



# INFORME ANUAL CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2011

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá  
RM CAB



Bogotá, D.C. 2012

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



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

**Margarita Flores**  
Secretaría Distrital de Ambiente

**Milton Rengifo Hernández**  
Subsecretaría Distrital de Ambiente

**Julio César Pulido Puerto**  
Director Control Ambiental

**Edgar Alberto Rojas**  
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

**Ernesto Romero Tobón**  
Coordinador de la RMCAB

**Giovana Constanza Saavedra Plazas**  
**Mayra Alejandra Lancheros Barragán**  
**Nicolás Cuadros Rubio**  
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

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

Secretaría Distrital de Ambiente  
– SDA –

© Abril de 2012, Colombia  
Informe Anual de la Red de Calidad de Aire de Bogotá D.C.

Año 2011.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

**BOGOTÁ**  
**HUANA**

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

**INFORME ANUAL 2011**

**2012**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	11
INTRODUCCIÓN.....	16
1. GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES .....	18
1.1. INFORMACIÓN SOBRE ESTACIONES Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN .....	18
1.1.1. ESTACIÓN USAQUÉN (BOSQUE) .....	18
1.1.2. SAGRADO CORAZÓN .....	18
1.1.3. ESTACIÓN CARVAJAL (SONY).....	19
1.1.4. ESTACIÓN TUNAL.....	19
1.1.5. ESTACIÓN PARQUE SIMÓN BOLÍVAR (IDRD) .....	20
1.1.6. ESTACIÓN LAS FERIAS (CARREFOUR).....	20
1.1.7. ESTACIÓN SAN CRISTÓBAL.....	21
1.1.8. ESTACIÓN GUAYMARAL (ESCUELA) .....	21
1.1.9. ESTACIÓN KENNEDY .....	22
1.1.10. ESTACIÓN SUBA (CORPAS).....	22
1.1.11. ESTACIÓN MÓVIL (ACTUAL UBICACIÓN) .....	23
1.1.12. ESTACIÓN PUENTE ARANDA.....	23
1.1.13. ESTACIÓN FONTIBÓN.....	24
1.1.14. ESTACIÓN USME.....	24
1.1.15. ESTACIÓN VITELMA .....	24
2. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO .....	25
2.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS .....	25
2.1.1. ESTACIÓN .....	25
2.1.2. PARÁMETRO .....	26
2.2. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS.....	26
2.2.1. ESTACIÓN .....	26
2.2.2. PARÁMETRO .....	27
3. CALIDAD DEL AIRE .....	29
3.1. MATERIAL PARTICULADO – MP o PM (PARTICULATE MATTER).....	30
3.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM <sub>10</sub> .....	30
3.1.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM <sub>2.5</sub> .....	42
3.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST .....	46
3.2. GASES CONTAMINANTES.....	51
3.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO <sub>2</sub> .....	52
3.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO <sub>2</sub> .....	59
3.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO .....	66

3.2.4.	COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O <sub>3</sub> .....	72
3.3.	SÍNTESIS DE RESULTADOS .....	80
3.4.	ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE.....	96
3.4.1.	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA MATERIAL PARTICULADO.....	99
3.4.2.	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA OZONO (O <sub>3</sub> ).....	105
3.4.3.	ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>2</sub> ), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> ) Y MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	108
4.	METEOROLOGÍA .....	109
4.1.	PRECIPITACIÓN .....	110
4.2.	VIENTOS .....	124
4.3.	TEMPERATURA SUPERFICIAL .....	143
3.3.	RADIACIÓN SOLAR .....	153
4.4.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA .....	156
4.5.	HUMEDAD RELATIVA .....	158
	GLOSARIO.....	163
	ANEXOS .....	170

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PM <sub>10</sub> DURANTE EL 2011 .....	13
<b>FIGURA 2.</b> EPISODIO DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN PM <sub>10</sub> DURANTE EL AÑO 2011. PROMEDIO DIARIO. ....	13
<b>FIGURA 3.</b> DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD AÑO 2011 .....	14
<b>FIGURA 4.</b> FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MADRUGADA –2011. ....	15
<b>FIGURA 5.</b> FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA –2011.....	15
<b>FIGURA 6.</b> FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA TARDE –2011. ....	15
<b>FIGURA 7.</b> FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA NOCHE –2011. ....	15
<b>FIGURA 8.</b> GRÁFICA DE PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS POR ESTACIÓN – 2011. ....	25
<b>FIGURA 9.</b> GRÁFICA DE PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS POR PARÁMETRO – 2011.....	26
<b>FIGURA 10.</b> GRÁFICA DE PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS POR ESTACIÓN – 2011. ....	27
<b>FIGURA 11.</b> GRÁFICA DE PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS POR PARÁMETRO – 2011.....	28
<b>FIGURA 12.</b> CONCENTRACIONES DE PM <sub>10</sub> PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011. ....	31
<b>FIGURA 13.</b> PROMEDIOS MENSUALES POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	33
<b>FIGURA 14.</b> INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM <sub>10</sub> DURANTE EL 2011.....	34
<b>FIGURA 15.</b> INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM <sub>10</sub> DURANTE EL 2011.....	35
<b>FIGURA 16.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>10</sub> 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES. ....	36
<b>FIGURA 17.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>10</sub> 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES. ....	37
<b>FIGURA 18.</b> PROMEDIOS ANUALES (µg/m <sup>3</sup> ), POR ESTACIÓN, AÑO 2011. ....	38
<b>FIGURA 19.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.....	40
<b>FIGURA 20.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>10</sub> 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO 2011 CON AÑOS ANTERIORES .....	41
<b>FIGURA 21.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>10</sub> 24 HORAS POR AÑOS. ....	42
<b>FIGURA 22.</b> CONCENTRACIONES DE PM <sub>2.5</sub> 24 HORAS DURANTE EL 2011.....	43
<b>FIGURA 23.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>2.5</sub> POR DÍAS DE LA SEMANA (SOBRE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2011.....	44
<b>FIGURA 24.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>2.5</sub> POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS), DESDE 2009 HASTA 2011.....	45
<b>FIGURA 25.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM <sub>2.5</sub> . ....	46
<b>FIGURA 26.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM <sub>2.5</sub> 24 HORAS POR AÑO, DESDE 2009 HASTA 2011.....	46
<b>FIGURA 27.</b> CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2011. ....	47
<b>FIGURA 28.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST POR DÍAS DE LA SEMANA (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES. ....	48
<b>FIGURA 29.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST POR MESES (DESDE BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.....	49
<b>FIGURA 30.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PST EN EL 2011 EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL. ....	50
<b>FIGURA 31.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.....	50
<b>FIGURA 32.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR AÑOS, DESDE 2005 HASTA 2011.....	51
<b>FIGURA 33.</b> CONCENTRACIÓN DE SO <sub>2</sub> PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.....	53
<b>FIGURA 34.</b> CONCENTRACIÓN DE SO <sub>2</sub> PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.....	54
<b>FIGURA 35.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO <sub>2</sub> POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO EL AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES. ....	55
<b>FIGURA 36.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO <sub>2</sub> 24 HORAS, POR MESES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES. ....	56
<b>FIGURA 37.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO <sub>2</sub> PARA EL 2011.....	57
<b>FIGURA 38.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO <sub>2</sub> 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.....	58
<b>FIGURA 39.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO <sub>2</sub> 24 HORAS POR AÑOS.....	59
<b>FIGURA 40.</b> CONCENTRACIÓN HORARIA DE NO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.....	60
<b>FIGURA 41.</b> CONCENTRACIÓN DE NO <sub>2</sub> 24 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	61
<b>FIGURA 42.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO <sub>2</sub> POR DÍAS DE LA SEMANA (BASE 24 HORAS) COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES .....	62

<b>FIGURA 43.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO <sub>2</sub> 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	63
<b>FIGURA 44.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.	64
<b>FIGURA 45.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO <sub>2</sub> POR ESTACIONES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES (BASE 24 HORAS).	65
<b>FIGURA 46.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO <sub>2</sub> 24 HORAS POR AÑOS.	66
<b>FIGURA 47.</b> CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS HORARIAS DE CO DURANTE EL 2011.	67
<b>FIGURA 48.</b> CONCENTRACIÓN MÁXIMA Y MEDIA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.	68
<b>FIGURA 49.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	69
<b>FIGURA 50.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR MESES COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	70
<b>FIGURA 51.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES, COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	71
<b>FIGURA 52.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR AÑOS, DESDE 2006 HASTA 2011.	71
<b>FIGURA 53.</b> CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA HORARIA DE O <sub>3</sub> POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.	73
<b>FIGURA 54.</b> CONCENTRACIÓN MEDIA Y MÁXIMA DE O <sub>3</sub> PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2011.	74
<b>FIGURA 55.</b> EPISODIO DE CONTAMINACIÓN DE O <sub>3</sub> , EN PPB, PROMEDIO 8 HORAS, 2011.	75
<b>FIGURA 56.</b> CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE OZONO EN PPB, AÑO 2011, BASADO EN PROMEDIOS DIARIOS.	76
<b>FIGURA 57.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O <sub>3</sub> 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA, COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	77
<b>FIGURA 58.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O <sub>3</sub> PROMEDIO MENSUAL (DESDE BASE DIARIA) COMPARANDO AÑO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	78
<b>FIGURA 59.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O <sub>3</sub> PROMEDIOS ANUALES (DESDE BASE DIARIO) POR ESTACIONES COMPARANDO 2011 CON AÑOS ANTERIORES.	79
<b>FIGURA 60.</b> GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA O <sub>3</sub> PROMEDIO ARITMÉTICO DE LAS ESTACIONES (DESDE BASE DIARIA).	80
<b>FIGURA 62.</b> ICA POR ESTACIÓN PARA PM <sub>10</sub> – 2011. ESTACIONES DEL CENTRO, SUR, NORTE Y NOROCCIDENTE DE LA CIUDAD.	100
<b>FIGURA 63.</b> ICA POR ESTACIÓN PARA PM <sub>10</sub> – 2011. ESTACIONES DEL SUROCCIDENTE DE LA CIUDAD.	101
<b>FIGURA 64.</b> ICA PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN Y CATEGORÍA – 2011. SECTOR SUROCCIDENTAL DE LA CIUDAD.	102
<b>FIGURA 65.</b> ICA PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN Y CATEGORÍA – 2011. SECTORES DIFERENTES AL SUROCCIDENTE DE LA CIUDAD.	102
<b>FIGURA 66.</b> CLASIFICACIÓN ICA PM <sub>10</sub> – COMPARACIÓN ENTRE LOS AÑOS 2010 Y 2011.	103
<b>FIGURA 67.</b> ICA POR ESTACIÓN PARA PM <sub>2,5</sub> – 2011. ESTACIONES DEL SUROCCIDENTE DE LA CIUDAD.	104
<b>FIGURA 68.</b> CLASIFICACIÓN ICA PARA PM <sub>2,5</sub> – COMPARACIÓN 2010 Y 2011.	105
<b>FIGURA 69.</b> CLASIFICACIÓN ICA PARA OZONO (O <sub>3</sub> ) – AÑO 2011.	106
<b>FIGURA 70.</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN Y CATEGORÍA – 2011.	107
<b>FIGURA 71.</b> ESQUEMATIZACIÓN HORA-MES DE LA PRECIPITACIÓN EN LA ESTACIÓN DEL AEROPUERTO EL DORADO EN BOGOTÁ. FUENTE: IDEAM.	110
<b>FIGURA 72.</b> COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DEL NIÑO REGIÓN 3.4. FUENTE IRI.	111
<b>FIGURA 73.</b> SERIE DE TIEMPO DE LAS PRECIPITACIONES PROMEDIO EN ESCALA MENSUAL DESDE AGOSTO DE 1997 HASTA SEPTIEMBRE DE 2011 PARA LAS ESTACIONES EN FUNCIONAMIENTO DE LA RMCAB.	112
<b>FIGURA 74.</b> SERIE DE TIEMPO DE PRECIPITACIÓN PARA 2011.	112
<b>FIGURA 75.</b> ACUMULADO PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN DE LA RMCAB DEL PERIODO 1998 – 2010. COMPARADA CON EL REGISTRO PROMEDIO DE 2011.	113
<b>FIGURA 76.</b> ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE LA RMCA EN EL TERCER TRIMESTRE DESDE 1998 HASTA 2011.	114
<b>FIGURA 77.</b> DÍAS DE PRECIPITACIÓN MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998-2010 COMPARADA CON EL PROMEDIO PARA LOS MESES DEL AÑO 2011.	115
<b>FIGURA 78.</b> PROMEDIO DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN ANUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 HASTA 2011.	115
<b>FIGURA 79.</b> ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN ANUAL DESDE 1998 – 2011 PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	116
<b>FIGURA 80.</b> ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE CADA ESTACIÓN EN LOS TRIMESTRE DE 1998-2011.	117
<b>FIGURA 81.</b> DÍAS DE PRECIPITACIÓN DE CADA TRIMESTRE DE 1998-2011.	118
<b>FIGURA 82.</b> ACUMULADOS HORARIOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL 2011 Y SU COMPARACIÓN CON EL PROMEDIO 1998 – 2010.	118
<b>FIGURA 83.</b> PRECIPITACIÓN ACUMULADA HORARIA PROMEDIO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	119
<b>FIGURA 84.</b> PRECIPITACIÓN ACUMULADA HORARIA PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.	121
<b>FIGURA 85.</b> MAPA DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RED PARA 2011.	122

<b>FIGURA 86.</b> MAPAS DE ACUMULADO DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA 2011.....	124
<b>FIGURA 87.</b> SERIE DE TIEMPO EN RESOLUCIÓN MENSUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL PROMEDIO DE LAS ESTACIONES ACTIVAS DE LA RMCAB.....	125
<b>FIGURA 88.</b> SERIE DE TIEMPO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO HORARIA PARA EL TERCER TRIMESTRE DE 2011 EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. ....	126
<b>FIGURA 89.</b> FRECUENCIAS DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2011 Y SU COMPARACIÓN CON EL MISMO PERIODO EN EL PROMEDIO 1998 – 2010. ....	131
<b>FIGURA 90.</b> ROSA DE LOS VIENTOS Y PORCENTAJE DE FRECUENCIAS DE DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	135
<b>FIGURA 91.</b> VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA EN 2011. ....	136
<b>FIGURA 92.</b> VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO DE BOGOTÁ PARA EL 2011 .....	137
<b>FIGURA 93.</b> PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA DISTINTAS HORAS EN EL 2011.....	138
<b>FIGURA 94.</b> PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS 1-6 HORAS DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2011.....	139
<b>FIGURA 95.</b> PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS 7-12 HORAS DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2011.....	140
<b>FIGURA 96.</b> PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS 13-18 HORAS DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2011.....	141
<b>FIGURA 97.</b> PROMEDIO DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA LAS 18-24 HORAS DE LOS CUATRO TRIMESTRES DE 2011.....	142
<b>FIGURA 98.</b> GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 1998 – 2010 Y SU COMPARACIÓN CON EL 2011. ....	143
<b>FIGURA 99.</b> GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 1998 – 2011. ....	144
<b>FIGURA 100.</b> COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL .....	145
<b>FIGURA 101.</b> GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PARA CADA HORA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL TERCER TRIMESTRE DE 2011. ....	146
<b>FIGURA 102.</b> GRÁFICA DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS TRES TRIMESTRES PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL 2011. ....	148
<b>FIGURA 103.</b> MAPA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL TERCER TRIMESTRE DE 2011.....	149
<b>FIGURA 104.</b> TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL EN 2011. ....	151
<b>FIGURA 105.</b> TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. ....	152
<b>FIGURA 106.</b> DELTA DE TEMPERATURA ENTRE 2 Y 20 M EN LA ESTACIÓN DE GUAYMARAL PARA LOS TRES PRIMEROS TRIMESTRES DE 2011.....	152
<b>FIGURA 107.</b> GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2006 – 2010 Y SU COMPARACIÓN HASTA AGOSTO DE 2011. ....	154
<b>FIGURA 108.</b> GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL HORARIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL 2011 Y EL PROMEDIO 2002 – 2010. ....	155
<b>FIGURA 109.</b> GRÁFICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PARA CADA HORA EN EL AÑO 2011 DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2011.....	155
<b>FIGURA 110.</b> SERIE DE PRESIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2011. ....	157
<b>FIGURA 111.</b> GRÁFICA DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA PARA CADA HORA EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB PARA EL AÑO 2011.....	157
<b>FIGURA 112.</b> PRESIÓN ATMOSFÉRICA MENSUAL DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB. ....	158
<b>FIGURA 113.</b> COMPARACIÓN DE LA PRESIÓN EN LOS TRIMESTRES DESDE 2008.....	158
<b>FIGURA 114.</b> SERIE DE HUMEDAD RELATIVA PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB - 2011. ....	159
<b>FIGURA 115.</b> HUMEDAD RELATIVA MENSUAL MEDIA DEL PERIODO 1997 – 2009 Y SU COMPARACIÓN CON 2011.....	159
<b>FIGURA 116.</b> HUMEDAD RELATIVA TRIMESTRAL EN EL PERIODO 2006-2011.....	160
<b>FIGURA 117.</b> PROMEDIO HORARIO DE LA HUMEDAD EN EL PERIODO 1997-2010 Y SU COMPARACIÓN CON EL AÑO 2011. ....	161
<b>FIGURA 118.</b> GRÁFICA DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA CADA HORA EN 2011. ....	162
<b>FIGURA 119.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB, SENSORES METEOROLÓGICOS. ....	171
<b>FIGURA 120.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB Y ANALIZADORES DE CONTAMINANTES.....	172

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE EllAS.....	29
<b>TABLA 2.</b> RESUMEN DE DATOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	32
<b>TABLA 3.</b> MEDIANA DE LAS ESTACIONES QUE MONITOREAN EL CONTAMINANTE PM <sub>10</sub> POR DÍA COMPARANDO DISTINTOS AÑOS.....	36
<b>TABLA 4.</b> MEDIANA DE LAS ESTACIONES QUE MONITOREAN EL CONTAMINANTE PM <sub>10</sub> POR MES COMPARANDO DISTINTOS AÑOS.....	37
<b>TABLA 5.</b> RESUMEN DE PROMEDIOS Y MÁXIMOS ANUALES PM <sub>10</sub> POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	39
<b>TABLA 6.</b> CONCENTRACIONES DE PM <sub>10</sub> PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO. <sup>5</sup> .....	40
<b>TABLA 7.</b> CONCENTRACIONES DE PM <sub>10</sub> PROMEDIOS 24 HORAS. <sup>5</sup> .....	42
<b>TABLA 8.</b> RESUMEN DE DATOS 24 HORAS DE PM <sub>2.5</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	43
<b>TABLA 9.</b> RESUMEN DE DATOS ANUALES DE PM <sub>2.5</sub> POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	45
<b>TABLA 10.</b> RESUMEN DE DATOS ANUALES DE PST PARA EL 2011.....	49
<b>TABLA 11.</b> RESUMEN DE DATOS DE SO <sub>2</sub> 3 HORAS POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	53
<b>TABLA 12.</b> RESUMEN DE PROMEDIOS 24 HORAS DE SO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	54
<b>TABLA 14.</b> RESUMEN DE PROMEDIOS ANUALES DE SO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN PARA EL 2011.....	57
<b>TABLA 15.</b> CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO <sub>2</sub> CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.....	57
<b>TABLA 16.</b> RESUMEN DE DATOS HORARIOS DE NO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	60
<b>TABLA 17.</b> RESUMEN DE DATOS 24 HORAS DE NO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	61
<b>TABLA 18.</b> RESUMEN DE DATOS ANUALES DE NO <sub>2</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	63
<b>TABLA 19.</b> CONCENTRACIONES DE NO <sub>2</sub> – PROMEDIOS ANUALES, CALCULADO A 31 DE DICIEMBRE DE 2011.....	64
<b>TABLA 20.</b> RESUMEN DE DATOS HORARIOS DE CO POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	67
<b>TABLA 21.</b> RESUMEN DE DATOS DE CO POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	68
<b>TABLA 22.</b> RESUMEN DE DATOS DE O <sub>3</sub> POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2011.....	72
<b>TABLA 23.</b> PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O <sub>3</sub> PARA 8 HORAS DURANTE EL 2011.....	73
<b>TABLA 24.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM <sub>10</sub> ), AÑO 2011.....	82
<b>TABLA 25.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM <sub>10</sub> ), AÑO 2011.....	83
<b>TABLA 26.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM <sub>2.5</sub> ), AÑO 2011.....	84
<b>TABLA 27.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM <sub>2.5</sub> ), AÑO 2011.....	84
<b>TABLA 28.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2011.....	85
<b>TABLA 29.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST), AÑO 2011.....	85
<b>TABLA 30.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO <sub>2</sub> PARA 3 HORAS, AÑO 2011.....	86
<b>TABLA 31.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO <sub>2</sub> PARA 24 HORAS, AÑO 2011.....	87
<b>TABLA 32.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO <sub>2</sub> , AÑO 2011.....	88
<b>TABLA 33.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO <sub>2</sub> , AÑO 2011.....	89
<b>TABLA 34.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO <sub>2</sub> PARA 24 HORAS, AÑO 2011.....	90
<b>TABLA 35.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO <sub>2</sub> ANUALES, AÑO 2011.....	91
<b>TABLA 36.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO, AÑO 2011.....	92
<b>TABLA 37.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS, AÑO 2011.....	93
<b>TABLA 38.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O <sub>3</sub> , AÑO 2011.....	94
<b>TABLA 39.</b> CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O <sub>3</sub> PARA 8 HORAS, AÑO 2011.....	95
<b>TABLA 40.</b> ÍNDICE DE CALIDAD DE AIRE POR CATEGORÍAS. FUENTE SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD (2009).....	96
<b>TABLA 41.</b> PUNTOS DE CORTE DEL ICA. FUENTE EPA.....	98
<b>TABLA 42.</b> ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE EllAS.....	109
<b>TABLA 43.</b> VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO 2011 COMPARADA CON EL PERIODO 1998 – 2010.....	113
<b>TABLA 44.</b> VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS DÍAS DE PRECIPITACIÓN PARA EL 2011 COMPARADA CON EL PERIODO 1998– 2010.....	114
<b>TABLA 45.</b> ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 HASTA 2011 Y SU RESPECTIVO ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN.....	116

<b>TABLA 46.</b> DÍAS DE LLUVIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB DESDE 1998 – 2011 .....	117
<b>TABLA 47.</b> VELOCIDADES DE VIENTO MENSUALES PROMEDIO ENTRE LAS 1 – 6, 7 – 12, 13 – 18 Y 19 – 24 HORAS EN 2011 .....	126
<b>TABLA 48.</b> VALORES MÁXIMOS ABSOLUTOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO PARA LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	128
<b>TABLA 49.</b> VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA TEMPERATURA MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ EN EL AÑO 2011 .....	144
<b>TABLA 50.</b> PROMEDIOS DE TEMPERATURA MEDIA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN EL PERIODO 2002-2011.....	145
<b>TABLA 51.</b> TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN 2011 Y SU PROMEDIO.....	146
<b>TABLA 52.</b> TEMPERATURAS MÍNIMAS REGISTRADAS POR LA RMCAB EN 2011 Y SU PROMEDIO.....	147
<b>TABLA 53.</b> AMPLITUD TÉRMICA DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB EN 2011. ....	147
<b>TABLA 54.</b> VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MENSUAL PROMEDIO DE BOGOTÁ EN 2011.....	154
<b>TABLA 55.</b> PORCENTAJE DE VARIACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA CON RESPECTO A LOS PROMEDIOS DE LOS MESES HISTÓRICOS .....	160
<b>TABLA 56.</b> NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE .....	173
<b>TABLA 57.</b> ESCALA DE PRECIPITACIÓN .....	174
<b>TABLA 58.</b> ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT .....	174

## RESUMEN

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de la ciudad dados por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y la Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)<sup>1</sup>. 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<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PST), de gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>) y los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de viento, temperatura, radiación solar y humedad relativa. De éstas estaciones 3 interrumpieron el registro, la estación de Chico Lago por demolición del edificio de la Universidad Santo Tomás a partir del 14 de octubre de 2010, la estación Vitelma a partir del 25/10/2011 se desmontó por restructuración de la RMCAB, y la estación Usme a partir del 12/04/2011 debido a que varios de los equipos fueron hurtados. La estación Sagrado Corazón había interrumpido su servicio por modificación de la terraza donde estaba ubicada desde el 6 de julio de 2010, y en septiembre de 2011 fue nuevamente emplazada en el sitio.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM<sub>10</sub>, las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O<sub>3</sub>), 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<sub>2.5</sub>), que se mide en cinco estaciones, pero que para el presente documento sólo se reportará para la estación de Kennedy. Para este último parámetro empezó a regir la norma nacional a partir del 1 de enero de 2011.

Los demás contaminantes (CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>) están presentes en concentraciones bajas y no representan riesgo para la salud de la población. El comportamiento de la concentración de hidrocarburos metánicos y no metánicos durante el 2011 se presentó en el Informe del Tercer Trimestre, publicado en la página web de la RMCAB.

En cuanto al PM<sub>10</sub>, durante el 2011 las concentraciones de éste contaminante mostraron una disminución en comparación con el 2010. Las estaciones que presentaron mayores niveles de este contaminante durante el año fueron Carvajal y Kennedy, y las que presentaron los menores niveles Guaymaral y Parque Simón Bolívar.

El PM<sub>10</sub> se monitoreó en 13 estaciones, pero durante el año los equipos de Sagrado Corazón y Usaquén no acumularon suficiente cantidad de datos, y no cuentan con representatividad. Las estaciones Zona Industrial - Estación Móvil (sector centro), Fontibón, Puente Aranda, Carvajal, Kennedy (sector suroccidental), Tunal y San Cristóbal (sector sur) registraron datos de concentración por encima de la norma 24 horas, establecida en 100 µg/m<sup>3</sup>.

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

En cuanto al promedio anual de  $PM_{10}$ , éste superó la norma anual ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en las estaciones No. 11 Suba, No. 12 Zona Industrial - Estación Móvil, No. 14 Fontibón, No. 13 Puente Aranda, No. 9 Kennedy, No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal, como se aprecia en la Figura 1 y Figura 2. Es importante mencionar que la norma diaria de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  empezó a regir a partir del 2011.

Por otro lado, el PST contó con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal (Sector Suroccidental). Para esta estación se obtuvo un promedio anual de PST de  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , promedio que supera la norma anual ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para los promedios de 24 horas, se excedió una vez el valor de la norma,  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En cuanto a los gases contaminantes, se resalta que el  $SO_2$  nunca excedió los límites permisibles para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales y sigue consolidando un comportamiento caracterizado por la disminución.

El monitoreo del  $NO_2$  permitió establecer que las estaciones Las Ferias y Kennedy reportan las mayores concentraciones promedio (teniendo en cuenta las estaciones que alcanzan representatividad del 75%). Los promedios horarios, 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad.

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

Finalmente, para  $O_3$  en el 2011 se registraron concentraciones que superaron los límites máximos establecidos en la norma horaria y octohoraria. Las excedencias se presentaron en todas las estaciones que monitorearon este contaminante, exceptuando la estación Móvil (Zona Industrial), Carvajal y San Cristóbal. Es importante resaltar que los límites nacionales establecidos exceden los aceptados por agencias ambientales internacionales. Si se tiene en cuenta el límite previsto por la EPA para 8 horas, el número de excedencias baja de 561 a 25, lo cual se referirá por estación en el capítulo correspondiente.

Respecto a las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2011 la precipitación en la ciudad se registró en doce (12) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros y el registro es suficiente para el reporte anual. Los datos recolectados en cada una de las estaciones permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. En el mapa 3 el nivel de precipitación se divide en 17 clases partiendo como dato mínimo 650 mm y máximo 1250 mm. Los sectores en gris, principalmente al Oriente y Sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica, altura, entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación. Se puede observar los dos sectores con menos precipitación de la capital, la estación de Fontibón que abarca la localidad de su mismo nombre. Los mayores acumulados se encuentran en el sector Norte y Centro hacia Barrios Unidos y Norte de Teusaquillo además de algunos sectores de Usaquén y Suba, representados por la estación de Parque Simón Bolívar y Suba.

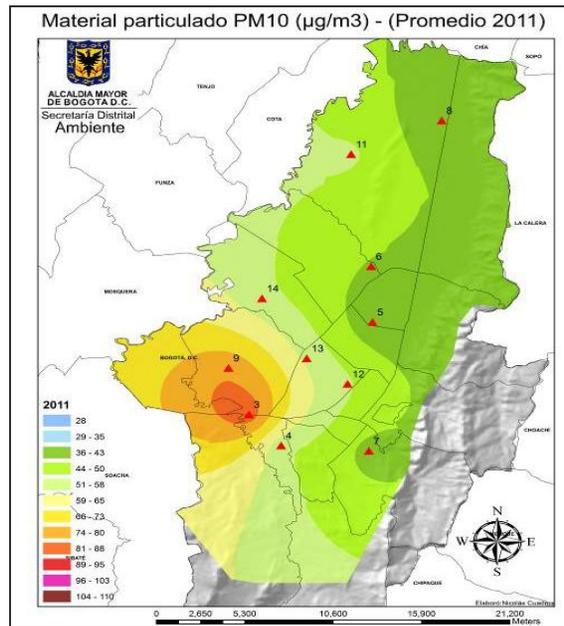


Figura 1. Distribución de la concentración promedio de PM<sub>10</sub> durante el 2011

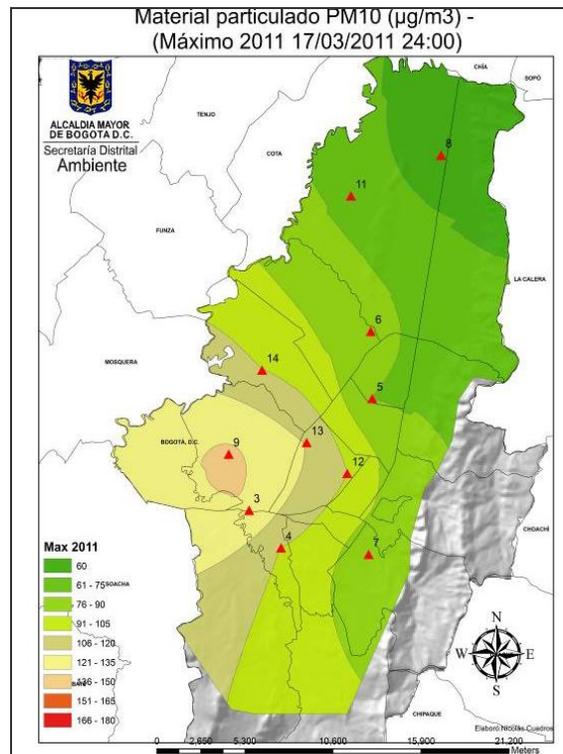


Figura 2. Episodio de máxima concentración PM<sub>10</sub> durante el año 2011. Promedio diario.

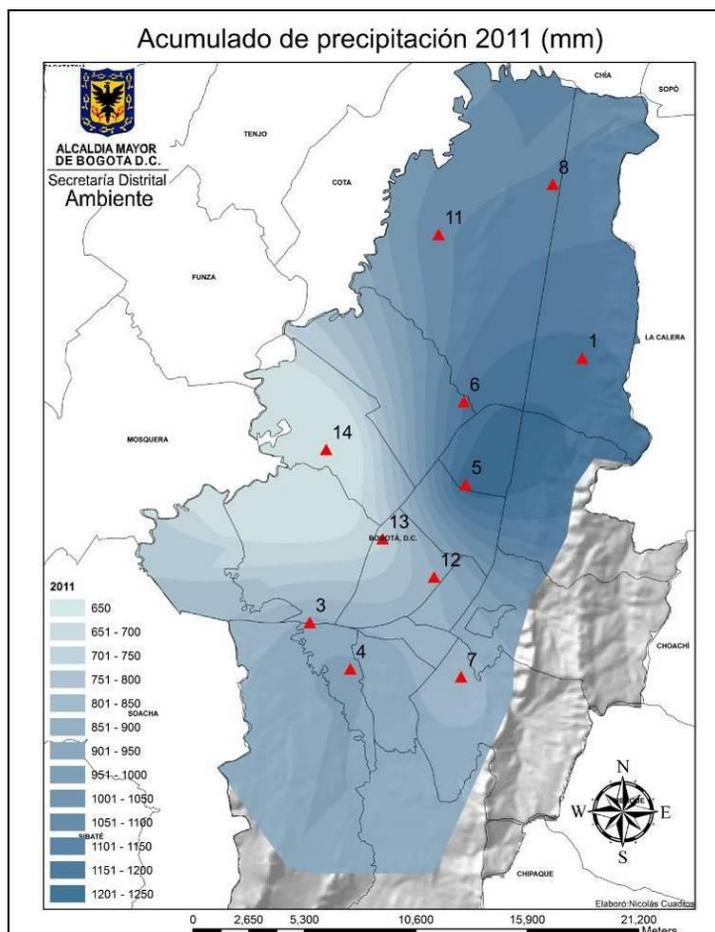


Figura 3. Distribución de las lluvias en la ciudad año 2011

En las Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se resume el comportamiento de los vientos para el año 2011. Durante todos los intervalos horarios en el sector sur los vientos predominantes provienen del sur y del este, el sector suroccidental presenta vientos provenientes en general del occidente y sur occidente (Sabana de Bogotá). En el norte, los vientos se presentaron en promedio en la mañana de occidente hacia oriente y de sur a norte, en las tardes la dirección predominante fue en dirección sur-norte, y en el noroccidente desde el noroccidente en la mañana y el occidente en las horas de la tarde, en la noche desde el nororiente.

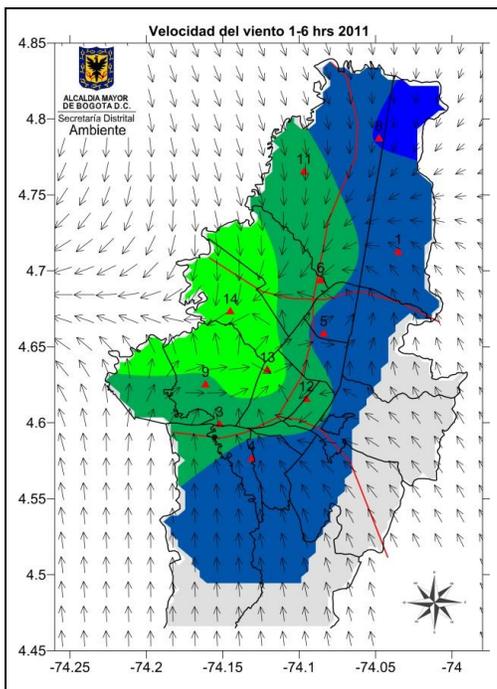


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la madrugada –2011.

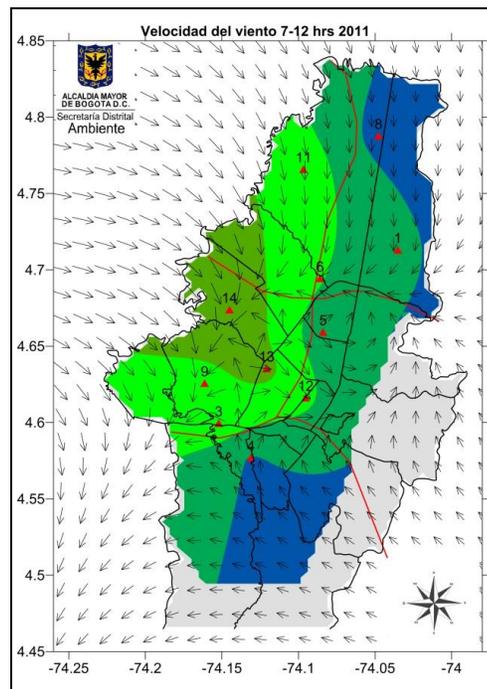


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la mañana –2011.

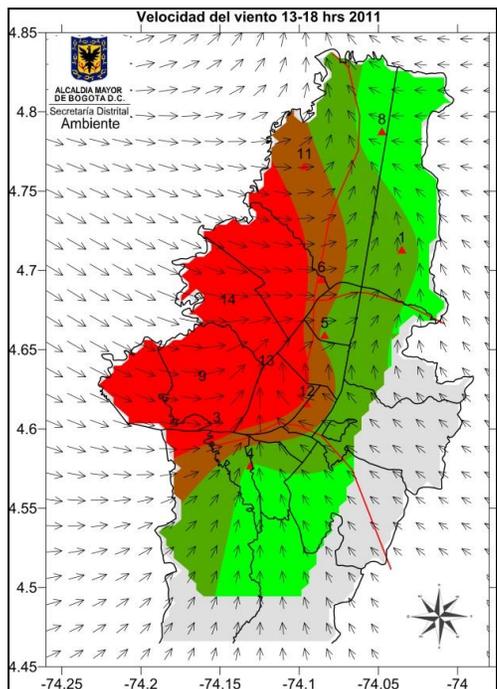


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante la tarde –2011.

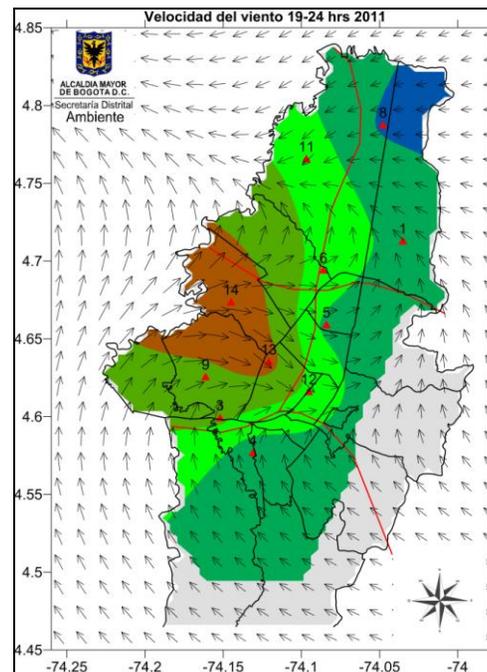


Figura 7. Flujo de vientos promedio durante la noche –2011.

## INTRODUCCIÓN

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

La RMCAB desde 2008 modernizó su estructura, que involucró el cambio de software de manejo de datos, el reemplazo de los equipos que tenían más de 10 años de funcionamiento, la instalación de nuevos equipos para ampliar el monitoreo de los contaminantes en los diferentes sitios de la ciudad y la adquisición de una unidad móvil que comenzó a operar en el mes de noviembre de 2008 en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud y para la cual se reportarán datos en el presente informe. Para el 2010 la RMCAB sumó 15 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>, PST, PM<sub>2.5</sub>), de gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

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

Para tener una idea del comportamiento que tienen los contaminantes, se hace un análisis exploratorio de los datos, una forma sencilla para observar si los valores que toman las variables son muy diferentes (medianas, *outliers*), tienen simetría, localización y como se distribuyen los datos, es con un gráfico de *Box-Plot*. En cada contaminante se presentarán tres distintos *Box-Plot* los cuales muestran el comportamiento entre los años 2005 al 2011 y días de la semana, meses y por último estaciones.

Para generar las bases de datos se tomó como criterio el porcentaje de datos por años; en el 2005 como mínimo se debe reportar el 70% de los datos para cada estación, en los años restantes se tomó como base el 75% (para el NO<sub>2</sub> en el 2011 se tomó como base 70% de representatividad).

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

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

# 1. GENERALIDADES DE LAS ESTACIONES

## 1.1. INFORMACIÓN SOBRE ESTACIONES Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN

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

### 1.1.1. ESTACIÓN USAQUÉN (BOSQUE)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		1 (estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Transversal 9 N° 133 – 95	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 4.70939	Longitud: -74.03199
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		Entorno de fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM <sub>2.5</sub>	Thermo Scientific FH62C14-DHS	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Ecotech 9811	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de infrarrojo
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Azotea	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		21.0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		23,0 m	

### 1.1.2. SAGRADO CORAZÓN

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		2 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Calle 37 No 8-40	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 4.62529	Longitud: -74.0724
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Ecotech 9811	Fotómetro UV no dispersivo
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>			
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		10.0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10.0 m	

### 1.1.3. ESTACIÓN CARVAJAL (SONY)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		3 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Autopista Sur N° 61 – 40	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 4.59580	Longitud: -74.14855
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		Industria	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PST	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Teledyne API 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Teledyne API 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Teledyne API 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Teledyne API 200E	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Azotea	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		10.0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10.0 m	

### 1.1.4. ESTACIÓN TUNAL

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		4 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 24 N° 49 – 86 Sur	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 4.57619	Longitud: -74.13093
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		Entorno de Fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM <sub>2.5</sub>	Thermo Scientific FH62C14-DHS	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Teledyne API 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Teledyne API 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Teledyne API 200E	Quimioluminiscencia
	Hydrocarburos	Thermo Scientific	
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.5. ESTACIÓN PARQUE SIMÓN BOLÍVAR (IDRD)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		5 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Calle 63 N° 47 – 06	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.39.30,5	Longitud: -74.05.02,3
<b>Tipo de Zona</b>		urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM <sub>2.5</sub>	Thermo Scientific FH62C14	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Ecotech EC 9830	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,6 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.6. ESTACIÓN LAS FERIAS (CARREFOUR)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		6 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Av. Calle 80 N° 69Q – 50 (antigua Calle 81 68 – 50)	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.41.37,0	Longitud: -74.05.09,5
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM <sub>2.5</sub>	Thermo Scientific FH62C14	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Ecotech ML9811	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Ecotech EC 9830	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Thermo Scientific	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Ecotech 9841	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.7. ESTACIÓN SAN CRISTÓBAL

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		7 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 2 este N° 12 – 78 sur	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.57.25	Longitud: -74.08.36
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.8. ESTACIÓN GUAYMARAL (ESCUELA)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		8 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		AV Carrera 45 N° 205 – 59 (antigua Autopista Norte Km. 13)	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.47.13,0	Longitud: -74.02.52,0
<b>Tipo de Zona</b>		Rural	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	NO <sub>2</sub>	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
	Hidrocarburos	Thermo Scientific	
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.9. ESTACIÓN KENNEDY

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		9 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 86 N° 40-55 sur	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.37.29,9	Longitud: -74.09.40,7
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	PM <sub>2,5</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	CO	Thermo Scientific 48i	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		7,0 m <sup>2</sup>	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.10. ESTACIÓN SUBA (CORPAS)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		11 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 111 N° 157 – 45 (Clínica Corpas AV. Corpas Km. 13)	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.45.54,4	Longitud: -74.05.48,4
<b>Tipo de Zona</b>		Suburbano	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Ecotech ML9811	Fotómetro UV no dispersivo
	SO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 42i	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Azotea	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		10,3 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		12,3 m	

<sup>2</sup> Se corrige este dato de la versión 1 del Informe Anual de 2011. Inicialmente la estación se encontraba en piso. La estación fue elevada por posible alteración del flujo de aire por el Coliseo cercano a la estación, La estación está ubicada en el parque Cayetano Cañizales.

### 1.1.11. ESTACIÓN MÓVIL (ACTUAL UBICACIÓN)

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		12 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 32 N° 12 – 81	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud:	Longitud: -
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		Entorno de fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Tapi 100E	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
<b>Hidrocarburos</b>		DANI	
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Patio	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		4,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10,0 m	

### 1.1.12. ESTACIÓN PUENTE ARANDA

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		13 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 65 N° 10 – 95	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.38.04,8	Longitud: -74.07.15,0
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Azotea	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		24,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		26,0 m	

### 1.1.13. ESTACIÓN FONTIBÓN

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		14 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carrera 96G N° 17B – 49 (antigua Carrera 95 N° 24 – 49)	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.40.23,1	Longitud: -74.08.42,2
<b>Tipo de Zona</b>		Urbana	
<b>Tipo de Estación</b>		De fondo	
<b>Equipos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Nombre</b>	<b>Principio Analítico</b>
	PM <sub>10</sub>	Met One Bam 1020	Atenuación Beta
	O <sub>3</sub>	Tapi 400E	Fotómetro UV no dispersivo
	CO	Tapi 300E	Absorción de Infrarrojo con filtro de gas
	SO <sub>2</sub>	Thermo Scientific 43i	Fluorescencia Pulsada
	NO <sub>2</sub>	Tapi 200E	Quimioluminiscencia
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Azotea	
<b>Altura del punto de toma de muestra</b>		14,0 m	
<b>Altura de meteorológicos</b>		16,0 m	

### 1.1.14. ESTACIÓN USME

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		15 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Carretera a Usme N° 16 – 71	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.29.87,8	Longitud: -74.07.58,1
<b>Tipo de Zona</b>		Rural	
<b>Tipo de Estación</b>		Meteorológica	
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona Verde	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10 m	

### 1.1.15. ESTACIÓN VITELMA

<b>Código Asignado a la estación en la RMCAB</b>		16 (Estación fija)	
<b>Tipo de SVCA</b>		Automática	
<b>Ubicación</b>		Calle 9 sur con Carrera 9 este	
<b>Coordenadas geográficas</b>		Latitud: 04.34.53,6	Longitud: -74.04.40,2
<b>Tipo de Zona</b>		Rural	
<b>Tipo de Estación</b>		Meteorológica	
<b>Localización del punto de toma de muestra</b>		Zona verde	
<b>Altura de meteorológicos</b>		10 m	

## 2. INDICADORES DE OPERACIÓN Y DESEMPEÑO

A continuación se presentan los indicadores de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá para el año 2011.

A lo largo del capítulo se podrá observar que no se registran datos en las estaciones de Sagrado Corazón (MAVDT) y Chico Lago (Santo Tomás), ya que la primera tiene baja representatividad debido a que empezó a operar a finales del mes de septiembre y la segunda se encuentra en proceso de traslado.

### 2.1. PORCENTAJE DE CAPTURA DE DATOS

#### 2.1.1. ESTACIÓN

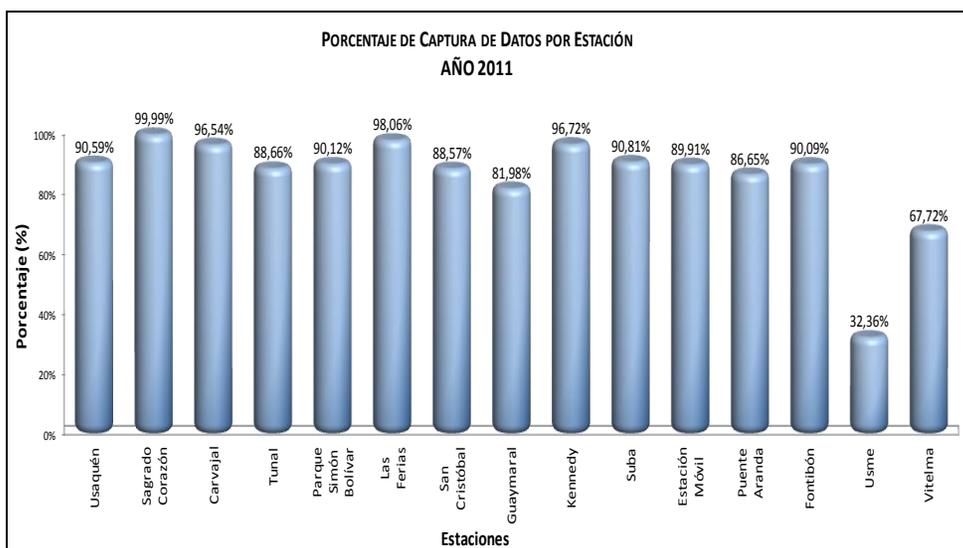


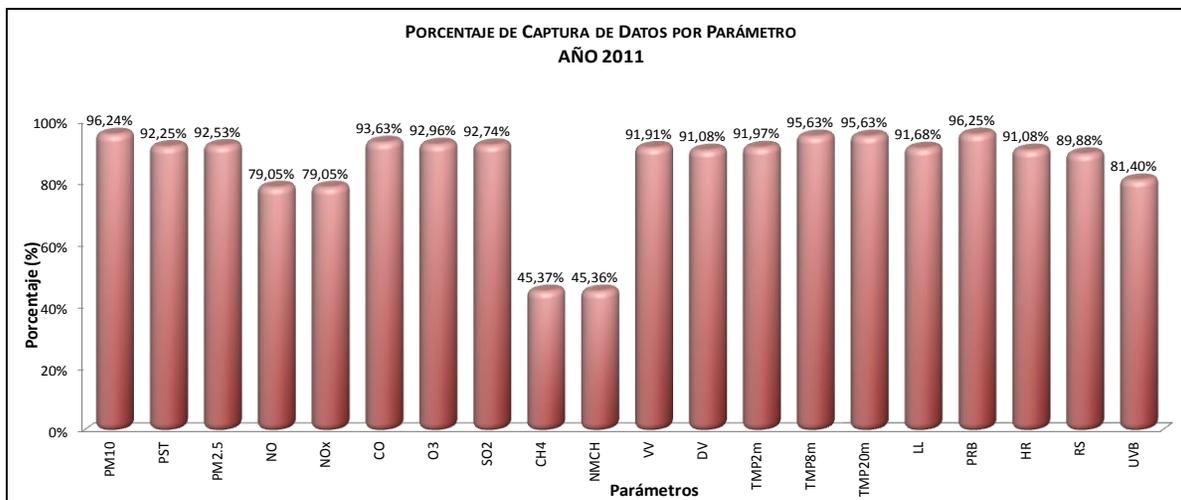
Figura 8. Gráfica de porcentaje de captura de datos por estación – 2011.

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

No se tuvieron en cuenta periodos en los que alguno de los equipos de la RMCAB estuvo fuera de servicio por circunstancias de fuerza mayor, que estaban fuera del alcance de la institución, como se reporta en los informes trimestrales del año.

En cuanto a la estación Usme, se puede apreciar una escasa captura de datos debido a fallas en el sistema de energía solar durante el principio de año y posteriormente tuvo que ser puesta fuera de operación debido a hurto de equipos en la estación.

## 2.1.2. PARÁMETRO



**Figura 9.** Gráfica de porcentaje de captura de datos por parámetro – 2011.

Como se aprecia en la figura anterior los porcentajes más bajos de recuperación de datos se tienen en los parámetros de CH<sub>4</sub>, NMCH, NO y NO<sub>x</sub>. Es de tener en cuenta que esto se debe a que se presentaron continuas fallas técnicas en estos equipos que obligaron a mantenerlos en estado apagado en varias estaciones, alterando de esta manera el porcentaje de captura de datos.

## 2.2. PORCENTAJE DE DATOS VÁLIDOS

### 2.2.1. ESTACIÓN

Para el año se logra un porcentaje de datos válidos del 78% a nivel general dentro de la RMCAB, sin tener en cuenta las estaciones de Sagrado Corazón y Chico Lago, así como los datos que no se pudieron registrar debido a las adecuaciones realizadas en la estación Kennedy, entre otras.

De las 15 estaciones que estuvieron en operación durante el 2011, 5 tuvieron porcentaje por debajo del 75%, debido a las siguientes razones.

- Guaymaral: Se encuentran en observación el analizador de hidrocarburos
- Usaquén: Durante cerca de la mitad del año los datos de PM<sub>10</sub> fueron puestos en observación teniendo en cuenta la diferencia de la serie de datos a partir del cambio del equipo de muestreo. Aún continúan en análisis. Adicionalmente se debe tener en cuenta que esta estación cuenta con un muestreador de PM<sub>2.5</sub>, cuyos datos se encuentran en observación.

- Parque Simón Bolívar: Los datos registrados por el equipo de PM<sub>2.5</sub> marca Thermo se encuentran en observación
- Estación Móvil (Zona Industrial): Porcentaje afectado principalmente por la puesta fuera de servicio del analizador de NO<sub>x</sub> por fallas técnicas. Los datos de hidrocarburos se encuentran en revisión.
- Tunal: Los datos registrados por el equipo de PM<sub>2.5</sub> marca Thermo se encuentran en observación, así como el analizador de hidrocarburos.
- Usme: Por fallas del panel solar
- Vitelma: Por continuas fallas técnicas del datalogger que obligaron a poner la estación durante largos periodos de tiempo fuera de servicio. Esta estación a finales del mes de octubre fue puesta fuera de operación por traslado.

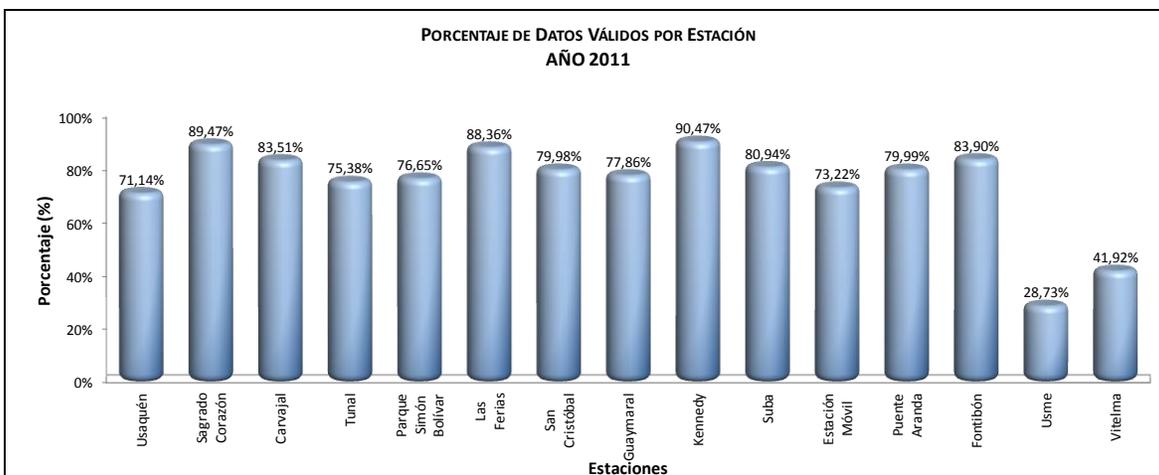
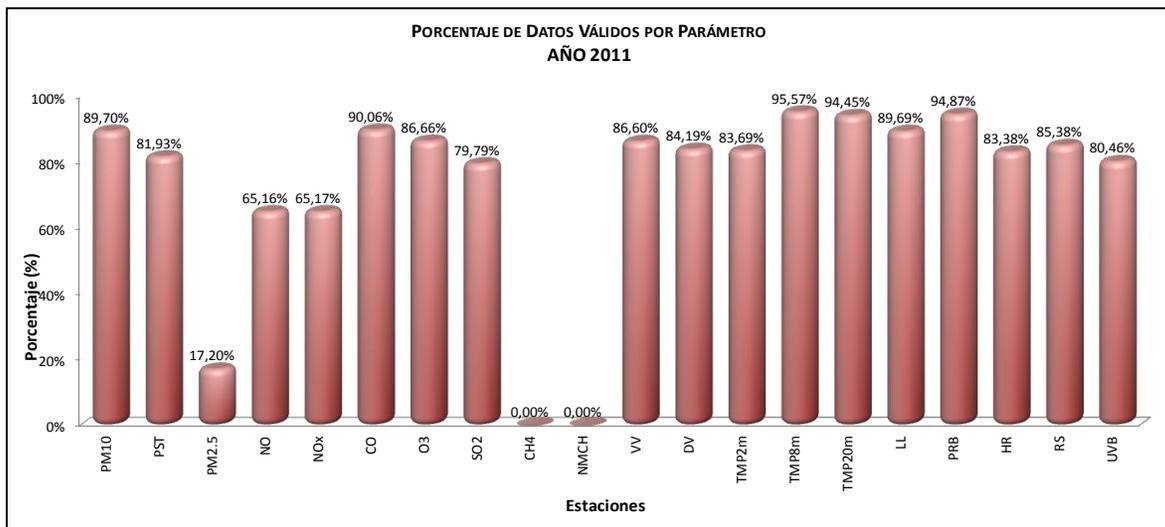


Figura 10. Gráfica de porcentaje de datos válidos por estación – 2011.

## 2.2.2. PARÁMETRO

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

- PM<sub>2.5</sub>: Los equipos de marca Thermo para este parámetro, con que cuenta la Red, se encuentran en observación por ello el porcentaje para este parámetro es bajo.
- CH<sub>4</sub> y NMCH: Como son series que se iniciaron recientemente los datos se encuentran en observación, por ello el porcentaje de datos válidos para este parámetro es 0.



**Figura 11.** Gráfica de porcentaje de datos válidos por parámetro – 2011.

### 3. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en tres secciones: la primera contiene el análisis del material particulado que incluye el PM<sub>10</sub>, el PST y el PM<sub>2.5</sub>, la segunda los gases contaminantes, el SO<sub>2</sub>, el NO<sub>2</sub>, el CO y el O<sub>3</sub> y la tercera el comportamiento del índice de calidad del aire. Para esto, la RMCAB durante el año 2011 contó con 13 estaciones que monitorearon las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PST) y de gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>) permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las trece estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

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

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

<sup>3</sup> La estación fue desmontada temporalmente a solicitud del MAVDT y reinició operación en septiembre de 2011. Para este último periodo del año en esta estación únicamente se monitoreó PM<sub>10</sub> y Ozono.

<sup>4</sup> La estación San Cristóbal empieza a operar en noviembre de 2010 para la medición de parámetros contaminantes

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

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

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

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, estableció los niveles máximos permisibles para PST y  $PM_{10}$ . 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. A partir de 2011 el periodo de 24 horas para  $PM_{10}$  se controlará con  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el anual con  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el caso de  $PM_{2.5}$  se toma como referencia los valores de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración anual y de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas.

#### 3.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE $PM_{10}$

La RMCAB contó con trece (13) estaciones para medir la concentración de  $PM_{10}$ , como se observa en la Tabla 1. Durante el año 2008 se cambiaron 8 equipos de  $PM_{10}$  marca *DASIBI* y *GBAM* por marca *MET ONE*, en el marco del proceso de modernización de la RMCAB; éstos equipos reemplazaron los existentes en las estaciones No. 8 Guaymaral, No. 5 Parque Simón Bolívar, No. 6 Las Ferias, No. 14 Fontibón, No. 13 Puente Aranda, No. 9 Kennedy ( $PM_{2.5}$ ), No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal.

El cambio de tecnología hizo que se registraran niveles de concentración de  $PM_{10}$  diferentes a los reportados históricos anteriores al primer semestre del año 2008, en las estaciones No 6 Las Ferias, No. 14 Fontibón, No. 13 Puente Aranda, No. 9 Kennedy ( $PM_{2.5}$ ), No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal, por lo que se realizaron estudios de intercomparación entre equipos.

Por otro lado, en cuanto a la concentración del contaminante monitoreado para el año 2011, la concentración promedio anual aumentó respecto a 2010 en las estaciones

Guaymaral, Las Ferias, Parque Simón Bolívar, Zona Industrial - Estación Móvil y Tunal; la concentración promedio disminuyó respecto al 2010 en las estaciones Suba (Corpas), Fontibón, Puente Aranda, Kennedy, y Carvajal (Sony), estas últimas estaciones caracterizadas por registrar las mayores concentraciones de este contaminante en la ciudad.

### PM<sub>10</sub> 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM<sub>10</sub> se establece mediante la recolección de datos promedios de 24 horas. Durante el 2011 se reportó una representatividad temporal<sup>5</sup> para el año mayor o igual al 75% en 11 (once) estaciones (quedaron por fuera Usaquén y Sagrado Corazón con un porcentaje de recuperación de datos del 43% y 21% respectivamente). Las mayores concentraciones promedio se presentaron en la estación Carvajal (Sony) y Kennedy.

Del total de datos registrados, el 4.4% superó el valor de la norma para 24 horas establecido en 100 µg/m<sup>3</sup>, porcentaje equivalente a 168 datos presentados en las Estaciones de Carvajal (100), Kennedy (50), Zona Industrial - Estación Móvil (7), Puente Aranda (5), Fontibón (2) Tunal (2) y San Cristóbal (2).

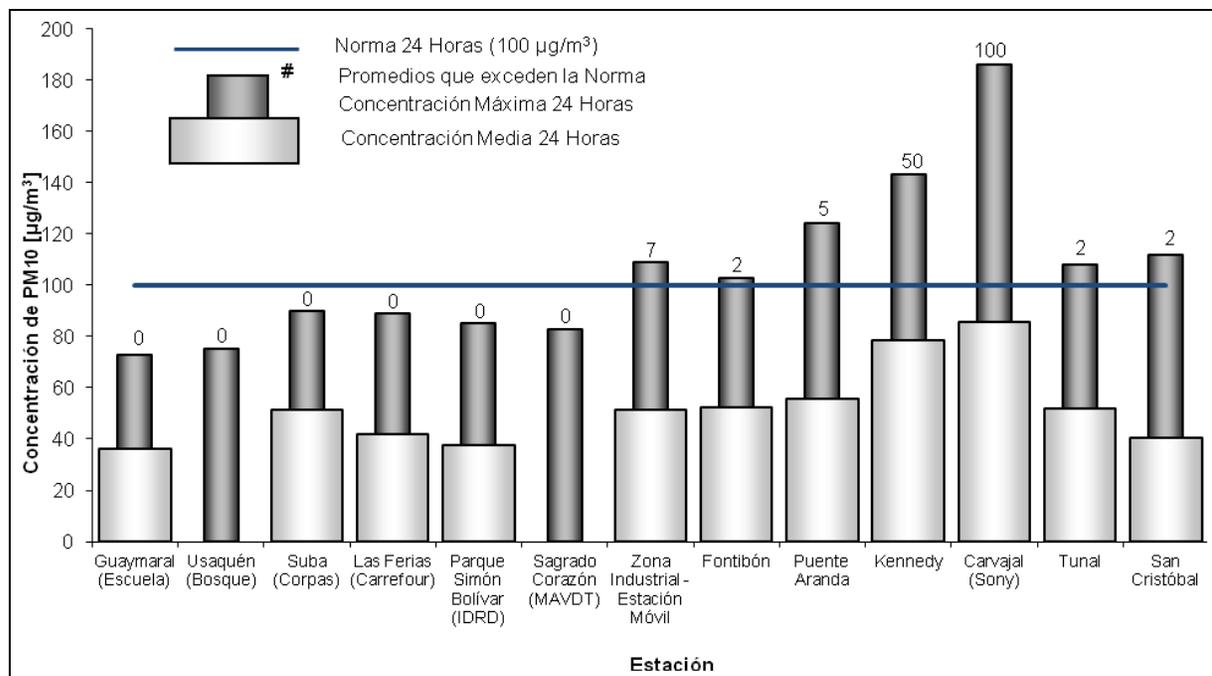


Figura 12. Concentraciones de PM<sub>10</sub> para 24 horas por estación durante el 2011.

