



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2010

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB

Bogotá, D.C. 2011

Samuel Moreno Rojas

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Juan Antonio Nieto Escalante

Secretaría Distrital de Ambiente

Samir José Abisambra Vesga

Subsecretaría Distrital de Ambiente

Germán Darío Álvarez Lucero

Director Control Ambiental

Orlando Quiroga Ramírez

Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Ernesto Romero Tobón

Coordinador de la RMCAB

Mayra Alejandra Lancheros Barragán

Tammy Goretty Trujillo Escobar

Andrea Niño Penagos

Nicolás Cuadros Rubio

Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Henry Ospino Dávila

Darío Alejandro Gomez Flechas

José Luis López Parra

Norbey Alirio Barahona González

Grupo de Operación de la RMCAB

Secretaría Distrital de Ambiente

-SDA.-

© Marzo de 2011, Colombia

Informe Anual de la Red de Calidad de Aire
de Bogotá D.C. Año 2010.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia



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

INFORME ANUAL 2010

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ 2010

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
ÍNDICE DE TABLAS	V
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	6
1. CALIDAD DEL AIRE	8
1.1. MATERIAL PARTICULADO - MP o PM (<i>PARTICULATE MATTER</i>)	9
1.1.1. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10</i>	9
1.1.2. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5</i>	21
1.1.3. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST</i>	26
1.2. GASES CONTAMINANTES	30
1.2.1. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO2</i>	31
1.2.2. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO2</i>	38
1.2.3. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO</i>	45
1.2.4. <i>COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O3</i>	51
1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS	60
2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE	76
2.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA MATERIAL PARTICULADO	79
2.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA PM ₁₀	79
2.3. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA PM _{2.5}	82
2.4. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA OZONO (O ₃)	83
2.5. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO (CO), DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂) Y DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	85
3. METEOROLOGÍA	87
3.1. PRECIPITACIÓN	88
3.2. VIENTOS	99
3.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL	107
3.4. RADIACIÓN SOLAR	115
3.5. PRESIÓN ATMOSFÉRICA	119
3.6. HUMEDAD RELATIVA	121
4. ANÁLISIS COMPUESTO PARA VARIABLES METEOROLÓGICAS Y DE CONTAMINANTES	128
4.1. TABLAS DE CONTINGENCIA Y ANÁLISIS DE VARIABLES CONTINUAS	128
4.1.1. <i>RESULTADOS:</i>	129
GLOSARIO	132
ANEXOS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PM ₁₀ DURANTE EL 2010	3
FIGURA 2 EPISODIO DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2010. PROMEDIO DIARIO	4
FIGURA 3 DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD AÑO 2010	4
FIGURA 4. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MADRUGADA –2010.	5
FIGURA 5. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA –2010.	5
FIGURA 6. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA TARDE –2010.....	5
FIGURA 7. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA NOCHE –2010.	5
FIGURA 8. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010	10
FIGURA 9. PROMEDIOS MENSUALES POR ESTACIÓN 2010	12
FIGURA 10. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL 2010	13
FIGURA 11. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL 2010.	14
FIGURA 12 GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	15
FIGURA 13. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.....	16
FIGURA 14. PROMEDIOS ANUALES, POR ESTACIÓN, AÑO 2010.....	17
FIGURA 15. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	19
FIGURA 16. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO 2010 CON AÑOS ANTERIORES....	20
FIGURA 17. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR AÑOS.....	21
FIGURA 18. CONCENTRACIONES DE PM _{2.5} PARA 24 HORAS DURANTE EL 2010	22
FIGURA 19. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM _{2.5} POR DÍAS DE LA SEMANA (SOBRE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2010.	23
FIGURA 20. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2010.....	24
FIGURA 21. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM _{2.5}	25
FIGURA 22. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR AÑO 2010.....	25
FIGURA 23. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2010.....	26
FIGURA 24. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PST POR DÍAS DE LA SEMANA (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	27
FIGURA 25. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PST POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.....	28
FIGURA 26. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PST EN EL 2010 EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL.	29
FIGURA 27. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PST 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	29
FIGURA 28. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA PST 24 HORAS POR AÑOS	30
FIGURA 29. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010	32
FIGURA 30. CONCENTRACIÓN DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	33
FIGURA 31. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA SO ₂ POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO EL AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	34
FIGURA 32. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA SO ₂ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	35
FIGURA 33. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	36
FIGURA 34. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA SO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	37
FIGURA 35. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA SO ₂ 24 HORAS POR AÑOS.....	38
FIGURA 36. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.	39
FIGURA 37. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	40
FIGURA 38. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA NO ₂ POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.	41
FIGURA 39. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA NO ₂ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.	42
FIGURA 40. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	43
FIGURA 41. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA NO ₂ POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES (BASE 24 HORAS).	44
FIGURA 42. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA NO ₂ 24 HORAS POR AÑOS.....	45
FIGURA 43. CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS HORARIAS DE CO DURANTE EL 2010	46
FIGURA 44. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	47
FIGURA 45. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA CO 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.....	48

FIGURA 46. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA CO 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	49
FIGURA 47. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	50
FIGURA 48. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA CO 24 HORAS POR AÑOS	51
FIGURA 49. CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.	52
FIGURA 50. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2010.....	53
FIGURA 51. EPISODIO DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ , EN PPB, PROMEDIO 8 HORAS, 2010	55
FIGURA 52. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OZONO EN PPB, AÑO 2010	56
FIGURA 53. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA O ₃ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.....	57
FIGURA 54. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA O ₃ PROMEDIO MENSUAL (DESDE BASE DIARIA) COMPARANDO AÑO 2010 CON AÑOS ANTERIORES.....	58
FIGURA 55. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA O ₃ PROMEDIOS ANUALES (DESDE BASE DIARIO) POR ESTACIONES COMPARANDO 2010 CON AÑOS ANTERIORES	59
FIGURA 56. GRÁFICO DE <i>Box-Plot</i> PARA O ₃ PROMEDIO ARITMÉTICO DE LAS ESTACIONES (DESDE BASE DIARIA).	60
FIGURA 57. ICA PARA PM ₁₀ DEL AÑO 2010, POR ESTACIÓN. FUENTE RMCAB.....	80
FIGURA 58. ICA DE PM ₁₀ DEL AÑO 2010, PORCENTAJE POR CATEGORÍA, TODAS LAS ESTACIONES. FUENTE RMCAB,.....	80
FIGURA 59. ICA Y SU CLASIFICACIÓN PARA PM ₁₀ DEL AÑO 2010 EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL (SONY). FUENTE RMCAB	81
FIGURA 60. ICA Y SU CLASIFICACIÓN PARA PM ₁₀ DEL AÑO 2010 EN LA ESTACIÓN DE KENNEDY. FUENTE RMCAB	82
FIGURA 61. ICA PARA PM _{2,5} DEL AÑO 2010, ESTACIÓN KENNEDY. FUENTE RMCAB.....	82
FIGURA 62. CLASIFICACIÓN ICA KENNEDY PARA PM _{2,5} DEL AÑO 2010. FUENTE RMCAB.....	83
FIGURA 63. ICA PARA O ₃ DEL AÑO 2010, POR ESTACIÓN. FUENTE RMCAB.....	84
FIGURA 64. CLASIFICACIÓN ICA PARA O ₃ DEL AÑO 2010. FUENTE RMCAB.....	84
FIGURA 65. ICA PARA CO Y NO ₂ DEL AÑO 2010, POR ESTACIÓN. FUENTE RMCAB.....	85
FIGURA 66. ICA PARA SO ₂ DEL AÑO 2010, POR ESTACIÓN. FUENTE RMCAB.....	85
FIGURA 67. CONDICIONES ACTUALES Y CONDICIONES SIMILARES DEL ÍNDICE DEL NINO REGIÓN 3.4. FUENTE IRI.....	89
FIGURA 68 ACUMULADO PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN DE LA RMCAB DEL PERIODO 1998-2009 COMPARADA CON EL PROMEDIO DE LOS DE 2010. FUENTE RMCAB.....	89
FIGURA 69. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE LA RMCA EN EL AÑO 2010 PARA EL PERIODO 1998 A 2010. FUENTE RMCAB	90
FIGURA 70. DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE LA RMCAB DEL PERIODO 1998-2009 COMPARADA CON EL PROMEDIO PARA EL AÑO DE 2010. FUENTE RMCAB	91
FIGURA 71. PROMEDIO DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCA PARA EL PERIODO 1998 AL 2010. FUENTE RMCAB	91
FIGURA 72. ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	92
FIGURA 73 ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE CADA ESTACIÓN EN EL ÚLTIMO TRIMESTRE. FUENTE. RMCAB	94
FIGURA 74. DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE CADA ESTACIÓN EN EL ÚLTIMO TRIMESTRE. FUENTE. RMCAB	94
FIGURA 75. ACUMULADOS HORARIOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL 2010 Y SU COMPARACIÓN CON EL PROMEDIO 1997-2009 .	95
FIGURA 76. MAPA DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2010 DE 2010.FUENTE RMCAB	96
FIGURA 77. MAPAS DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL PRIMER SEMESTRE DE 2010. FUENTE RMCAB	97
FIGURA 78. MAPAS DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA SEGUNDO SEMESTRE DE 2010. FUENTE RMCAB	98
FIGURA 79. VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA. FUENTE RMCAB.....	102
FIGURA 80. ROSA DE LOS VIENTOS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	104
FIGURA 81. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO DE BOGOTÁ PARA EL AÑO 2010	105
FIGURA 82. PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA DISTINTAS HORAS EN EL AÑO 2010. FUENTE RMCAB.	107
FIGURA 83. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 1997-2009 Y SU COMPARACIÓN CON EL 2010. FUENTE RMCAB	107
FIGURA 84, GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DEL TRIMESTRE JAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2002- 2010. FUENTE RMCAB.....	108
FIGURA 85. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PARA CADA HORA MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2010. FUENTE RMCAB	110
FIGURA 86. GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS 4 TRIMESTRES PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL 2010. FUENTE RMCAB.	111
FIGURA 87. MAPA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2010. FUENTE RMCAB	112
FIGURA 88. TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL PARA EL AÑO 2010.....	114

FIGURA 89. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	115
FIGURA 90. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2006-2009 Y SU COMPARACIÓN CON EL TRIMESTRE JAS DE 2010. FUENTE RMCAB.....	117
FIGURA 91. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORARIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL AÑO 2010 Y EL PROMEDIO 2002-2009. FUENTE RMCAB	118
FIGURA 92. GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PARA CADA HORA EN EL TRIMESTRE JAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2010. FUENTE RMCAB	119
FIGURA 93. GRÁFICA DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA PARA CADA HORA EN EL TRIMESTRE JAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2010. FUENTE RMCAB	120
FIGURA 94. PRESIÓN ATMOSFÉRICA MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB.....	121
FIGURA 95. COMPARACIÓN DE LA PRESIÓN EN LOS TRIMESTRES PARA CADA ESTACIÓN DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB	121
FIGURA 96. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL MEDIA DEL PERIODO 1997-2009 Y SU COMPARACIÓN CON LOS MESES DEL 2010. FUENTE RMCAB	122
FIGURA 97. PROMEDIO HORARIO DE LA HUMEDAD EN EL PERIODO 1997-2010 Y SU COMPARACIÓN CON EL AÑO 2010.	123
FIGURA 98. GRÁFICA DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA CADA HORA EN AÑO 2010 DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. FUENTE RMCAB	124
FIGURA 99. MAPA DE HUMEDAD RELATIVA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA AÑO DE 2010. FUENTE RMCAB	125
FIGURA 100. MAPAS DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA LOS MESES DE 2010. FUENTE RMCAB	127
FIGURA 101. RESULTADOS DEL ANÁLISIS COMPUESTO PARA LA ESTACIÓN DE PARQUE SIMÓN BOLÍVAR	130
FIGURA 102. RESULTADOS DEL ANÁLISIS COMPUESTO PARA LA ESTACIÓN DE KENNEDY	131
FIGURA 103. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB, SENSORES METEOROLÓGICOS.....	139
FIGURA 104. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB Y ANALIZADORES DE CONTAMINANTES	140

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE ELLAS.	8
TABLA 2. RESUMEN DE DATOS PM ₁₀ PROMEDIOS 24 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2010	11
TABLA 3. RESUMEN DE DATOS PM ₁₀ PROMEDIOS ANUALES POR ESTACIÓN PARA EL 2010	17
TABLA 4. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	18
TABLA 5. RESUMEN DE DATOS PM _{2,5} PROMEDIOS CORRIDOS DE 24 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2010	22
TABLA 6. RESUMEN DE DATOS PM _{2,5} PROMEDIOS ANUALES POR ESTACIÓN PARA EL 2010	24
TABLA 7. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS DURANTE EL AÑO 2010, 601 NORMA (ANUAL): 287 PPB.	32
TABLA 8. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL TERCER TRIMESTRE DE 2010	33
TABLA 9. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	36
TABLA 10. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ DURANTE EL 2010.	39
TABLA 11. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL 2010.	40
TABLA 12. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS ANUALES, CALCULADO A 31 DE DICIEMBRE DE 2010	43
TABLA 13. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE CO DURANTE EL 2010.	46
TABLA 14. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS 8 HORAS DE CO DURANTE EL 2010.	47
TABLA 15. MEDIANAS DEL PROMEDIO DIARIO DEL CONTAMINANTE CO EN LOS AÑOS 2006 - 2010.	50
TABLA 16. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE O ₃ DURANTE EL 2010.	51
TABLA 17. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL 2010.	53
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM ₁₀). ..	62
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM ₁₀). ..	63
TABLA 20. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM _{2,5}). ..	64
TABLA 21. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM _{2,5}). ..	64
TABLA 22. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2010	65
TABLA 23. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2010	65
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS, AÑO 2010	66
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS, AÑO 2010	67
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂ , AÑO 2010.	68
TABLA 27. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ , AÑO 2010	69
TABLA 28. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS, TERCER TRIMESTRE DE 2010.	70
TABLA 29. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ ANUALES, AÑO 2010.	71
TABLA 30. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO, AÑO 2010	72
TABLA 31. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS, AÑO 2010.	73
TABLA 32. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃ , AÑO 2010	74
TABLA 33. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS, AÑO 2010	75
TABLA 34. ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE POR CATEGORÍAS. FUENTE SDS.	76
TABLA 35. ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE ELLAS. FUENTE RMCAB.	87
TABLA 36. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA PRECIPITACIÓN PARA EL 2010 COMPARADA CON EL PERIODO 1998 - 2009.	90
TABLA 37. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN PARA EL 2010 COMPARADA CON EL PERIODO 1998 - 2009	91
TABLA 38. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL AÑO 2010 PARA EL PERIODO 1998-2010. FUENTE RMCAB.	92
TABLA 39. DÍAS DE LLUVIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL PERIODO 1998-2010 FUENTE RMCAB.	93
TABLA 40. VELOCIDADES DE VIENTO MENSUALES PROMEDIO ENTRE LAS 1-6, 7-12, 13-18 Y 19-24 HORAS DE 2010.	100
TABLA 41. VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	101
TABLA 42. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA TEMPERATURA MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ.	108
TABLA 43. PROMEDIOS DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2002-2010. FUENTE RMCAB.	108
TABLA 44. TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN EL AÑO 2010 Y SU PROMEDIO. FUENTE RMCAB ..	110
TABLA 45. TEMPERATURAS MÍNIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN EL AÑO 2010 Y SU PROMEDIO. FUENTE RMCAB. ..	110
TABLA 46: AMPLITUD TÉRMICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	111

TABLA 47. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ.....	117
TABLA 48. PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA CON RESPECTO A LOS PROMEDIOS DE LOS MESES HISTÓRICOS	122
TABLA 49. LÍMITES PARA LOS TERCILES DE LAS VARIABLES ESTACIÓN PARQUE SIMÓN BOLÍVAR AÑO 2009.	128
TABLA 50. LÍMITES PARA LOS TERCILES DE LAS VARIABLES ESTACIÓN KENNEDY AÑO 2009.....	129
TABLA 51. ETIQUETA DE LOS CASOS PARA CADA VARIABLE CATEGÓRICA.....	129
TABLA 52. CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES DE MONITOREO	141

RESUMEN

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de la ciudad 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)¹. La RMCAB cuenta con 16 estaciones (incluidas una estación móvil y dos meteorológicas), ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}, PST), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de viento, temperatura, radiación solar y humedad relativa. De éstas estaciones 2 interrumpieron el registro, la estación de Chico Lago por demolición del edificio de la Universidad Santo Tomás, a partir del 14 de octubre de 2010 y Sagrado Corazón por modificación de la terraza a partir del 6 de julio de 2010 la cual será nuevamente emplazada en el sitio en el 2011.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM₁₀, las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O₃), pues en algunas oportunidades sus concentraciones promedio superan los límites máximos permisibles por la norma (Resolución 601 de 2006). También se resalta el material particulado de diámetro menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), que se mide en cinco estaciones, pero que para el presente documento sólo se reportará para la estación de Kennedy.

Los demás contaminantes (CO, NO₂ y SO₂) están presentes en concentraciones bajas y no representan riesgo para la salud de la población.

En cuanto al PM₁₀ durante 2010 las concentraciones de éste contaminante mostraron un comportamiento equiparable al 2009 y 2008 con la diferencia que para el 2010 las condiciones meteorológicas fueron menos favorables a la dispersión de este contaminante, las lluvias fueron las mayores de las registradas en la RMCAB en los últimos 10 años.

El PM₁₀ se monitoreó en 13 estaciones que se reducen a 11, las series de datos reportados en la estación No 10 Chico Lago – Santo Tomás en intercomparación se encontraron no normales, por lo anterior, no se reportan dichos datos en éste informe, será objeto de un anexo especial la valoración de los datos históricos; y la estación de Sagrado Corazón que no acumuló suficiente cantidad de datos. La estación No 3 Carvajal y la No 9 Kennedy (sector suroccidental), registraron datos de concentración por encima de la norma 24 horas, establecida en 150 µg/m³. En cuanto al promedio anual de la concentración de PM₁₀, éste superó la norma en estas mismas estaciones, ubicadas en el sector sur occidente de la ciudad, como se aprecia en la Figura 1.y Figura 2 En este

¹ El 24 de marzo de 2010 se expidió la Resolución 610 por la cual se modifica la Resolución 601/2006.

informe se referirán los cambios que significan la reducción del control al promedio diario a 100 µg/m³ que opera desde el 2011.

Por otro lado, el PST contó con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal (Sector Suroccidental), el cual superó la norma anual en promedio en 44 µg/m³. Para los promedios de 24 horas, ningún registro obtenido excedió la norma.

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 en las estaciones de Parque Simón Bolívar, Puente Aranda, Kennedy y Carvajal se reportan las mayores concentraciones promedio, en 6 oportunidades se estuvo por encima de los límites para el contaminante en promedios horarios. Los promedios de 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, el reporte de concentraciones de O₃, presenta concentraciones que superan los límites máximos establecidos en la norma, tanto para el promedio horario como el promedio de 8 horas, en todas las estaciones que monitorearon este contaminante, exceptuando en la estación Móvil, es importante resaltar que los límites nacionales establecidos exceden los aceptados por agencias ambientales internacionales, si se tienen en cuenta el previsto por la EPA para 8 horas el número de excedencias baja de 1996 a 242, lo cual se referirá por estación en el capítulo correspondiente.

Respecto a las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2010 la precipitación en la ciudad se registró en quince (15) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros. Los datos recolectados en cada una de las estaciones permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. El acumulado de precipitación para el 2010 fue el mayor registrado por la red desde 1998 con un acumulado promedio de 1085 mm en la ciudad. En la Figura 3 se muestra la precipitación acumulada para el 2010. Como se observa los más altos registros acumulados de precipitación se registraron en las estaciones del sector Centro y Norte como son las estaciones No. 5 Parque Simón Bolívar, No. 10 Chico Lago y No. 1 Usaquén, y en contraste las estaciones que presentaron los menores registros acumulados durante el periodo analizado fueron la estaciones No. 14 Fontibón, No 13 Puente Aranda y la No. 9 Kennedy.

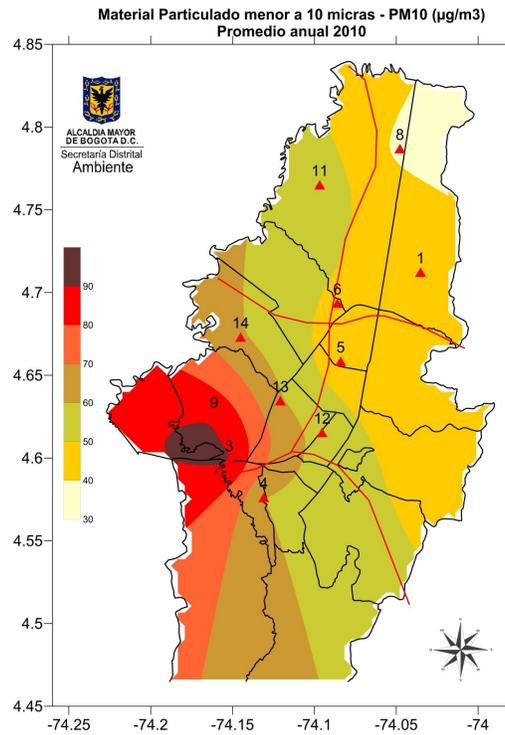


Figura 1 Distribución de la concentración promedio de PM₁₀ durante el 2010

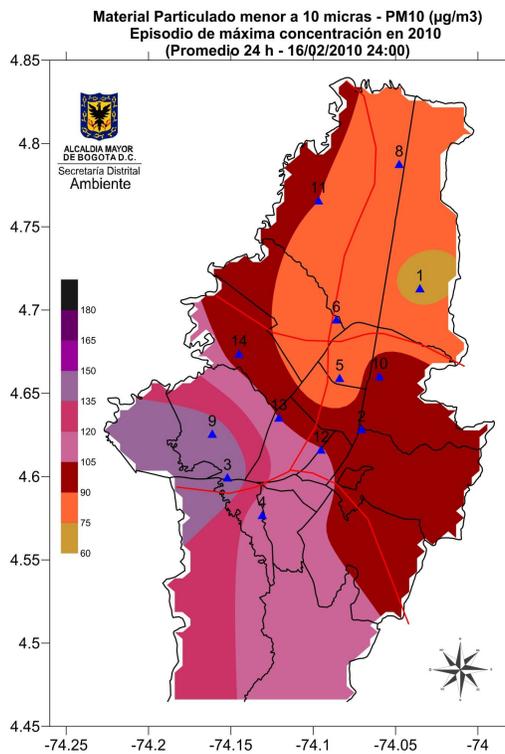


Figura 2 Episodio de máxima concentración PM₁₀ durante el año 2010. Promedio diario

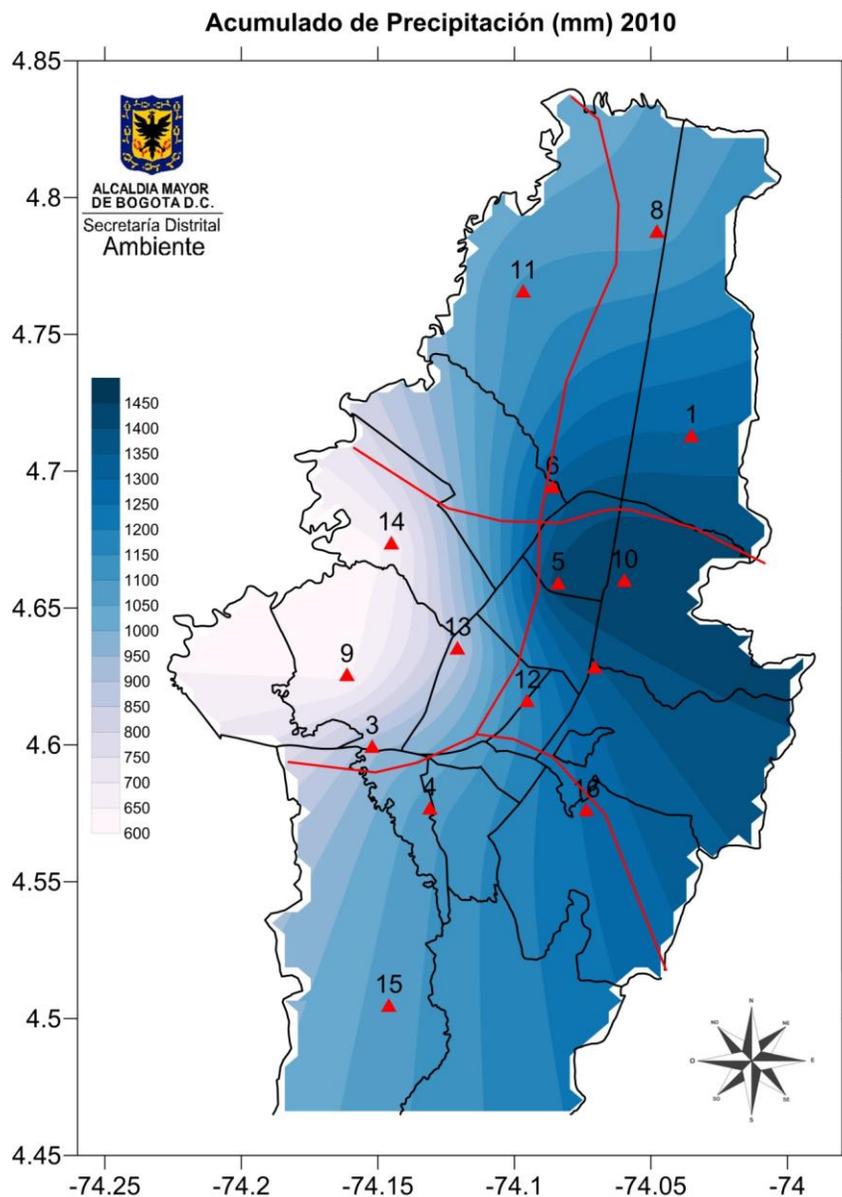


Figura 3 Distribución de las lluvias en la ciudad año 2010

En las Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se resume el comportamiento de los vientos para el año 2010. Durante todos los intervalos horarios en el sector sur los vientos predominantes provienen del sur, el sector suroccidental presenta vientos provenientes en general del occidente y sur occidente (Sabana de Bogotá). En el norte y noroccidente, los vientos se presentaron en promedio en la mañana de occidente hacia oriente y de sur a norte, en las tardes la dirección predominante fue en dirección sur-norte.

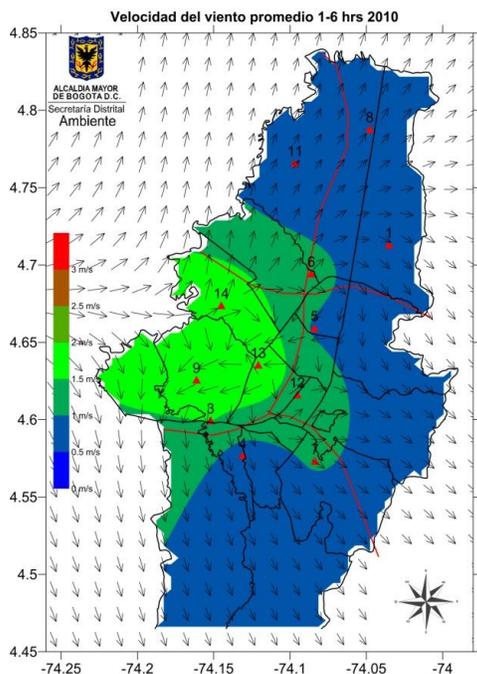


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la madrugada –2010.

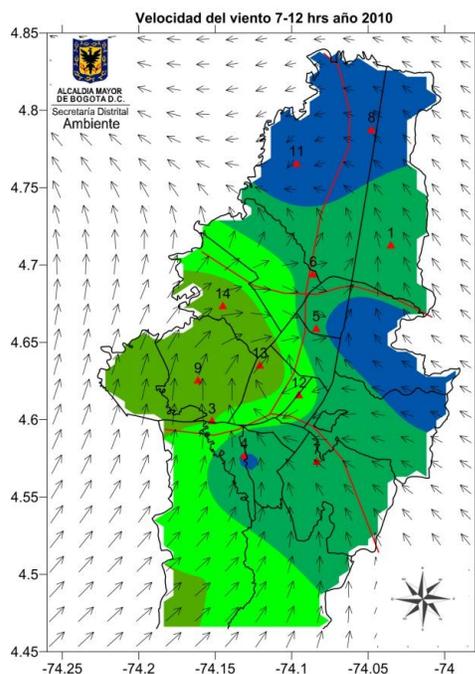


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la mañana –2010.

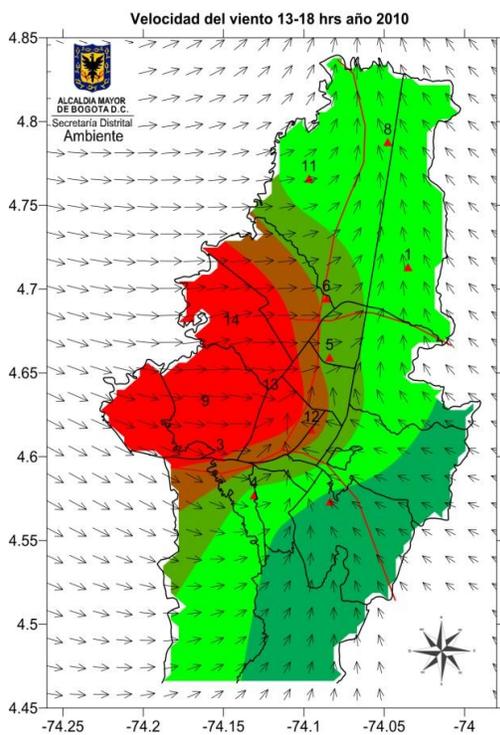


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante la tarde –2010.

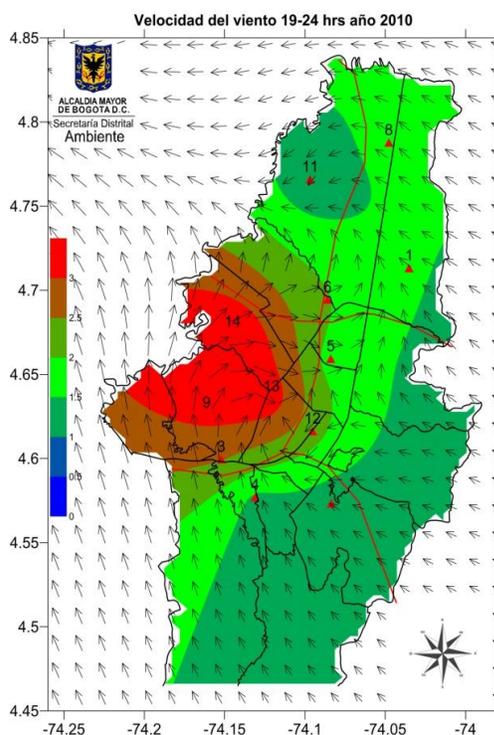


Figura 7. Flujo de vientos promedio durante la noche –2010.

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 y para la cual se reportarán datos en el presente informe. Para el 2010 la RMCAB sumó 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 (PM₁₀, PST, PM_{2.5}), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) 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 año 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. En el cuarto capítulo se entrega un informe especial sobre la relación entre la concentración de contaminantes y las variables meteorológicas.

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 años 2005 al 2010 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%.

Debido a que los años no tienen las mismas actuaciones y es importante saber sus caracterizaciones 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 dónde 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. 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 año 2010 contó con 15 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
No. 1 Usaquén (Bosque)	Usaquén	Norte	X		X				X
No. 2 Sagrado Corazón	Santa Fe	Centro	X					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
No. 5 Parque Simón Bolívar	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 ³	San Cristóbal	Sur	X			X	X	X	X
No. 8 Guaymaral (Escuela)	Suba	Norte	X				X		X
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X	X	X	
No. 10 Chico Lago (Santo)	Chapinero	Centro	X			X		X	X
No. 12 Estación Móvil	Puente Aranda	Centro	X			X	X	X	X
No. 11 Suba (Corpas)	Suba	Noroccidente	X			X	X		X
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Suroccidente	X			X	X	X	X
No. 14 Fontibón	Fontibón	Suroccidente	X			X	X	X	X

² Estación en desmante temporal a solicitud del MAVDT.

³ La estación San Cristóbal se encuentra en periodo de prueba

1.1. 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, establece 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, y de 60 µg/m³ y 150 µg/m³, concentración anual y 24 horas respectivamente para **PM₁₀**. Para el caso de **PM_{2.5}** se han establecido límites en la Resolución 610 de 2010, por lo que se pueden tomar como referencia los valores de 25 µg/m³ como concentración anual y de 50 µg/m³ para 24 horas. La Resolución SDA 1208 de 2003 establece 50 µg/m³ concentración anual para **PM₁₀**, por ser más estricta el informe se referirá para este periodo a este nivel. A partir de 2011 el periodo de 24 horas para **PM₁₀** se controlará con 100 µg/m³

1.1.1. Comportamiento de la Concentración de PM10

La RMCAB contó con trece (13) estaciones para medir la concentración de **PM₁₀**, como se observa en la Tabla 1. Durante el año 2008 se cambiaron ocho equipos de **PM10** marca **DASIBI** por marca **MET ONE** (tecnología de cuantificación por atenuación beta), 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. 3 Carvajal, No. 4 Tunal, No. 6 Las Ferias, No. 9 Kennedy, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón. El cambio de tecnología hizo que para el segundo semestre de 2008 se registraran niveles de concentración de **PM₁₀** diferentes a los reportados en el primer semestre del año, por lo que se realizaron estudios de intercomparación entre equipos.

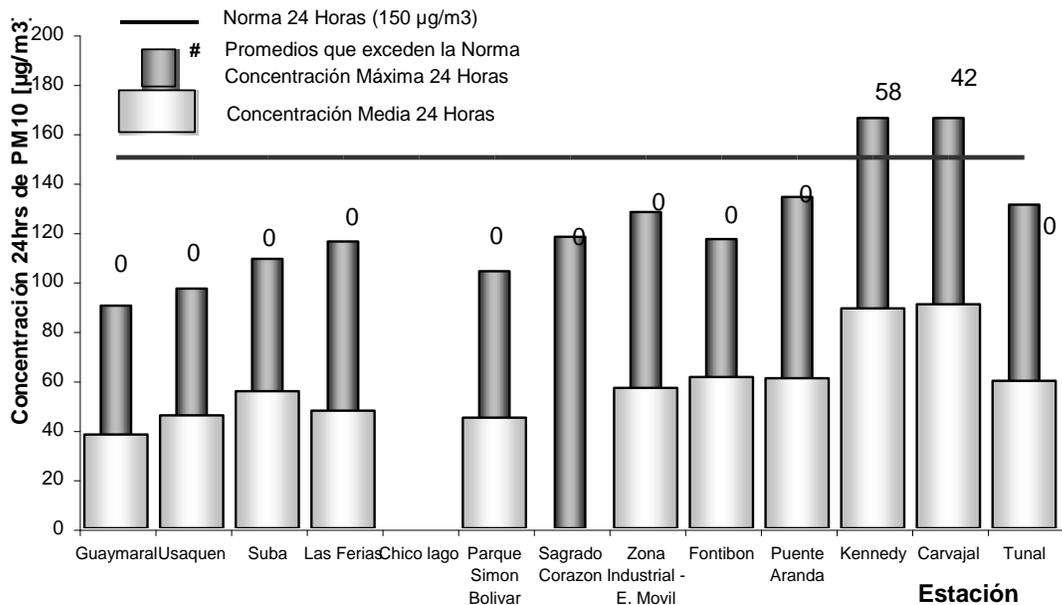
En cuanto a la serie de la estación No 10 Chicó Lago se encuentran en revisión y no será reportada en el presente informe.

Por otro lado, se observa que la concentración promedio anual de éste contaminante para el año 2010 en algunas estaciones mantuvo los niveles del 2009 en otras no, hecho al que pueden contribuir diferentes factores entre ellos la meteorología, donde la mayor inestabilidad (vientos) de 2009 favorece la dispersión de contaminantes, igualmente afectan las menores temperaturas promedio que se verificaron en el 2010.

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM₁₀ se establece mediante la recolección de datos de medias móviles de 24 horas. Durante el 2010 se reportó una representatividad temporal⁴ para el año mayor o igual al 75% en 11 (once) estaciones (quedaron por fuera Chicó Lago que se encuentra en análisis y Sagrado Corazón cuyo porcentaje de recuperación de datos fue del 44%).

Del total de datos registrados, tan solo el 0.11% superó el valor de la norma para 24 horas establecido en 150 µg/m³, porcentaje equivalente a 32 datos presentados en las Estaciones de Carvajal (42) y Kennedy (58). Las concentraciones medias, máximas y la cantidad de datos que superaron la norma sobre promedios corridos de 24 horas se presentan



8

⁴ 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 8. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el 2010

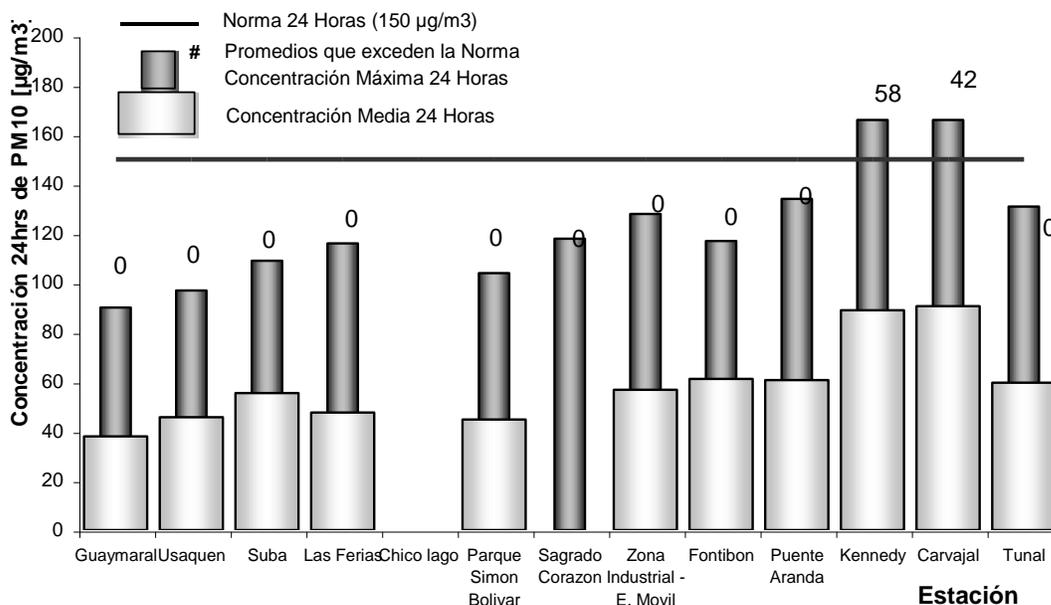


Figura 8. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el 2010

Considerando la información presentada en la Tabla 2 de resumen de datos de PM₁₀ en cada una de las estaciones de la RMCAB durante el 2010, se aprecia que para el mes de octubre se registraron la mayoría de las máximas concentraciones de PM₁₀. El promedio de 24 horas del martes 16/02/2010 configuró un episodio generalizado en la ciudad que se presenta en la **Figura 10**.

Tabla 2. Resumen de datos PM₁₀ promedios 24 horas por estación para el año 2010

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio	excedencia sobre 150 µg/m³	excedencia / 100 µg/m³ Futura norma	Máximo	Fecha de concentración máxima
Guaymaral (Escuela)	84%	38	0	0	90	16/02/2010 20:00
Usaquén (Bosque)	89%	46	0	0	97	01/10/2010 18:00
Suba (Corpas)	82%	55	0	23	109	04/01/2010 24:00
Las Ferias (Carrefour)	94%	48	0	48	116	01/10/2010 08:00
Chico lago (Sto. Tomas)						27/03/2010 13:00
Parque Simon Bolívar (IDRD)	91%	45	0	10	104	25/02/2010 20:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	44%		0	35	118	01/07/2010 06:00
Zona Industrial – E. Móvil	93%	57	0	202	128	16/02/2010 04:00
Fontibón	86%	61	0	158	117	01/10/2010 17:00
Puente Aranda	94%	61	0	231	134	01/10/2010 15:00
Kennedy	93%	89	58	1018	166	16/02/2010 04:00
Carvajal (Sony)	95%	91	42	1439	166	22/07/2010 18:00
Tunal	89%	60	0	163	131	17/12/2010 19:00

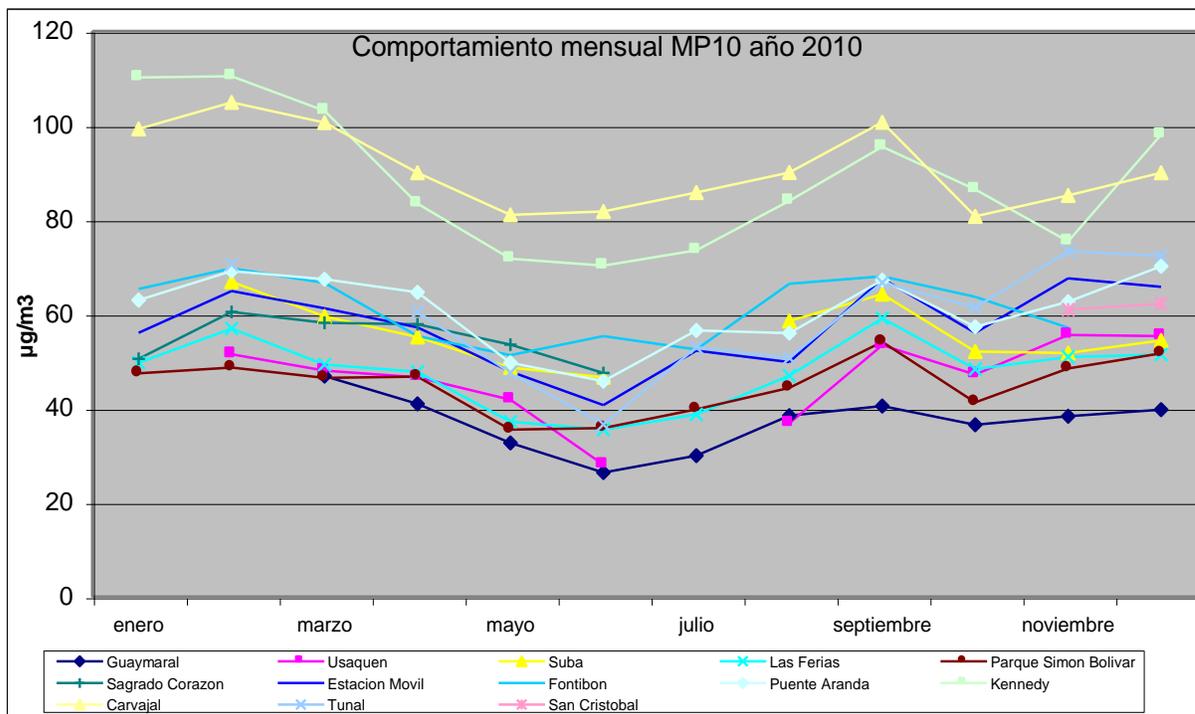


Figura 9. Promedios mensuales por estación 2010

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la Figura 10, donde se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM_{10} , como promedio diario, que se presentó en la ciudad durante el 2010. 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 cuanto al mapa de concentraciones medias, el comportamiento del PM_{10} es similar al descrito anteriormente; las localidades menos afectadas por material particulado son Usaquén, Teusaquillo, Chapinero y parte de Suba, mientras que las más afectadas son las del sur occidente de la ciudad (Figura 11).

Material Particulado menor a 10 micras - PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Episodio de máxima concentración en 2010
(Promedio 24 h - 16/02/2010 24:00)

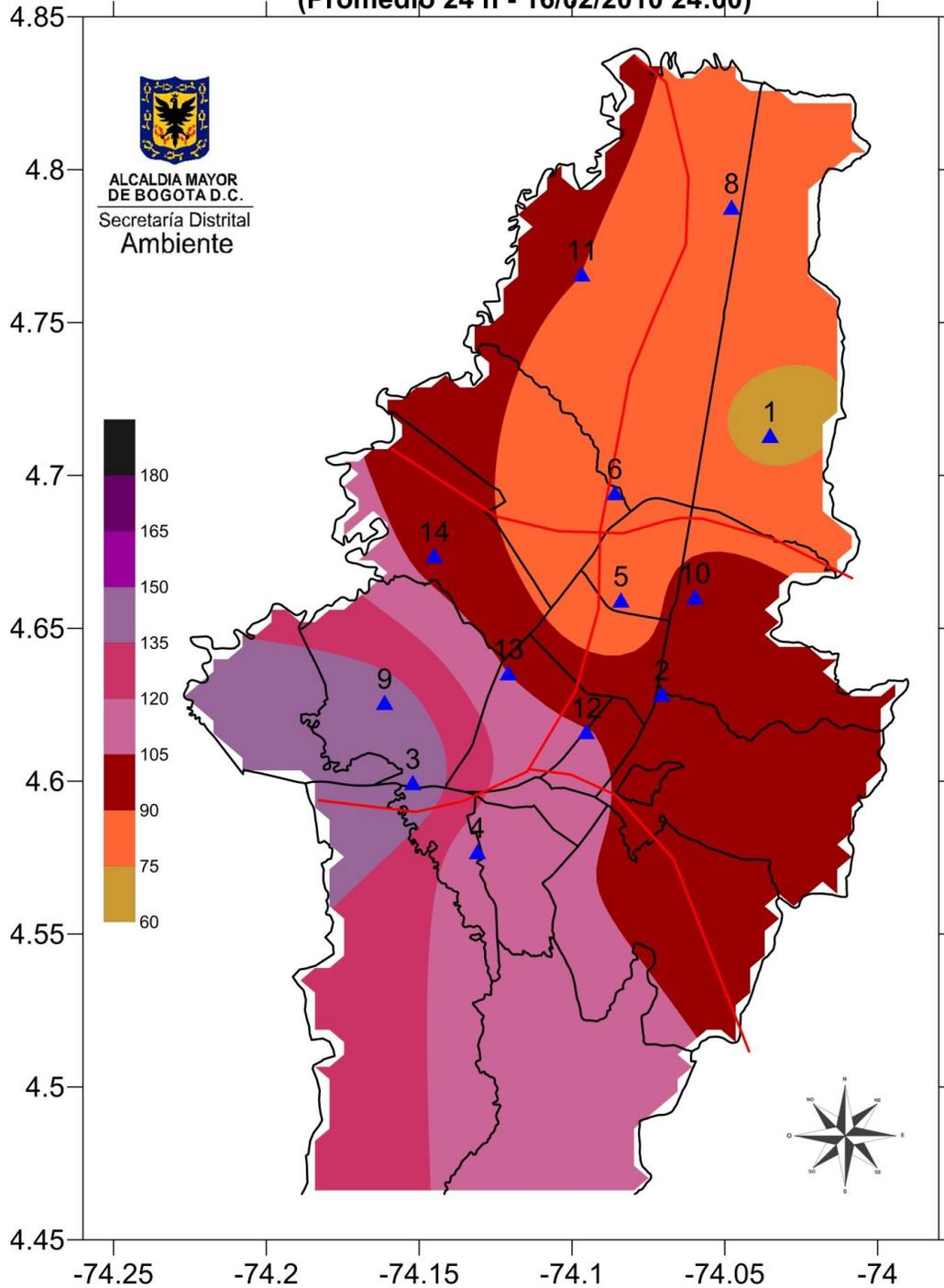


Figura 10. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM₁₀ durante el 2010

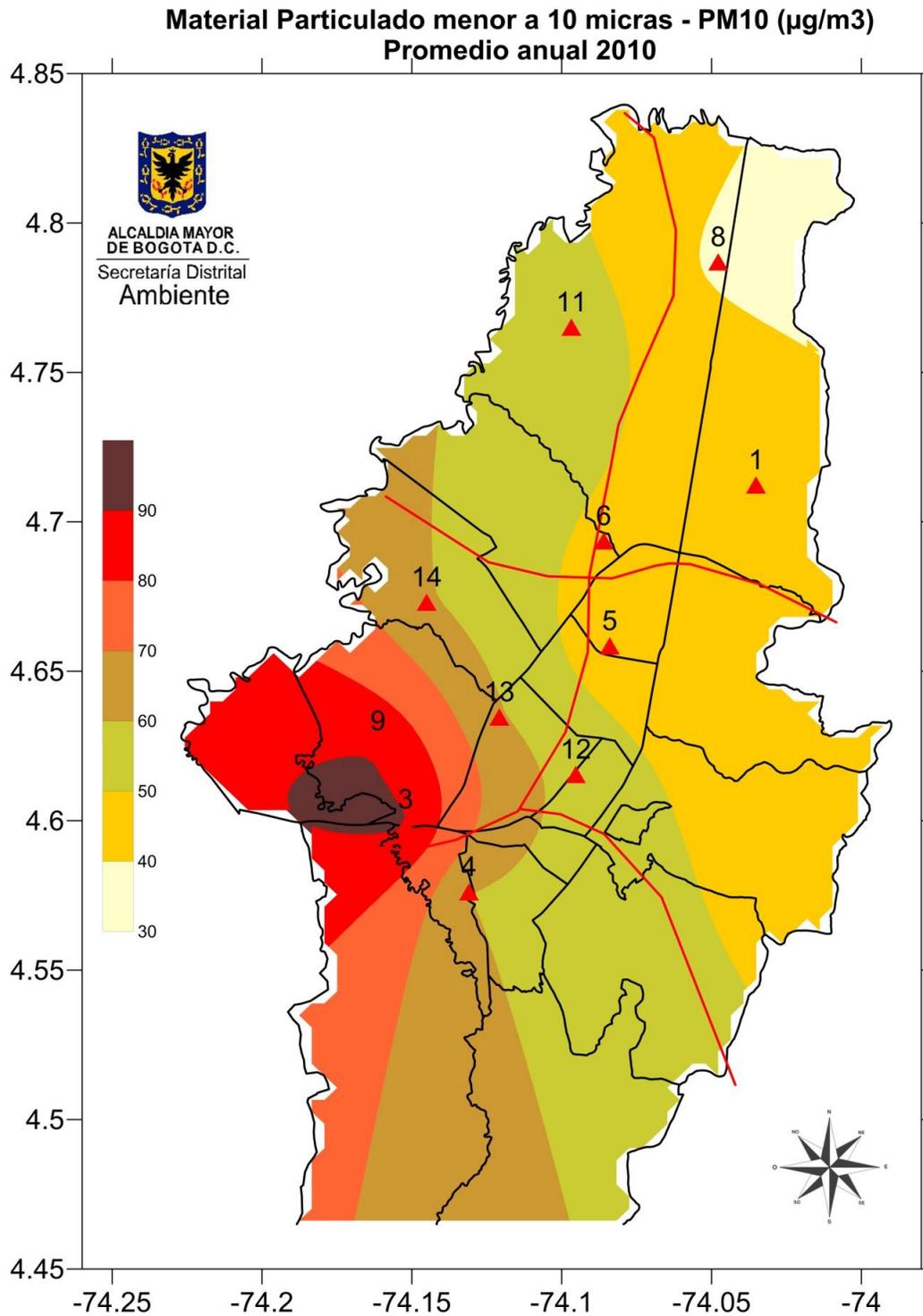


Figura 11. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el 2010.

