓN CON EL PROMEDIO 1998-2010.....	116
FIGURA 78. PRECIPITACIÓN ACUMULADA HORARIA PROMEDIO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB	117
FIGURA 79. PRECIPITACIÓN ACUMULADA HORARIA PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	119

FIGURA 80. MAPA DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2012. FUENTE RMCAB.....	120
FIGURA 81. MAPA DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL TRIMESTRE AMJ DEL AÑO 2012. FUENTE RMCAB	121
FIGURA 82. MAPAS DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL PRIMER SEMESTRE DE 2012. FUENTE RMCAB.....	123
FIGURA 83. SERIE DE TIEMPO EN RESOLUCIÓN MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL PROMEDIO DE LAS ESTACIONES ACTIVAS DE LA RMCAB	125
FIGURA 84. SERIE DE TIEMPO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO HORARIA PARA EL PRIMER SEMESTRE DE 2012 EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	125
FIGURA 85. FRECUENCIAS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2012 Y SU COMPARACIÓN CON EL MISMO PERIODO EN EL PROMEDIO 1998 – 2011.	130
FIGURA 86. ROSA DE LOS VIENTOS Y PORCENTAJE DE FRECUENCIAS DE DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	133
FIGURA 87. VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA EN 2012. FUENTE RMCAB.	134
FIGURA 88. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO DE BOGOTÁ PARA 2012	135
FIGURA 89 . PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA DISTINTAS HORAS EN 2012. FUENTE RMCAB. ..	136
FIGURA 90. PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LA MADRUGADA DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2012. FUENTE RMCAB.....	137
FIGURA 91. PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LA MAÑANA DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2012. FUENTE RMCAB	138
FIGURA 92 PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LA TARDE DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2012. FUENTE RMCAB	139
FIGURA 93. PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LA NOCHE DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2012. FUENTE RMCAB	140
FIGURA 94. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 1998-2011 Y SU COMPARACIÓN CON EL 2012. FUENTE RMCAB.....	142
FIGURA 95. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 1998- 2012. FUENTE RMCAB.....	143
FIGURA 96. COMPORTAMIENTO HORARIO PROMEDIO EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	144
FIGURA 97. TEMPERATURA A 2, 8 Y 20 M DE LA ESTACIÓN DE GUAYMARAL Y DIFERENCIAS DE TEMPERATURAS ENTRE 8 – 2 M Y 20 – 2 M. FUENTE RMCAB.	145
FIGURA 98. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PARA CADA HORA EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA 2012. FUENTE RMCAB.....	146
FIGURA 99. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS 4 TRIMESTRES PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2012. FUENTE RMCAB.	148
FIGURA 100. MAPA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL II TRIMESTRE DE 2012. FUENTE RMCAB	149
FIGURA 101. TEMPERATURAS PROMEDIO PARA CADA TRIMESTRE DE 2012.....	150
FIGURA 102. TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL PARA EL I SEMESTRE DE 2012.....	151
FIGURA 103. TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL PARA EL II SEMESTRE DE 2012.....	152
FIGURA 104. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	153
FIGURA 105. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA TRIMESTRAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB	154
FIGURA 106. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2006- 2011 Y SU COMPARACIÓN CON 2012. FUENTE RMCAB	155
FIGURA 107. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORARIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2012 Y EL PROMEDIO 2006-2011. FUENTE RMCAB	156
FIGURA 108. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA RADIACIÓN PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	156
FIGURA 109. COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN EN LAS ESTACIONES A NIVEL HORARIO. FUENTE RMCAB	157
FIGURA 110. ACUMULADO DE RADIACIÓN DESDE LAS 6 HASTA LAS 18 HRS, 2012.....	157
FIGURA 111. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PARA CADA HORA EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2012. FUENTE RMCAB	158
FIGURA 112. SERIE DE PRESIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2012. FUENTE RMCAB	159
FIGURA 113. GRÁFICA DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA PARA CADA HORA EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2012. FUENTE RMCAB.....	160
FIGURA 114. PRESIÓN ATMOSFÉRICA MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.	160

FIGURA 115. COMPARACIÓN DE LA PRESIÓN EN LOS TRIMESTRES PARA CADA ESTACIÓN DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB	161
FIGURA 116. SERIE DE HUMEDAD RELATIVA PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2012. FUENTE RMCAB.....	162
FIGURA 117. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL MEDIA DEL PERIODO 1997-2009 Y SU COMPARACIÓN CON LOS MESES DE 2012. FUENTE RMCAB.....	162
FIGURA 118. HUMEDAD RELATIVA DE LOS DOS PRIMEROS TRIMESTRES EN EL PERIODO 2006-2012. FUENTE RMCAB.	163
FIGURA 119. PROMEDIO HORARIO DE LA HUMEDAD EN EL PERIODO 2002-2011 Y SU COMPARACIÓN CON EL AÑO 2012.	163
FIGURA 120. GRÁFICA DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA CADA HORA EN 2012 DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	164
FIGURA 121. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB, SENSORES METEOROLÓGICOS.	173
FIGURA 122. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB Y ANALIZADORES DE CONTAMINANTES.....	174

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE EllAS.....	29
TABLA 2. RESUMEN DE DATOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	32
TABLA 3. MEDIANA DEL CONTAMINANTE PM ₁₀ PARA CADA DÍA DE LA SEMANA COMPARANDO DISTINTOS AÑOS.....	36
TABLA 4. MEDIANA DEL CONTAMINANTE PM ₁₀ PARA CADA MES COMPARANDO DISTINTOS AÑOS.	37
TABLA 5. RESUMEN DE PROMEDIOS ANUALES DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN PARA EL 2012.	39
TABLA 6. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO. ⁵	40
TABLA 7. MEDIANA DE LOS DATOS DE PM ₁₀ POR ESTACIONES, DE 2009 A 2012.....	42
TABLA 8. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS 24 HORAS. ⁵	43
TABLA 9. RESUMEN DE DATOS 24 HORAS DE PM _{2.5} POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	44
TABLA 10. MEDIANA DEL CONTAMINANTE PM _{2.5} PARA CADA DÍA DE LA SEMANA COMPARANDO DISTINTOS AÑOS.....	45
TABLA 11. RESUMEN DE DATOS ANUALES DE PM _{2.5} POR ESTACIÓN PARA EL 2012.	47
TABLA 12. RESUMEN DE DATOS DE PST POR ESTACIÓN PARA EL 2012.....	49
TABLA 13. RESUMEN DE DATOS ANUALES DE PST PARA EL 2012.....	51
TABLA 14. RESUMEN DE DATOS DE SO ₂ 3 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL 2012.....	55
TABLA 15. RESUMEN DE PROMEDIOS 24 HORAS DE SO ₂ POR ESTACIÓN PARA EL 2012.	57
TABLA 16. RESUMEN DE PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂ POR ESTACIÓN PARA EL 2012.	60
TABLA 17. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	60
TABLA 18. RESUMEN DE DATOS HORARIOS DE NO ₂ POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.	63
TABLA 19. RESUMEN DE DATOS 24 HORAS DE NO ₂ POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	64
TABLA 20. RESUMEN DE DATOS ANUALES DE NO ₂ POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.	67
TABLA 21. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS ANUALES, CALCULADO A 31 DE DICIEMBRE DE 2012.	68
TABLA 22. RESUMEN DE DATOS HORARIOS DE CO POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	71
TABLA 23. RESUMEN DE DATOS DE CO POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.	72
TABLA 24. RESUMEN DE DATOS DE O ₃ POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2012.....	77
TABLA 25. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL 2012.	78
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM ₁₀), AÑO 2012.	87
TABLA 27. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM _{2.5}), AÑO 2012.	88
TABLA 28. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2012.....	88
TABLA 29. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2012.	88
TABLA 30. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS, AÑO 2012.	89
TABLA 31. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS, AÑO 2012.	90
TABLA 32. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ , AÑO 2012.	91
TABLA 33. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS, AÑO 2012.	92
TABLA 34. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO, AÑO 2012.....	93
TABLA 35. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS, AÑO 2012.....	94
TABLA 36. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃ , AÑO 2012.....	95
TABLA 37. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS, AÑO 2012.....	96
TABLA 38. PUNTOS DE CORTE DEL ICA SEGÚN LA EPA	97
TABLA 39. ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES METEOROLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE EllAS. FUENTE RMCAB.....	103
TABLA 40. REPRESENTATIVIDAD MENSUAL (%) DE LA VARIABLE PRECIPITACIÓN 2012	108
TABLA 41. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL I SEMESTRE DE 2012 COMPARADA CON EL PERIODO 1998 – 2011	109
TABLA 42. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN PARA EL 2012 COMPARADA CON EL PERIODO 1998 – 2011.....	111
TABLA 43. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 HASTA 2012 Y SU RESPECTIVO ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN. FUENTE RMCAB.....	113
TABLA 44. DÍAS DE LLUVIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 HASTA 2012 FUENTE RMCAB.....	114
TABLA 45. PROMEDIO DE LLUVIA DIARIA EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 HASTA 2012, EN MM/DÍA. FUENTE RMCAB	115
TABLA 46. VALORES PROMEDIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	125

TABLA 47. VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	126
TABLA 48. VELOCIDADES DE VIENTO MENSUALES PROMEDIO ENTRE LAS 1-6, 7-12, 13-18 Y 19-24 HRS EN EL SEGUNDO TRIMESTRE DE 2012	127
TABLA 49. REPRESENTATIVIDAD MENSUAL (%) DE LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS PRECIPITACIÓN 2012.....	130
TABLA 50. REPRESENTATIVIDAD MENSUAL (%) DE LA VARIABLE TEMPERATURA 2012.....	141
TABLA 51. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA TEMPERATURA MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ EN 2012	142
TABLA 52. PROMEDIOS DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2000-2012. FUENTE RMCAB.....	143
TABLA 53. TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN 2012 Y SU PROMEDIO. FUENTE RMCAB.....	146
TABLA 54. TEMPERATURAS MÍNIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN 2012 Y SU PROMEDIO. FUENTE RMCAB.....	147
TABLA 55. AMPLITUD TÉRMICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2012.	147
TABLA 56. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ EN 2012.	155
TABLA 57. PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA CON RESPECTO A LOS PROMEDIOS DE LOS MESES HISTÓRICOS	163
TABLA 58. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	175
TABLA 59. ESCALA DE PRECIPITACIÓN	176
TABLA 60. ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT	176

En cuanto al promedio anual de PM₁₀, éste superó la norma (50 µg/m³) en las estaciones Suba, Kennedy y Carvajal. La norma diaria de 100 µg/m³ empezó a regir a partir del 2011.

Por otro lado, el PST contó con un analizador ubicado en la estación Carvajal (Sector Suroccidental). Para esta estación se obtuvo un promedio anual de PST de 130 µg/m³, valor que supera la norma anual (100 µg/m³). En cuanto a la norma 24 horas (300 µg/m³) no se presentaron excedencias durante el 2012.

En cuanto a los gases contaminantes, se resalta que el SO₂ nunca excedió los límites permisibles para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales y sigue consolidando un comportamiento caracterizado por la disminución.

El monitoreo del NO₂ permitió establecer que la estación Kennedy registró las mayores concentraciones promedio (teniendo en cuenta las estaciones que alcanzan representatividad del 75%). Los promedios horarios, 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad.

Los registros de concentraciones de CO permiten determinar que éste contaminante se encuentra en bajas concentraciones en la ciudad, pues los datos no superan los valores de la norma horaria ni octohoraria.

Finalmente, para O₃ en el 2012 se registraron concentraciones que superaron los límites máximos establecidos en la norma horaria y octohoraria. Las excedencias se presentaron en todas las estaciones que monitorearon este contaminante, exceptuando Carvajal y Tunal. Es importante resaltar que los límites nacionales establecidos son inferiores a los aceptados por agencias ambientales internacionales.

Respecto a las variaciones de las condiciones meteorológicas en la ciudad de Bogotá durante el año 2012, la precipitación se registró en once (11) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros y el registro es suficiente para el reporte anual. Los datos recolectados en cada una de las estaciones permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. En la Figura 3 se observa que el nivel de precipitación se divide en 10 clases partiendo como dato mínimo 395 mm y máximo 727 mm. Los sectores en gris, principalmente al Oriente y Sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica, altura, entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación. Se puede observar que la estación de Fontibón que abarca la localidad de su mismo nombre y algunos sectores de Kennedy presentan los menores acumulados de precipitación. Los mayores acumulados se encuentran en el sector Nororiental y Centro hacia Barrios Unidos, Chapinero y Usaquén, representados por las estaciones de Parque Simón Bolívar y Usaquén.

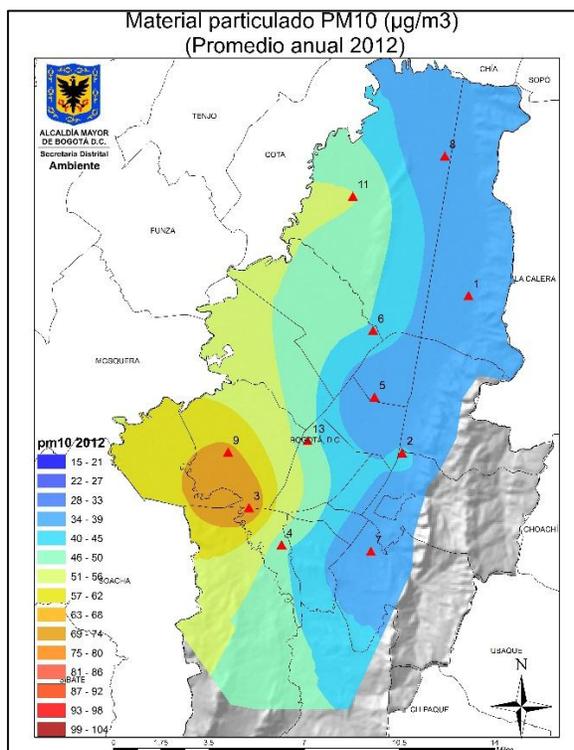


Figura 1. Distribución de la concentración promedio de PM_{10} durante el 2012

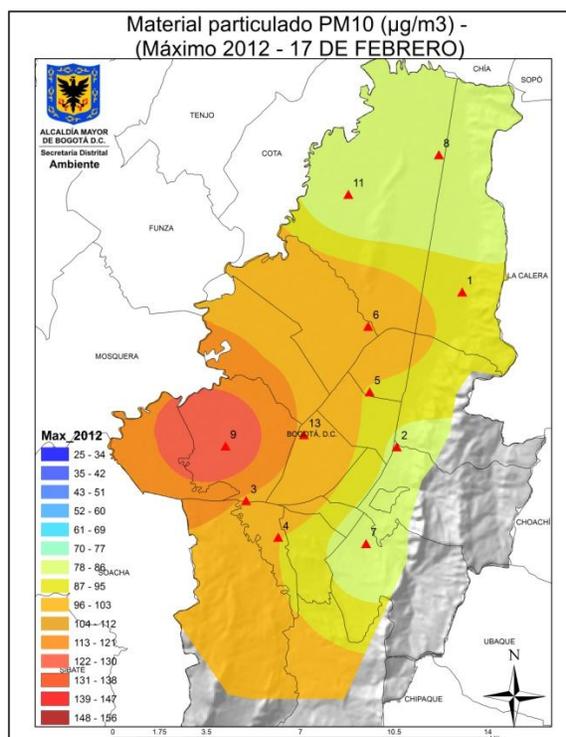


Figura 2. Episodio de máxima concentración PM_{10} durante el año 2012. Promedio diario.

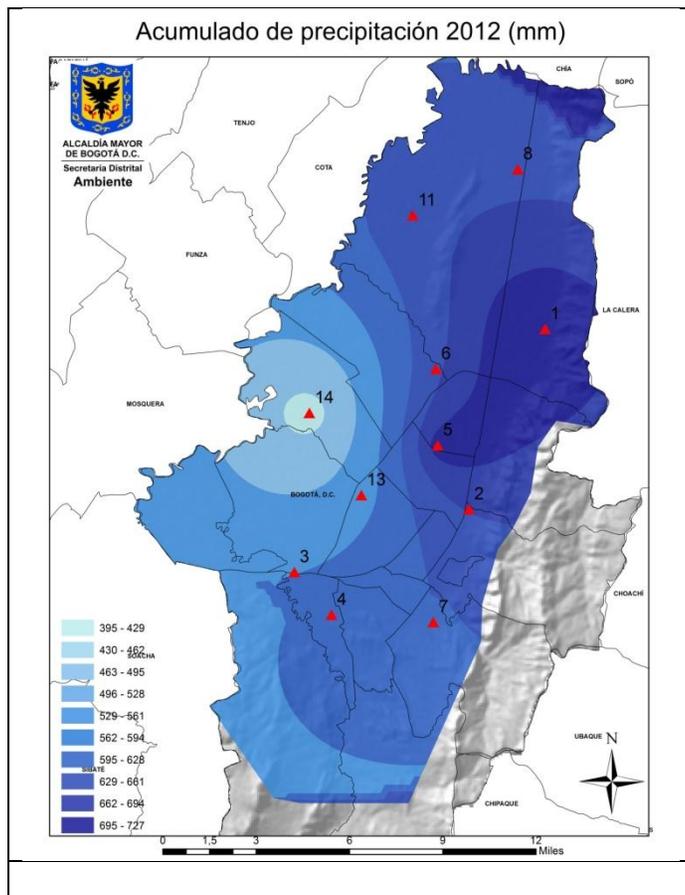


Figura 3. Distribución de las lluvias en la ciudad año 2012. Fuente RMCAB

En las Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se resume el comportamiento de los vientos para el año 2012. Durante todos los intervalos horarios en el sector Sur los vientos fueron predominantes del Sur – Sureste, el sector Occidental presenta una significativa confluencia de vientos provenientes del Noroeste y del Sureste en horas de la madrugada y mañana mientras que en las tardes y noches predominaron del Sur. En el Norte, los vientos se presentaron del Norte en las mañanas y del Este en las tardes mientras que al Oriente predominaron del Este - Sureste. Velocidades máximas en horas de las tardes que alcanzaron en promedio los 4 m/s al Occidente y las menores en las madrugadas, al Oriente.

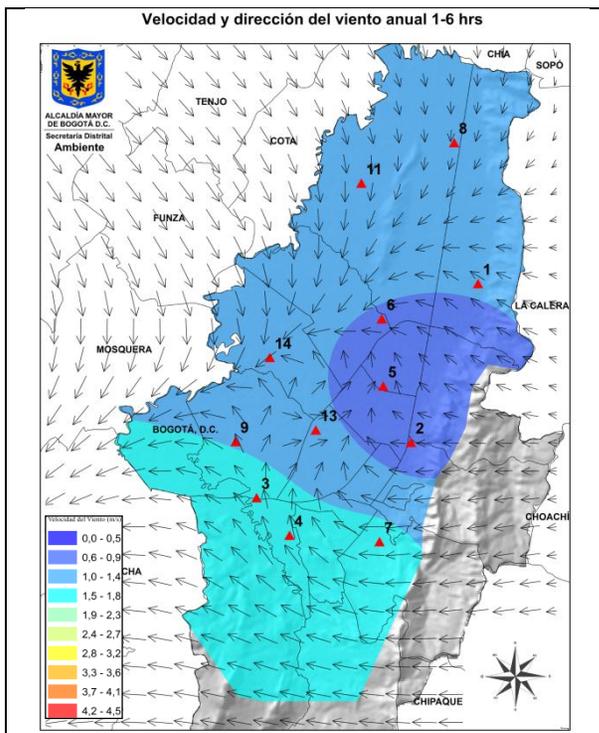


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la madrugada –2012.

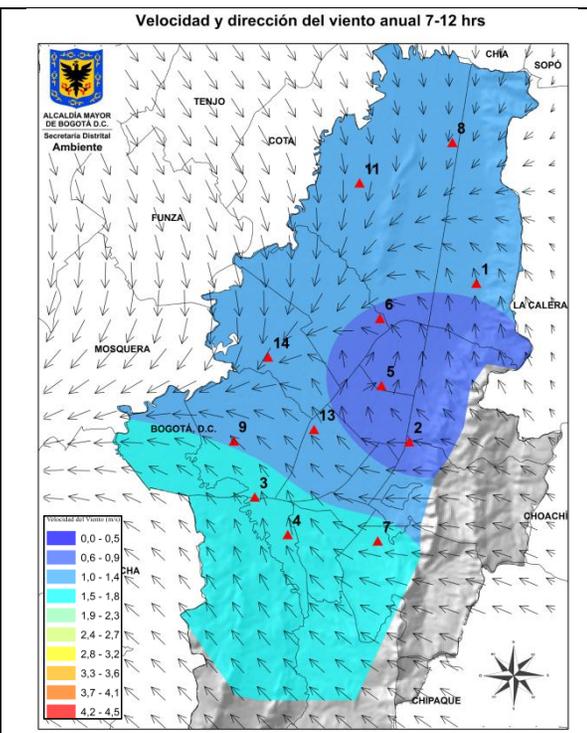


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la mañana –2012.

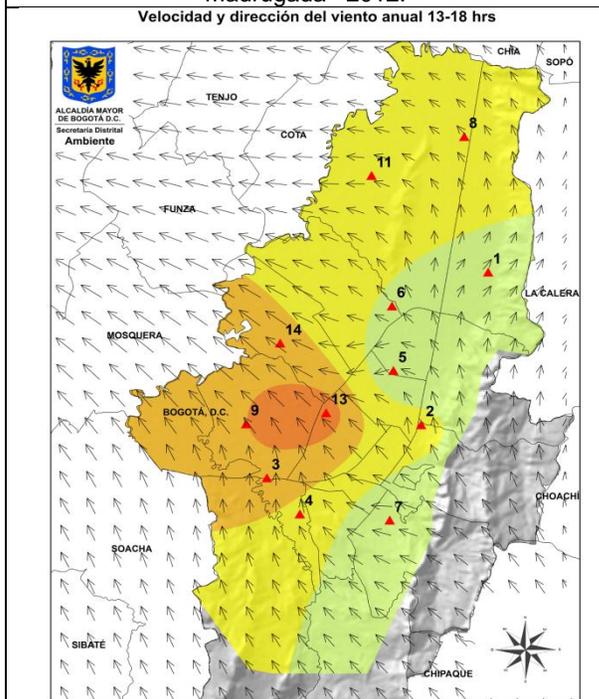


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante la tarde –2012.

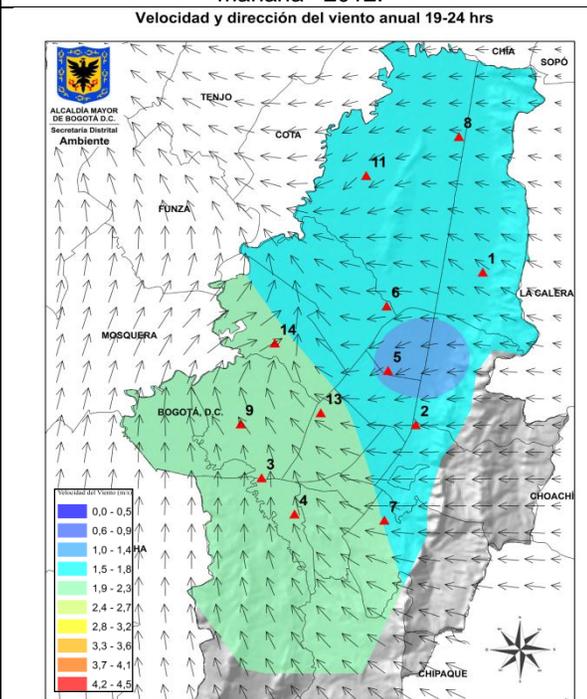


Figura 7. Flujo de vientos promedio durante la noche –2012.

INTRODUCCIÓN

El Distrito Capital cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, que permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes de origen antropogénico y natural y el comportamiento de los factores meteorológicos que regulan el transporte de los mismos en la atmósfera. Los datos recolectados en distintos sitios de la ciudad se reciben en una estación central y se someten a un proceso de validación y posterior análisis con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en Bogotá dados por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y la Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

La RMCAB desde 2008 modernizó su estructura, que involucró el cambio de software de manejo de datos, el reemplazo de los equipos que tenían más de 10 años de funcionamiento, la instalación de nuevos equipos para ampliar el monitoreo de los contaminantes en los diferentes sitios de la ciudad y la adquisición de una unidad móvil que comenzó a operar en el mes de noviembre de 2008 en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud. Desde finales del 2011 y hasta la fecha esta unidad móvil está siendo usada para evaluar las condiciones de calidad del aire en los corredores de transporte público en Bogotá, objeto de un convenio interadministrativo (176 de 2010) entre TRANSMILENIO, IDEAM, y la SDA. Para el 2010 la RMCAB había sumado 15 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM_{10} , PST, $PM_{2.5}$), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO, O_3) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

El presente informe contiene en el primer capítulo el análisis del comportamiento de cada uno de los contaminantes durante el periodo en cuestión y la tendencia de estos en los últimos años. En el segundo capítulo se presenta el comportamiento del índice de calidad del aire que persigue la protección de grupos sensibles. En el tercer capítulo se presenta información meteorológica que contempla la precipitación, la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la radiación solar, la humedad relativa y la presión barométrica, lo que permite establecer las condiciones meteorológicas que influyeron en la dispersión de los contaminantes.

Para tener una idea del comportamiento que tienen los contaminantes, se hace un análisis exploratorio de los datos, una forma sencilla para observar si los valores que toman las variables son muy diferentes (medianas, *outliers*), tienen simetría, localización y como se distribuyen los datos, es con un gráfico de *Box-Plot*. En cada contaminante se presentarán tres distintos *Box-Plot*, los cuales muestran el comportamiento entre los terceros trimestres de los años 2005 al 2012 y días de la semana, meses y por último estaciones.

Para generar las bases de datos se tomó como criterio el porcentaje de datos por años; en el 2005 como mínimo se debe reportar el 70% de los datos para cada estación, en los años restantes se tomó como base el 75%.

Es importante tener en cuenta que todos los años no se tienen las mismas estaciones, ni un mismo contaminante en ocasiones es medido con la misma intensidad en todos los años. A continuación se plasmará el análisis para cada uno de los contaminantes.

El glosario con la terminología utilizada se ubica después del capítulo cuatro y posteriormente se encuentran los anexos que incluyen información sobre las características de la configuración de la RMCAB y la localización geográfica de las estaciones de monitoreo, así como las características de las zonas donde se ubica cada una de las estaciones, la normatividad vigente que se utiliza como referencia para evaluar las concentraciones de los contaminantes en el aire y las escalas utilizadas para estudiar los diferentes parámetros meteorológicos.

1. GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES

1.1. INFORMACIÓN SOBRE ESTACIONES Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Las estaciones utilizadas por la Secretaría Distrital de Ambiente, las cuales se encuentran a cargo de la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual y que conforman la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB pueden ser consultadas en la página web www.ambientebogota.gov.co. A continuación se presenta una descripción de cada una de las estaciones.

1.1.1. ESTACIÓN USAQUÉN (BOSQUE)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		1 (estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Carrera 7 B Bis # 132 – 11	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°42' 37.26"	Longitud: 74°1' 49.5"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		Entorno de fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM _{2.5}	Thermo Scientific FH62C14-DHS	Atenuación Beta
	O ₃	Ecotech 9811	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de infrarrojo
Localización del punto de toma de muestra		Azotea	
Altura del punto de toma de muestra		21.0 m	
Altura de meteorológicos		23,0 m	

1.1.2. SAGRADO CORAZÓN

Código Asignado a la estación en la RMCAB		2 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Calle 37 No 8-40	
Coordenadas geográficas		Latitud: 4°37'31.98"	Longitud: 74°4' 0.72"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Ecotech 9811	Fotómetro UV no dispersivo
Localización del punto de toma de muestra			
Altura del punto de toma de muestra		10.0 m	
Altura de meteorológicos		10.0 m	

1.1.3. ESTACIÓN CARVAJAL (SONY)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		3 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Autopista Sur N° 63 – 40	
Coordenadas geográficas		Latitud: 4°35' 44.22"	Longitud: 74°8' 54.9"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		Industrial	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PST	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Teledyne API 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Teledyne API 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Teledyne API 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Teledyne API 200E	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra		Azotea	
Altura del punto de toma de muestra		10.0 m	
Altura de meteorológicos		10.0 m	

1.1.4. ESTACIÓN TUNAL

Código Asignado a la estación en la RMCAB		4 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Carrera 24 N° 49 – 86 Sur	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04° 34'34,62"	Longitud: 74° 7' 51.48"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		Entorno de Fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM _{2.5}	Thermo Scientific FH62C14-DHS	Atenuación Beta
	O ₃	Teledyne API 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	DASIBI	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Teledyne API 200E	Quimioluminiscencia
	Hidrocarburos	Thermo Scientific	
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.5. ESTACIÓN PARQUE SIMÓN BOLÍVAR (IDRD)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		5 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Calle 63 N° 47 – 06	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°39'30.48"	Longitud: 74°5' 2.28"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM _{2,5}	Thermo Scientific FH62C14	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Ecotech EC 9830	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,6 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.6. ESTACIÓN LAS FERIAS (CARREFOUR)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		6 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Av. Calle 80 N° 69Q – 50 (antigua Calle 81 68 – 50)	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°41'26.52"	Longitud: 74°4' 56.94"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM _{2,5}	Thermo Scientific FH62C14	Atenuación Beta
	O ₃	Ecotech ML9811	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Ecotech EC 9830	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Thermo Scientific	Fluorescencia Pulsada
		NO ₂	Ecotech 9841
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.7. ESTACIÓN SAN CRISTÓBAL

Código Asignado a la estación en la RMCAB		7 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Diagonal 13 con Carrera 3G Este	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04° 34'21.54"	Longitud: 74° 5' 1.68"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.8. ESTACIÓN GUAYMARAL (ESCUELA)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		8 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		AV Carrera 45 N° 205 – 59 (antigua Autopista Norte Km. 13)	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°47'1.44"	Longitud: 74°2' 37.62"
Tipo de Zona		Rural	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	NO ₂	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
	Hidrocarburos	Thermo Scientific	
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.9. ESTACIÓN KENNEDY

Código Asignado a la estación en la RMCAB		9 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Cr 80 # 40-55 Sur	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04° 37'30.18"	Longitud: 74°9' 40.8"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM _{2,5}	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		7,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.10. ESTACIÓN BOLIVIA

Código Asignado a la estación en la RMCAB		10 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Avenida Calle 80 # 121 – 98	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°44'9.12"	Longitud: 74°7' 33.18"
Tipo de Zona		Suburbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
Localización del punto de toma de muestra		Zona verde	
Altura del punto de toma de muestra		4,6 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

1.1.11. ESTACIÓN SUBA (CORPAS)

Código Asignado a la estación en la RMCAB	11 (Estación fija)		
Tipo de SVCA	Automática		
Ubicación	Carrera 111 # 159A-61		
Coordenadas geográficas	Latitud: 04°45'40.86"	Longitud: 74°5'36.54"	
Tipo de Zona	Suburbana		
Tipo de Estación	De fondo		
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Ecotech ML9811	Fotómetro UV no dispersivo
	SO ₂	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra	Azotea		
Altura del punto de toma de muestra	10,3 m		
Altura de meteorológicos	12,3 m		

1.1.12. ESTACIÓN PUENTE ARANDA

Código Asignado a la estación en la RMCAB	13 (Estación fija)		
Tipo de SVCA	Automática		
Ubicación	Calle 10 # 65-28		
Coordenadas geográficas	Latitud: 4°37'54.36"	Longitud: 74°7' 2.94"	
Tipo de Zona	Urbana		
Tipo de Estación	De fondo		
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra	Azotea		
Altura del punto de toma de muestra	24,0 m		
Altura de meteorológicos	26,0 m		

1.1.13. ESTACIÓN FONTIBÓN

Código Asignado a la estación en la RMCAB		14 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		Carrera 96G N° 17B – 49 (antigua Carrera 95 N° 24 – 49)	
Coordenadas geográficas		Latitud: 04°40'12.36"	Longitud: 74°8' 29.58"
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		De fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
Localización del punto de toma de muestra		Azotea	
Altura del punto de toma de muestra		14,0 m	
Altura de meteorológicos		16,0 m	

1.1.14. ESTACIÓN MÓVIL (ACTUAL UBICACIÓN)

Código Asignado a la estación en la RMCAB		12 (Estación fija)	
Tipo de SVCA		Automática	
Ubicación		De acuerdo a las necesidades del convenio No 176-2010.	
Coordenadas geográficas		Latitud:	Longitud:
Tipo de Zona		Urbana	
Tipo de Estación		Entorno de fondo	
Equipos	Parámetro	Nombre	Principio Analítico
	PM ₁₀	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O ₃	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO ₂	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO ₂	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
	Hidrocarburos	DANI	
Localización del punto de toma de muestra		Patio	
Altura del punto de toma de muestra		4,0 m	
Altura de meteorológicos		10,0 m	

2. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO

2.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

2.1.1. ESTACIÓN

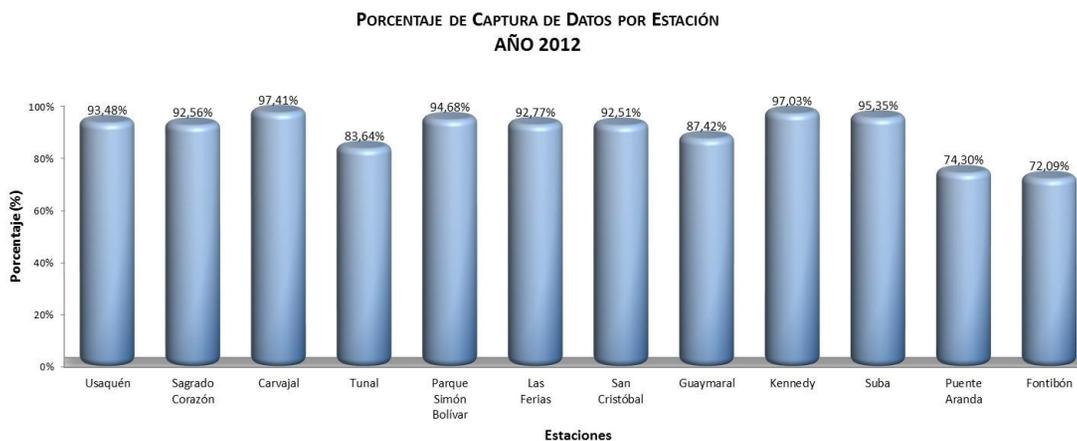


Figura 8. Gráfica de porcentaje de captura de datos por estación – 2012.

Se recolectaron aproximadamente el 89% de los datos posibles de recibir durante el periodo.

2.1.2. PARÁMETRO

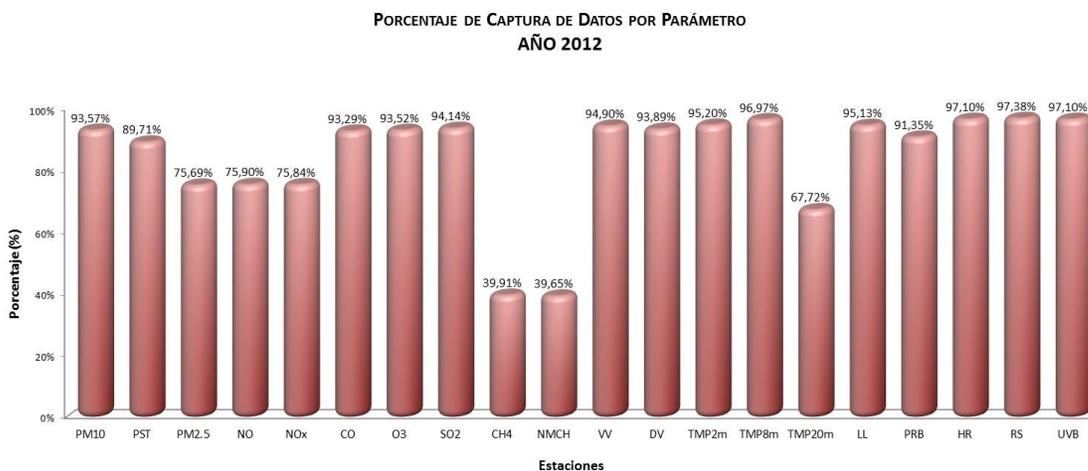


Figura 9. Gráfica de porcentaje de captura de datos por parámetro – 2012.

Como se aprecia en la figura anterior los porcentajes más bajos de recuperación de datos se tienen en los parámetros de hidrocarburos metánicos y no metánicos, Temperatura a 20m, NO y NO_x. Es de tener en cuenta que esto se debe a que se presentaron continuas fallas técnicas en estos equipos que obligaron a mantenerlos en estado apagado en varias estaciones, alterando de esta manera el porcentaje de captura de datos.

2.2. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS

2.2.1. ESTACIÓN

Para el año se logra un porcentaje de datos válidos del 79.44% a nivel general dentro de la RMCAB. El mínimo establecido para tener la representatividad de los datos es del 75%.

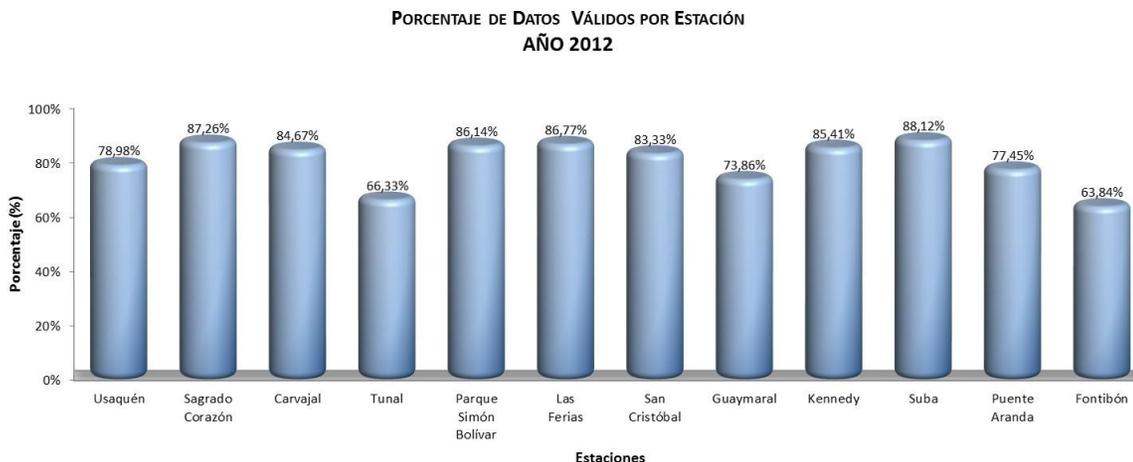


Figura 10. Gráfica de porcentaje de datos válidos por estación – 2012.

2.2.2. PARÁMETRO

En cuanto a los equipos es importante señalar las siguientes situaciones:

- PM_{2.5}: Los equipos de marca Thermo para este parámetro, con que cuenta la Red, se encuentran en proceso de revisión e intercomparación por ello el porcentaje para este parámetro es bajo.
- CH₄ y NMCH: Como son series que se iniciaron recientemente los datos se encuentran en observación, por ello el porcentaje de datos válidos para este parámetro es 0.

**PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS POR PARÁMETRO
 AÑO 2012**

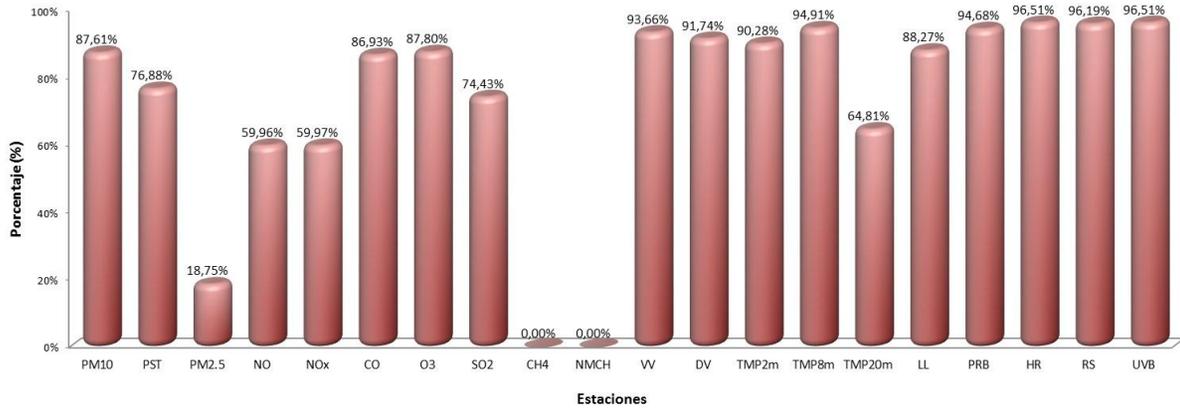


Figura 11. Gráfica de porcentaje de datos válidos por parámetro – 2012.

3. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en tres secciones: la primera contiene el análisis del material particulado que incluye el PM₁₀, el PST y el PM_{2.5}, la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃ y la tercera el comportamiento del índice de calidad del aire. Para esto, la RMCAB durante el tercer trimestre de 2012 contó con 14 estaciones que monitorearon las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}, PST) y de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las catorce estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

Tabla 1. Estaciones de la RMCAB y contaminantes monitoreados en cada una de ellas.

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes								
			PM ₁₀	PST	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	CH ₄	NMCH
No. 1 Usaquén (Bosque)	Usaquén	Norte	X		X			X	X		
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT) ²	Santa Fe	Centro	X						X		
No. 3 Carvajal (Sony)	Kennedy	Suroccidente	X	X		X	X	X	X		
No. 4 Tunal	Tunjuelito	Sur	X		X	X	X	X	X	X	X
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D.)	Barrios Unidos	Centro	X		X	X	X	X	X		
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	Engativá	Norte	X		X	X	X	X	X		
No. 7 San Cristóbal	San Cristóbal	Sur	X			X		X	X		
No. 8 Guaymaral (Escuela)	Suba	Norte	X				X		X	X	X
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X	X	X			
No. 10 Bolivia ³	Suba	Noroccidente	X								
No. 11 Suba (Corpas)	Suba	Noroccidente	X			X	X		X		
No. 12 Estación Móvil ⁴			X			X	X	X	X	X	X

² La estación fue desmontada temporalmente a solicitud del MAVDT y reinició operación en septiembre de 2011. Para este período del año en esta estación únicamente se monitoreó PM₁₀ y O₃.

³ La estación Bolivia empezó a operar en febrero del 2012, no se alcanzan a publicar los datos de PM₁₀ porque aún se encuentra el comportamiento del equipo en evaluación.

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes								
			PM ₁₀	PST	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	CH ₄	NMCH
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Suroccidente	X			X	X	X	X		
No. 14 Fontibón	Fontibón	Suroccidente	X			X	X	X	X		

3.1. MATERIAL PARTICULADO – MP O PM (PARTICULATE MATTER)

Dentro de los contaminantes más complejos presentes en el aire de las grandes ciudades está el material particulado, cuyas características físico-químicas y los efectos sobre la salud humana hacen que su monitoreo sea de suma importancia. Éste material está compuesto por partículas líquidas o sólidas que pueden ser de origen natural, resultantes de procesos como la erosión, las erupciones volcánicas y los incendios, o de origen antropogénico, provenientes del uso de combustibles fósiles en la industria y el transporte, de actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos, entre otros.

Una de las características físicas más importantes de este material es su diámetro de partícula por el riesgo que representa para la salud humana, puesto que una parte puede ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman, o servir como vehículo para bacterias y virus. Son de mayor interés las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}. Las primeras son aquellas cuyo tamaño es menor o igual a 10 micras. Las de PM_{2.5} tienen tamaño menor o igual a 2.5 micras, y se asocian a emisiones directas (como contaminantes primarios de las emisiones vehiculares e industriales), así como contaminantes secundarios (sulfatos y nitratos producidos por contaminantes primarios e interacciones atmosféricas); son respirables en un 100% y pueden llegar a alojarse en bronquios, bronquiolos y alvéolos. Todo el material particulado se monitorea como partículas suspendidas totales (PST), son fracciones de este el PM₁₀ y el PM_{2.5}.

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 (modificada por la Resolución 610 de 2010), estableció los niveles máximos permisibles para PST y PM₁₀. Estos son de 100 µg/m³ concentración anual y de 300 µg/m³ para el período de 24 horas en el caso de PST. A partir de 2011 el periodo de 24 horas para PM₁₀ se empezó a controlar con 100 µg/m³ y el anual con 50 µg/m³. Para el caso de PM_{2.5} se toma como referencia los valores de 25 µg/m³ como concentración anual y de 50 µg/m³ para 24 horas.

3.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀

La RMCAB contó con doce (12) estaciones para medir la concentración de PM₁₀, como se observa en la Tabla 1 (no se tiene en cuenta Bolivia porque entró a funcionar hasta en febrero del 2012, ni Estación Móvil porque está siendo usada para evaluar calidad del aire en corredores viales). Durante el año 2008 se cambiaron 8 equipos de PM₁₀ marca

⁴ La estación Móvil está siendo usada para evaluar calidad del aire en corredores viales, en un convenio con TRANSMILENIO, IDEAM y SDA.

DASIBI y GBAM por marca MET ONE, en el marco del proceso de modernización de la RMCAB; éstos equipos reemplazaron los existentes en las estaciones No. 8 Guaymaral, No. 5 Parque Simón Bolívar, No. 6 Las Ferias, No. 14 Fontibón, No. 13 Puente Aranda, No. 9 Kennedy, No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal.

El cambio de tecnología hizo que se registraran niveles de concentración de PM₁₀ diferentes a los reportados históricos anteriores al primer semestre del año 2008, en las estaciones No 6 Las Ferias, No. 14 Fontibón, No. 13 Puente Aranda, No. 9 Kennedy, No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal, por lo que se realizaron estudios de intercomparación entre equipos.

PM₁₀ 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM₁₀ se establece mediante la recolección de datos promedios de 24 horas. Durante el 2012 se reportó una representatividad temporal⁵ para el año mayor o igual al 75% en 11 (once) estaciones (quedó por fuera Fontibón con un porcentaje de recuperación de datos del 60%). Las mayores concentraciones anuales promedio se presentaron en la estación Carvajal (Sony) y Kennedy como ocurre normalmente.

Del total de datos registrados (promedios 24 horas), el 2.4% superó el valor de la norma establecido en 100 µg/m³, porcentaje equivalente a 92 datos que se registraron en las Estaciones de Carvajal (49), Kennedy (35), Tunal (3), Fontibón (2), Puente Aranda (1) y Sagrado Corazón (1). La calidad del aire en 2012 mejoró en comparación con el año inmediatamente anterior, debido a que en 2011 el 4.4% de los datos superó el valor de la norma para 24 horas, lo que corresponde a 168 datos registrados en las Estaciones de Carvajal (100), Kennedy (50), Zona Industrial - Estación Móvil (7), Puente Aranda (5), Fontibón (2) Tunal (2) y San Cristóbal (2).

Las concentraciones medias, máximas y la cantidad de datos que superaron la norma se presentan en la Figura 12.

⁵ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. Se define como aceptable un 75%.

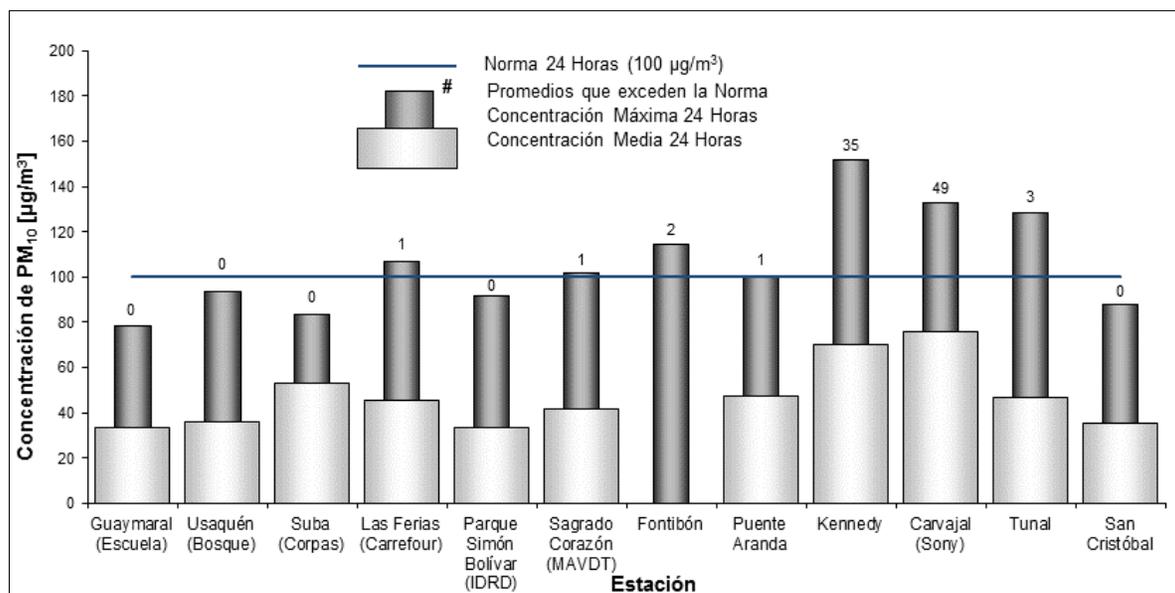


Figura 12. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el 2012.

La Tabla 2 resume los datos de PM₁₀ 24 horas para cada una de las estaciones de la RMCAB durante el 2012. En el mes de febrero se registraron la mayoría de las máximas concentraciones de PM₁₀. El promedio de 24 horas del viernes 17 de febrero de 2012 configuró un episodio generalizado de contaminación en un sector importante de la ciudad.

Las estaciones Carvajal y Kennedy registraron el mayor número de excedencias a la norma y presentan los mayores promedios en el periodo evaluado. El promedio 24 horas máximo se registró en Kennedy (152 µg/m³) el 17 de febrero de 2012.

Tabla 2. Resumen de datos promedios 24 horas de PM₁₀ por estación para el año 2012.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio [µg/m ³]	Excedencia norma 100 µg/m ³ (6)	Excedencia sobre 150 µg/m ³ (7)	Máximo	Fecha de concentración máxima
Guaymaral (Escuela)	87%	34,0	0	0	79,0	17/02/2012 24:00
Usaquén (Bosque)	85%	36,4	0	0	94,0	18/02/2012 24:00
Suba (Corpas)	79%	53,4	0	0	84,0	07/12/2012 24:00
Las Ferias (Carrefour)	94%	45,6	1	0	107,0	17/02/2012 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	89%	33,9	0	0	92,0	17/02/2012 24:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	86%	42,3	1	0	102,0	03/01/2012 24:00
Fontibón	60%		2	0	115,0	17/02/2012 24:00
Puente Aranda	94%	47,9	1	0	101,0	11/10/2012 24:00
Kennedy	88%	70,8	35	1	152,0	17/02/2012 24:00
Carvajal (Sony)	92%	76,4	49	0	133,0	09/02/2012 24:00

⁶ Promedio diario

⁷ Promedio Corrido 24 horas

ESTACION	% de datos válidos	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Excedencia norma 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6)	Excedencia sobre 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7)	Máximo	Fecha de concentración máxima
Tunal	92%	47,1	3	0	129,0	18/04/2012 24:00
San Cristóbal	88%	35,7	0	0	88,0	25/02/2012 24:00

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad puede visualizarse en la Figura 13 y Figura 14. En la Figura 13 se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM_{10} (basado en promedios diarios), presente en la ciudad durante el 2012. Se debe tener presente que las estaciones No.15 Usme y No.16 Vitelma no tienen muestreadores de partículas y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones. En el episodio de máxima concentración, los mayores niveles fueron registrados en las estaciones Kennedy, Carvajal, Fontibón y Las Ferias, con concentraciones que exceden la norma para 24 horas.

En cuanto al mapa de concentraciones medias, Figura 14, el comportamiento del PM_{10} es similar al descrito anteriormente; las localidades más afectadas por material particulado son las del sur occidente de la ciudad y las menos afectadas Usaquéen, Teusaquillo, Chapinero y parte de Suba.

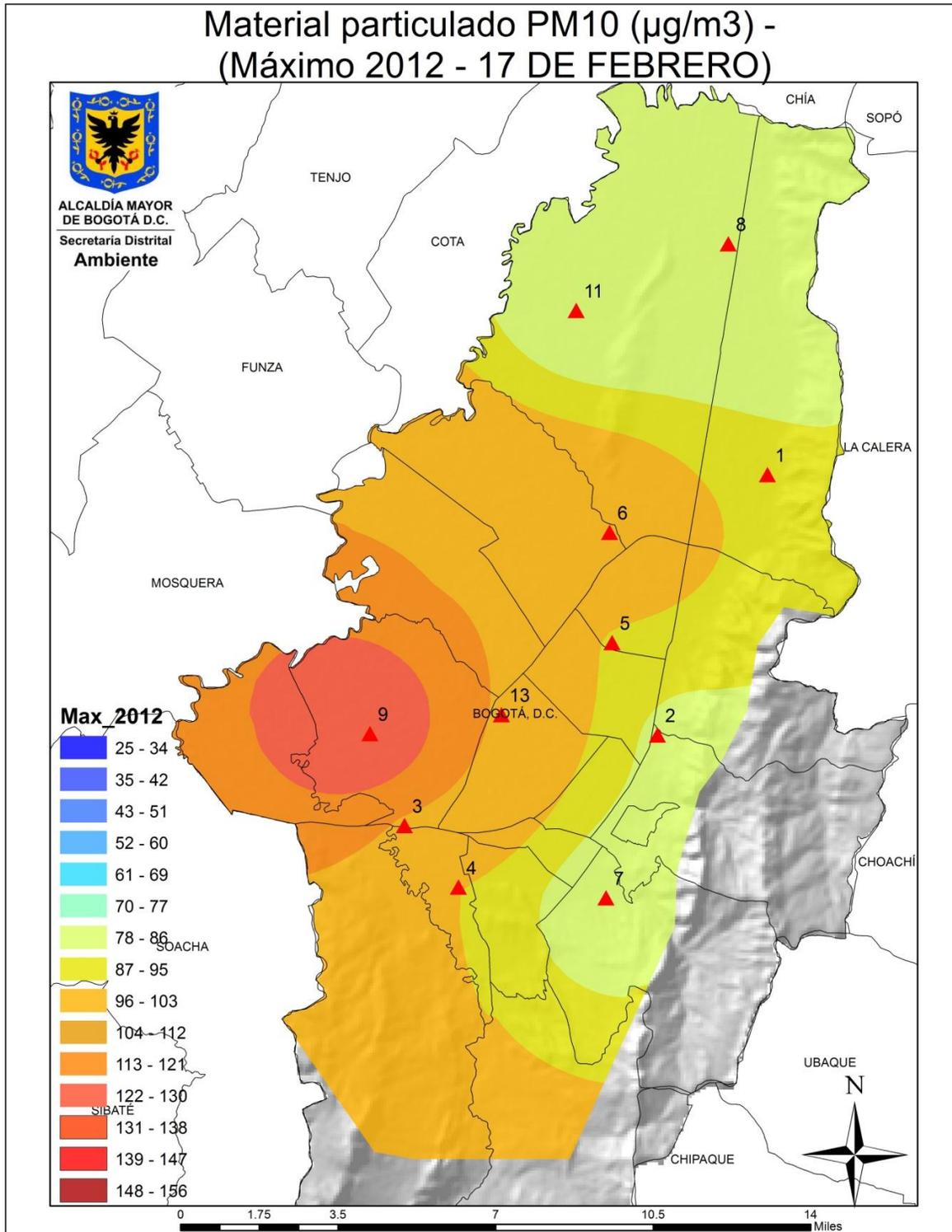


Figura 13. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el 2012.

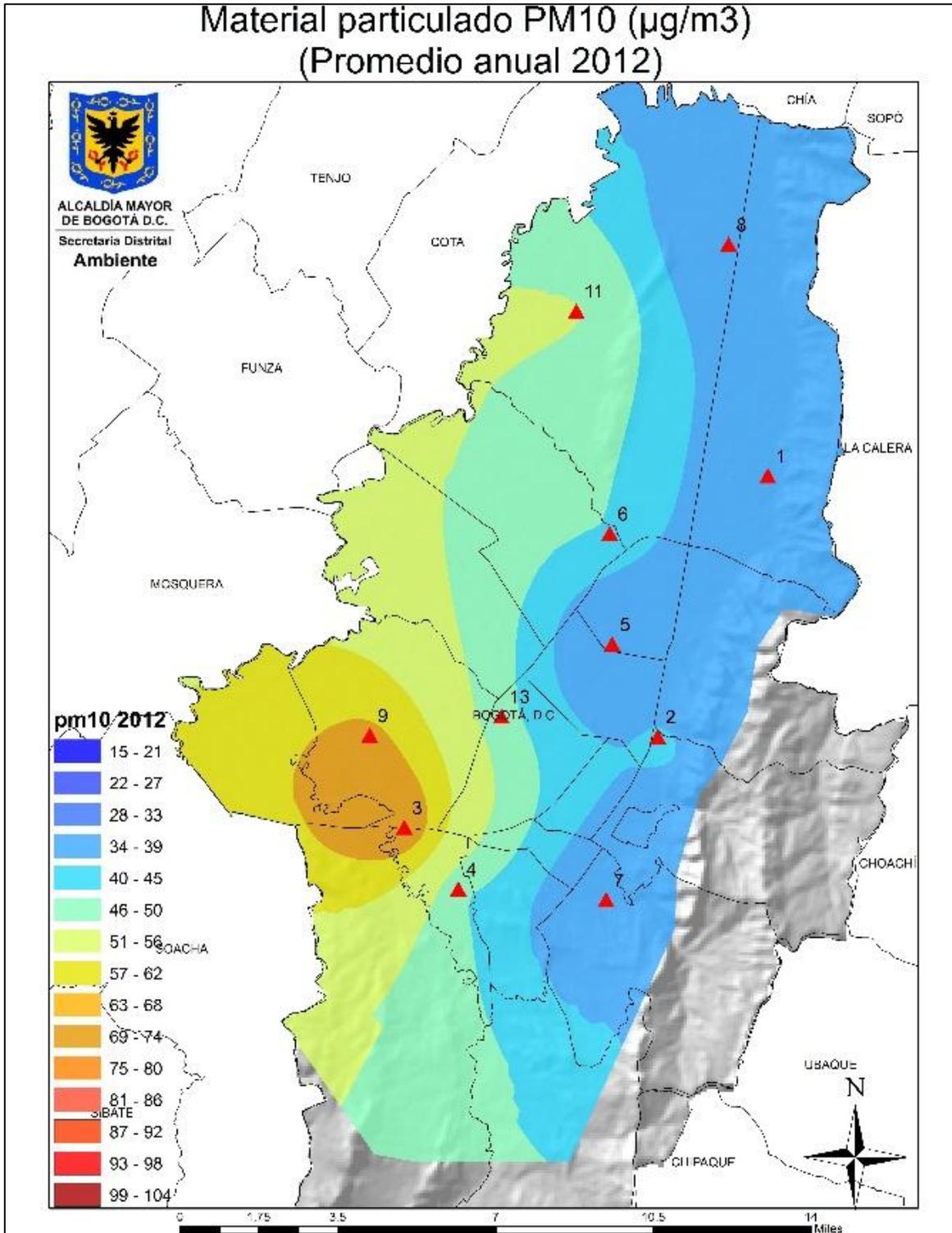


Figura 14. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM₁₀ durante el 2012.

Comportamiento histórico de promedios por fracciones temporales de PM₁₀

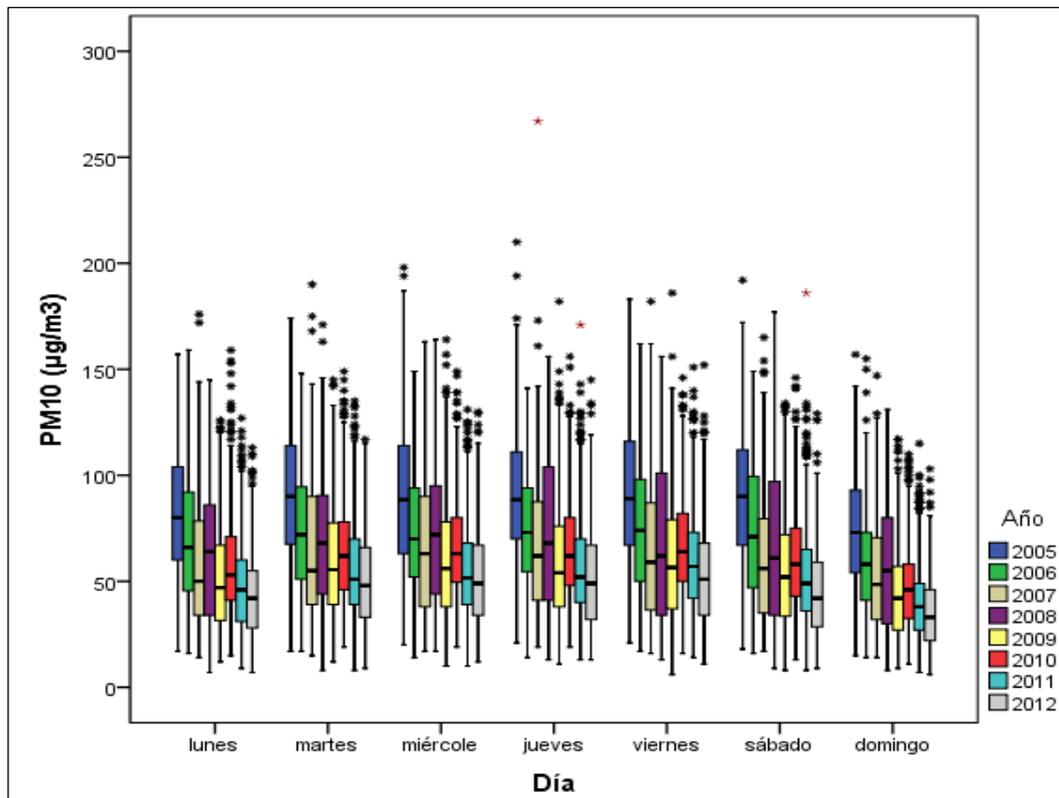


Figura 15. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por días de la semana comparando año 2012 con años anteriores.

El comportamiento del contaminante PM₁₀ en los días de la semana para el último año mantiene el registro usual de años anteriores, el cual tiene una tendencia de incremento al iniciar la semana hasta el día miércoles, el jueves se mantiene y el viernes es el día que muestra un mayor registro, descendiendo el fin de semana y siendo el domingo el de menor registro; gráficamente este comportamiento se puede representar con una leve figura cóncava. La concentración del contaminante en los días del 2012 disminuyó con respecto al año anterior y es la menor de los últimos 3 años, la dispersión de los datos es menor también; en el 2012, el domingo es el día que registra mayor cantidad de datos atípicos y el martes el de menor.

Tabla 3. Mediana del contaminante PM₁₀ para cada día de la semana comparando distintos años.

Medianas contaminante PM ₁₀ por días								
Día	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Lunes	80	72	58	64	50	56	46	42
Martes	90	68	59	68	54	62	51	49
Miércoles	89	70	60	72	55	62	52	50
Jueves	88	67	55	68	52	57	52	49
Viernes	86	71	56	62	54	59	57	52
Sábado	90	74	58	61	53	58	49	43

Medianas contaminante PM ₁₀ por días								
Día	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Domingo	76	61	52	55	47	53	38	33

En la Figura 16 se puede apreciar el comportamiento del contaminante en el transcurso del año 2012.