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

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

La Tabla 2 resume los datos de PM<sub>10</sub> 24 horas para cada una de las estaciones de la RMCAB durante el 2011. En el mes de marzo se registraron la mayoría de las máximas concentraciones de PM<sub>10</sub>. El promedio de 24 horas del jueves 17 de marzo de 2011 configuró un episodio generalizado en un sector importante de la ciudad.

**Tabla 2.** Resumen de datos promedios 24 horas de PM<sub>10</sub> por estación para el año 2011.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Excedencia norma 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(6)</sup>	Excedencia sobre 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(7)</sup>	Máximo	Fecha de concentración máxima
Guaymaral (Escuela)	94%	36,2	0	0	73	20/05/2011 24:00
Usaquén (Bosque)	43%		0	0	75	04/11/2011 24:00
Suba (Corpas)	90%	51,4	0	0	90	07/04/2011 24:00
Las Ferias (Carrefour)	96%	41,9	0	0	89	20/05/2011 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	89%	37,5	0	0	85	02/08/2011 24:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	21%		0	0	83	13/12/2011 24:00
Zona Industrial - Estación Móvil	85%	51,3	7	0	109	17/03/2011 24:00
Fontibón	84%	52,1	2	0	103	17/03/2011 24:00
Puente Aranda	95%	55,5	5	0	124	17/03/2011 24:00
Kennedy	83%	78,5	50	0	143	17/03/2011 24:00
Carvajal (Sony)	96%	85,6	100	7	186	02/07/2011 24:00
Tunal	98%	52,1	2	0	108	20/05/2011 24:00
San Cristóbal	84%	40,4	2	0	112	22/01/2011 24:00

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la Figura 14 y la Figura 15. En la Figura 14 se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM<sub>10</sub>, basado en promedios diarios, presente en la ciudad durante el 2011. Se debe tener presente que las estaciones No.15 Usme y No.16 Vitelma no tienen muestreadores de partículas y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones. En el episodio de máxima concentración, los mayores niveles fueron registrados en las estaciones Kennedy, Carvajal, Puente Aranda, Estación móvil, Fontibón y Tunal, con concentraciones que exceden la norma diaria.

En cuanto al mapa de concentraciones medias, Figura 15, el comportamiento del PM<sub>10</sub> es similar al descrito anteriormente; las localidades más afectadas por material particulado son las del sur occidente de la ciudad y las menos afectadas Usaquén, Teusaquillo, Chapinero y parte de Suba.

<sup>6</sup> Promedio diario

<sup>7</sup> Promedio Corrido 24 horas

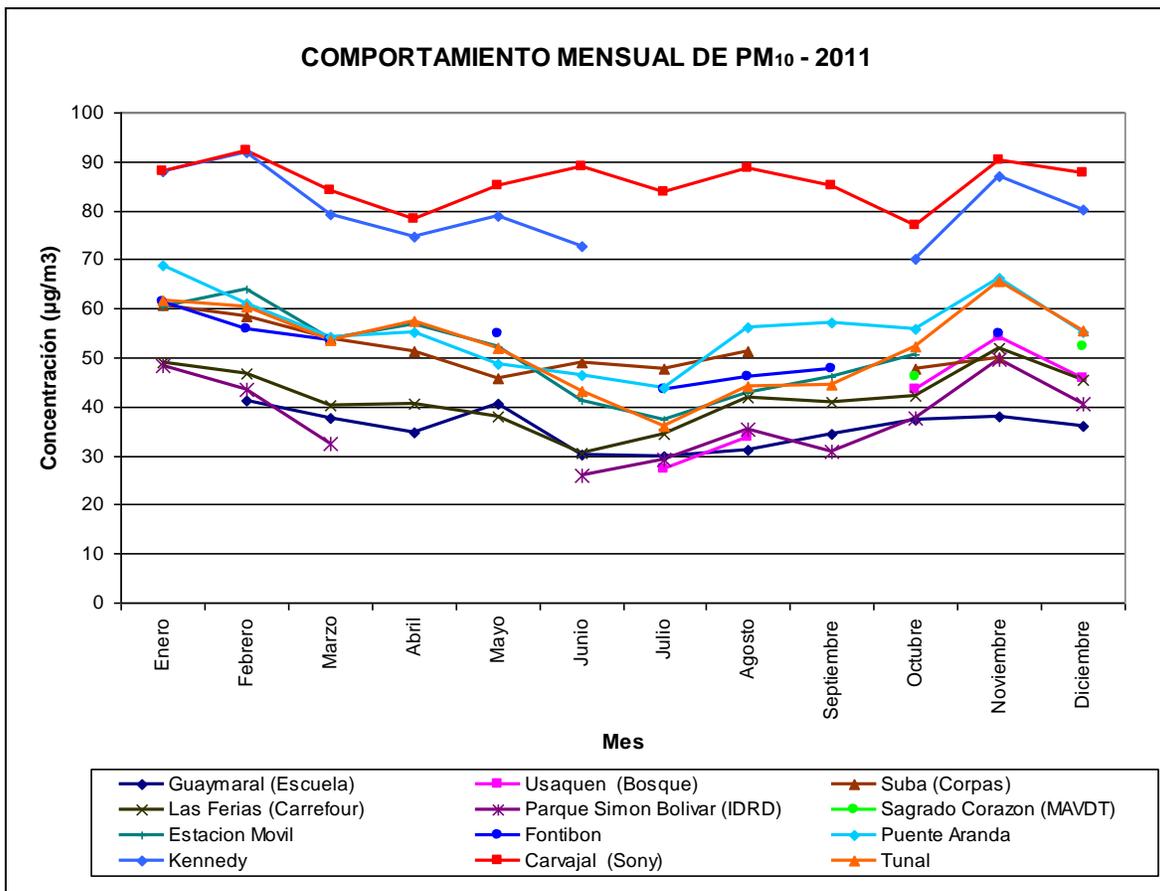


Figura 13. Promedios mensuales por estación para el 2011.

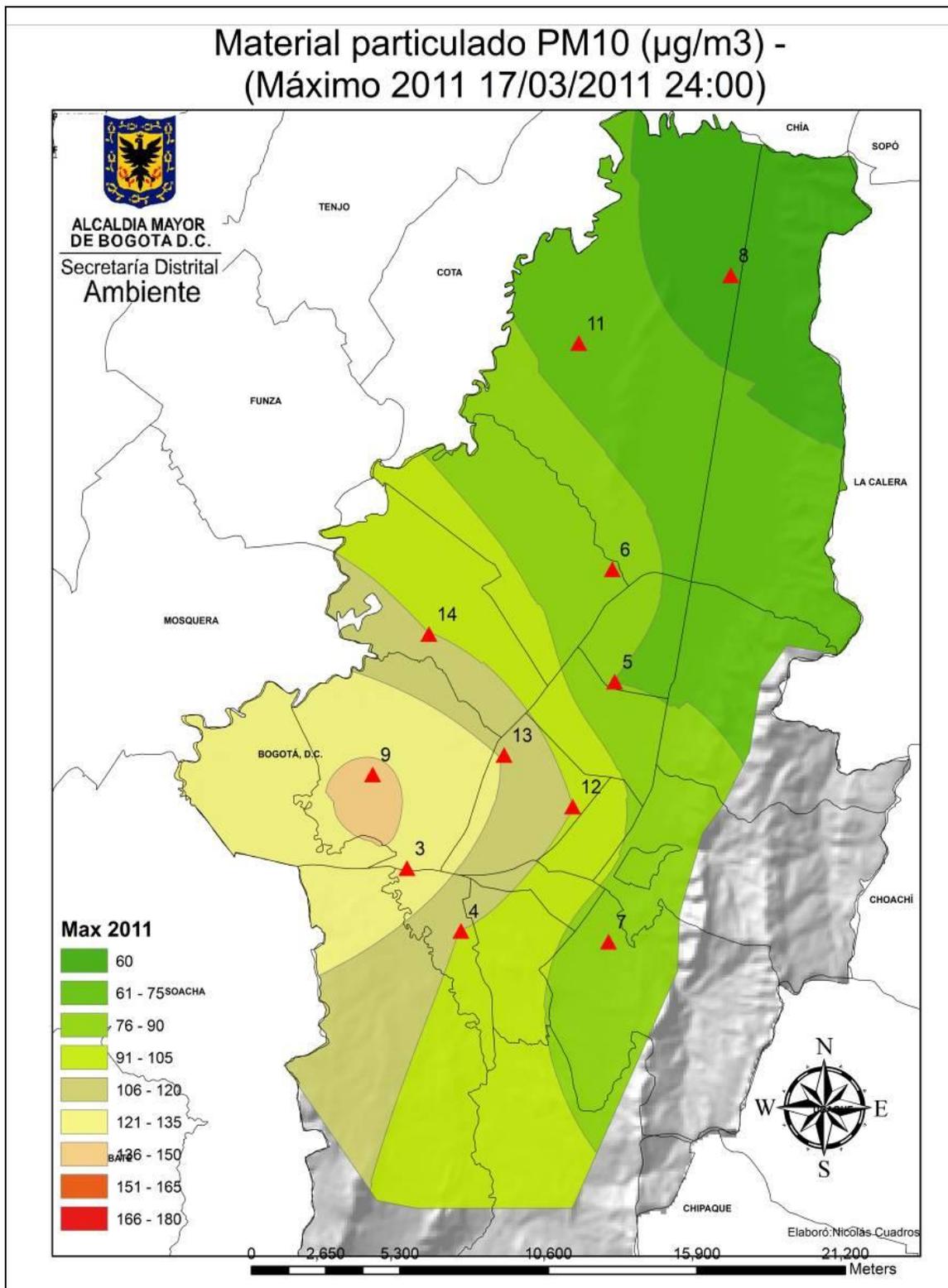
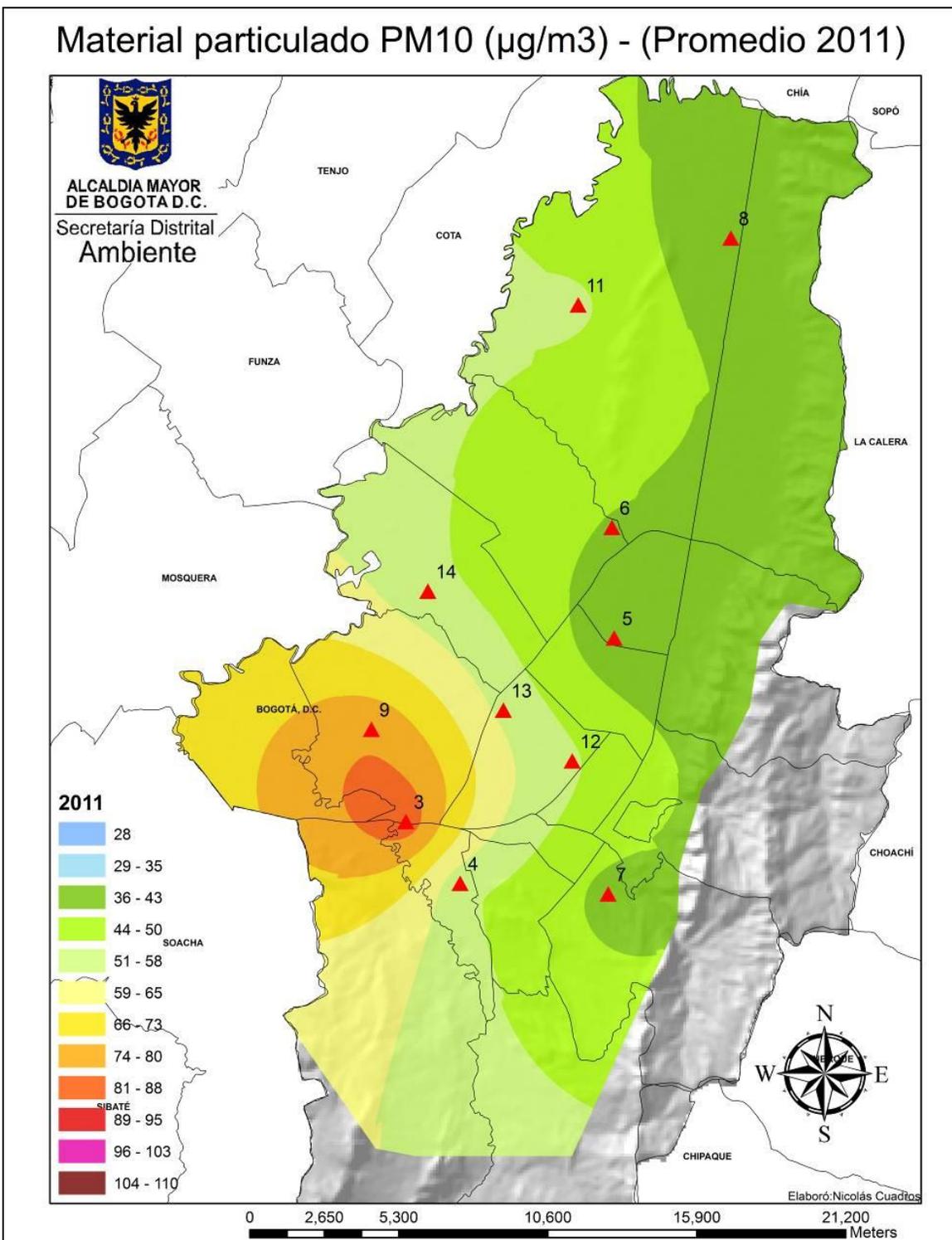


Figura 14. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM<sub>10</sub> durante el 2011.



**Figura 15.** Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM<sub>10</sub> durante el 2011.

**Comportamiento histórico de promedios por fracciones temporales de PM<sub>10</sub>**

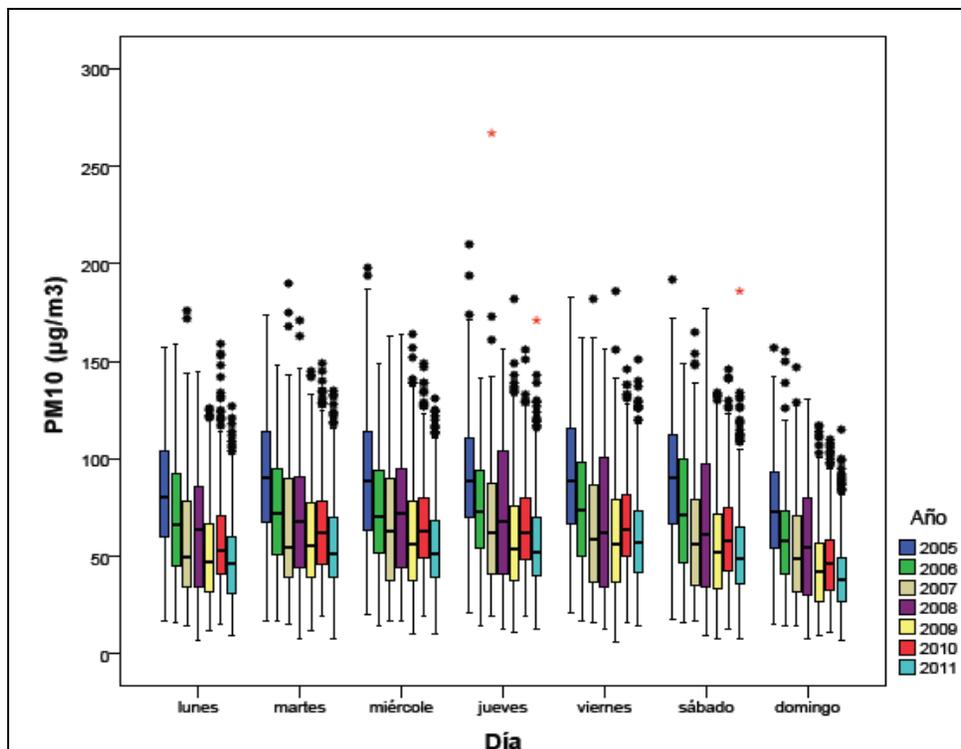


Figura 16. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>10</sub> 24 horas por días de la semana comparando año 2011 con años anteriores.

El comportamiento para el contaminante PM<sub>10</sub> en los días de la semana para el último año mantiene el registro usual de años anteriores el cual tiene una tendencia de incremento al iniciar la semana hasta el día miércoles, el jueves se mantiene y el viernes es el día que muestra un mayor registro, descendiendo el fin de semana y siendo el domingo el de menor registro; gráficamente este comportamiento se puede representar con una leve figura cóncava. La concentración del contaminante disminuyó con respecto al año anterior y es la menor de los últimos 3 años, la dispersión de los datos es menor también; el domingo es el día que registra mayor cantidad de datos atípicos y el viernes el de menor.

Tabla 3. Mediana de las estaciones que monitorean el contaminante PM<sub>10</sub> por día comparando distintos años.

Medianas contaminante PM <sub>10</sub> por días							
Día	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Lunes	80	66	50	64	47	53	46
Martes	90	72	55	68	56	62	51
Miércoles	89	70	63	72	56	63	52
Jueves	89	73	62	68	54	62	52
Viernes	89	74	59	62	57	64	57
Sábado	90	71	56	61	52	58	49
Domingo	73	58	49	55	42	46	38

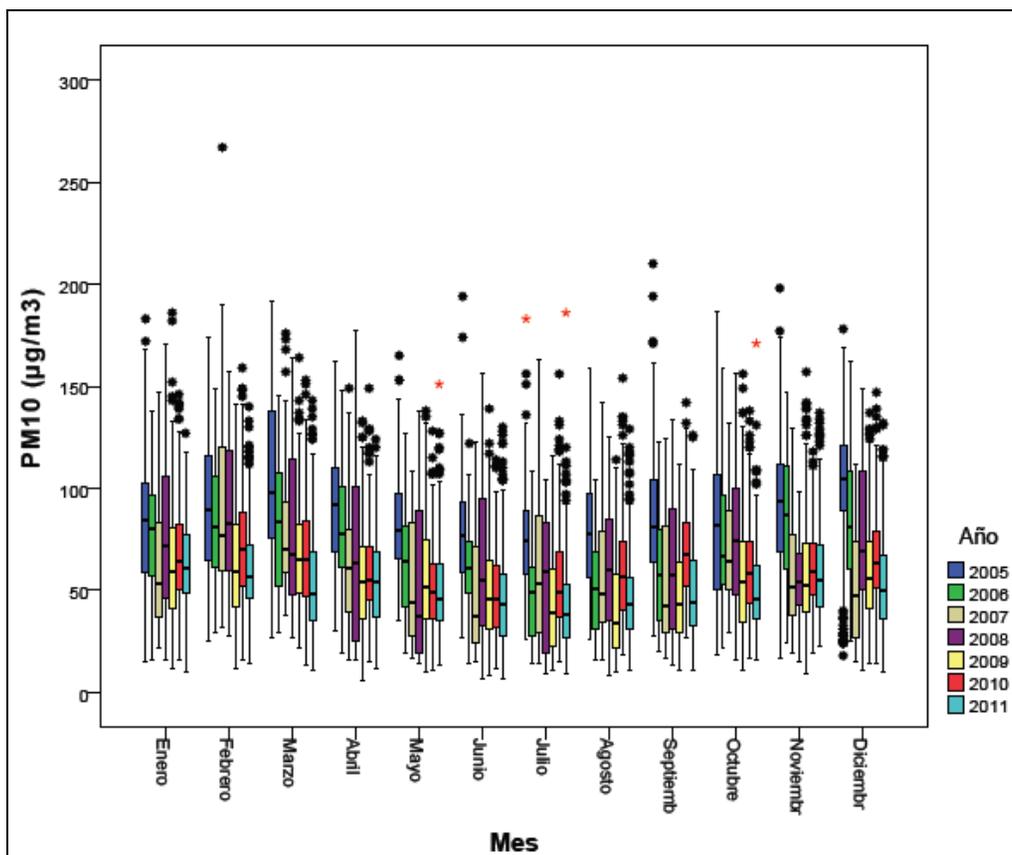


Figura 17. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>10</sub> 24 horas por meses comparando año 2011 con años anteriores.

En la Figura 17 se puede apreciar bastante bien como es el comportamiento del contaminante en el transcurso del año 2011. Se muestra una variabilidad intra-anual con una cresta en el primer trimestre y otra a partir de Julio sin la misma intensidad, para el segundo trimestre muestra descenso lento, a partir de Julio se presenta un ascenso que va hasta Noviembre y baja la concentración para el mes de Diciembre; realizando la comparación de la concentración del 2011 con el año anterior se refleja el descenso generalizado de las medianas en todos los meses, siendo particularmente alto el descenso en los meses de febrero, marzo, entre julio y octubre y en el mes de diciembre; en general la dispersión de los datos se mantiene respecto al año 2010.

Tabla 4. Mediana de las estaciones que monitorean el contaminante PM<sub>10</sub> por mes comparando distintos años.

Medianas contaminante PM <sub>10</sub> por mes							
Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Enero	84	80	53	72	59	65	61
Febrero	90	81	77	83	59	71	57
Marzo	98	84	70	68	65	65	48
Abril	92	78	61	63	54	55	54
Mayo	80	65	44	37	52	49	46

Medianas contaminante PM <sub>10</sub> por mes							
Junio	77	61	37	55	46	46	43
Julio	74	49	53	59	39	50	38
Agosto	78	51	48	60	34	57	43
Septiembre	81	58	42	58	43	68	44
Octubre	82	67	64	74	54	58	46
Noviembre	94	87	52	54	53	59	55
Diciembre	105	81	47	69	56	63	50

### PM<sub>10</sub> anual

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 2011 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2010 y el 1 de enero de 2011, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2011 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero de 2011 y el 31 de diciembre de 2011. No se incluyen las estaciones de Sagrado Corazón y Chicó Lago, la primera por baja representatividad y la segunda por encontrarse fuera de servicio por traslado.

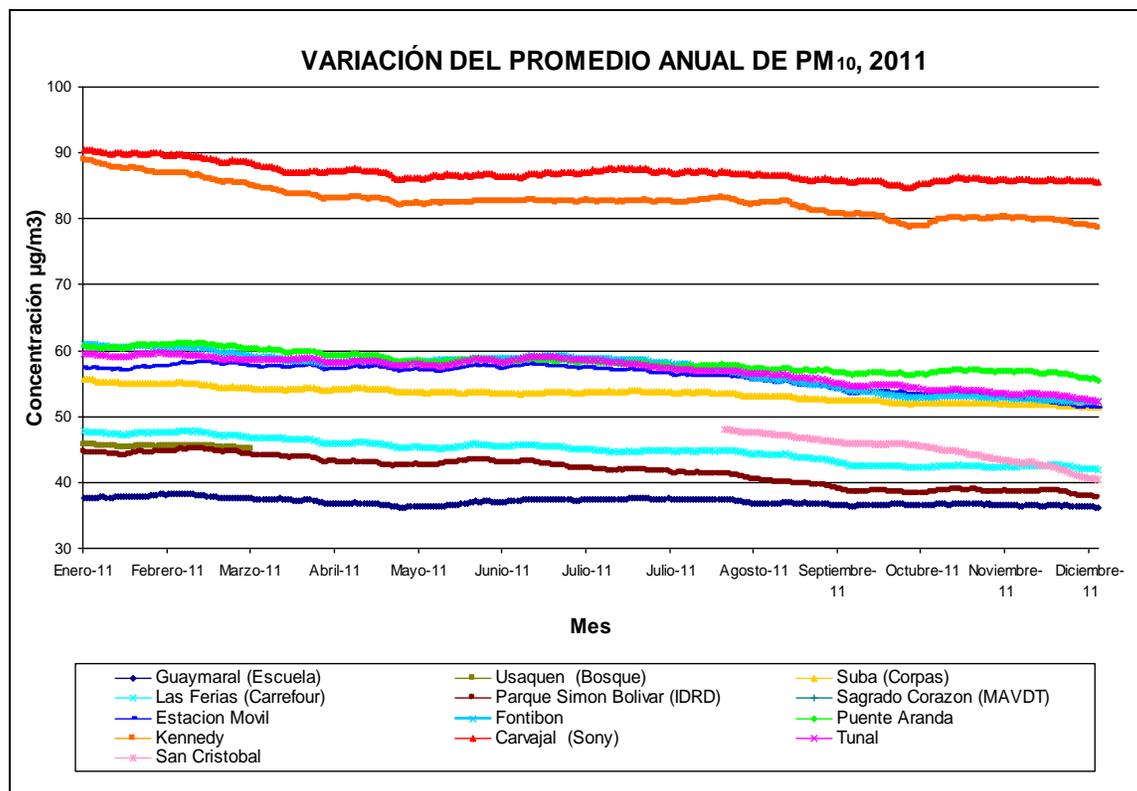


Figura 18. Promedios anuales (µg/m<sup>3</sup>), por estación, año 2011.

En la Figura 18 se presentan los promedios anuales calculados para el año 2011 en cada una de las estaciones que monitorearon este contaminante y cuya representatividad fue

mayor al 75%. La norma de referencia desde el 2011 es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a nivel nacional. Respecto a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las estaciones comprometidas, son la No. 3 Carvajal (Sony), No. 9 Kennedy, No. 11 Suba, No. 12 Zona industrial - Estación. Móvil que durante el año estuvo situada en la calle 13 con carrera 32, la No. 14 Fontibón y la No. 13 Puente Aranda, en las cuales se supera la norma anual en todos los meses. En las demás estaciones se mantuvo la concentración por debajo del límite establecido en la normatividad.

En la Tabla 5 se presenta un resumen de los datos anuales de  $\text{PM}_{10}$  para cada una de las estaciones de la RMCAB durante el 2011.

**Tabla 5.** Resumen de promedios y máximos anuales  $\text{PM}_{10}$  por estación para el 2011.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio Anual [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Máximo Anual Norma 601 (Anual): $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Guaymaral (Escuela)	100%	37	38
Usaquén (Bosque)	16%		46
Suba (Corpas)	100%	53	56
Las Ferias (Carrefour)	100%	45	48
Parque Simón Bolívar (IDRD)	100%	42	45
Zona Industrial – Estación Móvil	100%	56	58
Fontibón	100%	57	61
Puente Aranda	100%	58	61
Kennedy	100%	83	89
Carvajal (Sony)	100%	87	91
Tunal	100%	57	60
San Cristóbal	37%		48

El promedio de las concentraciones anuales de  $\text{PM}_{10}$  encontradas en las estaciones de la RMCAB para el 2011 se presentan en la Figura 19. La estación No. 3 Carvajal reportó el máximo promedio con  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguida de la estación No. 9 Kennedy con  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Carvajal y Kennedy, junto con las estaciones de Suba, Zona Industrial - Estación Móvil, Fontibón, Puente Aranda y Tunal exceden la norma anual de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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

Para la correcta lectura de la Tabla 6, se debe tener en cuenta que los datos de 2005 a mayo de 2008 de las estaciones Las Ferias, Fontibón, Carvajal, y Tunal, fueron tomados con equipos anteriores y que al correlacionarlos con los datos registrados por los equipos actuales muestran un promedio horario de concentración distinto, fundamentado en el cambio tecnológico que prevé ajustes por presión y temperatura que algunos de los equipos anteriores no hacían, lo que ocasionó para las nuevas series de datos, aumento en la concentración de la estación de Carvajal desde mayo de 2008, y disminución desde la misma fecha en las estaciones de Las Ferias, Fontibón, Puente Aranda y Tunal. De los

equipos cambiados solamente los de las estaciones de Parque Simón Bolívar y Guaymaral conservaron los niveles que traía la serie histórica de datos. En concordancia con la situación anteriormente expuesta, no se reportan los niveles de 2008 para estas estaciones.

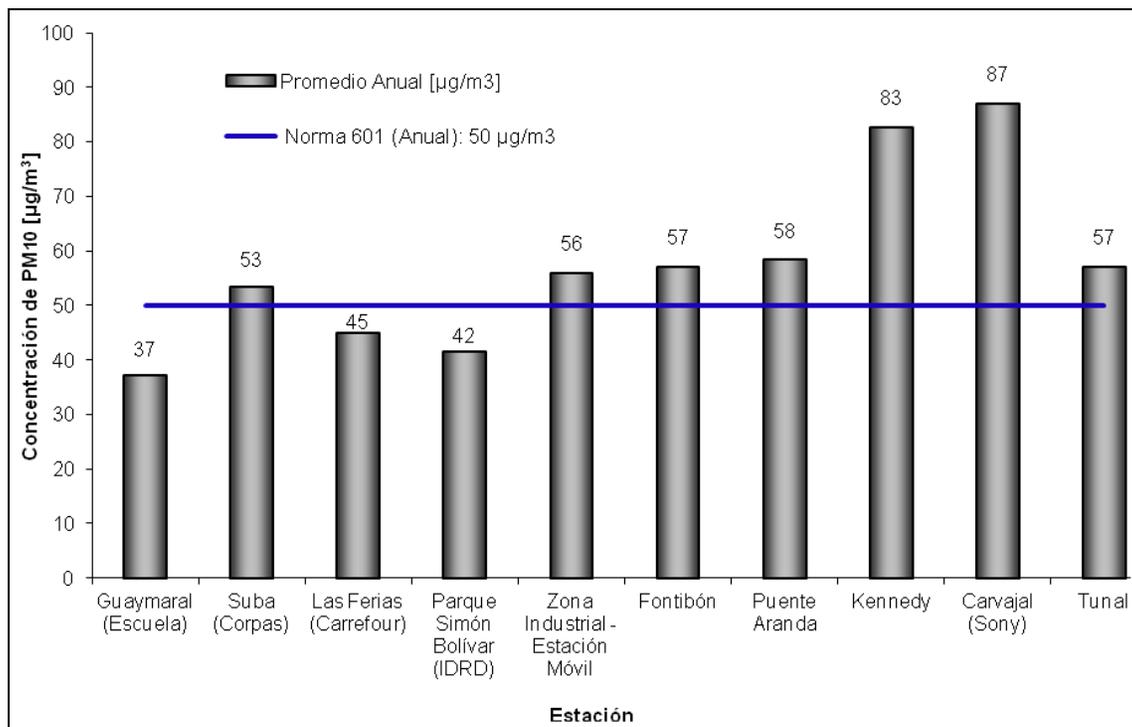


Figura 19. Concentración promedio anual de PM<sub>10</sub> por estación durante el 2011.

Tabla 6. Concentraciones de PM<sub>10</sub> promedios anuales a 31 de diciembre de cada año.<sup>5</sup>

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

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

Estación	Concentración PM <sub>10</sub> en [µg/m <sup>3</sup> ]													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
4. Tunal									107	98	50	50	60	52
7. San Cristóbal														40
Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64	71	63			

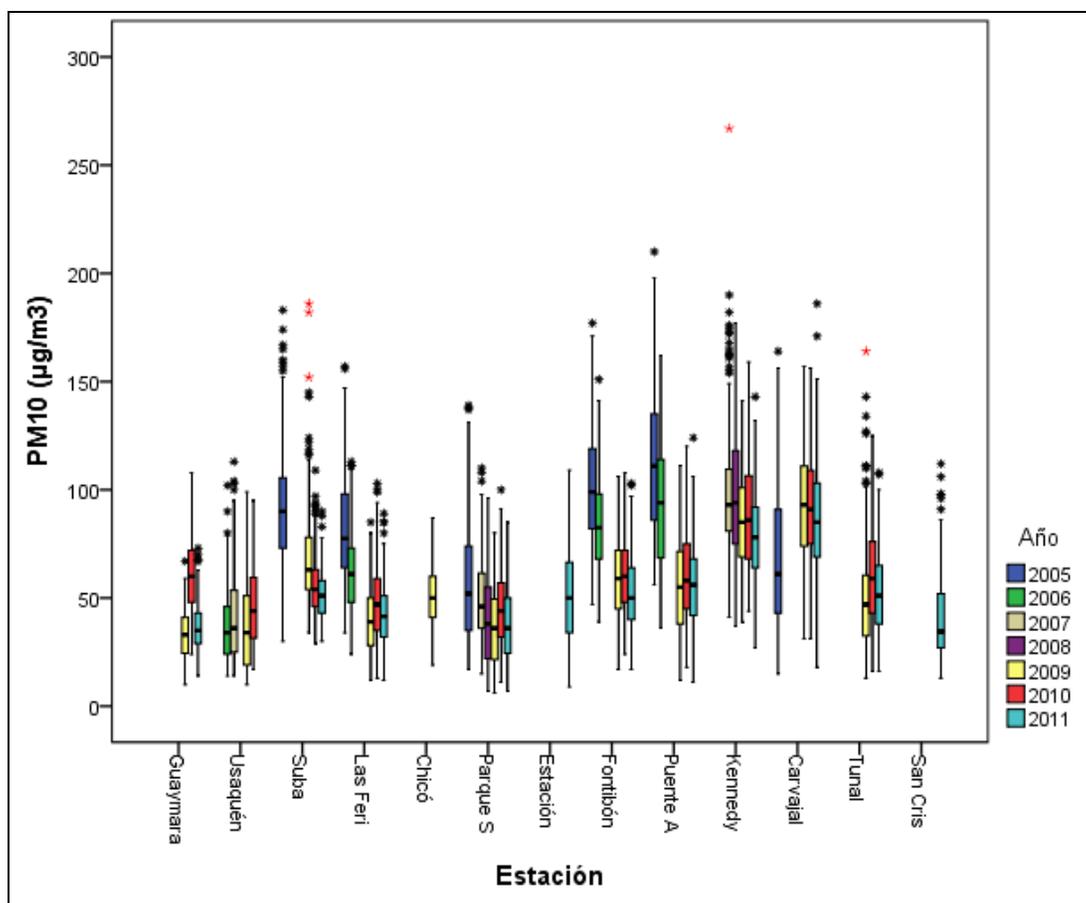


Figura 20. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>10</sub> 24 horas por estaciones comparando 2011 con años anteriores

En el contaminante PM<sub>10</sub> no se tienen en cuenta los datos en las estaciones Tunal, Carvajal, Puente Aranda, Fontibón Guaymaral y Las Ferias para los años 2005 a 2008, adicionalmente Chico no entra en el análisis en los años 2007 – 2009 porque las series están siendo analizadas técnicamente por variación con el cambio de equipos; para el año 2011 las estaciones que registran menor concentración son Guaymaral y Parque Simón Bolívar con mediana de 35 y 36 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, las de mayor mediana son Carvajal y Kennedy con 85 y 78 µg/m<sup>3</sup> respectivamente; el contaminante en el último año tuvo un descenso con respecto al 2010 en todas las estaciones; en el 2011 no se registran outliers extremos.

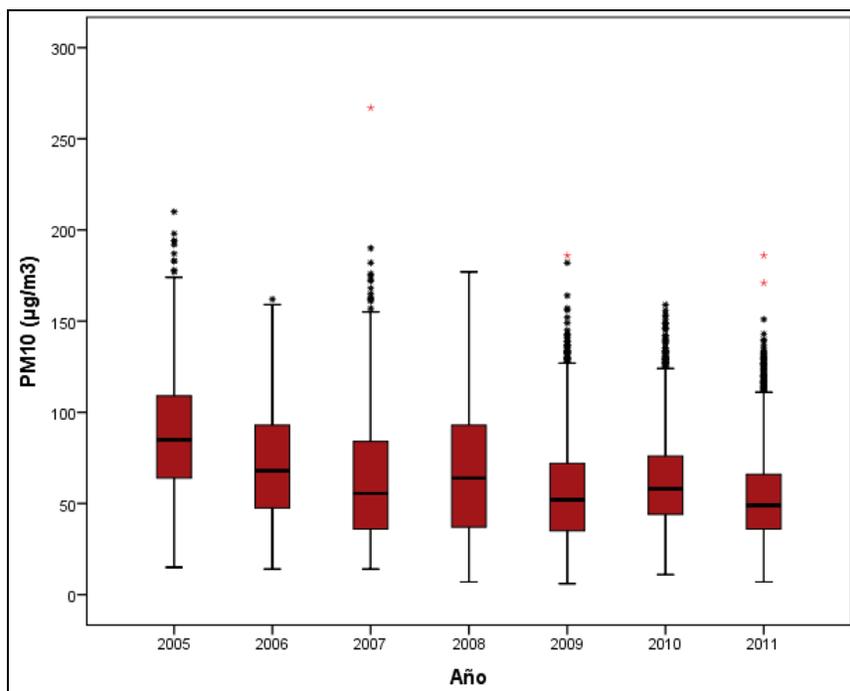


Figura 21. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>10</sub> 24 horas por años.

En esta gráfica se resume el comportamiento que se ha descrito en las diferentes graficas del contaminante PM<sub>10</sub>, su nivel medio para el último año tiene un descenso con dispersión menor, además, la mayoría de los datos se encuentran distribuidos de una forma simétrica alrededor de la mediana, se presentan datos atípicos y outliers extremos.

Tabla 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub> promedios 24 horas.<sup>5</sup>

Año	Media	Mediana	Máximo	Mínimo
2005	87	85	210	15
2006	71	68	162	14
2007	63	56	267	14
2008	68	64	177	7
2009	56	52	186	6
2010	62	58	159	11
2011	53	49	186	7

### 3.1.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM<sub>2.5</sub>

La RMCAB cuenta actualmente con 5 estaciones en las que se hace medición de este contaminante. A la fecha se publica el resultado de la estación No. 9 Kennedy, atendiendo a que los datos de los equipos instalados en las estaciones de Parque Simón Bolívar, Usaquén, Las Ferias y Tunal se encuentran en revisión. Según Resolución 601 de 2006 el

valor de la norma para este contaminante, que entró a regir a partir de enero de 2011, es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como límite de concentración diaria y de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para promedio anual.

## PM<sub>2.5</sub> 24 Horas

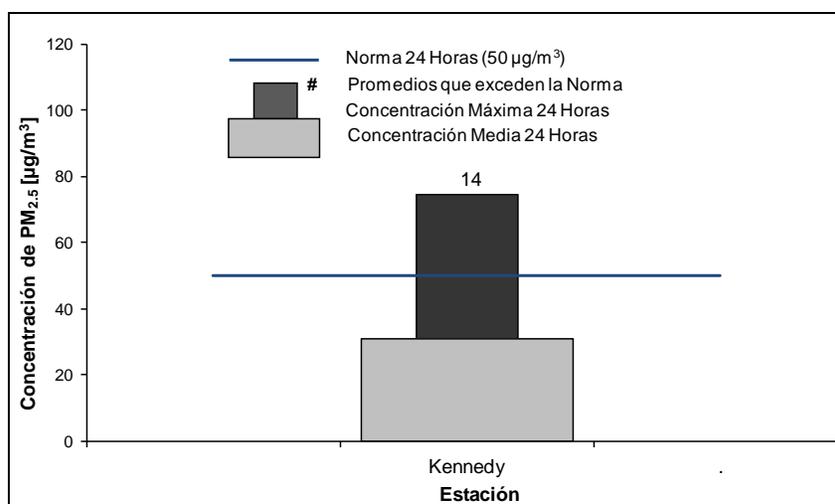


Figura 22. Concentraciones de PM<sub>2.5</sub> 24 horas durante el 2011.

A partir de los registros de la estación que monitorea este contaminante se obtuvieron 302 promedios de concentración 24 horas de PM<sub>2.5</sub> para el año 2011, lo que corresponde a un 83% de representatividad temporal. De los promedios hallados, 14 superaron el valor establecido por la resolución 601 de 2006, lo que corresponde a un 4.6% de los promedios calculados.

Tabla 8. Resumen de datos 24 horas de PM<sub>2.5</sub> por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	Representatividad Temporal	Promedio [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Máximo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Fecha de concentración máxima
Kennedy	83%	31	75	17/03/2011 24:00

Se encuentra que al igual que para el PM<sub>10</sub>, en la estación Kennedy se alcanza una concentración de PM<sub>2.5</sub> 24 horas máxima el 17 de marzo de 2011.

Para el contaminante PM<sub>2.5</sub>, en la comparación histórica sólo se tendrá en cuenta la estación de Kennedy porque es la que tiene una serie suficiente de datos; se registran datos para la estación analizada desde el 2009, aún cuando el porcentaje de datos registrados para el 2009 es de 67%, porcentaje que está por debajo del criterio recomendado del 75% seguido en la RMCAB<sup>9</sup>; a continuación se presenta los gráficos de box-plot por días de la semana y meses.

<sup>9</sup> A pesar que en conjunto para el 2009 no se tiene en conjunto una representatividad mayor o igual al 75%, esta circunstancia se presenta fundamentalmente por déficit de datos en los meses de octubre a diciembre, periodo en que se

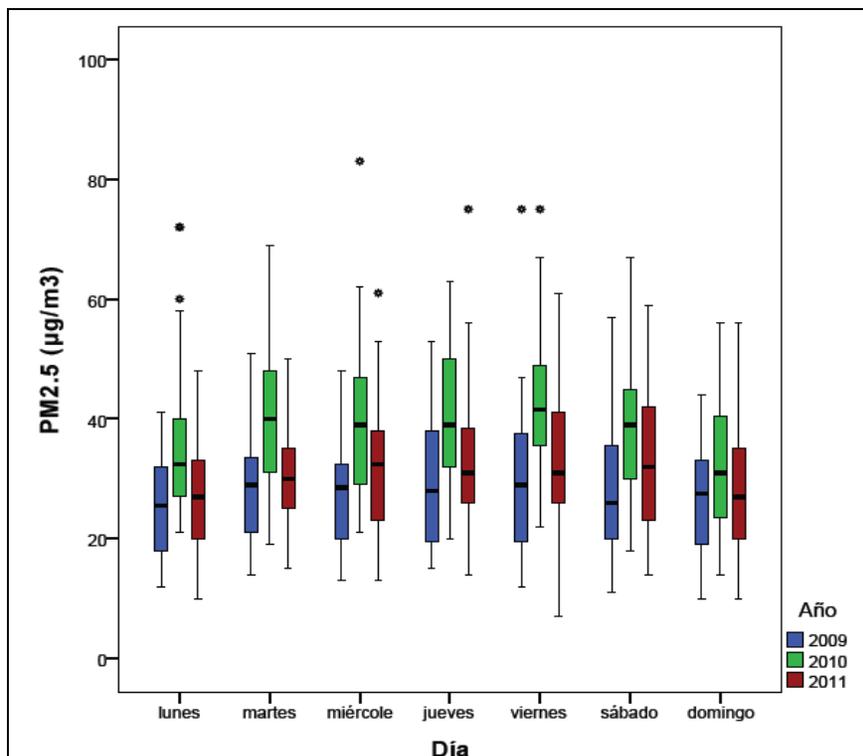


Figura 23. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>2.5</sub> por días de la semana (sobre base 24 horas) comparando año 2011.

El comportamiento del contaminante en los días de la semana para el año 2011 (ver Figura 23) registra una forma de ese (S) con un punto de inflexión el día jueves puesto que tiene un leve descenso para ese día; los días con mayor mediana son el miércoles y sábado con 33 y 32 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, y los de menor, domingo y lunes con 27µg/m<sup>3</sup>; para el 2011 los datos presentan dispersión en general, siendo la de menor el martes y lunes; con respecto a la simetría, los que cumplen con ello son lunes, martes, sábado y domingo; el miércoles registra asimetría entre el primer y segundo cuartil, y jueves y viernes entre el segundo y tercer cuartil; no se registran datos atípicos. Comparando con el año anterior se presenta cambio en la forma de la concentración diaria durante la semana, siguiendo la comparación entre los dos años la dispersión en promedio se mantiene estable con respecto al 2010.

En el 2011 (ver Figura 24) no se registran datos de PM<sub>2.5</sub> para el mes de agosto. Para el 2011 en la Figura 24 se observa una forma sinusoidal con puntos de inflexión en Febrero, junio, Septiembre y noviembre, siendo los meses de febrero y noviembre picos con medianas de 38 y 35 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, y mayo, julio y octubre valles con medianas de 26, 23 y 27 µg/m<sup>3</sup>; se reflejan también ondas más cortas para el segundo semestre; el mes de mayo presenta simetría y dispersión baja, pero registra datos atípicos y es el único en poseer outliers extremos;. Con respecto al año anterior, el 2011 presenta el

realizaron inter comparaciones por el canal del PM<sub>2.5</sub>, no obstante se realizan comparaciones entre años, haciendo esta salvedad.

mismo comportamiento pero con menor concentración en todos los meses, y registro de datos atípicos; para el 2011 los meses que registran mayor dispersión son marzo, abril y diciembre, y, los de menor son mayo y noviembre.

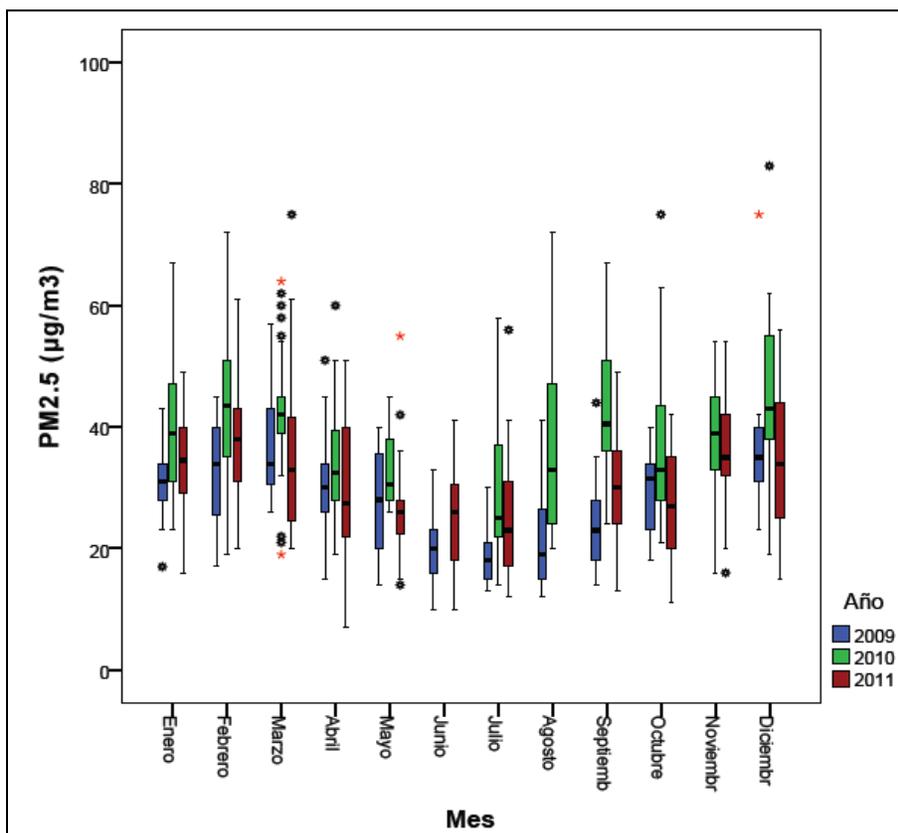


Figura 24. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>2.5</sub> por meses (desde base 24 horas), desde 2009 hasta 2011.

## PM<sub>2.5</sub> anual

En la Tabla 9 se relaciona el número de excedencias a la norma anual (que entró a regir desde el 1 de enero de 2011), y se observa que el 100% de los promedios exceden el nivel de 25 µg/m<sup>3</sup> en la estación de Kennedy<sup>10</sup>.

Tabla 9. Resumen de datos anuales de PM<sub>2.5</sub> por estación para el 2011.

ESTACION	Promedio Anual	Máximo Anual	Excedencia sobre 25 µg/m <sup>3</sup> (norma anual R.601)
Kennedy	35,1	38,7	365

La Figura 25 muestra la concentración promedio anual de material particulado 2.5 micras para la estación de Kennedy, la cual excede en 10,1 µg/m<sup>3</sup> el valor dado por la norma.

<sup>10</sup> La representatividad temporal fue del 100% de los promedios anuales.

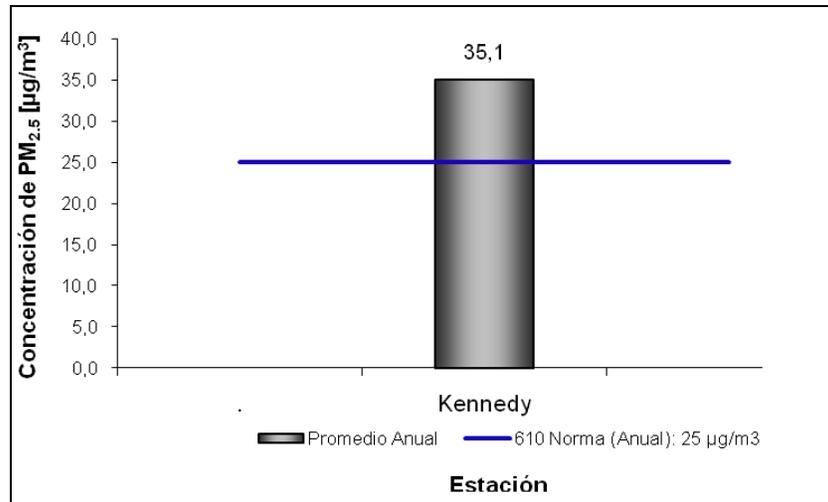


Figura 25. Concentración promedio anual de PM<sub>2.5</sub>.

El contaminante PM<sub>2.5</sub> en la estación de Kennedy (ver Figura 26) para el año 2011 presenta simetría con respecto a su mediana que es de 31 µg/m<sup>3</sup>. Para el 2011 se observa dispersión baja, es decir la mayoría de datos se encuentran alrededor de la mediana, se presentan pocos datos atípicos y no se presentan outliers extremos. Para el 2010 también se registra baja dispersión, una leve asimetría en el primer cuartil. En comparación con los dos años anteriores, en el 2011 se observa claramente una disminución en la concentración con respecto al 2010 y un leve incremento con respecto a 2009.

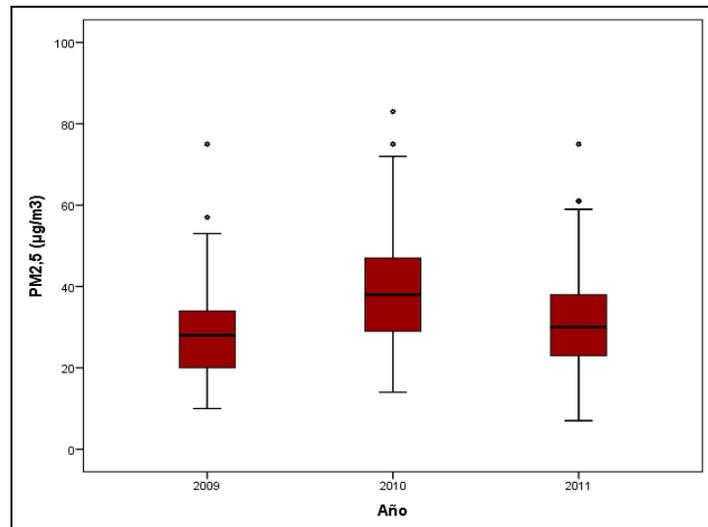


Figura 26. Gráfico de Box-Plot para PM<sub>2.5</sub> 24 horas por año, desde 2009 hasta 2011.

### 3.1.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la RMCAB durante el 2011 ha contado con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal.

### PST 24 Horas

En la estación No. 3 Carvajal, se registraron 287 promedios de 24 horas, de los cuales un (1) promedio excedió la norma, lo que representa el 0,3% de los datos. El 56,4% de los promedios diarios estuvo por debajo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (la mitad del valor de la norma). El promedio máximo alcanzó un valor de  $335 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el promedio de los datos fue  $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En esta estación el porcentaje de recuperación de los datos fue del 79%.

En la Figura 27 se resume lo expuesto anteriormente y se identifica el promedio y el valor máximo de los promedios 24 horas de PST, registrados en la estación Carvajal.

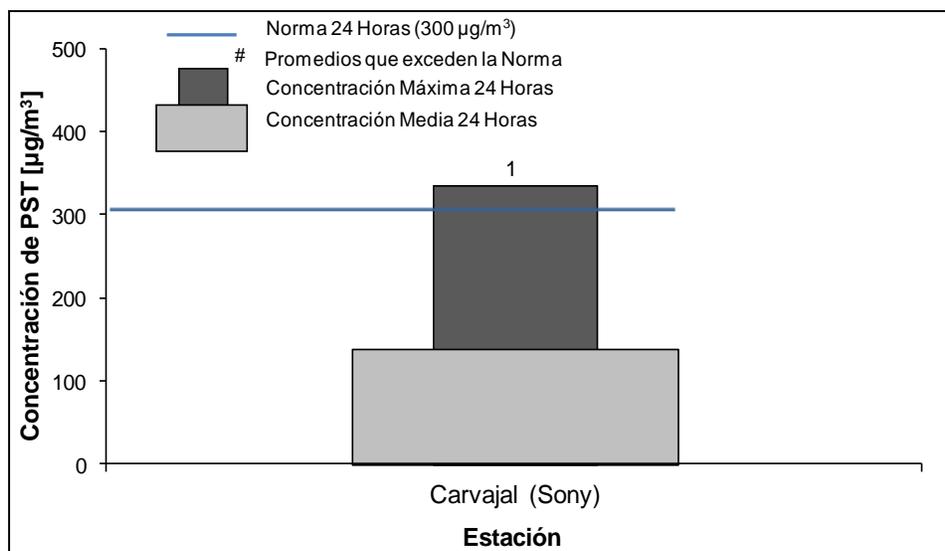


Figura 27. Concentraciones de PST para 24 horas durante el año 2011.

El comportamiento de los días de la semana en el 2011 (Figura 28) presenta similitud a una forma cóncava, esto se debe que la semana inicia con incremento del contaminante hasta llegar a su máximo el día viernes con  $158 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como mediana, luego baja en el fin de semana, siendo el domingo el día con menor registro de PST con  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como mediana; como se puede apreciar esta descripción es similar en todos los años. Comparando la concentración del contaminante del último año con respecto al 2010 se muestra un descenso en casi todos los días exceptuando el sábado; la dispersión de los datos para el último año en general se mantuvo, aunque los días jueves y sábado se incrementaron ligeramente.

Para el análisis de los promedios anuales de PST se puede observar la Figura 29 en la cual se aprecia el comportamiento de la concentración promedio anual mes a mes de la estación de Carvajal.

Los meses en el 2011 (Figura 29) muestra un comportamiento sinusoidal con una amplitud mayor para el primer semestre, en el segundo la amplitud es menor ya que presenta crecientes y descensos en forma alterna; en años anteriores la amplitud en cada semestre se presenta de similar forma; la concentración con respecto al año anterior presenta descenso en todos los meses, en mayor proporción para marzo y abril; no se registran datos atípicos lo cual muestra que los datos tienen variabilidad pero no es extrema. Los meses con mayor mediana son agosto y diciembre con 164 y 153  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y los de menor marzo y abril con 117  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

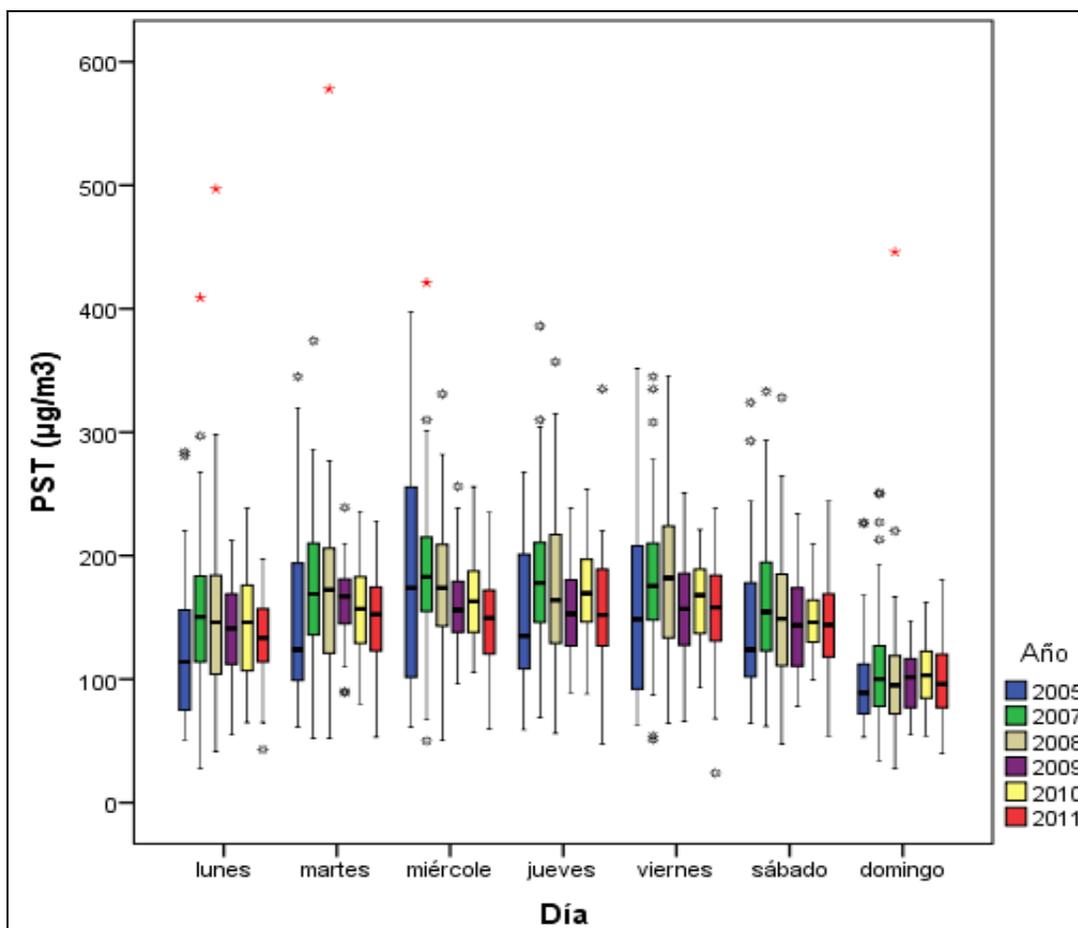


Figura 28. Gráfico de Box-Plot para PST por días de la semana (desde base 24 horas) comparando año 2011 con años anteriores.

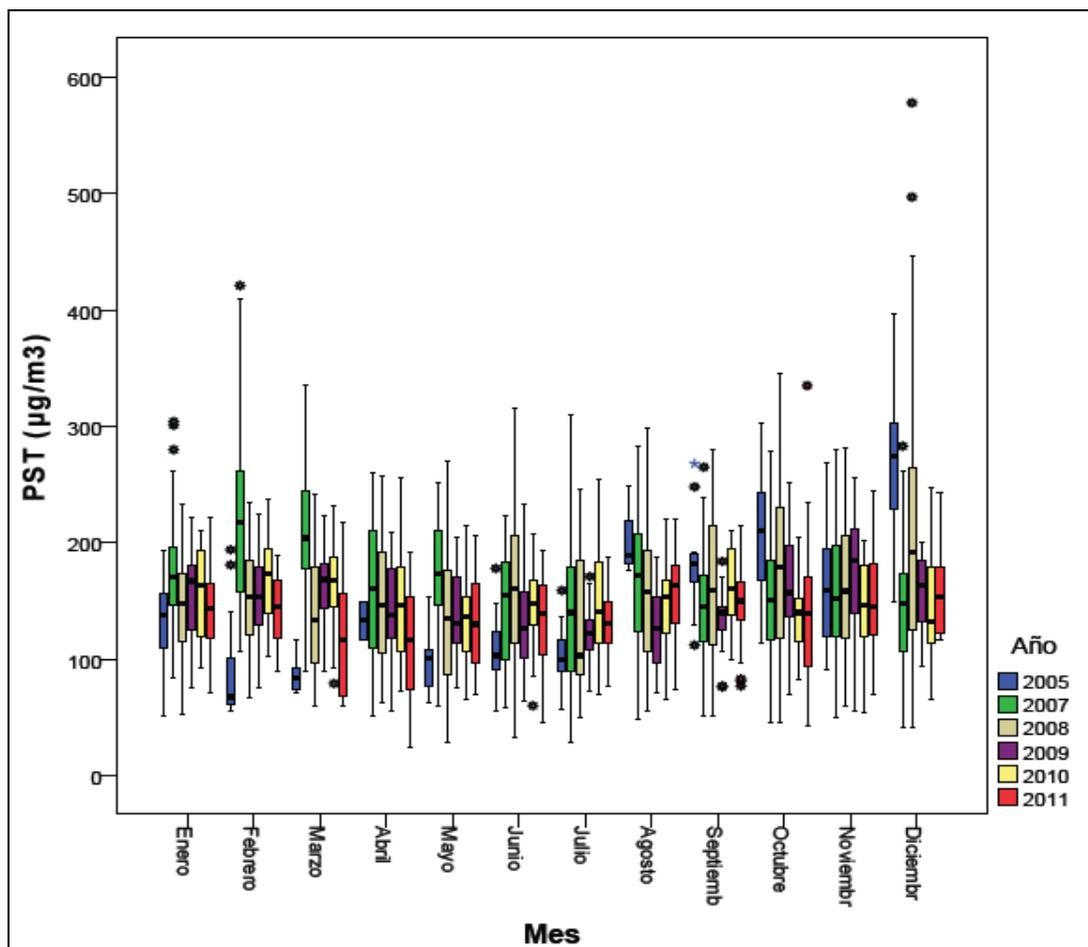


Figura 29. Gráfico de Box-Plot para PST por meses (desde base 24 horas) comparando año 2011 con años anteriores

### PST anual

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. La estación Carvajal reportó en el 2011 un promedio de concentración anual de  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabla 10). Durante todo el año se excedió el límite máximo establecido por la Resolución 601 de 2006 de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un porcentaje de excedencias del 100%.