Comportamiento histórico de promedios por fracciones temporales de PM10

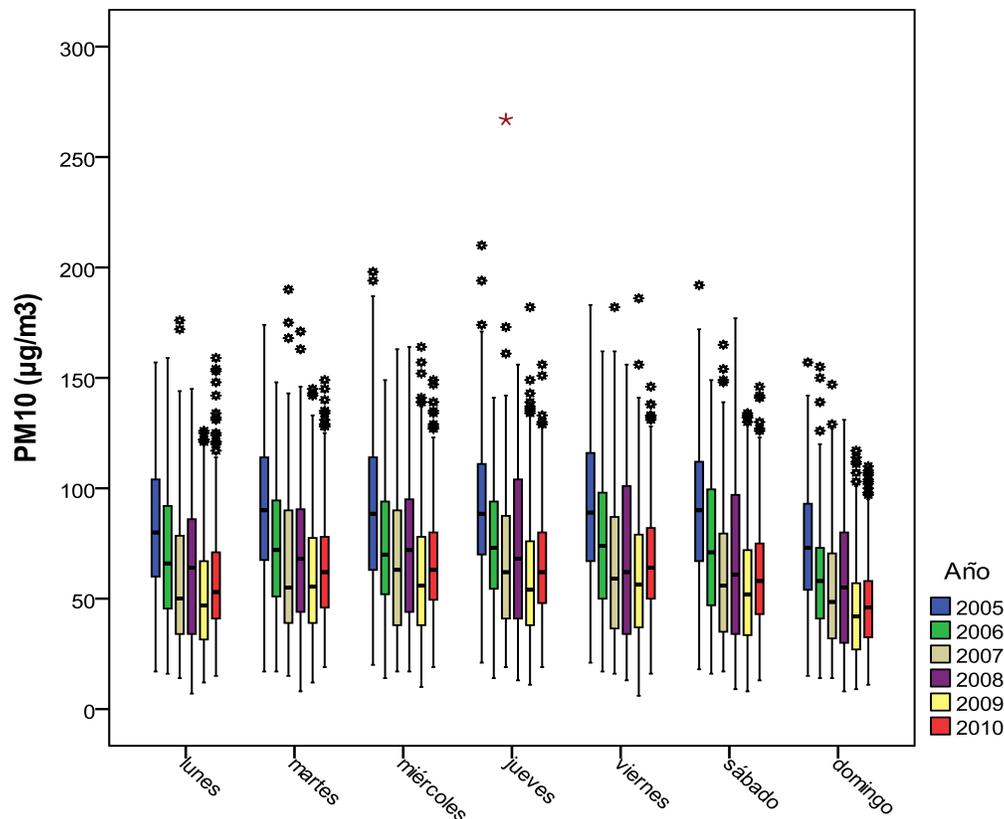


Figura 12 Gráfico de *Box-Plot* para PM₁₀ 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

El comportamiento para el 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. Aunque la concentración del contaminante mantuvo niveles equiparables con respecto al año anterior la dispersión de los datos es menor con respecto al 2009; el lunes es el día que mayor registra datos atípicos y el viernes el de menor.

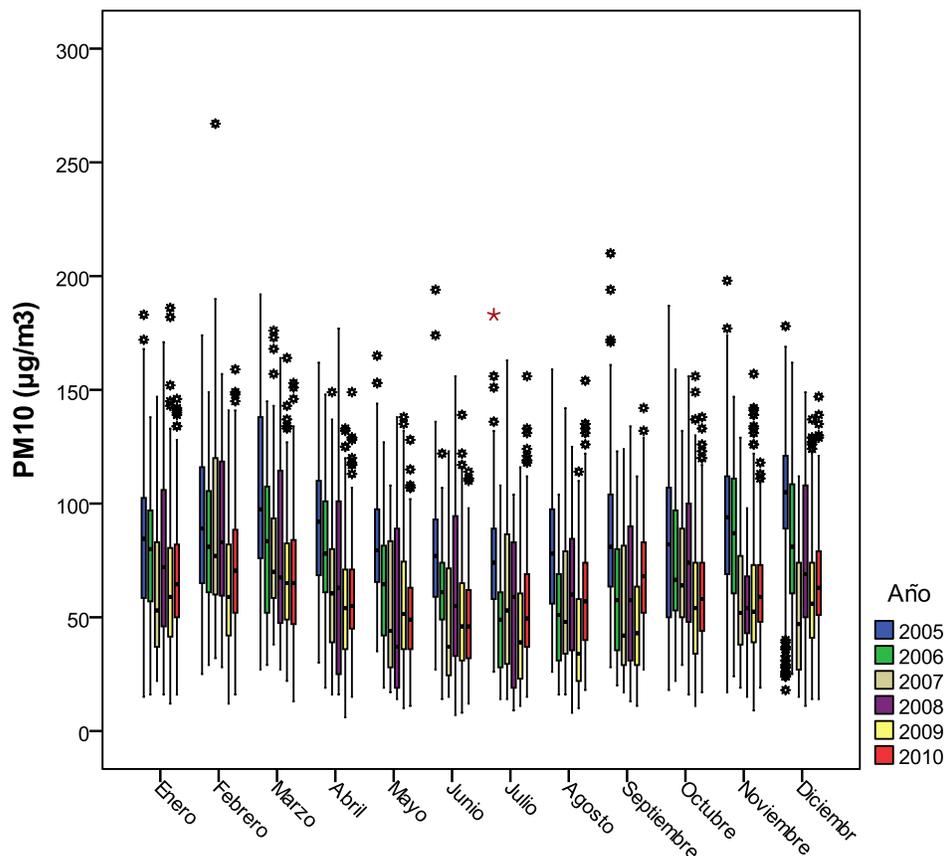


Figura 13. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por meses comparando año 2010 con años anteriores.

En la Figura 13 se puede apreciar bastante bien como es el comportamiento del contaminante en el transcurso del año, la cual 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, y en el mes de Octubre se muestra una caída paulatina hasta el mes de Noviembre, Diciembre presenta aumento terminando así el ciclo del contaminante. El ciclo descrito es para el año 2010 pero como se muestra en la Figura 13 es el comportamiento regular en el año del PM₁₀; realizando la comparación en cuanto a la concentración con el año anterior se refleja claramente el incremento en la mayoría de los meses exceptuando marzo que registra una mediana igual a $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Junio con $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para los dos últimos años, y mayo con medianas de $51.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para los años 2009 y 2010 respectivamente; en general la dispersión de los datos es mayor para el año 2009

Promedios Anuales de PM₁₀

El promedio anual se calcula para cada día utilizando los promedios diarios de los 365 días anteriores, así el promedio anual del 1 de enero de 2010 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2009 y el 1 de enero de 2010, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2010 se toma como el promedio de los

datos diarios entre el 1 de enero de 2009 y el 31 de diciembre de 2010. No se incluyen estaciones de Sagrado Corazón y Chicó Lago, ambas por baja representatividad y adicionalmente Chicó Lago por revisión de la serie de datos.

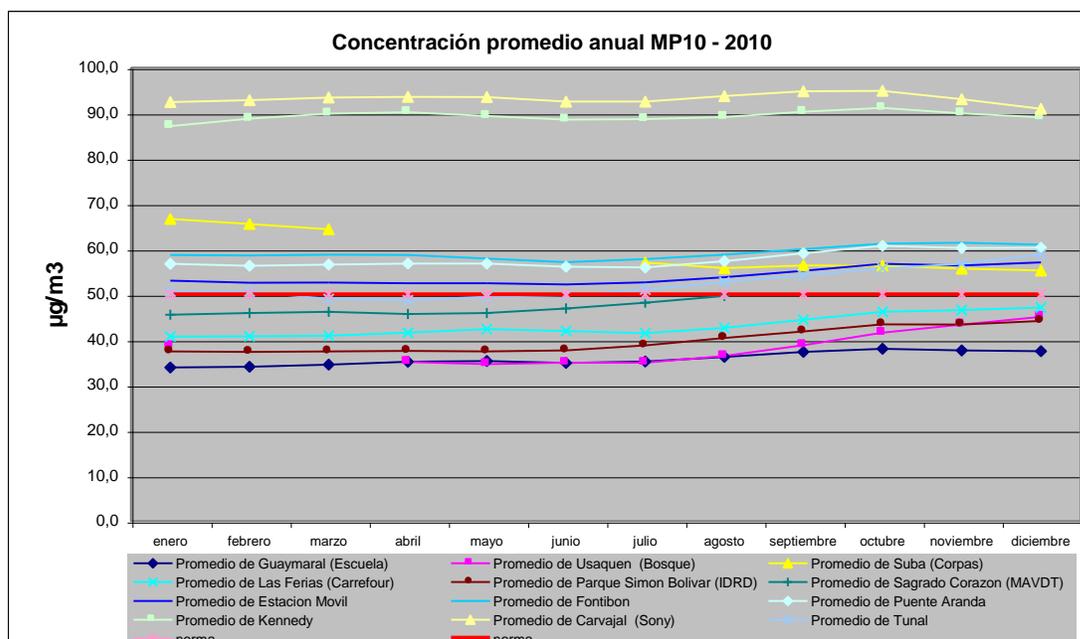


Figura 14. Promedios anuales, por estación, año 2010.

En la Figura 14 se presentan los promedios anuales calculados para cada mes del año 2010 en cada una de las estaciones que monitorearon este contaminante y cuya representatividad fue mayor al 75%. La norma de referencia que para 2009 estaba en $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pasó a estar en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a nivel local para el 2010 y a nivel nacional pasará desde el 2011. Respecto a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aumenta el número de estaciones comprometidas, además de las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 9 Kennedy, No 11 Suba, se agregan las estaciones de la Zona industrial -E. Móvil que durante el año estuvo situada en la calle 13 con carrera 32, Fontibón y Puente Aranda, donde se supera la norma anual en todos los meses. En las demás estaciones se mantuvo por debajo del límite establecido en la normatividad.

Tabla 3. Resumen de datos PM10 promedios anuales por estación para el 2010

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio Anual	Máximo Anual Norma 1208 (Anual): $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Guaymaral	100%	36	38
Usaquén	72%		46
Suba	70%	59	69
Las Ferias	100%	43	47
Chico lago			
Parque Simón Bolívar	100%	40	45
Sagrado Corazón	63%		50

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio Anual	Máximo Anual Norma 1208 (Anual): 50 µg/m ³
Zona Industrial – E. Móvil	100%	54	57
Fontibón	100%	59	62
Puente Aranda	100%	59	62
Kennedy	100%	89	91
Carvajal	100%	93	95
Tunal	100%	52	60

El promedio de las concentraciones anuales de PM₁₀ encontradas en las estaciones de la RMCAB para el 2010 se presentan en la Figura 15. La estación No. 3 Carvajal reportó el máximo promedio, seguida de la estación No. 9 Kennedy. Con el nivel de control en 50 las estaciones de Suba, Móvil, Fontibón, Puente Aranda y Tunal exceden este nivel.

En la Tabla 4 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1999 y el 2010, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año se incluyen todas las estaciones, para los años 2007 a 2010 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 donde, por problemas operacionales, no se puede calcular el promedio anual por falta de representatividad; también se muestra el valor dado por la Resolución 1208 de 2003 de la SDA como norma para promedios anuales.

Para la correcta lectura del cuadro se debe tener en cuenta que los datos de 2005 a mayo de 2008 de las estaciones Las Ferias, Fontibón, Carvajal, Tunal se hicieron con equipos que al correlacionarlos con los actuales muestran un promedio horario de concentración distinto, fundamentado en el cambio tecnológico que prevé ajustes por presión y temperatura que los equipos anteriores no hacía, 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 esta situación no se reportan los niveles de 2008 para estas estaciones.

Tabla 4. Concentraciones de PM10 promedios anuales a 31 de diciembre de cada año.

Estación	Concentración PM10 en [µg/m ³] ⁵												
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
8 Guaymaral				43	50	54	54	55	30	35	35	34	38
1 Usaquén	33	31	31	29	24				38	40	44	37	46
11 Suba (Corpas)	54	40	47	81	97	91	80	90	83	71	52	69	56
6 Las Ferias				78	97		85	79	60	71		40	48
10 Chico Lago	32	34	35	37	39	33	33	29	44				
5 P. Simón Bolívar								58	42	50	41	37	45

⁵ Los cuadros en amarillo corresponden a datos en revisión por cambio en la serie de datos.

Estación	Concentración PM10 en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^5$												
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sagrado Corazón													
Zona Industrial E. Móvil												52	57
14 Fontibón			93	91	96	97	94	101	85	87		59	61
13 Pte. Aranda			103	93	98	102	107	113	93	99		56	61
9 Kennedy									100	98	96	86	89
3 Carvajal (Sony)	80	77	63	86	61	53	49	69	73	59		93 ⁶	91
4 Tunal									107	98		50	60
San Cristóbal													
7 Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64	71	63		

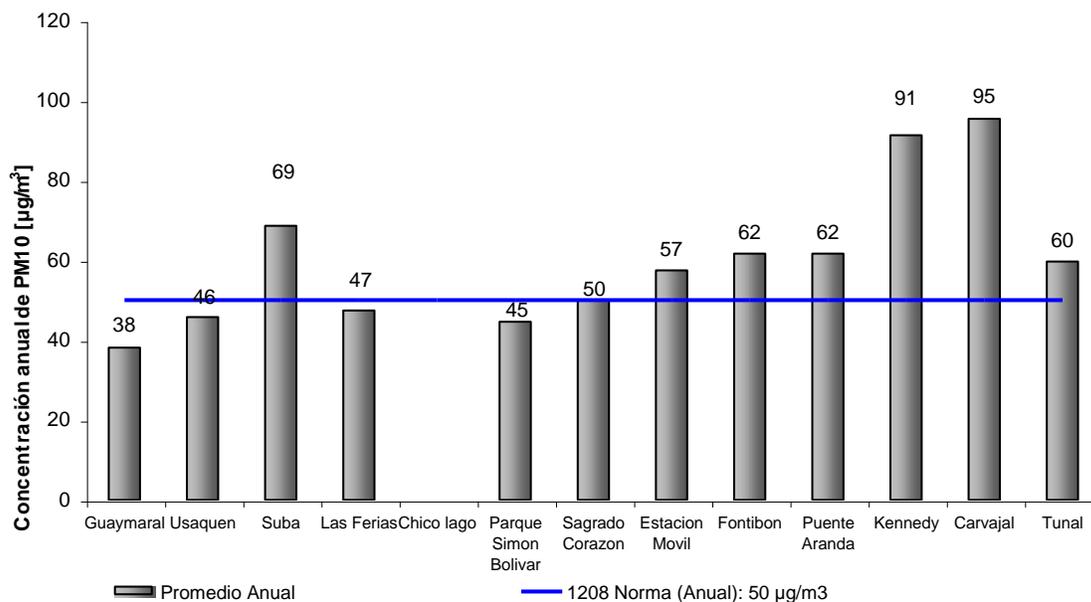


Figura 15. Máxima concentración promedio anual de PM₁₀ por estación durante el 2010

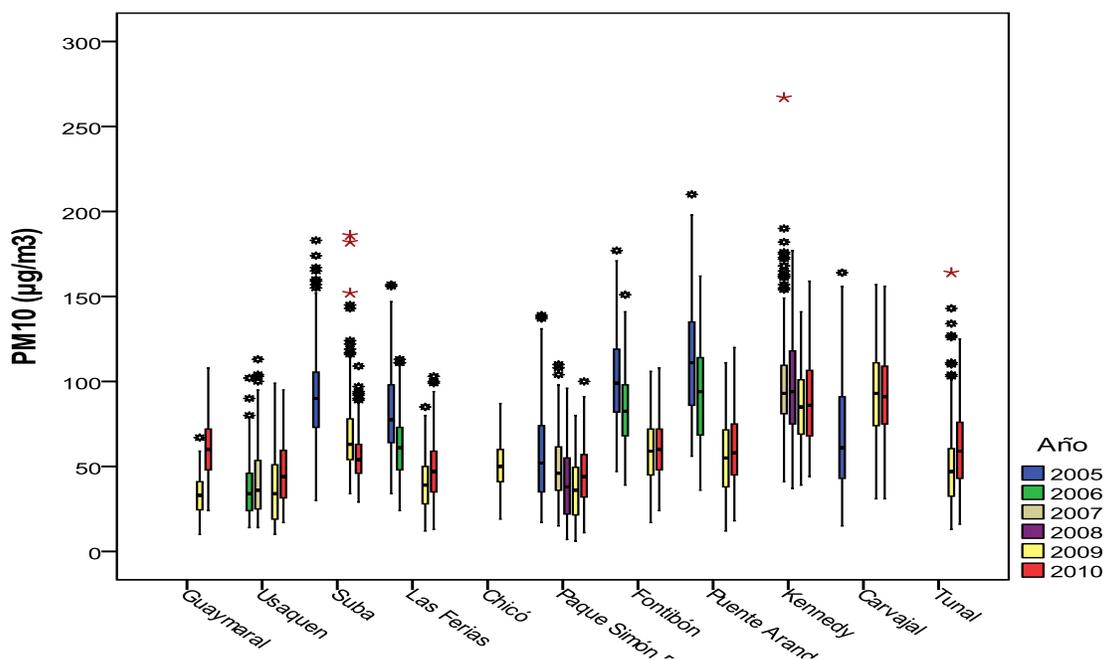


Figura 16. Gráfico de *Box-Plot* para PM10 24 horas por estaciones comparando 2010 con años anteriores

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 2007 y 2008, adicionalmente Chico no entra en el análisis en los años 2007 - 2009 por que las series están siendo analizadas técnicamente por variación con el cambio de equipos; por esto se va a realizar comparaciones de los dos últimos años entre las estaciones; para el año 2010 las estaciones que registran menor concentración son Usaquén y Parque Simón Bolívar con mediana de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cada una, las de mayor son Carvajal y Kennedy con 91 y $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; el contaminante en el último año tuvo un comportamiento similar con respecto al 2009 en la mayoría de las estaciones, para Carvajal presenta un leve descenso y en Suba adicionalmente sus *outliers* descendieron, en el 2010 no se registran *outliers* extremos

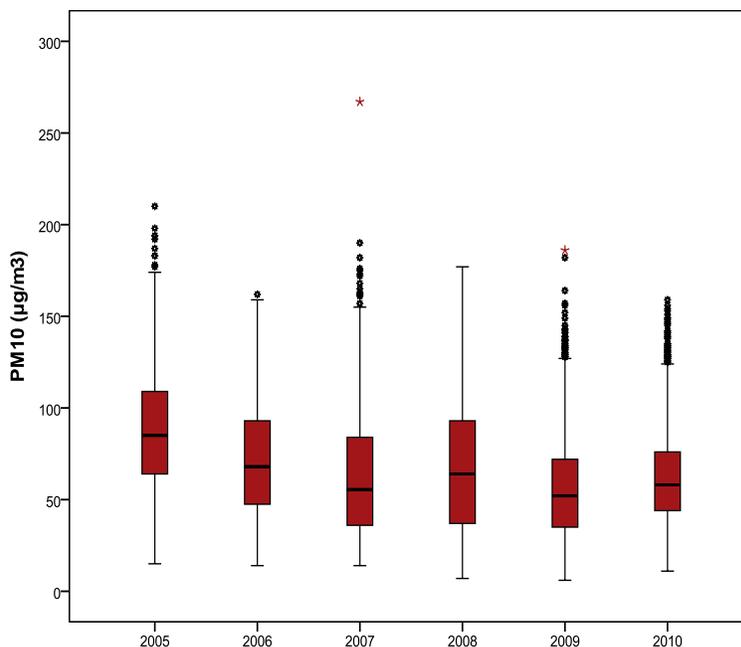


Figura 17. Gráfico de *Box-Plot* para PM10 24 horas por años.

En esta gráfica se resume el comportamiento que se ha descrito en las diferentes graficas del contaminante PM10, su nivel medio para el último año muestra un registro similar al año anterior aunque su dispersión es menor, además, la mayoría de los datos se encuentran distribuidos de una forma simétrica alrededor de la mediana, se presentan datos atípicos pero no *outliers* extremos.

1.1.2. Comportamiento de la Concentración de PM2.5

La RMCAB cuenta actualmente con 5 estaciones en que se hace medición de este contaminante, a la fecha se publica el resultado de las estaciones No. 5 Parque Simón Bolívar y No. 9 Kennedy, atendiendo que los equipos instalados en las estaciones de Usaquén, Las Ferias y Tunal se encuentran en revisión. Como la Resolución 601 de 2006 ha establecido límites para este contaminante que entran a regir a partir de enero de 2011, de 50µg/m3 como límite de concentración diaria y de 25 µg/m3 para promedio anual, éstos se toman como guía para este informe.

Máximos en 24 Horas

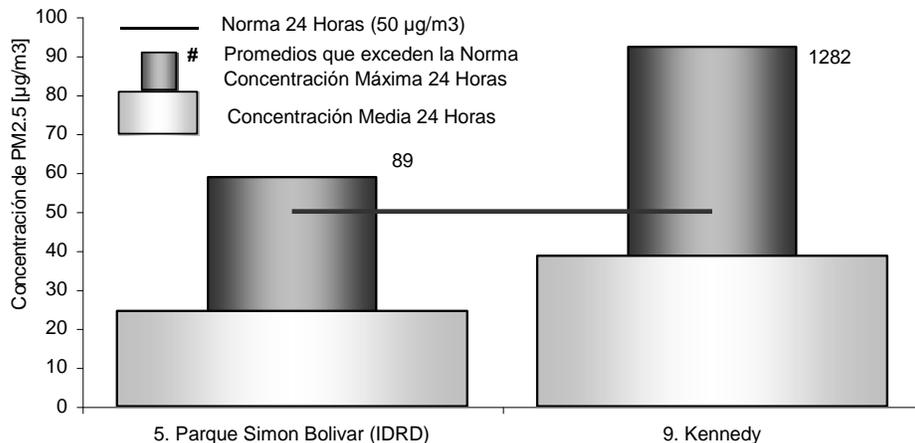


Figura 18. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas durante el 2010

A partir de los registros de la estación que monitorea este contaminante, se obtuvieron 15867 medias móviles de 24 horas de concentración de PM_{2.5} para el año 2010, que registra un 91% de representatividad temporal. De los promedios hallados 1371 superaron el valor establecido por la resolución 601 de 2006, lo que corresponde a un 9% de los promedios calculados.

Tabla 5. Resumen de datos PM_{2.5} promedios corridos de 24 horas por estación para el año 2010

ESTACION	Promedio	Máximo	Fecha de concentración máxima
Parque Simón Bolívar (IDRD)	24.5	58.8	25/08/2010 09:00
Kennedy	38.6	92.3	08/12/2010 22:00

Para el contaminante PM_{2.5} en la comparación histórica solo se tendrá en cuenta la estación de Kennedy porque es la que tiene una serie suficiente de las dos estaciones; se registran datos para la estación analizada desde el 2009 aun cuando el porcentaje de datos registrados es de 67, lo cual está por debajo del criterio recomendado por la EPA y seguido en la RMCAB⁷; a continuación se presenta los gráficos de *box-plot* por días de la semana y meses.

⁷ 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 inter comparaciones por el canal del PM_{2.5}, no obstante se realizan comparaciones entre años, haciendo esta salvedad.

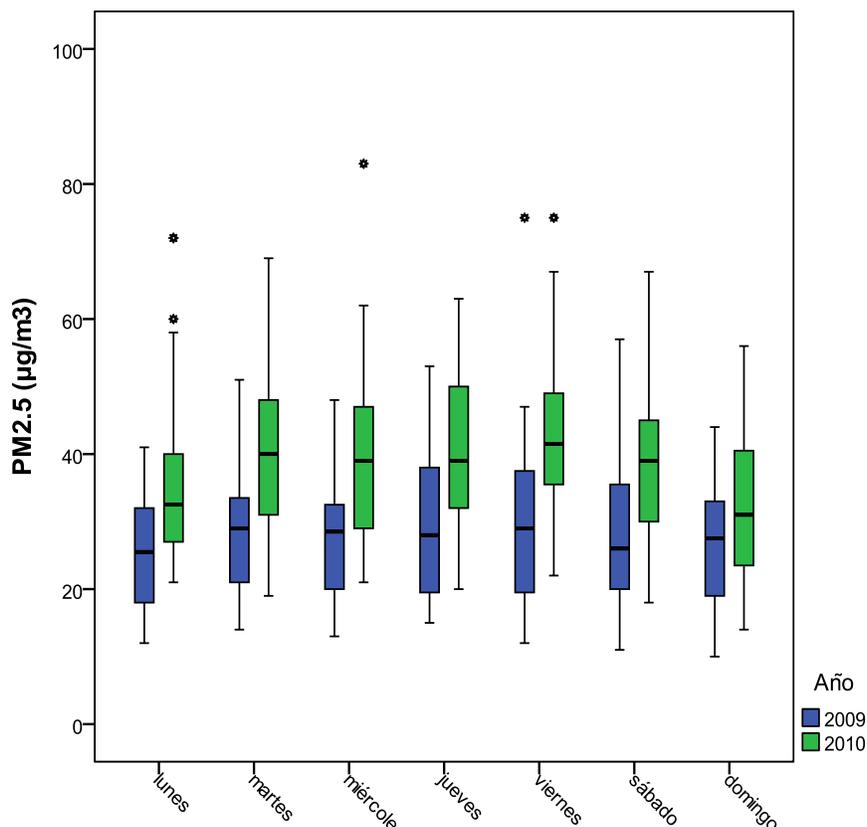


Figura 19. Gráfico de *Box-Plot* para PM2.5 por días de la semana (sobre base 24 horas) comparando año 2010.

El comportamiento del contaminante en los días de la semana para el año 2010 (ver Figura 19) registra una forma cóncava con un pequeño punto de inflexión el día miércoles puesto que tiene un leve descenso para ese día; los días con mayor registro son el viernes y martes con 42 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente y los de menor domingo y lunes con 33 y 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; para el 2010 los datos presenta dispersión en general siendo la de menor el lunes y viernes; con respecto a la simetría los que cumplen con ello son martes, viernes y domingo; miércoles y sábado registran asimetría entre el primer y segundo cuartil y jueves entre el segundo y tercer cuartil; se registran pocos datos atípicos. Comparando con el año anterior se presenta el mismo comportamiento pero en menor escala con respecto a la concentración para el año 2009, siguiendo la comparación entre los dos años la dispersión para el 2009 es un poco mayor con respecto al 2010.

El PM2.5 para el 2010 (ver Figura 20) no se registran datos en el mes de Junio; el comportamiento del contaminante presenta una figura sinusoidal con puntos de inflexión en Febrero, Julio, Septiembre y Octubre, con 44, 25, 41 y 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, siendo los meses de Febrero y Septiembre picos y Julio y Octubre valles; lo que esto refleja son ondas más cortas para el segundo semestre; el mes de Marzo presenta simetría y dispersión baja pero que más datos atípicos registra y el único en poseer *outliers* extremos, el mes de mayor dispersión es Agosto. Con respecto al año anterior el 2010 presenta el mismo comportamiento pero con mayor concentración en todos los

meses y registro de datos atípicos, para el 2009 los meses que registran mayor dispersión son Febrero y Mayo, los de menor son Enero y Julio.

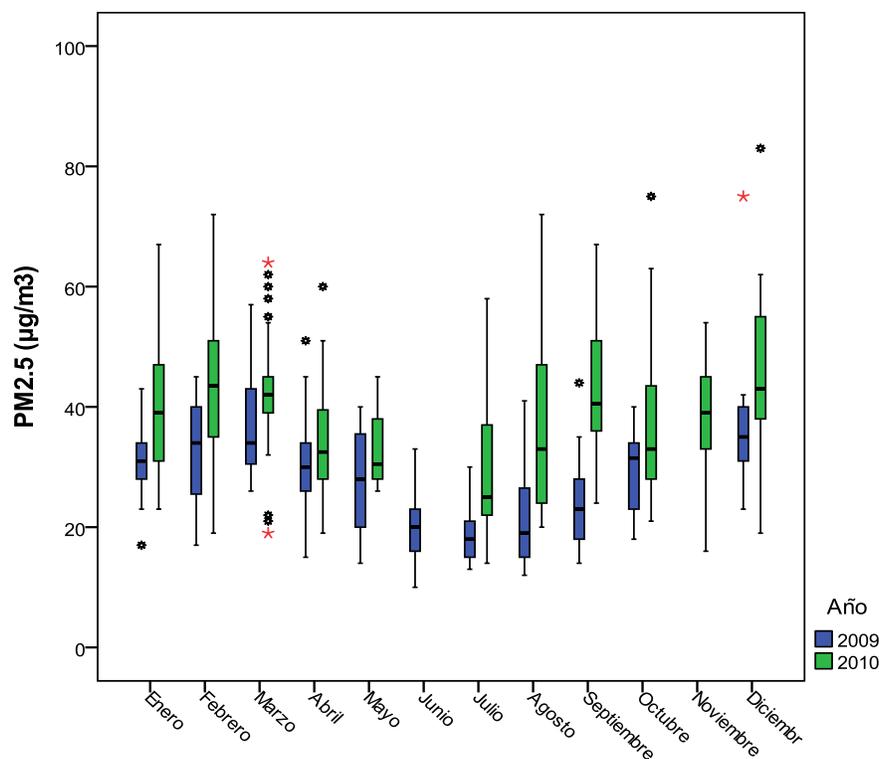


Figura 20. Gráfico de Box-Plot para PM10 por meses (desde base 24 horas) comparando Año 2010.

Promedios Anuales de PM_{2.5}

En la Tabla 6 se relaciona el número de excedencias a la norma anual (que entra a regir desde el 1 de enero de 2011), el 100% de los promedios exceden el nivel normado en la estación de Kennedy⁸ y el 2% en la estación de Parque Simón Bolívar.

Tabla 6. Resumen de datos PM2.5 promedios anuales por estación para el 2010

ESTACION	Promedio	Máximo Anual	Excedencia sobre 25 µg/m3 (norma anual R.601)
Parque Simón Bolívar (IDRD)	21.6	25.0	1
Kennedy		38.8	37

⁸ La representatividad temporal fue baja, del 10% de los promedios anuales, el canal de PM2.5 entre octubre y diciembre de 2009 se usó para realizar intercomparación entre equipos de PM10.

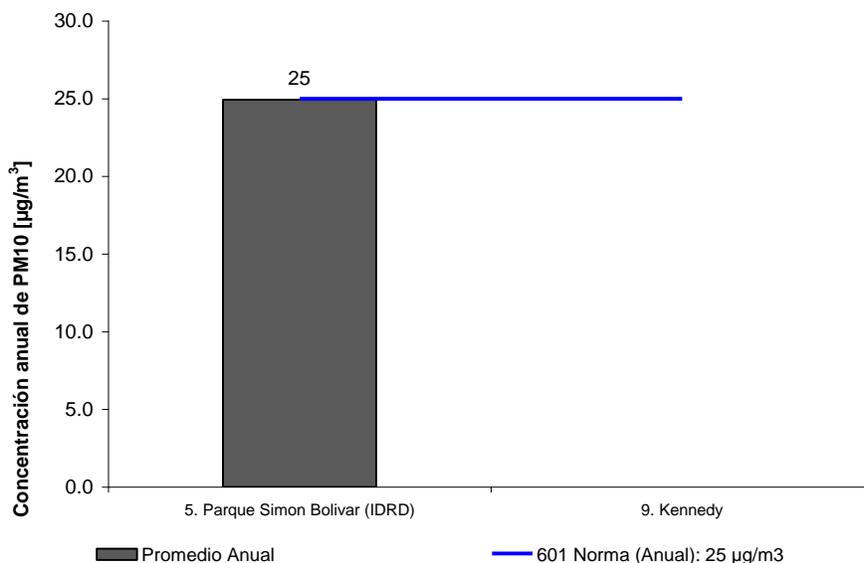


Figura 21. Concentración promedio anual de PM_{2,5}

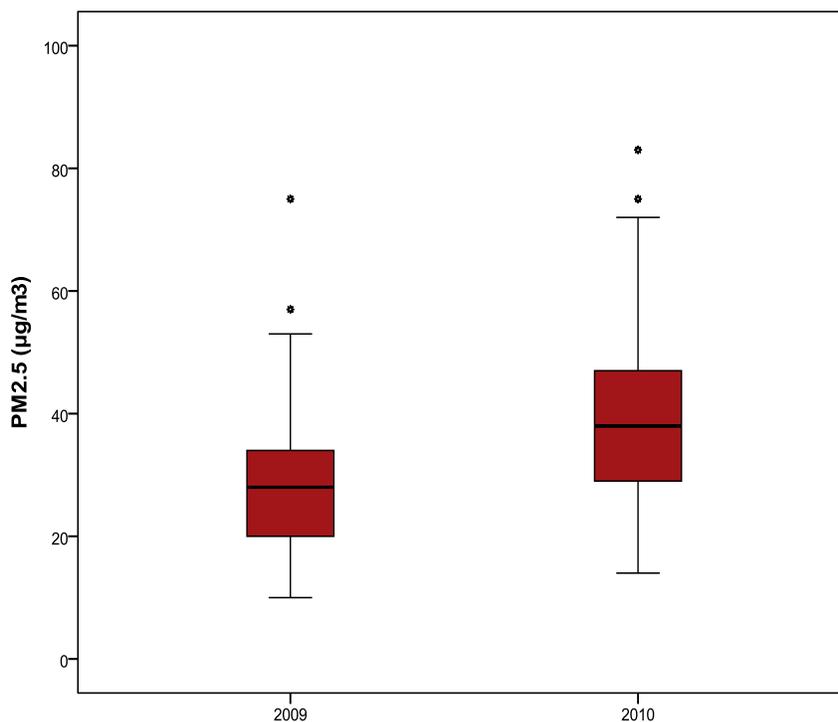


Figura 22. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por año 2010

El contaminante PM_{2,5} en la estación de Kennedy (ver Figura 22) para el año 2010 presenta simetría con respecto a su mediana que es de 38 µg/m³, dispersión baja es decir la mayoría de datos se encuentra alrededor de la mediana, presenta pocos datos

atípicos y no presenta *outliers* extremos, Para el 2009 también se registra baja dispersión, una leve asimetría en el primer cuartil, en comparación para los dos años se nota claramente un aumento para el último año concerniente a la concentración.

1.1.3. Comportamiento de la Concentración de PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la RMCAB durante el 2010 se ha contado con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal.

Máximos en 24 Horas

En la estación No. 3 Carvajal, se reportaron 8081 promedios corridos de 24 horas recolectados para de los cuales ningún promedio excedió la norma y el 50% de éstos estuvo por debajo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (la mitad del valor de la norma).

En la Figura 23 se resume lo expuesto anteriormente y se identifican los valores máximos del promedio 24 horas de PST registrados para Carvajal.

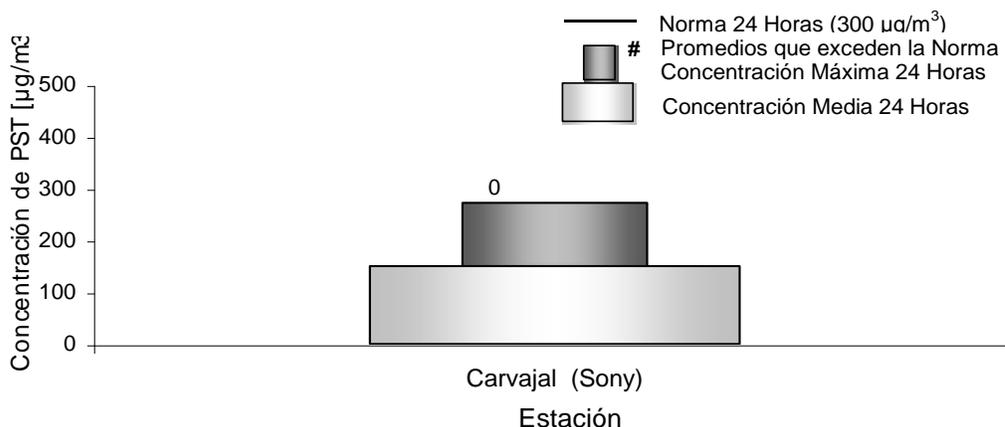


Figura 23. Concentraciones de PST para 24 horas durante el año 2010

El comportamiento de los días de la semana en el 2010 (Figura 24) presenta similitud a una forma cóncava, esto se debe que la semana inicia con incremento del contaminante hasta llegar a su máximo el día jueves con una concentración de $170^9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, luego baja en el fin de semana hasta medir el domingo $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo el menor registro de PST; como se puede apreciar esta descripción es similar en todos los años; ahora comparando la concentración del contaminante del último año con respecto al 2009 se muestra un incremento en casi todos los días exceptuando al martes que para el 2009 registra una concentración de $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el 2010 baja a $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$; la dispersión de los datos para el último año bajo considerablemente los días sábado y domingo, por el contrario el Lunes fue el día que mas incremento registró.

⁹⁹ Las cantidades que se reportan en el informe son las medianas de las concentraciones, ya que presentan variabilidad alta y utilizar el promedio no es una medida robusta pues se deja afectar por valores extremos.

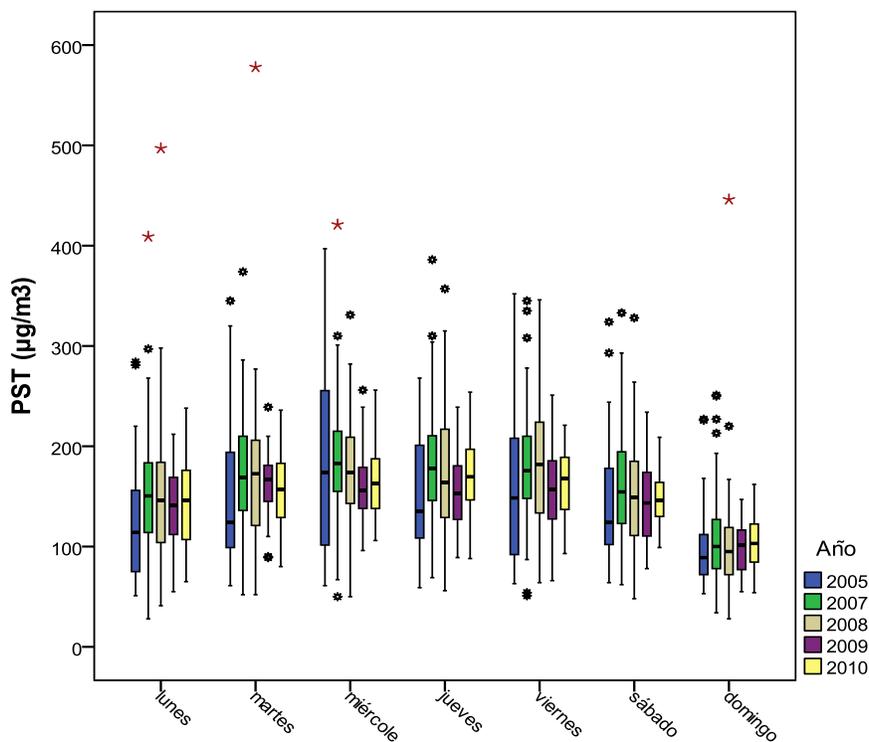


Figura 24. Gráfico de *Box-Plot* para PST por días de la semana (desde base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores

Los meses en el 2010 (Figura 25) muestra un comportamiento sinusoidal con una amplitud mayor para el primer semestre, en el segundo la amplitud es menor ya que presenta crecientes y descensos en forma alterna; en años anteriores la amplitud en cada semestre se presenta de similar forma; la concentración con respecto al año anterior presenta aumento en más de la mitad de los meses y disminución en Enero, Marzo, y el último trimestre; no se registran datos atípicos lo cual muestra que los datos tienen variabilidad pero no es extrema.

Para el análisis de los promedios anuales de PST se puede observar la Figura 25 en la cual se aprecia el comportamiento de la concentración promedio anual mes a mes de la estación de Carvajal.

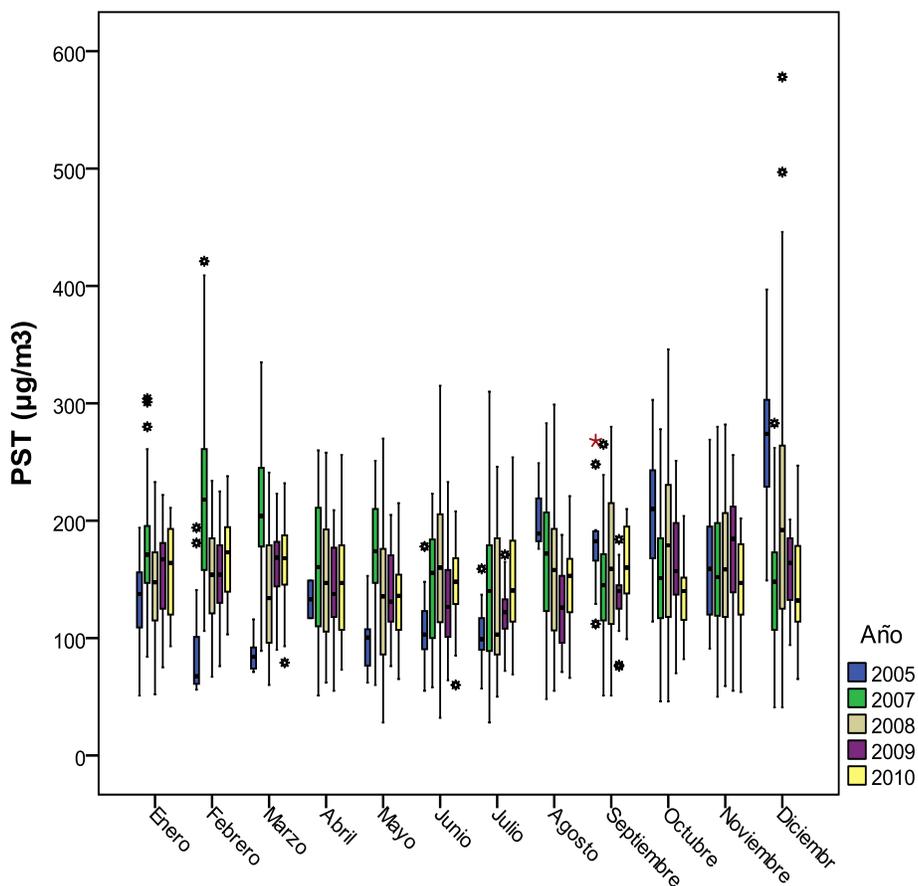


Figura 25. Gráfico de Box-Plot para PST por meses (desde base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores

Promedio Anual de PST

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. La estación Carvajal reportó en el 2010 un promedio de concentración anual de 150 µg/m³ (Figura 27). Se debe tener en cuenta que durante todo el año se excedió el límite máximo establecido por la Resolución 601 de 2006 de 100 µg/m³.

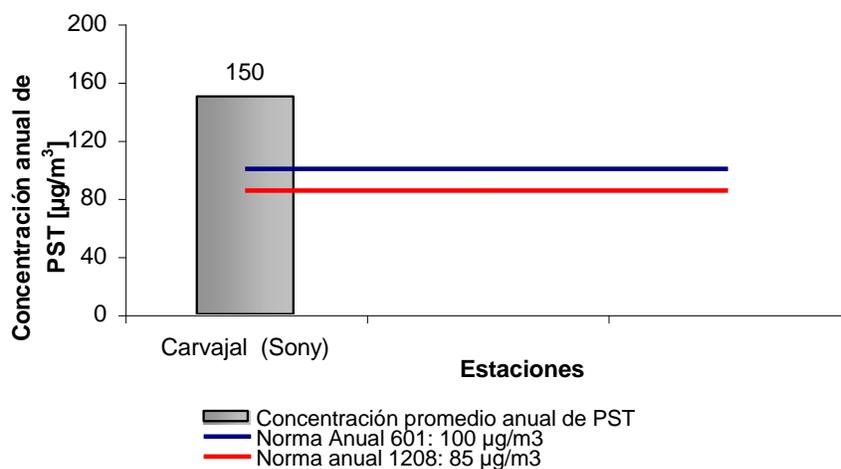


Figura 26. Concentración promedio anual de PST en el 2010 en la estación de Carvajal.

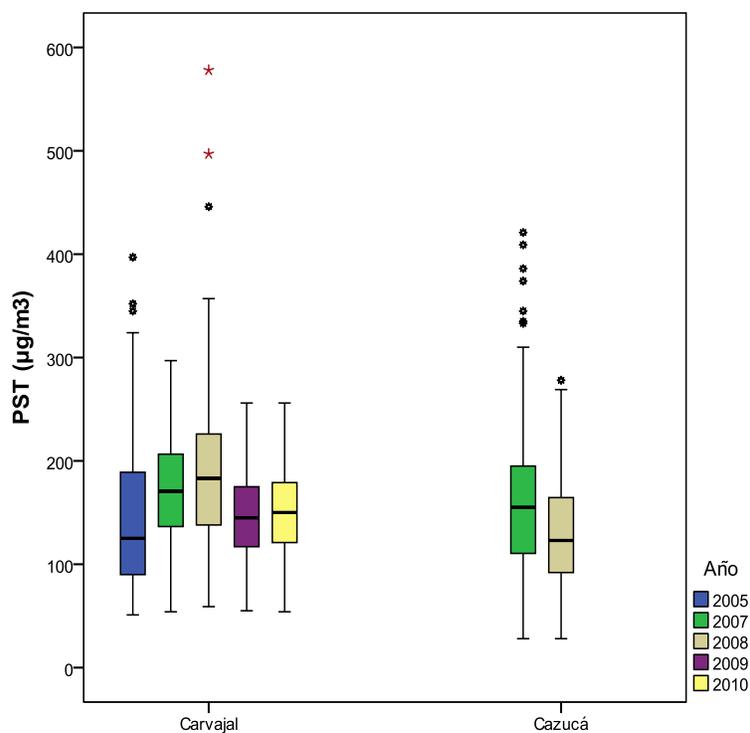


Figura 27. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando año 2010 con años anteriores

La mediana (Figura 28) para el año 2010 tiene un leve incremento con el año anterior, es decir de $145 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2009 pasa a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2010; también la poca variabilidad que presenta pues no presenta datos atípicos y los datos están concentrados alrededor de la mediana.