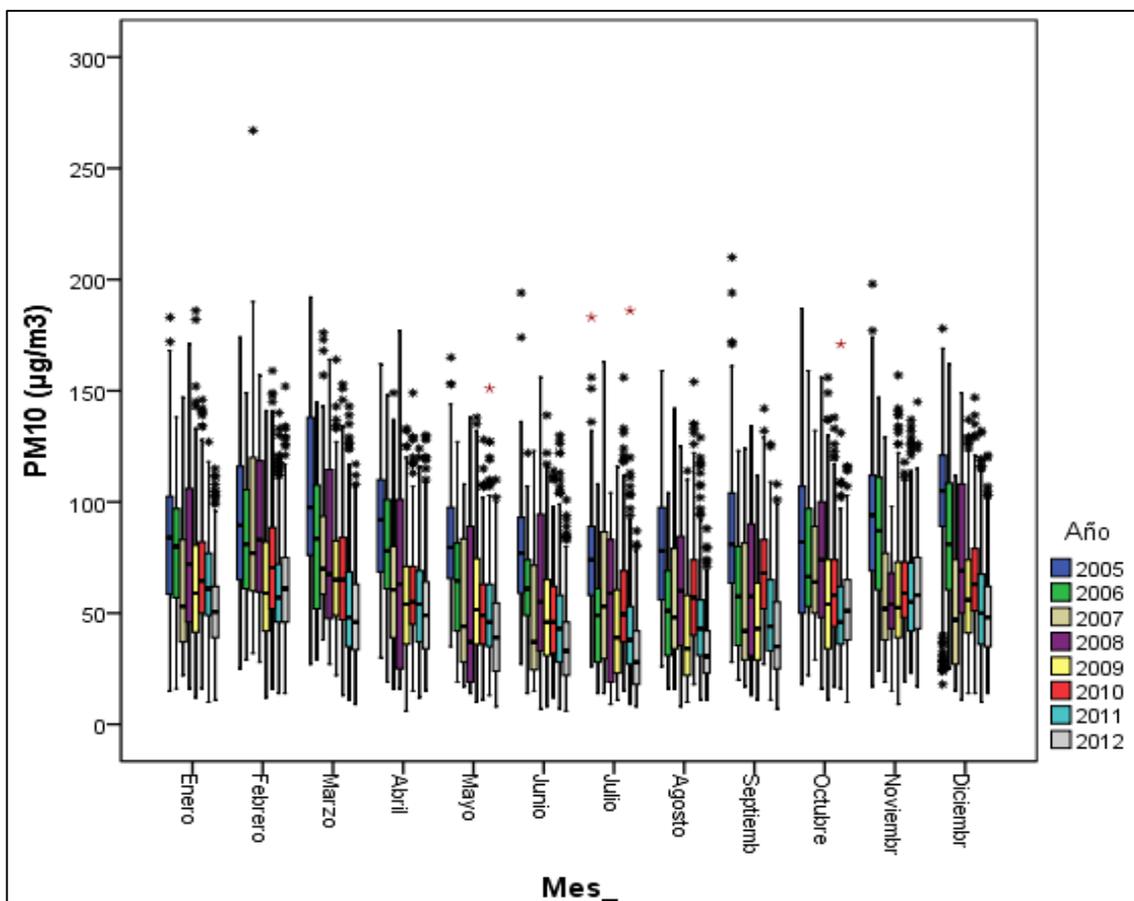


Figura 16. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por meses comparando año 2012 con años anteriores.

Se muestra una variabilidad intra-anual con una cresta en el primer trimestre y otra a partir de julio sin la misma intensidad; para el segundo trimestre muestra descenso lento, a partir de julio se presenta un ascenso que va hasta noviembre y baja la concentración para el mes de diciembre; realizando la comparación de la concentración del 2012 con el año anterior se refleja el descenso generalizado de las medianas en todos los meses, siendo particularmente alto el descenso en los meses de enero, junio, julio y agosto; en general la dispersión de los datos se mantiene respecto al año 2011.

Tabla 4. Mediana del contaminante PM₁₀ para cada mes comparando distintos años.

Medianas contaminante PM ₁₀ por mes								
Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012

Mes	Medianas contaminante PM ₁₀ por mes							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Enero	84	80	53	72	59	65	61	51
Febrero	90	81	77	83	59	71	57	62
Marzo	98	84	70	68	65	65	48	47
Abril	92	78	61	63	54	55	54	49
Mayo	80	65	44	37	52	49	46	40
Junio	77	61	37	55	46	46	43	34
Julio	74	49	53	59	39	50	38	29
Agosto	78	51	48	60	34	57	43	32
Septiembre	81	58	42	58	43	68	44	37
Octubre	82	67	64	74	54	58	46	52
Noviembre	94	87	52	54	53	59	55	58
Diciembre	105	81	47	69	56	63	50	48

PM₁₀ anual

Respecto a la norma anual, en la Figura 17 se presentan las estaciones que en 2012 monitorearon este contaminante y que cuentan con representatividad de datos mayor al 75%.

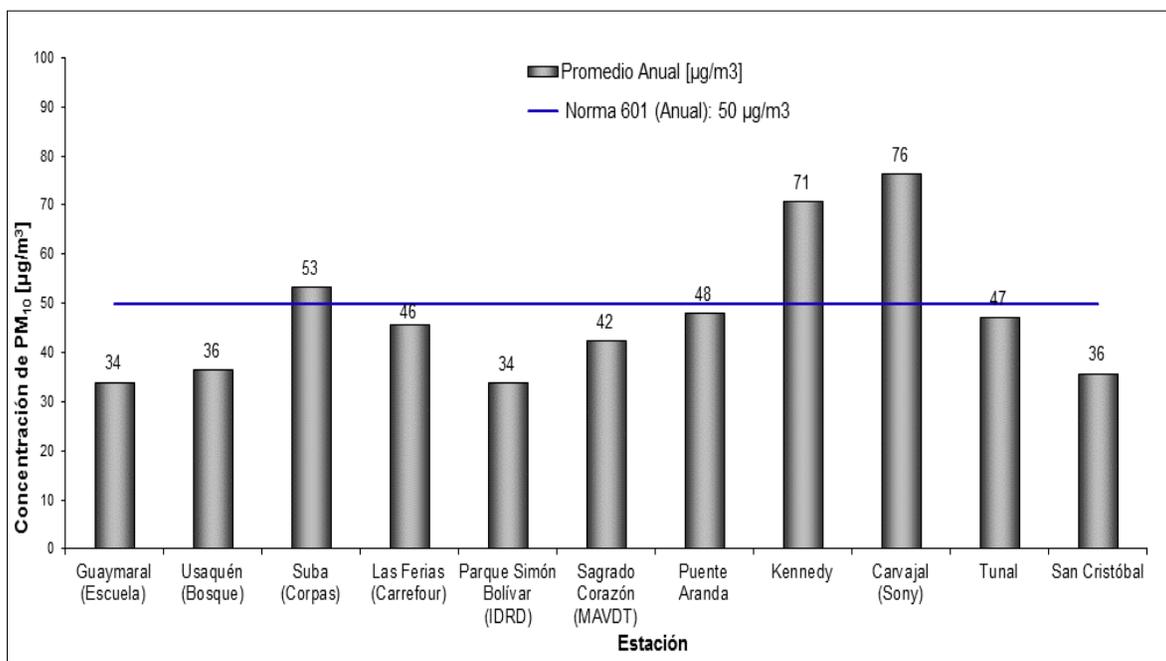


Figura 17. Concentración promedio anual de PM₁₀ por estación durante el 2012.

La norma de referencia desde el 2011 es de 50 µg/m³ a nivel nacional. Las estaciones en donde se excede el valor de la norma en 2012 son Suba, Kennedy y Carvajal, con promedios anuales de 53, 71 y 76 µg/m³ respectivamente. En 2011 se excedió la norma

anual en Suba, Estación Móvil, Fontibón, Puente Aranda, Kennedy, Carvajal y Tunal, con lo que se muestra que en cuanto a PM₁₀, la calidad del aire de la ciudad en 2012 fue mejor.

En la Tabla 5 se presenta un resumen de los datos anuales de PM₁₀ para cada una de las estaciones de la RMCAB durante el 2012.

Tabla 5. Resumen de promedios anuales de PM₁₀ por estación para el 2012.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio Anual [µg/m ³]
Guaymaral (Escuela)	87%	34,0
Usaquén (Bosque)	85%	36,4
Suba (Corpas)	79%	53,4
Las Ferias (Carrefour)	94%	45,6
Parque Simón Bolívar (IDRD)	89%	33,9
Sagrado Corazón (MAVDT)	86%	42,3
Fontibón	60%	
Puente Aranda	94%	47,9
Kennedy	88%	70,8
Carvajal (Sony)	92%	76,4
Tunal	92%	47,1
San Cristóbal	88%	35,7

Al igual que en 2011, la estación Carvajal reportó el máximo promedio con 76,4 µg/m³, seguida de la estación Kennedy con 70,8 µg/m³. La concentración promedio anual en 2012 aumentó respecto al 2011 en las estaciones Suba y Las Ferias; en las demás estaciones se presentan promedios inferiores a los registrados el año inmediatamente anterior, con diferencias significativas en las estaciones con mayor problemática; por ejemplo, en las estaciones de Carvajal y Kennedy se pasa de 85,6 y 78,5 µg/m³ en 2011 a 76,4 y 70,8 µg/m³ respectivamente en 2012.

La zona suroccidental se continúa caracterizando por registrar las mayores concentraciones de este contaminante en la ciudad. Los menores niveles de PM₁₀ se registraron en la zona norte y centro de la ciudad, en las estaciones Guaymaral, Usaquén y Parque Simón Bolívar (IDRD).

En la Tabla 6 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1999 y el 2011, para cada una de las estaciones, calculados desde el 1 de enero al 31 de Diciembre de cada año. Se incluyen todas las estaciones y para los años 2007 a 2011 se exceptúan los datos de la estación de Chico Lago que se encuentra en estudio; los cortes en las figuras corresponden a periodos de tiempo en los que no se monitoreo o en donde por problemas operacionales, no se cumple con el porcentaje de representatividad y no se puede calcular el promedio anual.

Para la correcta lectura de la Tabla 6, se debe tener en cuenta que los datos de 2005 a mayo de 2008 de las estaciones Las Ferias, Fontibón, Carvajal, y Tunal, fueron tomados con equipos anteriores y que al correlacionarlos con los datos registrados por los equipos

actuales muestran un promedio horario de concentración distinto, fundamentado en el cambio tecnológico que prevé ajustes por presión y temperatura que algunos de los equipos anteriores no hacían, lo que ocasionó para las nuevas series de datos, aumento en la concentración de la estación de Carvajal desde mayo de 2008, y disminución desde la misma fecha en las estaciones de Las Ferias, Fontibón, Puente Aranda y Tunal. De los equipos cambiados solamente los de las estaciones de Parque Simón Bolívar y Guaymaral conservaron los niveles que traía la serie histórica de datos. En concordancia con la situación anteriormente expuesta, no se reportan los niveles de 2008 para estas estaciones.

Tabla 6. Concentraciones de PM₁₀ promedios anuales a 31 de diciembre de cada año.⁵

Estación	Concentración PM ₁₀ en [µg/m ³]														
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
8. Guaymaral				43	50	54	54	55	30	35	35	34	38	36	34
1. Usaquén	33	31	31	29	24				38	40	44	37	46		36
11. Suba (Corpas)	54	40	47	81	97	91	80	90	83	71	52	69	56	51	53
6. Las Ferias				78	97		85	79	60	71		40	48	42	46
10. Chico Lago	32	34	35	37	39	33	33	29	44						
5. P. Simón Bolívar								58	42	50	41	37	45	38	34
2. Sagrado Corazón															42
12. E. Móvil (Z.Ind)												52	57	51	
14. Fontibón			93	91	96	97	94	101	85	87		59	61	52	
13. Puente Aranda			103	93	98	102	107	113	93	99		56	61	56	48
9. Kennedy									100	98	96	86	89	79	71
3. Carvajal (Sony)	80	77	63	86	61	53	49	69	73	59		93 ⁸	91	86	76
4. Tunal									107	98		50	60	52	47
7. San Cristóbal														40	36
Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64	71	63				

⁵Los cuadros en amarillo corresponden a datos en revisión por cambio en la serie de datos y los cuadros en gris corresponden a periodos de tiempo donde por problemas operacionales, no se cumple con el porcentaje de representatividad.

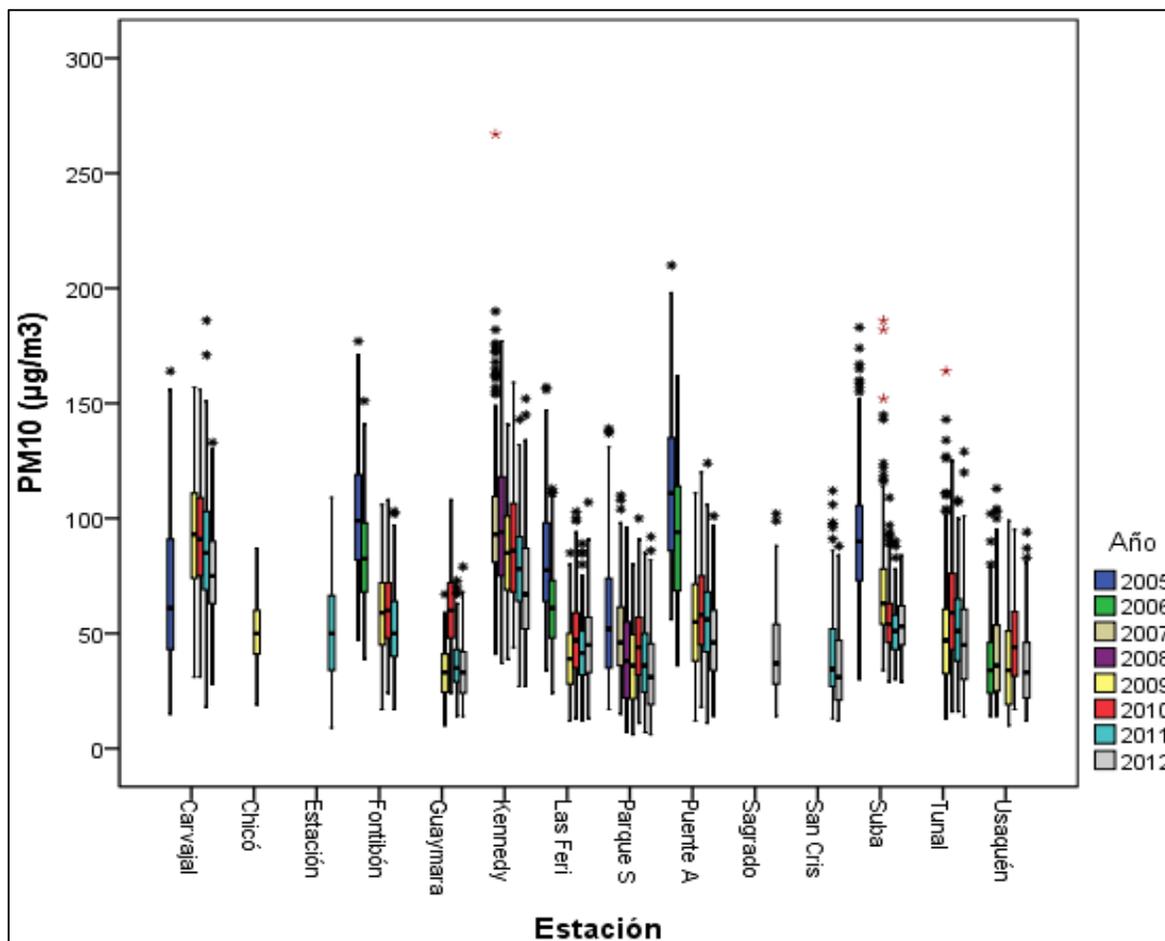


Figura 18. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por estaciones comparando 2012 con años anteriores.

En el contaminante PM₁₀ no se tienen en cuenta los datos en las estaciones Tunal, Carvajal, Puente Aranda, Fontibón Guaymaral y Las Ferias para los años 2005 a 2008, adicionalmente Chicó no entra en el análisis en los años 2007–2009 porque las series están siendo analizadas técnicamente por variación con el cambio de equipos; para el año 2012 las estaciones que registran menor concentración son Parque Simón Bolívar y San Cristóbal, con una mediana de 31 µg/m³; las de mayor mediana son Carvajal y Kennedy con 75 y 67 µg/m³ respectivamente; este contaminante en el último año tuvo un descenso con respecto al 2011 en todas las estaciones excepto Las Ferias y Suba, ubicadas en la zona noroccidental de la ciudad. Se observa también que en el 2012 no se registraron outliers extremos.

En la Tabla 7 se observa como han disminuido significativamente las concentraciones registradas por las estaciones en los últimos años. Es de resaltar lo sucedido en estaciones como Carvajal y Kennedy en donde de 2009 a 2012 ha disminuido la mediana 18 µg/m³. Las Ferias es la única estación que de 2009 a 2012 ha presentado un aumento en la concentración de este contaminante, pasando la mediana de 39 µg/m³ a 45 µg/m³.

Tabla 7. Mediana de los datos de PM10 por estaciones, de 2009 a 2012.

Estaciones	2009	2010	2011	2012
Carvajal	93	91	85	75
Fontibón	59	60	50	
Guaymaral	33	60	35	33
Kennedy	85	86	78	67
Las Ferias	39	47	42	45
Parque Simón Bolívar	44	44	36	31
Puente Aranda	55	58	56	46
Sagrado Corazón (MAVDT)				37
San Cristóbal			35	31
Suba	63	54	51	53
Tunal	47	59	51	45
Usaquén	34	44		33

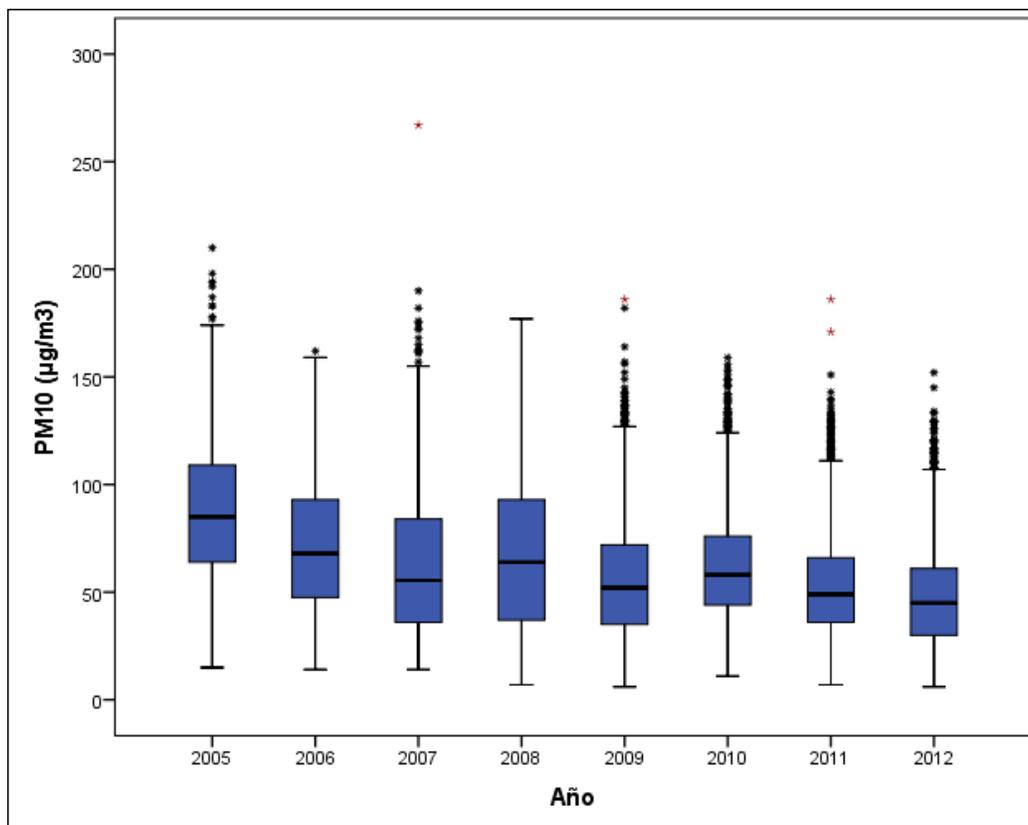


Figura 19. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por años.

En la Figura 19 se resume el comportamiento del PM₁₀ que se ha descrito en las diferentes gráficas, resaltando la disminución progresiva del contaminante en los últimos años; el nivel medio para el último año tiene un descenso y una dispersión menor, además, la mayoría de los datos se encuentran distribuidos de una forma simétrica alrededor de la mediana. En el 2012 no se presentan datos atípicos ni outliers extremos.

La mediana de los datos del 2012 es $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menor a la de 2011 y $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menor respecto a lo registrado en el 2010. El valor máximo alcanzado en 2012 es el menor de todos los años evaluados.

Tabla 8. Concentraciones de PM_{10} promedios 24 horas.⁵

Año	Media	Mediana	Máximo	Mínimo
2005	87,3	85,0	210,0	15,0
2006	71,1	68,0	162,0	14,0
2007	62,7	55,5	267,0	14,0
2008	67,6	64,0	177,0	7,0
2009	55,9	52,0	186,0	6,0
2010	61,6	58,0	159,0	11,0
2011	53,0	49,0	186,0	7,0
2012	47,6	45,0	152,0	6,0

3.1.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE $\text{PM}_{2.5}$

La RMCAB cuenta actualmente con 5 estaciones en las que se hace medición de este contaminante. A la fecha se publica el resultado de la estación No. 9 Kennedy, atendiendo a que los datos de los equipos instalados en las estaciones de Parque Simón Bolívar, Usaquén, Las Ferias y Tunal se encuentran en revisión. Según Resolución 601 de 2006 el valor de la norma para este contaminante, que entró a regir a partir de enero de 2011, es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como límite de concentración diaria y de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para promedio anual.

PM_{2.5} 24 Horas

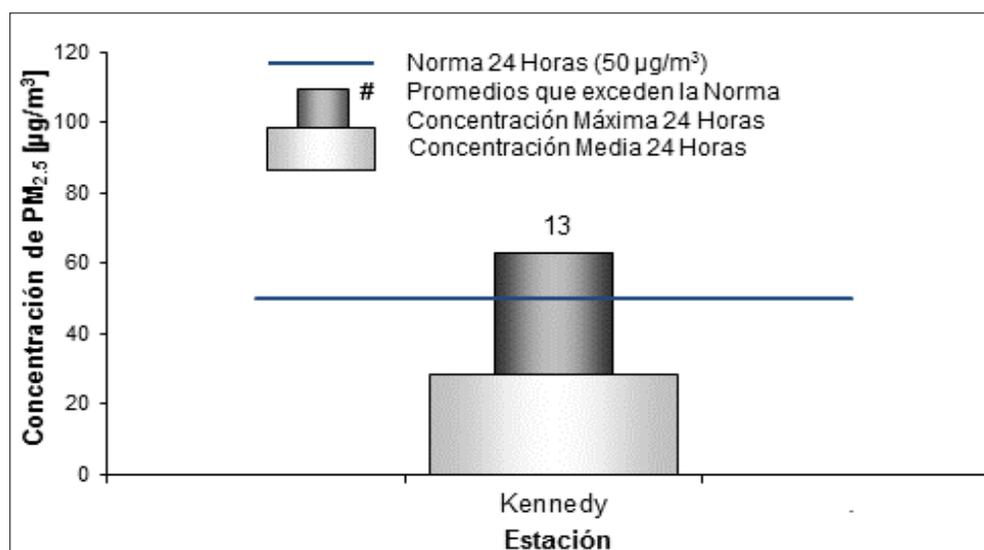


Figura 20. Concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ 24 horas durante el 2012.

A partir de los registros de la estación que monitorea este contaminante se obtuvieron 319 promedios de concentración 24 horas de PM_{2.5} para el año 2012, lo que corresponde a un 87% de representatividad temporal. De los promedios hallados, 13 superaron el valor establecido por la resolución 601 de 2006, lo que corresponde a un 4,1% de los promedios calculados. En comparación con el año anterior se presenta una disminución en el número de excedencias, en 2011 se registraron 14 promedios por encima de 50 µg/m³.

Tabla 9. Resumen de datos 24 horas de PM_{2.5} por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	Representatividad Temporal	Promedio [µg/m ³]	Máximo [µg/m ³]	Excedencias sobre 50 µg/m ³	Fecha de concentración máxima
Kennedy	87%	28	63	13	17/02/2012 24:00

Se encuentra que al igual que para el PM₁₀, en la estación Kennedy se alcanza una concentración máxima de PM_{2.5} 24 horas el viernes 17 de febrero de 2012.

Para el contaminante PM_{2.5}, en la comparación histórica sólo se tendrá en cuenta la estación de Kennedy porque es la que tiene una serie suficiente de datos. Se han registrado datos para la estación analizada desde el 2009. En el 2009 la representatividad de los datos fue del 67%, porcentaje que está por debajo del criterio recomendado del 75% seguido en la RMCAB⁹. A continuación se presenta los gráficos de box-plot por días de la semana y meses.

El comportamiento del contaminante en los días para el año 2012 (ver Figura 21) se puede representar con una leve figura cóncava. Se observa un incremento en la concentración al transcurrir los primeros días de la semana, presentándose el jueves un leve descenso y el viernes un ligero aumento de los niveles de este contaminante; la concentración de PM_{2.5} decrece el fin de semana.

En 2012 los datos para los días de la semana no se encuentran distribuidos con una buena simetría; la distribución más simétrica corresponde al domingo; todos los días exceptuando el domingo presentan asimetría entre el segundo y tercer cuartil, siendo mayor la que se presenta por el día lunes. En 2012 se registraron dos datos atípicos.

⁹ A pesar que en conjunto para el 2009 no se tiene en conjunto una representatividad mayor o igual al 75%, esta circunstancia se presenta fundamentalmente por déficit de datos en los meses de octubre a diciembre, periodo en que se realizaron ínter comparaciones por el canal del PM_{2.5}, no obstante se realizan comparaciones entre años, haciendo esta salvedad.

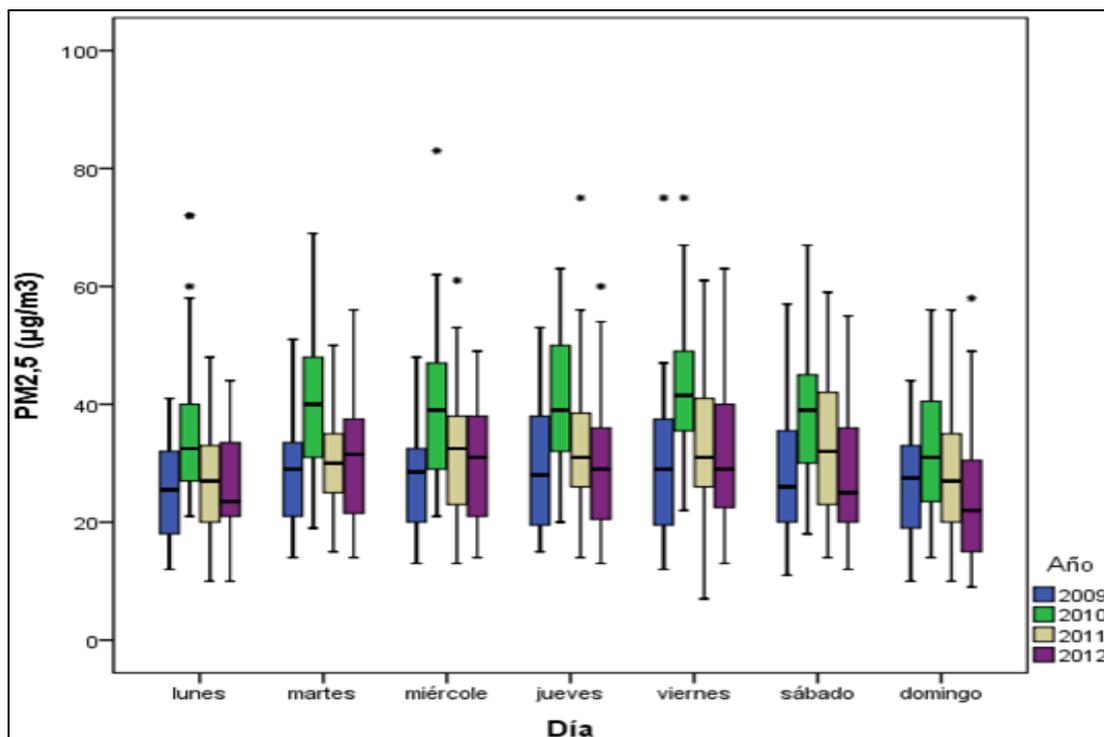


Figura 21. Gráfico de Box-Plot para PM_{2.5} por días de la semana (sobre base 24 horas) comparando año 2012.

Comparando con el año anterior se presenta un cambio en la tendencia de la concentración en los días de la semana, mientras en 2011 los días con mayor mediana fueron miércoles y sábado, en 2012 fueron martes y miércoles. El lunes y el domingo presentaron la menor mediana en los tres últimos años.

Tabla 10. Mediana del contaminante PM_{2.5} para cada día de la semana comparando distintos años.

Medianas contaminante PM _{2.5} por días				
Día	2009	2010	2011	2012
Lunes	25	33	27	24
Martes	29	40	30	32
Miércoles	29	39	33	31
Jueves	28	39	31	29
Viernes	29	42	31	29
Sábado	26	39	32	25
Domingo	28	31	27	22

En el 2012 los días con mayor mediana fueron el martes y el miércoles con 32 y 31 µg/m³ respectivamente, y los de menor mediana domingo y lunes con 22 y 24 µg/m³ respectivamente. Respecto al 2011, en el 2012 la mediana fue menor todos los días de la semana exceptuando el martes.

En cuanto a la distribución del contaminante en los meses del año (ver Figura 22), se observa una forma sinusoidal con puntos de inflexión en febrero, julio y noviembre, siendo

los meses de febrero y noviembre los picos más altos con medianas de 38 y 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; junio y julio son meses valle con medianas de 18 y 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto a la simetría, los meses que presentan simetría entre el segundo y tercer cuartil son enero, abril, mayo, junio y julio; los meses más asimétricos son en general los del segundo semestre del año. En 2012 se presentaron datos atípicos en enero, abril, mayo, junio y julio, y no se registraron outliers extremos. Con respecto al año anterior, el 2012 presenta un comportamiento muy similar pero con menor concentración o mediana en la mayoría de los meses (con excepción de octubre, noviembre y diciembre). En 2012 los meses que presentan mayor dispersión son marzo y diciembre, y los de menor son mayo y agosto.

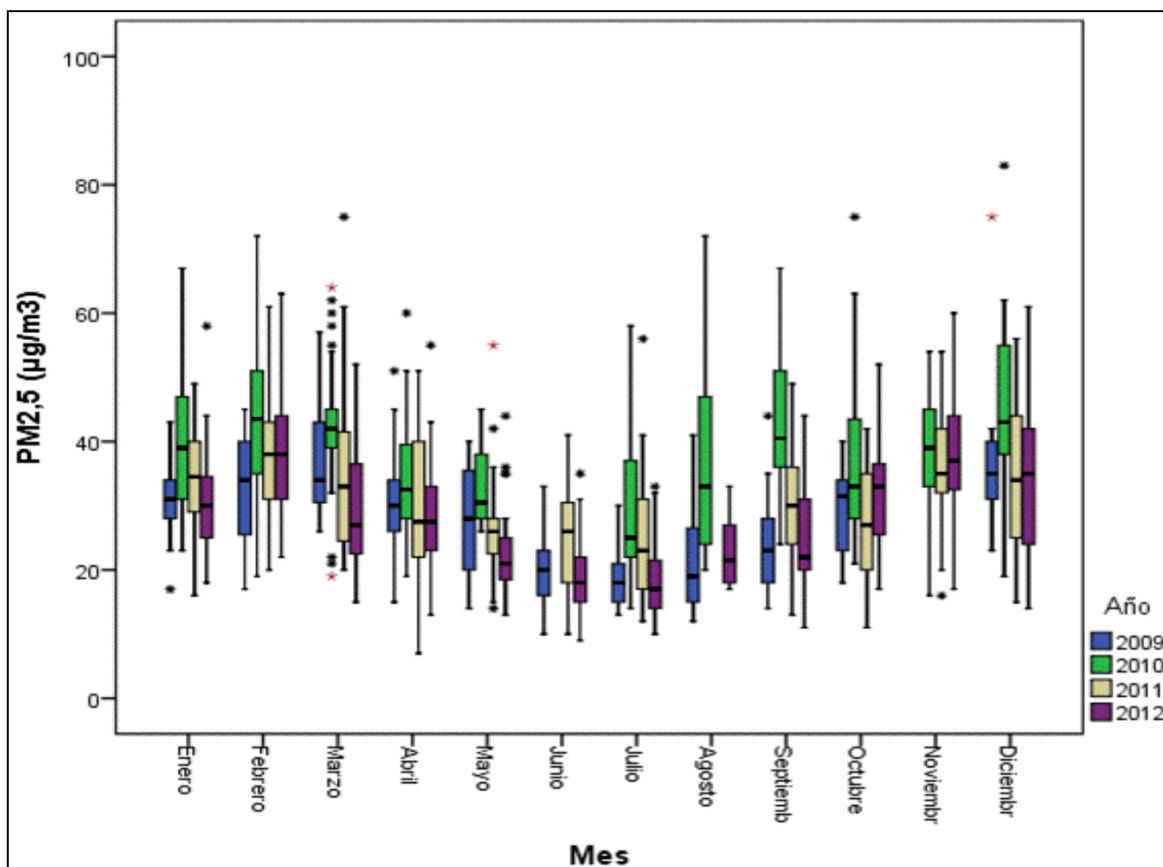


Figura 22. Gráfico de Box-Plot para $\text{PM}_{2.5}$ por meses (desde base 24 horas), desde 2009 hasta 2012.

PM_{2.5} anual

En la Tabla 11 se relaciona el promedio anual del 2012, y se encuentra que se excede la norma de 25 µg/m³ (la cual entró a regir a partir del 1 de enero de 2011) en 3,5 µg/m³.

Tabla 11. Resumen de datos anuales de PM_{2.5} por estación para el 2012.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio Anual
Kennedy	87%	28,5

La Figura 23 muestra la concentración promedio anual de material particulado 2.5 micras para la estación de Kennedy. Respecto a 2011, la concentración anual de 2012 disminuyó 2,5 µg/m³.

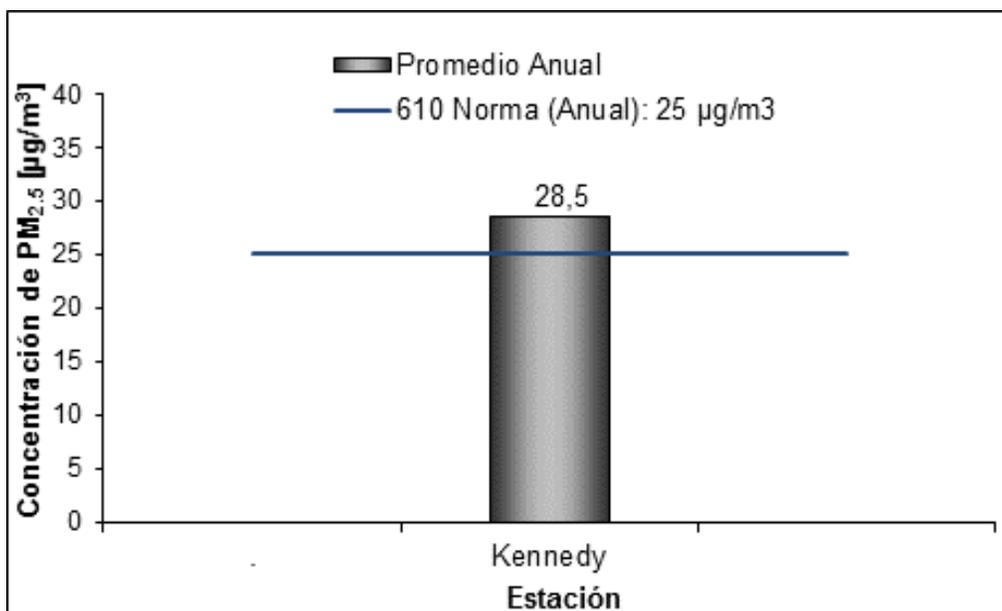


Figura 23. Concentración promedio anual de PM_{2.5} en 2012.

El contaminante PM_{2.5} en la estación de Kennedy (ver Figura 24) para el año 2012 presenta una mediana de 31 µg/m³, valor que es 3 µg/m³ inferior al registrado en el 2011. Para el 2012 se observa dispersión de los datos baja, es decir la mayoría de datos se encuentran alrededor de la mediana, se presentan pocos datos atípicos y no se presentan outliers extremos. En comparación con los años anteriores, en el 2012 se presenta la menor mediana.

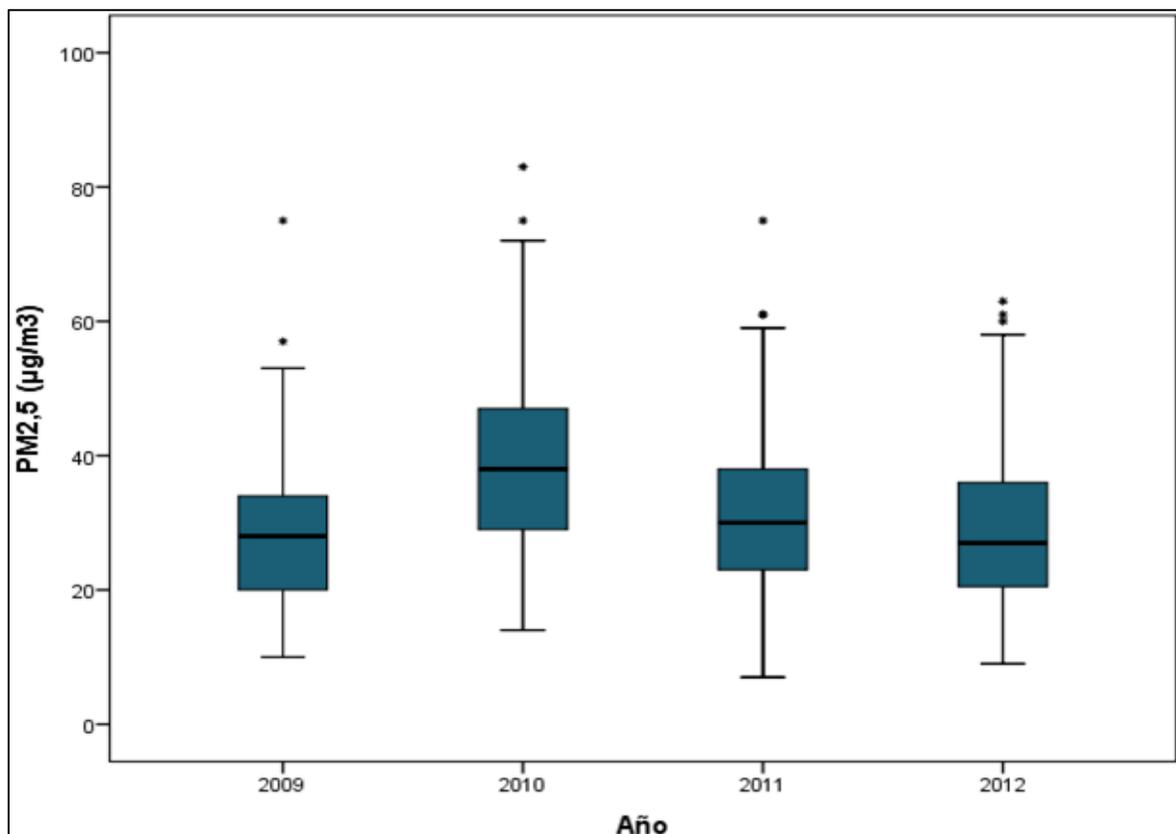


Figura 24. Gráfico de Box-Plot para PM_{2.5} 24 horas por año, desde 2009 hasta 2012.

3.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la RMCAB durante el 2012 contó con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal.

PST 24 Horas

En la estación Carvajal se registraron 274 promedios 24 horas y ninguno excedió la norma de calidad del aire establecida en 300 µg/m³. En esta estación el porcentaje de recuperación de los datos fue del 75%. El 73% de los promedios diarios estuvo por debajo de 150 µg/m³ (la mitad del valor de la norma). El promedio máximo alcanzó un valor de 234 µg/m³ y el promedio de los datos en el año fue 123 µg/m³. Con respecto al 2011, en 2012 tanto el promedio anual como el valor máximo registrado son inferiores. En 2011 el promedio de los datos 24 horas fue 139 µg/m³ y se presentó una excedencia a la norma.

En la

Figura 25 se resume lo expuesto anteriormente y se identifica el promedio y el valor máximo de los promedios 24 horas de PST, registrados en la estación Carvajal.

Tabla 12. Resumen de datos de PST por estación para el 2012.

ESTACIÓN	Representatividad Temporal	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Excedencias sobre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fecha de concentración máxima
Carvajal (Sony)	75%	123	0	234	09/02/2012 24:00

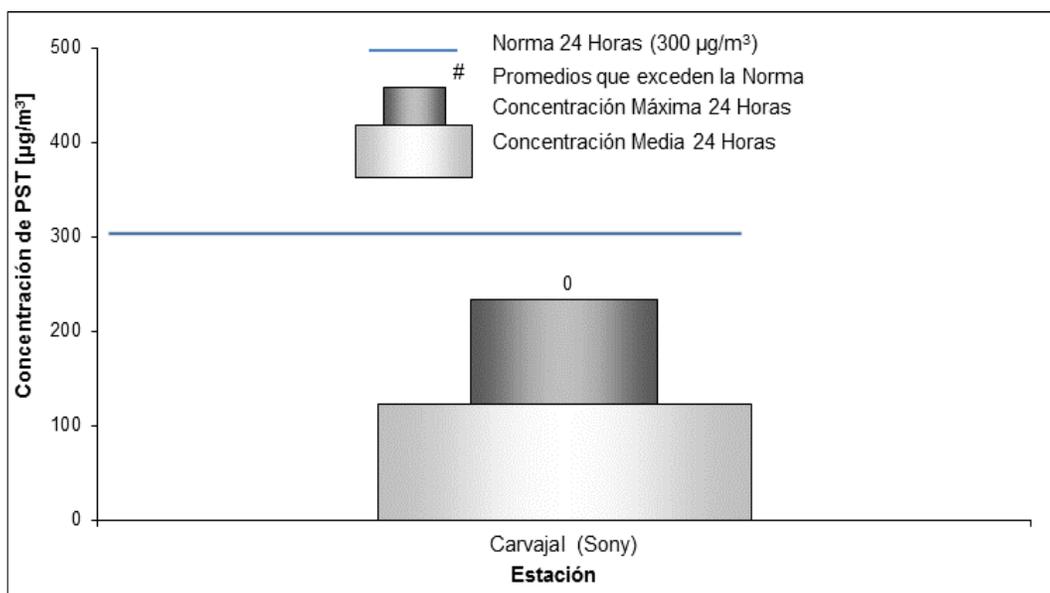


Figura 25. Concentraciones de PST para 24 horas durante el año 2012.

En 2012 el comportamiento de la concentración del contaminante en los días de la semana (Figura 26) presenta similitud a una forma cóncava; la semana inicia con incremento del contaminante hasta llegar a su máximo el día miércoles con 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como mediana, luego la concentración disminuye siendo el domingo el día con menor registro de PST con una mediana de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; como se puede apreciar, esta descripción es similar en todos los años. La concentración del contaminante en 2012 presenta un significativo descenso en todos los días con respecto a lo registrado en 2011; se tienen importantes diferencias en el valor de la mediana entre estos años, por ejemplo, en cuanto al día sábado, la mediana disminuyó 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 2011 a 2012. Por otro lado, la dispersión de los datos para el último año es baja y en general se mantuvo muy similar al 2011, con cajas simétricas.

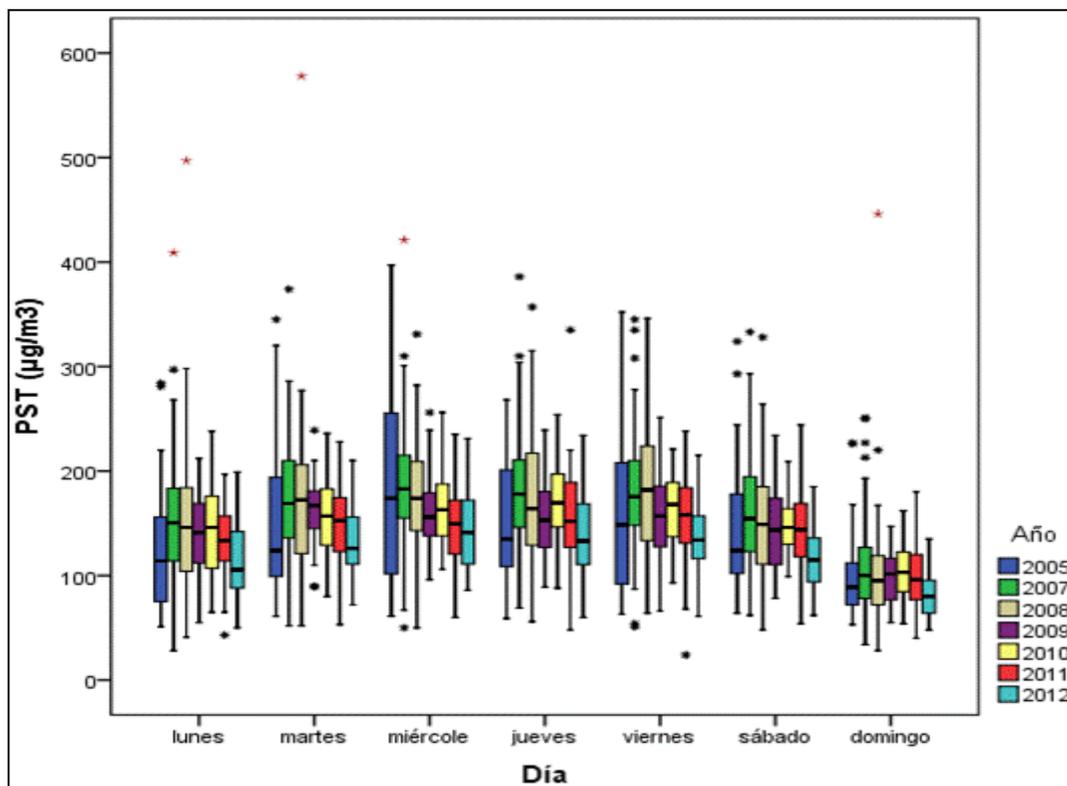


Figura 26. Gráfico de Box-Plot para PST por días de la semana (desde base 24 horas) comparando año 2012 con años anteriores.

Para el análisis de los promedios anuales de PST se puede observar la Figura 27 en la cual se presenta el comportamiento de la concentración promedio mensual en la estación de Carvajal.

La figura del comportamiento del PST en los meses del 2012 (Figura 27) muestra un comportamiento sinusoidal con una amplitud mayor para el segundo semestre; en el primer semestre la amplitud es menor ya que presenta crecientes y descensos en forma alterna. La concentración con respecto al año inmediatamente anterior presenta un comportamiento llamativo, entre enero y mayo las concentraciones de PST fueron menores en 2011, y entre junio y diciembre los niveles de este contaminante fueron menores en 2012, lo que se puede relacionar con la meteorología y posiblemente con medidas como el pico y placa, medida modificada a mediados de 2012. En cuanto a la distribución de los datos, en 2012 no se registraron datos atípicos, lo cual muestra que los datos tienen variabilidad pero no es extrema; meses como marzo y abril tienen la mayor diferencia entre el segundo y el tercer cuartil. Los meses con mayor media y mediana o en los que se registraron mayores niveles en el año son febrero y mayo, y los meses de menor registro son con 164 y 153 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y los de menores registros julio y agosto.

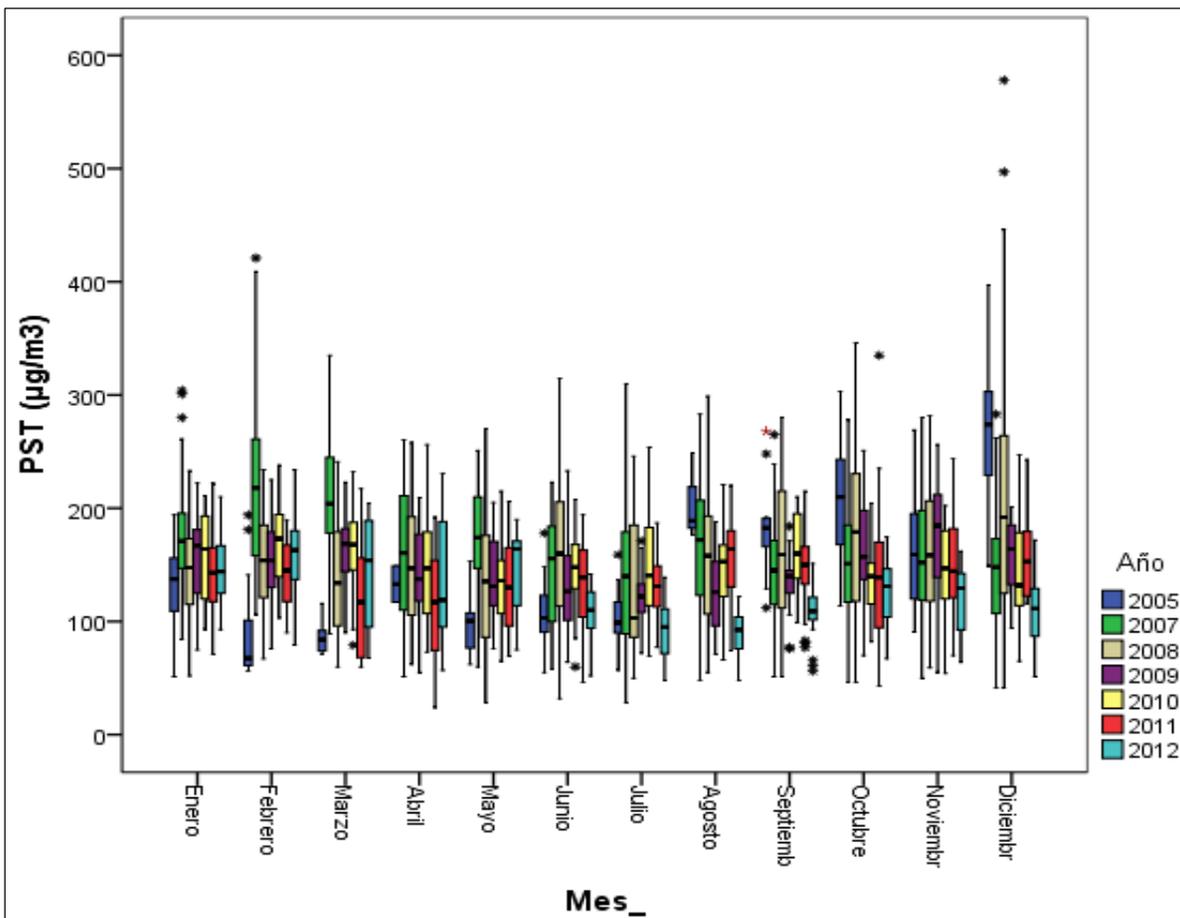


Figura 27. Gráfico de Box-Plot para PST por meses (desde base 24 horas) comparando año 2012 con años anteriores.

PST anual

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. La estación Carvajal reportó en el 2012 un promedio de concentración anual de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabla 13), promedio que es $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ inferior al registrado en 2011 y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ superior al valor establecido como norma anual ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 13. Resumen de datos anuales de PST para el 2012.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Carvajal (Sony)	100%	130

En la Figura 28 se muestra lo anteriormente mencionado.

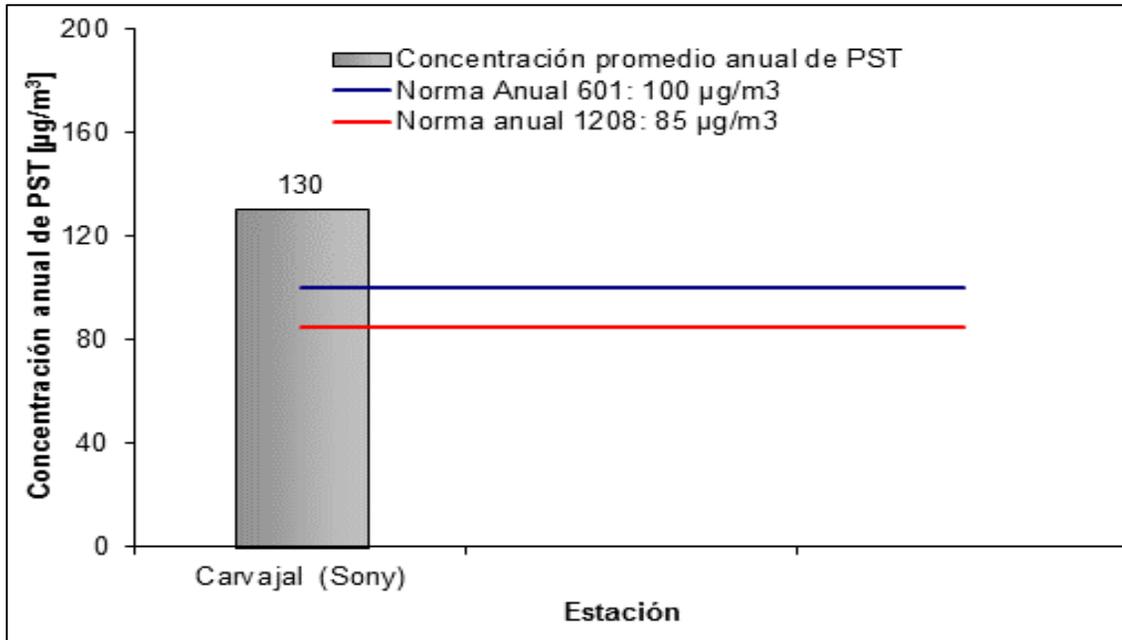


Figura 28. Concentración promedio anual de PST en el 2012 en la estación de Carvajal.

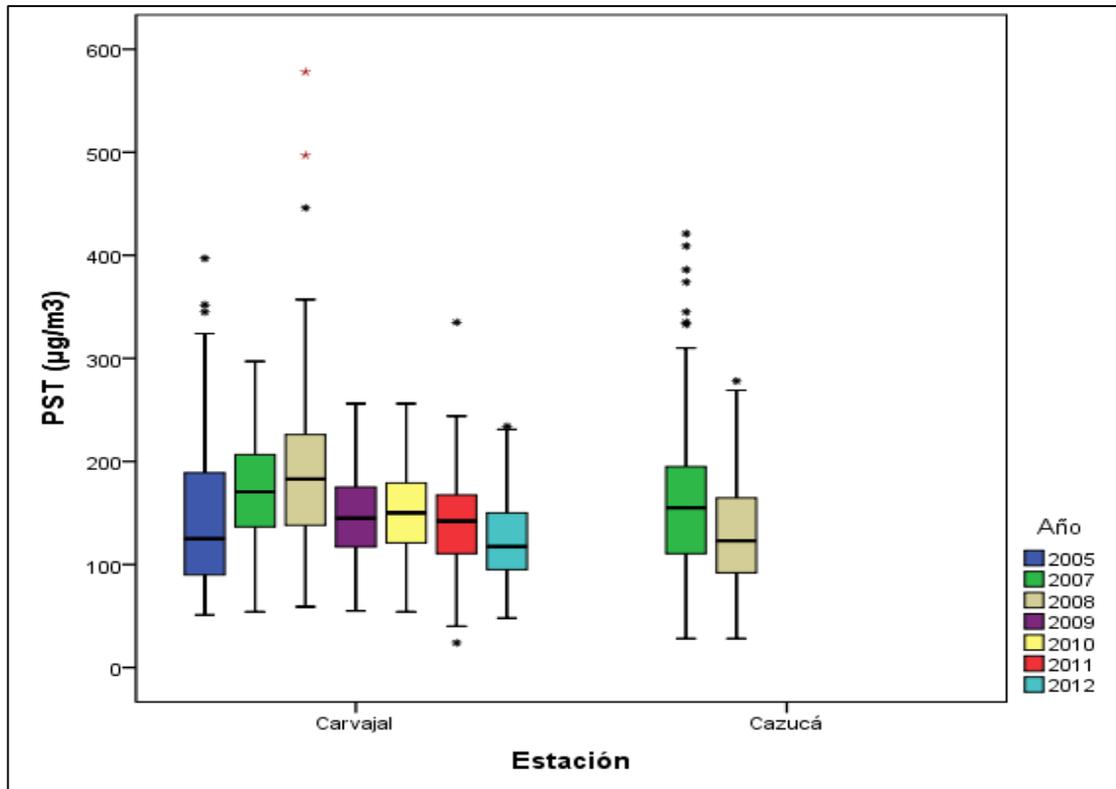


Figura 29. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando año 2012 con años anteriores.

En la Figura 29 se observa el continuo descenso de la concentración de PST en la estación Carvajal en los últimos años. Mientras que en 2010 la mediana en la estación Carvajal fue $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en 2011 $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en 2012 se registró la menor de todos los años evaluados con $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La mediana (Figura 30) para el año 2012 tiene un significativo descenso respecto al año anterior; mientras que de 2010 a 2011 la reducción fue de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de 2011 a 2012 la disminución de la mediana fue de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Respecto a las concentraciones máximas, en 2011 se registró un máximo de $335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en 2012 este valor fue $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cuanto a la distribución de los datos, se observa poca variabilidad, los datos están concentrados alrededor de la mediana y para 2012 no se presentan outliers extremos.

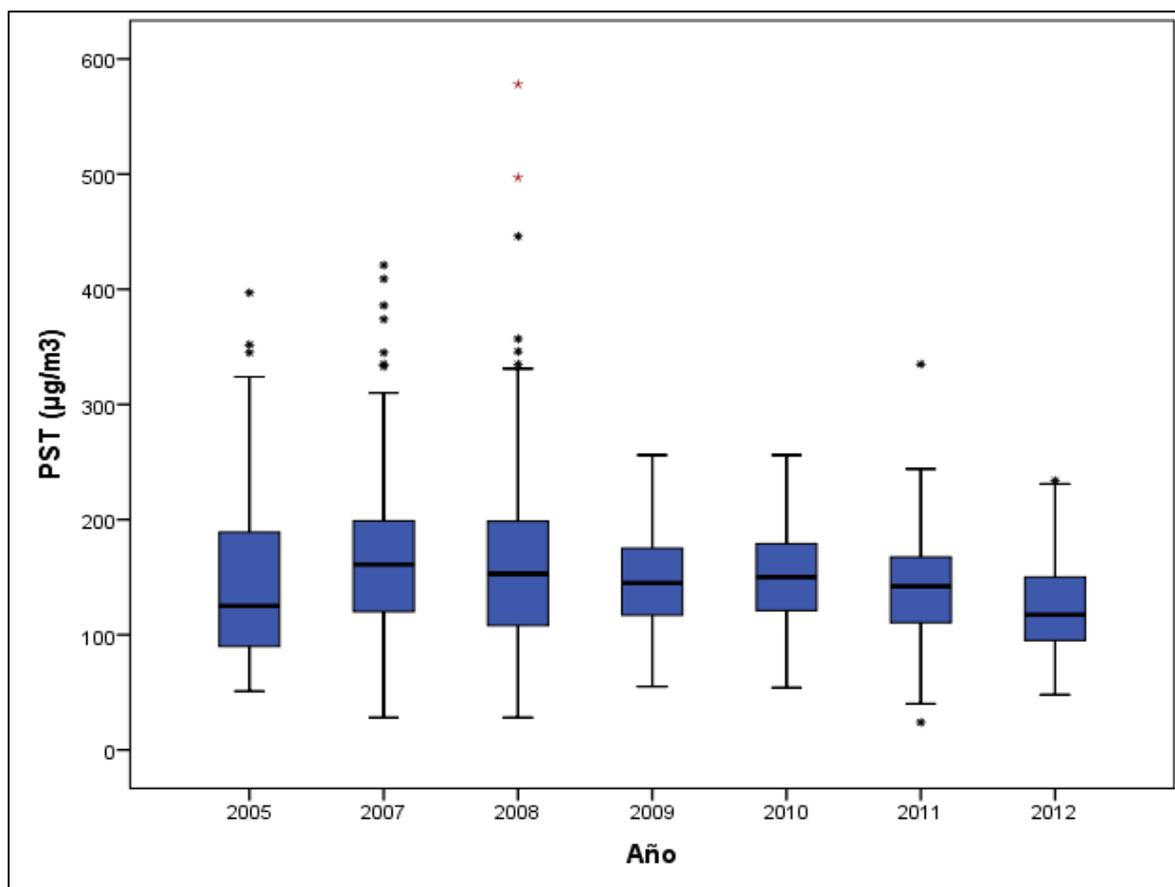


Figura 30. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por años, desde 2005 hasta 2012.

3.2. GASES CONTAMINANTES

La RMCAB, además de medir el material particulado realiza el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO₂, contaminante primario, es un gas incoloro y de olor picante e irritante 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 diesel, 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.

El NO₂ es un gas de color pardo rojizo, fuertemente tóxico, cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas. El NO₂ participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O₃) y material particulado secundario, y afecta pulmones y vías respiratorias.

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 puede llegar a interferir sustancialmente en el proceso de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo.

El O₃ es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

3.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO₂

La RMCAB contó con 9 analizadores de dióxido de azufre (SO₂) ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. Los equipos de Kennedy y San Cristóbal presentaron fallas por lo que la representatividad temporal de los datos fue baja durante el año. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006.

SO₂ en 3 horas

Durante el periodo analizado se obtuvieron 56728 (cincuenta y seis mil setecientos veintiocho) concentraciones promedio trihorarias (3 horas), que representan el 72% de los datos posibles en el periodo. En la Tabla 14 se muestran los valores promedio y máximos de SO₂ obtenidos por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. En la Figura 31 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible en la Resolución 601 de 2006 (287 ppb) no fue excedido en ninguna oportunidad. El valor máximo de concentración trihoraria se presentó en Kennedy el 3 de octubre de 2012 (43,3 ppb), y la media anual más alta se presentó en la estación Carvajal, con 7,3 ppb.

En la Tabla 14 se observa un episodio generalizado de máxima concentración en la estación Parque Simón Bolívar (IDRD), Kennedy, Carvajal, Tunal y San Cristóbal, el cual se presentó el sábado 13 de octubre de 2013 entre las 11 y las 14 horas del día.

