



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2009

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB

Bogotá, D.C. 2010



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

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

Edgar Fernando Erazo Camacho
Director Control Ambiental

**Fernando Molano Nieto y
Edgar Vicente Gutiérrez Romero**
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

**Fernando Molano Nieto y
Ernesto Romero Tobón**
Coordinadores de la RMCAB

**Mayra Alejandra Lancheros Barragán
Tammy Goretty Trujillo Escobar
Paola Andrea Bulla Portuguez
Andrea Niño Penagos
Freddy Abel Vargas Cardozo
Luis Elkin Guzmán Ramos
John Alexander Real Castillo**
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 2010, Colombia
Informe Anual de la Red de Calidad De Aire
de Bogotá D.C. Año 2009.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

INFORME ANUAL

2009

Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2009

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2009

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	6
1. CALIDAD DEL AIRE	7
1.1. MATERIAL PARTICULADO.....	8
1.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM_{10}	8
1.1.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE $PM_{2.5}$	18
1.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST	20
1.2. GASES CONTAMINANTES.....	22
1.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO_2	23
1.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO_2	29
1.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO.....	35
1.2.4. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O_3	39
1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS	44
2. METEOROLOGÍA.....	54
2.1. PRECIPITACIÓN	55
2.2. VIENTOS	66
2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL	72
2.4. RADIACIÓN SOLAR.....	76
2.5. PRESIÓN BAROMÉTRICA.....	79
2.6. HUMEDAD RELATIVA	81
GLOSARIO	84
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE EllAS.....	7
TABLA 2. PERIODOS DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL 2008.....	10
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	17
TABLA 4. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS DURANTE EL AÑO 2009.....	24
TABLA 5. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2009.....	25
TABLA 6. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	28
TABLA 7. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ DURANTE EL AÑO 2009.....	30
TABLA 8. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2009.....	31
TABLA 9. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE CO DURANTE EL AÑO 2009.....	35
TABLA 10. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS 8 HORAS DE CO DURANTE EL AÑO 2009.....	36
TABLA 11. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE O ₃ DURANTE EL AÑO 2009.	39
TABLA 12. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL AÑO 2009.	40
TABLA 13. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM ₁₀).....	45
TABLA 14. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM ₁₀).....	46
TABLA 15. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST).....	47
TABLA 16. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST).....	47
TABLA 17. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS.....	48
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS.....	48
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂	49
TABLA 20. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂	49
TABLA 21. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS.....	50
TABLA 22. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ ANUALES.....	50
TABLA 23. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO.....	51
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS.....	51
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃	52
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS.....	53
TABLA 27. ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE EllAS.	54
TABLA 28. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	57
TABLA 29. DÍAS DE LLUVIA POR AÑO Y ESTACIÓN DE 1998 A 2009.	58
TABLA 30. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2009.	59
TABLA 31. MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIONES Y DÍA EN QUE OCURRIERON DURANTE EL AÑO 2009.....	59
TABLA 32. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2009.....	60
TABLA 33. VELOCIDAD PROMEDIO, MÁXIMA Y MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN EN EL AÑO 2009.	67
TABLA 34. VELOCIDAD PROMEDIO POR ESTACIÓN Y AÑO.	67
TABLA 35. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2009.....	72
TABLA 36. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR ESTACIÓN.....	74
TABLA 37. INVERSIONES PRESENTADAS PARA LA RMCAB.....	75
TABLA 38. PROMEDIOS MENSUALES Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR AÑO 2009.....	78
TABLA 39. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN EN 2009.....	78
TABLA 40. MÁXIMOS HORARIOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE PRESIÓN DURANTE EL AÑO DE 2009.....	80
TABLA 41. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA PARA EL AÑO 2009.....	83
TABLA 42. CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES DE MONITOREO	C
TABLA 43. ESTACIONES Y EQUIPOS DE LA RMCAB DE BOGOTÁ.....	D
TABLA 44. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	E
TABLA 45. ESCALA DE PRECIPITACIÓN.....	I
TABLA 46. ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT.....	I

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2009.	3
FIGURA 2. EPISODIO DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN 2009, PROMEDIO 24 HORAS.	3
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD DURANTE EL AÑO 2009.....	4
FIGURA 4. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA – 2009.....	5
FIGURA 5. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA TARDE – 2009.	5
FIGURA 6. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE NOCHE – 2009.....	5
FIGURA 7. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	9
FIGURA 8. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2009.....	11
FIGURA 9. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2009.	12
FIGURA 10. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ PROMEDIO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON 2008, 2007, 2006 Y 2005.....	13
FIGURA 11. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	14
FIGURA 12. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON...	15
FIGURA 13. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2008.....	16
FIGURA 14. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2008.....	16
FIGURA 15. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM ₁₀ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	18
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE PM _{2.5} PARA 24 HORAS DURANTE EL 2009.	19
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM _{2.5}	19
FIGURA 18. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	20
FIGURA 19. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	21
FIGURA 20. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	21
FIGURA 21. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL A LO LARGO DEL AÑO EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL PST.	22
FIGURA 19. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	24
FIGURA 23. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	25
FIGURA 24. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	26
FIGURA 25. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	27
FIGURA 26. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	27
FIGURA 27. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	28
FIGURA 25. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	29
FIGURA 29. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	30
FIGURA 30. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	31
FIGURA 31. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	32
FIGURA 32. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	33
FIGURA 33. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	33
FIGURA 34. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE 2009.....	34
FIGURA 35. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO ₂ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	34
FIGURA 36. CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS HORARIAS DE CO DURANTE EL AÑO 2009.....	35
FIGURA 37. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.	36
FIGURA 38. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	37
FIGURA 39. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	37

FIGURA 40. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	38
FIGURA 41. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	39
FIGURA 42. CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.	40
FIGURA 43. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009	41
FIGURA 44. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	42
FIGURA 45. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES	42
FIGURA 46. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	43
FIGURA 47. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O ₃ 24 HORAS POR ESTACIONES EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES	43
FIGURA 48. PROMEDIOS DE LA RMCAB PARA LOS AÑOS 1998 AL 2009	55
FIGURA 49. PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL REGISTRADOS POR LA RMCAB ENTRE LOS AÑOS 1999 AL 2009	56
FIGURA 50. PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL POR ESTACIÓN ENTRE LOS AÑOS 1999 AL 2009	56
FIGURA 51. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN	61
FIGURA 52. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2009	61
FIGURA 53. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2009	62
FIGURA 54. MAPA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2009.	63
FIGURA 55. MAPA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2009.	64
FIGURA 56. MAPA DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA PARA EL AÑO 2009.	65
FIGURA 57. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA	66
FIGURA 58. DIRECCIÓN DEL VIENTO EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2009 ENTRE LAS 6:00 Y LAS 11:00 HORAS	69
FIGURA 59. DIRECCIÓN DEL VIENTO EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2009 ENTRE LAS 12:00 Y LAS 18:00 HORAS.	70
FIGURA 60. DIRECCIÓN DEL VIENTO EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2009 ENTRE LAS 19:00 Y LAS 05:00.....	71
FIGURA 61. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	73
FIGURA 62. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL IDEAM Y RMCAB.	74
FIGURA 63. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 Y 2 METROS DE ALTURA.	75
FIGURA 64. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2009.	77
FIGURA 65. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2009.	77
FIGURA 66. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR PARA EL AÑO 2009.	78
FIGURA 67. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE RADIACIÓN SOLAR POR HORA PARA EL AÑO DE 2009.....	79
FIGURA 68. PRESIÓN BAROMÉTRICA PARA EL AÑO 2009.	80
FIGURA 69. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA EL 2009.....	82
FIGURA 70. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	82
FIGURA 71. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA EL AÑO 2009.....	83
FIGURA 72. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB, SENSORES METEOROLÓGICOS.	A
FIGURA 73. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB Y ANALIZADORES DE CONTAMINANTES.....	B
FIGURA 74. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 13 PUENTE ARANDA	F
FIGURA 75. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 5 PARQUE SIMÓN BOLÍVAR (IDRD)	F
FIGURA 76. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 8 GUAYMARAL (ESCUELA)	F
FIGURA 77. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 1 USAQUÉN (BOSQUE)	F
FIGURA 78. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 15 USME	G
FIGURA 79. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 4 TUNAL	G
FIGURA 80. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 6 LAS FERIAS (CARREFOUR).....	G
FIGURA 81. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 11 SUBA (CORPAS)	G
FIGURA 82. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 14 FONTIBÓN	G
FIGURA 82. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 3 CARVAJAL (SONY).....	G
FIGURA 84. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 10 CHICO LAGO (SANTO TOMAS)	H
FIGURA 85. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO 2 SAGRADO CORAZÓN (MAVDT).....	H
FIGURA 86. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 9 KENNEDY	H
FIGURA 87. ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO 12 ESTACIÓN MÓVIL	H

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 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 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 (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PST), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO, O_3) y los parámetros meteorológicos de precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM_{10} , las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O_3), 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; Para este último parámetro no existe norma pero se sugiere como valores límites los reportados por la EPA.

Para el contaminante $PM_{2.5}$, se registraron 1535 excedencias a la norma de los promedios de medias móviles de 24 horas ($35 \mu g/m^3$), correspondientes a un 25.3% de los datos recolectados y el promedio anual fue de $30 \mu g/m^3$, dos veces más que el valor de referencia de la EPA ($15 \mu g/m^3$).

Los demás contaminantes (CO , NO_2 y SO_2) están presentes en concentraciones bajas y no representan riesgo para la salud de la población.

En cuanto al PM_{10} durante lo corrido del año 2009 las concentraciones de éste contaminante tendieron a reducirse, hecho al que pueden contribuir diferentes factores entre los que contamos la meteorología y el mejoramiento de la calidad del diesel que se distribuye en la ciudad en cumplimiento del compromiso adquirido por ECOPETROL dentro del "Pacto por una Mejor Calidad del Aire de Bogotá".

El PM_{10} se monitoreó en 13 estaciones, sin embargo las series de datos reportados en dos de ellas se están analizando dado que se vieron afectadas con el cambio de tecnología, por lo anterior, no se reportan dichos datos en éste informe y serán objeto de un anexo especial una vez normalizados. Las estaciones No. 9 Kennedy y No 3 Carvajal (sector suroccidental), así como la estación No 11 Suba (Sector Noroccidental) registraron datos de concentración por encima de la norma 24 horas, establecida en $150 \mu g/m^3$. En cuanto al promedio anual de la concentración de PM_{10} , éste superó la norma en varias estaciones, ubicadas principalmente en las localidades del sur y occidente de la ciudad, como se aprecia en la Figura 1 y 2.

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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para los promedios de 24 horas, sólo el 0.1% del total de registros obtenidos excedió la norma.

Para el contaminante PM_{2.5}, se registraron 1535 excedencias a la norma EPA de los promedios de medias móviles de 24 horas ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), correspondientes a un 25.3% de los datos recolectados y el promedio anual fue de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dos veces más que el valor de referencia de la EPA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En cuanto a los gases contaminantes, se resalta que el SO₂ nunca excedió los límites permisibles para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales. Las estaciones No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal, que pertenecen a los sectores suroccidental y sur respectivamente, exhiben los mayores promedios.

El monitoreo del NO₂ permitió establecer el comportamiento de éste contaminante en la ciudad, encontrándose que en la Estación Parque Simón Bolívar se registraron cinco datos de promedios horarios por encima de la norma, con un promedio máximo de 128 ppb frente a 106 ppb de la norma. 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, sin embargo dos datos de promedios octohorarios de la estación No. 5 Parque Simón Bolívar alcanzan un valor de 9.6 ppm, registros superiores a la norma que establecida en 8.8 ppm.

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 casi todas las estaciones que monitorearon este contaminante.

Considerando el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2009 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. La precipitación registrada en el año 2009 fue menor a la obtenida el año anterior y similar a la registrada en 2004 y 2005. En la Figura 3 se muestra la precipitación acumulada durante el 2009. Como se observa los más altos registros acumulados de precipitación se registraron en las estaciones del sector Centro como son las estaciones No. 5 Parque Simón Bolívar y la No. 2 Estación Móvil, y en contraste las estaciones que presentaron los menores registros acumulados durante el año fueron la estaciones No. 14 Fontibón y la No. 15 Usme. En general se presentaron valores medios en la mayoría de la ciudad pese al fenómeno del niño. Es importante recordar que las precipitaciones no se presentaron en una forma uniforme si no de tipo chubasco, es decir, de corta duración e intensidad significativa.

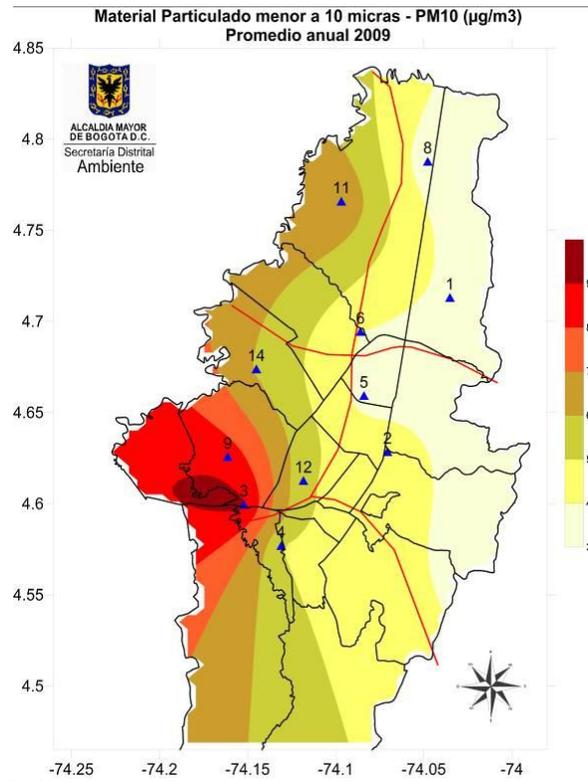


Figura 1. Distribución de la concentración de PM₁₀ durante el año 2009.

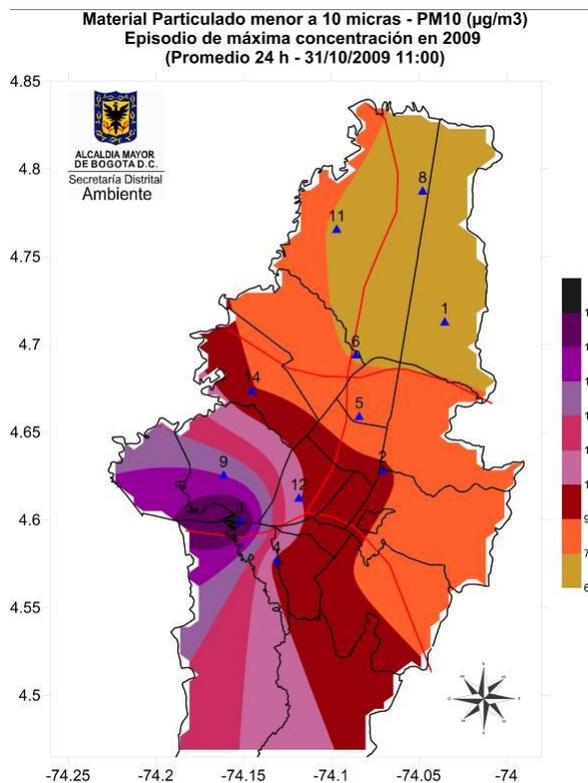


Figura 2. Episodio de máxima concentración 2009, promedio 24 horas.

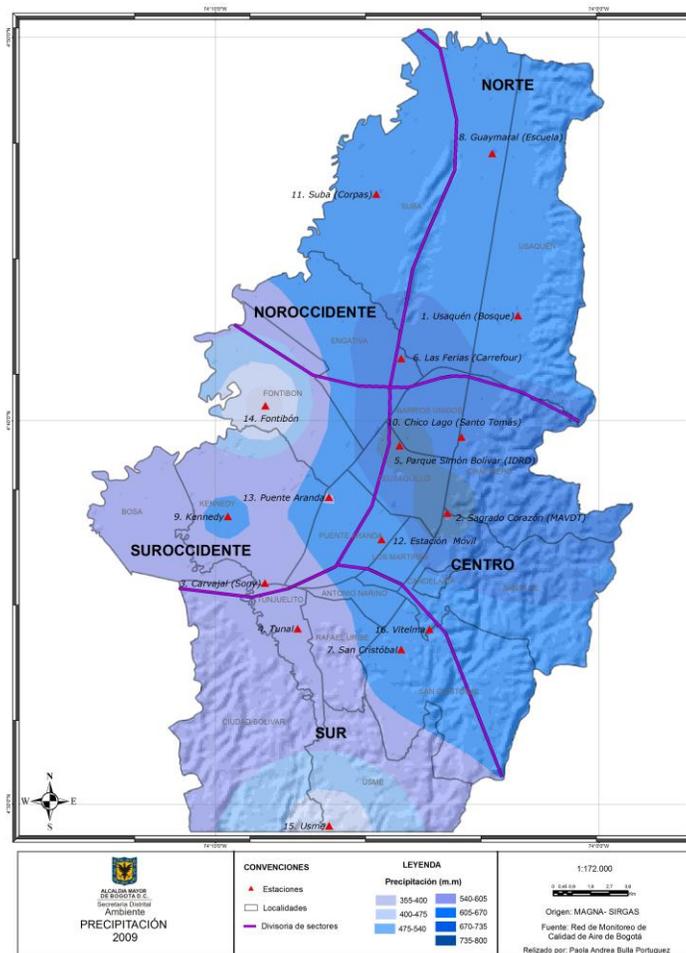


Figura 3. Distribución de las lluvias en la ciudad durante el año 2009

En la Figura 4, Figura 5 y Figura 6 se resume el comportamiento de los vientos para el año 2009. Durante las horas de la mañana, se observó una dirección prevalente al Occidente, también se observa que la estación No 10. Chico Lago presenta vientos con dirección Norte, la cual posiblemente sea ocasionada por los edificios que se encuentra al lado de la estación y que perturban dicho parámetro.

En las horas de la tarde se presentaron dos flujos de viento, el primero se presenta en los Sectores del Centro, Sur y Suroccidente en dirección Oriente. El segundo del Sector occidente con dirección suroccidente, éste desvío es ocasionado por los cerros de suba y muy posiblemente esta misma situación se presente en la estación No. 1 Bosque debido a la cercanía de los cerros orientales.

También se presenta el mapa de las horas de la noche y madrugada donde se observa varios flujos de viento, es importante resaltar que este horario presenta cambios bruscos de temperatura por eso no se observa una uniformidad en la dirección prevalente.

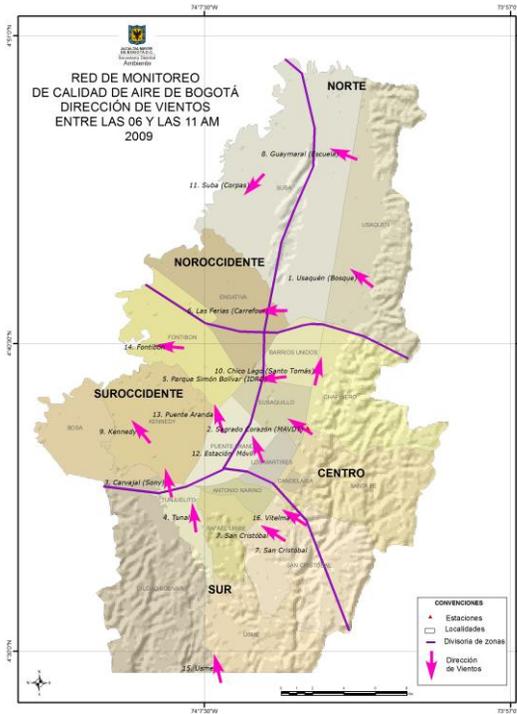


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la mañana – 2009.

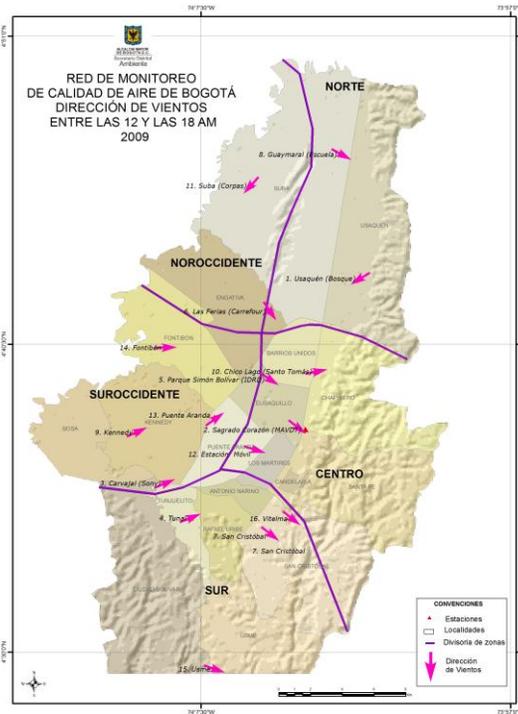


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la tarde – 2009.

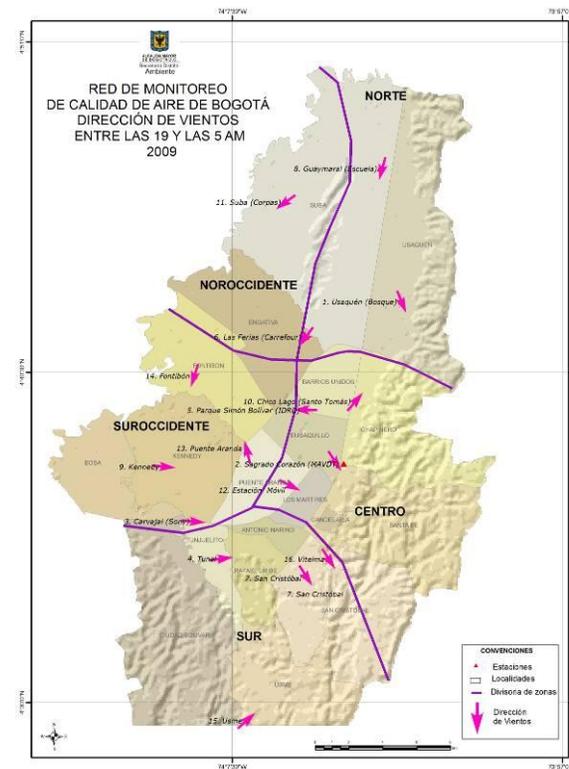


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante noche – 2009

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 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

La RMCAB empezó una etapa de modernización durante el año 2008, 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 en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud y para la cual no se reportarán datos en el presente informe, pues los datos no son representativos para el año. Por lo anterior, en el 2008 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 (PM_{10} , PST, $PM_{2.5}$), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO, O_3) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

El presente informe contiene en el primer capítulo el análisis 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 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.

El glosario con la terminología utilizada se ubica después del capítulo tres 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, las rosas de vientos y las escalas utilizadas para estudiar los diferentes parámetros meteorológicos.

1. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en dos secciones, la primera de las cuales contiene el análisis del material particulado que incluye el PM₁₀, el PST y el PM_{2.5}, y la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃. Para esto, la RMCAB durante el año 2009 contó con 15 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad 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 quince 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. ¹

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes						
			PM ₁₀	PST	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
No. 1 Usaquéen (Bosque)	Usaquéen	Norte	X		X				X
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT)	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 (I.D.R.D.)	Barrios Unidos	Centro	X		X	X	X	X	X
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	Engativá	Norte	X		X	X	X	X	X
No. 7 San Cristóbal ²	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 Tomás)	Chapinero	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

¹ (Corregida 21 de mayo de 2010)

² La estación San Cristóbal se encuentra en periodo de instalación

1.1. MATERIAL PARTICULADO

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. Este material está compuesto por partículas líquidas o sólidas de origen natural, resultantes de procesos como la erosión, las erupciones volcánicas y los incendios, y 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, derivadas de contaminantes primarios de las emisiones vehiculares e industriales, así como contaminantes secundarios. 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**), compuestas por **PM₁₀** y partículas mayores a 10 micras.

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, establece los niveles máximos permisibles para **PST** y **PM₁₀**. Estos son de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentración anual y de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el período de 24 horas en el caso de **PST**, y de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración anual y 24 horas respectivamente para **PM₁₀**. Para el caso de **PM_{2.5}** no se han establecido límites en la normatividad, por lo que se pueden tomar los valores establecidos por la EPA de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas.

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. 3 Carvajal (Sony), No. 4 Tunal, No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 6 Las Ferias (Carrefour), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 9 Kennedy, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón.

El cambio de tecnología hizo que se registraran niveles de concentración de **PM₁₀** diferentes a los reportados en el primer semestre del año 2008, por lo que se realizaron estudios de intercomparación entre equipos y las series de las estaciones No 10 Chico Lago y No. 13 Puente Aranda se encuentran en revisión y no serán reportadas en el presente informe.

Por otro lado, durante el año 2009 las concentraciones de éste contaminante tendieron a reducirse, hecho al que pueden contribuir diferentes factores entre ellos la meteorología,

donde una mayor inestabilidad (vientos) favorecen la dispersión de contaminantes, las actividades de control que desarrolla la SDA y el mejoramiento de la calidad del ACPM para Diesel que se distribuye en la ciudad, pues pasó de tener más de 1000 ppm de azufre a menos de 500 ppm a partir de julio de 2008, en cumplimiento del compromiso adquirido por ECOPETROL dentro del “Pacto por una Mejor Calidad del Aire de Bogotá”, firmado por el Alcalde Mayor de Bogotá, el Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Presidente de ECOPETROL, el 7 de febrero del mismo año.

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM_{10} durante el año 2009 pudo establecerse mediante la recolección de datos de medias móviles de 24 horas, en once estaciones que reportaron una representatividad temporal³ de 75%. Esta representatividad se vio afectada inicialmente por el cambio de los monitores de material particulado que ha alterado los históricos de las series de las estaciones 10 Chico Lago y 14 Puente Aranda.

Del total de datos registrados, tan solo el 0.24% superó el valor de la norma para 24 horas establecido en $150 \mu g/m^3$, porcentaje equivalente a 190 datos registrados así 83 en la Estación No 3 Carvajal, 24 en la Estación No 4 Tunal, 13 en la estación No. 9 Kennedy y 70 en la Estación No 11 Suba. En la

Figura 7 se presentan las concentraciones medias, máximas y la cantidad de datos que superaron la norma.

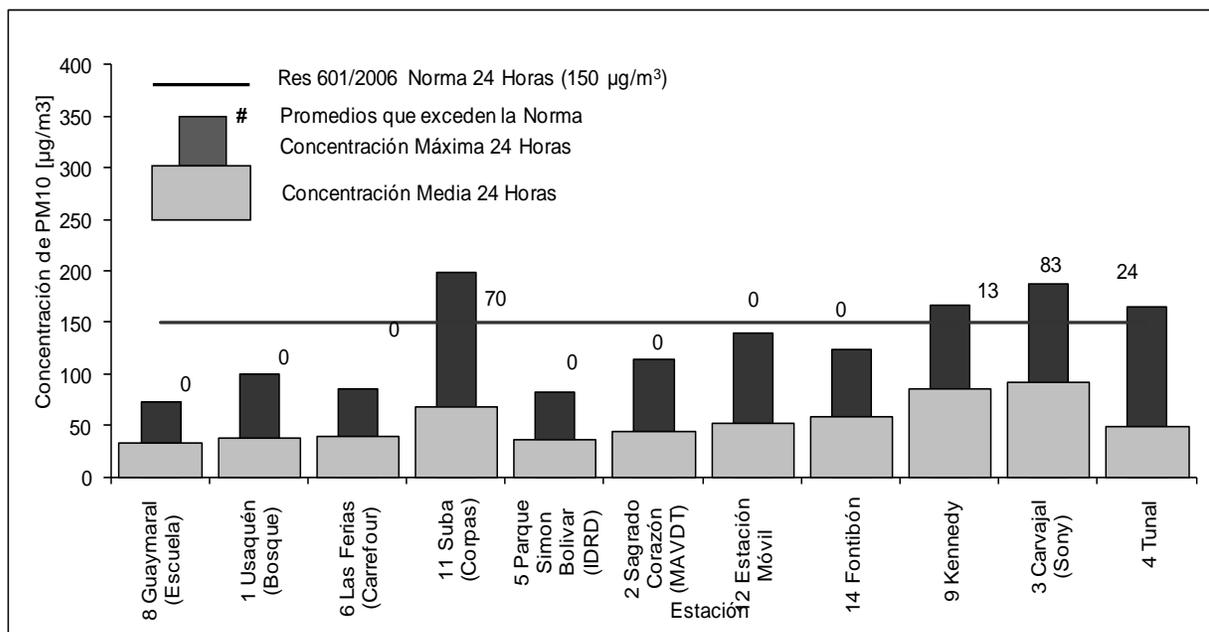


Figura 7. Concentraciones de PM_{10} para 24 horas por estación durante el año 2009.

³ El porcentaje de representatividad temporal 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, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo y se define como estándar aceptable un 75%.

Considerando la información presentada en la Tabla 2 de máximas concentraciones para promedios 24 horas registradas en cada una de las estaciones de la RMCAB durante el año 2009, es preciso resaltar que durante el mes de enero se registraron la mayoría de las máximas concentraciones de PM₁₀. El promedio de 24 horas del sábado 31 de octubre presentó un pico de concentración en 3 de las 11 estaciones reportadas lo que configura un episodio generalizado en la ciudad.

Tabla 2. Periodos de Ocurrencia de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el 2008

Número y nombre de la estación	Promedio máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fecha de ocurrencia del máximo promedio 24 h
8 Guaymaral (Escuela)	73	31/10/2009 09:00
1 Usaquén (Bosque)	101	11/03/2009 19:00
6 Las Ferias (Carrefour)	86	21/01/2009 23:00
11 Suba (Corpas)	200	09/01/2009 12:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	83	31/10/2009 10:00
2 Sagrado Corazón (MAVDT)	115	14/02/2009 18:00
12 Estación Móvil	141	15/01/2009 19:00
14 Fontibón	125	28/05/2009 09:00
9 Kennedy	168	01/01/2009 12:00
3 Carvajal (Sony)	188	31/10/2009 09:00
4 Tunal	166	12/03/2009 07:00

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la

Figura 8, donde se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM₁₀, como promedio de 24h, que se presentó en la ciudad durante el 2009 en este caso el 31 de octubre a las 11:00 a.m. 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.

A partir de las medias móviles de 24 horas calculadas durante el año, en cada estación, se pudo construir el mapa presentado en la

Figura 8 y

Figura 89 donde se observa que las localidades que estuvieron más afectadas por la presencia de material particulado fueron las del suroccidente de la ciudad, principalmente Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito.

En cuanto al mapa de concentraciones medias, el comportamiento del PM₁₀ es similar al descrito anteriormente; las localidades menos afectadas por material particulado son Usaquén, Teusaquillo y Chapinero, mientras que las más afectadas son las del suroccidente de la ciudad.

Material Particulado menor a 10 micras - PM₁₀ (µg/m³)
Episodio de máxima concentración en 2009
(Promedio 24 h - 31/10/2009 11:00)

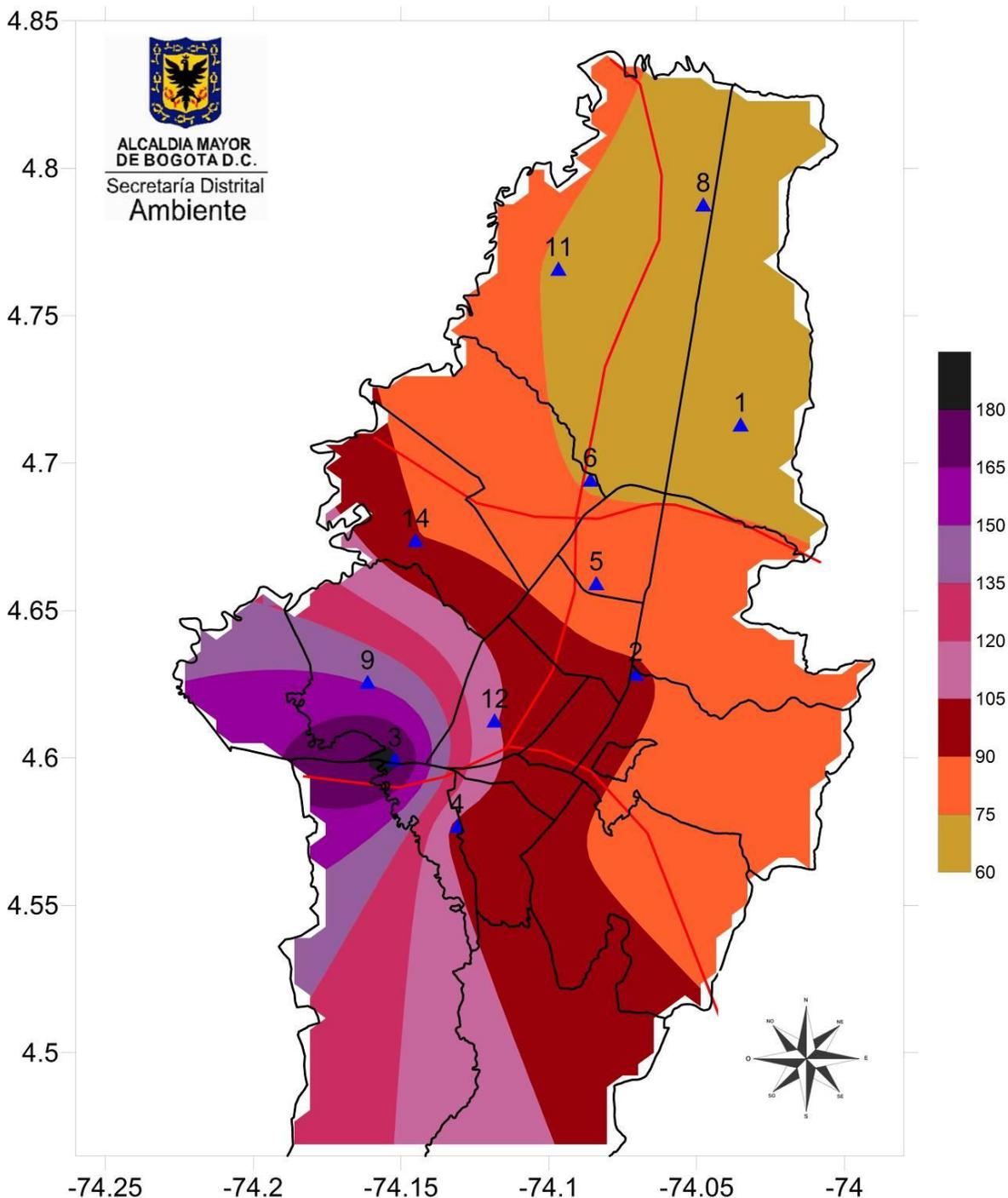


Figura 8. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM₁₀ durante el año 2009.