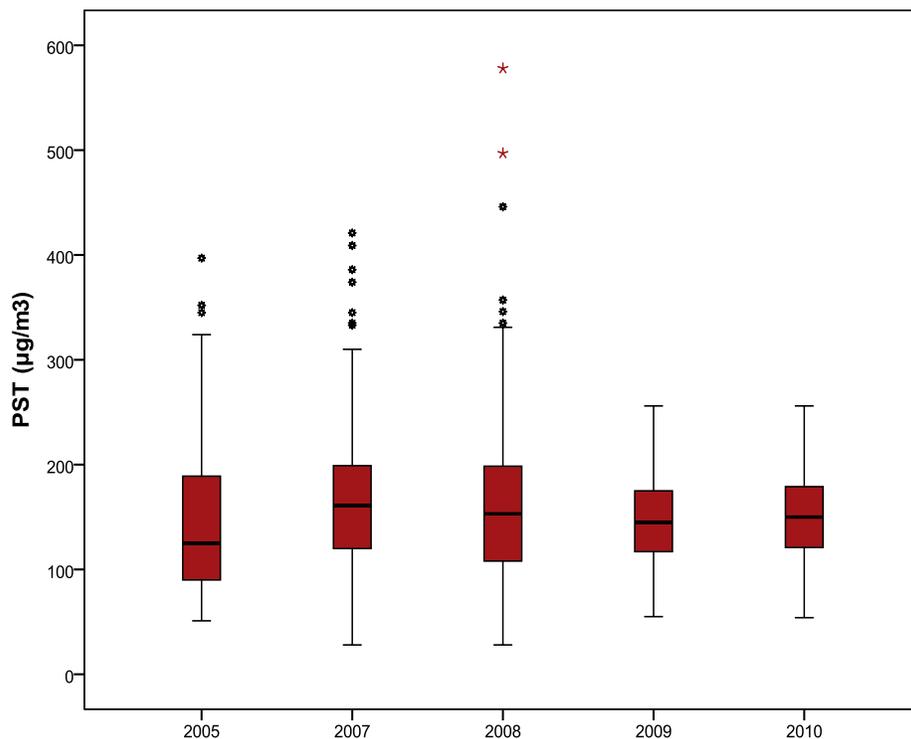


Figura 28. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por años

1.2. 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.

1.2.1. Comportamiento de la Concentración de SO₂

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 10 analizadores de dióxido de azufre (SO₂), ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. De estos equipos, tres se han visto afectados por reparación durante el 2010, éstos son los que corresponden a Carvajal, Chico Lago (estación clausurada desde el 14 de octubre de 2010) y Tunal. Por el proceso de puesta a punto de los anteriores equipos y el inicio de registro en mayo de 2010 de la estación Las Ferias, la representatividad de estas estaciones para el año es baja. 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 60916 (sesenta mil novecientos diez y seis) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 67% de los promedios posibles en el periodo. En la Tabla 7 se muestran los valores promedio y máximos de SO₂ obtenidos para promedios de 3 horas por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que garantizaban más de un 75% de representatividad de los datos, en la Figura 29 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible en la Resolución 601/06 (287 ppb) no fue excedido en ninguna oportunidad. El valor más alto de la Red registradas por la estación No. 3 Carvajal (Sony) y la media más alta se presentó en la Zona Industrial – E. Móvil

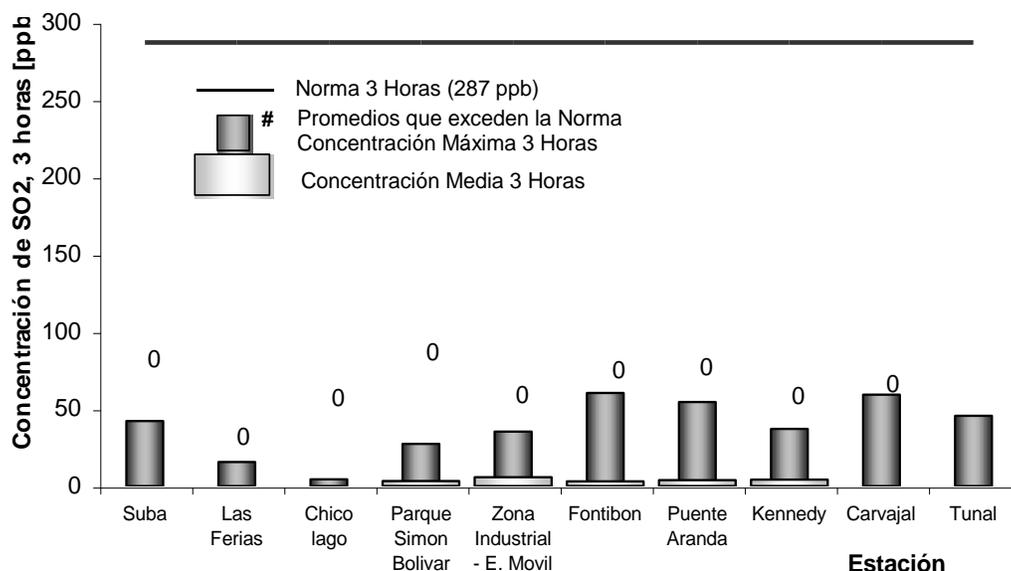


Figura 29. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el 2010

Tabla 7. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 3 horas durante el año 2010, 601 Norma (Anual): 287 ppb.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del Máximo
Suba (Corpas)	72%		42	23/11/2010 07:00
Las Ferias (Carrefour)	62%		15	16/04/2010 24:00
Chico lago (Sto.)	63%		4	25/02/2010 10:00
Parque Simón Bolívar	80%	3	27	04/01/2010 09:00
Zona Industrial - Estación	77%	6	35	26/02/2010 04:00
Puente Aranda	91%	4	54	04/03/2010 10:00
Fontibón	81%	3	60	25/03/2010 09:00
Kennedy	80%	4	37	25/03/2010 09:00
Carvajal (Sony)	33%		59	18/01/2010 15:00
Tunal	58%		45	16/04/2010 09:00

SO₂ en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO₂, se contó con 62203 (sesenta y dos mil doscientos tres) promedios, cuya representatividad temporal es del 69%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la Resolución 601/2006 (96ppb). Los mayores promedios de

cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 8, junto con la fecha de ocurrencia del evento.

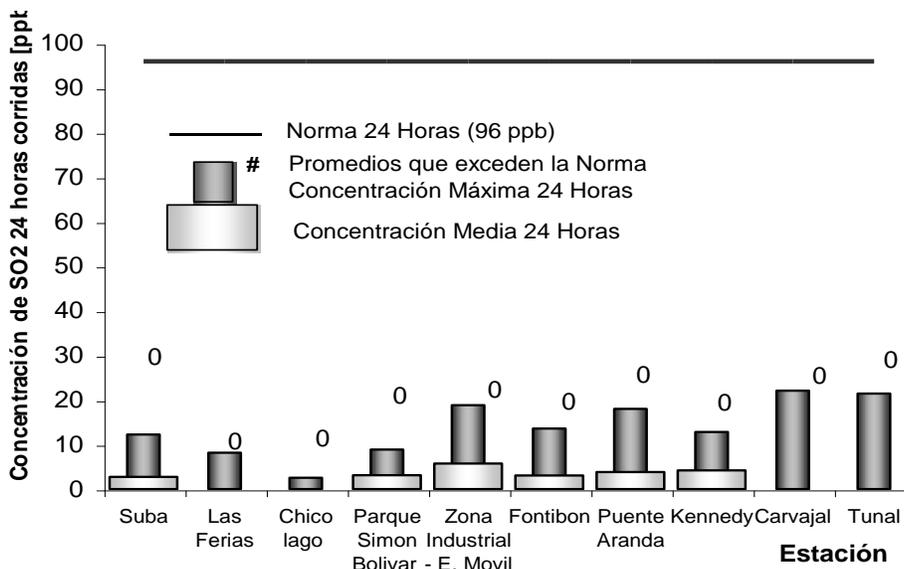


Figura 30. Concentración de SO₂ para 24 horas por estación durante el 2010

Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que contaron con más de un 75% de representatividad de los datos, la Figura 30 muestra de manera gráfica las concentraciones máximas y medias de SO₂ en cada una de éstas estaciones. Al igual que en los máximos de tres horas, la estación Zona Industrial presenta la mayor concentración promedio 24 horas.

Tabla 8. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 24 horas durante el tercer trimestre de 2010

ESTACION	Representatividad	Promedio	Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia
Suba (Corpas)	75%	3	12	13/02/2010 21:00
Las Ferias (Carrefour)	63%		8	17/04/2010 07:00
Chico lago (Sto. Tomas)	64%		3	16/02/2010 06:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	83%	3	9	04/03/2010 03:00
Zona Industrial - Estación Móvil	77%	6	19	13/11/2010 13:00
Puente Aranda	93%	4	18	04/03/2010 16:00
Fontibón	81%	3	14	25/03/2010 18:00
Kennedy	82%	4	13	18/11/2010 17:00
Carvajal (Sony)	33%		22	13/02/2010 01:00
Tunal	59%		21	16/04/2010 11:00

Para el año 2010 se ha disminuido la cantidad de estaciones que monitorean el SO₂ por efectos de mantenimiento de equipos.

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, por que involucra dos niveles distintos. La serie se expone en su totalidad, pero se advierte que se encuentra en estudio, para identificar si los niveles de concentración son correctos, en lo que sigue se omitirán entonces referencias distintas a las tendencias inscritas en cada serie y que puedan ser relacionadas con el 2010.

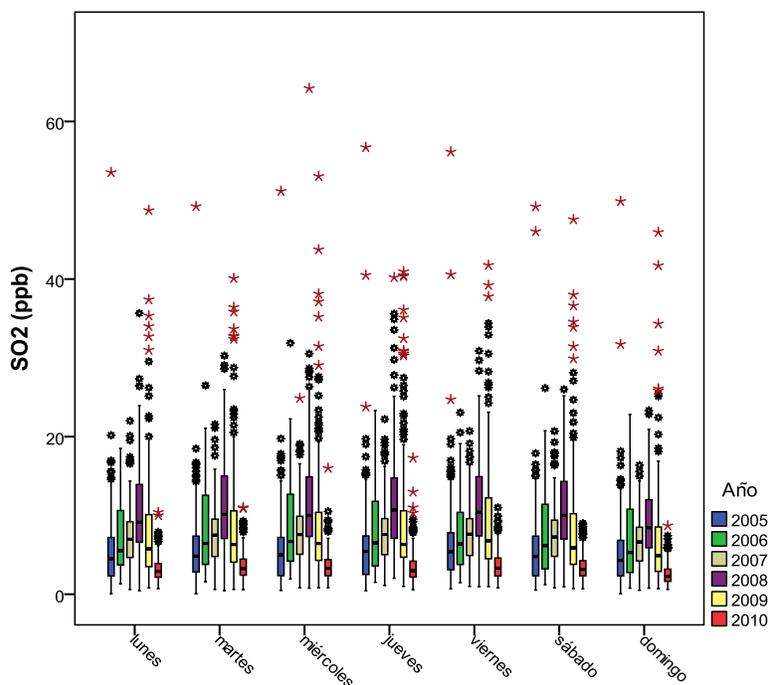


Figura 31. Gráfico de *Box-Plot* para SO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando el año 2010 con años anteriores

El comportamiento del contaminante SO₂ muestra una leve forma cóncava en el transcurso de la semana para el año 2010, registrando la mayor concentración los días miércoles y viernes con 3.30 y 3.31 ppb respectivamente, el fin de semana la concentración baja siendo el domingo el de menor emisión del contaminante en la semana.

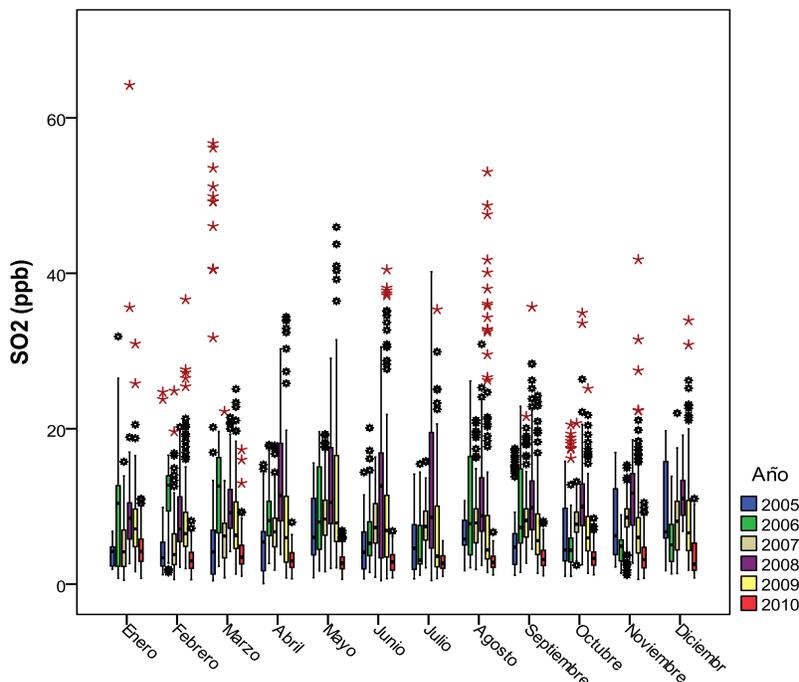


Figura 32. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores

El comportamiento del contaminante SO₂ en el transcurso de los meses para el año 2010 (Figura 32) presenta en general una leve tendencia decreciente para el primer semestre salvo por el mes de marzo que registró un crecimiento, para el segundo semestre se reporta una tendencia creciente pero en Diciembre tiene disminución en su mediana; como se menciona en la grafica anterior la disminución de su dispersión es notoria así como reducción de los datos atípicos y atípicos extremos, el mes que mayor concentración registrado es Enero y el de menor Mayo; con respecto años anteriores los cuatro primeros meses no siguen el patrón en los años 2005 a 2008 de tendencia lineal creciente, para los otros meses si se desarrolla dicha conducta.

SO₂ anuales

Durante el tercer trimestre de 2010 se obtuvieron 2053 (dos mil cincuenta y tres datos) de promedios anuales de la concentración de SO₂, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (31ppb). Estos datos tienen una representatividad de 44%, en relación con los equipos instalados.

En la Figura 33 se muestran los promedios anuales del 2010 para cada una de las estaciones que contaron con representatividad.

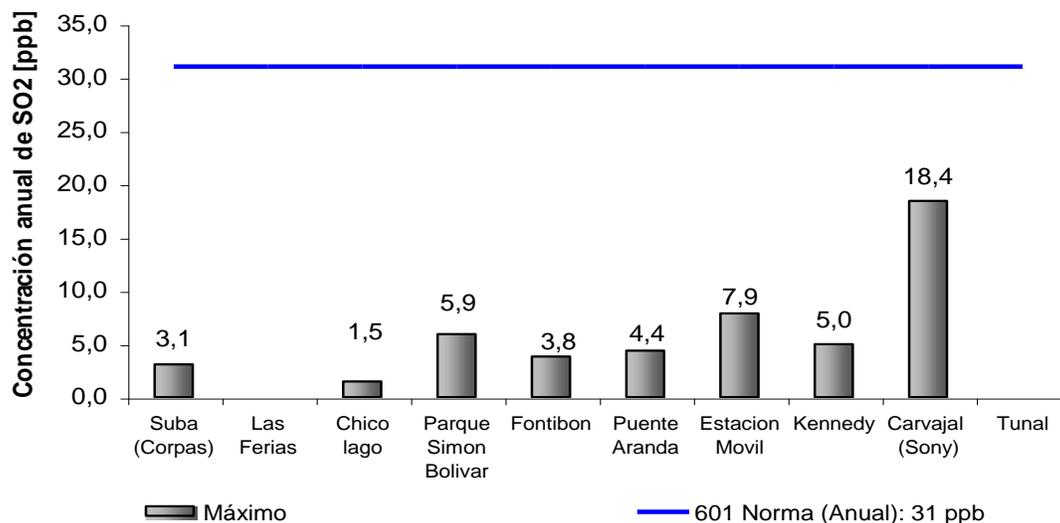


Figura 33. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante el 2010.

En la Tabla 9 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales de los años 1998 hasta 2010, correspondientes a las estaciones que miden SO₂, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. En la estación No. 12 Zona Industrial- E Móvil se presentó la mayor concentración promedio anual del SO₂.

Tabla 9. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

No	NOMBRE	Concentración en [ppb]												
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
11	Suba (Corpas)												4	3
6	Las Ferias			8	9	8	3	19	5		6	7		
10	Chico Lago	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9		
5	Parque S.B.						18	6	9	6	6	7	6	3
2	Sagrado Corazón	5	7	6	4	4	6			4	4	4		
12	Zona Industrial- E Móvil													6
14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11		3
13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9	4	4
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	
7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14	14		
4	Tunal												8	

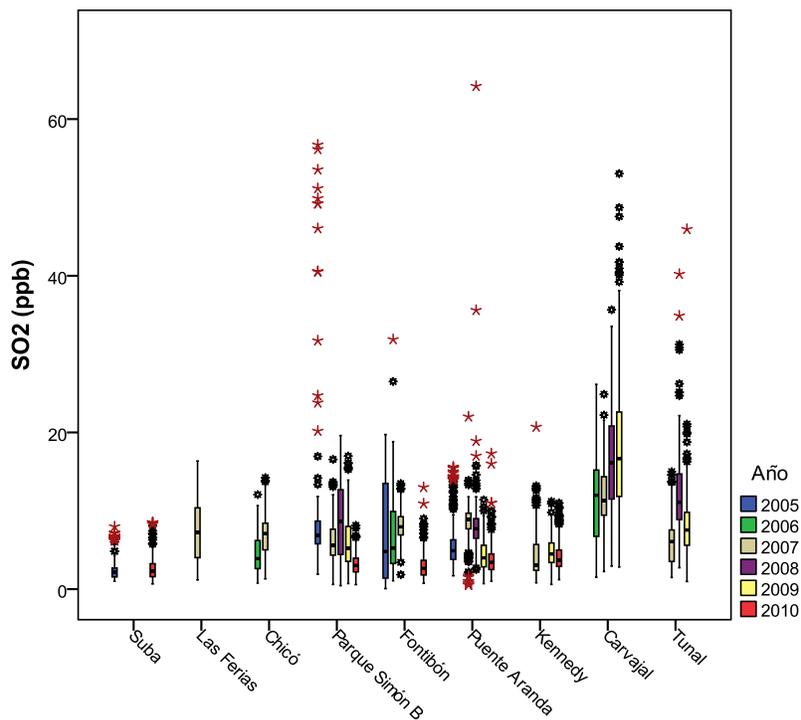


Figura 34. Gráfico de *Box-Plot* para SO2 24 horas por estaciones comparando año 2010 con años anteriores

El comportamiento general del contaminante se vuelve a ratificar en las graficas de las estaciones (Figura 34) donde su mediana y dispersión son muy bajas con respecto años anteriores; para el año 2010 cinco estaciones registraron el porcentaje de datos mayor a 75% de los datos por ellos entraron en el informe, siendo la estación de Kennedy la que registra un leve nivel de superioridad en cuanto a su mediana por ello es la de mayor registro, las otras estaciones presentan un comportamiento similar; la estación de Puente Aranda presenta el mayor registro en cuanto datos atípicos y *outliers* extremos, la disminución de estos datos atípicos en el último año comparado con años anteriores es sensible.

Como se advirtió el SO2 para el 2010 muestra un comportamiento excepcional (ver Figura 35), que sugiere que tienen incidencia la influencia de la modernización de equipos a mediados de 2009 y la insuficiencia de datos de la estación de Carvajal, que normalmente aporta los datos altos de la serie, con lo cual se muestra en relación con años anteriores, una mediana y dispersión de los datos bajas. La situación descrita tiene efectos en el año 2009 donde se aprecia una gran presencia de datos atípicos y *outliers* extremos que hayan explicación en parte, en el cambio reseñado que obró a mediados de ese año. La relación en la serie histórica se reevaluará una vez se verifique la situación de los datos históricos.

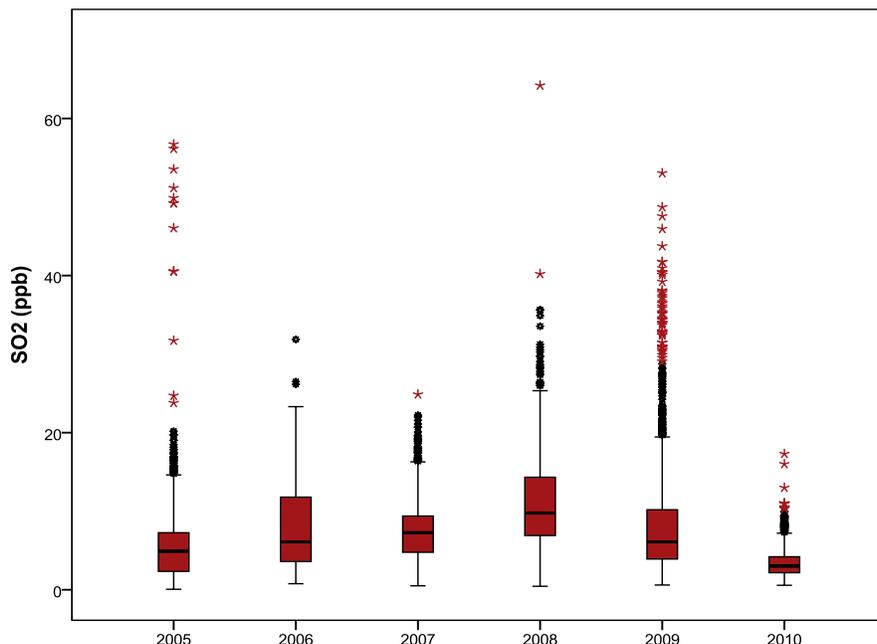


Figura 35, Gráfico de Box-Plot para SO2 24 horas por años.

1.2.2. Comportamiento de la Concentración de NO2

En el año 2009 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 68373 (sesenta y ocho mil trescientos setenta y tres) datos de promedios horarios, con una representatividad del 77% afectada especialmente por la representatividad de las estaciones de Guyamaral, Zona Industrial – E. Móvil y Fontibón que se sometieron a mantenimiento correctivo y Kennedy que inicia en el mes de marzo. Se registraron 6 promedios horarios superiores a la norma (106 ppb Resolución 601 2006), como se observa en la figura 36. 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. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 10.

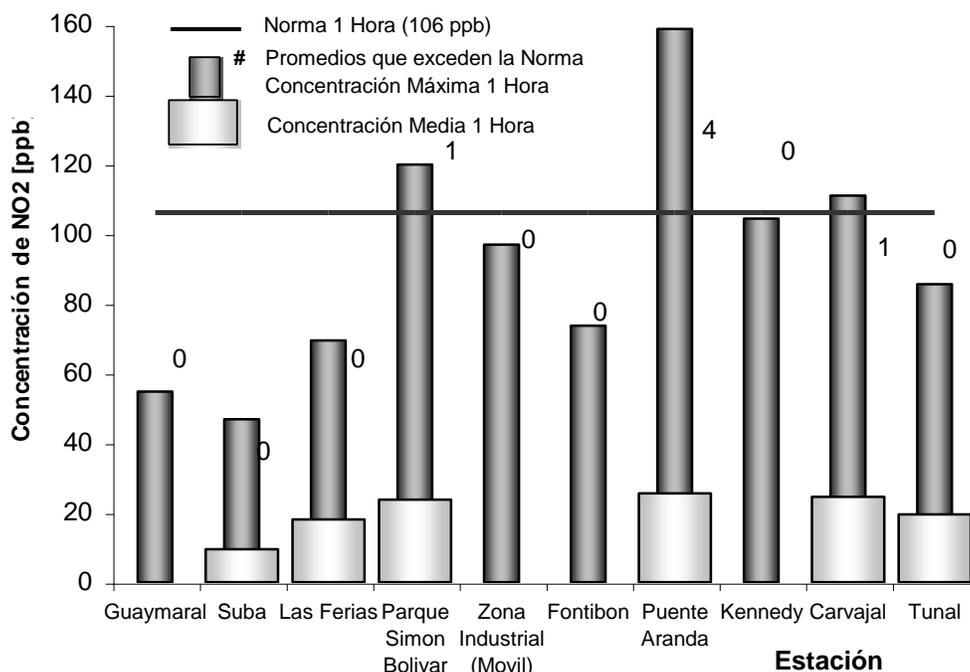


Figura 36. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el 2010.

Tabla 10. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios horarios de NO₂ durante el 2010.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio	Máximo, Norma (1 hora): 106 ppb	Periodo de ocurrencia del Máximo
Guaymaral	68%		55	07/10/2010 14:00
Suba	97%	9	47	29/11/2010 17:00
Las Ferias	82%	18	69	04/03/2010 09:00
Parque Simón Bolívar	93%	24	120	25/02/2010 10:00
Zona Industrial (Móvil)	56%		97	01/10/2010 09:00
Fontibón	63%		74	29/09/2010 10:00
Puente Aranda	90%	26	159	04/03/2010 10:00
Kennedy	69%		104	30/09/2010 18:00
Carvajal	84%	25	111	04/03/2010 09:00
Tunal	79%	19	86	23/10/2010 09:00

NO₂ en 24 horas

Para el 2010 se calcularon **64720** (sesenta y cuatro mil setecientos veinte) datos de promedios 24 horas de NO₂, que corresponden a una representatividad del 77%. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida para NO₂ en medias móviles de 24 horas (80 ppb) como se observa en la

; además se observa que las estaciones del centro (P. Simón Bolívar) y sur occidente (Fontibón y Carvajal), presentan las concentraciones medias más altas del año, las cuales se encuentran por debajo del 40% del valor de la norma. En la Tabla 11 se reportan éstos promedios 24h por estación, las concentraciones máximas y el día en que ocurrieron.

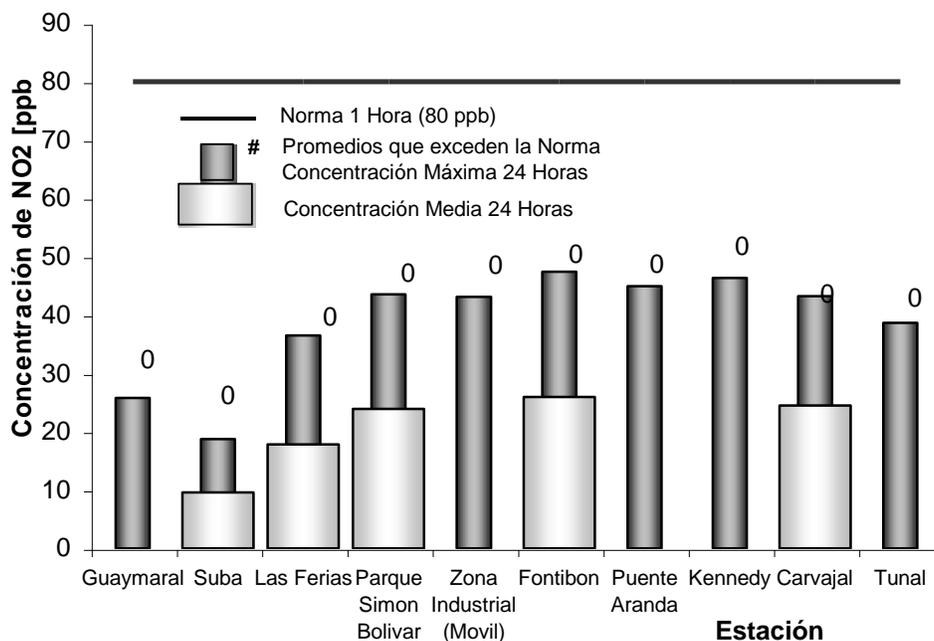


Figura 37. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el 2010

Tabla 11. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de NO₂ para 24 horas durante el 2010.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio	Máximo Norma (24 horas): 80 ppb	Periodo de ocurrencia del Máximo
Guaymaral	63%		26	29/12/2010 07:00
Suba	86%	10	19	29/09/2010 05:00
Las Ferias	79%	18	36	08/03/2010 19:00
Parque Simón Bolívar	91%	24	44	26/02/2010 07:00
Zona Industrial (Móvil)	53%		43	29/09/2010 13:00
Fontibón	88%	26	47	30/09/2010 08:00
Puente Aranda	57%		45	12/10/2010 12:00
Kennedy	65%		46	30/09/2010 20:00
Carvajal	82%	24	43	24/10/2010 08:00
Tunal	75%		39	24/10/2010 05:00

El comportamiento del contaminante NO₂ para el 2010 (Figura 38) presenta un forma cóncava con su máximo nivel de concentración el día martes 22.07 ppm de ahí en adelante presenta decrecimiento con un pequeño salto el viernes y luego vuelve a su curso normal de decrecimiento hasta llegar al más bajo el domingo con 16.7 ppm; comparado con el año anterior se presenta un alza en el contaminante para todos los días de la semana, su dispersión también registra aumento y se redujo la presencia de datos atípicos y outliers extremos.

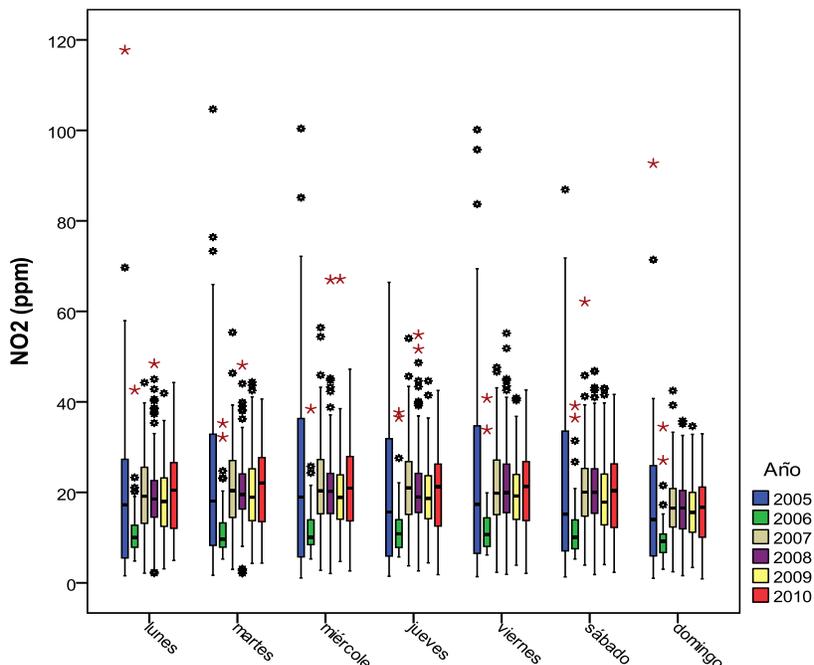


Figura 38, Gráfico de Box-Plot para NO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores.

Como se observa en la Figura 39 este contaminante se encuentra bien definido el comportamiento sinusoidal el cual para el primer semestre se registra decrecimiento y para el segundo un crecimiento donde el punto de inflexión se encuentra en el mes de Junio; revisando el registro de la mediana del 2010 con respecto al año anterior se refleja que en casi todos los meses se presentó incremento salvo en algunos meses del segundo semestre estos son Agosto, Octubre y Diciembre; el contaminante registraba descenso en su tendencia desde el 2007 pero para el último año se incrementó tanto en su mediana como en su dispersión donde sí se noto disminución es en los datos atípicos y *outliers* extremos.

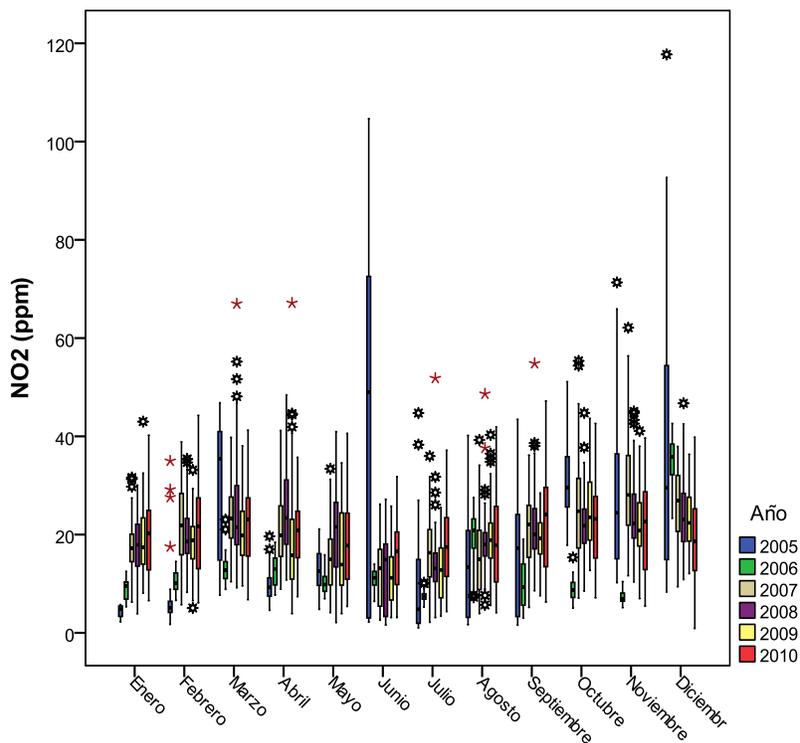


Figura 39. Gráfico de *Box-Plot* para NO₂ 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores.

Promedio Anual de NO₂

Durante el 2010 se obtuvieron 1742 (un mil setecientos cuarenta y dos) datos de promedios anuales de la concentración de NO₂, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (53 ppb). Estos datos tienen una representatividad de 45% atendiendo que los equipos de Suba y Kennedy iniciaron a funcionar respectivamente en mayo de 2009 y marzo de 2010, lo cual baja la representatividad para este tipo de promedios.

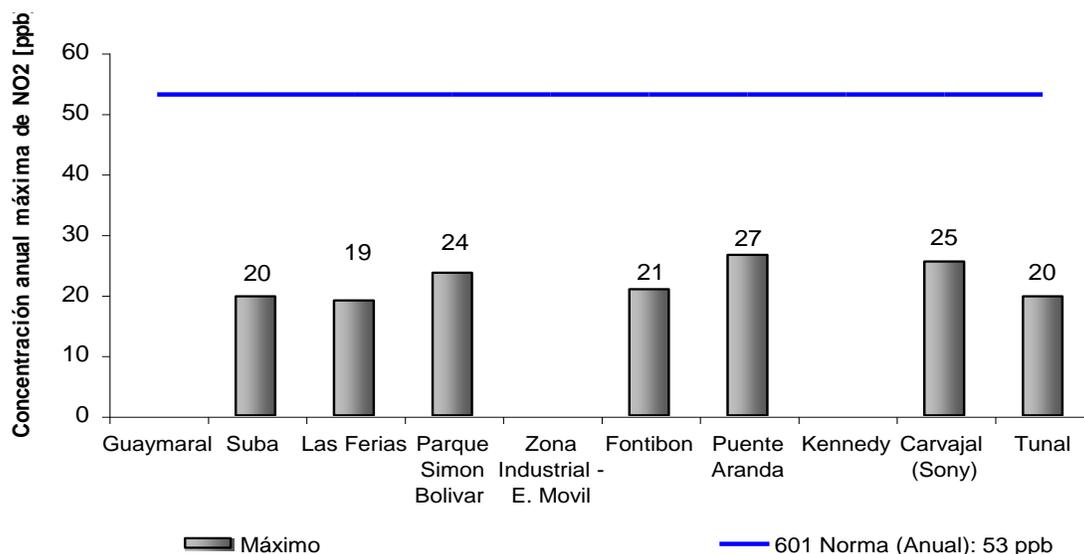


Figura 40. Concentración promedio anual de NO₂ por estación durante el 2010

Ninguno de los promedios anuales superó la norma anual establecida en 53 ppb. Sólo las estaciones de Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Puente Aranda y Carvajal presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%. En la Figura 40 se muestran los promedios anuales del 2010 para cada una de las estaciones.

Tabla 12. Concentraciones de NO₂ – Promedios anuales, calculado a 31 de diciembre de 2010

SECTOR	No	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Norte	8	Guaymaral				10	8	6	6						
	1	Usaquén	12	8	9	7		12							
Noroccidente	11	Suba	8	5	5			12	12	16					10
	6	Las Ferias			4	16	9	17		21	12				18
		Engativá	7	9											
Centro	10	Chico Lago	24	20	13	20	19	16	4	6					
	5	Parque Simón Bolívar	19	22				4	6	11	15	13	21	22	24
		Universidad Nacional	18	21	24	23	35								
	2	Sagrado Corazón	14	21	21	20	19			22					
	12	Zona Industrial – E. Móvil													
	12	Zona Industrial – CADE	18	7	7	8	11								
sur occidente	14	Fontibón		19	14	14	12	1	5	4		19	20	21	
	13	Puente Aranda		27	20	19	19	5		36		27		18	26
		olaya	16	21	19	14									
	9	Kennedy													
	3	Carvajal	19	18	16	49		1	4	1				25	25

SECTOR	No	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	4	Tunal													20
		central de mezclas				7	8								
	7	Cazucá	18	14	17	14	7	3							

En la Tabla 12 se aprecia que en la estación No. 13 Puente Aranda se presentó la mayor concentración promedio anual del NO para el 2010. En esta tabla los cuadros en gris refieren promedios reportados con representatividad inferior al 75%

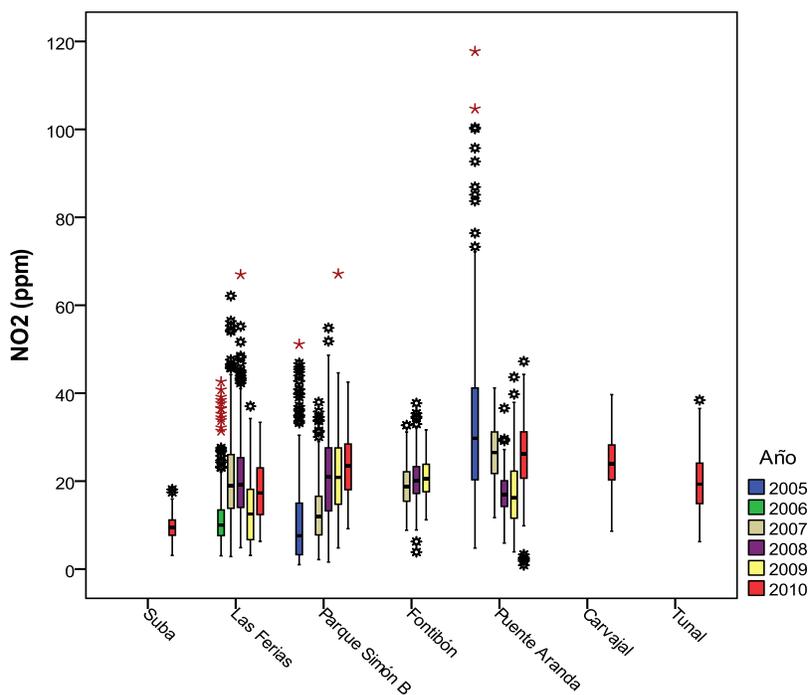


Figura 41. Gráfico de *Box-Plot* para NO₂ por estaciones comparando año 2010 con años anteriores (base 24 horas).

La estación que mejor comportamiento registra por su baja concentración y dispersión en el último año es Suba (ver Figura 41), las demás presenta una mediana superior siendo Puente Aranda la de mayor registro; en las estaciones que se puede hacer comparación con el 2009 se muestra aumento de la concentración como se ha registrado en las anteriores graficas, también se corrobora la disminución de datos atípicos y *otuliers* extremos.

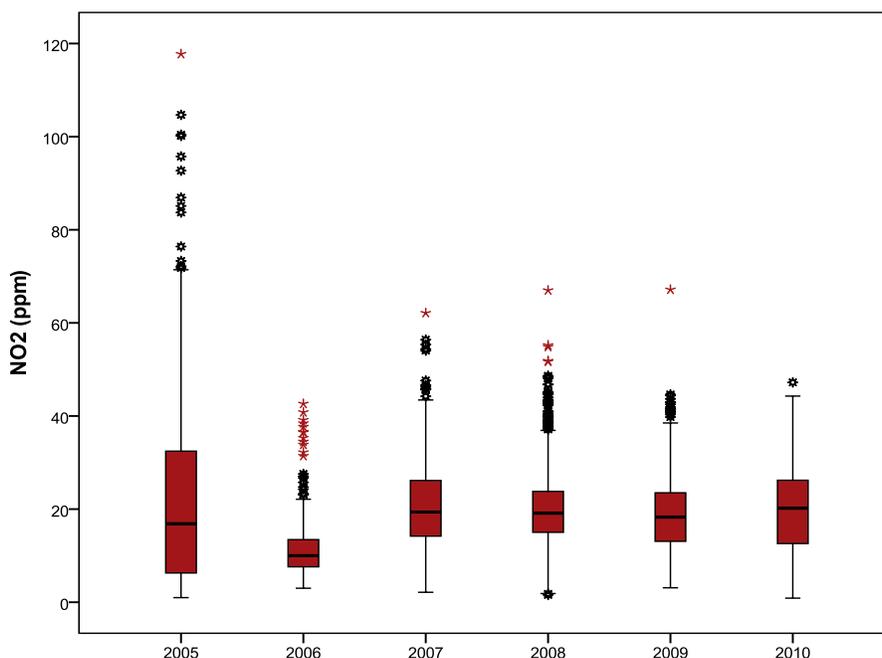


Figura 42. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por años.

En la Figura 42 se resume el comportamiento general del contaminante, se venía presentando una baja en la concentración desde el 2007 hasta el 2009, ya para el 2010 se registro aumento tanto en su mediana como en su dispersión, lo contrario pasó con respecto a los datos atípicos puesto que estos disminuyeron conforme pasaban los años y en el último año se registró tan solo un dato atípico

1.2.3. Comportamiento de la Concentración de CO

En el 2010 fueron reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO por las estaciones indicadas en la Tabla 1. El registro del contaminante en las Estaciones de Chicó Lago y Sagrado Corazón se suspendió por remodelación de la sede y en la estación de San Cristóbal se inicia a registrar desde el mes de noviembre y entra en observación operativa. 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 la recolección de la información

CO 1 hora

Se obtuvieron 76924 (setenta y seis mil novecientos veinticuatro) datos de promedios horarios de CO, respecto al año representa el 66% atendiendo el retiro de equipos e inicio de uno nuevo. Ninguno de los promedios superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006) y todos los promedios se registraron por debajo del 50% de la norma. Esto se evidencia en la Figura 43 donde además se observa que la estación Carvajal registró los mayores valores de concentración promedio de horarios de CO. En la Tabla 13 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; la estación Fontibón presenta el mayor valor de estos promedios.

Tabla 13. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de CO durante el 2010.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio	Máximo Norma (Horario): 35 ppb	Periodo de ocurrencia del Máximo
Usaquén	32%		2,8	01/12/2010 20:00
Las Ferias	85%	1,1	5,9	18/12/2010 23:00
Chico lago	75%	1,1	3,9	08/02/2010 09:00
Parque Simón Bolívar	93%	1,0	5,8	17/11/2010 21:00
Sagrado Corazón	44%		4,1	15/02/2010 09:00
Zona Industrial – E. Móvil	82%	0,9	4,1	16/12/2010 21:00
Fontibón	81%	0,6	11,7	20/10/2010 15:00
Puente Aranda	92%	0,8	5,8	08/12/2010 23:00
Kennedy	95%	1,8	5,3	04/12/2010 23:00
Carvajal	94%	1,8	8,7	07/05/2010 02:00
Tunal	93%	0,8	5,1	16/12/2010 22:00

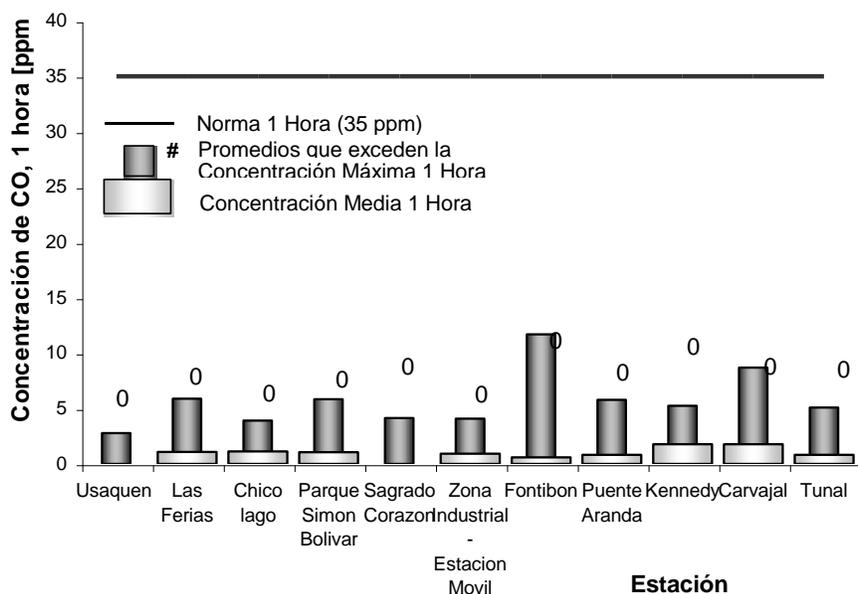


Figura 43. Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el 2010

CO 8 horas

Para el 2010 se calcularon **75504** (setenta y cinco mil quinientos cuatro) promedios de 8 horas de CO, equivalentes al 66% de los datos de promedio anuales teniendo en cuenta los equipos instalados. Durante el periodo analizado no se presentaron excedencias a la norma (8,8 ppm Resolución 601 2006). La estación No. 14 Fontibón registró las menores concentraciones promedio de 8 horas, mientras que las estaciones de Kennedy y Carvajal presentaron la mayor concentración promedio (Ver Figura 44). La Tabla 14 presenta el periodo en que ocurrieron los máximos datos de este parámetro.

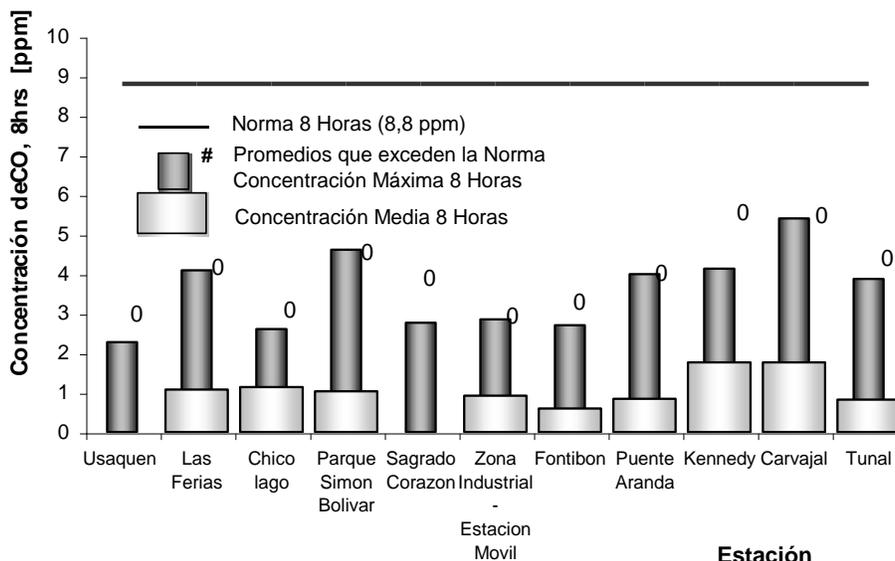


Figura 44. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el 2010.

Tabla 14. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios 8 horas de CO durante el 2010.