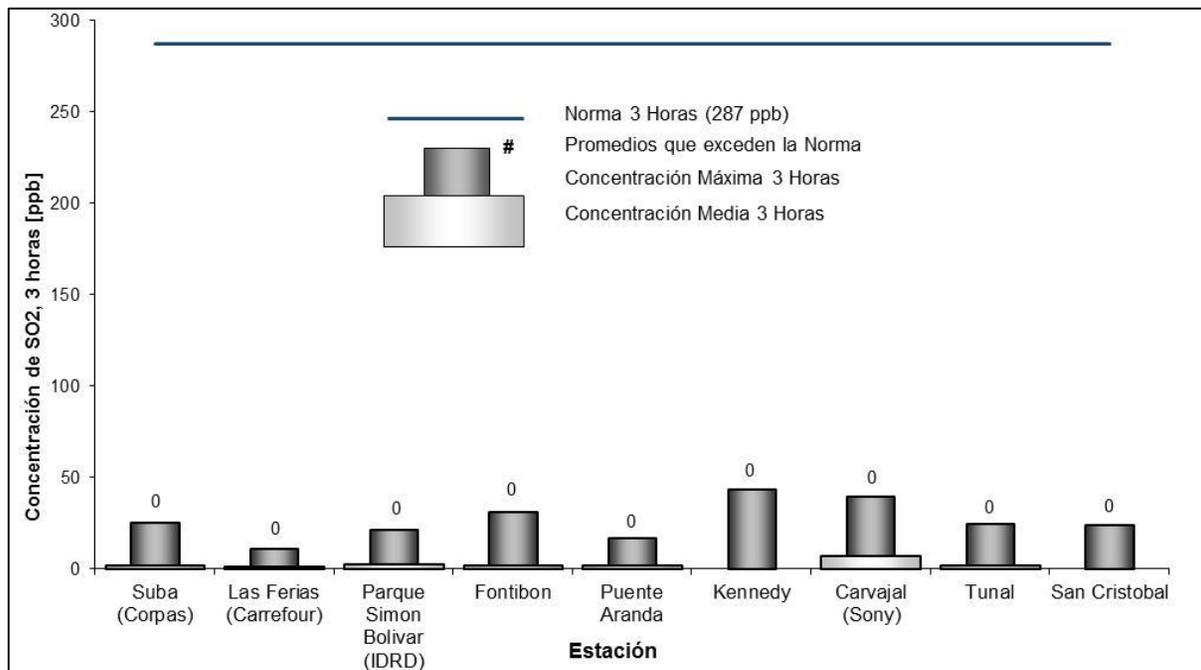


Figura 31. Concentración de SO₂ para 3 horas por estación durante el 2012.

Tabla 14. Resumen de datos de SO₂ 3 horas por estación para el 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Suba (Corpas)	86%	1,9	25,0	26/10/2012 10:00
Las Ferias (Carrefour)	74%	1,5	11,1	25/10/2012 09:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	76%	2,3	21,5	13/10/2012 14:00
Fontibón	71%	1,8	31,1	17/02/2012 09:00
Puente Aranda	97%	2,1	16,6	18/04/2012 09:00

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Kennedy	43%		43,3	13/10/2012 11:00
Carvajal (Sony)	93%	7,3	39,4	13/10/2012 11:00
Tunal	74%	2,1	24,4	13/10/2012 12:00
San Cristóbal	32%		24,3	13/10/2012 14:00

SO₂ en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio 24 horas de SO₂, se contó con 2430 (dos mil cuatrocientos treinta) datos, cuya representatividad temporal es del 74%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la Resolución 601 de 2006 (96ppb). En la Figura 32 se muestran las concentraciones máximas y medias de SO₂ para cada una de las estaciones. El valor máximo de concentración y la media más alta, se registró en la estación No. 3 Carvajal (Sony), al igual que en los promedios trihorarios.

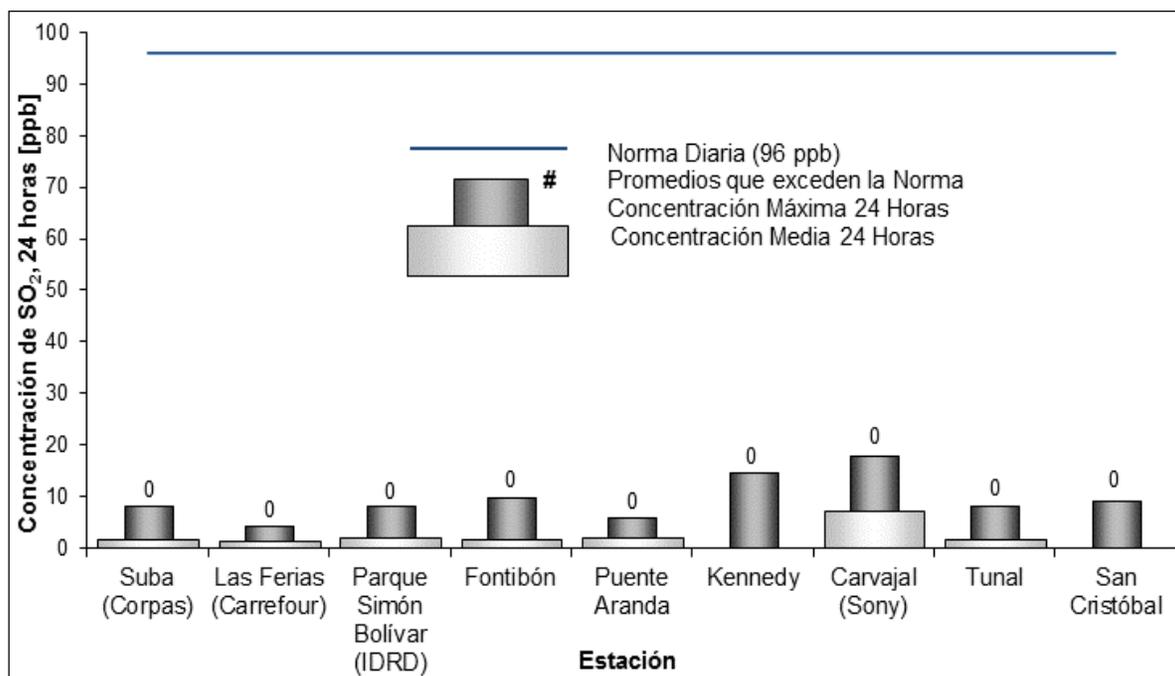


Figura 32. Concentración de SO₂ para 24 horas por estación durante el 2012.

Los promedios, máximos, y fecha de los máximos registrados en cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 15. No se presenta un episodio de contaminación generalizado en la ciudad.

Respecto al 2011, para 2012 aumentó el promedio anual en la estación Fontibón, y en las demás estaciones que contaron con representatividad temporal superior al 73% se presenta una disminución de la concentración anual.

Tabla 15. Resumen de promedios 24 horas de SO₂ por estación para el 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Suba (Corpas)	88%	1,9	8,3	26/10/2012 24:00
Las Ferias (Carrefour)	77%	1,5	4,5	21/10/2012 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	80%	2,3	8,2	13/10/2012 24:00
Fontibón	75%	1,9	9,9	20/02/2012 24:00
Puente Aranda	99%	2,1	6,0	18/04/2012 24:00
Kennedy	44%		14,8	13/10/2012 24:00
Carvajal (Sony)	97%	7,3	18,0	05/06/2012 24:00
Tunal	73%	1,9	8,2	19/01/2012 24:00
San Cristóbal	31%		9,4	16/10/2012 24:00

Revisado el histórico de datos se aprecia un cambio en los niveles de concentración desde 2009, que coincide con la modernización mediante la instalación de nuevos equipos marca THERMO en las estaciones Suba, Chico Lago, Fontibón y Puente Aranda, hacia el mes de mayo de 2009, por eso en los gráficos históricos se aprecia una mayor dispersión de los datos para 2009, porque involucra dos etapas distintas.

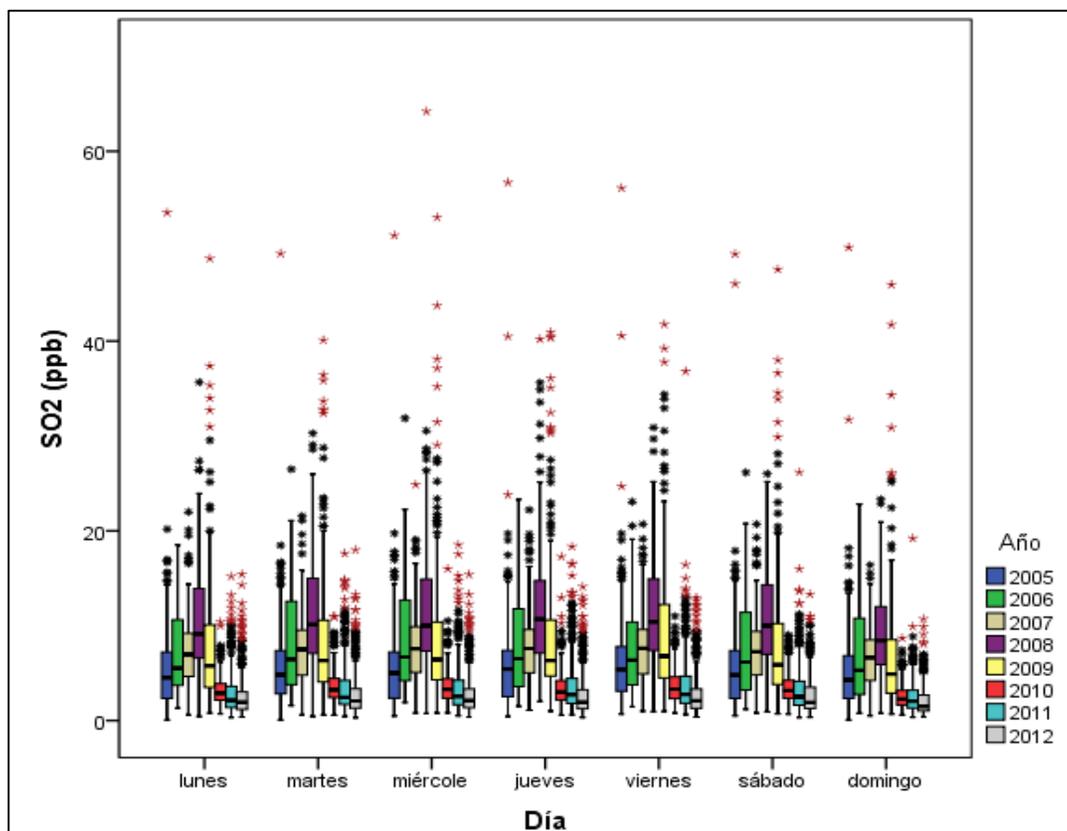


Figura 33. Gráfico de Box-Plot para SO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando el año 2012 con años anteriores.

Como se observa en la Figura 33, de 2009 a 2012 se ha presentado una disminución significativa y progresiva de la concentración del contaminante. Para los días de la semana el comportamiento del contaminante SO₂ muestra una leve forma cóncava. En 2012 las mayores medianas corresponden a los días miércoles y viernes con 2.11 y 2.09 ppb respectivamente. El fin de semana la concentración baja, siendo el domingo el de menores niveles del contaminante, con 1,50 ppb como mediana. Con respecto al 2011, en 2012 las medias y medianas de las series de datos son inferiores todos los días de la semana.

De 2010 a 2012 se observan diagramas de cajas con datos menos dispersos, los cuales se encuentran distribuidos muy cerca a la mediana, a diferencia de lo ocurrido de 2009 hacia atrás. En 2012 se siguen presentando datos atípicos y outliers extremos.

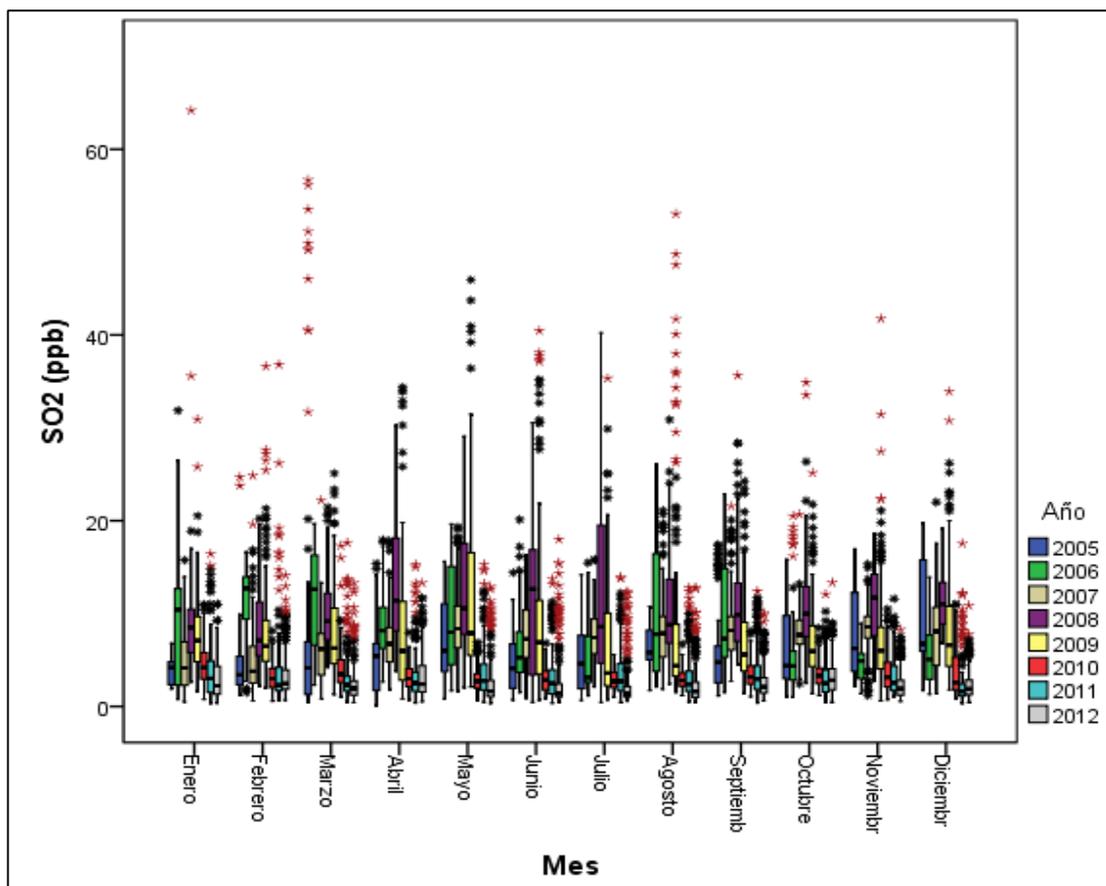


Figura 34. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas, por meses comparando año 2012 con años anteriores.

El comportamiento del contaminante SO₂ en el transcurso de los meses del año 2012 (Figura 34) presenta en general una leve tendencia sinusoidal para el primer semestre y para el segundo semestre se observa una figura ligeramente cóncava. El mes del año con menor mediana es agosto y el de mayor octubre, con 1,61 y 2,82 ppb respectivamente. En la mayoría de los meses del 2012 se presentaron medianas

inferiores en las registradas en 2011. En cuanto a la distribución de los datos, para 2012 se observa presencia de datos atípicos y outliers extremos. Los meses con mayor cantidad de datos extremos son los que presentan menores medias y medianas, como mayo, junio, julio y agosto.

SO₂ anual

Durante el 2012 se obtuvieron 2430 (dos mil cuatrocientos treinta) promedios 24 horas de SO₂, los cuales se usaron para calcular el promedio anual. En ninguna de las estaciones de la RMCAB se superó la norma anual establecida en la Resolución 601 del 2006 (31ppb).

En la Figura 35 se muestran los promedios anuales para cada una de las estaciones que contaron con representatividad en el 2012. Se incluye la estación Tunal que alcanzó un porcentaje de recuperación de datos del 73% y no se incluyen las estaciones de Kennedy y San Cristóbal con representatividad en el año de 44% y 31% respectivamente.

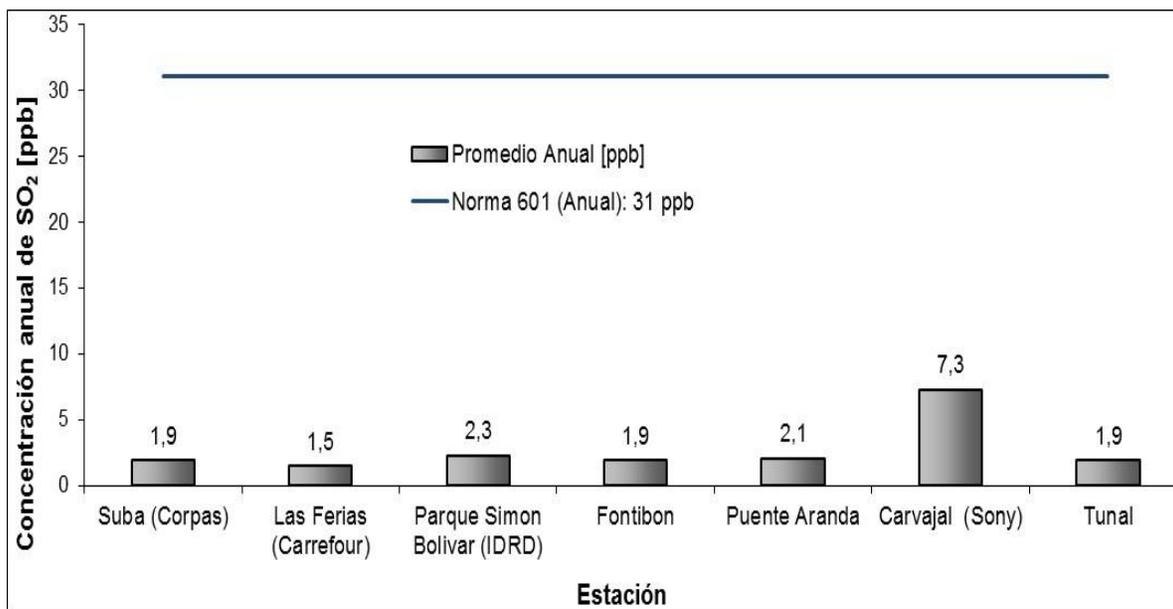


Figura 35. Concentración promedio anual de SO₂ para el 2012.

El resumen de los datos anuales del monitoreo de SO₂ para el 2012 se presenta en la Tabla 16. Se observa que el mayor promedio anual de este contaminante corresponde a la estación Carvajal y el menor promedio a Las Ferias. Con respecto al 2011, en el 2012 el promedio del año disminuyó en todas las estaciones (teniendo en cuenta las estaciones que contaron con representatividad). La mayor disminución corresponde a la estación Puente Aranda que pasó de 3.1 ppb en 2011 a 2.1 ppb en 2012.

Tabla 16. Resumen de promedios anuales de SO₂ por estación para el 2012.

Estación	% de datos válidos	Promedio Anual [ppb]
Suba (Corpas)	88%	1,9
Las Ferias (Carrefour)	77%	1,5
Parque Simón Bolívar (IDRD)	80%	2,3
Fontibón	75%	1,9
Puente Aranda	99%	2,1
Kennedy	44%	
Carvajal (Sony)	97%	7,3
Tunal	73%	1,9
San Cristóbal	31%	

En la Tabla 17 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales desde 1998 hasta 2012, correspondientes a las estaciones que miden SO₂, calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

Tabla 17. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

Estación	Concentración SO ₂ en [ppb]														
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
11. Suba (Corpas)												4	3	3	1,9
6. Las Ferias			8	9	8	3	19	5		6	7			2	1,5
10. Chico Lago	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9				
5. Parque Simón Bolívar						18	6	9	6	6	7	6	3		2,3
2. Sagrado Corazón	5	7	6	4	4	6			4	4	4				
12. Z. Industrial - E Móvil													6	4	
14. Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11		3	2	1,9
13. Puente Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9	4	4	2	2,1
9. Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3	3	8	5	4		
3. Carvajal (Sony)	13	13	11	17	14	9	17		12	11	14	18		9	7,3
Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14	14				
4. Tunal												8			1,9

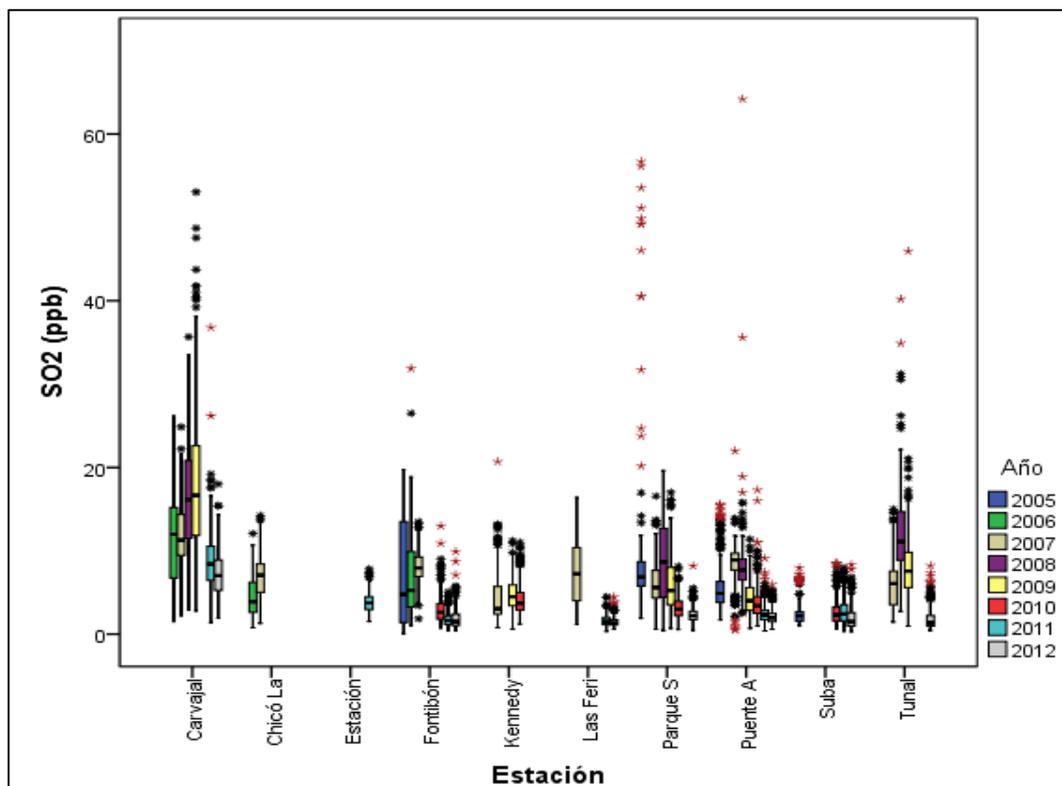


Figura 36. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por estaciones comparando año 2012 con años anteriores.

El comportamiento general del contaminante se vuelve a ratificar en las gráficas de las estaciones (Figura 36); para el año 2012 cinco estaciones registraron el porcentaje de datos mayor al 75%, siendo la estación de Carvajal la que registra mayor mediana con 7,03 ppb, y la de menor mediana Las Ferias con 1,33 ppb. Con respecto a 2011, en 2012 todas las estaciones presentan medianas inferiores. En cuanto a la distribución de los datos, en 2012 se siguen presentando atípicos y outliers extremos; sin embargo, en 2012 los datos registrados por las estaciones están distribuidos más cerca a la mediana por lo que la amplitud entre el segundo y tercer cuartil es menor a la presentada en la mayoría de los años anteriores.

Como se observa en la Figura 37, la concentración de SO₂ muestra una tendencia a la reducción en los últimos años. La mediana de la serie de datos del 2012 se redujo 0,51 ppb con respecto al 2011, y disminuyó 1,07 ppb frente a 2010. En la figura también es clara la influencia de la modernización de equipos de la RMCAB a mediados de 2009, con lo cual se muestra en relación con años anteriores, una mediana y dispersión de los datos baja. La situación anteriormente descrita tiene efectos en el año 2009 donde se aprecia una gran presencia de datos atípicos y outliers extremos.

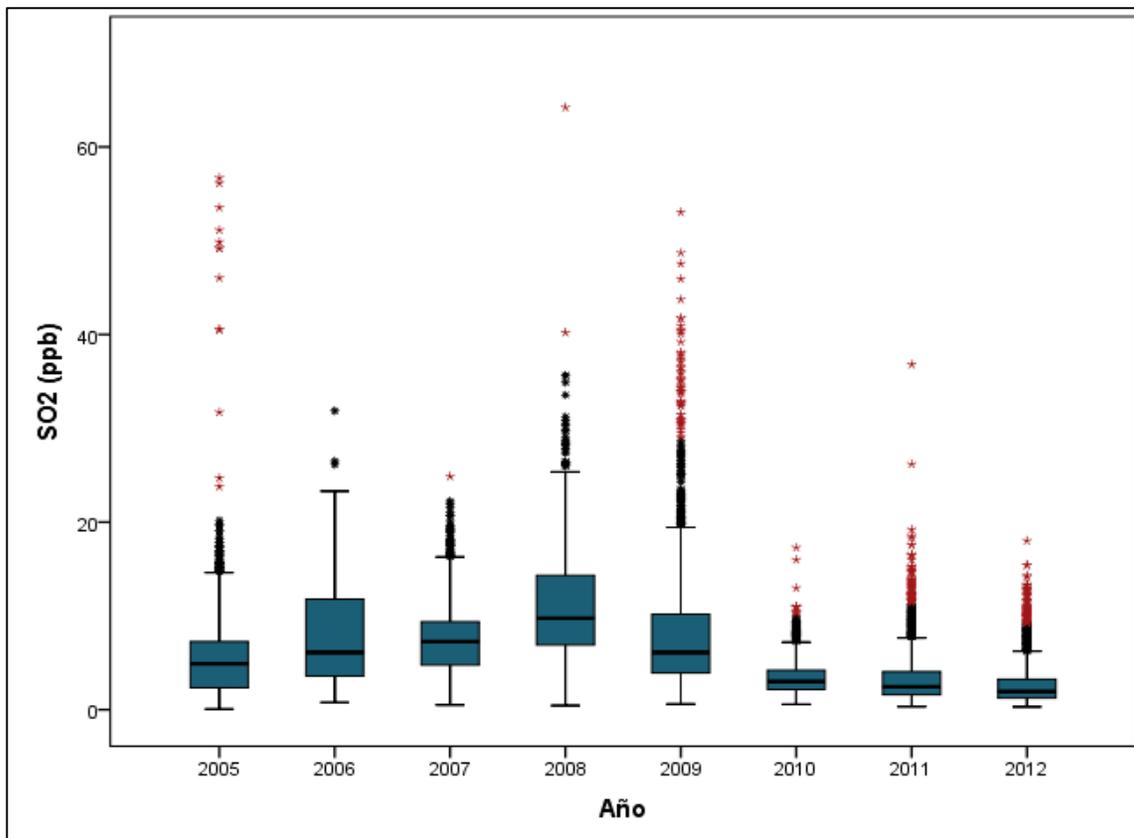


Figura 37. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por años.

3.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

En el año 2012 se calcularon promedios horarios, de 24 horas y anuales de concentración de NO₂ para las estaciones configuradas en la Tabla 1 Durante el año 2008 se adquirieron cinco analizadores nuevos instalados en las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 4 Tunal, No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, en el 2009 se instalaron equipos marca THERMO en las estaciones No. 11 Suba, No. 5 Parque Simón Bolívar y en marzo de 2010 se inicia registro en la estación No. 9 Kennedy.

NO₂ 1 hora

Durante el periodo analizado se obtuvieron 44697 (cuarenta y cuatro mil seiscientos noventa y siete) datos horarios, con una representatividad del 64% afectada especialmente por la baja representatividad de las estaciones de Guaymaral, Puente Aranda y Carvajal, cuyos equipos presentaron fallas durante el año. No se registraron promedios horarios superiores a la norma (106 ppb Resolución 601 2006), como se observa en la Figura 38. Además, en esta gráfica se pueden apreciar los valores de concentración máxima horaria presentada en cada una de las estaciones y las medias; estas últimas no superaron el 25% de la norma.

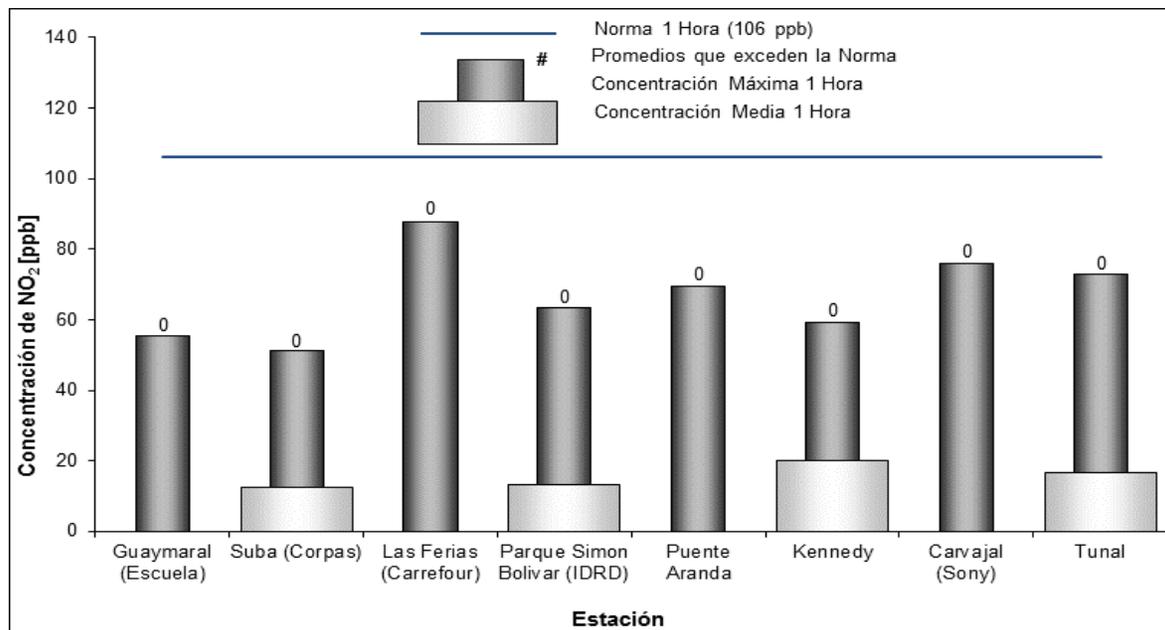


Figura 38. Concentración horaria de NO₂ por estación durante el 2012.

Los promedios, máximos, y fecha de los máximos registrados en cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 18. No se presenta un episodio de contaminación generalizado en la ciudad.

Tabla 18. Resumen de datos horarios de NO₂ por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	50%		55,4	05/12/2012 20:00
Suba (Corpas)	80%	12,4	51,1	22/03/2012 18:00
Las Ferias (Carrefour)	68%		87,8	29/02/2012 18:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	85%	13,1	63,3	24/03/2012 11:00
Puente Aranda	6%		69,4	19/12/2012 10:00
Kennedy	92%	20,0	59,3	22/11/2012 10:00
Carvajal (Sony)	51%		76,1	17/02/2012 10:00
Tunal	76%	16,5	72,9	14/02/2012 10:00

Los mayores niveles de este contaminante (teniendo en cuenta estaciones con representatividad) se presentaron en Kennedy, y los menores niveles en Suba.

NO₂ en 24 horas

Para el 2012 se calcularon 1858 (mil ochocientos cincuenta y ocho) promedios diarios de NO₂, que corresponden a una representatividad del 63%. De estos promedios, ninguno

superó la norma establecida de NO₂ para 24 horas (80 ppb) como se observa en la Figura 39.

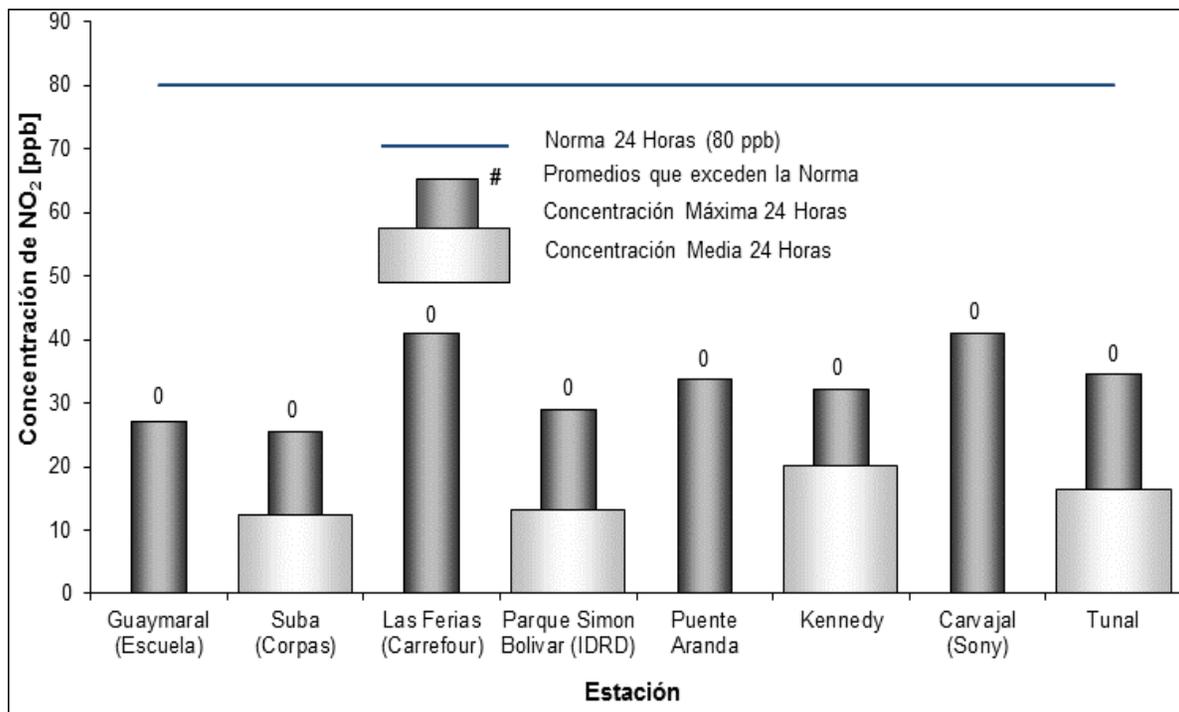


Figura 39. Concentración de NO₂ 24 horas por estación para el año 2012.

De las estaciones que cumplen con el 75% de representatividad, las que registraron las concentraciones medias más altas fueron Kennedy y Tunal con 20,0 ppb y 16,4 ppb respectivamente, promedios que se encuentran por debajo del 25% del valor de la norma.

En la Tabla 19 se reportan los promedios 24 horas por estación, las concentraciones máximas y el día en que ocurrieron. En Las Ferias y Carvajal se registran las máximas concentraciones diarias del año, con 41,0 ppb.

Tabla 19. Resumen de datos 24 horas de NO₂ por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	46%		27,1	05/12/2012 24:00
Suba (Corpas)	80%	12,3	25,4	01/02/2012 24:00
Las Ferias (Carrefour)	69%		41,0	14/04/2012 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	85%	13,1	28,9	13/04/2012 24:00
Puente Aranda	7%		33,6	12/12/2012 24:00
Kennedy	94%	20,0	32,2	12/10/2012 24:00
Carvajal (Sony)	51%		41,0	29/02/2012 24:00
Tunal	77%	16,4	34,4	12/10/2012 24:00

Respecto a 2011, en 2012 el valor de las máximas concentraciones diarias obtenidas fueron menores en todas las estaciones. Se identifica un pequeño episodio de contaminación el 12/10/2012 en las estaciones Kennedy y Tunal.

Para el análisis estadístico se incluyeron para el 2012 cuatro estaciones de la RMCAB, las que alcanzaron una representatividad de los datos superior al 75%, y Ferias con 69%.

En la Figura 40 se presenta el comportamiento del NO₂ para los días de la semana; para 2012 se observa una forma cóncava, con un máximo nivel de concentración el día viernes con mediana de 16.38 ppb. El valor de la mediana más bajo corresponde al día domingo con 12.52 ppb. Comparando con el año anterior, se presenta una disminución del valor de la mediana en todos los días de la semana a excepción del sábado. En cuanto a la distribución de los datos, en 2012 la dispersión registra disminución respecto al 2011 y no se presentan outliers extremos.

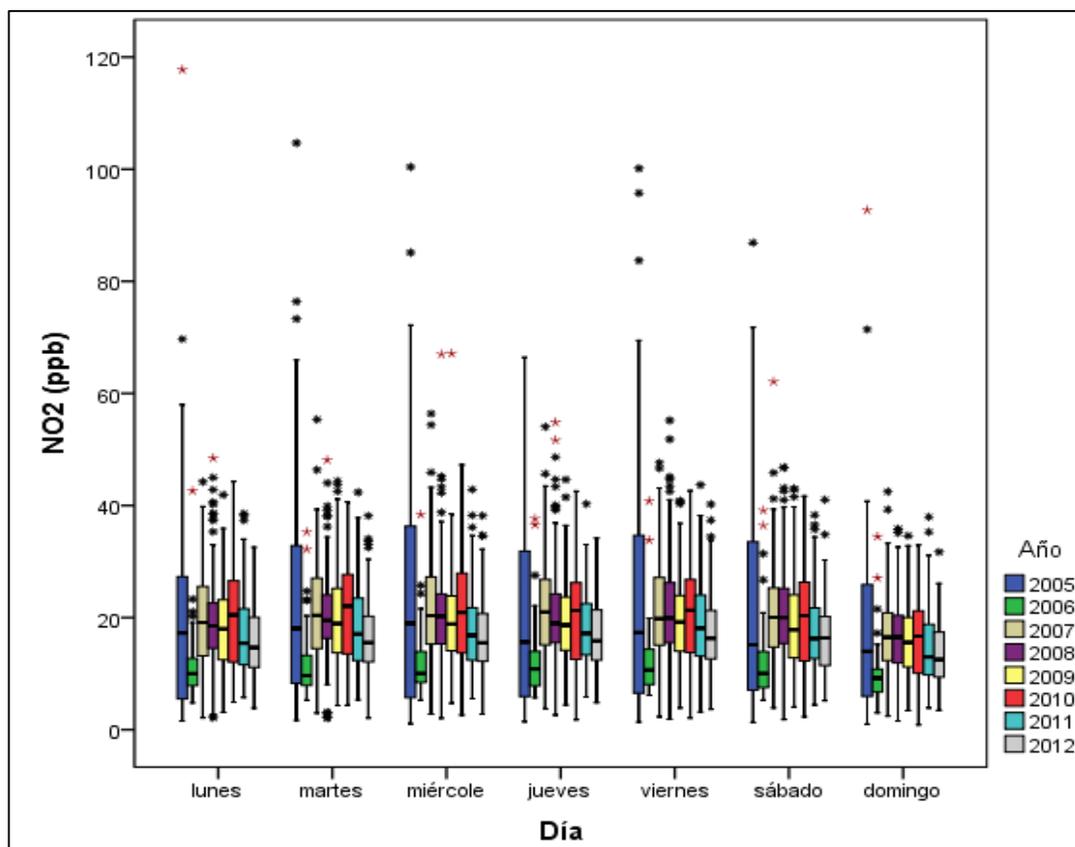


Figura 40. Gráfico de Box-Plot para NO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando año 2012 con años anteriores

Mensualmente, como se observa en la Figura 41, para este contaminante se encuentra bien definido el comportamiento sinusoidal. Para el primer semestre de 2012 se registra decrecimiento y para el segundo semestre un crecimiento, donde el punto de inflexión se encuentra en el mes de junio, con 11,93 ppb como mediana; el mes con mayor mediana

en 2012 es octubre con 18,65 ppb; comparando el valor de la mediana en los meses del 2012 con respecto al 2011, se observa que en casi todos los meses se presentó disminución, salvo en febrero, julio, agosto y septiembre; la mayor diferencia en cuanto a disminución mensual en los dos últimos años se encuentra en noviembre, en donde se pasa de e 24,0 ppb en 2011 a 17,42 ppb en 2012.

Por otro lado, la distribución de los datos del contaminante en el 2012 es similar a la del 2011; no se registraron ni datos atípicos ni outliers extremos en enero, octubre, noviembre y diciembre.

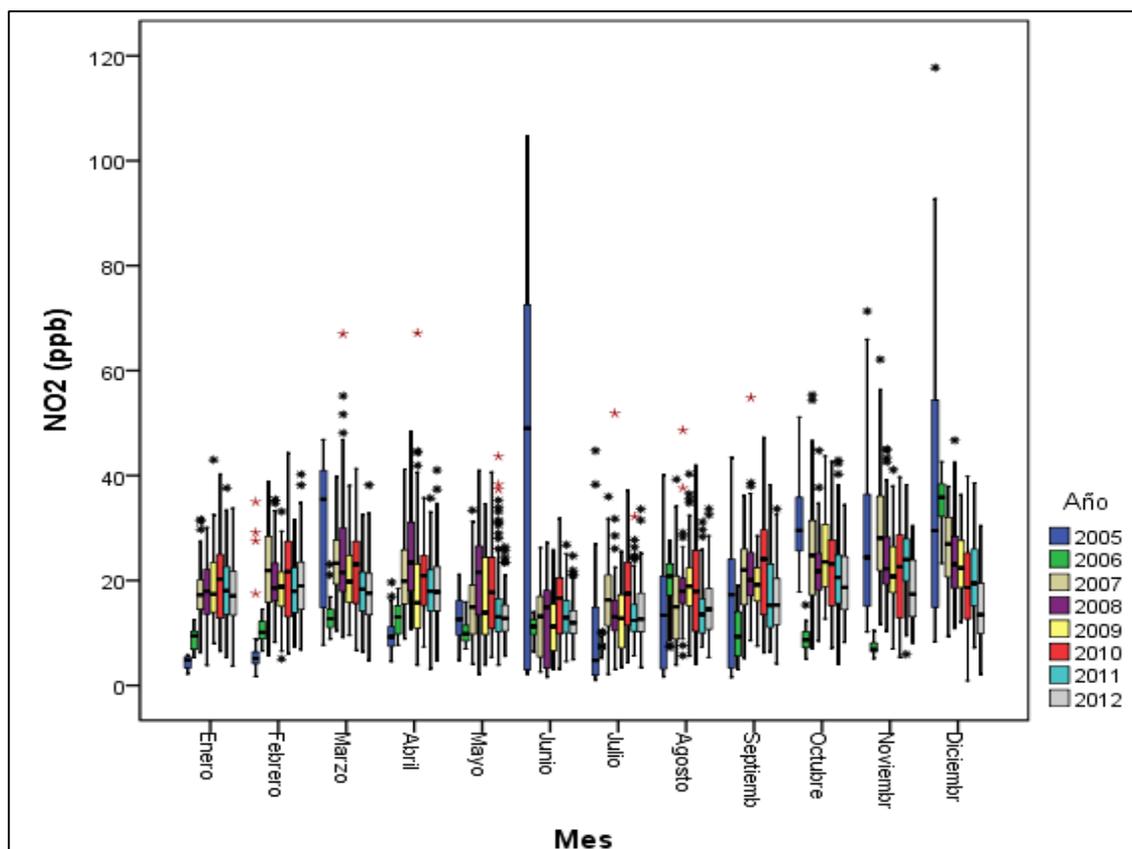


Figura 41. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por meses comparando año 2012 con años anteriores.

NO₂ anual

Durante el 2012 se contó con representatividad de los datos superior al 75% en Suba, Parque Simón Bolívar, Kennedy y Tunal. Ninguno de los promedios anuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (53 ppb). La estación que registró el mayor promedio anual fue Kennedy, con 20,0 ppb, concentración que está por debajo del 50% de la norma. El resumen de los datos registrados por los monitores de NO₂ se presenta en la Tabla 20

Tabla 20. Resumen de datos anuales de NO₂ por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio Anual [ppb]
Guaymaral (Escuela)	46%	
Suba (Corpas)	80%	12,3
Las Ferias (Carrefour)	69%	
Parque Simón Bolívar (IDRD)	85%	13,1
Puente Aranda	7%	
Kennedy	94%	20,0
Carvajal (Sony)	51%	
Tunal	77%	16,4

En la Figura 42 se muestran los promedios anuales del 2012 para las estaciones que presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%. Se puede observar que no se supera la norma anual establecida en 53 ppb.

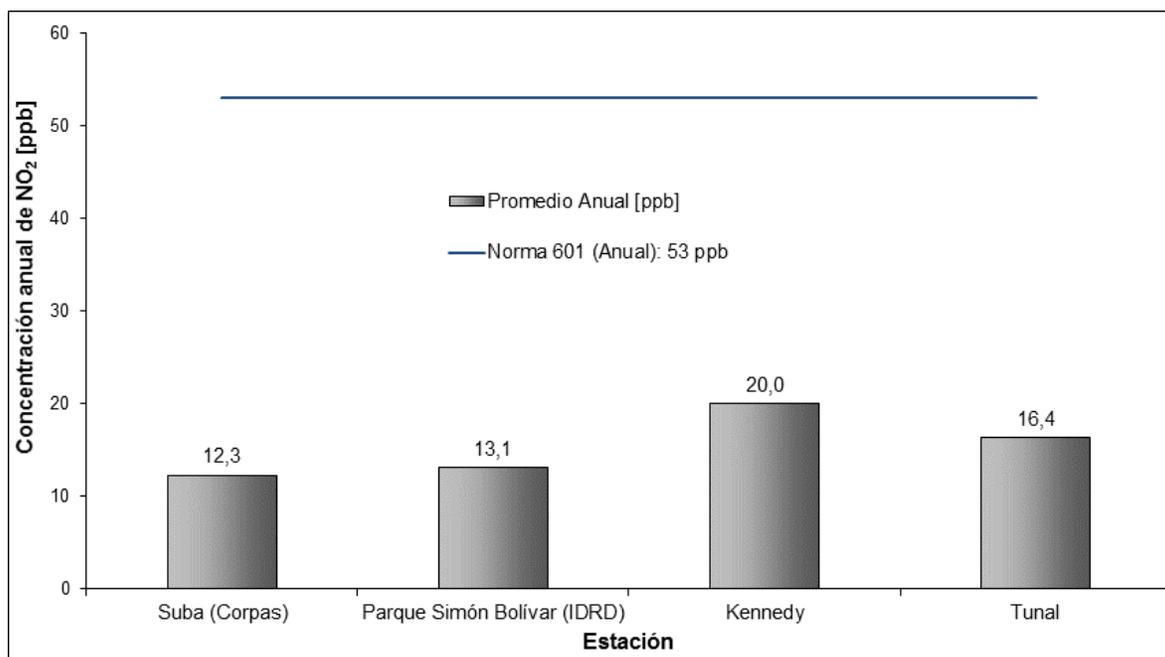


Figura 42. Concentración promedio anual de NO₂ por estación durante el 2012.

Con respecto al 2011, en 2012 la concentración promedio anual disminuyó en todas las estaciones (teniendo en cuenta las de representatividad temporal superior al 75%).

En la Tabla 21 se presentan las concentraciones promedio anuales desde 1998 hasta 2011 para cada una de las estaciones. Se aprecia que en la estación No. 9 Kennedy se presentó la mayor concentración promedio anual de NO₂ para el 2011. En esta tabla los cuadros en gris refieren promedios reportados con representatividad inferior al 75%.

Tabla 21. Concentraciones de NO₂ – Promedios anuales, calculado a 31 de diciembre de 2012.

NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Guaymaral (Escuela)				10	8	6	6								
Usaquén	12	8	9	7		12									
Suba (Corpas)	8	5	5			12	12	16					10	12	12
Las Ferias (Carrefour)			4	16	9	17		21	12				18	19	
Engativá	7	9													
Chico Lago (S. Tomás)	24	20	13	20	19	16	4	6							
P. Simón Bolívar	19	22				4	6	11	15	13	21	22	24		13
U. Nacional	18	21	24	23	35										
Sagrado Corazón	14	21	21	20	19			22							
Z. Ind. – E. Móvil															
Z. Ind. – CADE	18	7	7	8	11										
Fontibón		19	14	14	12	1	5	4		19	20	21			
Puente Aranda		27	20	19	19	5		36		27		18	26		
Olaya	16	21	19	14											
Kennedy														21	20
Carvajal	19	18	16	49		1	4	1				25	25		
Tunal													20	19	16
Central de mezclas				7	8										
Cazucá	18	14	17	14	7	3									

La estación que mejor comportamiento registra por su simetría, baja concentración y dispersión en el 2012 es Suba (ver Figura 43) con 12,20 ppb como mediana. La estación con menor mediana en 2012 fue Parque Simón Bolívar con 12,13 ppb, y la de mayor mediana Kennedy con 19,40 ppb. Las estaciones Las Ferias y Tunal presentaron en 2012 medias y medianas inferiores a las registradas en 2011, mientras que Kennedy y Suba presentaron en 2012 mayores niveles. Kennedy que es la estación con mayor mediana en 2012 registró los mayores niveles de este contaminante en el último trimestre del año.

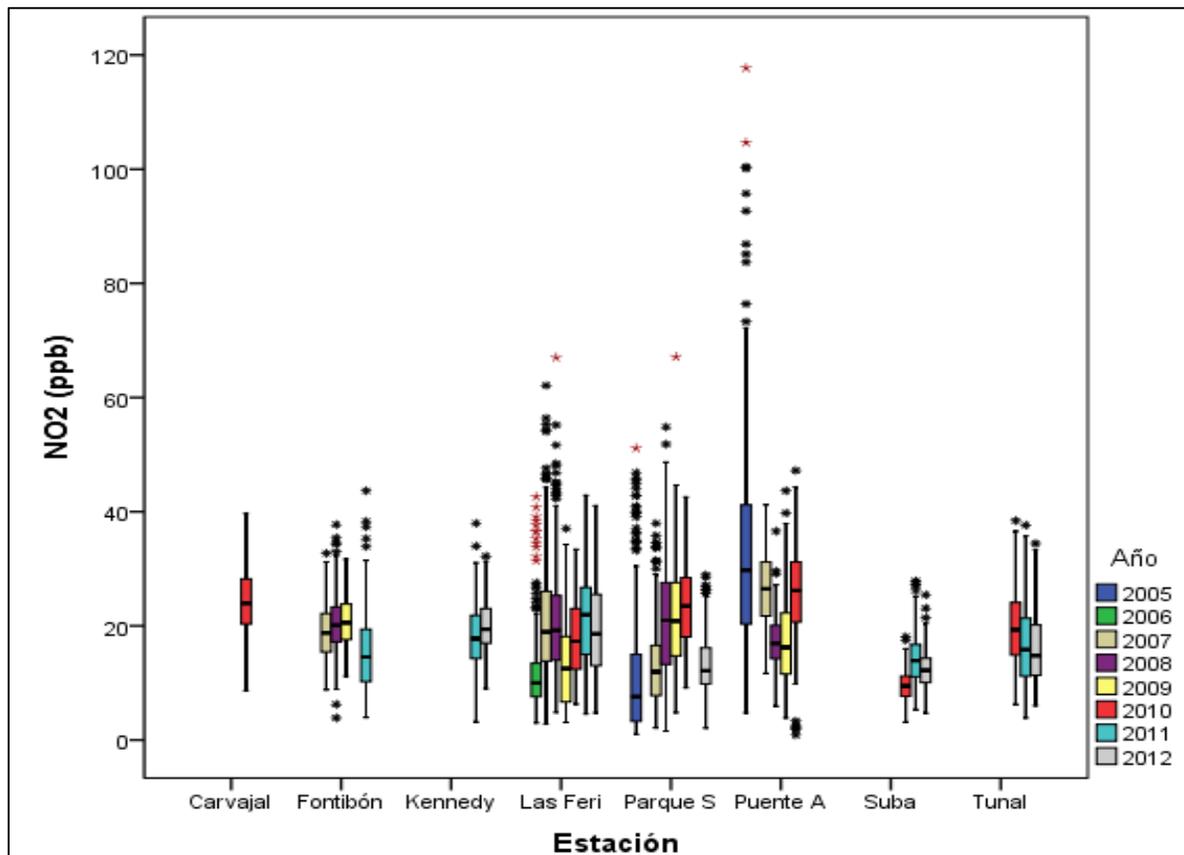


Figura 43. Gráfico de Box-Plot para NO₂ por estaciones comparando año 2012 con años anteriores (base 24 horas).

En la Figura 44 se resume el comportamiento general del contaminante; se observa una disminución en la concentración desde el 2007 hasta 2009, en el 2010 se presenta un aumento y de 2011 a 2012 nuevamente una disminución. Mientras que en 2010 se registró una mediana de 20.19 ppb, en 2011 de 16,40 ppb, en 2012 este valor disminuyó a 15,17 ppb. En cuanto a los datos atípicos y la dispersión, se observa que 2012 tiene un comportamiento muy similar al del año inmediatamente anterior, con la mayoría de los datos distribuidos más cerca a la mediana.

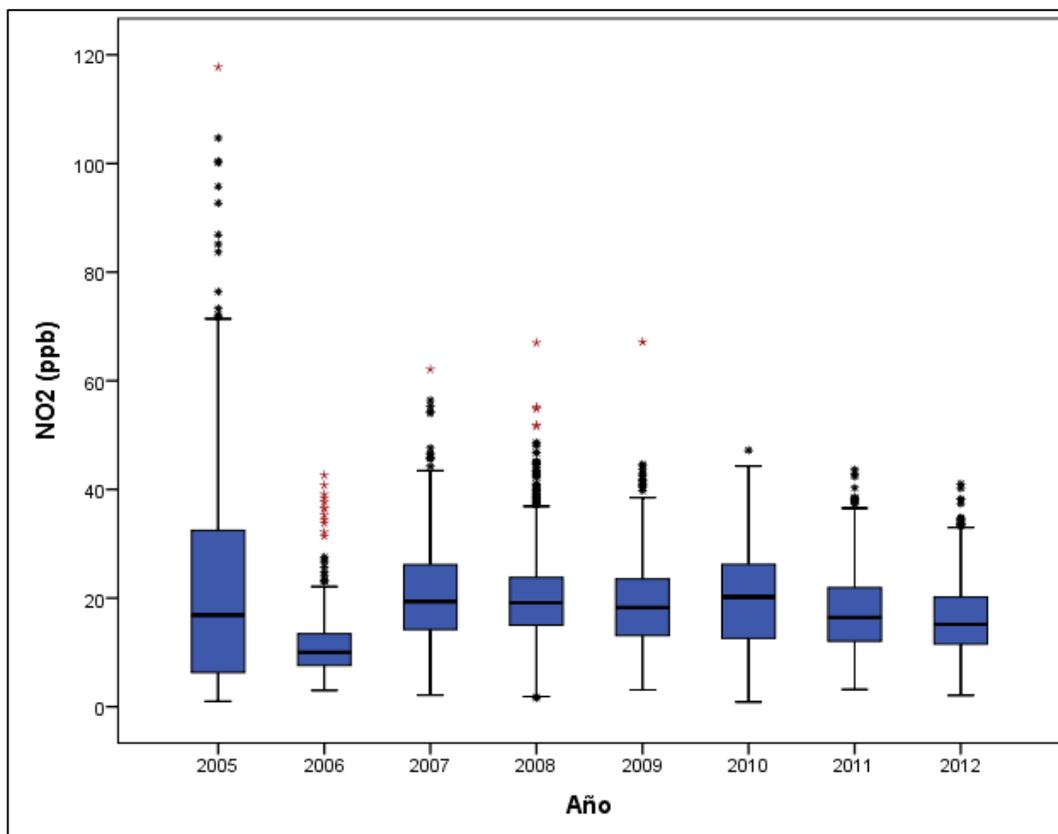


Figura 44. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por años.

3.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO

En el 2012 se contó con promedios de CO horarios y octohorarios para las estaciones indicadas en la Tabla 1. El índice de captura de datos para este contaminante fue del 85% respecto a los que se podrían obtener si no se presentaran fallas en el proceso de recolección de la información.

CO 1 hora

Se obtuvo 67211 (setenta y siete mil doscientos once) datos horarios de CO. Ninguno de los promedios superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 de 2006), y todos los promedios horarios estuvieron por debajo del 20% de la norma (ver Tabla 22).

En la Tabla 22 se presenta el promedio, el valor máximo horario y el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios por estación; la estación Carvajal presenta el mayor promedio anual. Las estaciones Las Ferias, Parque Simón Bolívar y Fontibón coinciden en presentar el valor máximo de concentración el 22 de marzo de 2012 entre las 21 y las

22 horas. Los martes y jueves fueron los días en los que se presentaron las máximas concentraciones del año.

Tabla 22. Resumen de datos horarios de CO por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Usaquén (Bosque)	90%	0,9	5,22	14/02/2012 08:00
Las Ferias (Carrefour)	90%	0,8	4,73	22/03/2012 21:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	93%	0,7	4,33	22/03/2012 22:00
Fontibón	50%		2,93	22/03/2012 21:00
Puente Aranda	98%	1,0	4,86	09/02/2012 09:00
Kennedy	92%	1,0	3,91	27/03/2012 07:00
Carvajal (Sony)	96%	1,4	6,11	05/04/2012 01:00
Tunal	69%		4,99	27/03/2012 08:00
San Cristóbal	87%	0,5	3,26	11/12/2012 09:00

En la Figura 45, se observa que en ninguna estación se superó la norma, y que además la estación Carvajal registró la mayor concentración promedio horaria de CO.

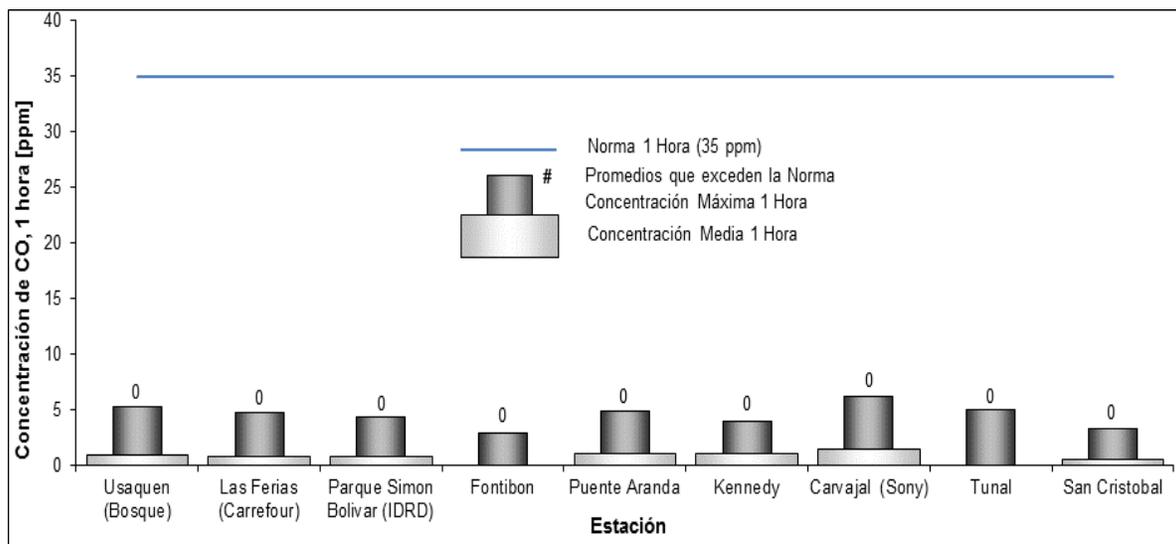


Figura 45. Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el 2012.

En comparación con el 2011, en el 2012 el promedio del año de acuerdo con los datos horarios disminuyó en las estaciones Carvajal y San Cristóbal, y aumentó en la estación Usaquén.

CO 8 horas

Para el 2012 se calcularon 66473 (sesenta y seis mil cuatrocientos setenta y tres) promedios de 8 horas de CO, equivalentes al 84% de los datos posibles teniendo en cuenta los equipos instalados. Durante el periodo analizado no se presentaron

excedencias a la norma (8,8 ppm, Resolución 601 de 2006). Los promedios octohorarios máximos registrados son inferiores al 50% de la norma. La estación San Cristóbal registró las menores concentraciones octohorarias, con una media de 0,6 ppm en el año, mientras que la estación de Carvajal presentó la mayor concentración promedio en 2012, con 1,4 ppm (Ver Figura 46).

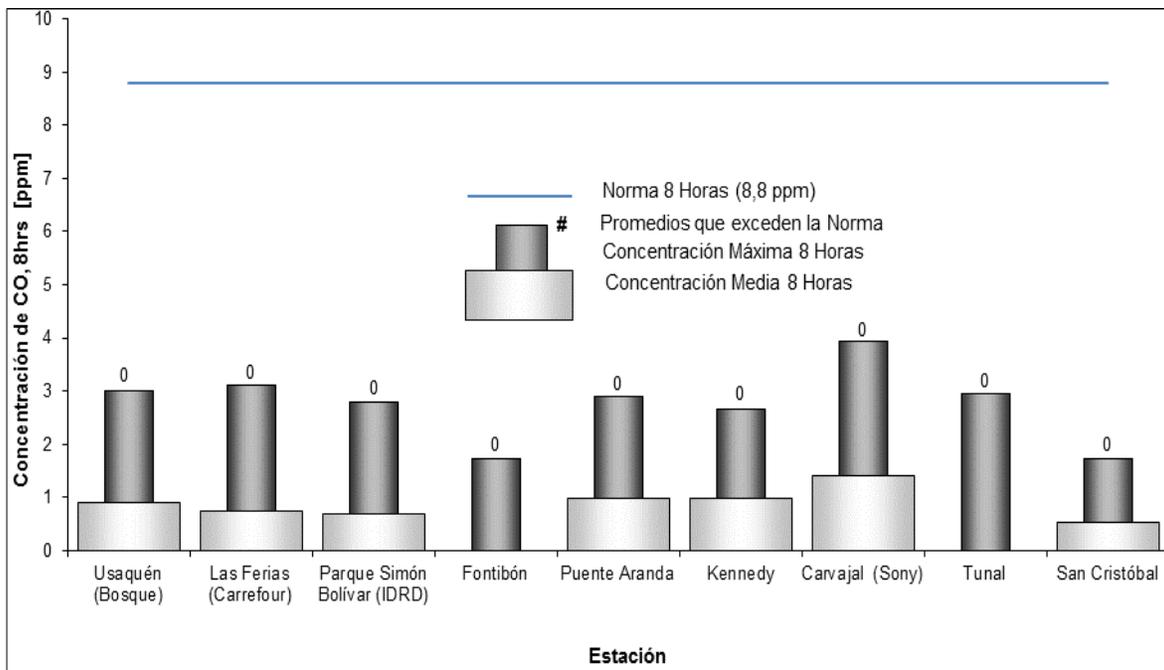


Figura 46. Concentración máxima y media de CO para 8 horas por estación durante el 2012.

La Tabla 23 presenta un resumen de los datos de CO que incluyen la concentración media octohoraria, y la concentración máxima con la fecha y hora en la que esta ocurre. El 27 de marzo de 2012 entre las 10 y las 13 horas se presentó un episodio de contaminación debido a que se registraron las concentraciones máximas del año en las estaciones Puente Aranda, Kennedy, Tunal y San Cristóbal (Zona sur y suroccidental de la ciudad).

Tabla 23. Resumen de datos de CO por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Usaquén (Bosque)	89%	0,92	3,0	14/04/2012 24:00
Las Ferias (Carrefour)	90%	0,77	3,1	23/03/2012 01:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	92%	0,71	2,8	11/02/2012 02:00
Fontibón	48%		1,7	20/01/2012 21:00
Puente Aranda	98%	1,01	2,9	27/03/2012 12:00
Kennedy	91%	0,99	2,7	27/03/2012 12:00
Carvajal (Sony)	95%	1,43	3,9	11/05/2012 05:00
Tunal	68%		3,0	27/03/2012 10:00
San Cristóbal	86%	0,55	1,8	27/03/2012 13:00

Los promedios en 2012, de acuerdo con la base de datos octohoraria, fueron inferiores a los registrados en 2011 en las estaciones Carvajal, San Cristóbal, Las Ferias y Puente

Aranda. En la estación Usaquén el promedio de 2012 es superior al del 2011, y en cuanto a la estación Kennedy, la media en 2012 es la misma registrada en el año inmediatamente anterior.

La gráfica de los días de la semana para el contaminante CO presenta una leve forma sinusoidal que inicia el lunes con alza (Figura 47), el jueves disminuye y el viernes vuelve a aumentar, presentándose el fin de semana nuevamente una disminución y siendo el domingo el día de menor mediana con 0,74 ppm; los picos de la onda se registran el martes y viernes con 0,90 y 0,93 ppm respectivamente; los días valles son el lunes, jueves y domingo. Respecto al año inmediatamente anterior, la mediana de los días lunes, martes y miércoles del 2012 es mayor. En cuanto a la distribución de los datos en los días de la semana se observa un comportamiento muy similar al del 2011; además se observa que el día de 2012 con mayor dispersión de los datos es el viernes y el de menor dispersión el domingo; no se presentaron en 2012 outliers extremos y se observa simetría en la mayoría de los días de la semana.