Tabla 10. Resumen de datos anuales de PST para el 2011.

ESTACION	% de datos válidos	Promedio [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Promedios anuales con excedencia	Promedio anual máximo [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Carvajal (Sony)	100%	134	365	144

En la Figura 30 se muestra lo anteriormente mencionado.

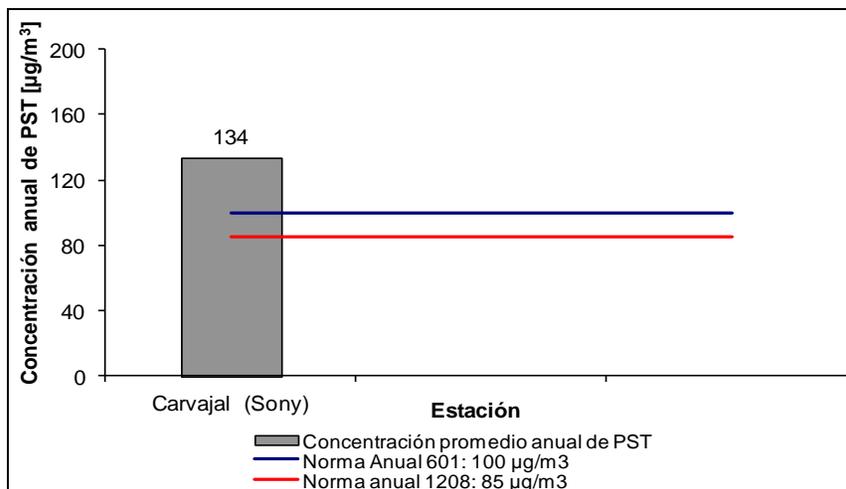


Figura 30. Concentración promedio anual de PST en el 2011 en la estación de Carvajal.

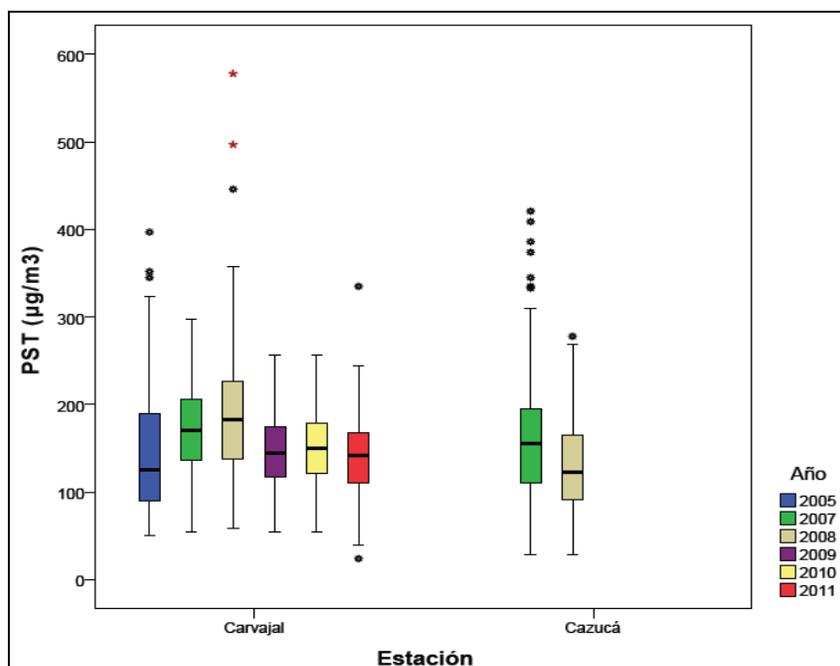


Figura 31. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando año 2011 con años anteriores.

La mediana (Figura 32) para el año 2011 tiene un leve descenso respecto al año anterior, es decir de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2010 pasa a  $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el 2011 esto para la estación Carvajal; también se presenta poca variabilidad y los datos están concentrados alrededor de la mediana.

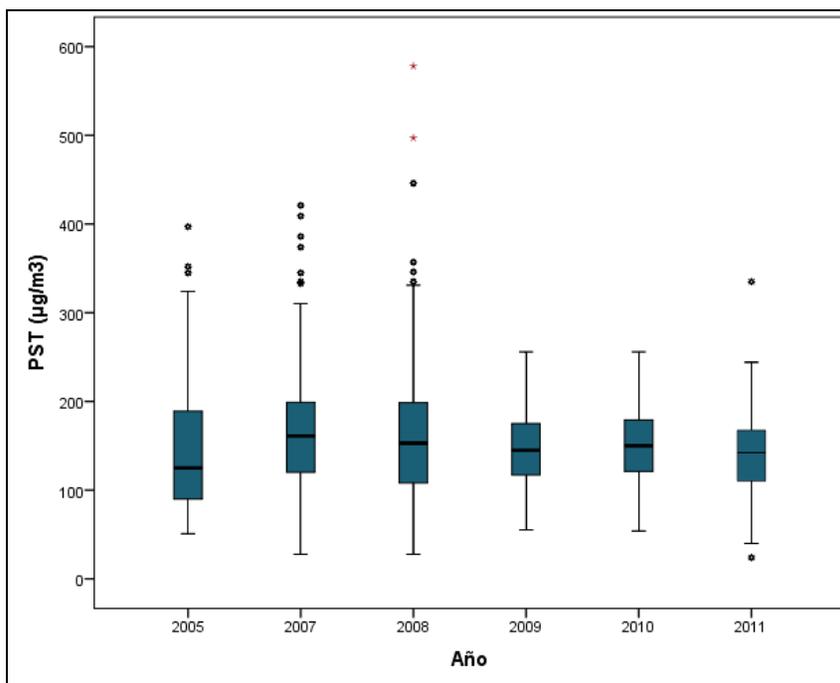


Figura 32. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por años, desde 2005 hasta 2011.

### 3.2. GASES CONTAMINANTES

La RMCAB, además de medir el material particulado realiza el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y ozono (O<sub>3</sub>), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO<sub>2</sub>, 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 NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O<sub>3</sub>) 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 O<sub>3</sub> es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

### 3.2.1. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO<sub>2</sub>

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 10 analizadores de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. Los equipos de Carvajal y Tunal se vieron afectados por reparación en el 2011; Kennedy cuenta con baja representatividad debido a obras realizadas en la estación y a que se tiene una serie de datos en evaluación; de San Cristóbal se tienen registros a partir de noviembre de 2010; y en Parque Simón Bolívar durante el año se presentaron inconvenientes con el aire acondicionado. Por el proceso de puesta a punto de los anteriores equipos, la representatividad de estas estaciones para el año es baja. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006.

#### SO<sub>2</sub> en 3 horas

Durante el periodo analizado se obtuvieron 63628 (sesenta y tres mil seiscientos veintiocho) datos de concentraciones promedio 3 horas, que representan el 73% de los promedios posibles en el periodo. En la Tabla 11 se muestran los valores promedio y máximos de SO<sub>2</sub> obtenidos para promedios de 3 horas por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. En la Figura 33 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible en la Resolución 601 de 2006 (287 ppb) no fue excedido en ninguna oportunidad. El valor máximo de concentración y la media más alta se presentó en la estación No. 3 Carvajal (Sony).

En la Tabla 11 se observa un episodio generalizado de máxima concentración en la estación Suba, Las Ferias y Parque Simón Bolívar (IDRD), el que se presentó el día 19 de mayo de 2011 a la misma hora, 8:00 a.m.

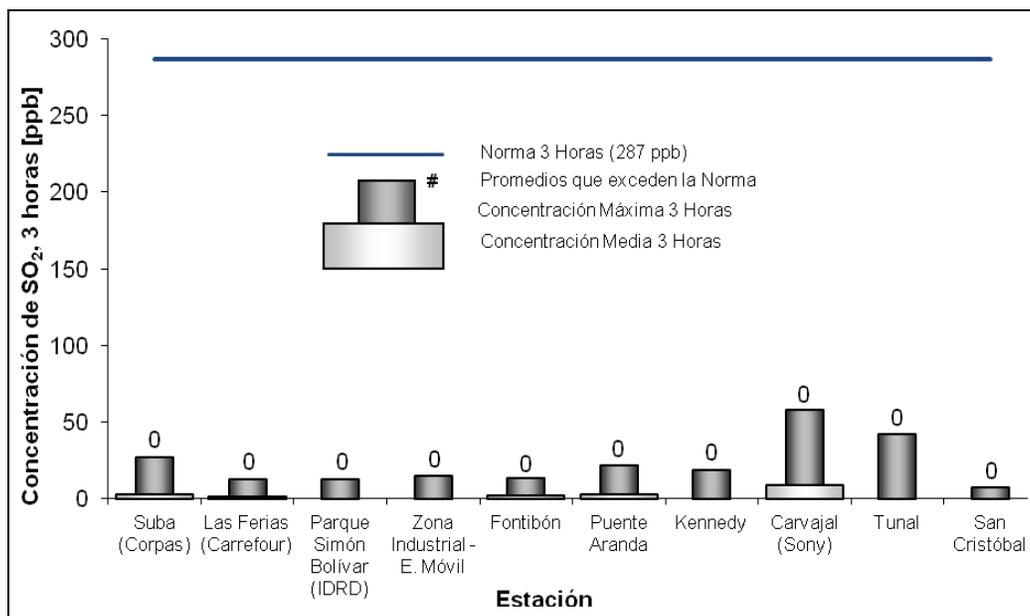


Figura 33. Concentración de SO<sub>2</sub> para 3 horas por estación durante el 2011.

Tabla 11. Resumen de datos de SO<sub>2</sub> 3 horas por estación para el 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Suba (Corpas)	88%	2,7	26,7	19/05/2011 08:00
Las Ferias (Carrefour)	91%	1,6	12,6	19/05/2011 08:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	55%		12,8	19/05/2011 08:00
Zona Industrial - E. Móvil	72%		14,9	25/01/2011 10:00
Fontibón	79%	1,7	13,2	04/02/2011 09:00
Puente Aranda	93%	2,4	21,8	09/12/2011 24:00
Kennedy	37%		18,9	02/07/2011 07:00
Carvajal (Sony)	82%	8,8	57,7	25/02/2011 24:00
Tunal	68%		41,7	02/07/2011 08:00
San Cristóbal	61%		6,9	25/10/2011 10:00

## SO<sub>2</sub> en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO<sub>2</sub>, se contó con 2797 (dos mil setecientos nueva y siete) promedios, cuya representatividad temporal es del 77%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la Resolución 601 de 2006 (96ppb). En la Figura 34 se muestran las concentraciones máximas y medias de SO<sub>2</sub> para cada una de las estaciones. El valor máximo de concentración y la media más alta, se registró en la estación No. 3 Carvajal (Sony), al igual que en los promedios 3 horas.

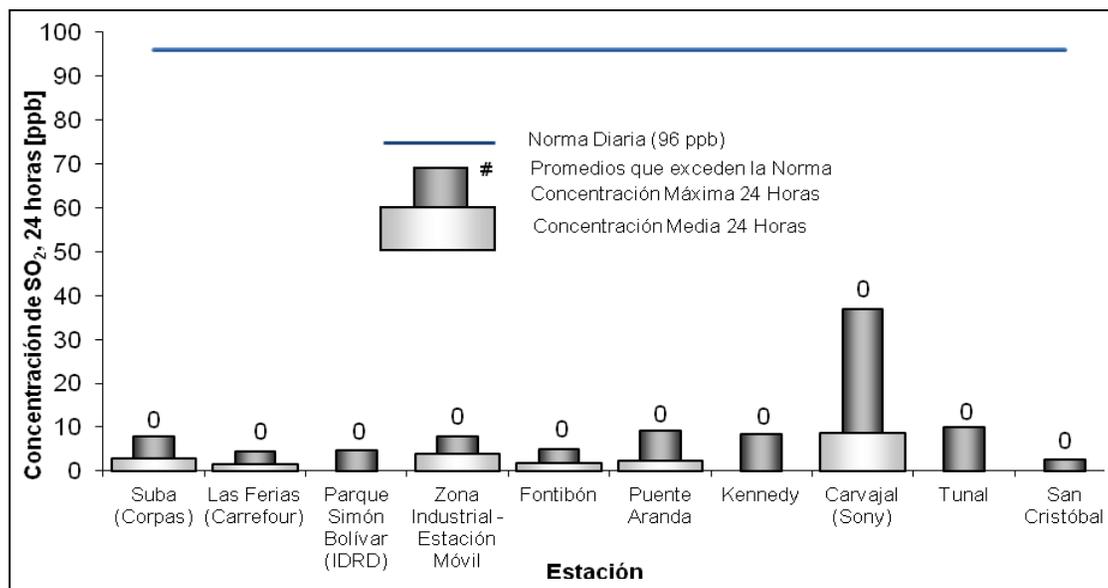


Figura 34. Concentración de SO<sub>2</sub> para 24 horas por estación durante el 2011.

Los promedios, máximos, y fecha de los máximos registrados en cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 12

Tabla 12. Resumen de promedios 24 horas de SO<sub>2</sub> por estación para el 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Suba (Corpas)	93%	2,8	8,0	19/07/2011 24:00
Las Ferias (Carrefour)	95%	1,6	4,4	19/05/2011 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	57%		4,7	04/11/2011 24:00
Zona Industrial - Estación Móvil	82%	3,8	7,8	04/02/2011 24:00
Fontibón	80%	1,8	5,1	21/09/2011 24:00
Puente Aranda	96%	2,4	9,1	01/11/2011 24:00
Kennedy	38%		8,3	02/07/2011 24:00
Carvajal (Sony)	85%	8,8	36,8	25/02/2011 24:00
Tunal	73%		9,9	05/07/2011 24:00
San Cristóbal	68%		2,7	25/11/2011 24:00

Revisado el histórico de datos se aprecia un cambio en los niveles de concentración desde 2009, que coincide con la modernización mediante la instalación de nuevos equipos marca THERMO en las estaciones Suba, Chico Lago, Fontibón y Puente Aranda, hacia el mes de mayo de 2009, por eso en los gráficos históricos se aprecia una mayor dispersión de los datos para 2009, porque involucra dos niveles distintos. La serie se expone en su totalidad, pero se advierte que se encuentra en estudio para identificar si los niveles de concentración son correctos, en lo que sigue se omitirán entonces referencias distintas a las tendencias inscritas en cada serie y que puedan ser relacionadas con el 2011.

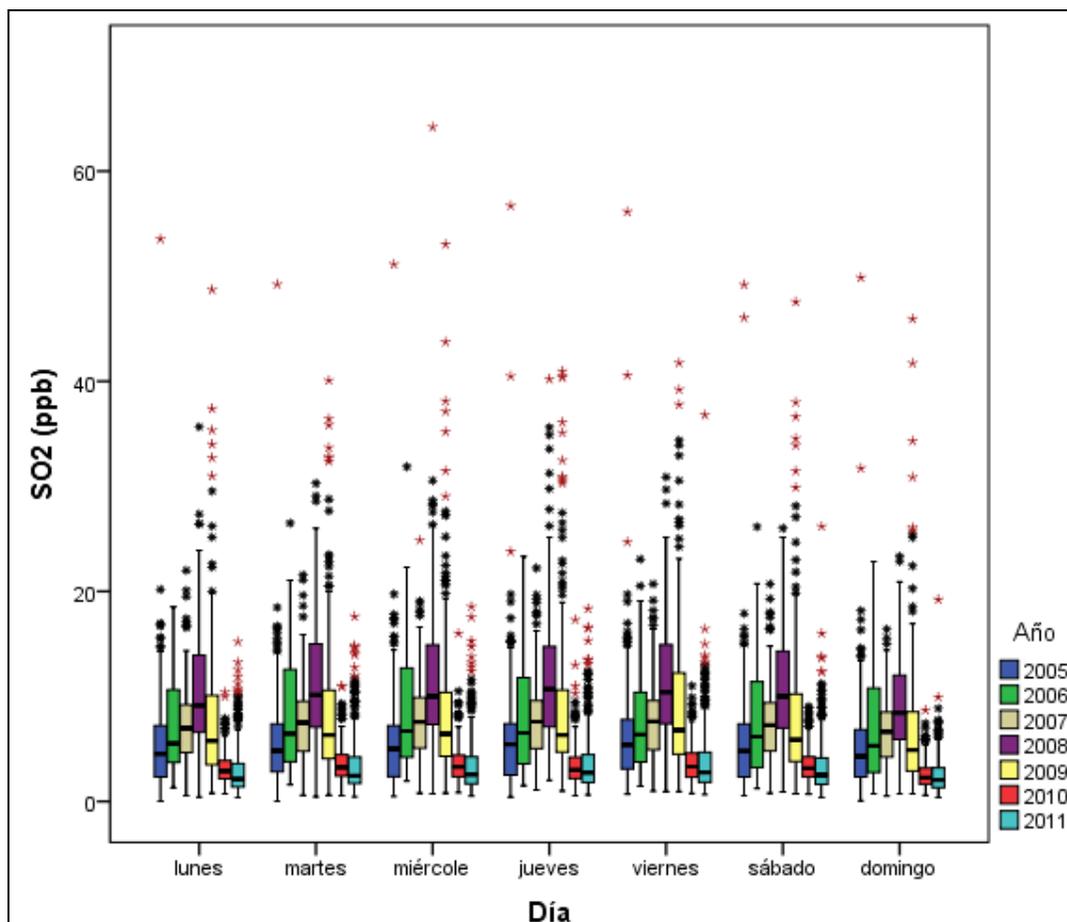


Figura 35. Gráfico de Box-Plot para SO<sub>2</sub> por días de la semana (base 24 horas) comparando el año 2011 con años anteriores.

El comportamiento del contaminante SO<sub>2</sub> muestra una leve forma cóncava en el transcurso de la semana para el año 2011, registrando la mayor concentración los días jueves y viernes con una mediana de 3.93 y 3.99 ppb respectivamente. El fin de semana la concentración baja, siendo el domingo el de menor emisión del contaminante en la semana, con 2.55 como mediana.

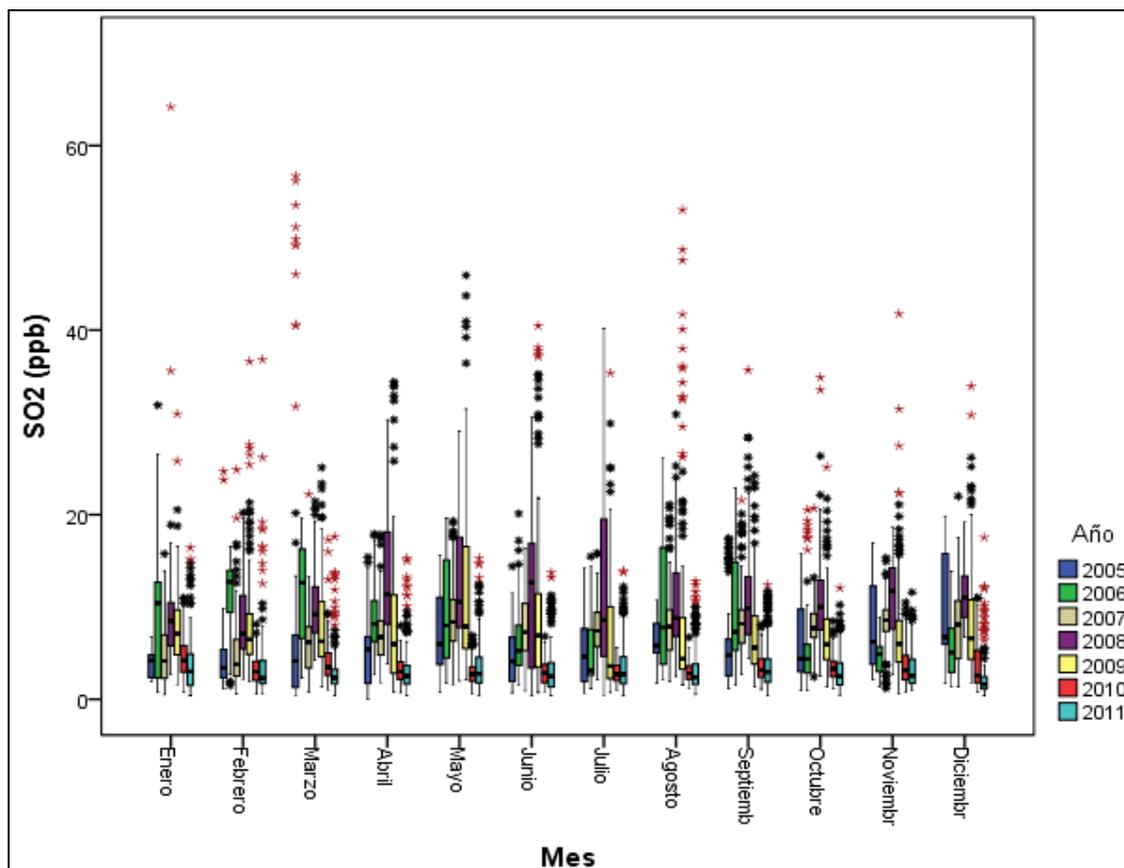


Figura 36. Gráfico de Box-Plot para SO<sub>2</sub> 24 horas, por meses comparando año 2011 con años anteriores.

El comportamiento del contaminante SO<sub>2</sub> en el transcurso de los meses para el año 2011 (Figura 36) presenta en general una leve tendencia decreciente para el primer semestre salvo por el mes de enero que registró un crecimiento, para el segundo semestre se reporta una tendencia creciente pero en Diciembre tiene disminución en su mediana; como se mencionó en la gráfica anterior la disminución de su dispersión es notoria, pero aumentan los datos atípicos y atípicos extremos. El mes que mayor mediana registra es Enero con 3,02 ppb, y el de menor diciembre con 1,61 ppb.

### SO<sub>2</sub> anual

Durante el 2011 se obtuvieron 2150 (dos mil ciento cincuenta) promedios anuales de SO<sub>2</sub>, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (31ppb). Estos datos tienen una representatividad de 44%, en relación con los equipos instalados.

En la Figura 37 se muestran los promedios anuales para cada una de las estaciones que contaron con representatividad en el 2011.

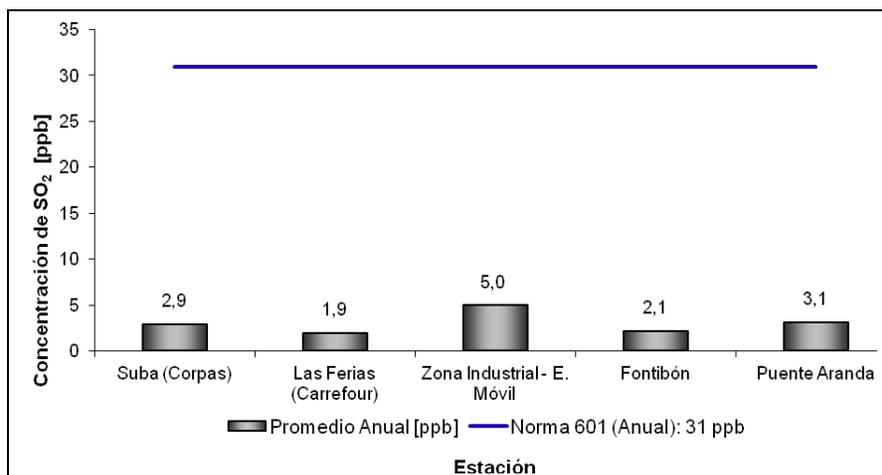


Figura 37. Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> para el 2011.

El resumen de los datos anuales de los monitores de SO<sub>2</sub> para el 2011 se presenta en la Tabla 13. Se observa que la mayor concentración promedio de las estaciones que cuentan con representatividad se presenta en la Zona Industrial- E Móvil, y el máximo promedio anual se presentó en la estación Carvajal, con 8,9 ppb.

Tabla 13. Resumen de promedios anuales de SO<sub>2</sub> por estación para el 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio Anual [ppb]	Máximo Anual [ppb]
Suba (Corpas)	100%	2,9	3,1
Las Ferias (Carrefour)	92%	1,9	2,1
Parque Simón Bolívar (IDRD)	24%		3,1
Zona Industrial- E Móvil	100%	5,0	5,8
Fontibón	100%	2,1	3,0
Puente Aranda	100%	3,1	3,8
Kennedy	20%		4,2
Carvajal (Sony)	12%		8,9
Tunal	27%		4,0
San Cristóbal	15%		0,9

En la Tabla 14 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales desde 1998 hasta 2010, correspondientes a las estaciones que miden SO<sub>2</sub>, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. En la estación No. 12 Zona Industrial- E Móvil se presentó la mayor concentración promedio anual del SO<sub>2</sub>.

Tabla 14. Concentraciones promedio anuales de SO<sub>2</sub> calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

Estación	Concentración SO <sub>2</sub> en [ppb]													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
11. Suba (Corpas)												4	3	3
6. Las Ferias (Carrefour)			8	9	8	3	19	5		6	7			2
10. Chico Lago	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9			

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

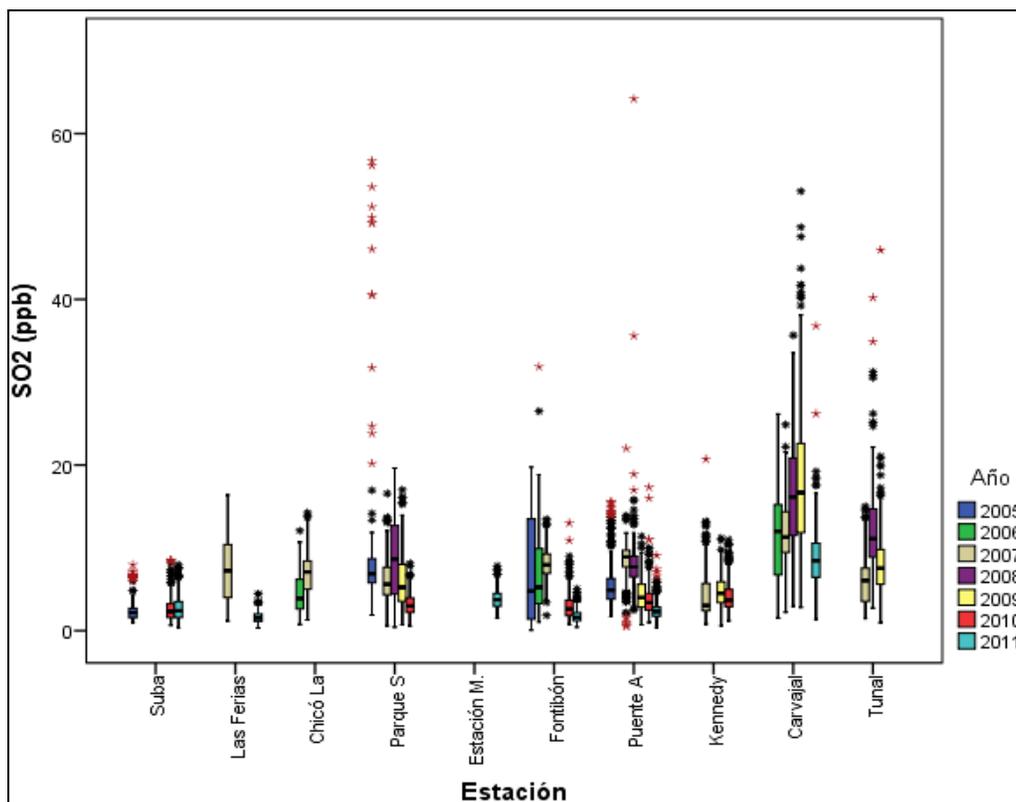


Figura 38. Gráfico de Box-Plot para SO<sub>2</sub> 24 horas por estaciones comparando año 2011 con años anteriores.

El comportamiento general del contaminante se vuelve a ratificar en las gráficas de las estaciones (Figura 38) donde su mediana y dispersión son muy bajas con respecto años anteriores; para el año 2011 cinco estaciones registraron el porcentaje de datos mayor a 75% de los datos por ellos entraron en el informe, siendo la estación de Carvajal la que registra un nivel de superioridad en cuento a su mediana por ello es la de mayor registro, las otras estaciones presentan un comportamiento similar; la estación de Puente Aranda

presenta el mayor registro en cuanto datos atípicos y outliers extremos, la disminución de estos datos atípicos en el último año comparado con años anteriores es sensible.

Como se advirtió el SO<sub>2</sub> para el 2011 muestra un comportamiento excepcional (ver Figura 39), que sugiere que tienen incidencia la influencia de la modernización de equipos a mediados de 2009, con lo cual se muestra en relación con años anteriores, una mediana y dispersión de los datos bajas. La situación descrita tiene efectos en el año 2009 donde se aprecia una gran presencia de datos atípicos y outliers extremos que hayan explicación en parte, en el cambio reseñado que obró a mediados de ese año. La relación en la serie histórica se reevaluará una vez se verifique la situación de los datos históricos.

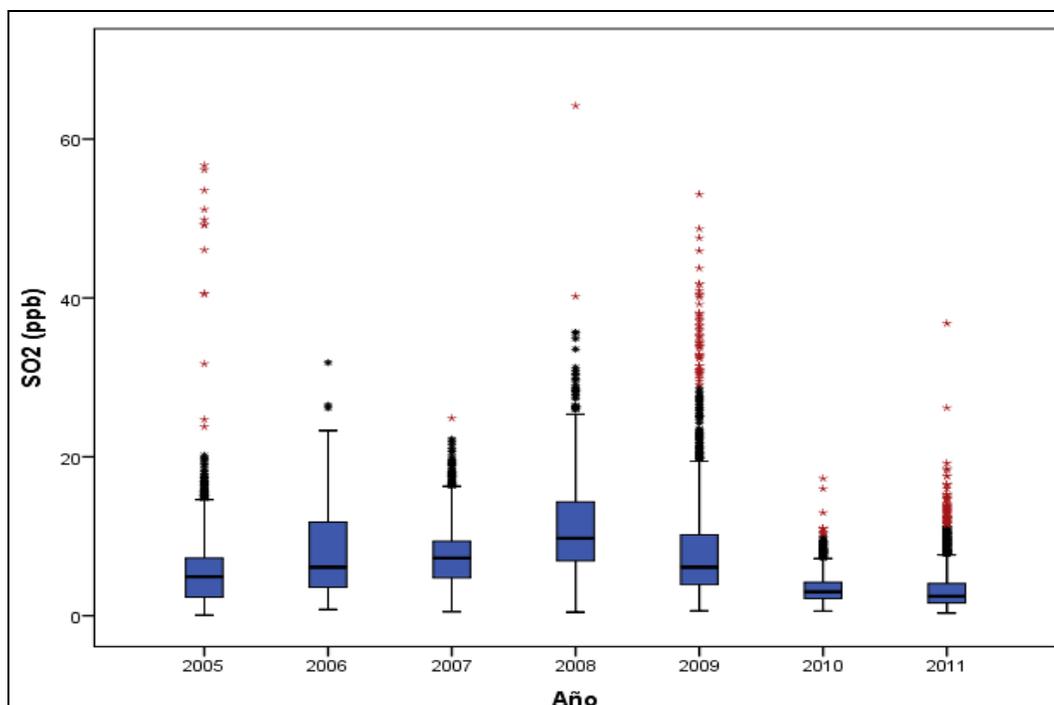


Figura 39. Gráfico de Box-Plot para SO<sub>2</sub> 24 horas por años.

### 3.2.2. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO<sub>2</sub>

En el año 2011 se calcularon promedios horarios, de 24 horas y anuales de concentración de NO<sub>2</sub> para las estaciones configuradas en la Tabla 1 Durante el año 2008 se adquirieron cinco analizadores nuevos instalados en las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 4 Tunal, No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, en el 2009 se instalaron equipos marca THERMO en las estaciones No. 11 Suba, No. 5 Parque Simón Bolívar y en marzo de 2010 se inicia registro en la estación No. 9 Kennedy. Para el análisis de los datos de NO<sub>2</sub> se tuvo como criterio de representatividad el 70% ya que con un 75% se debían excluir varias de los sectores de la ciudad.

## NO<sub>2</sub> 1 hora

Durante el periodo analizado se obtuvieron 55139 (cincuenta y cinco mil ciento treinta y nueve) datos de promedios horarios, con una representatividad del 63% afectada especialmente por la representatividad de las estaciones de Guaymaral, Zona Industrial – E. Móvil, Puente Aranda y Carvajal, cuyos equipos presentaron fallas durante el año. No se registraron promedios horarios superiores a la norma (106 ppb Resolución 601 2006), como se observa en la Figura 40. 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 30% de la norma.

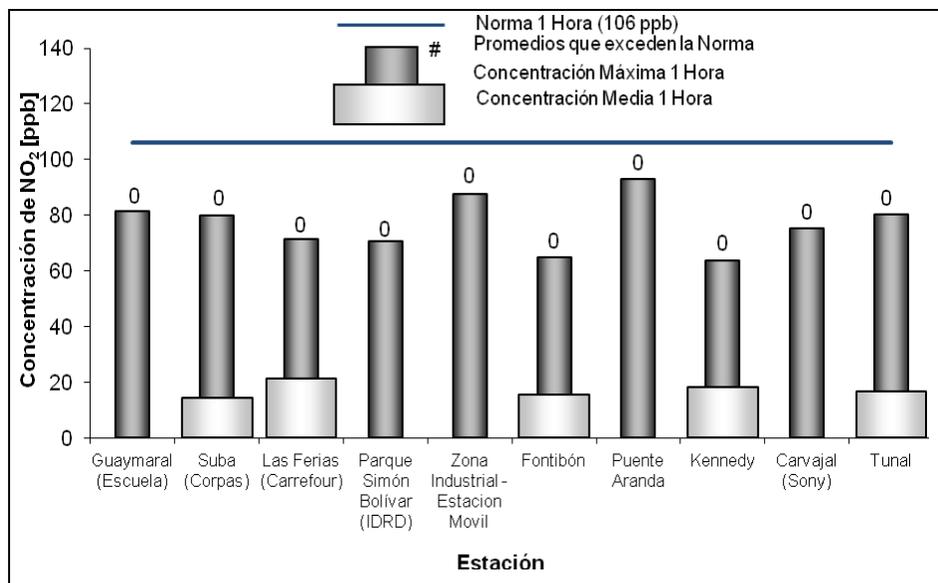


Figura 40. Concentración horaria de NO<sub>2</sub> por estación durante el 2011.

Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 15

Tabla 15. Resumen de datos horarios de NO<sub>2</sub> por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	65,8%		81,3	17/01/2011 18:00
Suba (Corpas)	74,1%	14,4	79,9	22/03/2011 17:00
Las Ferias (Carrefour)	96,2%	21,4	71,5	02/12/2011 16:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	69,5%		70,5	21/01/2011 09:00
Zona Industrial - Estación Móvil	19,4%		87,6	12/01/2011 12:00
Fontibón	72,4%	15,6	65,1	27/05/2011 18:00
Puente Aranda	17,4%		92,9	27/10/2011 08:00
Kennedy	81,4%	18,1	63,9	17/01/2011 09:00
Carvajal (Sony)	38,8%		75,3	17/03/2011 14:00
Tunal	94,6%	16,7	80,4	15/01/2011 09:00

## NO<sub>2</sub> en 24 horas

Para el 2011 se calcularon 2276 (Dos mil doscientos setenta y seis) datos de promedios 24 horas de NO<sub>2</sub>, que corresponden a una representatividad del 62%. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida de NO<sub>2</sub> para 24 horas (80 ppb) como se observa en la Figura 41.

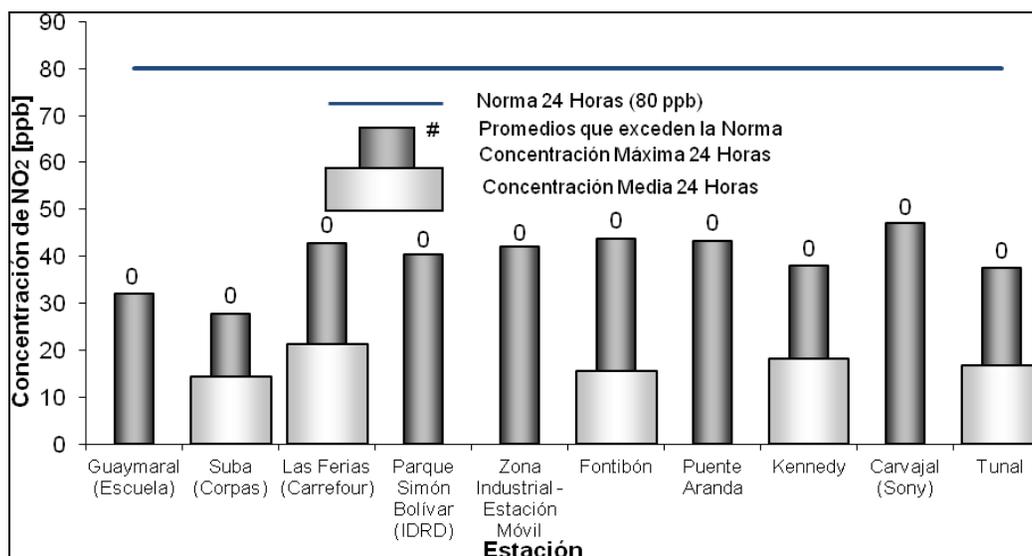


Figura 41. Concentración de NO<sub>2</sub> 24 horas por estación para el año 2011.

De las estaciones que cumplen con el 70% de representatividad, las que registraron las concentraciones medias más altas fueron Las Ferias y Kennedy con 21.4 ppb y 18.1 ppb respectivamente, promedios que se encuentran por debajo del 30% del valor de la norma. En la Tabla 16 se reportan los promedios 24 horas por estación, las concentraciones máximas y el día en que ocurrieron. En Carvajal se registra la máxima concentración 24 horas del año, 47,1 ppb.

Tabla 16. Resumen de datos 24 horas de NO<sub>2</sub> por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	64,7%		32,0	11/02/2011 24:00
Suba (Corpas)	74,0%	14,4	27,9	04/10/2011 24:00
Las Ferias (Carrefour)	96,4%	21,4	42,9	05/10/2011 24:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	69,0%		40,4	11/02/2011 24:00
Zona Industrial - Estación Móvil	18,6%		42,2	07/01/2011 24:00
Fontibón	72,1%	15,5	43,7	27/05/2011 24:00
Puente Aranda	16,7%		43,4	25/10/2011 24:00
Kennedy	80,0%	18,1	38,0	30/10/2011 24:00
Carvajal (Sony)	38,4%		47,1	26/02/2011 24:00
Tunal	93,7%	16,8	37,6	10/01/2011 24:00

Para el análisis estadístico se incluyeron para el 2011 las estaciones con representatividad superior al 70%.

El comportamiento del contaminante NO<sub>2</sub> para el 2011 (Figura 42) presenta una forma cóncava con su máximo nivel de concentración el día viernes con 18.11 ppb como mediana. El valor de la mediana más bajo corresponde al día domingo con 12.98 ppb. Comparado con el año anterior, se presenta una disminución en el contaminante para todos los días de la semana, su dispersión también registra disminución y respecto al 2010 aumenta la presencia de datos atípicos; no se presentan outliers extremos en el 2011.

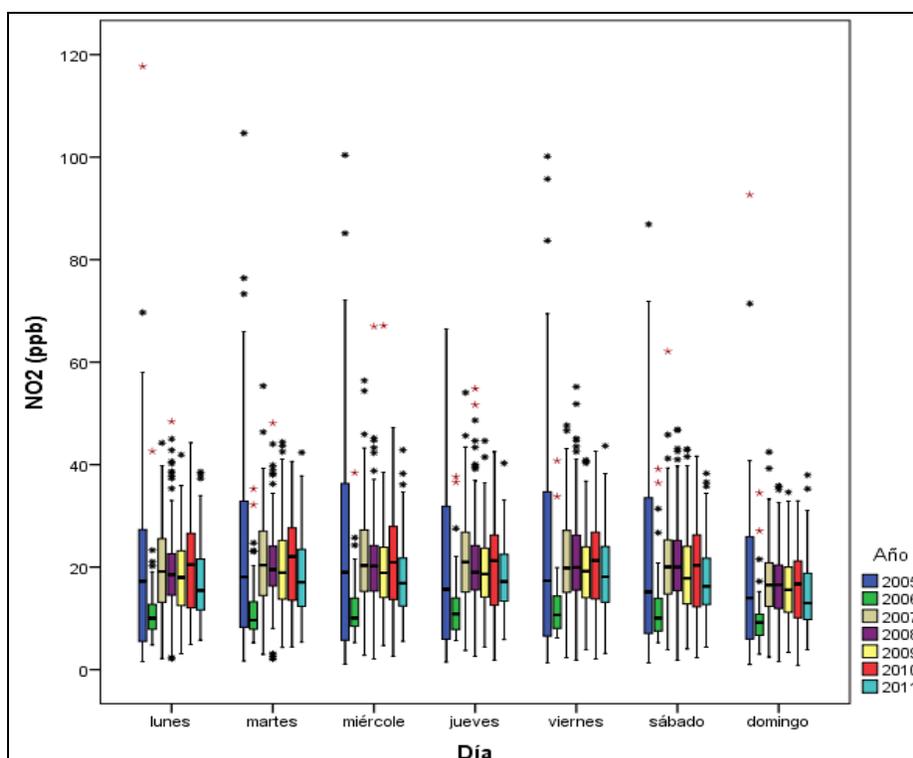


Figura 42. Gráfico de Box-Plot para NO<sub>2</sub> por días de la semana (base 24 horas) comparando año 2011 con años anteriores

Mensualmente, como se observa en la Figura 43, para este contaminante se encuentra bien definido el comportamiento sinusoidal. Para el primer semestre de 2011 se registra decrecimiento y para el segundo semestre un crecimiento, donde el punto de inflexión se encuentra en el mes de Julio, con 12,37 ppb como mediana; el mes con mayor mediana es noviembre con 24 ppb; revisando el registro de la mediana del 2011 con respecto al año anterior, se observa que en casi todos los meses se presentó disminución salvo en noviembre; el contaminante en el 2010 se incrementó tanto en su mediana como en su dispersión, para 2011 vuelve a registros de concentración bajos, con disminución en los datos atípicos y outliers extremos.

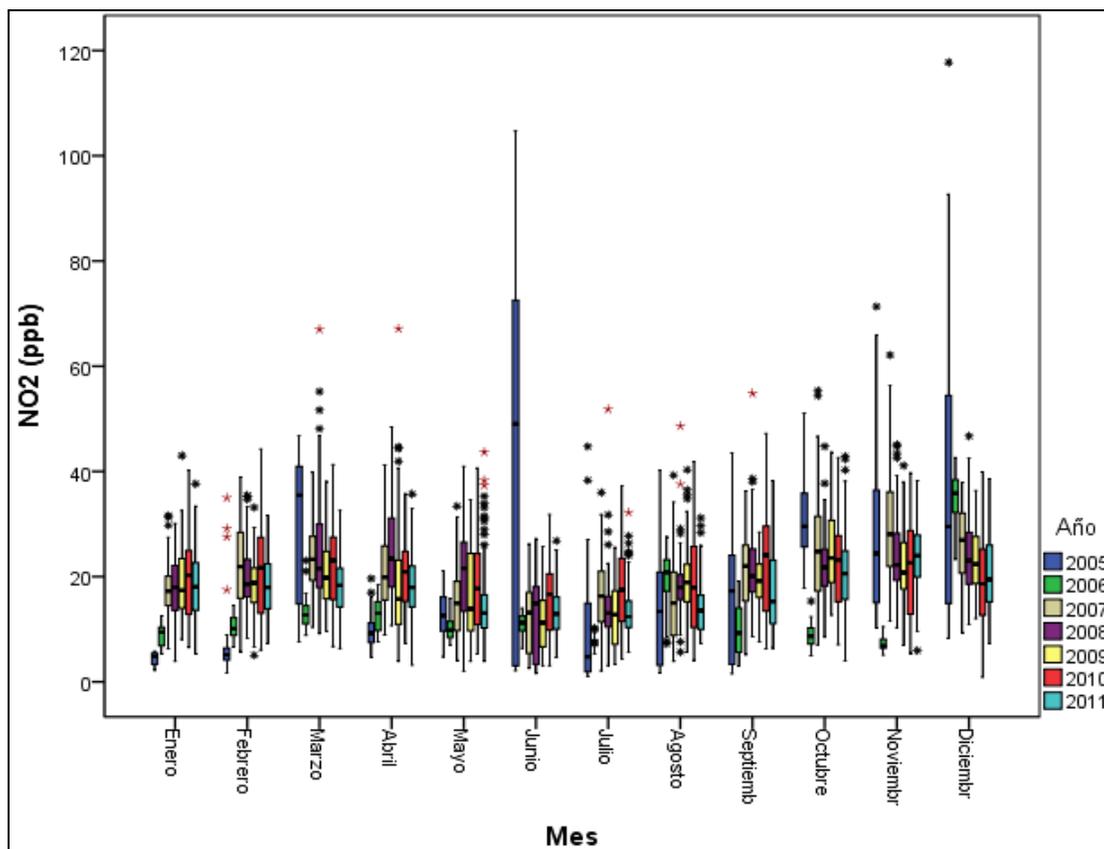


Figura 43. Gráfico de Box-Plot para NO<sub>2</sub> 24 horas por meses comparando año 2011 con años anteriores.

## NO<sub>2</sub> anual

Durante el 2011 se obtuvieron 1830 (mil ochocientos treinta) datos de promedios de concentración anuales de NO<sub>2</sub>, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (53 ppb). Estos datos corresponden a una representatividad del 50,1% para el año. El resumen de los datos registrados por los monitores de NO<sub>2</sub> se presenta en la Tabla 17

Tabla 17. Resumen de datos anuales de NO<sub>2</sub> por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio Anual [ppb]	Máximo Anual [ppb]
Guaymaral (Escuela)	28%		13,6
Suba (Corpas)	99%	11,7	14,3
Las Ferías (Carrefour)	100%	18,8	21,6
Parque Simón Bolívar (IDRD)	55%		24,3
Puente Aranda	13%		26,1
Kennedy	92%	20,5	24,0
Carvajal (Sony)	13%		25,5
Tunal	100%	18,6	19,9

En la Figura 44 se muestran los promedios anuales del 2011 para las estaciones de Suba, Las Ferias, Kennedy y Tunal, las cuales presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%. Se puede observar que ninguno de los promedios anuales superó la norma anual establecida en 53 ppb.

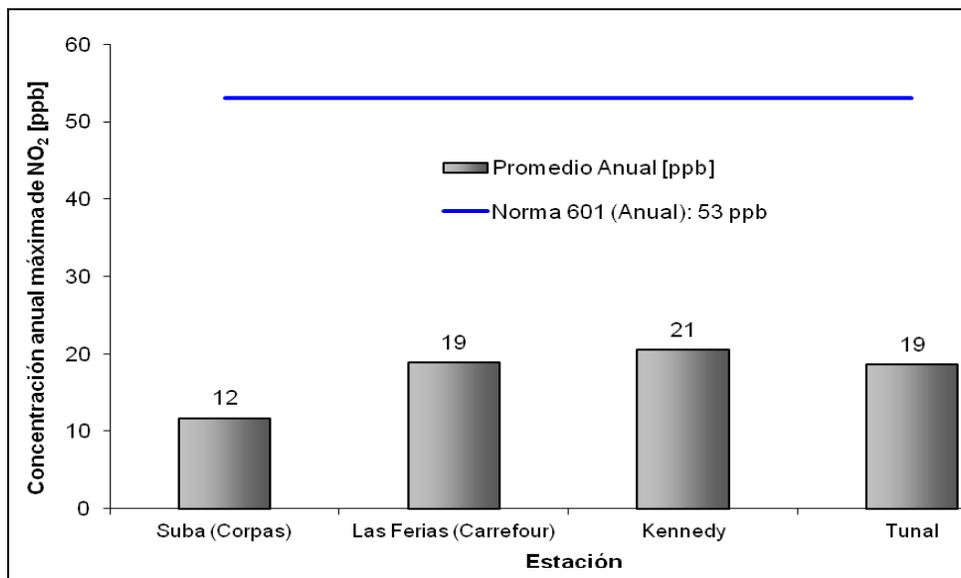


Figura 44. Concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> por estación durante el 2011.

En la Tabla 18 se presentan las concentraciones promedio anuales desde 1998 hasta 2011 para cada una de las estaciones. Se aprecia que en la estación No. 9 Kennedy se presentó la mayor concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> para el 2011. En esta tabla los cuadros en gris refieren promedios reportados con representatividad inferior al 75%.

Tabla 18. Concentraciones de NO<sub>2</sub> – Promedios anuales, calculado a 31 de diciembre de 2011.

SECTOR	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Norte	Guaymaral (Escuela)				10	8	6	6							
	Usaquén	12	8	9	7		12								
Noroccidente	Suba (Corpas)	8	5	5			12	12	16					10	12
	Las Ferias (Carrefour)			4	16	9	17		21	12				18	19
	Engativá	7	9												
Centro	Chico Lago (S. Tomás)	24	20	13	20	19	16	4	6						
	P. Simón Bolívar	19	22				4	6	11	15	13	21	22	24	
	U. Nacional	18	21	24	23	35									
	Sagrado Corazón	14	21	21	20	19			22						
	Z. Ind. – E. Móvil														
	Z. Ind. – CADE	18	7	7	8	11									

SECTOR	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Sur occidente	Fontibón		19	14	14	12	1	5	4		19	20	21			
	Puente Aranda		27	20	19	19	5		36		27		18	26		
	Olaya	16	21	19	14											
	Kennedy															21
	Carvajal	19	18	16	49		1	4	1				25	25		
	Tunal													20	19	
	Central de mezclas				7	8										
	Cazucá	18	14	17	14	7	3									

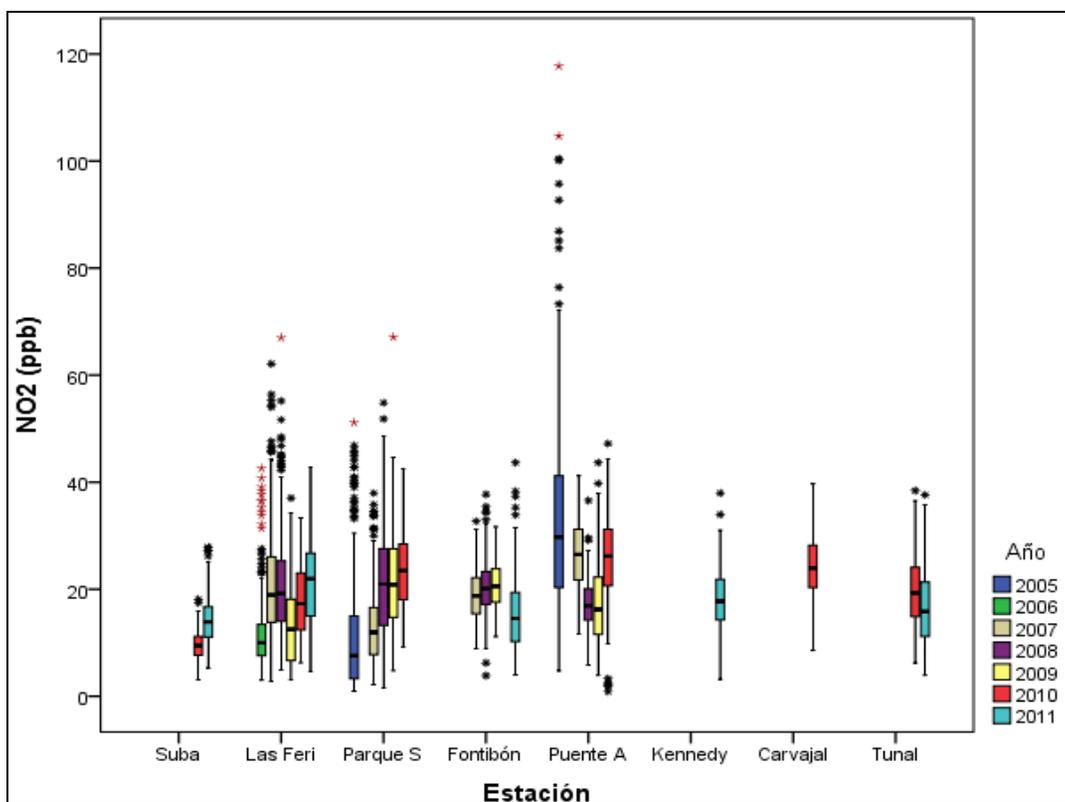


Figura 45. Gráfico de Box-Plot para NO<sub>2</sub> por estaciones comparando año 2011 con años anteriores (base 24 horas).

La estación que mejor comportamiento registra por su baja concentración y dispersión en el último año es Suba (ver Figura 45) con 9,45 ppb como mediana, las demás presenta una mediana superior siendo Las Ferias la de mayor registro, con 21,95 ppb; en las estaciones que se puede hacer comparación con el 2010 se muestra aumento de la concentración en Las Ferias, y Suba y disminución en Tunal, también se corrobora la disminución de datos atípicos y otliers extremos.

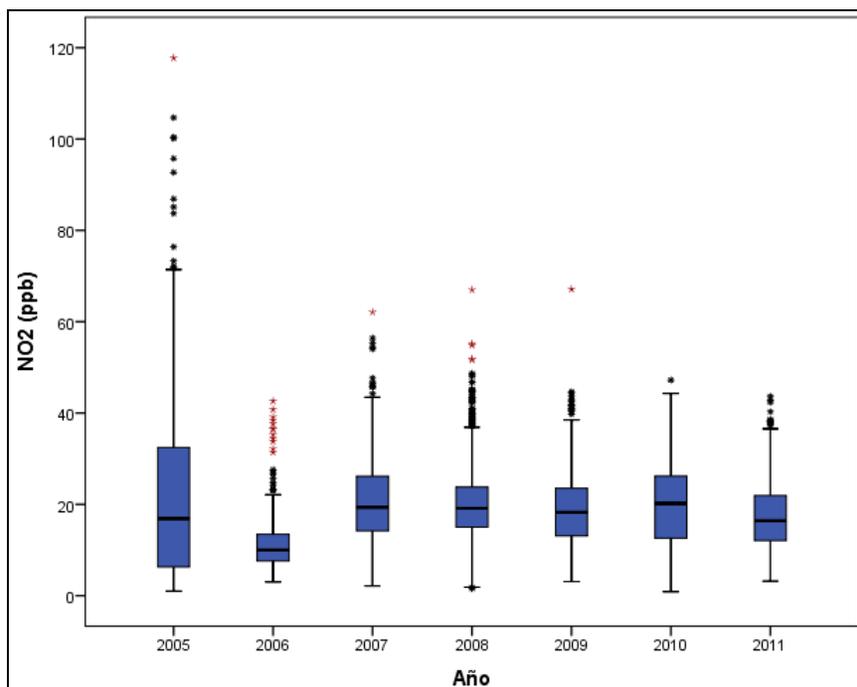


Figura 46. Gráfico de Box-Plot para NO<sub>2</sub> 24 horas por años.

En la Figura 46 se resume el comportamiento general del contaminante, se venía presentando una disminución en la concentración desde el 2007 hasta el 2009, en el 2010 aumentó y ya para el 2011 disminuye la mediana y se presenta baja dispersión, lo contrario pasó con respecto a los datos atípicos puesto que estos vuelven a figurar conforme pasaba en los años anteriores. Mientras en el 2010 se registró una mediana de 20.19 ppb, en el 2011 se pasa a 16,40 ppb.

### 3.2.3. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO

En el 2011 se contó con promedios de CO horarios y octohorarios para las estaciones indicadas en la Tabla 1. El registro del contaminante en las Estaciones de Chicó Lago y Sagrado Corazón se suspendió por remodelación de la sede. El índice de captura de datos para este contaminante fue del 87% respecto a los que se podrían obtener si no se presentaran fallas en el proceso de recolección de la información.

#### CO 1 hora

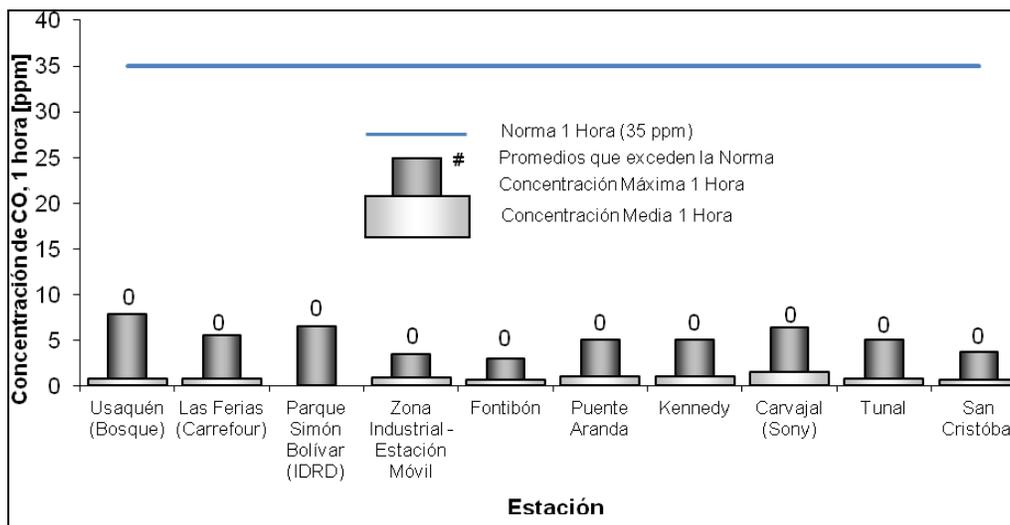
Se obtuvo 76326 (setenta y seis mil trescientos veintiséis) datos de promedios horarios de CO. Ninguno de los promedios superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006), y todos los promedios se registraron por debajo del 50% de la norma (ver Tabla 19).

En la Tabla 19 se presenta el promedio, el valor máximo horario y el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; la estación Usaquén presenta el mayor valor máximo. Las estaciones Las Ferias, Parque Simón Bolívar y Puente Aranda coinciden en presentar el valor máximo de concentración el 04 de marzo de 2011 entre las 21 y las 23.

**Tabla 19.** Resumen de datos horarios de CO por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Usaquén (Bosque)	88%	0,8	7,9	06/12/2011 19:00
Las Ferias (Carrefour)	96%	0,8	5,5	04/03/2011 23:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	67%		6,6	04/03/2011 22:00
Zona Industrial - Estación Móvil	85%	0,9	3,4	27/01/2011 20:00
Fontibón	77%	0,6	3,0	15/02/2011 07:00
Puente Aranda	97%	1,0	5,0	04/03/2011 21:00
Kennedy	84%	1,0	5,0	04/06/2011 23:00
Carvajal (Sony)	97%	1,6	6,4	15/11/2011 02:00
Tunal	88%	0,8	5,1	03/12/2011 22:00
San Cristóbal	91%	0,7	3,7	12/01/2011 10:00

En la Figura 47, se observa que en ninguna estación se superó la norma, y que además la estación Carvajal registró la mayor concentración promedio horaria de CO.



**Figura 47.** Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el 2011.

## CO 8 horas

Para el 2011 se calcularon 76278 (setenta y seis mil doscientos setenta y ocho) promedios de 8 horas de CO, equivalentes al 87% de los datos promedios anuales teniendo en cuenta los equipos instalados. Durante el periodo analizado no se presentaron excedencias a la norma (8,8 ppm Resolución 601 2006). La estación No. 14

Fontibón registró las menores concentraciones promedio de 8 horas, mientras que la estación de Carvajal presentó la mayor concentración promedio (Ver Figura 48)

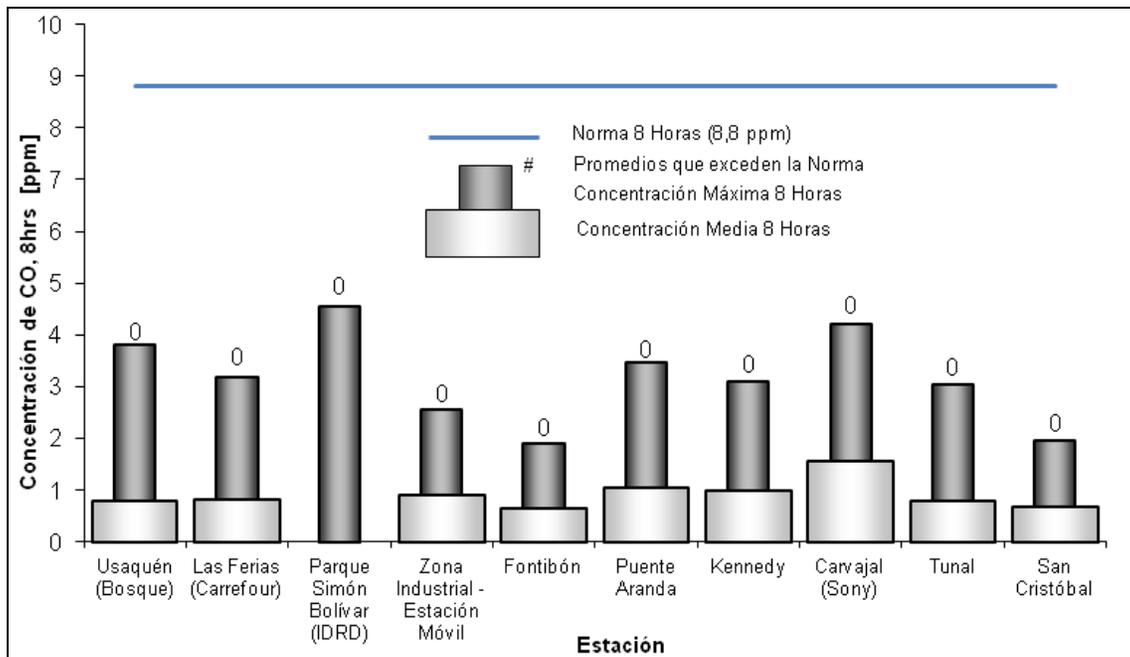


Figura 48. Concentración máxima y media de CO para 8 horas por estación durante el 2011.

La Tabla 20 presenta un resumen de los datos de CO que incluyen la concentración media 8 horas, y la concentración máxima con la fecha y hora en la que esta ocurre.