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio	Máximo Norma (8 Horas): 8,8 ppb	Periodo de ocurrencia del Máximo
Usaquén	31%		2,3	01/12/2010 23:00
Las Ferias	84%	1,1	4,1	19/12/2010 03:00
Chico lago	75%	1,1	2,6	25/05/2010 15:00
Parque Simón Bolívar	91%	1,0	4,6	20/11/2010 02:00
Sagrado Corazón	43%		2,8	15/02/2010 16:00
Zona Industrial – E. Móvil	79%	0,9	2,9	16/12/2010 24:00
Fontibón	77%	0,6	2,7	19/12/2010 03:00
Puente Aranda	89%	0,8	4,0	09/12/2010 02:00
Kennedy	95%	1,8	4,1	04/12/2010 23:00
Carvajal	94%	1,8	5,4	07/05/2010 07:00
Tunal	90%	0,8	3,9	17/12/2010 01:00
San Cristóbal	13%		1,8	09/12/2010 11:00

Análisis de tendencia

Los días de la semana para el contaminante CO presenta una leve forma sinusoidal que inicia el lunes con alza (Figura 45), el miércoles disminuye hasta el jueves y el viernes vuelve a subir, para el fin de semana su disminución es evidente siendo el domingo el día de menor concentración registrada; los picos en la onda lo registra el martes y viernes como ya se había comentado con 1.02 ppm, y los valles el jueves y domingo con 0.95 y 0.79 ppm respectivamente; respecto al año anterior los primeros días de la semana aumentó en el 2010 con respecto al año anterior el lunes, martes y miércoles y disminuyó para los otros días, cabe aclarar que su aumento o reducción fue muy leve; la dispersión de los datos para el último año muestra una susceptible reducción salvo el miércoles, pero en consecuencia se elevó el registro de datos atípicos.

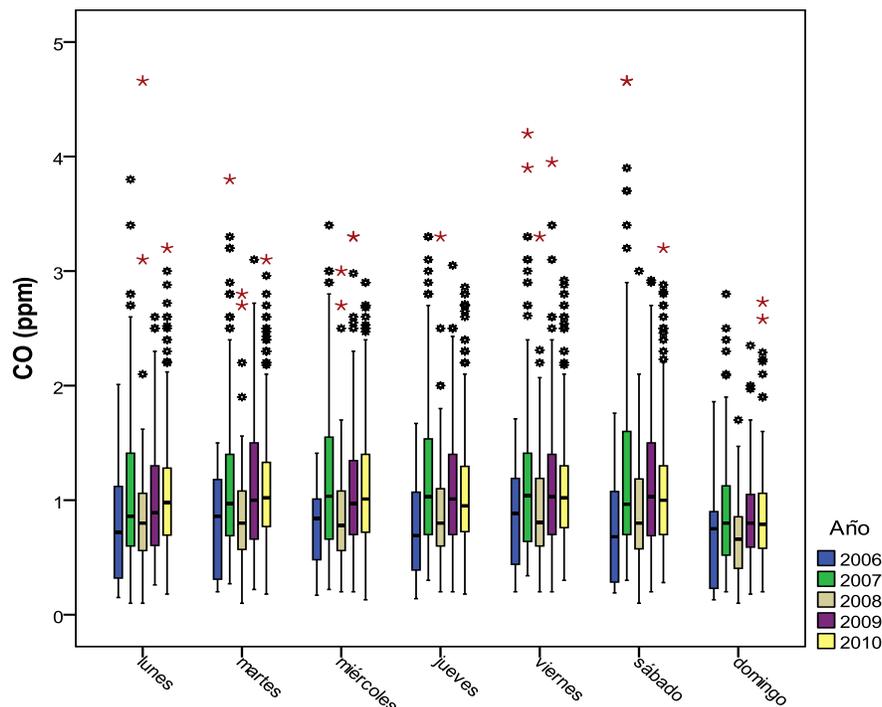


Figura 45. Gráfico de *Box-Plot* para CO 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

Los meses en el año tienen un comportamiento sinusoidal pero para este contaminante los periodos son más cortos como se ve en la Figura 46, los meses que registran mayores concentraciones en el 2010 son Abril, Noviembre y Diciembre con 1.06, 1.13 y 1.18 ppm respectivamente, adicionalmente los de menor concentración son Marzo y Junio con 0.86 y 0.80 ppm; así como al realizar comparaciones en los días de la semana con el año anterior, los meses tienen su comportamiento particular, Enero, Abril, Julio, Agosto, Septiembre, Noviembre y Diciembre registran incremento con respecto al 2009; la dispersión para el 2010 en general se redujo exceptuando a los meses de Agosto y Septiembre que se incrementó; los datos atípicos y atípicos extremos siguen siendo predominantes.

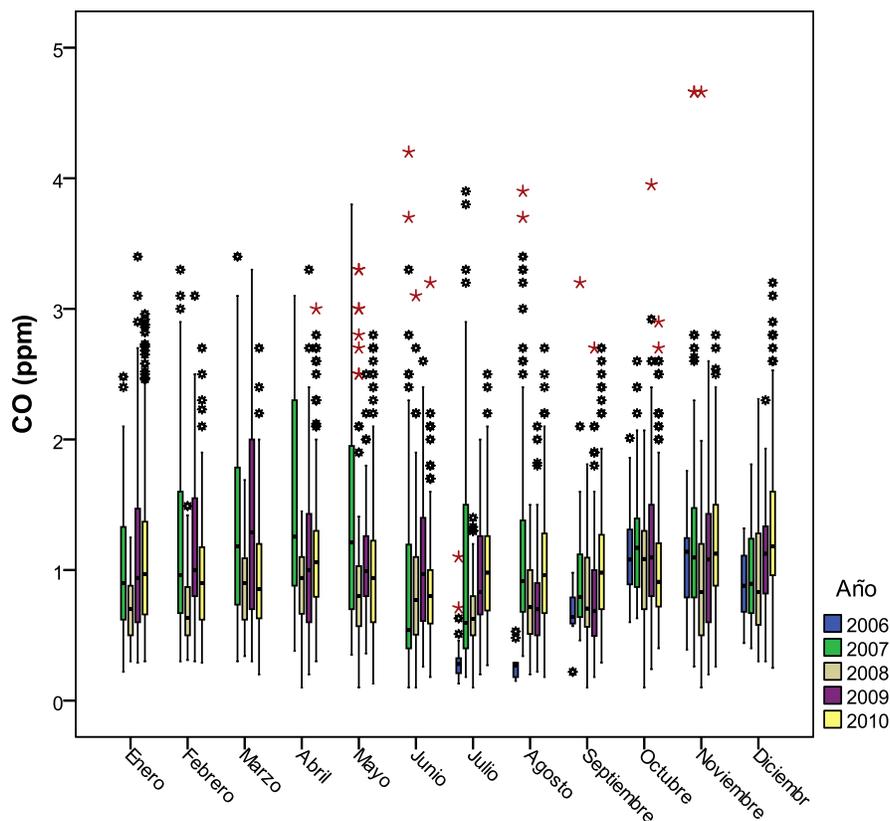


Figura 46. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores

Por estaciones (ver Figura 47) para el contaminante CO no se tienen en cuenta los datos en las estaciones de Kennedy, Sagrado corazón, Tunal y Chicó para el año 2009 por que las series están siendo analizadas técnicamente; la estación con mayor registro de concentración es Carvajal con 1.70 *ppb* y la de menor es Fontibón con 0.60 *ppb* que se mantuvo igual al 2009 pero con una dispersión mucho menor, la estación de Kennedy tiene muchos datos extremos atípicos; las estaciones que tienen registro en el 2009 subieron la concentración para el 2010.

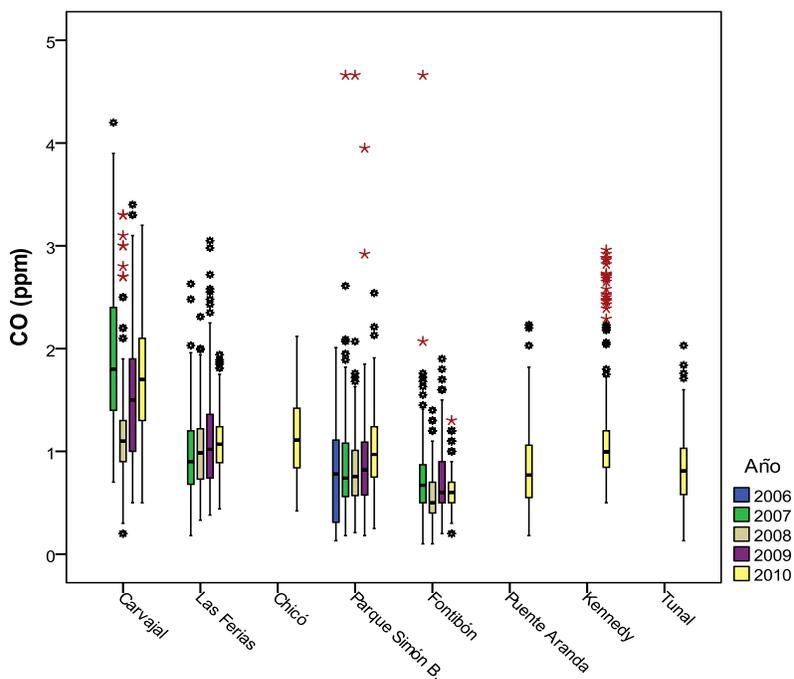


Figura 47. Gráfico de *Box-Plot* para CO 24 horas por estaciones comparando Año 2010 con años anteriores

El contaminante CO no presenta una tendencia definida a través de los años, puesto que se alterna su crecimiento y descenso según la Figura 48, el año 2010 registra un leve crecimiento con respecto al año anterior, su dispersión es menor pero se registra *outliers* y datos extremos atípicos.

Tabla 15. Medianas del promedio diario del contaminante CO en los años 2006 - 2010

Año	2006	2007	2008	2009	2010
Mediana	0,78	0,96	0,77	0,94	0,97

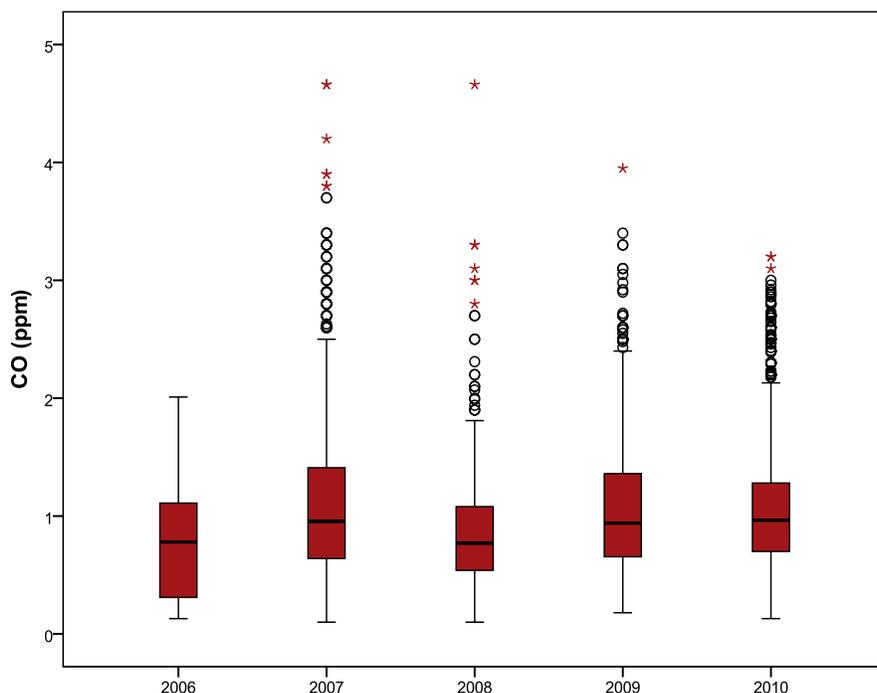


Figura 48. Gráfico de *Box-Plot* para CO 24 horas por años

1.2.4. Comportamiento de la Concentración de O₃

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2010, 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.

Máximos en 1 hora

Durante el 2010 se calcularon 72794 (setenta y dos mil setecientos noventa cuatro) promedios de 1 hora de O₃, los cuales tienen una representatividad del 71%. Los promedios máximos obtenidos en cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 16, junto con el día y hora en que ocurrieron. A excepción de la estación Móvil, todas las estaciones presentaron promedios máximos por encima de la norma y corresponden a 0,8% del total calculado. La concentración media horaria y el número de promedios que excedieron la norma en cada estación se presentan en la Figura 49.

Tabla 16. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de O₃ durante el 2010.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	601 Norma (Horario): 61 ppb	ocurrencia del máximo
Guaymaral (Escuela)	61%		84	61	11/02/2010 15:00

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	601 Norma (Horario): 61 ppb	ocurrencia del máximo
Usaquén (Bosque)	84%	22,8	133	61	09/09/2010 16:00
Suba (Corpas)	45%		102	61	27/02/2010 15:00
Las Ferias (Carrefour)	89%	12,1	106	61	13/02/2010 14:00
Chico lago (Sto. Tomas)	74%		105	61	14/04/2010 14:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	83%	13,8	94	61	13/02/2010 14:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	38%		127	61	01/01/2010 13:00
Zona Industrial - Estación Móvil	60%		57	61	16/02/2010 13:00
Fontibón	79%	13,8	83	61	13/02/2010 13:00
Puente Aranda	46%		71	61	01/01/2010 13:00
Carvajal (Sony)	82%	9,7	81	61	01/01/2010 12:00
Tunal	76%	11,1	81	61	01/01/2010 12:00

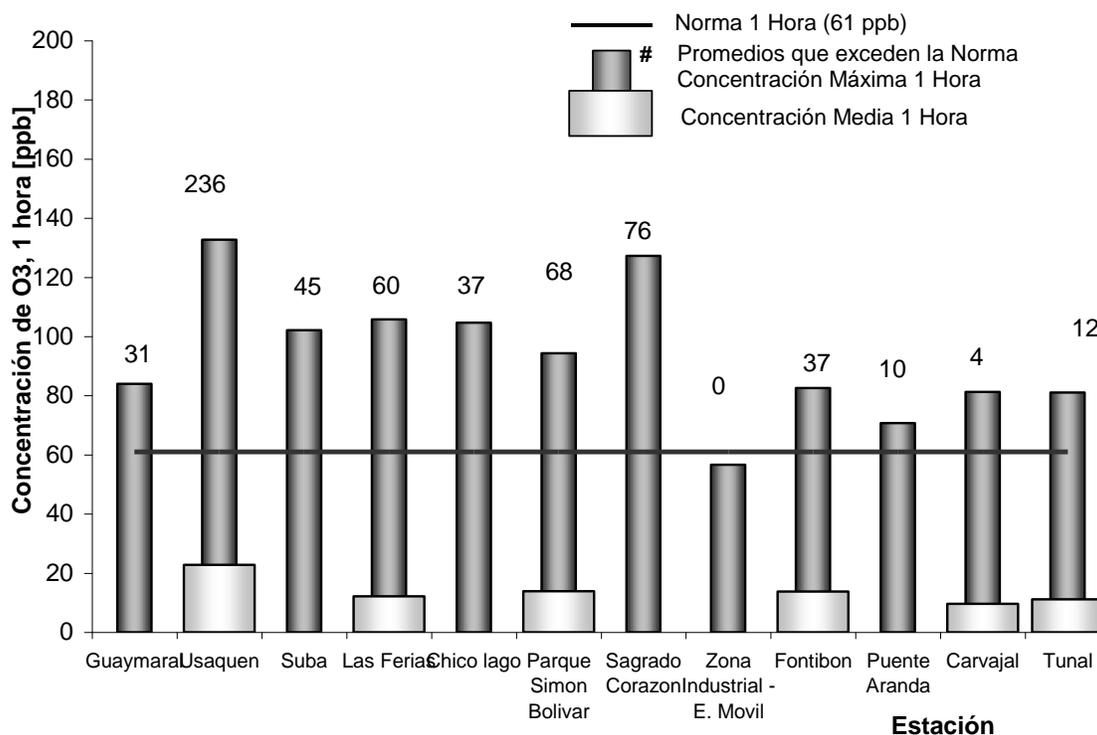


Figura 49. Concentración media y máxima horaria de O₃ por estación durante el 2010.

Máximos en 8 horas

Para reportar la concentración de O₃ para un tiempo de exposición de 8 horas se obtuvieron 83975 promedios que equivalen al 68% del número máximo de datos que podrían calcularse en las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año. Se obtuvo el 2,7% de los datos por encima de la norma (41 ppb Res. 601 2006). Los niveles máximos por estación, el número de excedencias y la fecha en que ocurrió el máximo por estación se presentan en la Tabla 17. Como se aprecia el mayor número de

excedencias se concentran en el sector norte, noroccidental y central, el mayor número se registraron en la estación de Usaquén con 915. Este número de excedencias se reducen a 131 si el nivel de comparación es 59 ppb, que es el nivel recomendado por la EPA.

Tabla 17. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O₃ para 8 horas durante el 2010.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	ocurrencia del máximo	Excedencias a Norma 601 (octo horario): 41 ppb	Excedencias a nivel aceptado EPA (octo horario): 59 ppb
Guaymaral (Escuela)	59%		58	23/03/2010 18:00	92	0
Usaquén (Bosque)	83%	23,0	104	22/08/2010 08:00	915	131
Suba (Corpas)	45%		73	27/02/2010 18:00	148	25
Las Ferias (Carrefour)	90%	12,0	74	13/02/2010 17:00	129	19
Chico lago (Sto. Tomas)	75%	12,7	72	01/01/2010 17:00	106	5
Parque Simón Bolívar	83%	13,8	67	13/02/2010 17:00	194	13
Sagrado Corazón	37%		101	01/01/2010 17:00	198	44
Zona Industrial – E. Móvil	59%		34	09/09/2010 17:00	0	0
Fontibón	79%	13,7	48	13/01/2010 15:00	18	0
Puente Aranda	45%		48	01/01/2010 18:00	18	0
Carvajal (Sony)	83%	9,6	54	01/01/2010 16:00	13	0
Tunal	75%	11,0	56	25/11/2010 19:00	40	0

En la Figura 50 se muestran las concentraciones máximas y medias de O₃ para 8 horas, de cada una de las estaciones.

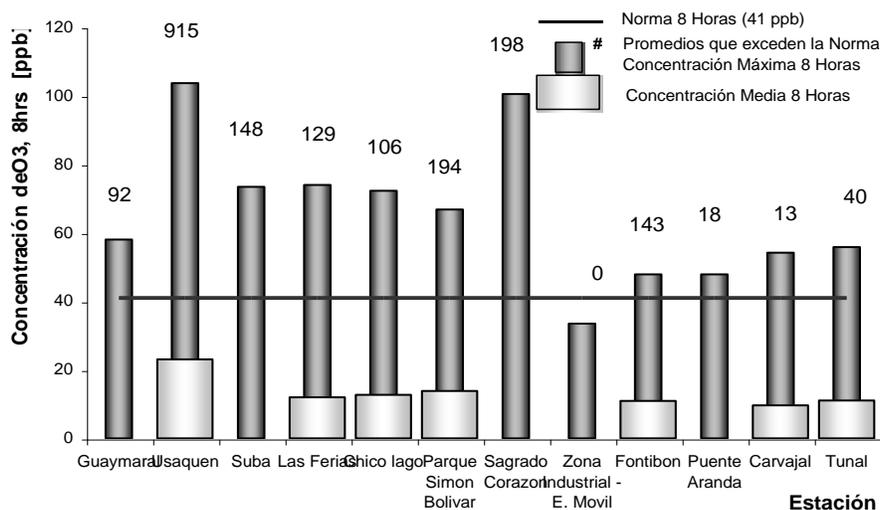


Figura 50. Concentración máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el 2010

En la Figura 51 y la Figura 52 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 pie de montaña, Sagrado Corazón y Usaquén, y en alguna medida Suba.

El episodio que se muestra en la primera Figura 51 bien puede configurarse sobre la estación de Usaquéen.

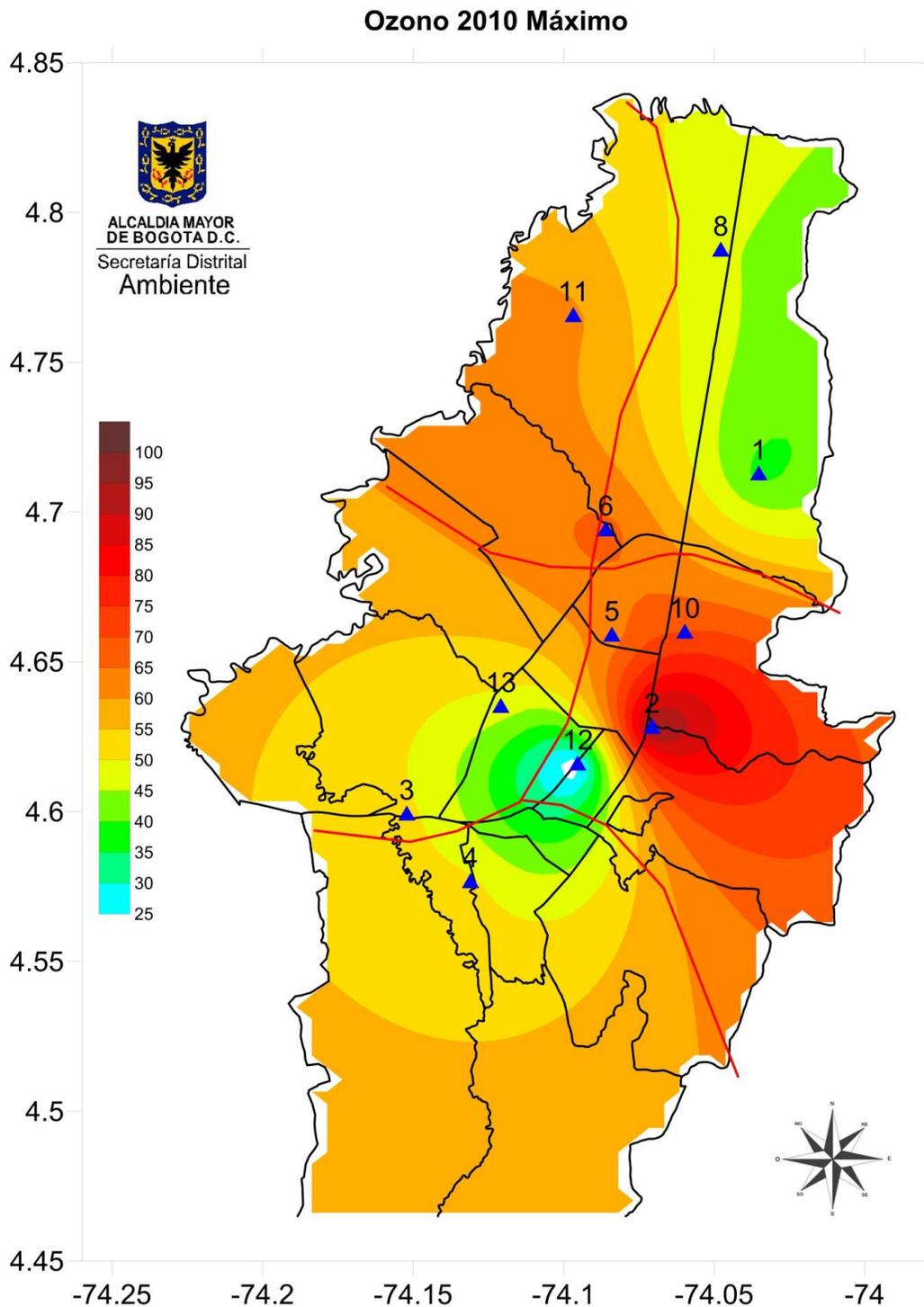


Figura 51. Episodio de contaminación de O₃, en ppb, promedio 8 horas, 2010

Ozono 2010

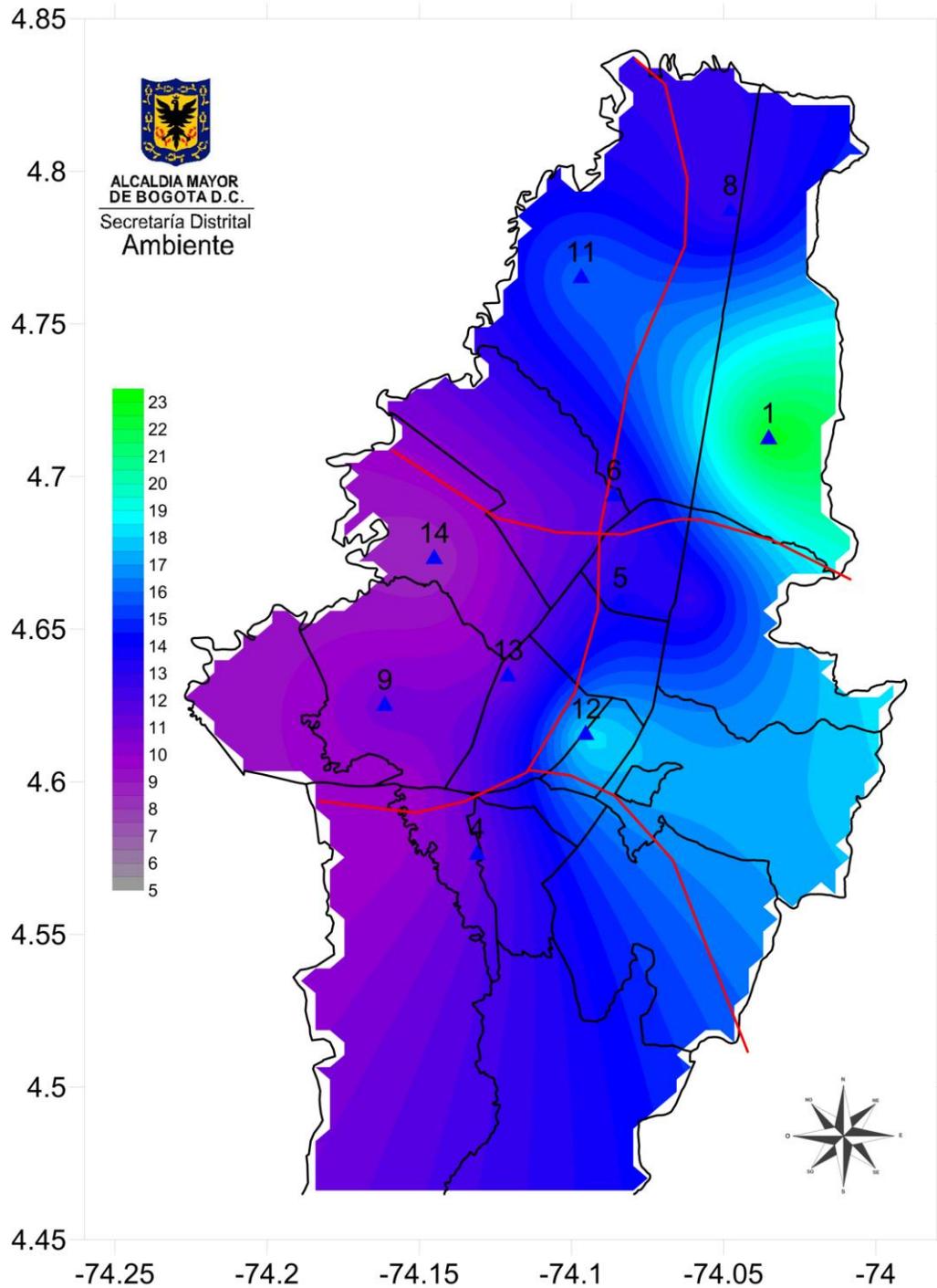


Figura 52. Concentración promedio de Ozono en ppb, año 2010

Comportamiento histórico del O3

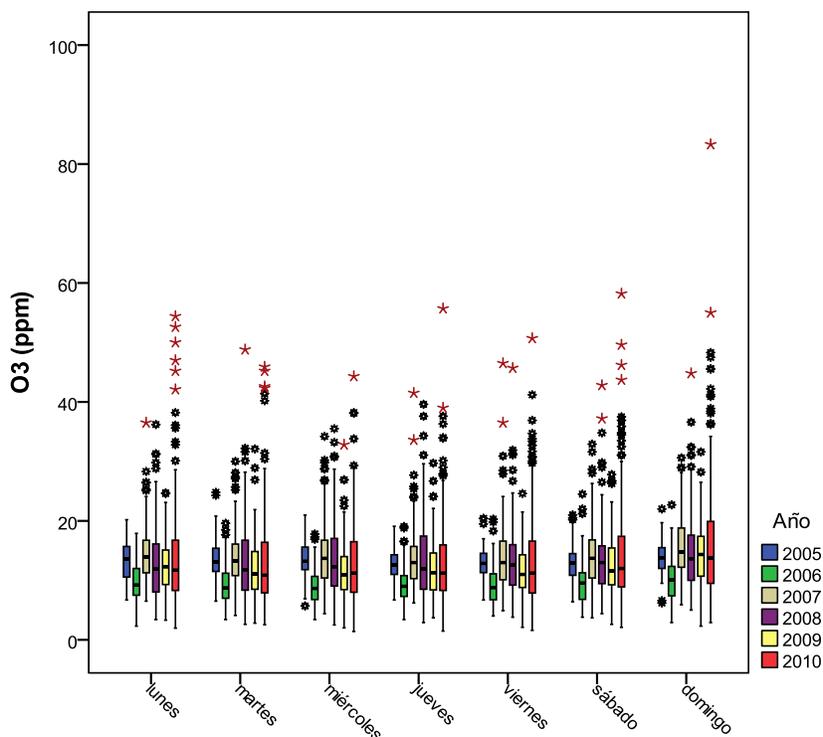


Figura 53. Gráfico de *Box-Plot* para O3 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

Para el contaminante Ozono (Figura 53) el promedio diario en el 2010 muestra el lunes con 11.70 ppm luego se registra el nivel más bajo con 10.85 siendo el día martes el punto de inflexión, pasa después a mantenerse el nivel constante hasta el viernes con 11.20 ppm y el fin de semana aumenta registrándose la mayor concentración el domingo con 13.76 ppm; en comparación al año anterior los días miércoles viernes y sábado aumentaron en el 2010, el resto de la semana muestra disminución con respecto al 2009; en general la dispersión de los datos en el último año aumentó considerablemente casi de igual forma que el 2008 o un poco más, de igual forma se registra incremento en la presencia de datos atípicos y *outliers* extremos siendo interesante el dato extremo reportado el domingo 22 de Agosto en la estación de Usaquén.

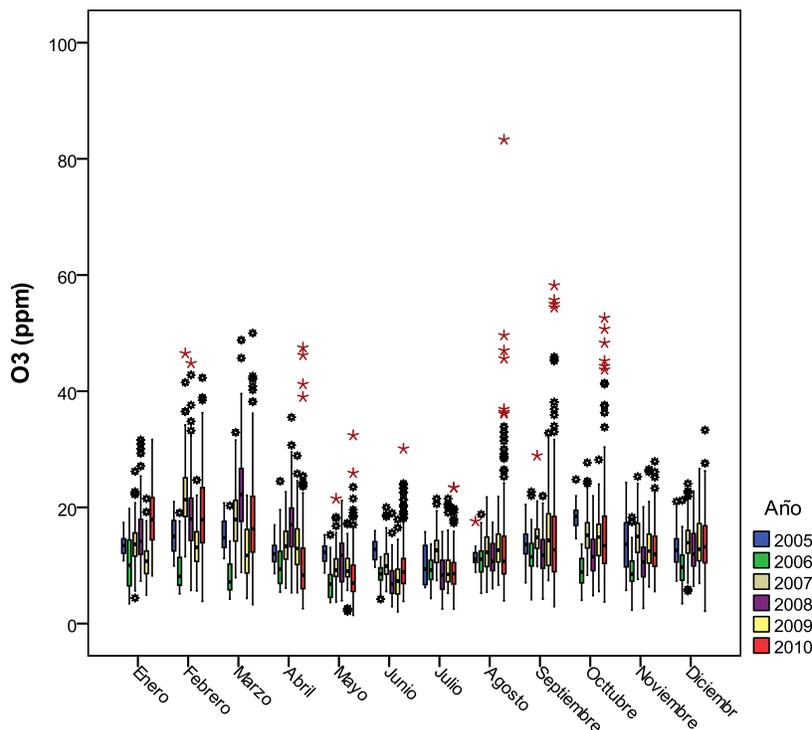


Figura 54. Gráfico de Box-Plot para O3 promedio mensual (desde base diaria) comparando año 2010 con años anteriores.

El contaminante Ozono presenta el mismo comportamiento general que los otros contaminante a grandes rasgos sinusoidal con dos ondas una por cada semestre (Figura 54), en el primer trimestre están los mayores registros del contaminante en todo el año 2010, a continuación se reportan los cuatro meses más bajos siendo Mayo el de menor con 7.0 ppm, seguido se vuelve a subir la concentración pero no a los niveles del primer trimestre; comparando con el año anterior se refleja que tres meses registran una alza particular puesto que sus medianas distan de una forma significativa que no se ve en otros meses que presentan también incremento, siendo estos Junio, Julio y Diciembre; para los otros meses se presentó reducción en la concentración; la dispersión de los datos es muy similar con el 2009 salvo nuevamente con el primer trimestre del 2010 que presenta incremento considerable. Con respecto a los datos atípicos en el último año se presenta incremento tanto en datos *outliers* como *outliers* extremos, esto se refleja más en los meses de Agosto Septiembre y Octubre, sobresaliendo el dato registrado en la estación de Usaquén como se muestra en el grafico siguiente.

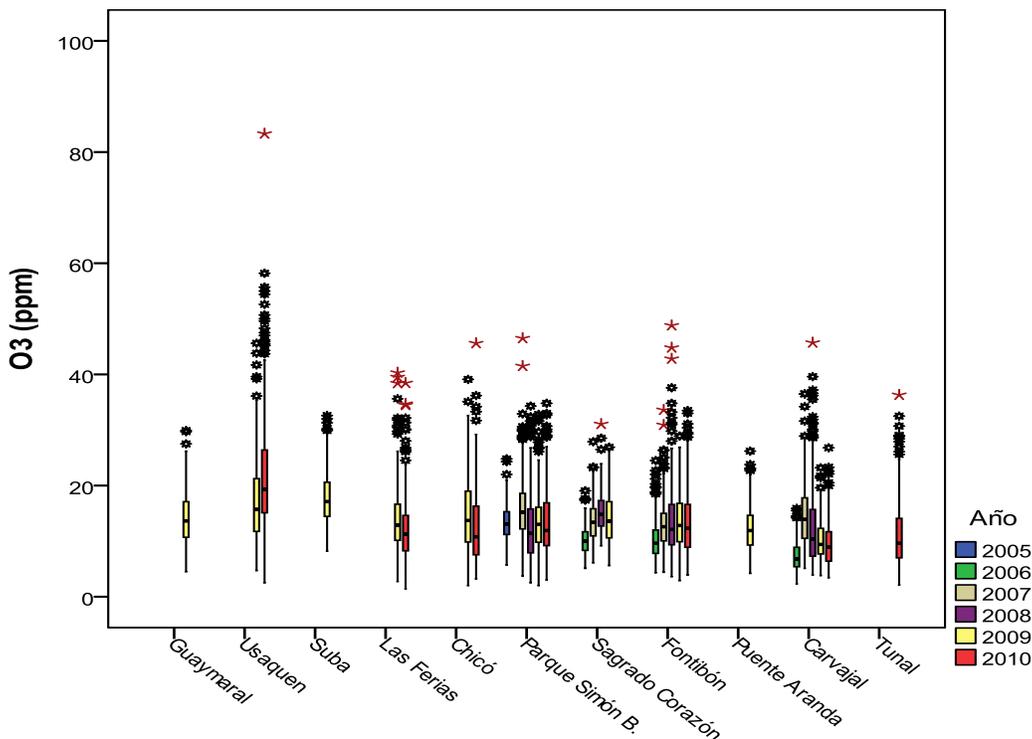


Figura 55. Gráfico de Box-Plot para O3 promedios anuales (desde base diario) por estaciones comparando 2010 con años anteriores.

La estación de Usaquén para el último año muestra una mayor concentración que las demás estaciones que registran Ozono con 19.3 ppm, la de menor concentración es Carvajal con 8.9 ppm; comparando con el 2009 casi todas las estaciones bajaron la concentración excepto la estación de Usaquén, con respecto a la dispersión se nota un leve crecimiento en proporción al año inmediatamente anterior; como se ha venido observando en las graficas que describen al contaminante Ozono el aumento de los datos atípicos y *outliers* extremos es evidente, como un ejemplo claro el dato extremo que se registra en la estación de Usaquén.

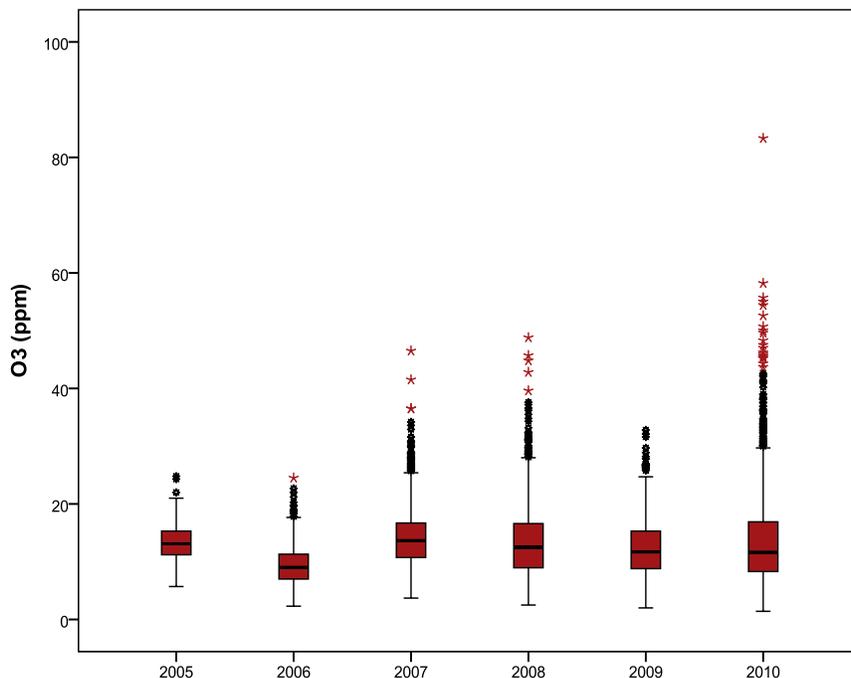


Figura 56. Gráfico de *Box-Plot* para O3 promedio aritmético de las estaciones (desde base diaria).

El resumen del comportamiento del Ozono se puede reducir en la Figura 56, puesto que se ve el aumento de datos atípicos y *outliers* extremo para el 2010, la leve disminución del contaminante, el aumento tenue en cuanto a su dispersión algo que no se presentaba desde el 2008, a partir el 2007 se está registrando disminución sistemática del contaminante.

1.3. Síntesis de Resultados

En la Tabla 18 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 PM_{10} para 24 horas durante el año.

Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM_{10} en la Tabla 19

En la Tabla 19 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 18. Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 10 micras (PM₁₀)

Información de los promedios de 24 horas (corridos) de concentración de PM10 [Norma: 150 µg/m3]										
Zona	Nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	7353	84%	0	0,00%	144	0	90	0,6	38
	1. Usaquén	7762	89%	0	0,00%	266	0	97	0,6	46
	Subtotal	15115	86%	0	0,00%	410	0	94		42
Noroccidente	11. Suba	7190	82%	0	0,00%	637	0	109	0,7	55
	6. Las Ferias	8262	94%	0	0,00%	451	4	116	0,8	48
	Subtotal	15452	88%	0	0,00%	1088	4	113		51
Centro	10. Chico lago									
	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	7982	91%	0	0,00%	482	0	104	3,2	45
	2. Sagrado Corazón	3876	44%	0	0,00%	417	2	118	0,8	54
	12. Zona Industrial E. Movil	8175	93%	0	0,00%	1569	37	128	0,9	57
	Subtotal	20033	76%	0	0,00%	2468	39	117		52
sur occidente	14. Fontibón	7498	86%	0	0,00%	1382	19	117	0,8	61
	13. Puente Aranda	8270	94%	0	0,00%	1857	84	134	0,9	61
	9. Kennedy	8168	93%	58	0,71%	4325	1555	166	1,1	89
	3. Carvajal	8291	95%	42	0,51%	4664	1454	166	1,1	91
	Subtotal	32227	92%	100	0,30%	12228	3112	146		75
Sur	4. Tunal	7759	89%	0	0,00%	1819	66	131	0,9	60
	Subtotal	7759	89%	0	0,00%	1819	66	131		60
TOTALES		90586	86%	100	0,11%	18013	3221			

Tabla 19. Consolidado de los promedios anuales material particulado inferior a 10 micras (PM₁₀)

Información de los promedios anuales de concentración de PM10 [Norma: 50 µg/m3]										
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. de datos entre el 50% y el 74,9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	365	100%	0	0%	365	0	38	0,8	36
	1. Usaquén	263	72%	0	0%	245	18	46	0,9	39
	Subtotal	628	86%	0	0%	610	18	42		37
Noroccidente	11. Suba	254	70%	254	100%	0	0	69	1,4	59
	6. Las Ferias	365	100%	0	0%	265	100	47	0,9	43
	Subtotal	619	85%	254	50%	265	100	58		51
Centro	10. Chico lago									
	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0%	365	0	45	0,9	40
	2. Sagrado Corazón	230	63%	2	1%	0	228	50	1,0	IA
	12. Zona Industrial E. Movil	365	100%	365	100%	0	0	57	1,1	54
	Subtotal	960	88%	367	34%	365	228	51		47
sur occidente	14. Fontibón	365	100%	365	100%	0	0	62	1,2	59
	13. Puente Aranda	365	100%	365	100%	0	0	61	1,2	58
	9. Kennedy	365	100%	365	100%	0	0	91	1,8	89
	3. Carvajal	365	100%	365	100%	0	0	95	1,9	93
	Subtotal	1460	100%	1460	100%	0	0	77		75
Sur	4. Tunal	365	100%	250	68%	0	115	60	1,2	52
	Subtotal	365	100%	250	68%	0	115	60		52
TOTALES		4032	92%	2331	58%	1240	461			52

Tabla 20, Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 2,5 micras (PM_{2,5})

Información de los promedios 24 horas corridas de concentración de PM2.5 [Norma: 50 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios diarios	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de 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
Centro	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	8521	97%	89	1%	3264	600	59	2.4	25
sur occidente	9. Kennedy	7346	84%	1282	17%	4004	2292	92	3.7	39
TOTALES		15867	91%	1371	9%	7268	2892	76		32

Tabla 21, Consolidado de los promedios anuales material particulado inferior a 2,5 micras (PM_{2,5})

Información de los promedios anuales de concentración de PM2.5 [Norma: 25 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. de 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
Cantro	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	365	100%	1	0%	50	314	25	1.0	22
sur occidente	9. Kennedy	37	10%	37	100%	0	0	39	1.6	
TOTALES		402	55%	38	50%	50	314	32		

Tabla 22. Consolidado de los promedios de 24 horas de partículas suspendidas totales (PST), año 2010

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m3]	Max/Norma	Promedio
sur occidente	3. Carvajal (Sony)	8081	92%	0	0%	3775	219	272	0,91	150
TOTALES		8081	92%	0	0%	3775	219			150

Tabla 23. Consolidado de los promedios anuales de partículas suspendidas totales (PST) , año 2010

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m3]										
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. de 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
sur occidente	3. Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	150	1,5	144
TOTALES		365	100%	365	100%	0	0			

Tabla 24. Consolidado de los promedios de SO₂ para 3 horas, año 2010

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. de 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	11. Suba	6276	72%	0	0%	0	0	42	0,1	3
	6. Las Ferias	5397	62%	0	0%	0	0	15	0,1	2
	Subtotal	11673	67%	0	0%	0	0	37		2
Centro	10. Chico lago	5478	63%	0	0%	0	0	4	0,0	1
	12. Zona Industrial - E. Movil	6733	77%	0	0%	0	0	35	0,1	6
	5. Parque Simon Bolívar	6984	80%	0	0%	0	0	27	0,1	3
	Subtotal	19195	73%	0	0%	0	0	22		3
sur occidente	14. Fontibón	7099	81%	0	0%	0	0	60	0,2	3
	13. Puente Aranda	7957	91%	0	0%	0	0	54	0,2	4
	9. Kennedy	6966	80%	0	0%	0	0	37	0,1	4
	3. Carvajal	2920	33%	0	0%	0	0	59	0,2	8
	Subtotal	24942	71%	0	0%	0	0	53		5
Sur	4. Tunal	5106	58%	0	0%	0	0	45	0,2	5
	Subtotal	5106	58%	0	0%	0	0	45		5
TOTALES		60916	67%	0	0%	0	0			

Tabla 25. Consolidado de los promedios de SO₂ para 24 horas, año 2010

Información de los promedios 24 horas corridas de concentración 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. de 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	11. Suba	6573	75%	0	0%	0	0	12	0,1	3
	6. Las Ferias	5561	63%	0	0%	0	0	8	0,1	2
	Subtotal	12134	69%	0	0%	0	0	13		2
Centro	10. Chico lago	5565	64%	0	0%	0	0	3	0,0	1
	5. Parque Simon Bolívar	7259	83%	0	0%	0	0	9	0,1	3
	12. Zona Industrial - E. Movil	6734	77%	0	0%	0	0	19	0,2	6
	Subtotal	19558	74%	0	0%	0	0	10		3
sur occidente	14. Fontibón	7064	81%	0	0%	0	0	14		3
	13. Puente Aranda	8185	93%	0	0%	0	0	18	0,2	4
	9. Kennedy	7212	82%	0	0%	0	0	13	0,1	4
	3. Carvajal (Sony)	2898	33%	0	0%	0	0	22	0,2	8
	Subtotal	25359	72%	0	0%	0	0	17		5
Sur	4. Tunal	5152	59%	0	0%	0	0	21	0,2	5
	Subtotal	5152	59%	0	0%	0	0	21		5
TOTALES		62203	69%	0	0%	0	0			

Tabla 26. Consolidado de los promedios anuales de SO₂ , año 2010

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 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. de 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	11. Suba	217	59%	0	0%	0	0	3	0,1	3
	6. Las Ferias	0	0%							
	Subtotal	217	30%	0	0%	0	0	5		3
Centro	10. Chico lago	185	51%	0	0%	0	0	1	0,0	1
	5. Parque Simon Bolívar	365	100%	0	0%	0	0	6	0,2	4
	12. Zona Industrial - E. Movil	80	22%	0	0%	0	0	8		7
	Subtotal	630	58%	0	0%	0	0	5		4
sur occidente	14. Fontibón	293	80%	0	0%	0	0	4	0,1	4
	13. Puente Aranda	351	96%	0	0%	0	0	4	0,1	4
	9. Kennedy	365	100%	0	0%	0	0	5	0,2	4
	3. Carvajal	197	54%	0	0%	142	0	18	0,6	16
	Subtotal	1206	83%	0	0%	142	0	8		7
Sur	4. Tunal	0	0%							
	Subtotal	0	0%							
TOTALES		2053	42%	0	0%	142	0			

Tabla 27. Consolidado de los promedios horarios de NO₂, año 2010

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. de 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	1. Guaymaral	5969	68%	0	0%	1	0	55	0,5	12
	Subtotal	5969	68%	0	0%	1	0	55		12
Noroccidente	11. Suba	8466	97%	0	0%	0	0	47	0,4	9
	6. Las Ferias	7205	82%	0	0%	5	0	69	0,7	18
	Subtotal	15671	89%	0	0%	5	0	58		14
Centro	5. Parque Simon Bolívar	8127	93%	1	0%	155	6	120	1,1	24
	12. Zona Industrial - Estacion Movil	4937	56%	0	0%	136	12	97	0,9	23
	Subtotal	13064	75%	1	0%	291	18	108		23
sur occidente	14. Fontibón	5534	63%	0	0%	34	0	74	0,7	20
	13. Puente Aranda	7871	90%	4	0%	220	21	159	1,5	26
	9. Kennedy	6017	69%	0	0%	124	7	104	1,0	25
	3. Carvajal	7357	84%	1	0%	81	3	111	1,0	25
	Subtotal	26779	76%	5	0%	459	31	112		24
Sur	4. Tunal	6890	79%	0	0%	64	4	86	0,8	19
	Subtotal	6890	79%	0	0%	64	4	86		19
TOTALES			68373	77%	6	0%	815	53		

Tabla 28. Consolidado de los promedios de NO₂ para 24 horas, [tercer trimestre de 2010](#)

Información de los promedios 24 horas corridas 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. de 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	8. Guaymaral	5552	63%	0	0%	0	0	26	0,3	12
	Subtotal	5552	63%	0	0%	0	0	26		12
Noroccidente	11. Suba (Corpas)	7559	86%	0	0%	0	0	19	0,2	10
	6. Las Ferias	6894	79%	0	0%	0	0	36	0,5	18
	Subtotal	14453	82%	0	0%	0	0	28		14
Centro	5. Parque Simon Bolívar	7940	91%	0	0%	76	0	44	0,5	24
	12. Zona Industrial - Estacion Movil	4683	53%	0	0%	79	0	43	0,5	23
	Subtotal	12623	72%	0	0%	155	0	43		23
sur occidente	14. Fontibón	5033	57%	0	0%	7	0	45	0,6	20
	13. Puente Aranda	7667	88%	0	0%	288	0	47	0,6	26
	9. Kennedy	5703	65%	0	0%	70	0	46	0,6	24
	3. Carvajal	7141	82%	0	0%	43	0	43	0,5	24
	Subtotal	25544	73%	0	0%	408	0	45		24
Sur	4. Tunal	6548	75%	0	0%	0	0	39	0,5	20
	Subtotal	6548	75%	0	0%	0	0	39		20
TOTALES		64720	73%	0	0%	408	0			

Tabla 29. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales, año 2010

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 53 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. de datos entre el 50% y el 74,9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	0	0%							
	Subtotal		0%							
Noroccidente	11. Suba (Corpas)	251	69%	0	0%	0	0	12	0,2	10
	6. Las Ferias	320	88%	0	0%	0	0	19	0,4	17
	Subtotal	571	78%	0	0%	0	0	16		14
Centro	5. Parque Simón Bolívar	364	100%	0	0%	0	0	24		23
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	0	0%							
	Subtotal	364	50%	0	0%	0	0	24		23
sur occidente	14. Fontibón	32	9%	0	0%	0	0	21	0,4	21
	13. Puente Aranda	364	100%	0	0%	15	0	27	0,5	23
	9. Kennedy	0								
	3. Carvajal	364	100%	0	0%	0	0	25	0,5	24
	Subtotal	760	70%	0	0%	15	0	24		23
Sur	4. Tunal	47	13%	0	0%	0	0	20	0,4	19
	Subtotal	47	13%	0	0%	0	0	20		19
TOTALES		1742	42%	0	0%	15	0			

Tabla 30. Consolidado de los promedios horarios de CO, año 2010

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. de 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	Prome dio
Norte	1. Usaquen	2769	32%	0	0%	0	0	3	0,1	1
	Subtotal	2769	32%	0	0%	0	0	12		1
Noroccidente	6. Las Ferias	7477	85%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	Subtotal	7477	85%	0	0%	0	0	6		1
Centro	10. Chico lago	6580	75%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	5. Parque Simon Bolívar	8153	93%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	2. Sagrado Corazón	3817	44%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	7201	82%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	Subtotal	25751	73%	0	0%	0	0	4		1
Sur occidente	14. Fontibón	7075	81%	0	0%	0	0	12	0,3	1
	13. Puente Aranda	8046	92%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	9. Kennedy	8327	95%	0	0%	0	0	5	0,2	1
	3. Carvajal	8206	94%	0	0%	0	0	9	0,2	2
	Subtotal	31654	90%	0	0%	0	0	8		1
Sur	4. Tunal	8106	93%	0	0%	0	0	5	0,1	1
	7. San Cristóbal	1167	13%	0	0%	0	0	3	0,1	1
	Subtotal	9273	53%	0	0%	0	0	4		1
TOTALES		76924	67%	0	0%	0	0			

Tabla 31. Consolidado de los promedios de CO para 8 horas, año 2010.