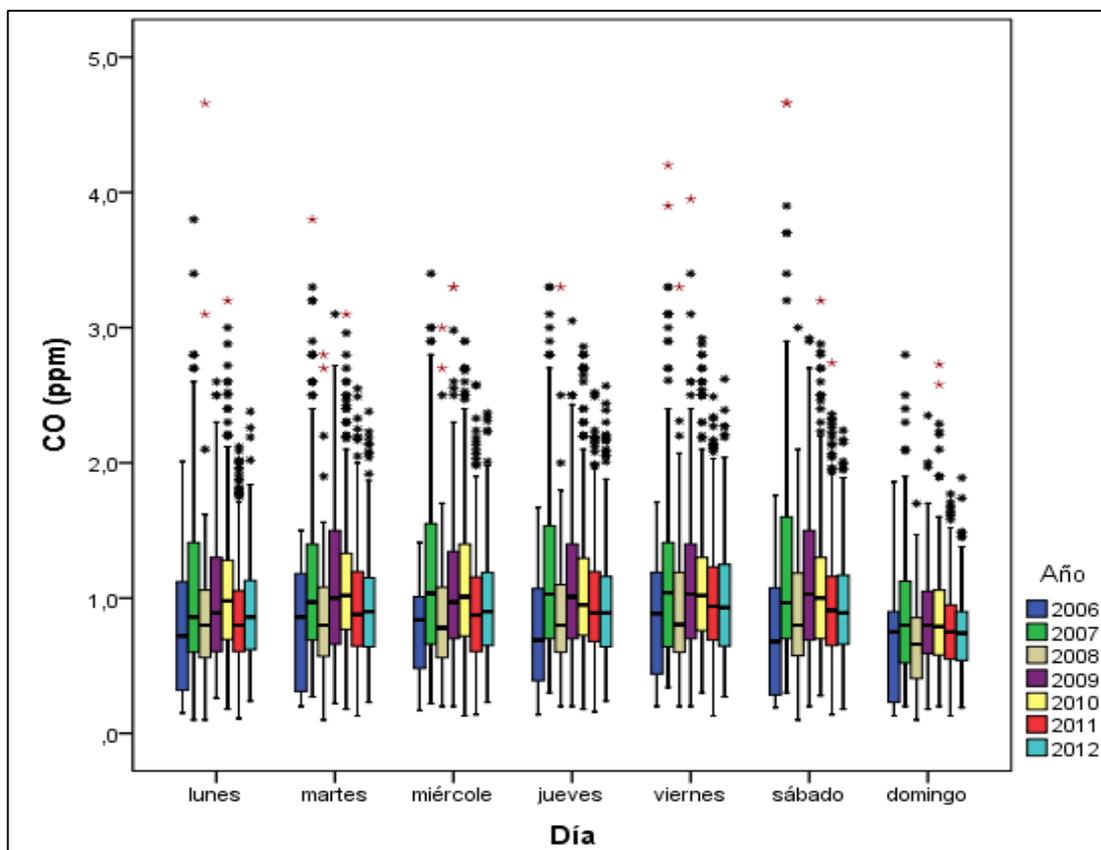


Figura 47. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por días de la semana comparando año 2012 con años anteriores.

Los meses en el año tienen un comportamiento sinusoidal como se ve en la Figura 48. En 2012 los meses con mayor mediana son abril y noviembre con 0,99 ppm. Los meses con menores niveles de este contaminante son junio y agosto con medianas de 0,66 y 0,75

ppm respectivamente. Con respecto al 2011, se presenta disminución de los niveles de CO en los meses de enero, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre de 2012; la mayor disminución se presenta en diciembre, en donde se pasa de 1,0 ppm en 2011 a 0,92 en 2012. Por otro lado, la dispersión de los datos en 2012 es similar a la presente en 2011, y la cantidad de datos atípicos sigue siendo significativa especialmente en meses como enero, febrero y octubre.

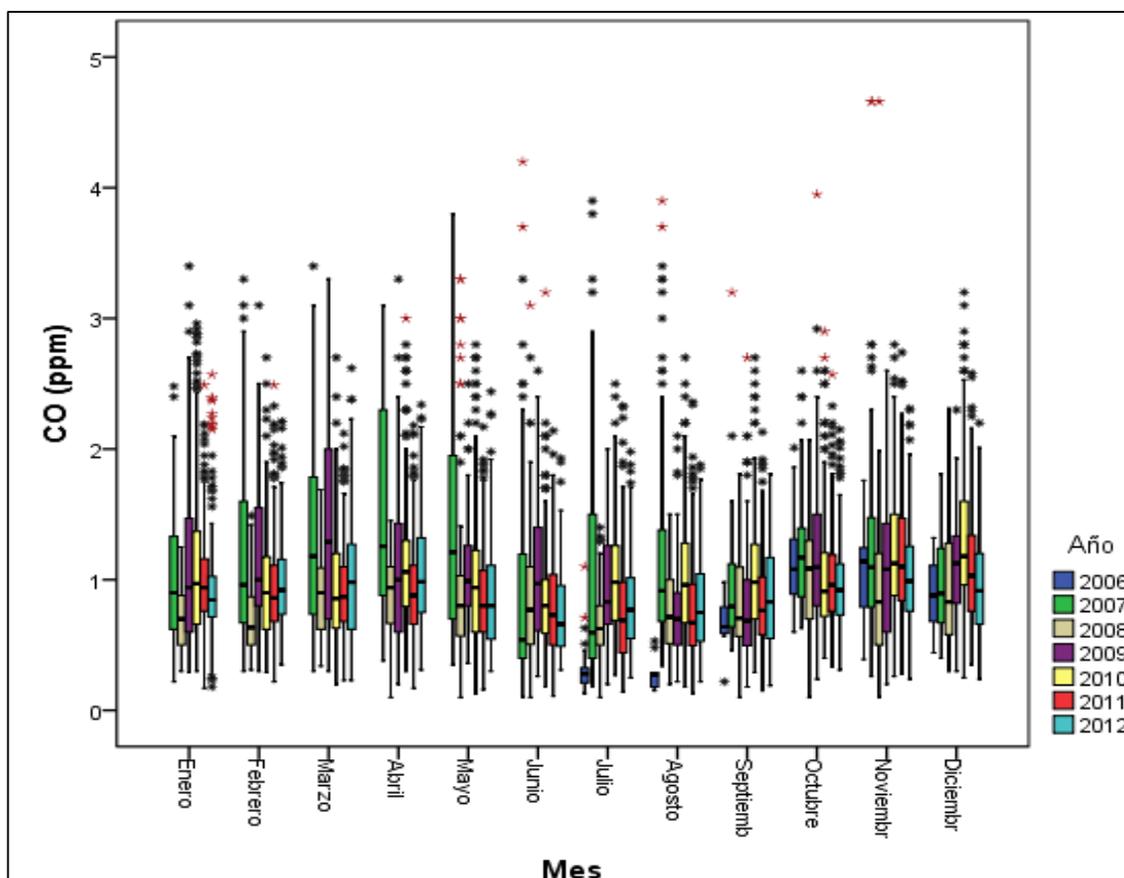


Figura 48. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando año 2012 con años anteriores.

En la Figura 49 se presenta el comportamiento del contaminante CO por estaciones de la RMCAB. Se tienen en cuenta únicamente las estaciones que cuentan con representatividad. La estación que en 2012 registró los mayores niveles de este contaminante fue Carvajal, con 1,4 ppm como mediana; la que presentó menores concentraciones fue San Cristóbal con una mediana de 0,5 ppm. En comparación con lo registrado en 2011, todas las estaciones salvo Usaquén presentan medianas inferiores en 2012, y la mayor diferencia la registra Carvajal, que pasa de 1,58 ppm en 2011 a 1,36 ppm en 2012. En cuanto a la distribución de los datos, en las estaciones se presenta un 2012 un comportamiento muy similar al del 2011, en donde las estaciones con datos más dispersos son Carvajal y Usaquén, y las estaciones que presentan un mejor comportamiento de acuerdo a la dispersión, simetría y presencia de pocos datos atípicos son Puente Aranda y San Cristóbal.

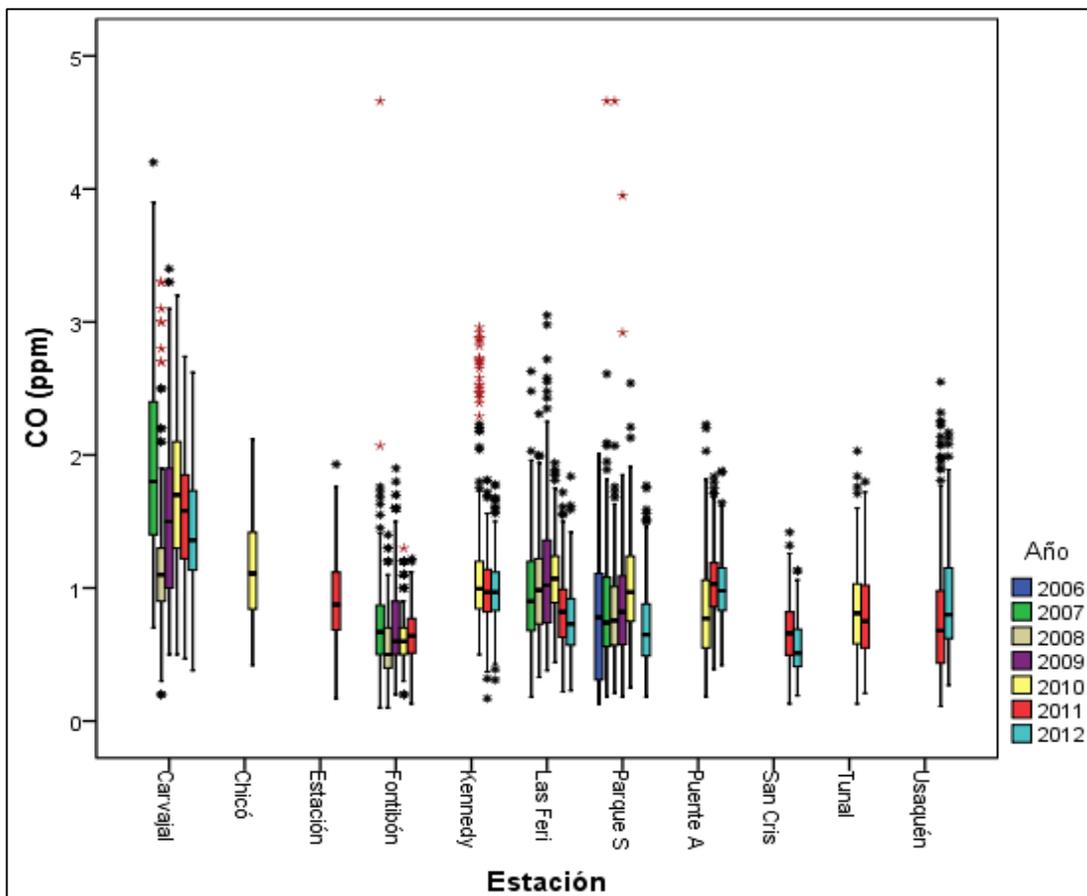


Figura 49. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones, comparando año 2012 con años anteriores.

El contaminante CO no presenta una tendencia definida a través de los años, puesto que se alterna su crecimiento y descenso como se muestra en la Figura 50. La media y mediana de los datos registrados en 2012 son las mismas que se presentaron en el 2011, con valores de 0,92 ppm como media y 0,86 ppm como mediana. En cuanto a la distribución de los datos en 2012, se observa una simetría en la caja, presencia de una cantidad significativa de datos atípicos, y no se presentan outliers extremos.

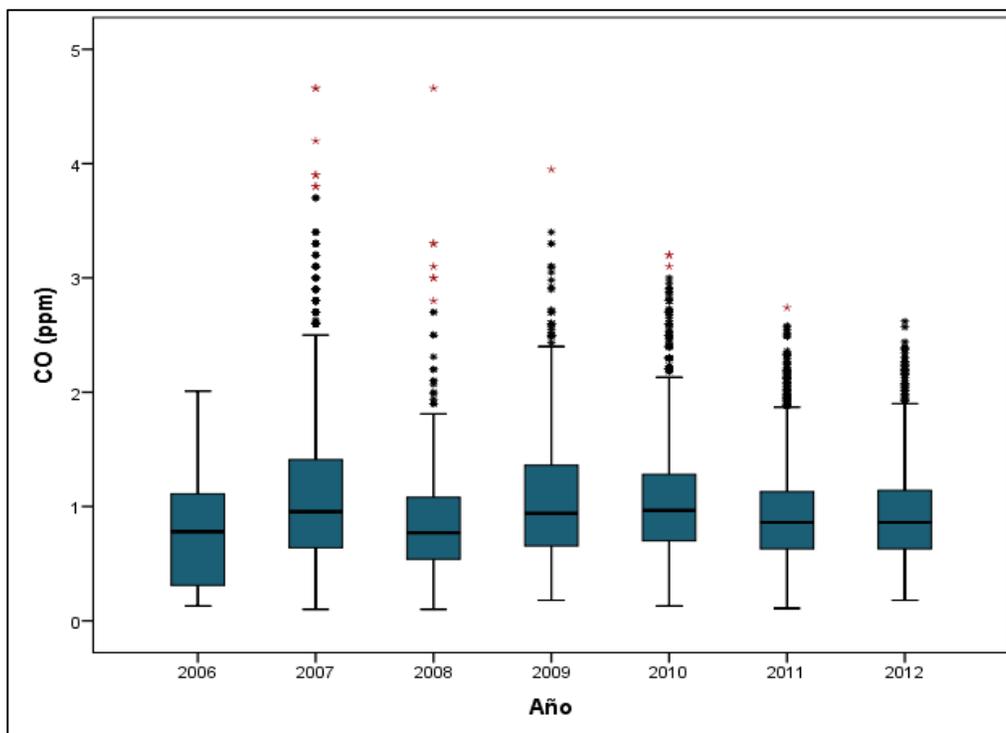


Figura 50. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por años, desde 2006 hasta 2012.

3.2.4. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O₃

La RMCAB contó con once (11) equipos para monitorear el ozono durante el 2012, ubicados según se reporta en la Tabla 1. En 2008 se instalaron siete (7) nuevos equipos en las estaciones No. 1 Usaquén (Bosque), No. 3 Carvajal (Sony), No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, por lo que respecto a estas estaciones no se cuentan con muchos datos históricos.

O₃ 1 hora

Durante el 2012 se calcularon 83618 (ochenta y tres mil seiscientos dieciocho) promedios horarios de O₃, lo que representa un porcentaje de recuperación de los datos del 87%. Las medias y promedios máximos obtenidos en cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 24, junto con el día y hora en que ocurrieron. A excepción de Carvajal, Puente Aranda y Tunal, todas las estaciones presentaron promedios por encima de la norma. El total de promedios horarios que exceden la norma (61 ppb) son 155, los que corresponden al 0,2% del total calculado. El número de datos que excedió la norma en 2012 disminuyó en comparación con el 2011, año en el que se presentaron 172 excedencias.

Tabla 24. Resumen de datos de O₃ por estación para el año 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	91%	10,6	80,1	24/03/2012 14:00
Usaquén (Bosque)	91%	13,7	73,5	18/02/2012 13:00
Suba (Corpas)	96%	14,4	74,2	28/02/2012 14:00
Las Ferias (Carrefour)	89%	14,5	82,0	18/02/2012 12:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	94%	13,6	81,8	18/02/2012 12:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	76%	16,1	97,9	16/02/2012 13:00
Fontibón	68%		65,6	10/10/2012 15:00
Puente Aranda	87%	8,9	59,3	10/10/2012 14:00
Carvajal (Sony)	89%	7,0	51,0	16/02/2012 12:00
Tunal	81%	9,9	52,7	25/01/2012 14:00
San Cristóbal	91%	11,8	62,6	10/10/2012 14:00

En la Tabla 24 se observa que el 18 de febrero de 2012 se presentan las máximas concentraciones de ozono en parte de la zona norte, noroccidente y centro de la ciudad, episodio registrado por las estaciones Usaquén, Las Ferias y Parque Simón Bolívar.

El día 16 de febrero de 2012 entre las 12 y las 13 horas se registra un máximo de concentración en las estaciones Carvajal y Parque Simón Bolívar (IDRD). En la zona sur y suroccidental se presentó un episodio de contaminación el 10 de octubre de 2012 entre las 14 y 15 horas, registrado por las estaciones Fontibón, Puente Aranda y San Cristóbal.

Es importante resaltar que los máximos de concentración de ozono en 2011 se presentaron principalmente en el mes de enero, mientras que en 2012 se registraron en febrero.

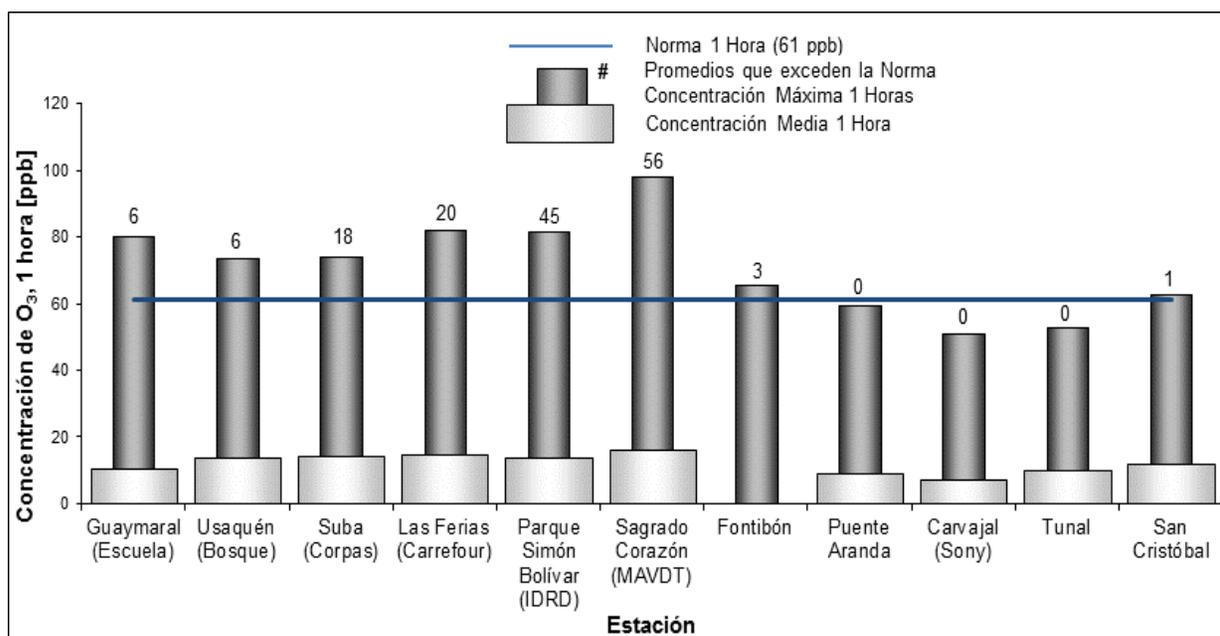


Figura 51. Concentración media y máxima horaria de O₃ por estación durante el 2012.

La concentración media horaria y el número de promedios que excedieron la norma en cada estación se presentan en la Figura 51. Se observa que el mayor promedio anual de acuerdo con los datos horarios se presenta en la estación Sagrado Corazón y el menor en la estación Carvajal.

En el 2012 los promedios del año (según datos horarios) fueron inferiores a los registrados en el 2011 en las estaciones Guaymaral, Usaquén y Carvajal, y superiores en las estaciones Suba, Las Ferias, Puente Aranda, Tunal y San Cristóbal.

O₃ 8 horas

Se obtuvieron 82586 (ochenta y dos mil quinientos ochenta y seis) promedios octohorarios que representan el 85% del número máximo de datos que podrían calcularse en las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año. 451 de los promedios estuvieron por encima de la norma (41 ppb Res. 601 2006), lo que corresponde al 0,55 % de los datos registrados en el año. Los niveles máximos por estación, el número de excedencias y la fecha en que ocurrió el máximo se presentan en la Tabla 25. Es importante mencionar que el valor límite de la normatividad nacional es inferior al establecido por otros países y por la EPA.

El número de excedencias a la norma en el 2011 fue superior al obtenido en el 2012, con 561 datos que correspondieron al 0,67% de los datos del año.

Tabla 25. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O₃ para 8 horas durante el 2012.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del Máximo	Excedencias Norma 601 (octo horario): 41 ppb
Guaymaral (Escuela)	91%	10,5	54,3	17/02/2012 18:00	18
Usaquén (Bosque)	90%	13,7	50,3	16/02/2012 17:00	15
Suba (Corpas)	96%	14,4	58,8	17/02/2012 18:00	90
Las Ferias (Carrefour)	87%	14,7	49,3	18/02/2012 17:00	55
Parque Simón Bolívar (IDRD)	93%	13,6	57,6	16/02/2012 17:00	93
Sagrado Corazón (MAVDT)	70%		67,1	16/02/2012 18:00	137
Fontibón	67%		46,8	23/02/2012 18:00	33
Puente Aranda	87%	9,0	39,7	16/02/2012 17:00	0
Carvajal (Sony)	89%	7,0	33,5	13/10/2012 16:00	0
Tunal	80%	9,9	42,8	11/02/2012 18:00	3
San Cristóbal	90%	11,8	46,7	13/09/2012 19:00	7

Como se aprecia, el mayor número de excedencias se concentran en el sector norte, noroccidental y central. En la estación de Sagrado Corazón se registraron el mayor número de excedencias con 137, seguido por Parque Simón Bolívar con 93, y Suba con 90. Las estaciones Puente Aranda y Carvajal no registraron valores que exceden la norma.

Se presentó un episodio de contaminación por O₃ en las estaciones Usaquén, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda y Sagrado Corazón.

En la Figura 52 se muestran las concentraciones máximas y medias de O₃ 8 horas, para cada una de las estaciones.

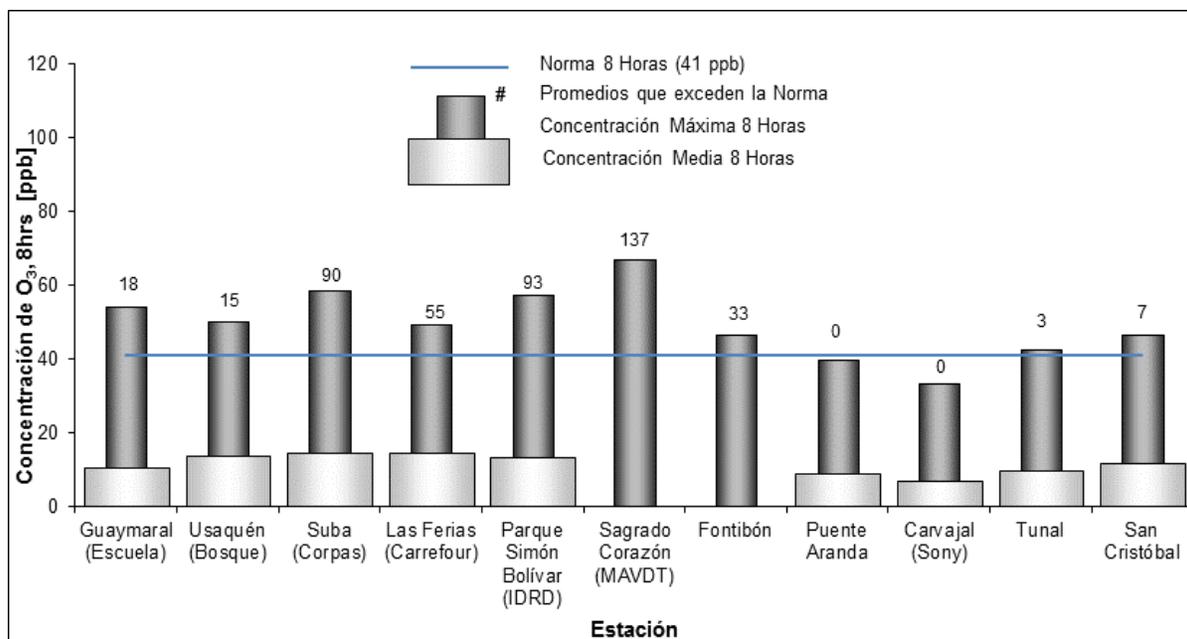


Figura 52. Concentración media y máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el 2012.

En la Figura 53 y la Figura 54, se observa espacialmente como afecta este contaminante a la ciudad, se aprecia como las concentraciones altas del contaminante primordialmente se asocian a las estaciones de Sagrado Corazón, Parque Simón Bolívar, Suba, Guaymaral y Usaquén.

El episodio que se muestra en la primera Figura 53 bien puede configurarse sobre la estación Sagrado Corazón, Parque Simón Bolívar y Usaquén.

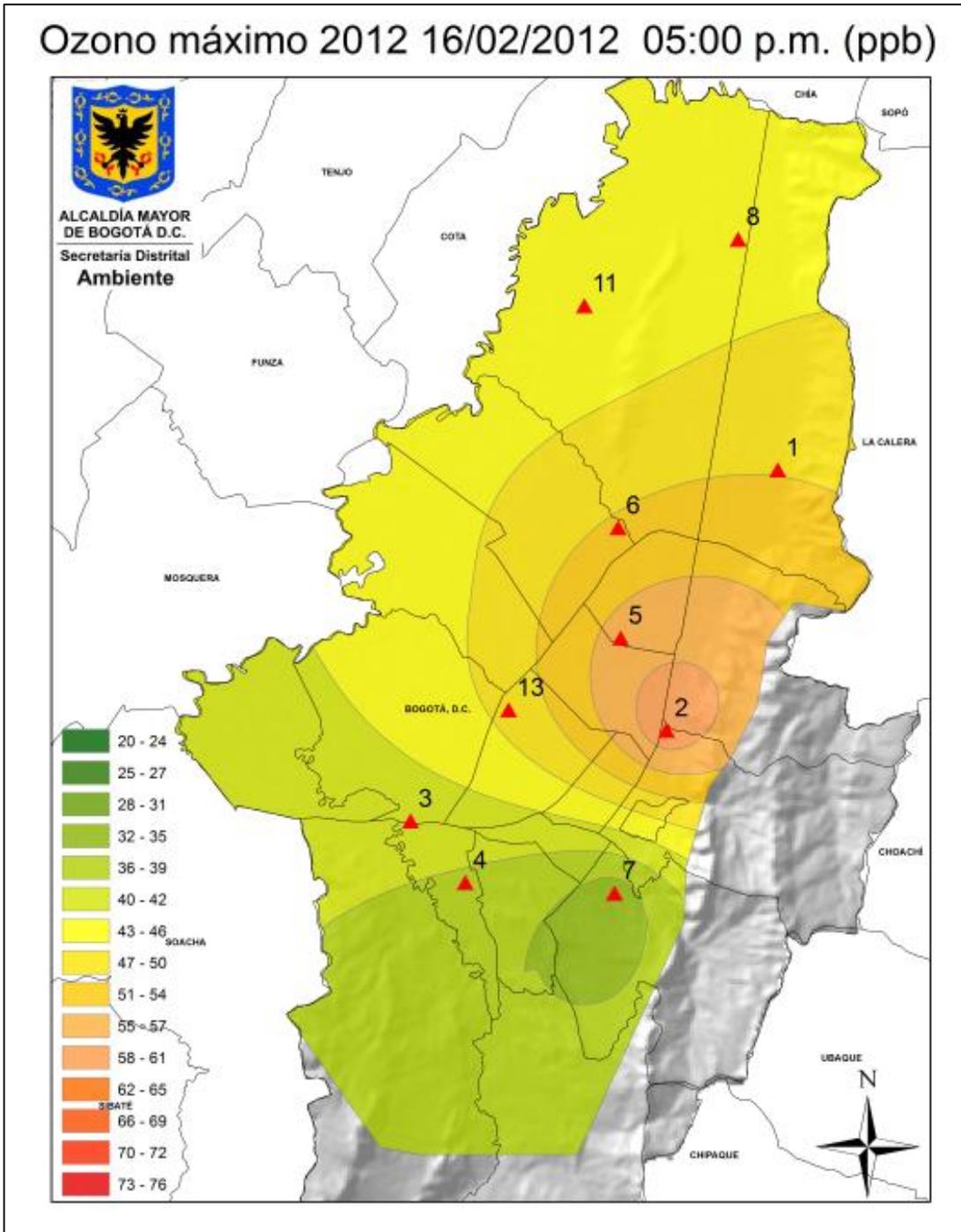


Figura 53. Episodio de contaminación de O₃, en ppb, promedio 8 horas, 2012.

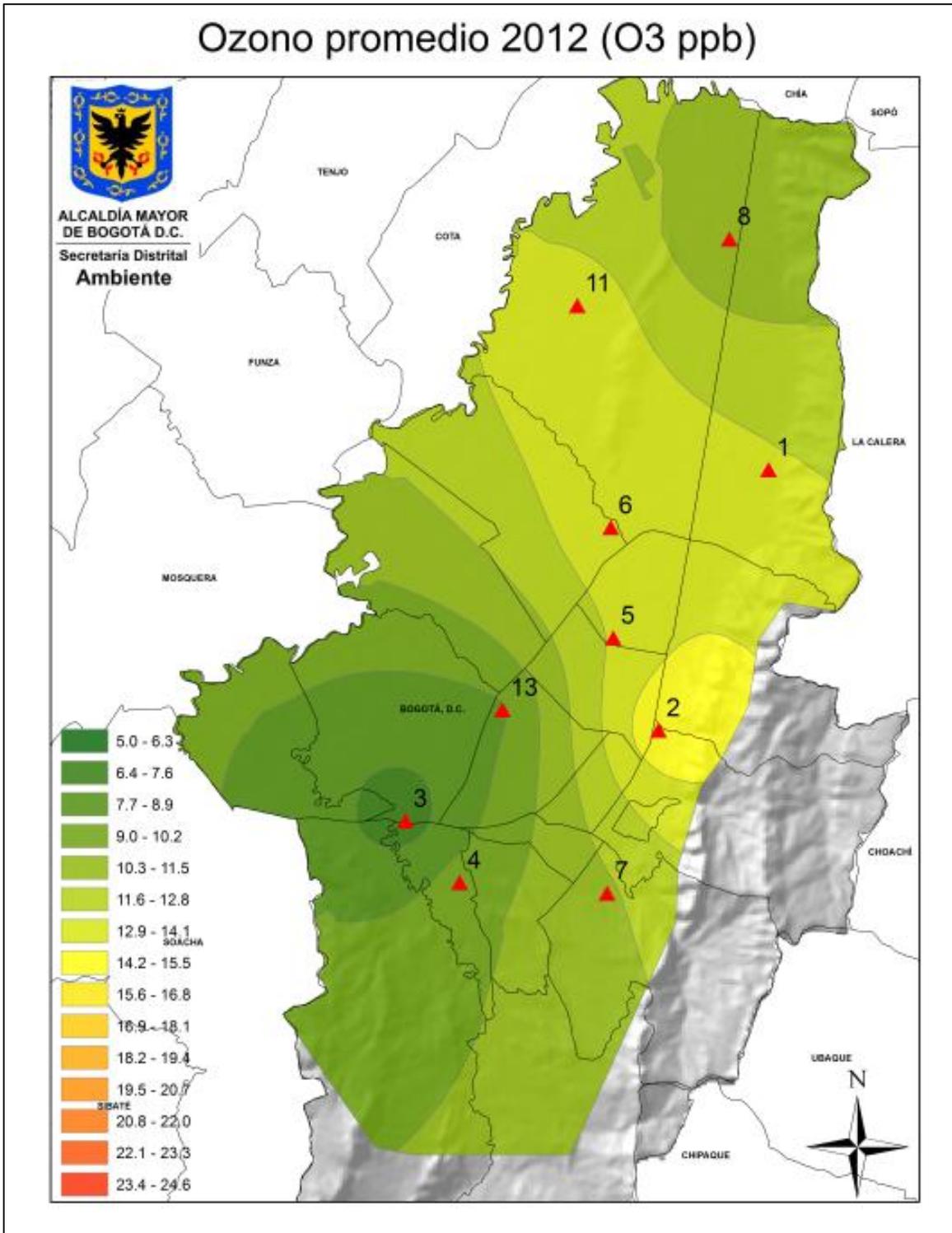


Figura 54. Concentración promedio de ozono en ppb, año 2012, basado en promedios diarios

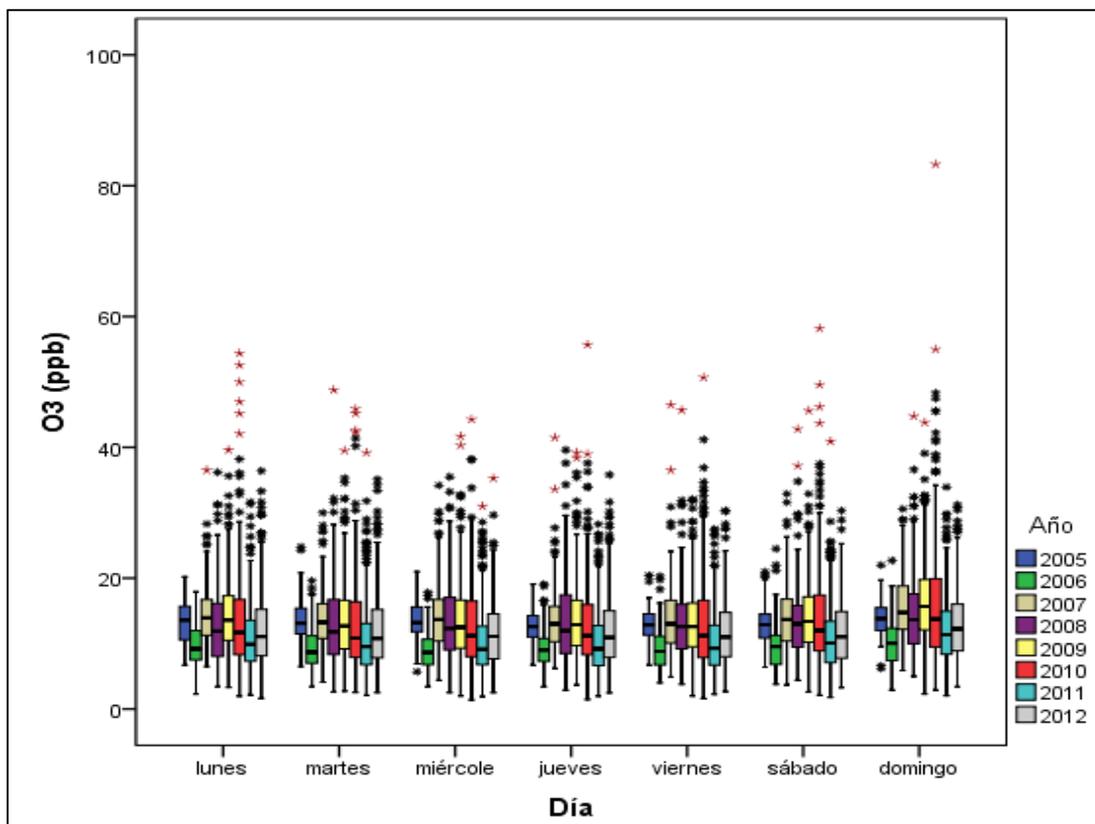


Figura 55. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por días de la semana, comparando 2012 con años anteriores.

En la Figura 55 se presenta el comportamiento del O₃ en los días de la semana. En el 2012, al igual que en los años anteriores el domingo es el día en el que se registran los mayores niveles de este contaminante, con una mediana de 12,26 ppb; el martes se presenta la menor mediana con 10,80 ppb. Para 2012 se observa una disminución de la mediana entre lunes y martes, siendo este día el punto de inflexión, y se presenta un aumento de jueves a domingo alcanzando su máximo.

En comparación con el año inmediatamente anterior, en 2012 las medianas aumentaron todos los días de la semana, al igual que los promedios. En cuanto a la distribución de los datos, para 2012 se observa simetría con respecto a la mediana en todos los días de la semana, y se presentan amplitudes entre el segundo y tercer cuartil ligeramente mayores a las que se presentaron en 2011. En 2012 se siguen presentando datos atípicos y outliers extremos.

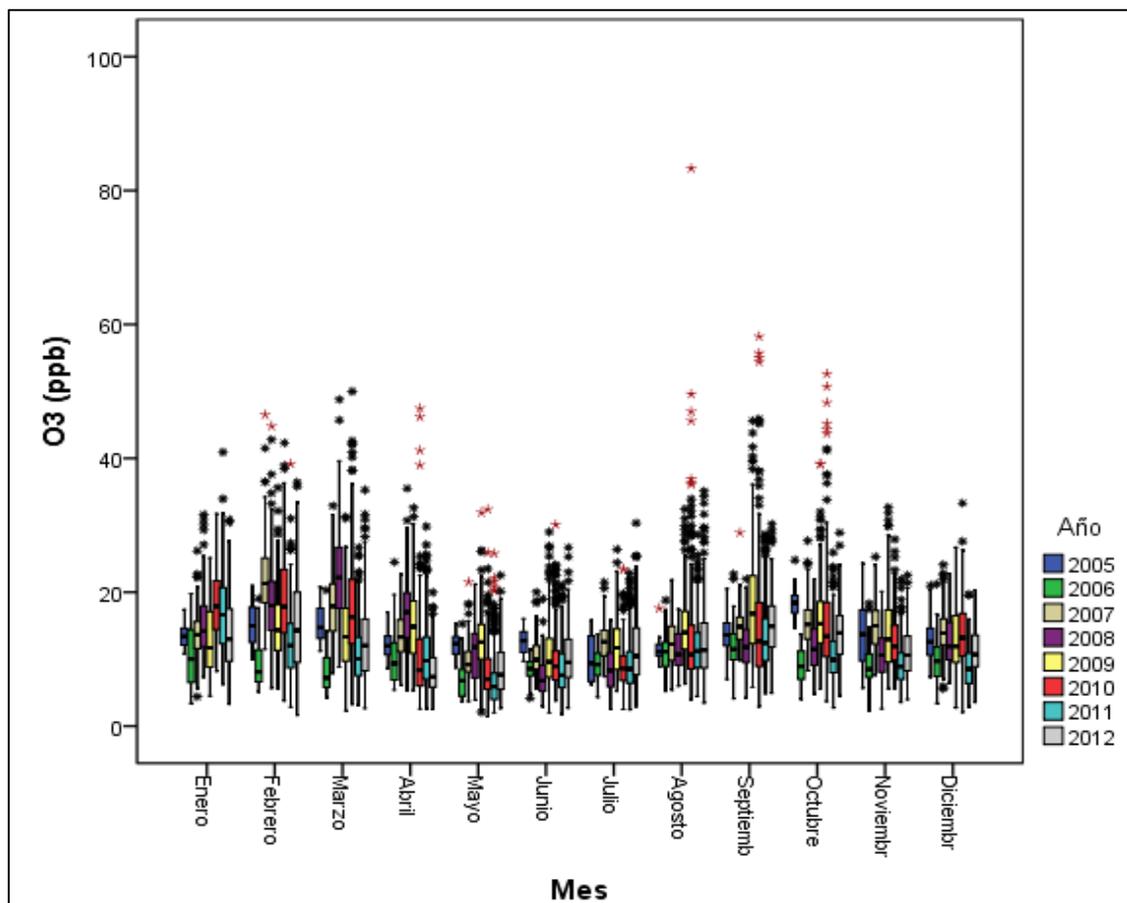


Figura 56. Gráfico de Box-Plot para O₃ promedio mensual (desde base diaria) comparando 2012 con años anteriores.

El ozono presenta el mismo comportamiento general de los otros contaminantes; se observa una forma sinusoidal con dos ondas, una por cada semestre (Figura 56). Los picos de concentración de este contaminante en el año corresponden a febrero y septiembre con medianas de 14,31 y 14,93 ppb respectivamente. Abril y mayo presentan las medianas más bajas con 7,38 y 7,69 ppb respectivamente. Se observa que para el 2012 el valor de la mediana disminuye de enero a abril, aumenta de mayo a octubre y vuelve a disminuir de octubre a noviembre. Con respecto al 2011, en la mayoría de los meses del 2012 se presenta un aumento de la mediana, exceptuando únicamente los meses de enero y abril. Con respecto a los datos atípicos, en el último año se presenta disminución tanto en datos atípicos como outliers extremos, esto comparado con lo registrado en años anteriores.

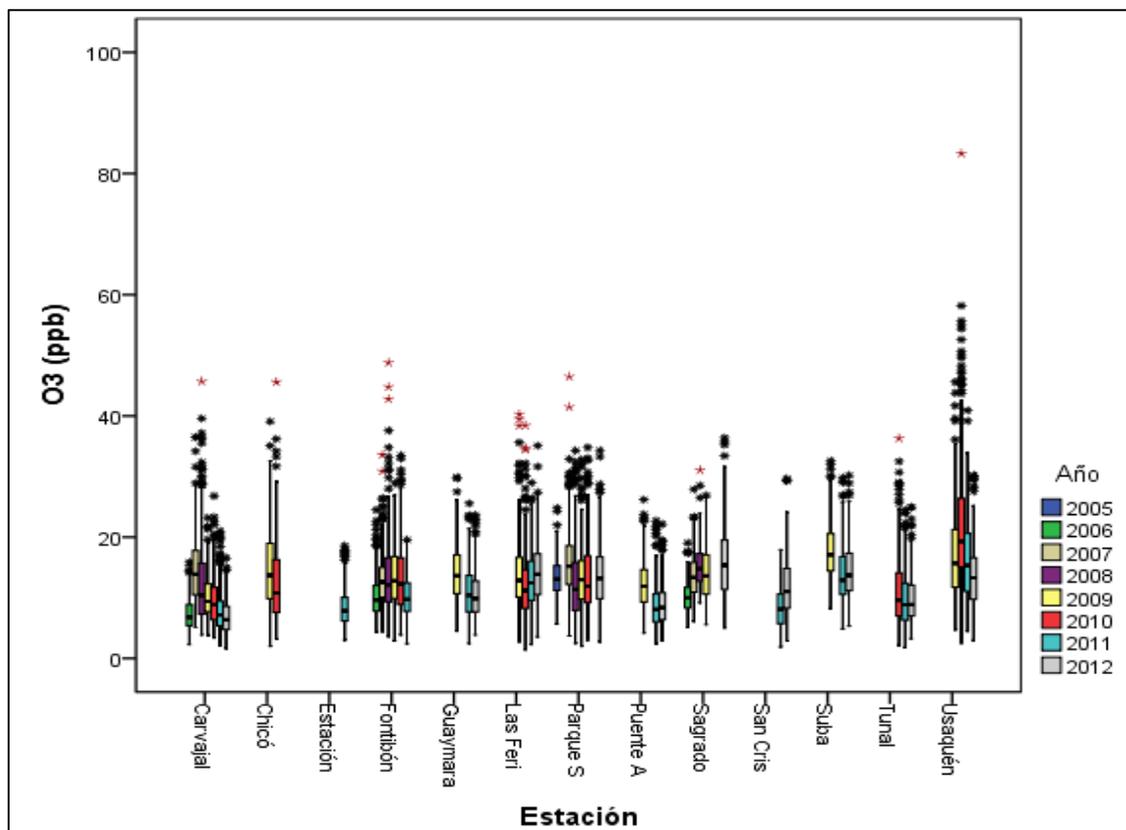


Figura 57. Gráfico de Box-Plot para O₃ promedios anuales (desde base diario) por estaciones comparando 2012 con años anteriores.

En la Figura 57 se observa que respecto al 2011, la mediana disminuye en las estaciones de Carvajal, Guaymaral y Usaquén, mientras que aumenta en las estaciones Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda, Sagrado Corazón, San Cristóbal, Suba y Tunal. Las estaciones Sagrado Corazón y Las Ferias en el último año muestran la mayor mediana, con 15.39 y 13,89 ppb respectivamente; la estación de menor concentración es Carvajal con 6.37 ppb como mediana. En cuanto a la dispersión, en 2012 no se observa un cambio significativo respecto al año anterior, se presenta simetría alrededor de la mediana en las distintas estaciones; se siguen presentando datos atípicos especialmente en la estación Tunal; en 2012 no se presentan outliers extremos.

El resumen del comportamiento del O₃ se muestra en la Figura 58. Se observa el aumento de los niveles de este contaminante en comparación con lo registrado en 2011. Se observa para 2012 además la presencia de datos atípicos más altos que los registrados en el año inmediatamente anterior. Aunque en 2012 no se presentan outliers extremos, los datos sí se encuentran más dispersos y menos simétricos respecto a la mediana comparado con lo sucedido en 2011.

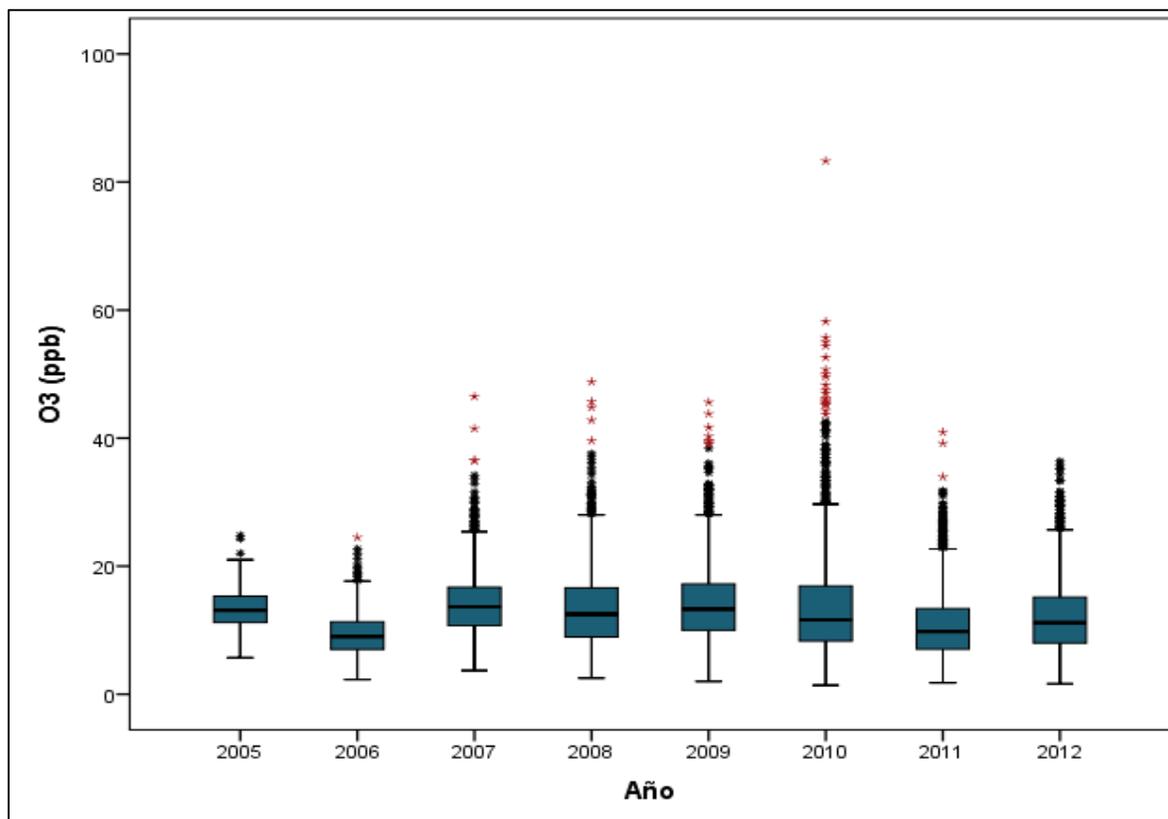


Figura 58. Gráfico de Box-Plot para O₃ promedio aritmético de las estaciones (desde base diaria).

3.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 26 se resumen los resultados de los promedios de 24 horas para PM₁₀. En la primera columna se especifica la zona geográfica donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación y en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el año de operación que se está reportando. La cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal, que se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. La quinta columna informa el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se encuentra el porcentaje de estas excedencias sobre el total de los datos obtenidos para cada estación. La séptima y octava columna informan el número de promedios que están por encima del 50% y del 75% del valor de la norma respectivamente. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado y en la décima el cociente del máximo sobre el valor de la norma. Finalmente, en la última columna se presenta el valor promedio de las ponderaciones de PM₁₀ para 24 horas durante el año.

En la Tabla 28 se muestra el resultado del análisis de los promedios 24h de PST. En la columna 9 se presenta el máximo promedio 24h de PST presentado en el año. En la columna 6 se presenta el porcentaje de datos que exceden la norma anual de PST; así mismo, en la columna 10 se presenta la relación entre el promedio 24h máximo y su correspondiente norma para cada estación y finalmente en la columna 4 se muestra la representatividad temporal del promedio anual de PST; para cada uno de los contaminantes se presentan tablas similares.

Tabla 26. Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 10 micras (PM₁₀), año 2012.

Información de los promedios 24 horas de concentración de PM ₁₀ , 2012 [Norma: 100 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m ³]	Max/No rma	Promedio [µg/m ³]
Norte	Guaymaral (Escuela)	320	87%	0	0%	26	1	79	1,6	34
	Usaquén (Bosque)	311	85%	0	0%	52	8	94	1,9	36
	Subtotal	631	86%	0	0%	78	9	87		35
Noroccidente	Suba (Corpas)	290	79%	0	0%	156	8	84	1,7	53
	Las Ferias (Carrefour)	343	94%	1	0%	121	14	107	2,1	46
	Subtotal	633	86%	1	0%	277	22	96		49
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	327	89%	0	0%	59	7	92	1,8	34
	Sagrado Corazón (MAVDT)	315	86%	1	0%	82	17	102	2,0	42
	Subtotal	642	88%	1	0%	141	24	97		38
Suroccidente	Fontibón	218	60%	2	1%	104	24	115	2,1	
	Puente Aranda	343	94%	1	0%	107	30	101	2,02	48
	Kennedy	321	88%	35	11%	154	96	152	3,0	71
	Carvajal (Sony)	335	92%	49	15%	180	116	133	2,7	76
	Subtotal	1217	83%	87	7%	545	266	125		65
Sur	Tunal	335	92%	3	0,9%	106	30	129	2,6	47
	San Cristóbal	321	88%	0	0,0%	62	6	88	1,8	36
	Subtotal	656	90%	3	0%	168	36	109		41
TOTALES		3779	87%	92	2,4%	1209	357			

Tabla 27. Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 2,5 micras (PM_{2.5}), año 2012.

Información de los promedios diarios de concentración de PM _{2.5} [Norma: 50 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m ³]	Max/ Norma	Promedio [µg/m ³]
Suroccidente	Kennedy	319	87%	13	4%	114	53	63	2,5	28
TOTALES		319	87%	13	4%	114	53			

Tabla 28. Consolidado de los promedios de 24 horas de partículas suspendidas totales (PST), año 2012.

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m ³]	Max/ Norma	Promedio [µg/m ³]
Suroccidente	Carvajal (Sony)	274	75%	0	0,0%	66	2	234	0,78	123
TOTALES		274	75%	0	0,0%	66	2			

Tabla 29. Consolidado de los promedios anuales de partículas suspendidas totales (PST), año 2012.

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m ³]	Max/ Norma	Promedio [µg/m ³]
Suroccidente	Carvajal (Sony)	366	100%	366	100%	0	0	142	1,4	130
TOTALES		366	100%	366	100%	0	0			

Tabla 30. Consolidado de los promedios de SO₂ para 3 horas, año 2012.

Información de los promedios trihorarios de concentración de SO ₂ [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Noroccidente	Suba (Corpas)	7542	86%	0	0%	0	0	25,0	0,09	1,9
	Las Ferias (Carrefour)	6530	74%	0	0%	0	0	11,1	0,04	1,5
	Subtotal	14072	80%	0	0%	0	0	18,1		1,7
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	6689	76%	0	0%	0	0	21,5	0,07	2,3
	Subtotal	6689	76%	0	0%	0	0	21,5		2,3
Suroccidente	Fontibón	6212	71%	0	0%	0	0	31,1	0,11	1,8
	Puente Aranda	8503	97%	0	0%	0	0	16,6	0,06	2,1
	Kennedy	3763	43%	0	0%	0	0	43,3	0,15	
	Carvajal (Sony)	8188	93%	0	0%	0	0	39,4	0,14	7,3
	Subtotal	26666	76%	0	0%	0	0	32,6		3,7
Sur	Tunal	6479	74%	0	0%	0	0	24,4	0,09	2,1
	San Cristóbal	2822	32%	0	0%	0	0	24,3	0,08	
	Subtotal	9301	53%	0	0%	0	0	24,4		2,1
TOTALES		53906	67%	0	0%	0	0			

Tabla 31. Consolidado de los promedios de SO₂ para 24 horas, año 2012.

Información de los promedios de concentración 24 horas de SO ₂ [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Noroccidente	Suba (Corpas)	321	88%	0	0%	0	0	8,3	0,09	1,9
	Las Ferias (Carrefour)	282	77%	0	0%	0	0	4,5	0,05	1,5
	Subtotal	603	82%	0	0%	0	0	6,4		1,7
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	292	80%	0	0%	0	0	8,2	0,09	2,3
	Subtotal	292	80%	0	0%	0	0	8,2		2,3
Suroccidente	Fontibón	276	75%	0	0%	0	0	9,9	0,10	1,9
	Puente Aranda	361	99%	0	0%	0	0	6,0	0,06	2,1
	Kennedy	160	44%	0	0%	0	0	14,8	0,15	
	Carvajal (Sony)	354	97%	0	0%	0	0	18,0	0,19	7,3
	Subtotal	1151	79%	0	0%	0	0	12,2		3,8
Sur	Tunal	269	73%	0	0%	0	0	8,2	0,09	1,9
	San Cristóbal	115	31%	0	0%	0	0	9,4	0,10	
	Subtotal	384	52%	0	0%	0	0	8,8		
TOTALES		2430	73%	0	0%	0	0			

Tabla 32. Consolidado de los promedios horarios de NO₂, año 2012.

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 106 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	4418	50,3%	0	0	3	0	55,4	0,5	
	Subtotal	4418	50,3%	0	0%	3	0	55,4		
Noroccidente	Suba (Corpas)	6994	79,6%	0	0%	0	0	51,1	0,5	12,4
	Las Ferias (Carrefour)	5961	67,9%	0	0%	58	2	87,8	0,8	
	Subtotal	12955	73,7%	0	0%	58	2	69,5		12,4
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	7479	85,1%	0	0	3	0	63,3	0,6	13,1
	Subtotal	7479	85,1%	0	0%	3	0	63,3		13,1
Suroccidente	Puente Aranda	564	6,4%	0	0	4	0	69,4	0,7	
	Kennedy	8074	91,9%	0	0%	15	0	59,3	0,6	20,0
	Carvajal (Sony)	4490	51,1%	0	0	18	0	21,7	0,2	
	Subtotal	13128	49,8%	0	0%	37	0	50,1		20,0
Sur	Tunal	6717	76,5%	0	0%	25	0	72,9	0,7	16,5
	Subtotal	6717	76,5%	0	0%	25	0	72,9		16,5
TOTALES		44697	67%	0	0%	126	2			

Tabla 33. Consolidado de los promedios de NO₂ para 24 horas, año 2012.

Información de los promedios 24 horas de concentración de NO ₂ [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	167	46%	0	0%	0	0	27,1	0,3	
	Subtotal	167	46%	0	0%	0	0	27,1		
Noroccidente	Suba (Corpas)	292	80%	0	0%	0	0	25,4	0,3	12,3
	Las Ferias (Carrefour)	253	69%	0	0%	2	0	41,0	0,5	
	Subtotal	545	74%	0	0%	2	0	33,2		12,3
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	310	85%	0	0%	0	0	28,9	0,4	13,1
	Subtotal	310	85%	0	0%	0	0	28,9		13,1
Suroccidente	Puente Aranda	24	7%	0	0%	0	0	33,6	0,4	
	Kennedy	344	94%	0	0%	0	0	32,2	0,4	20,0
	Carvajal (Sony)	186	51%	0	0%	1	0	41,0	0,5	
	Subtotal	554	50%	0	0%	1	0	35,6		20,0
Sur	Tunal	282	77%	0	0%	0	0	34,4	0,4	16,4
	Subtotal	282	77%	0	0%	0	0	34,4		16,4
TOTALES		1858	66%	0	0%	3	0			

Tabla 34. Consolidado de los promedios horarios de CO, año 2012.

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Usaquén (Bosque)	7872	90%	0	0%	0	0	5,2	0,1	0,92
	Subtotal	7872	90%	0	0%	0	0	5,2		0,92
Noroccidente	Las Ferias (Carrefour)	7943	90%	0	0%	0	0	4,7	0,1	0,76
	Subtotal	7943	90%	0	0%	0	0	4,7		0,76
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	8195	93%	0	0%	0	0	4,3	0,1	0,71
	Subtotal	8195	93%	0	0%	0	0	4,3		0,71
Suroccidente	Fontibón	4376	50%	0	0%	0	0	2,9	0,1	
	Puente Aranda	8625	98%	0	0%	0	0	4,9	0,1	1,01
	Kennedy	8039	92%	0	0%	0	0	3,9	0,1	0,99
	Carvajal (Sony)	8452	96%	0	0%	0	0	6,1	0,2	1,43
	Subtotal	29492	84%	0	0%	0	0	4,5		1,14
Sur	Tunal	6075	69%	0	0%	0	0	5,0	0,1	
	San Cristóbal	7634	87%	0	0%	0	0	3,3	0,1	0,55
	Subtotal	13709	78%	0	0%	0	0	4,1		0,55
TOTALES		67211	87%	0	0%	0	0			

Tabla 35. Consolidado de los promedios de CO para 8 horas, año 2012.

Información de los promedios octohorarios de concentración de CO [Norma: 8,8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Usaquén (Bosque)	7791	89%	0	0%	0	0	3,0	0,3	7791
	Subtotal	7791	89%	0	0%	0	0	3,0		7791
Noroccidente	Las Ferias (Carrefour)	7879	90%	0	0%	0	0	3,1	0,4	7879
	Subtotal	7879	90%	0	0%	0	0	3,1		7879
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	8096	92%	0	0%	0	0	2,8	0,3	8096
	Subtotal	8096	92%	0	0%	0	0	2,8		8096
Suroccidente	Fontibón	4187	48%	0	0%	0	0	1,7	0,2	4187
	Puente Aranda	8588	98%	0	0%	0	0	2,9	0,3	8588
	Kennedy	7998	91%	0	0%	0	0	2,7	0,3	7998
	Carvajal (Sony)	8365	95%	0	0%	0	0	3,9	0,4	8365
	Subtotal	29138	83%	0	0%	0	0	2,8		29138
Sur	Tunal	5977	68%	0	0%	0	0	3,0	0,3	5977
	San Cristóbal	7592	86%	0	0%	0	0	1,8	0,2	7592
	Subtotal	13569	77%	0	0%	0	0	2,4		13569
TOTALES		66473	86%	0	0%	0	0			

Tabla 36. Consolidado de los promedios horarios de O₃, año 2012.

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Normal	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	7997	91%	6	0,1%	274	59	80,1	1,3	10,6
	Usaquén (Bosque)	7977	91%	6	0,1%	239	34	73,5	1,2	13,7
	Subtotal	15974	91%	12	0,1%	513	93	76,8		12,1
Noroccidente	Suba (Corpas)	8406	96%	18	0,2%	636	106	74,2	1,2	14,4
	Las Ferias (Carrefour)	7781	89%	20	0,3%	554	106	82,0	1,3	14,5
	Subtotal	16187	92%	38	0,24%	1190	212	78,1		14,5
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	8238	94%	45	0,5%	591	115	81,8	1,3	13,6
	Sagrado Corazón (MAVDT)	6650	76%	56	0,8%	529	107	97,9	1,6	16,1
	Subtotal	14888	85%	101	0,7%	1120	222	89,9		14,8
Suroccidente	Fontibón	6011	68%	3	0,0%	235	64	65,6	1,1	
	Puente Aranda	7648	87%	0	0,0%	155	25	59,3	1,0	8,9
	Carvajal (Sony)	7843	89%	0	0,0%	105	6	51,0	0,8	7,0
	Subtotal	21502	82%	3	0,0%	495	95	58,6		8,0
Sur	Tunal	7117	81%	0	0,0%	140	10	52,7	0,9	9,9
	San Cristóbal	7950	91%	1	0,0%	168	24	62,6	1,0	11,8
	Subtotal	15067	86%	1	0,0%	308	34	57,7		10,8
TOTALES		83618	87%	155	0,2%	3626	656	72,2		

Tabla 37. Consolidado de los promedios de O₃ para 8 horas, año 2012.

Información de los promedios octohorarios de concentración de O ₃ [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Normal	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	8007	91%	18	0,2%	657	130	54,3	1,3	10,5
	Usaquén (Bosque)	7948	90%	15	0,2%	1011	166	50,3	1,2	13,7
	Subtotal	15955	91%	33	0,2%	1668	296	52,3		12,1
Noroccidente	Suba (Corpas)	8395	96%	90	1,1%	1513	364	58,8	1,4	14,4
	Las Ferias (Carrefour)	7601	87%	55	0,7%	1410	311	49,3	1,2	14,7
	Subtotal	15996	91%	145	0,90%	2923	675	54,1		14,6
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	8213	93%	93	1,1%	1344	360	57,6	1,4	13,6
	Sagrado Corazón (MAVDT)	6109	70%	137	2,2%	1180	339	67,1	1,6	
	Subtotal	14322	82%	230	1,7%	2524	699	62,4		13,6
Suroccidente	Fontibón	5883	67%	33	0,6%	502	157	46,8	1,1	
	Puente Aranda	7649	87%	0	0,0%	326	59	39,7	1,0	9,0
	Carvajal (Sony)	7845	89%	0	0,0%	203	14	33,5	0,8	7,0
	Subtotal	21377	81%	33	0,2%	1031	230	40,0		8,0
Sur	Tunal	7036	80%	3	0,0%	484	40	42,8	1,0	9,9
	San Cristóbal	7900	90%	7	0,1%	648	81	46,7	1,1	11,8
	Subtotal	14936	85%	10	0,1%	1132	121	44,8		10,9
TOTALES		82586	86%	451	0,5%	9278	2021	50,7		

4. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo presenta la determinación del Índice de Calidad del Aire ICA, para los contaminantes criterio (PM_{10} , O_3 , CO , SO_2 y NO_2). El ICA corresponde a un valor adimensional que oscila entre 0 y 500 que representa qué tan limpio o contaminado es el aire que respiramos y qué efectos perjudiciales podría tener en la salud pública.

La metodología de cálculo es la definida por la EPA, donde 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, Desfavorable para Grupos sensibles, Desfavorable, Muy Desfavorable y Peligroso), tal y como lo muestra la tabla 26.

Tabla 38. Puntos de corte del ICA según la EPA

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O_3 8h ppm	O_3 1h Ppm (1)	PM_{10} 24h $\mu g/m^3$	$PM_{2.5}$ 24h $\mu g/m^3$	CO 8h ppm	SO_2 24h ppm	NO_2 1h ppm
0 - 50	Verde	Buena	0,000 0,059	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	0,000 0,034	(2)
51-100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,144	(2)
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 254	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	(2)
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115 0,116	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	(2)
201 - 300	Púrpura	Muy Dañina a la salud	0,374 (0,155 0,404) (4)	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301-400	Marrón	Peligrosa	(3)	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401-500	Marrón	Peligrosa	(3)	0,505 0,604	505 604	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, MAVDT, Octubre 2010.