Tabla 20. Resumen de datos de CO por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Usaquén (Bosque)	88%	0,8	3,8	04/12/2011 01:00
Las Ferias (Carrefour)	96%	0,8	3,2	05/03/2011 01:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	67%	0,7	4,6	05/03/2011 02:00
Zona Industrial - Estación Móvil	86%	0,9	2,6	06/11/2011 03:00
Fontibón	76%	0,6	1,9	05/03/2011 02:00
Puente Aranda	98%	1,0	3,5	05/03/2011 01:00
Kennedy	84%	1,0	3,1	14/11/2011 23:00
Carvajal (Sony)	97%	1,6	4,2	05/10/2011 04:00
Tunal	88%	0,8	3,0	11/12/2011 24:00
San Cristóbal	91%	0,7	2,0	05/12/2011 23:00

### Análisis de tendencia

La gráfica de los días de la semana para el contaminante CO presenta una leve forma sinusoidal que inicia el lunes con alza (Figura 49), el miércoles disminuye y el viernes vuelve a subir, para el fin de semana su disminución es evidente y el domingo es el día de menor concentración registrada; los picos en la onda lo registra el martes y viernes como

ya se había comentado con 0.88 y 0.94 ppm respectivamente como mediana, y los valles el lunes y domingo con 0.80 y 0.75 ppm respectivamente; respecto al año anterior, en el 2011 todos los días de la semana disminuye la mediana, cabe aclarar que su reducción fue leve; la dispersión de los datos para el último año muestra en general una susceptible reducción salvo el miércoles, pero en consecuencia se elevó el registro de datos atípicos.

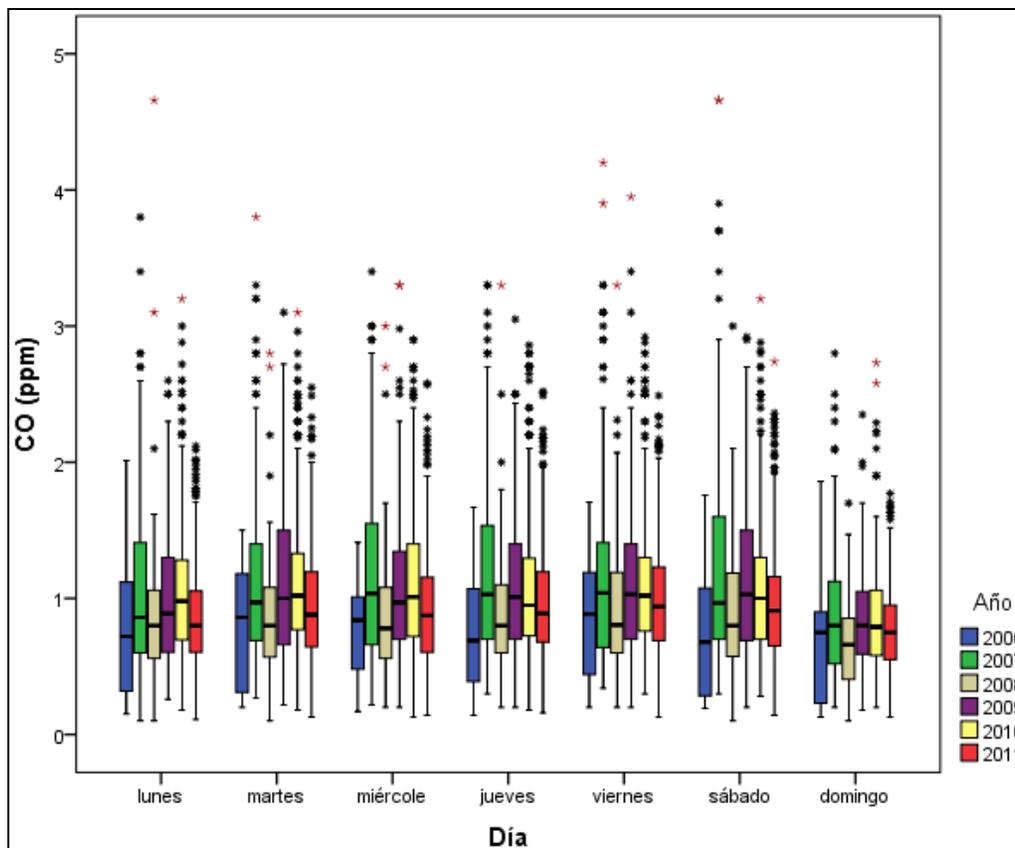


Figura 49. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por días de la semana comparando año 2011 con años anteriores.

Los meses en el año tienen un comportamiento sinusoidal pero para este contaminante los periodos son más cortos como se ve en la Figura 50. Los meses que registran una mayor mediana en el 2011 son noviembre, octubre y diciembre con 1.10, 0.96 y 1.03, ppm respectivamente; adicionalmente los de menor mediana son agosto, julio y junio con 0.67, 0.69 y 0.73 ppm respectivamente. Respecto al 2010, en el 2011 todos los meses registran disminución a excepción del mes de octubre, que pasa de tener una mediana de 0.91 ppm en el 2010 a una de 0.96 ppm en el 2011.; la dispersión para el 2011 respecto a los años anteriores en general disminuyó; los datos atípicos siguen siendo importantes.

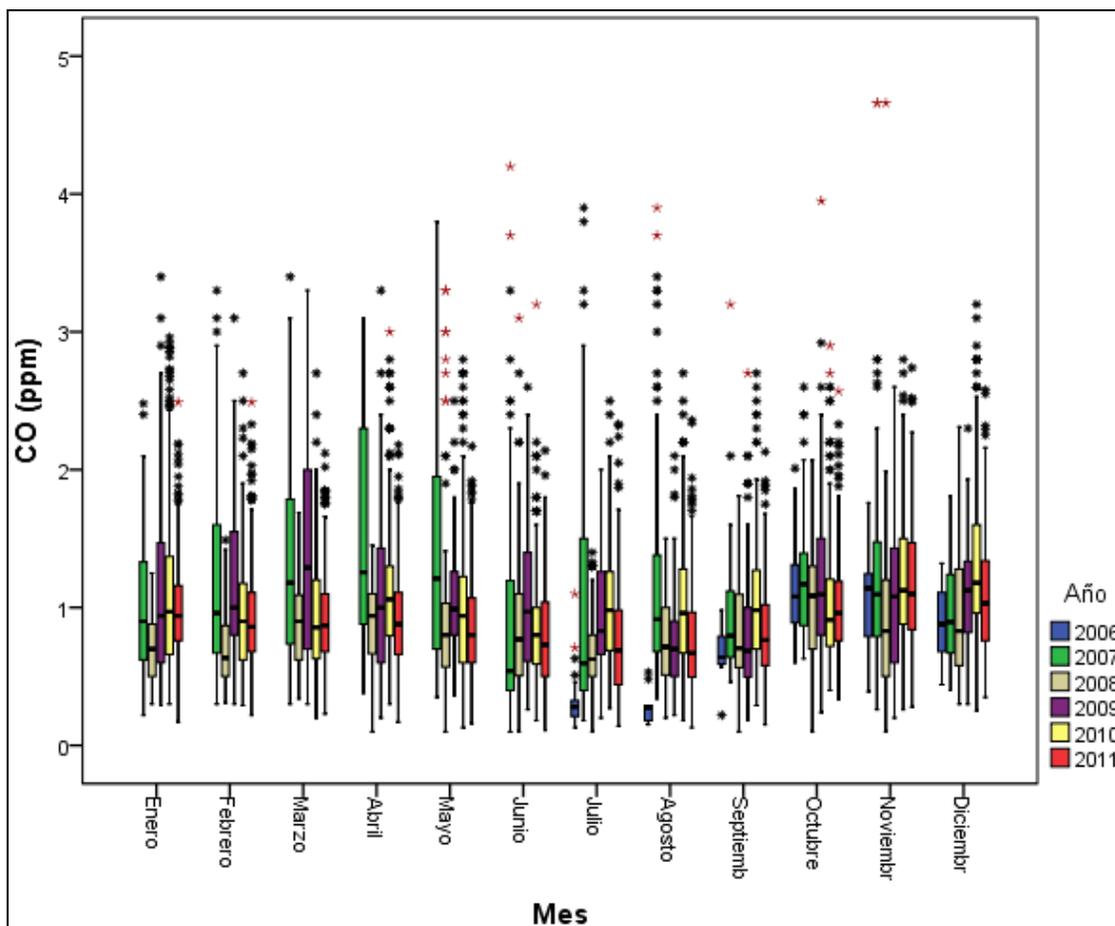


Figura 50. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando año 2011 con años anteriores.

Por estaciones (ver Figura 51) para el contaminante CO no se tienen en cuenta los datos en las estaciones de Kennedy, Sagrado corazón, Tunal y Chicó para el año 2009 por que las series están siendo analizadas técnicamente; la estación con mayor registro de concentración es Carvajal con una mediana de 1.58 ppm y la de menor es Fontibón con 0.64 ppb, que se mantuvo muy similar a la del 2010 pero con una dispersión mayor; la estación de Usaquén tiene muchos datos extremos atípicos. Respecto al 2010, en el 2011 la mediana disminuyó en la mayoría de las estaciones que registraron este contaminante.

El contaminante CO no presenta una tendencia definida a través de los años, puesto que se alterna su crecimiento y descenso según la Figura 52, el año 2011 registra una leve disminución con respecto al año anterior, su dispersión es menor pero se registra outliers y datos extremos atípicos.

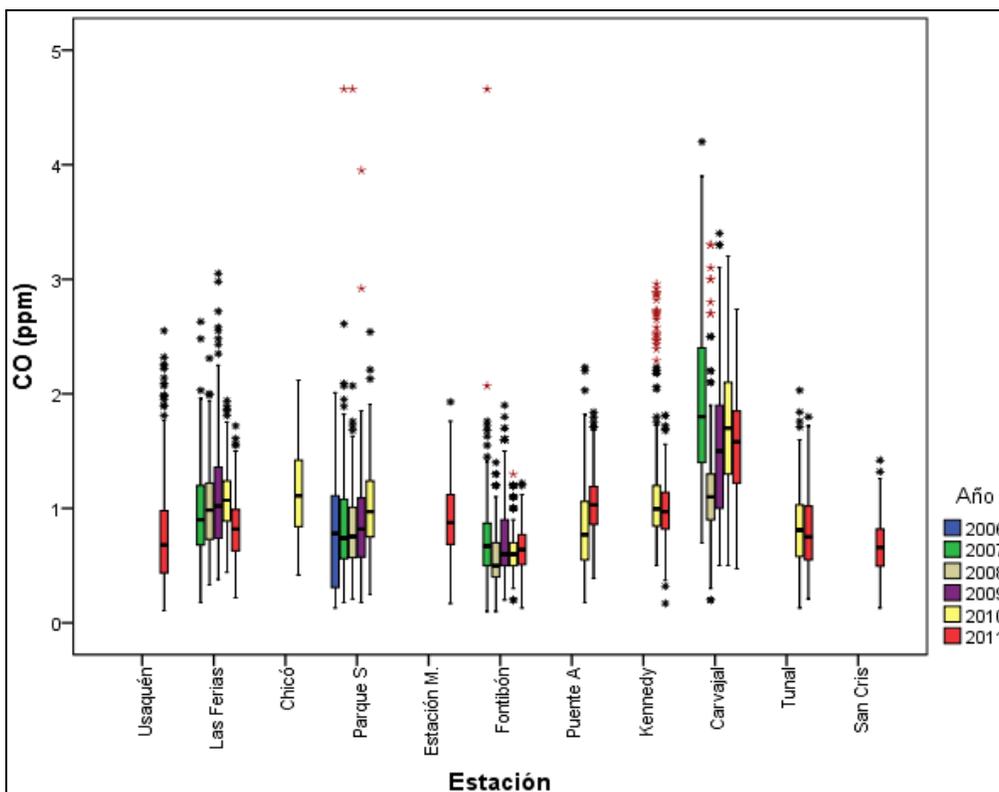


Figura 51. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones, comparando año 2011 con años anteriores.

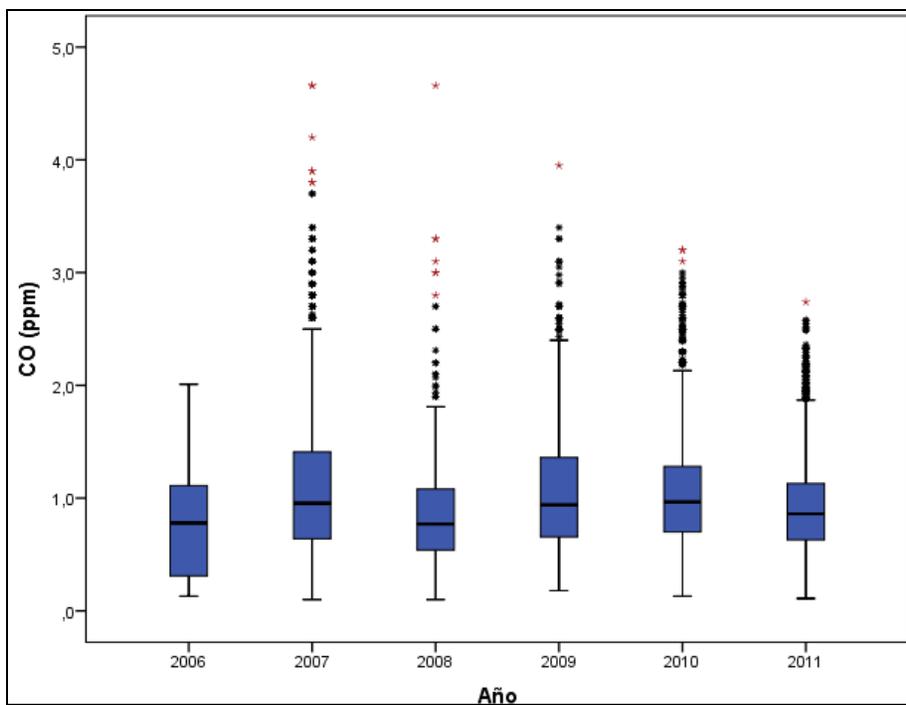


Figura 52. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por años, desde 2006 hasta 2011.

### 3.2.4. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O<sub>3</sub>

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2011, ubicados según se reporta en la Tabla 1. En 2008 se instalaron siete (7) nuevos equipos en las estaciones No. 1 Usaquéen (Bosque), No. 3 Carvajal (Sony), No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, por lo que respecto a estas estaciones no se cuentan con muchos datos históricos.

#### O<sub>3</sub> 1 hora

Durante el 2011 se calcularon 83722 (ochenta y tres mil setecientos veintidós) promedios horarios de O<sub>3</sub>, lo que representa un porcentaje de recuperación de los datos del 80%. Las medias y promedios máximos obtenidos en cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 21, junto con el día y hora en que ocurrieron. A excepción de la estación Zona Industrial - Estación Móvil, Carvajal y San Cristóbal, todas las estaciones presentaron promedios máximos por encima de la norma. El total de promedios máximos que exceden la norma (61 ppb) corresponden al 0,2% del total calculado.

**Tabla 21.** Resumen de datos de O<sub>3</sub> por estación para el año 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	Fecha de ocurrencia del Máximo
Guaymaral (Escuela)	88%	11,1	84,1	25/01/2011 14:00
Usaquén (Bosque)	82%	16,5	104,9	25/01/2011 14:00
Suba (Corpas)	90%	14,0	80,0	25/01/2011 14:00
Las Ferias (Carrefour)	90%	13,0	92,1	25/01/2011 13:00
Parque Simón Bolívar (IDRD)	66%		90,1	29/01/2011 14:00
Sagrado Corazón (MAVDT)	23%		81,0	06/11/2011 16:00
Zona Industrial - Estación Móvil	79%	8,4	51,7	29/01/2011 13:00
Fontibón	80%	10,1	61,2	26/02/2011 15:00
Puente Aranda	90%	8,6	67,0	29/01/2011 13:00
Carvajal (Sony)	93%	7,9	57,8	22/01/2011 12:00
Tunal	90%	9,7	71,0	06/01/2011 13:00
San Cristóbal	85%	8,6	51,8	18/01/2011 14:00

En la Tabla 21 se observa que el 25 de enero de 2011 se presentan las máximas concentraciones de ozono en la zona norte y noroccidente de la ciudad, esto registrado por las estaciones de Guaymaral, Usaquéen, Suba y las Ferias. El día 26 de enero de 2011 entre las 13 y las 14 se registra un máximo de concentración en las estaciones Parque Simón Bolívar (IDRD), Zona Industrial - Estación Móvil, y Puente Aranda. Es importante resaltar que los máximos de concentración de ozono se presentaron en el mes de enero, a excepción de las estaciones Sagrado Corazón (que monitoreó únicamente los tres últimos meses del año) y Fontibón.

La concentración media horaria y el número de promedios que excedieron la norma en cada estación se presentan en la Figura 53. Se observa que la mayor concentración promedio horaria se presenta en la estación Usaquén, y la menor en la estación Carvajal.

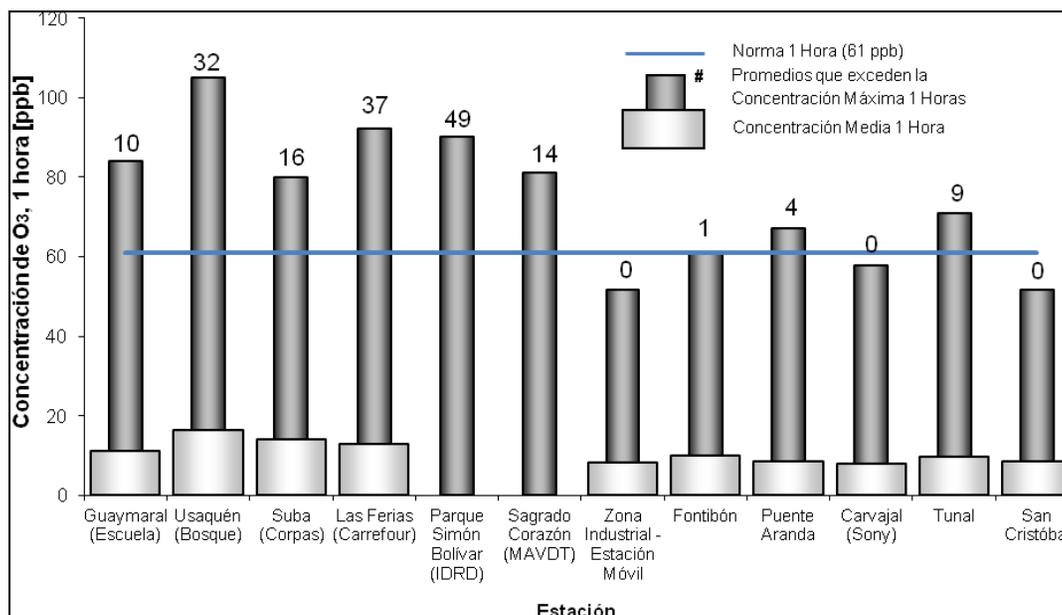


Figura 53. Concentración media y máxima horaria de O<sub>3</sub> por estación durante el 2011.

## O<sub>3</sub> 8 horas

Para reportar la concentración de O<sub>3</sub> para un tiempo de exposición de 8 horas se obtuvieron 83639 (ochenta y tres mil seiscientos treinta y nueve) promedios que representan el 80% del número máximo de datos que podrían calcularse en las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año. Se obtuvo el 0,67% de los datos por encima de la norma (41 ppb Res. 601 2006). Los niveles máximos por estación, el número de excedencias y la fecha en que ocurrió el máximo se presentan en la Tabla 22

Tabla 22. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O<sub>3</sub> para 8 horas durante el 2011.

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del Máximo	Excedencias Norma 601 (octo horario): 41 ppb	Excedencias norma EPA (octo horario): 59 ppb
Guaymaral (Escuela)	88%	11,1	57,8	25/01/2011 18:00	34	0
Usaquén (Bosque)	81%	16,7	65,0	25/01/2011 18:00	95	4
Suba (Corpas)	89%	14,0	59,7	25/01/2011 18:00	99	1
Las Ferias (Carrefour)	90%	13,0	56,1	25/01/2011 17:00	86	0
Parque Simón Bolívar (IDRD)	65%		62,2	29/01/2011 17:00	110	5
Sagrado Corazón (MAVDT)	23%		81,0	06/11/2011 16:00	94	15
Zona Industrial – E. Móvil	80%	8,4	39,2	18/01/2011 18:00	0	0
Fontibón	79%	10,1	42,8	18/01/2011 17:00	2	0

ESTACIÓN	% de datos válidos	Promedio [ppb]	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del Máximo	Excedencias Norma 601 (octo horario): 41 ppb	Excedencias norma EPA (octo horario): 59 ppb
Puente Aranda	92%	8,6	48,3	29/01/2011 17:00	14	0
Carvajal (Sony)	94%	7,8	40,4	28/01/2011 17:00	0	0
Tunal	90%	9,7	53,1	18/01/2011 17:00	27	0
San Cristóbal	85%	8,5	35,8	18/01/2011 18:00	0	0

Como se aprecia, el mayor número de excedencias se concentran en el sector norte, noroccidental y central. En la estación de Parque Simón Bolívar se registró el mayor número de excedencias con 110, seguido por Suba con 99, y Usaquén con 95. En total en el año se presentaron 561 excedencias, las que se reducen a 131 si el nivel de comparación es 59 ppb, nivel recomendado por la EPA.

En la Figura 54 se muestran las concentraciones máximas y medias de O<sub>3</sub> 8 horas, para cada una de las estaciones.

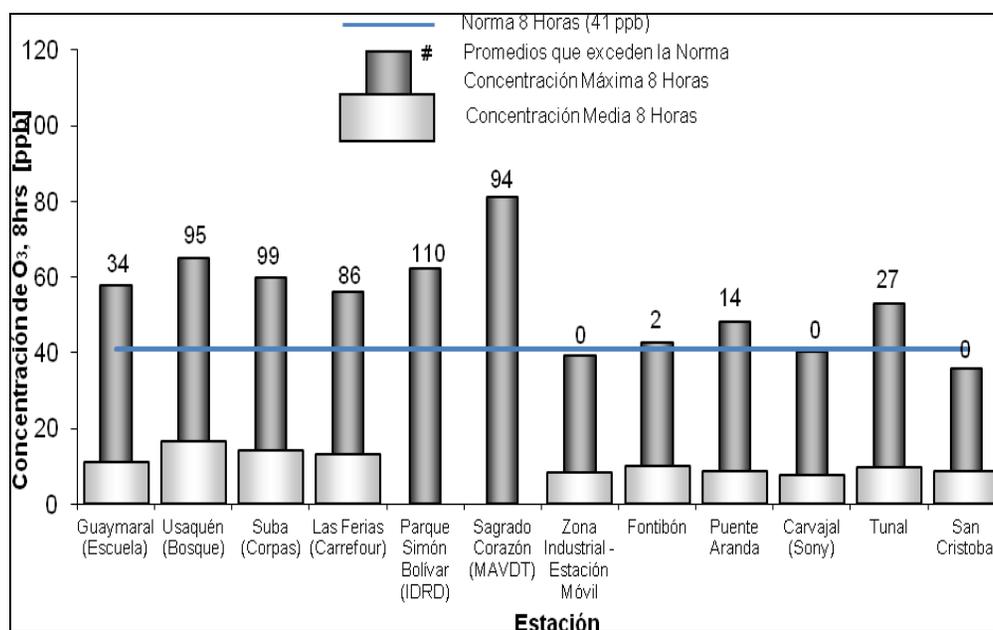


Figura 54. Concentración media y máxima de O<sub>3</sub> para 8 horas por estación durante el 2011.

En la Figura 55 y la Figura 56, se observa espacialmente como afecta este contaminante a la ciudad, se aprecia como las concentraciones altas del contaminante primordialmente se asocian a las estaciones de Usaquén, Suba, Las Ferias y Guaymaral.

El episodio que se muestra en la primera Figura 55 bien puede configurarse sobre la estación de Usaquén principalmente, y sobre Suba y Guaymaral.

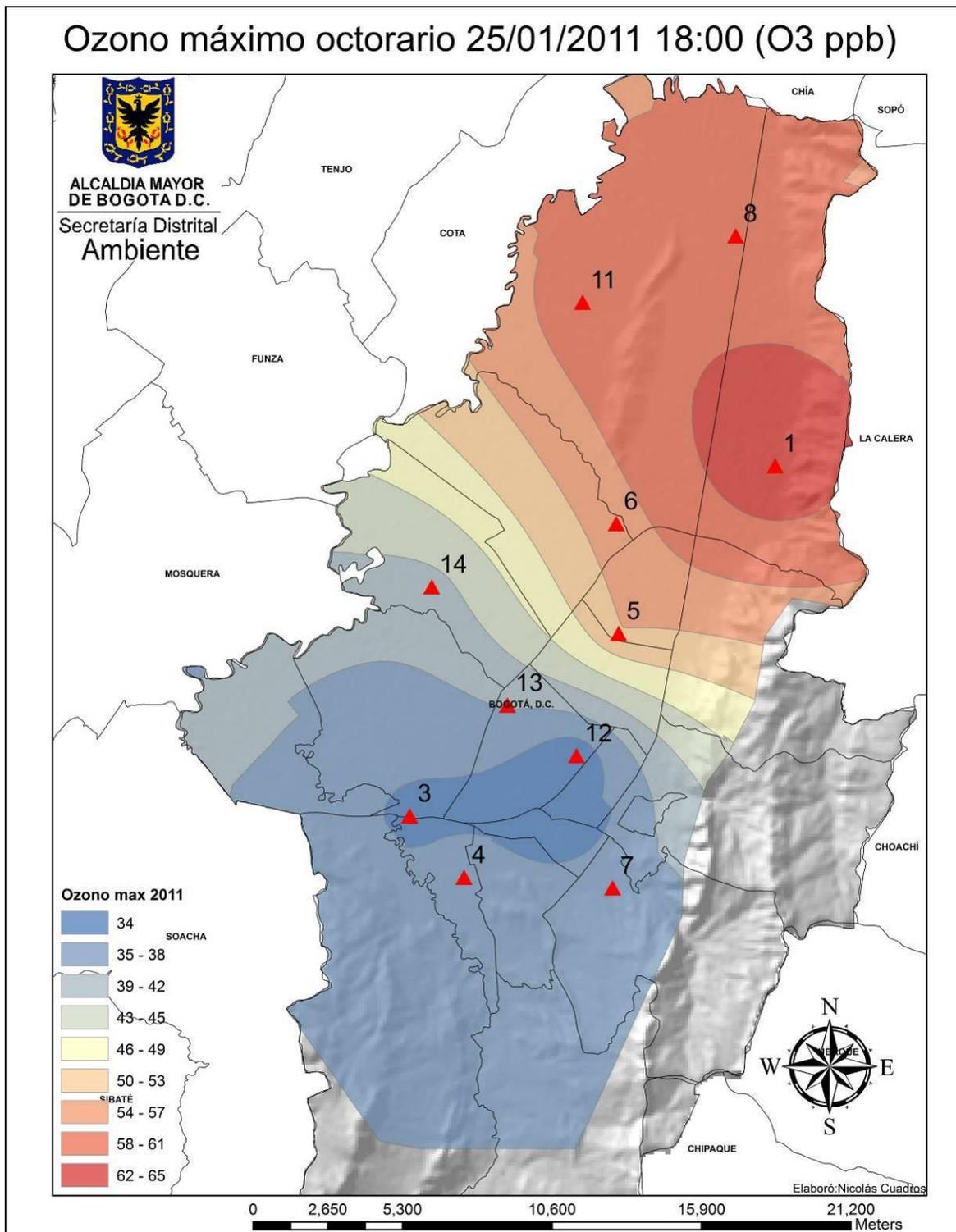


Figura 55. Episodio de contaminación de O<sub>3</sub>, en ppb, promedio 8 horas, 2011.

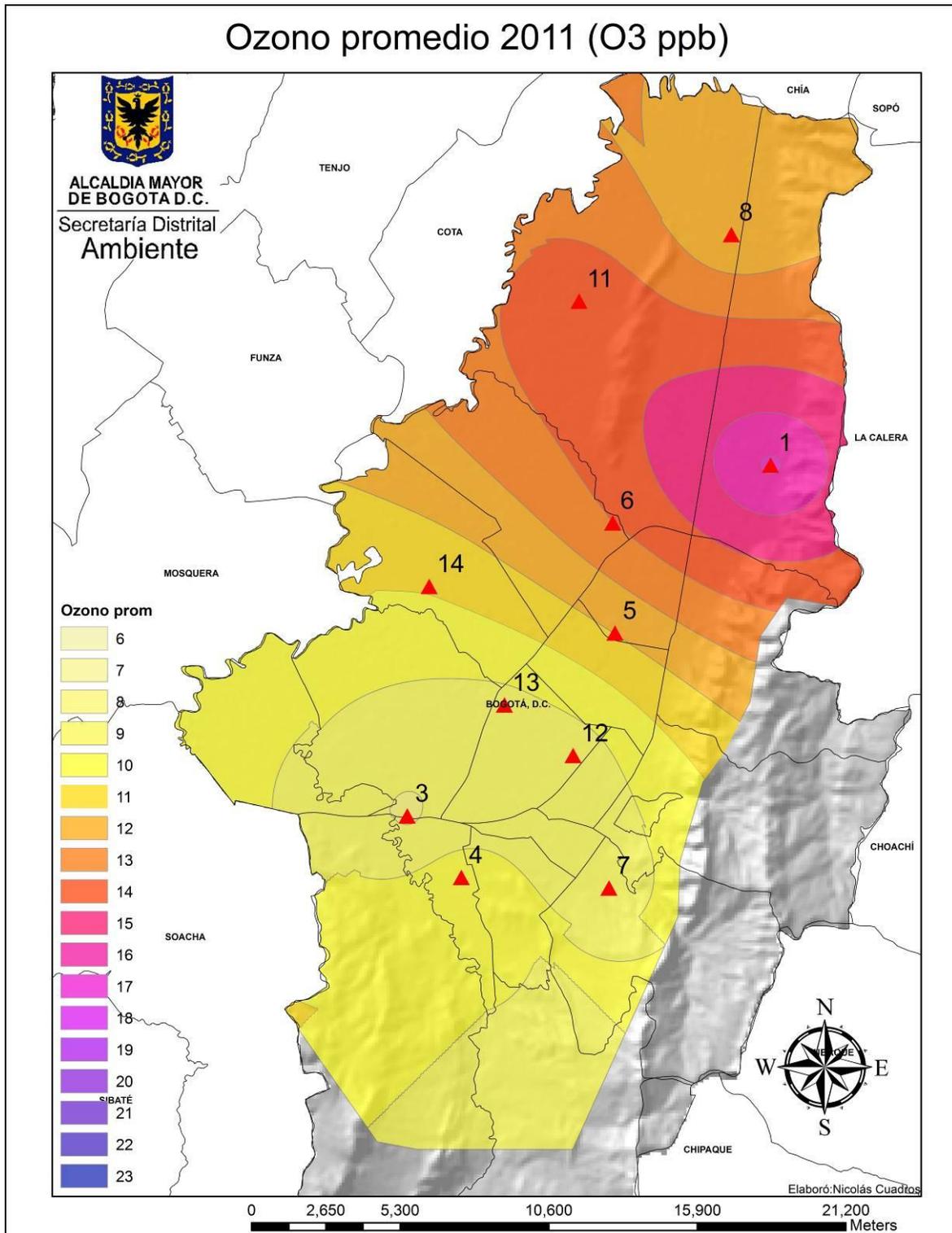


Figura 56. Concentración promedio de ozono en ppb, año 2011, basado en promedios diarios

### Comportamiento histórico del O<sub>3</sub>

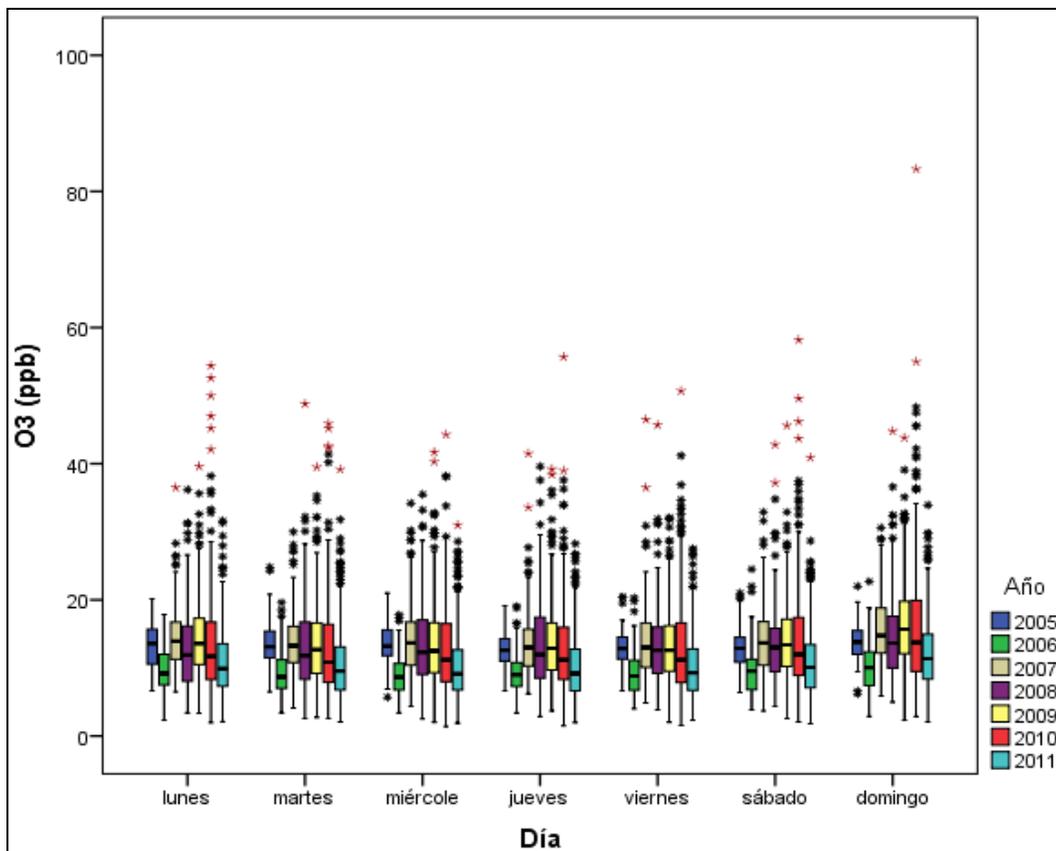


Figura 57. Gráfico de Box-Plot para O<sub>3</sub> 24 horas por días de la semana, comparando año 2011 con años anteriores.

En el 2011, el miércoles se encuentra la mediana más baja con 9.13 ppb, el mayor valor de la mediana corresponde el día domingo, con 11.37 ppb (Figura 57). Se presenta una disminución de la mediana entre lunes y miércoles, siendo el miércoles el punto de inflexión, y posteriormente aumenta esta concentración hasta alcanzar su máximo valor el día domingo, situación muy similar a la presentada en el 2010. En comparación con el año anterior las medianas disminuyeron todos los días de la semana en el 2011. En general la dispersión de los datos en el último año disminuyó, al igual que la presencia de datos atípicos y outliers extremos.

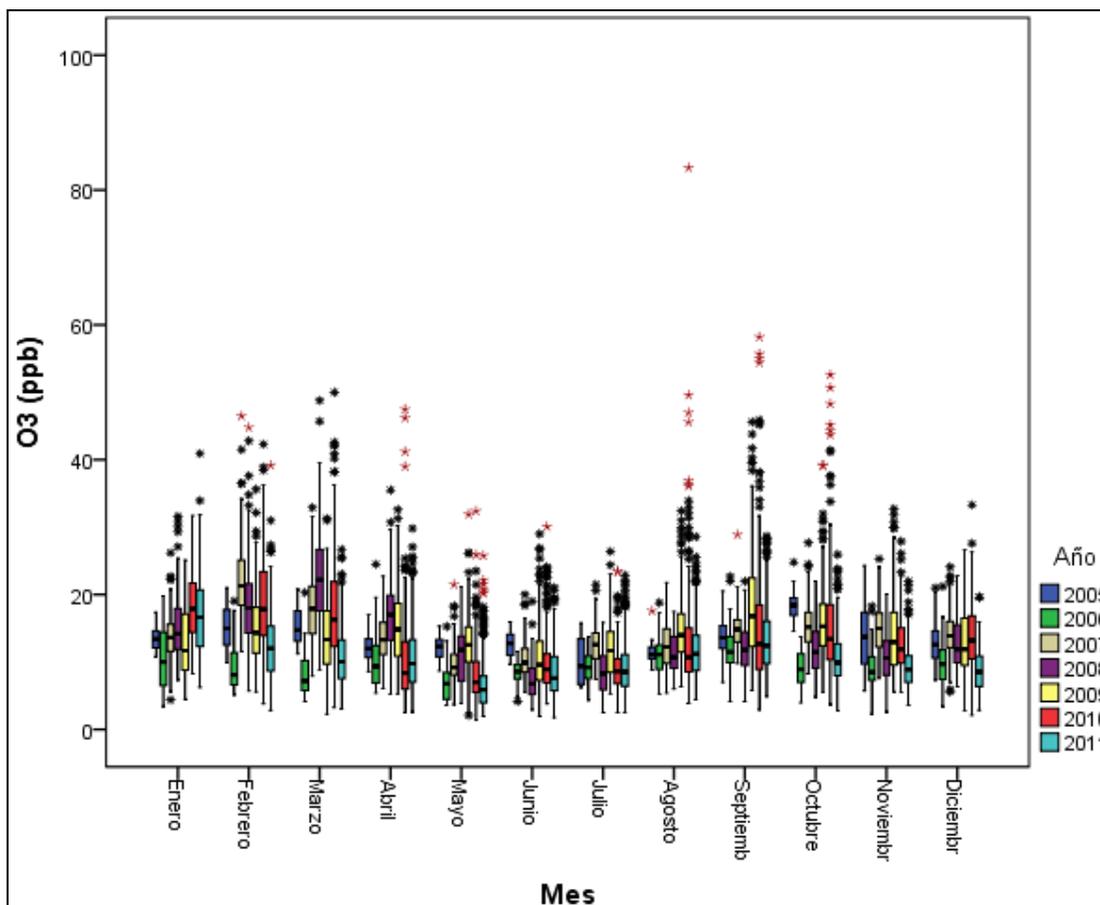
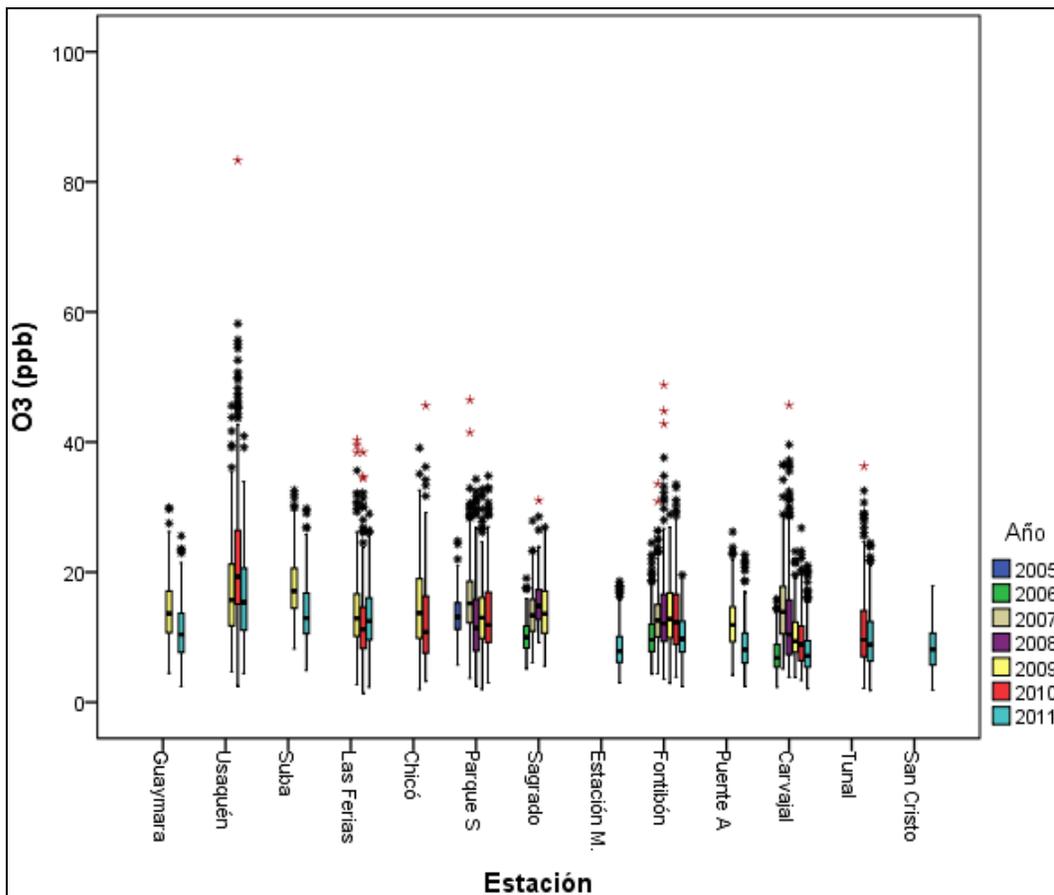


Figura 58. Gráfico de Box-Plot para O3 promedio mensual (desde base diaria) comparando año 2011 con años anteriores.

El contaminante Ozono presenta el mismo comportamiento general de los otros contaminantes, se observa una forma sinusoidal con dos ondas, una por cada semestre (Figura 58). En el primer trimestre se presentan los mayores registros del contaminante para el 2011. Se observa que para el 2011 el valor de la mediana disminuye de enero a mayo, aumenta de mayo a octubre y vuelve a disminuir de octubre a diciembre. El menor registro se presenta en mayo con 5.91 ppb como mediana, y el mayor en enero con 16.60 ppb.. Respecto al 2010, en todos los meses del 2011 se presenta una disminución de la mediana exceptuando los meses de abril y agosto. La dispersión de los datos es en general menor que en el 2010. Con respecto a los datos atípicos, en el último año se presenta disminución tanto en datos outliers como outliers extremos, esto se refleja más en los meses de agosto, setiembre y octubre.



**Figura 59.** Gráfico de Box-Plot para O<sub>3</sub> promedios anuales (desde base diario) por estaciones comparando 2011 con años anteriores.

En la Figura 59 se observa que respecto al 2010, la mediana disminuye en las estaciones de Usaquén, Fontibón, Carvajal y Tunal, y sólo en la estación Las Ferias este valor aumenta. La estación de Usaquén para el último año muestra la mayor mediana, con 15.35 ppb, la de menor concentración es Carvajal con 7.14 ppb. Con respecto a la dispersión, se nota un leve descenso en proporción al año inmediatamente anterior; como se ha venido observando en las gráficas que describen al contaminante Ozono, la disminución de los datos atípicos y outliers extremos es evidente.

El resumen del comportamiento del Ozono se puede observar en la Figura 60, puesto que se observa la disminución de datos atípicos y outliers extremos para el 2011 y la disminución sistemática del contaminante a partir del 2007. En el 2011 se redujo también la dispersión de los datos.

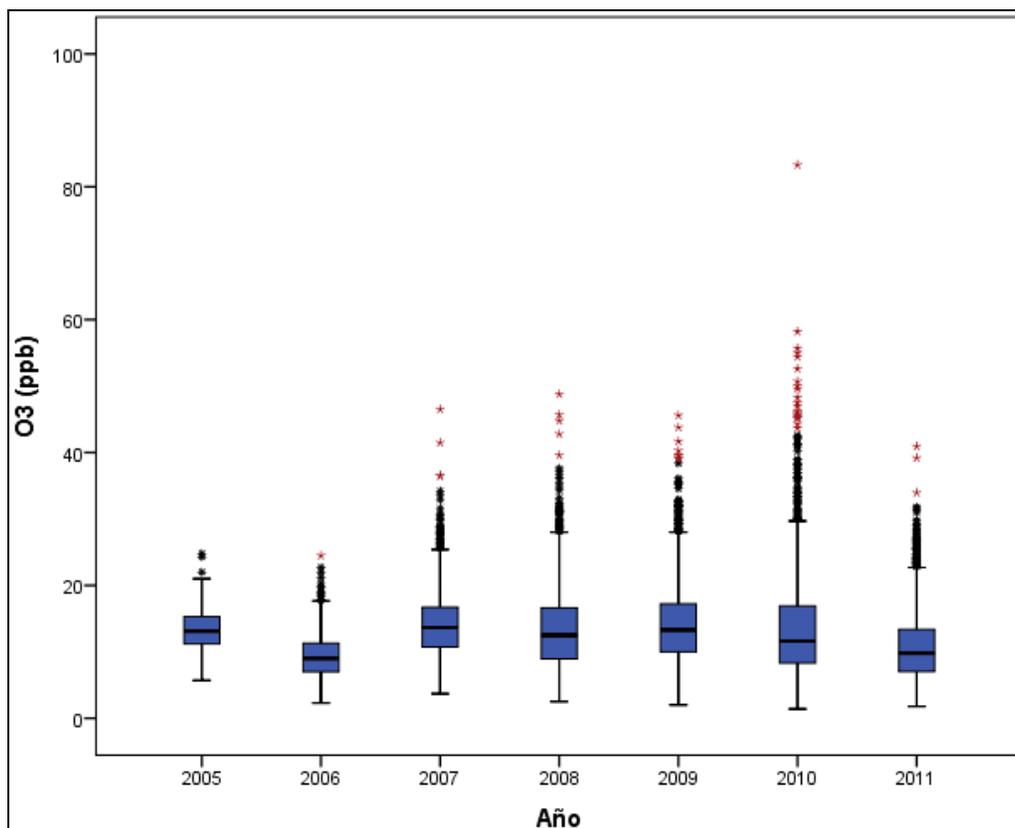


Figura 60. Gráfico de Box-Plot para O<sub>3</sub> promedio aritmético de las estaciones (desde base diaria).

### 3.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 23 se resumen los resultados de los promedios de 24 horas para PM<sub>10</sub>. En la primera columna se especifica la zona geográfica donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación y en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el año de operación que se está reportando. La cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal, que se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. La quinta columna informa el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se encuentra el porcentaje de estas excedencias sobre el total de los datos obtenidos para cada estación. La séptima y octava columna informan el número de promedios que están por encima del 50% y del 75% del valor de la norma respectivamente. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado y en la décima el cociente del máximo sobre el valor de la norma. Finalmente, en la última columna se presenta el valor promedio de las ponderaciones de PM<sub>10</sub> para 24 horas durante el año. Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM<sub>10</sub> en la Tabla 24.

En la Tabla 27 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 23.** Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 10 micras (PM10), año 2011.

Información de los promedios diarios de concentración de PM <sub>10</sub> , anual 2011 [Norma: 100 µg/m <sup>3</sup> ]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m <sup>3</sup> ]	Max/Normal	Promedio [µg/m <sup>3</sup> ]
Norte	Guaymaral (Escuela)	342	94%	0	0%	33	0	73	1,2	36
	Usaquén (Bosque)	158	43%	0	0%	42	0	75	1,3	
	<b>Subtotal</b>	<b>500</b>	<b>68%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>74</b>		<b>36</b>
Noroccidente	Suba (Corpas)	328	90%	0	0%	158	7	90	1,5	51
	Las Ferias (Carrefour)	352	96%	0	0%	85	4	89	1,5	42
	<b>Subtotal</b>	<b>680</b>	<b>93%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>243</b>	<b>11</b>	<b>90</b>		<b>47</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	324	89%	0	0%	71	5	85	1,4	38
	Sagrado Corazón (MAVDT)	77	21%	0	0%	29	7	83	1,4	
	Zona Industrial - Estación Móvil	312	85%	7	2%	118	34	109	1,8	51
	<b>Subtotal</b>	<b>713</b>	<b>65%</b>	<b>7</b>	<b>1%</b>	<b>218</b>	<b>46</b>	<b>92</b>		<b>44</b>
Suroccidente	Fontibón	305	84%	2	1%	128	22	103	1,7	52
	Puente Aranda	345	95%	5	1%	156	47	124	2,1	56
	Kennedy	304	83%	50	16,4%	152	115	143	2,4	79
	Carvajal (Sony)	349	96%	100	28,7%	170	137	186	3,1	86
	<b>Subtotal</b>	<b>1303</b>	<b>89%</b>	<b>157</b>	<b>12%</b>	<b>606</b>	<b>321</b>	<b>139</b>		<b>68</b>
Sur	Tunal	357	98%	2	1%	140	44	108	1,8	52
	San Cristóbal	306	84%	2	1%	63	17	112	1,9	40
	<b>Subtotal</b>	<b>663</b>	<b>91%</b>	<b>4</b>	<b>1%</b>	<b>203</b>	<b>61</b>	<b>110</b>		<b>46</b>
<b>TOTALES</b>		<b>3859</b>	<b>81%</b>	<b>168</b>	<b>4,4%</b>	<b>1345</b>	<b>439</b>			

**Tabla 24.** Consolidado de los promedios anuales material particulado inferior a 10 micras (PM10), año 2011.

Información de los promedios anuales de concentración de PM <sub>10</sub> [Norma: 50 µg/m <sup>3</sup> ]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m <sup>3</sup> ]	Max/ Norma	Promedio [µg/m <sup>3</sup> ]
Norte	Guaymaral (Escuela)	365	100%	0	0%	286	79	38	0,8	37
	Usaquén (Bosque)	60	16%	0	0%	0	60	46	0,9	
	<b>Subtotal</b>	<b>425</b>	<b>58%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>286</b>	<b>139</b>	<b>42</b>		<b>37</b>
Noroccidente	Suba (Corpas)	365	100%	365	100%	0	0	56	1,1	53
	Las Ferias (Carrefour)	365	100%	0	0%	0	365	48	1,0	45
	<b>Subtotal</b>	<b>730</b>	<b>100%</b>	<b>365</b>	<b>50%</b>	<b>0</b>	<b>365</b>	<b>52</b>		<b>49</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0%	0	365	45	0,9	42
	Estación Móvil	365	100%	365	100%	0	0	58	1,2	56
	<b>Subtotal</b>	<b>730</b>	<b>100%</b>	<b>365</b>	<b>50%</b>	<b>0</b>	<b>365</b>	<b>52</b>		<b>49</b>
Suroccidente	Fontibón	365	100%	365	100%	0	0	61	1,2	57
	Puente Aranda	365	100%	365	100%	0	0	61	1,2	58
	Kennedy	365	100%	365	100%	0	0	89	1,8	83
	Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	91	1,8	87
	<b>Subtotal</b>	<b>1460</b>	<b>100%</b>	<b>1460</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>75</b>		<b>71</b>
Sur	Tunal	365	100%	365	100%	0	0	60	1,2	57
	San Cristóbal	136	37%	0	0%	0	136	48	1,0	
	<b>Subtotal</b>	<b>501</b>	<b>69%</b>	<b>365</b>	<b>50%</b>	<b>0</b>	<b>136</b>	<b>54</b>		<b>57</b>
<b>TOTALES</b>		<b>3846</b>	<b>85%</b>	<b>2555</b>	<b>66%</b>	<b>286</b>	<b>1005</b>			

**Tabla 25.** Consolidado de los promedios de 24 horas para material particulado inferior a 2,5 micras (PM<sub>2.5</sub>), año 2011.

Información de los promedios diarios de concentración de PM <sub>2.5</sub> [Norma: 50 µg/m <sup>3</sup> ]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m <sup>3</sup> ]	Max/Normal	Promedio [µg/m <sup>3</sup> ]
Suroccidente	Kennedy	302	83%	14	5%	135	67	75	3,0	31
<b>TOTALES</b>		<b>302</b>	<b>83%</b>	<b>14</b>	<b>5%</b>	<b>135</b>	<b>67</b>			

**Tabla 26.** Consolidado de los promedios anuales material particulado inferior a 2,5 micras (PM<sub>2.5</sub>), año 2011.

Información de los promedios anuales de concentración de PM <sub>2.5</sub> [Norma: 25 µg/m <sup>3</sup> ]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m <sup>3</sup> ]	Max/Normal	Promedio [µg/m <sup>3</sup> ]
Suroccidente	Kennedy	365	100%	365	100%	0	0	38,7	1,5	35,1
<b>TOTALES</b>		<b>365</b>	<b>100%</b>	<b>365</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

**Tabla 27.** Consolidado de los promedios de 24 horas de partículas suspendidas totales (PST), año 2011.

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m³]	Max/Norma	Promedio [µg/m³]
Suroccidente	Carvajal (Sony)	287	79%	1	0,3%	113	5	335	1,12	139
<b>TOTALES</b>		<b>287</b>	<b>79%</b>	<b>1</b>	<b>0,3%</b>	<b>113</b>	<b>5</b>			<b>139</b>

**Tabla 28.** Consolidado de los promedios anuales de partículas suspendidas totales (PST), año 2011.

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m³]	Max/Norma	Promedio [µg/m³]
Suroccidente	Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	144	1,4	134
<b>TOTALES</b>		<b>365</b>	<b>100%</b>	<b>365</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

**Tabla 29.** Consolidado de los promedios de SO<sub>2</sub> para 3 horas, año 2011.

Información de los promedios trihorarios de concentración de SO <sub>2</sub> [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Noroccidente	Suba (Corpas)	7743	88%	0	0%	0	0	26,7	0,09	2,7
	Las Ferias (Carrefour)	7928	91%	0	0%	0	0	12,6	0,04	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>15671</b>	<b>89%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19,7</b>		<b>2,2</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	4787	55%	0	0%	0	0	12,8	0,04	
	Zona Industrial - Estación Móvil	6350	72%	0	0%	0	0	14,9	0,1	
	<b>Subtotal</b>	<b>11137</b>	<b>64%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13,9</b>		
Suroccidente	Fontibón	6903	79%	0	0%	0	0	13,2	0,05	1,7
	Puente Aranda	8168	93%	0	0%	0	0	21,8	0,08	2,4
	Kennedy	3226	37%	0	0%	0	0	18,9	0,07	
	Carvajal (Sony)	7207	82%	0	0%	0	0	57,7	0,20	8,8
	<b>Subtotal</b>	<b>25504</b>	<b>73%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>27,9</b>		<b>4,3</b>
Sur	Tunal	5976	68%	0	0%	0	0	41,7	0,15	
	San Cristóbal	5340	61%	0	0%	0	0	6,9	0,02	
	<b>Subtotal</b>	<b>11316</b>	<b>65%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24,3</b>		
<b>TOTALES</b>		<b>63628</b>	<b>73%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

**Tabla 30.** Consolidado de los promedios de SO<sub>2</sub> para 24 horas, año 2011.

Información de los promedios de concentración 24 horas de SO <sub>2</sub> [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Noroccidente	Suba (Corpas)	338	93%	0	0%	0	0	8,0	0,08	2,8
	Las Ferias (Carrefour)	348	95%	0	0%	0	0	4,4	0,05	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>686</b>	<b>94%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,2</b>		<b>2,2</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	207	57%	0	0%	0	0	4,7	0,05	
	Zona Industrial - Estación Móvil	298	82%	0	0%	0	0	7,8	0,08	3,8
	<b>Subtotal</b>	<b>505</b>	<b>69%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,3</b>		<b>3,8</b>
Suroccidente	Fontibón	291	80%	0	0%	0	0	5,1	0,05	1,8
	Puente Aranda	350	96%	0	0%	0	0	9,1	0,09	2,4
	Kennedy	137	38%	0	0%	0	0	8,3	0,09	
	Carvajal (Sony)	311	85%	0	0%	0	0	36,8	0,38	8,8
	<b>Subtotal</b>	<b>1089</b>	<b>75%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14,8</b>		<b>4,3</b>
Sur	Tunal	267	73%	0	0%	0	0	9,9	0,10	
	San Cristóbal	250	68%	0	0%	0	0	2,7	0,03	
	<b>Subtotal</b>	<b>517</b>	<b>71%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,3</b>		
<b>TOTALES</b>		<b>2797</b>	<b>77%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

Tabla 31. Consolidado de los promedios anuales de SO<sub>2</sub>, año 2011.

Información de los promedios anuales de concentración de SO <sub>2</sub> [Norma: 31 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Promedio
Noroccidente	Suba (Corpas)	365	100%	0	0%	0	0	3,1	0,1	2,9
	Las Ferias (Carrefour)	337	92%	0	0%	0	0	2,1	0,1	1,9
	<b>Subtotal</b>	<b>702</b>	<b>96%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,6</b>		<b>2,4</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	86	24%	0	0%	0	0	3,1	0,1	
	Zona Industrial - E. Móvil	365	100%	0	0%	0	0	5,8	0,2	5,0
	<b>Subtotal</b>	<b>451</b>	<b>62%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,5</b>		<b>5,0</b>
Suroccidente	Fontibón	365	100%	0	0%	0	0	3,0	0,1	2,1
	Puente Aranda	365	100%	0	0%	0	0	3,8	0,1	3,1
	Kennedy	72	20%	0	0%	0	0	4,2	0,1	
	Carvajal (Sony)	44	12%	0	0%	0	0	8,9	0,3	
	<b>Subtotal</b>	<b>846</b>	<b>58%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,0</b>		<b>2,6</b>
Sur	Tunal	97	27%	0	0%	0	0	4,0	0,1	
	San Cristóbal	54	15%	0	0%	0	0	0,9	0,03	
	<b>Subtotal</b>	<b>151</b>	<b>21%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>		
<b>TOTALES</b>		<b>2150</b>	<b>59%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

Tabla 32. Consolidado de los promedios horarios de NO<sub>2</sub>, año 2011.

Información de los promedios horarios de concentración de NO <sub>2</sub> [Norma: 106 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Normal	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	5760	65,8%	0	0	14	1	81,3	0,8	
	<b>Subtotal</b>	<b>5760</b>	<b>65,8%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>81,3</b>		
Noroccidente	Suba (Corpas)	6490	74,1%	0	0%	10	1	79,9	0,8	14,4
	Las Ferias (Carrefour)	8425	96,2%	0	0%	61	0	71,5	0,7	21,4
	<b>Subtotal</b>	<b>14915</b>	<b>85,1%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>71</b>	<b>1</b>	<b>75,7</b>		<b>17,9</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	6089	69,5%	0	0	65	0	70,5	0,7	
	Zona Industrial – E. Móvil	1699	19,4%	0	0%	93	6	87,6	0,8	
	<b>Subtotal</b>	<b>7788</b>	<b>44,5%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>158</b>	<b>6</b>	<b>79,1</b>		
Suroccidente	Fontibón	6343	72,4%	0	0	14	0	65,1	0,6	15,6
	Puente Aranda	1524	17,4%	0	0%	81	4	92,9	0,9	
	Kennedy	7128	81,4%	0	0	22	0	18,1	0,2	18,1
	Carvajal (Sony)	3398	38,8%	0	0%	57	0	75,3	0,7	
	<b>Subtotal</b>	<b>18393</b>	<b>52,5%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>174</b>	<b>4</b>	<b>62,9</b>		<b>16,9</b>
Sur	Tunal	8283	94,6%	0	0	51	1	80,4	0,8	16,7
	<b>Subtotal</b>	<b>8283</b>	<b>94,6%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>80,4</b>		<b>16,7</b>
<b>TOTALES</b>		<b>55139</b>	<b>68%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>468</b>	<b>13</b>			

Tabla 33. Consolidado de los promedios de NO<sub>2</sub> para 24 horas, año 2011.

Información de los promedios 24 horas de concentración de NO <sub>2</sub> [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Normal	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	236	64,7%	0	0	0	0	32,0	0,4	
	<b>Subtotal</b>	<b>236</b>	<b>64,7%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32,0</b>		
Noroccidente	Suba (Corpas)	270	74,0%	0	0%	0	0	27,9	0,3	14,4
	Las Ferias (Carrefour)	352	96,4%	0	0%	3	0	42,9	0,5	21,4
	<b>Subtotal</b>	<b>622</b>	<b>85,2%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>35,4</b>		<b>17,9</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	252	69,0%	0	0	1	0	40,4	0,5	
	Zona Industrial - Estación Móvil	68	18,6%	0	0%	1	0	42,2	0,5	
	<b>Subtotal</b>	<b>320</b>	<b>43,8%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>41,3</b>		
Suroccidente	Fontibón	263	72,1%	0	0	1	0	43,7	0,5	15,5
	Puente Aranda	61	16,7%	0	0%	8	0	43,4	0,5	
	Kennedy	292	80,0%	0	0	0	0	18,1	0,2	18,1
	Carvajal (Sony)	140	38,4%	0	0%	5	0	47,1	0,6	
	<b>Subtotal</b>	<b>756</b>	<b>51,8%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>38,1</b>		<b>16,8</b>
Sur	Tunal	342	93,7%	0	0	0	0	37,6	0,5	16,8
	<b>Subtotal</b>	<b>342</b>	<b>93,7%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>37,6</b>		<b>16,8</b>
<b>TOTALES</b>		<b>2276</b>	<b>67,8%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>19</b>	<b>0</b>			

Tabla 34. Consolidado de los promedios de NO<sub>2</sub> anuales, año 2011.

Información de los promedios anuales de concentración de NO <sub>2</sub> [Norma: 53 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	101	28%	0	0	0	0	13,6	0,3	
	<b>Subtotal</b>	<b>101</b>	<b>28%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13,6</b>		
Noroccidente	Suba (Corpas)	361	99%	0	0%	0	0	14,3	0,3	11,7
	Las Ferias (Carrefour)	365	100%	0	0%	0	0	21,6	0,4	18,8
	<b>Subtotal</b>	<b>726</b>	<b>99%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18,0</b>		<b>15,3</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	203	55%	0	0	0	0	24,3	0,5	
	<b>Subtotal</b>	<b>203</b>	<b>55%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24,3</b>		
Suroccidente	Puente Aranda	49	13%	0	0%	49	0	26,1	0,5	
	Kennedy	337	92%	0	0	0	0	20,5	0,4	20,5
	Carvajal (Sony)	49	13%	0	0%	5	0	25,5	0,5	
	<b>Subtotal</b>	<b>435</b>	<b>40%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>24,1</b>		<b>20,5</b>
Sur	Tunal	365	100%	0	0	0	0	19,9	0,4	18,6
	<b>Subtotal</b>	<b>365</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19,9</b>		<b>18,6</b>
<b>TOTALES</b>		<b>1830</b>	<b>64,3%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>54</b>	<b>0</b>			

Tabla 35. Consolidado de los promedios horarios de CO, año 2011.

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Usaquén (Bosque)	7741	88%	0	0%	0	0	7,9	0,2	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>7741</b>	<b>88%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7,9</b>		<b>0,8</b>
Noroccidente	Las Ferias (Carrefour)	8440	96%	0	0%	0	0	5,5	0,2	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>8440</b>	<b>96%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,5</b>		<b>0,8</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	5859	67%	0	0%	0	0	6,6	0,2	
	Zona Industrial - Estación Móvil	7478	85%	0	0%	0	0	3,4	0,1	0,9
	<b>Subtotal</b>	<b>13337</b>	<b>76%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5,0</b>		<b>0,9</b>
Suroccidente	Fontibón	6727	77%	0	0%	0	0	3,0	0,1	0,6
	Puente Aranda	8523	97%	0	0%	0	0	5,0	0,1	1,0
	Kennedy	7382	84%	0	0%	0	0	5,0	0,1	1,0
	Carvajal (Sony)	8491	97%	0	0%	0	0	6,4	0,2	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>31123</b>	<b>89%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,9</b>		<b>1,1</b>
Sur	Tunal	7710	88%	0	0%	0	0	5,1	0,1	0,8
	San Cristóbal	7975	91%	0	0%	0	0	3,7	0,1	0,7
	<b>Subtotal</b>	<b>15685</b>	<b>90%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4,4</b>		<b>0,7</b>
<b>TOTALES</b>		<b>76326</b>	<b>88%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			

Tabla 36. Consolidado de los promedios de CO para 8 horas, año 2011.

Información de los promedios octohorarios de concentración de CO [Norma: 8,8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Usaquén (Bosque)	7715	88%	0	0%	0	0	3,8	0,4	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>7715</b>	<b>88%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,8</b>		<b>0,8</b>
Noroccidente	Las Ferias (Carrefour)	8446	96%	0	0%	0	0	3,2	0,4	0,8
	<b>Subtotal</b>	<b>8446</b>	<b>96%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,2</b>		<b>0,8</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	5830	67%	0	0%	1	0	4,6	0,5	
	Zona Industrial - Estación Móvil	7493	86%	0	0%	0	0	2,6	0,3	0,9
	<b>Subtotal</b>	<b>13323</b>	<b>76%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3,6</b>		<b>0,9</b>
Suroccidente	Fontibón	6651	76%	0	0%	0	0	1,9	0,2	0,6
	Puente Aranda	8548	98%	0	0%	0	0	3,5	0,4	1,0
	Kennedy	7398	84%	0	0%	0	0	3,1	0,4	1,0
	Carvajal (Sony)	8492	97%	0	0%	0	0	4,2	0,5	1,6
	<b>Subtotal</b>	<b>31089</b>	<b>89%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,2</b>		<b>1,1</b>
Sur	Tunal	7714	88%	0	0%	0	0	3,0	0,3	0,8
	San Cristóbal	7991	91%	0	0%	0	0	2,0	0,2	0,7
	<b>Subtotal</b>	<b>15705</b>	<b>90%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>		<b>0,7</b>
<b>TOTALES</b>		<b>76278</b>	<b>88%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>1</b>	<b>0</b>			

Tabla 37. Consolidado de los promedios horarios de O<sub>3</sub>, año 2011.

Información de los promedios horarios de concentración de O <sub>3</sub> [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Normal	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	7679	88%	10	0,1%	352	65	84,1	1,4	11,1
	Usaquén (Bosque)	7217	82%	32	0,4%	635	90	104,9	1,7	16,5
	<b>Subtotal</b>	<b>14896</b>	<b>85%</b>	<b>42</b>	<b>0,3%</b>	<b>987</b>	<b>155</b>	<b>94,5</b>		<b>13,8</b>
Noroccidente	Suba (Corpas)	7885	90%	16	0,2%	576	124	80,0	1,3	14,0
	Las Ferias (Carrefour)	7849	90%	37	0,5%	562	117	92,1	1,5	13,0
	<b>Subtotal</b>	<b>15734</b>	<b>90%</b>	<b>53</b>	<b>0,34%</b>	<b>1138</b>	<b>241</b>	<b>86,1</b>		<b>13,5</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	5763	66%	49	0,9%	355	109	90,1	1,5	
	Sagrado Corazón (MAVDT)	1989	23%	14	0,7%	274	41	81,0	1,3	
	Zona Industrial - Estación Móvil	6964	79%	0	0,0%	102	5	51,7	0,8	8,4
	<b>Subtotal</b>	<b>14716</b>	<b>56%</b>	<b>63</b>	<b>0,5%</b>	<b>731</b>	<b>155</b>	<b>74,3</b>		<b>8,4</b>
Suroccidente	Fontibón	6982	80%	1	0,0%	229	29	61,2	1,0	10,1
	Puente Aranda	7895	90%	4	0,1%	185	37	67,0	1,1	8,6
	Carvajal (Sony)	8175	93%	0	0,0%	130	18	57,8	0,9	7,9
	<b>Subtotal</b>	<b>23052</b>	<b>88%</b>	<b>5</b>	<b>0,0%</b>	<b>544</b>	<b>84</b>	<b>62,0</b>		<b>8,9</b>
Sur	Tunal	7890	90%	9	0,1%	220	43	71,0	1,2	9,7
	San Cristóbal	7434	85%	0	0,0%	54	2	51,8	0,8	8,6
	<b>Subtotal</b>	<b>15324</b>	<b>87%</b>	<b>9</b>	<b>0,1%</b>	<b>274</b>	<b>45</b>	<b>61,4</b>		<b>9,1</b>
<b>TOTALES</b>		<b>83722</b>	<b>81%</b>	<b>172</b>	<b>0,21%</b>	<b>3674</b>	<b>680</b>	<b>75,6</b>		

**Tabla 38.** Consolidado de los promedios de O<sub>3</sub> para 8 horas, año 2011.

Información de los promedios octohorarios de concentración de O <sub>3</sub> [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	Guaymaral (Escuela)	7673	88%	34	0,4%	801	182	57,8	1,4	11,1
	Usaquén (Bosque)	7083	81%	95	1,3%	1765	366	65,0	1,6	16,7
	<b>Subtotal</b>	<b>14756</b>	<b>84%</b>	<b>129</b>	<b>0,9%</b>	<b>2566</b>	<b>548</b>	<b>61,4</b>		<b>13,9</b>
Noroccidente	Suba (Corpas)	7828	89%	99	1,3%	1279	346	59,7	1,5	14,0
	Las Ferias (Carrefour)	7855	90%	86	1,1%	1195	296	56,1	1,4	13,0
	<b>Subtotal</b>	<b>15683</b>	<b>90%</b>	<b>185</b>	<b>1,18%</b>	<b>2474</b>	<b>642</b>	<b>57,9</b>		<b>13,5</b>
Centro	Parque Simón Bolívar (IDRD)	5726	65%	110	1,9%	766	243	62,2	1,5	
	Sagrado Corazón (MAVDT)	1989	23%	94	4,7%	327	232	81,0	2,0	
	Zona Industrial - Estación Móvil	6976	80%	0	0,0%	212	20	39,2	1,0	8,4
	<b>Subtotal</b>	<b>14691</b>	<b>56%</b>	<b>204</b>	<b>2,2%</b>	<b>1305</b>	<b>495</b>	<b>60,8</b>		<b>8,4</b>
Suroccidente	Fontibón	6960	79%	2	0,0%	560	92	42,8	1,0	10,1
	Puente Aranda	8027	92%	14	0,2%	348	73	48,3	1,2	8,6
	Carvajal (Sony)	8217	94%	0	0,0%	286	37	40,4	1,0	7,8
	<b>Subtotal</b>	<b>23204</b>	<b>88%</b>	<b>16</b>	<b>0,1%</b>	<b>1194</b>	<b>202</b>	<b>43,8</b>		<b>8,8</b>
Sur	Tunal	7887	90%	27	0,3%	555	108	53,1	1,3	9,7
	San Cristobal	7418	85%	0	0,0%	165	5	35,8	0,9	8,5
	<b>Subtotal</b>	<b>15305</b>	<b>87%</b>	<b>27</b>	<b>0,2%</b>	<b>720</b>	<b>113</b>	<b>44,5</b>		<b>9,1</b>
<b>TOTALES</b>		<b>83639</b>	<b>81%</b>	<b>561</b>	<b>0,67%</b>	<b>8259</b>	<b>2000</b>	<b>53,7</b>		

### 3.4. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE

Este capítulo presenta los Índices de Calidad del Aire (ICA) registrados en el año 2011 en las estaciones de la RMCAB, los cuales son publicados cada hora en la página Web<sup>11</sup>, siempre y cuando no existan fallas técnicas que impidan el reporte. El valor obtenido en el índice corresponde a una escala numérica a la cual se le asocia un color, el cual a su vez tiene relación con los efectos en la salud.

El índice de calidad del aire se enfoca en los contaminantes: ozono, material particulado (menor a 10 y 2.5 micras), monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre (Ver Tabla 40).

Para el cálculo se utiliza la ecuación correspondiente a la metodología EPA para el cálculo del AQI (por su sigla en inglés) y se reporta el valor máximo reportado del día incluso para los promedios de una hora y los promedios corridos de ocho horas; a partir de este valor se realiza la clasificación del nivel concerniente en salud que puede ser: Bueno, Moderado, Desfavorable para Grupos sensibles, Desfavorable, Muy Desfavorable y Peligroso.

El ICA es una herramienta de gran importancia para la ciudadanía, al suministrar información simple en relación a la calidad del aire local, a su vez, proveen información sobre qué se debe hacer cuando los contaminantes atmosféricos presenten niveles poco saludables que pueden afectar la salud pública, en especial, la población más vulnerable (Niños y niñas menores de 12 años y adultos mayores de 60). Ver Tabla 39.

**Tabla 39.** Índice de Calidad de Aire por categorías. Fuente Secretaría Distrital de Salud (2009)

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
0 – 50	Bueno	Ninguna	Niños y niñas menores 12 años con antecedente de asma, o síndrome bronco-obstructivo recurrente, y mayores de 60 años con antecedentes de Enfermedad pulmonar obstructiva crónica - EPOC (asma, enfisema).	A pesar que los niveles de contaminación están por debajo de la norma de calidad del aire, cualquier concentración de contaminantes puede tener afectación en la salud, con el inicio de síntomas o molestias asociadas al sistema respiratorio, tales como la irritación de mucosas.	Prestar atención a la presencia de los síntomas asociados al sistema respiratorio en las personas.  Sin embargo dentro de esta categoría, toda la población podrá realizar sus actividades cotidianas al aire libre sin ninguna restricción.

<sup>11</sup> Calidad del aire en Bogotá en [www.secretariadeambiente.gov.co](http://www.secretariadeambiente.gov.co)

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
51 – 100	Moderado	La gente extremadamente sensible debe considerar reducir la actividad física prolongada y pesada que esté haciendo al aire libre. Por ejemplo niños con síntomas compatibles con Asma y adultos con enfermedades cardio-cerebro-vasculares como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como Asma, enfisema y bronquitis crónica deben de reducir la actividad física fuerte o prolongada.	El grupo anterior, fumadores, todos los niños y niñas menores de 12 años, y adultos mayores 60 años y población que realiza ejercicio o labora al aire libre.	Incremento de la probabilidad de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general y tos en personas sensibles, con enfermedades respiratorias y/o cardiovasculares. En cuanto a las personas sanas hay irritación de mucosas.	Personas extremadamente sensibles, por ejemplo niños con asma y adultos mayores de 60 años con enfermedad cardio- cerebrovascular como hipertensión arterial, enfermedad isquémica del miocardio o pulmonar como asma, enfisema y bronquitis crónica deben reducir la actividad física fuerte o prolongada.  Se recomienda en el horario de las 10 a.m. a las 5 p.m. realizar actividad física fuerte o prolongada realizar ventilación de la vivienda.  Activación de alertas epidemiológicas por parte de la autoridad sanitaria.
101 – 150	Desfavorable para Grupos Sensibles	Los niños, los adultos activos, y personas con enfermedades cardiacas o pulmonares, tales como asma, deben reducir los esfuerzos prolongados o pesados que realizan al aire libre, sobre todo los niños y los mayores de 60 años.	El grupo anterior mas población general.	Personas de los grupos sensibles pueden presentar enfermedades respiratorias y cardiovasculares o complicación de las mismas.  En cuanto a las personas sanas presenta un incremento de ocurrencia de síntomas respiratorios tales como irritación de mucosas, dolor de cabeza, malestar general, tos.	Personas con enfermedades cardiacas o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años, deben evitar la actividad física fuerte o prolongada.  Se recomienda en el horario de las 10 a.m. a las 5 p.m. realizar actividad física preferiblemente en espacios cerrados y no por mucho tiempo. Activación de alertas epidemiológicas por parte de la autoridad sanitaria.
151 – 200	Desfavorable	Los niños, los adultos activos, y personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, tal como asma, deben evitar al realizar actividades prolongadas o pesadas al aire libre. Se debe reducir la actividad que se esté realizando al aire libre, sobre todo en niños y personas mayores de 60 años.	El grupo anterior mas población general.	Complicación de enfermedades en las personas de los grupos sensibles.  En las personas sanas se da el inicio de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.	Personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años deben evitar la actividad física fuerte o prolongada.  Los demás grupos poblacionales deben reducir la actividad física fuerte o prolongada.  Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria

Valor del Índice	Nivel Concerniente a la Salud	Declaraciones Preventivas	Población Afectada	Efectos en la Salud	Recomendaciones en Salud
201 – 300	<b>Muy Desfavorable</b>	Los niños y los adultos activos, y la gente con enfermedades cardíacas o pulmonares, tal como asma, deben evitar todo el esfuerzo al aire libre.  Especialmente los niños, debe evitar la actividad fuerte o prolongada al aire libre.	El grupo anterior mas población general.	La población sensible presenta efectos severos y en la población en general se aumenta el número de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.	Personas con enfermedades cardíacas o respiratorias, mayores de 60 años y niños especialmente menores de 5 años deben evitar cualquier actividad física en exteriores.  La demás población debe evitar la actividad física fuerte o prolongada. Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria
301 – 500	<b>Peligroso</b>	Todas las personas deben evitar cualquier actividad física al aire libre.	El grupo anterior mas población general.	Continúa la activación de la alerta epidemiológica pues la población en general ya presenta daños en el sistema respiratorio y cardiovascular.	Efectos severos en toda la población.  Seguir la señal de alerta epidemiológica por parte de la autoridad sanitaria restringiendo la salida al aire libre de toda la población, en caso de salir al aire libre se recomienda el uso de tapabocas.

Tabla 40. Puntos de corte del ICA. Fuente EPA

ICA	COLOR	CLASIFICACION	O <sub>3</sub> 8h ppb	O <sub>3</sub> 1h ppb	PM <sub>10</sub> 24h µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> 24h µg/m <sup>3</sup>	CO 8h ppm	SO <sub>2</sub> 24h ppb	NO <sub>2</sub> 1h ppb
0 – 50	Verde	Bueno	0 59	–	0 54	0 15.4	0 4.4	0 35	0 53 (*2)
51 – 100	Amarillo	Moderado	60 75	–	55 154	15.5 40.4	4.5 9.4	35 144	54 100 (*2)
101 – 150	Naranja	Desfavorable para grupos sensibles	76 95	125 164	155 254	40.5 65.4	9.5 12.4	145 224	101 360 (*2)
151 – 200	Rojo	Desfavorable	96 115	165 204	255 354	65.5 150.4	12.5 15.4	225 304	361 640 (*2)
201 – 300	Púrpura	Muy desfavorable	116 374	205 404	355 424	150.5 250.4	15.5 30.4	305 604	650 1240
301 – 500	Marrón	Peligroso	(*1)	405 604	425 604	250.5 500.4	30.5 50.4	605 1004	1250 2040

\*1 Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (≥301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.

\*2 Valores tomados del CFR 40, parte 58, Apéndice G.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> e-CFR (2011). <http://ecfr.gpoaccess.gov>. Consultado el 16 de marzo de 2012

### 3.4.1. **ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA MATERIAL PARTICULADO**

Para el índice de calidad del aire de material particulado se tienen en cuenta los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (partículas inferiores a 10 y 2.5 micras respectivamente). Estas partículas son tan pequeñas que pueden llegar a los pulmones causando serios problemas de salud.

Los grupos más sensibles al material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) incluyen a personas que sufran de enfermedades del corazón o respiratorias, adultos mayores y niños. Cuando se presenta un índice de color naranja todas las personas deben limitar la realización de tareas que involucren esfuerzo prolongado o pesado.

#### **Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM<sub>10</sub>**

Para observar el comportamiento del ICA para este contaminante se realizará un comparativo entre las estaciones de los sectores del norte, noroccidente, centro y sur, y las que se localizan en el suroccidente de la ciudad.

En la Figura 61 se pueden observar los índices de calidad del aire obtenidos en las estaciones de la RMCAB que se encuentra en sectores diferentes del suroccidente de la ciudad. Los resultados obtenidos para estas estaciones no superaron un AQI de 79 “Moderado”, que corresponde a una concentración de 112 µg/m<sup>3</sup>.

Las estaciones involucradas en la Figura 61 son: Tunal, San Cristóbal, Estación Móvil (Zona Industrial), Sagrado Corazón, Parque Simón Bolívar, Las Ferias, Usaquén, Suba y Guaymaral.

En la Figura 62 (suroccidente de Bogotá), se puede ver que los índices de calidad del aire reportados son más altos, en comparación con los de la Figura 61. El valor máximo de ICA para este sector fue de 116 “Desfavorable para grupos sensibles”, correspondiente a una concentración de 185 µg/m<sup>3</sup>, la cual se registró en la estación Carvajal.

La mayor cantidad de los ICA obtenidos en el suroccidente de la ciudad (estaciones Carvajal, Kennedy, Puente Aranda y Tunal) se encuentran en la escala “moderado”, mientras que en el resto de las estaciones se encuentran en la escala “bueno”, como se puede observar en la Figura 63 y Figura 64 respectivamente. En la estación Carvajal se obtuvieron dos días con ICA Desfavorable para Grupos Sensibles.

En la Figura 63, Figura 64 y Figura 65 no se relacionan las categorías Desfavorable, Muy Desfavorable y Peligroso teniendo en cuenta que no se han registrado estas escalas en la ciudad.

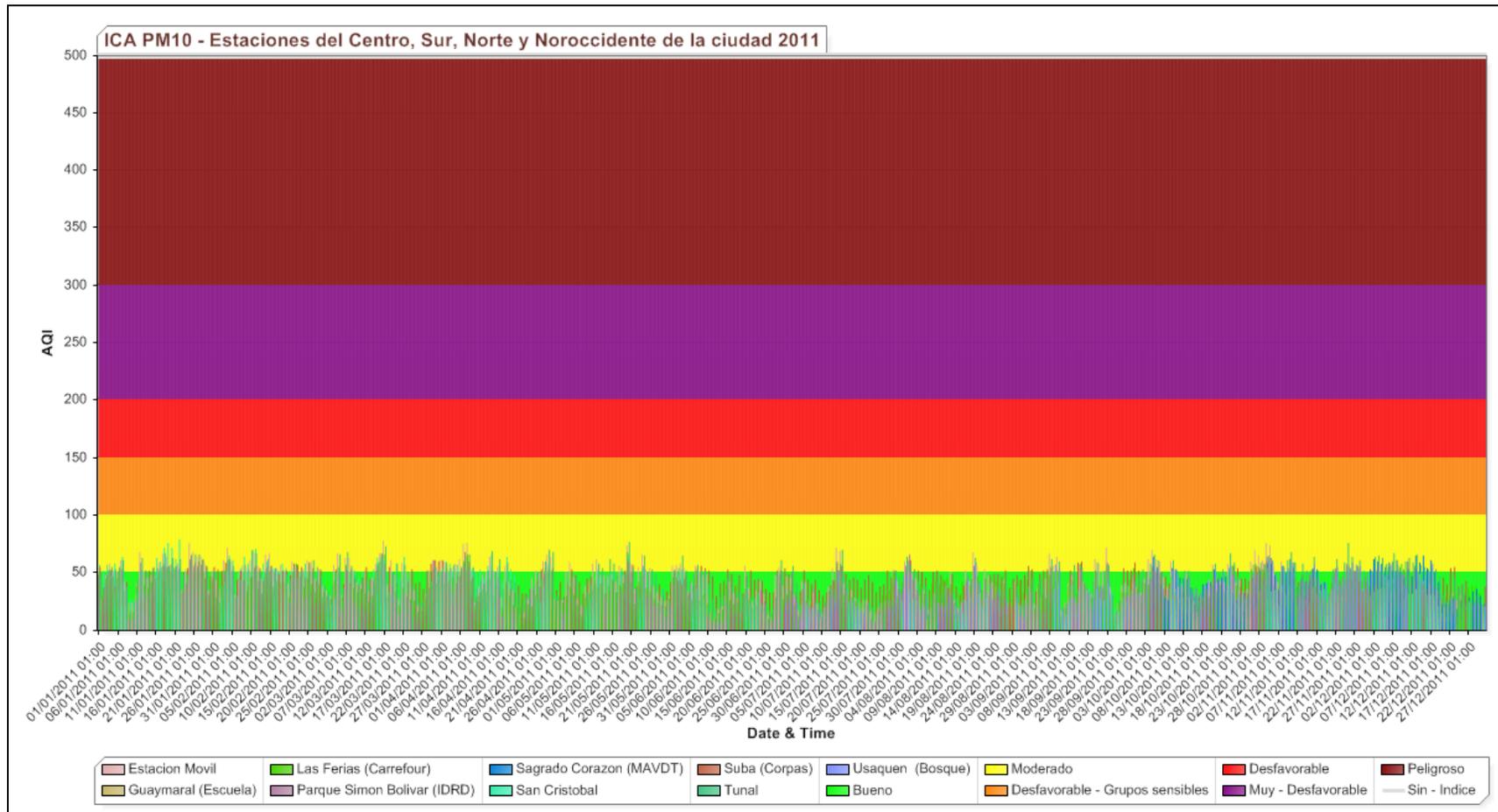


Figura 61. ICA por estación para PM<sub>10</sub> – 2011. Estaciones del centro, sur, norte y noroccidente de la ciudad.

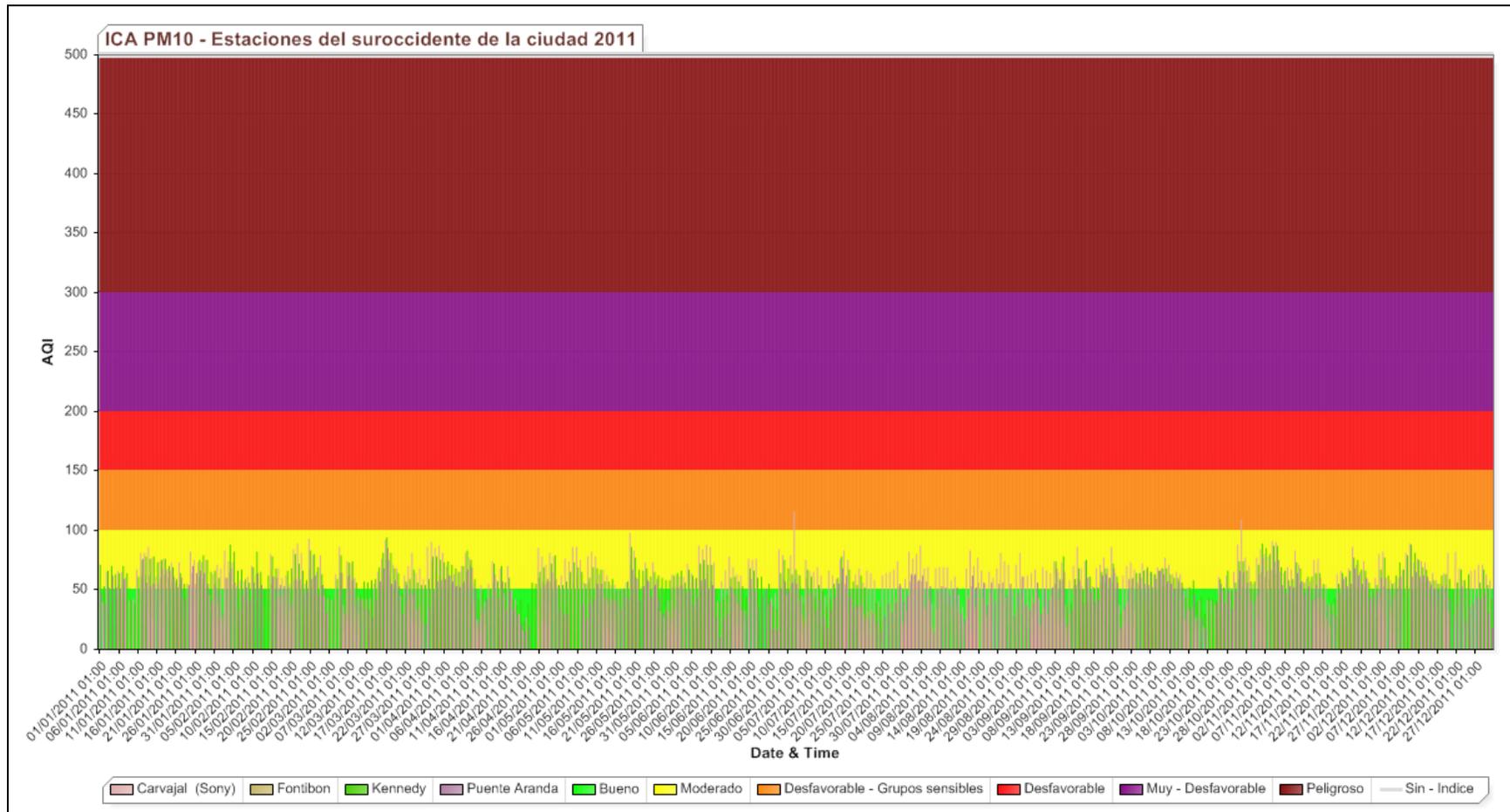


Figura 62. ICA por estación para PM<sub>10</sub> – 2011. Estaciones del suroccidente de la ciudad.

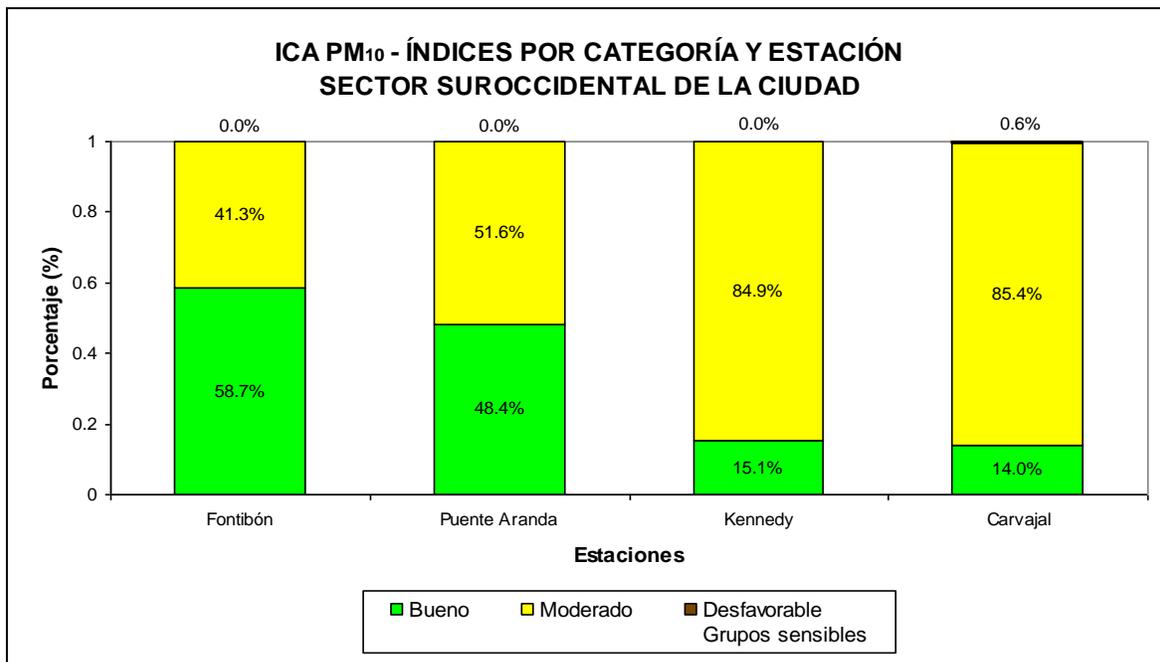


Figura 63. ICA PM<sub>10</sub> por estación y categoría – 2011. Sector suroccidental de la ciudad.

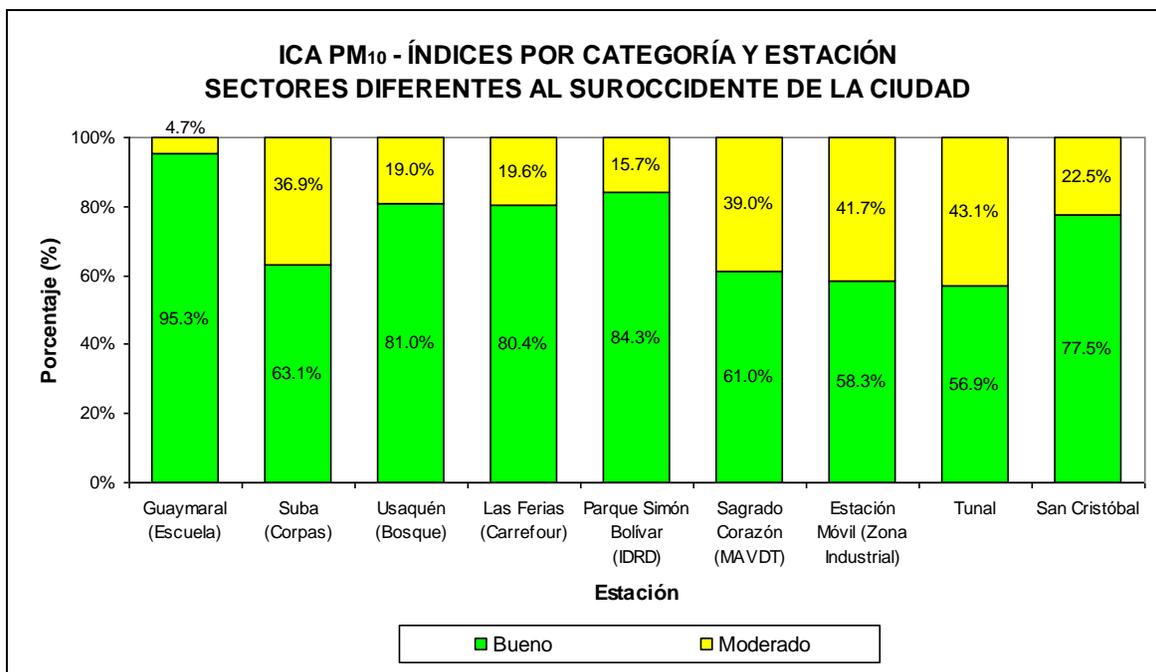


Figura 64. ICA PM<sub>10</sub> por estación y categoría – 2011. Sectores diferentes al suroccidente de la ciudad.

En la siguiente gráfica se puede apreciar que para el PM<sub>10</sub> durante el año 2011 se obtuvo mayor porcentaje de ICA en la categoría “Bueno” y menor ICA en la de “Moderado”, por lo

que se puede establecer que el 2011 fue un mejor año en comparación con 2010, en lo concerniente a este parámetro.

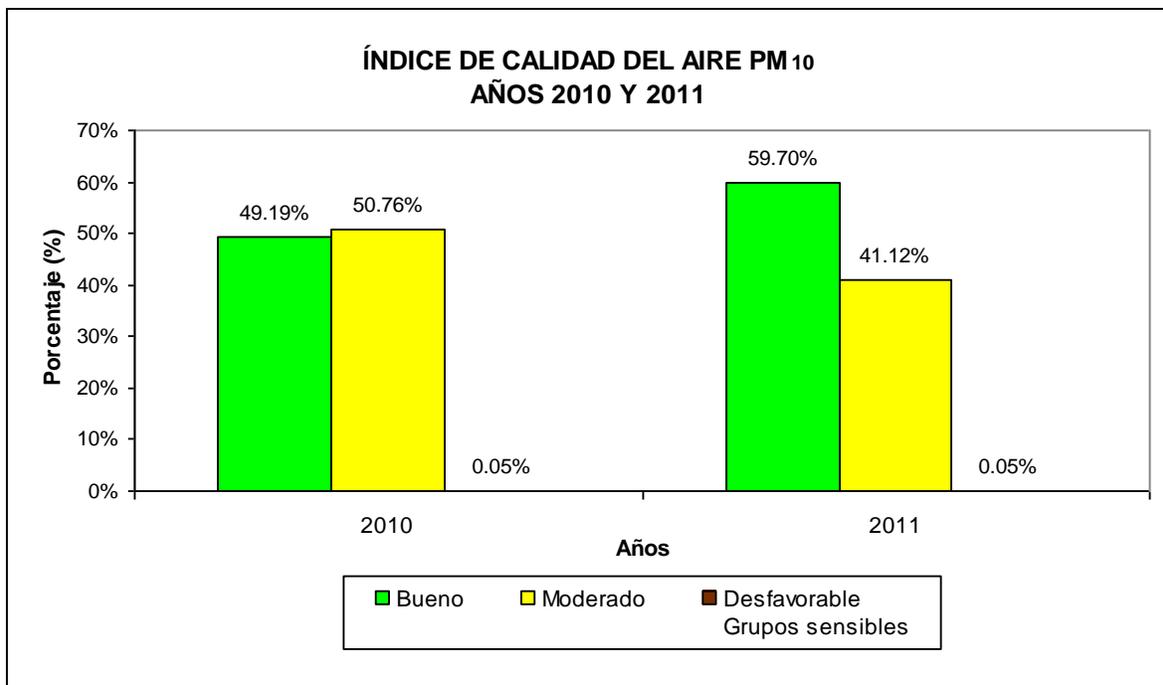


Figura 65. Clasificación ICA PM<sub>10</sub> – Comparación entre los años 2010 y 2011.

### Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM<sub>2.5</sub>

Para el cálculo de este índice se tomará la estación Kennedy. Los valores de ICA obtenidos para este contaminante, se encuentran en la escala “Bueno” y “Moderado”, con prevalencia en la esta última categoría. Se presentan también casos en los que se registran valores ICA “*Desfavorable para grupos sensibles*” e incluso “*Desfavorable*” (Ver Figura 66), lo que hace que este contaminante sea uno de los más importantes a controlar, teniendo en cuenta que es el que puede afectar en mayor medida la salud de los ciudadanos.

Como se observa claramente en la Figura 66, el 2011 presentó días con índices más favorables en comparación con el año 2010 en el que el porcentaje de “*Desfavorable para Grupos Sensibles*” y “*Desfavorable*” es más alto y el de categoría “*Bueno*” es mucho menor. En 2011 sólo se presentó un índice “*Desfavorable*” el 17 de marzo, mientras que en 2010 se registraron 8 días con dicho nivel.

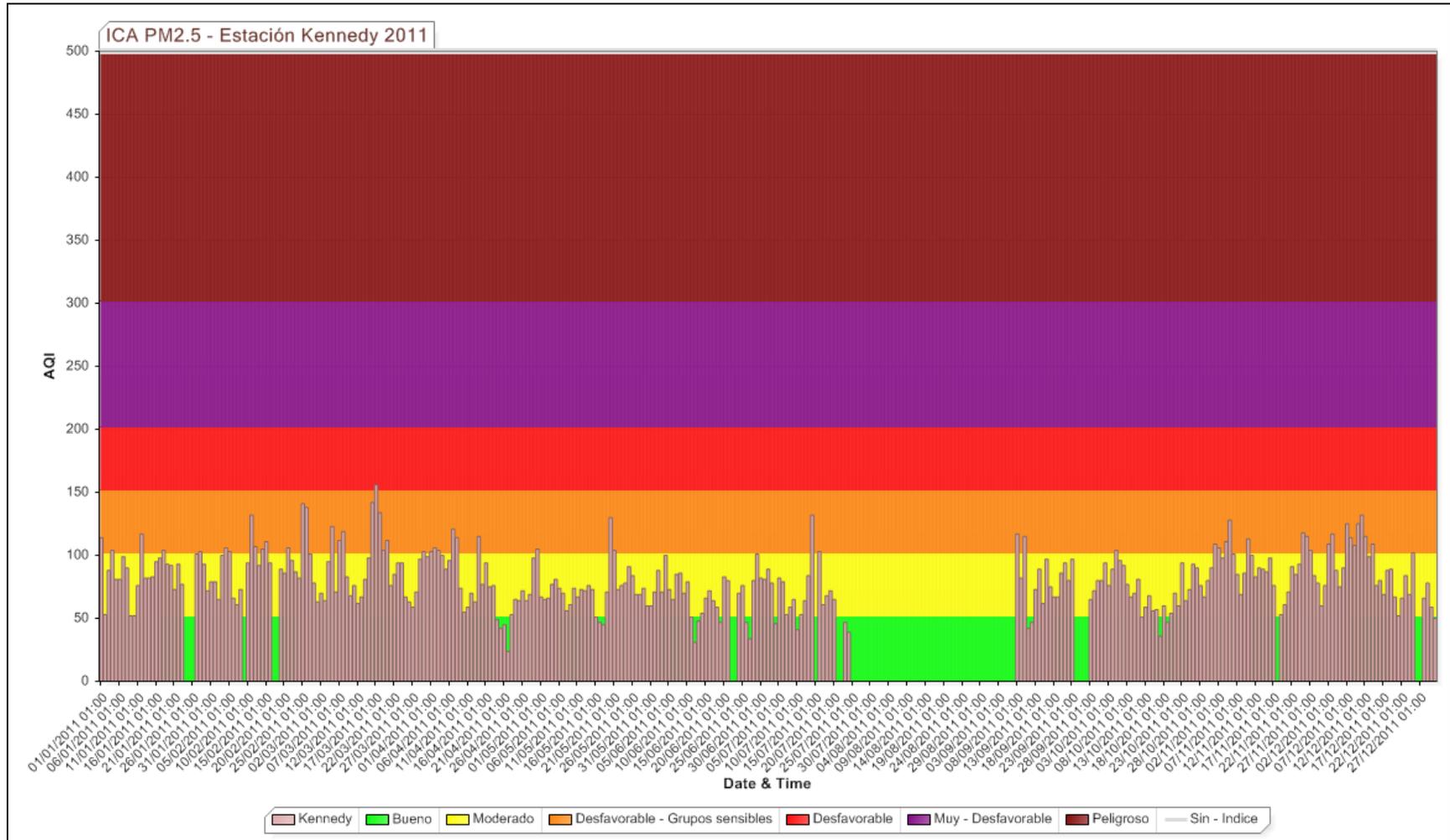


Figura 66. ICA por estación para PM<sub>2.5</sub> – 2011. Estaciones del suroccidente de la ciudad.

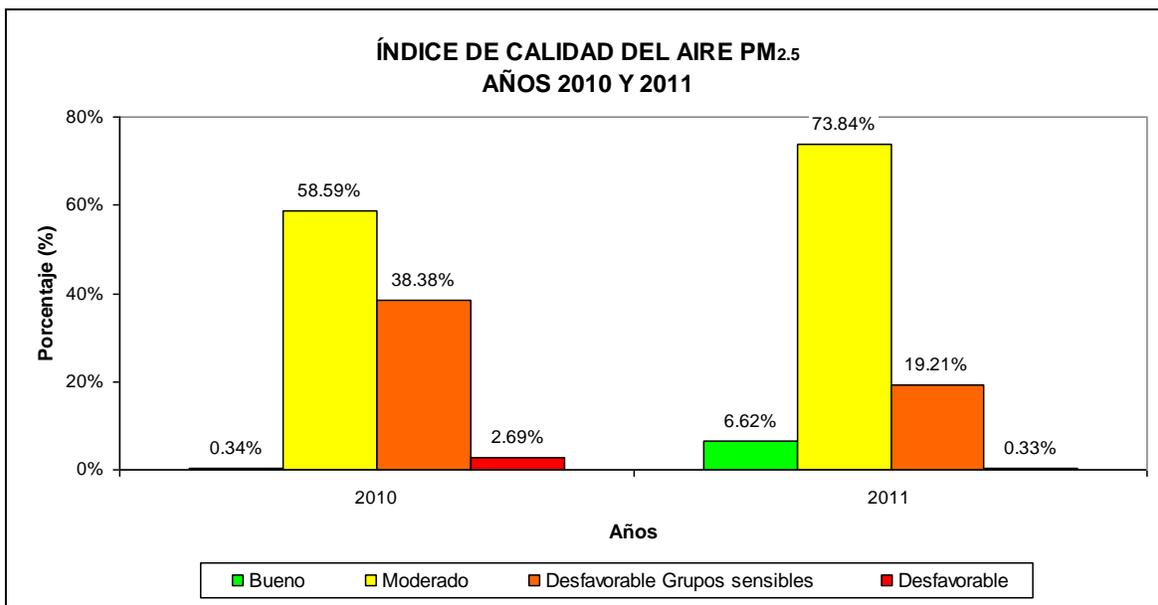


Figura 67. Clasificación ICA para PM<sub>2.5</sub> – Comparación 2010 y 2011

### 3.4.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA OZONO (O<sub>3</sub>)

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

Este contaminante se asocia a síntomas respiratorios especialmente tos. El ozono reduce la función pulmonar y hace más difícil la respiración. Cuando hay exposición a niveles altos de O<sub>3</sub> puede agravar el asma,

La Figura 68 permite determinar que el contaminante durante la mayor parte del año mantiene un índice de calidad en la categoría “Bueno”, sin embargo es el contaminante más crítico después del PM<sub>10</sub>, ya que son los que superan la norma de calidad del aire que rige en el país.

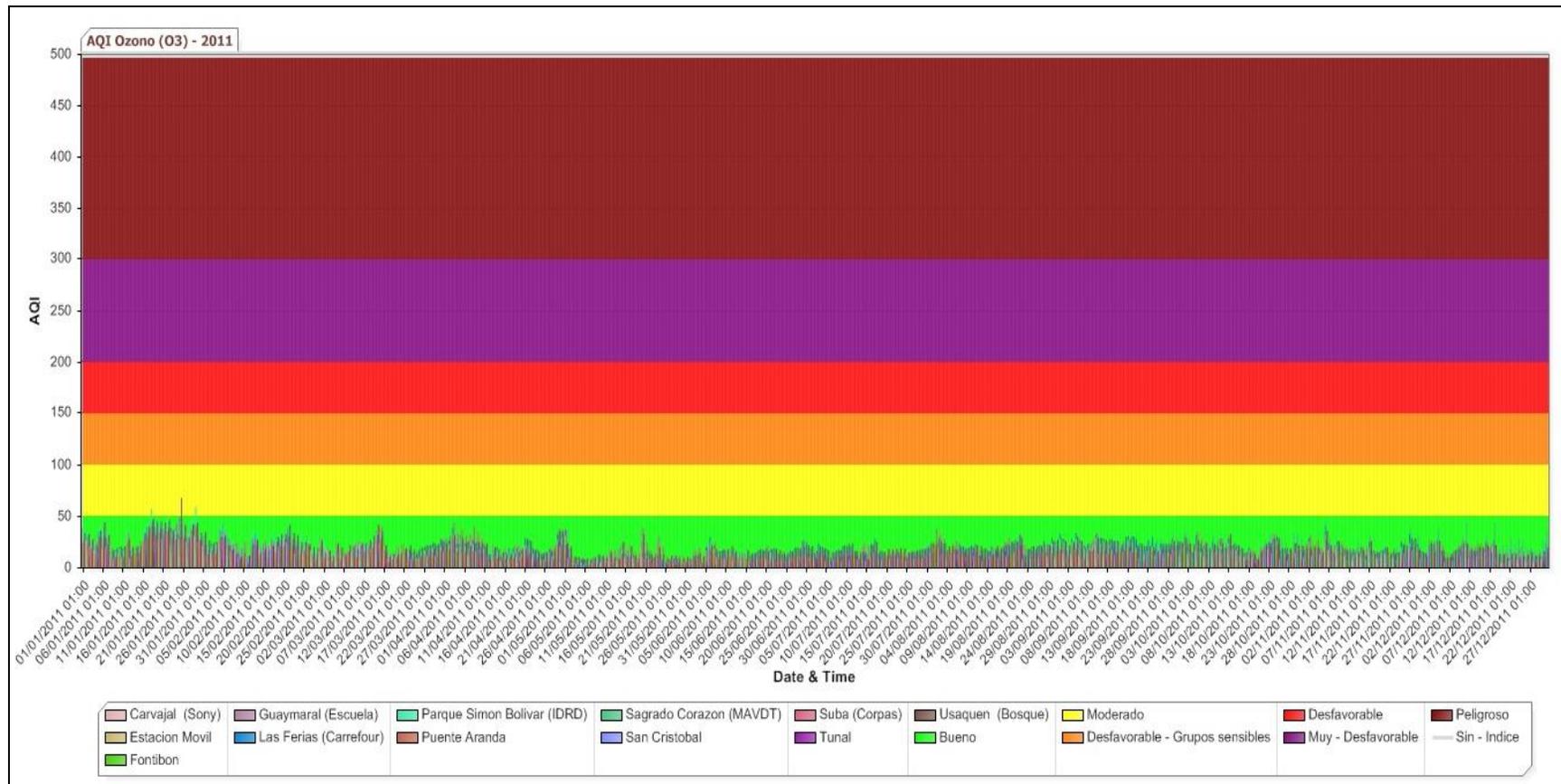


Figura 68. Clasificación ICA para Ozono (O<sub>3</sub>) – Año 2011.

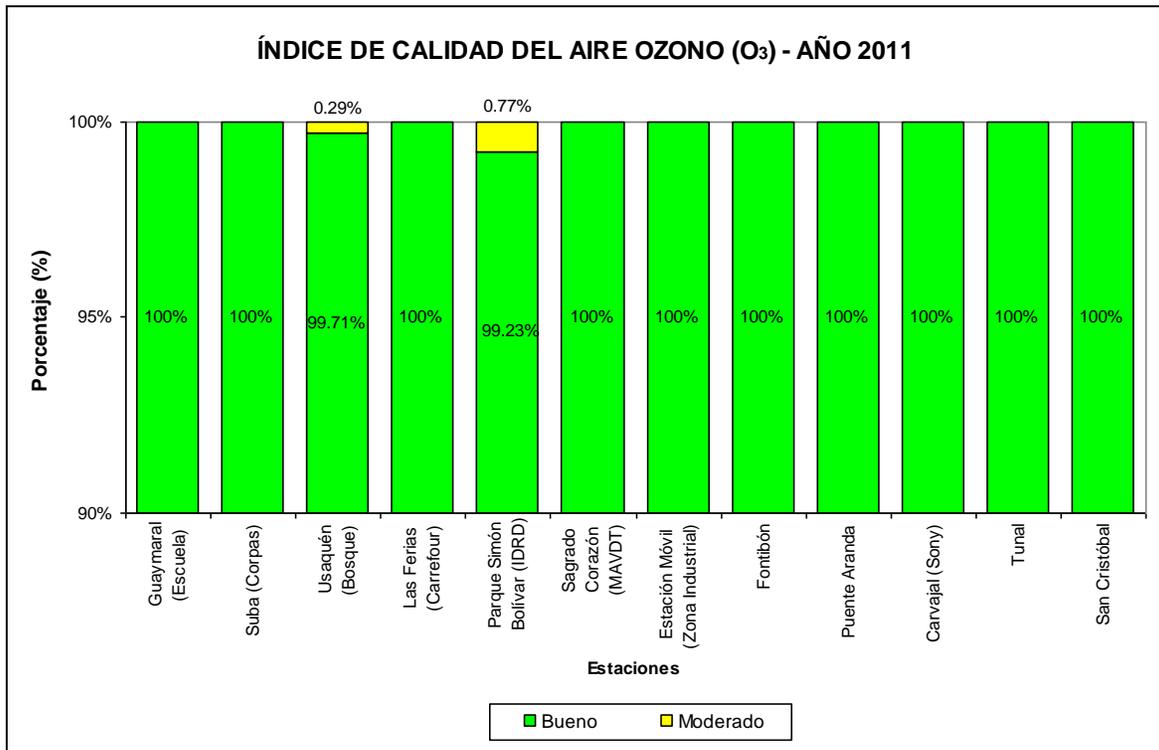
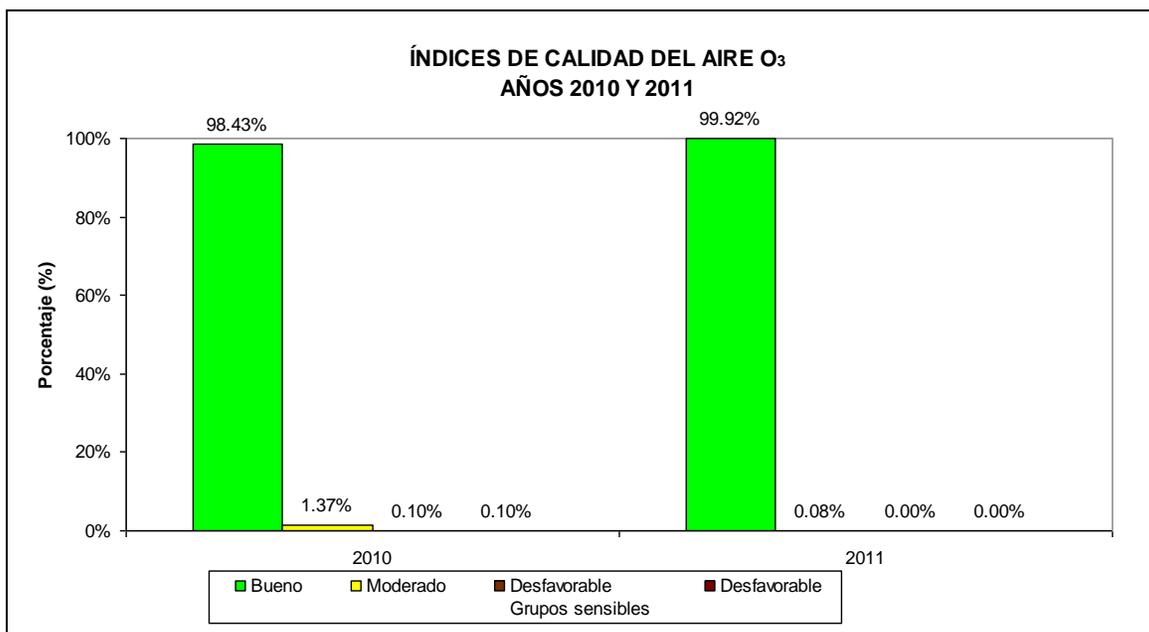


Figura 69. Índice de Calidad de Aire PM<sub>10</sub> por estación y categoría – 2011

Sólo se presentó categoría “Moderado” en las estaciones de Usaquén y Parque Simón Bolívar (un días y dos días respectivamente), las demás estaciones, como se mencionó anteriormente, mantienen durante el año un índice de calidad “Buena”.



Si se comparan los años 2010 y 2011 se puede observar que el índice de calidad del aire en 2010 alcanzó escalas de “Desfavorable para grupos sensibles” e incluso “Desfavorable”, mientras que en 2011 sólo se presentaron ICA “Bueno” y “Moderado”.

Las estaciones que registraron los ICA en escalas más nocivas durante 2010 fueron Usaquén y Sagrado Corazón (2 y 1 día respectivamente).

Es importante resaltar que durante 2010 no se encontraba en operación el analizador de O<sub>3</sub> de la estación San Cristóbal el cual entra en funcionamiento durante 2011.

Más malo

### **3.4.3. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>), DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) Y MONÓXIDO DE CARBONO (CO).**

En cuanto a estos parámetros, la Red Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá no presenta ninguna escala amarilla (moderado) o más bajo. Durante el año sólo se presentaron valores en escala “Bueno” y siempre estuvieron los registros muy por debajo se la norma anual que rige actualmente, como se mencionó en numerales anteriores.

## 4. METEOROLOGÍA

Este capítulo presenta el estudio de la variación de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el Año 2011. Tal y como aparece registrado en la Tabla 41, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) a través de los sensores localizados en sus estaciones, realiza el monitoreo de variables meteorológicas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa.

**Tabla 41.** 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. 3 Carvajal (Sony)	X	X	X			
No. 4 Tunal	X	X		X	X	
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D)	X	X	X	X	X	
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	X	X	X		X	X
No. 7 San Cristóbal	X	X	X			
No. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X	X	X	X
No. 11 Suba (Corpas)	X	X				
No.12 Zona industrial - Estación Móvil	X	X	X	X	X	X
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			X
No. 15 Usme						
No. 16 Vitelma		X	X	X		

### Generalidades climatológicas de Bogotá:

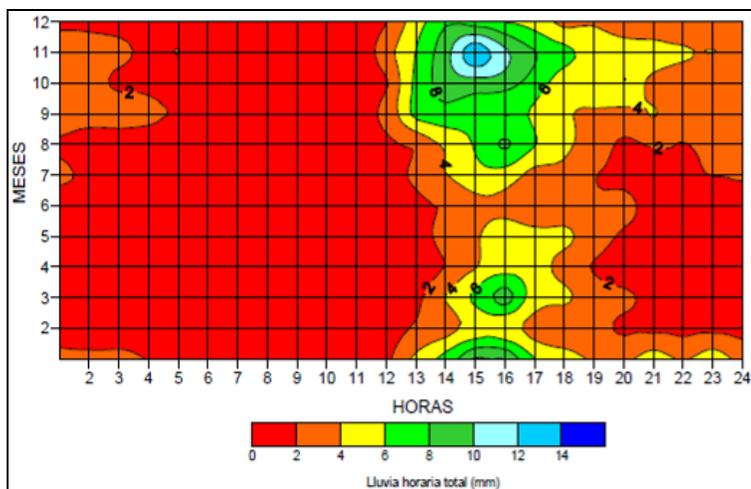
Bogotá se encuentra ubicada en la región Andina de Colombia y está determinada por una distribución temporal de lluvias, dominada por las características climatológicas de la

cuenca del Río Bogotá – Sabana de Bogotá. Al estar encerrada por dos ramales de la cordillera Oriental presenta escasa pluviosidad y sus lluvias son generadas especialmente por un tipo de circulación Valle – montaña que se caracteriza por vientos ascendentes durante el día y descendentes durante la noche. La distribución típica de lluvias es caracterizada por dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas bien definidas siendo la temporada seca de inicio de año y la lluviosa de finales de año las más definidas y prolongadas<sup>13</sup>.

## 4.1.PRECIPITACIÓN

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

Las características de la variabilidad de la precipitación en Bogotá desde el punto de vista horario y mensual se resumen en la Figura 70, donde se aprecia que existen dos temporadas lluviosas, la más fuerte en octubre - noviembre y que las lluvias más intensas se dan en horas de la tarde y primeras horas de la noche.



**Figura 70.** Esquemática hora-mes de la precipitación en la estación del aeropuerto El Dorado en Bogotá.  
Fuente: IDEAM

El comportamiento de la precipitación en Bogotá durante el año 2011 estuvo asociado al enfriamiento de las aguas del océano Pacífico en donde las anomalías de temperatura superficial del mar alcanzaron los  $-1.2^{\circ}\text{C}$  siendo Noviembre y Diciembre los meses con

<sup>13</sup> La precipitación en Colombia. Hurtado 1998

menor temperatura. No obstante los meses de mitad de año se presentaron condiciones neutrales lo que disminuyó de manera significativa las precipitaciones en la ciudad, la Figura 71 representa las condiciones históricas de este fenómeno; según datos de *The International Research Institute for Climate and Society (IRI)* <sup>2</sup>, las anomalías de temperatura estuvieron por debajo de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en dos oportunidades del año. A partir del mes de julio se registró un nuevo descenso de las SST (Sea Surface Temperature) retornando nuevamente a las condiciones de la niña en el mes de Septiembre.

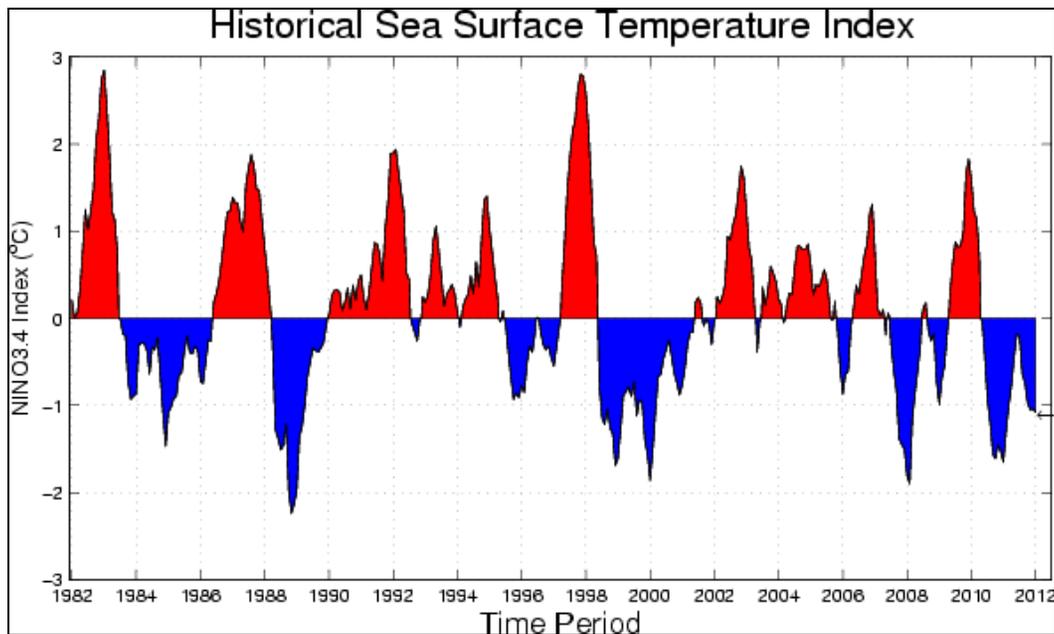


Figura 71. Comportamiento del Índice del NINO región 3.4. Fuente IRI

La presencia de este evento modificó de manera significativa las precipitaciones en el año, contrastándolo con el acumulado de precipitación del promedio 1997-2010. La Figura 74 muestra estas cifras en mm discriminados mensualmente y su comparación con los acumulados medidos por la RMCAB para cada uno de los meses de 2011. La Figura 72 presenta la serie de tiempo histórica de las estaciones activas de la RMCAB desde agosto de 1997 y la Figura 73 presenta la serie horaria en 2011. Obsérvese en la serie de tiempo histórica los últimos registros, en donde se manifiesta un aumento significativo de los acumulados de precipitación y que alcanzan valores record; esto sucedió a finales de 2010, principios de 2011 y finales del año.

Cada estación tiene a su lado el año en que empezó a operar; a los datos se les ha practicado un control de calidad para eliminar los outliers y datos atípicos en resolución horaria el cuál consistió en generar intervalos de confianza según un número determinado de desviaciones estándar considerando la variabilidad horaria de cada serie.

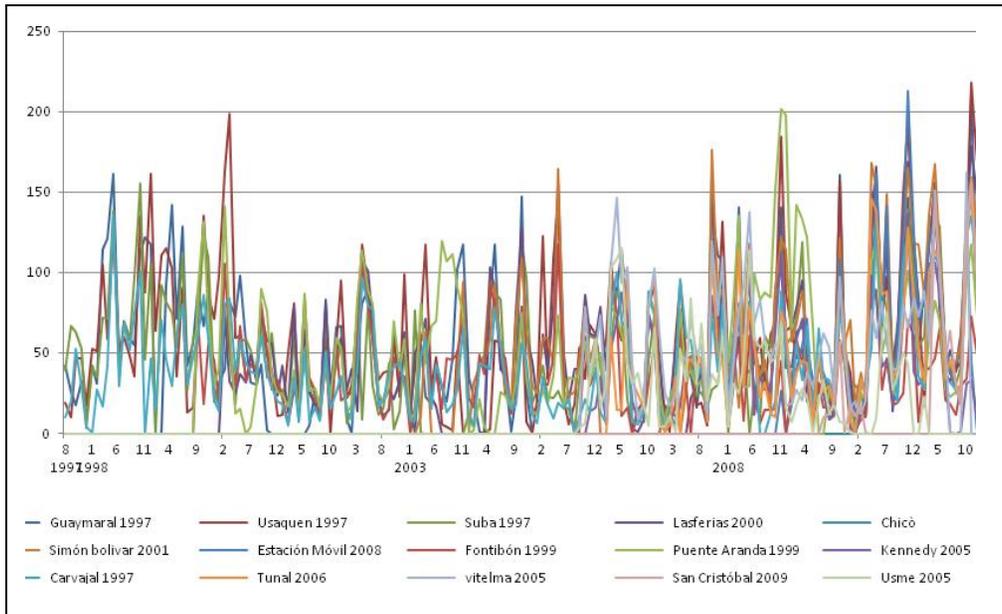


Figura 72. Serie de tiempo de las precipitaciones promedio en escala mensual desde agosto de 1997 hasta septiembre de 2011 para las estaciones en funcionamiento de la RMCAB.