Información de los promedios 8 horas 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. de 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	1. Usaquén	2755	31%	0	0%	0	0	2	0,3	1
	Subtotal	2755	31%	0	0%	0	0	3		1
Noroccidente	6. Las Ferias	7329	84%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	Subtotal	7329	84%	0	0%	0	0	4		1
Centro	10. Chico lago	6587	75%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	5. Parque Simon Bolívar	7945	91%	0	0%	3	0	5	0,5	1
	2. Sagrado Corazón	3777	43%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	6927	79%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	Subtotal	25236	72%	0	0%	3	0	3		1
Sur occidente	14. Fontibón	6772	77%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	13. Puente Aranda	7825	89%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	9. Kennedy	8355	95%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	3. Carvajal	8219	94%	0	0%	19	0	5	0,6	2
	Subtotal	31171	89%	0	0%	19	0	4		1
Sur	4. Tunal	7848	90%	0	0%	0	0	4	0,4	1
	7. San Cristóbal	1165	13%	0	0%	0	0	2	0,2	1
	Subtotal	9013	51%	0	0%	0	0	3		1
TOTALES		75504	66%	0	0%	22	0			

Tabla 32. Consolidado de los promedios horarios de O₃, año 2010

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. de 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	8. Guaymaral	5305	61%	31	1%	745	665	84	1,4	12
	1. Usaquén	7376	84%	236	3%	1496	2447	133	2,2	23
	Subtotal	12681	61%	31	1%	745	665	127		12
Noroccidente	11. Suba	3964	45%	45	1%	653	770	102	1,7	16
	6. Las Ferias	7811	89%	60	1%	1030	1021	106	1,7	12
	Subtotal	11775	67%	105	1%	1683	1791	57		14
Centro	10. Chico lago	6509	74%	37	1%	1001	664	105	0,0	13
	5. Parque Simon Bolívar	7248	83%	68	1%	1007	1234	94	1,5	14
	2. Sagrado Corazón	3301	38%	76	2%	517	779	127	2,1	18
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	5229	60%	0	0%	495	173	57	0,9	8
	Subtotal	22287	64%	181	1%	3020	2850	96		13
Sur occidente	14. Fontibón	6913	79%	37	1%	971	1024	83	1,4	14
	13. Puente Aranda	3993	46%	10	3%	467	338	71	1,2	11
	3. Carvajal (Sony)	7220	82%	4	3%	621	382	81	1,3	10
	Subtotal	18126	69%	51	2%	2059	1744	78		11
Sur	4. Tunal	6623	76%	12	3%	789	503	81	1,3	11
	Subtotal	6623	76%	12	3%	789	503	81		11
TOTALES		71492	67%	380	0,5%	8296	7553			

Tabla 33. Consolidado de los promedios de O₃ para 8 horas, año 2010

Información de los promedios 8 horas 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. de 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	8. Guaymaral	5126	59%	92	2%	636	231	58	1,4	12
	1. Usaquén	7310	83%	915	13%	1852	920	104	2,5	23
	Subtotal	12436	71%	1007	7%	2488	1151	101		18
Noroccidente	11. Suba	3936	45%	148	4%	713	282	73	1,8	16
	6. Las Ferias	7841	90%	129	2%	943	334	74	1,8	12
	Subtotal	11777	67%	277	3%	1656	616	34		14
Centro	10. Chico lago	6583	75%	106	2%	734	224	72	1,8	13
	5. Parque Simon	7294	83%	194	3%	1094	415	67	1,6	14
	2. Sagrado Corazón	3243	37%	198	6%	682	320	101	2,5	18
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	5200	59%	0	0%	204	12	34	0,8	8
	Subtotal	22320	64%	498	3%	2714	971	68		13
Sur occidente	14. Fontibón	6917	79%	143	2%	949	332	65	1,6	14
	13. Puente Aranda	3948	45%	18	13%	348	111	48	1,2	11
	3. Carvajal (Sony)	7269	83%	13	13%	420	98	54	1,3	10
	Subtotal	18134	69%	174	9%	1717	541	56		11
Sur	4. Tunal	6594	75%	40	13%	553	170	56	1,4	11
	Subtotal	6594	75%	40	13%	553	170	56		10
TOTALES		71261	69%	1996	2,8%	9128	3449			

2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE

Este capítulo presenta los Índices de Calidad del Aire (ICA) para el año 2010, la RMCAB de manera continua, los 365 días del año con un retardo aproximado de una hora en su página *Web*¹⁰ publica el ICA para cada uno de las estaciones que la conforma; el ICA que establece que tan saludable o no se encuentra el aire del Distrito Capital. El ICA se elabora con la información obtenida de calidad del aire de la ciudad.

La metodología para el cálculo de cada uno de los ICA contenidos en el presente capítulo se basa en los puntos de corte específicos para cada uno de los contaminantes a tener en cuenta (PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, CO, NO₂ y SO₂), los cuales corresponden a los efectos de la calidad del aire en la salud. Para esto, se toman los promedios diarios de 2010 para cada uno de los contaminantes, según el tiempo de exposición estipulado y se procede a hacer la clasificación del nivel concerniente en salud (*Bueno, Moderado, Desfavorable para Grupos sensibles, Desfavorable, Muy Desfavorable y Peligroso*) con base al valor máximo reportado; para los promedios de las bases 1h y 8h la clasificación se hace según el máximo valor del día.

Los ICA son una herramienta de gran importancia para la ciudadanía, al suministrar información simple en relación a la calidad del aire local, a su vez, proveen información sobre qué se debe hacer cuando los contaminantes atmosféricos presenten niveles poco saludables que pueden afectar la salud pública, en especial, la población más vulnerable (Niños y niñas menores de 12 años con antecedente de asma, o síndrome bronco-obstructivo recurrente, y mayores de 60 años con antecedentes de Enfermedad pulmonar obstructiva crónica – EPOC - asma, enfisema).

La Secretaría Distrital de Salud – SDS en noviembre de 2009, realizó una adaptación del Índice de Calidad del Aire (AQI, por su sigla en inglés), para su correcto entendimiento se divide en seis categorías (Ver Tabla 34).

Tabla 34. Índice de Calidad de Aire por categorías. Fuente SDS

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
------------------	-------------------------------	---------------------------	--------------------	---------------------	--------------------------

¹⁰ *Calidad del aire en Bogotá en www.secretariadeambiente.gov.co*

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
0 – 50	Bueno	Ninguna	Niños y niñas menores de 12 años con antecedente de asma, o síndrome bronco-obstructivo recurrente, y mayores de 60 años con antecedentes de Enfermedad pulmonar obstructiva crónica - EPOC (asma, enfisema).	A pesar que los niveles de contaminación están por debajo de la norma de calidad del aire, cualquier concentración de contaminantes puede tener afectación en la salud, con el inicio de síntomas o molestias asociadas al sistema respiratorio, tales como la irritación de mucosas.	Prestar atención a la presencia de los síntomas asociados al sistema respiratorio en las personas. Sin embargo dentro de esta categoría, toda la población podrá realizar sus actividades cotidianas al aire libre sin ninguna restricción.
51 – 100	Moderado	La gente extremadamente sensible debe considerar reducir la actividad física prolongada y pesada que esté haciendo al aire libre. Por ejemplo niños con síntomas compatibles con Asma y adultos con enfermedades cardio-cerebro-vasculares como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como Asma, enfisema y bronquitis crónica deben de reducir la actividad física fuerte o prolongada.	El grupo anterior, fumadores, todos los niños y niñas menores de 12 años, y adultos mayores 60 años y población que realiza ejercicio o labora al aire libre.	Incremento de la probabilidad de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general y tos en personas sensibles, con enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares. En cuanto a las personas sanas hay irritación de mucosas.	Personas extremadamente sensibles, por ejemplo niños con asma y adultos mayores de 60 años con enfermedad cardio-cerebrovascular como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como asma, enfisema y bronquitis crónica deben reducir la actividad física fuerte o prolongada. Se recomienda en el horario de las 10 a.m. a las 5 p.m. realizar actividad física fuerte o prolongada realizar ventilación de la vivienda. Activación de alertas epidemiológicas por parte de la autoridad sanitaria.
101 – 150	Desfavorable para Grupos Sensibles	Los niños, los adultos activos, y personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, tales como asma, deben reducir los esfuerzos prolongados o pesados que realizan al aire libre, sobre todo los niños y los mayores de 60 años.	El grupo anterior mas población general.	Personas de los grupos sensibles pueden presentar enfermedades respiratorias y cardiovasculares o complicación de las mismas.	Personas con enfermedades cardíacas o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años, deben evitar la actividad física fuerte o prolongada. Se recomienda en el horario de las 10 a.m. a las 5 p.m. realizar actividad física preferiblemente en espacios cerrados y no por mucho tiempo.

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
				En cuanto a las personas sanas presenta un incremento de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general, tos.	Activación de alertas epidemiológicas por parte de la autoridad sanitaria.
151 – 200	Desfavorable	Los niños, los adultos activos, y personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, tal como asma, deben evitar al realizar actividades prolongadas o pesadas al aire libre. Se debe reducir la actividad que se esté realizando al aire libre, sobre todo en niños y personas mayores de 60 años.	El grupo anterior mas población general.	Complicación de enfermedades en las personas de los grupos sensibles. En las personas sanas se da el inicio de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.	Personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años deben evitar la actividad física fuerte o prolongada. Los demás grupos poblacionales deben reducir la actividad física fuerte o prolongada. Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria
201 – 300	Muy Desfavorable	Los niños y los adultos activos, y la gente con enfermedades cardíacas o pulmonares, tal como asma, deben evitar todo el esfuerzo al aire libre. Especialmente los niños, debe evitar la actividad fuerte o prolongada al aire libre.	El grupo anterior mas población general.	La población sensible presenta efectos severos y en la población en general se aumenta el número de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.	Personas con enfermedades cardíacas o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años deben evitar cualquier actividad física en exteriores. La demás población debe evitar la actividad física fuerte o prolongada. Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria
301 – 500	Peligroso	Todas las personas deben evitar cualquier actividad física al aire libre.	El grupo anterior mas población general.	Continúa la activación de la alerta epidemiológica pues la población en general ya presenta daños en el sistema respiratorio y cardiovascular.	Efectos severos en toda la población. Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria restringiendo la salida al aire libre de toda la población, en caso de salir al aire libre se recomienda el uso de tapabocas.

2.1. Índice de Calidad del Aire (ICA) para Material Particulado

Frente al material particulado las partículas de mayor interés para la RMCAB son el PM₁₀ y PM_{2.5} cuyo tamaño es menor a 10 y 2.5 micras respectivamente, al respirar pueden ingresar al tracto respiratorio produciendo tos, dificultad al respirar profundo y resfriados con mayor frecuencia. Las personas con asma o problemas del corazón pueden verse afectadas al punto de tener que ser hospitalizadas. En presencia del ICA de color naranja o superior a este, se debe evitar la exposición en vías de alto flujo vehicular¹¹.

2.2. Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM₁₀

En Figura 57 y Figura 58 se representan los datos diarios para 2010 de PM₁₀ 24h con relación a los puntos de corte del ICA para las estaciones de Guaymaral (Escuela), Usaquén (Bosque), Suba (Corpas), Las Ferias (Carrefour), Chico Lago (Santo Tomás), Parque Simón Bolívar (IDRD), Sagrado Corazón (MAVDT), Zona Industrial - E. Móvil, Fontibón, Puente Aranda, Kennedy, Carvajal (Sony), Tunal y San Cristóbal.

¹¹ EPA (2010). <http://www.epa.gov/aircompare/>. Consultado el 4 de marzo de 2011.

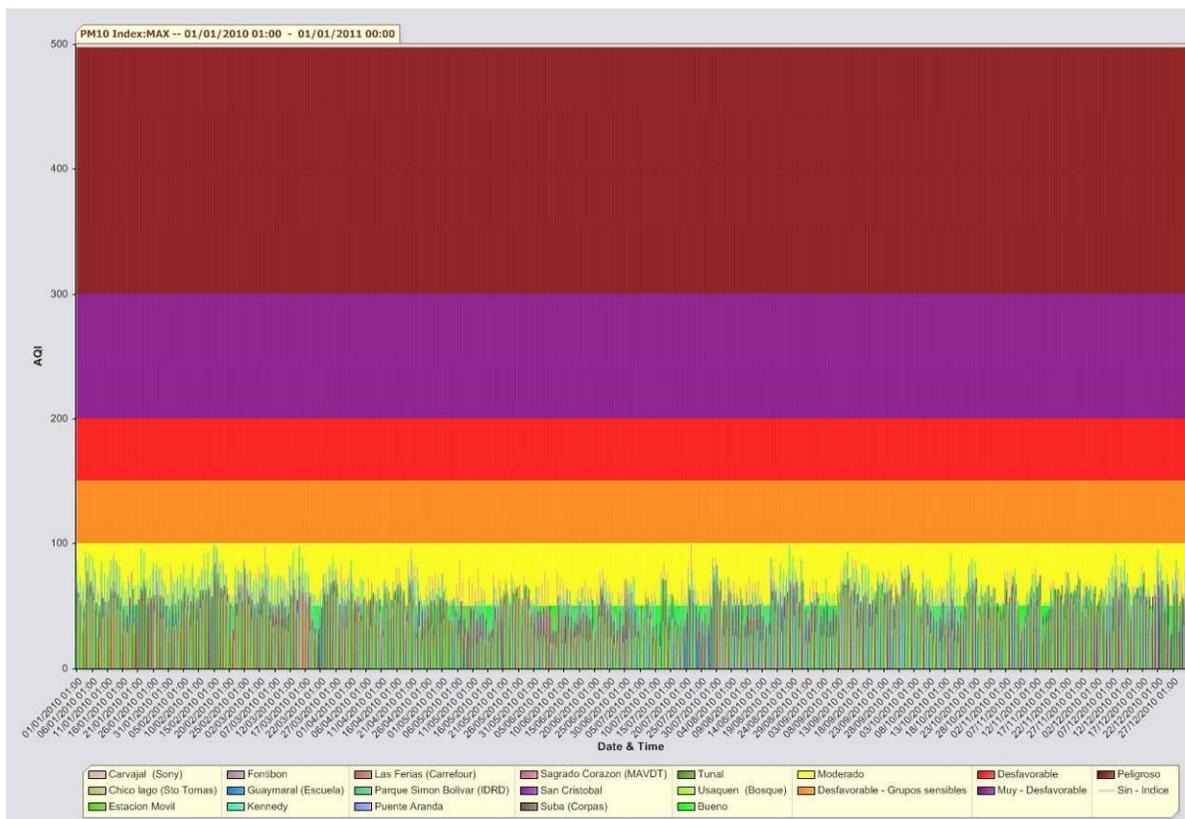


Figura 57. ICA para PM₁₀ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

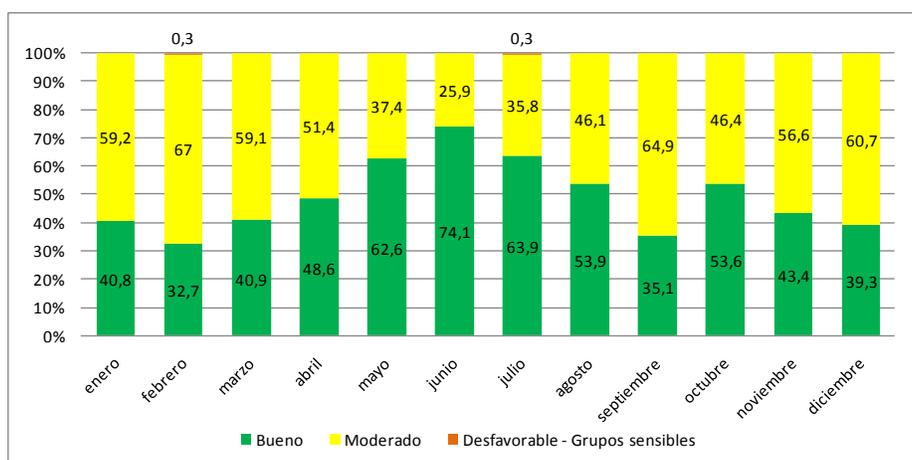


Figura 58. ICA de PM₁₀ del año 2010, porcentaje por categoría, todas las estaciones. Fuente RMCAB,

Como se aprecia en las Figura 57 y Figura 58, el ICA para PM₁₀ dependiendo de la época del año se mantuvo en la clasificación *Bueno* y *Moderado*, entre 33%-74% y 26%-67% respectivamente, con excepción de los meses de febrero y julio que presentaron algún porcentaje de clasificación *Desfavorable*. En la Figura 59 y la Figura 60 se presenta el ICA

de la estación Carvajal (Sony) y de la estación de Kennedy, que son las 2 estaciones críticas para este contaminante en Bogotá, para éstas, el 22 de julio y el 15 de febrero de 2010 respectivamente, se presentaron casos de clasificación *Desfavorable – Grupos Sensibles*, que significan el 0,3% de los ICA calculados, y que corrobora como el sector suroccidental fue el más afectado por este contaminante.

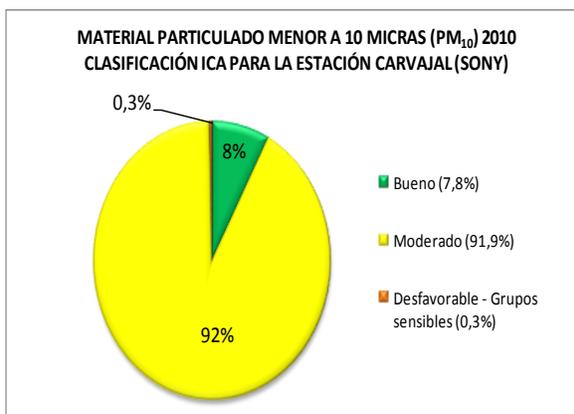


Figura 59. ICA y su clasificación para PM₁₀ del año 2010 en la estación de Carvajal (Sony). Fuente RMCAB

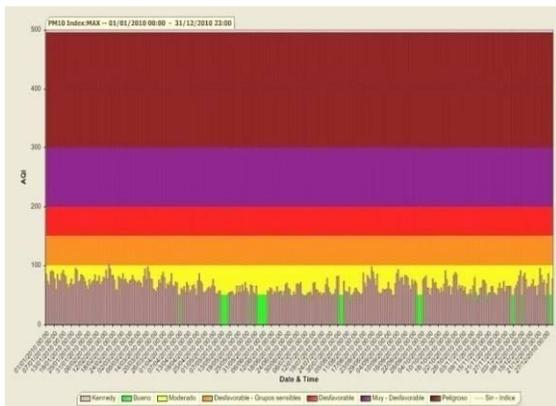


Figura 60. ICA y su clasificación para PM₁₀ del año 2010 en la estación de Kennedy. Fuente RMCAB

2.3. Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM_{2.5}

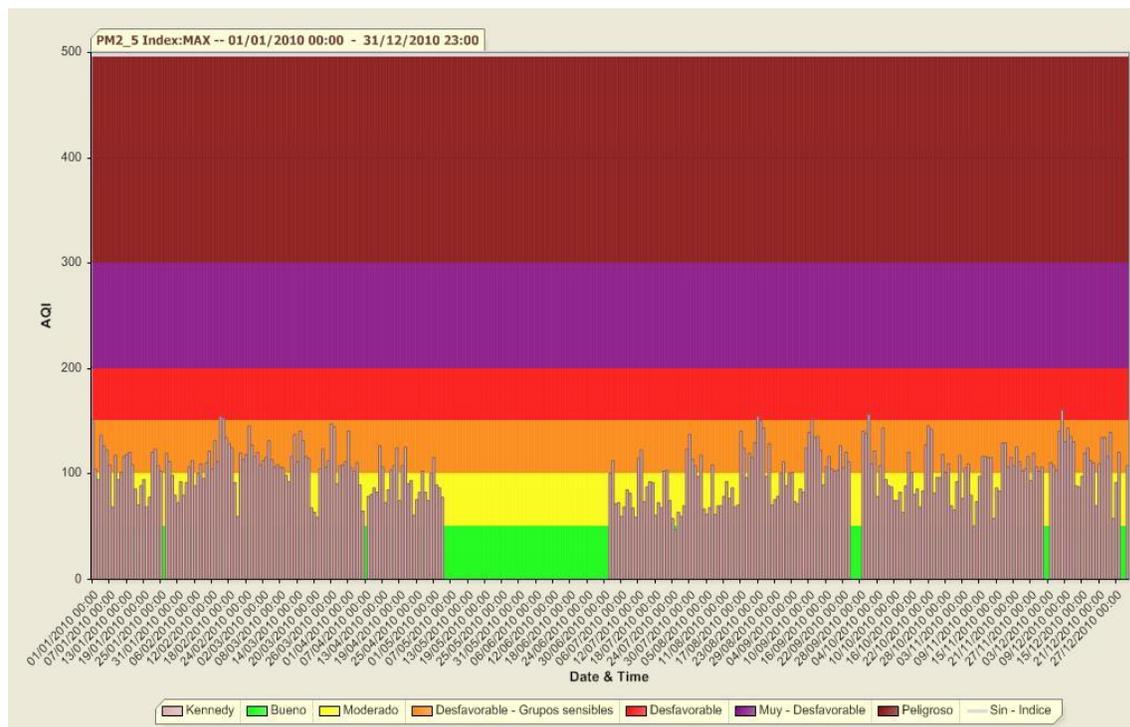


Figura 61. ICA para PM_{2.5} del año 2010, estación Kennedy. Fuente RMCAB

Las Figura 61 y Figura 62 contiene los datos diarios para 2010 de PM_{2.5} 24h con relación a los puntos de corte del ICA de la estación de Kennedy, durante este periodo en su mayoría se mantuvo en la clasificación *Moderado* entre el 19.4% y 75%. En los meses de febrero y julio se presentó la clasificación *Desfavorable – Grupos Sensibles* entre el 67.9% y 30% de representación respectivamente; se observa una ausencia casi total de la clasificación *Bueno* durante el año, solo apreciable en el mes de julio en un 3,3%. Los niveles de concentración del PM_{2.5} refieren puntos de concentración promedio para la generación del ICA distintos al PM₁₀, para esta estación la situación en la fracción más fina resulta más desfavorable.

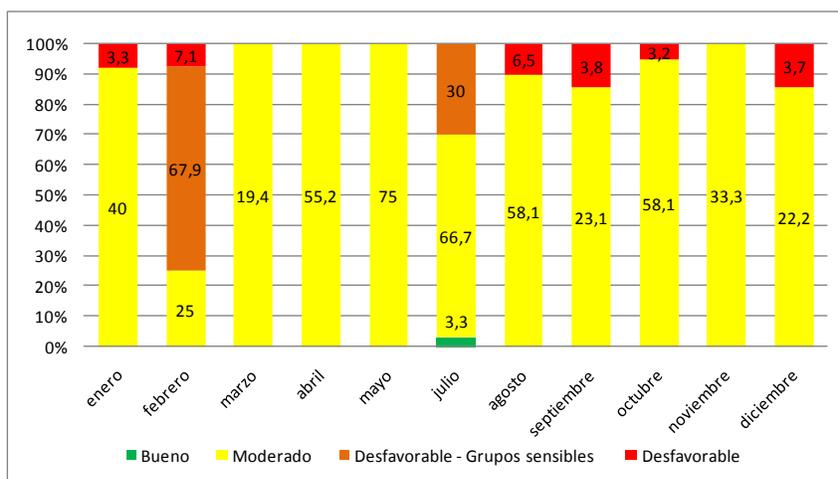


Figura 62. Clasificación ICA Kennedy para PM_{2.5} del año 2010. Fuente RMCAB¹²

En la estación de Kennedy se presentaron 8 casos de clasificación *Desfavorable*, los días 1 de enero, 15 y 16 de febrero, 23 y 24 de agosto, 11 de septiembre 1 de octubre y 8 de diciembre de 2010.

2.4. Índice de Calidad del Aire (ICA) para Ozono (O₃)

El ozono es un gas que se encuentra presente en la tropósfera o estratósfera, dependiendo de la capa en la que se encuentre puede ser benéfico o perjudicial para la salud de las personas. El ozono bueno es el que se encuentra en la estratósfera y forma la capa de ozono que nos protege de la radiación ultravioleta; el ozono nocivo es el que se encuentra cerca de la superficie terrestre y puede ser respirado, causando efectos negativos en la salud especialmente para niños con asma¹³.

La Figura 63 y la Figura 64 contienen los datos diarios para 2010 de O₃ 8h con relación a los puntos de corte del ICA de las estaciones de Guaymaral (Escuela), Usaquén (Bosque), Suba (Corpas), Las Ferias (Carrefour), Chico Lago (Santo Tomás), Parque Simón Bolívar (IDRD), Sagrado Corazón (MAVDT), Fontibón, Puente Aranda, Carvajal (Sony), y Tunal.

¹² En el mes de junio en la estación de Kennedy no se tienen datos de AQI PM_{2.5}

¹³ *Ibíd*

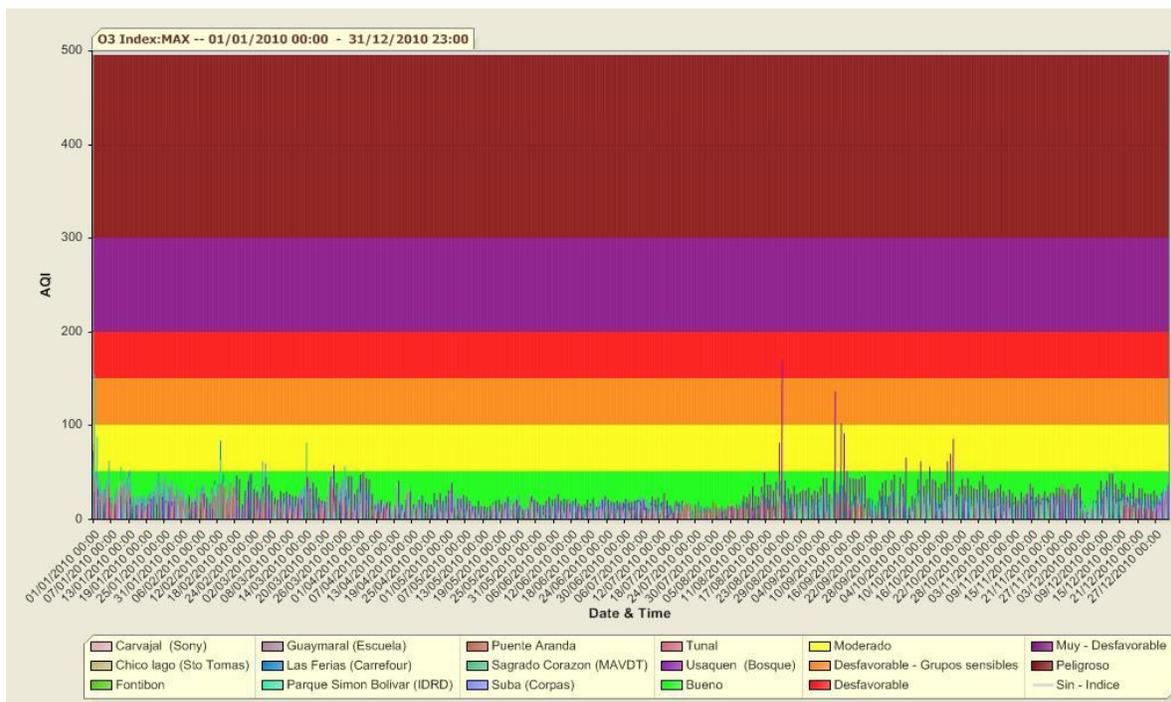


Figura 63. ICA para O₃ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

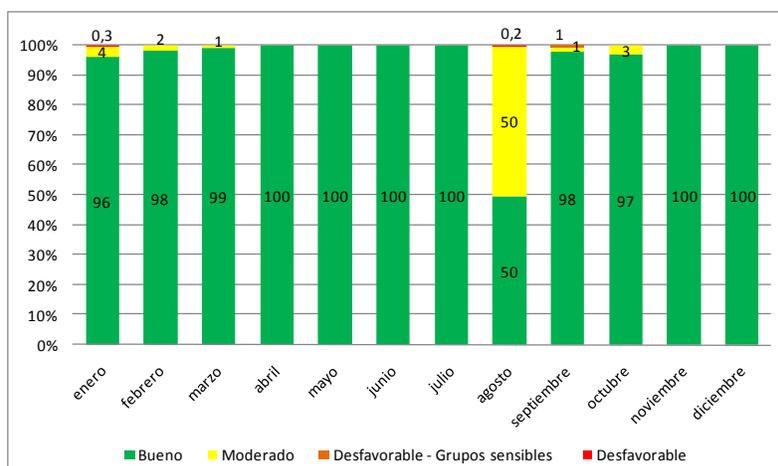


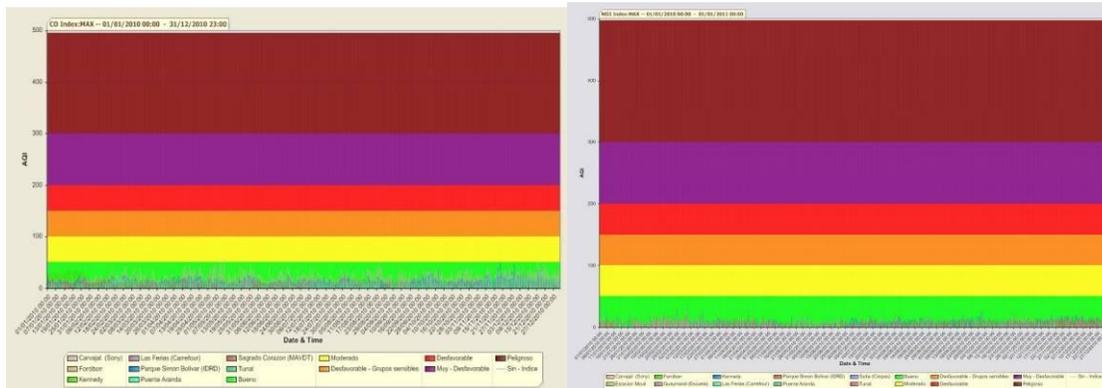
Figura 64. Clasificación ICA para O₃ del año 2010. Fuente RMCAB

Como se aprecia en La Figura 63 y la Figura 64, el ICA para O₃ durante el 2010 se presentó en la clasificación Bueno en el 92% del registro, seguido de un 7% en la clasificación Moderado, este último se concretó en los meses de enero, febrero, marzo, agosto, septiembre y octubre. Se presentaron 4 casos en las clasificaciones Desfavorable – Grupos Sensibles y Desfavorable, uno en la estación de Sagrado Corazón (MAVDT) el día 1 de enero de 2010 y otro en la estación de Usaquén (Bosque) los días 22 de agosto, 9 y 11 de septiembre de 2010, lo que exhibe la afectación de este contaminante en los sectores norte y centro de la ciudad.

2.5. Índices de Calidad del Aire (ICA) para el Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂)

La Figura 65 contiene los datos diarios para 2010 de CO 8h con relación a los puntos de corte del ICA de las estaciones de Las Ferias (Carrefour), Parque Simón Bolívar (IDRD), Sagrado Corazón (MAVDT), Fontibón, Puente Aranda, Carvajal (Sony) y Tunal; junto con los datos diarios ICA de NO₂ 1h con relación a de las estaciones de (Escuela), Suba (Corpas), Las Ferias (Carrefour), Parque Simón Bolívar (IDRD), Zona Industrial E. Móvil, Fontibón, Puente Aranda, Kennedy y Carvajal (Sony).

La Figura 66 contiene los datos diarios del ICA para 2010 de SO₂ 24h de las estaciones de Las Ferias (Carrefour), Chico Lago (Santo Tomás), Parque Simón Bolívar (IDRD), Fontibón, Puente Aranda, Carvajal (Sony) y Tunal.



a.) Monóxido de Carbono (CO)

b.) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Figura 65. ICA para CO y NO₂ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

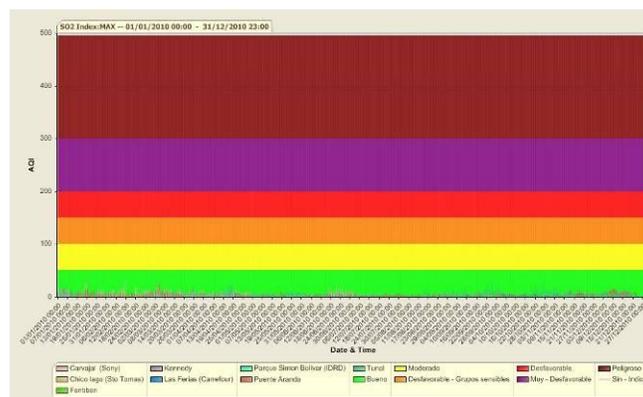


Figura 66. ICA para SO₂ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

Como se aprecia en la Figura 65 y Figura 66, el ICA para el CO, NO₂ y SO₂ durante el 2010 se mantuvo en la clasificación *Bueno*; sin embargo se presentaron 2 casos en la estación de Carvajal para los días 7 de mayo y 16 de diciembre de 2010 en los cuales el CO presentó clasificación *Moderado*. Lo que pone a la vista la poca afectación de estos tres contaminantes en la salud pública del Distrito.

3. METEOROLOGÍA

Este capítulo presenta el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2010. Tal y como aparece registrado en la Tabla 35, 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 35. Estaciones de la RMCAB y variables climatológicas 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. 4 Tunal	X	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			
No. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X	X	X	X
No. 10 Chicó Lago (Santo Tomás)	X	X				
No. 11 Suba (Corpas)	X	X	X			
No.12 Estación Móvil	X	X	X	X	X	X
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			X
No. 15 Usme	X	X	X	X	X	
No. 16 Vitelma	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 prolongadas¹⁴.

3.1. 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.

El comportamiento de la precipitación en Bogotá durante el año 2010 se afectó debido a los efectos del fenómeno ENOS (el niño oscilación del sur) dado que al iniciar el año se presentó un periodo seco (El Niño) y a mediados del año se pasa a un periodo lluvioso (La Niña), el cual incrementó de manera histórica la precipitación en la ciudad.

¹⁴ La precipitación en Colombia. Hurtado 1998

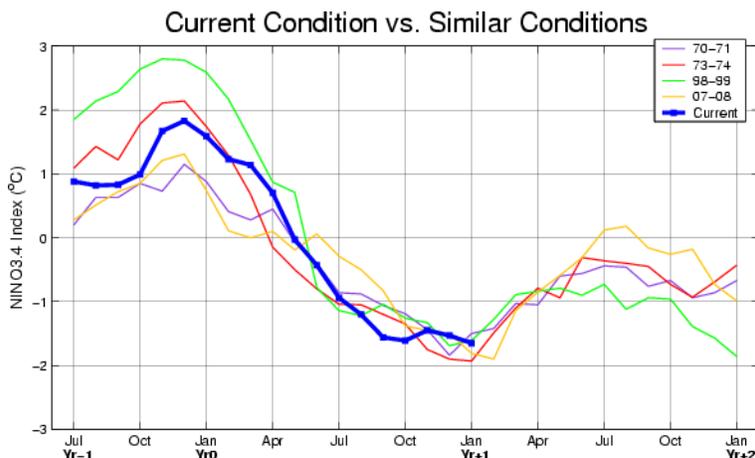


Figura 67. Condiciones actuales y condiciones similares del Índice del NINO región 3.4. Fuente IRI

Se pronostica que este fenómeno estará presente hasta el trimestre mayo junio julio de 2011 como se observa en la Figura 67 según datos de *The International Research Institute for Climate and Society* (IRI) ² aunque desde principio de este año. La presencia de este evento y la finalización del Niño que permaneció durante el I trimestre de 2010 se refleja en las diferencias de acumulado de precipitación del promedio 1997-2009 observadas en la Figura 68, la cual muestra estas cifras en mm discriminados mensualmente y su comparación con los acumulados medidos por la RMCAB para cada uno de los meses del año 2010.

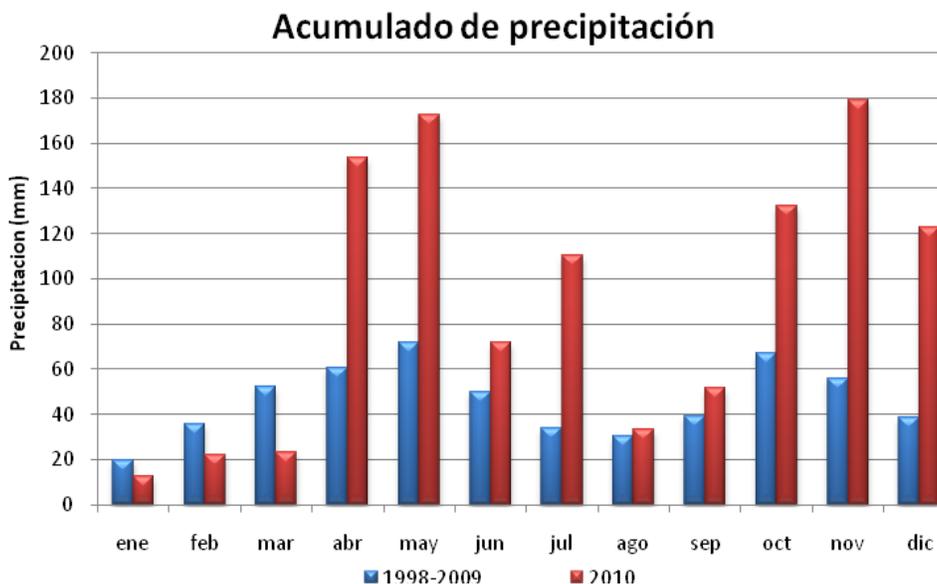


Figura 68 Acumulado promedio de precipitación de la RMCAB del periodo 1998-2009 comparada con el promedio de los de 2010. Fuente RMCAB

Se puede observar el incremento de la precipitación desde el mes de abril comparado con el promedio 1998-2009, descrita en porcentaje (Tabla 36). Este aumento obedece al fenómeno de la Niña, como se mencionó anteriormente.

Tabla 36. Variación porcentual de la precipitación para el 2010 comparada con el periodo 1998 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-35%	-38%	-56%	153%	140%	45%	225%	10%	32%	97%	209%	219%

La Figura 69 muestra que en efecto, el acumulado de precipitación fue el mayor registrado por la red históricamente, con un acumulado promedio de 1085 mm promedio de las estaciones de la ciudad. También se evidencia que el menor acumulado de precipitación en años anteriores se presentó en 2001, con un valor de 393 mm, seguido de 2003 con 462 mm y 2009 con 469 mm. Los días de lluvia en Bogotá registraron un promedio de 3.6 mm diarios, mientras que en periodos como el de 2003, el promedio de lluvia por día de precipitación fue de 1.5 mm.

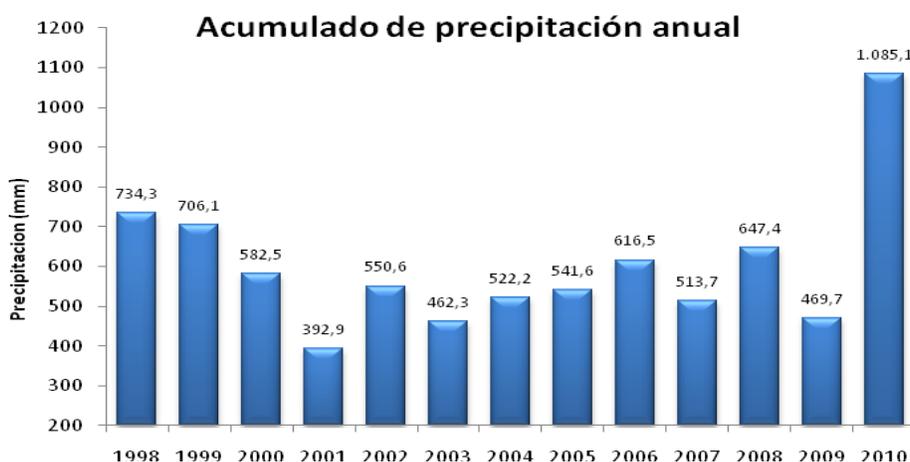


Figura 69. Acumulado de precipitación promedio de las estaciones de la RMCA en el Año 2010 para el periodo 1998 a 2010. Fuente RMCAB

Con respecto a los valores promedio de días de precipitación tomados en el periodo 1997-2009, el aumento de días de precipitación es evidente a partir del mes de abril. La Tabla 37 presenta el porcentaje de variación de los días de precipitación.

Comparado con los años anteriores, el Año 2010 presentó el tercer mayor número de días de precipitación en Bogotá con un total de 297 días, como se puede apreciar en la Figura 71. Esto indica una gran cantidad de precipitación en cada día de lluvia y también se explica por el hecho de que en los primeros meses las temperaturas del Pacífico presentaban anomalías de temperatura cálidas que inhibieron las lluvias en los primeros 3 meses.

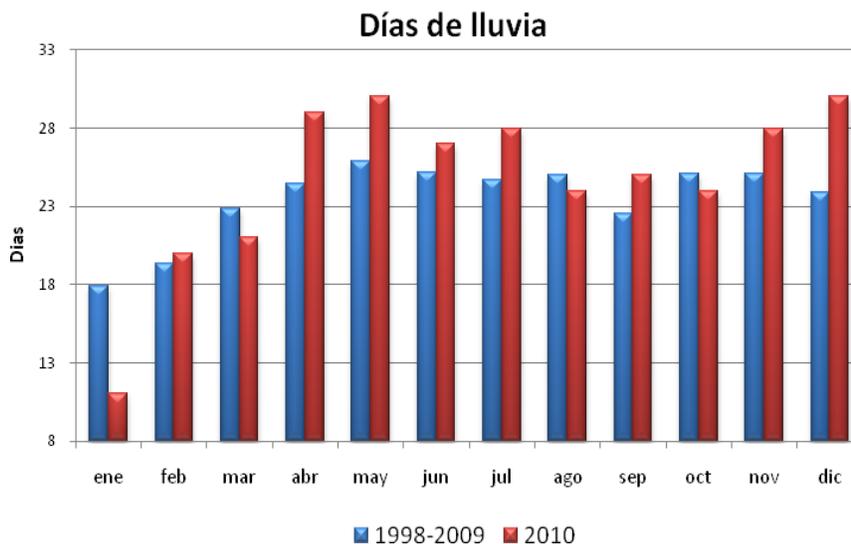


Figura 70. Días de precipitación de la RMCAB del periodo 1998-2009 comparada con el promedio para el año de 2010. Fuente RMCAB

Tabla 37. Variación porcentual de los días de precipitación para el 2010 comparada con el periodo 1998 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-39%	3%	-8%	19%	16%	7%	14%	-4%	11%	-4%	12%	25%

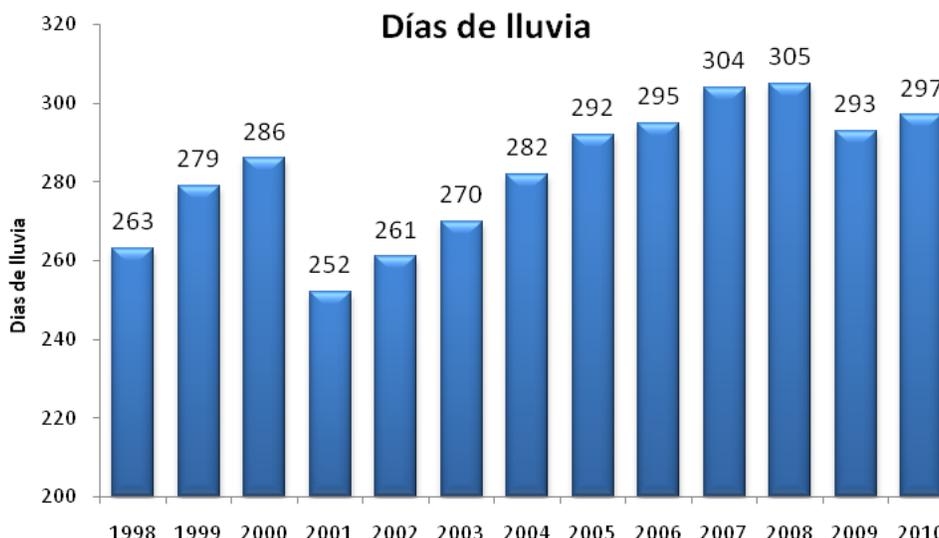


Figura 71. Promedio de los días de precipitación de las estaciones de la RMCA para el periodo 1998 al 2010. Fuente RMCAB

En la Figura 72 se observan los acumulados de precipitación registrado por las estaciones de la RMCAB en el periodo 1997-2010. Junto con la Tabla 38, se puede apreciar que el Año 2010 se midieron entre lluvias moderadamente por encima de lo normal como es el

caso de Zona Industrial - Estación Móvil y Kennedy y muy por encima de lo normal** , como es el caso de Guaymaral, Usaquén, suba, las Ferias, Chicó (dejó de funcionar en octubre) Carvajal, Tunal y Parque Simón Bolívar

Acumulado 2010 estaciones RMCAB

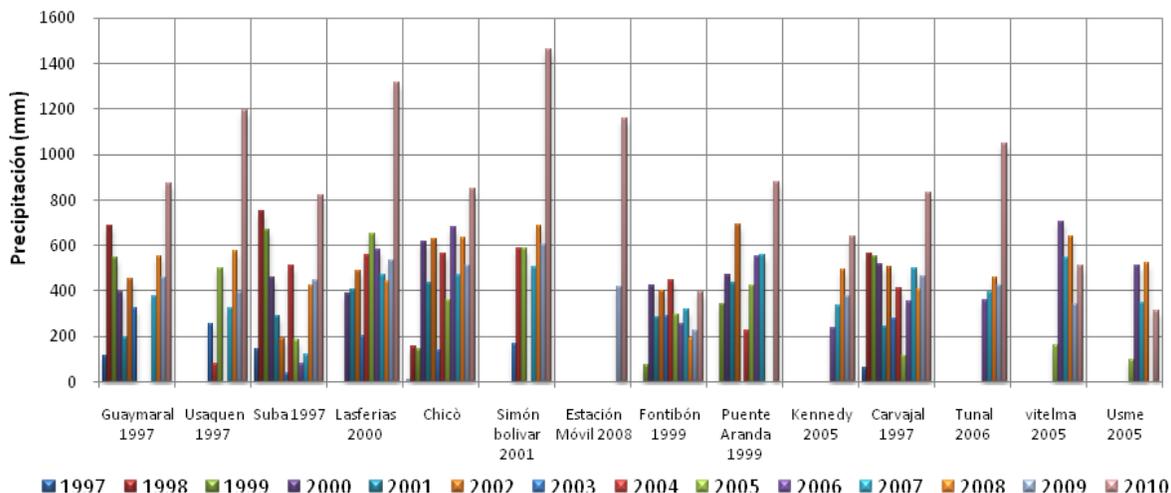


Figura 72. Acumulado de precipitación para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

Tabla 38. Acumulados de precipitación de las estaciones de la RMCAB en el Año 2010 para el periodo 1998-2010. Fuente RMCAB.