- (1) Para O_3 se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora.
- (2) Para NO_2 se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomado de valores y parámetros EPA.
- (3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (w301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.
- (4) Los números entre paréntesis se asocian valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen.

La importancia de este índice radica en 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 debido a que los contaminantes alcanzan niveles no saludables.

4.1. **ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA PM₁₀**

El material particulado menor a 10 micras es uno de los contaminantes de mayor interés por su composición y tamaño de partícula. Estas características representan un mayor riesgo en la salud pública y ha sido relacionado con enfermedades y muertes por enfermedades cardíacas y pulmonares.

En la siguiente figura se observa el valor del ICA correspondiente al año 2012, obtenido a partir del promedio de los datos diarios (24h) de PM₁₀ con relación a los puntos de corte del contaminante establecidos por la EPA (Tabla 1) para las estaciones de Carvajal, Fontibón, Guyamaral, Kennedy, Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda, Sagrado Corazón, San Cristóbal, Suba, Tunal y Usaquén.

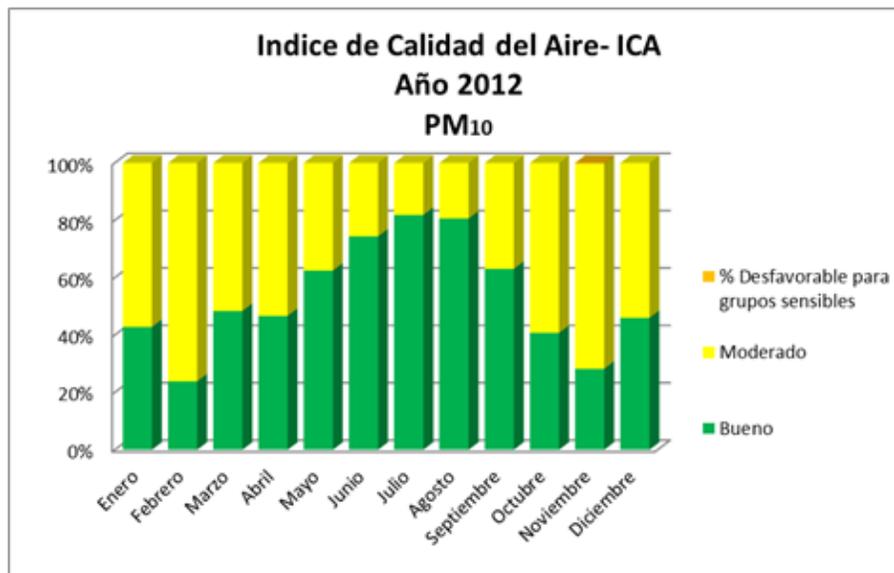


Figura 59. ICA para PM₁₀ año 2012, porcentaje mensual por categoría.

Los resultados obtenidos en el valor del índice de Calidad del Aire ICA, como se observa en la figura 59, presentaron dos categorías. La primera de ellas ubicada entre los valores de 0 y 50 que corresponde a la clasificación de “Bueno”, lo cual significa que no existió complicación alguna en la salud de la población. Esta categoría representó un máximo valor de 81.9% para el mes de Julio y un mínimo valor para el mes de febrero de 23,9%.

La segunda categoría corresponde a “Moderado”, clasificación dada entre los valores de 51 y 100 y que representa posibles complicaciones en la salud para personas sensibles, por lo tanto se debe considerar reducir el esfuerzo prolongado o pesado. Los resultados para el 2012 en esta clasificación fueron de 76.1% para el mes de febrero, mes que presentó el porcentaje de índices de categoría bueno más bajo del año. Estos resultados se relacionan con el comportamiento de la concentración mensual de PM₁₀ en los meses de febrero (63.5ug/m³) y julio (31.6ug/m³), periodos donde se presentó la concentración máxima y mínima de material particulado.

A continuación se presenta la relación porcentual del índice para el año 2011 y 2012:

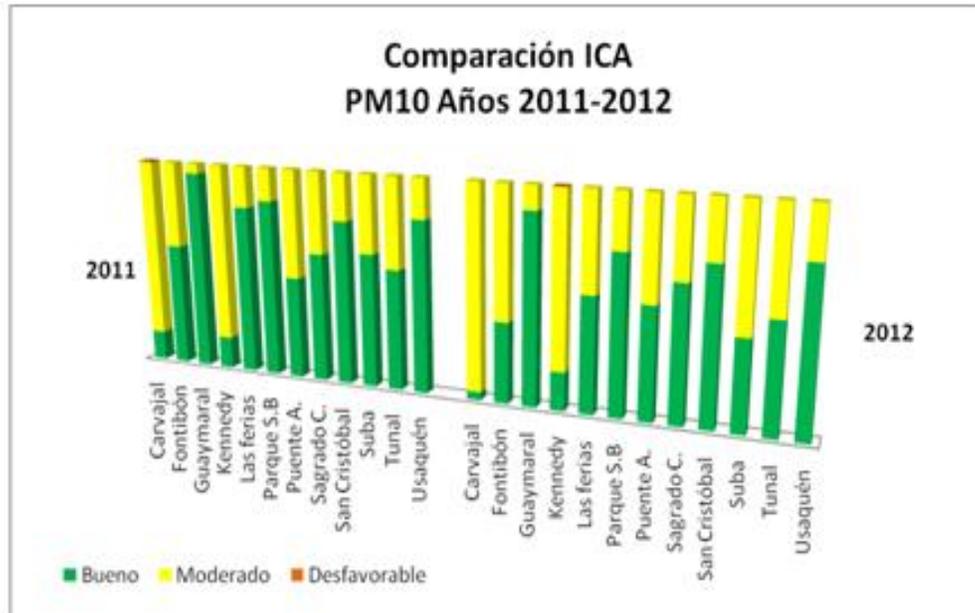


Figura 60. Comparación del ICA para PM10 años 2011 – 2012.

En la figura anterior se realiza un paralelo entre el comportamiento del ICA durante el año 2011 y 2012, presentando un aumento porcentual de valores del ICA en la categoría de Bueno en las estaciones de Kennedy, Puente Aranda y Sagrado Corazón.

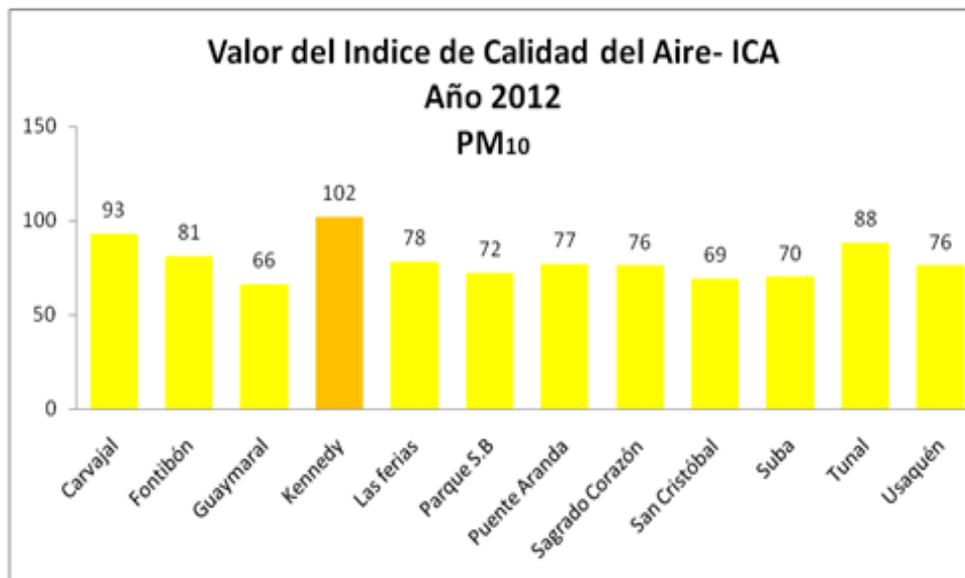


Figura 61. ICA para PM10 por estación, año 2012

En la figura 61 se presenta el valor del ICA, que de acuerdo a la metodología definida por la EPA debe ser reportado el valor mayor obtenido del cálculo; por lo tanto, el índice registrado por la estación de Kennedy (102), corresponde al valor reportado del ICA para PM10 en el año 2012, el cual pertenece a la categoría de “Desfavorable para grupos sensibles”

4.2. **ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO₂**

La Figura 62 presenta la distribución porcentual mensual del contaminante, encontrando dos de las cuatro categorías definidas por la EPA. Las categorías de “Bueno” y “Moderado” registradas durante al año 2012, dentro de la metodología EPA no representan afectación alguna pues el índice está determinado para reporte en el intervalo entre 151 – 200. (Ver Tabla 26).

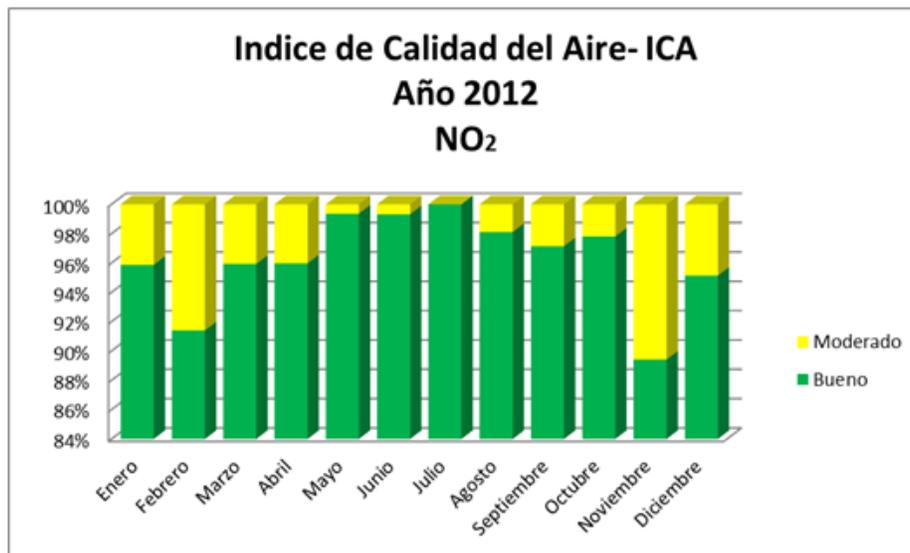


Figura 62. ICA para NO₂ año 2012, porcentaje mensual por categoría.

A continuación se presenta la relación entre el primer semestre del año anterior y el primer trimestre del presente año:

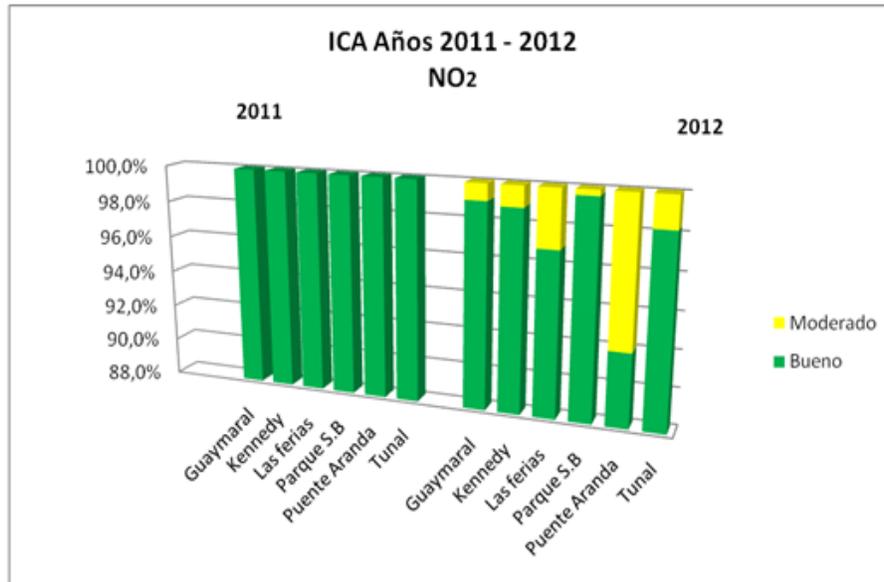


Figura 63. Comparación del ICA para NO₂, Años 2011 – 2012

En la figura anterior se realiza un paralelo entre los valores reportados del ICA en los años 2011 y 2012, encontrando que durante el año 2011 sólo se registraron valores del ICA correspondientes a la categoría de “Bueno”, mientras que para el año 2012 las estaciones de Guaymaral, Kennedy, Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda y Tunal presentaron concentraciones superiores que las de 2011 lo que representó un cambio en la categoría.

4.3. **ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA OZONO (O₃), MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)**

De acuerdo a los datos monitoreados por la RMCAB, el ozono O₃; parámetro que después del material particulado presenta el mayor número de excedencias en la norma de calidad del aire, para el año 2012 presentó la categoría de bueno, manteniéndose dentro el rango establecido por la EPA entre 0 y 59 ppb promedio 8 horas.

El monóxido de carbono (CO), registró la categoría de “Bueno” teniendo en cuenta que en las estaciones de Carvajal, Fontibón, Kennedy, Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda, San Cristóbal, Tunal y Usaquén no se presentaron concentraciones que superaran los puntos de corte dados por la EPA entre 0 y 4.4 ppm asignados a la categoría de “Bueno”.

Para el caso del SO₂ (24hs), donde se realizó el cálculo con base en los registros de las estaciones de Carvajal, Fontibón, Las Ferias, Kennedy, Parque Simón Bolívar, Kennedy, Puente Aranda, San Cristóbal, Suba y Tunal, se mantuvo la categoría “Bueno” pues

durante el año 2012 no fueron superados los puntos de corte asignados para esta categoría entre 0 y 34 ppb para promedios 24 horas.

5. METEOROLOGÍA

Este capítulo presenta el estudio de la variación de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2012. Tal y como aparece registrado en la Tabla 39, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) a través de los sensores localizados en sus estaciones, realiza el monitoreo de variables meteorológicas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa.

Tabla 39. Estaciones de la RMCAB y variables meteorológicas monitoreadas en cada una de ellas. Fuente RMCAB

ESTACION	VARIABLES METEOROLÓGICAS					
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA	PRESION
No. 1 Usaquén (Bosque)	X	X	X			
No. 3 Carvajal (Sony)	X	X	X			
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT)	X					
No. 4 Tunal	X	X		X	X	
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D)	X	X	X	X	X	
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	X	X	X		X	X
No. 7 San Cristóbal	X	X	X			
No. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy		X	X	X	X	X
No. 11 Suba (Corpas)	X	X				
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			X

Generalidades climatológicas de Bogotá:

Bogotá se encuentra ubicada en la Región Andina de Colombia y está determinada por una distribución temporal de lluvias, dominada por las características climatológicas de la cuenca del Río Bogotá – Sabana de Bogotá. Al estar encerrada por dos ramales de la cordillera Oriental presenta escasa pluviosidad y sus lluvias son generadas especialmente por un tipo de circulación Valle – Montaña que se caracteriza por vientos ascendentes

durante el día y descendentes durante la noche. La distribución típica de lluvias es caracterizada por dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas bien definidas siendo la temporada seca de inicio de año y la lluviosa de finales de año las más definidas y prolongadas¹⁰.

5.1. PRECIPITACIÓN

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro, conformado de partículas acuosas de forma sólida o líquida que caen de las nubes y llegan al suelo. Existen varios tipos de precipitación dependiendo de la cantidad o forma en que caen las partículas, el diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm, (1 mm de precipitación es la lámina que alcanzaría un litro de agua sobre una superficie de un metro cuadrado, sin que se evapore o percole), y caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan existen distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa), etc.

Las características de la variabilidad de la precipitación en Bogotá desde el punto de vista horario y mensual se resumen en la Figura 64, donde se aprecia que existen dos temporadas lluviosas, la más fuerte en octubre - noviembre y que las lluvias más intensas se dan con mayor frecuencia en horas de la tarde y primeras horas de la noche.

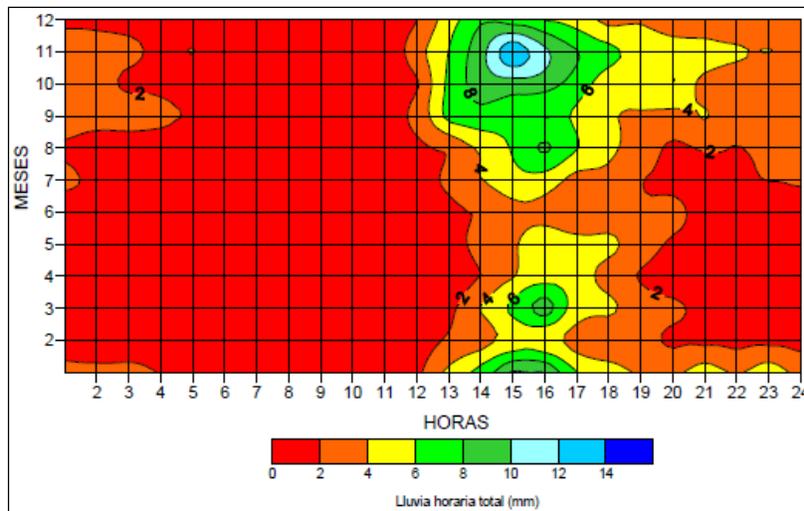


Figura 64. Esquematación hora-mes de la precipitación en la estación del aeropuerto El Dorado en Bogotá.
Fuente: IDEAM

Uno de los fenómenos climáticos que presentan mayor relevancia en la modulación de las precipitaciones en Colombia corresponde al fenómeno ENOS (El Niño Oscilación Del Sur) el cual consiste en un sistema acoplado océano – atmosférico de anomalías en variables

¹⁰ La precipitación en Colombia. Hurtado 1998

tales como la temperatura superficial del mar (TSM) y la presión atmosférica, entre otros. Dentro de este fenómeno de variabilidad climática se presentan tres comportamientos asociados a la TSM, correspondientes a El Niño, La Niña y condiciones neutras los cuales representan calentamiento, enfriamiento y condiciones normales de las aguas del Pacífico respectivamente. Durante 2012 se presentó fase fría durante los primeros meses para luego consolidarse la temporada neutral, según informes de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), en donde las anomalías de temperatura superficial del mar en el océano Pacífico alcanzaron un máximo de 0.6°C en el promedio del trimestre SON (septiembre octubre y noviembre) y un mínimo de -0.9 en DEF (diciembre enero febrero). La Figura 65 representa las condiciones históricas de este fenómeno; según datos de The International Research Institute for Climate and Society (IRI) 2, así como la información descrita por la Figura 66 tomada de la Centro de predicción climática (CPC por sus siglas en inglés) de la NOAA.

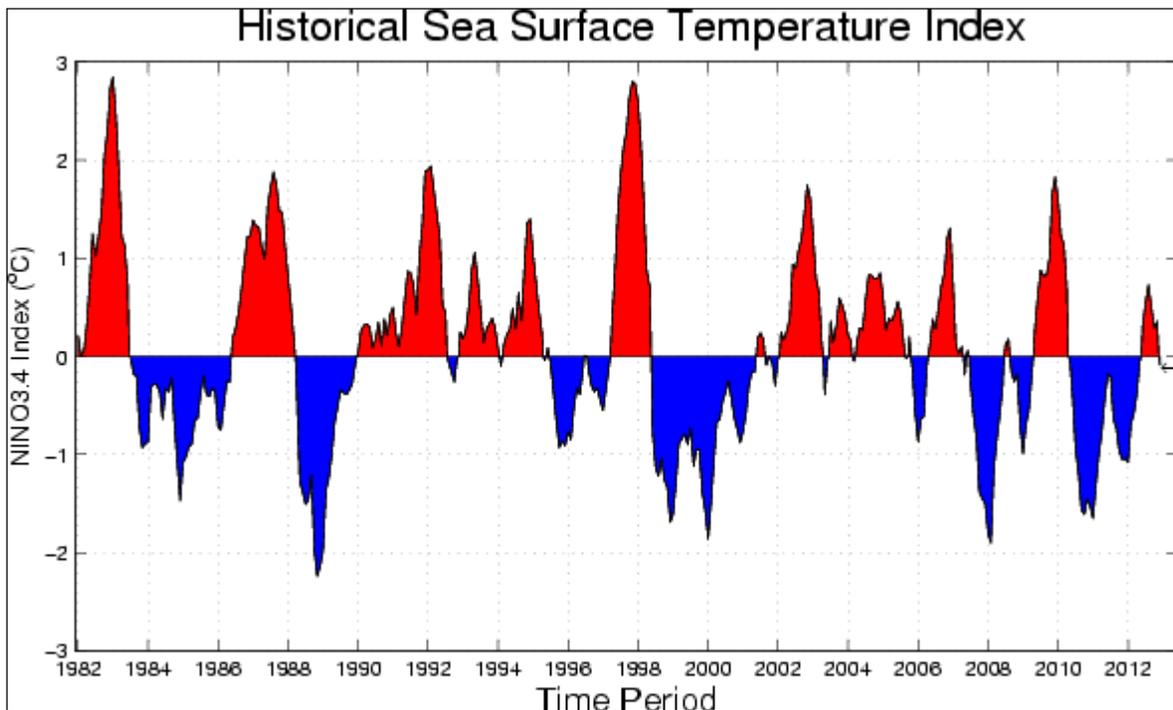


Figura 65. Comportamiento del Índice NINO región 3.4 en los últimos años. Fuente IRI.

La presencia de La Niña en el primer trimestre y la variabilidad climática anual asociada al desplazamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) y otros sistemas de meso y macroescala fueron los encargados de modular los registros de precipitación los cuales presentaron diferencias significativas con respecto a los promedios históricos de la red. La Figura 67 representa la serie de tiempo histórica de las estaciones activas de la RMCAB desde agosto de 1997 y la Figura 68 presenta la serie horaria de 2012. Obsérvese en la serie de tiempo histórica los últimos registros, en donde se manifiesta un aumento significativo de los acumulados de precipitación y que alcanzan valores records; esto sucedió a finales de 2010, principios y finales de 2011. La serie horaria muestra que los registros de mayor consideración se presentaron en abril y octubre, consecuente con la

bimodalidad de las precipitaciones de Bogotá. En la Figura 69 se presenta estas cifras en mm discriminados mensualmente y su comparación con los acumulados medidos por la RMCAB en el trimestre.

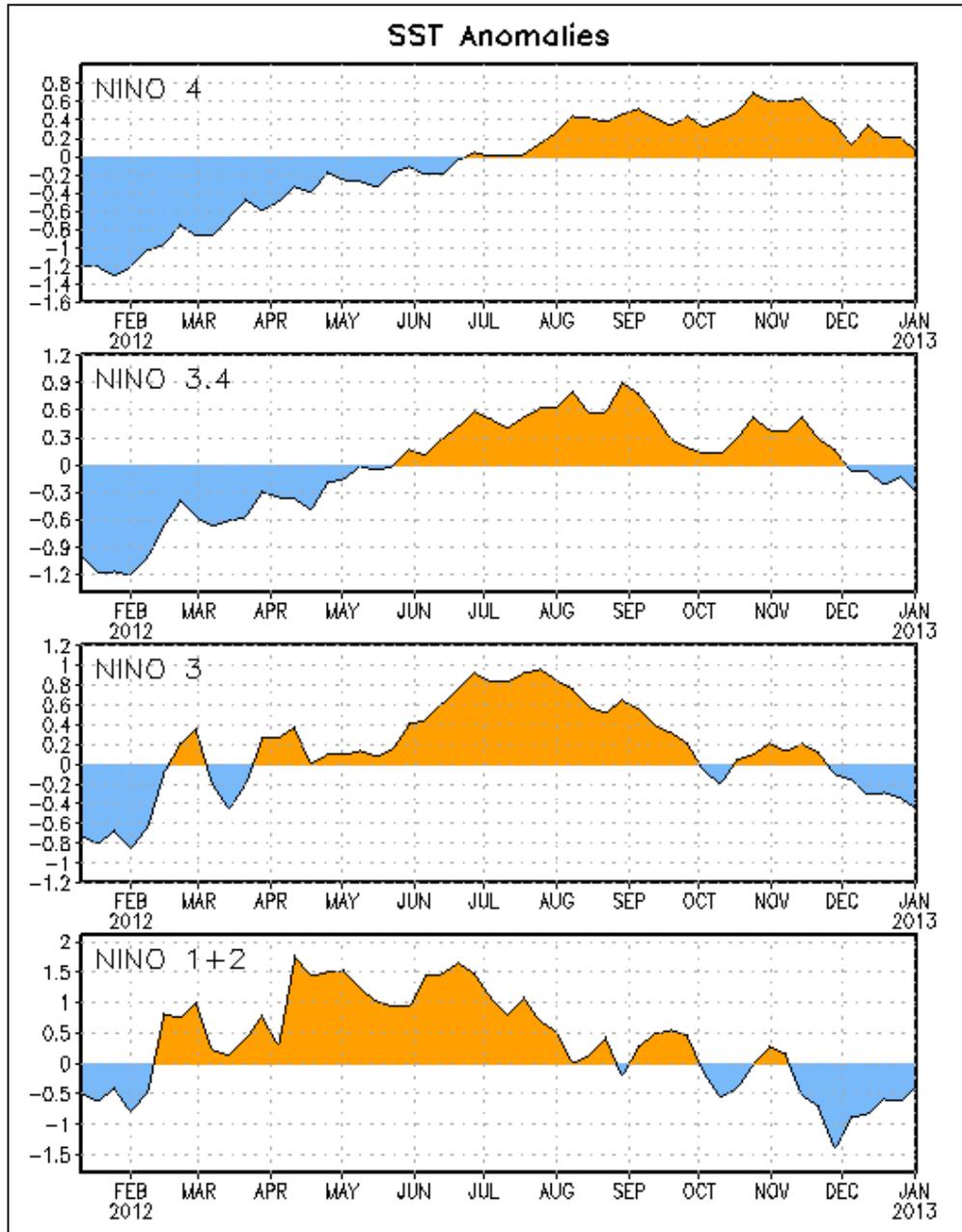


Figura 66. Series de Tiempo de áreas promediadas para las anomalías en la temperatura en °C de la superficie de océano (SST) para las regiones del El Niño [(Niño-1+2(0°-10°S, 90°W- 0°W), Niño 3 (5°N-5°S, 150°W-90°W), Niño-3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W), Niño-4 (150°W-160°E 5°N-5°S). Las anomalías de SST son variaciones de los promedios semanales del periodo base de 1971-2000 Tomado de: CENTRO DE PREDICIONES CLIMATICAS/NCEP (National centers for environmental prediction) /NWS (National Weather Service)

Todos los datos han sido sometidos a un proceso de calidad post-validación para eliminar los outliers y datos atípicos en resolución horaria, esto consistió en generar intervalos de confianza según un número determinado de desviaciones estándar considerando la variabilidad horaria de cada serie (para mayor información del post procesamiento de la información, se recomienda ver “Técnicas estadísticas aplicadas en el manejo de datos hidrológicos y meteorológicos” de JOSE EDGAR MONTEALEGRE BOCANEGRA). El año mostrado junto a cada estación corresponde al año en la que empezó a operar.

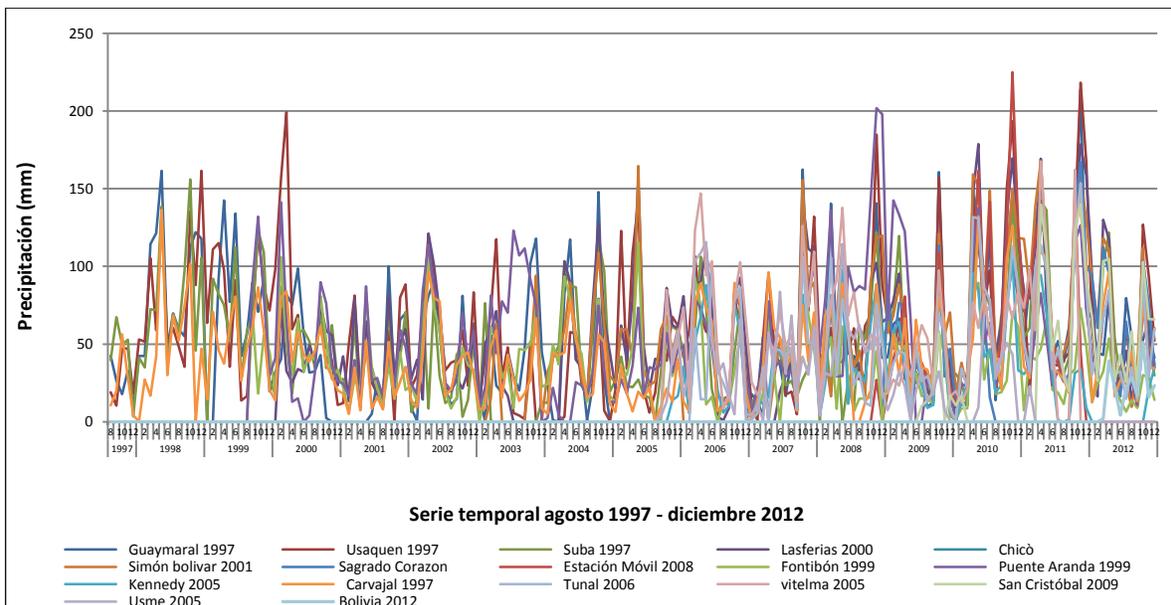


Figura 67. Serie de tiempo de las precipitaciones promedio en escala mensual desde agosto de 1997 hasta diciembre de 2012 para las estaciones en funcionamiento de la RMCAB

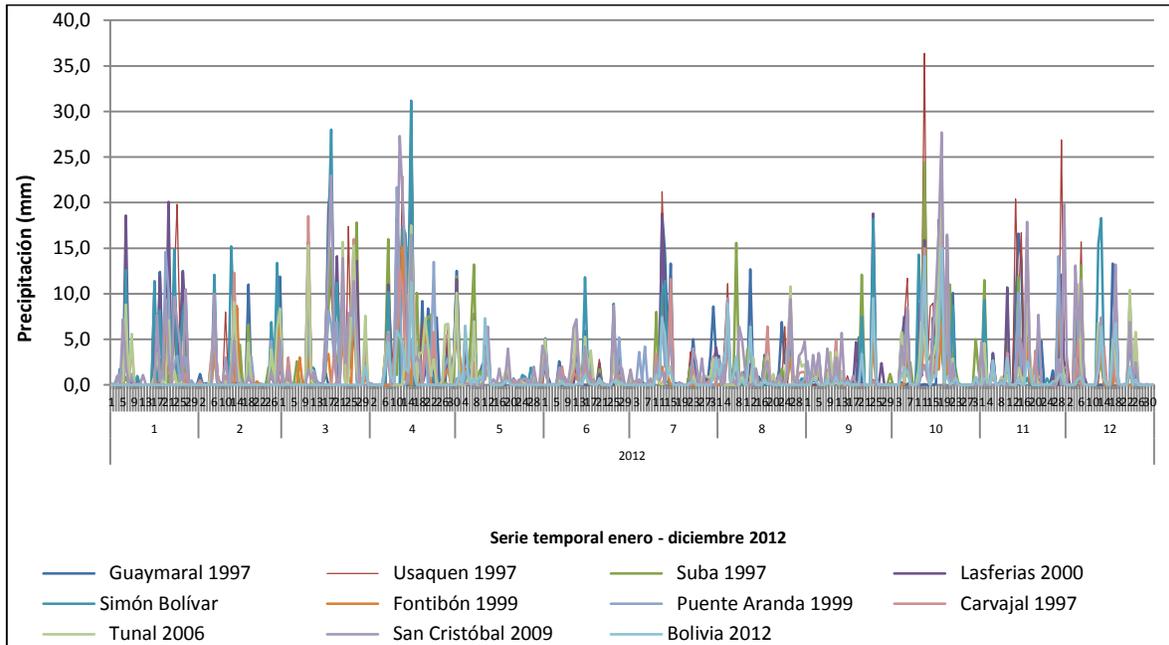


Figura 68. Serie de tiempo horaria de precipitación 2012. Fuente RMCAB

La Tabla 40 muestra la representatividad de los datos recolectados mensualmente para 2012

Tabla 40. Representatividad mensual (%) de la variable precipitación 2012

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Guaymaral (Escuela)	99	93	89	88	97	70	99	99	98	94	100	84
Usaquén (Bosque)	43	82	87	99	99	96	98	81	93	100	99	99
Suba (Corpas)	100	99	100	92	99	99	71	99	96	100	98	100
Las Ferias (Carrefour)	99	99	100	99	98	99	100	71	99	99	100	99
Parque Simón Bolívar (IDRD)	90	99	98	93	100	99	100	99	99	100	86	97
Sagrado Corazón (MAVDT)	99	97	97	99	94	64	95	86	99	99	100	100
Fontibón	61	85	81	73	83	88	65	87	98	99	99	66
Puente Aranda	100	98	100	95	99	100	100	98	100	99	100	94
Kennedy	100	98	97	100	99	99	0	0	0	0	72	85
Carvajal (Sony)	72	71	89	100	99	99	100	98	98	99	99	98
Tunal	99	100	74	91	99	97	100	80	94	99	99	99
San Cristóbal	100	97	92	99	100	100	85	92	93	95	77	73

La Figura 69 presenta el acumulado promedio mensual de cada uno de los meses históricos y de 2012. Este gráfico representa un resumen del comportamiento de las estaciones; no obstante se recomienda observar cada estación independientemente ya que los valores anuales pueden variar según la operación de la red. Se observa que enero, marzo, abril y octubre estuvieron por encima de los promedios históricos mientras que mayo, junio y septiembre se mantuvieron significativamente por debajo de lo esperado. La Tabla 41 muestra el porcentaje de variación de los registros.

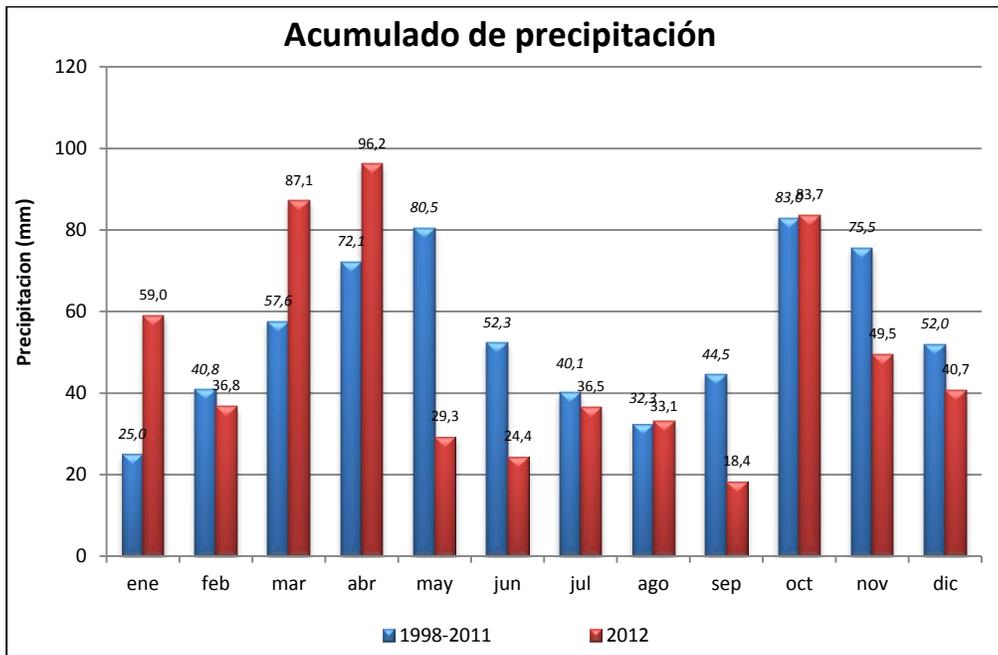


Figura 69 Acumulado promedio de precipitación de las estaciones activas de la RMCAB del periodo 1998-2011 comparada con el promedio de 2012. Fuente RMCAB

La figura anterior muestra de manera subjetiva la relación existente entre las lluvias y las condiciones oceano-atmosféricas descritas anteriormente, ya que gran parte del inicio del año se observaron lluvias por encima de lo normal mientras que a mediados y finales se presentaron déficits o condiciones similares a los valores esperados. Los promedios aquí presentados no representan una climatología de Bogotá; se hace una comparación con lo presentado en los últimos años.

Tabla 41. Variación porcentual de la precipitación en 2012 comparada con el periodo 1998 – 2011

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
136%	-10%	51%	33%	-64%	-53%	-9%	2%	-59%	1%	-34%	-22%

La Figura 70 muestra que el acumulado de precipitación durante el trimestre presentó condiciones normales con un acumulado promedio de 594,6 mm promedio de las estaciones de la ciudad, similar a varios años de la última década (durante algunos de estos años no se contaba con la cobertura actual de estaciones como se observa en la Figura 71, de manera que se esquematiza a modo de análisis de tendencias y comportamientos).

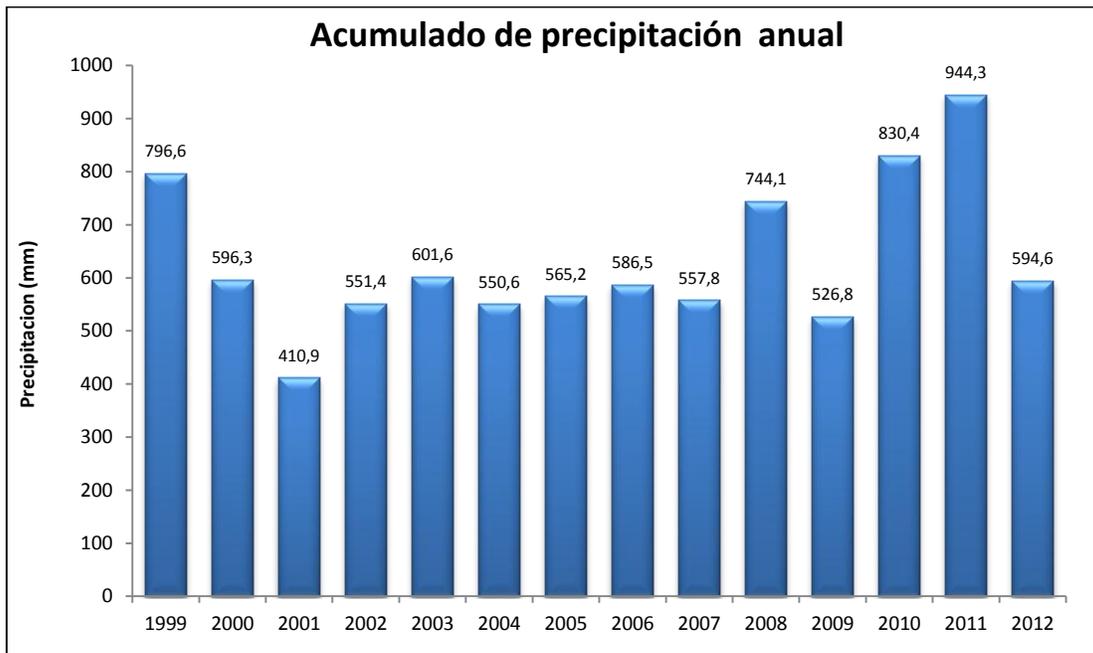


Figura 70. Acumulado de precipitación promedio de las estaciones de la RMCA desde 1998 hasta 2012. Fuente RMCAB

Los promedios mostrados en la Figura 70 son calculados producto de la información mostrada de las estaciones esquematizadas en la Figura 71.

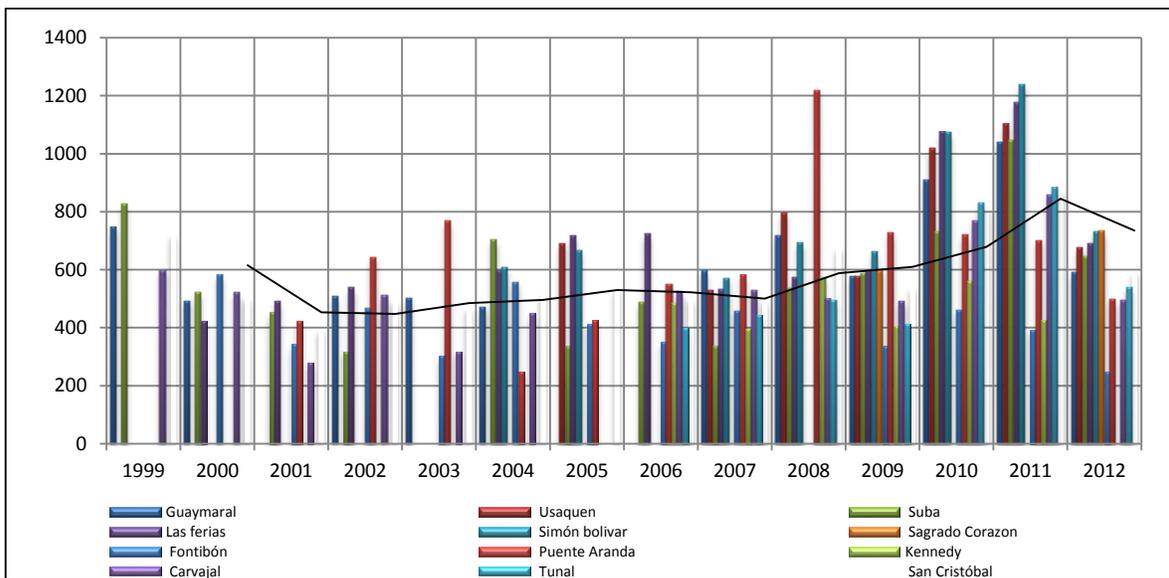


Figura 71. Acumulado de precipitación por estación desde 1999 hasta 2012. Fuente RMCAB

Con respecto a los valores promedio de días de precipitación tomados en el periodo 1998-2011, se observa que el número de días de lluvia durante el año fue similar a lo registrado en promedio en años anteriores, salvo algunos meses del primer y tercer trimestre. Es así

como la Figura 72 presenta el número total de días de precipitación para cada uno de los meses del año (El número de días es contabilizado si se ha registrado en alguna estación, un valor igual o superior a 0.1 mm). La Tabla 42 presenta el porcentaje de variación de los días de precipitación durante el 2012.

Tabla 42. Variación porcentual de los días de precipitación para el 2012 comparada con el periodo 1998 – 2011

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
31%	7%	23%	1%	1%	-5%	10%	19%	-16%	-8%	8%	-29%

Comparado con los años anteriores, se observa que el Año 2012 estuvo dentro de los promedios con respecto a los días de precipitación en Bogotá, como se puede apreciar en la Figura 73.

En la Figura 74 se observan los acumulados de precipitación registrado por las estaciones de la RMCAB en el periodo 1998-2012. Junto con la Tabla 43, se puede apreciar que el Año 2012 se midieron entre lluvias entre ligeras a normales para el periodo, según los índices de precipitación. Las estaciones de Parque Simón Bolívar, Sagrado Corazón y San Cristóbal presentaron altos acumulados, a diferencia de Fontibón en donde se presentó el menor valor.

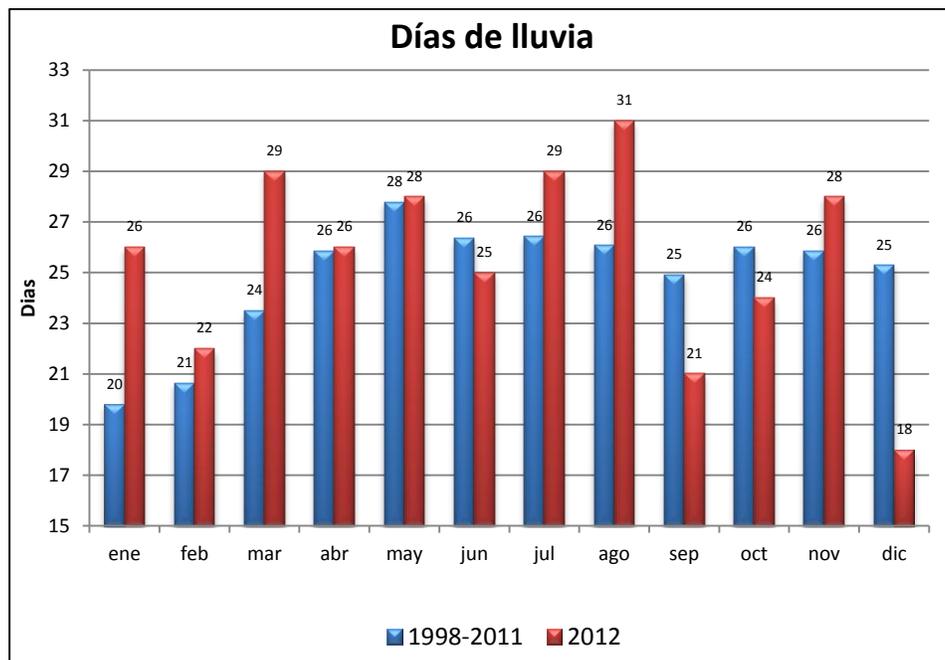


Figura 72. Días de precipitación promedio de la RMCAB del periodo 1998-2011 comparada con el promedio de 2012. Fuente RMCAB

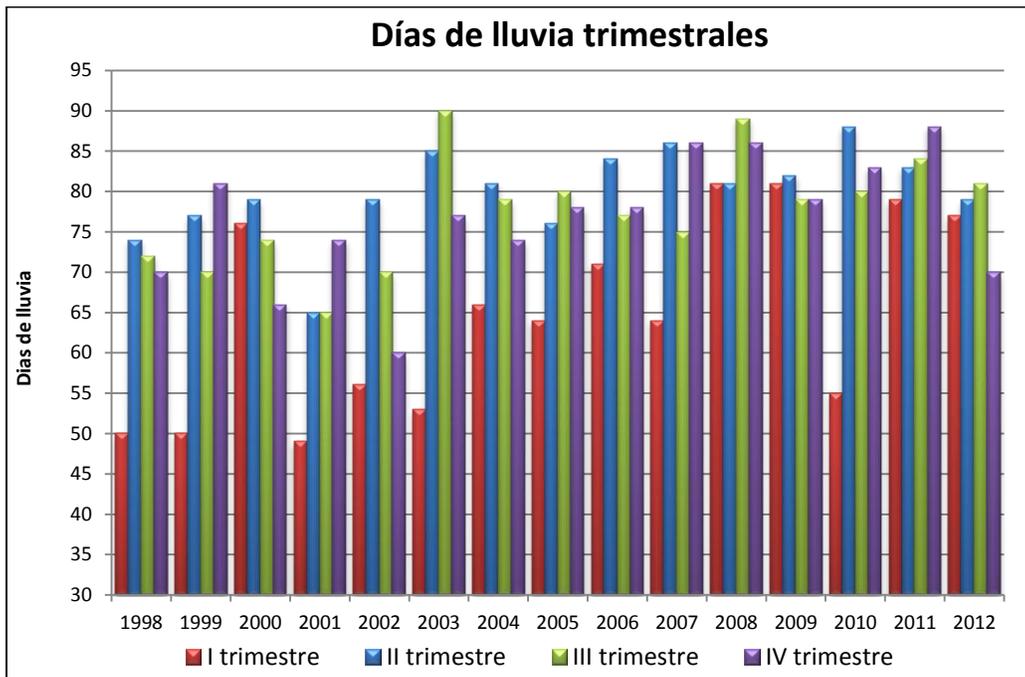


Figura 73. Promedio de los días de precipitación de las estaciones de la RMCA trimestral desde 1998 hasta 2012. Fuente RMCAB

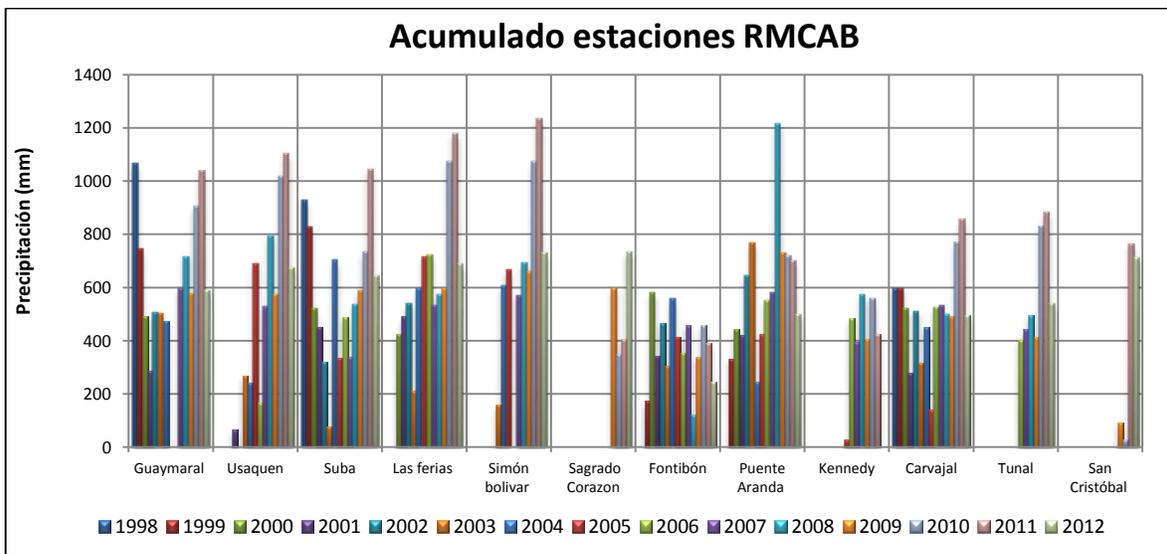


Figura 74. Acumulado de precipitación dese 1998 hasta 2012 para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

Tabla 43. Acumulados de precipitación de las estaciones de la RMCAB desde 1998 hasta 2012 y su respectivo índice de precipitación. Fuente RMCAB.

Valores	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	IP
Guaymaral	746,1	492,1		507,3	502,1	471,5			597,3	717,2	577,2	907,6	1039,5	589,3	85,0%
Usaquén							690,2		528,4	795,6	575,5	1018,9	1103,1	675,9	86,1%
Suba	827,3	520,4	452,5	317,7		703,3	334,6	488,6	338	536,1	587,6	732,8	1045,9	644	107,1%
Las ferias		424,3	491,2	538,8		596,2	717,1	723,1	532,9	573,4	597,6	1076	1177,3	688,9	101,7%
Simón Bolívar						605,8	666,8		570,8	692,6	660,7	1074,3	1236,6	730,2	92,8%
Sagrado Corazón											597,8			733,4	122,7%
Fontibón		582	342,6	466,8	303,2	557,4	412,6	351,9	458		337,2	459,1	390,4	246,1	58,1%
Puente Aranda			422	643	768,4	246,8	425,4	550	582	1217,1	729,5	720,2	700,9	497,3	78,1%
Kennedy								484,6	395	574,8	403,9	558,6	425,9		
Carvajal	597,7	520,7	277,9	510,8	317,4	450,3		525,1	530,5	499,7	490,3	770,1	857,7	495,4	92,7%
Tunal								400,1	441,5	495,2	411,3	829,6	883,5	538,7	93,4%
San Cristóbal													763,9	714	93,5%

** El índice de precipitación se interpreta de la siguiente manera:

0-30 %	lluvias muy por debajo de lo normal (periodo extremadamente seco)
31-60 %	lluvias moderadamente por debajo de lo normal (periodo muy seco)
61-90 %	lluvias ligeramente por debajo de lo normal (periodo seco)
91-110 %	lluvias normales para el periodo
111-140 %	lluvias ligeramente por encima de lo normal (periodo lluvioso)
141-170 %	lluvias moderadamente por encima de lo normal (periodo muy lluvioso)
Mayor de 170 %	lluvias muy por encima de lo normal (periodo extremadamente lluvioso)

En el último trimestre de 2012, octubre presentó el mayor acumulado de precipitación en la mayoría de estaciones de la RMCAB de acuerdo con lo observado en la Figura 75. La estación de Usaquén presentó el mayor acumulado en este mes seguido de parque simón Bolívar.

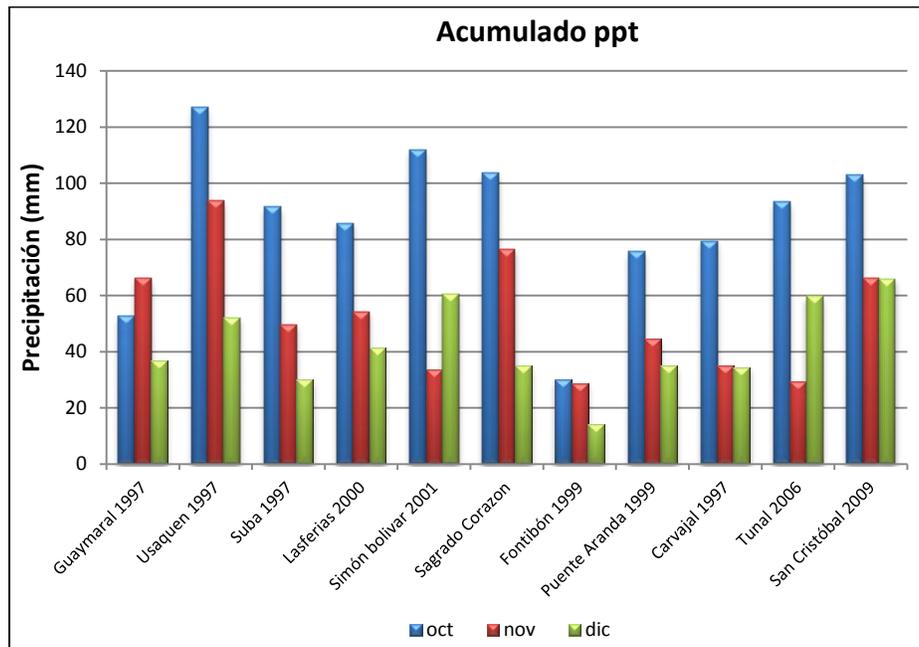


Figura 75. Acumulado de precipitación de cada estación en el último trimestre de 2012. Fuente. RMCAB

Dadas las condiciones particulares de las localidades de Bogotá tales como ubicación geográfica, característica de los vientos entre otros, existen variaciones no solo en el acumulado de precipitaciones sino en el número de días en que llueve. La Tabla 44 muestra que en la estación de Guaymaral llovió 129 días, Parque Simón Bolívar, ubicada en la localidad de Barrios Unidos, detectó lluvias en 120 oportunidades similar a las estaciones de Carvajal con 121 y Sagrado corazón con 122, mientras que la de menor registro fue Fontibón con 87 días. El promedio de precipitación por día se presenta en la Tabla 45.

Tabla 44. Días de lluvia de las estaciones de la RMCAB desde 1998 hasta 2012 Fuente RMCAB.

Valores	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Guaymaral	174		94	175	182				205	219	203	214	268	129
Usaquén						89		145	162	172	142	199	184	112
Suba	222	201	176		26	195	133	149	155	176	160	211	220	126
Las ferias		154	135		62	150	188	164	146	176	161	217	217	117
Simón Bolívar					56	187			170	202	209	243	250	120
Sagrado Corazón													68	122
Fontibón		166	125	131	138	144	137	116		32	132	178	166	87
Puente Aranda		115	138	147	212	124	209	216	199	264	172	213	216	137
Kennedy							18	147	142	164	129	179		
Carvajal	189	195	116	154	133		95	159	161	132	149	189	202	121
Tunal								122	147	161	144	190	205	119
San Cristóbal													168	146

Tabla 45. Promedio de lluvia diaria en las estaciones de la RMCAB desde 1998 hasta 2012, en mm/día. Fuente RMCAB

Valores	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Guaymaral	4,3			2,9	2,8				2,9	3,3	2,8	4,2	3,9	4,6
Usaquén									3,3	4,6	4,1	5,1	6,0	6,0
Suba	3,7	2,6	2,6			3,6	2,5	3,3	2,2	3,0	3,7	3,5	4,8	5,1
Las ferias		2,8	3,6			4,0	3,8	4,4	3,7	3,3	3,7	5,0	5,4	5,9
Simón Bolívar						3,2			3,4	3,4	3,2	4,4	4,9	6,1
Sagrado Corazón														6,0
Fontibón		3,5	2,7	3,6	2,2	3,9	3,0	3,0			2,6	2,6	2,4	2,8
Puente Aranda			3,1	4,4	3,6	2,0	2,0	2,5	2,9	4,6	4,2	3,4	3,2	3,6
Kennedy								3,3	2,8	3,5	3,1	3,1		
Carvajal	3,2	2,7	2,4	3,3	2,4			3,3	3,3	3,8	3,3	4,1	4,2	4,1
Tunal								3,3	3,0	3,1	2,9	4,4	4,3	4,5
San Cristóbal													4,5	4,9

Las precipitaciones más intensas, en promedio, se presentaron en Parque simón Bolívar, Usaquén y Las ferias; las de menor intensidad en Fontibón.

La estación que presentó mayor número de días de precipitación fue San Cristóbal en el segundo trimestre seguida por parque simón Bolívar en primer trimestre, como se observa en la Figura 76.

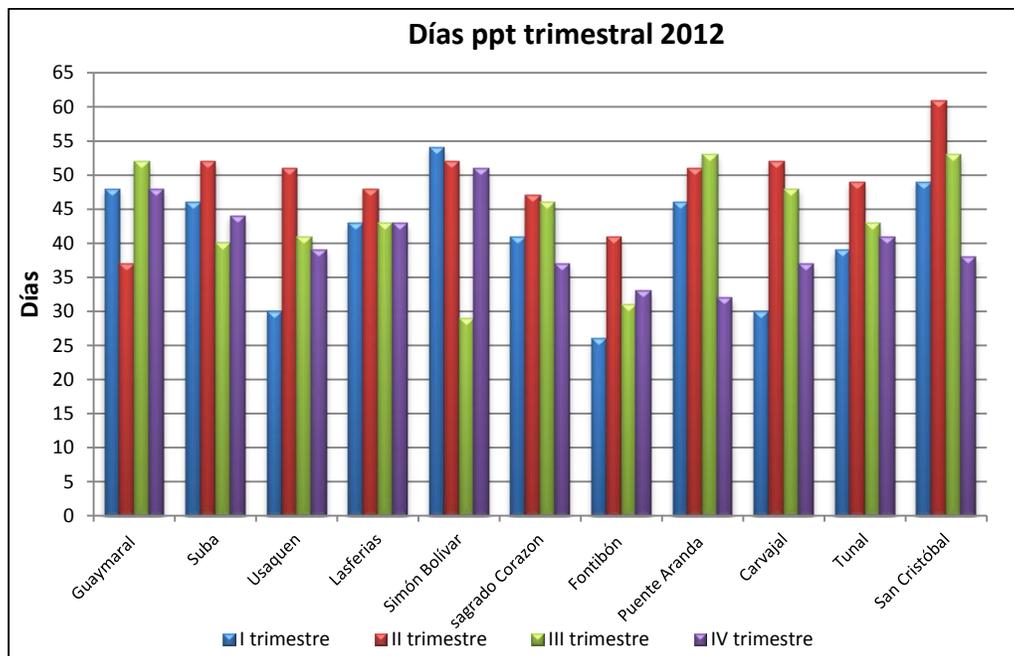


Figura 76. Días de precipitación de cada estación durante los trimestres de 2012. Fuente. RMCAB

La Figura 77 presenta los acumulados horarios de precipitación para el segundo trimestre de 2012 en las estaciones de la RMCAB. Como es común en horas de la mañana, de las 9:00 a las 11:00, fue relativamente inusual la presencia de precipitación en la ciudad,

mientras que en horas de la tarde, las precipitaciones presentaron acumulados altos por la presencia de actividad convectiva producto del calentamiento diurno.

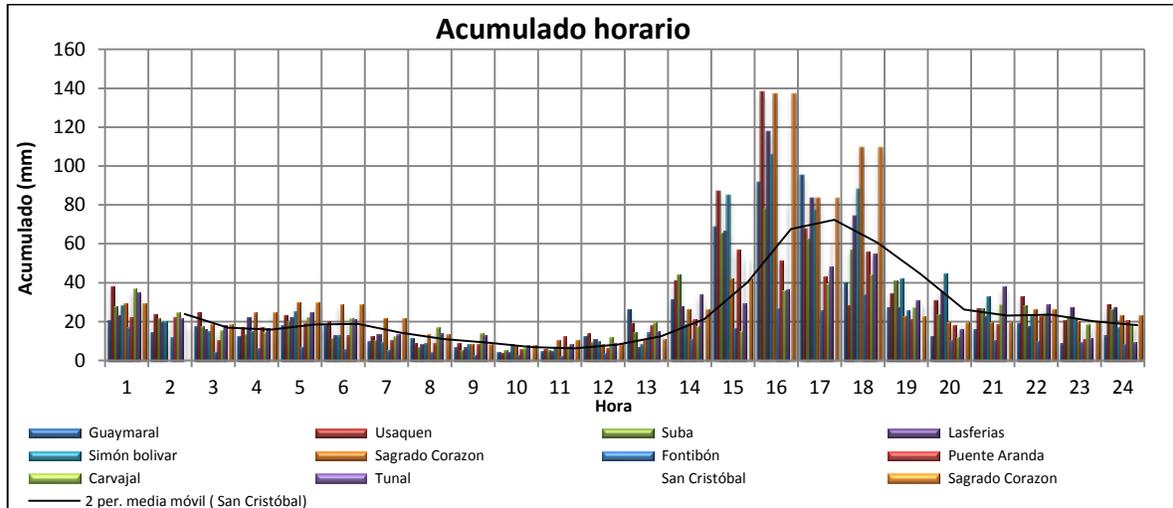


Figura 77. Acumulados horarios de precipitación en 2012 y su comparación con el promedio 1998-2010

La Figura 78 esquematiza el acumulado horario para el promedio de las estaciones de la RMCAB de manera que el eje de las abscisas muestra las horas del día mientras que las ordenadas los meses. Los colores muestran la cantidad de precipitación que se acumuló en una hora específica para determinado mes. En promedio se observa que la mayor cantidad de agua se precipitó entre las 14:00 y 16:00 horas en el mes de Marzo y Noviembre y que las lluvias en horas de la madrugada se presentaron a mediados del año.

Por su parte, la Figura 79 resume las condiciones de manera análoga a la Figura 78 considerando cada estación en particular. Se observa que en las estaciones de Guaymaral y Usaquén los acumulados más intensos se dieron en el segundo semestre, Suba, las Ferias y Simón Bolívar presentaron amplios acumulados en el primer semestre, siendo estas estaciones las de mayor registro de lluvia en las tardes. Las estaciones de Tunal y San Cristóbal estuvieron acompañadas de precipitaciones en las medias noches del mes de Octubre.