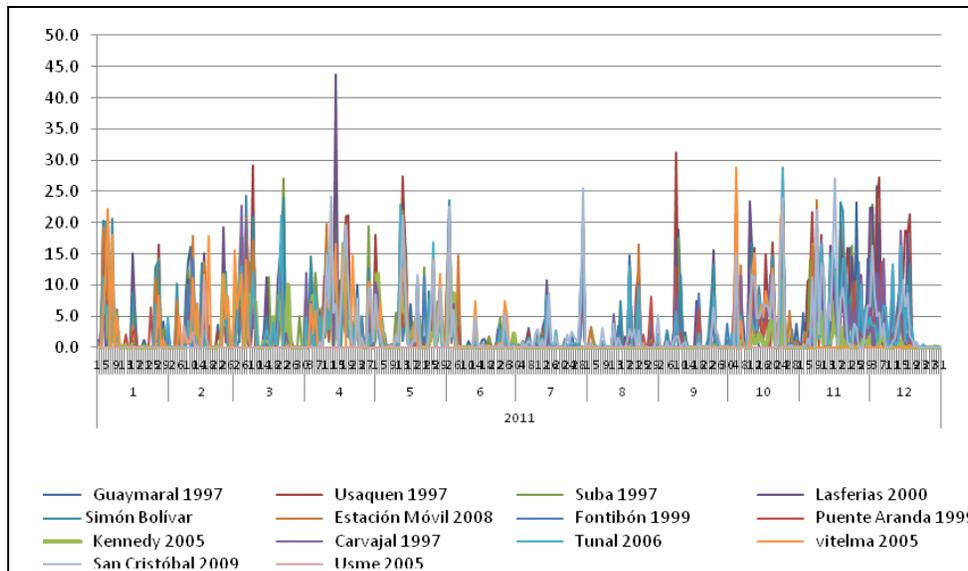


Figura 73. Serie de tiempo de precipitación para 2011.

La Figura 74 presenta el acumulado promedio mensual históricos desde 1998 hasta 2010 y de los valores del año 2011. Se observa que para el Año 2011, los valores más importantes se registraron en el mes de noviembre con un acumulado de 144.9 mm (promedio de los registros de todas las estaciones que reportan esta variable, según la Tabla 41) y en abril con 129.9 mm.

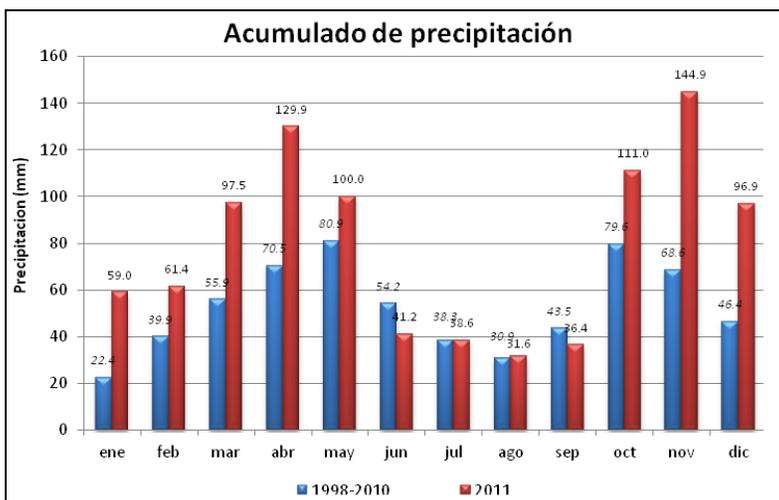


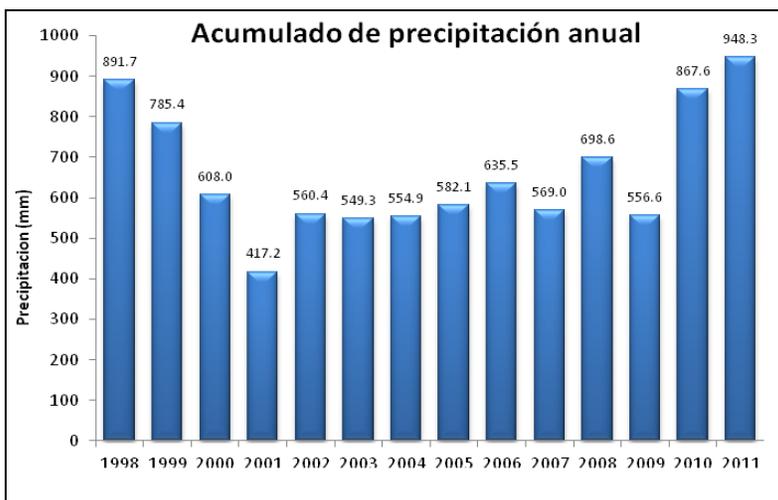
Figura 74. Acumulado promedio de precipitación de la RMCAB del periodo 1998 – 2010. Comparada con el registro promedio de 2011.

La influencia del ENOS en Bogotá es significativamente alta y particularmente en esta temporada, ya que para el año 2011 aumentó considerablemente la lluvia mientras se mantuvo el fenómeno de la Niña; mientras que en condiciones neutrales incluso se registró una disminución de las precipitaciones comparándola con los registros históricos de la red. La Tabla 42 representa la variación porcentual de estas comparaciones.

Tabla 42. Variación porcentual de la precipitación promedio 2011 comparada con el periodo 1998 – 2010

Mes	Variación porcentual
Enero	163.3%
Febrero	53.7%
Marzo	74.3%
Abril	83.9%
Mayo	23.0%
Junio	-25.3%
Julio	-5.8%
Agosto	-4.0%
Septiembre	-19.9%
Octubre	37.3%
Noviembre	106.9%
Diciembre	103.7%

Por su parte la Figura 75 muestra que el acumulado de precipitación estuvo por encima de los registros de los años anteriores siendo este valor el mayor reportado con 948.3 mm seguido de 1998 con 891,7 mm (aunque para ese año no contaba con la cobertura actual de estaciones) y de 2010 con 867,6 mm. También se evidencia que el menor acumulado de precipitación en años anteriores se presentó en 2001, con un valor de 417.2 mm, seguido de 2009 con 556,6 mm. Los días de lluvia en Bogotá para el año 2011 registraron un promedio de 2,8 mm diarios por día de precipitación.



**Figura 75.** Acumulado de precipitación promedio de las estaciones de la RMCA en el tercer trimestre desde 1998 hasta 2011.

Con respecto a los valores promedio de días de precipitación tomados en el periodo 1998-2011, el aumento más representativo se presentó en el mes de enero, con una diferencia de nueve días (los días de lluvia se estiman considerando el registro de cada estación independiente, es decir que si solo una estación reportó lluvia, este día cuenta como día lluvia). Es así como la Figura 76 presenta el número total de días de precipitación para cada uno de los meses del año 2011. Se observa que todos los meses estuvieron por encima de los históricos de la Red salvo los meses de mayo y julio. La Tabla 43 presenta el porcentaje de variación de los días de precipitación.

**Tabla 43.** Variación porcentual de los días de precipitación para el 2011 comparada con el periodo 1998–2010

Mes	Variación porcentual
Enero	44%
Febrero	29%
Marzo	0%
Abril	12%
Mayo	-1%
Junio	-2%
Julio	14%
Agosto	7%
Septiembre	3%
Octubre	14%
Noviembre	16%
Diciembre	12%

Comparado con los años anteriores, el Año 2011 estuvo por encima de los promedios con respecto a los días de precipitación en Bogotá con un total de 334 días, similar a 2006 y solamente superado en 2008 con 340 días, tal como se puede apreciar en la Figura 77. 2001 presentó el menor número de días de lluvia anual con 253 días seguido de 2002 con 265 días.

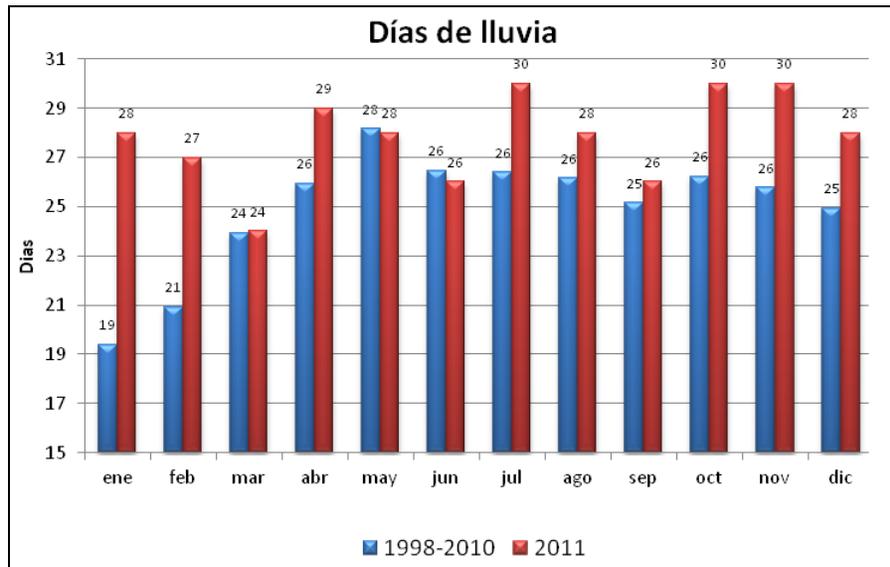


Figura 76. Días de precipitación mensual de las estaciones de la RMCAB desde 1998-2010 comparada con el promedio para los meses del año 2011.

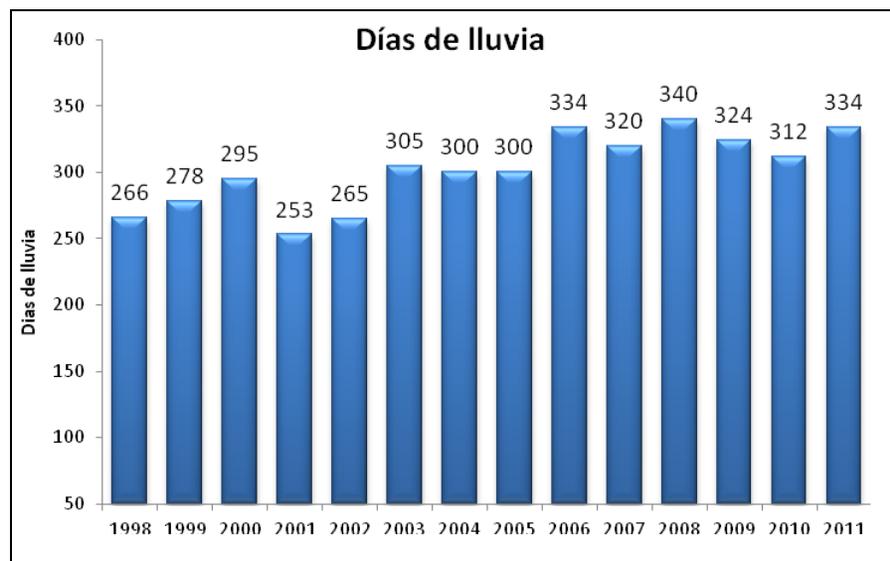


Figura 77. Promedio de los días de precipitación anual de las estaciones de la RMCAB desde 1998 hasta 2011.

En la Figura 78 se observan los acumulados de precipitación registrado por las estaciones de la RMCAB anual para el periodo 1998-2011. Junto con la Tabla 44, se puede apreciar que en el año 2011 se midieron lluvias entre moderadamente a muy por encima de lo normal, según los índices de precipitación.

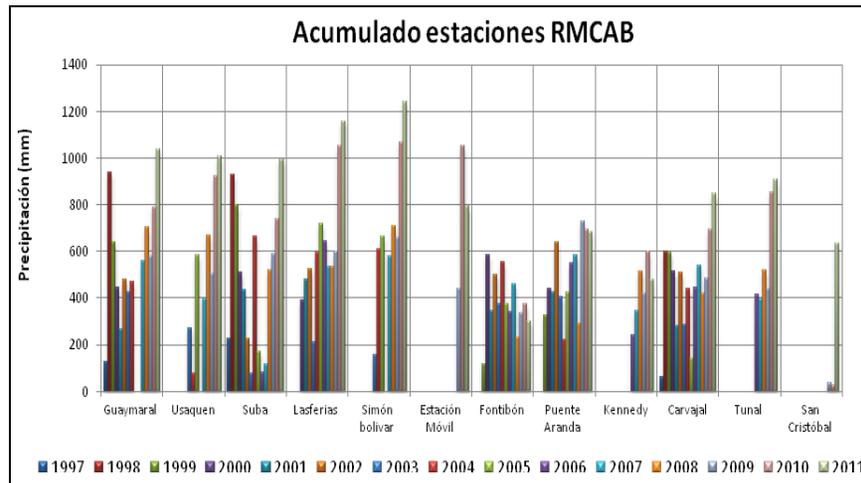


Figura 78. Acumulado de precipitación anual desde 1998 – 2011 para las estaciones de la RMCAB.

Tabla 44. Acumulados de precipitación de las estaciones de la RMCAB desde 1998 hasta 2011 y su respectivo índice de precipitación.

Estación \ Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	IP
Guaymaral (Escuela)	936.9	639	444.3		480	422.7	471.5			558.3	705.7	577	788.7	1037	172.1%
Usaquén (Bosque)								585.6		393.8	668.1	503.4	921.5	1009.9	164.4%
Suba (Corpas)	928.6	800.7	510	435.8			663.2				516.9	587.6	739.4	990.9	153.0%
Las Ferias (Carrefour)			388.7	477.7	525.2		594.8	716.6	642.1	532	535.4	597.6	1053.2	1154.9	190.5%
Parque Simón Bolívar							609	664.5		579.3	708.6	660.7	1065.4	1241.4	173.7%
Estación Móvil												437.2	1050.7	793.2	106.6%
Fontibón 1999			585.6	346.8	497	377.2	553.2	375.6	341.3	458	231.4	334	374.5	300.9	74.0%
Puente Aranda 1999				427	641	406.8	222.6	425.4	550	582		729.5	692	681.4	131.1%
Kennedy 2005										347	514.3	419.8	599.4	477.7	101.6%
Carvajal 1997	596.8	593.2	512.7	277.9	510.8	287.4	437.8		445.8	540	422.1	486.5	693.2	848.6	175.4%
Tunal 2006										396.2	519.2	440.9	855	908	164.2%
San Cristóbal 2009														633.7	

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

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

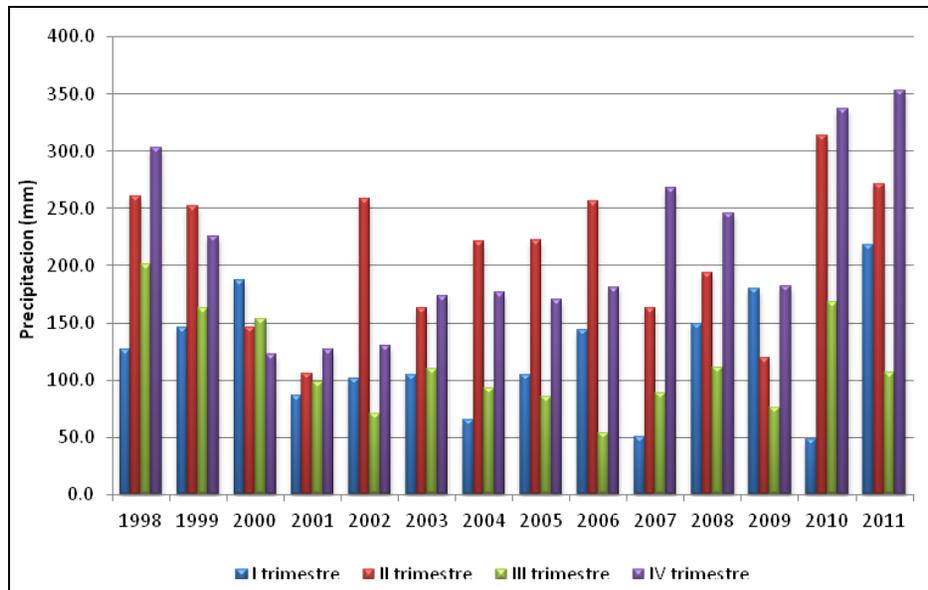
Dadas las condiciones particulares de las localidades de Bogotá tales como ubicación geográfica, característica de los vientos entre otros, existen variaciones no solo en el acumulado de precipitaciones sino en el número de días en que llueve. La Tabla 45 muestra que la estación del Parque Simón Bolívar, ubicada en la localidad de Barrios Unidos, detectó lluvias en 180 oportunidades con un promedio de 6.9 mm por día de lluvia, la estación de Guaymaral con un total de 196 días de precipitación con un valor de 5.3 mm por día de lluvia, Suba y Puente Aranda 153 y 155 días cada uno con 4.7 y 3.2

mm por día de lluvia respectivamente. La estación de Carvajal 133 días con 6.2 mm por día de precipitación y la estación de Tunal con 135 días y 6.7 mm por día de precipitación.

**Tabla 45.** Días de lluvia de las estaciones de la RMCAB desde 1998 – 2011.

Estaciones \ Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Guaymaral 1997	188	172	147		175	181	162			202	219	202	212	196
Usaquén 1997								157		160	169	140	198	121
Suba 1997	221	222	200	173			191				176	160	211	153
Las Ferias 2000			153	134	128		149	187	161	146	176	161	216	151
Parque Simón Bolívar 2001							186	183		168	200	209	243	180
Estación Móvil 2008												144	203	151
Fontibón 1999			166	124	130	137	143	137	115	146	129	132	177	121
Puente Aranda 1999				138	147	210	124	209	216	199		172	213	155
Kennedy 2005										140	162	128	179	116
Carvajal	158	188	194	116	154	131	154		153	159	129	149	187	136
Tunal 2006										146	160	144	190	135
San Cristóbal 2009														107

En el año 2011, el primer y cuarto trimestre presentaron los mayores acumulados de precipitación de acuerdo con lo observado en la Figura 79 y la Figura 74. No obstante en cada trimestre los días de precipitación corresponden a valores normales salvo el primer y cuarto trimestre este último reportó el mayor número de días de precipitación desde 1998. La Figura 78 muestra que en el año 2011 las estaciones de Guaymaral, Usaquén, Suba, Las Ferias, Parque Simón Bolívar Carvajal y Tunal reportaron los mayores valores de acumulado de precipitación desde su puesta en operación.



**Figura 79.** Acumulado de precipitación de cada estación en los trimestre de 1998-2011.

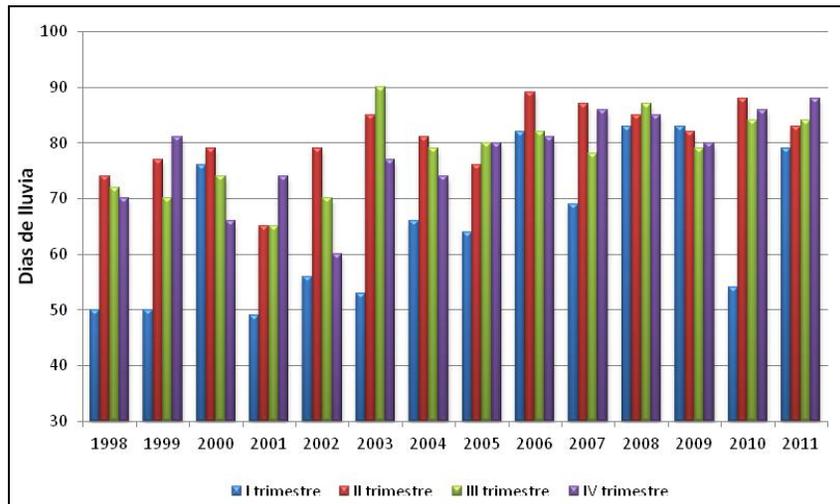


Figura 80. Días de precipitación de cada trimestre de 1998-2011.

La Figura 81 presenta los acumulados horarios de precipitación para el año 2011 y su comparación con el acumulado promedio de 1998-2010. Como es común en horas de la mañana, de las 9:00 a las 11:00 fue relativamente inusual la presencia de precipitación en la ciudad, mientras que en horas de la tarde, en particular las 16:00, las precipitaciones fueron altas debido al calentamiento diurno. Solamente en las horas 10:00 y 11:00 horas se reportaron valores menores a los esperados.

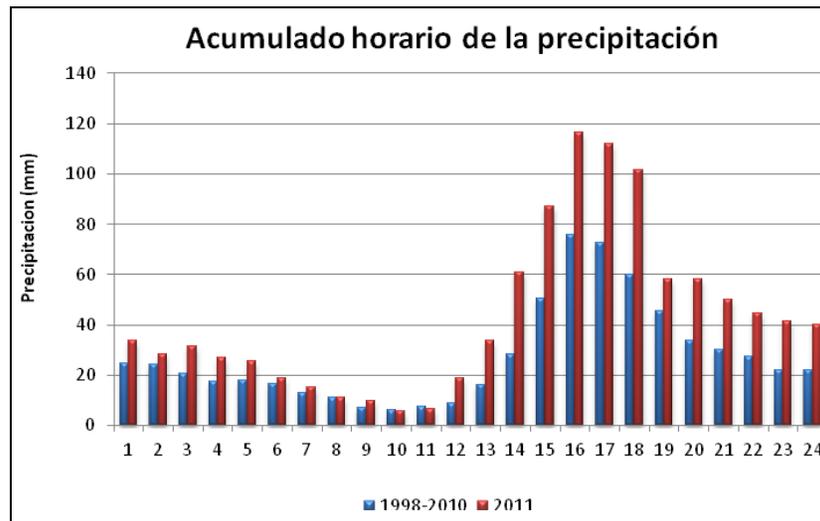
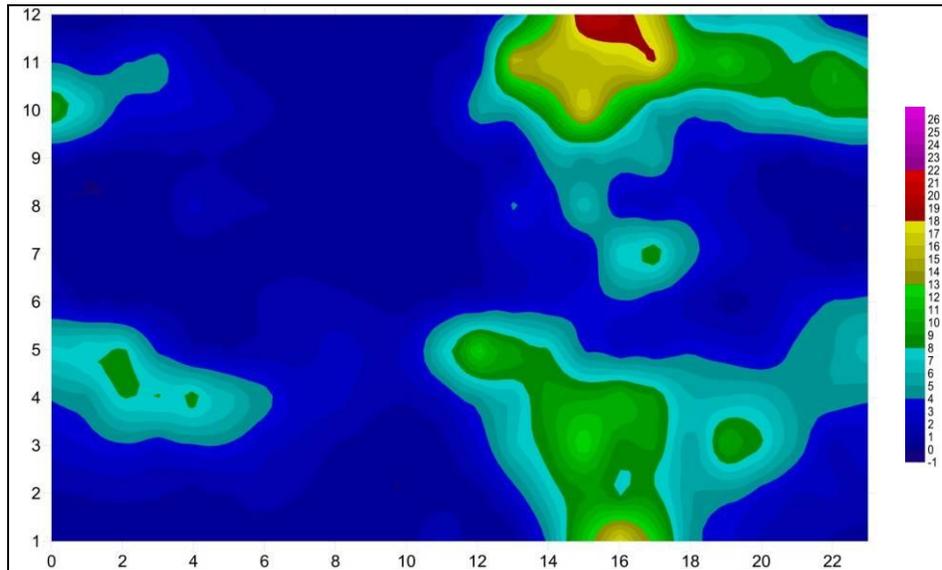


Figura 81. Acumulados horarios de precipitación para el 2011 y su comparación con el promedio 1998 - 2010.

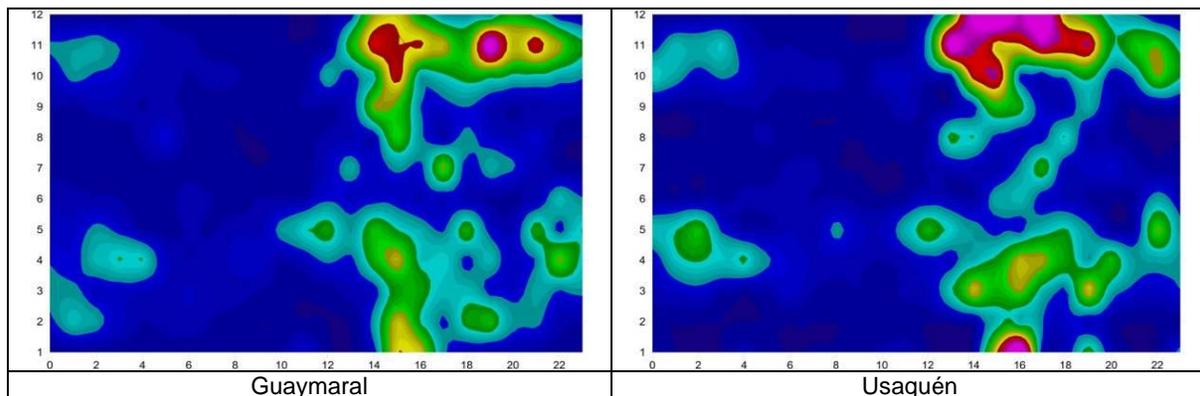
La Figura 82 esquematiza el acumulado horario para el promedio de las estaciones de la RMCAB de manera que el eje de las abscisas muestra las horas del día mientras que las ordenadas los meses. Los colores muestran la cantidad de precipitación en milímetros que se acumuló en una hora específica para determinado mes. En promedio se observa que la mayor cantidad de agua se precipitó entre las 16:00-17:00 horas en el mes de

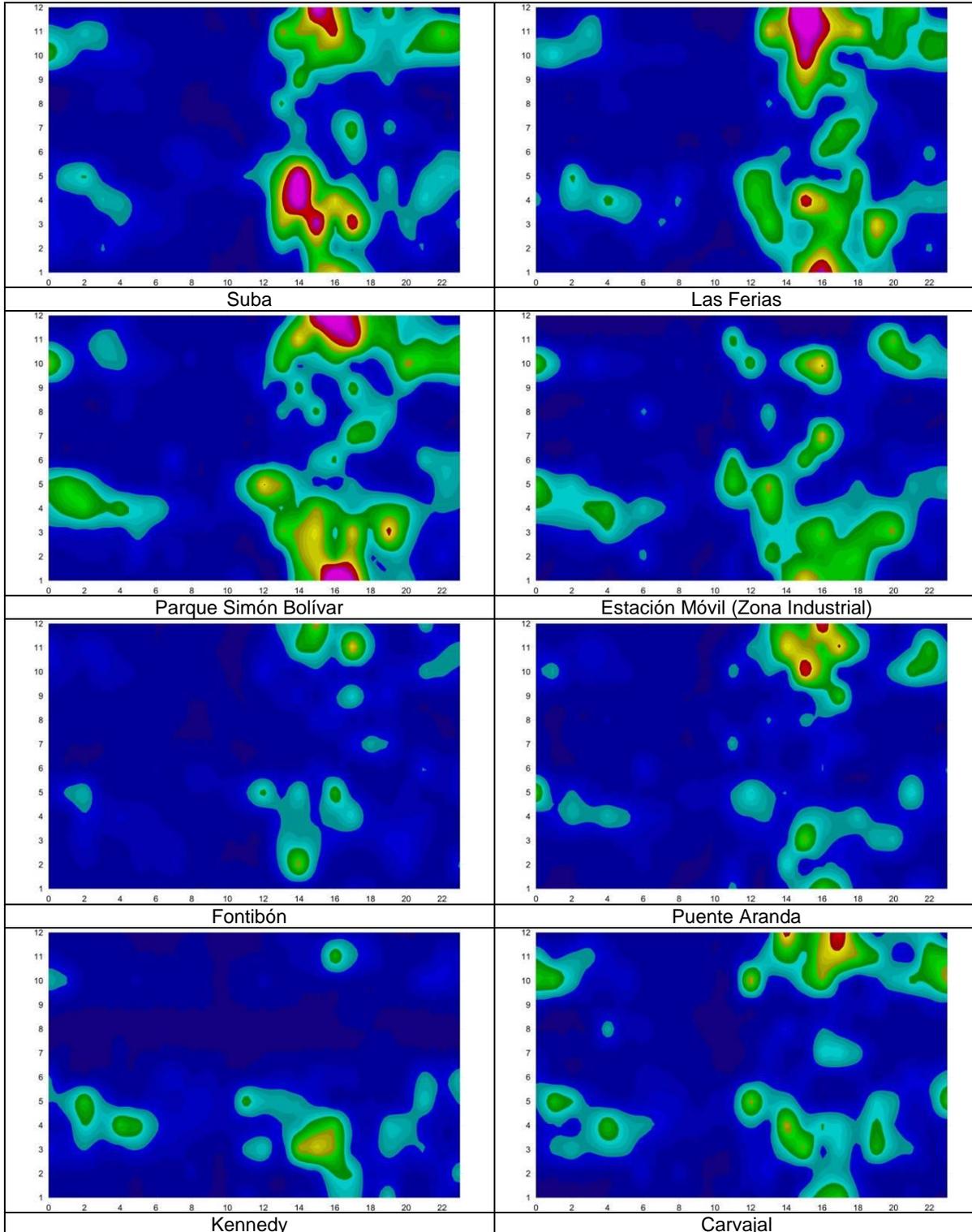
noviembre – diciembre; es interesante resaltar que en el año solamente se registró una temporada seca correspondiente al mes de junio aunque en las madrugadas si fue clara la bimodalidad de la precipitación, la primera en el trimestre abril mayo y junio y la segunda en septiembre octubre y noviembre.

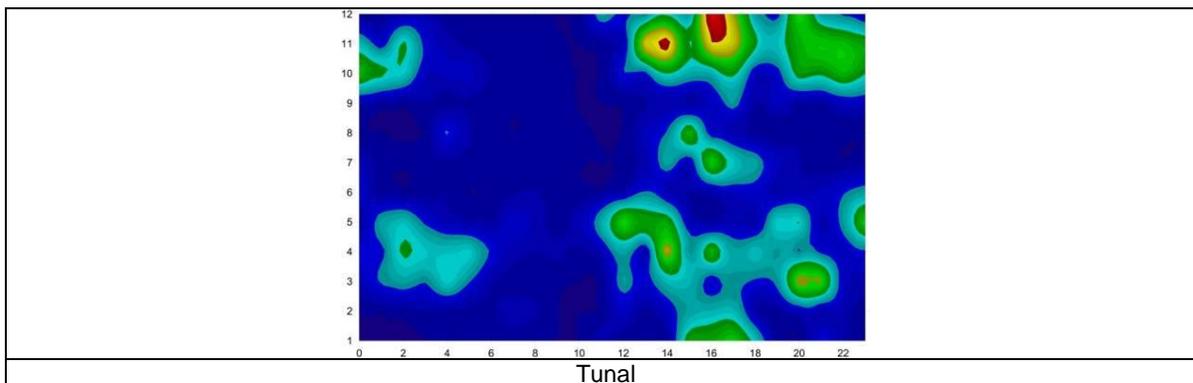


**Figura 82.** Precipitación acumulada horaria promedio para las estaciones de la RMCAB.

Por su parte, la Figura 83 resume las condiciones de cada estación en particular de manera análoga a la Figura 82. La estación de Guaymaral muestra lluvias considerables luego de las dos de la tarde siendo las más importantes en octubre y noviembre, comportamiento similar para la estación de Las Ferias. Suba registró valores importantes incluso en marzo abril y mayo después del medio día, mientras que Parque Simón Bolívar arrojó acumulados relevantes en horas de la noche, en marzo abril, septiembre y octubre similar a estación Z. Industrial - Móvil. El resto de estaciones mostraron el comportamiento normal para la temporada.

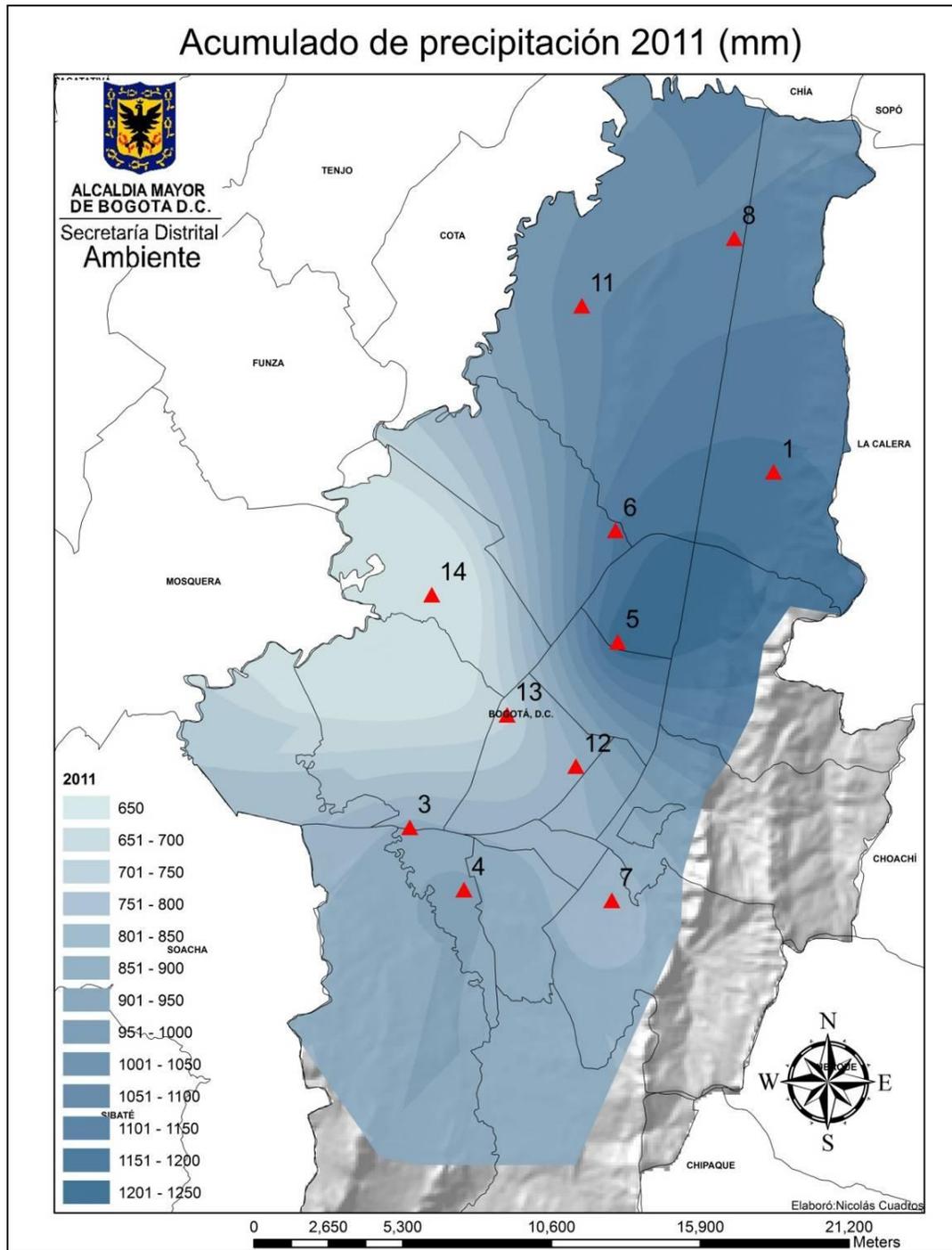




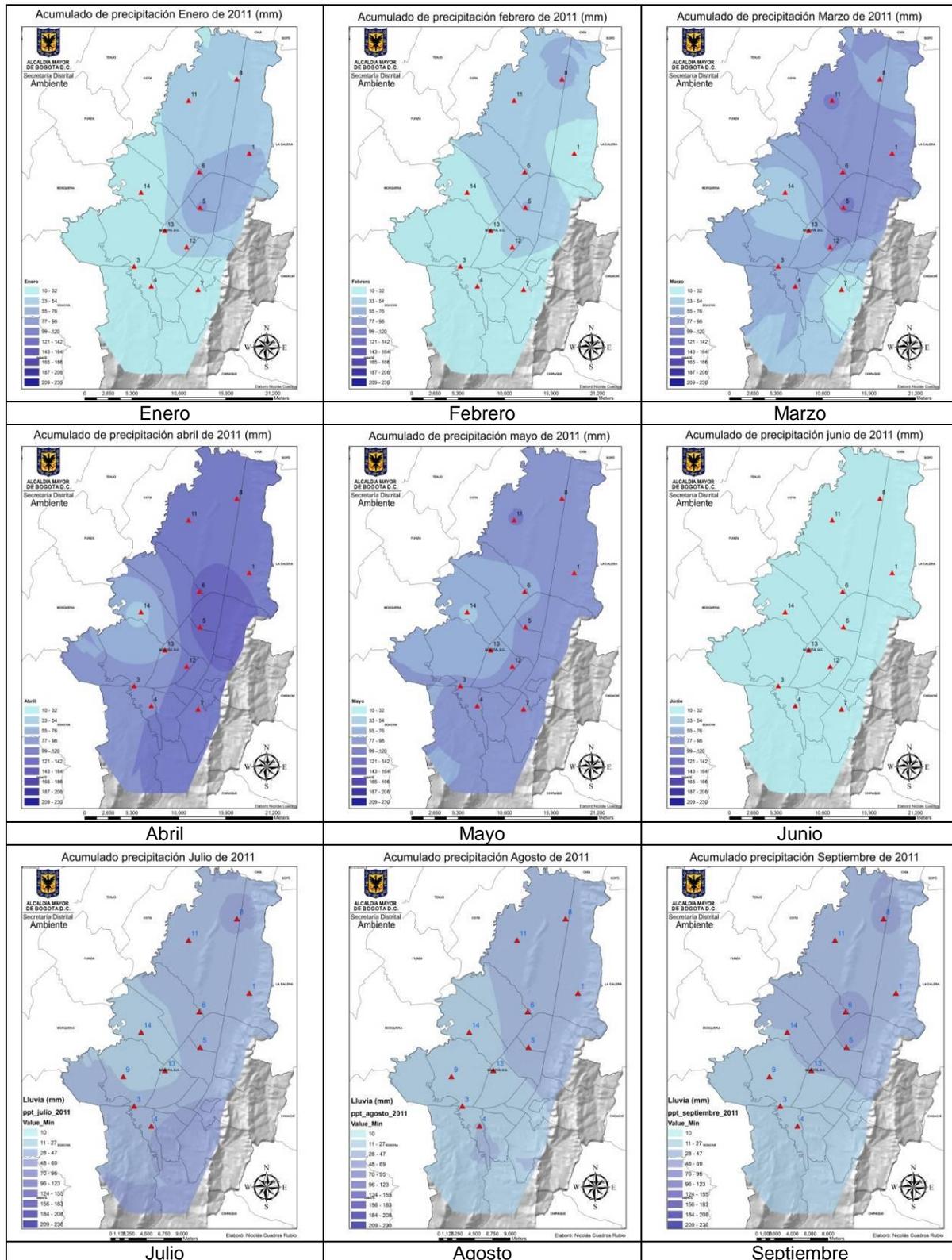


**Figura 83.** Precipitación acumulada horaria para las estaciones de la RMCAB.

El mapa de la Figura 84 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los acumulados de precipitación para 2011 sobre esta superficie. Los mapas están divididos en 17 clases partiendo como dato mínimo 650 mm y máximo 1250 mm. Los sectores en gris, al Oriente y Sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica, altura, entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación. Se puede observar los dos sectores con menos precipitación de la capital, la estación de Fontibón que abarca la localidad de su mismo nombre. Los mayores acumulados se encuentran en el sector Norte y Centro hacia Barrios Unidos y Norte de Teusaquillo además de algunos sectores de Usaquén y Suba, representados por la estación de Parque Simón Bolívar Usaquén y Suba.



**Figura 84.** Mapa de acumulado de precipitación de las estaciones de la Red para 2011



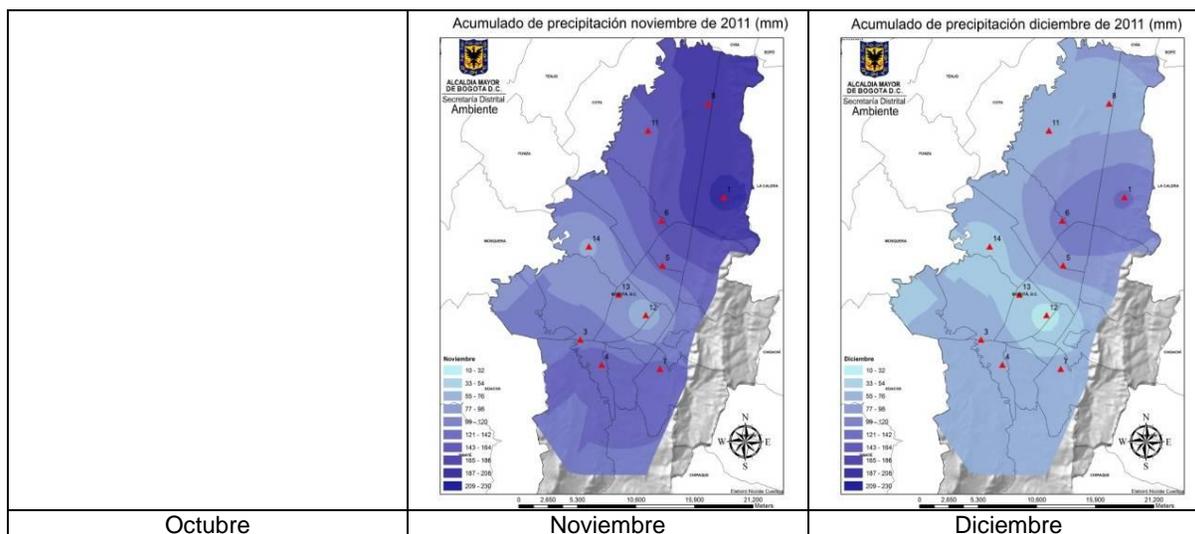


Figura 85. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para 2011.

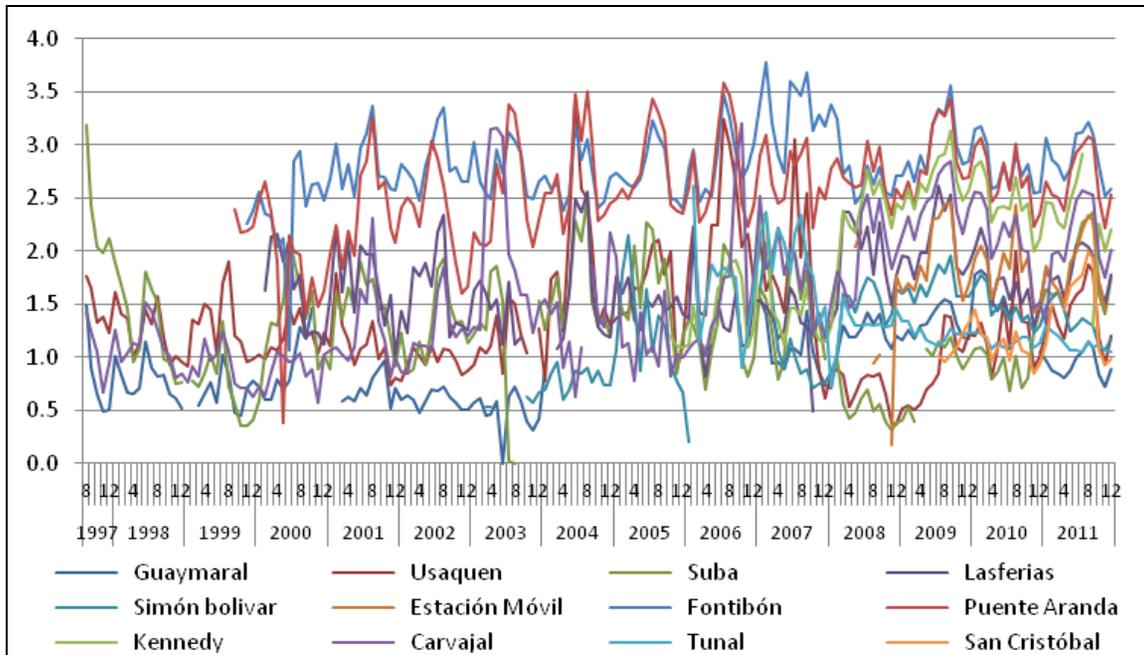
Los mapas de la Figura 85 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del Año 2011 en los cuales se observa la evolución de la precipitación. En noviembre se concentraron los mayores acumulados de precipitación, principalmente hacia el Norte de la ciudad, mientras que al occidente se presentaron los menores acumulados principalmente sobre Puente Aranda. El mes que menor precipitación registró correspondió a junio, en donde los valores no superaron los 32mm, acorde con la Figura 74.

## 4.2. VIENTOS

El comportamiento de los vientos en Colombia responde a los vientos alisios del Noreste y Sudeste, los cuales confluyen en la región intertropical formando una zona de baja presión llamada zona de confluencia intertropical (ZCIT), que al desplazarse sobre el territorio debido al cambio relativo de la incidencia solar sobre la tierra provoca las temporadas de lluvia en el país<sup>1</sup>. De vez en cuando la circulación de los vientos alisios se ve trastornada por anomalías en el balance de energía provocando serios disturbios en la distribución espacial y temporal de las lluvias, tal es el caso del fenómeno del Niño. Otro aspecto que influye depende de las condiciones orográficas, las diferencias horizontales de temperatura en una montaña producen alteraciones locales del viento que genéricamente se llaman brisas. La brisa terrestre, llamada circulación valle-montaña, montaña-valle, se debe a diferencias de temperatura entre las montañas y el aire libre que las rodea, en la mañana se presenta un brisa soplando junto al suelo desde los valles y llanuras hacia las laderas que están recibiendo el Sol (solana), remontándolas. De noche desciende una brisa desde las montañas a los valles y llanuras.

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento de los vientos se caracteriza por ser de velocidades bajas en las mañanas y de mayor intensidad en las tardes; esta tendencia se

conserva en el año de estudio. Durante dicho periodo, la dirección y velocidad del viento en la ciudad se registró en trece estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 41. La Figura 86 esquematiza la serie de tiempo en resolución diaria para las estaciones de la RMCAB que funcionan actualmente desde el año 1997 y la Figura 87 presenta la serie en formato horario en el año 2011. La Tabla 46 resume el comportamiento de la velocidad del viento para los meses de 2011 y para 4 grupos de horas distintas; la Tabla 47 presenta los valores de velocidad máxima en el año. Fontibón y Puente Aranda son las estaciones en que se registraron los mayores valores de velocidad de viento seguido de Kennedy. La velocidad de los vientos es agrupada según la frecuencia en la escala de Beaufort, como se presenta en la Figura 90, la cual esquematiza el porcentaje histórico anual y el porcentaje de frecuencias en el año 2011 para cada estación. Así mismo la predominancia de los vientos en general varía según la estación como se observa en la Figura 89 la cual presenta la rosa de los vientos horaria y el porcentaje de frecuencias de la dirección de los vientos comparada con los históricos, según la fecha de inicio de cada estación.



**Figura 86.** Serie de tiempo en resolución mensual de la velocidad del viento mensual promedio de las estaciones activas de la RMCAB

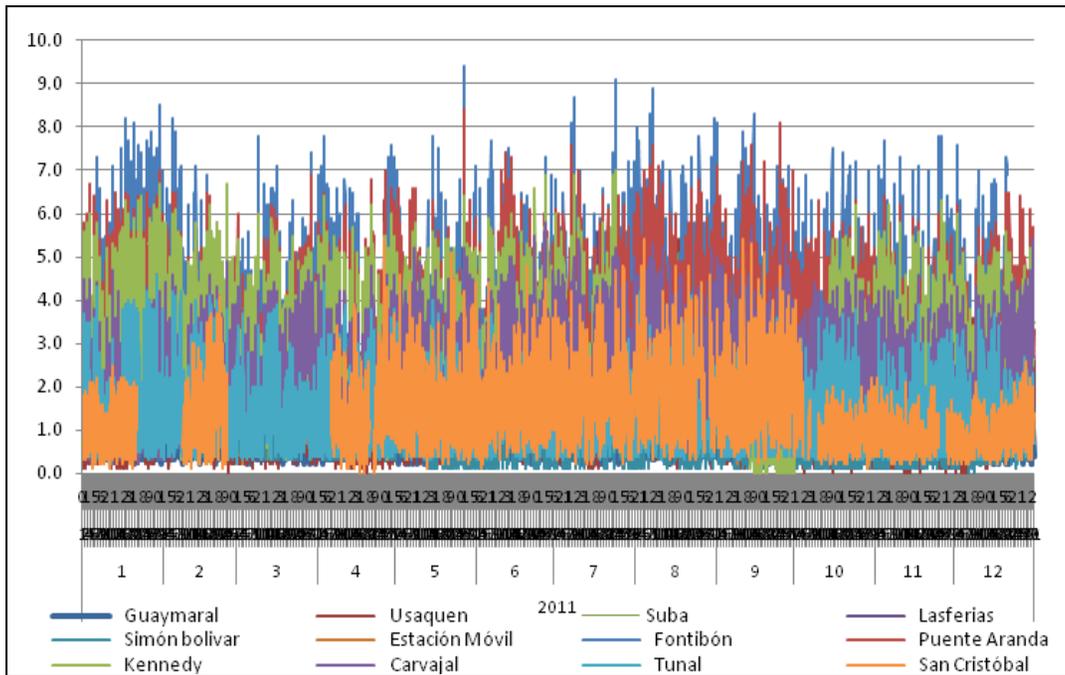


Figura 87. Serie de tiempo de la velocidad del viento horaria para el tercer trimestre de 2011 en las estaciones de la RMCAB.

Tabla 46. Velocidades de viento mensuales promedio entre las 1 – 6, 7 – 12, 13 – 18 y 19 – 24 horas en 2011

a) Hora: 1 – 6  
Año: 2011

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
Usaquén (Bosque)	0.7	1.0	0.8	0.7	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	0.7	0.5	0.7	0.9
Suba (Corpas)	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2	1.5	1.5	1.5	1.6	1.1	1.0	1.1	1.2
Las Ferias (Carrefour)	1.1	1.1	1.2	1.0	1.2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0	1.2	1.2
Parque Simón Bolívar (IDRD)	0.7	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.7
Estación Móvil (Zona Industrial)	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0		1.3
Fontibón	1.8	2.0	2.1	1.8	2.0	2.2	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.7	1.9
Puente Aranda	1.7	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.7	1.5	1.6	1.8
Kennedy	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6	1.7	1.8		0.5	1.3	1.1	1.3	1.4
Carvajal (Sony)	0.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.8	1.8	1.7	1.8	1.3	1.1	1.2	1.4
Tunal	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7
Vitelma	2.4	1.9	0.8	1.6	1.8	1.7	1.7		2.2	1.7			1.9
San Cristóbal	1.2	1.4		1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7	1.0	0.9	0.9	1.3

**b) Hora: 7 – 12**

**Año: 2011**

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.8	0.8
Usaquén (Bosque)	0.9	1.3	1.0	0.9	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.0	0.8	0.9	1.1
Suba (Corpas)	1.8	1.7	1.5	1.5	1.9	2.1	2.3	2.3	2.4	1.5	1.4	1.7	1.8
Las Ferias (Carrefour)	1.4	1.4	1.5	1.2	1.5	1.9	1.8	1.8	1.7	1.3	1.3	1.6	1.5
Parque Simón Bolívar (IDRD)	1.1	1.3	1.4	1.2	1.0	1.2	1.3	1.1	1.1	0.8	0.8	1.0	1.1
Estación Móvil (Zona Industrial)	1.5	1.5	1.3	1.2	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	1.4	1.2		1.6
Fontibón	2.1	2.3	2.2	2.0	2.3	2.8	2.7	2.6	2.6	2.1	1.9	2.2	2.3
Puente Aranda	1.8	2.0	2.0	1.8	2.2	2.6	2.5	2.6	2.5	1.9	1.7	2.0	2.1
Kennedy	1.7	1.9	1.7	1.7	2.0	2.3	2.5		0.9	1.6	1.5	1.8	1.8
Carvajal (Sony)	0.8	1.6	1.6	1.6	1.9	2.3	2.3	2.3	2.2	1.5	1.5	1.6	1.8
Tunal	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.9
Vitelma	1.8	1.8	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6		2.1	1.6			1.6
San Cristóbal	0.9	1.2		1.0	1.3	1.4	1.4	1.6	1.4	0.9	0.8	0.8	1.2

**c) Hora: 13 – 18**

**Año: 2011**

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	1.8	1.6	1.6	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.0	1.6	1.4	1.7	1.7
Usaquén (Bosque)	1.9	2.1	2.1	1.9	2.3	2.1	2.4	2.8	2.6	1.9	1.6	1.9	2.1
Suba (Corpas)	2.5	2.3	2.6	2.2	2.6	2.9	3.4	3.5	3.5	2.5	2.1	2.7	2.7
Las Ferias (Carrefour)	3.1	2.6	2.7	2.6	2.5	3.0	3.0	3.1	3.0	2.7	2.4	2.7	2.8
Parque Simón Bolívar (IDRD)	2.8	2.6	2.7	2.6	2.1	2.1	2.1	2.3	2.1	2.3	2.1	2.1	2.3
Estación Móvil (Zona Industrial)	3.1	2.6	2.5	2.3	3.0	2.9	3.3	3.5	3.4	2.7	2.3		2.9
Fontibón	5.5	4.5	4.3	4.5	4.4	4.7	4.9	5.3	4.9	4.7	4.5	4.4	4.7
Puente Aranda	4.5	3.8	3.8	3.7	4.2	4.4	4.6	4.8	4.6	4.1	3.6	4.0	4.2
Kennedy	4.4	4.0	3.8	3.8	3.9	4.1	4.5		2.4	3.9	3.6	3.6	3.8
Carvajal (Sony)	2.6	2.9	3.0	3.0	3.3	3.5	3.7	3.7	3.6	3.1	2.8	3.2	3.2
Tunal	2.5	2.2	2.0	1.9	1.7	1.7	1.6	1.9	1.8	2.0	1.9	1.8	1.9
Vitelma	2.2	2.1	2.7	1.9	2.1	2.1	2.3		2.6	2.0			2.2
San Cristóbal	1.4	1.8		2.0	2.3	2.3	2.4	2.7	2.6	1.3	1.0	1.2	1.9

d) Hora: 19 – 24  
Año: 2011

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5	0.7	0.7
Usaquén (Bosque)	1.5	1.5	1.3	1.1	1.5	1.8	1.7	2.0	1.9	1.2	0.8	1.2	1.5
Suba (Corpas)	1.2	1.2	1.3	1.1	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0	1.3	1.1	1.4	1.5
Las Ferias (Carrefour)	1.7	1.7	1.7	1.4	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.6	1.7
Parque Simón Bolívar (IDRD)	1.3	1.4	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	0.7	0.9	1.1
Estación Móvil (Zona Industrial)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.8	1.8	2.2	2.4	2.3	1.5	1.3		1.8
Fontibón	2.8	2.7	2.6	2.4	2.5	2.7	2.9	3.0	3.0	2.6	2.2	2.1	2.6
Puente Aranda	2.6	2.5	2.4	2.2	2.7	2.7	3.0	3.1	3.1	2.4	2.0	2.5	2.6
Kennedy	2.3	2.4	2.2	2.1	2.5	2.6	2.9		1.0	2.2	1.7	2.2	2.2
Carvajal (Sony)	0.9	1.8	1.9	1.7	2.1	2.4	2.5	2.6	2.5	1.8	1.5	2.0	2.0
Tunal	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0
Vitelma	2.0	1.8	2.1	1.6	2.1	2.0	2.2		2.4	1.8			2.0
San Cristóbal	1.1	1.6		1.5	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	1.1	1.0	1.0	1.5

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

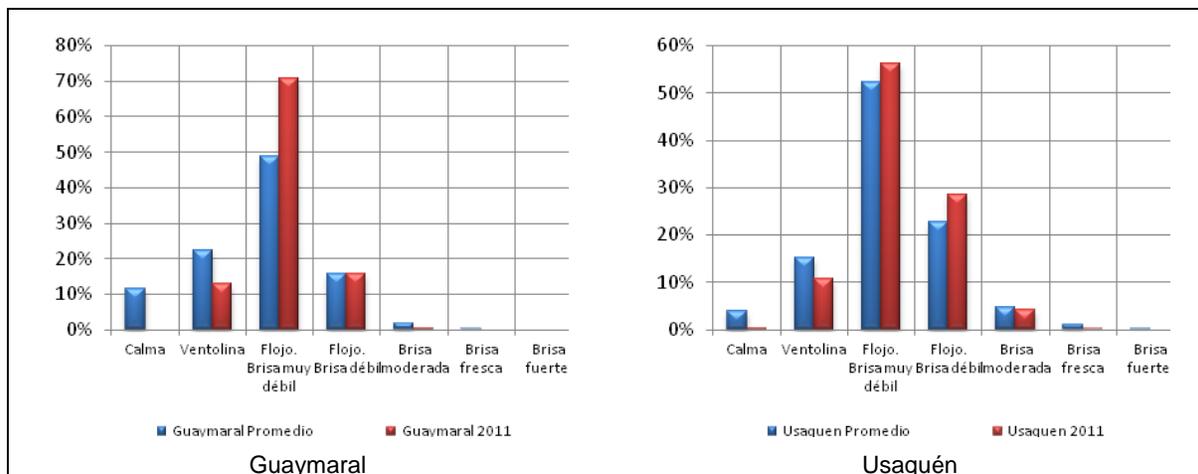
a) Año: 2011. Valores máximos

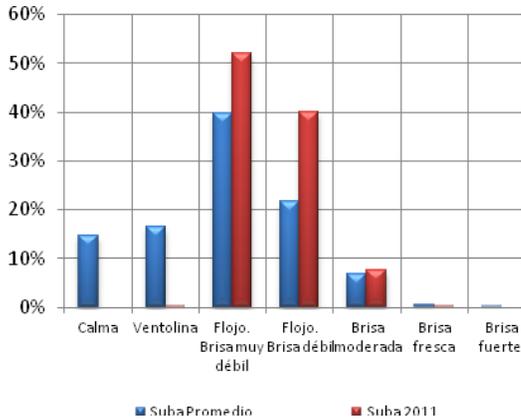
Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	3.8	3.9	3.7	3.4	5.2	3.8	4.3	3.7	4.3	3.3	3.0	3.6	5.2
Usaquén (Bosque)	4.8	5.2	4.2	6.3	4.8	5.9	5.4	5.8	5.9	4.8	4.8	5.3	6.3
Suba (Corpas)	4.6	4.9	5.2	4.6	5.0	5.3	6.2	6.1	6.4	4.6	4.0	5.4	6.4
Las Ferias (Carrefour)	5.5	5.0	5.2	5.8	5.4	5.3	5.6	5.4	5.3	4.6	5.3	5.1	5.8
Parque Simón Bolívar (IDRD)	5.0	4.9	4.8	5.5	4.5	4.5	3.8	4.5	5.0	4.3	4.3	4.3	5.5
Estación Móvil (Zona Industrial)	6.2	5.2	5.7	5.0	6.5	5.6	5.6	6.2	6.8	5.3	4.1		6.8
Fontibón	8.5	8.2	7.8	7.8	9.4	7.7	9.1	8.9	8.3	7.5	7.8	7.6	9.4
Puente Aranda	7.0	6.5	6.9	7.0	8.4	7.4	7.6	7.6	8.1	6.3	6.4	6.5	8.4
Kennedy	6.7	6.7	6.0	6.4	6.4	6.9	7.0		4.3	6.2	6.3	6.0	7.0
Carvajal (Sony)	4.7	4.9	4.7	4.9	5.2	5.8	5.4	5.3	5.9	4.6	4.6	5.4	5.9
Tunal	4.6	4.2	3.9	4.4	4.0	4.0	3.1	4.2	3.6	3.8	3.9	3.8	4.6
Vitelma	4.5	3.7	4.5	4.9	5.3	5.3	4.6		3.2	3.7			5.3
San Cristóbal	2.5	4.1		5.4	5.1	4.8	4.8	5.4	5.4	4.0	2.2	2.6	5.4

a) Año: 2011. Valores mínimos

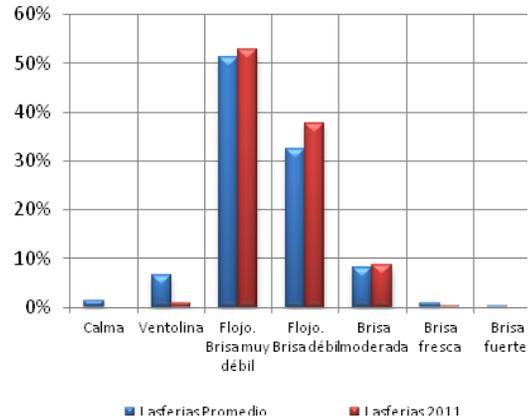
Valores	Mes												2011	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Guaymaral (Escuela)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Usaquén (Bosque)	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Suba (Corpas)	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
Las Ferias (Carrefour)	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Parque Simón Bolívar (IDRD)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Estación Móvil (Zona Industrial)	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.0	0.0	0.2
Fontibón	0.3	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3
Puente Aranda	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4
Kennedy	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0
Carvajal (Sony)	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.2
Tunal	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
Vitelma	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
San Cristóbal	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0

La Figura 88 esquematiza la frecuencia de los vientos en promedios horarios en las estaciones de la RMCAB en el año 2011 comparado con los valores históricos según la escala de Beaufort. Debe tenerse en cuenta que los valores comparados son promedios diez minútales, cuando la escala sugiere valores promedio de resolución temporal instantánea. Se aprecia que con excepción de la estación Tunal, en todas las estaciones para el 2011 aumentaron los vientos de mayor valor en la escala, respecto al promedio.

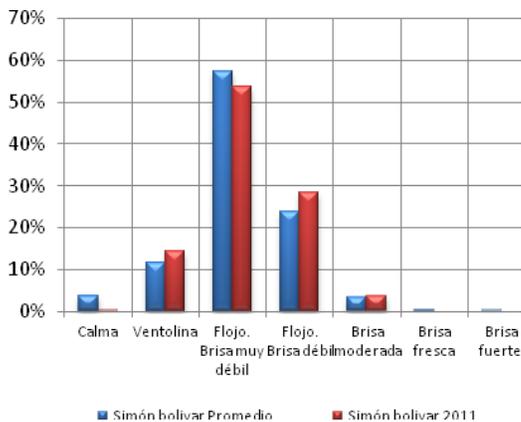




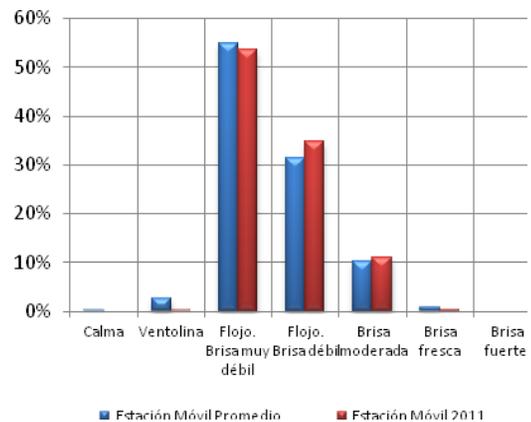
Suba (Corpas)



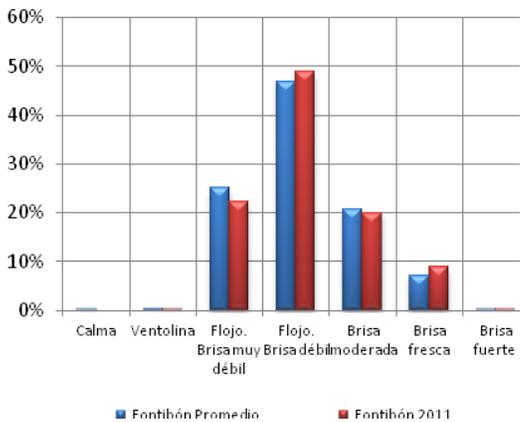
Las Ferias (Carrefour)



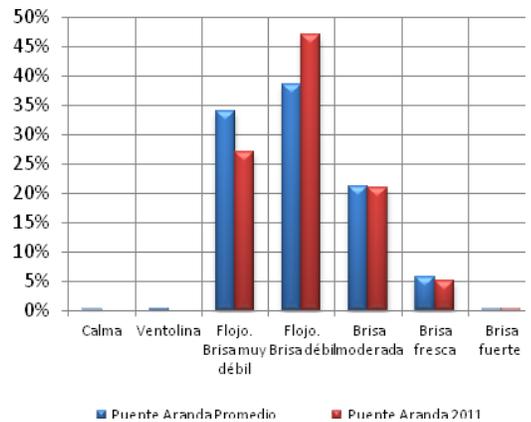
Parque Simón Bolívar (IDRD)



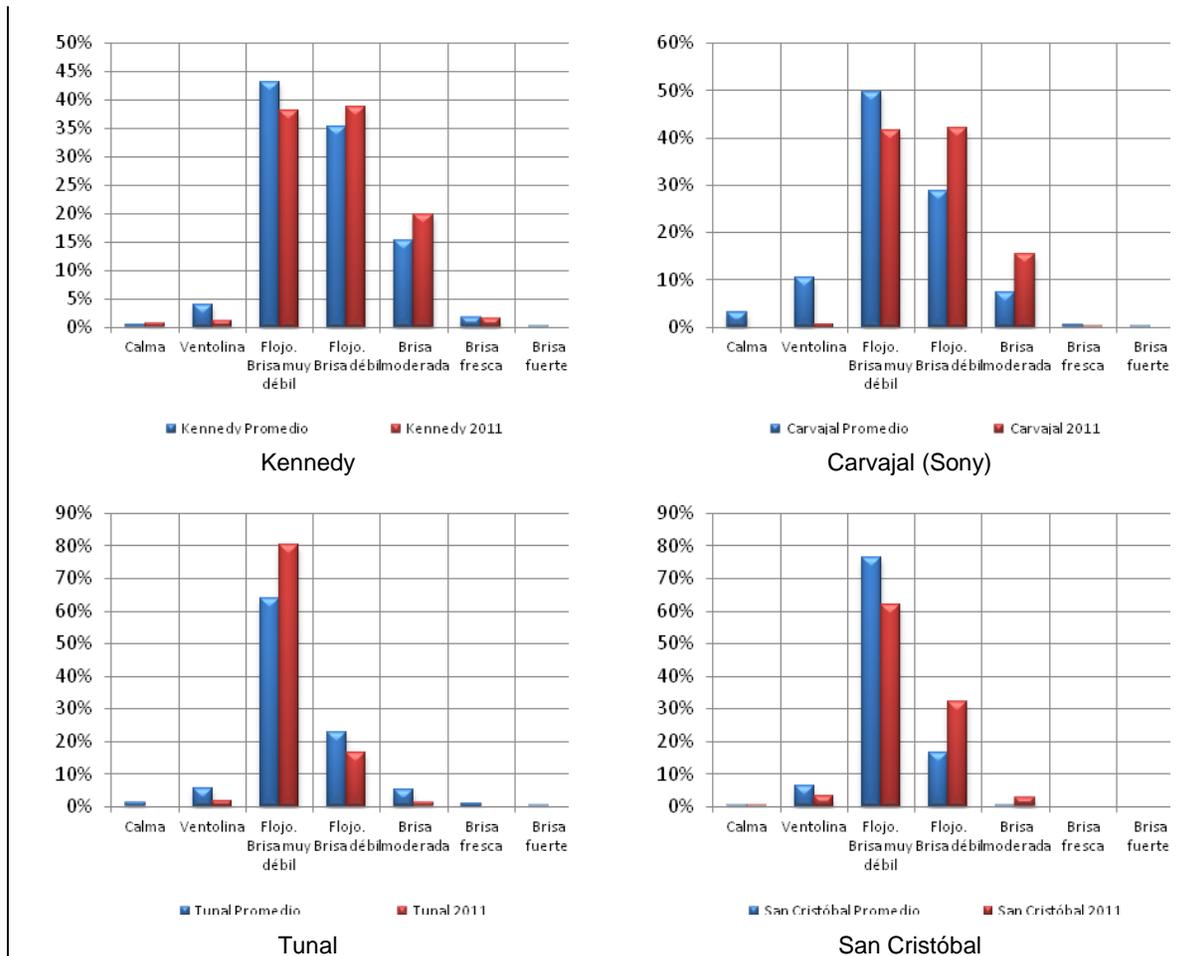
Zona Industrial – Estación Móvil



Fontibón

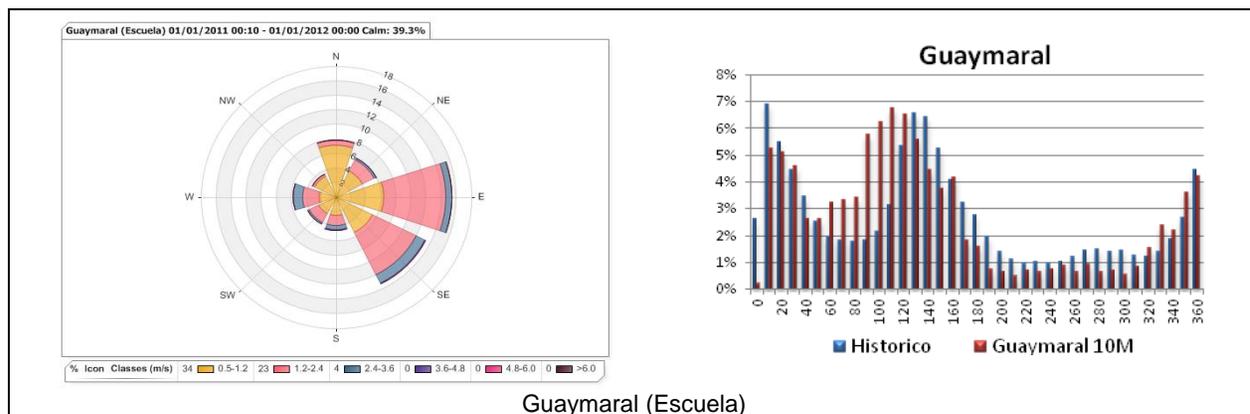


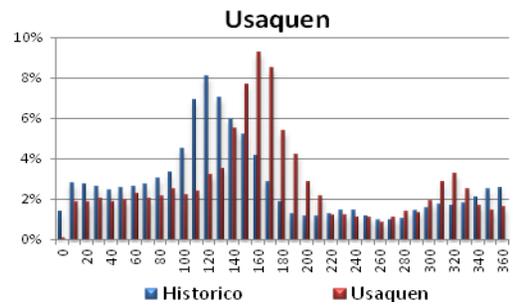
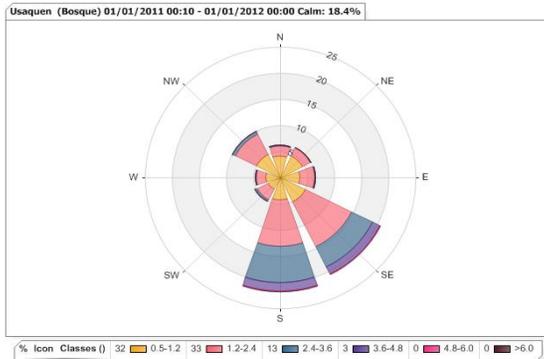
Puente Aranda



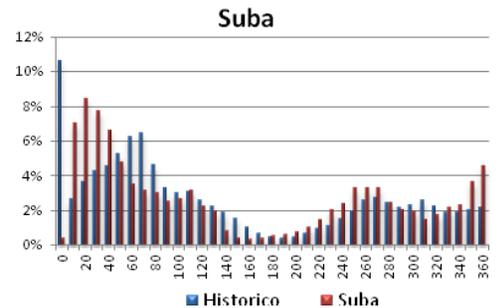
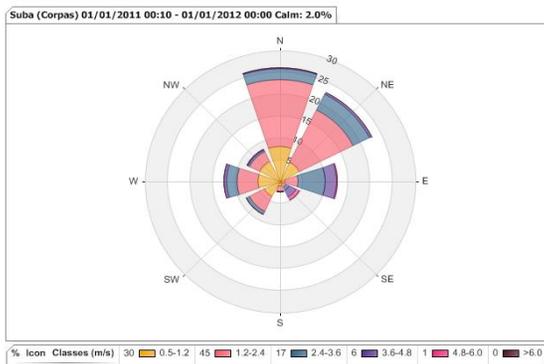
**Figura 88.** Frecuencias de la velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB en 2011 y su comparación con el mismo periodo en el promedio 1998 – 2010.

La Figura 89 esquematiza las rosas de viento para cada una de las estaciones del trimestre de estudio, en escala horaria.

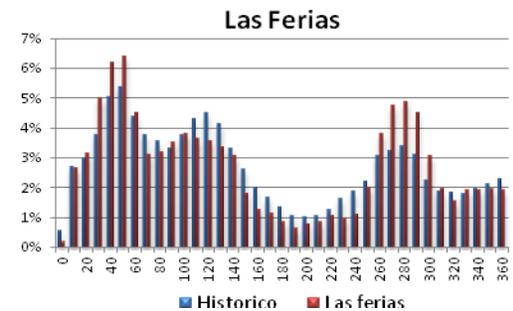
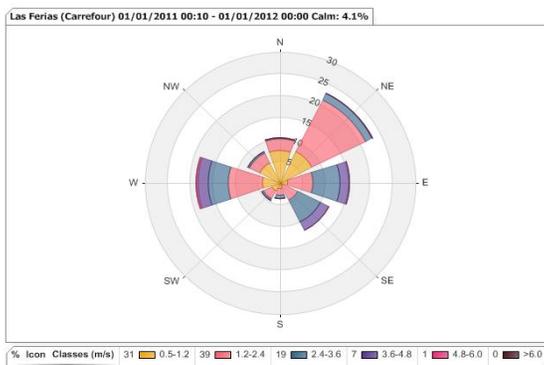




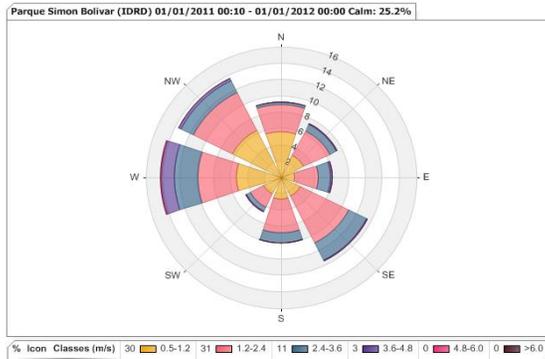
Usaquén (Bosque)



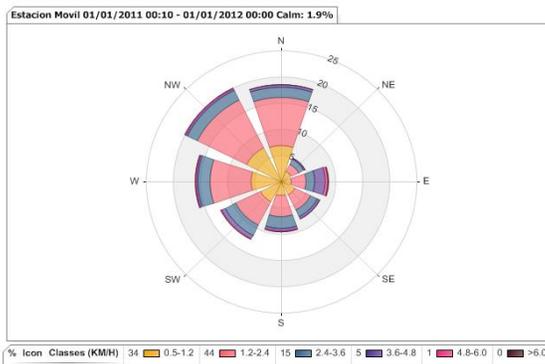
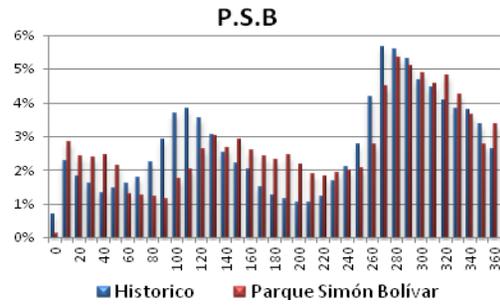
Suba (Corpas)



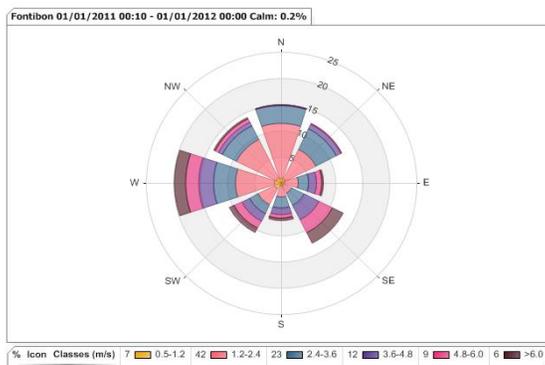
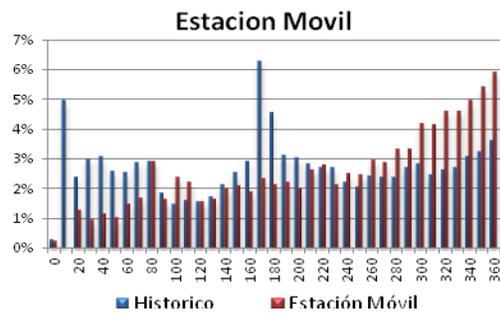
Las Ferias (Carrefour)



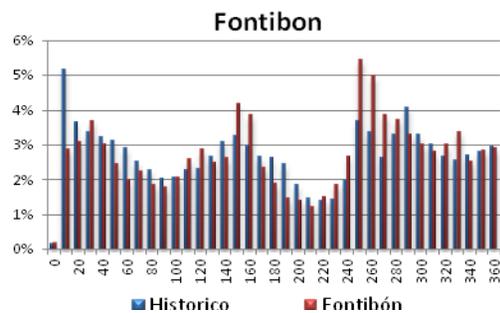
Parque Simón Bolívar (IDRD)

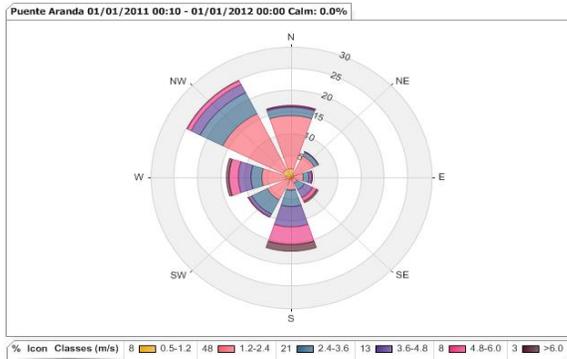


Estación Móvil

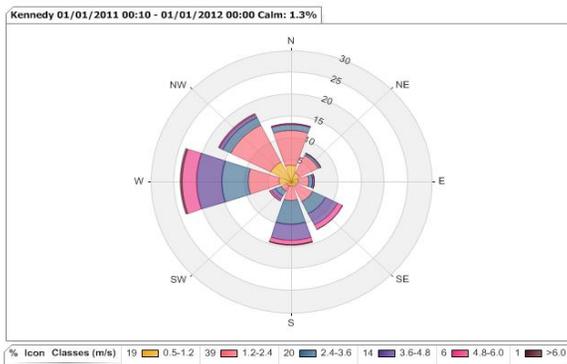
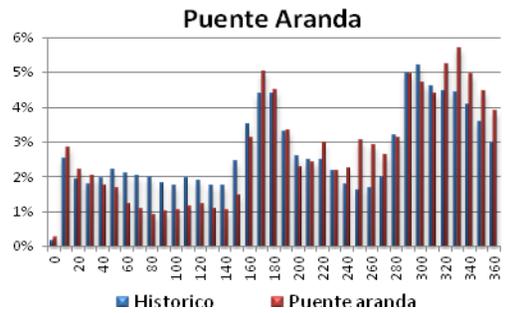


Fontibón

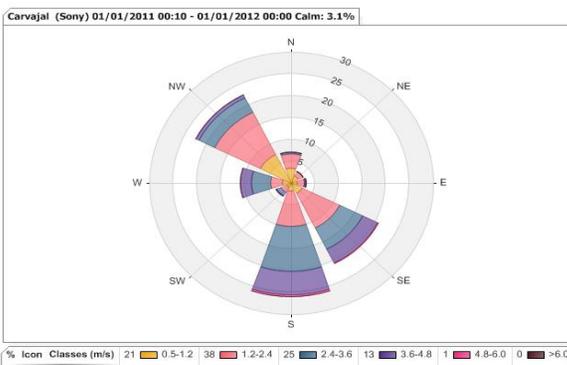
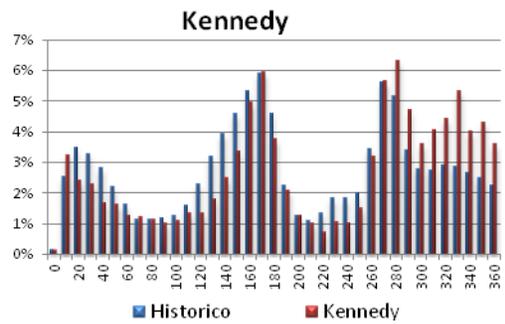




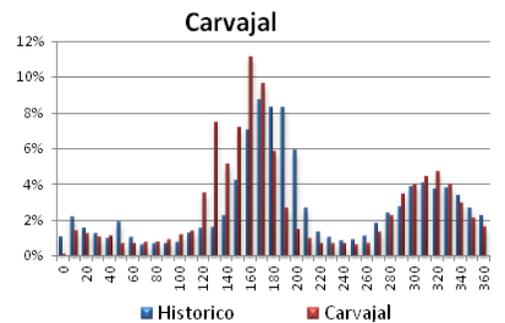
Puente Aranda

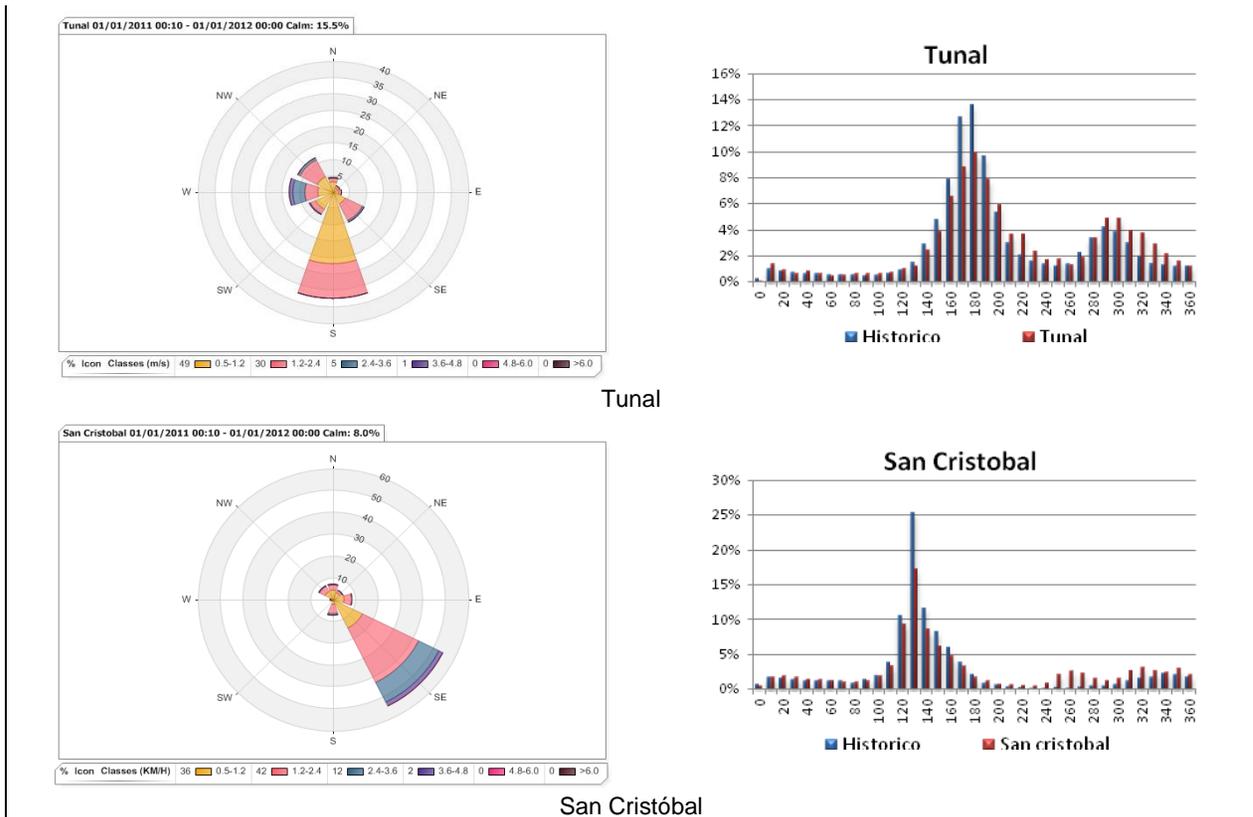


Kennedy



Carvajal (Sony)





**Figura 89.** Rosa de los vientos y porcentaje de frecuencias de dirección del viento para las estaciones de la RMCAB.

La Figura 90 muestra gráficas de las velocidades del viento en escala horaria para cada uno de los meses del año 2011, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la velocidad del viento. Todas las estaciones muestran el comportamiento típico de la velocidad del viento; en horas de la madrugada se observan velocidades muy bajas o incluso nulas y las velocidades máximas se presentan cerca de las 2 pm.

El mapa de la Figura 91 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de velocidad del viento para 2011 sobre esta superficie. Cada isotaca está separada 0,5 m/s una de la otra. En ella se puede observar el sector con menor magnitud de velocidad del viento; al Norte de la ciudad. Los mayores valores de velocidad del viento se encontraron en el Occidente de la ciudad, alcanzando velocidades de más de 2.5 m/s ubicado en parte de la localidad de Fontibón y norte de Kennedy. En general se observa un aumento en la velocidad del viento con magnitudes bajas 2011 desde el Suroriente hacia el Occidente de la ciudad.

En la Figura 92 se encuentran los mapas de la ciudad en 4 diferentes escalas horarias, es evidentemente que la velocidad en horas de la tarde alcanza su máximo valor además de la variación de la dirección del viento como en el caso de la localidad de Engativá. Otras localidades hacia el sur de la ciudad muestran vientos predominantes del Sur. Las

siguientes figuras esquematizan el comportamiento de los vientos trimestralmente en cada grupo de horas.

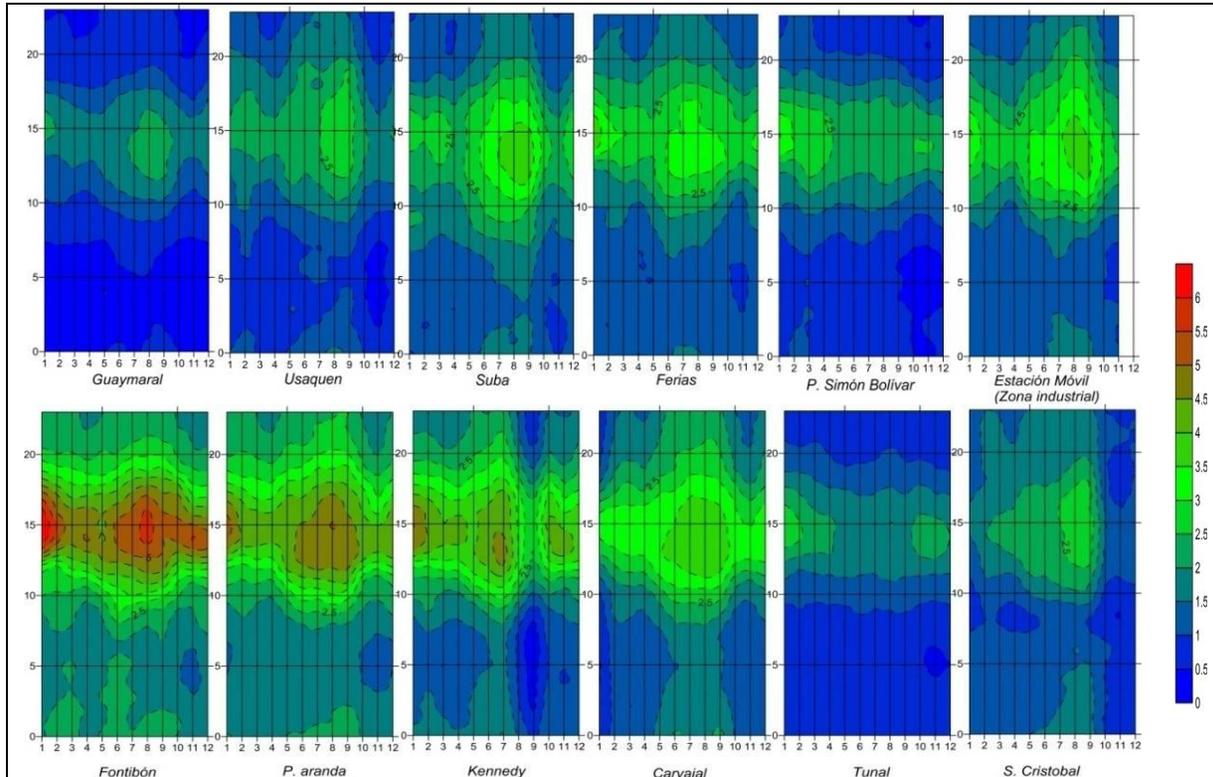


Figura 90. Velocidad del viento por estación, según la media horaria en 2011.

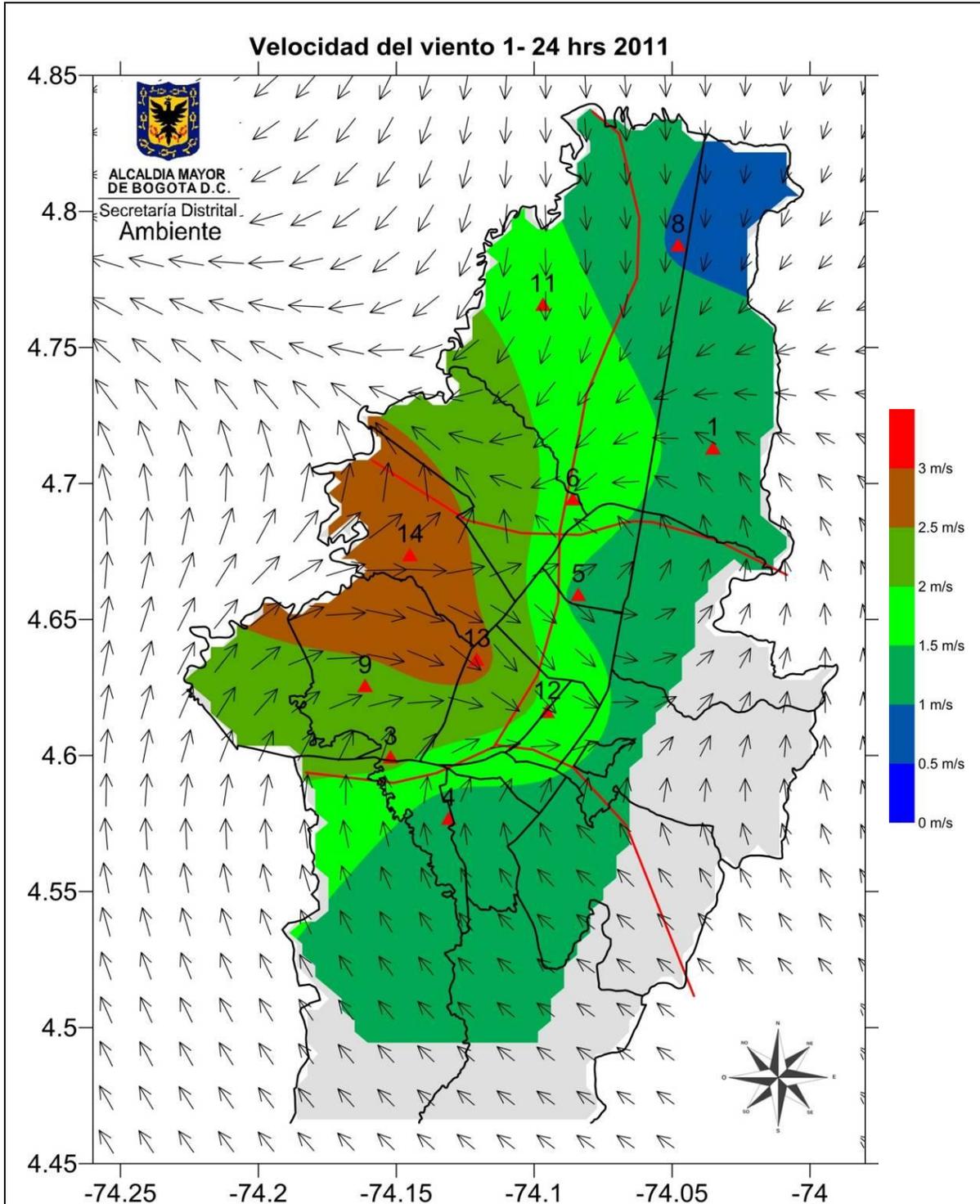
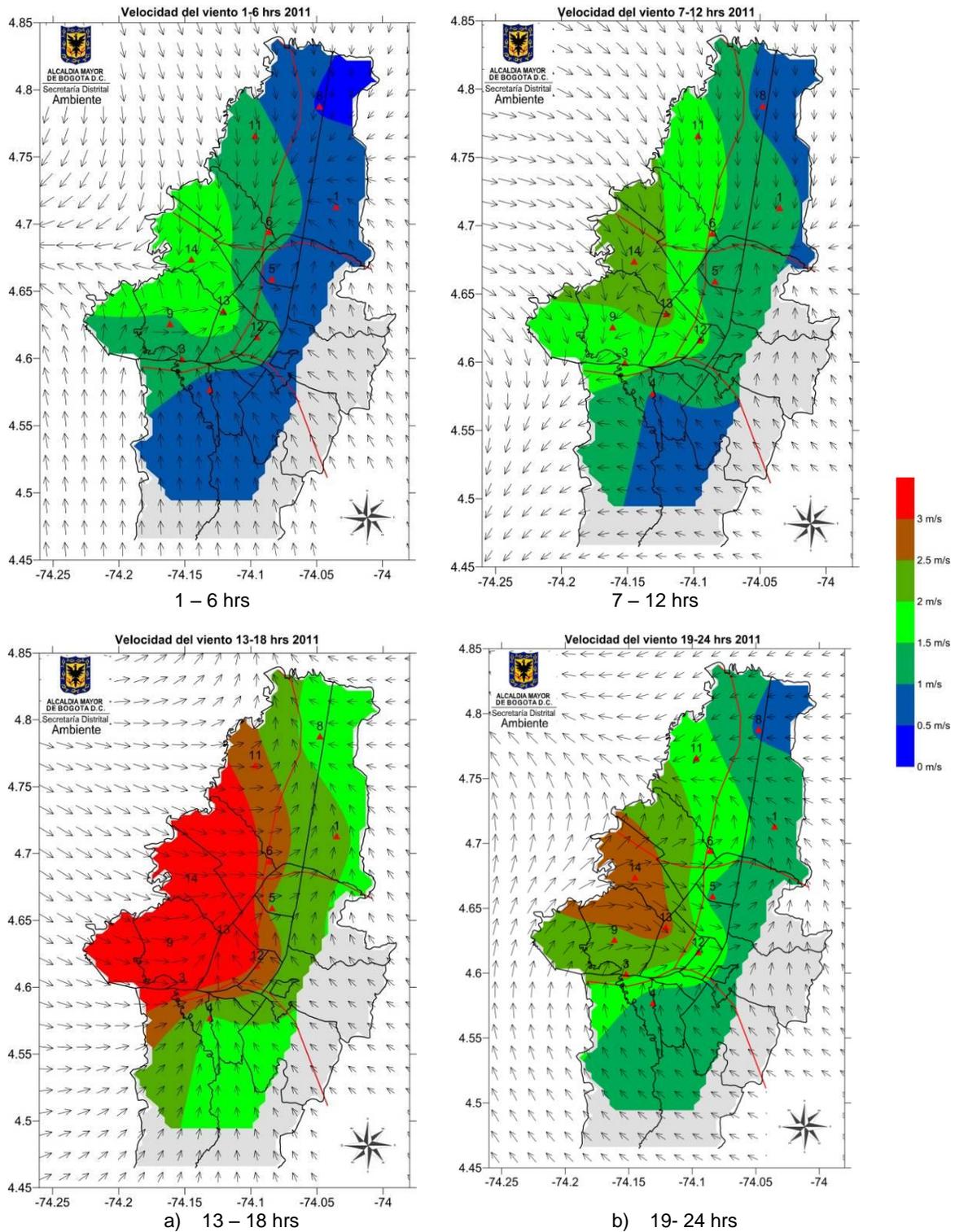


Figura 91. Velocidad y dirección del viento de Bogotá para el 2011



**Figura 92.** Promedio de velocidad y dirección del viento para distintas horas en el 2011.

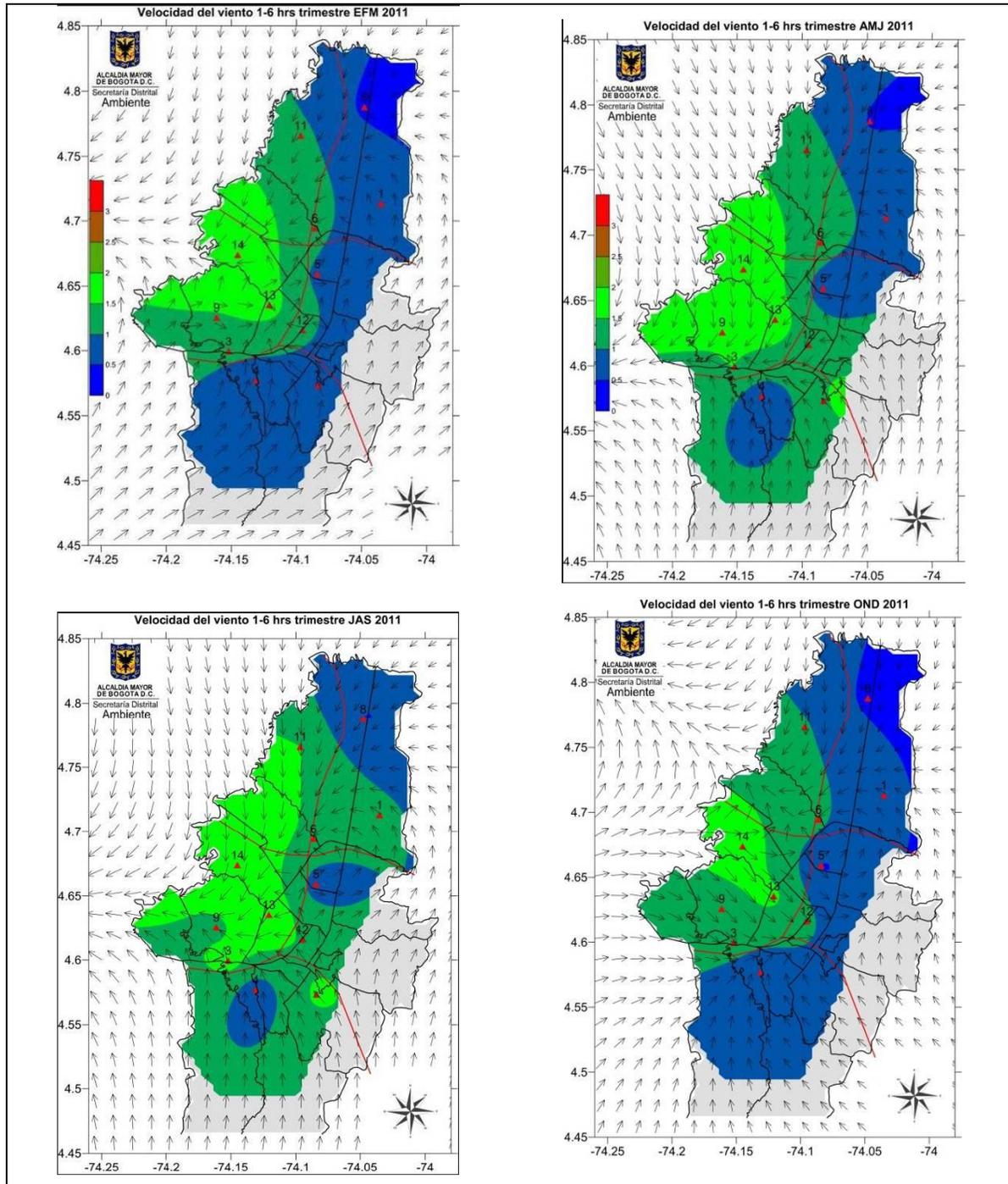


Figura 93. Promedio de velocidad y dirección del viento para las 1-6 horas de los cuatro trimestres de 2011.

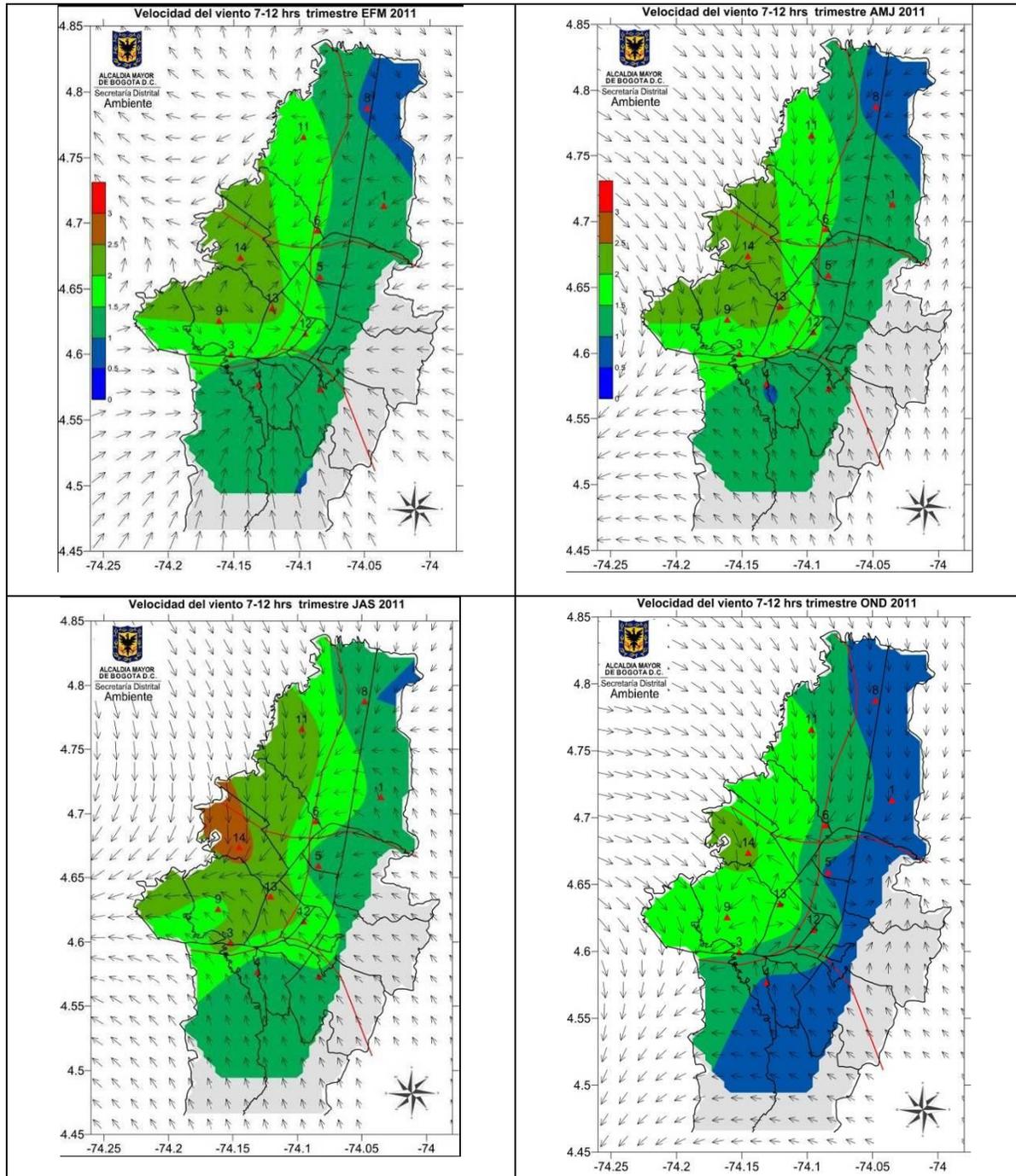


Figura 94. Promedio de velocidad y dirección del viento para las 7-12 horas de los cuatro trimestres de 2011.

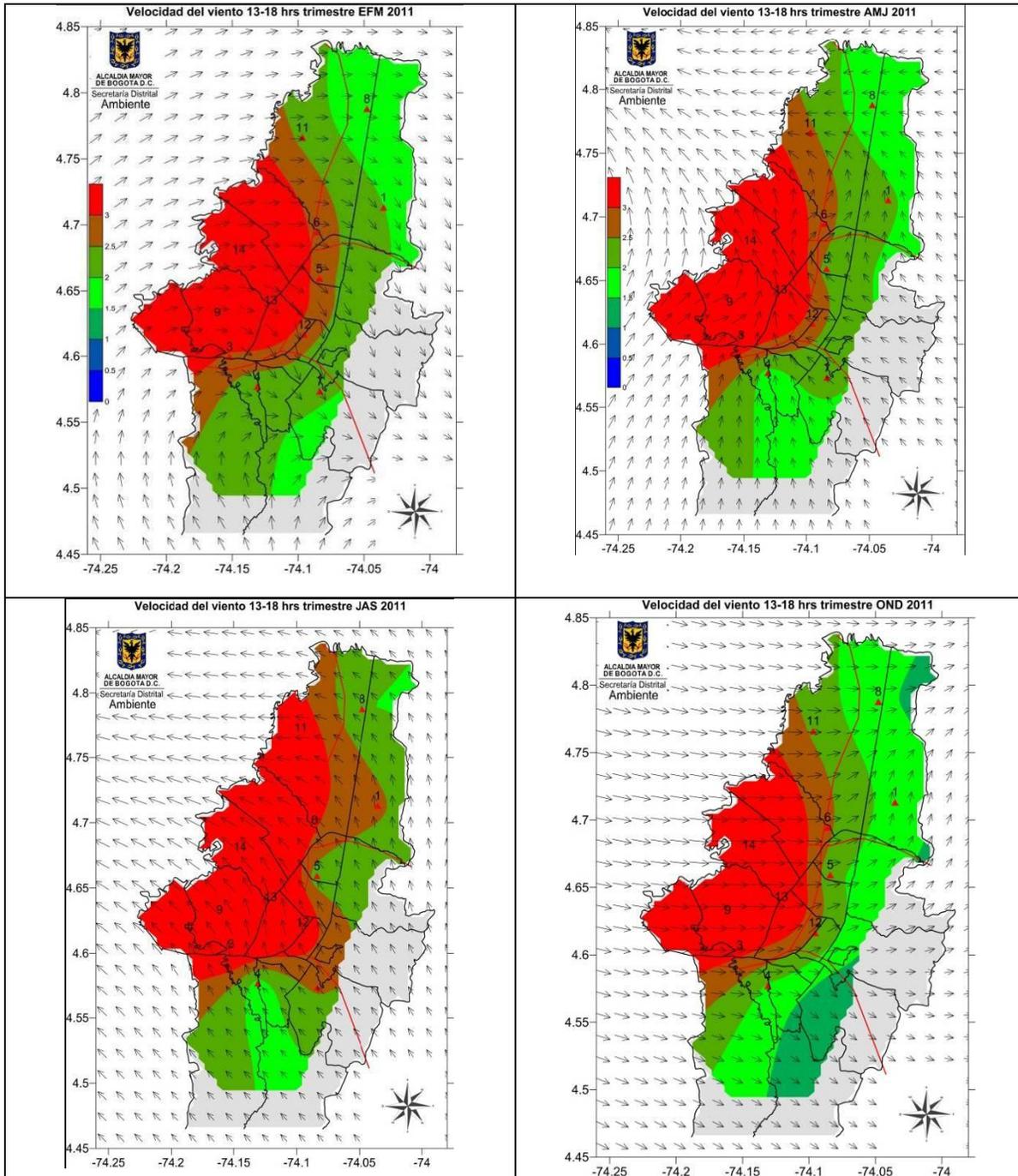


Figura 95. Promedio de velocidad y dirección del viento para las 13-18 horas de los cuatro trimestres de 2011.

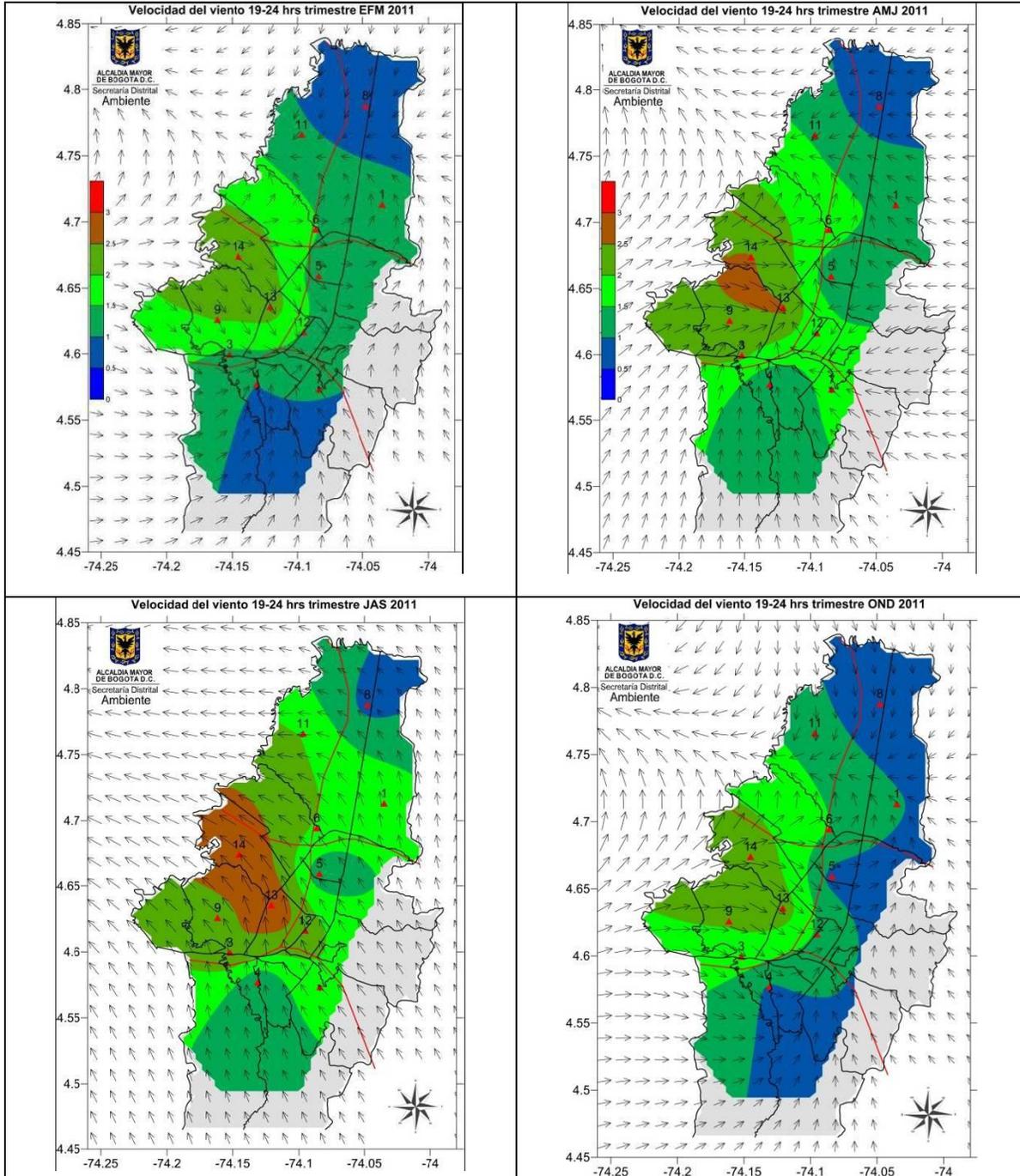


Figura 96. Promedio de velocidad y dirección del viento para las 18-24 horas de los cuatro trimestres de 2011.

### 4.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

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

En Bogotá durante 2011 se contó con **once** estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, según se reporta en la Tabla 41. Para analizar el comportamiento de la temperatura superficial se presentan mapas y gráficas según la variación ya sea horaria o mensual en comparación con los promedios registrados desde el año 1998. El comportamiento de la temperatura en la ciudad durante 2011 se caracterizó por promedios moderadamente altos durante los meses de mitad de año, comprarándolos con los promedios en el periodo 1998-2010. Dichos valores promedios se pueden apreciar en la Figura 97 la cual muestra la temperatura superficial para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable discriminados mensualmente y su comparación con el promedio de temperatura de 2011. Es evidente que mayo fue el mes de mayor temperatura mientras que julio fue el mes más frío.

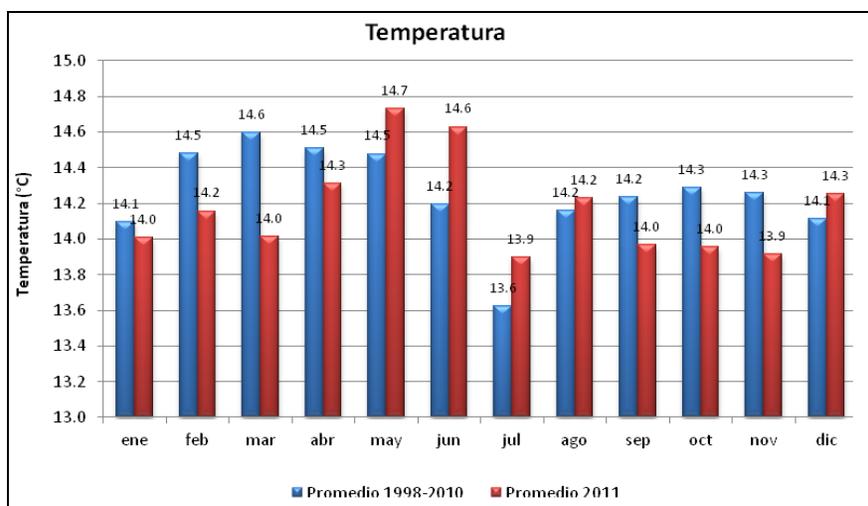
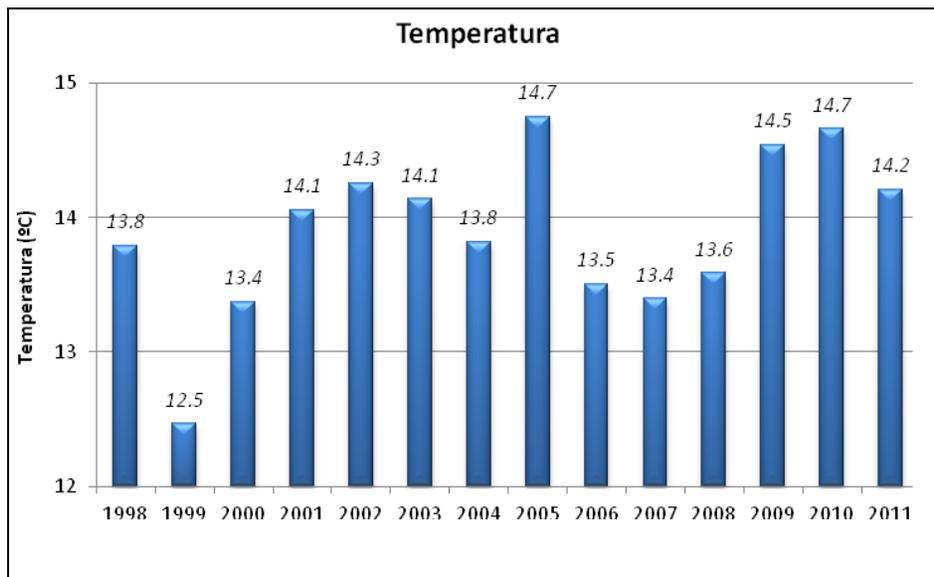


Figura 97. Gráfica de la temperatura promedio mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1998 – 2010 y su comparación con el 2011.

Con respecto a los promedios de temperatura mensuales medidos en el periodo 1998-2010 se puede observar en la Tabla 48 la variación porcentual en cada uno de los meses. La Figura 98, muestra la evolución de la temperatura promedio en el periodo 1998-2011 considerando el promedio de cada año. Como se observa en dicha figura, los años de mayor temperatura en Bogotá se registraron en 2005 y 2010 mientras que los de menor temperatura fueron 1999 y 2007. El Año 2011 ocupó el quinto lugar con respecto a temperaturas altas.

**Tabla 48.** Variación porcentual de la temperatura mensual promedio de Bogotá en el año 2011

Mes	Porcentaje
Enero	-0.6%
Febrero	-2.2%
Marzo	-4.0%
Abril	-1.4%
Mayo	1.8%
Junio	3.1%
Julio	2.0%
Agosto	0.5%
Septiembre	-1.9%
Octubre	-2.3%
Noviembre	-2.4%
Diciembre	1.0%



**Figura 98.** Gráfica de la temperatura promedio de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1998 – 2011.

El comportamiento horario de la temperatura varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la capa nubosa presente en la atmósfera entre otros, observándose los datos de temperatura máximos en horas de la tarde y los valores mínimos en horas de la madrugada. Como se puede apreciar en la Figura 99, la temperatura promedio de las

estaciones estuvo por encima del promedio principalmente en horas de la madrugada y mañana.

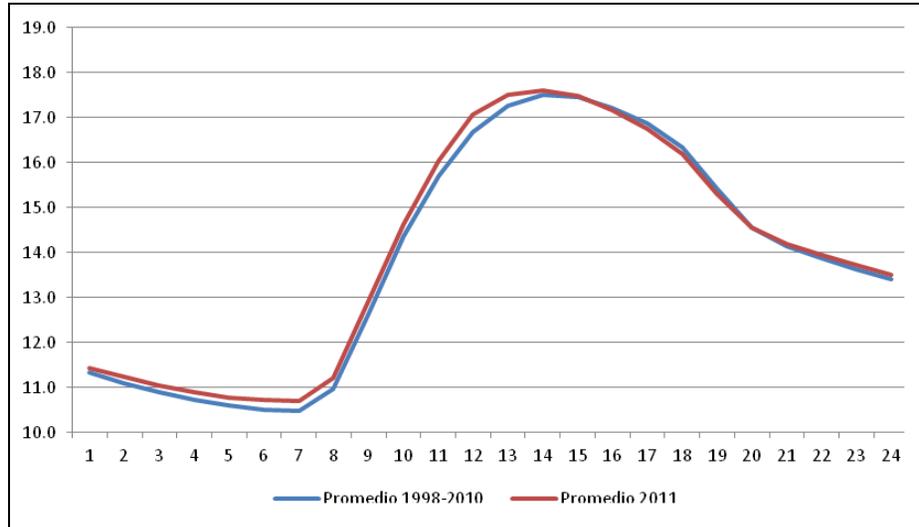


Figura 99. Comportamiento horario de la temperatura superficial

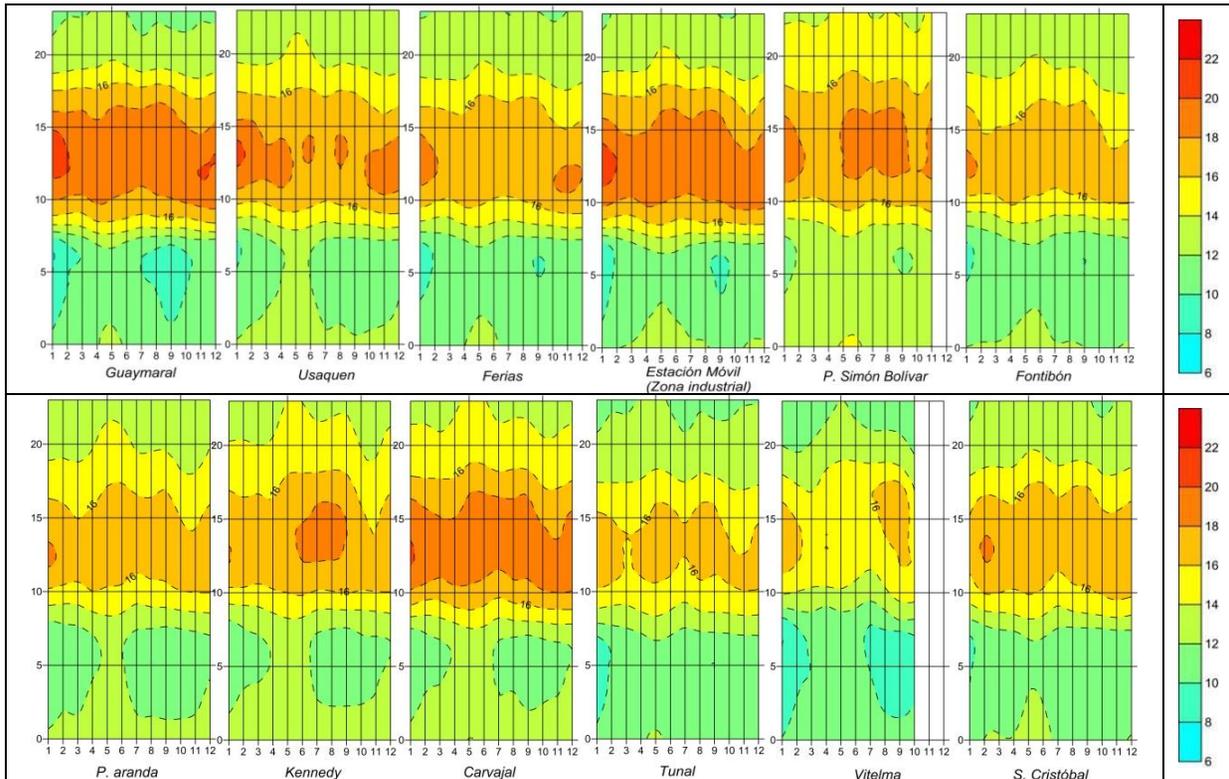
La Tabla 49 muestra esta evolución distribuida en las estaciones de la RMCAB.

Tabla 49. Promedios de temperatura media de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2002-2011.

Valores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Guaymaral 2m (Escuela) 1997	12.9	12.7	12.6	12.6	12.6	13.6	13.5	13.5	13.8	14.4	14.9	14.3
Usaquén (Bosque) 1997								12.6	11.9	14.6	15.1	14.4
Suba (Corpas) 1997	10.6	12.8	13.6		12.1	15.3	12.8	13.2	13.7	12.9	13.0	
Las Ferias (Carrefour) 2000	15.6	16.0	16.0	16.2	15.3	15.7		14.2	13.4	14.0	14.2	13.7
Parque Simón Bolívar (IDRD) 2001					15.8	15.8		14.3	14.0	14.7	14.8	14.5
Estación Móvil (Zona Industrial)2008									14.7	15.3	15.5	15.0
Fontibón 1999	13.6	13.9	14.1	14.2	13.9	14.1	14.0	14.0	14.2	14.8	14.4	13.7
Puente Aranda 1999	14.0	14.5	14.6	14.7	14.5	14.7	14.6	14.6	14.0	14.6	14.6	14.0
Kennedy 2005									13.6	14.8	14.8	14.4
Carvajal (Sony) 1997						12.8	12.1	11.3	14.0	15.4	15.6	15.0
Tunal							12.3		14.2	14.6		13.2
Vitelma 2005						10.5	11.7	11.8	11.4	12.7	13.0	
San Cristóbal 2009										13.5	13.4	13.8

La Figura 100 muestra gráficas de las temperaturas superficiales en escala horaria para cada uno de los meses de 2011, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la magnitud de la temperatura promedio de la hora en °C. Al igual que en la Figura 99, se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 2 y las 5 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 6:00 y las 12:00, hora en la cual se alcanzan los máximos valores hasta las 14:00. A continuación desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día. Las estaciones del

norte de la ciudad alcanzaron las temperaturas más altas en el año 2011 mientras que la estación de Vitelma (interpolación hasta Octubre) presentó mayor permanencia de temperaturas mínimas en horas de la madrugada.



**Figura 100.** Gráfica de la temperatura para cada hora de las estaciones de la RMCAB para el tercer trimestre de 2011.

Adicionalmente la Tabla 50 y Tabla 51 presenta el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas relativas en cada estación en 2011. La Tabla 52 especifica la amplitud térmica en cada estación. Es evidente que la estación que registró mayor temperatura máxima relativa y menor temperatura mínima fue Guaymaral con 20°C y 9.3°C respectivamente lo que puede indicar menor nubosidad en esta parte de la ciudad.

**Tabla 50.** Temperaturas máximas registradas por la RMCAB en 2011 y su promedio.

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	20.0	21.2	19.1	20.9	20.2	20.1	19.7	19.6	20.1	18.6	20.2	20.9	20.0
Usaquén (Bosque)	21.0	10.8	16.1	19.8	19.0	18.9	16.4	18.4	17.9	19.3	19.9	18.2	18.0
Las Ferías (Carrefour)	19.9	19.0	18.2	19.0	16.0	18.3	17.1	18.7	18.1	17.8	19.4	18.7	18.3
Parque Simón Bolívar (IDRD)	21.9	20.9	19.9	20.8	20.5	20.1	18.6	19.8	20.1	19.9	19.6	20.5	20.2
Estación Móvil (Zona Industrial)	20.0	19.0	18.3	18.7	19.1	19.3	18.9	19.7	19.2	18.6			19.1
Fontibón	16.3	11.7	17.0	13.8	15.9	16.1	17.4	18.0	17.8	15.0	16.2	11.4	15.6
Puente Aranda	19.0	18.2	17.4	18.1	17.1	18.0	17.1	17.8	17.6	17.7	18.1	18.0	17.8

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Kennedy	17.9	18.0	17.8	17.8	18.5	19.0	14.8		11.3	17.8	17.6	18.2	17.2
Carvajal (Sony)	20.1	18.7	19.5	19.1	20.0	19.9	18.6	20.0	19.7	19.9	20.1	20.2	19.6
Tunal	18.0	17.4	16.7	17.1	17.3	17.2	16.6	16.6	17.2	16.9	17.0	17.4	17.1
San Cristóbal	11.7	11.0		14.6	18.1	18.3	17.2	17.3	17.9	16.0	17.0	18.6	16.1

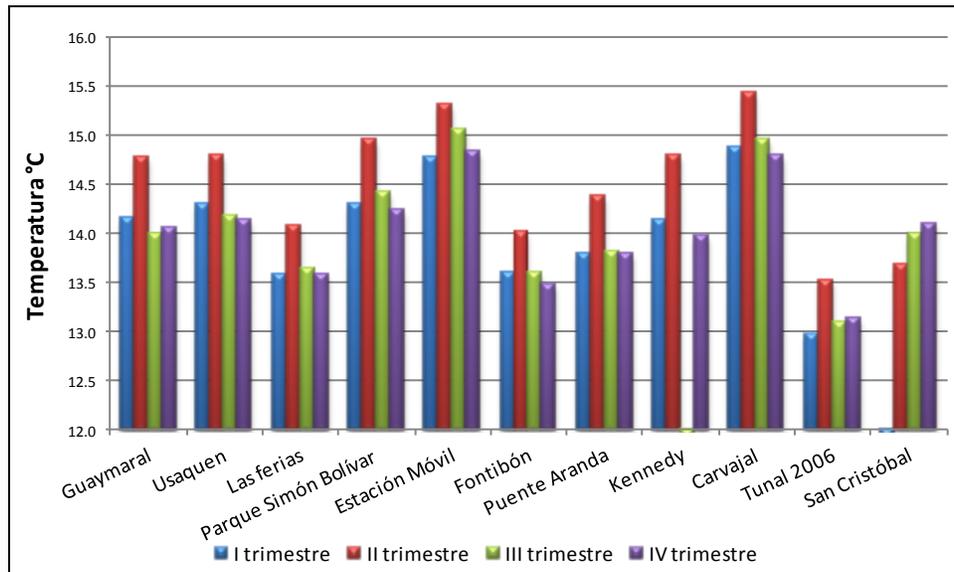
**Tabla 51.** Temperaturas mínimas registradas por la RMCAB en 2011 y su promedio.

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	6.7	9.5	9.3	10.6	11.1	10.1	9.3	9.1	8.1	8.4	9.7	9.4	9.3
Usaquén (Bosque)	9.4	5.8	9.7	11.6	12.1	11.9	9.9	10.7	10.2	10.7	10.9	10.9	10.3
Las Ferias (Carrefour)	8.9	10.0	10.2	10.8	10.0	10.9	10.1	10.2	9.8	9.9	10.4	10.7	10.1
Parque Simón Bolívar (IDRD)	8.2	10.0	10.3	11.0	11.3	11.1	10.1	9.7	9.1	10.0	10.3	10.3	10.1
Estación Móvil (Zona Industrial)	11.2	12.1	12.0	12.4	12.9	12.8	12.0	12.1	11.7	11.9			11.3
Fontibón	8.2	6.7	10.2	8.5	10.3	10.3	10.4	10.3	9.7	9.1	10.0	7.5	9.3
Puente Aranda	10.0	10.9	10.9	11.5	11.6	11.8	10.9	10.9	10.5	10.8	11.1	11.5	11.0
Kennedy	10.1	11.4	11.5	11.9	12.3	12.2	9.2		6.6	11.3	11.6	11.9	10.8
Carvajal (Sony)	9.9	10.5	11.5	11.5	12.5	12.3	11.0	11.3	10.8	11.3	11.5	11.8	11.3
Tunal	8.3	9.9	10.1	10.6	11.0	10.5	9.8	9.8	9.6	10.2	10.2	10.5	10.0
San Cristóbal	6.4	6.1		9.1	11.5	11.2	10.6	10.3	10.0	9.3	9.8	10.6	9.4

**Tabla 52.** Amplitud térmica de las estaciones de la RMCAB en 2011.

Valores	Mes												2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral (Escuela)	13.3	11.7	9.8	10.4	9.1	10.0	10.3	10.5	11.9	10.2	10.5	11.5	10.8
Usaquén (Bosque)	11.5	5.0	6.4	8.2	6.9	7.1	6.5	7.7	7.8	8.6	8.9	7.4	7.7
Las Ferias (Carrefour)	11.0	9.0	7.9	8.2	6.0	7.5	7.0	8.5	8.3	7.9	8.9	8.1	8.2
Parque Simón Bolívar (IDRD)	13.7	10.9	9.6	9.8	9.2	9.0	8.5	10.1	11.1	9.9	9.2	10.2	10.1
Estación Móvil (Zona Industrial)	8.8	7.0	6.3	6.3	6.2	6.6	6.9	7.7	7.5	6.7	2.0		7.0
Fontibón	8.1	5.0	6.8	5.3	5.6	5.8	7.0	7.7	8.1	5.9	6.2	4.0	6.3
Puente Aranda	9.0	7.3	6.5	6.6	5.6	6.2	6.2	6.9	7.0	6.8	7.0	6.5	6.8
Kennedy	7.8	6.6	6.3	6.0	6.2	6.8	5.6		4.7	6.5	6.0	6.3	6.3
Carvajal (Sony)	10.2	8.2	8.0	7.6	7.5	7.6	7.6	8.6	8.9	8.6	8.7	8.3	8.3
Tunal	9.7	7.6	6.6	6.6	6.3	6.7	6.8	6.7	7.6	6.7	6.8	6.9	7.1
San Cristóbal	5.3	4.9		5.5	6.6	7.1	6.6	7.0	7.9	6.7	7.2	8.0	6.6

A continuación se presenta los valores de temperatura para cada trimestre de 2011 en las estaciones RMCAB. Se observa que salvo San Cristóbal, en todos los casos la temperatura fue mas alta en el segundo trimestre siendo la de mayor valor Carvajal mientras que Tunal presentó las menores temperaturas, siendo la menor la del primer trimestre.



**Figura 101.** Gráfica de la temperatura promedio de los tres trimestres para cada una de las estaciones de la RMCAB en el 2011.

El mapa de la Figura 102 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de temperatura para el Año 2011 sobre esta superficie. Cada isoterma se generó a partir de 10 clases previamente establecidas. Los sectores sombreados en gris, al oriente y sur, corresponden a terrenos que por su condición orográfica entre otros, no pueden ser representados mediante métodos de interpolación. En este mapa se puede observar que los dos sectores con menor temperatura se encuentran al sur de la capital. Los mayores promedios se encuentran cercanos a las fronteras de las localidades Puente Aranda, los Mártires Antonio Nariño y Tunjuelito, representados por la estación de Carvajal y Puente Aranda así como al occidente de la ciudad en cercanías a Kennedy y Bosa.

Los mapas de la Figura 103 presentan la temperatura sobre la ciudad de Bogotá en cada mes de 2011 en los cuales se observa la evolución mensual en las distintas localidades de Bogotá. Como se puede notar, mayo fue el mes de mayor temperatura, se observa que en octubre se presentaron las menores temperaturas principalmente hacia el Sur y al Occidente de la ciudad en sectores de las localidades de Engativá y Fontibón.

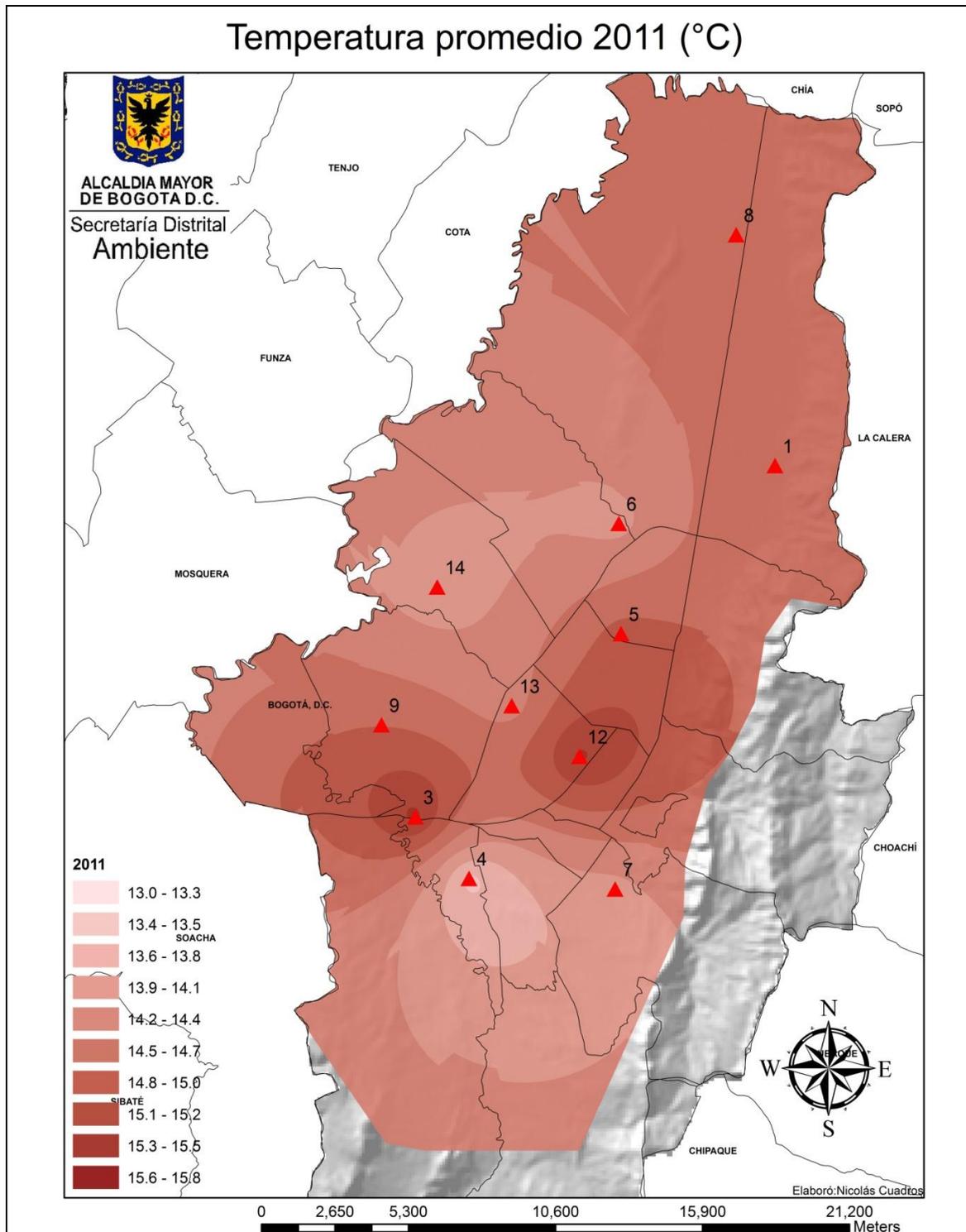
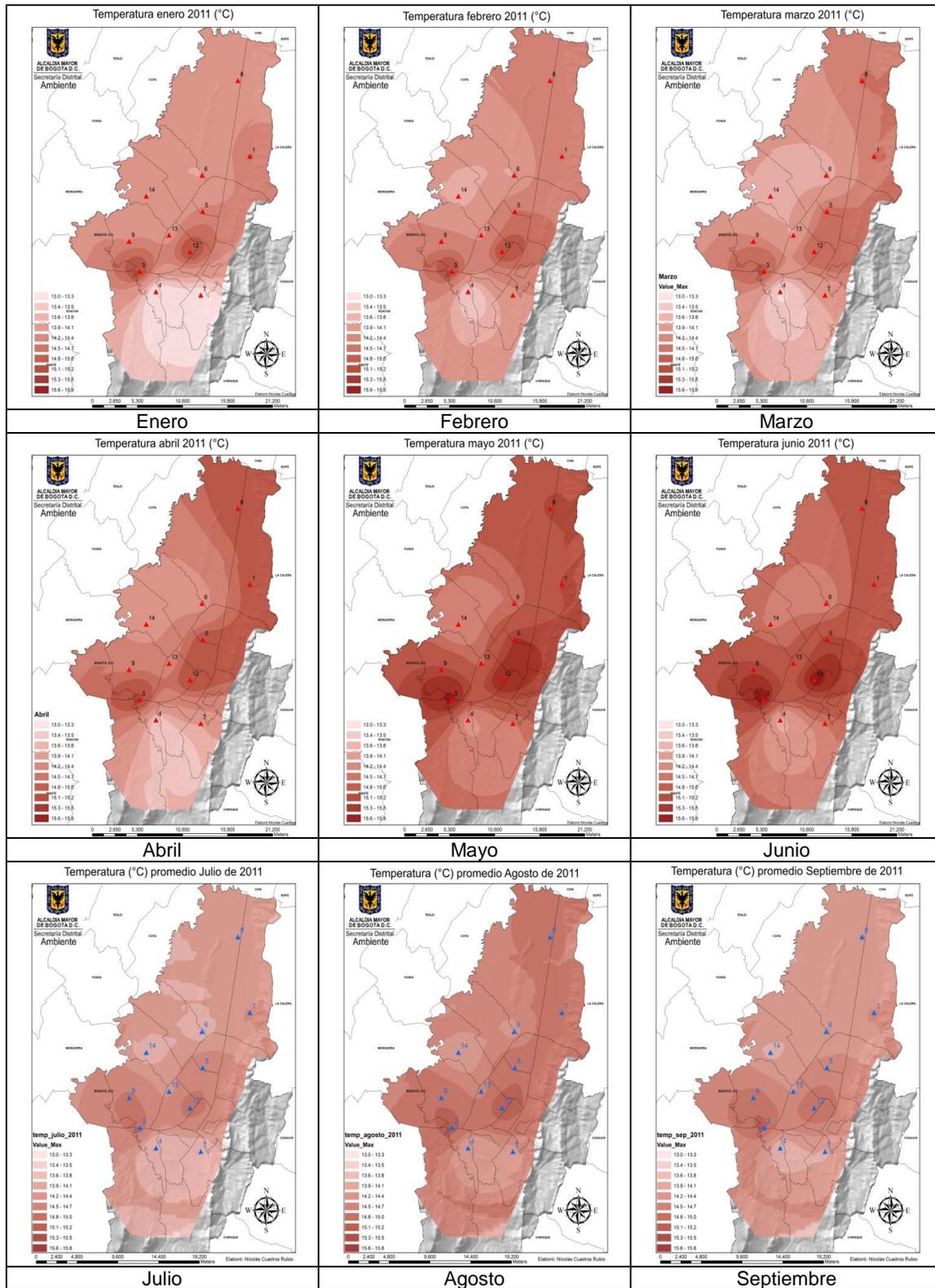
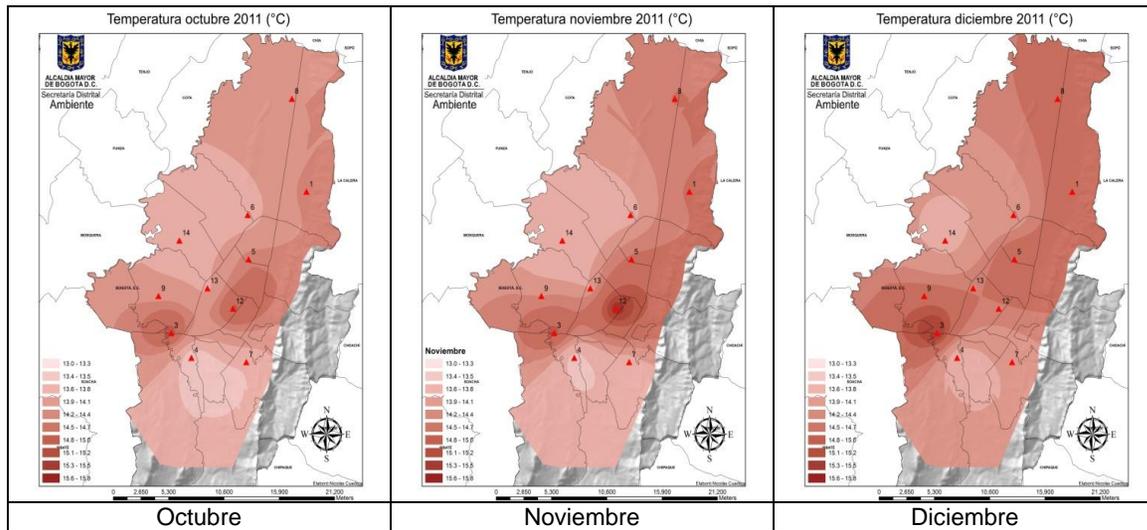


Figura 102. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB para el tercer trimestre de 2011.





**Figura 103.** Temperatura promedio mensual en 2011.

De igual manera se presentan los mapas de temperatura máxima y mínima promedio de 2011 de las estaciones de la RMCAB. La Figura 104 muestra estas temperaturas las cuales se registran en horas de la tarde y en horas de la madrugada respectivamente y su seguimiento permite detectar zonas con susceptibilidad de heladas y/o alto consumo de energía, entre otros.

La Figura 104 muestra que los valores mas altos de temperaturas para máximas se observaron en el sector central y norte de la ciudad. El sector de Usaquén presentó las mayores temperaturas máximas relativas con cerca de 20C coincidente con las temperaturas mínimas en donde tuvieron su valor mas bajo al extremo norte de la ciudad.

La Figura 105 muestra la gráfica del delta de temperaturas entre 2 y 20 m en escala horaria para cada uno de los meses de los primeros tres trimestres de 2011, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la magnitud de la temperatura promedio de la hora en °C. Se observa que en el mes de abril y en el mes de septiembre las diferencias de temperaturas de menor valor se prolongaron incluso hasta las 10 de la mañana en promedio y a partir de las cuatro generaron estos valores, diferencias que corresponden a inversiones térmicas

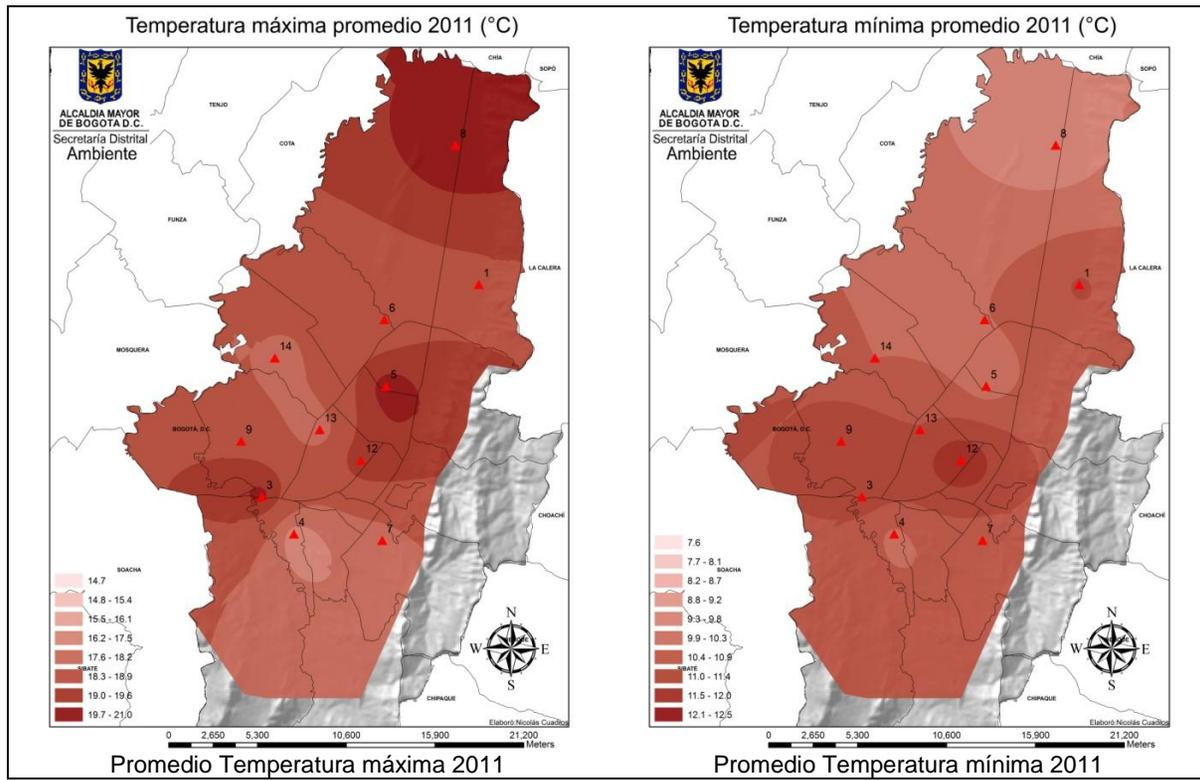


Figura 104. Temperatura máxima y mínima de las estaciones de la RMCAB.

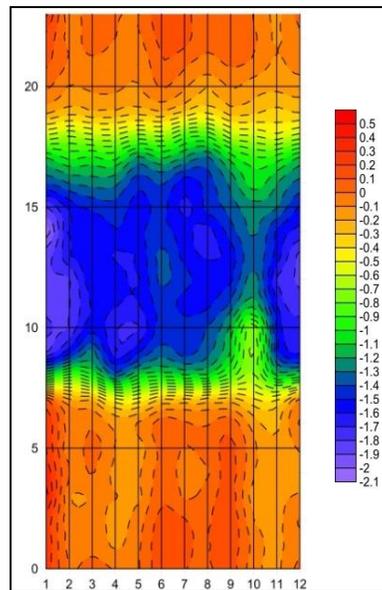


Figura 105. Delta de temperatura entre 2 y 20 m en la estación de Guaymaral para los tres primeros trimestres de 2011

### 3.3. 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 radiación<sup>14</sup>:

**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.

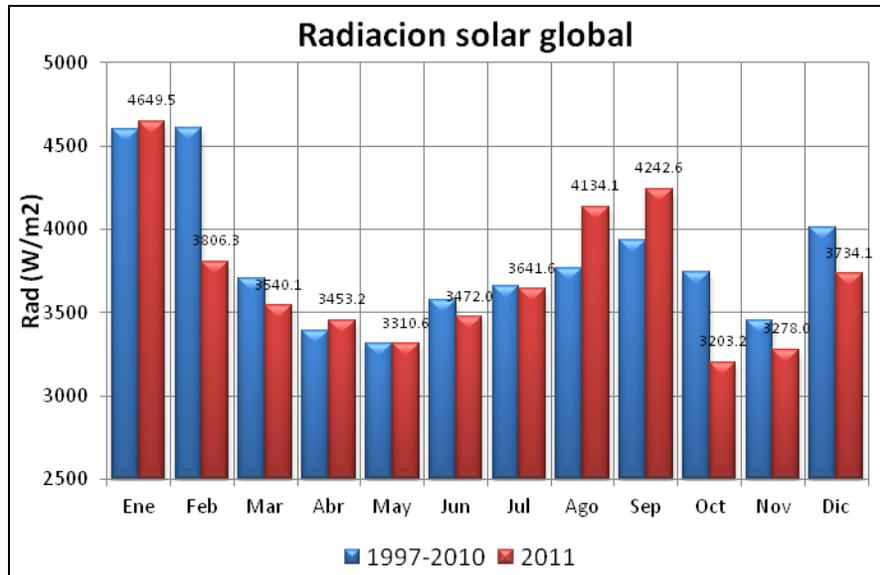
- a. **Radiación difusa.** Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, 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.
- b. **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.
- c. **Radiación global:** es la suma de las tres radiaciones.

El comportamiento de la radiación solar global se puede apreciar en la Figura 106, la cual muestra los valores promedio de 1997-2010 de radiación mensual para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (Tabla 41) y su comparación con el promedio de radiación global en cada uno de los meses del primer semestre de 2011. Las condiciones que actúan de manera general en la radiación global dependen de:

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

<sup>14</sup> Definiciones [http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación\\_solar](http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar)

Se observa en la Figura 106 que la radiación en los meses de 2011 fue principalmente menor en su acumulado con respecto al periodo histórico de referencia, a excepción del mes de enero donde se presentó un 1,1% más de radiación solar. Así mismo agosto y septiembre superaron los promedios históricos, con un acumulado de 4134 y 4242 W/m. La Tabla 53 muestra la variación porcentual de la radiación con respecto al periodo histórico.

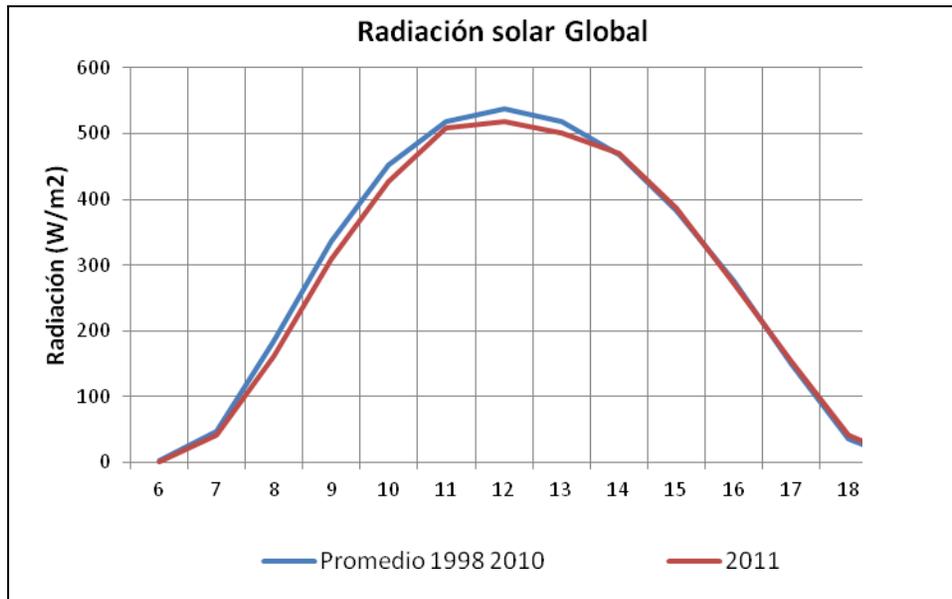


**Figura 106.** Gráfica de la radiación solar global mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2006 – 2010 y su comparación hasta agosto de 2011.

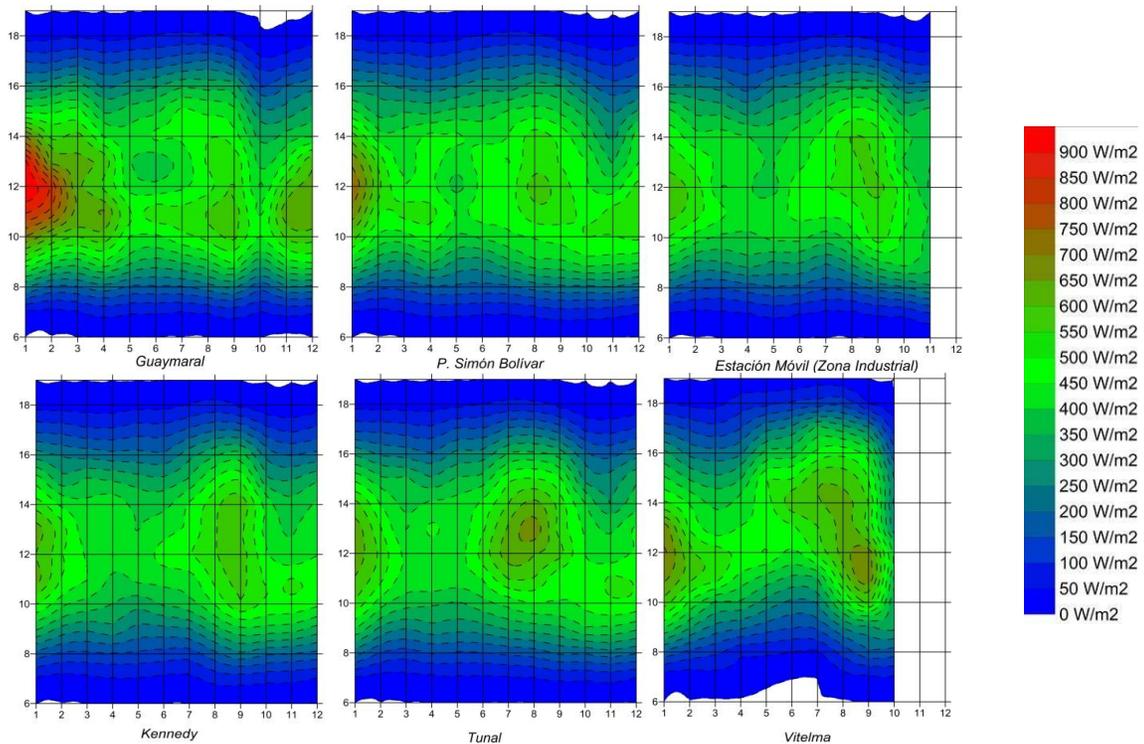
**Tabla 53.** Variación Porcentual de la radiación solar global mensual promedio de Bogotá en 2011.

Mes	Porcentaje
Enero	1.1%
Febrero	-17.4%
Marzo	-4.5%
Abril	1.9%
Mayo	-0.1%
Junio	-2.9%
Julio	-0,4%
Agosto	9,8%
Septiembre	7,9%
Octubre	-14.4%
Noviembre	-5.0%
Diciembre	-6.8%

La Figura 107 muestra el comportamiento entre la radiación solar global horaria en 2011 y el promedio en el periodo 1997-2010. El comportamiento estuvo bastante cercano a los valores esperados donde las diferencias más significativas se presentaron en horas de la mañana y medio día.



**Figura 107.** Gráfica de la radiación solar global horaria de las estaciones de la RMCAB en el 2011 y el promedio 2002 – 2010.



**Figura 108.** Gráfica de la radiación solar global para cada hora en el año 2011 de las estaciones de la RMCAB para el año 2011.

Las radiaciones globales registradas por cada una de las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (Tabla 41) mostraron un comportamiento similar. Esto se observa en

la Figura 108, la cual se muestran en escala horaria para cada uno de los meses de 2011, de tal manera que el eje de las abscisas corresponde a los meses, las ordenadas a las horas y la escala de colores representa la magnitud de la radiación. Se puede observar que la radiación solar global disminuyó con lo corrido del año presentando su menor magnitud el mes de mayo, en Septiembre y a final de año se presentó un leve incremento en la mayoría de estaciones.

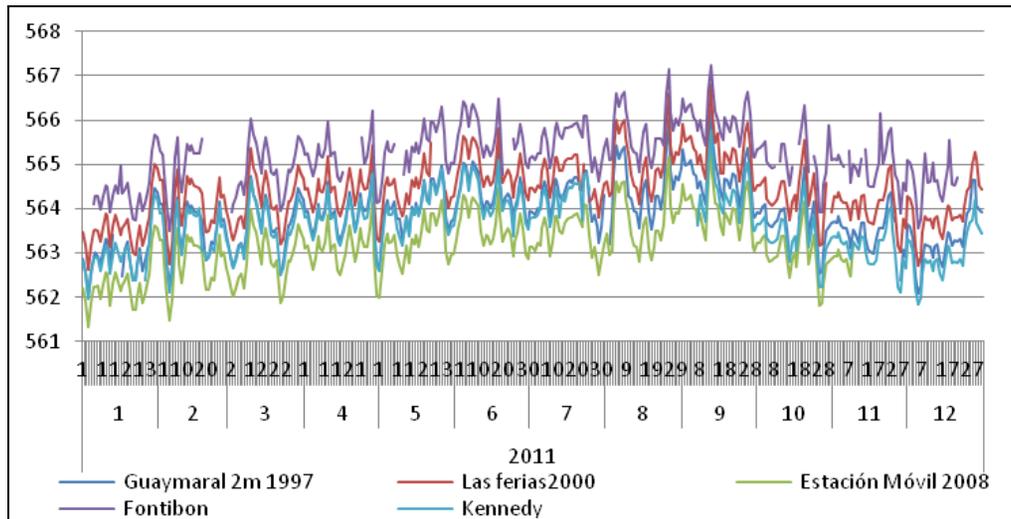
#### 4.4. PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud a razón, en las capas atmosféricas más bajas, de un (1) mm Hg cada 10 metros (ó un (1) mb ó hPa cada ocho (8) metros).

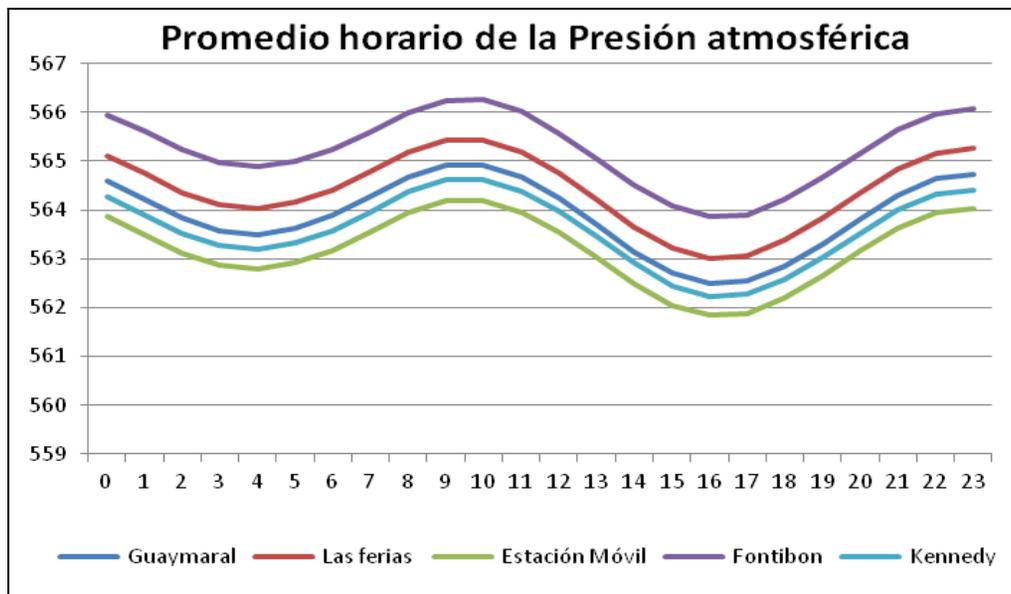
Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas. Debido a la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental que varía significativamente en latitudes medias y altas. En los trópicos la variación es menos notoria, dependiendo más de la altitud.

Los datos de presión atmosférica se registraron en las estaciones meteorológicas mostradas en la Tabla 41. La ciudad de Bogotá está situada en la sabana del mismo nombre, sobre el altiplano cundiboyacense (Cordillera Oriental de los Andes) y presenta mayor altitud en su parte oriental junto a los cerros, cuyo clima está influenciado por la convección producto del ascenso forzado de masas de aire, entre otros. Aunque el tiempo actúa de manera considerable en los valores de presión, en general se observan variaciones entre las estaciones debidas a la diferencia que hay entre la altitud y el fenómeno de marea barométrica que produce dos crestas y dos valles en el comportamiento diario.

La Figura 109 presenta la serie de tiempo para 2011 en donde se observa una ligera tendencia al aumento a mediados del año. Así mismo, las estaciones presentaron un comportamiento regular según su ubicación, tal como se observa en la Figura 110 .

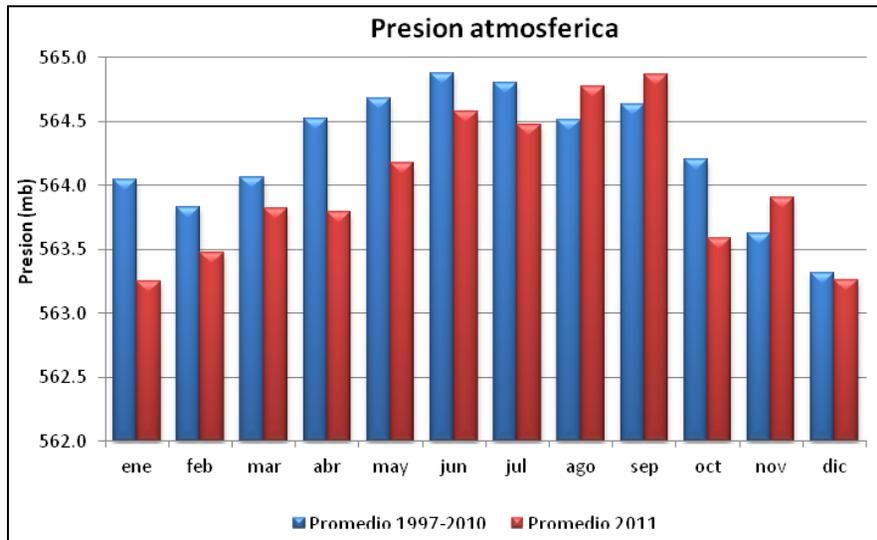


**Figura 109.** Serie de presión de las estaciones de la RMCAB en 2011.

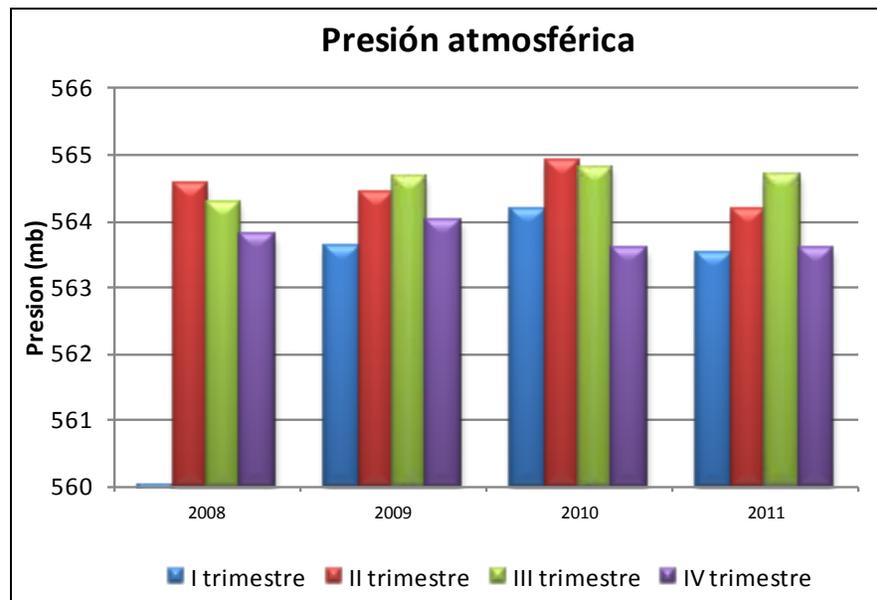


**Figura 110.** Gráfica de la Presión barométrica para cada hora en las estaciones de la RMCAB para el año 2011.

La Figura 111 muestra la presión atmosférica discriminada mensualmente, se observa la monomodalidad característica para la ciudad de Bogotá y que en general para el año 2011 la presión estuvo por debajo del promedio histórico salvo los meses de agosto, septiembre y noviembre. El trimestre de mayor presión en el año correspondió al tercero, como se observa en la Figura 112.



**Figura 111.** Presión atmosférica mensual de las estaciones de la RMCAB.



**Figura 112.** Comparación de la presión en los trimestres desde 2008.

## 4.5. HUMEDAD RELATIVA

La humedad de una masa de aire no depende de la cantidad de agua por metro cúbico que contenga, eso es la humedad absoluta y obedece a la evaporación, sino de la capacidad del aire para absorber agua. Esta capacidad depende de la temperatura del aire, puesto que esta absorción de agua necesita energía calorífica. A esta capacidad se le llama humedad relativa y se mide en tantos por ciento. La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta

que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

La humedad relativa fue monitoreada por las estaciones meteorológicas como se describió en la Tabla 41. En la Figura 113 se aprecia la serie temporal de las estaciones activas de la RMCAB en los tres primeros trimestres de 2011. La Figura 114 muestra que la humedad relativa en el año 2011 estuvo levemente por debajo del promedio 1997-2010.

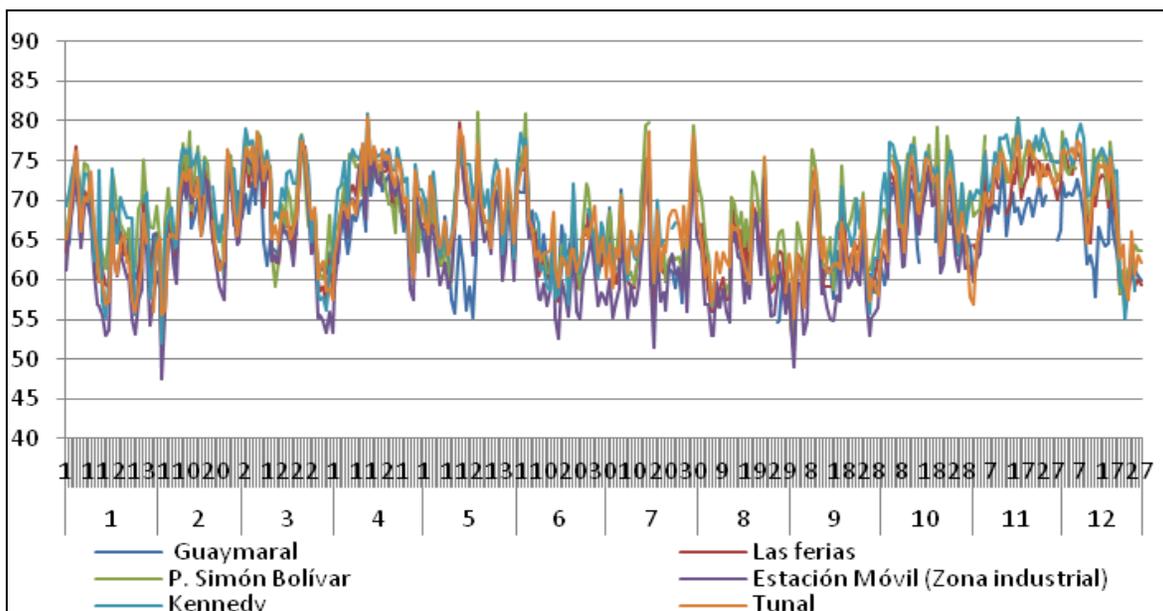


Figura 113. Serie de humedad relativa para las estaciones de la RMCAB - 2011.

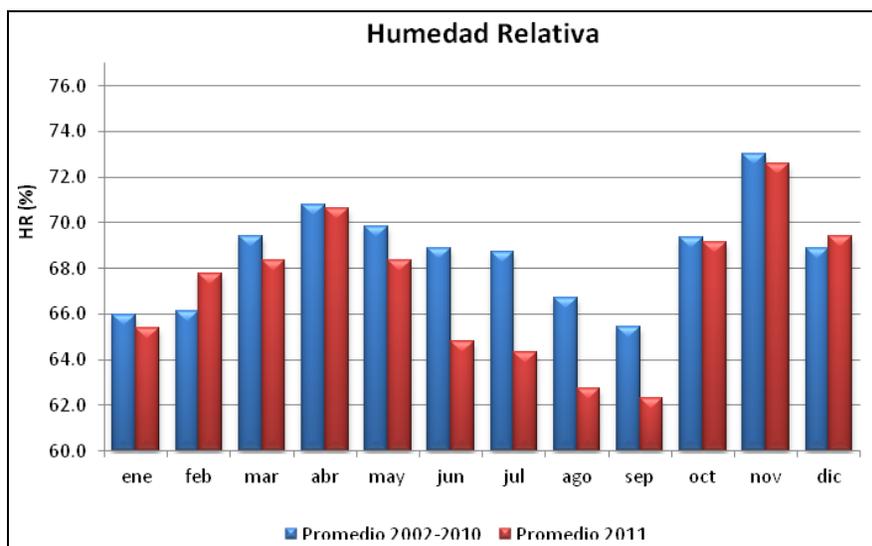
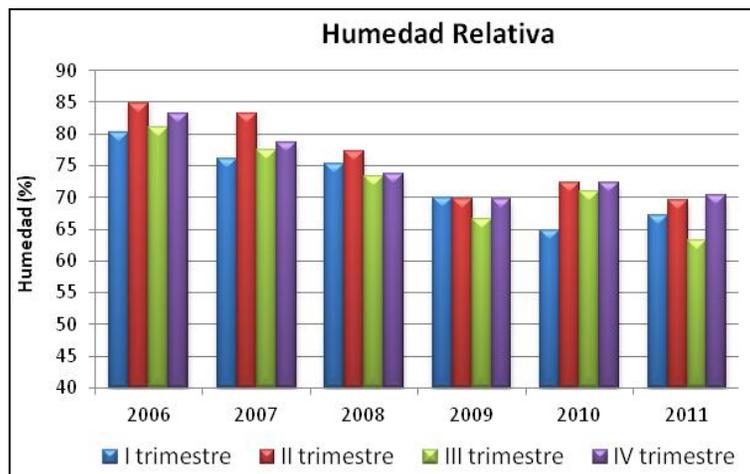


Figura 114. Humedad relativa mensual media del periodo 1997 – 2009 y su comparación con 2011.

La disminución de humedad relativa el año 2011 con respecto al promedio en el periodo 2002-2010 se observa en la Figura 114, donde se nota que solamente el mes de febrero y diciembre no estuvieron por debajo de los promedios y que septiembre se manifestó como el mes menos húmedo del año. La Tabla 54 presenta el porcentaje de variación de cada uno de los meses del año. En los últimos años se observa un decrecimiento de la humedad en la ciudad, tal como se observa en la Figura 115. Considerando que la media de humedad relativa de Bogotá es del 72% (IDEAM), se concluye que el Año 2011 del año estuvo del orden de 6 puntos por debajo del promedio.

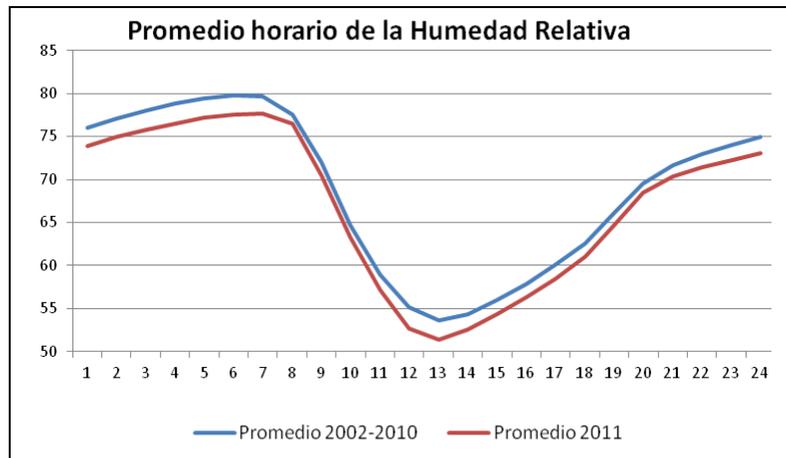
**Tabla 54.** Porcentaje de variación de la humedad relativa con respecto a los promedios de los meses históricos

Mes	Porcentaje
Enero	-1%
Febrero	2%
Marzo	-2%
Abril	0%
Mayo	-2%
Junio	-6%
Julio	-6%
Agosto	-6%
Septiembre	-5%
Octubre	0%
Noviembre	-1%
Diciembre	1%



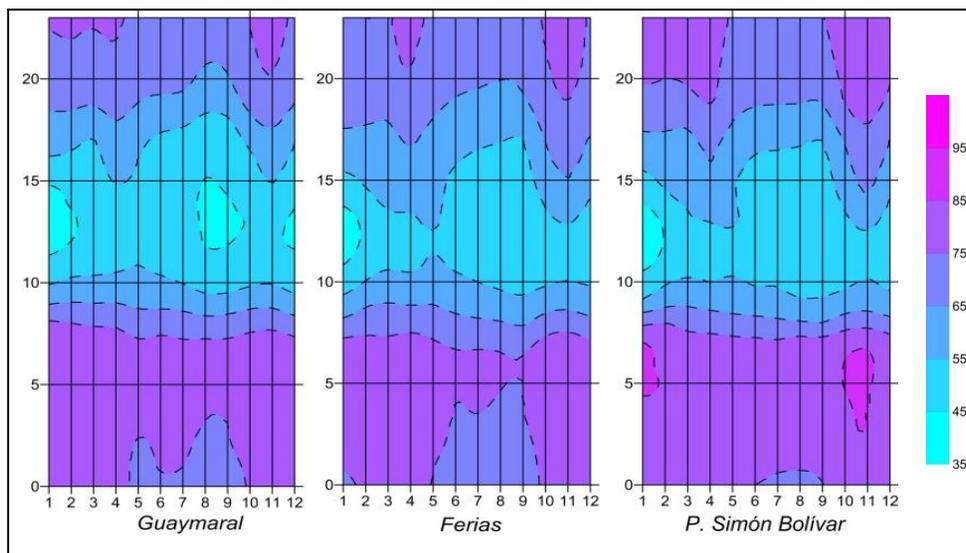
**Figura 115.** Humedad relativa trimestral en el periodo 2006-2011.

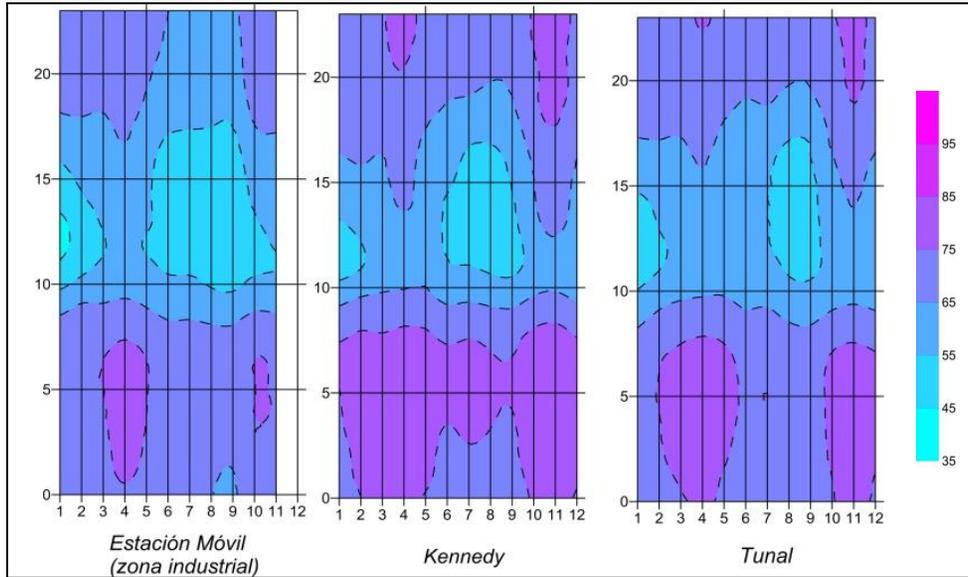
El comportamiento horario de la humedad relativa varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la temperatura entre otros, evidenciándose los datos máximos en horas de la madrugada cuando se observa la mayor estabilidad atmosférica y los valores mínimos en horas de la tarde, cuando la temperatura es máxima. Esto se observa en la Figura 116, en donde se nota que el comportamiento de la humedad horaria no fue significativamente distinta al promedio histórico aunque siempre se mantuvo por debajo de los registros históricos.



**Figura 116.** Promedio horario de la humedad en el periodo 1997-2010 y su comparación con el año 2011.

La Figura 117 muestra gráficas de la humedad relativa en escala horaria para cada uno de los meses del año 2011, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, el eje de las ordenadas las horas y la escala de colores representan la magnitud de la humedad. Se observa un período de disminución de la humedad entre las 7 y las 18 horas, luego aumentan hasta alcanzar la humedad similar a la registrada en las primeras horas del día. La diferencia entre la humedad es mayor en horas de la madrugada y se disminuye en horas de la tarde. La estación de Guaymaral por su ubicación en una zona rural presenta los porcentajes mayores de humedad seguido de la estación de Parque Simón Bolívar, la estación que presentó menor humedad fue la estación Móvil en la zona Industrial.





**Figura 117.** Gráfica de la humedad relativa para cada hora en 2011.

## GLOSARIO

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

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

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

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

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

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

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

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

**Barómetro:** Instrumento para medir la presión atmosférica.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Datalogger:** Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

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

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

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

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

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

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

24.466 = Volumen de una kmol en  $\text{m}^3/\text{kmol}$  a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

G = Promedio geométrico

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

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

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

**Rango crítico:** Véase Rango de tolerancia

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

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

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

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

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

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

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

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

**Unidades:** Las unidades más utilizadas son:

Nm<sup>3</sup>/h: Metros cúbicos por hora en condiciones Normales.

mg / Nm<sup>3</sup>: Miligramos por metro cúbico en condiciones Normales.

mg/m<sup>3</sup>: Miligramos por metro cúbico.

µg/m<sup>3</sup>: 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 Usme y Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> La estación Usme se encuentra fuera de servicio por hurto en la estación

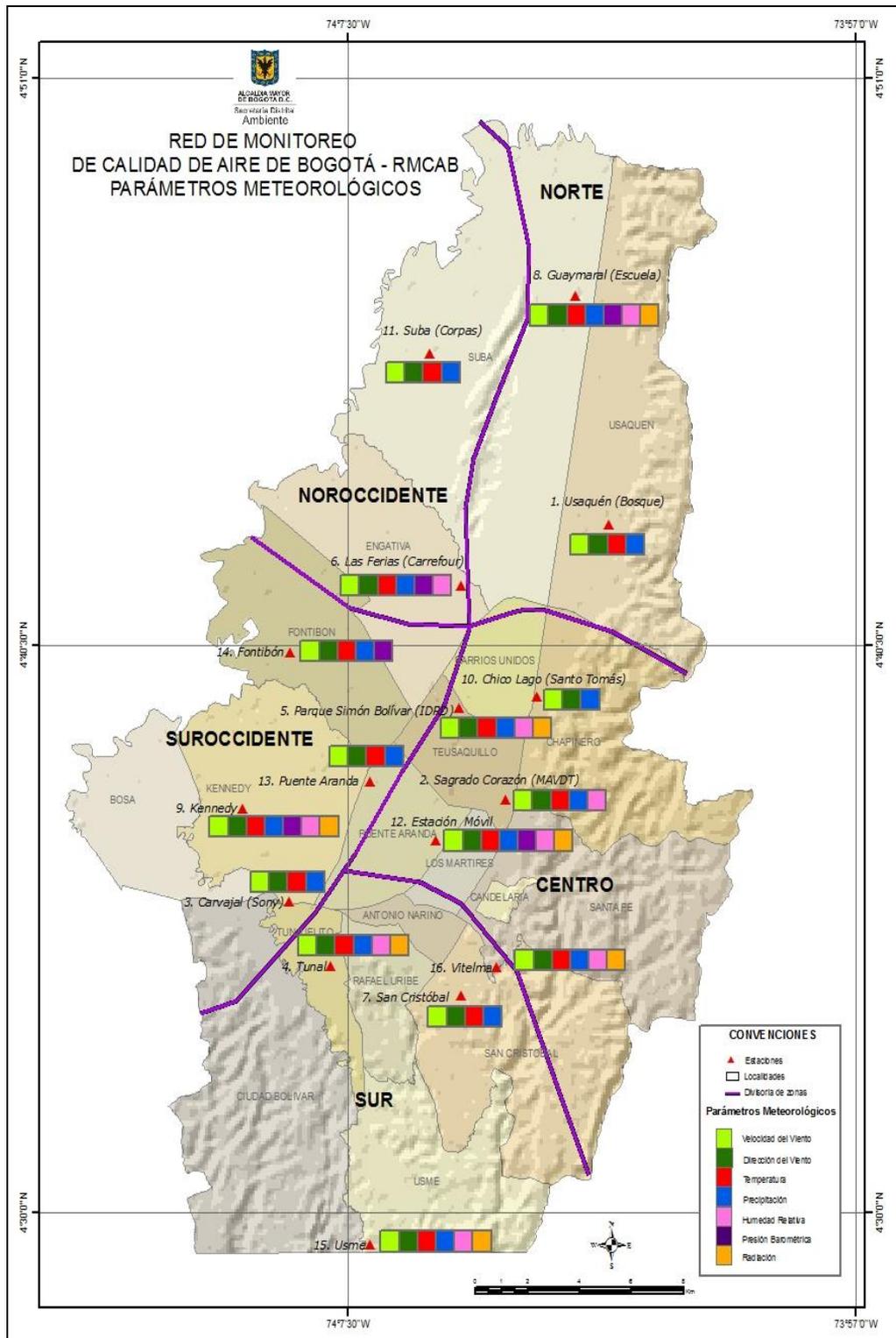


Figura 118. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

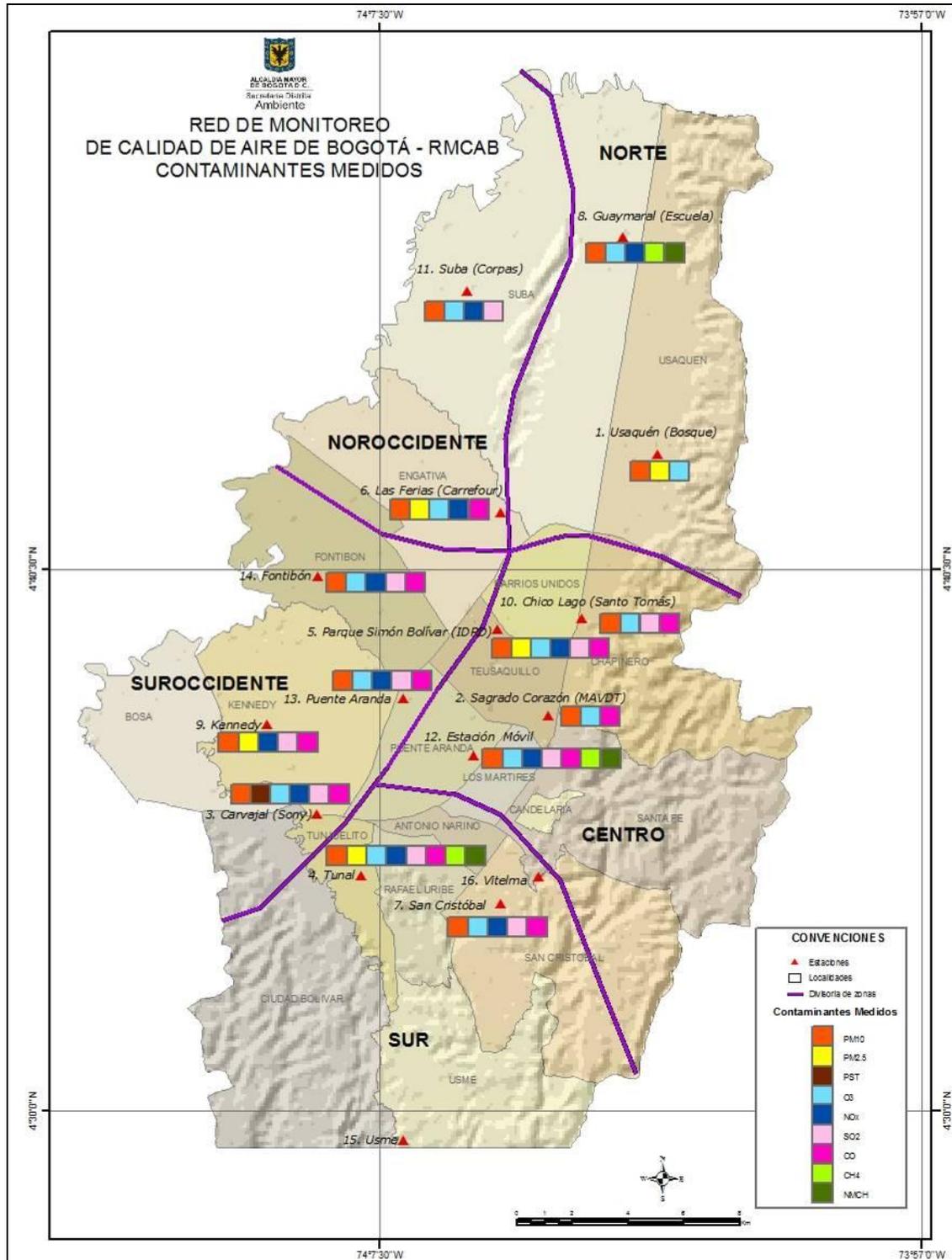


Figura 119. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

## ANEXO 2. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

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

Tabla 55. Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS PM <sub>10</sub>	Anual	50	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	100	µg/m <sup>3</sup>	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m <sup>3</sup>	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m <sup>3</sup>	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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 <sub>3</sub>	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM <sub>2.5</sub>	Anual	25	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	50	µg/m <sup>3</sup>	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

## ANEXO 3. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 56. 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 57. 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