Estación	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Índice de Precipitación (%)
Guaymaral	687.9	543.9	394.0	193.7	452.5	324.9				378.3	548.4	459.4	874.2	194%
Usaquén						252.9	77.6	500.0		326.2	574.6	393.5	1193.6	252%
Suba	752.0	666.1	457.8	286.3	188.4	34.8	512.7	180.9	80.3	117.6	425.3	445.1	820.0	225%
Las ferias			386.8	402.9	487.4	199.1	555.3	649.5	579.9	470.1	438.9	536.3	1316.3	240%
Chicó	152.8	142.1	617.7	434.5	629.2	134.5	564.1	359.5	680.2	466.8	634.1	511.1	850.4	193%
Simón Bolívar						164.8	583.2	584.0		502.0	683.0	601.7	1220.4	197%
Zona Industrial - Estación Móvil												418.7	1158.2	147%
Fontibón		72.8	420.8	282.4	399.4	288.6	448.6	296.4	252.5	319.2	189.8	225.9	395.1	132%
Puente Aranda		343.4	466.5	435.0	689.4	0.0	222.6	425.4	550.0	558.0			876.7	192%
Kennedy									237.7	335.8	494.6	374.8	640.9	154%
Carvajal	565.1	548.7	513.3	243.3	506.3	278.4	409.5	116.1	350.5	496.1	405.8	465.6	832.7	201%
Tunal									356.0	396.2	456.9	425.4	1046.4	195%
Vitelma								157.7	704.5	545.4	638.7	338.6	512.5	106%
Usme								94.6	511.7	349.0	522.0		310.4	87%

** 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)

Dadas las condiciones particulares de las localidades de Bogotá tales como ubicación geográfica, niveles de contaminación entre otros, existen variaciones no solo en el acumulado de precipitaciones sino en el número de días en que llueve. La Tabla 39 muestra que la estación del Parque Simón Bolívar, ubicada en la localidad de Barrios Unidos, detectó lluvias en 244 oportunidades con un promedio de 5 mm por día de lluvia, la estación de Guaymaral con un total de 216 días de precipitación con un valor de 4.0 mm por día de lluvia, Suba y Puente Aranda 212 y 213 días cada uno con 3.8 y 4.1 mm por día de lluvia respectivamente. Las estaciones de Usaquén y Chicó Lago registraron 202 y 152 días de precipitación con 5.9 y 5.6 mm por día de precipitación, Carvajal, Kennedy y Fontibón 181, 189 y 179 días con 3.4, 3.5, y 2.2 mm por día de precipitación y la estación de Tunal con 193 días y 5.4 mm por día de precipitación.

Para el año 2010, noviembre presentó el mayor número de acumulado precipitación en la mayoría de estaciones de la RMCAB de acuerdo con lo observado en la Figura 73 y la Figura 78. La Zona Industrial - Estación Móvil presentó el mayor acumulado para noviembre seguido de Parque Simón Bolívar. La estación que presentó mayor número de días de precipitación fue la de Guaymaral en diciembre seguida por la estación de Suba. En octubre el mayor número de días se presentó en Parque Simón Bolívar y Usaquén. Para el mes de noviembre, Estación Móvil y Parque Simón Bolívar presentaron el mayor número de días de precipitación.

Tabla 39. Días de lluvia de las estaciones de la RMCAB para el periodo 1998-2010 Fuente RMCAB

Estación	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guaymaral 1997	186	172	147	93	174	181				202	217	202	216
Usaquén 1997	175	185	184	120	164	139	89	155	143	160	168	140	202
Suba 1997	221	222	199	173	138	25	189	132	144	150	175	160	212
Las ferias 2000			153	133	128	62	149	187	161	146	175	161	218
Chicó	177	192	165	149	157	63	167	136	182	182	148	145	152
Simón bolívar 2001						55	186	183		168	198	208	244
Zona Industrial - Estación Móvil 2008												144	206
Fontibón 1999		45	165	122	128	137	141	136	113	145	127	128	179
Puente Aranda 1999		73	112	138	147	0	124	209	216	199			213
Kennedy 2005								18	146	140	162	130	181
Carvajal	158	188	194	116	154	131	154	94	153	159	131	149	189
Tunal 2006									121	146	158	146	193
Vitelma 2005								47	217	199	206	165	162
Usme 2005								40	196	176	207	80	112

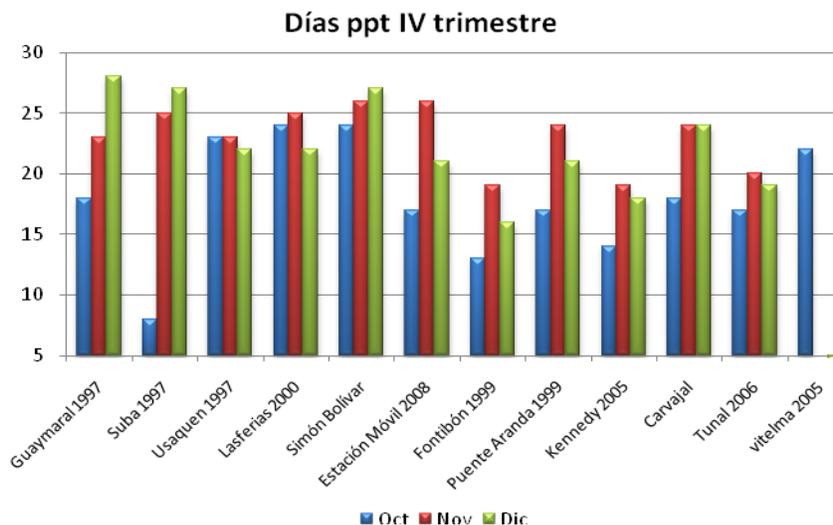


Figura 73 Acumulado de precipitación de cada estación en el último trimestre. Fuente. RMCAB

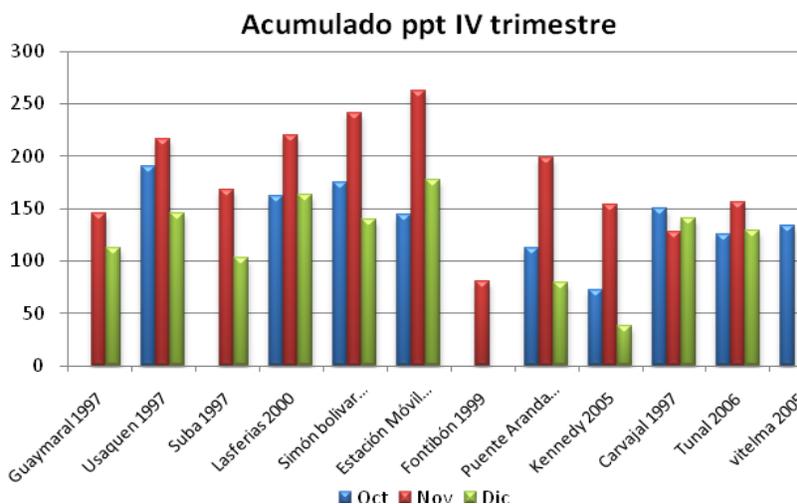


Figura 74. Días de precipitación de cada estación en el último trimestre. Fuente. RMCAB

La Figura 75 presenta los acumulados horarios de precipitación para el 2010 y su comparación con el acumulado promedio de 1997-2009 de las estaciones de la RMCAB. En horas de la mañana fue relativamente inusual la presencia de precipitación en la ciudad, mientras que en horas de la tarde, las precipitaciones fueron altas debido al calentamiento diurno.

Acumulado de precipitación horaria

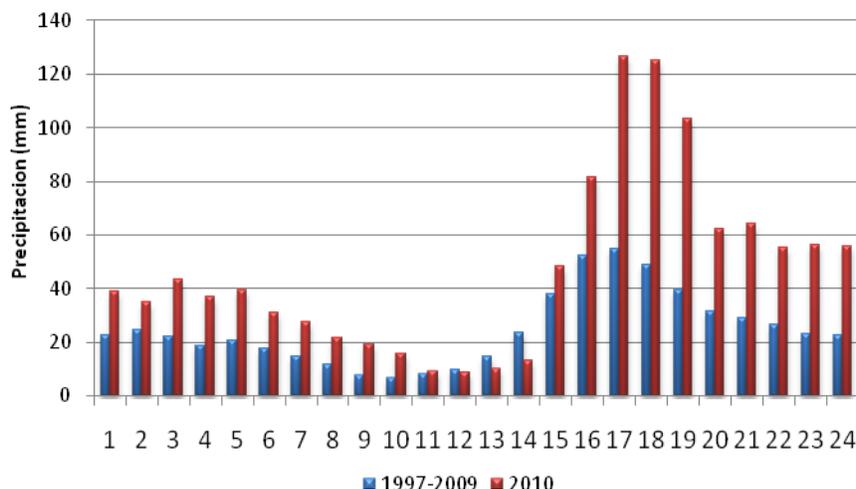


Figura 75. Acumulados horarios de precipitación para el 2010 y su comparación con el promedio 1997-2009

El mapa de la Figura 76 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los acumulados de precipitación para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isoyeta está separada 50 mm de la otra. En ella se puede observar los dos sectores con menos precipitación de la capital, la estación de Fontibón que abarca el suroeste de la localidad de su mismo nombre y la estación de Kennedy que comprende el norte de Bosa y el noroccidente de Kennedy. Los mayores acumulados se encuentran en el sector sur de Barrios Unidos y norte de Teusaquillo, representados por la estación de Parque Simón Bolívar y en la localidad de Chapinero

Acumulado de Precipitación (mm) 2010

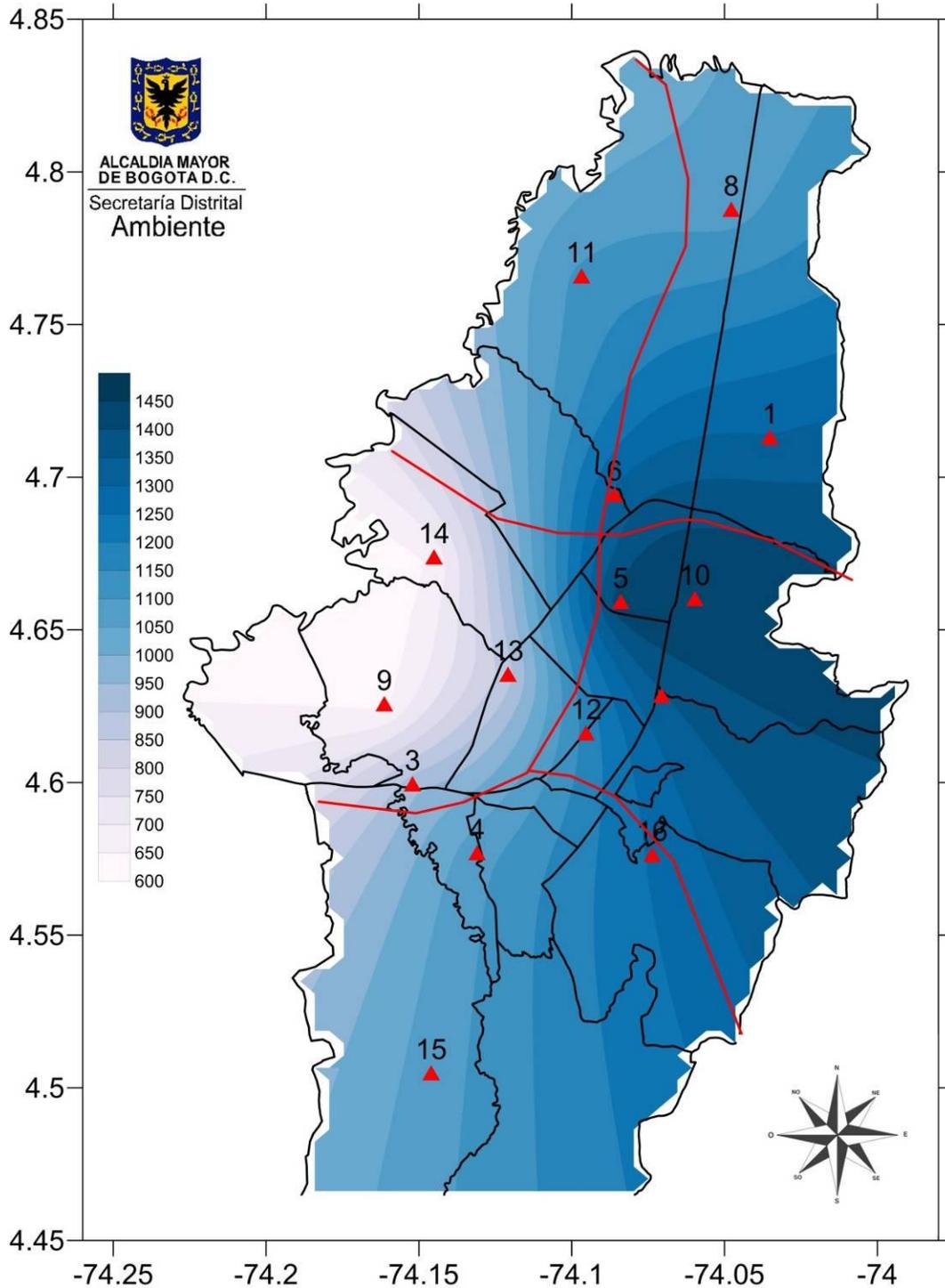


Figura 76. Mapa de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para el Año 2010. Fuente RMCAB

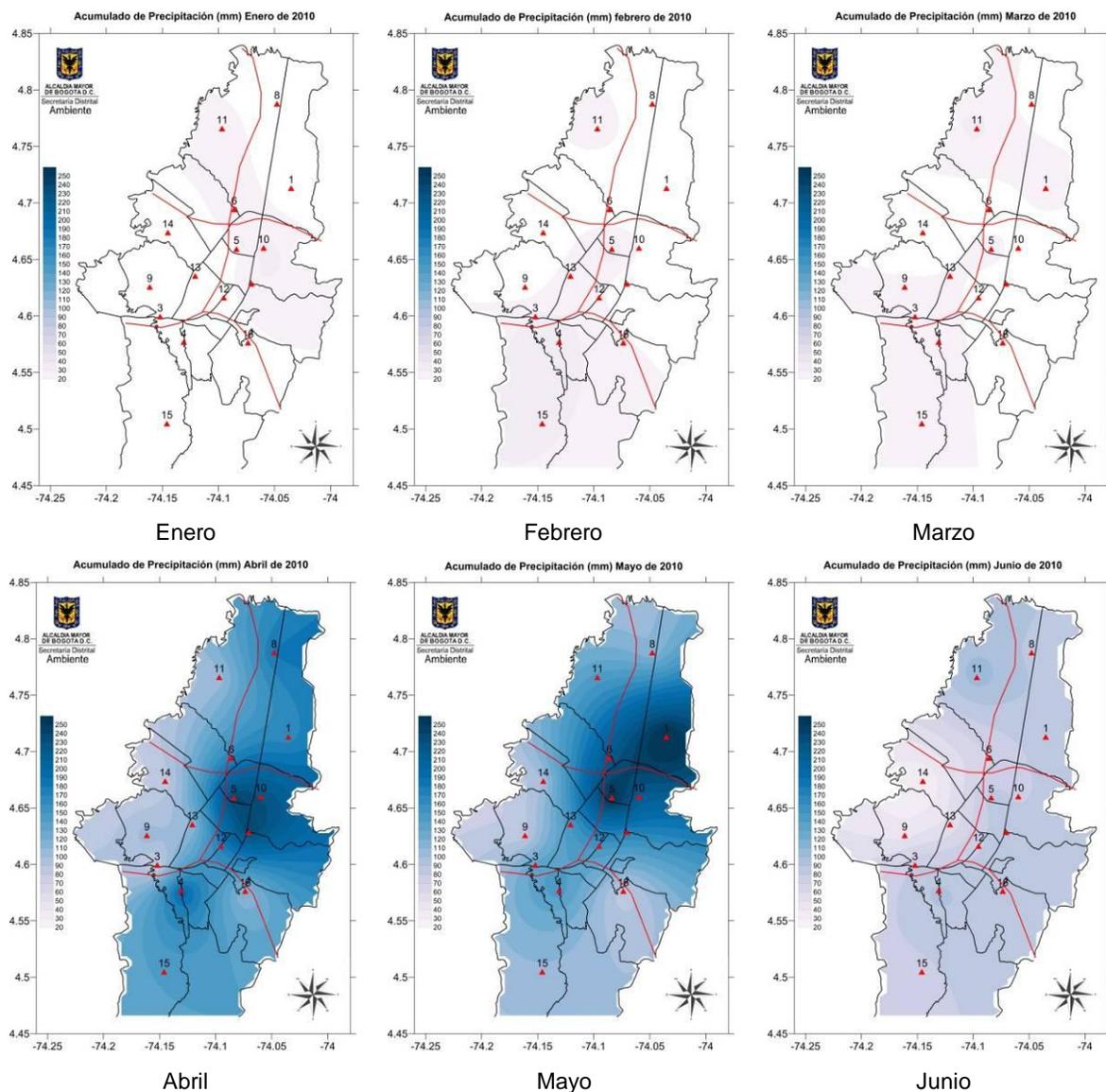


Figura 77. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para el primer semestre de 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 77 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del primer semestre del Año 2010 en los cuales se observa la evolución de la precipitación. En abril y mayo se concentraron los acumulados de precipitación en el occidente de chapinero, sur de barrios unidos y norte de teusaquillo, mientras que al occidente de la ciudad se presentaron los menores acumulados. El mes de enero presentó el acumulado de la precipitación mas bajo viéndose precipitaciones al centro-oriente de la ciudad. En el mes de febrero y marzo se presenta un aumento del acumulado de precipitación con cierta homogeneidad en la mayoría de las localidades.

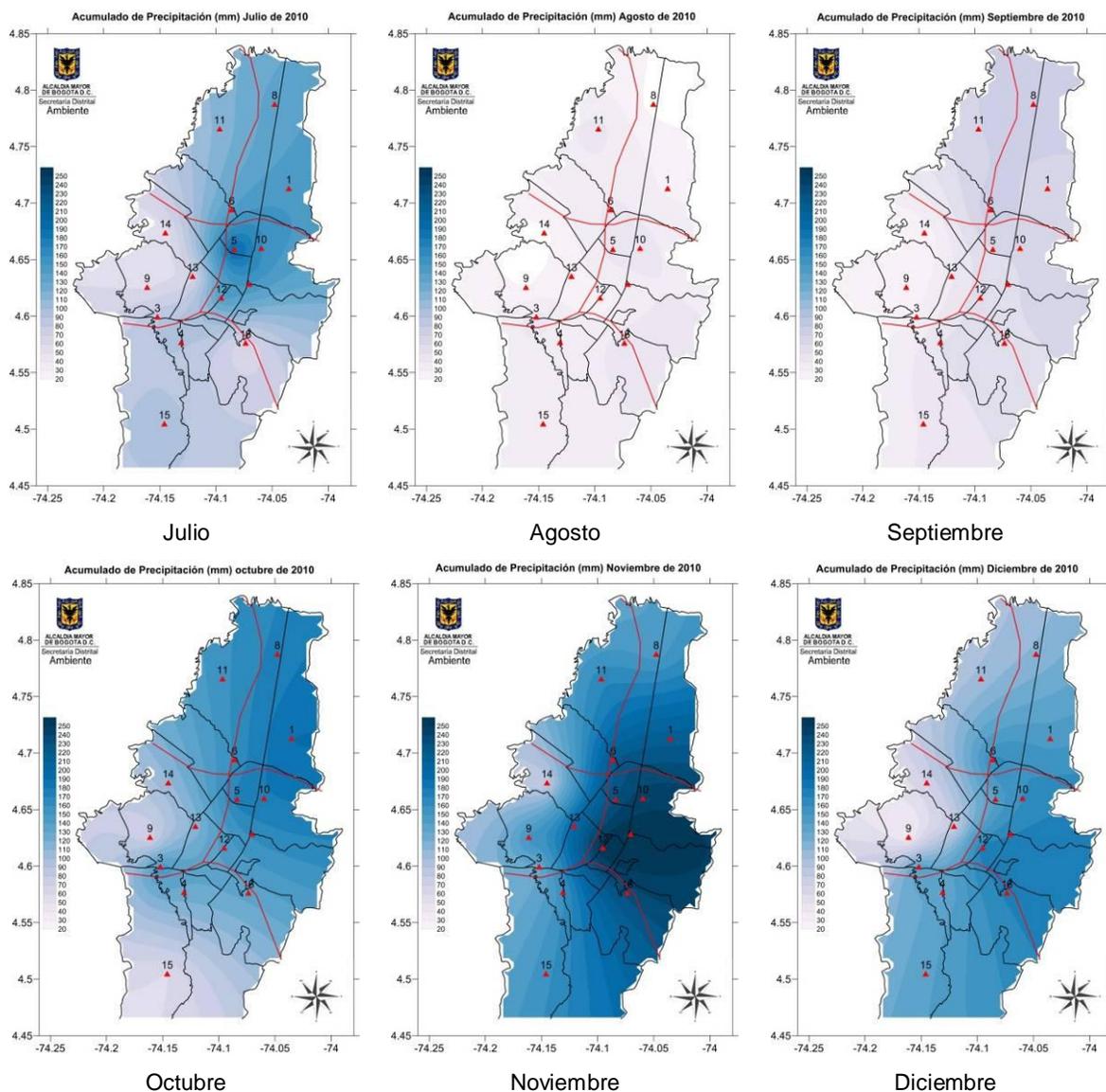


Figura 78. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para segundo semestre de 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 78 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del segundo semestre del Año 2010 en los cuales se observa que la precipitación en julio se concentró en el occidente de chapinero, sur de Barrios Unidos y norte de Teusaquillo, mientras que al occidente de la ciudad se presentaron los menores valores, aún así es un mes atípico debido a que se esoeaba menor acumulado de precipitación. El mes de agosto y septiembre se presenta una disminución del acumulado de precipitación con cierta homogeneidad en la mayoría de las localidades exceptuando las que están al occidente de la capital. Para el último trimestre el acumulado mayor, inclusive del año, se presentó en el mes de noviembre con cifras que alcanzaron los 250 mm.

3.2. Vientos

El comportamiento de los vientos en Colombia responde a los vientos alisios del noreste y sudeste, los cuales confluyen en la región intertropical formando una zona de baja presión llamada zona de confluencia intertropical (ZCIT), que al desplazarse sobre el territorio provoca las temporadas de lluvia en el país. 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, el comportamiento de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y de intensidad suave y leve en las tardes; esta tendencia se conserva en el año en estudio. Durante dicho periodo, la dirección y velocidad del viento en la ciudad se registró en catorce estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 35. La Tabla 40 resume el comportamiento de la velocidad del viento para el año 2010 en cada uno de los meses y para 4 horarios distintos, y la Tabla 41 presenta los valores de velocidad máxima en 2010. Fontibón y Puente Aranda son las estaciones en que se presentó la mayor velocidad de viento en el trimestre seguido de Kennedy. La predominancia de los vientos en general varía según la estación como se observa en la Figura 80. Rosa de los vientos de las estaciones de la RMCAB.

Tabla 40. Velocidades de viento mensuales promedio entre las 1-6, 7-12, 13-18 y 19-24 horas de 2010

Hora 1-6 Año 2010		Mes												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2010	
Guaymaral	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1				0,4	0,9	
Usaquén	0,9	1,1	0,8	0,4	0,7	1,1	0,8	1,5	1,0	0,9	0,6	0,6	0,9	
Suba	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,7	0,3	0,4	0,8	0,8	0,5	
Las ferias	1,3	1,7	1,3	1,0	1,1	1,2	1,1	1,3	1,0	1,1	0,9	0,9	1,2	
Chicò	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6			0,6	
Simón bolívar	0,9	1,2	1,1	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	
Estación Móvil	1,2	1,5	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2	1,7	1,3	1,3	1,0	1,0	1,3	
Fontibón	2,0	2,2	1,9	1,7	1,9	1,9	1,7	1,9	1,8	1,8	1,9	1,8	1,9	
Puente Aranda	2,2	2,4	2,1	1,8	1,9	2,1	1,9	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	2,0	
Kennedy	1,9	2,1	1,8	1,5	1,7	1,7	1,7	1,9	1,6	1,6	1,3	1,4	1,7	
Carvajal	2,0	2,1	1,8	1,3	1,4	1,7	1,6	1,7	1,4	1,3	0,9	0,8	1,5	
Tunal	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	
vitelma								3,6	4,4		2,2		2,4	
San Cristóbal	1,5	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	

Hora 13-18 Año 2010		Mes												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2010	
Guaymaral	2,1	2,1	2,3	1,6	1,7	1,8	1,4	1,9					1,3	1,9
Usaquen	1,5	1,6	1,5	1,3	1,4	2,0	1,6	2,6	1,8	1,8	1,4	1,6	1,7	
Suba	1,8	1,7	1,8	1,4	1,5	1,7	1,1	1,6	1,3	1,4	2,0	2,3	1,7	
Lasferias	2,8	3,0	3,0	2,1	2,5	2,4	2,2	2,4	2,2	2,4	1,9	2,2	2,4	
Chicò	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2			1,1	
Simón bolívar	2,6	2,5	2,5	2,1	2,3	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	2,0	2,1	2,2	
Estación Móvil	2,8	3,0	3,0	2,3	2,5	3,1	2,7	3,5	2,6	3,0	2,1	2,2	2,7	
Fontibón	4,4	4,4	4,3	3,7	3,8	3,9	3,6	4,3	4,1	4,3	3,8	3,9	4,0	
Puente Aranda	4,0	4,1	4,0	3,4	3,6	4,0	3,6	4,2	3,7	4,1	3,2	3,3	3,8	
Kennedy	3,8	3,9	3,8	3,4	3,5	3,5	3,5	3,7	3,7	3,9	3,2	3,1	3,6	
Carvajal	3,3	3,4	3,3	2,9	3,0	3,2	3,0	3,3	3,0	3,1	2,4	2,4	3,0	
Tunal	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,8	1,7	1,8	
vitelma								4,8			1,9		2,2	
San Cristóbal	1,6	1,5	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,7	1,2	1,2	0,9	1,0	1,3	

Hora 7-12 Año 2010		Mes												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2010	
Guaymaral	1,0	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0	0,8	1,6				0,5	1,0	
Usaquen	0,8	0,9	0,7	0,5	0,7	1,1	0,7	1,3	0,9	0,9	0,6	0,6	0,8	
Suba	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,5	0,6	1,0	1,1	0,7	
Lasferias	1,5	1,8	1,4	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,0	1,2	0,8	0,8	1,2	
Chicò	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6			0,7	
Simón bolívar	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9	
Estación Móvil	1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,5	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,2	
Fontibón	1,9	2,2	2,1	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8	1,6	1,7	1,6	1,6	1,8	
Puente Aranda	1,8	2,0	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,7	
Kennedy	1,6	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5	1,7	1,4	1,4	1,2	1,2	1,5	
Carvajal	1,8	1,7	1,6	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,2	0,9	0,8	1,4	
Tunal	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	
vitelma								3,4		1,9			2,0	
San Cristóbal	1,1	0,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	

Hora 19-24 Año 2010		Mes												
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2010	
Guaymaral	2,1	2,1	1,9	1,6	1,3	1,5	1,5	1,6					1,1	1,7
Usaquen	1,6	1,7	1,4	1,0	1,3	1,9	1,2	2,6	1,7	1,7	1,0	1,3	1,5	
Suba	1,3	1,3	1,2	0,9	1,0	1,2	0,8	1,1	0,7	0,8	1,2	1,5	1,1	
Lasferias	2,6	2,5	2,4	1,8	2,0	2,2	1,9	2,1	1,8	1,9	1,5	2,0	2,1	
Chicò	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9			0,9	
Simón bolívar	2,2	2,2	2,1	1,6	1,6	1,9	1,7	1,8	1,5	1,6	1,3	1,7	1,8	
Estación Móvil	2,6	2,5	2,4	1,8	2,1	2,4	2,2	3,0	2,0	2,3	1,5	1,8	2,2	
Fontibón	4,3	4,0	3,7	3,2	3,1	3,7	3,2	3,7	3,3	3,3	2,8	3,1	3,5	
Puente Aranda	4,0	3,8	3,6	2,9	3,0	3,5	3,1	3,8	3,0	3,1	2,5	2,9	3,3	
Kennedy	3,8	3,6	3,6	2,7	3,0	3,1	3,0	3,4	2,9	2,9	2,3	2,8	3,1	
Carvajal	3,1	3,0	2,9	2,2	2,5	2,8	2,5	2,8	2,3	2,3	1,7	2,0	2,5	
Tunal	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,5	1,4	
vitelma								4,7			1,8		2,2	
San Cristóbal	1,6	1,5	1,5	1,1	1,2	1,4	1,1	1,5	1,2	1,2	0,9	1,0	1,2	

Tabla 41. valores máximos absolutos de velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB.

Velocidad	Máxima													
Año	2010													
Valores	Mes												2010	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Guaymaral	4,7	4,4	5,2	4,2	4,0	4,7	3,7	4,4					3,7	5,2
Usaquen	4,8	5,2	3,9	3,8	4,0	5,9	3,8	6,4	6,6	4,7	4,1	4,1	6,6	
Suba	3,3	3,9	3,7	3,3	3,5	3,0	2,5	3,3	2,6	3,0	3,7	5,6	5,6	
Lasferias	5,6	5,1	5,2	5,2	5,9	4,6	4,4	4,6	4,6	5,8	5,4	5,3	5,9	
Chicò	2,7	2,4	3,1	2,7	3,2	2,8	2,6	3,0	2,1	2,9			3,2	
Simón bolivar	5,2	4,8	5,6	4,8	5,4	4,4	4,2	4,1	5,1	5,0	4,9	5,0	5,6	
Estación Móvil	6,3	6,6	5,8	6,0	5,8	6,1	7,3	6,8	6,1	6,3	4,3	5,5	7,3	
Fontibón	8,4	9,2	8,5	7,7	8,2	7,9	7,2	8,7	8,2	8,1	8,2	7,9	9,2	
Puente Aranda	7,5	8,6	7,5	7,0	6,8	6,7	7,8	8,1	7,1	7,3	6,4	6,6	8,6	
Kennedy	6,6	6,9	6,7	6,9	6,3	6,8	5,8	6,5	6,7	6,8	6,2	6,5	6,9	
Carvajal	5,3	5,9	5,4	5,0	5,9	5,5	5,7	6,2	5,0	5,0	4,5	5,1	6,2	
Tunal	4,4	4,5	4,7	3,7	4,4	3,9	3,3	3,8	4,4	4,2	3,9	4,2	4,7	
vitelma								5,5	4,4		3,6		5,5	
San Cristóbal	3,5	3,8	2,7	2,8	3,2	4,0	2,7	4,2	3,3	3,0	2,2	2,6	4,2	

Velocidad	Mínima													
Año	2010													
Valores	Mes												2010	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Guaymaral	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2					0,1	0,1
Usaquen	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Suba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0
Lasferias	5,6	5,1	5,2	5,2	5,9	4,6	4,4	4,6	4,6	5,8	5,4	5,3	5,9	
Chicò	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			0,2	
Simón bolivar	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Estación Móvil	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Fontibón	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
Puente Aranda	0,9	0,9	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4
Kennedy	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2
Carvajal	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Tunal	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
vitelma								3,0	4,3		0,1		0,1	
San Cristóbal	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

La Figura 79 muestra gráficas de las velocidades del viento en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, 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 pequeñas o incluso cero y las velocidades máximas se presentan cerca de las 2 pm. También se presenta una característica que puede relacionarse con la variabilidad propia de Bogotá y por eventos tales como el ENSO (El Niño Southern Oscillation) y de otras escalas, lo que representa la

disminución de la velocidad comparado con el primer semestre. La tendencia de la velocidad fue de disminuir levemente en los últimos meses del año.

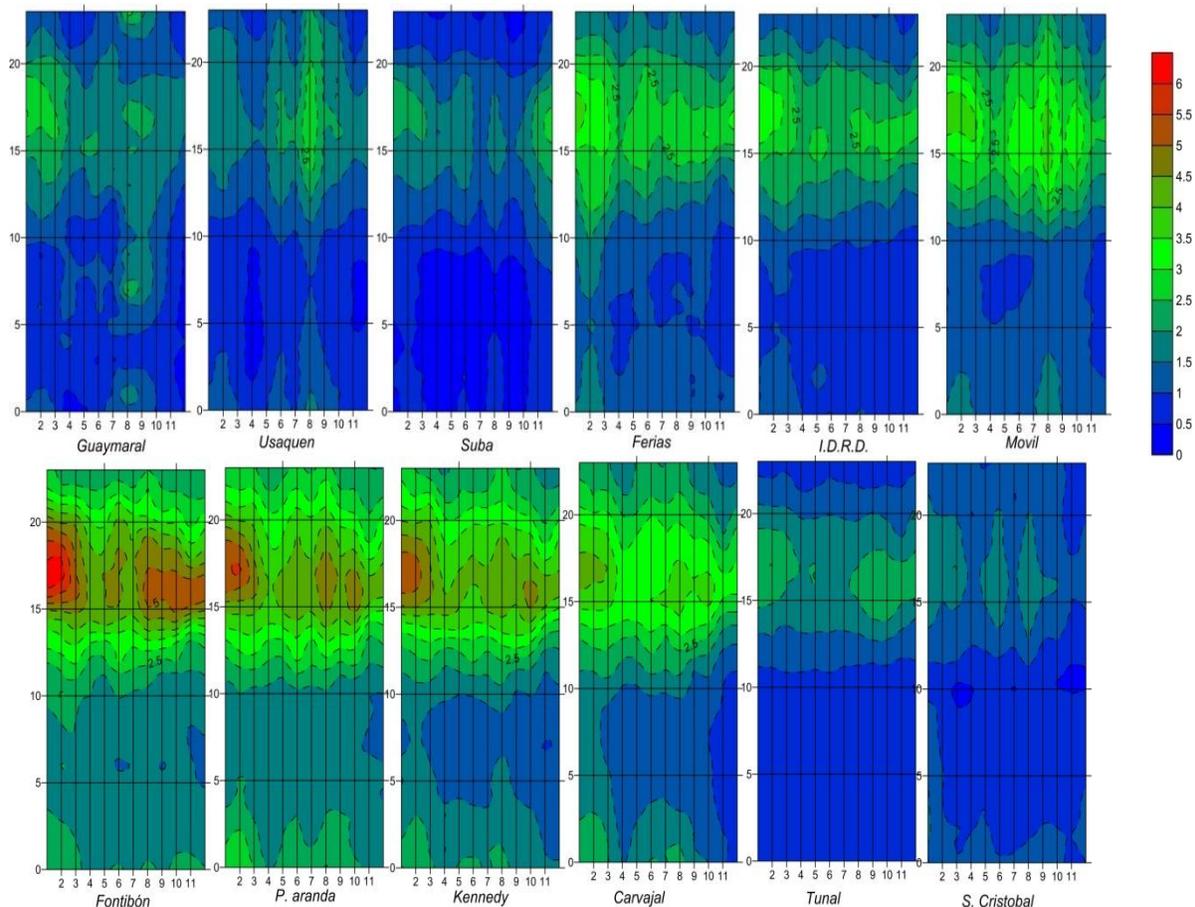
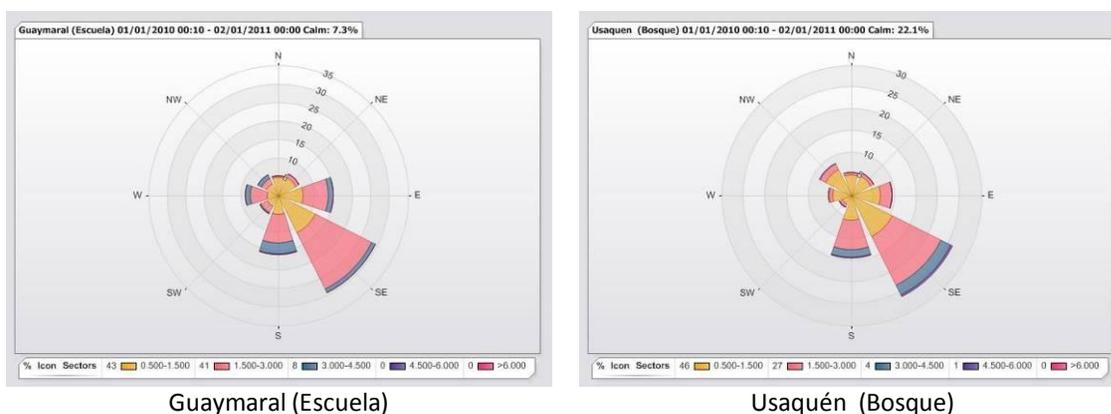
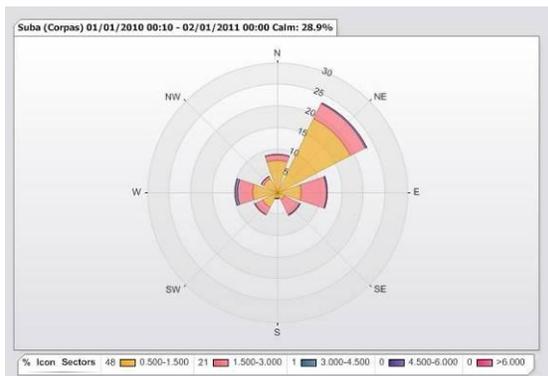


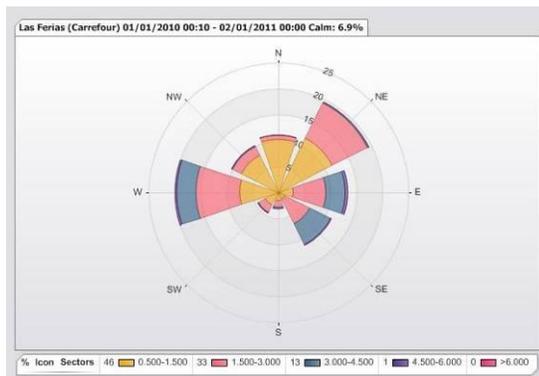
Figura 79. Velocidad del viento por estación, según la media horaria. Fuente RMCAB.

La Figura 80 esquematiza las rosas de viento para cada una de las estaciones del año de estudio, en escala horaria, se franjea hacia el sitio donde proviene el viento.

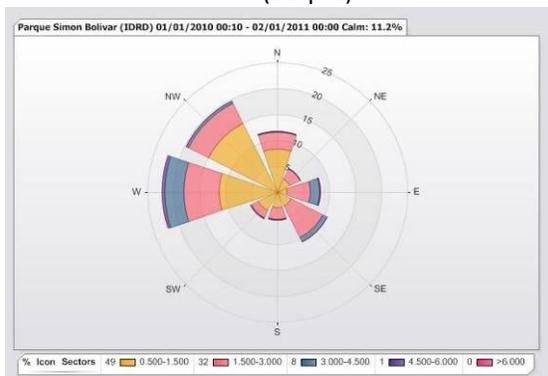




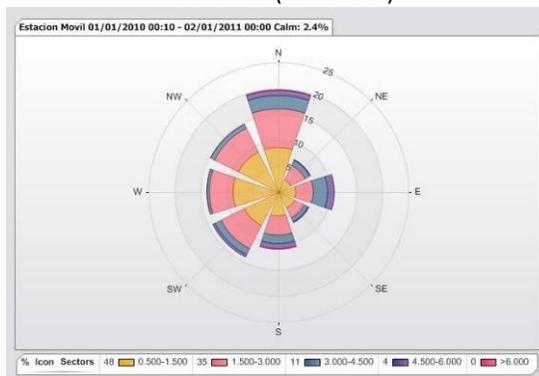
Suba (Corpas)



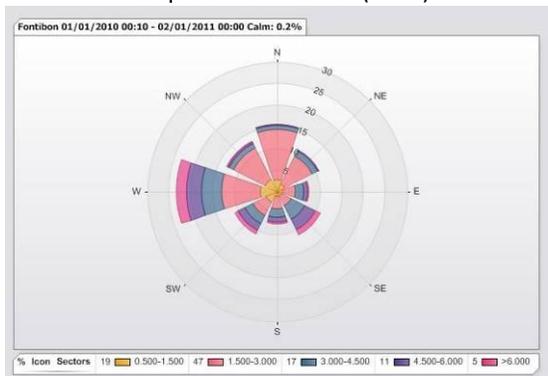
Las Ferias (Carrefour)



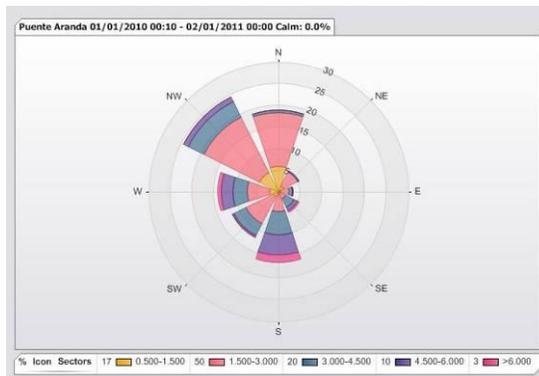
Parque Simón Bolívar (IDRD)



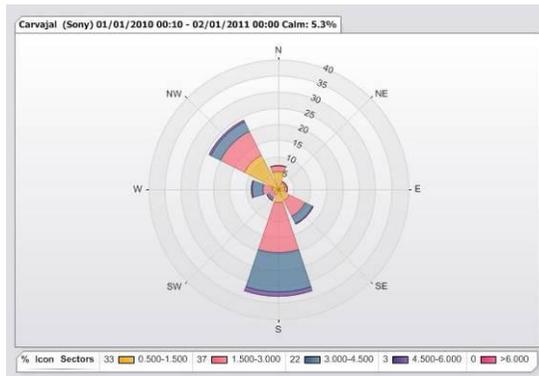
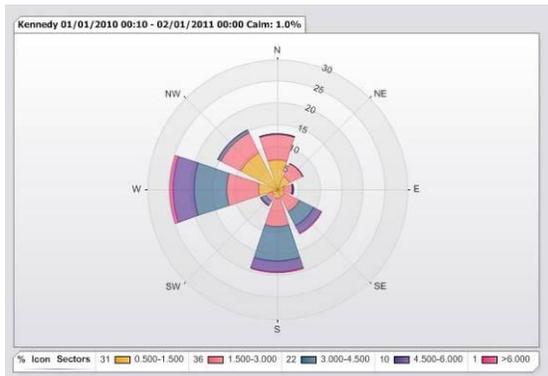
Zona Industrial - Estación Móvil



Fontibón



Puente Aranda



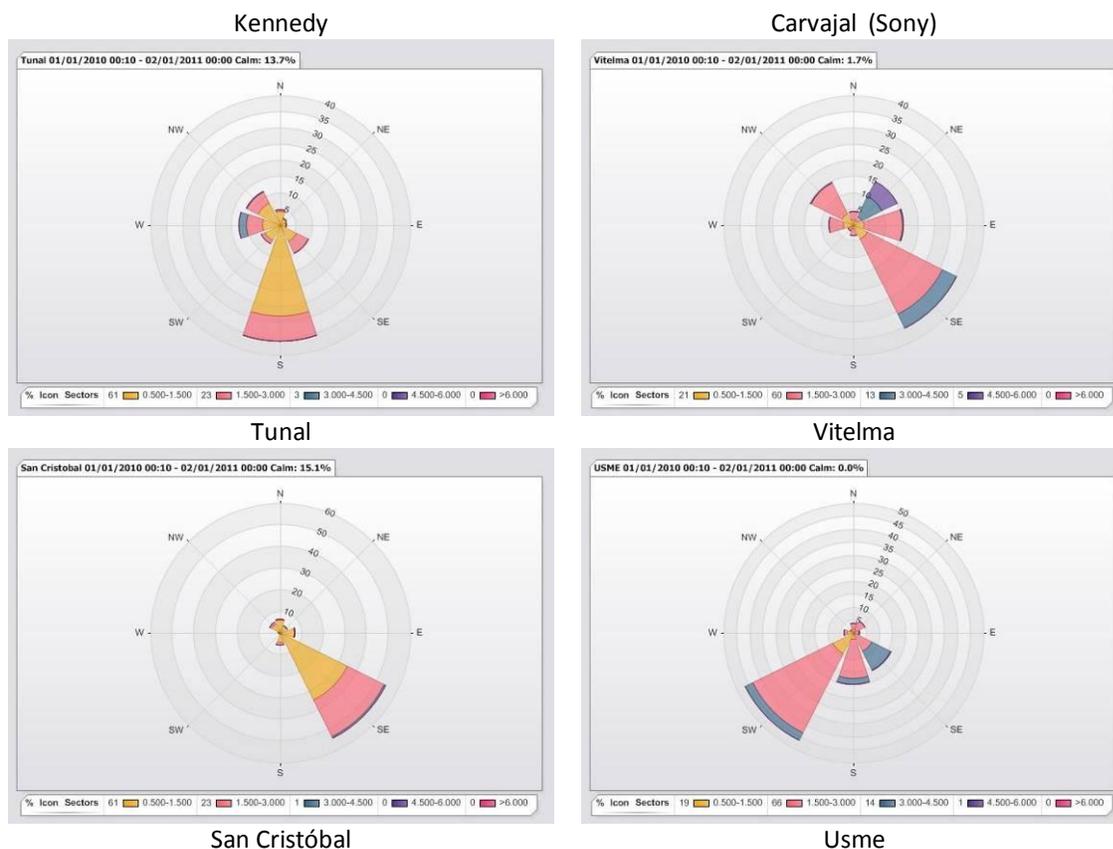


Figura 80. Rosa de los vientos de las estaciones de la RMCAB¹⁵.

El mapa de la Figura 81 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de velocidad del viento para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isotaca está separada 0,5 m/s una de la otra. En ella se puede observar el sector con menor magnitud de velocidad del viento; al sur de la ciudad. Los mayores valores de velocidad del viento se encontraron en el occidente de la ciudad, alcanzando velocidades de más de 2.5 m/s ubicado en parte de la localidad de Fontibón y norte de Kennedy. 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 meses del año 2010.

En la Figura 82 se encuentran los mapas de la ciudad en 4 diferentes escalas horarias, es evidentemente 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 de los llanos orientales exceptuando las horas de la mañana.