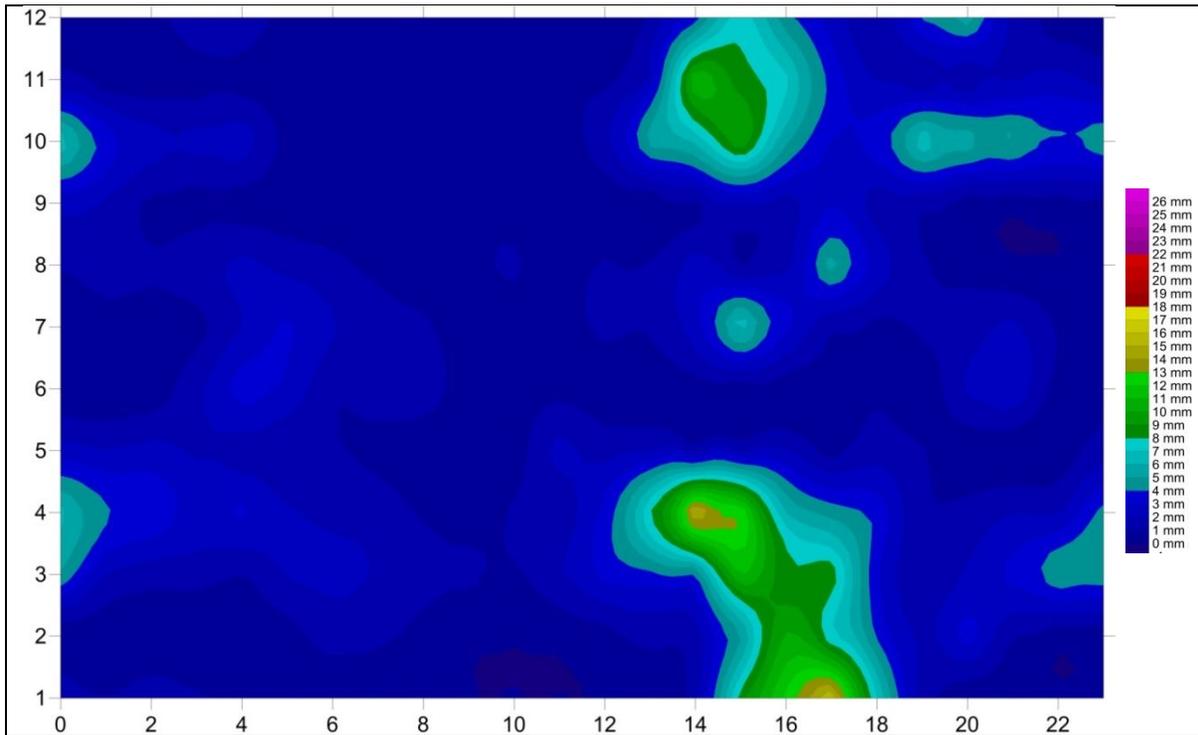
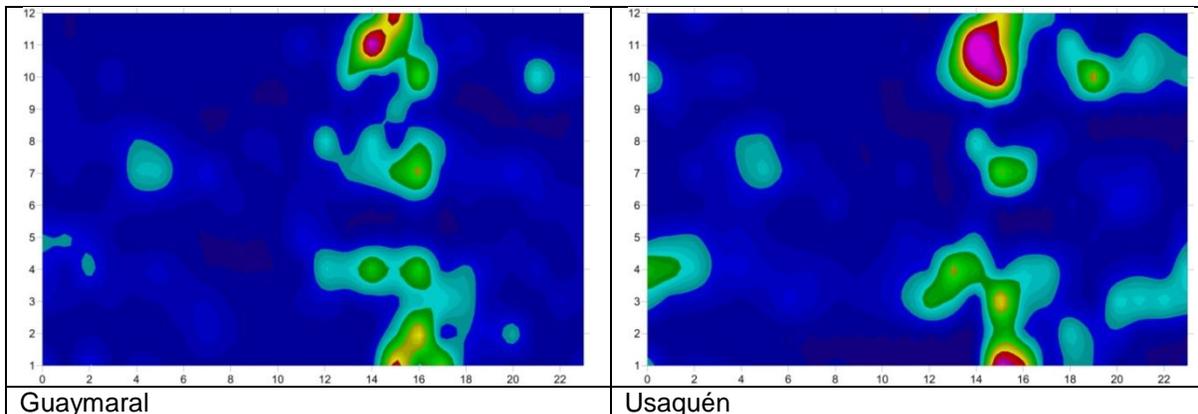
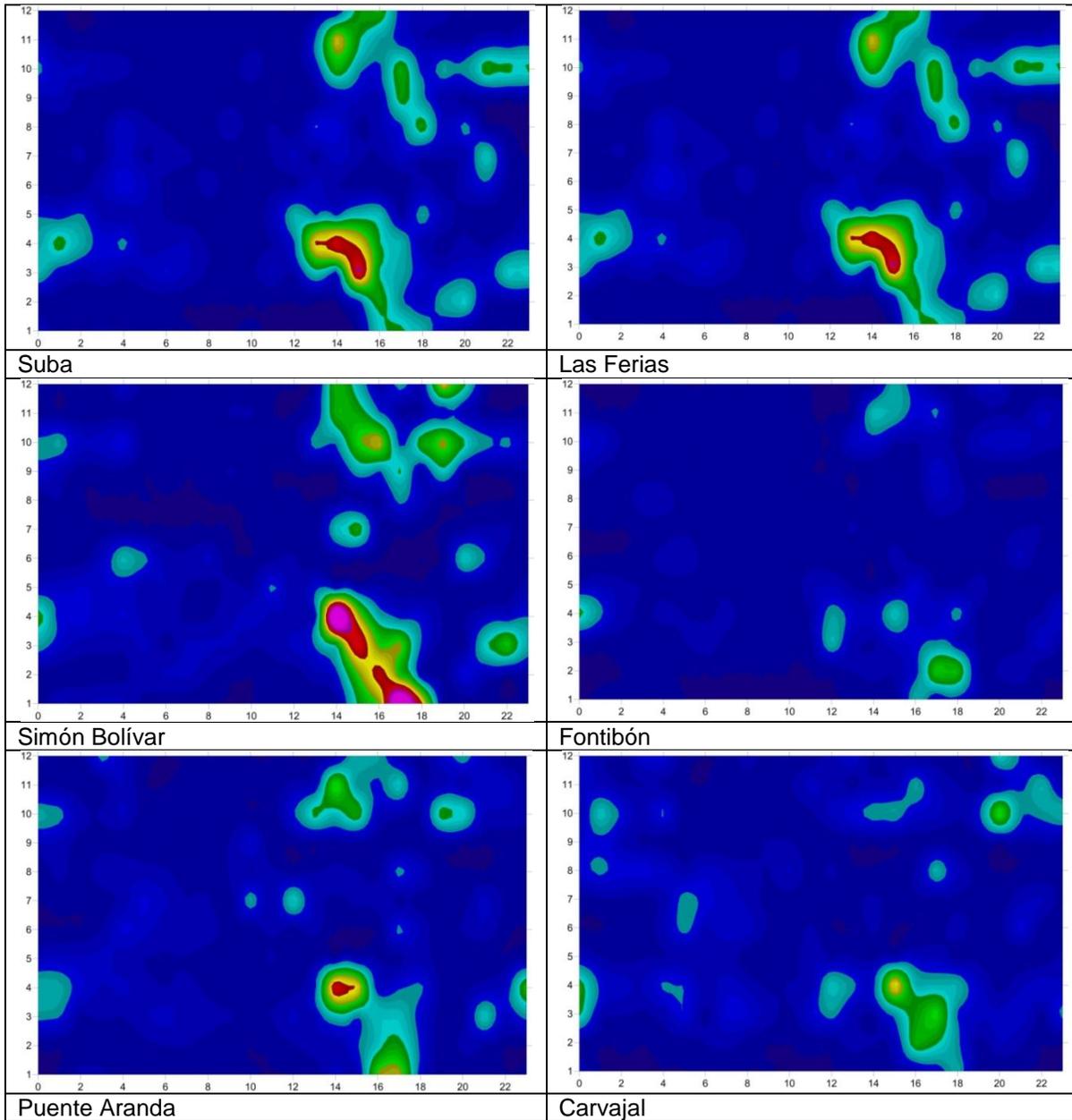


Figura 78. Precipitación acumulada horaria promedio para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB



Guaymaral

Usaquén



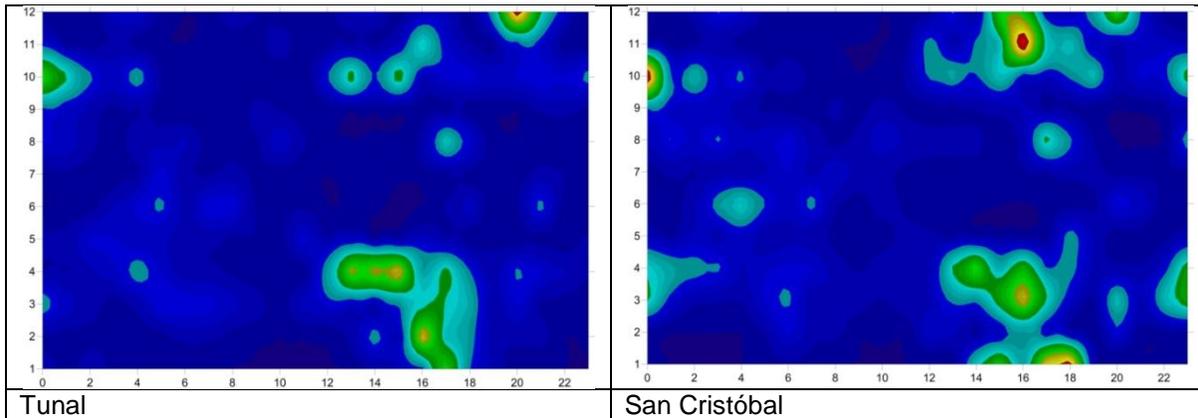


Figura 79. Precipitación acumulada horaria para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

El mapa de la Figura 80 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los acumulados de precipitación total para 2012 sobre esta superficie. Los sectores sombreados principalmente al Oriente y Sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica, entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación sin datos *In Situ*. Se puede observar el sector con menos precipitación de la capital, registrado en la estación de Fontibón que abarca la localidad de su mismo nombre. Los mayores acumulados se encuentran en el costado Oriental de la capital. La Figura 81 presenta los acumulados trimestrales mientras que la Figura 82 los mensuales.

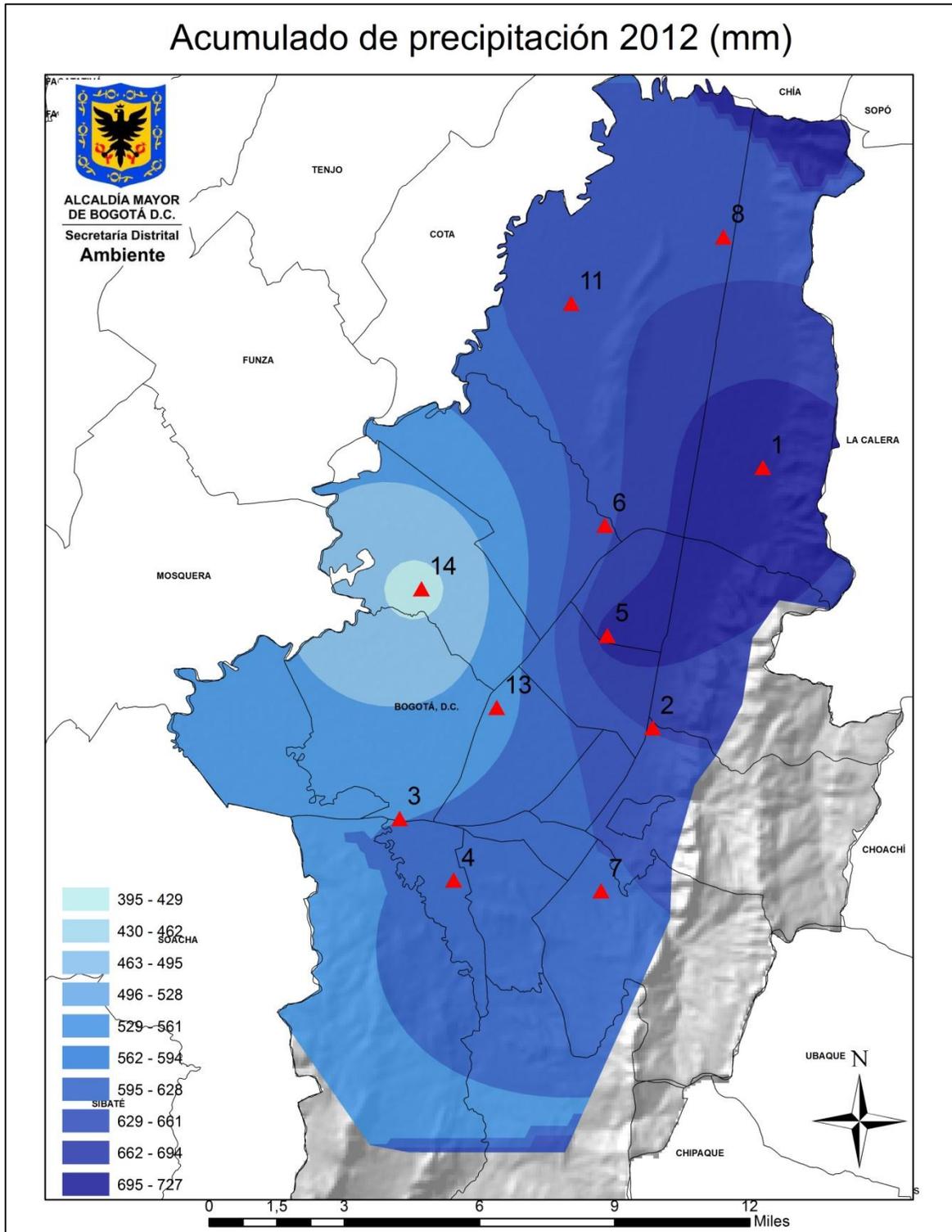


Figura 80. Mapa de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para el Año 2012. Fuente RMCAB

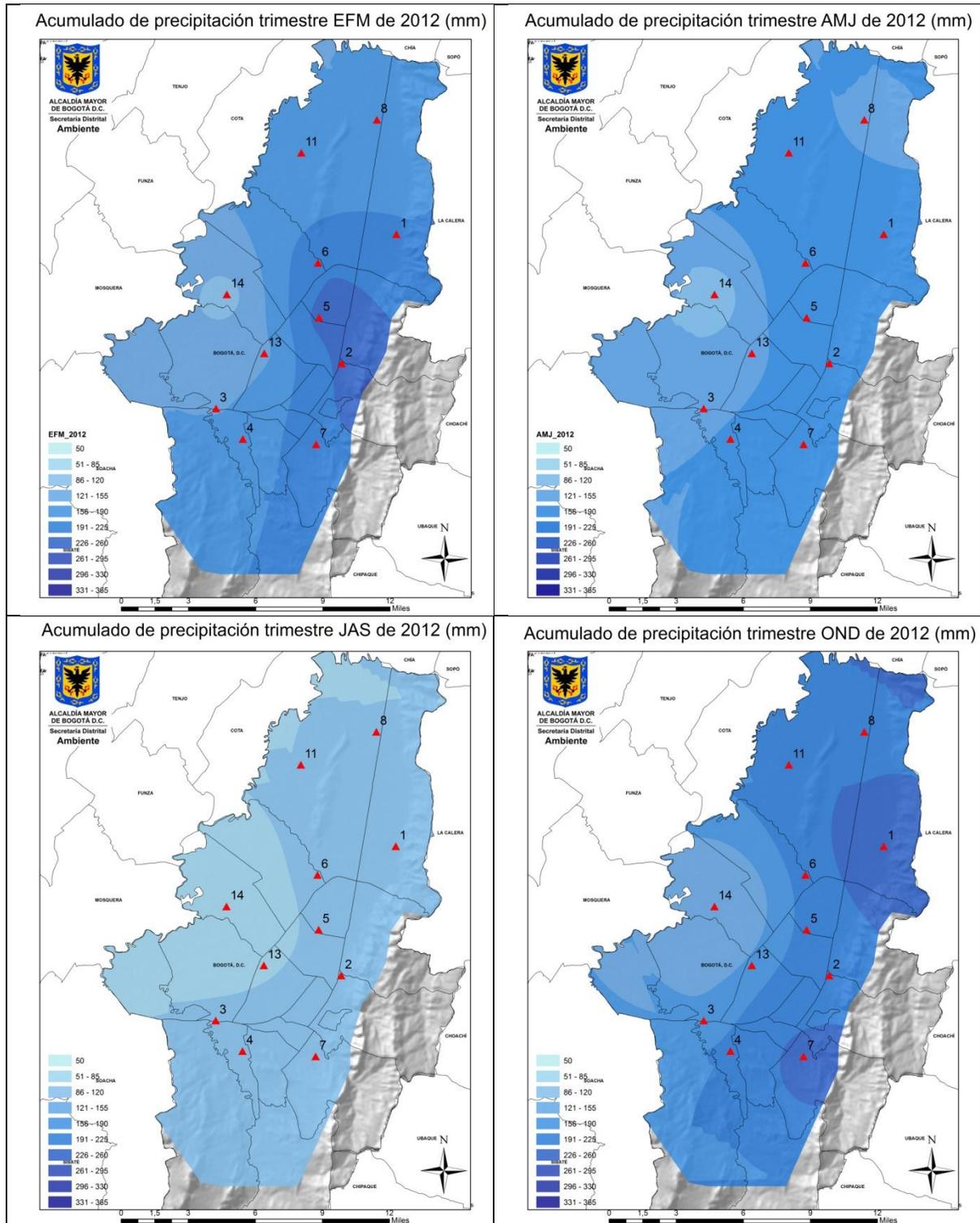
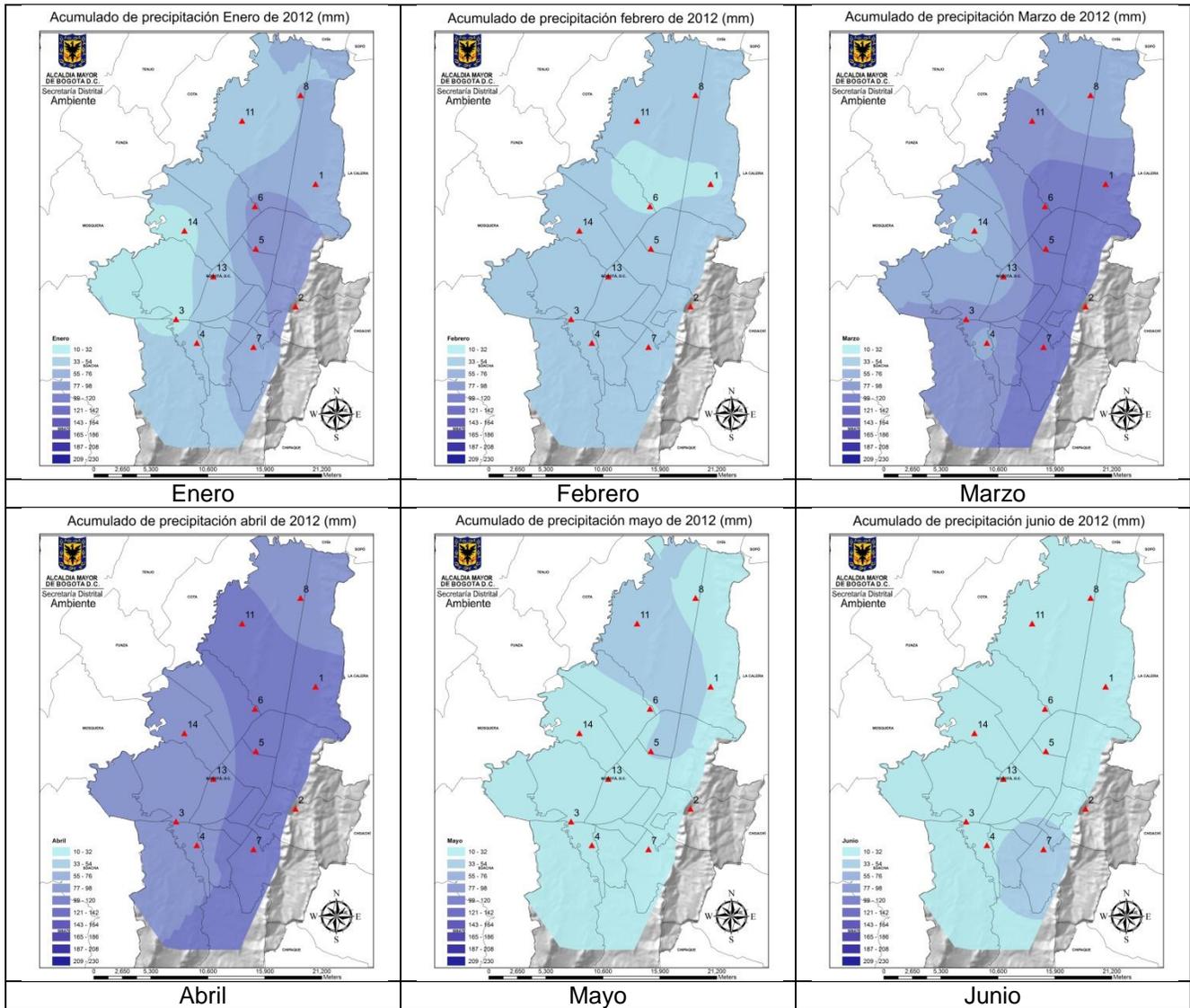


Figura 81. Mapa de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB trimestrales del Año 2012.
Fuente RMCAB



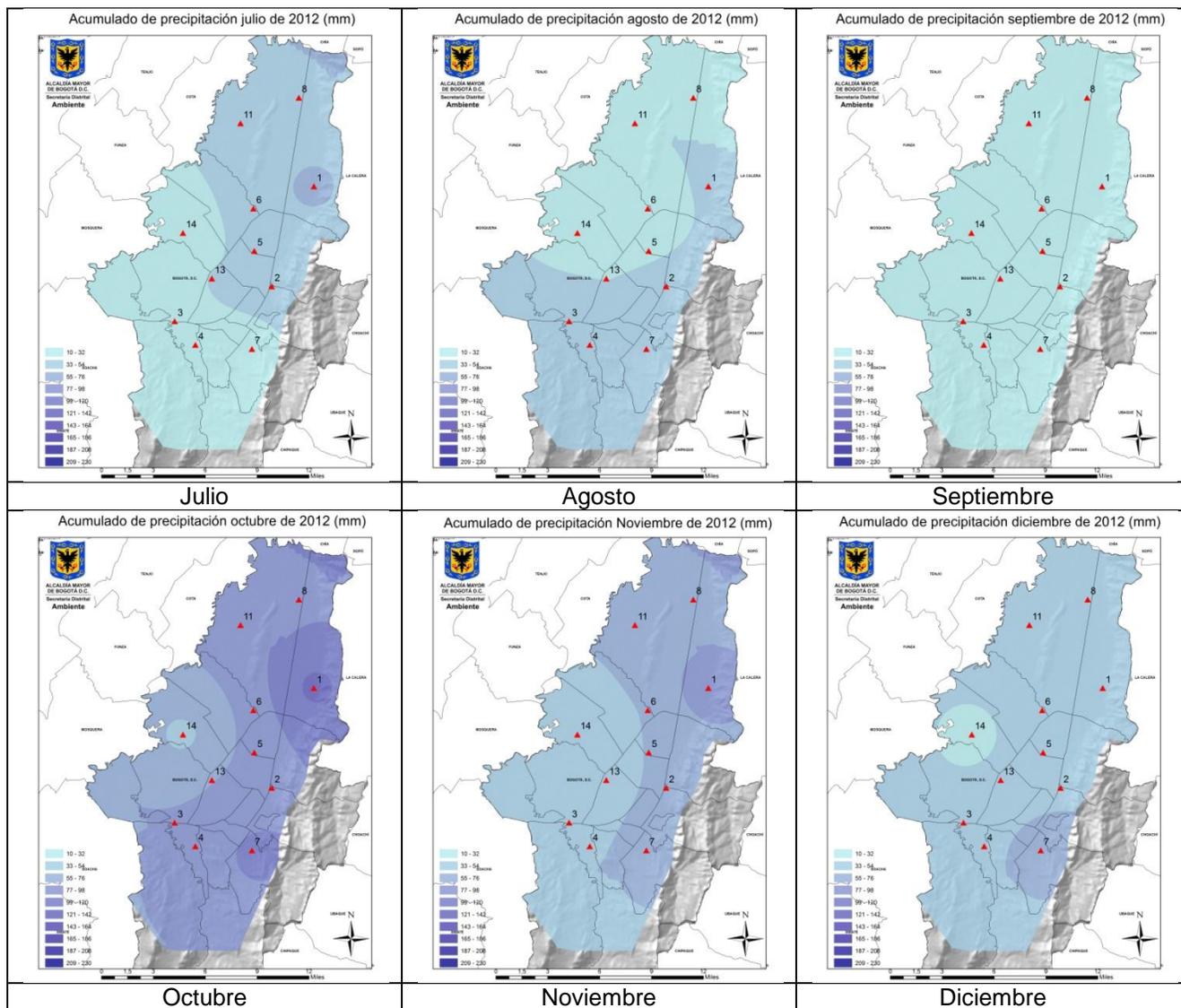


Figura 82. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB mensuales en 2012. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 82 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes de 2012 en los cuales se observa la evolución de la precipitación. En marzo, abril y Octubre se concentraron los mayores acumulados de precipitación, principalmente hacia los cerros orientales, mientras que al Occidente de la ciudad se presentaron los menores acumulados de lluvia. En el mes de septiembre presenta una disminución del acumulado de precipitación significativo a lo largo de la ciudad.

5.2. VIENTOS

El comportamiento de los vientos en Colombia responde al flujo de los alisios del Noreste y Sudeste, los cuales confluyen en la región tropical formando una zona de baja presión (ZCIT), que al desplazarse sobre el territorio debido al cambio relativo de la incidencia solar sobre la tierra provoca las temporadas de lluvia en el país¹. De vez en cuando la circulación de los vientos alisios se ve trastornada por anomalías en el balance de energía provocando serios disturbios en la distribución espacial y temporal de las lluvias, tal es el caso del fenómeno del Niño. Otro aspecto que influye, depende de las condiciones orográficas; las diferencias horizontales de temperatura en una montaña producen alteraciones locales del viento que genéricamente se llaman brisas. La brisa terrestre, llamada circulación valle-montaña, montaña-valle, se debe a diferencias de temperatura entre las montañas y el aire libre que las rodea, en la mañana se presenta un brisa soplando junto al suelo desde los valles y llanuras hacia las laderas que están recibiendo el Sol (solana), remontándolas. De noche desciende una brisa desde las montañas a los valles y llanuras.

En la ciudad de Bogotá se presentan dos regímenes de vientos, los generales y los vientos locales, los primeros son los de influencia sinóptica asociados a los alisios, los cuales toman direcciones Noreste y Sureste sobre la ciudad y la sabana. Estos vientos traen consigo lloviznas que remplazan las lluvias fuertes del periodo lluvioso y arrastran la contaminación producida en las zonas industriales de Soacha y Madrid hacia la ciudad. Los vientos locales son bastante variables y dependen de la distribución de las precipitaciones, predominan durante la segunda temporada de lluvias, y viajan hacia el Nororiente, Oriente y Occidente, con velocidades medias de 4 a 6 m/s. Los vientos con diferentes direcciones dan lugar a condiciones de discontinuidad y presencia de corrientes ascendentes, que junto con el calentamiento diurno, apoyan la formación de nubes de amplio despliegue vertical favoreciendo las precipitaciones fuertes y la ocurrencia incluso de tormentas eléctricas, granizadas y torbellinos en zonas locales y a veces de poca extensión. También favorecen la dispersión de los contaminantes en algunas zonas, pero en los meses de la segunda temporada de lluvias arrastran contaminantes sobre zonas de alta emisión.

Los vientos Bogotanos se caracterizan por ser de velocidades bajas en las madrugadas y mañanas y de mayor intensidad en las tardes; esta tendencia se puede observar a lo largo del año. En dicho periodo, la dirección y velocidad del viento se registró en once estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 39. La Figura 83 esquematiza la serie de tiempo en resolución diaria para las estaciones de la RMCAB que funcionan actualmente desde el año 1997 y la Figura 84 presenta la serie en formato horario en 2012. La Tabla 46 presenta los valores promedio de las estaciones, la Tabla 47 los promedios y los valores de velocidad máxima y mínima en el trimestre y la Tabla 48 resume el comportamiento de la velocidad del viento para 4 grupos de horas distintas. Fontibón y Puente Aranda son las estaciones en que se registraron los mayores valores de velocidad de viento seguido de Kennedy; Guaymaral es la estación con menor velocidad del viento reportada.

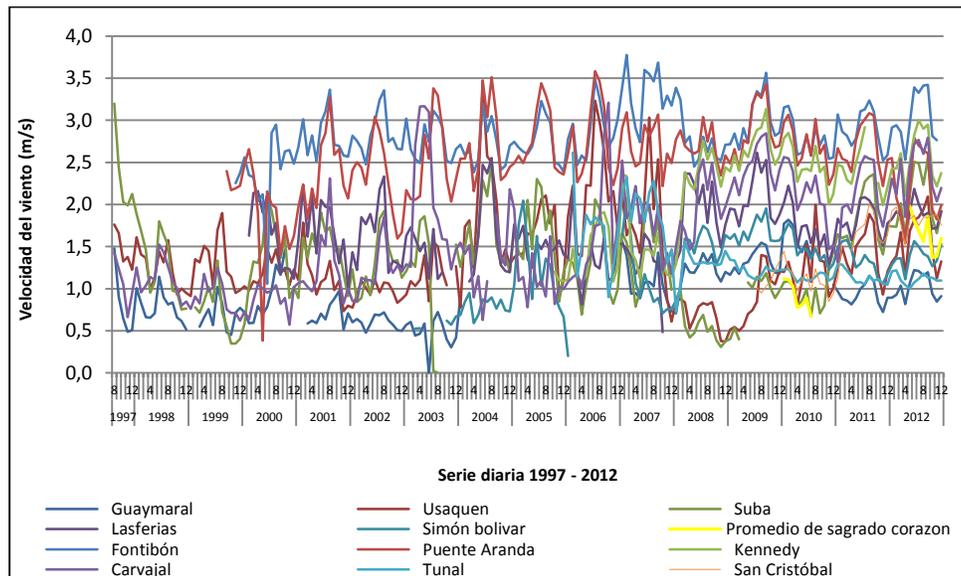


Figura 83. Serie de tiempo en resolución mensual de la velocidad del viento promedio de las estaciones Activas de la RMCAB desde agosto de 1997 hasta diciembre de 2012.

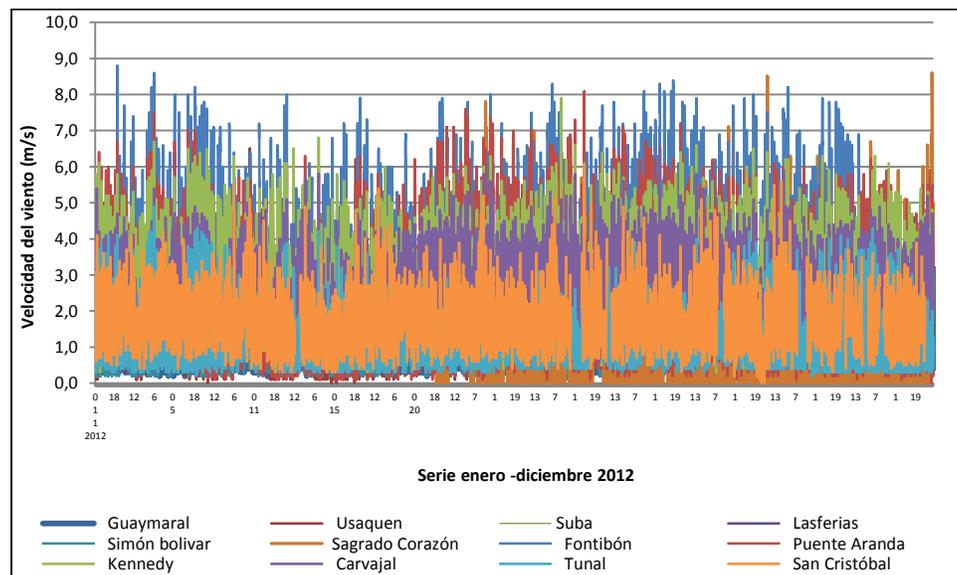


Figura 84. Serie de tiempo de la velocidad del viento horaria para 2012 en las estaciones de la RMCAB.

Tabla 46. Valores promedios de velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB

Hora	1_24												
Año	2012												
	Mes												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	0,9	0,8	0,9	1,0
Usaquén	1,3	1,4	1,7	1,1	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	1,4	1,1	1,3	1,6
Suba	1,7	1,7	2,0	1,6	2,1	2,5	2,5	2,2	2,6	1,8	1,7	1,9	2,0
Las ferias	1,8	1,9	1,9	1,5	1,9	2,2	2,0	1,9	1,9	1,7	1,7	1,9	1,9

Simón Bolívar	1,3	1,4	1,4	1,1	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,5	1,4
Sagrado Corazón					2,0	1,8	1,7	1,6	1,9	1,4	1,4	1,6	1,6
Fontibón	2,9	2,9	2,9	2,5	3,0	3,4	3,3	3,4	3,4	2,8	2,8		3,0
Puente Aranda	2,6	2,1	1,9	1,5	2,2	2,8	2,7	2,6	2,6	1,9	1,8	2,0	2,2
Kennedy	2,4	2,4	2,6	2,1	2,5	2,8	3,0	2,9	2,9	2,3	2,2	2,4	2,6
Carvajal	2,3	2,1	2,5	1,9	2,4	2,7	2,8	2,6	2,8	2,2	2,0	2,2	2,4
Tunal	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
San Cristóbal	1,9	2,0	1,8	1,5	1,8	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8

Tabla 47. Valores máximos absolutos de velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB.

Hora	(Todas)												
Año	2012												
		Mes											
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	3,5	3,5	3,9	4,1	3,9	3,6	4,9	5,0	4,9	3,9	3,3	3,7	5,0
Usaquén	5,1	4,9	6,5	6,2	5,3	5,5	5,2	5,6	6,1	5,6	4,0	5,9	6,5
Suba	4,7	5,2	5,8	4,8	6,3	5,8	7,7	6,3	6,1	5,6	4,8	5,7	7,7
Las ferias	5,4	5,6	5,0	4,6	4,8	5,6	4,5	5,5	5,1	5,3	4,9	5,1	5,6
Simón Bolívar	4,8	4,6	4,9	4,5	4,7	5,0	4,5	3,8	4,2	5,0	4,7	5,0	5,0
Sagrado Corazón	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	7,8	7,0	5,9	6,5	8,5	6,3	8,6	8,6
Fontibón	8,8	8,2	8,0	7,9	7,9	8,0	8,3	8,1	8,4	8,2	7,9	0,0	8,8
Puente Aranda	7,5	7,0	6,0	6,3	6,7	7,6	7,3	8,1	7,2	6,3	6,1	6,2	8,1
Kennedy	6,7	6,5	6,5	6,8	6,0	6,3	7,9	6,4	6,6	6,5	6,3	6,3	7,9
Carvajal	5,4	4,9	5,1	5,8	4,9	5,8	5,8	5,6	6,6	5,9	4,6	5,2	6,6
Tunal	4,9	4,3	3,9	4,2	2,9	3,3	3,6	3,9	4,0	4,2	4,1	4,3	4,9
San Cristóbal	4,2	4,0	5,5	4,9	5,4	5,2	5,2	6,1	5,1	5,6	3,7	3,9	6,1
Max													
Hora	(Todas)												
Año	2012												
		Mes											
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Usaquén	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
Suba	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
Las ferias	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Simón Bolívar	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Sagrado Corazón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fontibón	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,5	0,0	0,3
Puente Aranda	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Kennedy	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
Carvajal	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3
Tunal	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
San Cristóbal	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0
Min													

Tabla 48. Velocidades de viento mensuales promedio entre las 1-6, 7-12, 13-18 y 19-24 hrs en el segundo trimestre de 2012

Hora	1-5												
Año	2012												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5
Usaquén	0,6	0,9	1,3	0,7	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	0,9	0,5	0,8	1,0
Suba	1,2	1,2	1,4	1,2	1,3	1,6	1,6	1,3	1,5	1,1	1,0	1,2	1,3
Las ferias	1,2	1,3	1,4	1,2	1,4	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3
Simón bolívar	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7
Sagrado corazón					0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
Fontibón	1,8	1,8	1,9	1,6	1,8	2,1	1,9	2,1	2,0	1,8	1,6		1,8
Puente Aranda	1,7	1,2	1,0	0,7	0,9	1,3	1,3	1,4	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1
Kennedy	1,5	1,6	1,8	1,3	1,4	1,7	1,9	1,7	1,8	1,4	1,3	1,3	1,6
Carvajal	1,6	1,5	2,0	1,2	1,5	1,8	1,9	1,8	1,9	1,5	1,4	1,3	1,6
Tunal	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,6
San Cristóbal	1,8	2,0	1,4	1,4	1,5	1,6	1,4	1,4	1,5	1,7	2,0	1,7	1,6

a)

Hora	6-11												
Año	2012												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	0,8	0,7	1,0	0,7	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9
Usaquén	1,2	1,1	1,3	1,0	1,5	1,5	1,7	1,7	1,9	1,2	1,0	1,1	1,3
Suba	1,9	1,8	2,1	1,7	2,2	2,4	2,5	2,2	2,6	1,9	1,8	1,9	2,1
Las ferias	1,5	1,6	1,8	1,4	1,8	2,1	1,9	1,7	1,9	1,6	1,5	1,7	1,7
Simón bolívar	1,0	1,0	1,3	1,0	1,3	1,5	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2
Sagrado corazón					2,3	1,6	1,7	1,4	1,7	1,1	1,2	1,2	1,4
Fontibón	2,1	2,1	2,5	1,9	2,5	2,9	3,0	2,8	3,0	2,3	2,2		2,5
Puente Aranda	1,9	1,3	1,5	1,1	1,8	2,3	2,4	2,2	2,3	1,5	1,3	1,4	1,8
Kennedy	1,8	1,7	2,1	1,6	2,1	2,4	2,8	2,5	2,5	1,9	1,8	1,9	2,1
Carvajal	1,9	1,6	2,3	1,5	2,2	2,4	2,7	2,3	2,5	2,0	1,7	1,9	2,1
Tunal	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0
San Cristóbal	1,7	1,6	1,5	1,1	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5

b)

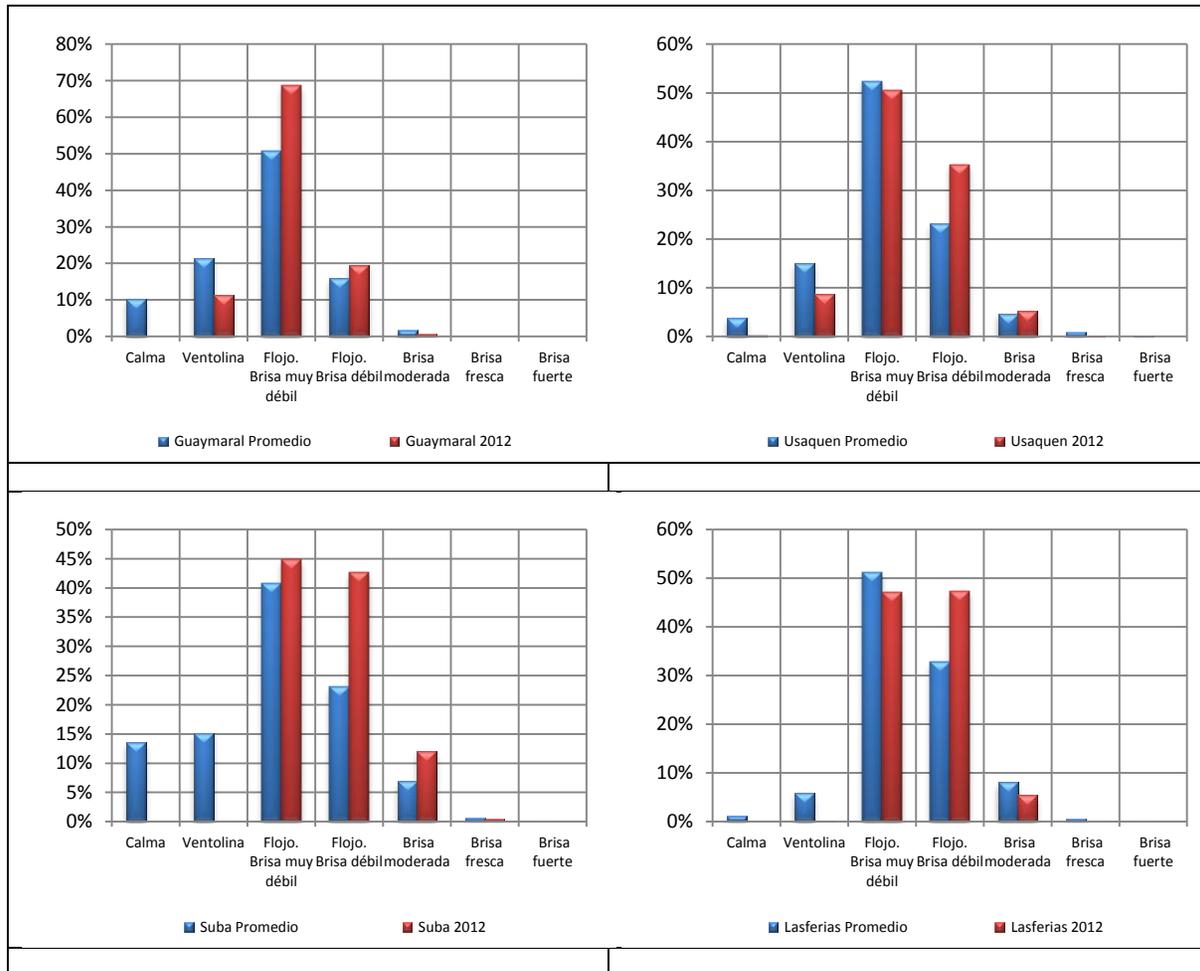
Hora	12-17												
Año	2012												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	1,6	1,8	1,7	1,5	2,0	2,2	2,2	2,1	2,2	1,7	1,7	1,8	1,9
Usaquén	2,0	1,9	2,3	1,7	2,3	2,5	2,5	2,6	2,9	2,2	1,8	2,0	2,2
Suba	2,5	2,6	2,7	2,3	3,2	3,6	3,7	3,4	3,9	2,8	2,6	3,1	3,0
Las ferias	2,8	2,8	2,4	2,2	2,5	2,8	2,5	2,5	2,5	2,6	2,9	2,6	2,6
Simón bolívar	2,4	2,5	2,1	2,0	2,2	2,5	2,3	2,3	2,3	2,2	2,4	2,8	2,3
Sagrado corazón					3,4	3,0	2,9	2,7	3,2	2,6	2,6	2,9	2,9
Fontibón	5,0	4,9	4,3	4,1	4,7	5,0	5,3	5,3	5,5	4,6	4,8		4,9
Puente Aranda	4,0	3,6	3,1	2,9	3,8	4,8	4,6	4,3	4,5	3,5	3,5	3,8	3,9
Kennedy	4,0	4,0	3,7	3,4	3,9	4,2	4,4	4,4	4,6	3,8	3,9	4,0	4,0
Carvajal	3,5	3,3	3,3	2,9	3,5	3,8	3,8	3,7	4,0	3,3	3,3	3,5	3,5
Tunal	2,2	2,3	1,7	1,8	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	1,9
San Cristóbal	2,3	2,3	2,3	1,9	2,5	2,4	2,3	2,5	2,4	2,3	2,0	2,2	2,3

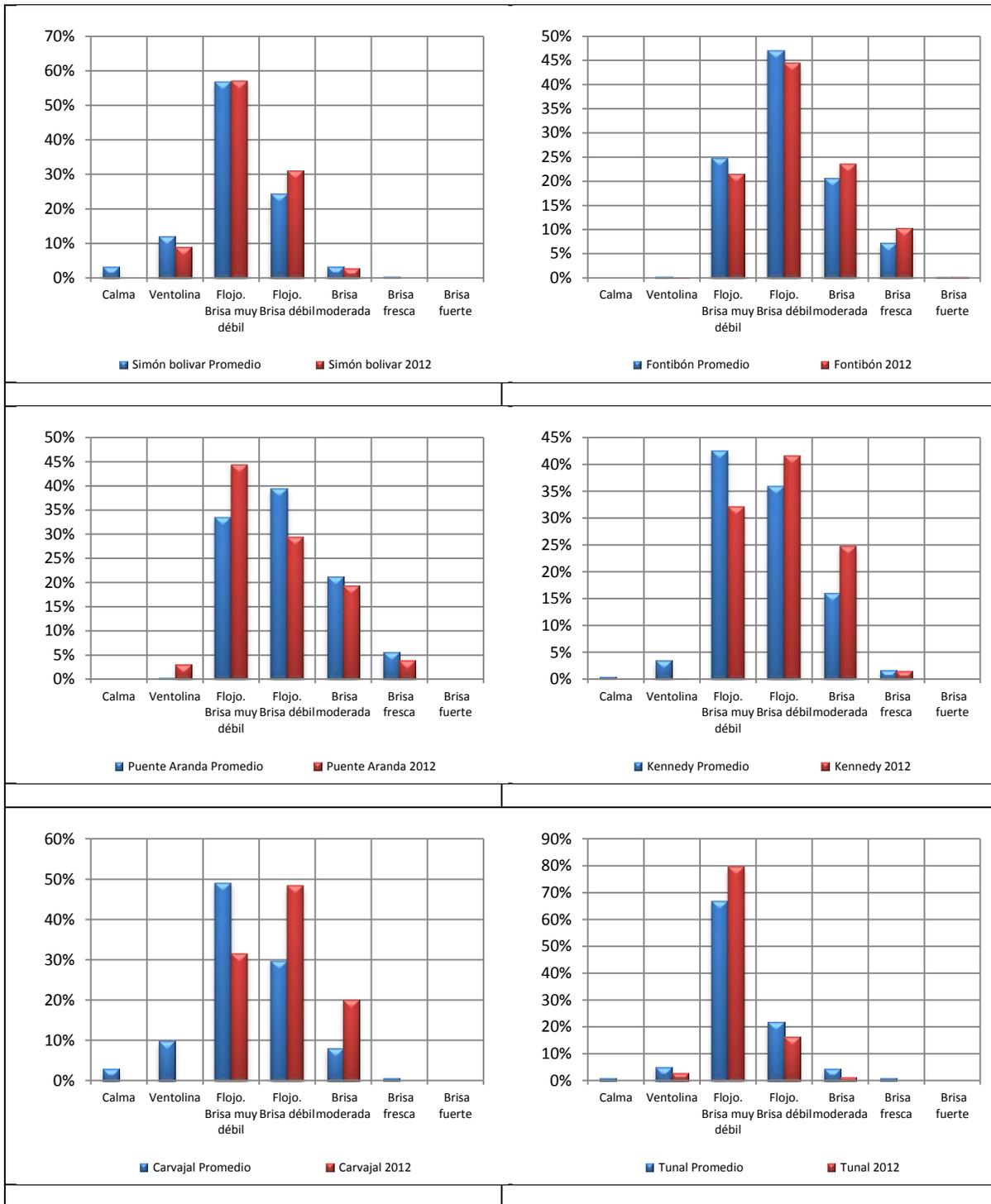
c)

Hora	18-23												
Año	2012												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2012
Guaymaral	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,7	0,8
Usaquén	1,4	1,7	1,8	1,1	1,7	2,1	2,0	2,1	2,3	1,5	1,2	1,4	1,7
Suba	1,3	1,4	1,8	1,3	1,8	2,4	2,3	2,0	2,2	1,4	1,2	1,5	1,7
Las ferias	1,7	1,9	1,9	1,4	1,9	2,1	2,1	1,8	1,8	1,6	1,7	1,9	1,8
Simón bolívar	1,1	1,2	1,2	0,8	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2
Sagrado corazón					1,5	1,6	1,5	1,4	1,8	1,2	1,1	1,6	1,5
Fontibón	2,6	2,8	2,8	2,4	2,7	3,4	3,1	3,3	3,2	2,5	2,5		2,9
Puente Aranda	2,6	2,1	2,0	1,4	2,1	2,8	2,6	2,6	2,5	1,8	1,6	1,8	2,2
Kennedy	2,5	2,3	2,8	2,0	2,5	2,9	2,9	2,9	2,9	2,2	1,9	2,3	2,5
Carvajal	2,2	2,0	2,5	1,8	2,4	2,8	2,7	2,6	2,7	2,1	1,8	2,1	2,3
Tunal	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0
San Cristóbal	1,9	1,9	1,9	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9	1,7	1,8

d)

La velocidad de los vientos es agrupada según la frecuencia en la escala de *Beaufort*, como se presenta en la Figura 85, la cual esquematiza el porcentaje histórico anual y el porcentaje de frecuencias en 2012 para cada estación. Así mismo la predominancia de los vientos en general varía según la estación como se observa en la Figura 86 la cual presenta la rosa de los vientos horaria y el porcentaje de frecuencias de la dirección de los vientos comparada con los históricos, según la fecha de inicio de cada estación.





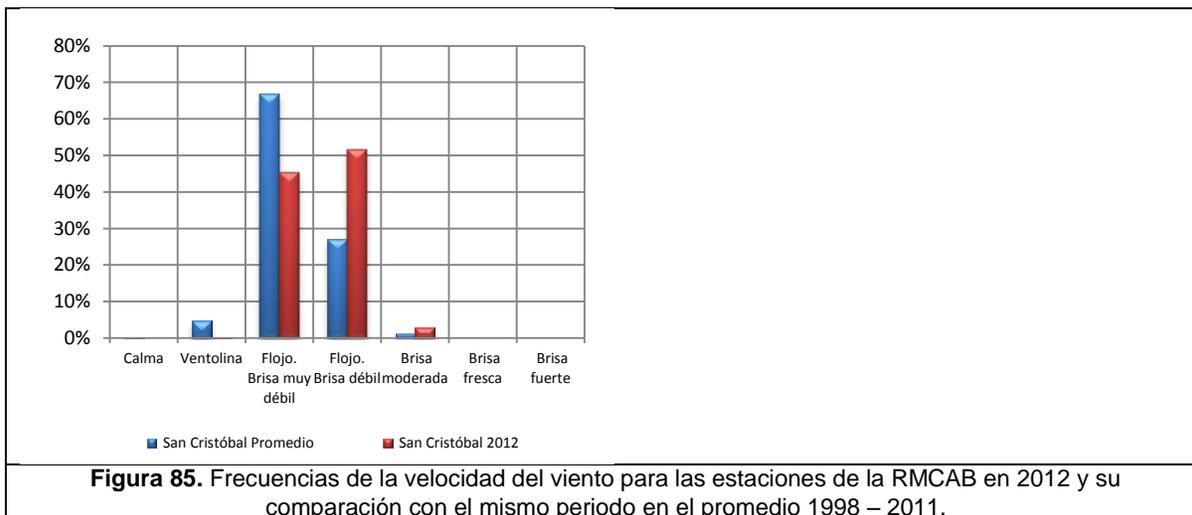
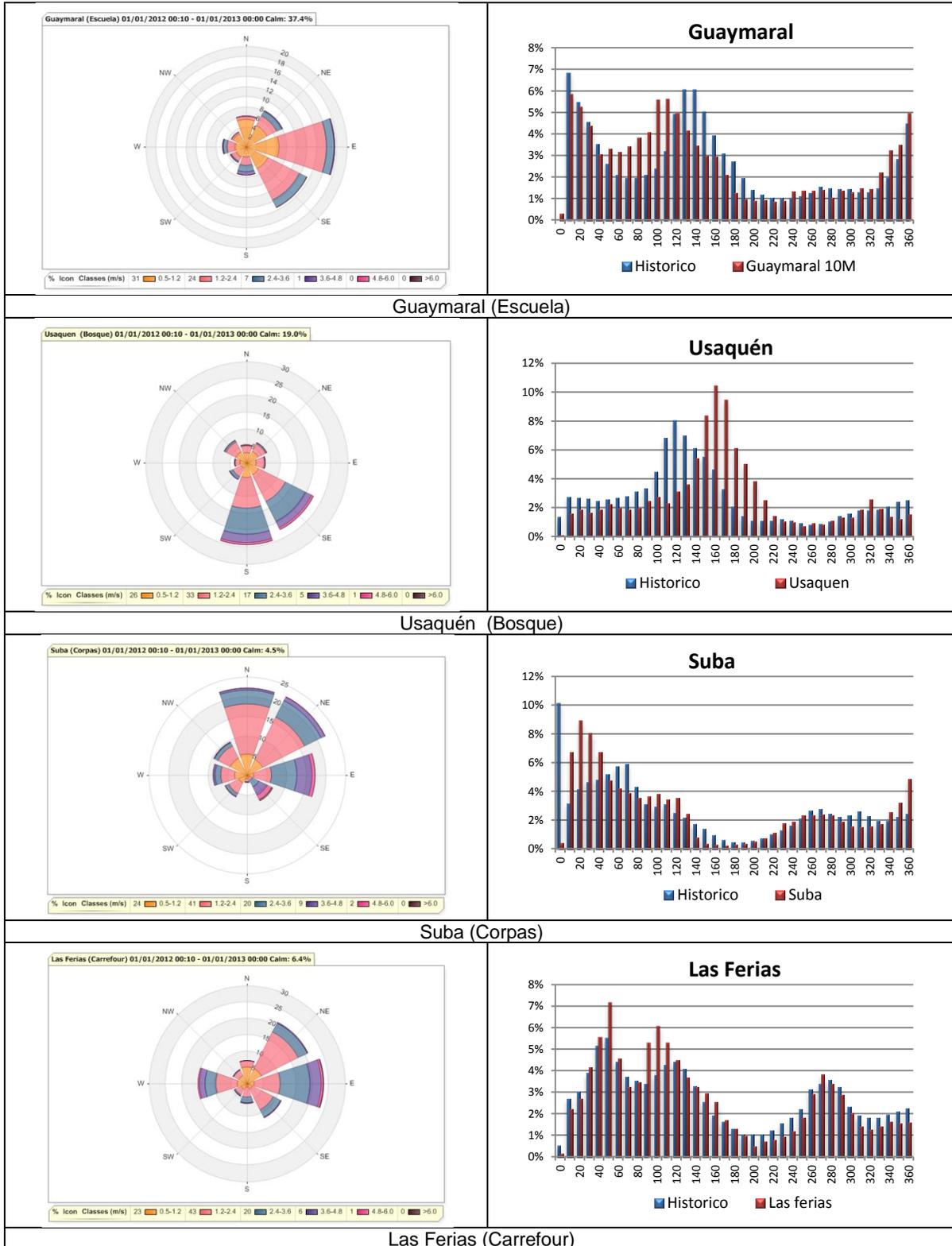


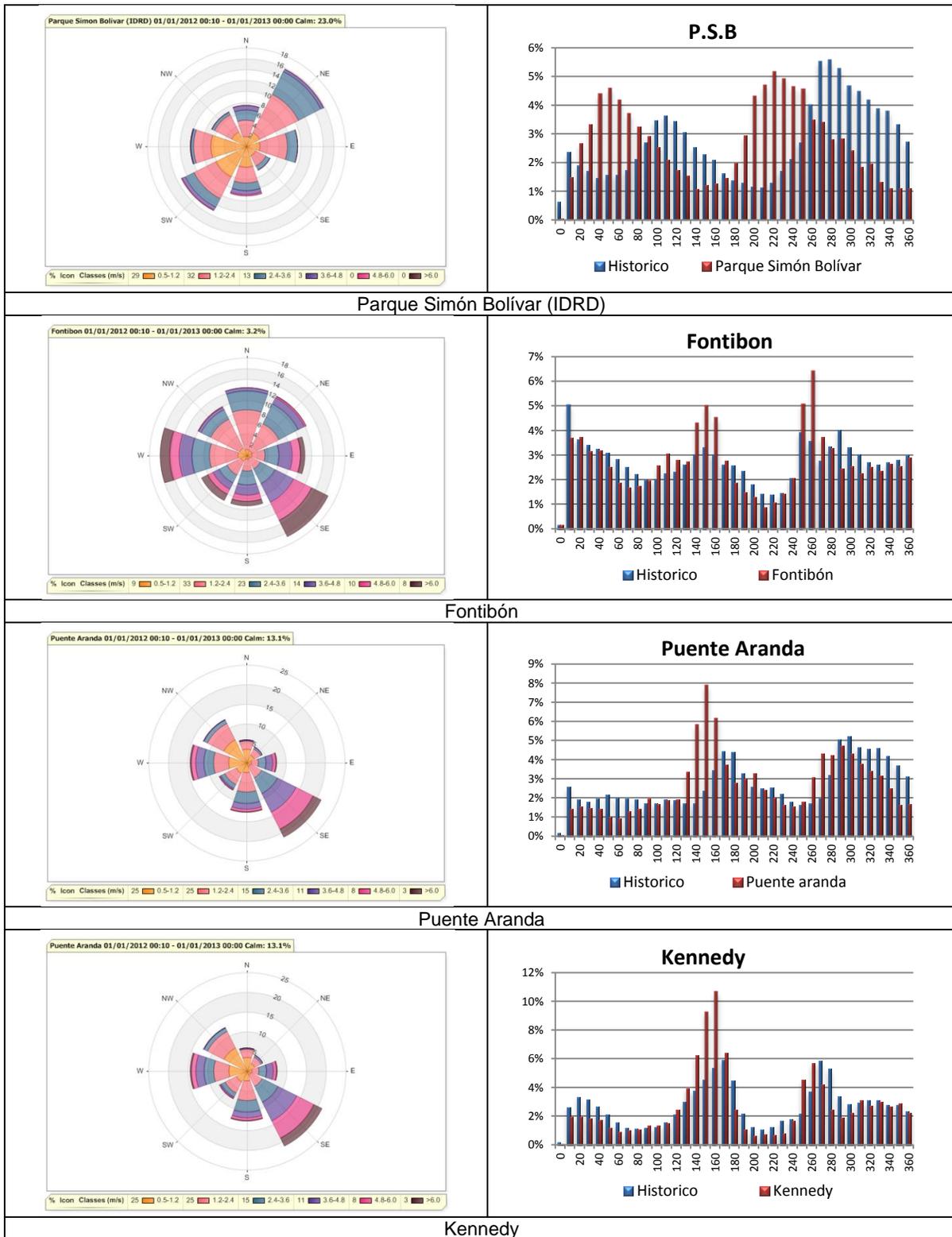
Figura 85. Frecuencias de la velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB en 2012 y su comparación con el mismo periodo en el promedio 1998 – 2011.

Tabla 49. Representatividad mensual (%) de la Dirección de los vientos 2012.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	EFM	ABR	MAY	JUN	AMJ	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Guaymaral (Escuela)	99	93	89	94	100	99	67	89	99	99	99	94	100	84
Usaquén (Bosque)	43	82	86	71	91	99	96	96	98	81	93	100	99	99
Suba (Corpas)	100	99	100	100	92	99	53	82	71	99	80	82	74	100
Las Ferias (Carrefour)	99	99	100	99	99	98	99	99	100	71	99	99	100	99
Parque Simón Bolívar (IDRD)	90	99	98	96	93	100	99	97	100	99	99	100	86	97
Sagrado Corazón (MAVDT)	0	0	0	0	0	0	0	0	92	86	99	87	87	88
Fontibón	61	85	84	76	73	83	88	81	65	87	98	99	99	66
Puente Aranda	0	49	100	50	95	99	100	98	100	98	100	98	100	94
Kennedy	100	98	97	98	100	99	99	99	100	81	99	94	97	85
San Cristóbal	48	44	93	61	100	100	100	100	85	92	93	97	78	84
Carvajal (Sony)	72	71	89	77	100	99	99	99	100	98	98	99	99	98
Tunal	99	100	73	91	91	99	97	96	99	78	94	99	92	99

La Figura 86 esquematiza las rosas de viento para cada una de las estaciones del trimestre de estudio, en escala horaria.





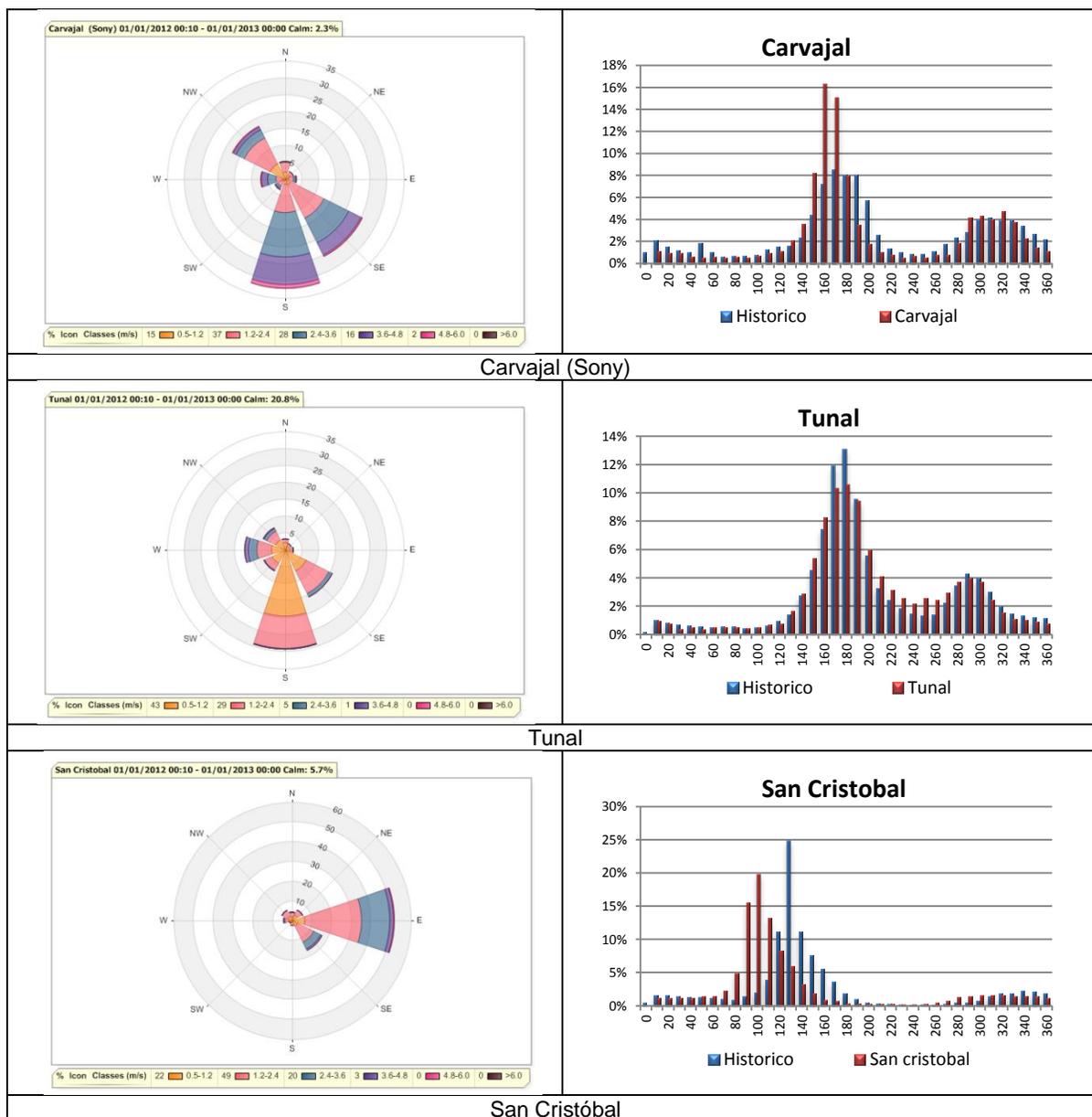


Figura 86. Rosa de los vientos y porcentaje de frecuencias de dirección del viento para las estaciones de la RMCAB.

La Figura 87 muestra gráficas de las velocidades del viento en escala horaria para 2012, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la velocidad del viento. Todas las estaciones muestran el comportamiento típico de la velocidad del viento, en horas de la madrugada se observan velocidades muy bajas o incluso cero y las velocidades máximas se presentan cerca de las 2 pm. Se puede apreciar que las estaciones Occidentales presentan las velocidades de los vientos más altas a diferencia de lo observado al costado Norte de la capital.

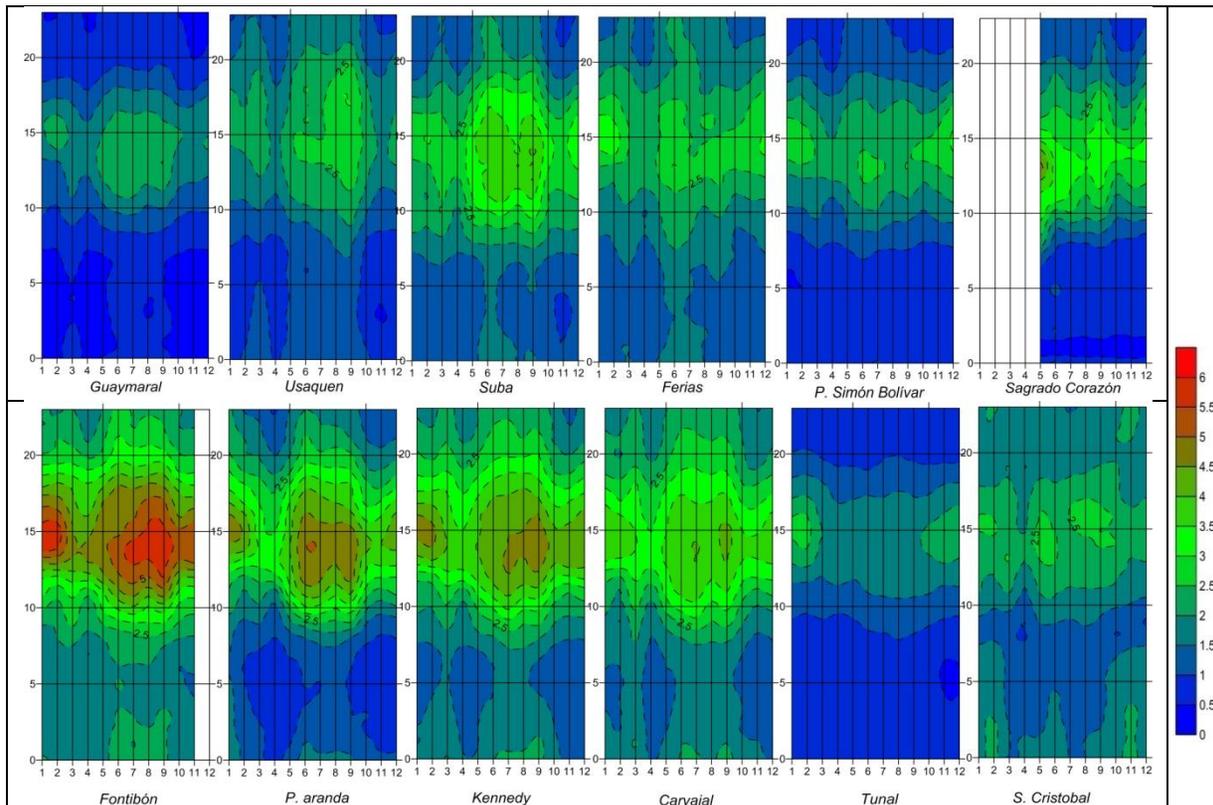


Figura 87. Velocidad del viento por estación, según la media horaria en 2012. Fuente RMCAB.

El mapa de la Figura 88 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de velocidad del viento para 2012 sobre esta superficie. Cada isotaca está separada 0,5 m/s una de la otra. Así mismo se presentan los vectores con las velocidades y direcciones de los vientos. Se puede observar el sector con menor magnitud de velocidad del viento, al Nororiente y Suroriente de la ciudad. Predominan vientos del Norte y del Sur en los extremos de la ciudad y se observa confluencia de los vientos en el centro de la capital. Los mayores valores de velocidad del viento se encontraron al Occidente, ubicada en parte de la localidad de Fontibón y Norte de Kennedy, alcanzando velocidades de más de 2.5 m/s. En general se observa un aumento en la velocidad del viento con magnitudes bajas desde el Suroriente hacia el Occidente de la ciudad, comportamiento que se presentó en cada uno de los trimestres del año.

En la Figura 89 se encuentran los mapas de la ciudad en 4 diferentes escalas horarias para 2012; es evidente que la velocidad en horas de la tarde alcanza su máximo valor además de la variación de la dirección del viento como en el caso de la localidad de Engativá. Otras localidades como el Sur de la ciudad muestran vientos predominantes del Sur - Sureste.

Las Figura 90 a Figura 93 esquematizan el comportamiento de la velocidad y dirección de los vientos según sea en la madrugada, mañana, tarde o noche según la predominancia y el promedio de cada trimestre.

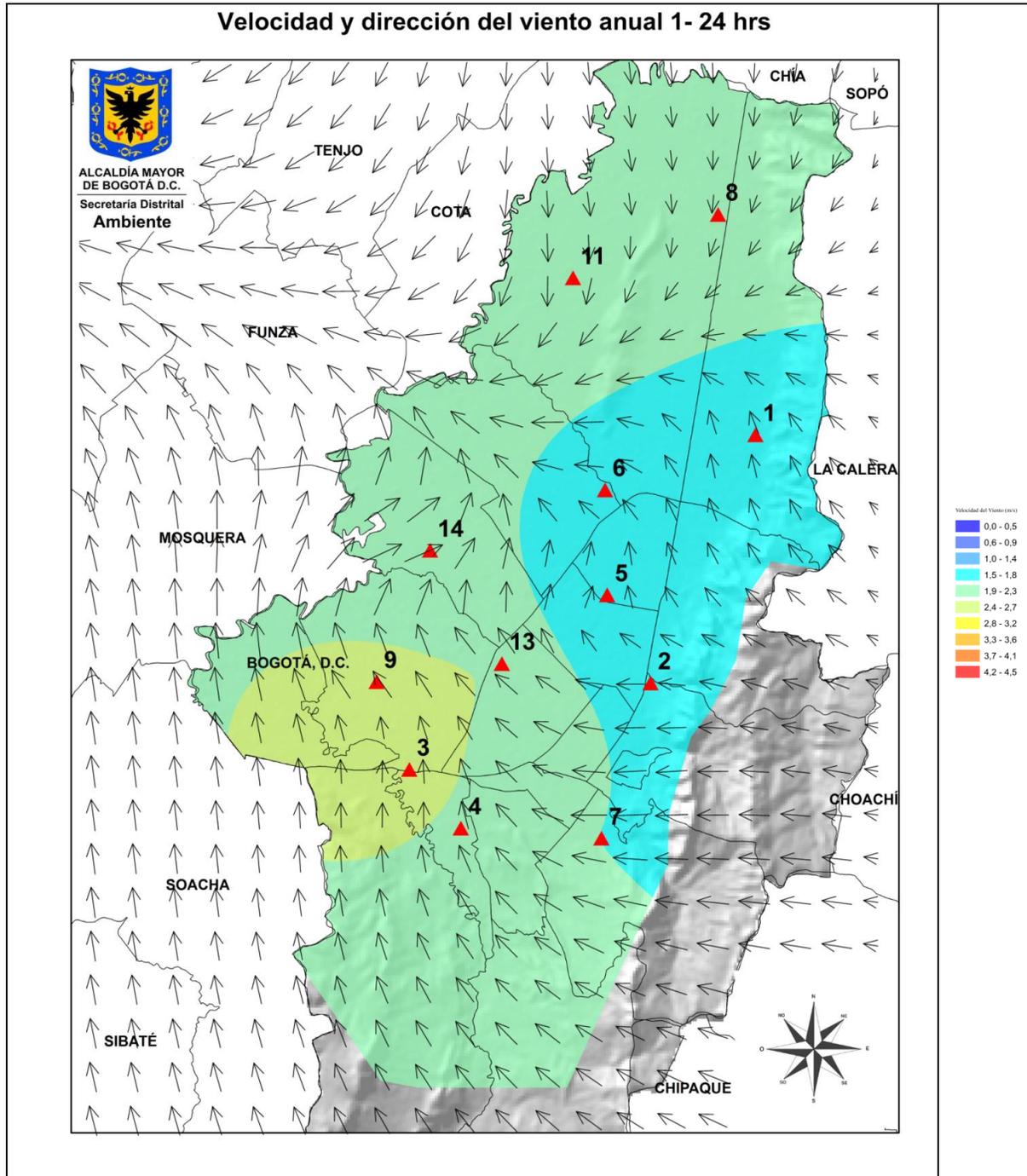


Figura 88. Velocidad y dirección del viento de Bogotá para 2012

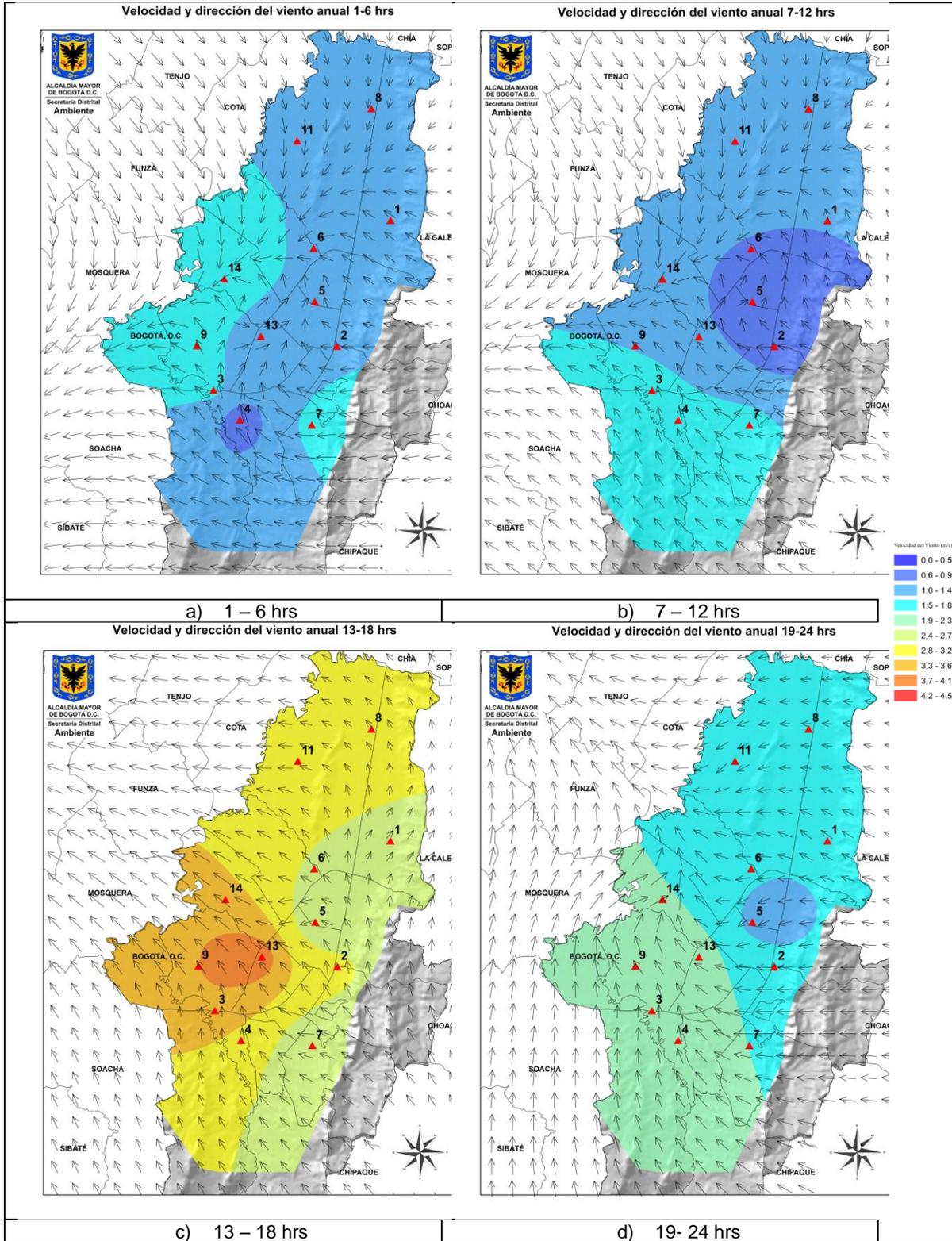


Figura 89 .Promedio de velocidad y dirección del viento para distintas horas en 2012. Fuente RMCAB.

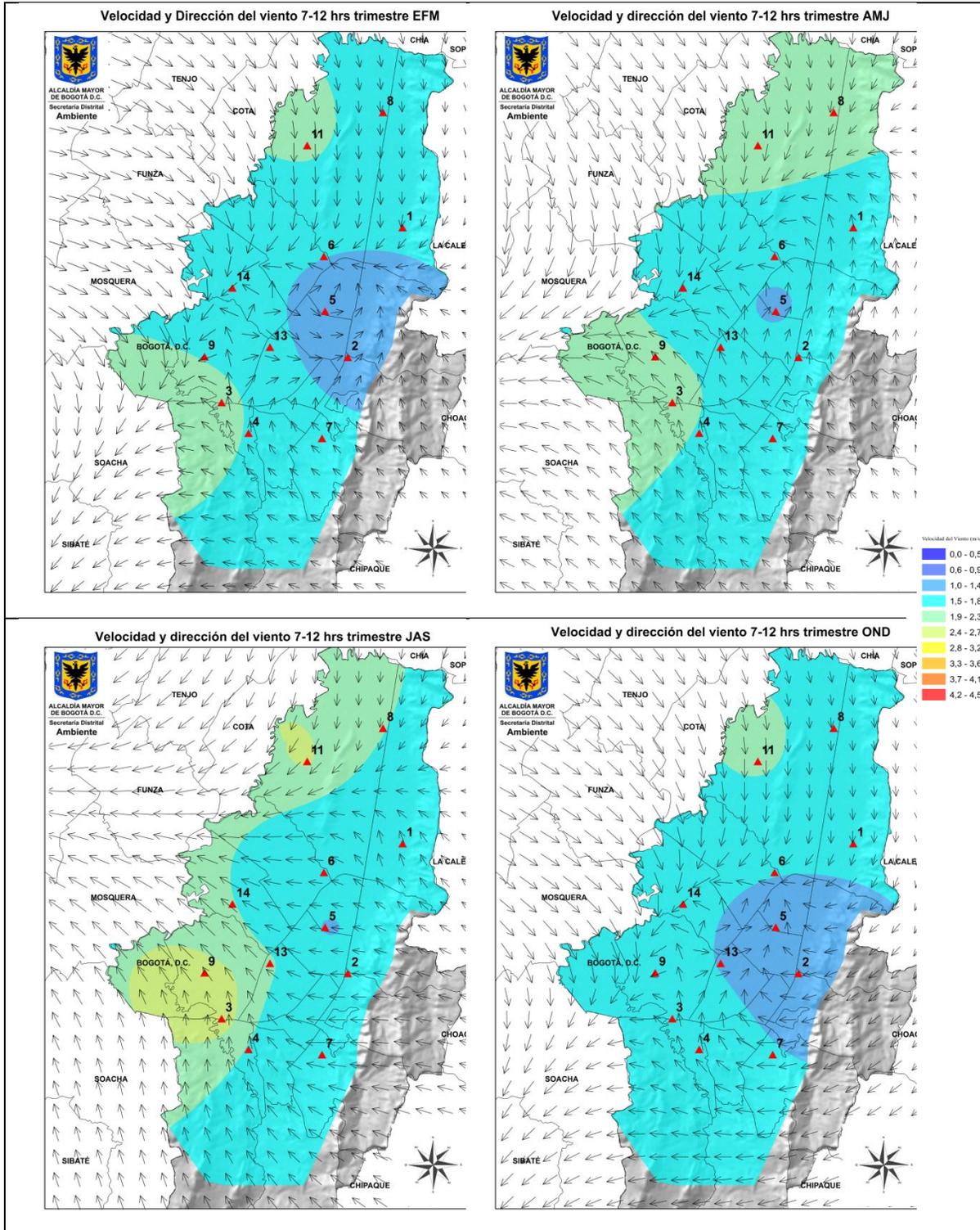


Figura 91. Promedio de velocidad y dirección del viento para la mañana de los cuatro trimestres de 2012. Fuente RMCAB

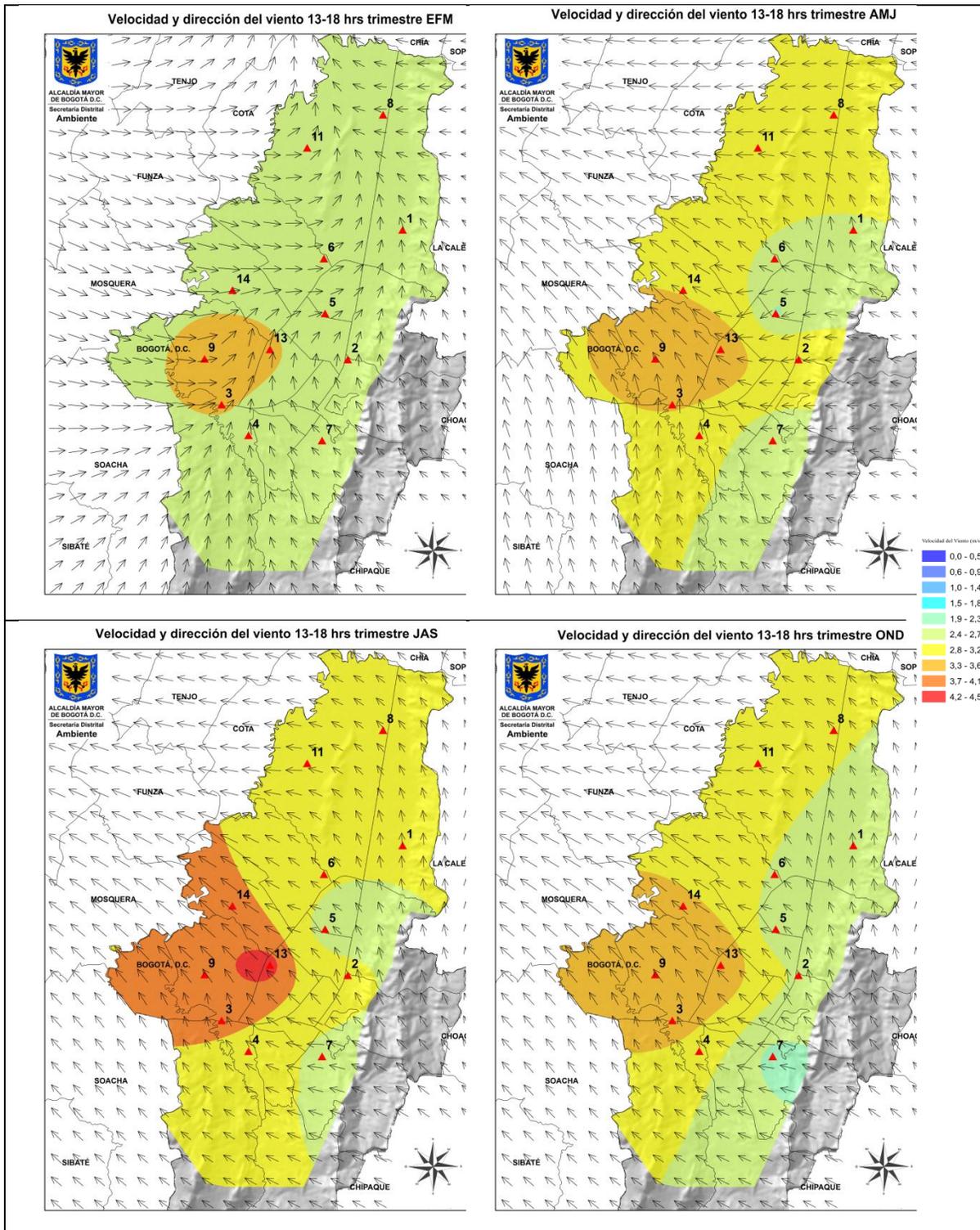


Figura 92 Promedio de velocidad y dirección del viento para la tarde de los cuatro trimestres de 2012. Fuente RMCAB

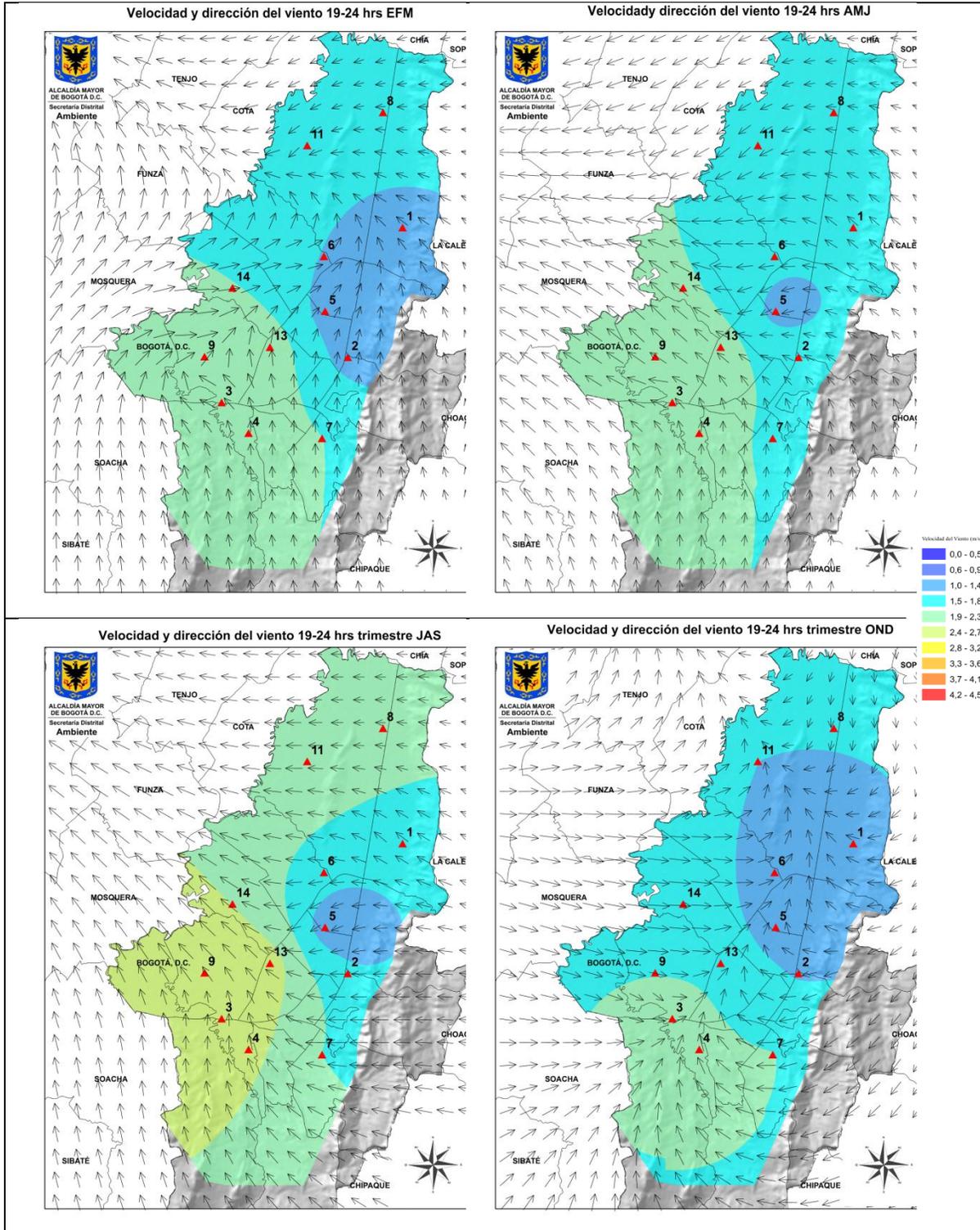


Figura 93. Promedio de velocidad y dirección del viento para la noche de los cuatro trimestres de 2012.
Fuente RMCAB

5.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere esencialmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. La superficie terrestre recibe energía proveniente del Sol, en forma de radiación solar emitida en onda corta. A su vez, la Tierra, con su propia atmósfera, refleja alrededor del 55% de la radiación incidente y absorbe el 45% restante, convirtiéndose, ese porcentaje en calor. Por otra parte, la tierra irradia energía, en onda larga, conocida como radiación terrestre. Por lo tanto, el calor ganado de la radiación incidente debe ser igual al calor perdido mediante la radiación terrestre; de otra forma la tierra se iría tornando, progresivamente, más caliente o más fría. Sin embargo, este balance se establece en promedio; pero regional o localmente se producen situaciones de desbalance cuyas consecuencias son las variaciones de temperatura (Senamhi, 2008). La cantidad de energía solar recibida, en cualquier región del planeta, varía con la hora del día, con la estación del año y con la latitud. Estas diferencias de radiación originan las variaciones de temperatura. Por otro lado, la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficies y en función de la altura.

Bogotá contó con once estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura durante 2012, según se reporta en la Tabla 39. Para analizar el comportamiento de la temperatura superficial registrada por las estaciones de la RMCAB se presentan mapas y gráficas según la variación ya sea horaria o mensual en comparación con los promedios registrados desde el año 1998.

El comportamiento de la temperatura en la ciudad durante 2012 se caracterizó por valores cercanos a los promedios (periodo 1998-2011, donde las estaciones han variado de locación) salvo el último trimestre en donde se observó un aumento significativo el cuál alcanzó una diferencia de hasta 0,6°C, en el mes de octubre. Dichos valores promedios se pueden apreciar en la Figura 94 la cual muestra el promedio de la temperatura superficial para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable discriminados mensualmente y su comparación con el promedio de temperatura en 2012.

Tabla 50. Representatividad mensual (%) de la variable temperatura 2012

Estación	ENE	FEB	MAR	Abr	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Guaymaral (Escuela)	99	93	89	100	99	67	99	99	99	94	100	84
Usaquén (Bosque)	43	79	87	99	99	96	98	81	93	100	99	99
Suba (Corpas)	85	92	100	78	99	99	71	99	96	100	98	100
Las Ferias (Carrefour)	99	85	90	99	98	99	100	71	99	99	100	99
Parque Simón Bolívar (IDRD)	90	97	98	93	100	99	100	99	99	100	86	97
Fontibón	59	78	75	73	83	88	65	87	98	99	99	66
Puente Aranda	100	92	100	95	99	100	100	98	100	99	100	94
Kennedy	100	98	97	100	99	99	100	81	99	94	97	85
Carvajal (Sony)	70	71	89	100	99	99	100	98	98	99	99	98
Tunal	99	99	48	91	99	97	100	78	94	99	99	99
San Cristóbal	100	96	86	100	100	100	85	92	93	97	78	84

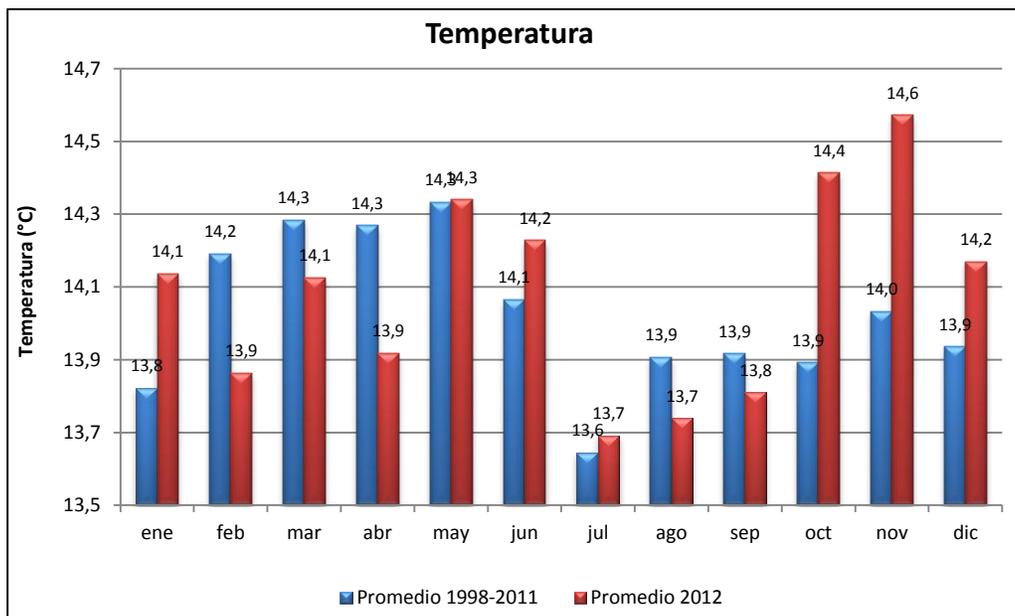


Figura 94. Gráfica de la temperatura promedio mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1998-2011 y su comparación con el 2012. Fuente RMCAB.

La Tabla 51 muestra la variación porcentual en cada uno de los meses de 2012 con respecto a los promedios de los últimos años. La Figura 95, muestra la evolución de la temperatura promedio en el periodo 1998-2012. Como se observa en dicha figura, los años de mayor temperatura en Bogotá se registraron en 2010 y 2005 mientras que los de menor temperatura fueron 1999 y 2007.

Tabla 51. Variación porcentual de la temperatura mensual promedio de Bogotá en 2012

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2,3%	-2,3%	-1,1%	-2,5%	0,0%	1,2%	0,3%	-1,2%	-0,3%	3,3%	2,7%	0,9%

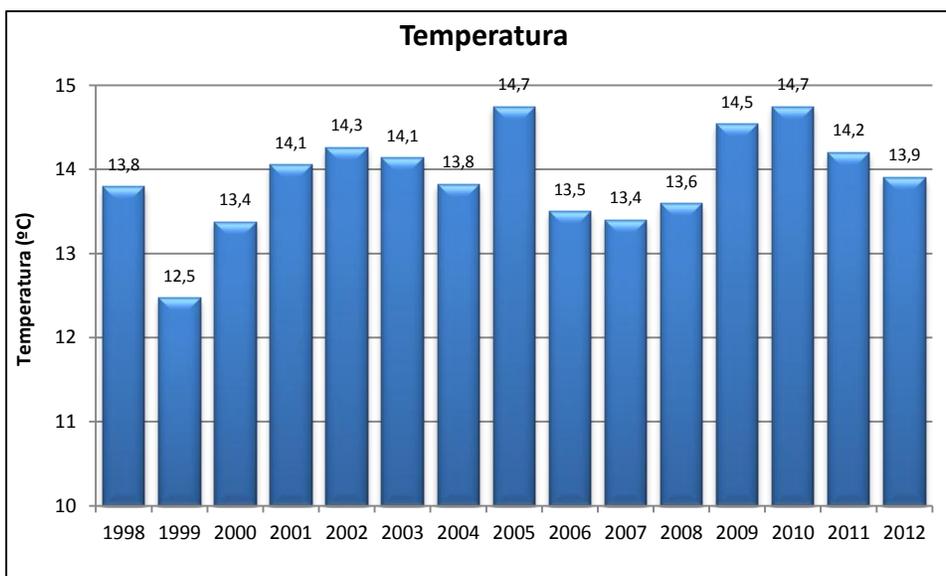


Figura 95. Gráfica de la temperatura promedio de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1998- 2012.
Fuente RMCAB.

La Tabla 52 muestra esta evolución distribuida en las estaciones de la RMCAB.

Tabla 52. Promedios de temperatura media de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2000-2012. Fuente RMCAB

Valores (°C)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Guaymaral 2m 1997	12,9	12,7	12,6	12,6	12,6	13,6	13,5	13,5	13,8	14,4	14,9	14,3	14,3
Usaquén 1997								12,6	11,9	14,6	15,1	14,4	14,4
Suba 1997	10,6	12,8	13,6		12,1	15,3	12,8	13,2	13,7	12,9	13,4	14,0	13,9
Las ferias 2000	15,6	16,0	16,0	16,2	15,3	15,7		14,2	13,4	14,0	14,2	13,8	13,9
Parque Simón Bolívar 2001					15,8	15,8		14,3	14,0	14,7	14,9	14,5	14,6
Fontibón 1999	13,6	13,9	14,1	14,2	13,9	14,1	14,0	14,0	14,2	14,8	14,7	13,7	13,8
Puente Aranda 1999	14,0	14,5	14,6	14,7	14,5	14,7	14,6	14,6	14,0	14,6	14,6	14,0	13,8
Kennedy 2005									13,6	14,8	14,8	14,4	14,5
Carvajal 1997						12,8	12,1	11,3	14,0	15,4	15,6	15,0	15,2
Tunal 2006							12,3		14,2	14,6		13,2	13,4
San Cristóbal 2009										13,5	13,2	13,8	13,0

El comportamiento horario de la temperatura varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la capa nubosa presente en la atmósfera entre otros, observándose los datos de temperatura máximos en horas de la tarde y los valores mínimos en horas de la madrugada. Como se puede apreciar en la Figura 96, la temperatura promedio de las estaciones estuvo por encima del promedio en horas del medio día y muy similares tanto en las noches como en las madrugadas.

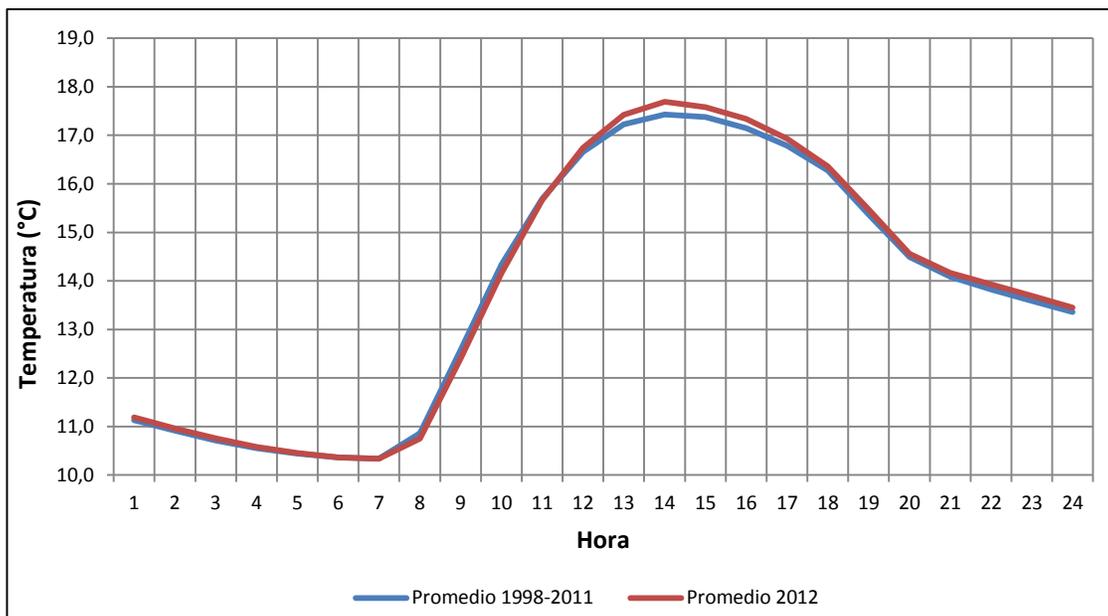


Figura 96. Comportamiento horario promedio en las estaciones de la RMCAB de la temperatura superficial.

Las Figura 97 y Figura 98 muestran gráficas de las temperaturas superficiales en escala horaria para cada uno de los meses de 2012, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la magnitud de la temperatura promedio de la hora en °C. La Figura 97 representa las temperaturas a los 2, 8 y 20 metros de la estación de Guaymaral y las diferencias entre 8m - 2m y entre 20m - 2m. La Figura 98 esquematiza las temperaturas superficiales del resto de las estaciones. Al igual que en la Figura 96, se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 2 y las 5 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 6:00 y las 12:00, hora en la cual se alcanzan los máximos valores hasta las 14:00. A continuación desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día.

La estación de Guaymaral alcanzó las temperaturas más altas iniciando y finalizando el año a los 2m; como es de esperar, estas temperaturas tienden a disminuir con la altura aunque se mantiene la variabilidad en los tres niveles observados. Por su parte, las inversiones térmicas observadas entre los 20 y 8 m fueron más notorias en enero del año; las inversiones 20 - 8 m presentaron diferencias significativas en el primer semestre del año. El resto de estaciones son similares a lo acotado anteriormente; nótese las bajas temperaturas en la estación de San Cristóbal en horas de la madrugada a lo largo de los últimos meses lo que denota baja nubosidad en horas de la madrugada.

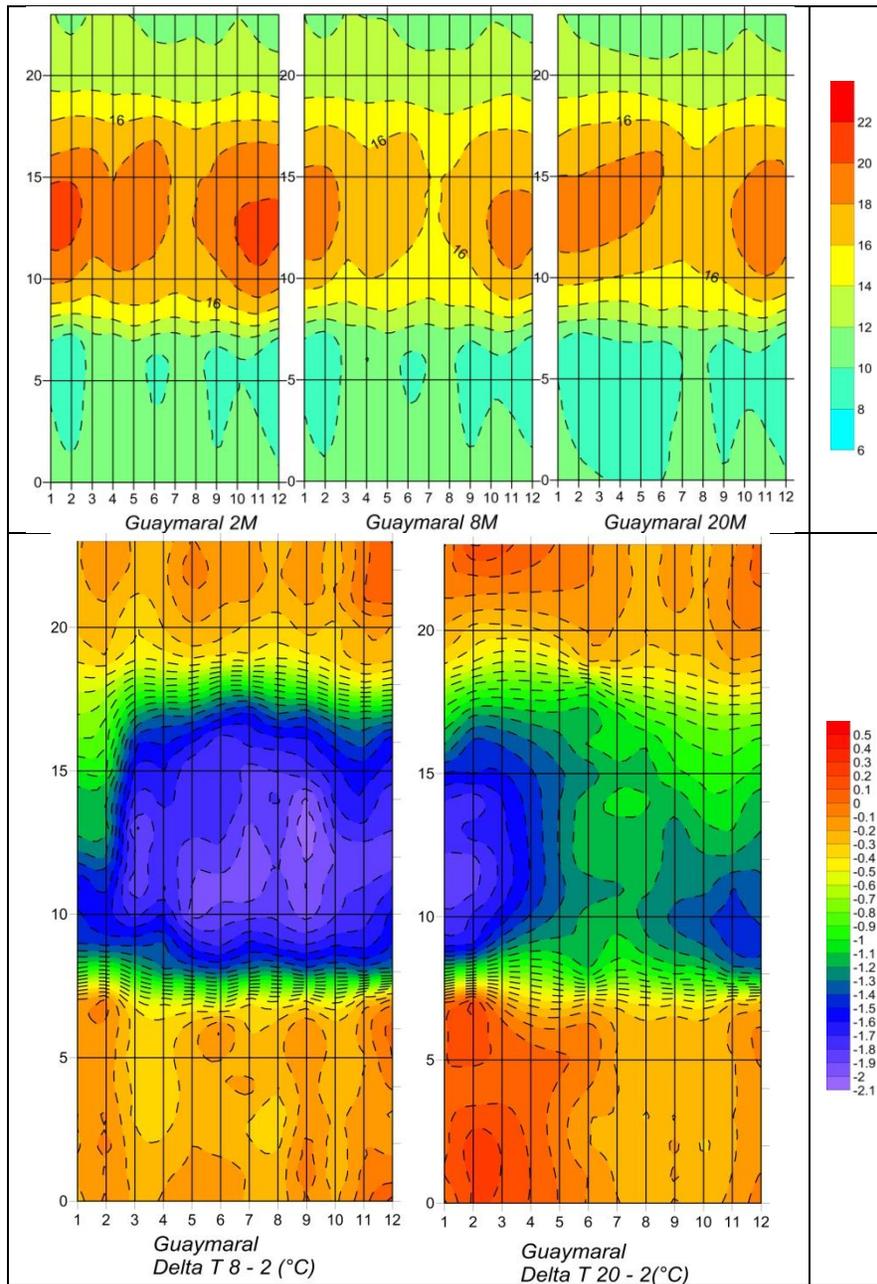


Figura 97. Temperatura a 2, 8 y 20 m de la estación de Guaymaral y diferencias de temperaturas entre 8 – 2 m y 20 – 2 m. Fuente RMCAB.

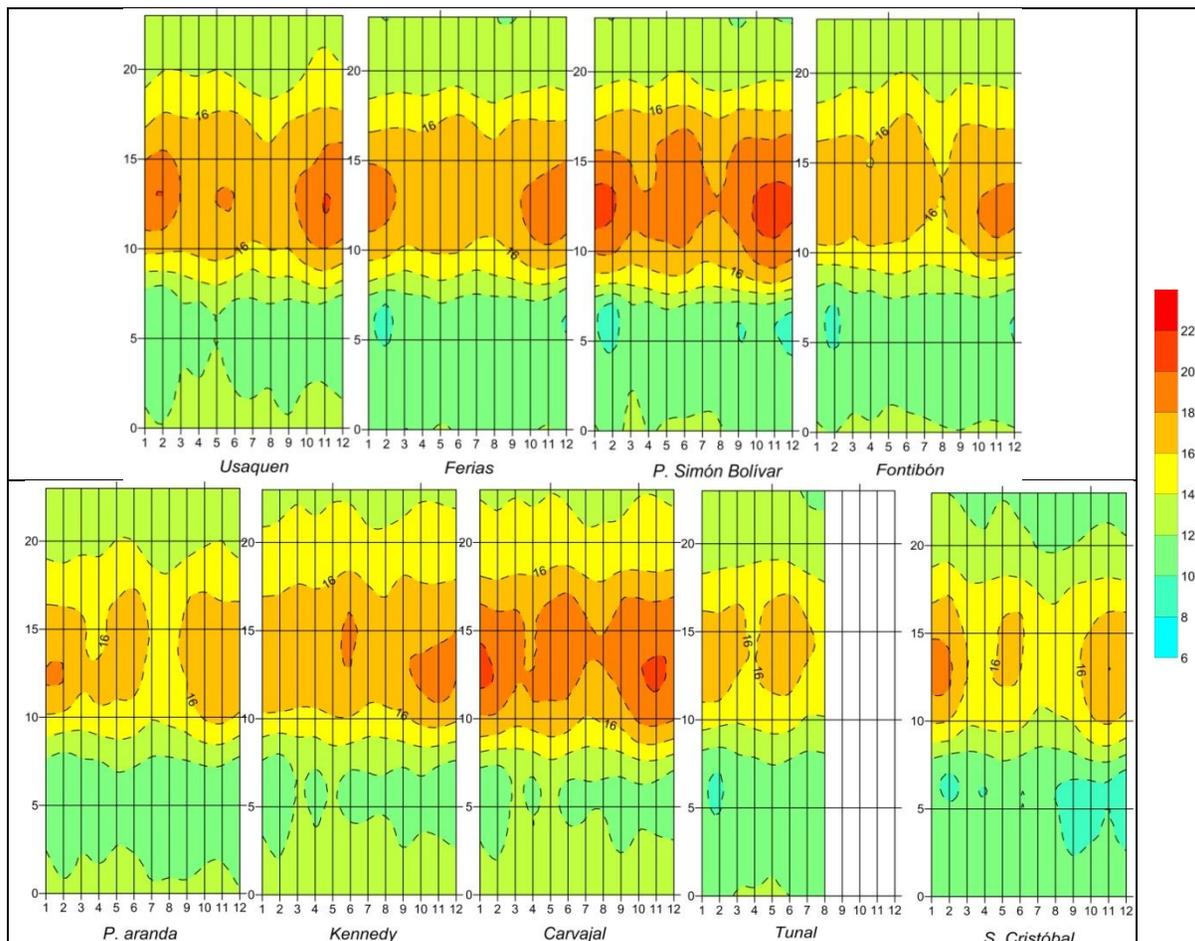


Figura 98. Gráfica de la temperatura para cada hora en las estaciones de la RMCAB para 2012. Fuente RMCAB

Adicionalmente la Tabla 53 y Tabla 54 presenta el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas relativas en cada estación para 2012.

Tabla 53. Temperaturas máximas registradas por la RMCAB en 2012 y su promedio. Fuente RMCAB

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
Guaymaral 2m 1997	21,47	21,51	18,81	20,35	19,85	15,04	18,83	19,17	19,51	20,66	21,77	19,02	19,66
Usaquén 1997	11,09	18,00	17,40	19,13	18,89	18,73	17,84	16,15	17,52	20,04	20,86	20,34	17,99
Suba 1997	18,95	21,12	20,08	16,42	19,91	19,82	13,87	19,38	19,36	21,82	22,24	21,59	19,54
Las ferias 2000	19,43	18,23	17,05	18,56	18,56	18,56	17,97	14,61	18,19	19,77	19,94	19,47	18,36
Parque Simón Bolívar 2001	19,80	21,25	19,65	19,99	20,00	20,15	18,89	18,97	19,72	21,53	20,89	21,30	20,17
Fontibón 1999	12,22	16,18	14,43	13,57	15,09	16,00	12,85	15,57	17,40	18,90	19,38	12,92	15,36
Puente Aranda 1999	18,68	18,06	17,38	17,31	17,62	17,40	16,26	16,29	17,00	18,55	18,84	17,85	17,60
Kennedy 2005	18,25	18,33	18,16	17,63	17,78	18,72	17,92	15,91	18,39	18,33	19,27	16,50	17,92
Carvajal 1997	16,73	15,51	18,23	19,55	19,21	19,62	18,83	18,79	19,43	20,97	21,18	20,84	19,08
Tunal 2006	17,85	17,62	9,88	16,81	17,48	17,36	16,60	13,71					15,89
San Cristóbal 2009	19,38	19,13	16,00	16,91	16,90	16,76	13,87	15,23	15,11	17,86	16,52	16,71	16,69

Tabla 54. Temperaturas mínimas registradas por la RMCAB en 2012 y su promedio. Fuente RMCAB

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
Guaymaral 2m 1997	9,42	8,26	9,72	9,93	10,04	7,46	9,77	10,19	8,41	9,37	9,04	7,23	9,08
Usaquén 1997	6,53	9,02	10,87	11,13	11,85	11,06	11,27	10,69	10,47	11,10	11,18	10,35	10,46
Suba 1997	8,17	7,93	10,05	8,32	10,02	9,32	7,02	9,95	8,62	9,55	9,31	8,25	8,88
Las ferias 2000	10,17	8,95	10,10	10,37	10,88	10,22	10,42	8,89	9,87	10,35	10,42	9,74	10,04
Parque Simón Bolívar 2001	9,32	8,78	11,10	10,49	10,62	10,03	10,45	10,48	8,99	10,03	10,36	9,20	9,99
Fontibón 1999	7,28	8,71	8,95	8,06	9,17	9,34	8,35	9,95	9,96	10,46	10,34	6,51	8,92
Puente Aranda 1999	10,95	9,89	11,22	10,91	11,50	10,98	10,80	10,85	10,56	10,78	10,94	10,34	10,81
Kennedy 2005	11,22	10,59	12,10	11,48	11,78	11,35	11,64	10,63	10,95	11,18	11,26	9,46	11,14
Carvajal 1997	9,47	8,32	11,32	11,46	11,87	11,41	11,64	11,63	11,19	11,60	11,47	11,07	11,05
Tunal 2006	10,00	9,32	6,66	10,68	11,16	10,45	10,50	8,87					9,70
San Cristóbal 2009	10,16	9,49	9,79	9,66	10,26	9,51	8,54	9,48	8,40	9,33	8,70	8,41	9,31

La Tabla 55 presenta la amplitud térmica para cada uno de los meses de 2012. La estación que mayor amplitud corresponde a Suba con un promedio de 10,67°C seguido de Guaymaral con 10,60°C mientras que la estación de Fontibón presenta 6,45 °C consolidándose como la de menor amplitud térmica; pueden asociarse estos resultados con la presencia de nubosidad que no permite el ingreso o salida de radiación en la superficie, no obstante según los mapas de precipitación, los acumulados de Guaymaral son mayores a Fontibón por lo que se puede concluir el tipo de nubosidad que acompaña estos dos sectores de la ciudad: nubes de desarrollo convectivo y alcance vertical en el Norte de Bogotá con chubascos; en sectores de Fontibón de tipo cirros o incluso estratos con llovizanas o lluvias ligeras en promedio. La historia de este tipo de análisis muestra que la amplitud térmica en Bogotá no supera los 12°C.

Tabla 55. Amplitud térmica de las estaciones de la RMCAB en 2012.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Guaymaral 2m 1997	12,05	13,26	9,09	10,42	9,82	7,58	9,05	8,98	11,10	11,29	12,72	11,79	10,60
Usaquén 1997	4,55	8,98	6,53	8,00	7,03	7,67	6,57	5,46	7,05	8,93	9,68	9,99	7,54
Suba 1997	10,78	13,19	10,03	8,10	9,89	10,51	6,85	9,43	10,74	12,27	12,93	13,34	10,67
Las ferias 2000	9,26	9,29	6,95	8,19	7,68	8,34	7,55	5,72	8,32	9,42	9,52	9,73	8,33
Parque Simón Bolívar 2001	10,48	12,47	8,54	9,50	9,38	10,12	8,44	8,49	10,73	11,50	10,54	12,11	10,19
Fontibón 1999	4,95	7,48	5,48	5,51	5,92	6,65	4,51	5,62	7,44	8,44	9,04	6,41	6,45
Puente Aranda 1999	7,73	8,17	6,16	6,40	6,13	6,42	5,46	5,45	6,44	7,76	7,90	7,51	6,79
Kennedy 2005	7,03	7,74	6,05	6,15	6,00	7,37	6,28	5,28	7,44	7,15	8,00	7,03	6,79
Carvajal 1997	7,25	7,19	6,91	8,09	7,34	8,21	7,19	7,16	8,24	9,37	9,71	9,76	8,04
Tunal 2006	7,85	8,30	3,23	6,13	6,31	6,92	6,10	4,84					6,21
San Cristóbal 2009	9,22	9,64	6,21	7,25	6,64	7,25	5,34	5,75	6,70	8,54	7,82	8,30	7,39

A continuación se presenta los valores de temperatura para cada trimestre en las estaciones RMCAB. Se observa que en todos los casos la temperatura fue mas alta en el último trimestre salvo en la estación de San Cristóbal.

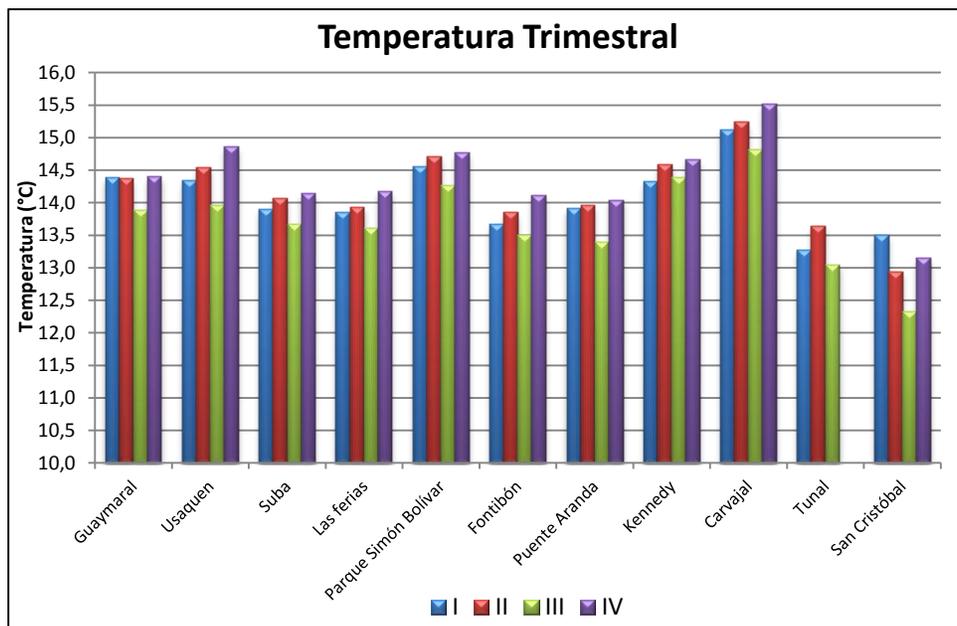


Figura 99. Gráfica de la temperatura promedio de los 4 trimestres para cada una de las estaciones de la RMCAB en 2012. Fuente RMCAB.

Los mapas de las Figura 100 a Figura 105 muestran a la ciudad de Bogotá con la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de temperatura para 2012 sobre esta superficie. Cada isoterma está separada según se esquematiza en la barra de colores. Los sectores sombreados principalmente al Oriente y Sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación se presentan distintas escalas temporales, ya sea anual, trimestrales o mensuales. En estos mapas se puede observar que los dos sectores con menor temperatura se encuentran al Suroriente de la capital. Los mayores promedios se encuentran cercanos a las fronteras de las localidades Puente Aranda, los Mártires Antonio Nariño y Tunjuelito, representados por la estación de Carvajal y Puente Aranda.

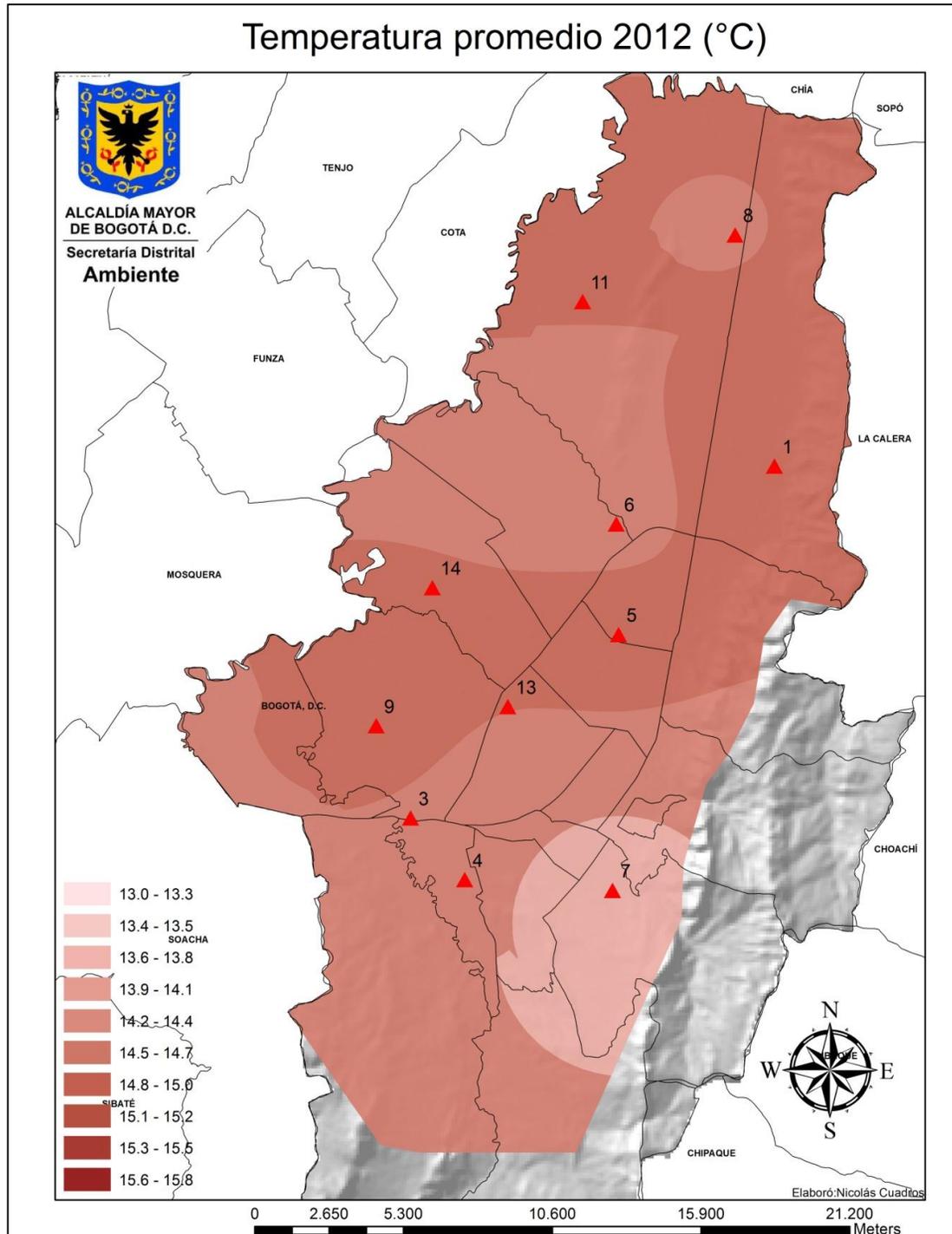


Figura 100. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB para el II trimestre de 2012.
 Fuente RMCAB

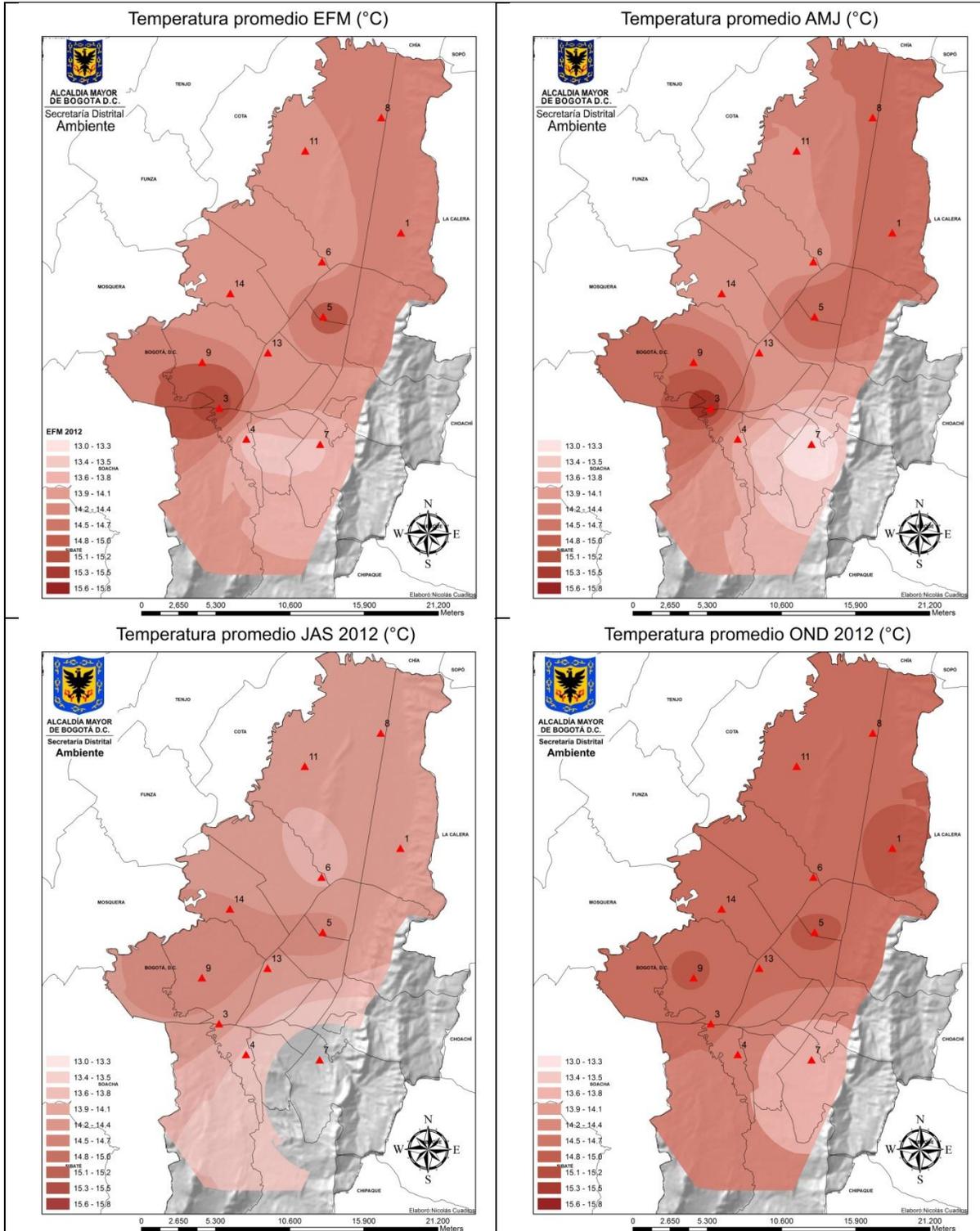


Figura 101. Temperaturas promedio para cada trimestre de 2012.

Los mapas de la Figura 102 y Figura 103 presentan la temperatura sobre la ciudad de Bogotá en cada mes de 2012 en los cuales se observa la evolución mensual en las distintas localidades de Bogotá. Como se puede notar, mayo, junio, octubre y noviembre han sido los meses de mayor temperatura con mayor valor en el Occidente; se observa claramente que en julio y agosto se presentaron las menores temperaturas, hacia el Suroriente de la ciudad.

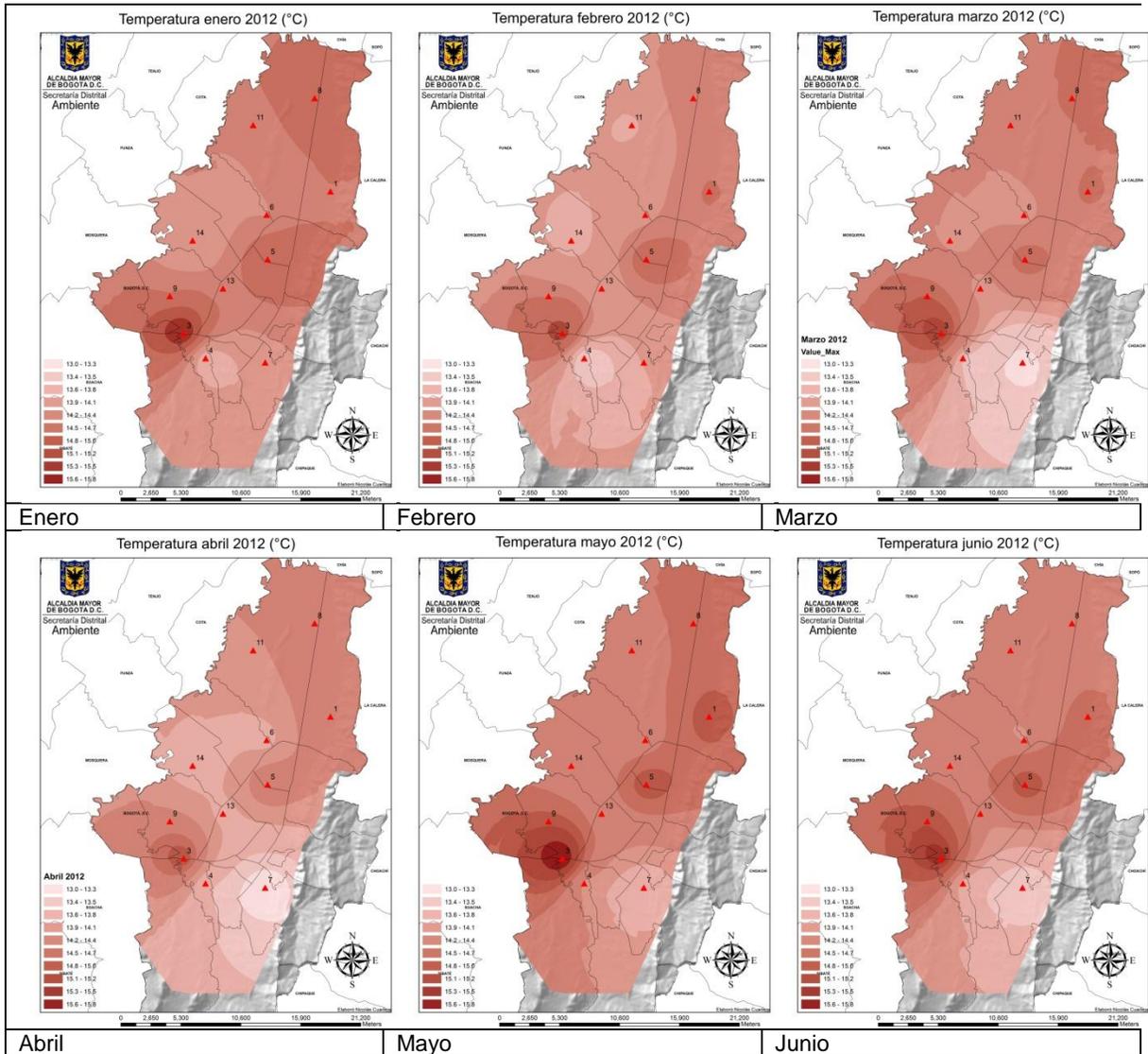


Figura 102. Temperatura promedio mensual para el I semestre de 2012.