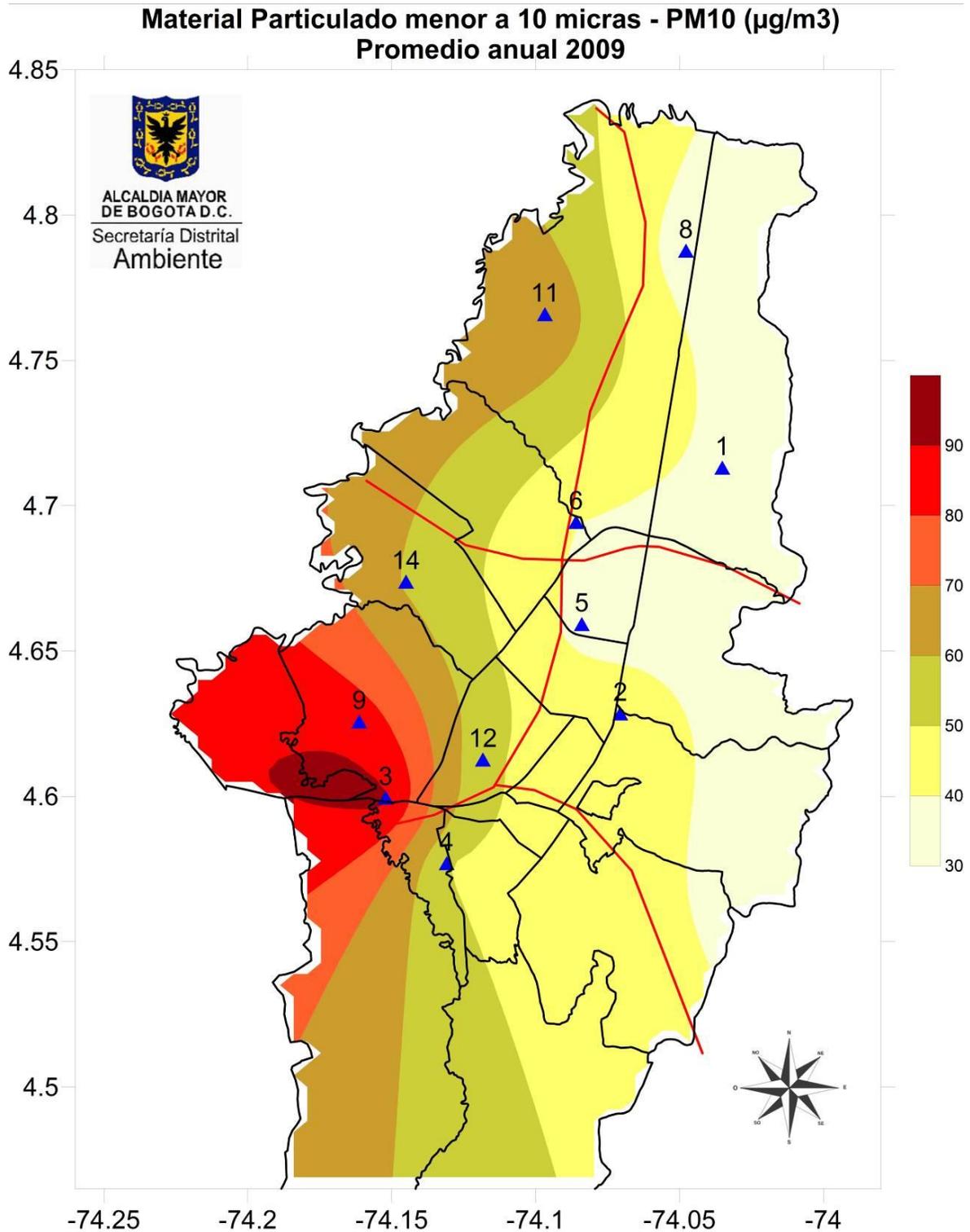


Figura 9. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el año 2009.

Por otro lado, para identificar el 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 (outliers), simetría, localización y como se distribuyen los datos, es con un gráfico de Box-Plot o diagrama de cajas. En este tipo de gráfico se puede visualizar la tendencia de la concentración de PM_{10} basados en la mediana, los cuartiles y los valores extremos:

- La caja representa la amplitud intercuartil que contiene el 50% de los valores centrales.
- Los "bigotes" son las líneas que se extienden desde la caja hasta los valores más altos y más bajos, excluyendo los valores atípicos.
- La línea que atraviesa la caja identifica la mediana.

En la Figura 10, Figura 11 y Figura 12 se utiliza esta herramienta. 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 50% de los datos para cada estación, en los años restantes se tomó como base el 70%⁴.

Para la comparación por estaciones se reportan aquellas que cumplieron con el criterio de porcentaje de datos descrito anteriormente. Lo notorio que evidencia la Figura 10 es la variabilidad que se presenta en cada estación, la posición de la mediana de Carvajal es la más alta, pero con una concentración de los datos buena; Kennedy es la segunda con concentración alta; las de menor concentración son Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Usaquén y Guaymaral. El comportamiento y dispersión de los datos han sido constantes en los años registrados (2005 a 2009). Cabe resaltar que son pocos los datos atípicos que se registran en el 2009 salvo por la estación Suba que tiene outliers extremos.

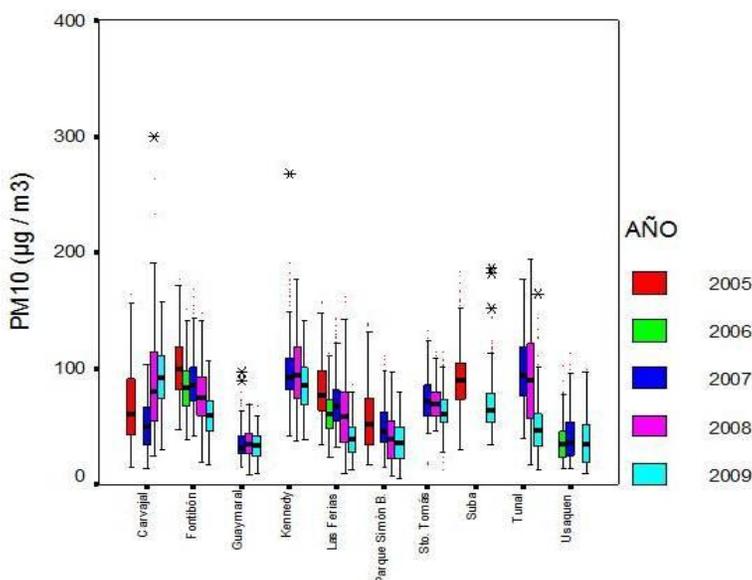


Figura 10. Gráfico de Box-Plot para PM_{10} promedio 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con 2008, 2007, 2006 y 2005.

⁴ El criterio para datos ambientales que se usa en la EPA es de 75%, sin embargo se reporta con porcentaje del 70% atendiendo que el periodo de muestreo de comparación es largo y las condiciones meteorológicas locales, que son menos extremas que en países con estaciones.

Se debe indicar que los datos de 2005 a mayo de 2008 de las estaciones Las Ferias, Fontibón, Carvajal, Tunal se hicieron con los equipos que operaban anteriormente y que al correlacionarlos con los actuales muestran un promedio horario de concentración distinto, aumentando la concentración en la estación de Carvajal desde mayo de 2008 y disminuyendo en las estaciones de Las Ferias, Fontibón, Tunal. De los equipos cambiados solamente la estación de Parque Simón Bolívar conservó la tendencia que traía con anterioridad.

De acuerdo con la Figura 11, el comportamiento del PM_{10} (como promedio global de la ciudad calculado como promedio directo de todas las estaciones) en los meses del año presenta ciclo sinusoidal no muy pronunciado, donde la primera onda se muestra en los meses de enero a mayo en la cual se nota un incremento de la posición de la mediana, la segunda onda va de junio a octubre con un decrecimiento en su mediana.

La concentración de los datos alrededor de la mediana en el último año es buena porque la amplitud de la caja es limitada, no se presentan muchos datos atípicos, los datos tienen una distribución simétrica y el comportamiento con respecto a años anteriores es favorable, ya que se nota una disminución en la concentración del contaminante tanto en dispersión, posición de la mediana y en la localización de los datos atípicos.

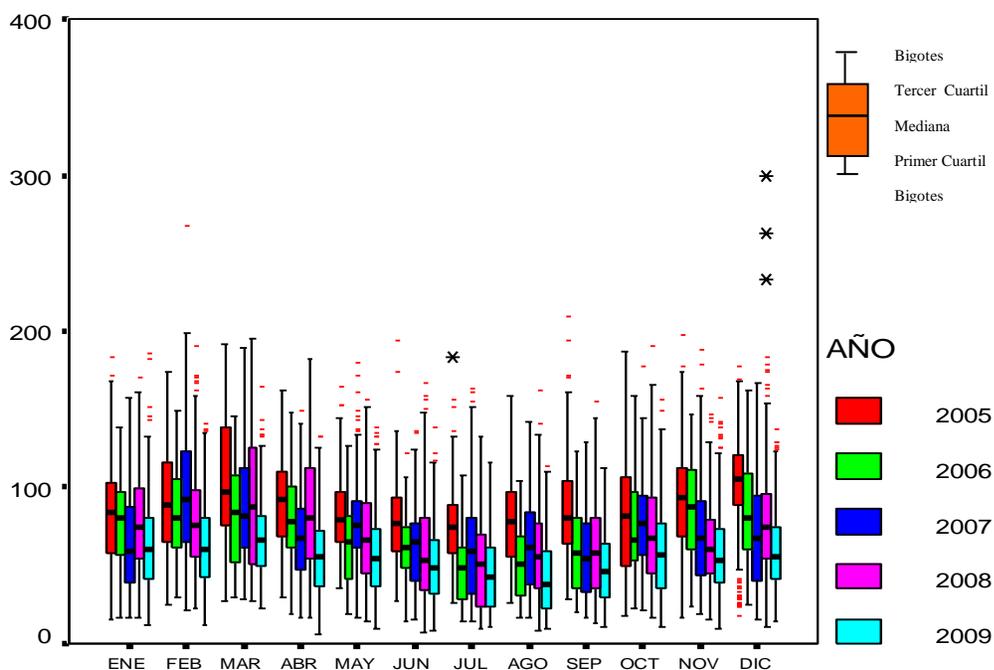


Figura 11. Gráfico de Box-Plot para PM_{10} 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

La Figura 12 se caracteriza por mostrar la variabilidad que se presenta cada día de la semana y ello se evidencia porque las cajas están dispuestas a diferente altura. Los días donde mejor se ha visto disminución en el 2009 son sábado y domingo, los datos están concentrados alrededor de la mediana por eso las cajas son las más estrechas y simétricas; en general se presentan pocos días atípicos, es decir que estos valores son distintos al de la variable; no hay un criterio para decidir cual día que presenta mayor

contaminación pues todas las cajas del 2009 presentan una similitud tanto en los datos dispersos, anchura de las cajas como en la altura de su mediana, línea central del gráfico.

El comportamiento del año 2009 con respecto a los otros años es bueno en general, ya que se observa el cambio progresivo desde el 2005; los datos atípicos que se muestran en la grafica no son muchos y solo en el 2008 se reporta un dato atípico extremo en los días lunes, martes, jueves y domingo.

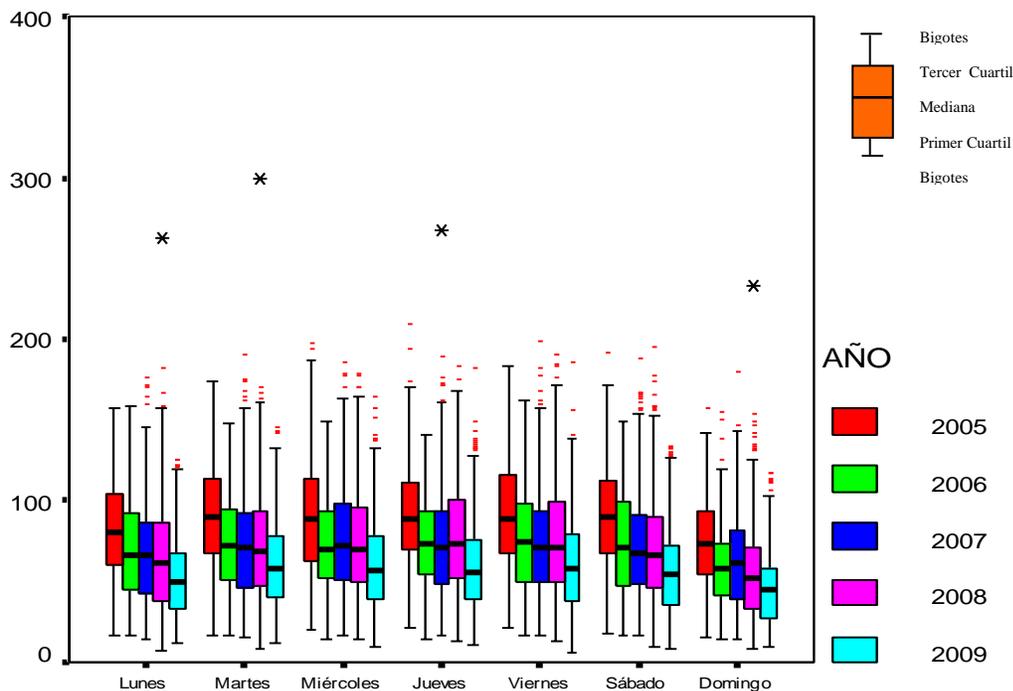


Figura 12. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

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 2009 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2008 y el 1 de enero de 2009, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2009 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero de 2009 y el 31 de diciembre de 2009.

En la Figura 13 se presentan los promedios anuales calculados para cada mes del año 2009 en cada una de las estaciones que monitorearon este contaminante y cuya representatividad fue mayor al 75% (Excepto la Estación No. 1 Usaquén que se tomó con un 60% de representatividad). En las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 9 Kennedy y No 11 Suba se superó la norma anual en todos los meses, en la Estación No 14 se superó todos los meses exceptuando diciembre. En las demás estaciones se mantuvo por debajo del límite establecido en la normatividad.

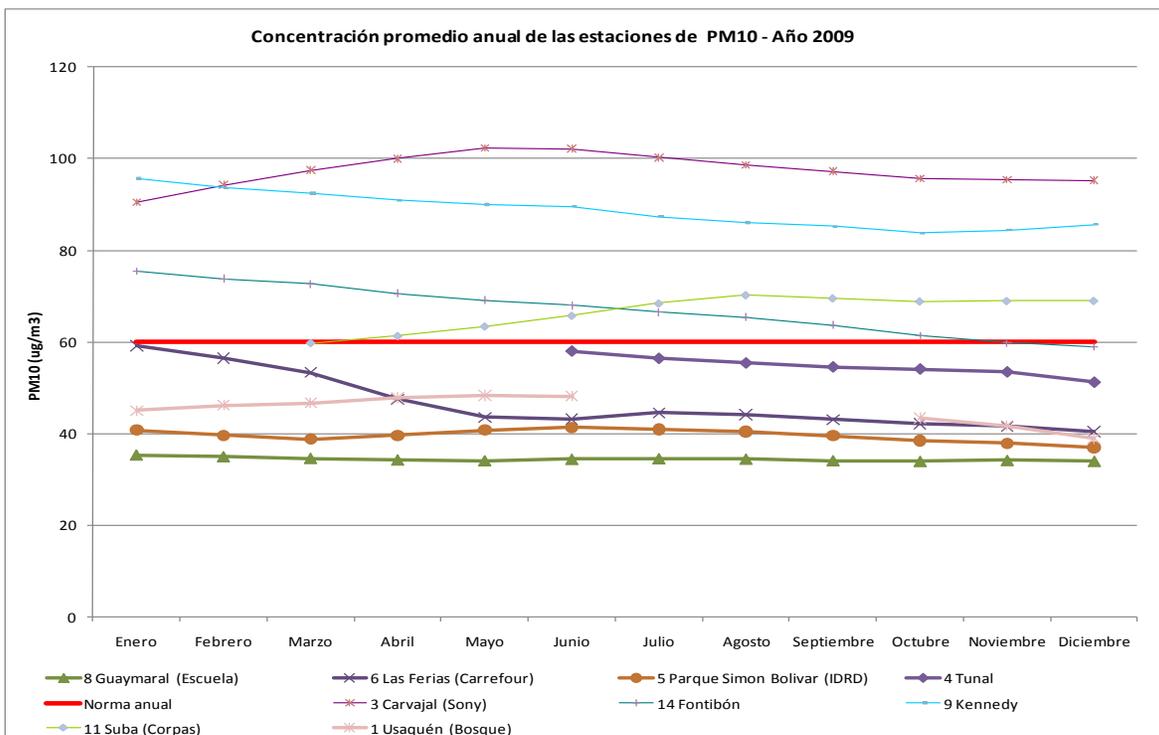


Figura 13. Concentración promedio anual de las estaciones que excedieron la norma en el 2008

Las máximas concentraciones anuales de PM₁₀ encontradas en las estaciones de la RMCAB en el año 2009 se presentan en la Figura 14. La estación No. 3 Carvajal reportó la máxima concentración anual, seguida de las estaciones No. 9 Kennedy, No. 14 Fontibón y No. 09 Suba. La estación No. 6. Las Ferias, influida por la condición del cambio de equipo, presentó un promedio máximo de 61 para el primero de enero de 2009 y disminuyó paulatinamente, hasta estabilizarse en su nuevo nivel a partir de mayo. Las demás estaciones mantienen sus máximos promedios anuales por debajo de la norma.

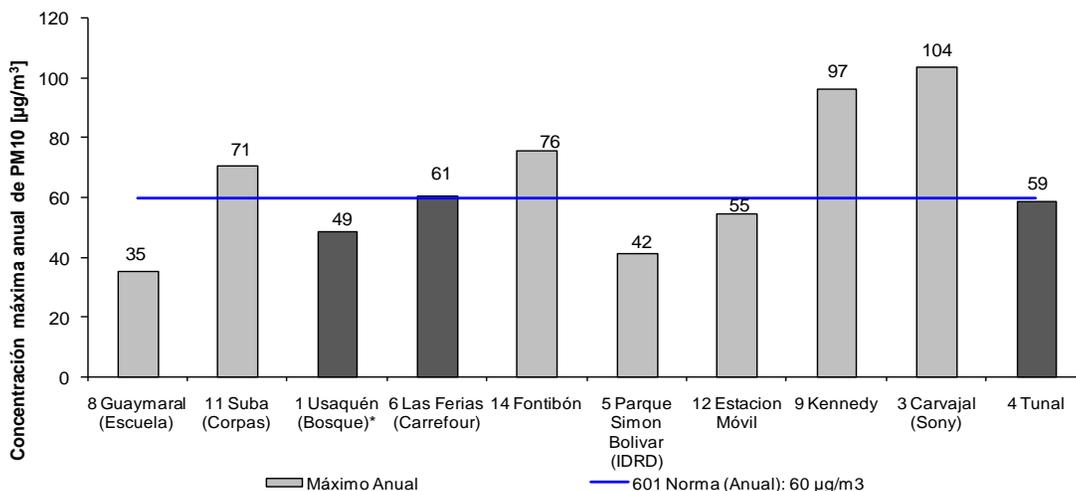


Figura 14. Máxima concentración promedio anual de PM₁₀ por estación durante el 2008.

En la Tabla 3 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1998 y el 2009, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. 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, aumentando la concentración en la estación de Carvajal desde mayo de 2008 y disminuyendo en las estaciones de Las Ferias, Fontibón, Tunal. De los equipos cambiados solamente la estación de Parque Simón Bolívar conservó la tendencia que traía con anterioridad

Tabla 3. Concentraciones de PM10 promedios anuales a 31 de diciembre de cada año.

Estación	Concentración PM10 en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]										
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
8 Guaymaral (Escuela)			43	50	54	54	55	30	35	35	34
1 Usaquen (Bosque)	31	31	29	24				38	40	44	37
11 Suba (Corpas)	40	47	81	97	91	80	90	83	71	52	69
6 Las Ferias (Carrefour)			78	97		85	79	60	71		40
14 Fontibón		93*	91*	96*	97*	94*	101*	85*	87*	68*	59
10 Chico Lago (St. Tomás)	34	35	37	39	33	33	29	44	72*	70*	
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)							58	42	50	41	37
13 Pte Aranda		103	93	98	102	107	113	93	99		
9 Kennedy								100	98	96	86
7 Cazucá	69	69	62	62	54	57	69	64	71	63	
3 Carvajal (Sony)	77*	63*	86*	61*	53*	49*	69*	73*	59*	88*	101
4 Tunal								107*	98*		50

* Datos en revisión por cambio en la serie histórica.

En la Figura 15 se comparan las concentraciones de PM₁₀ desde 2005 la mediana se mantuvo casi constante en los años 2006 y 2007, luego ha tenido leves declinaciones con respecto al año inmediatamente anterior, los datos tienen buen comportamiento ya que se concentran con mayor acrecencia alrededor de la mediana; mostrando simetría es decir similar número de datos a la derecha e izquierda del segundo cuartil, evidenciándose mejor para el 2009; los valores atípicos aunque no son muchos se mantienen en una proporción semejante en el transcurso de los años como se reporta en el gráfico.

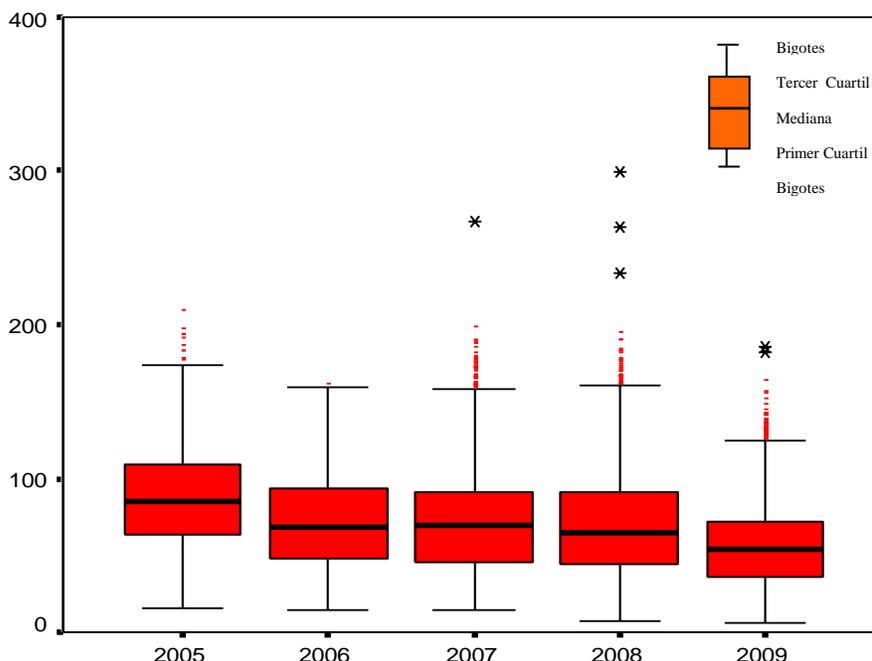


Figura 15. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

1.1.2. Comportamiento de la Concentración de PM_{2.5}

La RMCAB Bogotá cuenta actualmente con 5 estaciones en que se hace medición de este contaminante, a la fecha se publica la estación No. 9 Kennedy, atendiendo que los equipos instalados en las estaciones de Usaquén, Las Ferias, Parque Simón Bolívar y Tunal se encuentran en proceso de estabilización. Se debe tener en cuenta que la normatividad no ha establecido límites para este contaminante pero como se cita en el Parágrafo 2 del Artículo 4o. de la Resolución 601 de 2006, se pueden tomar como valores guía los estándares de la EPA (15 µg/m³ como concentración anual y de 35 µg/m³ como concentración diaria).

Máximos en 24 Horas

A partir de los registros de la estación que monitorea este contaminante, se obtuvieron 6060 medias móviles de 24 horas de concentración de PM_{2.5}, que tienen un 69% de representatividad temporal. De los promedios hallados 1535 superaron el valor guía establecido por la EPA, lo que corresponde a un 25.3% de los promedios calculados. El 27% de las mediciones estuvo entre el 50% y el 75% y el 18% de los datos entre el 75% y el 99.9% del valor guía.

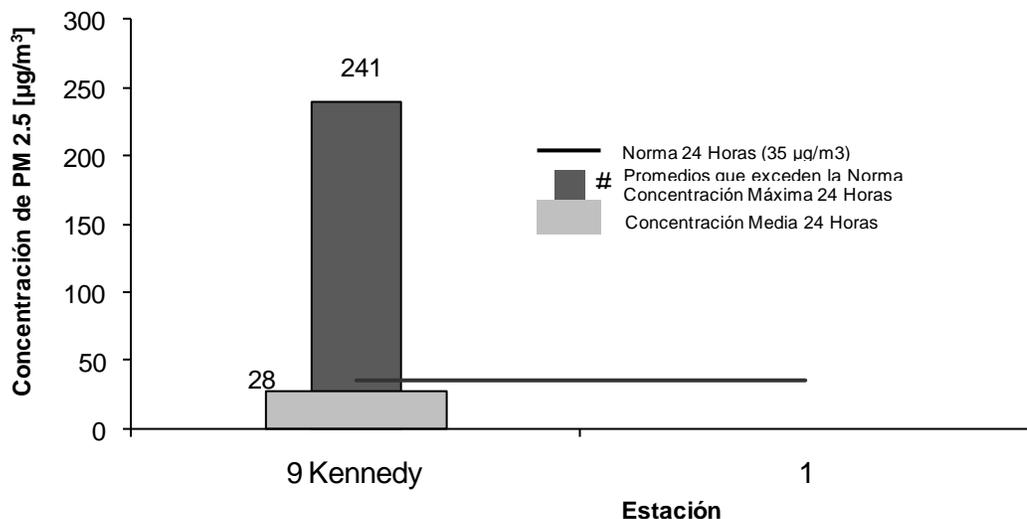


Figura 16. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas durante el 2009.

Por otro lado, la máxima concentración para 24 horas registrada por la RMCAB durante el periodo de tiempo reportado fue de 241 µg/m³ y se presentó el 25 de diciembre de 2009, claramente influenciado por episodios de quema de pólvora. En la Figura 16 se muestra la concentración máxima para promedios 24 horas de PM_{2.5} y la concentración media para 24 horas que está por debajo del valor guía dado por la Resolución 601 de 2006.

Promedio Anual de PM_{2.5}

Durante el año 2009 se calcularon 218 promedios anuales de PM_{2.5} con una representatividad de 59%. El promedio de estos valores fue de 30 µg/m³, superando el valor guía establecido (15 µg/m³) en un 100%, como se observa en la Figura 17.

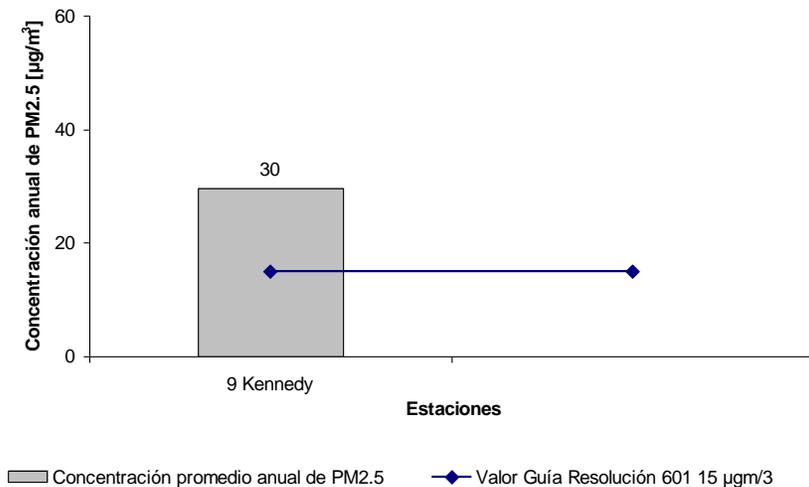


Figura 17. Concentración promedio anual de PM_{2.5}

1.1.3. Comportamiento de la Concentración de PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la RMCAB en 2009 contó con dos analizadores ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá y No. 3 Sony. La estación Cazucá solamente reportó datos hasta el mes de marzo de 2009 y se reubicó por fuerza mayor, por tal razón se presenta análisis de los datos reportados por la Estación Carvajal.

Máximos en 24 Horas

En la estación No. 3 Carvajal, se reportaron 8453 promedios de 24 horas recolectados para de los cuales solo el 0.1% excedieron la norma y el 56% de éstos estuvo por debajo de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (la mitad del valor de la norma).

En la figura 18 se resume lo expuesto anteriormente y se identifican los valores máximos del promedio 24 horas de PST registrados para Carvajal cuyo valor fue de $307\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado el día viernes 01 de enero a las 01:00.

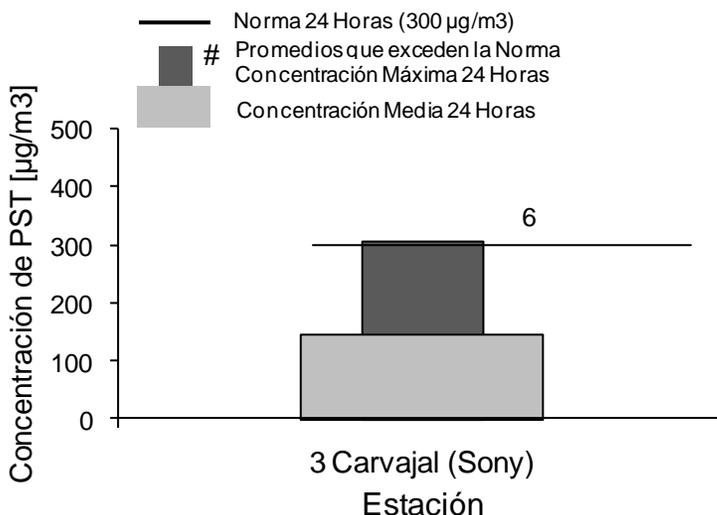


Figura 18. Concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año 2009.

En las siguientes figuras, por medio de diagramas de caja, se resume el comportamiento de los promedios diarios de PST del 2009 comparados con los promedios diarios multianuales por estación y por mes del año.

En la Figura 19 se refleja la variabilidad entre los años por cada estación, para Carvajal la disminución de la concentración de PST al transcurrir los años es notoria, esto se advierte tanto en su mediana como en la dimensión de la caja es decir los datos que se producen son estables, esto también se manifiesta en la escasa presencia de datos atípicos.

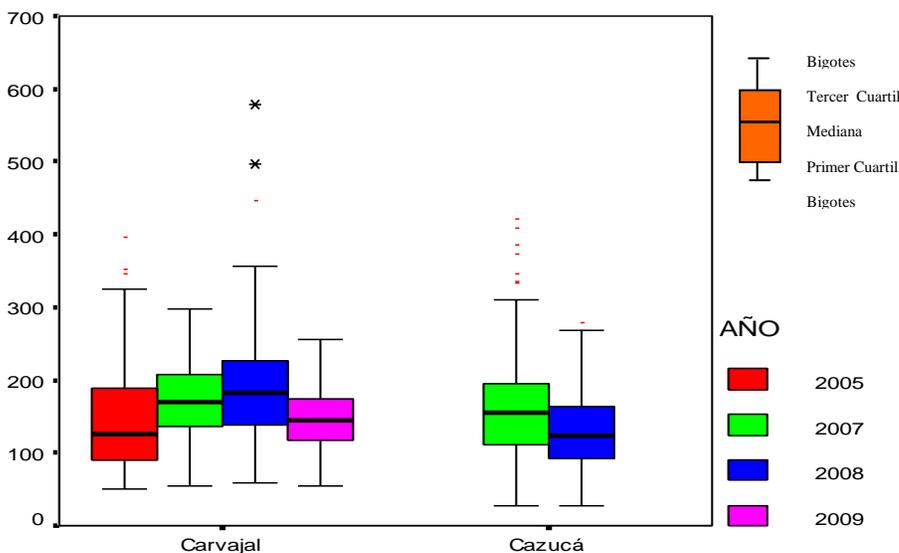


Figura 19. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

En la Figura 20 se muestra que en cada mes hay variabilidad, no se tienen comportamientos similares, este patrón se nota dentro de cada mes pero en los distintos años, para el 2009 su comportamiento tiene forma de u, es decir los picos se encuentran en los meses de marzo y noviembre, los datos están mucho más concentrados alrededor de la mediana ya que sus cajas son mucho menores en comparación con las del 2008. La leve declinación de la mediana con respecto a la misma en el año 2008 se presenta en casi todos los meses exceptuando marzo. Los datos atípicos en los meses del último año son muy pocos lo cual es bueno, queriendo decir que los datos tienen una forma similar.

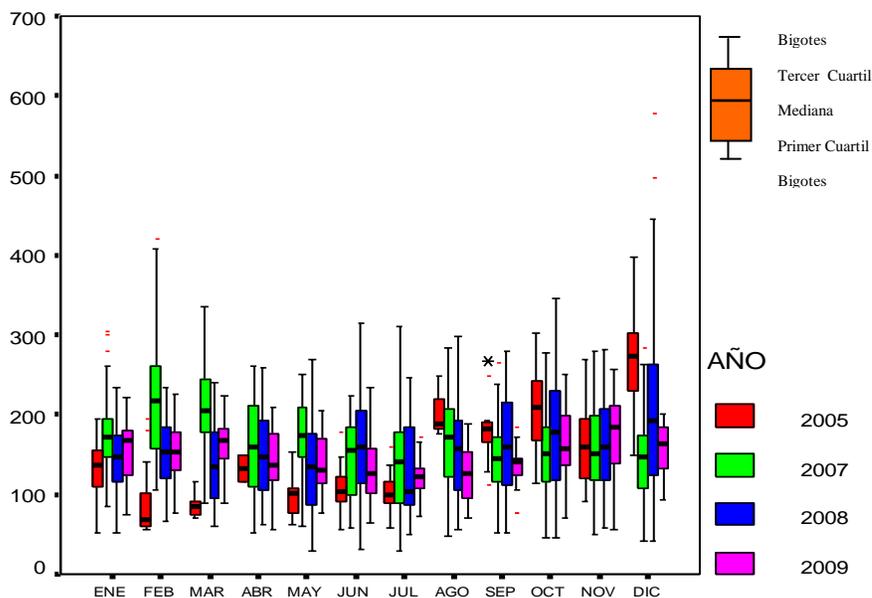


Figura 20. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

Promedio Anual de PST

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. Para el análisis de los promedios anuales de PST se puede observar la Figura 21 en la cual se aprecia el comportamiento de la concentración promedio anual mes a mes de la estación de Carvajal. La estación Carvajal reportó una variación de la concentración de PST durante el año, encontrándose un ligero aumento en los primeros tres meses del año y una disminución desde el mes de julio en adelante, terminando con una concentración en diciembre de $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pese a lo anterior, se debe tener en cuenta durante todo el año se excedió el límite máximo establecido por la Resolución 601 de 2006 de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

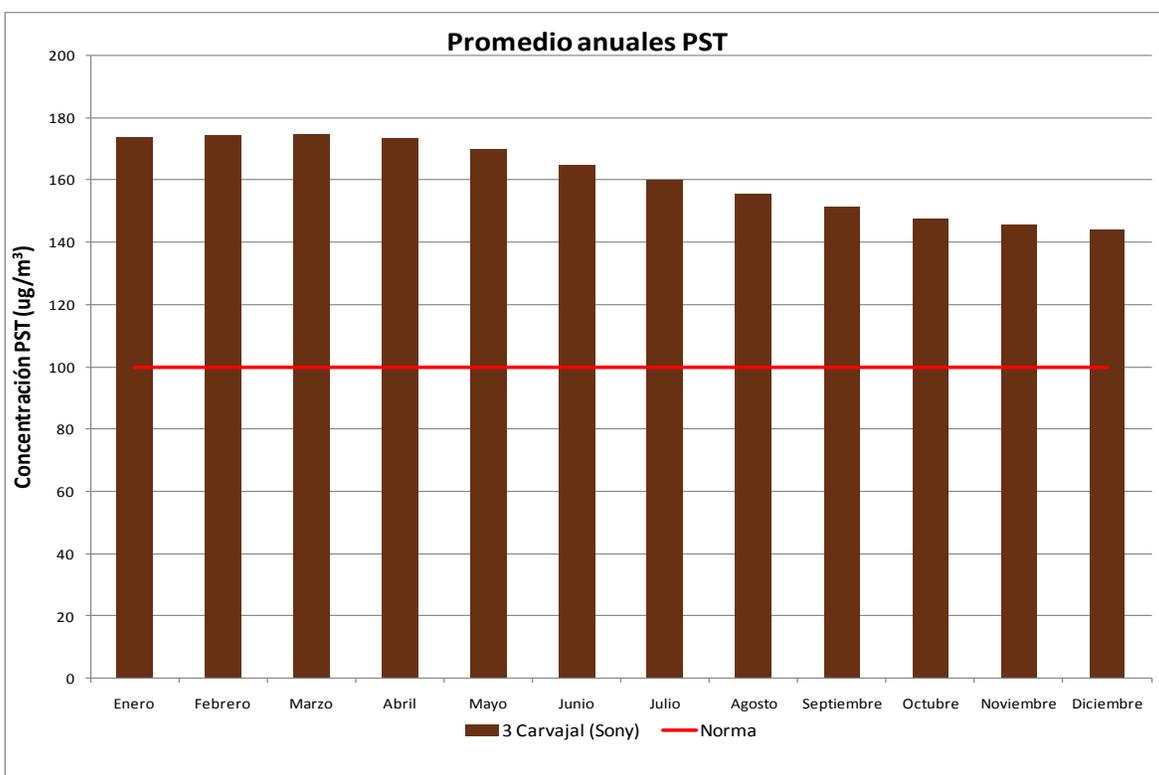


Figura 21. Comportamiento de la concentración promedio anual a lo largo del año en la estación de Carvajal PST.

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 (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), 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 9 analizadores de dióxido de azufre (SO₂), ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. De éstos equipos, tres fueron reemplazados por equipos nuevos e instalados en el mes de mayo del 2008 en las estaciones No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 11 Suba (Corpas) y No. 14 Fontibón, por el proceso de puesta a punto de estos equipos la representatividad de éstas estaciones 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.

Máximos en 3 horas

Durante el año 2009 se obtuvieron cincuenta y seis mil novecientos setenta y dos (56972) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 72.3% de los promedios posibles en el año. En la Tabla 4 se muestran los valores 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 70% de representatividad de los datos. Por otro lado, en la Figura 22 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 y la media más alta fueron registradas por la estación No. 3 Carvajal (Sony), al igual que el año anterior.

Tabla 4. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 3 horas durante el año 2009.

Estación	Representatividad Temporal	Promedio Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 3H
11 Suba (Corpas)	70%	47.7	31/12/2009 10:00
14 Fontibón	57%	40.0	14/10/2009 11:00
10 Chico lago (Sto. Tomas)	42%	21.5	26/03/2009 17:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	85%	63.8	19/03/2009 24:00
12 Estación Móvil	82%	57.3	03/11/2009 24:00
13 Pte Aranda	69%	31.7	16/12/2009 10:00
9 Kennedy	85%	33.9	05/12/2009 09:00
3 Carvajal (Sony)	89%	102.0	05/08/2009 23:00
4 Tunal	72%	74.0	16/12/2009 10:00

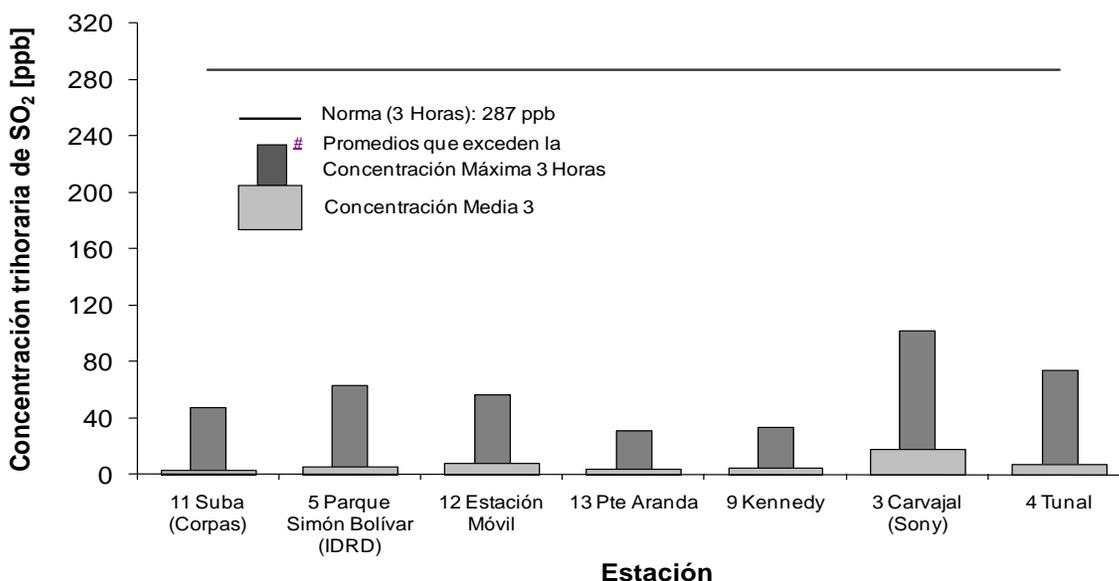


Figura 22. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el año 2009.

Máximos en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO₂, se contó con cincuenta y siete mil trescientos veinte (57320) promedios, cuya representatividad temporal es del 72.7%. 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 5, junto con la fecha de ocurrencia del evento.

Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que garantizaban más de un 70% de representatividad de los datos, la Figura 23 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 de Carvajal (Sony) presenta la mayor concentración promedio 24 horas.

Tabla 5. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 24 horas durante el año 2009

Estación	Representatividad Temporal	Promedio Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24H
11 Suba (Corpas)	69%	11.1	05/12/2009 08:00
14 Fontibón	58%	11.5	10/10/2009 15:00
10 Chico lago (Sto. Tomas)	43%	19.8	27/03/2009 14:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	85%	18.0	20/03/2009 18:00
12 Estación Móvil	84%	23.4	04/11/2009 21:00
13 Pte Aranda	70%	13.4	06/10/2009 10:00
9 Kennedy	85%	13.8	05/12/2009 19:00
3 Carvajal (Sony)	90%	56.6	10/08/2009 08:00
4 Tunal	71%	26.6	23/01/2009 14:00

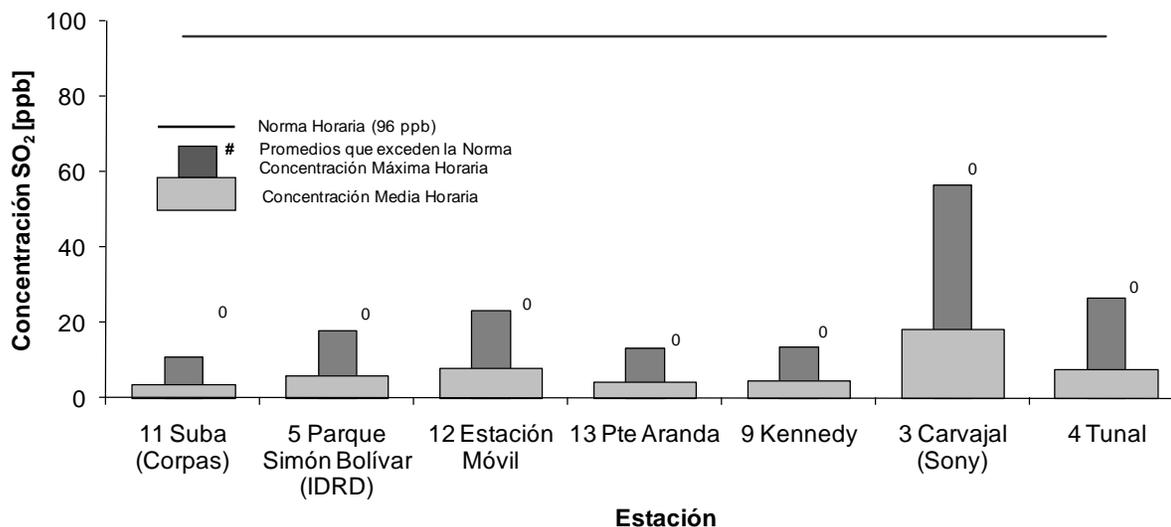


Figura 23. Concentración máxima de SO₂ para 24 horas por estación durante el año 2009.

Las estaciones que miden SO₂ en la ciudad son las que se muestran en la Figura 24, además las estaciones de Chico Lago, Las Ferias, Fontibón, Suba, que para este análisis no se reportan en el 2009 porque están por debajo del 70% de representatividad de los datos. Al observar la Figura 24 se muestra gran variabilidad entre y dentro de las estaciones al transcurrir los años con los cuales son comparados, siendo Carvajal la de mayor dispersión en los datos e incremento de su mediana; Kennedy reporta incremento en su mediana con respecto al año anterior pero la dispersión de los datos es baja, para las demás estaciones donde se puede comparar con el 2009 presenta disminución en la mediana; en los *outliers* se nota una disminución significativa ya que para el último año son muy pocos los datos atípicos registrados.

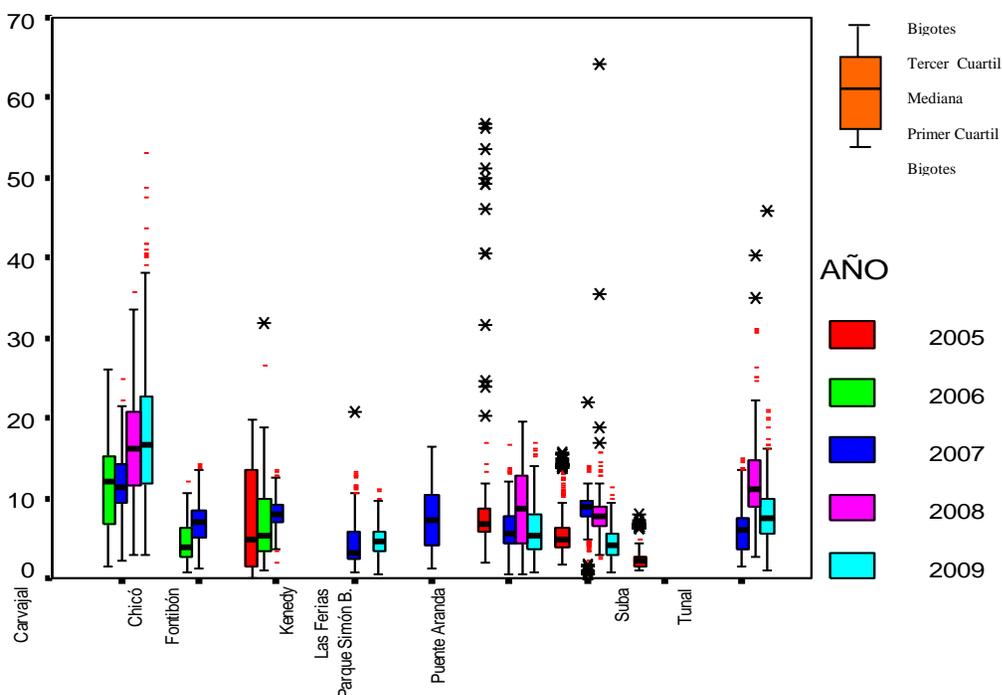


Figura 24. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

La Figura 25 muestra que la variabilidad presentada en los meses del año es alta ya que la posición de las cajas se encuentra a distintas alturas en los diferentes años; la concentración de SO₂ del 2009 con respecto al año anterior tiene un comportamiento regular es decir en casi todos los meses se presentó una disminución considerable, salvo en enero y febrero donde la mediana es levemente menor; para el último año los que presentan mayor dispersión en sus datos son mayo, julio y junio escritos en orden descendente, para los demás meses su dispersión es menor. Se sigue presentando para este último año una característica significativa que es los datos atípicos y outliers extremos son predominantes.

En cuanto a las tendencias semanales la Figura 26 muestra, dentro de cada día de la semana, la variabilidad que se presenta en los diferentes años, siendo el 2005 el de menor concentración de SO₂, pero, como se evidencia en la Figura 24 esto se debe a las pocas estaciones que se registran en dicho año, y de ahí presentándose un incremento paulatino año a año hasta llegar al 2008, el cual es sin duda el de mayor concentración; para el 2009 se registra una disminución considerable, ya que las medianas son menores con respecto al año inmediatamente anterior. El día donde se presenta mayor disminución es el sábado, los demás días presentan un comportamiento similar, salvo los viernes que presenta un ligero aumento en la mediana y dispersión en los datos. Algo característico o contradictorio es que siendo este año el de menor concentración, también muestra una cantidad considerable de outliers y outliers extremos.

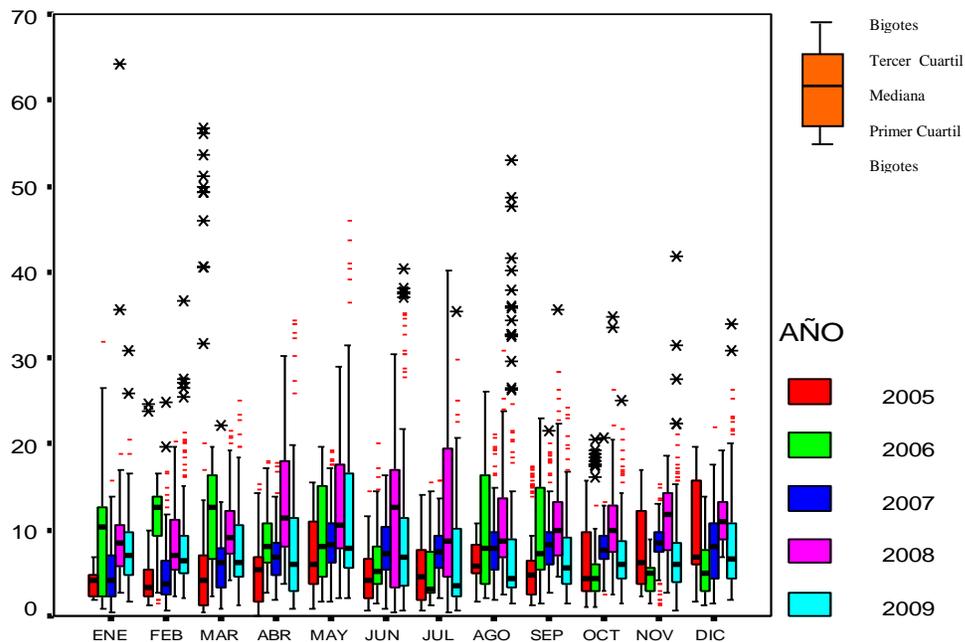


Figura 25. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

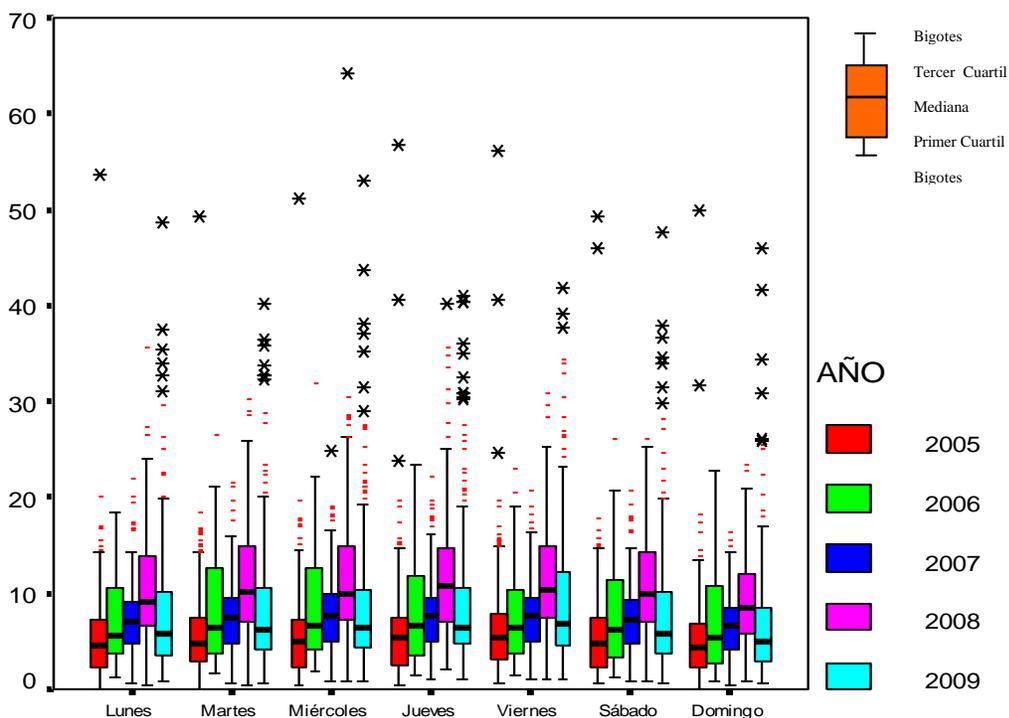


Figura 26. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

Máximos anuales

Durante el año 2009 se obtuvieron dos mil setenta y cuatro (2074) 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 81%.

En la Figura 27 se muestran los máximos promedios anuales del 2009 para cada una de las estaciones, destacándose la No. 3 Carvajal, que pertenece al sector suroccidental, con los mayores promedios.

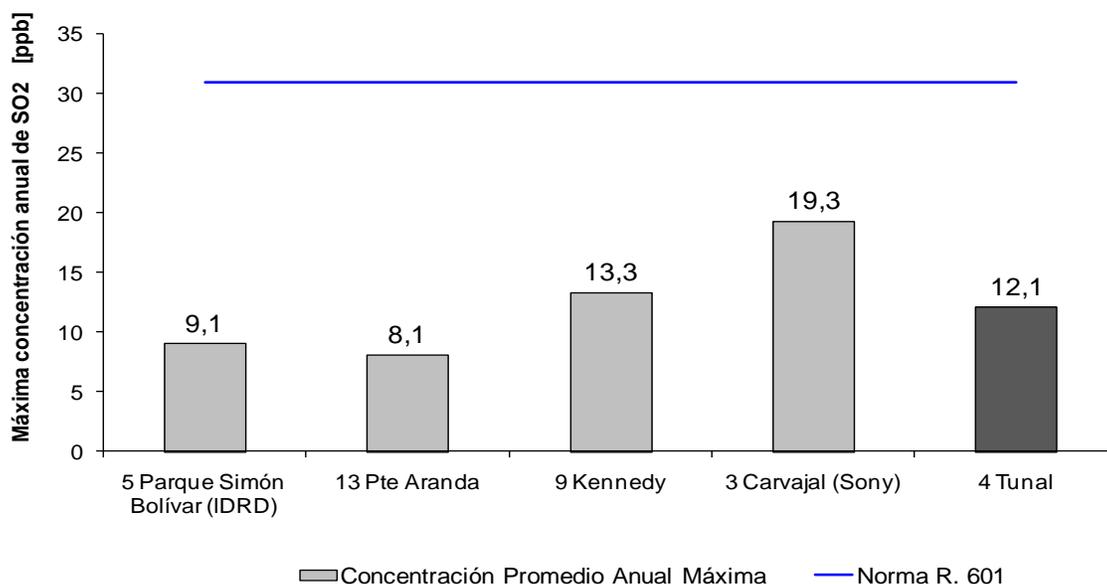


Figura 27. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante el año 2009.

En la Tabla 6 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales de los años 1998 hasta 2009, correspondientes a las estaciones que miden SO₂, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. En la estación No. 3 Carvajal la concentración del SO₂ aumentó.

Tabla 6. 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
11	Suba (Corpas)												4
6	Las Ferias (Carrefour)			8	9	8	3	19	5		6	7	
14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11	
10	Chico Lago (Sto Tomás)	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9	
5	Parque S.B. (IDRD)						18	6	9	6	6	7	6
2	Sagrado Corazón (MAVDT)	5	7	6	4	4	6			4	4	4	
13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9	4

No.	NOMBRE	Concentración en [ppb]											
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
9	Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3	3	8	5
7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14	14	
3	Carvajal (Sony)	13	13	11	17	14	9	17		12	11	14	18
4	Tunal												8

En la Figura 28 se muestra la tendencia de los promedios diarios de concentración de SO₂ en los diferentes años ha tenido una tendencia creciente hasta el 2008, para el 2009 se redujo la concentración de este contaminante con base al año inmediatamente anterior y los datos que se registran están mucho más concentrados alrededor de la mediana como se observa en la grafica; donde se presenta un notable incremento es con los datos atípicos pero sobre todos los outliers extremos.

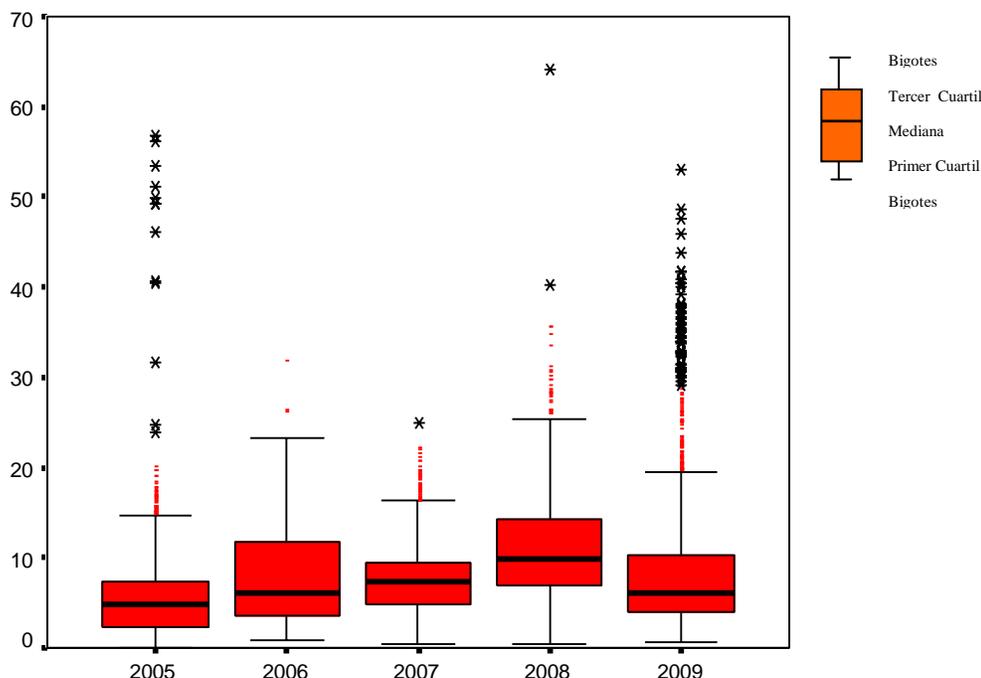


Figura 28. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

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.

Máximos en 1 hora

En este año se obtuvieron 56023 datos de promedios horarios, con una representatividad del 71% afectada por la representatividad de las estaciones de Suba, Las Ferias y Tunal. La estación No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD) reportó valores de concentración superiores a la norma (106 ppb Res. 601 2006), como se observa en la Figura 29. 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 7.

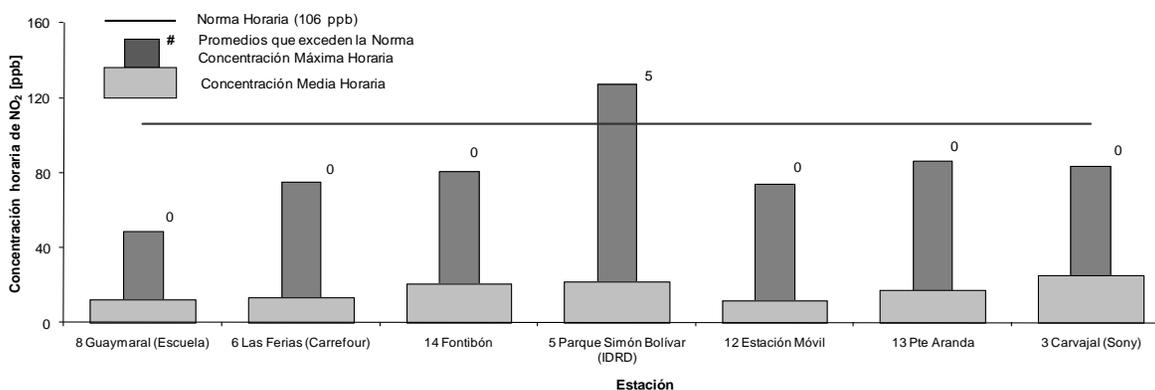


Figura 29. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el año 2009.

Tabla 7. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios horarios de NO₂ durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
8 Guaymaral (Escuela)	72%	48.8	30/03/2009 17:00
11 Suba (Corpas)	45%	75.7	30/05/2009 09:00
6 Las Ferias (Carrefour)	64%	75.1	10/10/2009 09:00
14 Fontibón	76%	81.0	10/03/2009 10:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	78%	127.6	08/05/2009 07:00
12 Estación Móvil	65%	74.2	06/10/2009 09:00
13 Pte Aranda	90%	86.2	29/12/2009 09:00
3 Carvajal (Sony)	92%	83.6	24/03/2009 10:00
4 Tunal	57%	101.2	29/12/2009 10:00

Máximos en 24 horas

Para el año 2009 se pudieron calcular 55384 datos de promedios 24 horas de NO₂, que corresponden a una representatividad del 70.3%, afectada, como se dijo anteriormente, por las estaciones de Suba y Tunal. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida para NO₂ en medias móviles de 24 horas (80 ppb) como se observa en la Figura 30; además se observa que las estaciones No. 3 Carvajal, No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD) y No 14 Fontibón, presentan las concentraciones medias más altas del año, las cuales se encuentran por debajo del 33% del valor de la norma. En la Tabla 8 se reportan éstos promedios 24h por estación y el día en que ocurrieron.

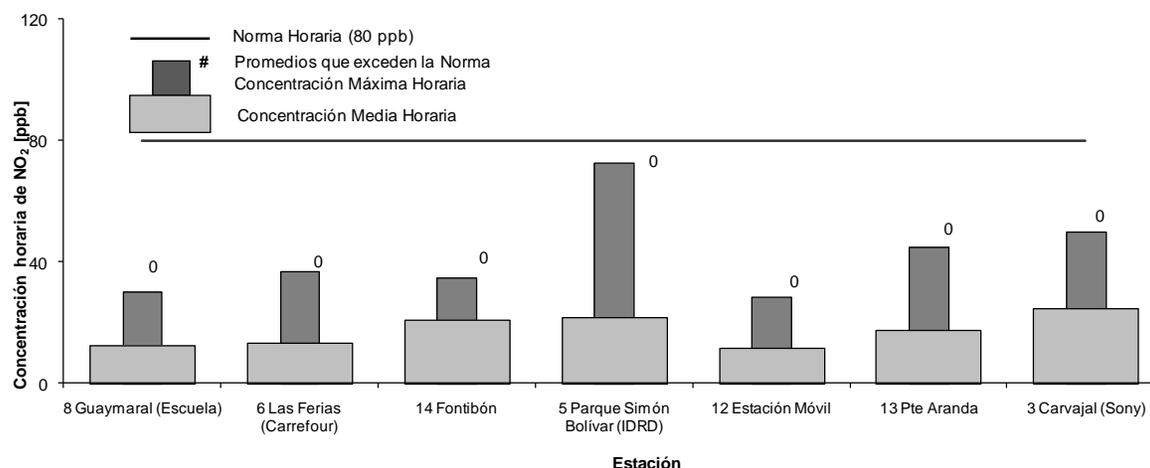


Figura 30. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el año 2009.

Tabla 8. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de NO₂ para 24 horas durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
8 Guaymaral (Escuela)	70%	30.1	31/12/2009 09:00
11 Suba (Corpas)	45%	29.4	25/06/2009 15:00
6 Las Ferias (Carrefour)	64%	37.0	10/10/2009 24:00
14 Fontibón	75%	34.7	31/03/2009 11:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	77%	72.6	09/04/2009 06:00
12 Estación Móvil	64%	28.8	09/04/2009 06:00
13 Pte Aranda	90%	44.8	21/10/2009 09:00
3 Carvajal (Sony)	91%	49.9	31/03/2009 10:00
4 Tunal	56%	46.2	09/04/2009 05:00

En la Figura 31, se encuentran las estaciones que cumplen el criterio de representatividad temporal de al menos el 60% de los datos; se observa que entre las estaciones no todas reportan el total de años que se definió y su comportamiento varía; Fontibón tiene un crecimiento leve con una dispersión baja; para Las Ferias el comportamiento varía entre los años es decir crece para el 2007 y casi se mantiene para el 2008, disminuyendo sustancialmente para el 2009. En la estación Parque Simón Bolívar la tendencia es a aumentar, pero en 2009 hay un leve disminución; en Pte Aranda, a diferencia de las demás estaciones estudiadas, al transcurrir los años su comportamiento ha sido a disminuir las concentraciones de NO₂, ya que la mediana decrece, aunque la dispersión de los datos tiene un leve aumento para el último año. En general los datos atípicos son muy pocos, en el año donde se registran la pluralidad de *outliers* es en 2006, en adelante son muy poco los registrados.

En la Figura 32 se muestran los datos mensuales y su variabilidad entre y dentro de cada mes. Por los resultados se puede afirmar que para el mismo mes en distintos años su variabilidad es notoria y de igual forma para distintos meses la variabilidad es irregular. Se puede identificar, en general, un ciclo sinusoidal, donde la primera onda está entre los

meses de enero a junio con pico en marzo, la segunda no tan marcada como la primera está entre julio y noviembre con pico en octubre.

Comparando entre años no se puede hablar de tendencia ya que para los primeros cuatro meses la tendencia en los años 2005 a 2007 es de crecimiento, pero a partir de mayo no se registra comportamiento definido; realizando la comparación para los dos últimos años, en el 2009 casi siempre esta la mediana por debajo salvo en agosto y octubre, lo que varia es la diferencia entre dichas medianas como se muestra en la gráfica y la dispersión de los datos, junio y julio son los meses de menor concentración de NO₂ para este último año. En los datos atípicos se presenta una disminución salvo en Abril donde hay un outliers extremo.

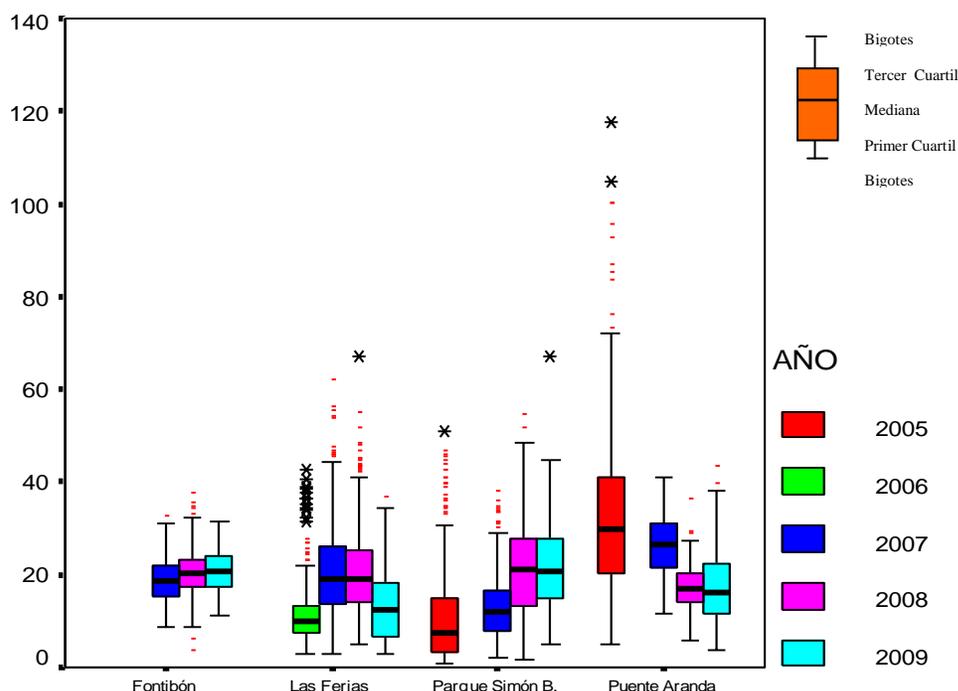


Figura 31. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

En la Figura 33, La variabilidad que se presenta entre los años para cada día de la semana es poca a partir del 2007 esto se muestra en la ubicación de la mediana en cada año ya que sus cambios son pequeños, en los años 2005 y 2006 se refleja un cambio notorio tanto en variabilidad como en dispersión ya que en esos años se tiene la mayor y menor respectivamente. Comparando la dispersión del 2009 con el año anterior se tiene un leve incremento en todos los días, por el contrario la mediana esta siempre por debajo. Los días que presenta la menor concentración de NO₂ en el 2009 son el sábado y domingo en los otros días el comportamiento es similar.

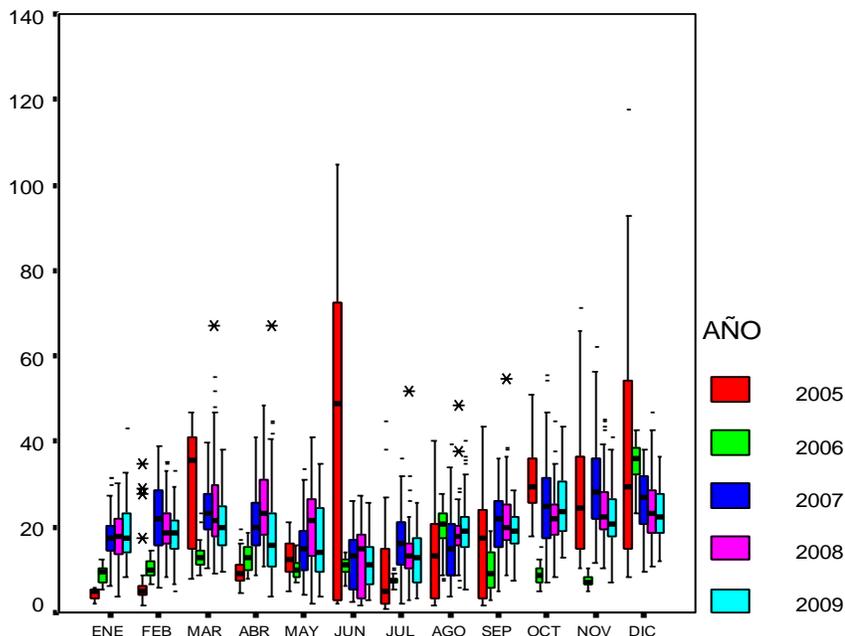


Figura 32. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

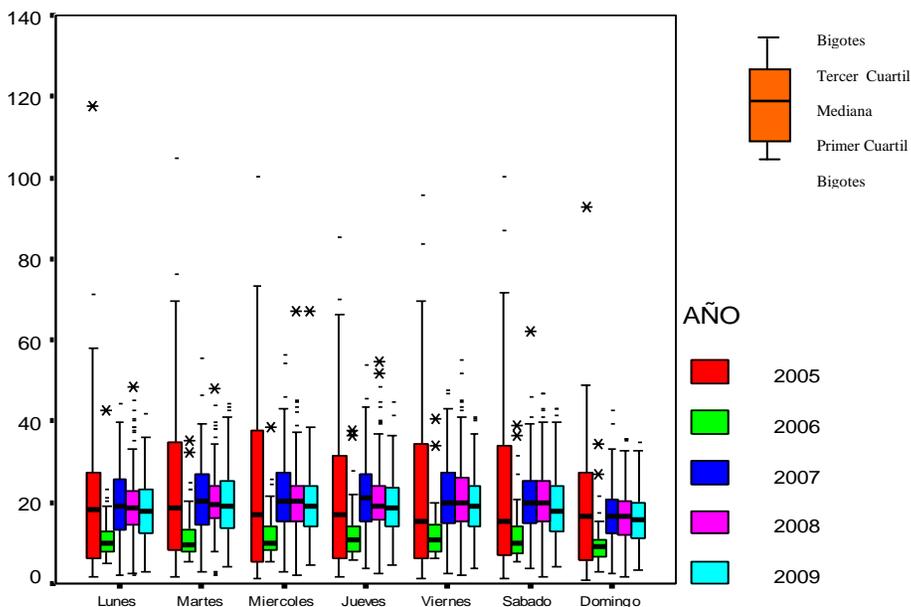


Figura 33. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

Promedio Anual de NO₂

Para el 2009 se calcularon 2092 datos de promedios anuales de NO₂, de los cuales ninguno superó la norma anual establecida en 53 ppb y el 51% de los datos se mantuvieron entre el 50% y el 75% de la norma. Sólo las estaciones No. 5 Parque Simón

Bolívar y No 14 Fontibón presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%. Las estaciones de Carvajal, Guaymaral y Puente Aranda presentan una representatividad entre el 60% y 75% de los datos.

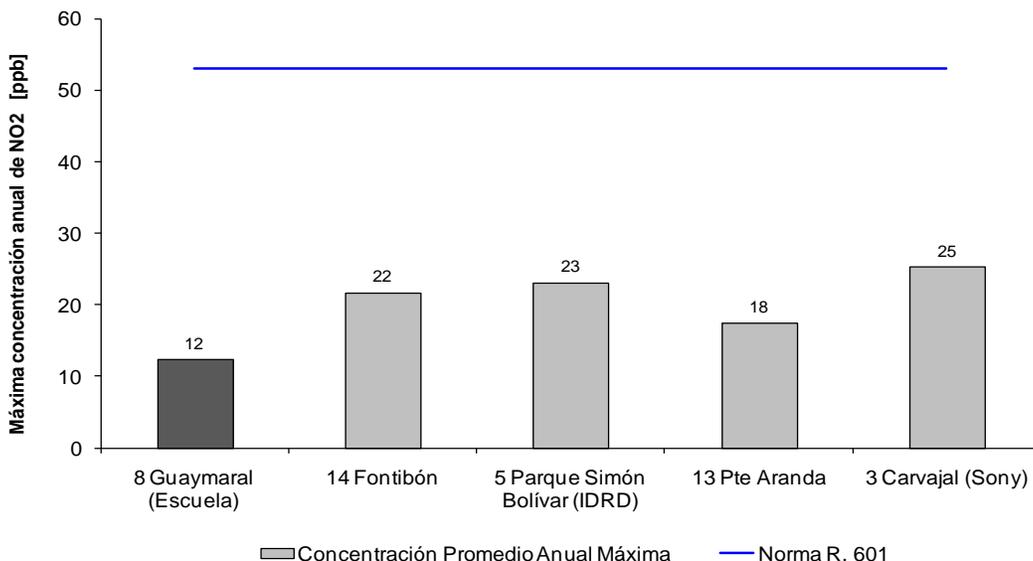


Figura 34. Máxima concentración promedio anual de NO₂ por estación durante 2009.

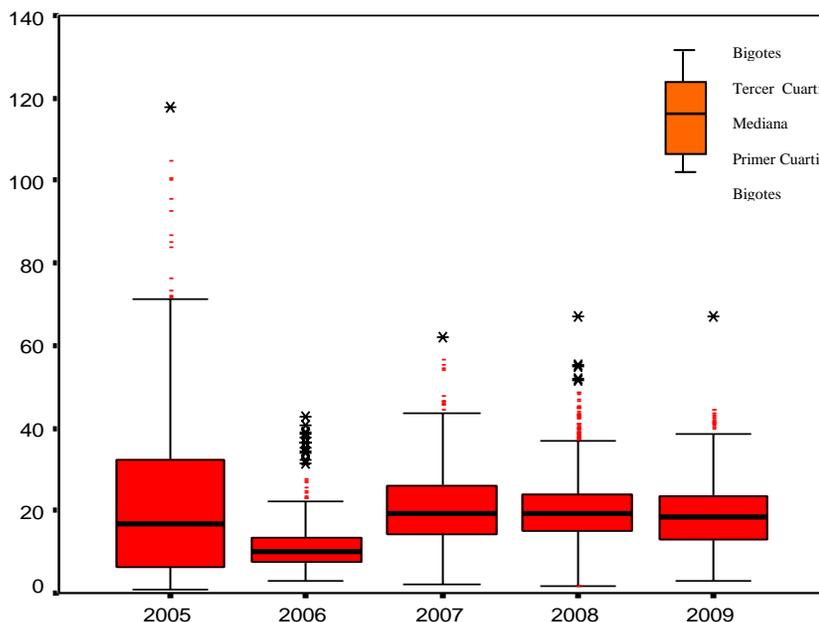


Figura 35. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

En la Figura 35, se muestra el comportamiento del contaminante NO₂ durante los últimos 5 años ha sido de un leve decrecimiento en su mediana, lo cual significa que los valores de los datos se han aglomerado un poco estabilizándose en los últimos dos años, la

dispersión en general ha mejorado, es decir se concentran mejor alrededor de su mediana; igualmente la simetría también son pocos al transcurrir los años.

1.2.3. Comportamiento de la Concentración de CO

En primer semestre de 2009 fueron reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO por las estaciones indicadas en la Tabla 1. Las Estaciones No 2 Sagrado Corazón (MAVDT), No. 10 Chico lago (Sto. Tomás), No. 9 Kennedy y No. 4 Tunal reportaron representatividad baja por haber entrado en operación en 2009 y se encuentran en observación operativa.

Máximos en 1 hora

Se obtuvieron cuarenta y seis mil quinientos cuarenta y ocho (46548) datos de promedios horarios de CO equivalentes al 89% de representatividad. Ninguno 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 36 dónde además se observa que la estación No. 14 Fontibón registró lo menores valores de concentración de CO. En la Tabla 9 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; la estación No. 5 Parque Simón Bolívar presenta el mayor valor de estos promedios, el cual equivale a 46% de la norma.

Tabla 9. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de CO durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 hora
6 Las Ferias (Carrefour)	94%	8.6	25/03/2009 21:00
14 Fontibón	74%	4.2	26/02/2009 08:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	94%	16.1	09/10/2009 20:00
12 Estación Móvil	85%	3.1	03/02/2009 08:00
13 Puente Aranda	92%	5.6	28/12/2009 20:00

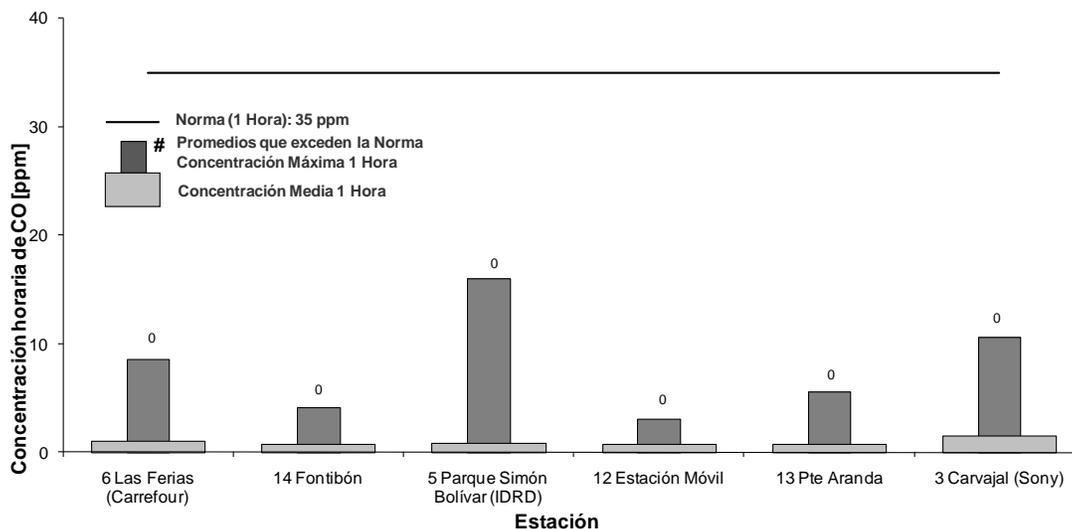


Figura 36. Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el año 2009.

Máximos en 8 horas

Para el año 2009 se calcularon cuarenta y seis mil doscientos veintisiete (46227) promedios de 8 horas de CO, equivalentes al 88% de todos los datos que se podrían calcular si no se presentaran fallas en la recolección de la información. Durante este año no se presentaron excedencias a la norma (8,8 ppm Res 601 2006). La estación No. 14 Fontibón registró las menores concentraciones promedio de 8 horas, mientras que Carvajal presentó la mayor concentración promedio. La Estación de Parque Simón Bolívar presentó un episodio que se convirtió en las dos únicas excedencias del promedio de 8 horas (Ver Figura 37). La Tabla 10 presenta el periodo en que ocurrieron los máximos datos de este parámetro.

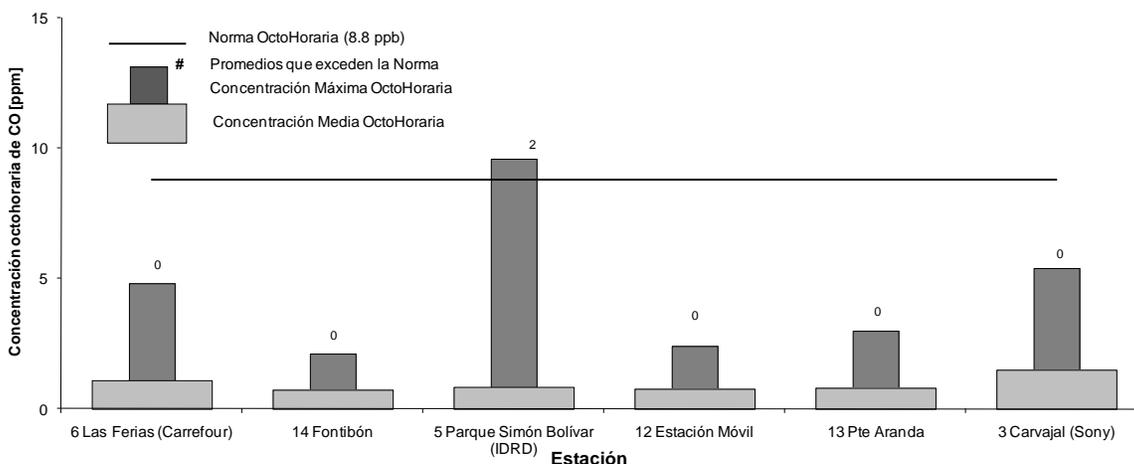


Figura 37. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el año 2009.

Tabla 10. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios 8 horas de CO durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 8 horas
6 Las Ferias (Carrefour)	94%	4.8	17/03/2009 23:00
14 Fontibón	74%	2.1	21/06/2009 01:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	94%	9.6	10/10/2009 03:00
12 Estación Móvil	85%	2.4	20/10/2009 22:00
13 Pte Aranda	89%	3.0	27/03/2009 01:00

Las estaciones que registran las concentraciones de CO son Carvajal, Fontibón, Las Ferias, Parque Simón Bolívar, las cuales se presentan en la Figura 38. La única estación que reporta datos en el año 2005 es Fontibón. Analizando el comportamiento de las estaciones se observa la variabilidad que existe entre y dentro de las estaciones, siendo Carvajal la de mayor inestabilidad, Fontibón con los registros de menor concentración salvo por el 2005, Parque Simón Bolívar presenta las concentraciones más estables y Las Ferias tiene leves incrementos en el transcurso de los años. Comparando los dos últimos años el 2009 ha tenido un crecimiento con respecto al anterior, ya que su mediana creció y los datos se encuentran con una dispersión superior.

En la Figura 39 se puede ver que el comportamiento de los diferentes meses es muy variado al transcurrir los años, sin tener en cuenta los años 2005 y 2006 ya que su distribución es extrema para el primer año y por escasez de información en el primer semestre del 2006, se alcanza a notar un ciclo en forma de oscilación con dos ondas, la primera entre los meses de enero y mayo con su pico en marzo, la segunda entre enero y octubre con su valle en septiembre, comenzando nuevamente el ciclo en noviembre. Ninguno de los meses tiene comportamiento similar de un año a otro, comparando los dos últimos años la mediana crece para el 2009, de igual forma la dispersión de los datos y simetría, inclinándose esta última hacia datos altos.

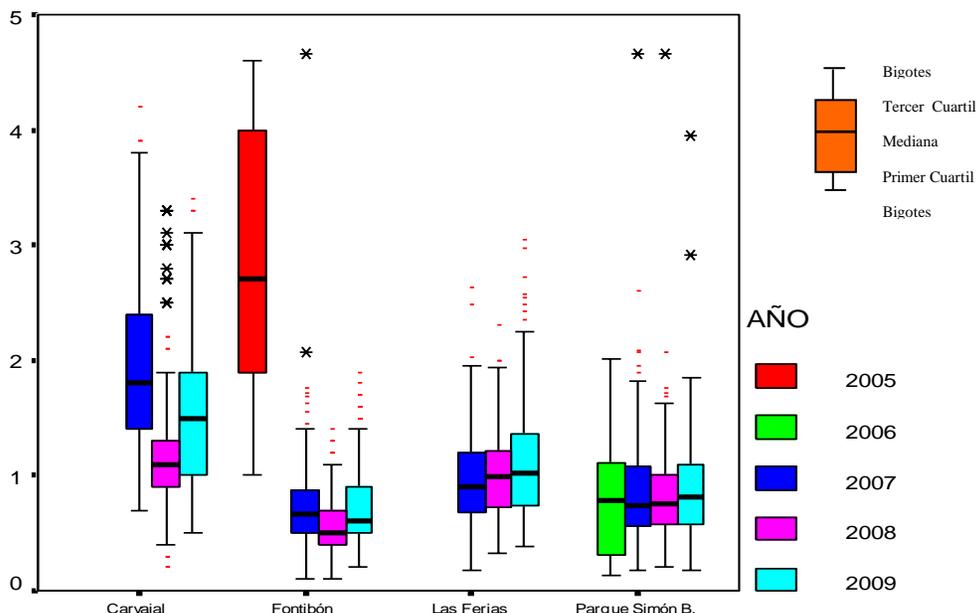


Figura 38. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

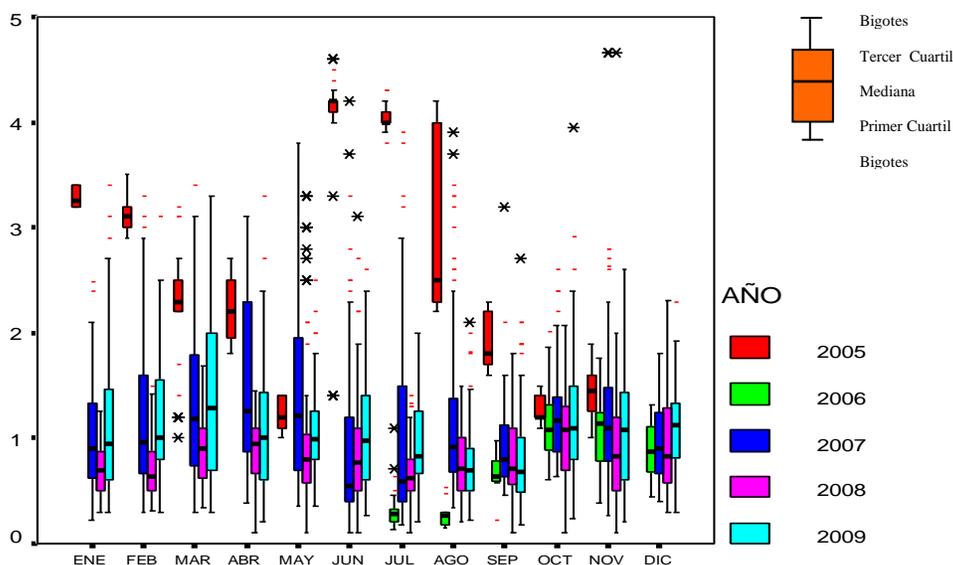


Figura 39. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

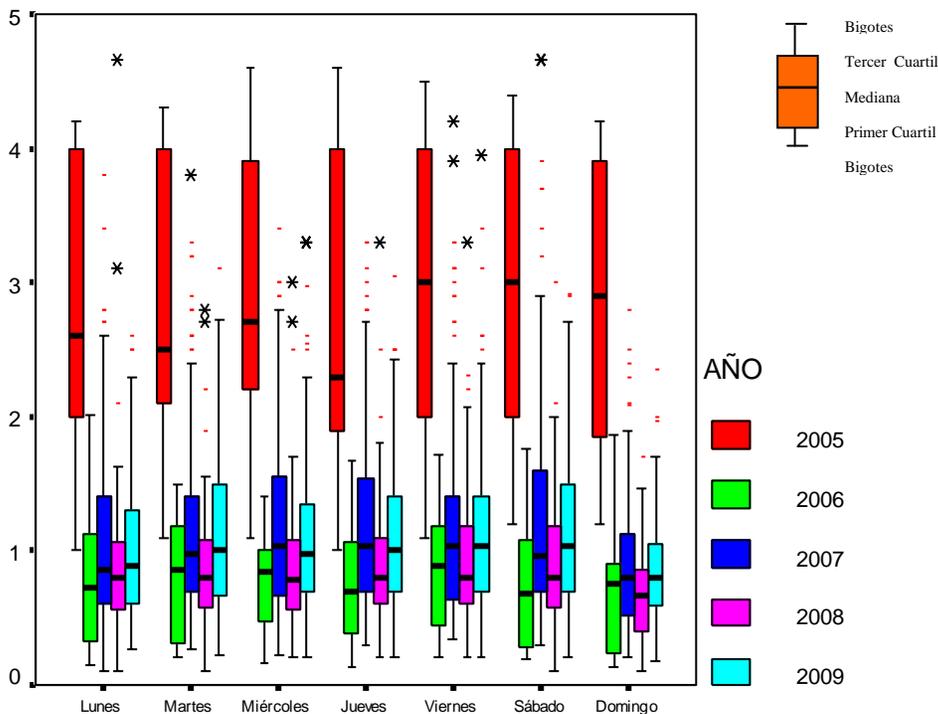


Figura 40. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

El comportamiento del contaminante CO en los días de la semana durante el transcurso de los años varía con una frecuencia alta, como se observa en la Figura 40 el 2005 tiene una elevada dispersión en los datos y en la concentración; dejando de lado el 2005 y analizando los otros años se ve gran variación al transcurrir los años, siendo el 2008 la de menor concentración y dispersión; el 2009 comparado con el anterior año tiene un crecimiento marcado ya que la diferencia entre las medianas y la dispersión de los datos se incrementa; los días para el último año donde se reduce la concentración de CO son los domingos, para los otros días se mantiene en aumento similar la concentración del contaminante.

Como se ha mostrado en los diferentes gráficos que se generan de CO el año con mayor dispersión en los datos es el 2005, el cual también presenta una mediana alta, el 2008 tiene una buena concentración de los datos, agrupándose la mayoría alrededor de la mediana siendo esta la de menor valor en los años estudiados, paradójicamente en este año se presentan la mayoría *outliers* extremos; para el 2009 se observa un incremento en el CO el cual anuncia que los valores crecieron, sin embargo se mantiene menor a la de los años 2005-2007 (Ver Figura 41).

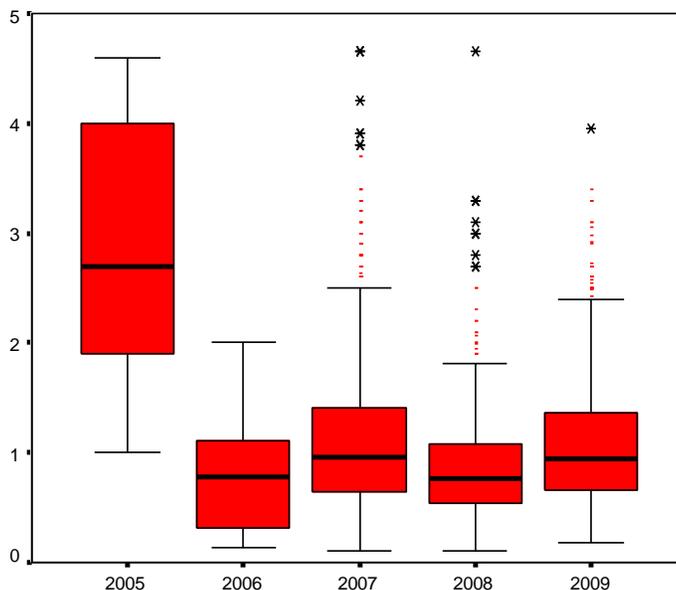


Figura 41. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

1.2.4. Comportamiento de la Concentración de O₃

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2009, 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 la representatividad de sus datos puede ser baja; aquellas cuya representatividad supera el 60% fueron tenidas en cuenta para el análisis de este contaminante.

Máximos en 1 hora

Durante el año 2009 se calcularon 91340 promedios de 1 hora de O₃, los cuales tienen una representatividad del 80%. Los promedios máximos obtenidos en cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 11, junto con el día y hora en que ocurrieron. A excepción de la estación No. 12 Estación Móvil, todas las estaciones presentaron promedios máximos por encima de la norma pero éstos tan solo corresponden a 0.2% del total calculado. La concentración media horaria y el número de promedios que excedieron la norma en cada estación se presentan en la Figura 42.

Tabla 11. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de O₃ durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
1 Usaquén (Bosque)	87%	70.2	16/11/2009 14:00
8 Guaymaral (Escuela)	92%	71.6	04/12/2009 15:00
11 Suba (Corpas)	92%	92.5	04/12/2009 15:00

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
6 Las Ferias (Carrefour)	88%	82.7	23/02/2009 14:00
14 Fontibón	84%	73.1	28/11/2009 14:00
10 Chico lago (Sto. Tomas)	94%	82.8	05/05/2009 12:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	87%	79.6	05/12/2009 15:00
2 Sagrado Corazón (MAVDT)	84%	106.8	04/04/2009 13:00
12 Estación Móvil	69%	50.6	15/02/2009 12:00
13 Puente Aranda	93%	68.2	05/12/2009 14:00
3 Carvajal (Sony)	96%	81.8	05/12/2009 13:00
4 Tunal	76%	93.3	05/12/2009 13:00

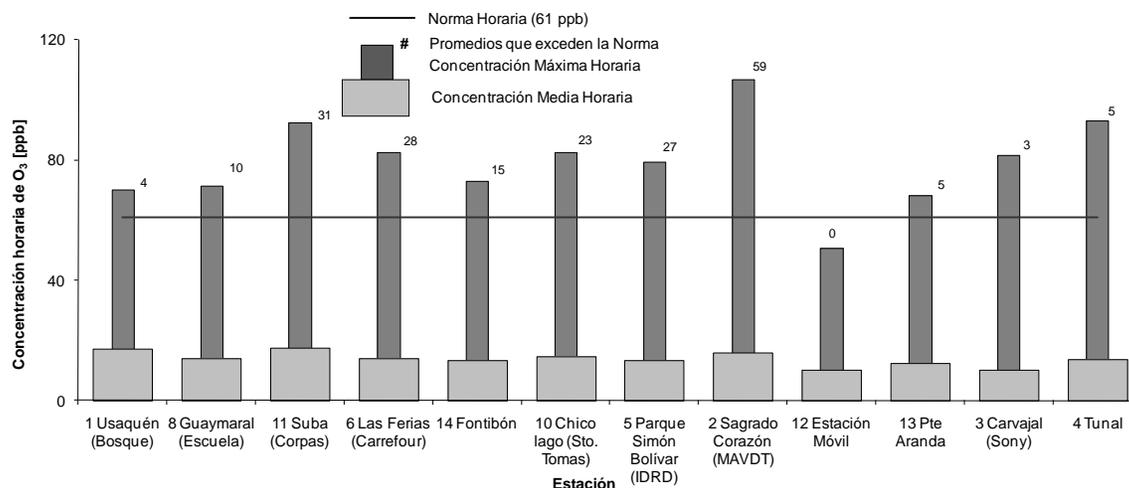


Figura 42. Concentración media y máxima horaria de O₃ por estación durante el año 2009.

Máximos en 8 horas

Para reportar la concentración de O₃ para un tiempo de exposición de 8 horas se tienen 9153 promedios que equivalen al 80% del número máximo de datos que podrían calcularse en las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año. Tan sólo se obtuvo el 0.8% de los datos por encima de la norma (41 ppb Res. 601 2006). Éstas excedencias y la fecha en que ocurrieron se presentan en la Tabla 12; cabe resaltar que el mes de diciembre presenta el mayor número de máximos, en especial el 5 de diciembre.

Tabla 12. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O₃ para 8 horas durante el año 2009.

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 8 h
1 Usaqué (Bosque)	87%	56.4	05/09/2009 18:00
8 Guaymaral (Escuela)	92%	51.0	05/04/2009 19:00
11 Suba (Corpas)	92%	60.0	04/12/2009 19:00
6 Las Ferias (Carrefour)	86%	68.1	23/02/2009 17:00
14 Fontibón	84%	58.4	05/12/2009 17:00
10 Chico lago (Sto. Tomas)	95%	57.7	31/05/2009 18:00
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	87%	64.1	05/12/2009 17:00
2 Sagrado Corazón (MAVDT)	84%	81.4	05/12/2009 18:00
12 Estación Móvil	69%	35.3	18/01/2009 17:00

Número y nombre de la Estación	Representatividad Temporal	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 8 h
13 Puente Aranda	93%	49.1	05/12/2009 17:00
3 Carvajal (Sony)	96%	51.5	05/12/2009 17:00
4 Tunal	76%	61.1	05/12/2009 17:00

En la Figura 43 se muestran las concentraciones máximas y medias de O₃ para 8 horas, de cada una de las estaciones. Comparando con la norma (41 ppb), los valores máximos, presentados en la Tabla 12.

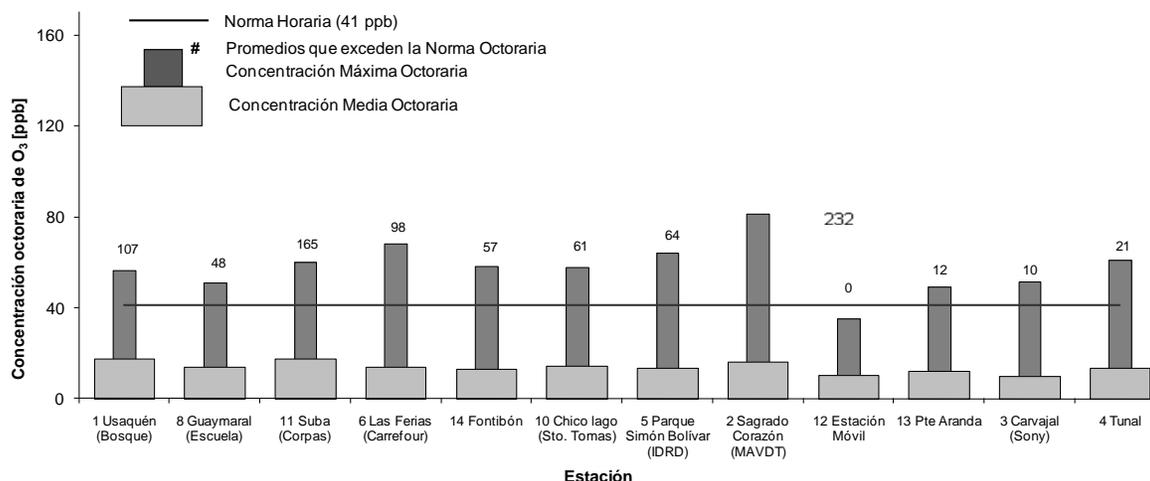


Figura 43. Concentración máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el año 2009

Las estaciones mostradas en la Figura 44 registran las concentraciones de O₃ y cumplen con el criterio de representatividad; la estación de Carvajal es la que menores registros de concentración presenta, además es la única que ha venido disminuyendo a través de los años, Fontibón Parque Simón Bolívar y Sagrado Corazón tienen un comportamiento similar para el último año; la disminución de los datos atípicos en el 2009 es notoria con respecto a los años anteriores.

El comportamiento para los meses a través de los años cambia mucho, como se muestra en el gráfico, como en las demás comparaciones entre meses se presenta el comportamiento cíclico sinusoidal el año con el mayor incremento en la concentración de O₃ es el 2008 sobre todo en los primeros cinco meses, el de menor es el 2006, el 2009 en general es el segundo más bajo; los meses con concentración baja para el 2009 son Junio y Julio, con mayor concentración es Septiembre, donde se encuentra la mayor dispersión es Marzo (Ver Figura 45).

Para el análisis del O₃ dentro de los días de la semana (Ver Figura 46), cabe resaltar que tiene un comportamiento diferente con respecto a los otros contaminantes es decir en los anteriores la mayoría tiene algún comportamiento definido, para el O₃ la variabilidad cambia, de la misma forma la dispersión, y sobre todo al hacer la comparación de los dos últimos años registrados, en casi todos los gráficos de los contaminantes el 2008 tiene un comportamiento menor; en O₃ sucede lo contrario la mediana es mayor, igualmente pasa

con la dispersión, casi todos los días registran un comportamiento similar salvo por el domingo que se aumenta un poco; los datos atípicos se ven disminuidos para el último año.

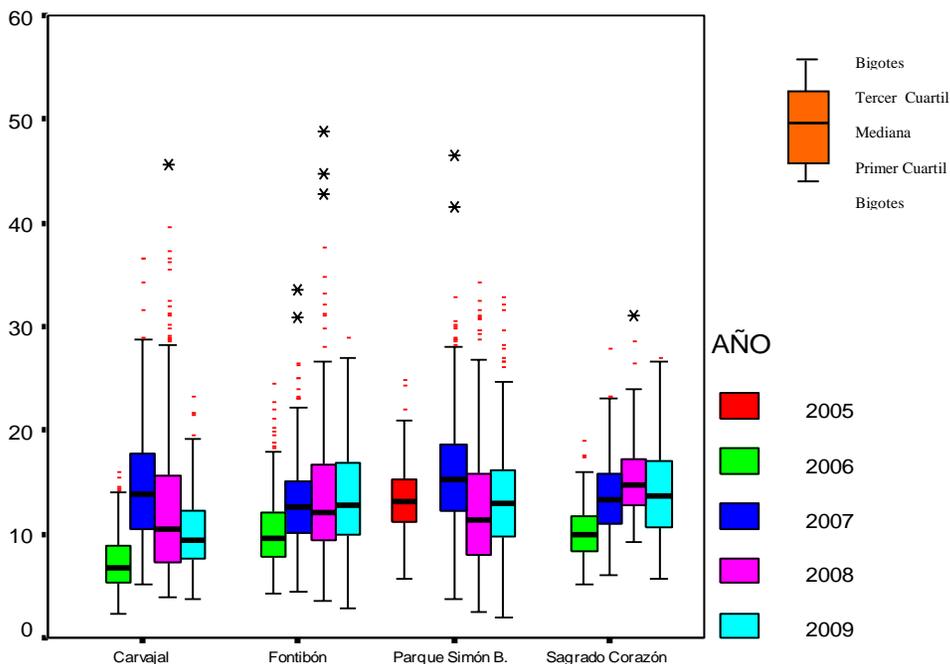


Figura 44. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

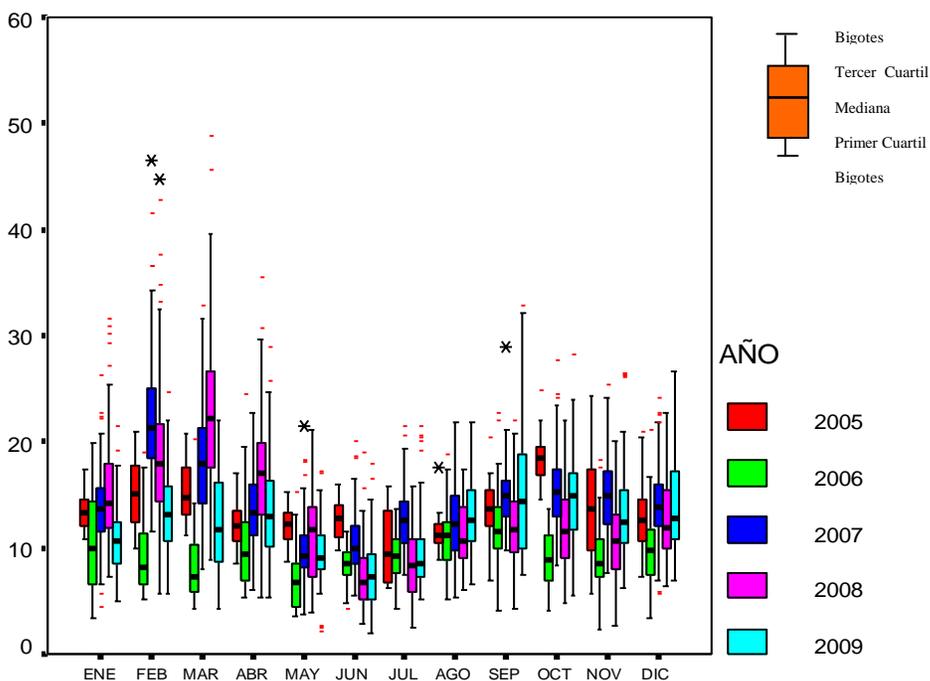


Figura 45. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

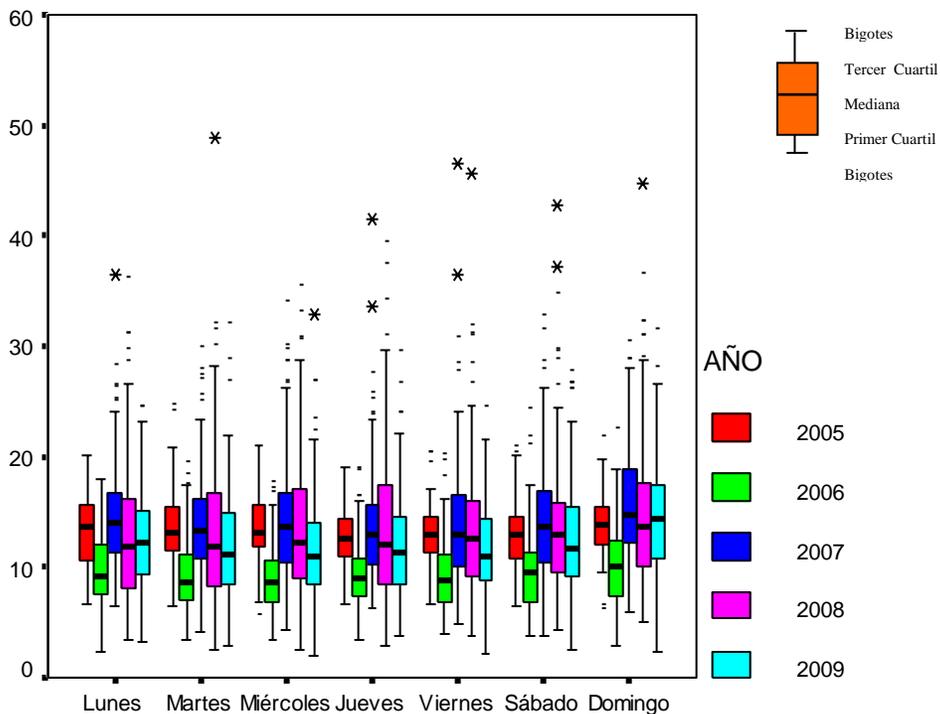


Figura 46. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

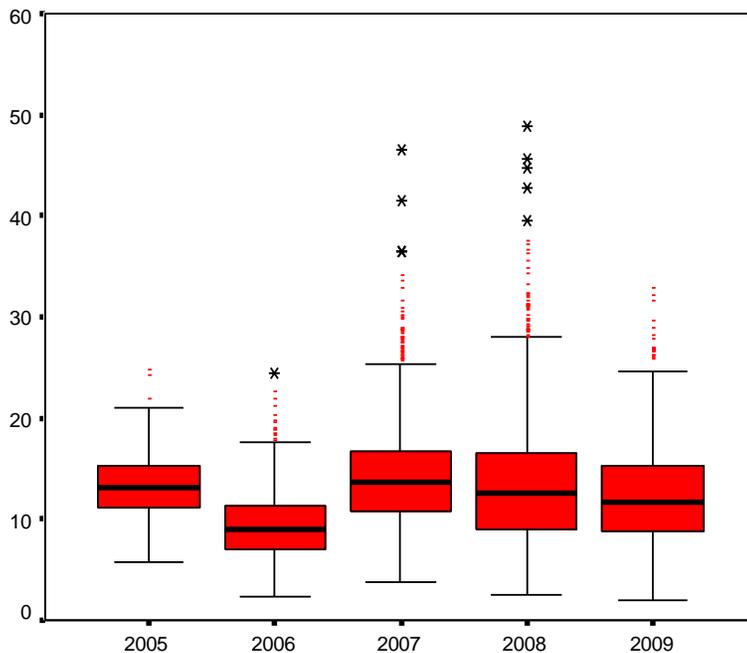


Figura 47. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por estaciones el año 2009 con años anteriores

Como se muestra en la Figura 47, donde se presenta la mayor dispersión es para el 2008, en general la dispersión de los datos a través de los años ha sido escasa, es decir la mayoría están alrededor de la mediana, para el 2009 se observa una disminución en el O₃ con respecto al año anterior, el cual advierte que los valores se redujeron es decir están menos dispersos de igual forma la mediana

1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 13 se resumen los resultados de los promedios de 24 horas para PM₁₀. En la primera columna se especifica la zona geográfica donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación y en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el año de operación que se está reportando. La cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal, que se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. La quinta columna informa el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se encuentra el porcentaje de estas excedencias sobre el total de los datos obtenidos para cada estación. La séptima y octava columna informan el número de promedios que están por encima del 50% y del 75% del valor de la norma respectivamente. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado y en la décima el cociente del máximo sobre el valor de la norma. Finalmente, en la última columna se presenta el valor promedio de las ponderaciones de PM₁₀ para 24 horas durante el año.

Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM₁₀ en la Tabla 14

En la tabla 15 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 13. Consolidado de los promedios de 24 horas para partículas menores a 10 micras (PM₁₀)

Información de los registros de concentración de PM ₁₀ para un periodo de 24 horas [Norma: 150 µg/m ³]										
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	Max/Norma	Media
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	7854	90%	0	0.0%	0	0	73	0.49	34
	1 Usaquén (Bosque)	6569	75%	0	0.0%	349	0	101	0.67	38
	6 Las Ferias (Carrefour)	8330	95%	0	0.0%	85	0	86	0.57	40
	Subtotal	14423	82%	0	0.0%	349	0			37
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	7154	82%	70	1.0%	1698	283	200	1.33	69
	Subtotal	7154	82%	70	1.0%	1698	283			69
Centro	10 Chico Lago (Sto Tomás)	8046	92%	0	0.0%	1609	44	130	0.87	64
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8267	94%	0	0.0%	89	0	83	0.55	37
	2 Sagrado Corazón	6537	75%	0	0.0%	529	12	115	0.77	45
	12 Móvil	7790	89%	0	0.0%	1255	35	141	0.94	52
	Subtotal	22850	87%	0	0.0%	2227	56			49
Suroccidente	14 Fontibón	7785	89%	0	0.0%	1406	10	125	0.83	59
	9 Kennedy	7349	84%	13	0.2%	3742	991	168	1.12	86
	3 Carvajal (Sony)	8474	97%	83	1.0%	4429	1731	188	1.25	92
	Subtotal	32026	91%	96	0.3%	11312	2748			73
Sur	4 Tunal	8291	95%	24	0.3%	790	115	166	1.11	50
	Subtotal	8291	95%	24	0.3%	790	115			50
TOTALES		84744	89%	190	0.2%	16376	3202			56

Tabla 14. Consolidado de los promedios anuales de partículas menores a 10 micras (PM₁₀)

Información de los promedios anuales de concentración de PM ₁₀ [Norma: 60 µg/m ³]										
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	Max/Norma	Media
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	365	100%	0	0%	365	0	35	0.6	34.4
	1 Usaquén (Bosque)	296	81%	0	0%	116	180	49	0.8	46.5
	6 Las Ferias (Carrefour)	365	100%	7	2%	246	112	61	1.0	46.5
	Subtotal	1026	94%	7	1%	727	292			42.5
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	325	89%	293	90%	0	32	71	1.2	66.0
	Subtotal	325	89%	293	90%	0	32			66.0
Centro	12 Estación Móvil	185	51%	0	0%	0	185	55	0.9	53.5
	5 Parque Simon Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0%	365	0	42	0.7	39.6
	Subtotal	550	75%	0	0%	365	185			53.4
Suroccidente	14 Fontibón	365	100%	311	85%	0	54	76	1.3	36.5
	9 Kennedy	365	100%	365	100%	0	0	97	1.6	97.4
	3 Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	104	1.7	97.4
	Subtotal	1095	100%	1041	95%	0	54			87.3
Sur	4 Tunal	213	58%	0	0%	0	213	59	1.0	54.7
	Subtotal	213	58%	0	0%	0	213			54.7
TOTALES		3209	88%	1341	42%	1092	776			60.9

Tabla 15. Consolidado de los promedios de 24 horas de partículas suspendidas totales (PST)

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de 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/m ³]	Max/ Norma	Media
Suroccidente	3 Carvajal (Sony)	8453	96%	6	0.1%	3475	259	307	1.02	146
TOTALES		8453	96%	6	0.1%	3475	259	307	1.02	146

Tabla 16. Consolidado de los promedios anuales de partículas suspendidas totales (PST)

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. 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	Media
Suroccidente	3 Carvajal (Sony)	365	100%	365	100.0%	0	0	176	0.59	161
TOTALES		365	1	365	1	0	0	176	0.59	161

Tabla 17. Consolidado de los promedios de SO₂ para 3 horas

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 3 horas [Norma: 287 ppb]										
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 [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	6130	70%	0	0	0	0	47.71	0.2	3.7
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7434	85%	0	0	0	0	63.75	0.2	6.0
	12 Estación Móvil	7160	82%	0	0	0	0	57.25	0.2	7.9
	13 Pte Aranda	6005	69%	0	0	0	0	31.7	0.1	4.3
Suroccidente	9 Kennedy	7440	85%	0	0	0	0	33.9	0.1	4.8
	3 Carvajal (Sony)	7829	89%	0	0	0	0	102.04	0.4	18.3
Sur	4 Tunal	6307	72%	0	0	0	0	74.01	0.3	7.8
TOTAL		42175	80.2%	0	0.0%	0	0			7.5

Tabla 18. Consolidado de los promedios de SO₂ para 24 horas

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Recuperación de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No datos exceden 75% norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	8 Guaymaral (Escuela)	6151	70%	0	0	0	0	30	0.4	12
Centro	6 Las Ferias (Carrefour)	5564	64%	0	0	0	0	37	0.5	13
	14 Fontibón	6561	75%	0	0	0	0	35	0.4	21
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	6786	77%	0	0	281	18	73	0.9	22
Suroccidente	12 Estación Móvil	5598	64%	0	0	0	0	29	0.4	12
	13 Pte Aranda	7893	90%	0	0	35	0	45	0.6	18
Sur	3 Carvajal (Sony)	8010	91%	0	0	107	0	50	0.6	25
TOTALES		46563	75.9%	0	0.0%	423	18			18

Tabla 19. Consolidado de los promedios anuales de SO₂

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]										
Zona	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	Máxima Concentración Anual	Max/Norma	Media [ppb]
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0	0	0	9.1	0.3	8.2
Suroccidente	13 Pte Aranda	301	82%	0	0	0	0	8.1	0.3	5.9
	9 Kennedy	365	100%	0	0	0	0	13.3	0.4	8.7
	3 Carvajal (Sony)	365	100%	0	0	365	0	19.3	0.6	18.0
Sur	4 Tunal	365	100%	0	0	0	0	12.1	0.4	9.9
TOTALES		1761	96%	0	0%	365	0			

Tabla 20. Consolidado de los promedios horarios de NO₂

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 106 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	6323	72%	0	0	0	0	49	0.5	12
	6 Las Ferias (Carrefour)	5633	64%	0	0	10	0	75	0.7	13
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	6835	78%	5	0	222	27	128	1.2	22
	12 Estación Móvil	5685	65%	0	0	5	0	74	0.7	12
Suroccidente	14 Fontibón	6667	76%	0	0	14	1	81	0.8	21
	13 Pte Aranda	7926	90%	0	0	70	3	86	0.8	18
	3 Carvajal (Sony)	8033	92%	0	0	61	2	84	0.8	25
Sur	4 Tunal	4993	57%	0	0	62	7	101	0.9	25
TOTALES		52095	74.3%	5	0.0%	444	40			18

Tabla 21. Consolidado de los promedios de NO₂ para 24 horas

Información de los registros de concentración de NO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. Datos que exceden la norma	% 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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	8 Guaymaral (Escuela)	6151	70%	0	0	0	0	30	0.4	12
	6 Las Ferias (Carrefour)	5564	64%	0	0	0	0	37	0.5	13
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	6786	77%	0	0	281	18	73	0.9	22
	12 Estación Móvil	5598	64%	0	0	0	0	29	0.4	12
Suroccidente	13 Pte Aranda	7893	90%	0	0	35	0	45	0.6	18
	14 Fontibón	6561	75%	0	0	0	0	35	0.4	21
	3 Carvajal (Sony)	8010	91%	0	0	107	0	50	0.6	25
TOTALES		46563	75.9%	0	0.0%	423	18			18

Tabla 22. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 31 ppb]										
Zona	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	Máxima Conc. Anual	Max/Norm	Media [ppb]
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	333	91%	0	0%	0	0	12	0.2	10.9
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	276	76%	0	0%	276	0	23	0.4	21.9
	13 Pte Aranda	365	100%	0	0%	214	0	18	0.3	15.6
Suroccidente	14 Fontibón	365	100%	0	0%	365	0	22	0.4	21.3
	3 Carvajal (Sony)	282	77%	0	0%	65	217	25	0.5	24.2
TOTALES		1621	89%	0	0%	920	217			18.8

Tabla 23. Consolidado de los promedios horarios de CO

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	6 Las Ferias (Carrefour)	8222	94%	0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.2	1.1
Centro	14 Fontibón	6485	74%	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.1	0.7
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8245	94%	0	0.0	0.0	0.0	16.1	0.5	0.8
Surocidente	12 Estación Móvil	7453	85%	0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.1	0.8
	13 Pte Aranda	8042	92%	0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.2	0.8
	3 Carvajal (Sony)	8101	92%	0	0.0	0.0	0.0	10.6	0.3	1.5
TOTALES		46548	88.6%	0	0.0%	0	0			1.0

Tabla 24. Consolidado de los promedios de CO para 8 horas

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 8.8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	6 Las Ferias (Carrefour)	8215.0	94%	0	0.0	9.0	0.0	4.8	0.5	1.1
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8201.0	94%	2	0.0	5.0	4.0	9.6	1.1	0.9
	12 Estación Móvil	7449.0	85%	0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.3	0.7
Surocidente	14 Fontibón	6447.0	74%	0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.2	0.7
	13 Pte Aranda	7806.0	89%	0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.3	0.8
	3 Carvajal (Sony)	8109.0	93%	0	0.0	29.0	0.0	5.4	0.6	1.5
TOTALES		46227	88.0%	2	0.0%	43	4			1.0

Tabla 25. Consolidado de los promedios horarios de O₃

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	1 Usaquén (Bosque)	7641	87%	4	0.1%	900	95	70.2	1.2	17.4
	8 Guaymaral (Escuela)	8094	92%	10	0.1%	436	90	71.6	1.2	14.0
	6 Las Ferias (Carrefour)	7727	88%	28	0.4%	516	119	82.7	1.4	14.0
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	8086	92%	31	0.4%	919	167	92.5	1.5	17.6
Centro	10 Chico lago (Sto. Tomas)	8265	94%	23	0.3%	591	118	82.8	1.4	14.6
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7636	87%	27	0.4%	539	108	79.6	1.3	13.3
	2 Sagrado Corazón (MAVDT)	7375	84%	59	0.8%	774	185	106.8	1.8	16.0
	12 Estación Móvil	6021	69%	0	0.0%	112	3	50.6	0.8	10.3
	14 Fontibón	7321	84%	15	0.2%	530	98	73.1	1.2	13.3
Suroccidente	13 Pte Aranda	8118	93%	5	0.1%	312	47	68.2	1.1	12.3
	3 Carvajal (Sony)	8398	96%	3	0.0%	201	43	81.8	1.3	10.1
Sur	4 Tunal	6658	76%	5	0.1%	311	39	93.3	1.5	13.6
TOTALES		91340	86.9%	210	0.2%	6141	1112			13.9

Tabla 26. Consolidado de los promedios de O₃ para 8 horas

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	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 [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	1 Usaquén (Bosque)	7587	87%	107	1.4%	1702	603	56.4	1.4	17.4
	8 Guaymaral (Escuela)	8089	92%	48	0.6%	1254	257	51.0	1.2	14.0
	11 Suba (Corpas)	8080	92%	165	2.0%	1874	636	60.0	1.5	17.6
Noroccidente	6 Las Ferias (Carrefour)	7527	86%	98	1.3%	1067	313	68.1	1.7	14.1
Centro	14 Fontibón	7344	84%	57	0.8%	1033	333	58.4	1.4	13.3
	10 Chico lago (Sto. Tomas)	8285	95%	61	0.7%	1508	382	57.7	1.4	14.7
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7608	87%	64	0.8%	1208	356	64.1	1.6	13.3
	2 Sagrado Corazón (MAVDT)	7330	84%	232	3.2%	1506	502	81.4	2.0	16.1
	12 Estación Móvil	6019	69%	0	0.0%	338	15	35.3	0.9	10.3
Suroccidente	13 Pte Aranda	8149	93%	12	0.1%	813	162	49.1	1.2	12.3
	3 Carvajal (Sony)	8419	96%	10	0.1%	510	87	51.5	1.3	10.1
Sur	4 Tunal	6616	76%	21	0.3%	919	148	61.1	1.5	13.6
TOTALES		91053	86.6%	875	1.0%	13732	3794			13.9

2. METEOROLOGÍA

En este capítulo se presenta el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2009. La RMCAB monitoreó variables climáticas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa, cuyos sensores se localizan en las estaciones tal y como aparece registrado en la Tabla 27.

Tabla 27. Estaciones de la RMCAB y variables climatológicas monitoreadas en cada una de ellas.

ESTACION	VARIABLES METEOROLÓGICAS					
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA	PRESION
No. 1 Usaquén (Bosque)	X	X	X			
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT)	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. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X	X	X	X
No. 10 Chico Lago (Santo Tomás)	X	X				
No. 11 Suba (Corpas)	X	X	X			
No.12 Movil	X	X	X			X
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			
No. 15 Usme	X	X	X	X	X	
No. 16 Vitelma	X		X	X	X	

2.1. PRECIPITACIÓN

Fenómeno atmosférico consistente en una precipitación acuosa en forma de gotas líquidas, cuyo diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm, y que caen a una velocidad del orden de los 3 m/s.⁵

Durante el año 2009 la precipitación en la ciudad se registró en quince (15) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros, según se reporta en la Tabla 27. Los datos recolectados en cada una de las estaciones permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. No se tiene registros de la estación de Cazucá desde el mes de Abril debido a que el lugar donde se ubicaba no se pudo seguir utilizando como emplazamiento, por lo tanto se considera como Fuera de Servicio. Tampoco se tiene registros por fallas en los equipos de la estación No. 13 Puente Aranda (en los meses de junio y julio).

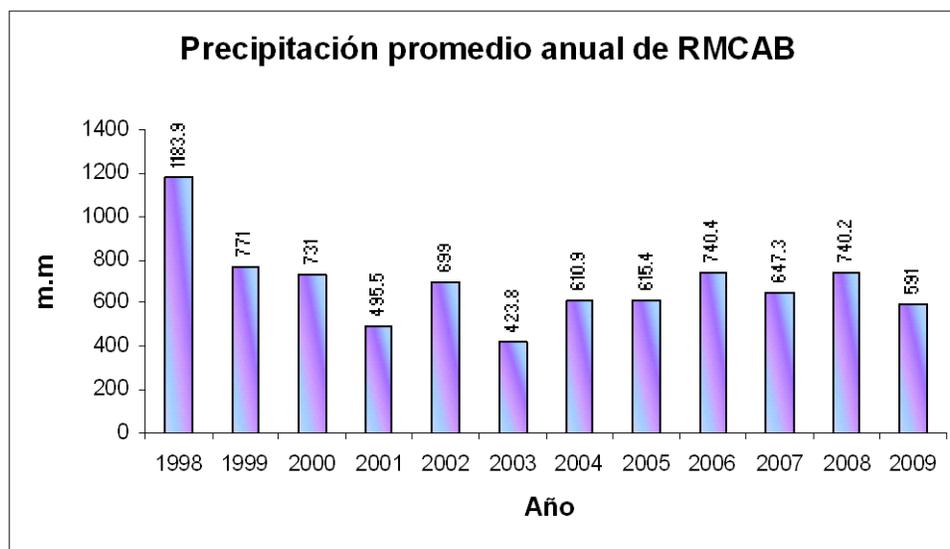


Figura 48. Promedios de la RMCAB para los años 1998 al 2009

En la Figura 48 se puede observar que para el presente año la precipitación en la ciudad presentó un valor similar a los años 2004 y 2005. Los años de menor intensidad fueron 2001 y 2003 en los doce (12) años que se presentan, cabe resaltar que solo estos dos años están por debajo del registro que se presentó en este año. Por otro lado, si se agrupan las estaciones que tienen 11 años, se origina la Figura 49 Promedios de precipitación anual registrados por la RMCAB entre los años 1999 al 2009 en la cual se aprecia que el año 2009 es el tercer año de menor precipitación sobre la ciudad y 1999 el de mayor valor de precipitación. Es de resaltar que los cuatro primeros meses se presentó fenómeno de la niña y luego en el segundo semestre del año 2009 se presentó fenómeno del niño, en el territorio Colombiano.

⁵ Artículo Lluvias y Nodas. IDEAM

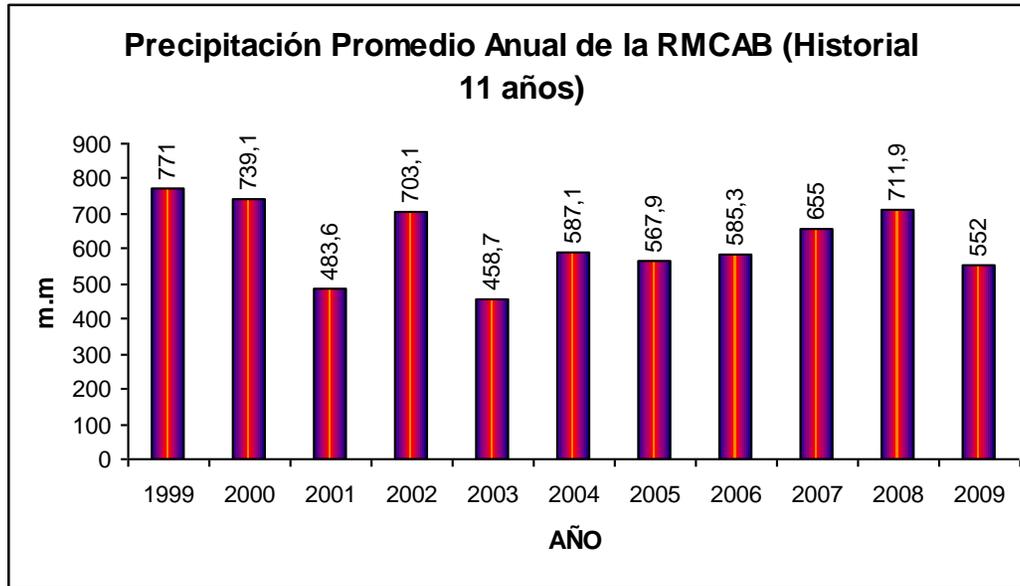


Figura 49. Promedios de precipitación anual registrados por la RMCAB entre los años 1999 al 2009

En la Figura 50 se observa el comportamiento de la precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB desde el año 2000. Se concluye que el 90% de las estaciones presentan menores precipitaciones que en la mayoría de su historial.

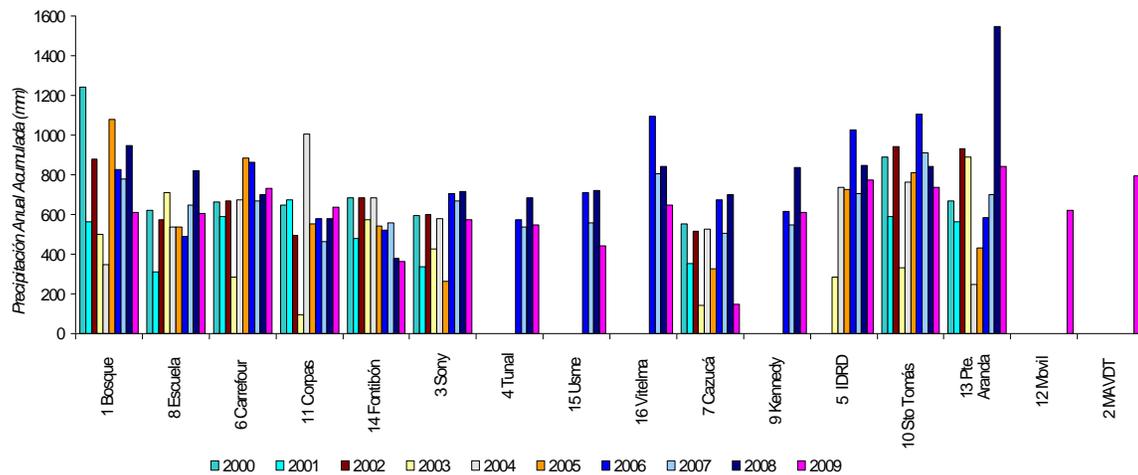


Figura 50. Promedios de precipitación anual por estación entre los años 1999 al 2009

La Tabla 28, presenta los datos históricos de precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB desde el año 1998, así como la comparación de precipitación acumulada del año 2009 con respecto al histórico y el índice de precipitación de aquellas que permiten calcularlo.

Tabla 28. Acumulados anuales de precipitación en las estaciones de la RMCAB

Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada												Índice de Precipitación [%]
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
8 Guaymaral	1917,1	1035,7	620,1	310,9	576,2	708,7	538,5	536,2	490,2	647,2	820,6	607,7	82
1 Usaquén	1307,3	1181,3	1241,9	564,1	878,0	499,0	346,5	1077,4	825,7	779,2	946,5	611,4	70
6 Las Ferias			665,7	590,4	665,9	284,2	673,1	884,5	860,6	668,6	701,6	732,7	110
11 Suba	1208,8	911,6	648,9	671,9	497,4	95,3	1006,8	551,0	577,6	460,9	578,9	636,8	97
5 Pq.S. Bolívar						283,4	738,7	725,5	1028,0	707,0	848,3	773,9	107
10 Chico Lago	1290,6	1225,7	891,9	586,9	940,8	331,5	764,6	813,1	1105,7	913,0	840,7	734,4	83
2 MAVDT												797	
12 Movil												619,9	
14 Fontibón		268,3	686,4	478,2	681,8	573,8	683,0	544,0	519,2	557,9	380,0	362,8	68
9 Kennedy									613,2	547,5	838,8	611,1	92
13 Pte. Aranda		383,8	667,8	563,6	929,7	891,3	247,6	430,1	581,6	700,1	1545,2	604	87
3 Carvajal	733,6	752,6	595,6	337,0	600,1	424,4	579,0	261,3	703,0	668,7	715,7	575,9	99
4 Tunal									571,5	537,5	686,1	547,4	91
15 Usme									711,7	556,4	723,1	442,3	67
16 Vitelma									1095,1	804,2	841,7	649,7	71
7 Cazucá	645,9	403,4	554,5	350,8	516,1	143,1	523,8	325,1	672,9	505,8	700,6		

** 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)

De acuerdo a éste, la intensidad de las lluvias sobre la ciudad presentó índices de precipitación en la mayoría de estaciones de 61% hasta 90%, mostrando lluvias ligeramente por debajo de lo normal, además, también se presentan índice de precipitación entre 91% y 110% el cual nos indica lluvias normales para el periodo, estas estaciones fueron: No 11 Suba (Corpas), No 6 Las Ferias (Carrefour), No 3 Carvajal (Sony) y No 10 Chico Lago (Santo Tomás)

Tabla 29. Días de lluvia por año y estación de 1998 a 2009.

Número y nombre de la Estación	Días de Lluvia											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
8 Guaymaral (Escuela)	196	178	160	99	181	188	166	163	182	213	222	194
1 Usaqué (Bosque)	177	187	193	131	168	147	104	178	163	174	176	146
11 Suba (Corpas)	221	223	205	182	155	27	205	152	170	178	179	158
6 Las Ferias (Carrefour)			163	139	135	61	153	193	168	151	176	156
10 Chico Lago (Sto Tomás)	177	195	176	153	169	71	175	142	187	186	150	154
5 Parque Simón Bolívar (IDRD)						58	188	194	199	173	203	189
2 Sagrado Corazón (MAVDT)												155
14 Fontibón		48	172	131	136	143	149	140	120	147	135	127
13 Pte. Aranda									126	152	267	169
12 Movil												138
9 Kennedy								22	161	149	175	142
3 Carvajal (Sony)	163	190	197	121	157	134	165	103	163	166	146	149
4 Tunal		75	120	138	150	215	129	211	215	200	163	142
16 Vitelma								54	225	200	209	185
15 Usme								55	201	183	218	130
7 Cazucá	157	132	207	127	138	51	156	133	150	156	173	

Por otro lado, en la Tabla 29 se puede observar el número de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2009, en donde se determina que la estación No. 8 Guaymaral (Escuela) registra el mayor número de días con lluvias mientras que la estación No 14 Fontibón presentó el menor número de días con lluvia y además se observa que el año 2009 registra menor cantidad de días de lluvia con respecto al 2008.

La Tabla 30 muestra la precipitación diaria máxima presentada en cada uno de los años. Donde se observa que para el presente año la precipitación máxima se presentó en la estación No 8 Guaymaral (Escuela) con 33.1 mm, la cual se presentó el 12 de octubre tras un fuerte aguacero

En la Tabla 31 se observan los diferentes días en donde se registraron los máximos diarios acumulados de precipitación en las estaciones de la RMCAB; se presentan la mayoría de máximos acumulados en el mes de Octubre, debido a los imprevistos aguaceros que cayeron en la ciudad; el máximo acumulado se reporta en la estación No 15 Usme con 102 mm el cual lo registro el día 1 de Diciembre, mientras que el acumulado más bajo se presentó en la estación No 14 Fontibón con 23.9 mm registrados en el mes en que se presentaron los mayores aguaceros.

Tabla 30. Precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2009.

Número y nombre de la Estación	Precipitación Máxima Diaria											
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
8 Guaymaral		59,4	35,0	36,8	26,1	36,1	30,9	23,6	24,7	33,4	38,5	33,1
1 Usaquén	60,3	53,2	71,1	29,0	40,1	35,1	37,1		50,4	34,9	43,4	22,9
11 Suba	46,4	44,4	25,8		59,1	20,8		31,9	29,9	19,8	24,1	16,5
6 Las Ferias			60,8	24,6	30,9	25,4	26,9	38,0	32,9	42,8	31,5	21,7
10 Chico Lago	56,8	54,2	54,1	26,7	30,7	32,5	49,1	45,7	55,9	55,7	63,2	32,3
5 Pq. Simón Bolívar						23,6	29,0	43,8	42,0	54,1	33,8	19,2
2 Sagrado Corazón												25,4
14 Fontibón		35,8	30,6	63,9	29,0	26,8	42,4	29,6	84,4	38,9	39,1	15,8
13 Pte. Aranda		27,2	42,4	56,4	56,6	29,4	15,0	12,0	27,0	41,2	65,3	26
12 Movil												26,4
9 Kennedy								11,4	25,4	31,7	40,0	20,7
3 Carvajal	44,8	35,3	36,6	19,8	28,1	24,9	30,6	22,0	33,5	31,1	57,2	19,5
4 Tunal									36,1	19,5	56,3	17
15 Usme								8,4	27,1	29,5	28,3	18,5
16 Vitelma								27,7	50,0	36,3	34,4	21,3
7 Cazucá	40,8	25,2	23,2	28,5	28,4	21,7	24,8	16,7	31,8	30,6	24,8	

Tabla 31. Máximos diarios de precipitaciones y día en que ocurrieron durante el año 2009

Estación	Máximo Acumulado Diario	
	[mm]	Día
8 Guaymaral	51.2	Miércoles 14, Octubre
1 Usaquén	41.7	Miércoles 14, Octubre
11 Suba	32.9	Miércoles 14, Octubre
6 Las Ferias	33.1	Miércoles 14, Octubre
10 Chico Lago	42	Domingo 22, Marzo
5 Parque Simón Bolívar	34.1	Domingo 22, Marzo
2 Sagrado Corazón	42.3	Lunes 19, Enero
14 Fontibón	23.9	Lunes 19, Octubre
13 Pte Aranda	32.6	Lunes 19, Octubre
12 Movil	38.1	Jueves 5, Noviembre
9 Kennedy	36	Lunes 23, Marzo
3 Sony	29.9	Domingo 11, Octubre
4 Tunal	47.4	Martes 30, Junio
16 Vitelma	34.5	Viernes 27, Febrero
15 Usme	102	Martes 1, Diciembre

En la Tabla 32 se detalla la precipitación acumulada para cada mes del año 2009 por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio mensual multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del

IDEAM. El mes más lluvioso según los datos de la Red fue Octubre, mientras que el menos lluvioso correspondió a septiembre. Según la escala de precipitación, las precipitaciones mensuales estuvieron entre escasas y fuertes.

Tabla 32. Acumulados mensuales de precipitación por estación para el año 2009

2009	mes	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Usaquen	41,5	81	66,6	63,9	20,4	20,2	26,5	9,4	19	189,5	45,4	28
	8 Guaymaral	88,8	49,1	63,4	27,8	24,2	25,7	34,9	23	14,7	144,9	74,5	36,3
	6 Las Ferias	67,1	119,8	128	48,8	19,6	44,4	40,9	20,5	9,4	111,1	64,1	59
Noroccidente	11 Suba	60,1	81,1	119,5	34,1	10,4	32,4	24,2	19,1	44,6	123,2	48,2	39,9
Centro	5 Pq.S. Bolívar	57,4	91,7	146,8	84	24,8	44,3	26,3	31,2	10,9	143,3	47,5	65,7
	2 Sagrado Corazón	112	79,3	129,7	88,1	13,9	37,7	29,7	29,1	16,5	131,3	84,9	44,8
	10 Chico Lago	83,3	72,5	122,8	80,1	19	32,7	30,6	31,3	12,5	147,1	78,1	24,4
	12 Movil	18,4	55,1	72,8	72,3	12	32,9	32,8	22,2	17,1	153	105	26,5
Suroccidente	14 Fontibón	28	58,6	44	49	6,7	31	13,3	13	9,3	48,8	42,9	18,5
	3 Carvajal	20,3	73,2	43,1	83,6	11,9	55,4	31,5	28,3	16	122,1	84,4	6,1
	9 Kennedy	31,2	89,5	100,5	33,8	3,7	102,3	53,2	6,8	11,6	108,5	64,7	5,3
	13 Puente Aranda	36,3	83	109,5	74,4	22			25,8	17,6	99,3	60,1	16
Sur	4 Tunal	24,7	37,6	53,8	69,7	4,7	96,4	24,3	37	25,8	110,4	55,7	7,3
	15 Usme	13,7	30,4	43,3	44,4	23,1	26,6	57,5	12,7	19,5	43	12	116
	16 Vitelma	46,3	67,7	68,2	68,9	29,6	46,7	62,2	55,6	25,1	103,7	59,7	16
	7 Cazucá	20,9	50,5	32,5	43								
Promedio Anual RMCAB		48,7	73,7	91,4	63,4	19,4	44,9	34,9	24,3	18,0	118,6	61,8	34,0
Promedio Multianual IDEAM		29,3	44,3	72,6	104,9	99,1	57,7	42,5	45,7	66,2	110,2	90,3	54,9

La distribución anual de la precipitación en Bogotá, presentó para el año 2009, un comportamiento bimodal según los datos reportados por la RMCAB, tal como se muestra en la Figura 51 el valor máximo de precipitación se presentó en octubre, mientras que los mínimos se presentaron en mayo y septiembre. Por su parte, los datos multianuales, correspondientes a los años 1972 a 2009, reportados por la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM⁶, representan un comportamiento bimodal.

El acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2009 para cada una de las estaciones de la RMCAB se presenta en la Figura 52. Los meses de febrero y marzo presentan las mayores precipitaciones, mientras que en los meses de enero, abril, mayo y junio se observa una reducción en las precipitaciones. Este comportamiento no coincide con el promedio multianual de Bogotá de acuerdo a los registros que tiene el IDEAM, en donde se observa que hay un pico entre los meses de marzo a mayo. En este primer semestre, las estaciones No. 2 Sagrado Corazón, y No. 6 Las Ferias presentan los valores máximos, las cuales se encuentran en el centro de la ciudad, las de menor serán No. 4 Tunal y la No. 15 Usme, al sur de la ciudad.

⁶ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.

Para el segundo semestre del año se presenta el Figura 53. ; el mes de octubre registró las mayores precipitaciones, y el mes de septiembre registró las menores. El comportamiento no se acopla al promedio multianual de Bogotá de acuerdo a los registros que tiene el IDEAM de la precipitación en Bogotá, debido a la incidencia del Fenómeno del Niño en todo el territorio Nacional, por eso solo se presentaron lluvias en los meses de Octubre y Noviembre. Las estaciones No. 1 Usaquén, No. 10 Chico Lago, No 8 Guaymaral, No 12 Estación Móvil y No. 5 Parque Simón Bolívar registraron las mayores precipitaciones para el periodo, en los sectores centro y norte de la ciudad, mientras que No. 14 Fontibón, No. 15 Usme y la No. 9 Kennedy, registraron las menores, sector sur y occidente de la ciudad.

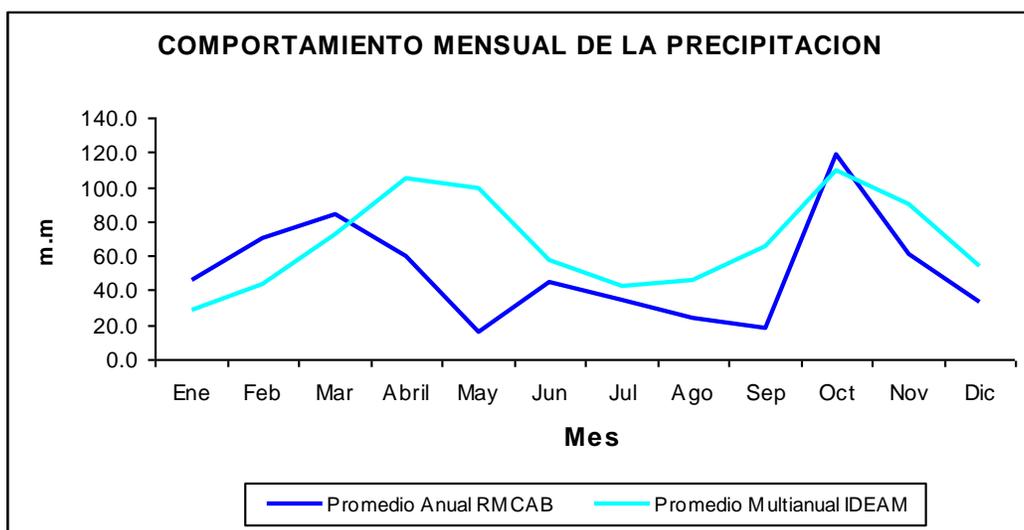


Figura 51. Comportamiento mensual de la precipitación

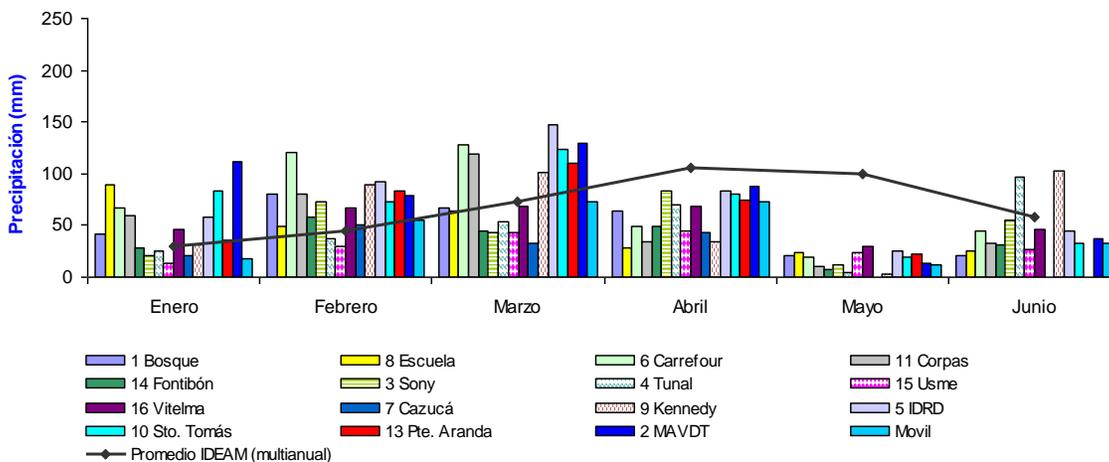


Figura 52. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2009

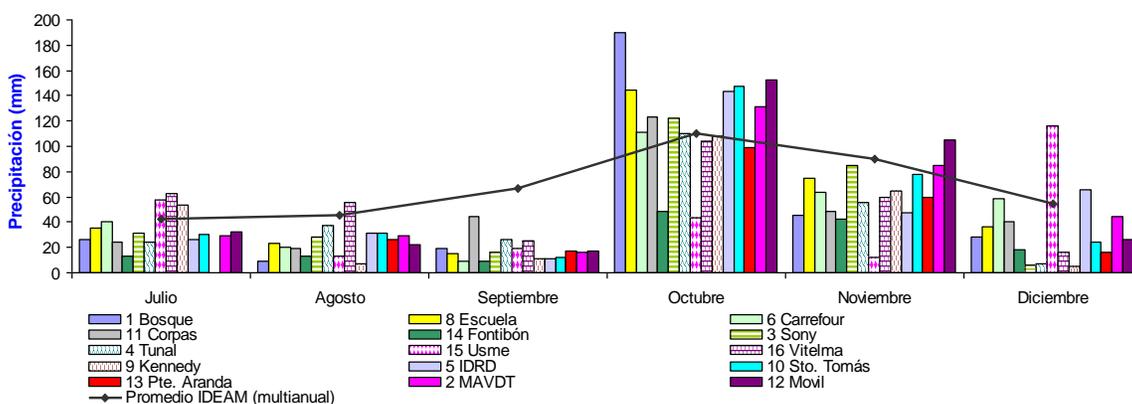


Figura 53. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2009

La Figura 54 muestra la distribución de la precipitación acumulada para el primer semestre del 2009, donde se observó que la intensidad de las lluvias fue mayor hacia el sector Centro disminuyendo hacia el occidente y sur, determinando que la zona del occidente y sur registraron los menores valores. Para este año se presentaron valores medios en la mayoría de la ciudad. Es importante recordar que durante los primeros meses de ese semestre se presentó el fenómeno de la niña, lo que nos indica altos registros de precipitación.

La Figura 55 muestra la distribución de la precipitación acumulada para el segundo semestre del 2009, donde se observa que la intensidad de las lluvias fue mayor hacia el sector Centro, Oriente y Norte, disminuyendo hacia el occidente. Para este periodo se presentaron valores medios en la mayoría de la ciudad. Es importante recordar que durante todo este semestre se presentó el fenómeno del niño, lo que nos indica unos bajos registros de precipitación.

En general la Figura 56 nos permite apreciar la precipitación acumulada durante el 2009, como se observa los más altos registros acumulados de precipitación se registraron en las estaciones del sector Centro como son las estaciones No 5 Parque Simón Bolívar (IDRD) y la No 2 Estación Móvil, y en contraste las estaciones que presentaron los menores registros acumulados durante el año fueron la estación No 14 Fontibón y la No 15 Usme, en general se presentaron valores medios en la mayoría de la ciudad pese al fenómeno del niño. Es importante recordar que las precipitaciones no se presentaron en una forma uniforme sino de tipo chubasco, es decir, de corta duración e intensidad significativa.

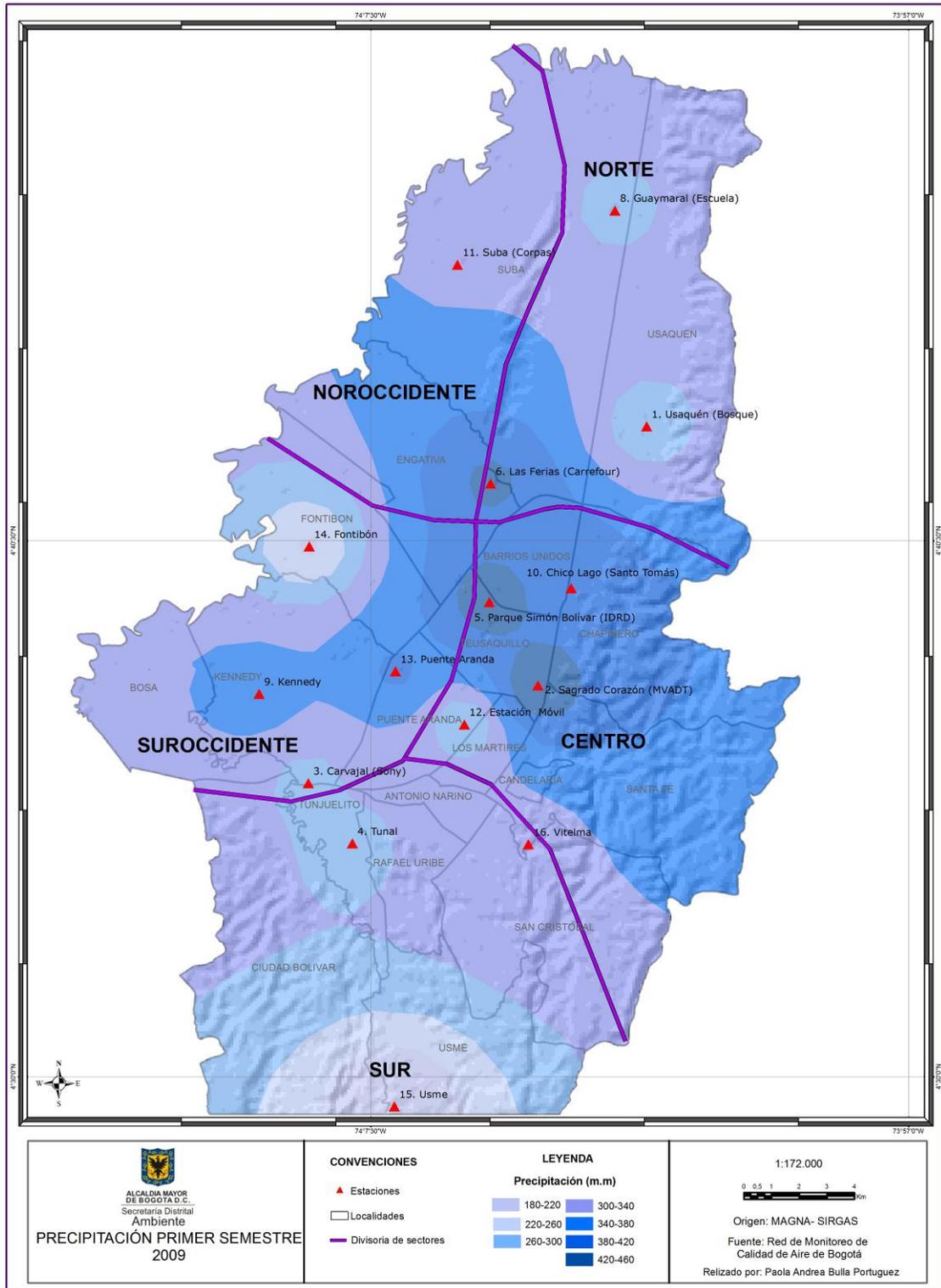


Figura 54. Mapa de precipitación acumulada para el primer semestre del 2009.

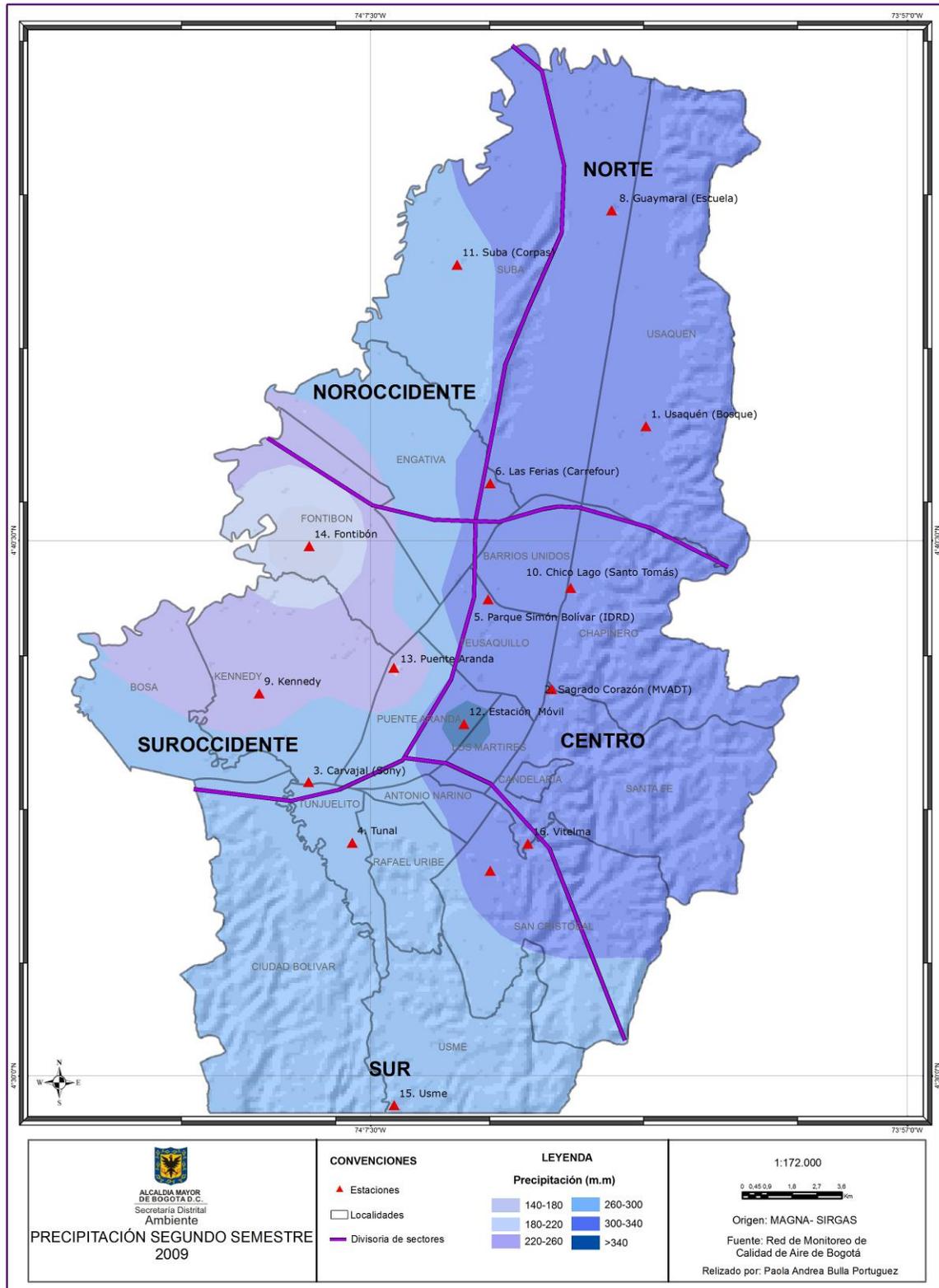


Figura 55. Mapa de precipitación acumulada para el segundo semestre del 2009.

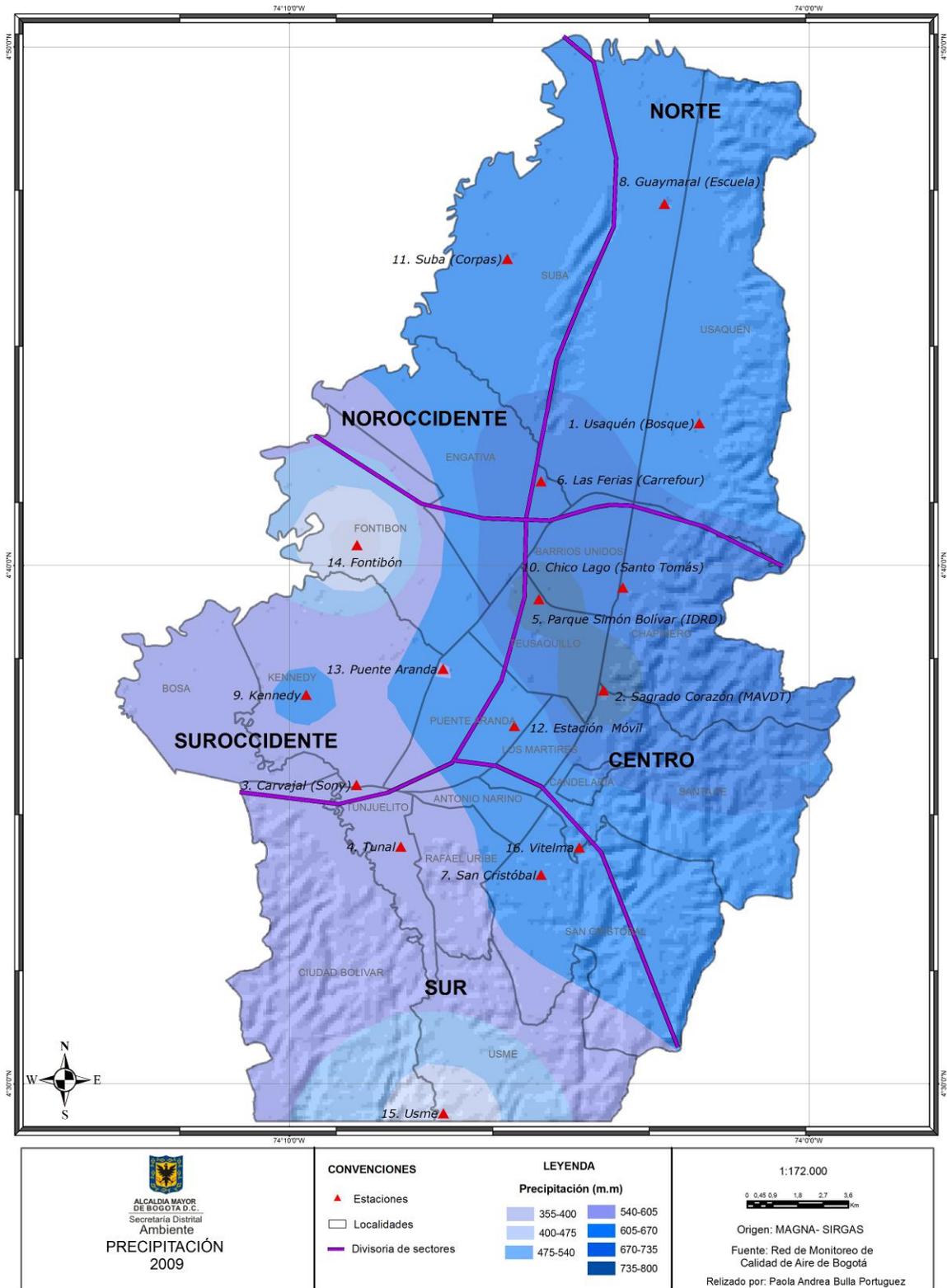


Figura 56. Mapa de precipitación acumulada para el año 2009.

2.2. VIENTOS

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 para el año 2009. Durante el año 2009 la dirección y velocidad del viento en la ciudad se registró en trece (13) estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 27.

Como se muestra en la Figura 57, para un día normal, en la mayoría de las estaciones en las horas de la mañana los vientos son de calma y ventolina hasta pasadas las 9 horas, cuando comienzan a aumentar; entre las 12 y las 14 horas se alcanzan las mayores intensidades de viento llegando a vientos leves y moderados, dependiendo de la estación; posteriormente empieza un descenso de sus velocidades volviendo en horas de la noche a ventolina y calma.

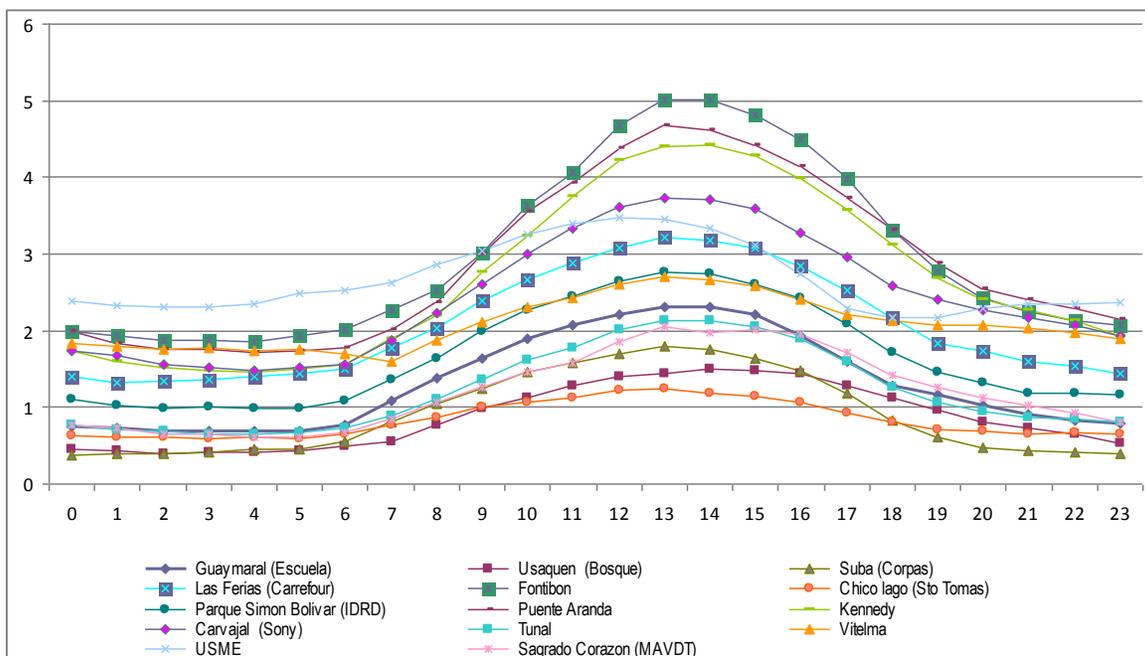


Figura 57. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

La estación No. 10 Chico Lago registraron las velocidades promedio horarias más bajas en comparación con las demás estaciones de la RMCAB en niveles de calmas y ventolinas, mientras que la estación No. 14 Fontibón registró las mayores velocidades de la red.

Durante el año 2009 se registró una máxima horaria de velocidad del viento de 9.8 m/s el 26 de enero a las 16:00, el cual se considera como *Regular*, según la escala de Beaufort⁷, este dato se presentó en la estación No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT), con una dirección sur-oeste; las demás velocidades máximas horarias se registraron entre 4.9 y 9.2 m/s,

⁷ Ver escala de velocidad del viento en el Anexo 4.

comprendidas entre viento *leve* y *regular*. El resumen de la intensidad media de los vientos así como sus máximos se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Velocidad Promedio, máxima y media del viento por estación en el año 2009.

Estación	Predominancia		Velocidad Máxima Horario		
	Dirección Predominante [Grados]	Velocidad Media [m/s]	[m/s]	Dirección [grados]	Fecha/hora
1 Usaquén	125,2	0,5	5,7	181	17/03/2009 14:00
8 Guaymaral	121,9	0,5	5	185	04/10/2009 12:00
11 Suba	43,4	0,5	6,8	86	04/05/2009 16:00
6 Las Ferias	88,2	0,9	6	83	03/06/2009 10:00
10 Chico Lago	197,8	0,1	3,7	188	27/06/2009 11:00
5 Pq. S. Bolívar	98,7	0,2	5,8	85	27/09/2009 10:00
2 Sagrado Corazón	130,1	0,5	9,8	230	26/01/2009 16:00
14 Fontibón	126,5	0,4	9,2	146	05/09/2009 12:00
13 Puente Aranda	221,6	0,5	7,8		03/06/2009 12:00
12 Móvil	160,6	0,5	6,6		05/09/2009 12:00
9 Kennedy	183,3	0,9	7,7	126	08/10/2009 12:00
3 Carvajal	183,2	1,3	5,9	180	29/09/2009 12:00
15 Usme	188,0	1,3	6,4	136	10/01/2009 11:00
4 Tunal	189,2	0,6	4,9	255	09/03/2009 13:00

Las máximas concentraciones horarias se presentaron en diferentes meses del año, comportamiento atípico si se considera que la época esperada de fuertes vientos es agosto.

Tabla 34. Velocidad Promedio por estación y año.

Estación	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
8 Guaymaral	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	1,3
1 Usaquén	1,0	1,0	1,2	1,5	1,7	2,3	1,8	0,7	0,9
11 Suba	1,5	1,3		1,7	1,7	1,3	1,4	0,6	0,9
6 Las Ferias	1,7	1,6		1,7	1,5	1,4	1,3	1,9	2,1
10 Chico Lago	0,4	0,4	0,5	0,6	1,5	1,1	1,3		0,8
5 Pq. S. Bolívar	0,7	0,6		0,8	1,9	0,8	1,1	1,4	1,7
2 Sagrado Corazón	2,2	2,3	2,9	2,7	2,4	2,5	2,6	1,7	1,2
14 Fontibón	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,8	3,3	2,7	3
13 Puente Aranda	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	2,7	2,7	2,7	2,9
12 Móvil					2,3	1,6	1,5	1,7	2
9 Kennedy					1,1	1,4	1,5	2,2	2,7
3 Carvajal	1,3	1,2	2,1	1,4	1,2	1,6	1,8	1,9	2,4
15 Usme					2,8	2,6	2,6	3,5	2,7
4 Tunal						1,6	2,0	1,2	1,2
Promedio	1,4	1,4	1,8	1,6	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8
Máximo Anual	2,8	2,8	2,9	2,7	2,8	2,8	3,3	3,5	3

También se determinan las velocidades promedio de las estaciones representadas en la Tabla 34 donde se observa que la mayoría de velocidades altas se presentan en la estación Fontibón como en la mayoría de los años, en general observado el historial se analiza que en la mayoría de los años en las estaciones del Sur y suroccidente presentan los promedios más altos.

A continuación se presentan los mapas en los cuales se muestra el flujo de los vientos que se deriva del producto vectorial entre las velocidades y direcciones. En la Figura 58 se presentan los vientos resultantes para el periodo comprendido entre las 6 y las 11 horas, en la Figura 59 y Figura 60 los vientos resultantes entre las 12 y 18 horas y los vientos resultantes entre las 19 y las 5 horas respectivamente.

Para el año 2009 durante las horas de la mañana, Figura 58, se observaron una dirección prevalente para este horario, el cual es Occidente el cual varía entre Sur y Norte pero prevaleciendo el Occidente, también se observa que la estación No 10 Chico Lago presenta vientos con dirección Norte, muy posiblemente esta variación sea por los edificios que se encuentra al lado de la estación y que perturban dicho parámetro.

En las horas de la tarde, Figura 59, se presentaron dos flujos de vientos, el primero, que se puede decir que es la dirección prevalente para este horario y que se presenta en los sectores del Centro, Sur y Suroccidente, es la dirección Oriente el cual varía entre Sur y Norte pero prevaleciendo el Oriente y el segundo del suroccidente con dirección suroccidente. Por el efecto de los cerros de suba se presenta este desvío y muy posiblemente este también se presente en la estación No 1 Bosque debido a la cercanía de los cerros orientales.

También se presenta la Figura 60 que son las horas de la noche y madrugada donde se observa varios flujos de vientos es importante resaltar que este horario presenta cambios bruscos de temperatura por eso no se observa una uniformidad en la dirección prevalente.

El Anexo 3 presenta las rosas de vientos de las estaciones, en las que se muestra el porcentaje de calmas en el centro de la rosa, es decir, el porcentaje de vientos cuya magnitud es menor a 0.5 m/s. Estos cálculos se han realizado utilizando la información de vientos que registran las estaciones de monitoreo cada diez minutos. Cabe anotar que la estación de Vitelma no se tuvo en cuenta para el análisis de la dirección de los vientos, debido a que el instrumento ha presentado fallas desde mediados del año

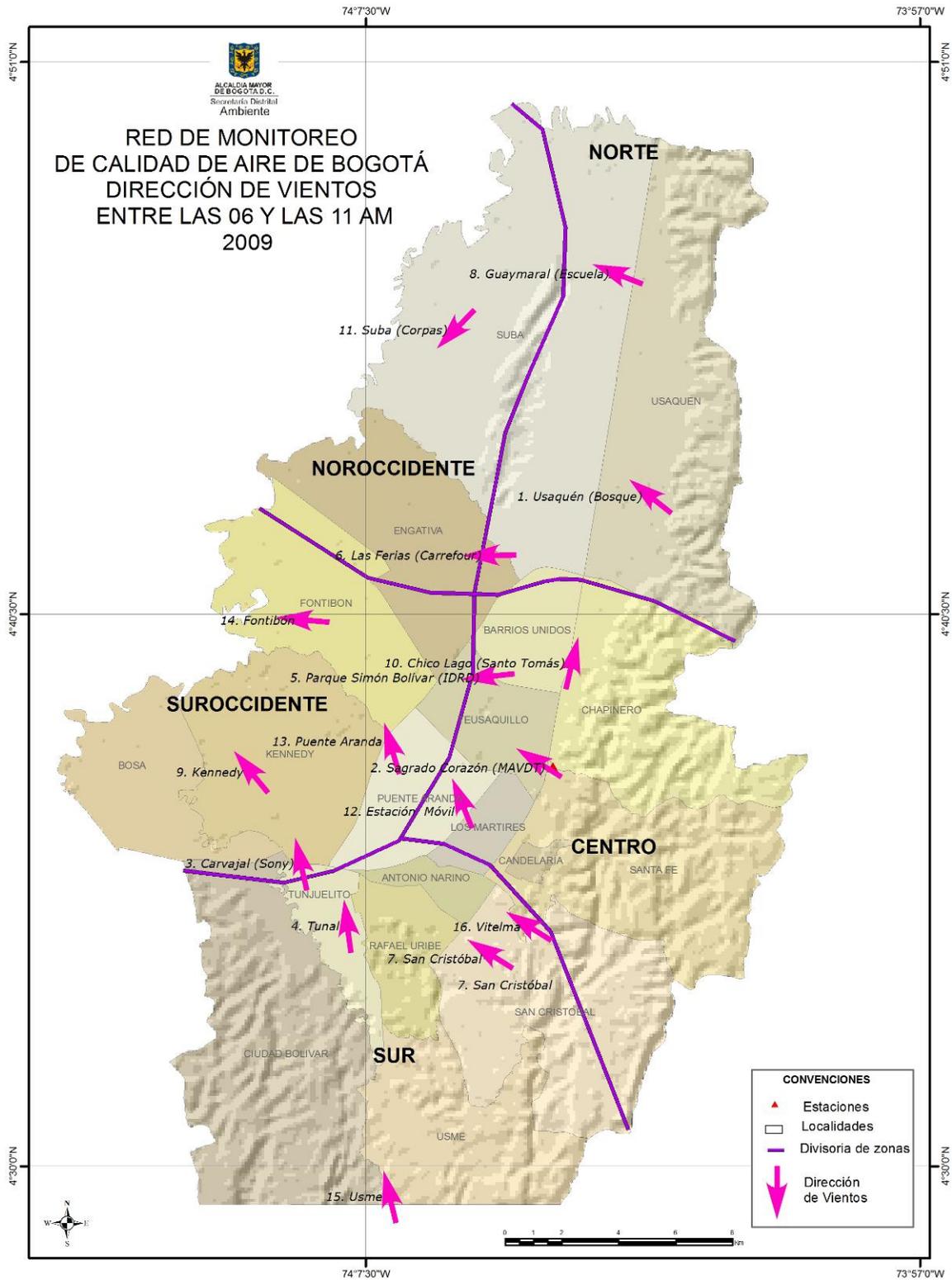


Figura 58. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 6:00 y las 11:00 horas

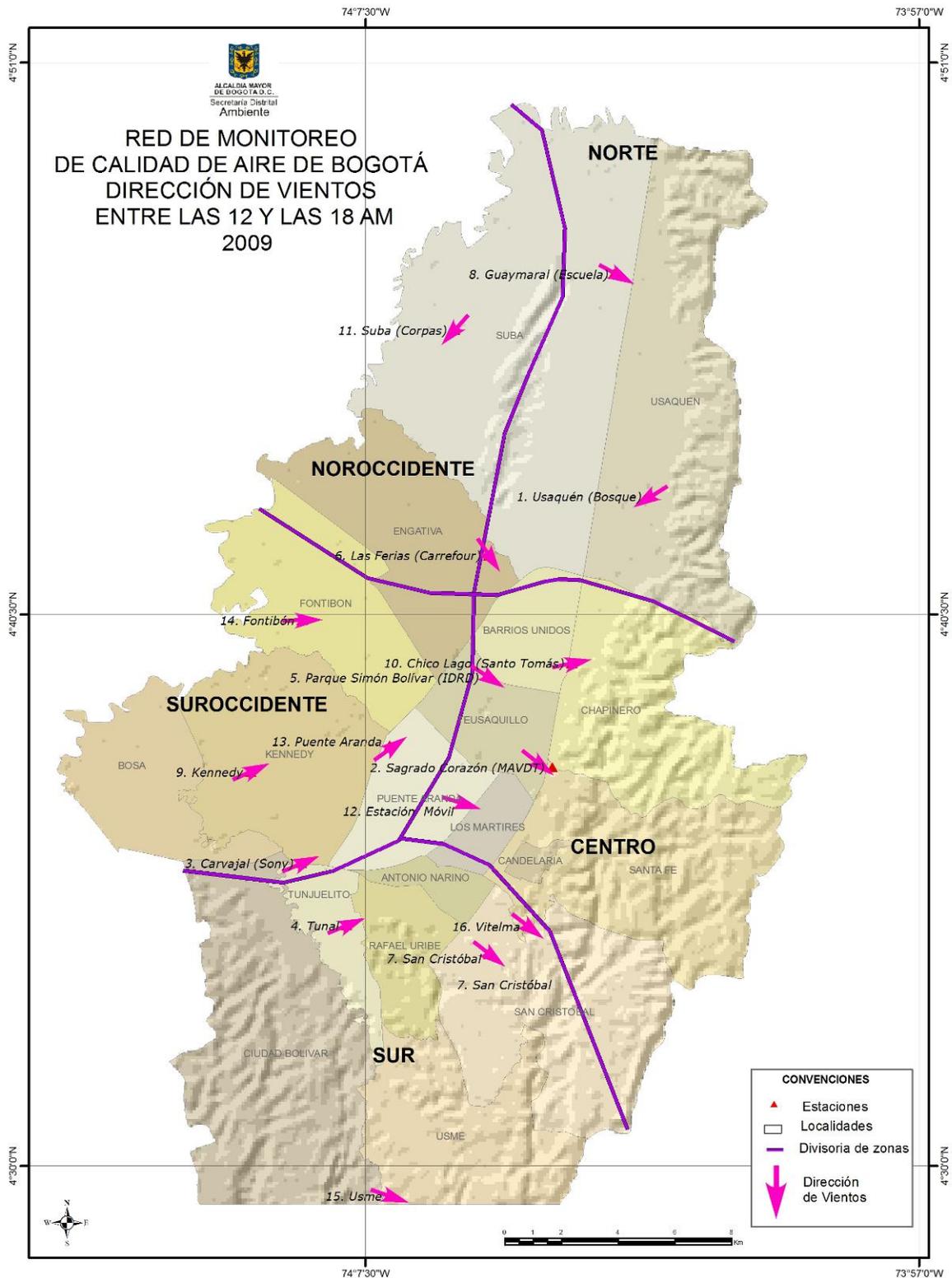


Figura 59. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 12:00 y las 18:00 horas.

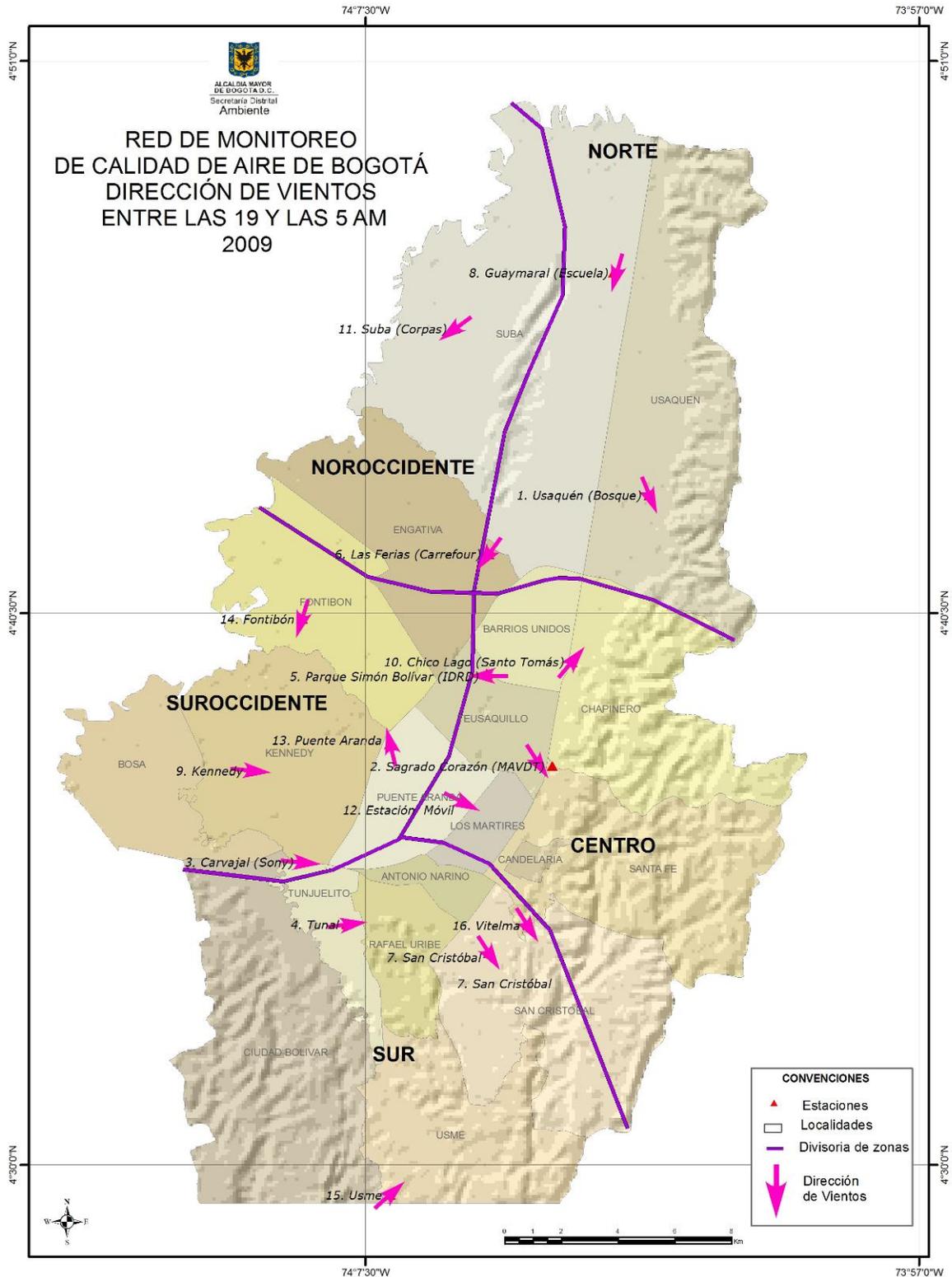


Figura 60. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 19:00 y las 05:00.

2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere principalmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. Durante el año 2009 se contó con catorce (14) estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, según se reporta en la Tabla 27. Es de aclarar que en las estaciones No. 2 Sagrado Corazón y No. 15 Usme este sensor presenta un porcentaje de datos bajos, pero los registros se tendrán presentes para el análisis anual.

Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios anuales y el porcentaje de datos obtenido por cada estación se presentan en la Tabla 35. El promedio máximo de temperatura superficial para el año se registró en la estación No. 3 Carvajal con un valor de 15.4 °C mientras que el menor se generó en la estación No. 15 Usme con 11.7 °C; para la RMCAB se determina un promedio anual de Bogotá de 14.2 °C; 0.8 °C más alta que la del año anterior (13.4 °C dato 2008), esto debido a la incidencia del Fenómeno del Niño, más aún, este dato es similar al registrado en este año, por la estación el Dorado que tiene el IDEAM⁸, que es de 13.9 °C.

Tabla 35. Temperaturas presentadas en el año 2009

Estación	Altura del Sensor [m]	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Promedio Mes	Porcentaje %
		° C	Fecha	° C	Fecha		
8 Guaymaral	2,0	24,9	05/12/2009 13:00	6,8	31/12/2009 06:00	14,5	90
1 Usaquén	10,0	23,9	27/12/2009 13:00	2,8	31/12/2009 05:00	14,4	97
11 Suba	2,0	19	04/01/2009 13:00	3,7	19/10/2009 20:00	12,9	96
6 Las Ferias	10,0	22,8	05/12/2009 13:00	6,3	07/12/2009 05:00	14	99
5 Pq S. Bolívar	2,0	24,1	05/12/2009 13:00	3,9	31/12/2009 05:00	14,7	99
2 Sagrado Corazón	2,0	22,7	05/12/2009 13:00	7,1	31/12/2009 06:00	14,5	54
14 Fontibón	20,0	22,4	05/12/2009 12:00	6,8	16/12/2009 06:00	14,7	92
13 Puente. Aranda	26,1	22,3	01/12/2009 13:00	7,8	16/12/2009 06:00	14,6	100
12 Estación Móvil	3,0	23,3	04/12/2009 12:00	9,1	07/12/2009 05:00	15,3	94
9 Kennedy	2,0	22,4	02/12/2009 14:00	6,7	16/12/2009 05:00	14,8	93
3 Carvajal	2,0	24,2	01/12/2009 13:00	7,7	29/12/2009 05:00	15,4	99
4 Tunal	12,0	23	14/03/2009 12:00	6,9	31/12/2009 05:00	14,6	96
15 Usme	2,0	20,3	05/12/2009 13:00	2,8	03/02/2009 05:00	11,7	54
16 Vitelma	2,0	20,8	05/12/2009 13:00	4,4	31/12/2009 06:00	12,8	73

Observando los valores máximos horarios se puede determinar que el mayor se registró en la estación No. 8 Guaymaral con 24.9 °C, presentándose el 5 de diciembre a las 13 horas, mientras que la menor de las máximas temperaturas se generó en estación No. 11 Suba el 4 de Enero a las 13 horas y fue de 19 °C, mostrando una diferencia entre ellas de casi 6 °C. Se observa que en general los máximos registros se generaron en el mes de diciembre y solo dos estaciones los registraron en el primer semestre.

⁸ Registros de La estación del Aeropuerto el Dorado. IDEAM

En cuanto a los datos horarios mínimos, se determina que en las estaciones No 1 Usaquén y No 15 Usme se registraron los valores inferiores que fueron de 2.8 °C. Las demás estaciones presentan valores entre 3.7 °C y 9 °C. Se observa que en general los mínimos registros se generaron en el mes de diciembre, la mayoría entre las 5 y las 6 de la mañana.

El comportamiento promedio horario de la temperatura en un día típico se describe en la Figura 61, en donde 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 13:00. Posteriormente desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día.

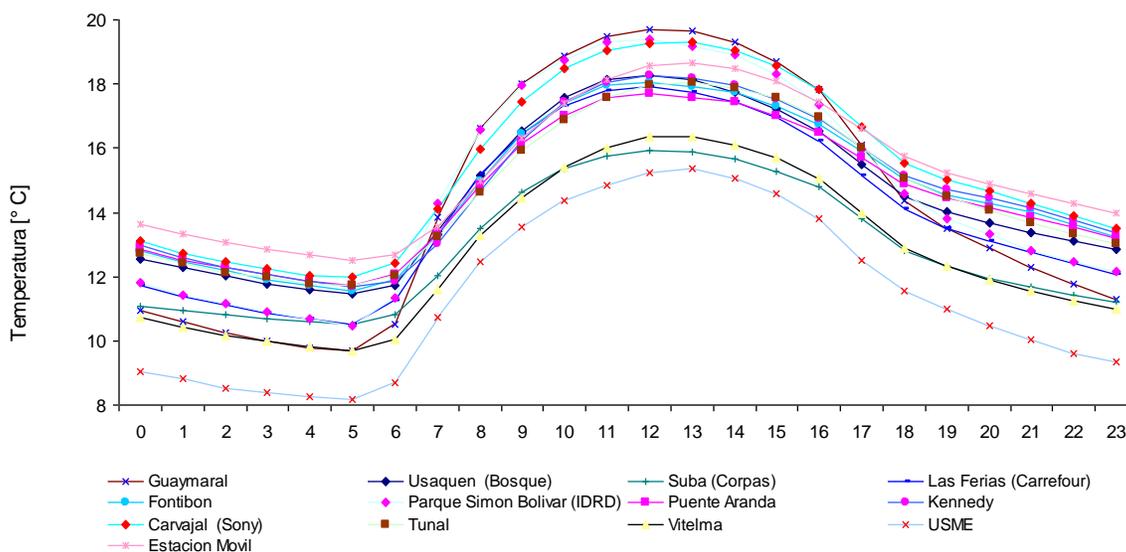


Figura 61. Promedios horarios de temperatura superficial.

Al observar la temperatura media mensual (Figura 62) que registra mensuales de la RMCAB para el año 2009, se determina que durante todo el año, estos fueron superiores a los históricos del IDEAM y de la misma RMCAB, alcanzando una diferencia entre 0.5 y 1.5 °C. Adicionalmente se puede observar que los promedios de mensuales para el año, fueron menores en los meses de enero y febrero, mostrando también que a partir del mes de junio hasta diciembre, se registraron las mayores y la variación entre ellos fue similar o mínima.

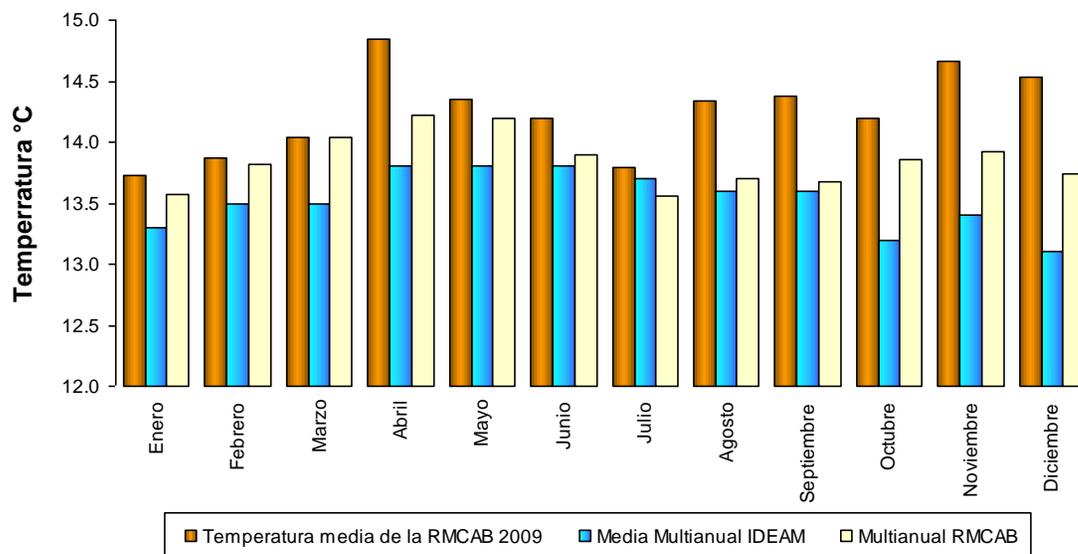


Figura 62. Temperatura media registrada en la RMCAB vs. Temperatura media multianual IDEAM y RMCAB.

El promedio de la temperatura superficial por meses tomada en cada estación durante el 2009 se presenta en la Tabla 36, junto con la media multianual del IDEAM.

Tabla 36. Temperatura media mensual por Estación

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Media Anual
Guaymaral	14,1	14,1	14,4	14,9	14,4	14,2	13,9	14,7	14,5	14,3	14,9	14,5	14,4
Usaquen (Bosque)	14,0	14,1	14,3	14,6	13,9	14,0	13,8	15,0	14,9	14,9	15,5	15,3	14,5
Suba (Corpas)	12,6	13,4	13,3	13,4	13,6	13,6	12,6	11,8	12,2	12,4	13,0	13,2	12,9
Las Ferias (Carrefour)	13,7	13,7	13,8	14,3	14,2	14,0	13,6	14,3	14,2	14,0	14,4	14,3	14,0
Sagrado Corazón (MAVDT)						13,5	13,5	14,8	14,8	14,5	15,0	14,8	14,4
Fontibón	14,0	14,5	14,4	15,0	14,8	14,8	14,3	14,9	15,0	14,6	15,0	15,0	14,7
Parque Simón Bolívar (IDRD)	14,3	14,3	14,5	15,1	14,8	14,8	14,6	15,1	15,0	14,5	14,9	14,4	14,7
Puente Aranda	14,3	14,4	14,4	14,9	14,9	14,5	14,2	14,6	14,7	14,6	14,9	14,8	14,6
Estación Móvil	14,9	15,0	15,1	15,6	15,6	15,4	15,0	15,5	15,6	15,3	15,2	15,6	15,3
Kennedy	14,2	14,4	14,4	15,1	15,0	14,9	14,6	15,0	15,4	14,8	15,0	14,9	14,8
Carvajal (Sony)	14,9	15,0	15,1	15,5	15,7	15,4	15,0	15,6	15,7	15,4	15,8	15,7	15,4
Tunal	14,4	14,4	14,7	14,9	14,8	14,5	14,2	14,7	14,7	14,4	14,9	14,7	14,6
Vitelma	13,2	12,9	13,5		12,7	12,7	12,1	12,6	12,7	12,6	13,2	13,0	12,8
Usme	10,0	10,1	10,7		12,0	12,4	11,6	12,2	12,1	12,4	13,6	13,4	11,9
Promedio RMCAB	13,7	13,9	14,0	14,8	14,3	14,2	13,8	14,3	14,4	14,2	14,7	14,5	
Promedio IDEAM	13,3	13,5	13,5	13,8	13,8	13,8	13,7	13,6	13,6	13,2	13,4	13,1	

En cuanto al comportamiento promedio por hora de la temperatura, durante el año 2009, el fenómeno de inversión térmica fue leve en comparación con el de los años anteriores; se registró entre las 22 horas y las 6:00 de la mañana, como se muestra en la Figura 63. Se debe recordar que este fenómeno se presenta cuando los gradientes de temperatura

con la altura son positivos, por lo que la temperatura del aire cerca de la superficie es menor a la medida a mayor altura, condición que impide el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes y ocasionando un aumento de la concentración de los mismos en la atmósfera.

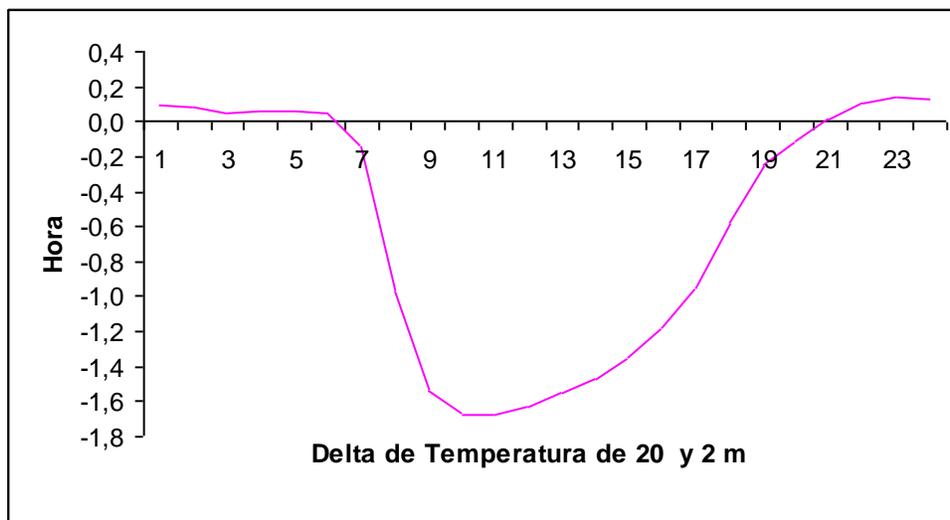


Figura 63. Diferencia de la temperatura a 20 y 2 metros de altura.

En el año 2009 la estación No. 8 Guaymaral (Escuela) registró un menor número de horas de inversión térmica en comparación con el año anterior (2251 vs. 1943), alcanzando una máxima de 2.3 °C, lo cual demuestra que para el 2009 el fenómeno de la inversión térmica fue mucho menor que el registrado en el año inmediatamente anterior.

En la Tabla 37, se presenta el resumen de las inversiones por año registrada en la estación No. 8 Guaymaral.

Tabla 37. Inversiones presentadas para la RMCAB

Año	No. Horas	Máxima Inversión Térmica °C	Promedio de las Inversiones Térmicas °C
1998	2881	3.4	0.6
1999	2565	3.8	0.5
2000	2541	7.5	0.8
2001	2025	2.5	0.6
2002	3120	3.0	0.7
2003	2756	3.1	0.6
2004	2755	2.7	0.5
2005	2839	4.7	0.5
2006	2627	2.7	0.5
2007	3456	8.8	0.7
2008	2251	2.9	0.5
2009	1943	2.3	0.5

2.4. 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 radiación⁹:

- 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.
- 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.
- 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.
- Radiación global: es la suma de las tres radiaciones.

La RMCAB contó con seis puntos de monitoreo de radiación global ubicados en las estaciones indicadas en la Tabla 27, las cuales registraron datos entre las 5:00 y las 19:00 horas con el objeto de hallar los acumulados diarios, máximos horarios, máximos diarios y promedios de radiación solar, los cuales se presentan en las Figura 65.

Se observa que los valores menores en lo relacionado con el promedio diario se registraron en la estación No 5 Parque Simón Bolívar (IDRD) y el máximo acumulado diario en la estación No 4 Tunal, en comparación con los registrados de las otras estaciones de la RMCAB.

La estación No. 8 Guaymaral (Escuela) presentó el máximo acumulado es decir esta estación presentó más horas de radiación y con valores mal altos que el resto de estaciones. En la Tabla 38, se muestra el resumen de los datos obtenidos en las estaciones mes a mes para el año 2009.

⁹ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

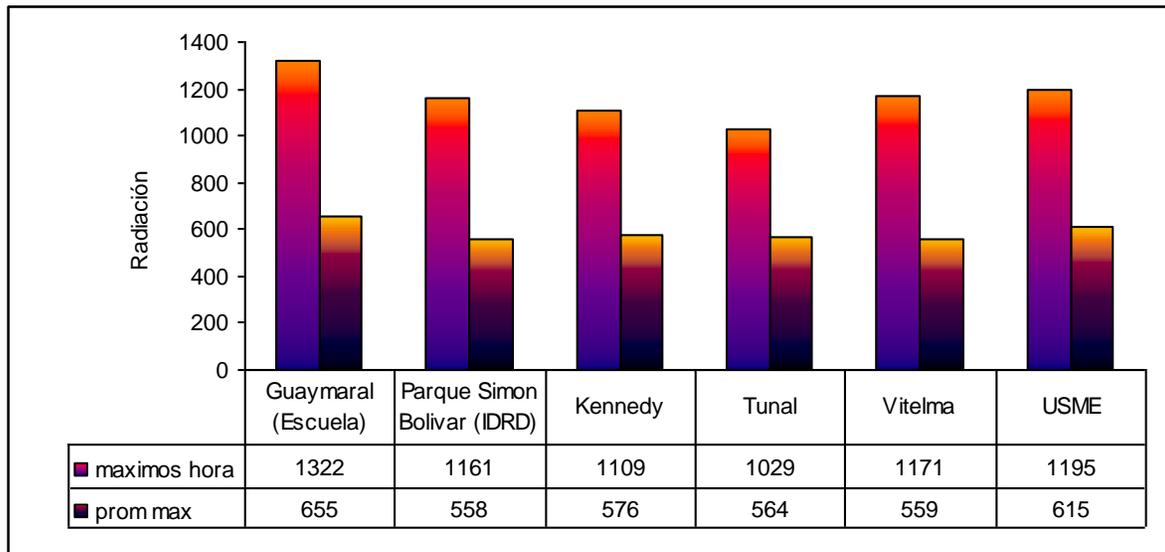


Figura 64. Radiación solar durante el año 2009.

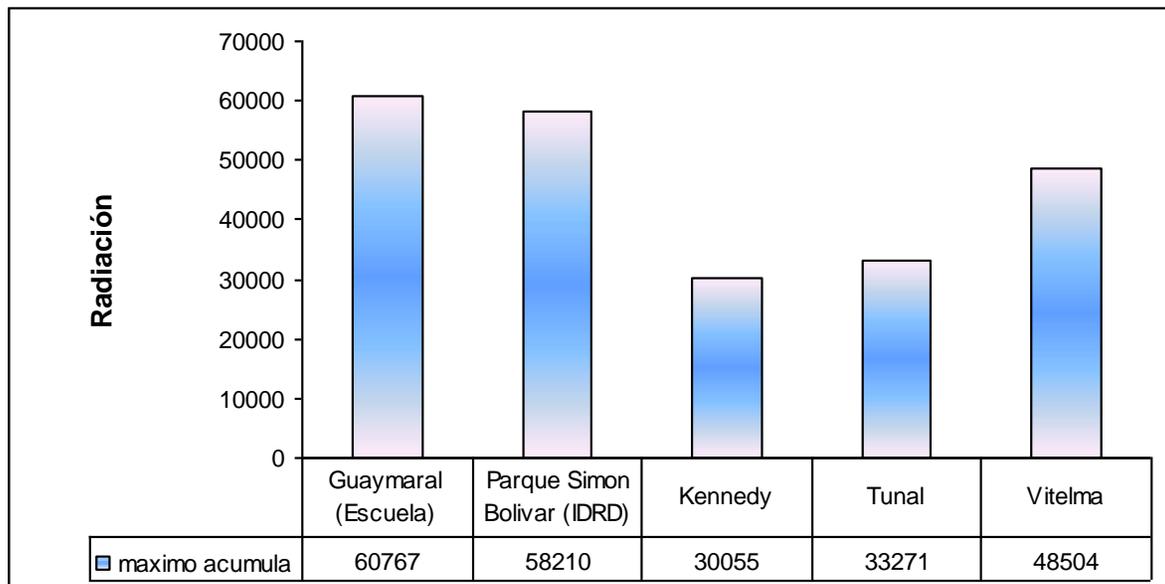


Figura 65. Radiación solar durante el año 2009.

En la Figura 66 se puede visualizar que este parámetro meteorológico registró los mayores valores promedio mensuales en los meses de noviembre y diciembre; los demás meses se mantuvieron similares en las diferentes estaciones que miden este parámetro. Se destaca la estación No 8 Guaymaral con los mayores valores en todos los meses y la estación No. 16 Vitelma con las menores concentraciones de la RMCAB.

Tabla 38. Promedios mensuales y máximos horarios de radiación solar año 2009

Promedios mensuales y máximos horarios de radiación solar												
MES	PROMEDIO MENSUAL						MAXIMOS HORARIOS					
	Guaymaral (Escuela)	Parque Simón Bolívar (IDRD)	Kennedy	Tunal	Vitelma	Usme	Guaymaral (Escuela)	Parque Simón Bolívar (IDRD)	Kennedy	Tunal	Vitelma	Usme
ENERO	277	250			206	265	1098	1039			938	1033
FEBRERO	319	287			188	336	1275	1086			737	1041
MARZO	267	239			181	269	1223	1161			1066	1195
ABRIL	276	253			268	294	1282	1100			1171	1113
MAYO	267	247			276	287	1157	1041			1075	972
JUNIO	289	258	266	281	296	320	1110	1036	926	950	1058	1019
JULIO	286	271	235	264	273	307	1243	1088	915	1000	1100	994
AGOSTO	316	300	269	276	287	313	1072	1127	1002	984	1129	1085
SEPTIEMBRE	326	296	306	276	309	289	1305	1122	1109	1016	1158	1062
OCTUBRE	335	280	296	270	283	296	1322	1103	1004	1029	1140	975
NOVIEMBRE	341	270	272	259	296	355	1194	1020	994	1006	1103	1082
DICIEMBRE	395	306	317	319	352	463	1196	1026	977	978	1093	1061
PROM	308	271	280	278	268	316	1206	1079	990	995	1064	1053
MAX	395	306	317	319	352	463	1322	1161	1109	1029	1171	1195

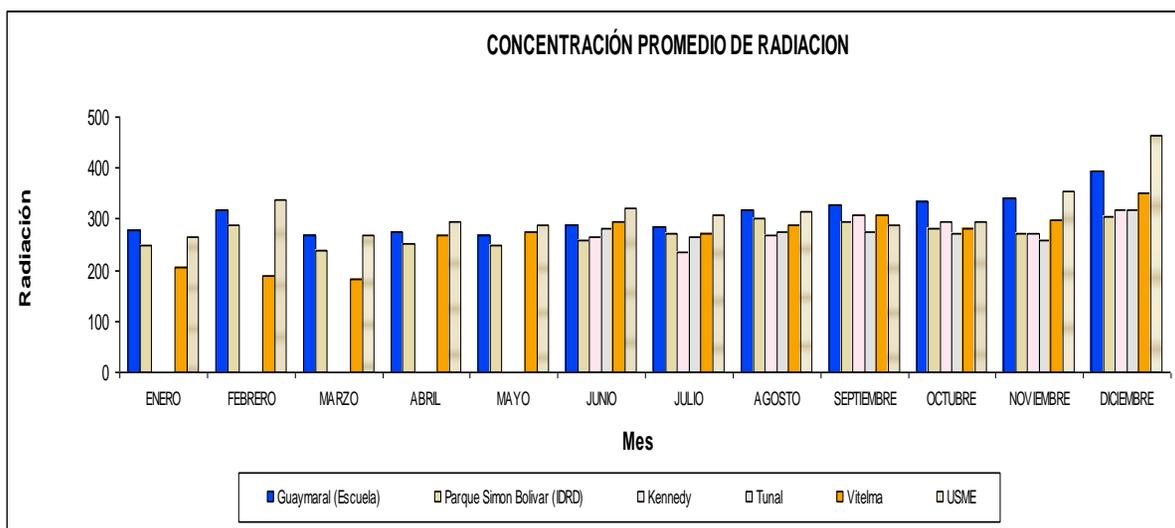


Figura 66. Promedios mensuales de Radiación solar para el año 2009.

Para el periodo horario se puede observar que la mayor intensidad de radiación solar fue entre las 10:00 y las 14:00 horas; presentándose el dato máximo entre 12:00 y 13:00 horas. La

Tabla 39 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora.

Tabla 39. Promedios y máximos horarios de radiación en 2009

Promedios y máximos horarios de radiación															
Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Promedio de Guaymaral (Escuela)	0	0	47	222	433	566	648	655	576	526	430	301	161	36	0
Promedio de Parque Simón	0	2	59	217	378	484	543	558	520	462	384	281	150	39	0

Promedios y máximos horarios de radiación															
Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Bolívar (IDRD)															
Promedio de Kennedy	0	2	64	203	357	487	552	576	560	515	420	298	164	35	1
Promedio de Tunal	0	2	54	183	335	454	522	561	564	520	428	310	162	37	1
Promedio de Vitelma	0	3	47	188	320	440	523	548	559	513	416	296	156	39	1
Promedio de USME	0	1	53	230	393	531	606	615	572	528	419	303	159	28	0
Máx de Guaymaral (Escuela)	0	5	152	472	842	1080	1229	1322	1305	1154	968	791	414	146	4
Máx de Parque Simón Bolívar (IDRD)	0	7	202	417	697	920	1127	1122	1161	1044	862	657	407	128	5
Máx de Kennedy	2	8	195	395	648	823	1023	1075	1109	1008	806	614	423	136	3
Máx de Tunal	1	6	144	374	656	846	945	1011	1029	956	834	586	407	126	4
Máx de Vitelma	2	9	111	456	794	1075	1080	1171	1158	1097	1001	679	432	324	5
Máx de USME	0	5	252	496	803	948	1085	1113	1195	1006	886	683	385	105	2

En la Figura 67 se observa la radiación máxima y media en cada hora. La radiación solar se incrementa de manera casi lineal desde las 8:00 hasta las 12:00, posteriormente empieza un rango de datos máximos hasta las 14 horas, para empezar un rápido descenso que se termina cuando el sol se oculta después de las 18 horas.

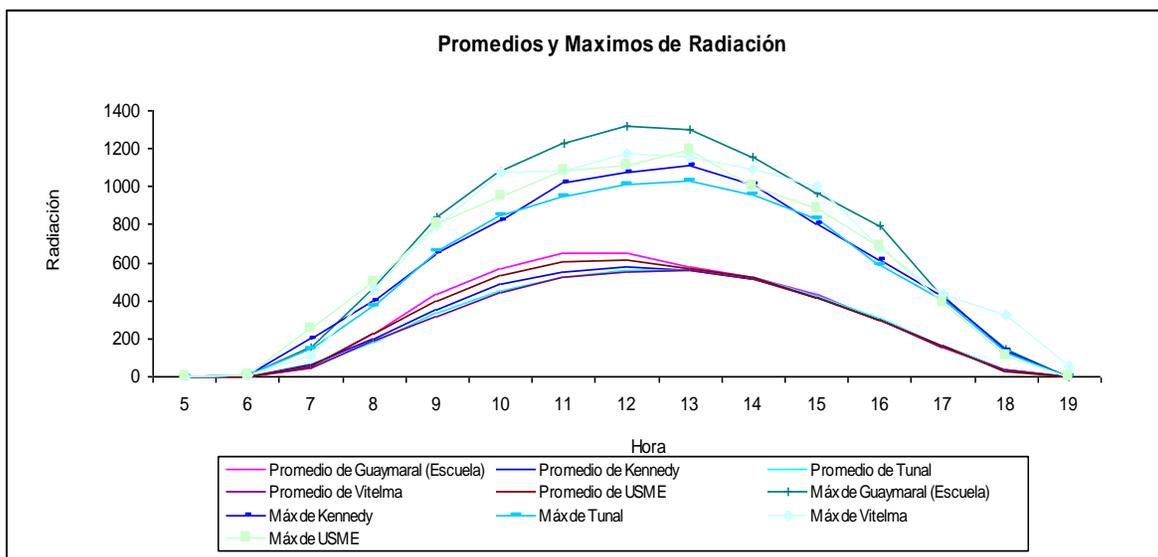


Figura 67. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2009.

Se determina que la radiación máxima presentada en la estación No. 8 Guaymaral fue la de mayor intensidad en comparación con la de las otras estaciones de la RMCAB. La No. 4 Tunal registra los datos menores de las radiaciones máximas. Para los promedios horarios durante el día se observa que las estaciones tienen un comportamiento similar entre ellas, encontrando los mayores promedios horarios en la estación No. 8 Guaymaral.

2.5. PRESIÓN BAROMÉTRICA

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. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. 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.

Para el presente año se registraron datos de presión barométrica en las estaciones indicadas en la Tabla 27. La Figura 68 muestra la presión barométrica máxima y promedio anual para cada una de las estaciones que monitorea este parámetro. El mayor valor promedio fue tomado en Carrefour con 564.7 mmHg y presentó el máximo de 567.4 mmHg el cual se registró el 08 de Octubre a las 9 horas. Los valores de las cuatro estaciones son similares entre ellas y tienen relación con la altitud a la cual se encuentra cada una de ellas.

En la Tabla 40 se presentan los máximos valores de presión barométrica registrados en cada hora y los promedios anuales, por hora, así como el número de datos para su obtención.

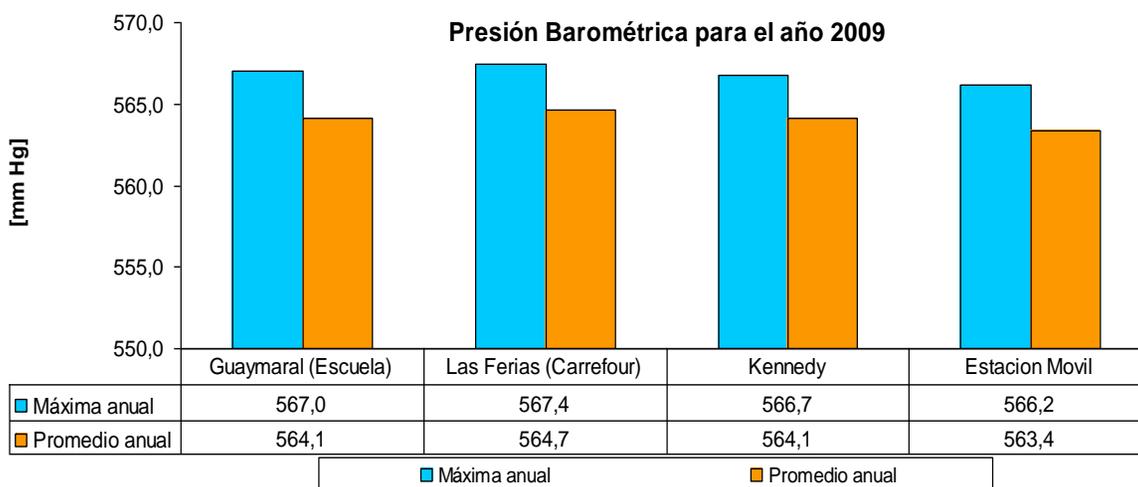


Figura 68. Presión Barométrica para el año 2009.

Tabla 40. Máximos horarios y promedios horarios de presión durante el año de 2009

Hora	Guaymaral (Escuela)			Las Ferias (Carrefour)			Kennedy			Estación Móvil		
	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min
0	564,5	566,1	562,8	565,0	566,6	563,3	564,5	566,0	563,0	563,7	565,2	562,2
1	564,1	565,9	562,3	564,6	566,3	562,9	564,1	565,6	562,5	563,3	564,9	561,8
2	563,8	565,8	561,9	564,4	566,3	562,4	563,8	565,6	562,2	563,1	564,9	561,4
3	563,8	565,7	562,1	564,3	566,2	562,6	563,7	565,4	562,0	563,0	564,8	561,3
4	563,9	565,7	562,2	564,4	566,1	562,6	563,8	565,5	562,0	563,1	564,8	561,3
5	564,1	565,9	562,4	564,7	566,3	562,8	564,0	565,5	562,1	563,3	564,8	561,4
6	564,5	566,1	562,8	565,0	566,6	563,3	564,4	566,0	562,5	563,7	565,1	561,8

Hora	Guaymaral (Escuela)			Las Ferias (Carrefour)			Kennedy			Estación Móvil		
	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min
7	564,9	566,5	563,3	565,4	566,9	563,7	564,8	566,2	563,0	564,1	565,6	562,4
8	565,2	566,6	563,6	565,7	567,1	564,1	565,1	566,5	563,4	564,4	565,8	562,7
9	565,2	567,0	563,7	565,7	567,4	564,1	565,1	566,7	563,5	564,4	566,2	562,8
10	564,9	566,6	563,3	565,4	567,1	563,8	564,9	566,4	563,2	564,2	565,8	562,4
11	564,5	566,2	562,7	565,0	566,7	563,2	564,5	566,0	562,8	563,8	565,5	562,0
12	564,0	565,7	562,0	564,5	566,3	562,6	564,0	565,5	562,0	563,3	565,0	561,3
13	563,4	565,3	561,2	564,0	565,9	561,8	563,5	565,2	561,6	562,7	564,5	560,7
14	562,9	565,8	560,6	563,5	566,3	561,2	563,0	565,5	561,2	562,3	564,2	560,1
15	562,7	565,8	560,5	563,3	566,3	561,1	562,8	565,6	560,7	562,0	563,9	560,0
16	562,7	565,5	560,7	563,3	566,0	561,2	562,8	565,3	560,9	562,0	564,0	560,0
17	563,0	565,4	561,3	563,6	565,8	561,9	563,1	565,1	561,3	562,3	564,2	560,6
18	563,5	565,4	561,8	564,1	565,9	562,3	563,5	565,1	561,7	562,8	564,5	561,0
19	564,1	565,8	562,4	564,6	566,4	562,8	564,0	565,6	562,2	563,3	565,0	561,5
20	564,6	566,2	563,0	565,1	566,7	563,5	564,5	566,0	562,8	563,8	565,4	562,2
21	564,9	566,6	563,3	565,4	567,1	563,8	564,8	566,4	563,2	564,1	565,7	562,5
22	565,0	566,5	563,2	565,5	567,0	563,7	565,0	566,4	563,4	564,2	565,7	562,4
23	564,8	566,4	563,1	565,4	566,9	563,6	564,8	566,4	563,2	564,1	565,6	562,3

2.6. HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la humedad que se calcula como el cociente entre la cantidad de vapor de agua que hay en el aire y la máxima cantidad de vapor de agua (saturación) que puede haber en el aire para un momento determinado, usualmente se expresa en porcentajes. La humedad por si sola se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, sin embargo, la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía según la temperatura y la presión, de esta manera cuando la humedad relativa tiene valores cercanos a 100%, pequeñas variaciones de presión o temperatura pueden hacer que el agua se condense y precipite.

Para el presente año, se tienen registros en las estaciones indicadas en la Tabla 27. Acorde a la información registrada, se puede determinar que el comportamiento de las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sur de la ciudad), presentan un valor promedio anual similar (80%), mientras que la No. 6 Las Ferias (Carrefour) registra el promedio anual mínimo (64.6%). En la Figura 69 se muestra lo anterior, así como los valores para cada una de ellas.

El comportamiento diario de la Humedad Relativa en las diferentes estaciones, muestra una reducción a partir de las 06:00 horas, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial; luego, alrededor de las 14:00 horas comienza a aumentar progresivamente, justo cuando la temperatura superficial comienza a descender, alcanzando los mínimos porcentajes entre las 11 a las 13 horas, indicando como sucede en el promedio anual que las estaciones con mayor promedio horario son No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, y las de menor son No. 5 IDR y la No. 6 Carrefour, como lo muestra la Figura 70.

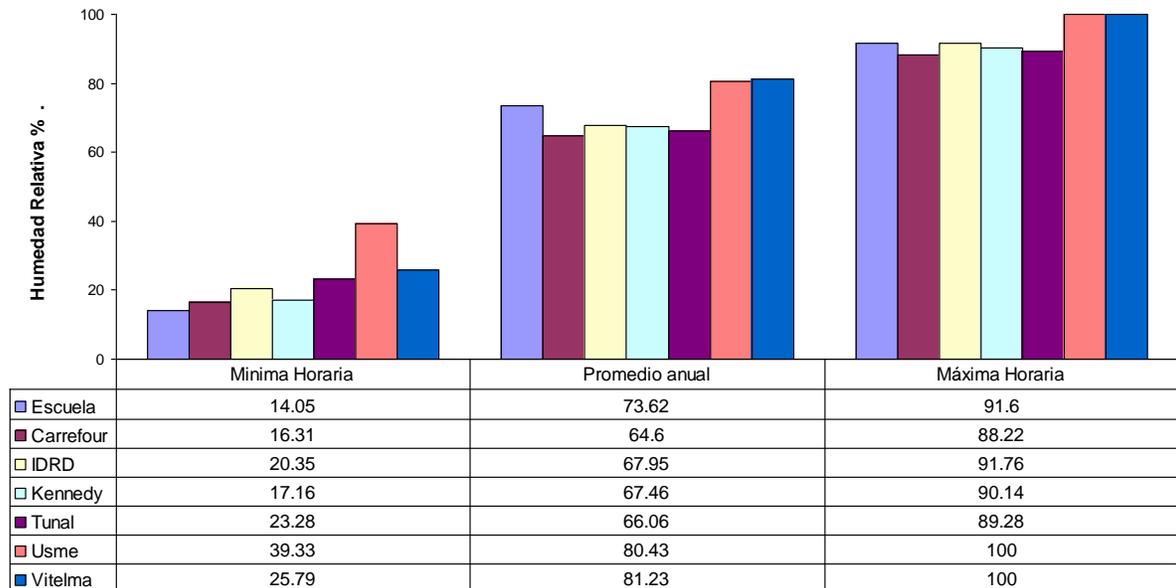


Figura 69. Comportamiento de la humedad relativa para el 2009

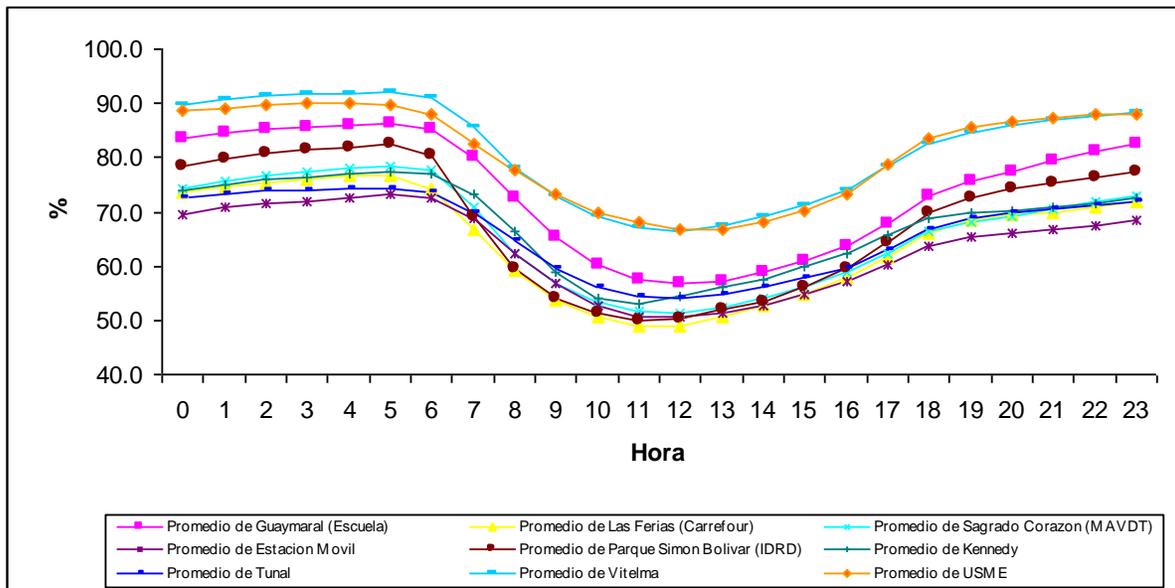


Figura 70. Comportamiento diario de la humedad relativa.

En la Tabla 41 y Figura 71 se presentan los promedios mensuales en las diferentes estaciones y se visualiza el comportamiento de ellos, para el año 2009, determinando que los primeros cuatro meses del año fueron los de mayor humedad en la ciudad.

Tabla 41. Promedios mensuales de Humedad Relativa para el año 2009

Mes	Guaymaral	Las Ferias	Sagrado Corazón	Parque Simón Bolívar	Móvil	Kennedy	Tunal
Enero	76.2	67.3		70.2	66.7	71.7	69.0
Febrero	75.1	66.4		69.1	64.7	68.8	66.5
Marzo	76.8	69.0		71.8	68.2	73.1	70.0
Abril	75.3	66.4		68.3	65.2	68.5	68.3
Mayo	73.9	64.3		67.2	61.9	66.9	64.8
Junio	73.5	64.6	65.0	66.5	62.8	66.9	67.0
Julio	73.4	63.3	65.8	64.0	61.5	65.4	65.9
Agosto	71.6	62.0	66.6	64.9	61.3	65.7	65.0
Septiembre	69.3	59.4	62.8	62.9	57.5	60.7	61.7
Octubre	73.8	64.8	68.8	69.7	63.5	67.5	66.5
Noviembre	74.1	65.8	69.6	71.4	68.3	70.0	67.3
Diciembre	70.3	61.8	63.9	69.2	59.1	64.2	61.2

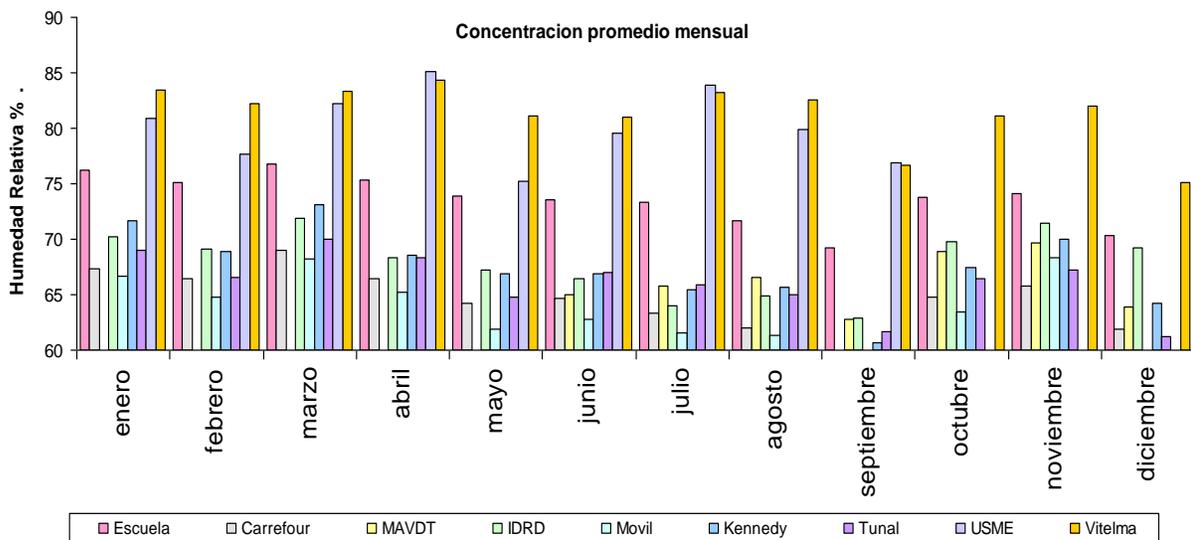


Figura 71. Comportamiento diario de la humedad relativa para el año 2009.

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 m^3/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

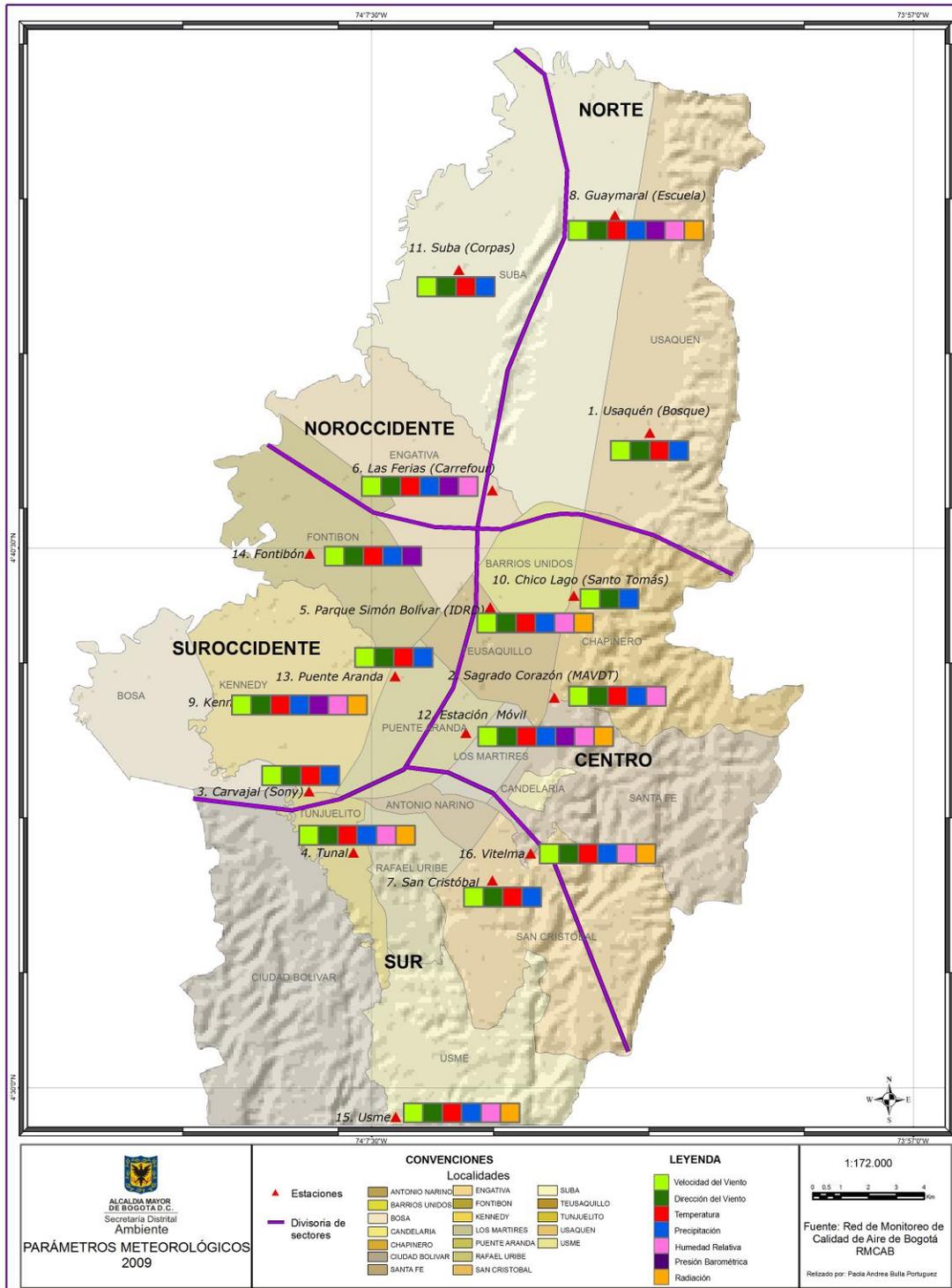


Figura 72. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

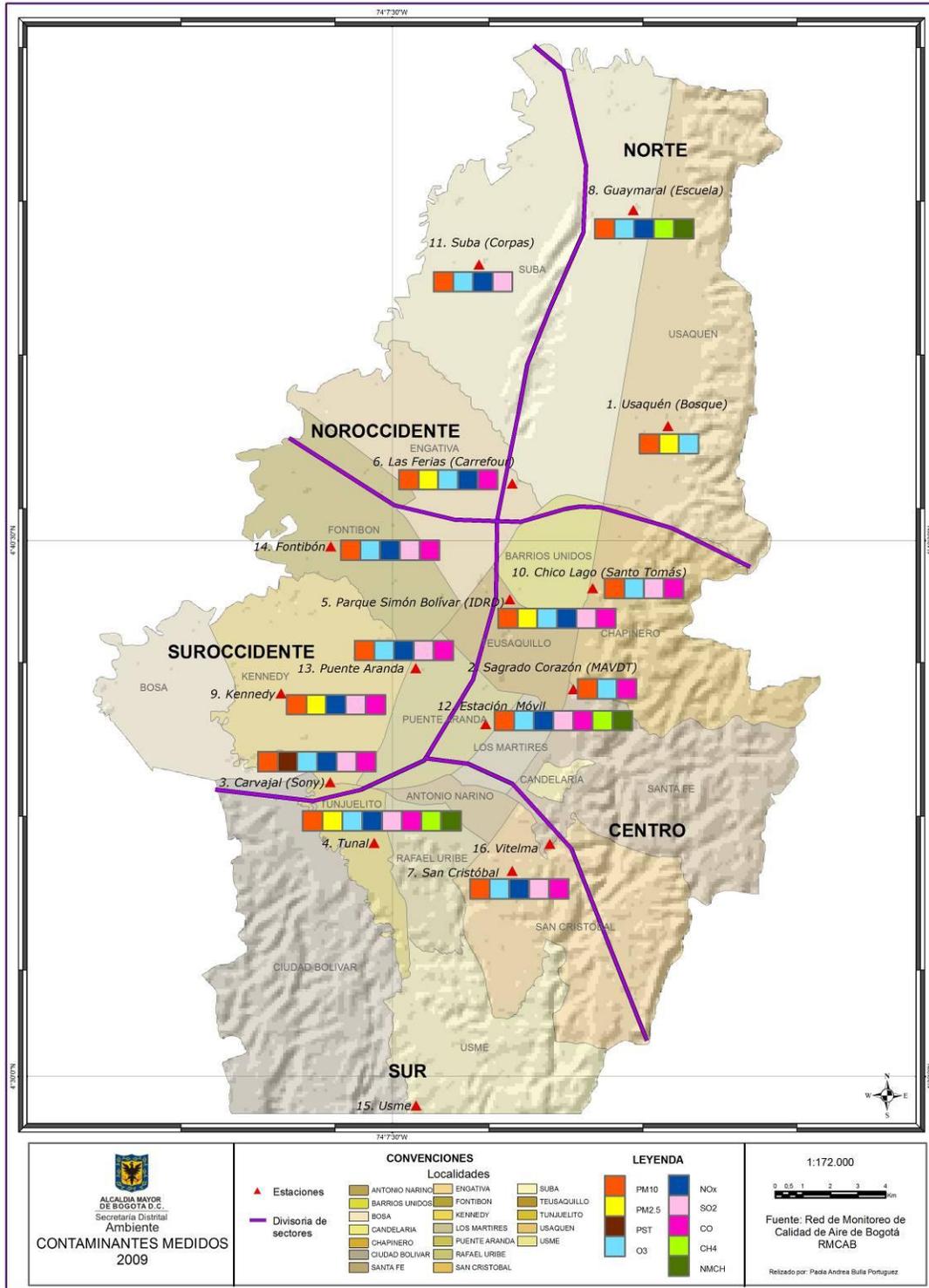


Figura 73. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

Tabla 42. Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	8. Guaymaral (Escuela) 1. Usaquéen (Bosque)	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	11. Suba (Corpas) 6. Las Ferias(Carrefour)	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	10. Chico Lago (Sto. Tomás) 5. Parque Simón Bolívar (IDRD) 2. Sagrado Corazón (MAVDT) 12. Estación Móvil	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Suroccidente	14. Fontibón 13. Puente Aranda 9. Kennedy 7. Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	3. Sony 4. INEM Tunal 16. Vitelma 15. Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial

Tabla 43. Estaciones y Equipos de la RMCAB de Bogotá¹⁰

ESTACION	No. 1 Usaquén	No. 2 Sagrado Corazón	No. 3 Carvajal	No. 4 Tunal	No. 5 Parque Simón Bolívar	No. 6 Las Ferias	No. 8 Guaymaral	No. 9 Kennedy	No. 10 Chico Lago	No. 11 Suba	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma	
Ubicación	Latitud	04°42'44.3"	04°37'39.8"	04°35'55.5"	04°34'34.7"	04°39'30.5"	04°41'37.0"	04°47'13.0"	04°37' 29,9"	04°39'34.0"	04°45'54.4"	04°38'04.8"	04°40'23.1"	04°28,878'	04°34,536'
	Longitud	74°02'06.6"	74°04'14.1"	74°09'07.5"	74°07'51.5"	74°05'2.3"	74°05'09.5"	74°02'52.0"	74°09'40,7"	74°03'35.0"	74°05'48.4"	74°07'15.0"	74°08'42.2"	74°07,581'	74°04,402'
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541	2.584	2.577	2.563	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576	2.759	2.789
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8-40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40-55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10-95	CR 95 No. 24-49	Carretera a Usme No. 16 - 71	Calle 9 Sur con 9 Este
Contaminantes	PM ₁₀	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	PST			X											
	CO			X		X	X				X		X		
	SO ₂		X	X	X	X	X		X	X		X	X		
	NO _x		X			X	X				X	X	X		
	O ₃		X	X		X							X		
Meteorológicos	Precipitación	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Dirección del viento	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Velocidad del viento	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Temperatura superficial	X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Temperatura 3 alturas							X							
	Humedad relativa						X							X	X
	Presión atmosférica						X	X							
	Radiación					X		X						X	X
Ortogonal vientos							X								

¹⁰ La estación No. 7 Cazucá fue objeto de traslado durante el año 2009. En la actualidad se encuentra en proceso de adecuación para empezar a monitorear en el nuevo punto.

ANEXO 2. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Las normas de calidad del aire que se adoptaron como nivel de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en Bogotá, según la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), y los valores que se han determinado para el año 2006 son las siguientes:

Tabla 44. Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM ₁₀	Anual	60	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2,5}	Anual	65	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	15	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO 3. ROSAS DE VIENTO

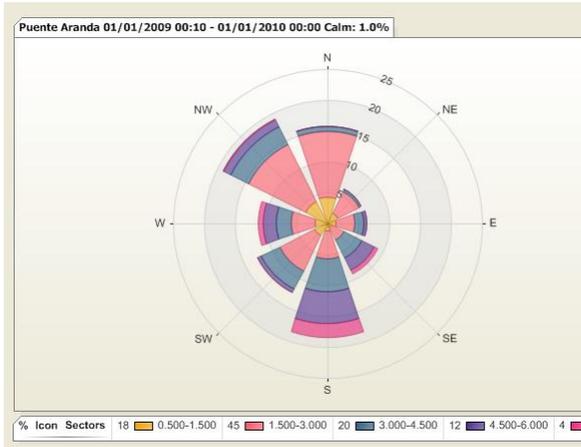


Figura 74. Rosa de Vientos para la estación No. 13 Puente Aranda

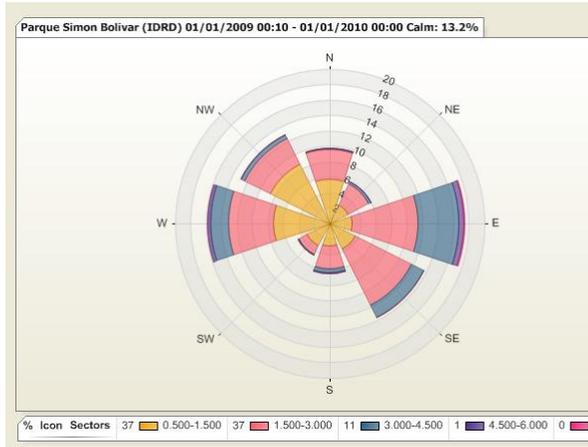


Figura 75. Rosa de Vientos para la estación No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD)

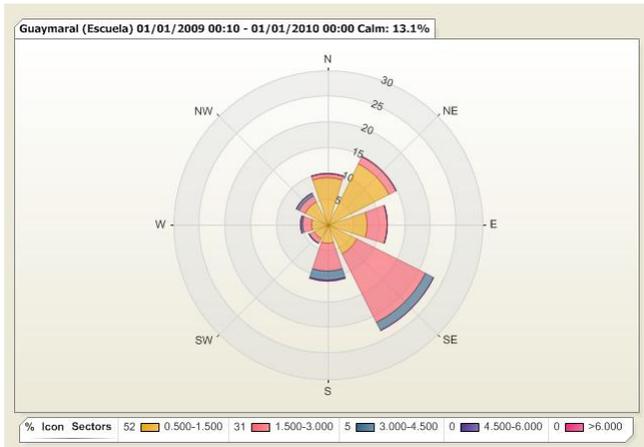


Figura 76. Rosa de Vientos para la estación No. 8 Guaymaral (Escuela)

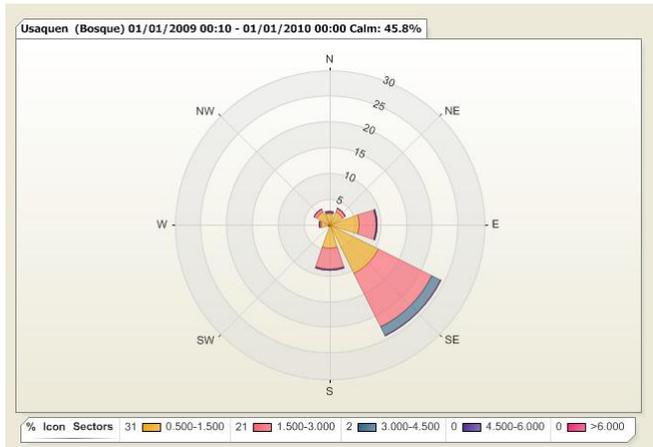


Figura 77. Rosa de Vientos para la estación No. 1 Usaquén (Bosque)

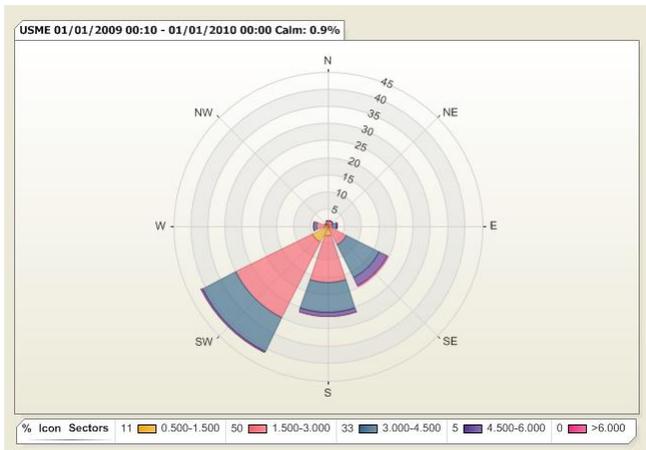


Figura 78. Rosa de Vientos para la estación No. 15 Usme

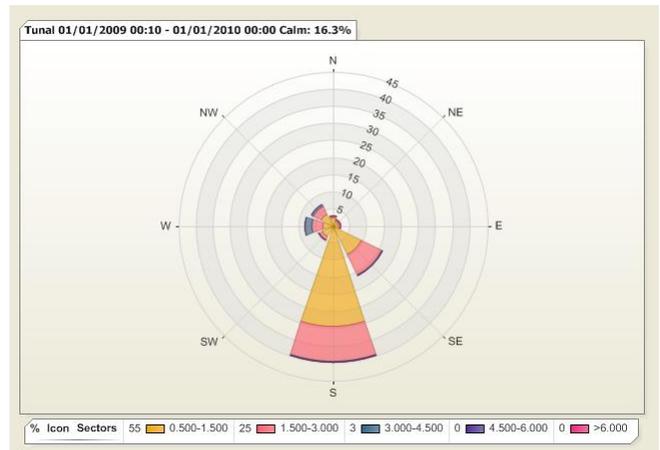


Figura 79. Rosa de Vientos para la estación No. 4 Tunal

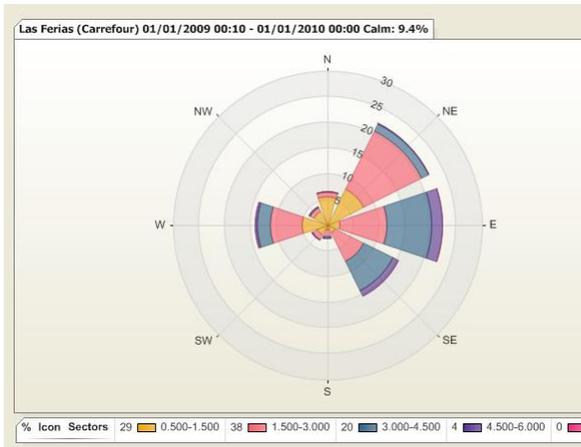


Figura 80. Rosa de Vientos para la estación No. 6 Las Ferias (Carrefour)

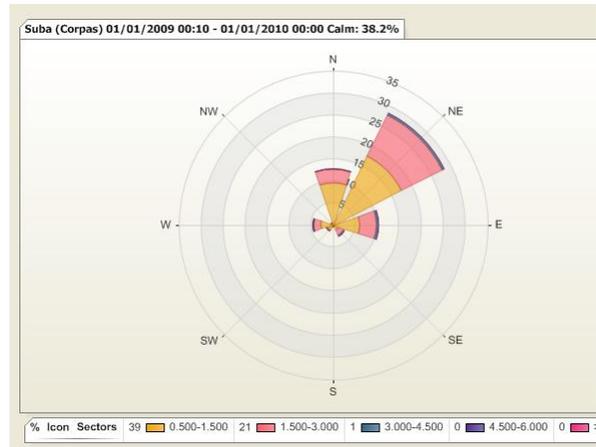


Figura 81. Rosa de Vientos para la estación No. 11 Suba (Corpas)

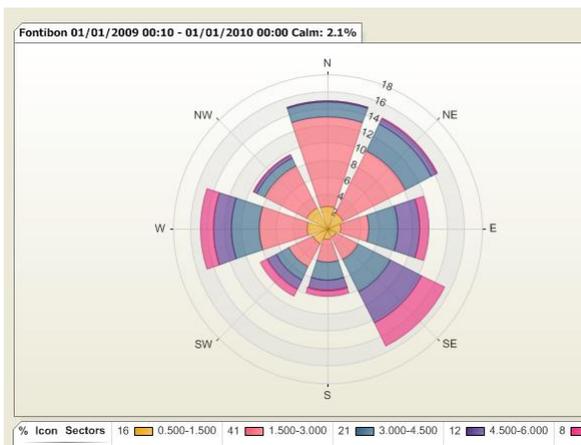


Figura 82. Rosa de Vientos para la estación No. 14 Fontibón

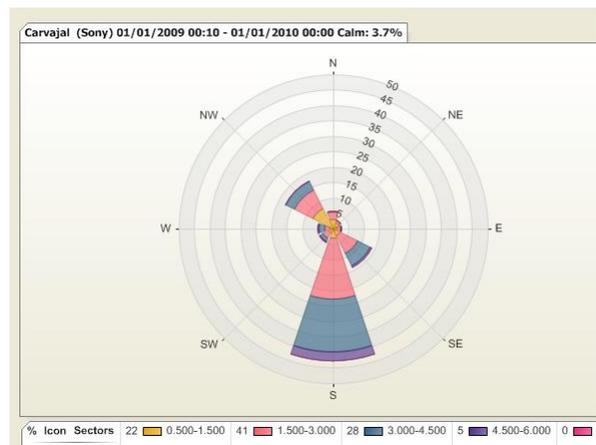


Figura 83. Rosa de Vientos para la estación No. 3 Carvajal (Sony)

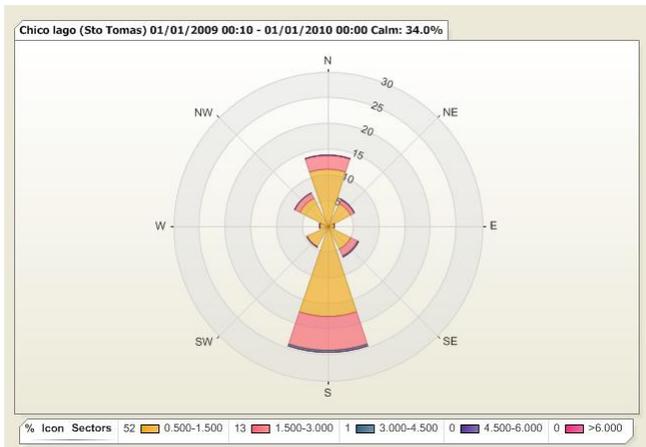


Figura 84. Rosa de Vientos para la estación No. 10 Chico Lago (Santo Tomas)

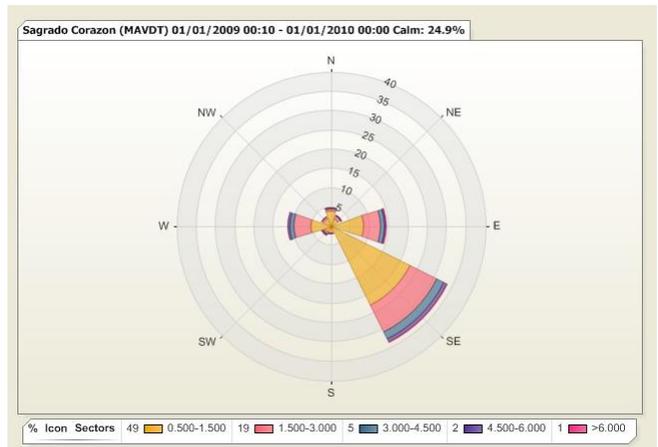


Figura 85. Rosa de Vientos para la estación No 2 Sagrado Corazón (MAVDT)

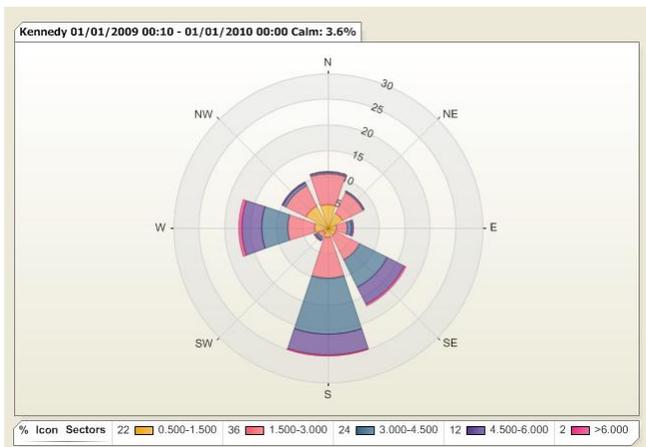


Figura 86. Rosa de Vientos para la estación No. 9 Kennedy

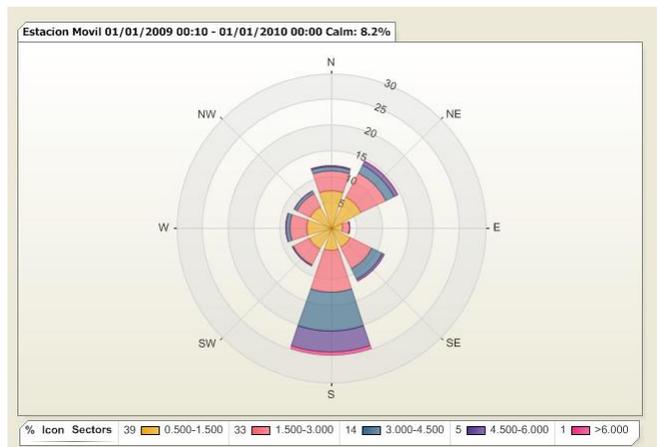


Figura 87. Rosa de Vientos para la estación No 12 Estación Móvil

ANEXO 4. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 45. Escala de precipitación

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

Tabla 46. Escala de velocidad del viento – Beaufort

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