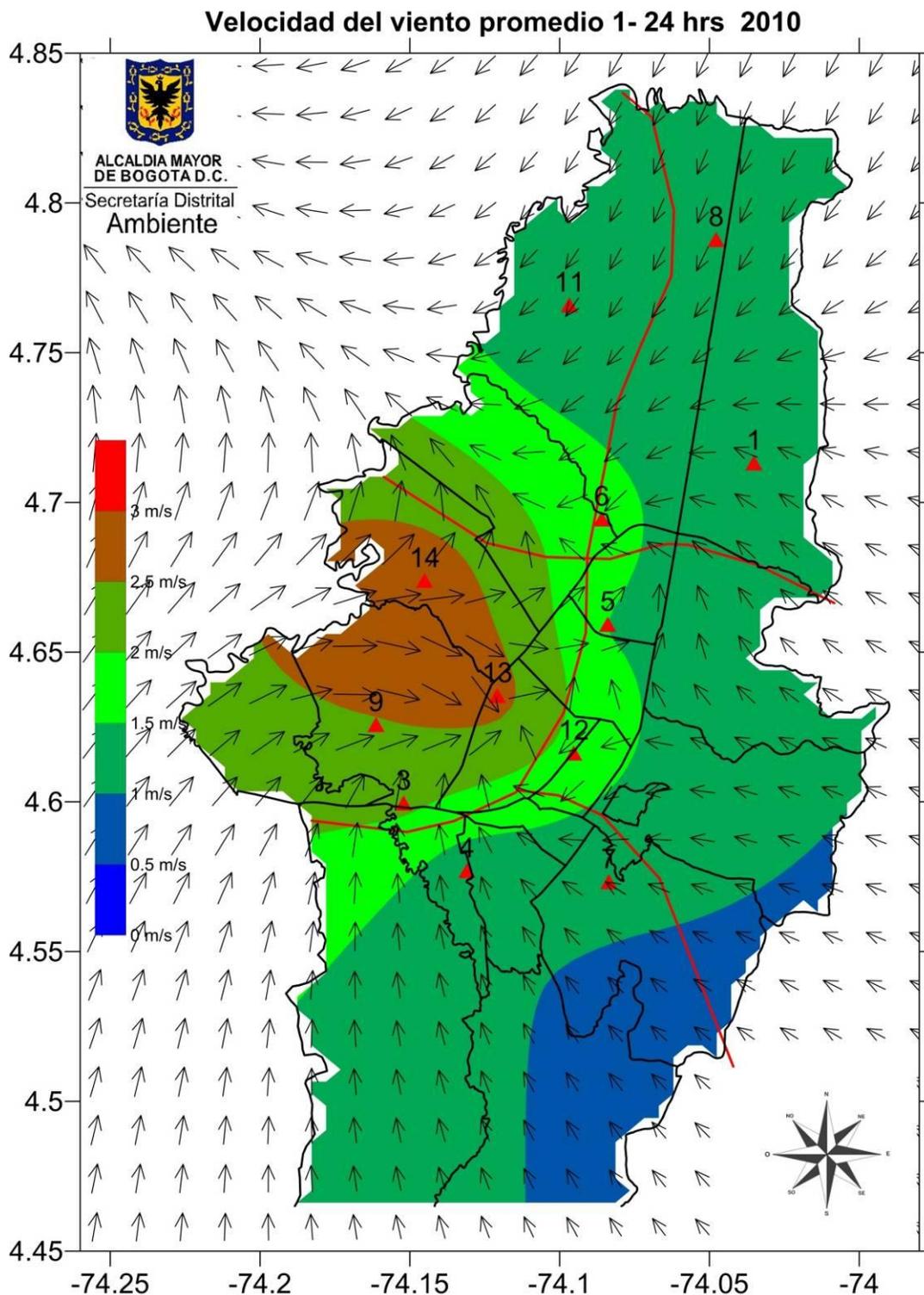


Figura 81. Velocidad y dirección del viento de Bogotá para el año 2010

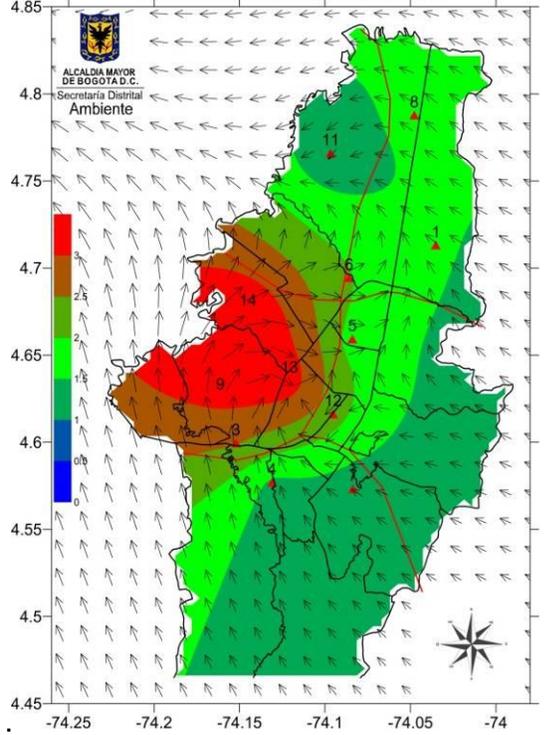
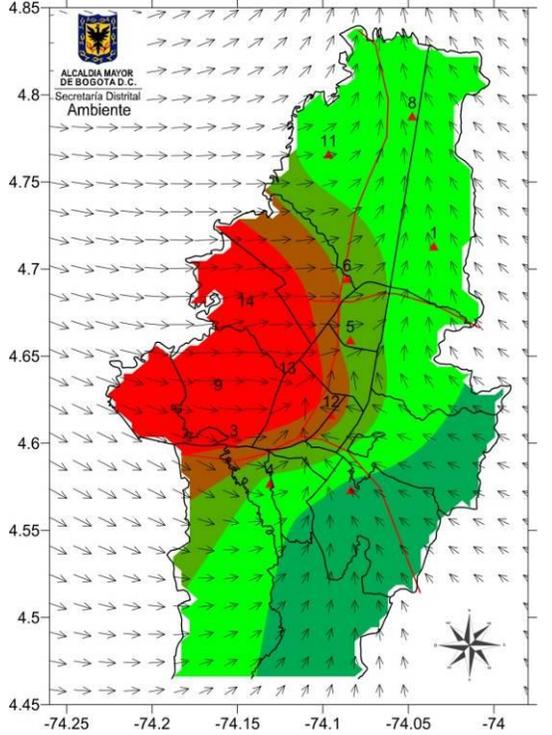
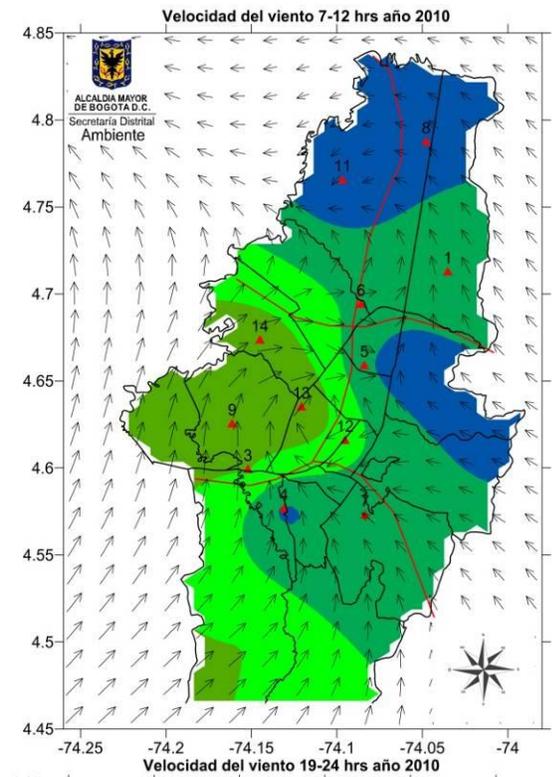
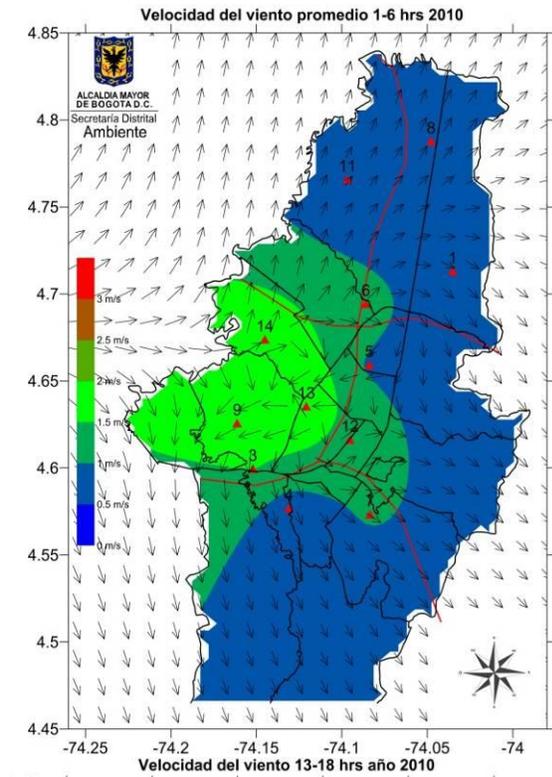


Figura 82. Promedio de velocidad y dirección del viento para distintas horas en el año 2010. Fuente RMCAB.

3.3. Temperatura Superficial

La temperatura superficial se refiere esencialmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. Para el tercer trimestre de 2010 se contó con catorce estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, según se reporta en la Tabla 35. 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 1997.

El comportamiento de la temperatura en la ciudad durante el Año 2010 se caracterizó por promedios altos en el primer semestre y normales en el segundo, comparándolos con los promedios para el periodo 1997-2009. Dichos valores promedios se pueden apreciar en la Figura 83 la cual muestra 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 cada uno de los meses del año 2010.

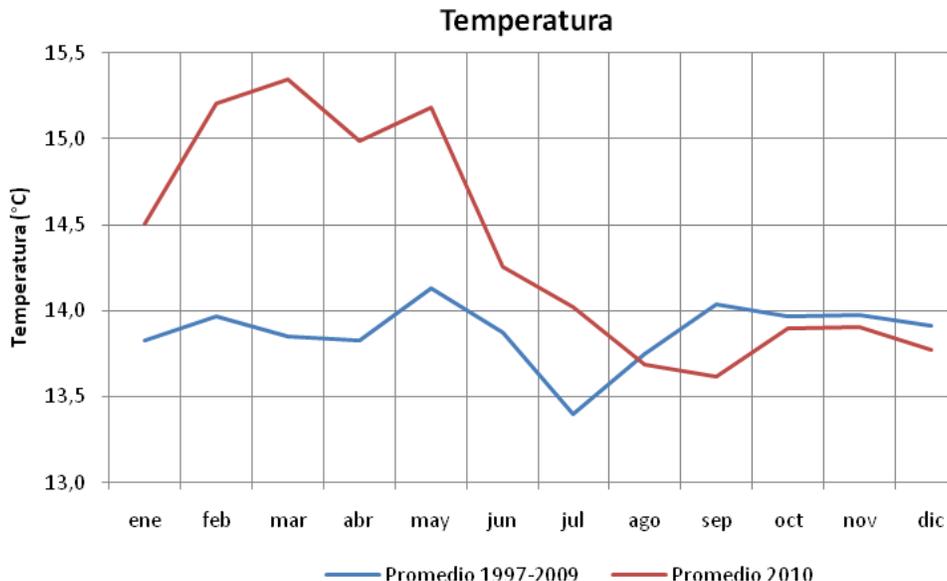


Figura 83. Gráfica de la temperatura promedio mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1997-2009 y su comparación con el 2010. Fuente RMCAB

Con respecto a los promedios de temperatura mensuales medidos en el periodo 1997-2009 se pueden observar en la Tabla 42 la variación porcentual en cada uno de los meses. La Figura 84, muestra la evolución de la temperatura promedio en el periodo 1997-2010 para cada uno de los trimestres del año. Los años de mayor temperatura en Bogotá se registraron en 2005 y 1998.

Tabla 42. Variación Porcentual de la temperatura mensual promedio de Bogotá

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4.9%	8.8%	10.8%	8.4%	7.5%	2.7%	4.7%	0.4%	-3.0%	-0.5%	-0.5%	-1.0%

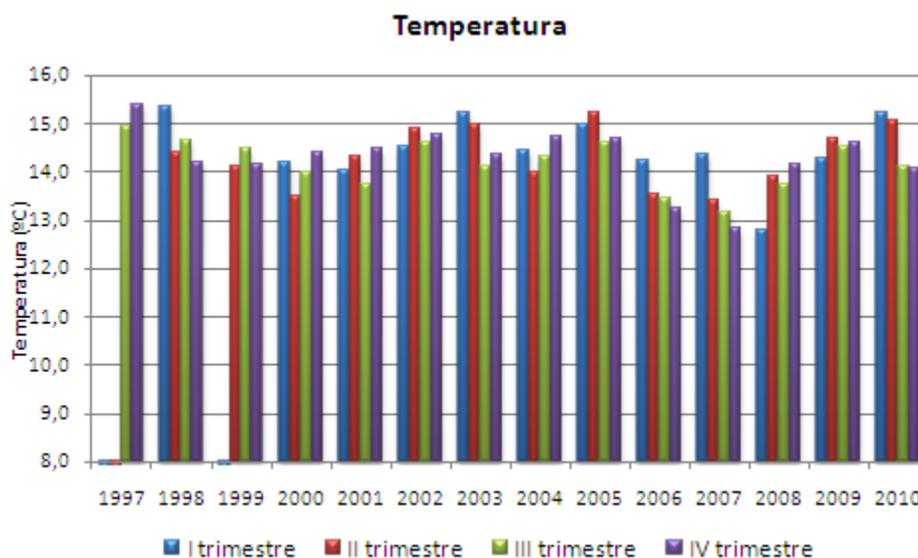


Figura 84, Gráfica de la temperatura promedio del trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2002- 2010. Fuente RMCAB

La Tabla 43 muestra esta evolución distribuido en las estaciones de la RMCAB

Tabla 43. Promedios de temperatura media de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2002-2010. Fuente RMCAB

Temperatura (°C)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guaymaral 2m	15.2	15.9	15.3	13.1	12.9							13.9	14.4	14.8
Usaquén											12.4	12.0	14.5	15.0
Suba		12.0	11.5	11.6	13.2			12.1	14.2	13.3	13.3	13.7	13.0	13.3
Las ferias				15.4	15.8	15.7	15.9	15.3	15.4		13.8	13.4	14.0	14.1
Parque Simón Bolívar								15.8	15.9		14.3	14.1	14.7	14.9
Zona Industrial - Estación Móvil												14.6	15.3	15.2
Fontibón			13.4	13.6	13.9	14.1	14.2	13.9	14.2	14.0	13.9	14.2	14.7	14.6
Puente Aranda			14.1	14.0	14.5	14.6	14.6	14.5	14.7	14.5	14.5	14.0	14.6	14.5
Kennedy												13.5	14.7	14.7
Carvajal									12.6	12.0	11.5	14.8	15.4	15.5
Vitelma									10.7	12.2	11.7	11.5	12.6	12.9

San Cristóbal												13.5	13.4
Usme										12.7	12.4	13.8	12.2

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. La Figura 85 muestra gráficas de las temperaturas superficiales en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, 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. 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

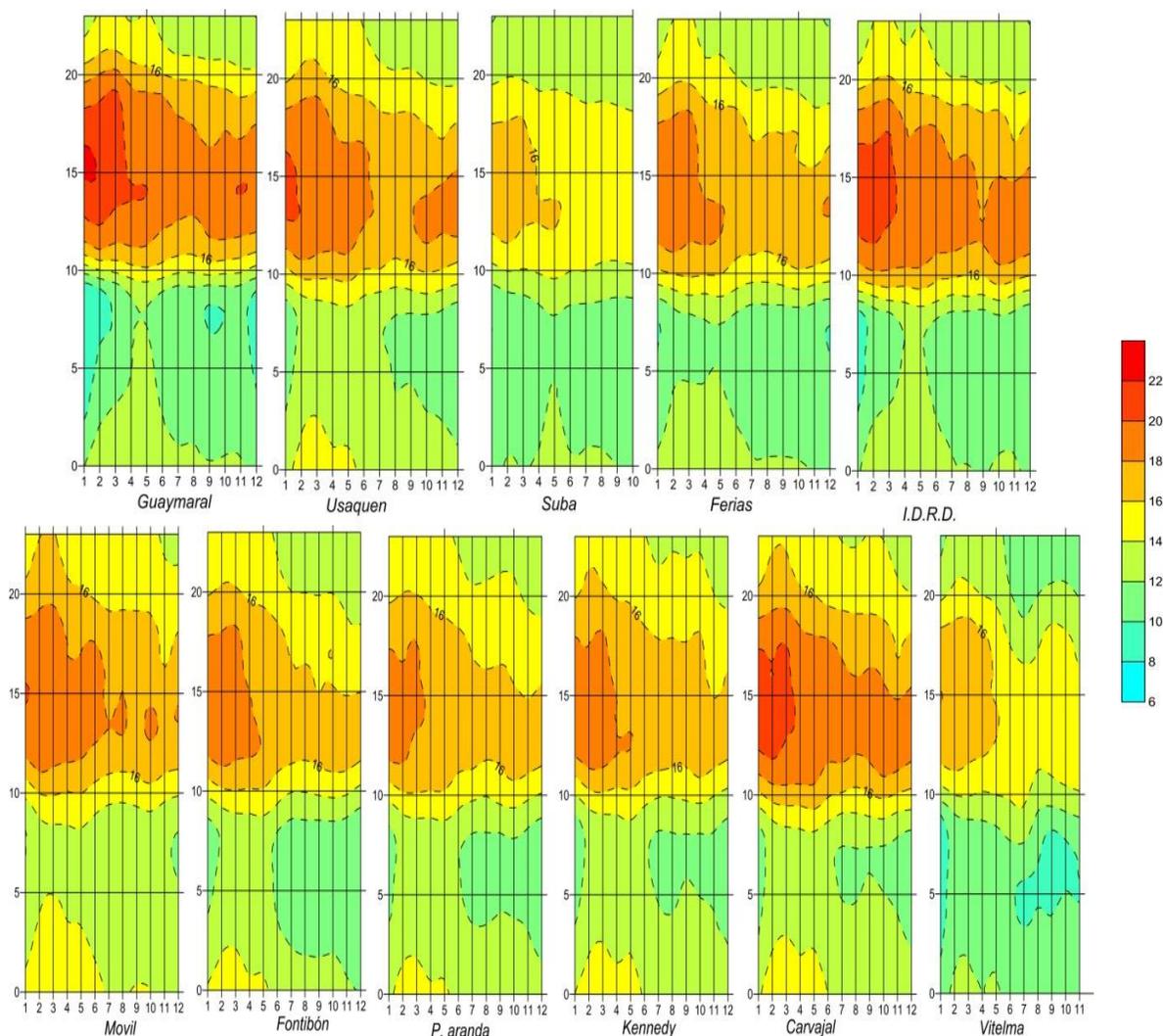


Figura 85. Gráfica de la temperatura para cada hora mensual de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

Adicionalmente la Tabla 44 y Tabla 45 presenta el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas relativas en cada estación del 2010. La estación del Parque Simón Bolívar presenta la segunda mayor amplitud térmica con 10,5°C después de la estación de Guaymaral con 11°C. Las menores diferencias entre temperaturas máximas y mínimas promedio diarias se presentaron en la estación de Suba con 5.8° C y la estación de San Cristóbal con 6.1° C.

Tabla 44. Temperaturas máximas registradas por la RMCAB en el año 2010 y su promedio. Fuente RMCAB

Temperatura Max (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Guaymaral 2m 1997	22.8	22.7	22.3	21.4	21.1	20.1	19.3	19.5	20.0	20.7	20.7	21.0	21.0
Usaquén 1997	21.2	20.6	20.8	20.3	20.1	19.3	18.9	18.7	19.0	19.4	19.4	19.9	19.8
Suba 1997	18.0	18.1	17.4	16.5	16.9	16.4	16.0	15.9	15.8	16.1			16.7
Las ferias 2000	20.5	19.9	20.1	19.6	19.6	18.7	18.0	18.1	18.2	19.0	18.7	19.1	19.1
Parque Simón Bolívar 2001	22.2	22.3	21.5	21.0	21.0	20.1	20.0	19.9	19.5	20.9	20.3	20.8	20.8
Zona Industrial - Estación Móvil 2008	20.8	20.7	20.7	19.7	19.8	19.5	18.9	18.6	18.6	19.1	18.4	19.0	19.5
Fontibón 1999	20.0	20.1	19.8	19.5	19.4	18.2	17.5	17.7	17.5	17.5	17.0	17.8	18.5
Puente Aranda 1999	19.7	19.5	19.2	18.9	18.8	17.9	17.7	17.4	17.6	18.1	17.7	18.0	18.4
Kennedy 2005	19.9	20.2	20.0	19.0	19.1	18.8	18.0	18.1	17.3	18.3	17.6	17.7	18.7
Carvajal 1997	21.8	21.7	21.6	21.1	20.8	20.1	19.7	19.5	19.2	20.3	19.9	20.2	20.5
Vitelma 2005	18.6	18.5	18.1	17.6	17.3	16.3	16.1	15.5	16.7	16.7	16.2		17.1
San Cristóbal 2009	18.3	18.3	17.3	17.0	17.3	16.7	16.3	16.1	16.7	16.8	16.5	16.6	17.0
Usme 2005					17.5	15.8	16.1	15.6	16.5	16.4	15.9		16.2

Tabla 45. Temperaturas mínimas registradas por la RMCAB en el año 2010 y su promedio. Fuente RMCAB

Temperatura Min (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Guaymaral 2m 1997	7.3	9.6	9.7	11.4	11.8	10.7	10.3	11.0	9.6	9.8	10.2	8.8	10.0
Usaquén 1997	10.2	12.6	12.5	12.8	13.0	12.2	11.9	11.6	11.4	11.1	11.1	10.1	11.7
Suba 1997	9.8	10.8	10.7	11.3	11.7	11.1	11.3	11.2	11.1	11.1			11.0
Las ferias 2000	9.2	11.6	11.3	11.6	11.6	10.9	10.6	10.4	10.5	10.4	10.4	9.5	10.7
Parque Simón Bolívar 2001	8.0	10.1	10.7	11.7	11.9	10.8	10.3	10.2	10.4	10.2	10.7	9.6	10.4
Zona Industrial - Estación Móvil 2008	11.6	13.2	13.7	13.4	13.5	12.8	12.2	12.8	12.5	12.3	12.1	11.5	12.6
Fontibón 1999	10.7	11.9	12.3	12.4	12.4	11.5	10.9	10.7	10.9	11.0	11.1	10.0	11.3
Puente Aranda 1999	10.8	12.3	12.4	12.5	12.5	11.8	11.3	11.3	11.5	11.3	11.3	10.4	11.6
Kennedy 2005	10.3	12.1	12.3	12.8	12.8	12.1	11.5	11.4	11.7	11.4	11.6	11.0	11.8
Carvajal 1997	10.6	12.5	12.7	12.8	12.9	12.1	11.8	11.6	11.9	11.5	11.5	10.7	11.9
vitelma 2005	8.2	10.4	10.2	10.7	11.0	9.8	9.5	9.6	9.2	9.3	9.9		9.8
San Cristóbal 2009	9.7	11.4	12.2	11.8	11.8	11.1	10.6	10.7	11.0	11.0	10.7	9.9	11.0
Usme 2005					10.5	9.4	9.1	9.0	8.9	9.1	9.5		9.4

Tabla 46: Amplitud térmica de las estaciones de la RMCAB.

Estación	Guaymaral 2m	Usaquén	Suba	Las ferias	Parque Simón Bolívar	Zona Industrial - Estación Móvil	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal	Vitelma	San Cristóbal	Usme
Amplitud	11	8.1	5.8	8.5	10.5	6.8	7.2	6.8	6.9	8.6	7.3	6.1	6.9

El promedio histórico muestra que la amplitud térmica en Bogotá no supera los 11°C. A continuación se presenta los valores de temperatura para cada trimestre de las estaciones RMCAB.

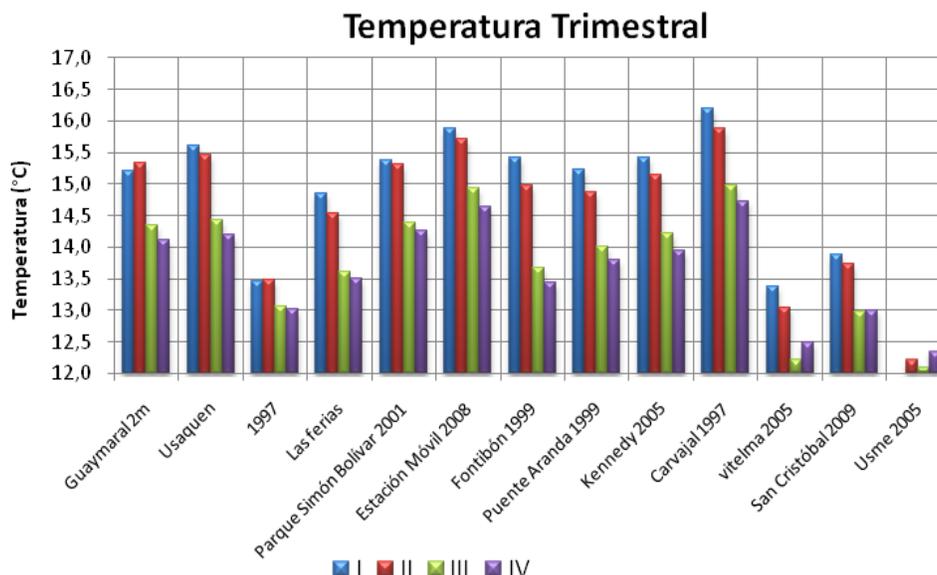


Figura 86. Gráfica de la temperatura promedio de los 4 trimestres para cada una de las estaciones de la RMCAB en el 2010. Fuente RMCAB.

El mapa de la Figura 87 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de temperatura para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isoterma está separada cada 0.5°C una de la otra. En ella se puede observar que los dos sectores con menor temperatura se encuentran al sur de la capital y un pequeño sector de la localidad de Suba. 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 en el oriente de la localidad de Usaquén, representada por su estación.

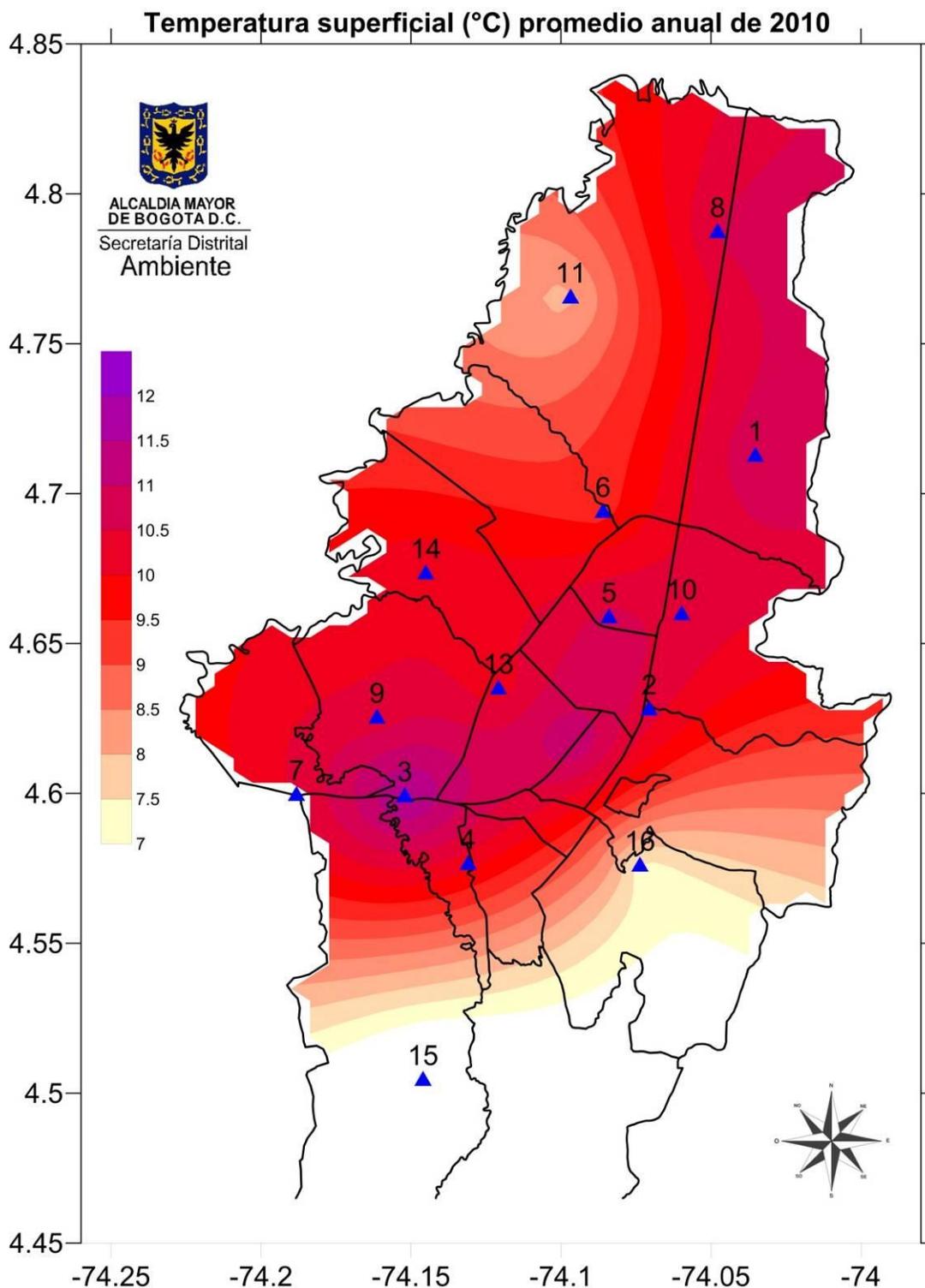
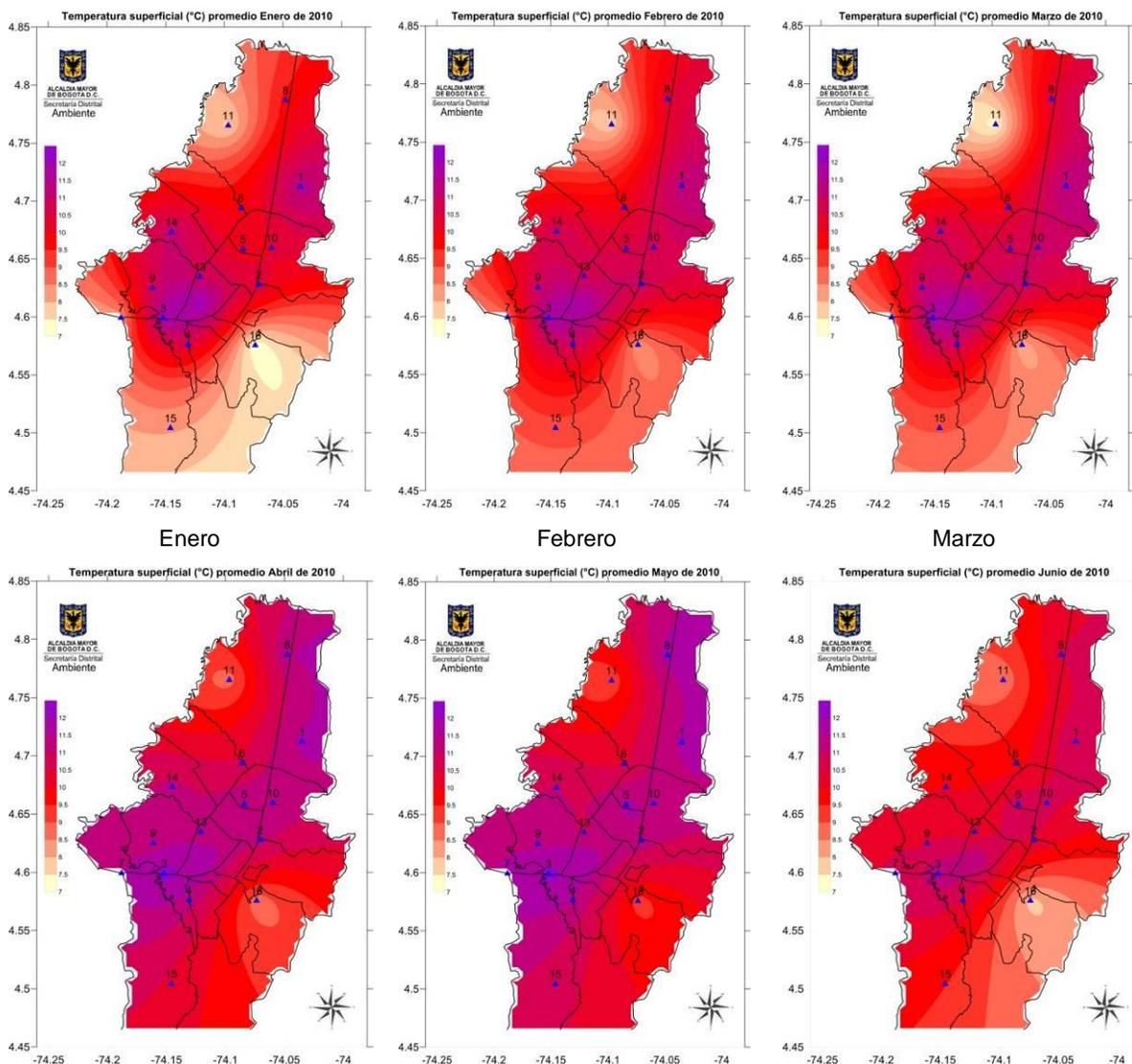


Figura 87. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 88 presentan la temperatura sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del año 2010 en los cuales se observa la evolución mensual en las distintas localidades de Bogotá. El primer semestre se caracterizó por temperaturas altas y el último semestre por temperaturas más bajas.



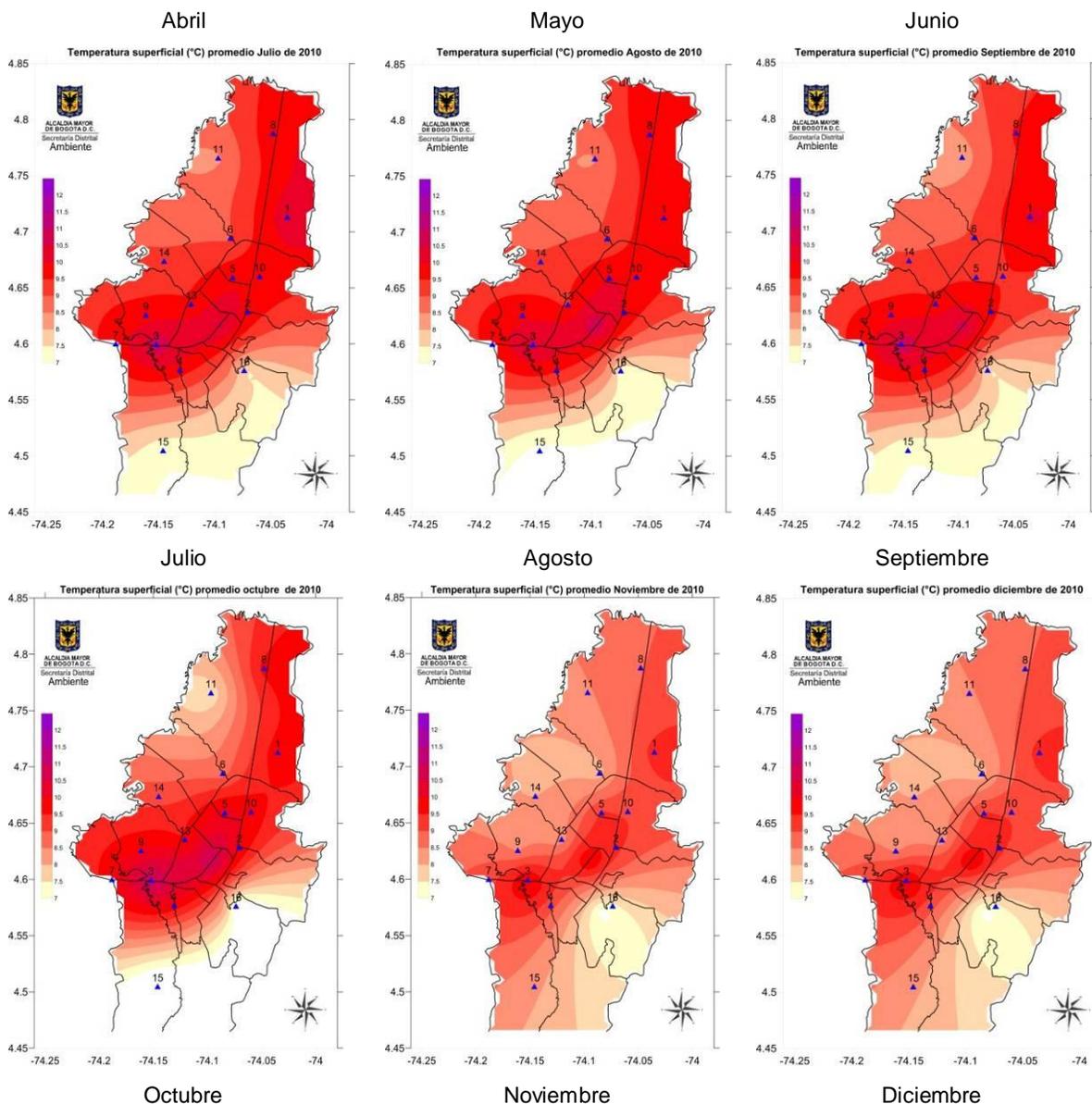


Figura 88. Temperatura promedio mensual para el año 2010.

De igual manera se presentan los mapas de temperatura máxima y mínima promedio del 2010 de las estaciones de la RMCAB. La Figura 89 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.

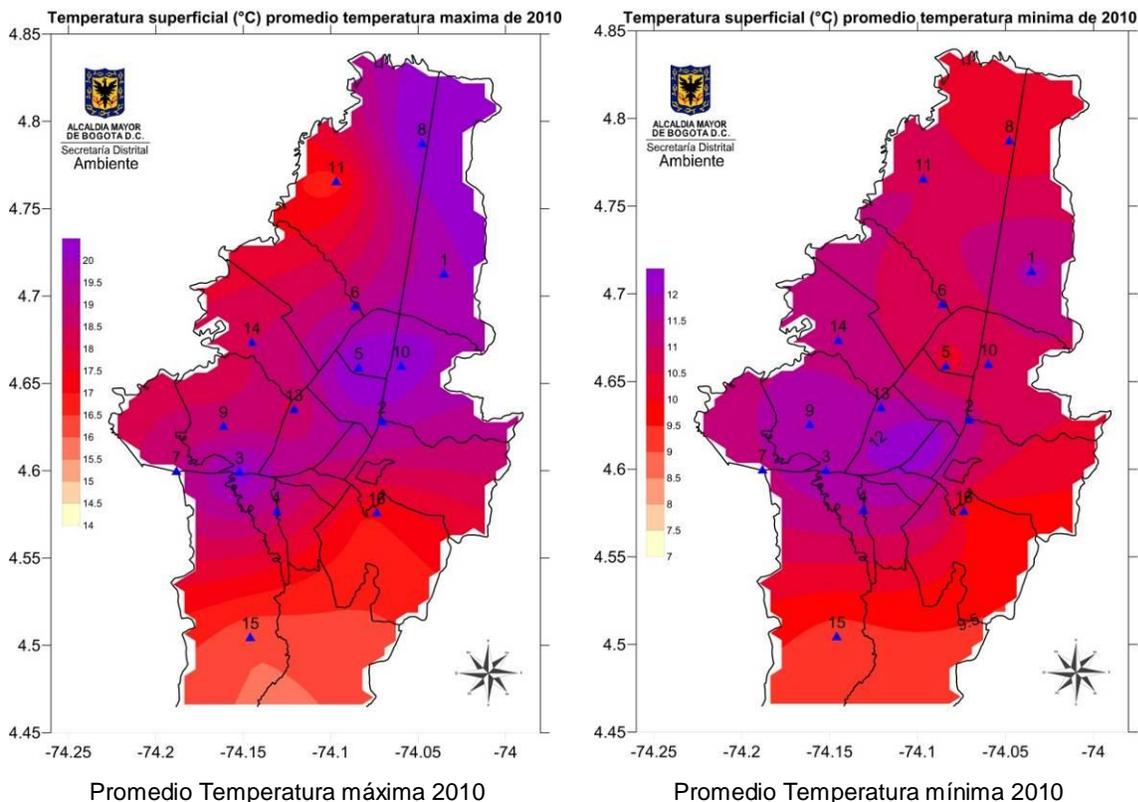


Figura 89. Temperatura máxima y mínima de las estaciones de la RMCAB.

La Figura 89 muestra que los valores más altos de temperaturas para máximas y mínimas se observaron en el sector central de la ciudad. El sector de Suba presentó las mayores temperaturas máximas con cerca de 20°C mientras que las temperaturas mínimas tuvieron su valor más bajo al extremo norte y sur de la ciudad.

3.4. 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 radiación¹⁶:

- 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.

¹⁶ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

- 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.

La radiación solar global se puede apreciar en la Figura xx, la cual muestra los valores promedio de 2006-2009 de radiación mensual para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (Tabla 35) y su comparación con el promedio de radiación global en cada uno de los meses del primer semestre de 2010. 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 90 que la tendencia de la radiación en los últimos meses del año 2010 fue de disminuir en su acumulado con respecto al periodo histórico de referencia, la Tabla 47 muestra la variación porcentual de la radiación con respecto al periodo de referencia

Radiación solar global

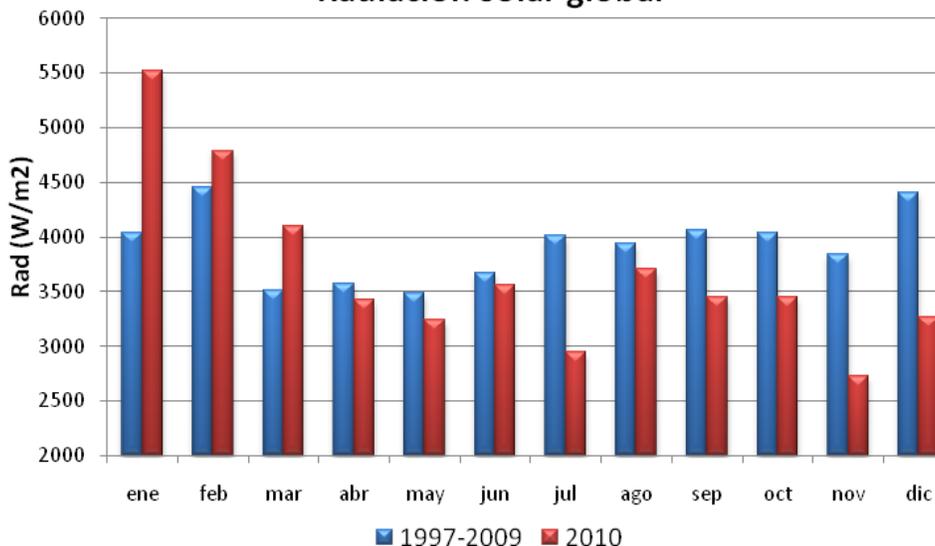


Figura 90. Gráfica de la radiación solar global mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2006-2009 y su comparación con el trimestre JAS de 2010. Fuente RMCAB

Tabla 47. Variación Porcentual de la la radiación solar global mensual promedio de Bogotá.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
36.7%	7.3%	16.6%	-3.9%	-7.0%	-3.1%	-26.6%	-5.9%	-15.2%	-14.6%	-29.0%	-25.8%

La Figura 91 muestra el comportamiento entre la radiación solar global horaria para el año 2010 y el promedio en el periodo 1997-2009. El comportamiento estuvo levemente menor de los valores esperados luego de las 10 de la mañana.

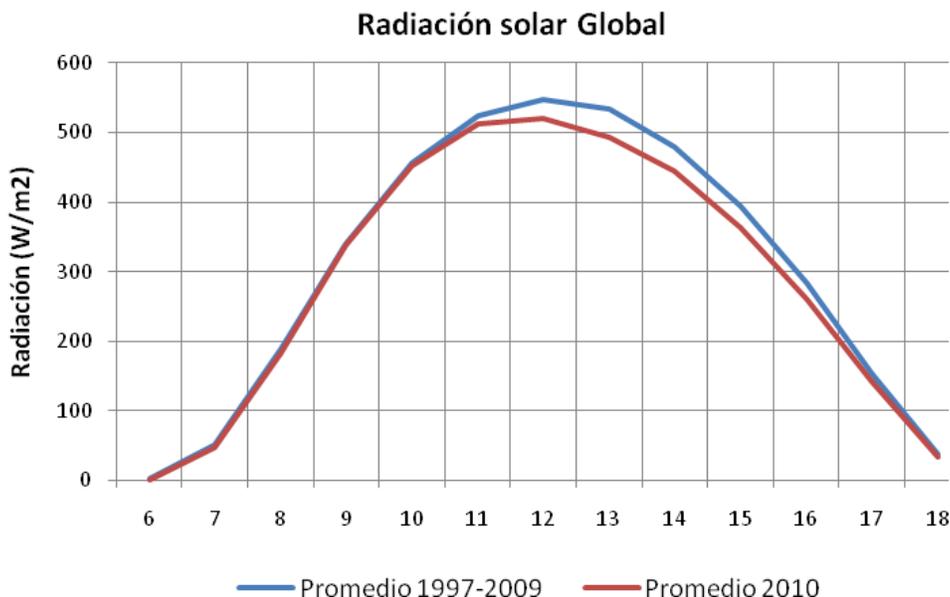


Figura 91. Gráfica de la radiación solar global horaria de las estaciones de la RMCAB en el año 2010 y el promedio 2002-2009. Fuente RMCAB

Las radiaciones globales registradas por cada una de las estaciones de la RMCAB que miden esta variable () mostraron un comportamiento similar a excepción de la estación de Guaymaral la cual registró valores más altos de radiación solar global en los primeros meses del año. Esto se observa en la Figura 92, la cual muestra gráficas de radiación en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas corresponden a los meses, las ordenadas a las horas y la escala de colores representa la magnitud de la radiación. Así, los promedios en la mayoría de estaciones fueron similares. Se puede observar que la radiación solar global ha disminuido en lo corrido de este año presentando su menor magnitud el mes de mayo, desde entonces se presenta un crecimiento de los valores sin alcanzar el mes más fuerte del año que corresponde a enero. Se observa un leve aumento de radiación en todas las estaciones entre julio y agosto en horas de la tarde en especial en la estación de Tunal.

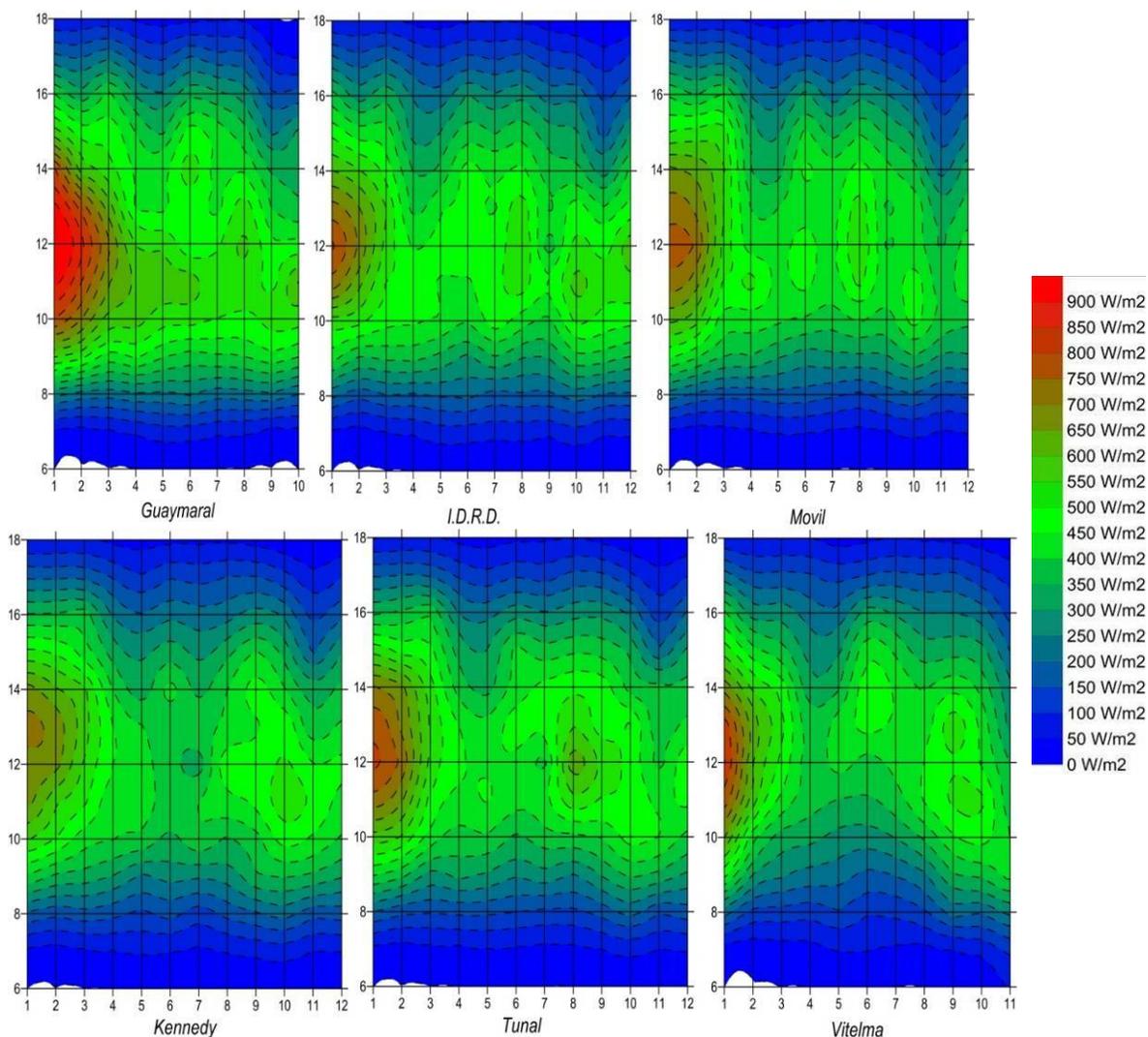


Figura 92. Gráfica de la radiación solar global para cada hora en el trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

3.5. 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.