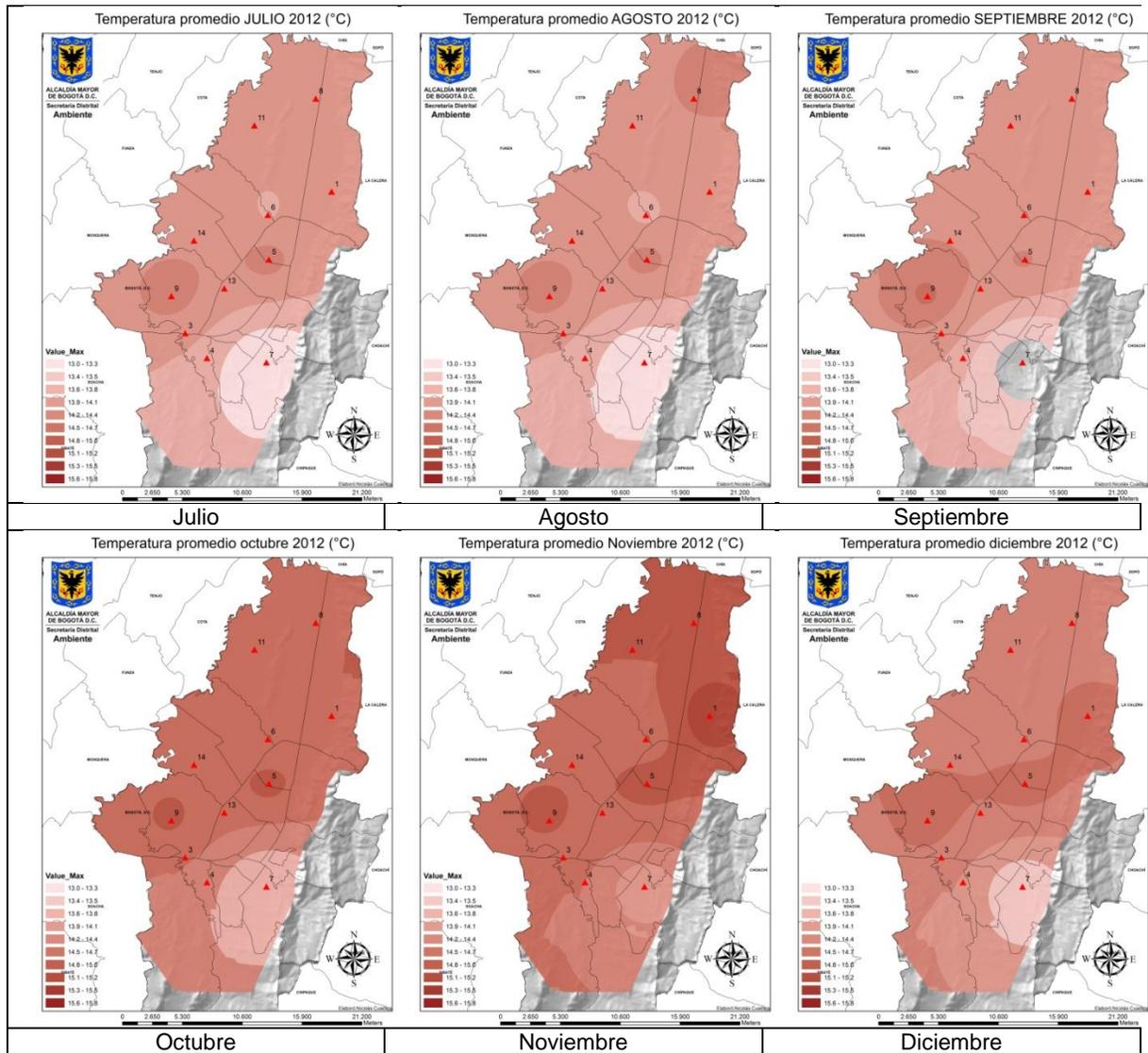


Figura 103. Temperatura promedio mensual para el segundo semestre de 2012.

De igual manera se presentan los mapas de temperatura máxima y mínima promedio de las estaciones de la RMCAB. La Figura 104 y la Figura 105 a la muestra estas temperaturas las cuales se registran en horas de la tarde y en horas de la madrugada respectivamente y su seguimiento permite detectar zonas con susceptibilidad de heladas y/o alto consumo de energía, entre otros.

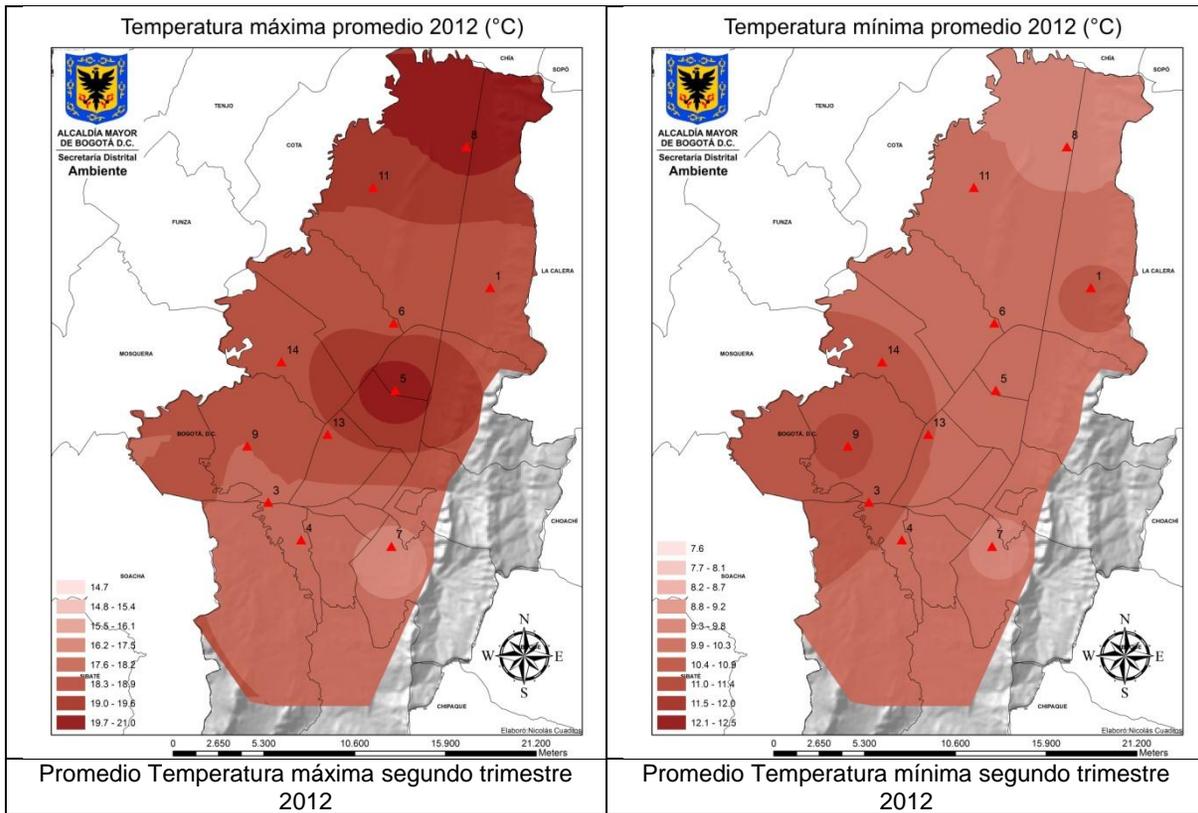
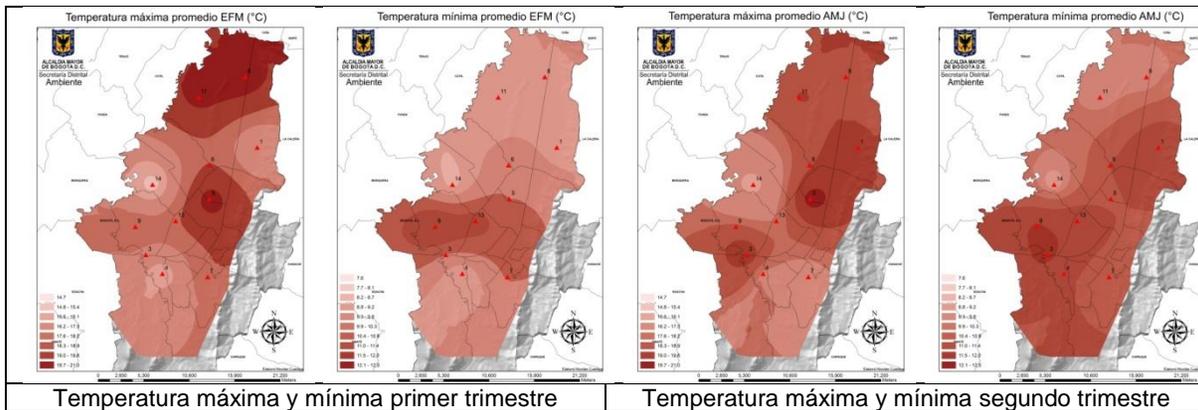


Figura 104. Temperatura máxima y mínima de las estaciones de la RMCAB.

La Figura 104 muestra que los valores mas altos de temperaturas máximas se observaron en el sector central y Norte de la ciudad, las mínimas más bajas también hacia el Norte y en el Oriente. La Figura 105 describe el comportamiento máximo y mínimo para cada trimestre.



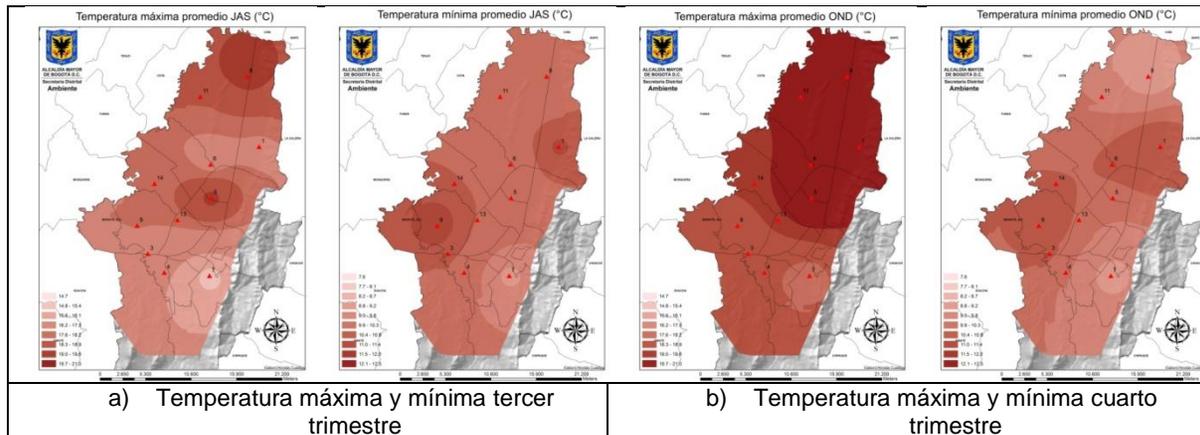


Figura 105. Temperatura máxima y mínima trimestral de las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB

5.4. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que llega a la Tierra está expresada por la magnitud irradiancia, que mide la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación¹¹:

- a. Radiación directa. Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.
- b. Radiación difusa. Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.
- c. Radiación reflejada: La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.
- d. Radiación global: es la suma de las tres radiaciones.

¹¹ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

El comportamiento de la radiación solar global se puede apreciar en la Figura 106, la cual muestra los valores promedio de 2006 - 2011 de radiación mensual para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (Tabla 39) y su comparación con el promedio de radiación global en cada uno de los meses de 2012. Las condiciones que actúan de manera general en la radiación global dependen de:

- La Distancia tierra-sol. Hay que tener en cuenta que a mediados del año la distancia tierra-sol es mayor (afelio) y por lo tanto llega menos radiación a la superficie de la tierra, mientras que, a principios del año, en el perihelio, la tierra está más cerca al sol, por lo que llega mayor radiación.
- La Nubosidad. En los meses en los que se registra menor radiación, se presenta la primera temporada de lluvias, la cual está asociada a un incremento generalizado de la nubosidad. (IDEAM)

Se puede observar en la Figura 106 que la radiación en los meses de 2012 fue menor en su acumulado a lo largo del año con respecto al periodo histórico de referencia salvo en los meses de mayo y junio donde se apreció un leve incremento de 0,5% y 6.1% respectivamente. Abril fue el mes con menor radiación solar, con un acumulado de 2992 W/m². La Tabla 56 muestra la variación porcentual de la radiación con respecto al periodo histórico.

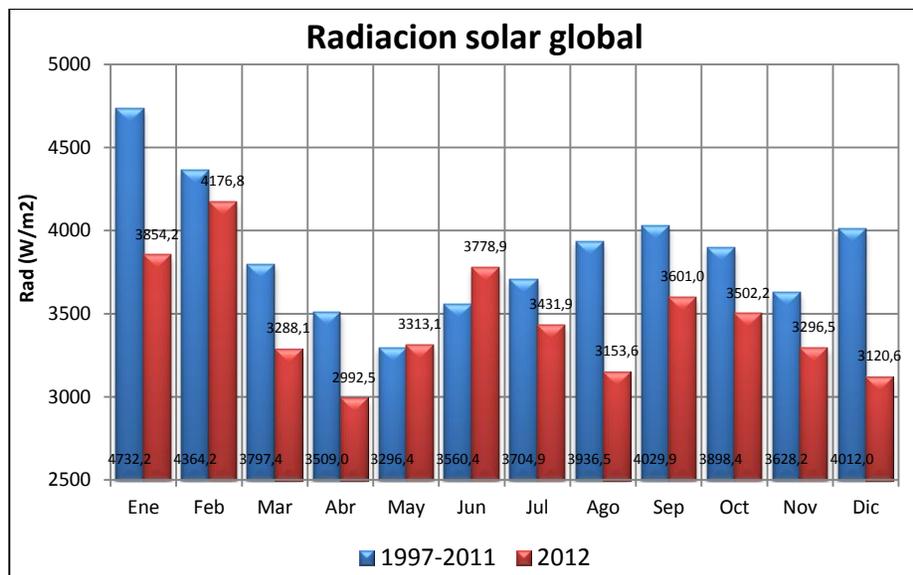


Figura 106. Gráfica de la radiación solar global mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2006-2011 y su comparación con 2012. Fuente RMCAB

Tabla 56. Variación Porcentual de la radiación solar global mensual promedio de Bogotá en 2012.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-18,6%	-4,3%	-13,4%	-14,7%	0,5%	6,1%	-7,4%	-19,9%	-10,6%	-10,2%	-9,1%	-22,2%

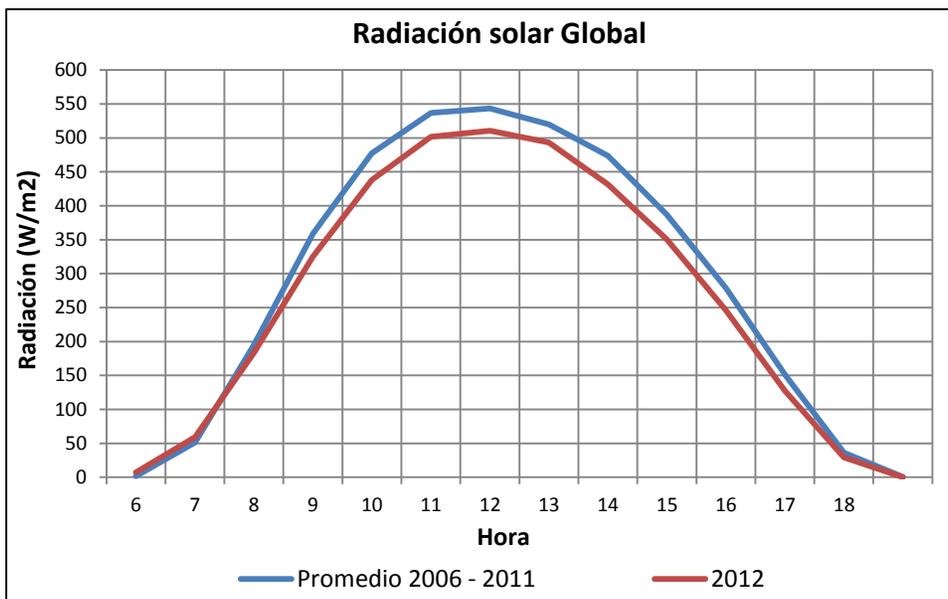


Figura 107. Gráfica de la radiación solar global horaria de las estaciones de la RMCAB para el año 2012 y el promedio 2006-2011. Fuente RMCAB

La Figura 107 muestra el comportamiento entre la radiación solar global horaria para 2012 y el promedio en el periodo 2006-2011. El comportamiento fue moderadamente menor, en horas del mediodía y de las tardes.

La Figura 108 esquematiza el comportamiento horario en cada una de las estaciones donde se mide esta variable.

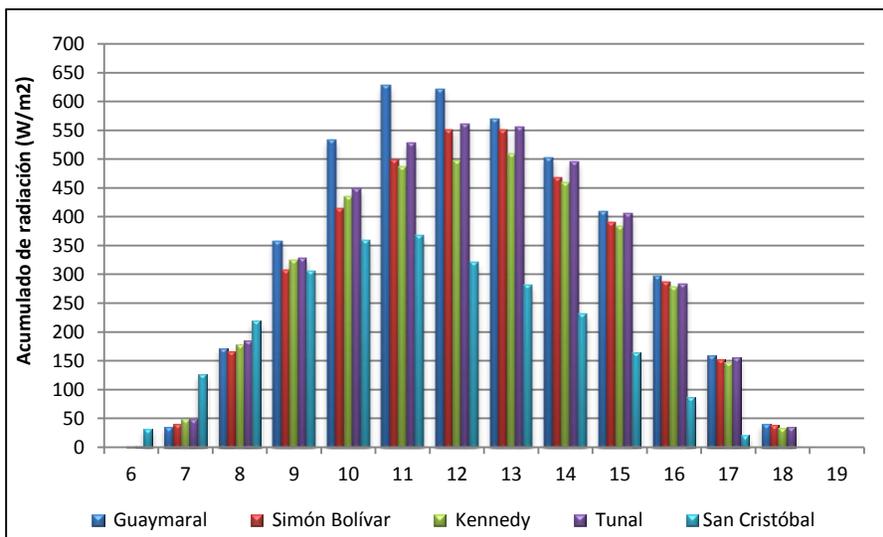


Figura 108. Comportamiento horario de la radiación para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

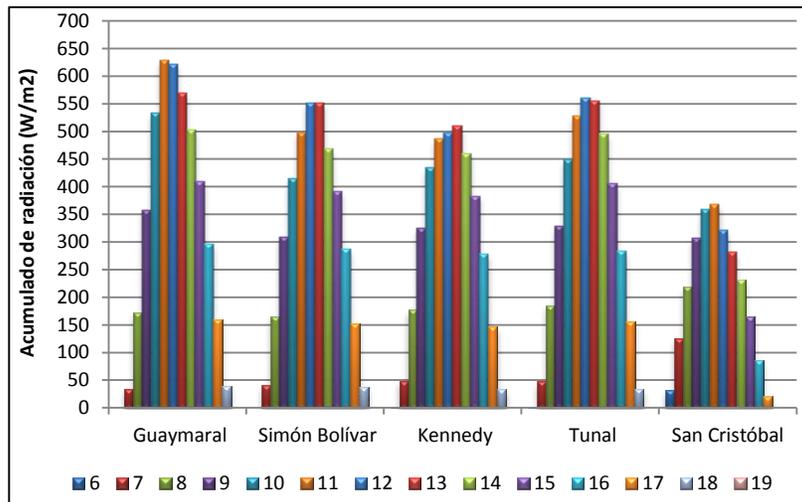


Figura 109. Comportamiento de la radiación en las estaciones a nivel horario. Fuente RMCAB

Similar a la figura anterior, la Figura 109 presenta estas condiciones discriminadas por estación. La Figura 110 presenta el resumen del acumulado horario para el trimestre, en donde se aprecia que la estación con mayor acumulado de radiación se presenta en Guaymaral. Si se analiza las temperaturas descritas en la sección anterior, Guaymaral presenta la mayor amplitud térmica y junto a los acumulados de radiación, se puede concluir que en esta región se observa menor nubosidad.

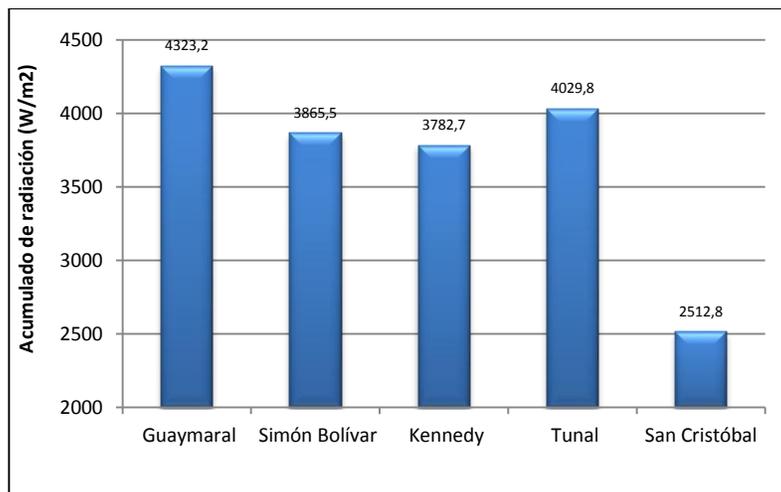


Figura 110. Acumulado de radiación desde las 6 hasta las 18 hrs, 2012.

Las radiaciones globales registradas por cada una de las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (tabla 1) mostraron un comportamiento similar. Esto se observa en la Figura 111, la cual muestra gráficas de radiación en escala horaria para cada uno de los meses de 2012, de tal manera que el eje de las abscisas corresponde a los meses, las ordenadas a las horas y la escala de colores representa la magnitud de la radiación. Se puede observar que la radiación solar global presentó tres picos máximos, iniciando, a

mediados y finalizando el periodo. Como se mencionó anteriormente, Guaymaral presentó los mayores acumulados y San Cristóbal los de menor valor esencialmente en abril.

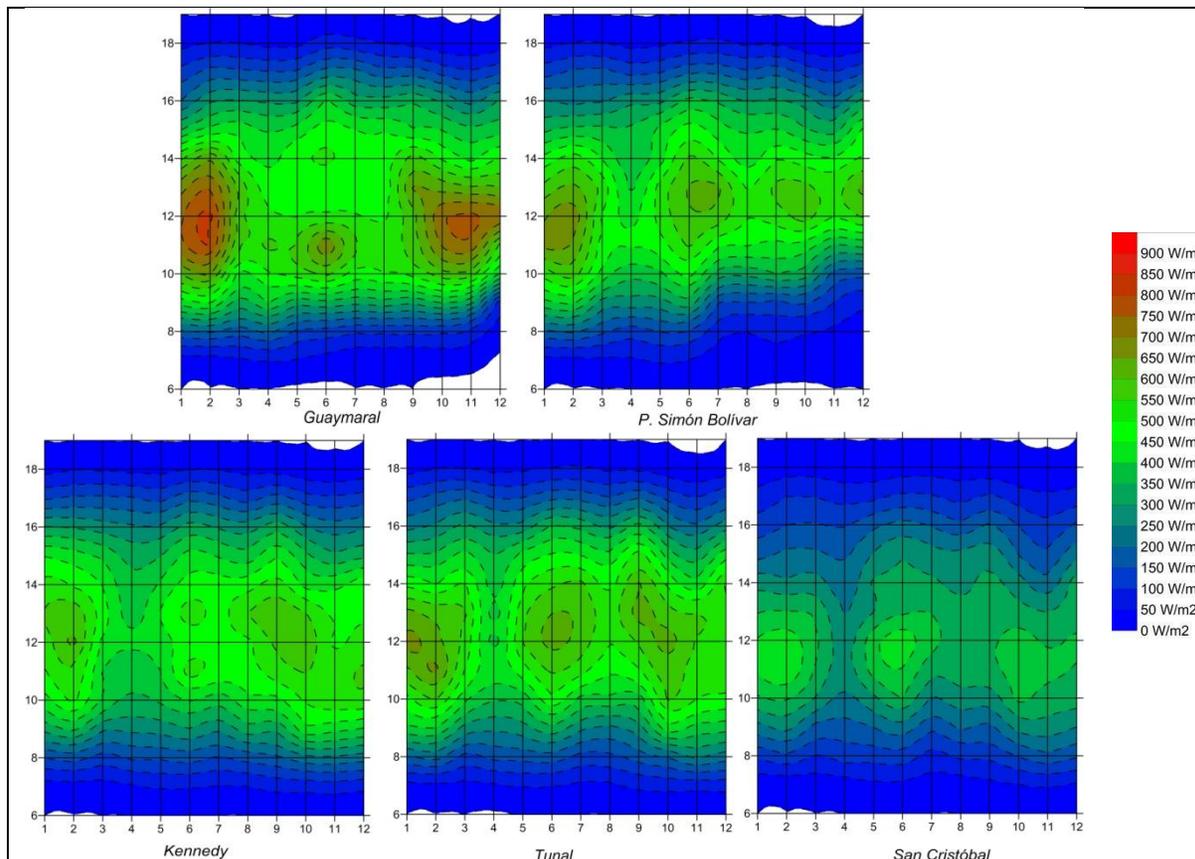


Figura 111. Gráfica de la radiación solar global para cada hora en las estaciones de la RMCAB para el año 2012. Fuente RMCAB

5.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud a razón, en las capas atmosféricas más bajas, de un (1) mm Hg cada 10 metros (ó un (1) mb ó hPa cada ocho (8) metros). Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas. Debido a la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental que

varía significativamente en latitudes medias y altas. En los trópicos la variación es menos notoria, dependiendo más de la altitud.

Los datos de presión atmosférica se registraron en las estaciones mostradas en la Tabla 39. La ciudad de Bogotá está situada en la sabana del mismo nombre, sobre el altiplano cundiboyacense (Cordillera Oriental de los Andes) y presenta mayor altitud en su parte oriental junto a los cerros, cuyo clima está influenciado por la convección producto del ascenso forzado de masas de aire, entre otros. Aunque el tiempo actúa de manera considerable en los valores de presión, en general se observan variaciones entre las estaciones debidas a la diferencia que hay entre la altitud y el fenómeno de marea barométrica que produce dos crestas y dos valles en el comportamiento diario. La Figura 112 presenta la serie de tiempo en el periodo 2012 en donde se observa una ligera tendencia al aumento en la mitad del año. Así mismo, las estaciones que miden la variable de presión presentaron un comportamiento regular según su ubicación, tal como se observa en la Figura 113 .

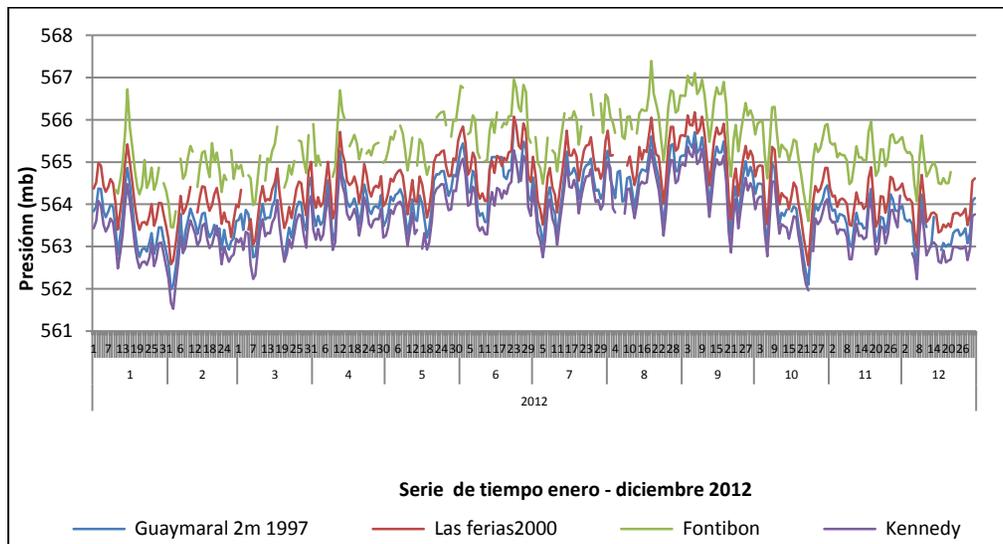


Figura 112. Serie de tiempo horaria de la presión de las estaciones de la RMCAB en 2012. Fuente RMCAB

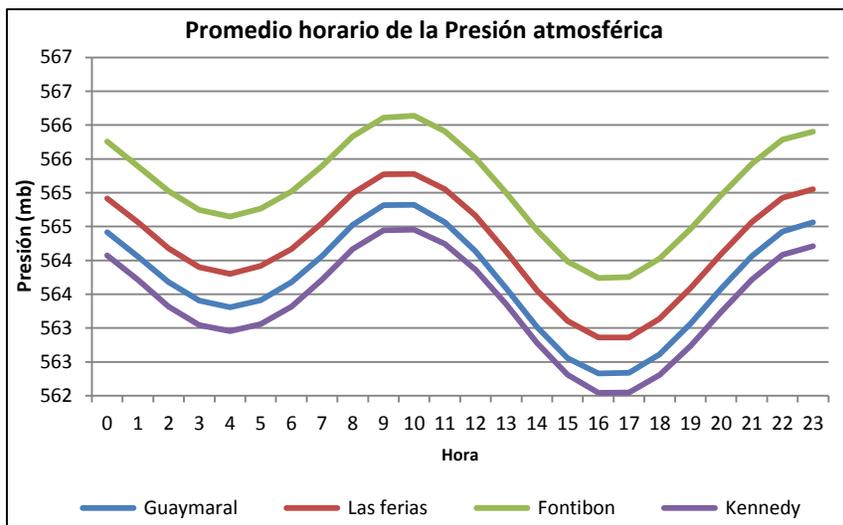


Figura 113. Gráfica de la Presión barométrica para cada hora en las estaciones de la RMCAB para el año 2012. Fuente RMCAB

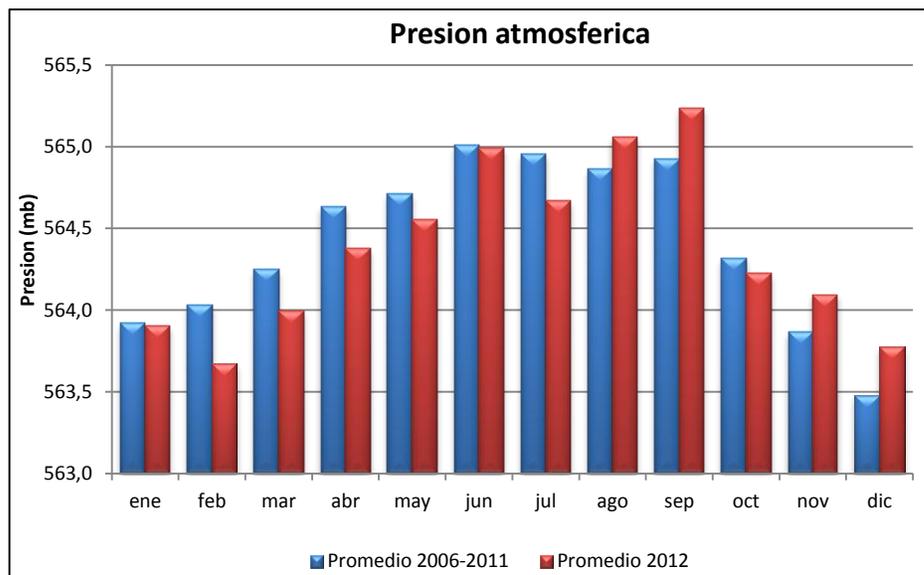


Figura 114. Presión atmosférica mensual de las estaciones de la RMCAB en 2012. Fuente RMCAB.

La Figura 114 muestra la presión atmosférica discriminada mensualmente, se observa la monomodalidad característica para la ciudad de Bogotá y que en general para el año 2012 la presión estuvo por debajo del promedio histórico, salvo algunos meses del segundo semestre. El primer y segundo trimestre fue mayor en 2010, el tercer y cuarto trimestre en 2012, como se observa en la Figura 115.

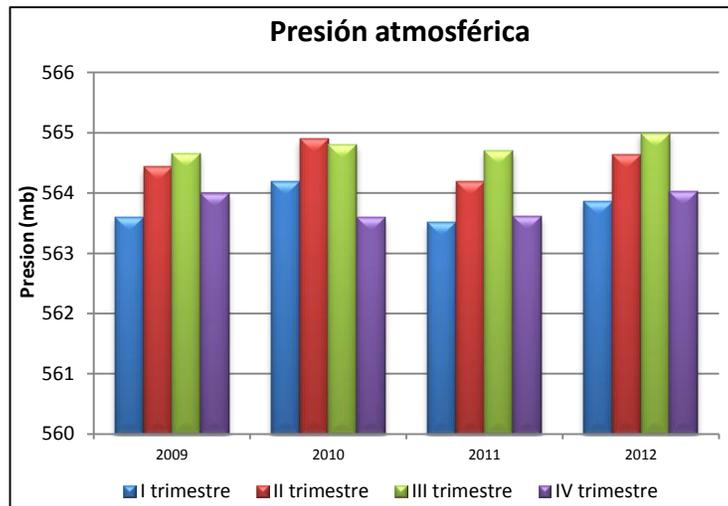


Figura 115. Comparación de la presión en los trimestres para cada estación de la RMCAB. Fuente RMCAB

5.6. HUMEDAD RELATIVA

La humedad de una masa de aire no depende de la cantidad de agua por metro cúbico que contenga, eso es la humedad absoluta y obedece a la evaporación, sino de la capacidad del aire para absorber agua. Esta capacidad depende de la temperatura del aire, puesto que esta absorción de agua necesita energía calorífica. A esta capacidad se le llama humedad relativa y se mide en tantos por ciento. Para una misma humedad absoluta, la humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura. Para el clima lo más interesante es la humedad relativa ya que una masa de aire saturada, o cercana a la saturación, es una masa de aire húmeda mientras que de una masa de aire seca no, aunque tenga mayor humedad absoluta.

La humedad relativa fue monitoreada por las estaciones de la RMCAB como se describió en la Tabla 39. En la Figura 116 se aprecia la serie temporal de las estaciones activas de la RMCAB en 2012. La Figura 117 muestra que la humedad relativa en este año estuvo moderadamente por debajo del promedio 2002-2011.

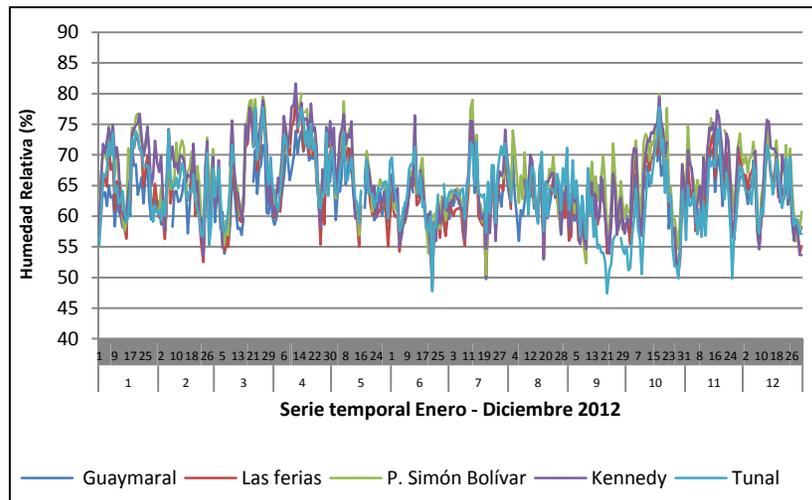


Figura 116. Serie de tiempo horaria de humedad relativa para las estaciones de la RMCAB en 2012. Fuente RMCAB

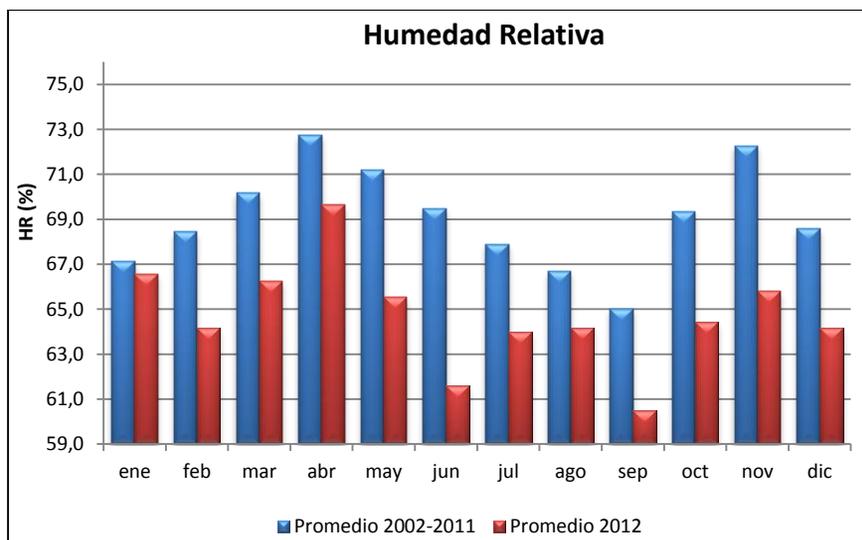


Figura 117. Humedad relativa mensual media del periodo 1997-2009 y su comparación con los meses de 2012. Fuente RMCAB

La disminución de humedad relativa del año 2012 con respecto al promedio en el periodo 2002-2011 se observa en la Figura 117, donde se nota que solamente los meses de febrero y abril no estuvieron por debajo de los promedios y que junio se manifestó como el mes menos húmedo de lo corrido del año. La Tabla 57 presenta el porcentaje de variación de cada uno de los meses del primer semestre del año. En los últimos años se observa un decrecimiento de la humedad en la ciudad con tendencia al aumento en este trimestre, tal como se observa en la Figura 118. Considerando que la media de humedad relativa de Bogotá es del 72% (IDEAM), se concluye que el primer semestre del año estuvo dos puntos por debajo del promedio.

Tabla 57. Porcentaje de variación de la humedad relativa con respecto a los promedios de los meses históricos

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
-1%	-6%	-6%	-4%	-8%	-11%	-6%	-4%	-7%	-7%	-9%

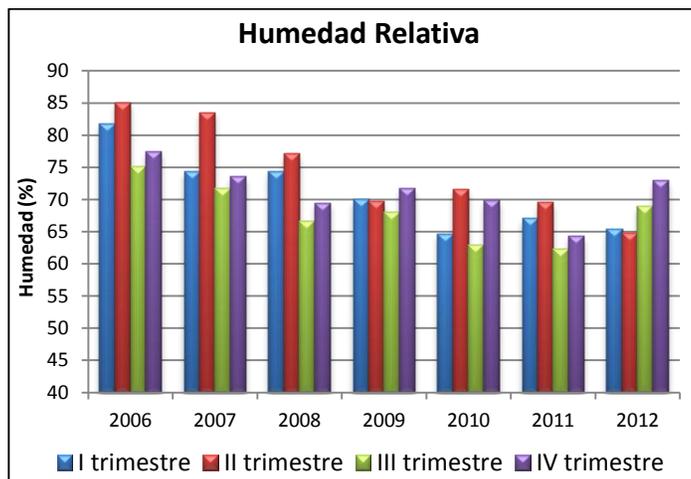


Figura 118. Humedad relativa en el periodo 2006-2012. Fuente RMCAB

El comportamiento horario de la humedad relativa varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la temperatura entre otros, evidenciándose los datos máximos en horas de la madrugada cuando se observa la mayor estabilidad atmosférica y los valores mínimos en horas de la tarde, cuando la temperatura es máxima. Esto se observa en la Figura 119, en donde se nota que la humedad horaria se mantuvo siempre por debajo del promedio histórico reportado en los últimos años.

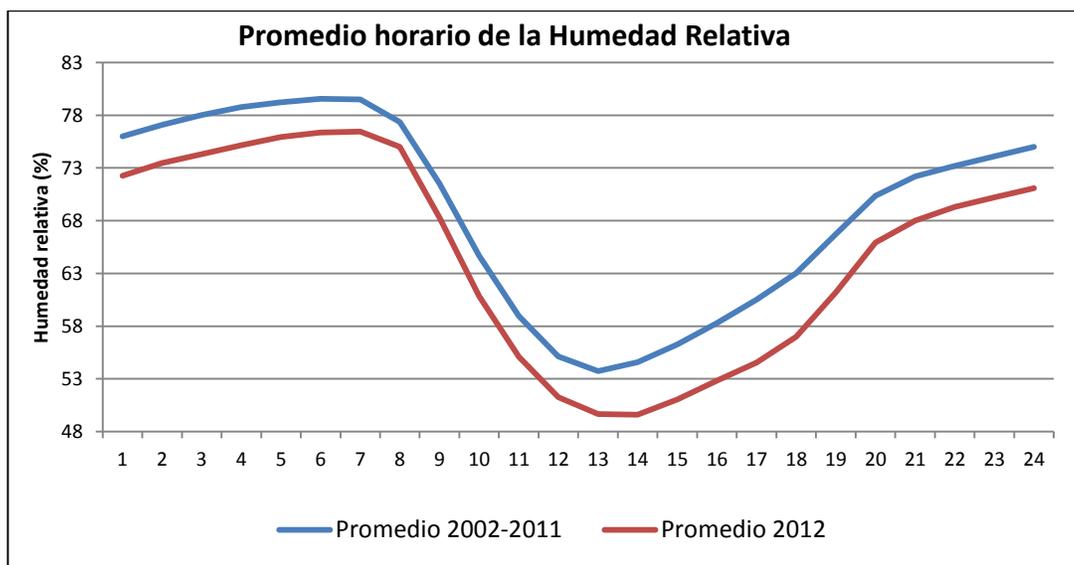


Figura 119. Promedio horario de la humedad en el periodo 2002-2011 y su comparación con el año 2012.

La Figura 120 muestra gráficas de la humedad relativa en escala horaria para cada uno de los meses del año 2012, de tal manera que el eje de las abscisas corresponde a los meses, el eje de las ordenadas las horas y la escala de colores representan la magnitud de la humedad. Se observa un período de disminución de la humedad entre las 7 y las 18 horas, luego aumentan hasta alcanzar la humedad similar a la registrada en las primeras horas del día. La diferencia entre la humedad es mayor en horas de la madrugada y se disminuye en horas de la tarde. La estación de parque Simón Bolívar presentó los porcentajes mayores de humedad seguido de la estación de Guaymaral, la estación que presentó menor humedad fue de Tunal.

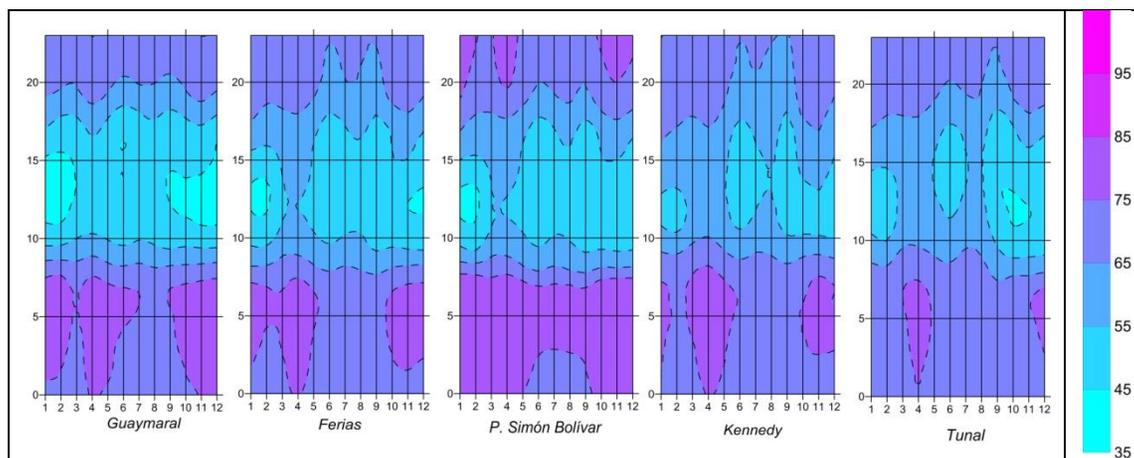


Figura 120. Gráfica de la humedad relativa para cada hora en 2012 de las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB

GLOSARIO

Aire: Es el fluido que forma la atmósfera de la tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

Aire cero: Es el aire sometido a un proceso de depuración por procedimientos artificiales. Se utiliza para diluir mezclas de concentración conocida de gases de referencia durante el proceso de calibración o para ajustar el cero a los equipos de monitoreo, la purificación del aire se realiza para eliminar contaminantes que alteren las concentraciones de las mezclas o la respuesta al cero de los equipos.

Agentes contaminantes convencionales: Se entiende por agentes contaminantes convencionales los *contaminantes primarios* (Monóxido de carbono, material particulado, óxidos de azufre e hidrocarburos) y *contaminantes secundarios* (ozono, Dióxido de nitrógeno).

Analizador: Equipo instrumental necesario para realizar en análisis del aire ambiente mediante el uso de las propiedades físicas y químicas y que da señales de salida cíclicas o puntuales.

Anemómetro: Instrumento utilizado para medir la velocidad del viento. Los dos tipos principales de anemómetros son los rotativos de cubeta y los de hélice.

Aseguramiento de la Calidad (AC): Sistema integrado de actividades administrativas entre las cuales se incluye la planificación, la implementación, la evaluación, la información y el mejoramiento de la calidad para asegurar que un proceso, producto o servicio sea del tipo y calidad necesaria y esperada por el cliente. [EPA].

Auditoria: Evaluación sistemática e independiente para determinar si las actividades relacionadas con el programa de calidad y sus resultados cumplen con las medidas planeadas, si esas medidas son adecuadas de acuerdo con los objetivos y si son implementadas en forma efectiva. [EPA].

Bandera: Registro generado por un equipo automático de monitoreo que permite identificar el estado del dato reportado.

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.

Bitácora: Libro en que se apuntan las actividades realizadas durante las visitas a las estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire.

Calibración: Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, sistema de medición o valores representados por una unidad de medida y los valores conocidos correspondientes a una medición.

Cilindro de gas patrón certificado: Es el recipiente que contiene un gas o mezcla de gases cuya composición ha sido medida y certificada por el fabricante.

Concentración de fondo: Fracción de la calidad del aire observado que no se puede relacionar directamente con las fuentes que se estudian.

Concentración de una sustancia en el aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones Normales para normas de calidad del aire y fuentes fijas: Las normas de emisión previstas en la presente Resolución están establecidas teniendo en cuenta las condiciones Normales a 298.15 K y 101.325 kPa.

Confiabilidad: Capacidad de un equipo o sistema de realizar su función de la manera prevista bajo condiciones indicadas.

Contaminación atmosférica: Es el fenómeno de acumulación de concentración de contaminantes en el aire.

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

Control de Calidad (CC): Sistema de actividades técnicas que mide los atributos y rendimiento de un proceso, producto o servicio con estándares definidos para verificar que ellos cumplan los requisitos establecidos por el cliente. Las técnicas y actividades operacionales usadas para cumplir con los requisitos de calidad. Sistema de actividades y chequeos para asegurar que los sistemas de medición sean mantenidos dentro de los límites prescritos a fin de proporcionar una protección contra las condiciones fuera de control y asegurar que los resultados sean de calidad aceptable. [EPA].

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

Diagrama de caja (Box-Plot): Gráfica usada en análisis estadístico que permite tener una idea visual de la distribución de los datos, determinar si hay simetría, ver el grado de variabilidad existente y finalmente detectar datos atípicos.

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m^3) se aplicará la siguiente ecuación:

$$C[\mu\text{g}/\text{m}^3] = \frac{C[\text{ppm}] \times \text{PM}}{24.466} 10^3$$

Se adoptan las convenciones siguientes para efecto de la aplicación de la ecuación establecida en la presente definición:

$C[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ = Concentración dada en peso de un contaminante por unidad de volumen de aire en microgramos por metro cúbico.

$C[\text{ppm}]$ = Concentración por unidad de volumen de aire en partes por millón.

$\text{PM}[\text{kg}/\text{kmol}]$ = Peso molecular del agente contaminante conocido en kilogramos por kmol.

24.466 = Volumen de una kmol en m^3/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

Episodio de contaminación: Es toda situación donde un contaminante alcanza niveles de concentración elevados en poco tiempo, de manera que puede afectar severamente la salud humana.

Equipo Para Calibración: Es el instrumento o conjunto de dispositivos que son patrón de referencia sobre el que se compara la operación de un equipo de medición.

Estabilidad atmosférica: Característica de la atmósfera que impide el movimiento vertical del aire.

Estación de monitoreo: Es el conjunto de equipos de medición de contaminantes atmosféricos primarios y/o de referencia y de medición meteorológica manuales o automáticos situados en posición estratégica dentro del diseño de una red.

Estándar de calidad del aire: Valores de concentración de contaminantes que han sido aprobados como límites a cumplir en una zona determinada.

Gas de calibración: Término comúnmente usado para describir cualquier gas (estándar primario o secundario) utilizado para calibrar.

Generador de aire cero: Dispositivo utilizado para generar aire cero.

Hidrometeoro: Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

Índice. Expresión numérica, de carácter adimensional. Obtenida de la fusión de varias variables ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos.

Isohuma: Línea que une puntos con un mismo valor de humedad relativa sobre un plano.

Isotaca: Línea trazada en un mapa que une los puntos de igual velocidad del viento.

Isoterma: Es una línea trazada sobre un mapa con la que se unen puntos, donde la temperatura tiene el mismo valor.

Isoyeta: Es una línea trazada sobre un mapa con la que se unen puntos, donde se registra igual cantidad de precipitación.

Material particulado: Término general aplicado a partículas sólidas de dimensiones y origen diferentes, que generalmente permanecen suspendidas en un gas durante algún tiempo.

Media aritmética: Es la sumatoria de todos los datos a promediar. Dividida por el número total de datos.

Media Móvil: Se calcula del mismo modo que la media aritmética para un periodo de n datos, y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato y manteniendo siempre el número de datos correspondiente al periodo definido.

Método Equivalente: Es el procedimiento de medición y análisis señalado en la presente resolución, el cual puede producir resultados similares a los del método de referencia en la determinación de la concentración de una sustancia en el aire ambiente, y que es seleccionado para reemplazarlo.

Método de Referencia: Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, señalado en la presente resolución, que debe utilizarse para determinar la concentración de una sustancia contaminante en el aire ambiente y deberán realizarse bajo los estrictos parámetros técnicos.

Monitoreo: En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un período de tiempo.

Nivel Normal (Nivel I): Es aquel en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente o la salud humana.

Nivel de exposición: Concentración de un contaminante a la que está sometida la población en una zona determinada, en un momento determinado.

Nivel de Prevención (Nivel II): Es aquel que se presenta cuando las concentraciones de los contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente tales como irritación de las mucosas, alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias o efectos dañinos en las plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes.

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de

algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

Nivel de emergencia (Nivel IV): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos.

Norma de calidad del aire o nivel de inmisión: Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias contaminantes o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

Norma anual: Establece la concentración máxima anual permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras diarias cuando se trata de contaminantes en estado gaseoso, o el promedio geométrico de los valores de las muestras diarias cuando se refieran a partículas suspendidas totales - PST.

Norma diaria: Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse solo una vez en un año.

Norma promedio horaria: Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas y 8 horas).

Obstáculo: Elemento que interfiere con la correcta toma de una muestra de aire que será analizada por un analizador automático de calidad del aire o con la correcta medición de un parámetro meteorológico.

Operaciones de puesta en marcha y parada: Toda operación realizada al poner una actividad, un elemento del equipo o un dispositivo en servicio o fuera de servicio, o ponerlo o sacarlo de un estado de reposo.

Precisión: Grado de concordancia existente entre los resultados independientes de un ensayo, obtenidos en condiciones estipuladas.

Promedio Geométrico: Es la raíz enésima del producto de todos los datos a promediar, Para su cálculo utilícese la siguiente ecuación:

$$G = (X_1 * X_2 * X_3 * \dots * X_n)^{1/n}$$

Donde:

G = Promedio geométrico

X1, X2, X3.Xn = Todos los datos a promediar.

Protocolo: Plan escrito y detallado que permite realizar las actividades relacionadas con la operación de la red de manera organizada y repetida.

Protocolo de comunicación: Se trata de un conjunto de reglas que hace que la transmisión entre dos máquinas sea posible, bajo criterios de calidad, eficiencia y confiabilidad. Los protocolos se pueden clasificar como: orientados a bit, cuando ellos solos proveen la información necesaria para establecer y mantener activa una conexión; y orientado a byte cuando su estructura tiene conjuntos bits de control, datos e información de protocolo.

Rango crítico: Véase Rango de tolerancia

Rango de tolerancia: Nivel de concentración máxima de un contaminante, al cual se puede exponer una población por un periodo de tiempo dado, sin tener consecuencias nocivas para su salud.

Red automática de monitoreo de calidad del aire: Es el conjunto de instrumentos automáticos fijos de medición, utilizados para medir los contaminantes en el aire en forma simultánea y sistemática, con el fin de verificar la calidad del aire en una zona específica.

Repetibilidad: Grado de concordancia entre los resultados de pruebas independientes realizadas en una misma muestra en un período corto de tiempo por el mismo analista, usando el mismo método y equipamiento. [EPA].

Representatividad: Grado en que los datos caracterizan en forma exacta y precisa a una población, a las variaciones de un parámetro en el punto de muestreo, a las condiciones de un proceso o a las condiciones ambientales. [EPA].

Sensor: Dispositivo que detecta una determinada acción externa como temperatura, presión, entre otras y la transmite adecuadamente.

Sustancia: Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producido por la industria, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa.

Sustancias Peligrosas: Son aquellas que, aisladas o en combinación con otras, por sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al medio ambiente.

Toma-muestras: Conducto por el cual se transporta el gas a ser evaluado desde el aire ambiente hasta el equipo de medición.

Unidades: Las unidades más utilizadas son:

Nm³/h: Metros cúbicos por hora en condiciones Normales.

mg / Nm³: Miligramos por metro cúbico en condiciones Normales.

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

µg/m³: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

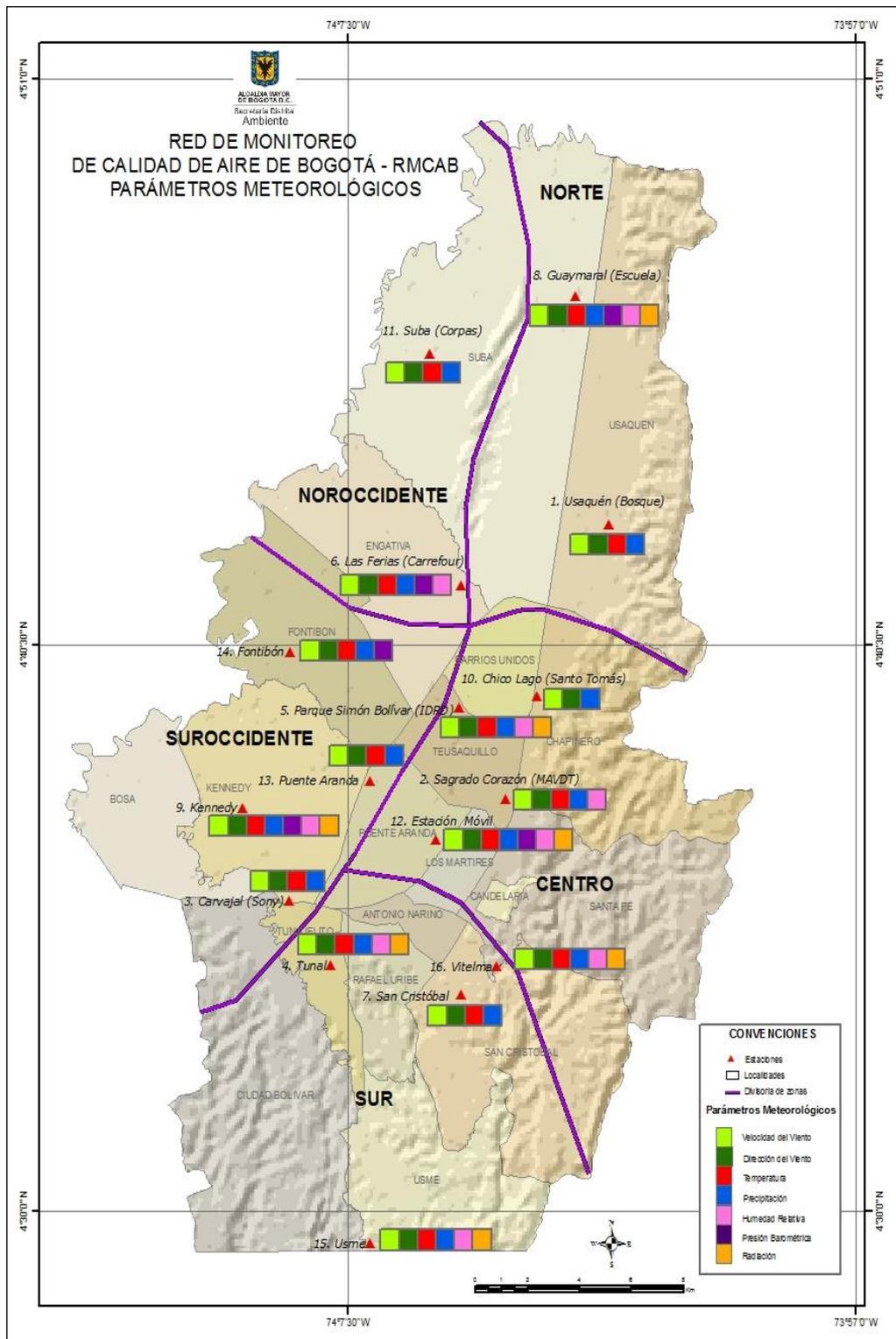


Figura 121. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

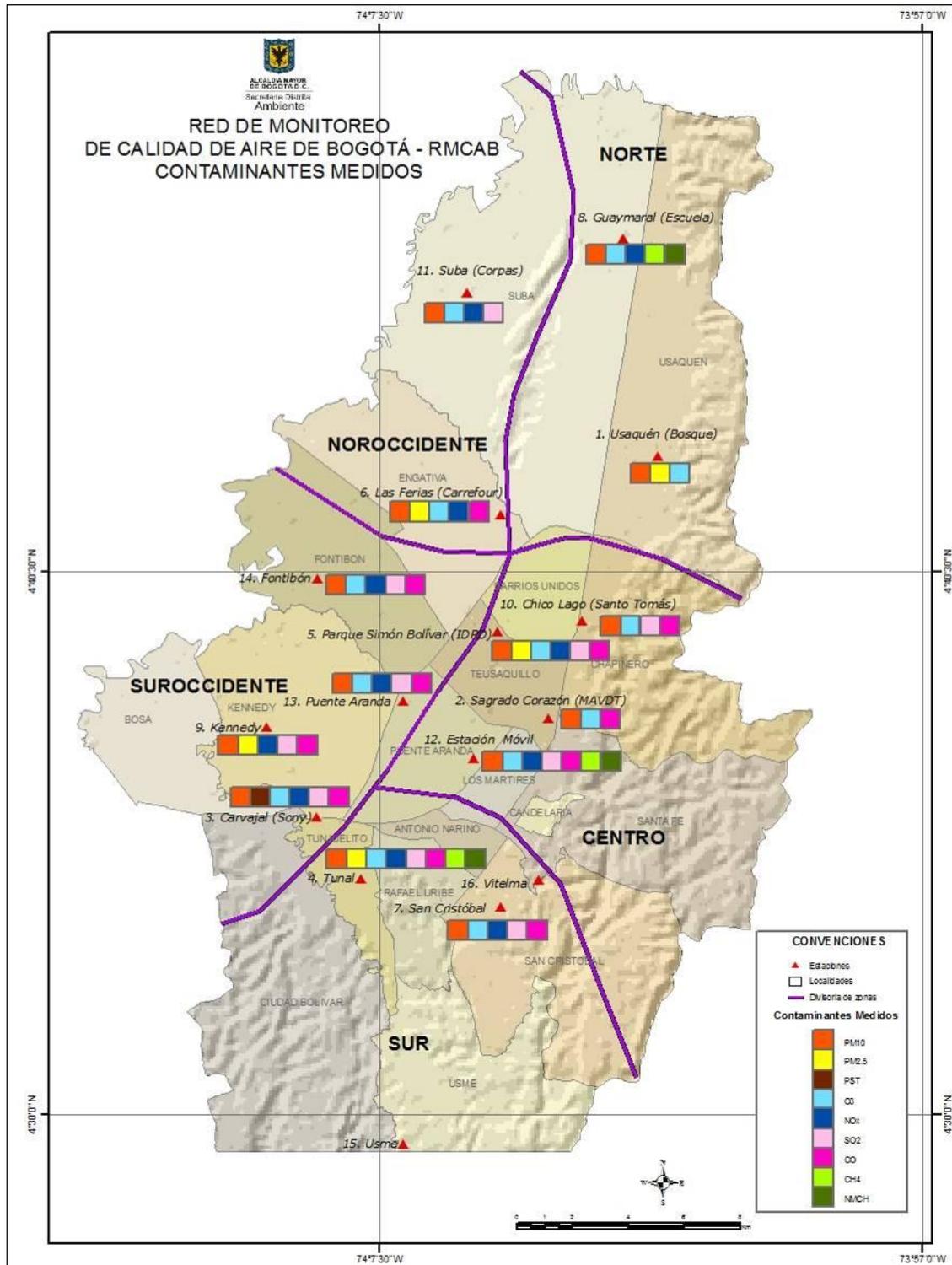


Figura 122. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

ANEXO 2. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las normas de calidad del aire que se adoptaron como nivel de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en Bogotá, según la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la cual fue modificada mediante Resolución 610 de 2010.

Tabla 58. Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS PM ₁₀	Anual	50	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	100	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2.5}	Anual	25	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	50	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO 3. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 59. Escala de precipitación

Denominación	Precipitación Diaria [mm]	Precipitación Mensual [mm]
Escasa	0 – 5	0 - 20
Ligera	6 – 10	21 - 40
Moderada	11 – 20	41 - 80
Fuerte	21 – 50	81 - 200
Muy Fuerte	51 – 70	201 - 280
Intensa	> 70	>281

Tabla 60. Escala de velocidad del viento – Beaufort

Denominación	Velocidad del Viento [m/s]
Calma	0 - 0.5
Ventolina	0.6 - 1.7
Suave	1.8 - 3.3
Leve	3.4 - 5.2
Moderado	5.3 - 7.4
Regular	7.5 - 9.8
Fuerte	9.9 - 10.4
Muy Fuerte	10.5 - 15.2
Temporal	15.3 - 18.2
Temporal Fuerte	18.3 - 21.5
Temporal Muy Fuerte	21.6 - 25.1
Tempestad	25.2 - 29
Huracán	>29