Los datos de presión atmosférica se registraron en las estaciones meteorológicas mostradas en la Tabla 35. 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. Las estaciones que miden la variable de presión presentaron un comportamiento regular según su ubicación, tal como se observa en la Figura 93 .

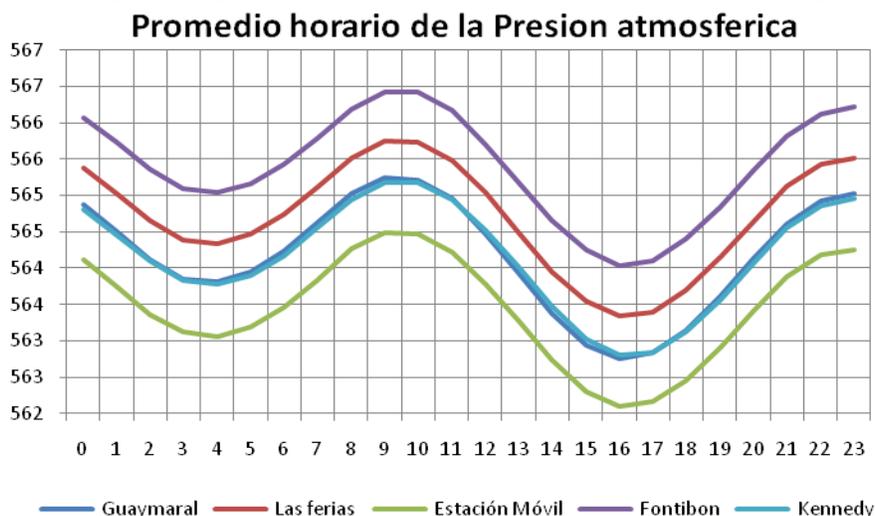


Figura 93. Gráfica de la Presión barométrica para cada hora en el trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

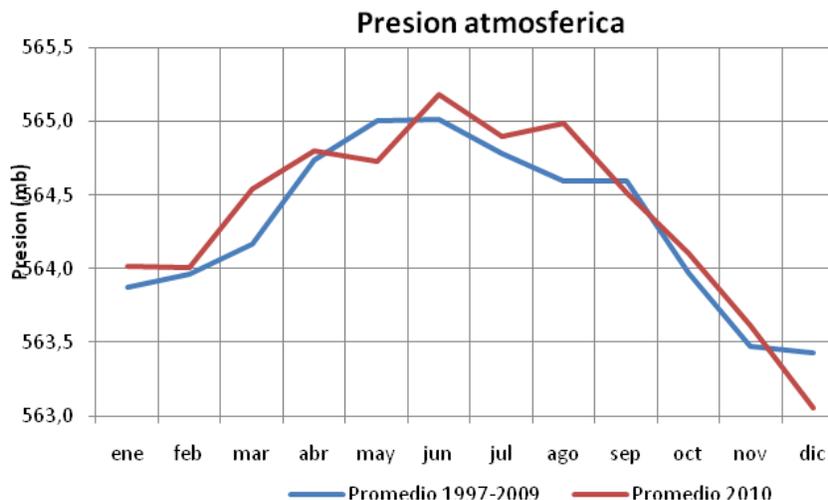


Figura 94. Presión atmosférica mensual de las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

La Figura 94 muestra la presión atmosférica discriminada mensualmente, se observa la monomodalidad característica para la ciudad de Bogotá y que en general para el año 2010 la presión estuvo por encima del promedio histórico exceptuando los meses de mayo, septiembre y diciembre. El cuarto trimestre presenta el menor valor de presión con respecto a los trimestres anteriores de 2009, 2009 y 2010, como se observa en la Figura 95

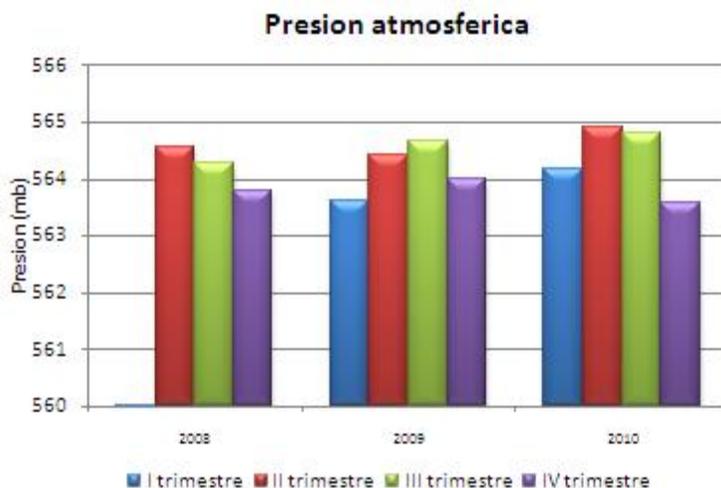


Figura 95. Comparación de la presión en los trimestres para cada estación de la RMCAB. Fuente RMCAB

3.6. 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 y por ejemplo, las plantas pueden aprovechar su agua; mientras que de una masa de aire seca no, aunque tenga mayor humedad absoluta.

La humedad relativa fue monitoreada por las estaciones meteorológicas como se describió en la Tabla 35. En la Figura 96 puede notarse que la humedad relativa en el año 2010 fue similar al promedio 1997-2009 después del segundo trimestre, considerando la relación de la temperatura con esta variable (Figura 83) tal como se mencionó anteriormente.

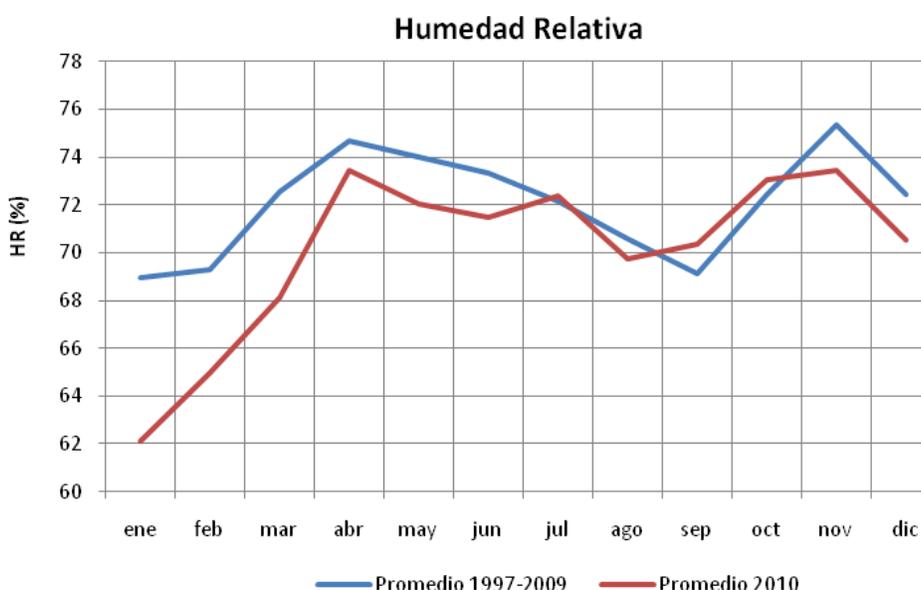


Figura 96. Humedad relativa mensual media del periodo 1997-2009 y su comparación con los meses del 2010. Fuente RMCAB

La disminución de humedad relativa el año 2010 con respecto al promedio en el periodo 1997-2009 se observa en Tabla 48. Como se puede observar en la Tabla 48, los promedios de humedad relativa están por encima del año 2009, y por debajo del 2008. Considerando que la media de humedad relativa de Bogotá es del 72% (IDEAM), se concluye que únicamente el primer trimestre del año estuvo por debajo del promedio, esto debido a que aparte del periodo seco característico del trimestre, el fenómeno del niño disminuyó de manera considerable la humedad al aumentar la temperatura.

Tabla 48. 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
-9,9%	-6,2%	-6,1%	-1,7%	-2,7%	-2,5%	0,4%	-1,2%	1,8%	0,8%	-2,5%

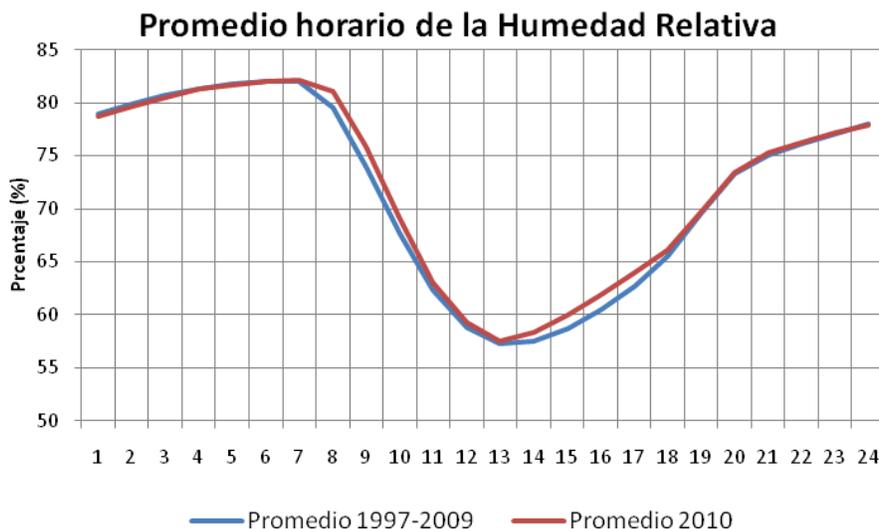


Figura 97. Promedio horario de la humedad en el periodo 1997-2010 y su comparación con el año 2010.

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 97, en donde se nota que la humedad horaria no fue significativamente distinto al promedio histórico.

La Figura 98 muestra gráficas de la humedad relativa en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas muestra 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. El comportamiento de la humedad de 2010 estuvo levemente por debajo del promedio del histórico de la RMCAB, la diferencia entre la humedad es mayor en horas de la madrugada y se disminuye en horas de la tarde. La estación de Vitelma, por su ubicación en una zona rural presenta los porcentajes mayores de humedad seguido de la estación de Guaymaral y el Parque Simón Bolívar, en contraste con la Zona Industrial - Estación Móvil y Las Ferias que presentan magnitudes significativamente menores.

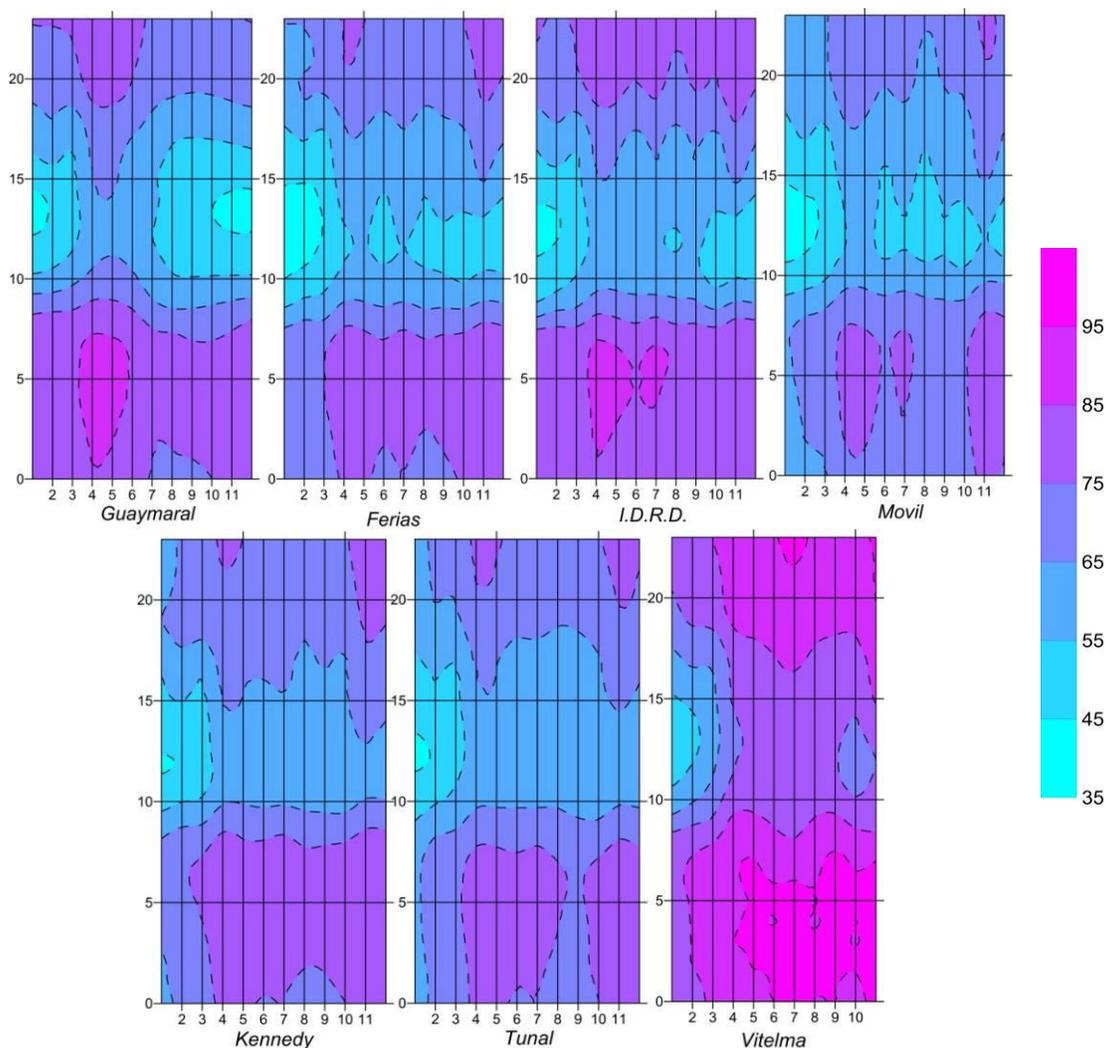


Figura 98. Gráfica de la humedad relativa para cada hora en año 2010 de las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB

Como se puede observar en la Figura 99 y Figura 100, la distribución espacial de la humedad relativa se comportó de acuerdo a las condiciones de temperatura y precipitación descritas anteriormente. Este mapa muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de humedad relativa para el trimestre de JAS de 2010 sobre esta superficie. Cada isohuma está separada en 4% una de la otra. En ella se puede observar que el sector con menor humedad relativa de la capital se encuentra en la localidad de Puente Aranda sobre gran parte del sector oriental y central de la ciudad. Los mayores promedios se encuentran en las localidades de San Cristóbal y Santa Fe, y al sur de la ciudad.

Humedad Relativa (%) promedio de 2010

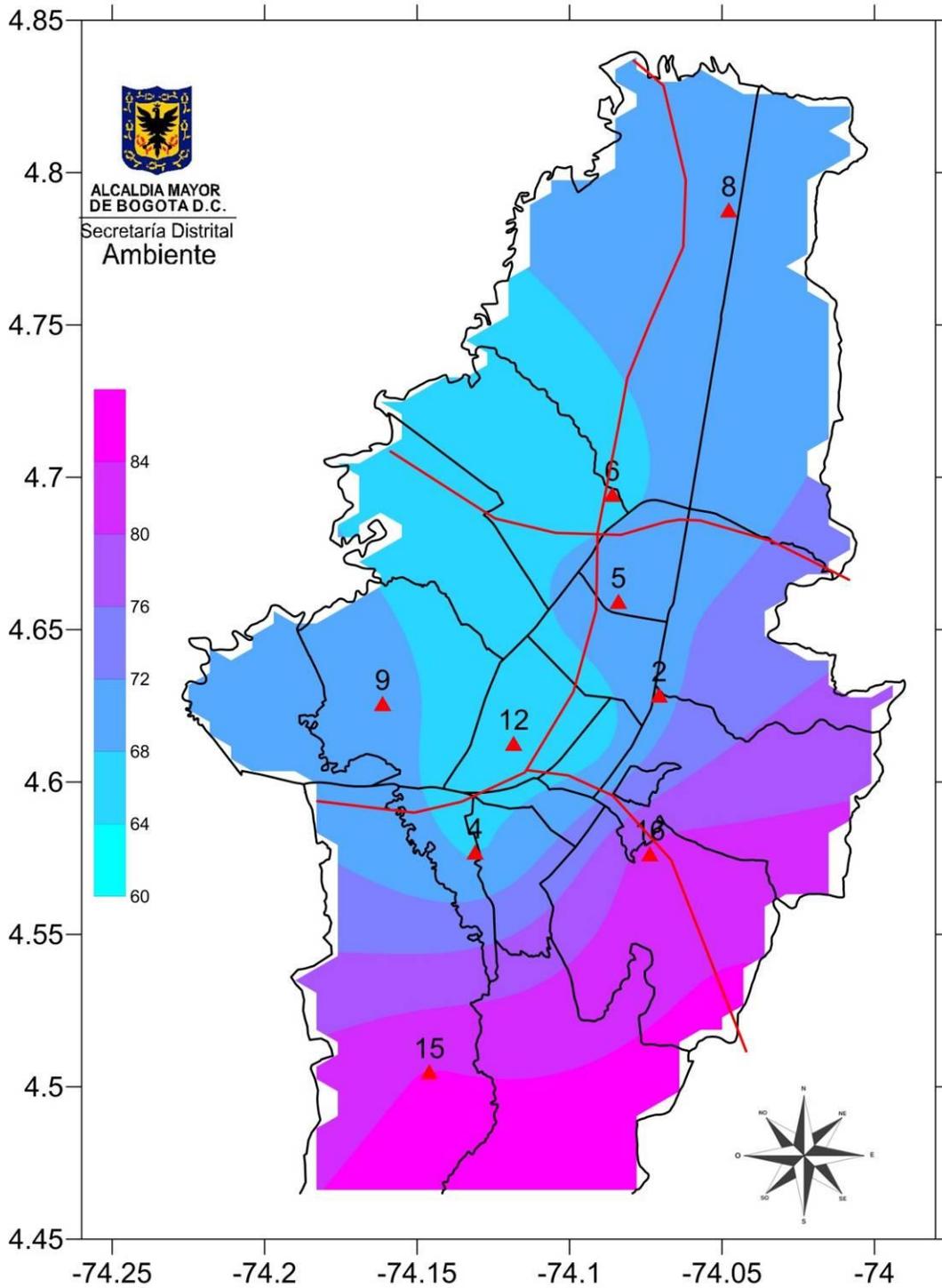
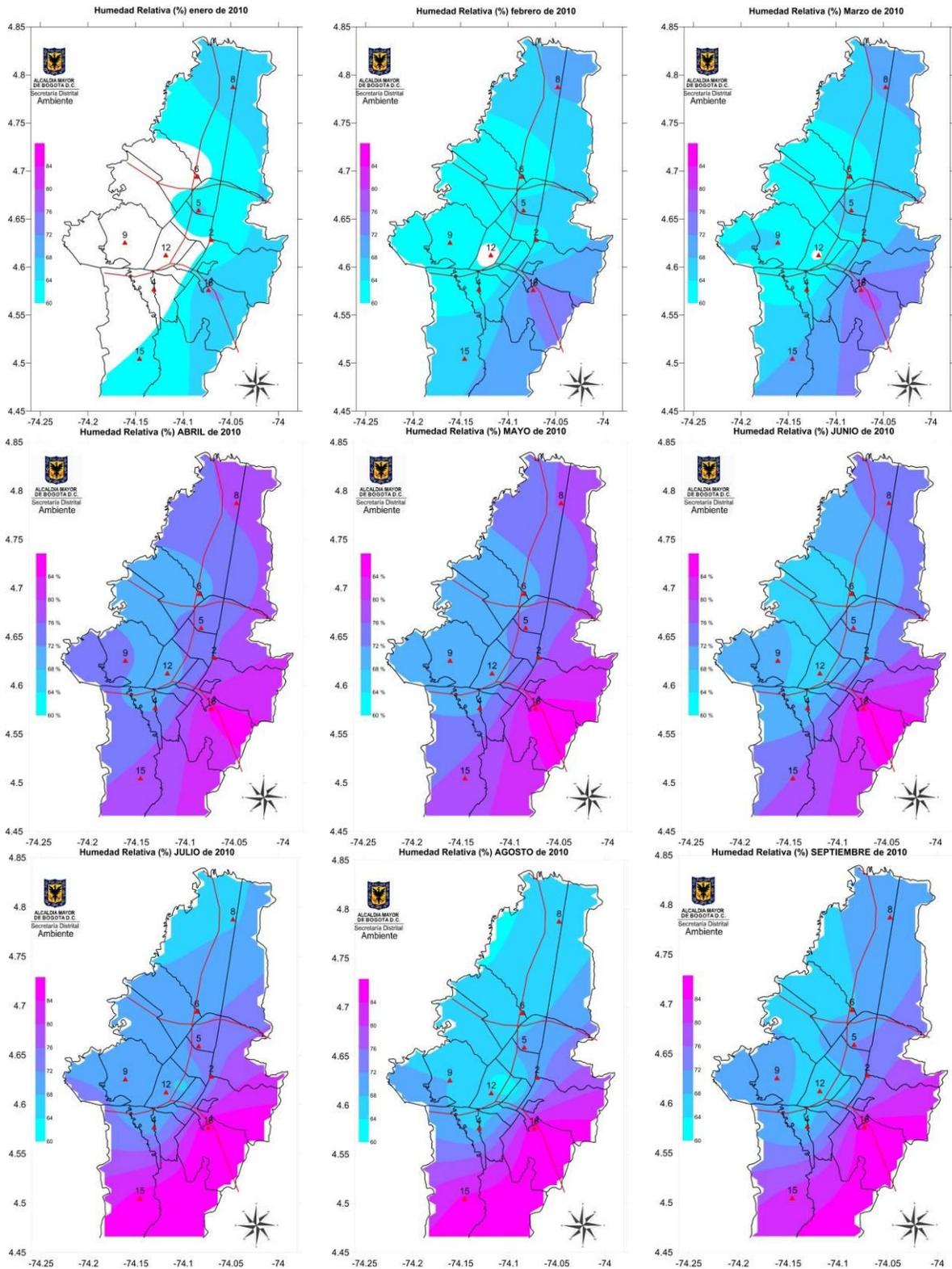


Figura 99. Mapa de humedad relativa de las estaciones de la RMCAB para año de 2010. Fuente RMCAB



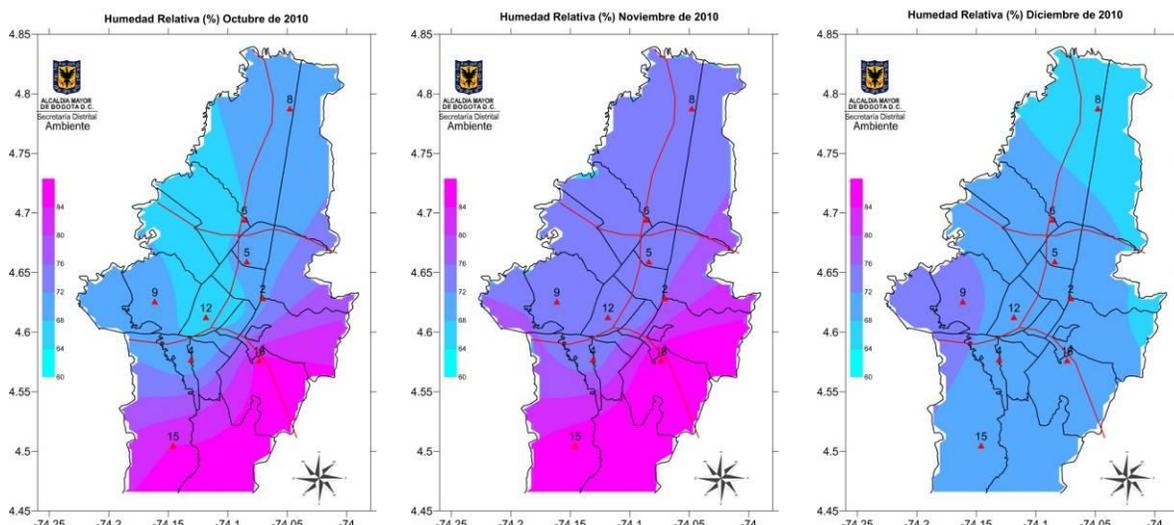


Figura 100. Mapas de humedad relativa media de las estaciones de la RMCAB para los meses de 2010.
 Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 100 presentan la humedad relativa sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del año 2010 en los cuales se observa la evolución de esta variable. En julio las localidades de Suba, Puente Aranda, Engativá, Fontibón y parte de Kennedy se comportaron como el periodo más seco en contraste con la localidad de San Cristóbal con magnitudes altas. El mes de agosto disminuyó la humedad en toda la ciudad a excepción del sur, aumentando levemente en el mes de septiembre en el occidente de Bogotá.

4. Análisis compuesto para Variables meteorológicas y de contaminantes

La presente sección realiza un acercamiento entre las variables meteorológicas y de contaminantes utilizando los datos correspondientes a las estaciones de Parque Simón Bolívar y Kennedy serie horaria para las variables meteorológicas de temperatura (TEMP), humedad relativa (HR) y velocidad de viento (VV), para contaminantes NO₂, O₃, SO₂ y PM₁₀ en el horario de 6:00 a 20:00 en el año 2009. Se decidió no incluir los datos de 21:00 a 5:00 a.m., ya que las variables meteorológicas suelen ser mucho más bajas que los que se presentan durante el periodo analizado y pueden generar un grupo de temperaturas o velocidades de viento bajas que no siempre mostrará una relación con los contaminantes, además que las emisiones en ese horario cambian.

4.1. Tablas de contingencia y análisis de variables continuas

Las tablas de contingencia muestran el valor de la frecuencia con la que se presentan las combinaciones posibles entre variables categóricas. Como regla general las mediciones meteorológicas y de contaminantes se registran como variables continuas, sin embargo es posible crear variables categóricas ordinales creando grupos dentro de las variables registradas. Una forma común de crear grupos en análisis meteorológicos es utilizando terciles¹⁷, manejando estos grupos como variables categóricas (p. ej. Si durante un mes la menor temperatura presentada en una estación fue 6 C y la máxima 18, la división por terciles implica agrupar los datos en tres grupos de 6 C a 10 C, de 10 C a 14 C y de 14 C a 18 C, donde seguramente el número de datos agrupado en cada categoría van a ser diferentes).

Así, se generaron variables categóricas ordinales a partir de los terciles de cada una de las series cuyos límites se presentan en la Tabla 49 y Tabla 50

Tabla 49. Límites para los terciles de las variables estación Parque Simón Bolívar año 2009.

Percentiles	NO2	O3	SO2	NO2	PM10	TEMP	HR	VV
Mínimo	0,5	0,6	0,3	0,5	1,0	3,7	17,2	0,4
0,33	11,9	9,7	3,4	11,9	18,0	15,1	57,2	2,3
0,66	24,8	22,0	6,6	24,8	45,0	18,2	71,4	3,9
Máximo	137,0	81,3	39,5	137,0	221,0	24,2	90,1	7,7
Desviación	15,9	12,8	4,6	15,9	29,0	3,0	12,9	1,4

¹⁷ Dividir un grupo de datos continuo en tres intervalos iguales.

Promedio	21,7	17,4	6,0	21,7	37,5	16,6	63,7	3,2
----------	------	------	-----	------	------	------	------	-----

Tabla 50. Límites para los terciles de las variables estación Kennedy año 2009.

Percentiles	TEMP	HR	VV	SO2	PM10
Mínimo	6,8	16,9	0,4	0,1	26,0
0,33	14,9	57,0	2,5	2,5	68,5
0,66	17,2	70,4	4,0	4,3	97,0
Máximo	22,4	90,1	7,6	40,4	471,0
Desviación	2,4	12,6	1,4	3,9	42,4
Promedio	16,0	63,2	3,2	4,4	92,0

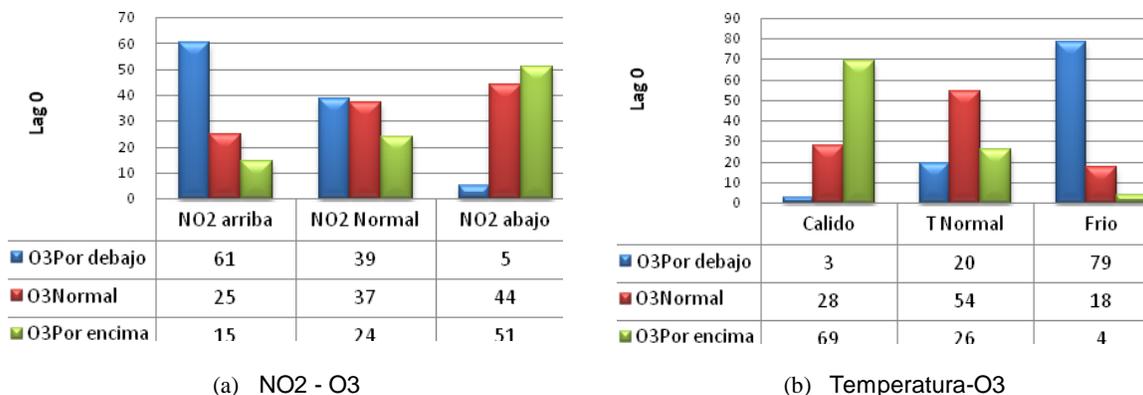
Los casos se determinan así:

Tabla 51. Etiqueta de los casos para cada variable categórica

Variable Explicativa		Variable explicada	
3	Por debajo	-1	Por debajo
6	Normal	0	Normal
9	Por encima	1	Por encima

4.1.1. Resultados:

Se presentan a continuación cada uno de las probabilidades empíricas considerando las variables mencionadas anteriormente para la estación del Parque Simón Bolívar



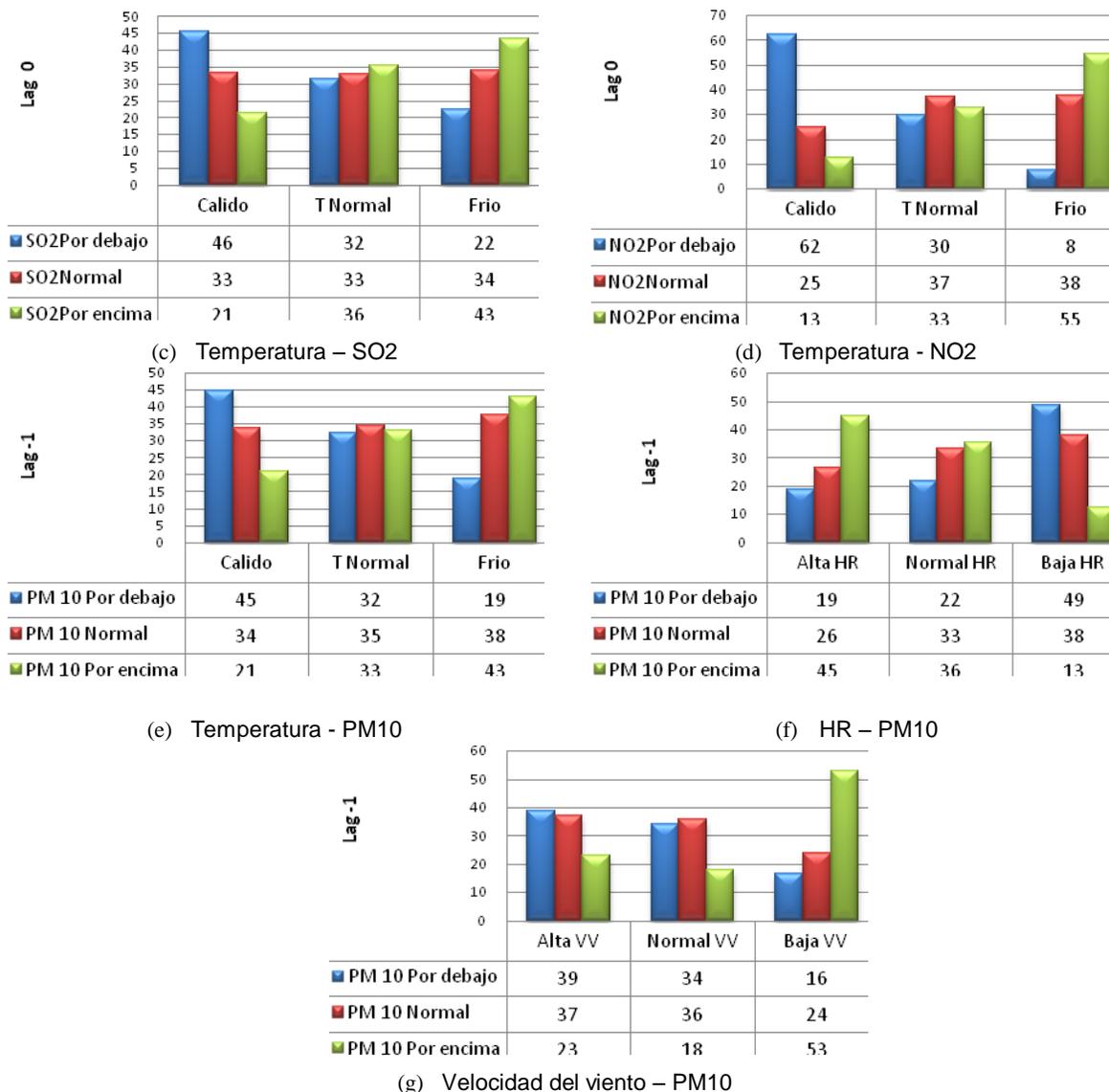


Figura 101. Resultados del análisis compuesto para la estación de Parque Simón Bolívar

Este análisis cuantitativo muestra que cuando las temperaturas son “cálidas” es más probable que las concentraciones de NO2 se ubiquen en rangos bajos, PM10 y SO2 se ubiquen en los grupos bajos y medios, mientras el ozono muestra concentraciones en rangos altos.

Cuando la humedad relativa se encuentra en grupos altos, el PM10 también se encuentra en esos niveles, en contraste a velocidades de viento clasificadas en el tercil bajo, el PM10 tiene alta probabilidad de ubicarse en niveles altos.

Para corroborar estadísticamente las relaciones entre variables meteorológicas y contaminantes, se tomaron los datos utilizados en la generación de las tablas de contingencias y se aplicaron pruebas Chi-cuadrado y correlaciones de Pearson, la primera

prueba la independencia entre variables y la segunda el grado de correlación y su proporcionalidad.

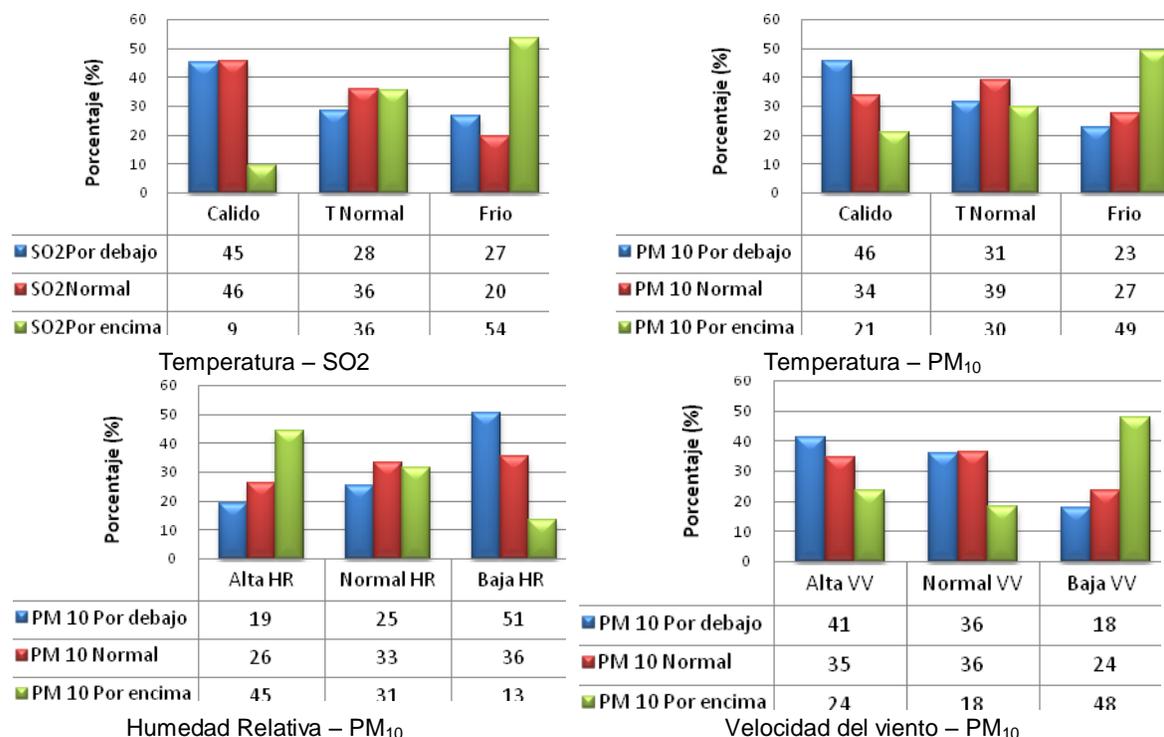


Figura 102. Resultados del análisis compuesto para la estación de Kennedy

La Figura 102 presenta las tablas de contingencia y gráficos de probabilidad empírica de ocurrencia para las variables descritas en la Tabla 50. Se observa que la temperatura explica el comportamiento del SO2 y PM10 con probabilidades altas y se observa la dependencia de cada una de las variables. Así, se observa que el 54% de las oportunidades en que la temperatura estuvo por debajo de 14.9 C, el SO2 se encontró por encima de 4.3 ppb. Cuando la temperatura estuvo por encima de 17.2 C, el PM 10 tendió estar por debajo de 68.5 ppm, esto ocurrió en un 49% de los casos; si la humedad relativa estuvo por debajo de 57%, el PM10 se encontró por encima de 97ppm en un 51% de los casos analizados y por último si la velocidad del viento disminuyó encontrándose por debajo de 2.5 m/s, el PM10 aumento quedando por encima de 97 ppm en un 48% de los casos.

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/m³) 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 m³/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:

$$G = (X1 * X2 * X3 * \dots * Xn)^{1/n}$$

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.

Validación: Confirmación por medio de análisis y la provisión de evidencias objetivas de que se cumplen los requisitos particulares para el uso específico de un método. (Para calidad de aire, la validación incluye la revisión de cada aspecto del procedimiento de medición entre los cuales están la operación del método, Calibración de equipos y análisis de los datos).

ANEXOS

ANEXO 1. LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB

La RMCAB está conformada por quince estaciones automáticas y una estación móvil, las cuales detectan en forma continua la concentración de los principales contaminantes en la ciudad y envían los datos a una central de datos en donde se evalúa la calidad de la información, se depura y se procesa. Posteriormente, se elaboran informes periódicos que incluyen el análisis de los datos y la verificación del cumplimiento de las normas de calidad del aire, para detectar las áreas o sectores que requieren atención prioritaria, en relación con los contaminantes que alcanzan concentraciones de interés.

A continuación se presentan los mapas de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, señalando el primero los parámetros meteorológicos medidos en cada una de las estaciones y el segundo los parámetros contaminantes y las características de las zonas de influencia de las estaciones. Es importante resaltar que de éstas, existen dos estaciones que son: la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas.

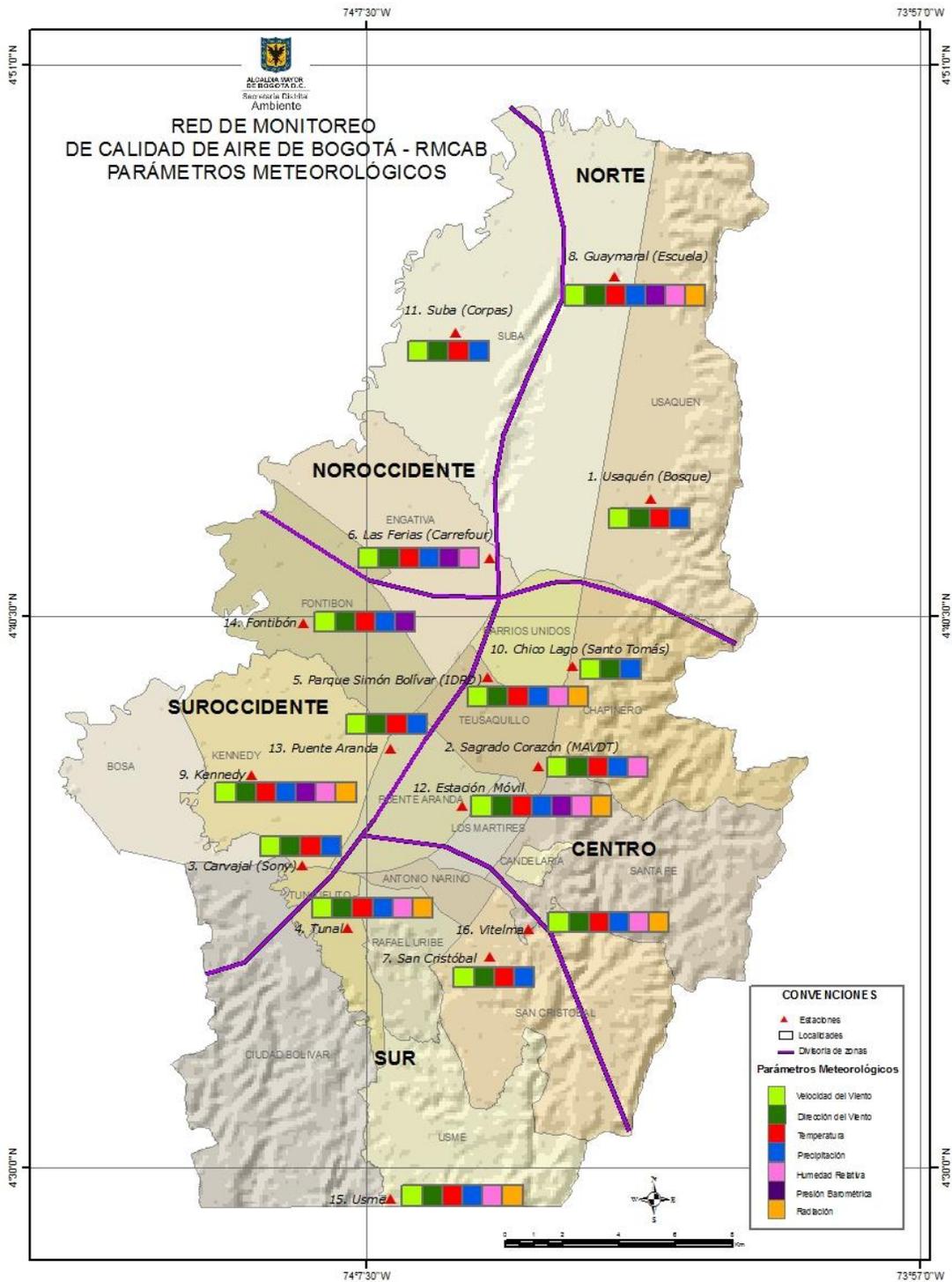


Figura 103. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

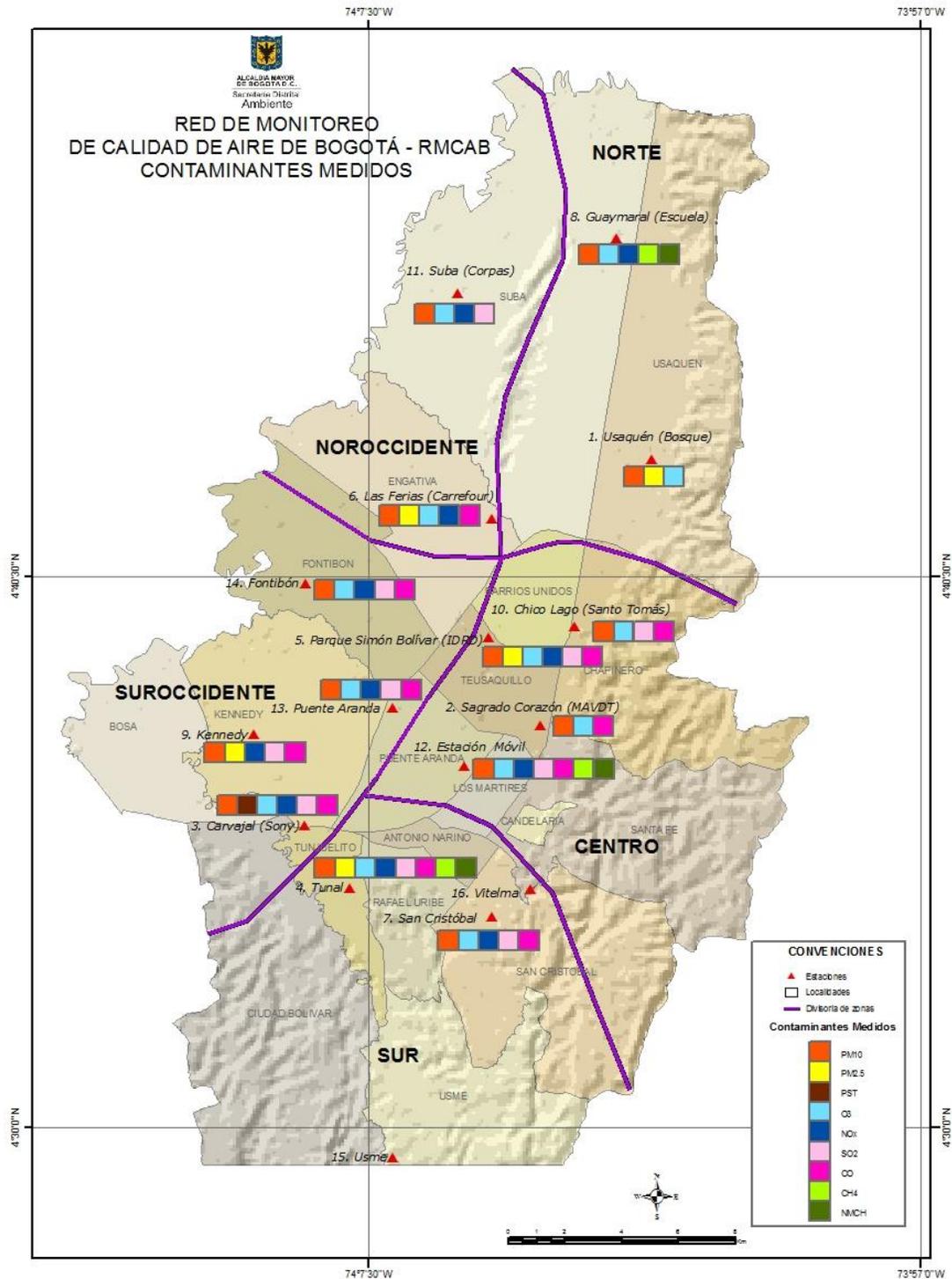


Figura 104. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

Tabla 52. Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	Guaymaral (Escuela) Usaquén (Bosque)	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	Suba (Corpas) Las Ferias (Carrefour)	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	Chico Lago (Santo Tomás) Parque Simón Bolívar (IDRD) Sagrado Corazón (MAVDT) Estación Móvil	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Suroccidente	Fontibón Puente Aranda Kennedy	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	Carvajal (Sony) San Cristóbal Tunal Vitelma Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial