

El informe de *Calidad del Aire* para el año 2000 que se presenta en este documento contiene un análisis de los registros obtenidos en la operación de la Red de monitoreo durante el trienio 1998-2000.

El análisis de los datos se efectuó teniendo en cuenta su naturaleza. Por ejemplo, desde el punto de vista meteorológico se elaboró una caracterización del comportamiento de los factores que inciden de una manera determinante en la dispersión y el transporte de los contaminantes como la velocidad y dirección del viento, la precipitación pluviométrica, la radiación solar y la estabilidad atmosférica. Los registros de las concentraciones de contaminantes se analizaron con base en parámetros estadísticos que incluyeron el cálculo de la distribución de frecuencias (percentiles del 25, 50, 75, 95 y 99%), los valores máximos, los promedios y la desviación estándar.

También se trabajó en la búsqueda de las posibles correlaciones entre el comportamiento de los dos grupos de parámetros citados, esto es, los factores meteorológicos y los niveles de calidad del aire detectados. Así mismo se incluye un análisis de los datos obtenidos en el cálculo del Índice Bogotano de Calidad del Aire - IBOCA.

El informe contiene siete secciones y 4 anexos. La sección 1 es la introducción; en la sección 2 se presentan las normas de calidad del aire que se adoptaron como nivel de referencia para evaluar las concentraciones de los contaminantes que se miden en la Red. Posteriormente, la sección 3 contiene una descripción de las características de la configuración de la Red y el mapa de localización geográfica de las estaciones de monitoreo; y la sección 4 presenta el análisis del comportamiento meteorológico observado para la ciudad; en la sección 5 se incluye el análisis de los niveles de calidad del aire en la ciudad y el análisis del IBOCA. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones y en la séptima, la bibliografía utilizada.

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, son las siguientes:

TABLA 2.1 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD	FUENTE	COMENTARIOS
PARTÍCULAS, PM-10	Anual	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS, PM-2.5	Anual	15	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	65	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE, SO_2	Anual	38	ppb	Dec.02. 82	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	153	ppb	Dec.02.82	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	574	ppb	Dec.02.82	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO, NO_2	Anual	53	ppb	Dec.02.82	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	1 hora	107	ppb	WHO	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO, CO	8 horas	12	ppm	Dec.02.82	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	40	ppm	Dec.02.82	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS, O_3	1 hora	87	ppb	Dec.02.82	Concentración promedio horaria
	8 horas	61	ppb	WHO	Concentración promedio en 8 horas

EPA: Environmental Protection Agency, USA.

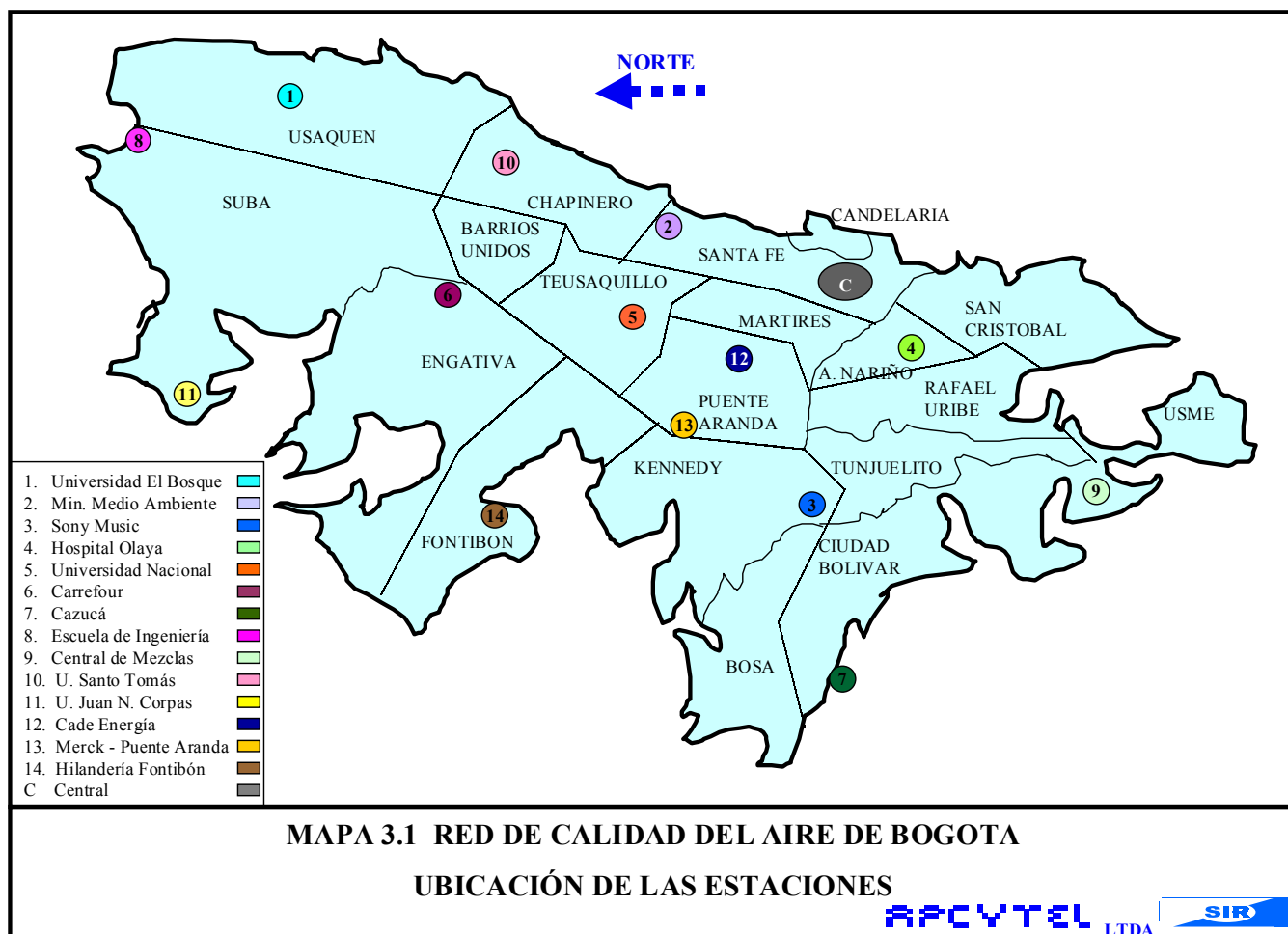
Dec.02-82: Normas de Colombia sobre emisiones atmosféricas

WHO: World Health Organization

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramos de contaminante por metro cúbico de aire, ppb: partes por billón, ppm: partes por millón.

La Red de Calidad del Aire de Bogotá, es un sistema de Monitoreo Ambiental en tiempo real con transmisión de datos vía telefónica. Para el período de análisis que nos ocupa, la Red estaba constituida por una estación central de recepción de datos y catorce (14) estaciones remotas, de las cuales dos eran únicamente meteorológicas. En la Estación Central de la Red se evalúa la calidad de la información, se depura, se procesa y 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 los puntos críticos, tanto desde el punto de vista geográficos, es decir, las áreas o sectores que requieren atención prioritaria, como en relación con los contaminantes que alcanzan concentraciones de interés.

A continuación se presenta el mapa de ubicación de las estaciones que conforman la Red de Monitoreo, las características de las zonas de influencia de las estaciones, así como la relación de Estaciones y Sensores instalados en cada una de las mismas.



**TABLA 3.1 CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS EN DONDE SE ENCUENTRAN
UBICADAS LAS ESTACIONES**

No.	ESTACION	ZONA
3 7 12 13	Sony Music Cazucá Cade Energía Merck	SUROCCIDENTE Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso Residencial
4	H. Olaya	SURORIENTE Alto tráfico vehicular, uso residencial y comercial.
2 5 10	MMA U. Nacional U. Santo Tomás	CENTRAL Alto tráfico vehicular, uso residencial, comercial e institucional
1 11	U. Bosque Corpas	NORTE Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular.
6 14	Carrefour – Calle 80 Hilandería – Fontibón	NOROCCIDENTE Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial

TABLA 3.2 ESTACIONES Y SENSORES DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE - DAMAIRE

ESTACION	No.1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No.14
CONTAMINANTE	U.BOSQUE	MMA	SONY	H. OLAYA	U. NACIONAL	CARREFOUR 40	CAZUCA	ESC.INGENIERIA	C.MEZCLAS	U.STO. TOMAS	U. CORPAS	CADE E.	MERCK	FONTIBON
LATITUD	04°42'44.3"	04°37'39.8"	04°35'55.5"	04°35'30.7"	04°38'38.3"	04°41'37.0"	04°35'51.7"	04°47'13.0"	04°33'24.7"	04°39'34.0"	04°45'55.4"	04°37'19.0"	04°38'04.8"	04°40'23.1"
LONGITUD	74°02'06.6"	74°04'14.1"	74°09'07.5"	74°05'19.9"	74°05'39.4"	74°05'09.5"	74°11'17.4"	74°02'52.0"	74°08'15.6"	74°03'35.0"	74°05'48.4"	74°06'05.2"	74°07'15.0"	74°08'42.2"
ALTITUD (metros)	2,574	2,597	2,541	2,600	2,556	2,563	2,546	2,575	2,555	2,600	2,569	2,570	2,581	2,576
LOCALIDAD	Usaquén	Santa fe	Kennedy	Antonio Nariño	Teusaquillo	Engativá	Ciudad Bolívar	Suba	Ciudad Bolívar	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Puente Aranda	Fontibón
DIRECCION	Trans. 9 #133-95	Calle 37 #6-40	Auto Sur #61-40	Canera 10*	Inst. Estudios	Calle 81 #68-50	Calle 14 #6-54	Autopista Norte	Autopista a Llano	Cra 9 #73-90	Clinica Corpas	Calle 13 #37-35	Cra 65 #10-95	Cra 95 #24-49
				Esquina Av. 1*	Ambientales		Entrada 1 Cazuca	Km. 13	Calle 71A-90 Sur		Av. Corpas Km 13			
PM 10	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X	X
CO		X	X	X			X				X		X	X
SO2	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
NOx	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
O3		X	X	X	X		X						X	X
CH4		X	X											
BENCENO		X		X										
TOLUENO		X		X										
FORMALDEHIDO		X		X										
PRECIPITACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIRECCION VIENT.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCIDAD VIENT.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TEMPERATURA						X					X		X	X
TEMP. 3 ALTURAS								X	X					
HUMEDAD RELAT.								X	X					
PRESION ATM.								X	X					
RADIACION								X	X					
ORTOGONAL VIENT.								X	X					

Información General de cada Estación

Sensores de Calidad del Aire, según método, así:

Absorción Espectrométrica Diferencial Óptica

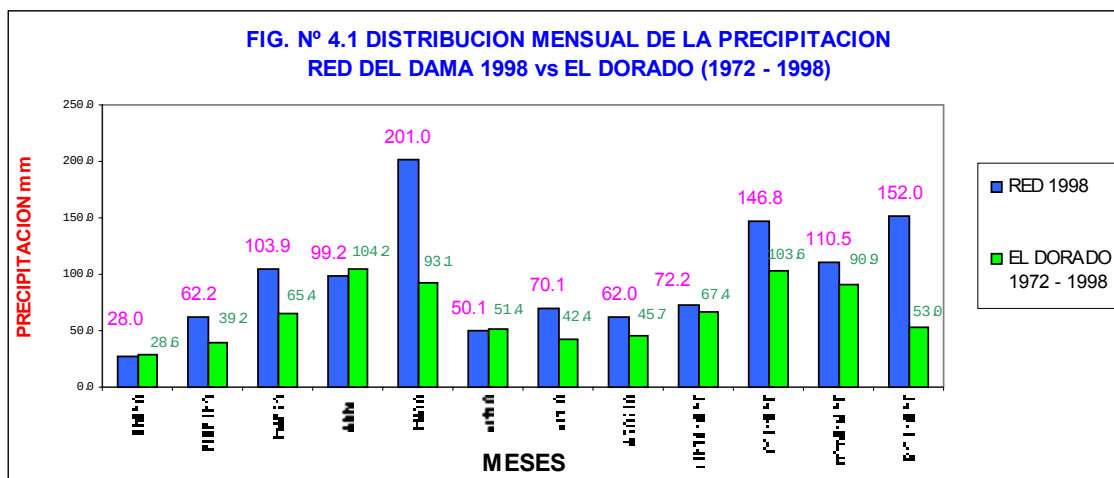
Muestreo Puntual Permanente

Sensores Meteorológicos

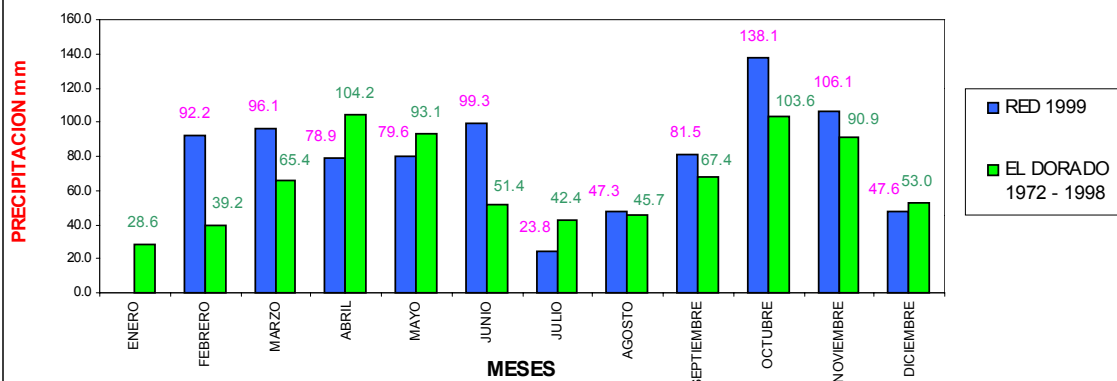
A continuación se presenta un breve análisis meteorológico realizado a partir de la información producida por las estaciones que conforman la red de calidad del aire de propiedad del Dama. La información analizada corresponde, en la mayoría de las estaciones, a los años 1998, 1999 y 2000. Como referencia para la precipitación se ha tomado la serie histórica (1972 – 1998) de la información producida en la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM. Las estaciones Merck y Fontibón fueron instaladas en noviembre de 1999 y la estación Engativá fue trasladada a los predios de Carrefour calle 80 en febrero de 2000.

PRECIPITACION: La distribución anual de la precipitación en la ciudad (Histórico), presenta un comportamiento Bimodal con máximos en los meses de abril y octubre y mínimos en enero y julio. Para el año 2000 la precipitación promedio de la red del DAMA presentó un comportamiento anormal (respecto al comportamiento climatológico de la estación Aeropuerto El Dorado), con máximos en los meses de febrero y mayo, escasas precipitaciones en abril y regular comportamiento en los meses de junio, julio y agosto; de todas maneras la distribución espacial de la precipitación no es uniforme en toda la ciudad, con valores mínimos hacia el sur y occidente aumentando hacia el norte y oriente. En el año 2000 se presentaron totales anuales desde 495.7 mm en la estación Cazucá (sur de la ciudad), hasta 1230.6 mm en la estación Universidad el Bosque (nor-oriente).

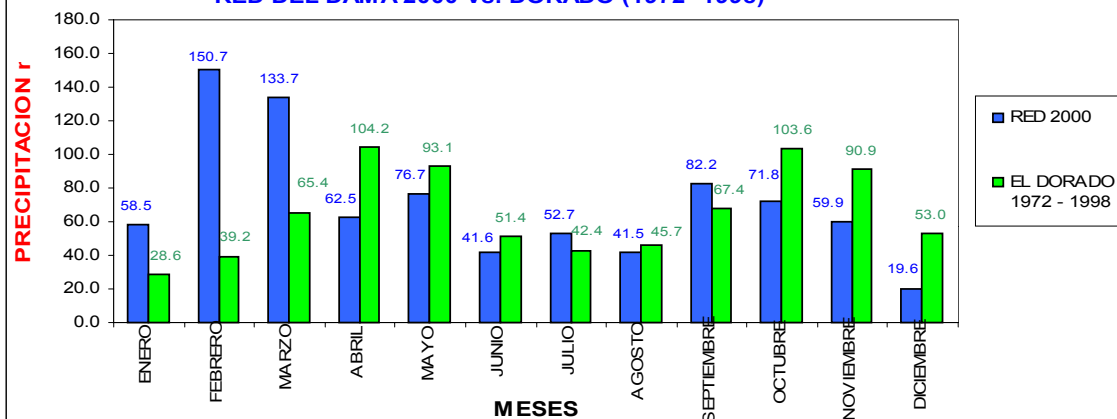
Las figuras N° 4.1 a 4.3 comparan el comportamiento de la precipitación promedio de la red del Dama con los promedios de la serie histórica de la estación Aeropuerto El Dorado para los años 1998, 1999 y 2000. En la gráfica N° 4.4 se presentan los totales anuales de la precipitación para el año 2000, de cada una de las estaciones de la red del DAMA. En el mapa N° 4.1 se presentan las isoyetas para el año 2000. Es importante señalar que según las autoridades meteorológicas, entre junio de 1997 y mayo de 1998, el territorio colombiano estuvo bajo la influencia del fenómeno cálido EL NIÑO y entre junio del 1998 y diciembre de 2000 bajo influencias del fenómeno LA NIÑA. Dada la variación de la distribución espacial de la precipitación en el área de la ciudad, es difícil identificar la influencia de estos fenómenos en el comportamiento de la misma.



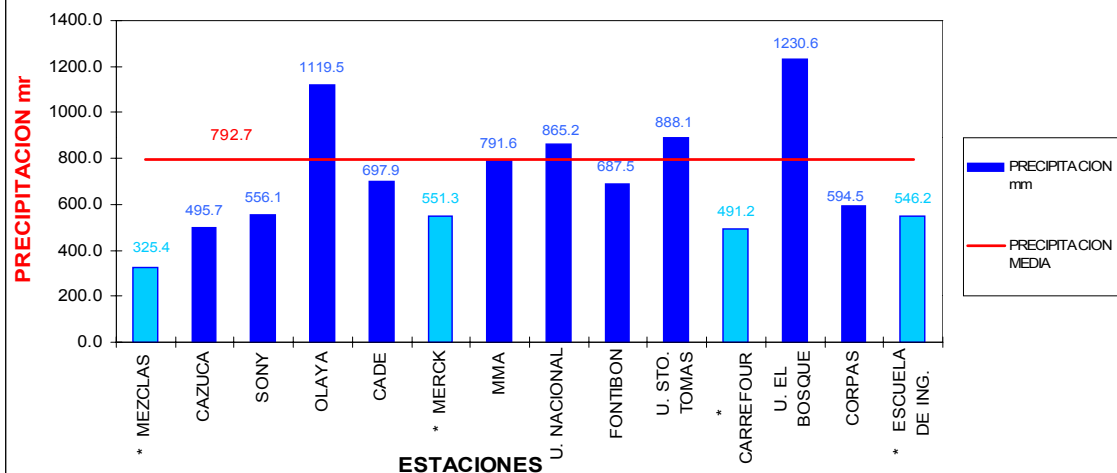
**FIG 4.2 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION
RED DEL DAMA 1999 Vs. DORADO (1972 -1998)**



**FIG 4.3 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION
RED DEL DAMA 2000 Vs. DORADO (1972 -1998)**

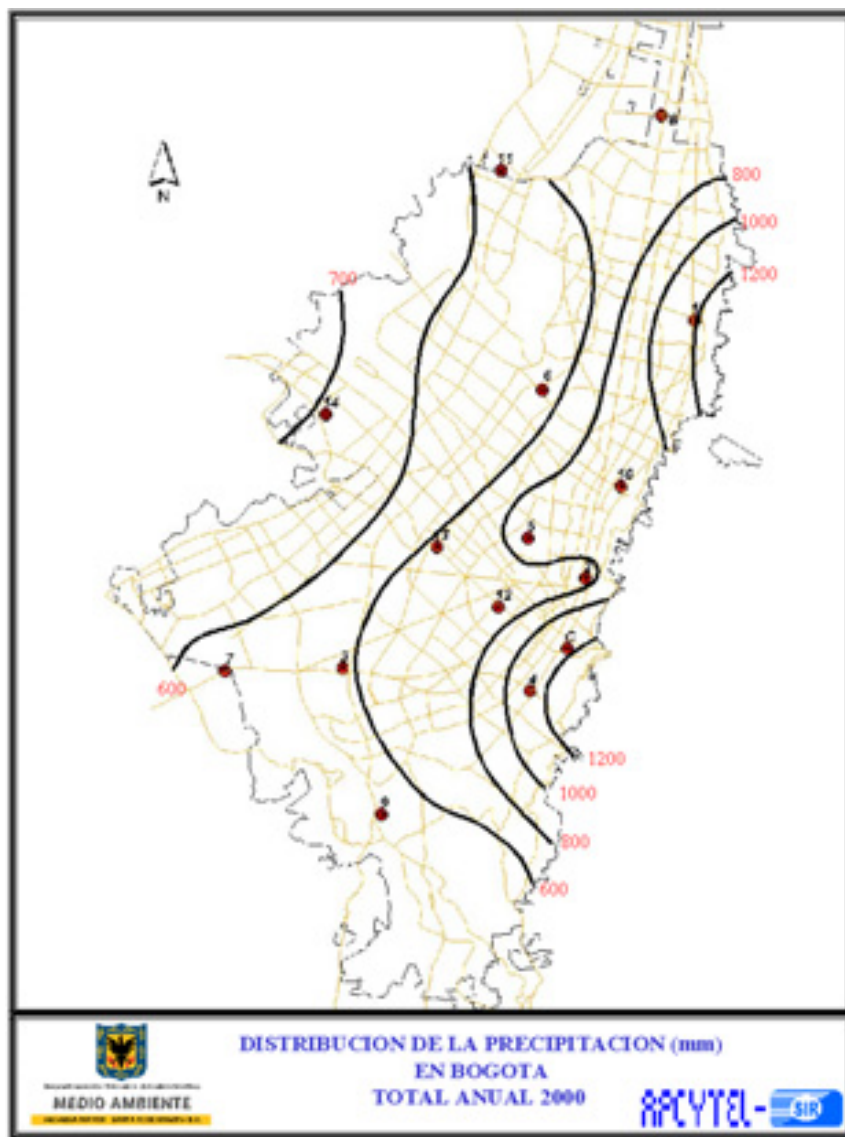


**FIG. 4.4 TOTALES ANUALES DE PRECIPITACION
AÑO 2000**

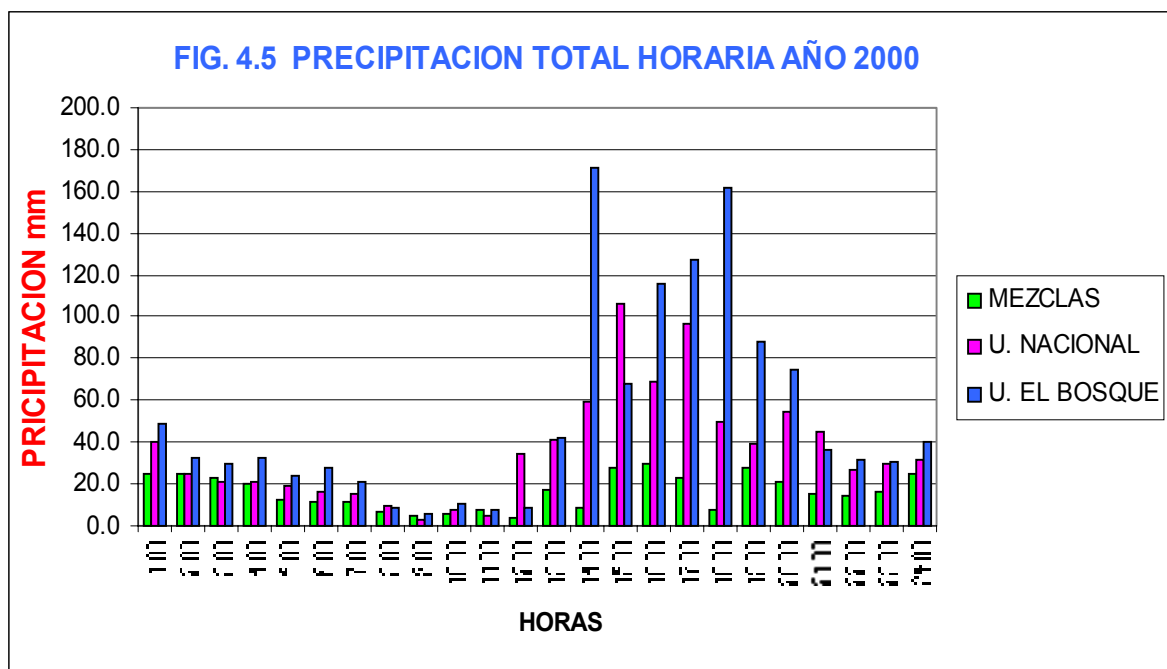


No se tienen en cuenta para la media anual por datos insuficientes

MAPA 4.1 ISOYETAS AÑO 2000



Las precipitaciones horarias sobre el área de la ciudad se presentan principalmente en las horas de la tarde y noche, con escasas precipitaciones en las horas de la mañana (7 – 12 horas), período en que generalmente se presentan las máximas concentraciones de los contaminantes, por esta razón no se efectuaron correlaciones horarias entre la precipitación y la concentración de los contaminantes. La figura N° 4.5 presenta el total de la precipitación horaria para el año 2000 de las estaciones Central de Mezclas (sur de la ciudad), Universidad Nacional (centro) y Universidad del Bosque (norte), este comportamiento es similar en todas las estaciones.



VIENTOS EN SUPERFICIE: Las figuras N° 4.6 a 4.8 presentan las rosas de los vientos de cada una de las estaciones que conforman la red del DAMA para el año 2000. En ella se puede observar que en las estaciones localizadas en el centro y norte de la ciudad la componente predominante de la velocidad del viento fue del este (Universidad del Bosque, Ministerio del Medio Ambiente, Carrefour – Calle 80, Universidad Nacional, Escuela Ingeniería, Corpas), en las estaciones localizadas en el occidente (Merck y Fontibón) la componente predominante fue del oeste y en las estaciones localizadas en el sur (Olaya, Sony, Cazucá y Mezclas), la componente predominante fue del sur. El mapa N° 4.2 muestra la circulación predominante del viento en el año 2000. En las estaciones Ministerio del Medio Ambiente y Universidad Nacional (centro de la ciudad), se presentaron el mayor número de calmas (velocidades inferiores a 0.5 m/s), con 68 y 63% de las observaciones respectivamente. El menor número de calmas se registraron en las estaciones Cazucá, sur de la ciudad y Fontibón en el occidente de la ciudad, con 13 y 6% de las observaciones respectivamente. Durante los meses de junio, julio y agosto se registraron las velocidades promedios más altas y en diciembre, enero y febrero las más bajas.

En general la velocidad del viento se puede considerar como débil, con máximos en las horas del medio día y mínimos en las primeras horas del día; en la figura N° 4.9 está representada la variación diurna de la velocidad del viento en las estaciones Central de Mezclas (sur de la ciudad) y Universidad del Bosque (norte de la ciudad), este comportamiento es similar en todas las estaciones.

La tabla N° 4.1 presenta el número de veces que la velocidad del viento superó los 3 m/s (viento moderado) y en las tablas N° 4.2 y 4.3 se muestran los promedios mensuales, los máximos mensuales y anuales de la velocidad del viento para los años 1998, 1999 y 2000, en cada una de las estaciones de la red.

FIG. 4.6 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 1, 2, 3, 4, 5 Y 6

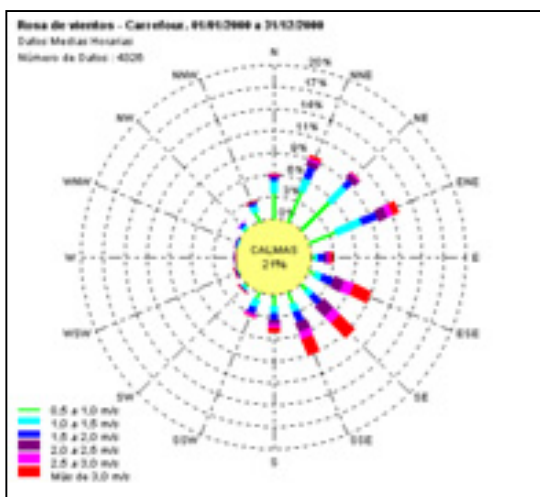
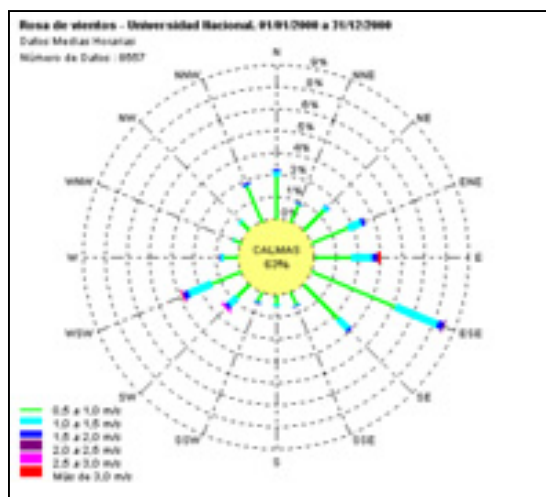
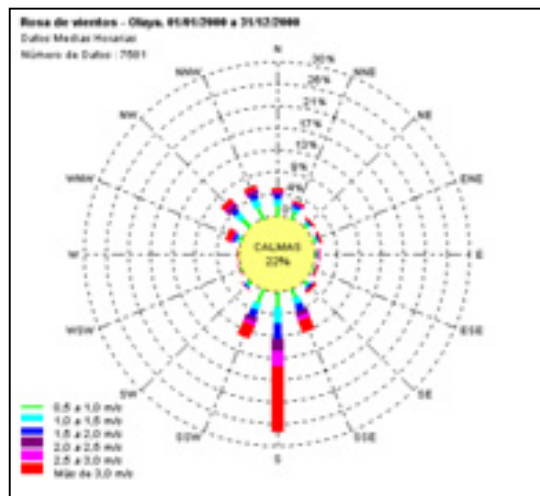
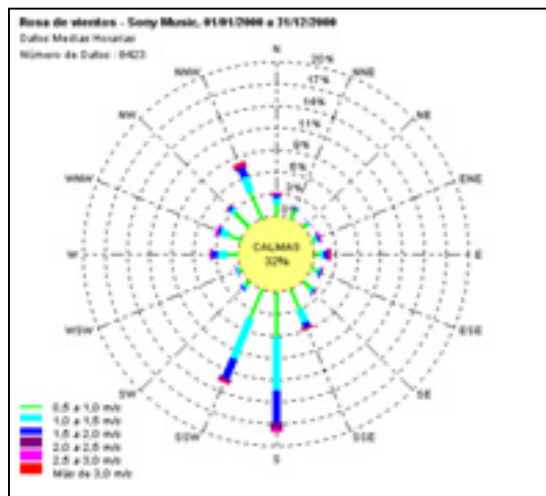
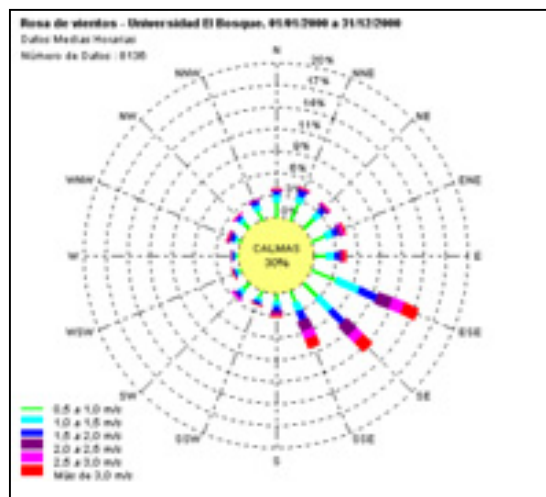


FIG. 4.7 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 7, 8, 9, 10, 11 Y 12

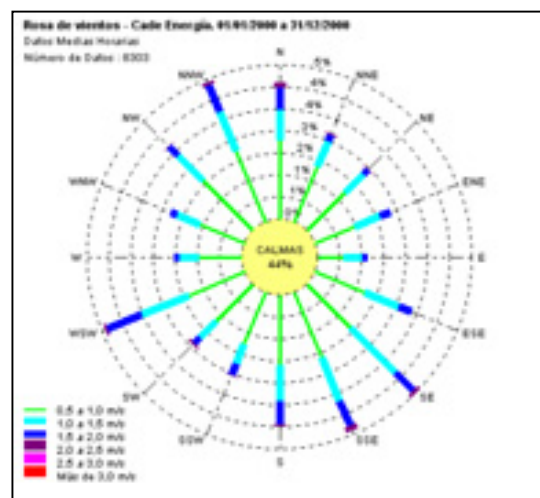
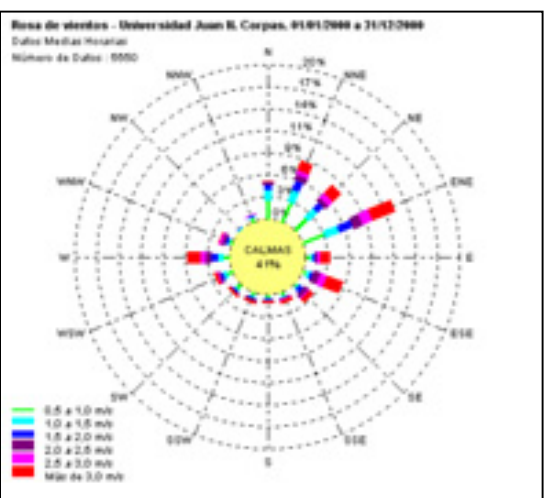
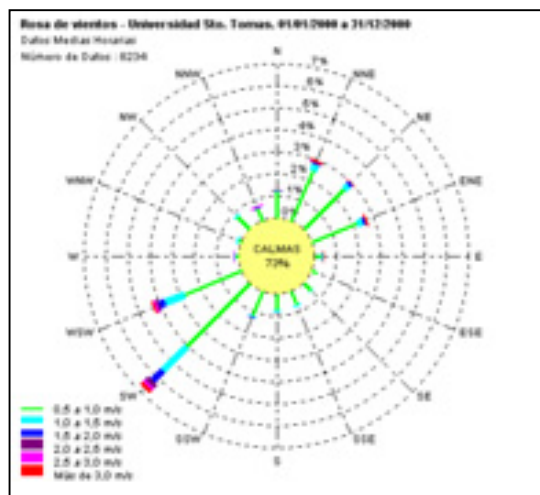
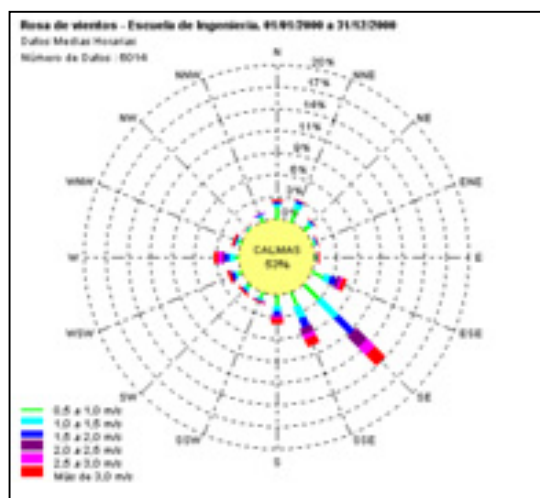
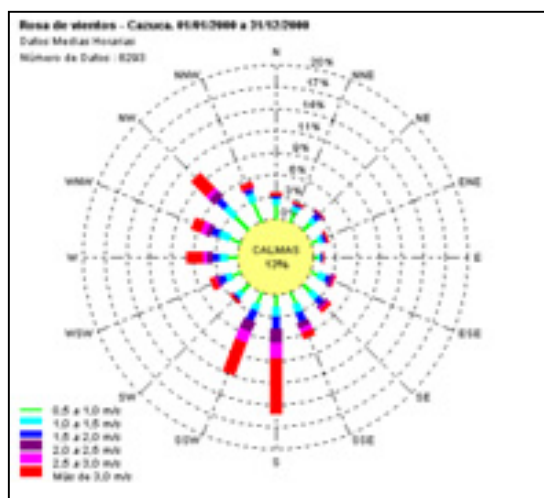


FIG. 4.8 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 13 Y 14

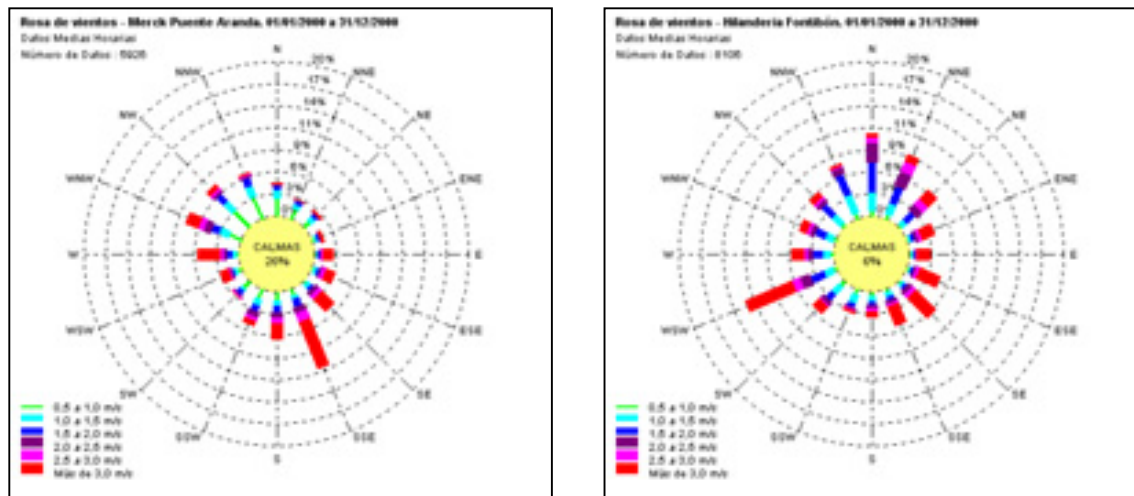


FIG 4.9 VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIOS HORARIOS
AÑO 2000

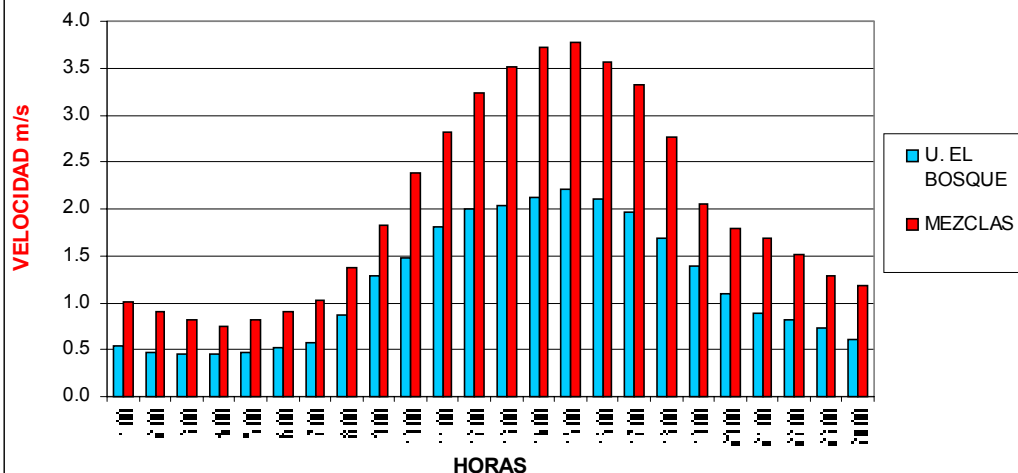


TABLA N° 4.1 NUMERO DE HORAS EN LAS QUE LA
VELOCIDAD DEL VIENTO > 3m/s

ESTACION	N°	N° DATOS	V > 3m/s	%
U. EL BOSQUE	1	8136	470	5.78
MMA	2	8021	3	0.04
SONY	3	8439	50	0.59
H. OLAYA	4	7637	1687	22.09
U. NACIONAL	5	8555	10	0.12
CARREFOUR CALLE 80	6	6959	1091	15.68
CAZUCA	7	8317	1780	21.40
ESC. ING.	8	6102	322	5.28
C. MEZCLAS	9	6944	2075	29.88
U. STO. TOMAS	10	8241	31	0.38
U. CORPAS	11	8097	1202	14.85
CADE CLL.13	12	8432	0	0.00
MERCK	13	6646	1529	23.01
H. FONTIBON	14	8118	2299	28.32

MAPA 4.2 CIRCULACION PREDOMINANTE DEL VIENTO

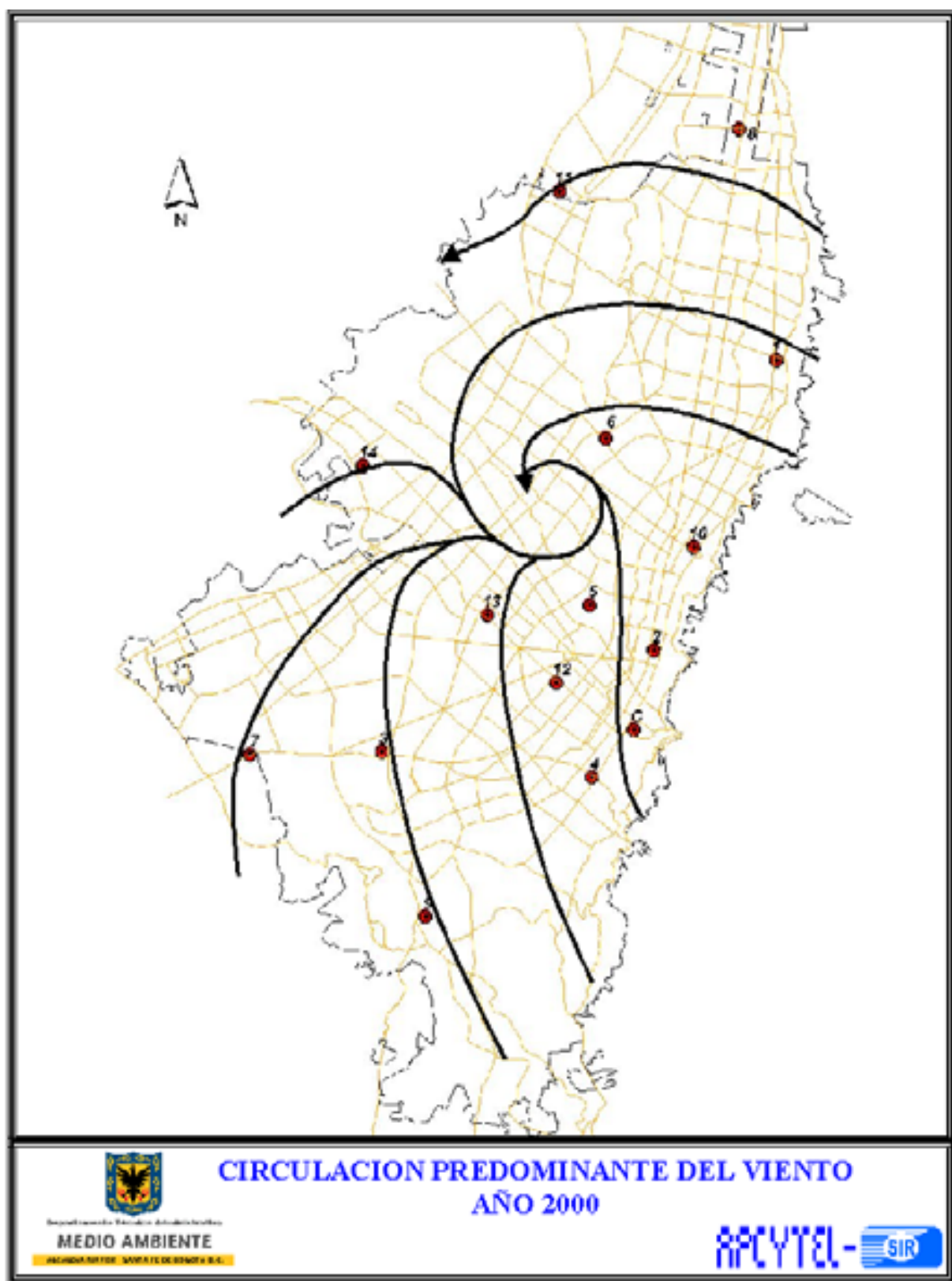


TABLA N° 4.2 VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
PROMEDIOS MENSUALES - MAXIMOS MENSUALES Y ANUALES
AÑOS 1998 - 1999 - 2000

														PROMEDIO	MAXIMO		
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL	ANUAL	FECHA	
J. EL BOSQUE	1998	PROM	1.6	1.4	1.4	1.0	1.1	1.4	1.3	1.6	1.2	0.9	1.0	0.9	1.2	6.7	10-Sep-98
		MAX	6.4	5.8	6.4	4.0	5.2	4.6	4.5	5.5	6.7	3.9	5.7	5.5			
	1999	PROM	-	1.3	1.3	1.5	1.4	1.0	1.7	1.9	1.2	1.1	0.9	1.0	1.3	7.7	18-Ago-99
		MAX	-	4.8	6.7	6.4	5.7	5.2	5.8	7.7	6.8	5.8	5.2	5.5			
	2000	PROM	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.5	1.3	1.5	1.2	1.2	1.0	-	1.2	6.2	27-Abr-00
		MAX	5.1	4.5	4.7	6.2	4.9	5.2	5.8	5.5	5.0	5.5	4.1	-			
MMA	1998	PROM	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	3.4	12-Jun-98
		MAX	2.8	2.3	2.4	2.0	2.9	3.4	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0	2.6			
	1999	PROM	-	-	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	2.4	29-Ago-99
		MAX	-	-	2.2	1.4	2.3	2.2	2.1	2.4	1.9	1.8	1.6	1.9			
	2000	PROM	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	0.4	0.5	3.5	2-Sep-00
		MAX	2.0	2.4	1.8	3.3	2.4	2.0	2.4	2.0	3.5	-	-	1.6			
SONY	1998	PROM	1.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.5	1.4	1.3	1.0	1.0	-	0.8	1.1	5.1	30-Jun-98
		MAX	4.4	3.3	2.7	3.9	3.9	5.1	4.7	4.0	2.4	3.7	-	3.2			
	1999	PROM	-	0.9	0.8	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.9	3.8	15-Abr-99
		MAX	-	3.6	2.8	3.8	3.8	3.0	3.6	3.3	3.3	3.0	2.8	2.8			
	2000	PROM	0.7	0.6	0.8	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	0.8	0.9	0.6	1.0	0.9	9.6	23-May-00
		MAX	2.8	2.6	3.4	5.9	9.6	2.9	2.8	2.8	2.2	2.9	3.4	4.0			
OLAYA	1998	PROM	2.6	1.9	1.6	1.2	1.2	1.7	1.1	1.0	1.1	0.7	0.9	1.2	1.4	10.5	15-Ene-98
		MAX	10.5	8.2	8.2	6.3	6.1	7.2	4.0	4.8	6.2	3.9	9.3	7.7			
	1999	PROM	-	1.1	1.2	1.6	1.1	0.8	1.1	1.3	1.1	0.9	1.2	1.5	1.2	7.6	2-Ago-99
		MAX	-	5.7	6.1	7.3	5.3	4.5	5.8	7.6	6.4	5.3	6.0	6.1			
	2000	PROM	1.7	-	1.7	2.3	1.0	2.2	2.7	2.4	1.7	1.9	1.6	1.4	1.9	12.2	9-Abr-00
		MAX	7.1	-	11.9	12.2	7.3	7.7	8.3	7.3	8.0	7.4	5.7	6.8			
UNAL	1998	PROM	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	2.6	24-Ene-98
		MAX	2.6	1.9	1.8	2.1	1.8	2.4	1.9	2.5	2.1	1.7	1.7	1.7			
	1999	PROM	-	-	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	2.2	13-Mar-99
		MAX	-	-	2.2	1.8	2.0	1.7	2.0	2.1	1.9	1.6	1.6	1.9			
	2000	PROM	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	4.8	7-Feb-00
		MAX	2.1	4.8	2.4	2.2	1.9	2.1	1.9	1.6	1.9	1.7	1.5	1.6			
CARREFOUR	2000	PROM			2.2	2.2	1.9	2.1	1.6	1.8	1.2	1.2	1.3	1.1	1.7	11.4	24-Ago-00
		MAX		-	6.9	7.1	7.0	7.3	5.8	11.4	6.3	4.3	5.1	5.0			
CAZUCA	1998	PROM	-	1.9	1.8	1.7	1.8	2.3	2.2	2.1	1.9	2.2	2.1	2.3	2.0	8.3	13-Sep-98
		MAX	-	6.6	6.7	6.7	6.8	7.5	7.6	7.0	8.3	7.9	7.9	7.7			
	1999	PROM	-	2.2	2.2	1.6	1.8	1.8	2.3	2.0	1.8	1.9	1.7	1.7	1.9	8.7	21-Feb-99
		MAX	-	8.7	8.0	6.8	8.1	6.1	7.8	6.7	5.9	8.0	6.8	6.9			
	2000	PROM	1.8	1.4	1.2	1.8	1.8	5.9	2.0	2.8	1.3	2.5	2.1	1.5	2.2	12.7	6-Ago-00
		MAX	6.2	6.9	6.2	5.8	6.5	2.0	11.0	12.7	5.7	7.9	3.4	6.3			

TABLA N° 4.3 VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
PROMEDIOS MENSUALES - MAXIMOS MENSUALES Y ANUALES
AÑOS 1998 - 1999 - 2000

			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL	MAXIMO ANUAL	FECHA
ESC.ING	1998	PROM	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7	1.2	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.4	0.8	8.2	24-Ene-98
		MAX	8.2	5.0	5.4	4.2	5.1	5.6	6.9	4.7	5.6	5.2	4.8	4.9			
	1999	PROM	-	-	0.6	0.7	0.8	0.6	1.0	0.8	0.5	-	0.7	0.8	0.7	5.6	7-Jul-99
		MAX	-	-	3.6	4.1	4.6	3.9	5.6	4.3	4.2	-	4.9	5.1			
	2000	PROM	0.7	0.6	0.6	0.8	0.7	0.8	1.1	1.3	1.2	-	-	-	0.9	12.4	19-Jul-00
		MAX	4.9	5.1	4.7	5.5	6.5	4.7	12.4	3.7	7.1	-	-	-			
CENTRAL DE MEZCLAS	1998	PROM	3.5	1.5	1.4	1.1	1.7	4.3	3.5	2.4	2.1	1.5	0.9	1.3	2.1	13.7	26-Jun-98
		MAX	8.3	8.4	5.8	3.1	7.5	13.7	8.5	9.1	8.6	8.0	4.4	5.5			
	1999	PROM	-	-	2.4	-	2.8	2.5	4.5	3.5	2.3	1.7	1.2	1.4	2.5	12.2	17-Sep-99
		MAX	-	-	7.8	9.0	10.6	9.8	12.2	11.4	12.2	8.3	7.6	7.4			
	2000	PROM	1.5	-	-	2.6	2.2	2.4	-	2.5	1.2	2.1	1.5	2.1	2.0	8.7	27-Abr-00
		MAX	7.9	-	-	8.7	2.2	5.8	-	6.7	6.0	6.8	5.8	6.9			
U. SANTO TOMAS	1998	PROM	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	4.3	21-May-98
		MAX	2.1	2.0	2.4	2.9	4.3	2.7	1.5	1.7	1.2	2.7	1.9	2.2			
	1999	PROM	-	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	3.6	24-Dic-99
		MAX	-	2.6	2.7	2.1	2.5	1.8	2.7	2.2	2.3	1.7	1.9	3.6			
	2000	PROM	0.4	0.6	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	5.8	8-Abr-00
		MAX	2.9	3.8	2.8	5.8	1.6	1.7	2.0	2.6	1.9	2.2	1.8	1.8			
U. JUAN N. CORPAS	1998	PROM	1.9	1.7	1.5	1.0	1.1	1.8	1.6	1.5	1.0	1.0	0.8	0.7	1.3	7.0	3-Ago-98
		MAX	5.9	6.6	5.5	4.3	5.2	5.7	6.0	7.0	4.3	5.2	3.9	3.4			
	1999	PROM	-	0.8	0.7	0.8	1.0	0.8	1.3	0.7	0.6	0.3	0.3	0.4	0.7	7.2	17-Abr-99
		MAX	-	4.1	4.0	7.2	5.7	5.8	6.1	5.5	5.2	4.8	4.5	4.2			
	2000	PROM	0.6	1.0	-	1.3	1.5	2.1	1.4	1.6	1.3	1.7	0.8	1.0	1.3	8.6	4-Jun-00
		MAX	5.8	5.1	-	5.6	5.4	8.6	7.6	5.6	6.4	7.2	3.6	4.5			
CADE	1998	PROM	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	2.9	20-May-98
		MAX	2.2	2.2	2.3	2.1	2.9	2.3	2.4	2.2	2.4	2.3	2.2	2.1			
	1999	PROM	-	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	2.4	26-Jul-99
		MAX	-	2.0	2.2	2.0	2.1	2.1	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0	1.9			
	2000	PROM	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	2.2	2.2	0.7	0.7	1.0	2.3	9-Jul-00
		MAX	2.0	2.1	2.1	1.9	2.2	2.2	2.3	2.2	0.7	0.8	2.0	2.3			
MERCK	2000	PROM	2.5	2.7	-	-	-	-	2.0	6.2	1.4	1.8	1.5	1.6	2.5	7.2	22-Ene-00
		MAX	7.2	6.8	-	-	-	-	6.8	1.9	6.0	6.9	5.9	6.0			
FONTIBON	2000	PROM	2.6	2.3	2.3	2.0	2.1	-	2.9	2.9	2.4	2.6	2.6	2.5	2.5	8.0	25-Sep-00
		MAX	7.4	7.7	7.1	6.5	6.2	-	7.7	7.3	8.0	7.0	7.0	7.0			
ENGATIVA	1998	PROM	1.2	1.1	1.5	1.0	0.8	1.0	0.8	-	0.6	0.6	0.8	0.7	0.9	6.3	10-Mar-98
		MAX	4.8	5.9	6.3	4.5	4.4	4.3	3.7	-	3.6	4.4	4.5	5.0			
	1999	PROM	-	0.6	0.8	0.7	0.8	0.6	0.9	0.6	0.4	0.5	0.5	-	0.6	5.9	5-Abr-99
		MAX	-	4.3	4.8	5.9	4.4	4.6	4.2	5.0	3.8	5.2	4.2	-			

TEMPERATURA : El comportamiento de la temperatura media de la ciudad es similar en todos los meses del año, pero con una gran oscilación diaria que puede alcanzar hasta 20 °C en la parte norte de la ciudad, especialmente en los meses de diciembre, enero y febrero. Las gráficas N° 4.10 y 4.11 presentan las temperaturas máximas y mínimas mensuales registradas en las estaciones Central de Mezcla (sur de la ciudad) y Universidad Corpas (norte de la ciudad), por ser las estaciones más representativas y en la tabla N° 4.4 se muestran las temperaturas medias mensuales, máxima y mínima anual de las estaciones que registraron este parámetro durante los años 1998, 1999 y 2000. El mapa N° 4.3 representa las isotermas medias para el año 2000, en el cual se puede apreciar dos núcleos calientes: uno en el sur de la ciudad y otro en el sector de Carrefour- Calle 80, este último se presenta en forma permanente, lo que nos indica una posible isla de calor coincidente con un punto de confluencia de los vientos.

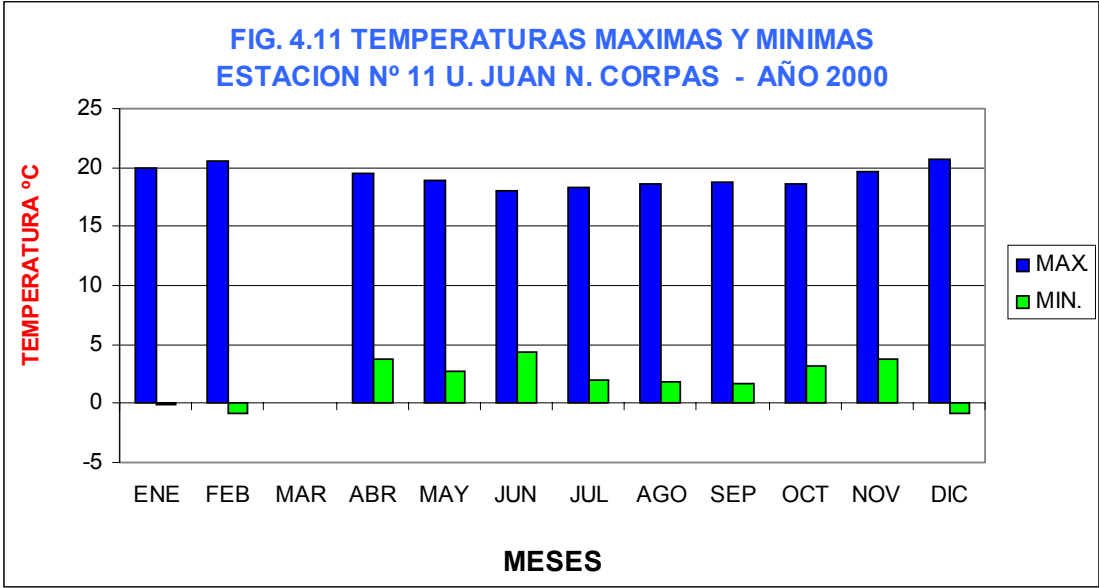
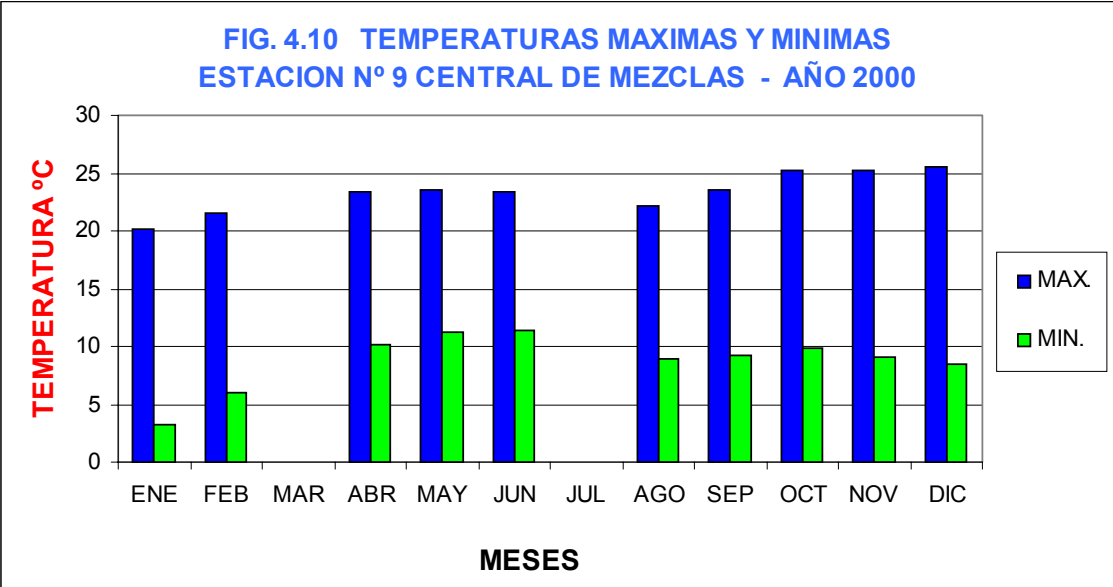
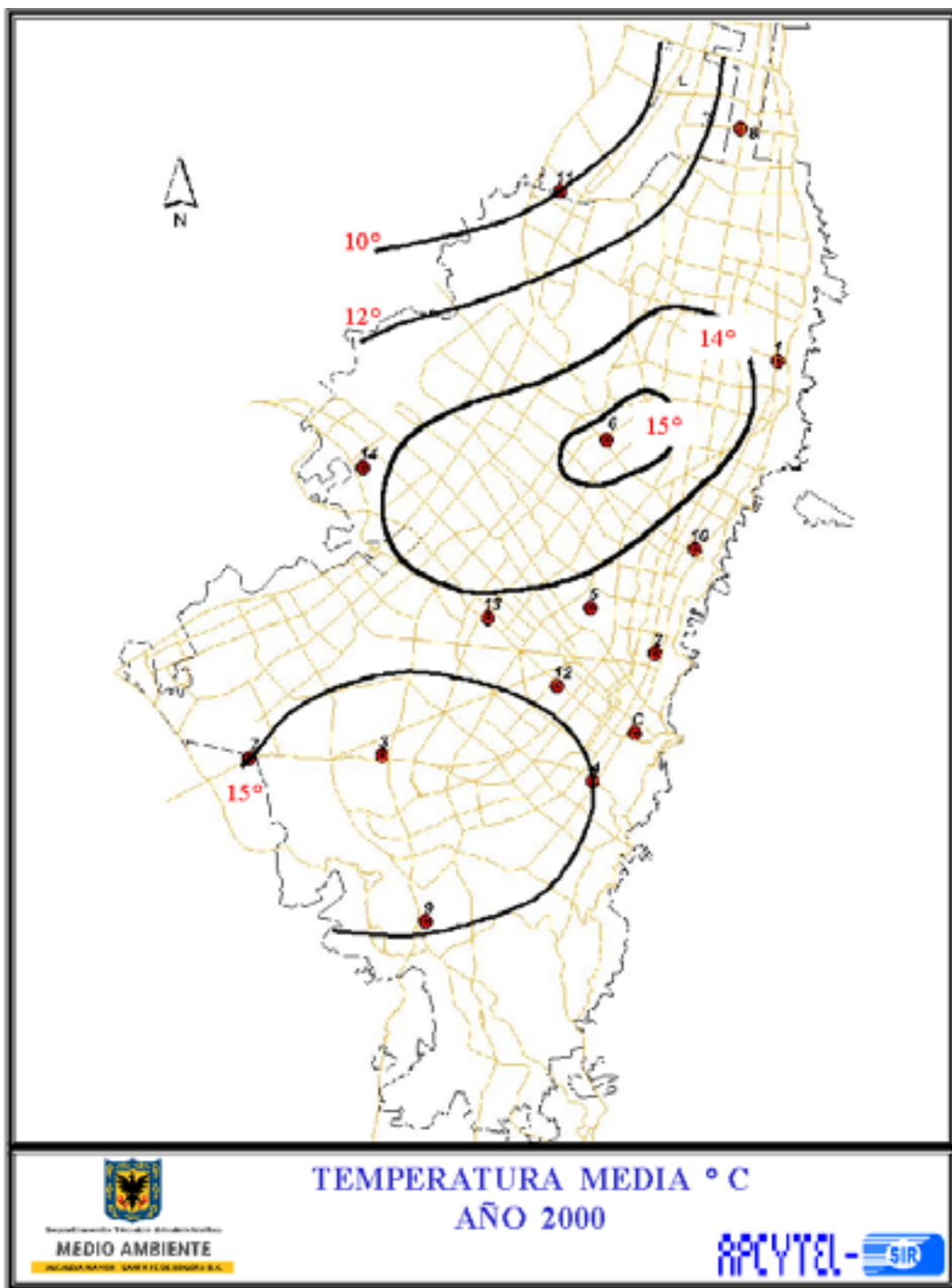


TABLA N° 4.4 TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES, MAXIMAS Y MINIMAS ANUALES (°C)																		
AÑOS 1998 - 1999 - 2000																		
ESTACION	AÑO	PROMEDIOS MENSUALES												PROMEDIO ANUAL	MAXIMO		MINIMO	
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		ANUAL	FECHA	ANUAL	FECHA
CORPAS	1998	11.4	12.4	12.5	12.9	12.2	11.4	10.9	10.7	10.9	11.1	11.2	10.7	11.5	23.5	19/2/98 14:00	0.2	9/8/98 6:00
	1999	-	10.6	10.9	11.1	11.0	10.6	10.2	10.4	10.3	10.5	11.1	11.0	10.7	20.3	22/12/99 11:00	0.6	8/3/99 7:00
	2000	10.2	10.5	-	10.9	11.2	11.0	10.2	10.3	10.3	10.8	10.9	10.2	10.6	21.0	15/3/00 14:00	-0.9	8/2/00 6:00
MEZCLAS	1998	13.4	14.0	14.1	14.3	13.5	12.4	11.8	12.1	12.6	12.8	12.8	12.6	13.0	22.3	25/2/98 15:00	4.2	25/1/98 6:00
	1999	-	-	12.7	-	12.2	12.1	11.4	11.7	11.9	12.0	12.9	12.7	12.2	21.3	1/4/99 14:00	4.4	10/7/99 6:00
	2000	12.2	-	-	16.2	16.4	16.3	-	15.6	15.7	16.0	15.8	15.8	15.6	25.6	13/12/00 13:00	3.3	14/1/00 6:00
ARREFOU	1998																	
	1999																	
	2000			16.3	15.9	16.0	16.0	15.2	15.2	15.6	15.7	15.1	15.6	15.6	24.8	15/3/00 14:00	6.9	13/12/00 6:00
MERCK **	1998																	
	1999																	
	2000	13.8	13.9	-	-	-	14.6	13.7	14.0	13.7	14.3	14.4	14.0	14.0	22.3	9/4/00 14:00	5.9	22/12/00 6:00
ONTIBON *	1998																	
	1999																	
	2000	13.2	13.3	13.7	13.8	14.0	14.1	13.3	13.5	13.2	13.8	13.8	13.3	13.6	21.9	15/3/00 13:00	4.7	13/1/00 7:00
ENGATIVA *	1998	14.9	15.6	15.8	16.3	15.8	15.2	14.4	14.3	14.3	14.5	14.6	14.2	15.0	26.5	29/4/98 17:00	1.0	25/1/98 7:00
	1999	-	14.4	14.4	14.7	14.6	14.2	14.0	13.9	13.6	14.1	14.7	-	14.3	25.2	23/5/99 15:00	3.7	8/3/99 6:00
	2000																	
* Transladada a Carrefour - Calle 80 en diciembre de 1999																		
** Instaladas en Noviembre de 1999																		

INVERSIONES TERMICAS: Las Inversiones se producen cuando por encima de la superficie del terreno, la temperatura del aire aumenta con la altura. Las Inversiones se producen típicamente durante la noche o primeras horas de la mañana, debido al calentamiento y posterior enfriamiento de la superficie de la tierra. Generalmente las inversiones van acompañadas con velocidades débiles del viento, por lo tanto representan períodos de tiempo donde está limitada la dispersión horizontal y vertical. Las Inversiones Térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de los contaminantes, porque reducen el volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se diluyen. Los principales factores que influyen en la dispersión de los contaminantes son la velocidad y dirección horizontal del viento y la estructura vertical de la atmósfera (estabilidad atmosférica)

La tabla N° 4.5 muestra el número de horas en las cuales se presentaron inversiones térmicas de superficie en los años 1998, 1999 y 2000, en la estación Escuela de Ingeniería, elaborada con base en los datos de los sensores de temperatura colocados a 2 y 20 metros de altura. Generalmente la inversión se inicia a las 7 de la noche y termina a las 7 de la mañana, esta condición implica que por la noche y madrugada, a pesar de disminuir la actividad industrial y el tráfico vehicular, se dificulta la dispersión de los contaminantes emitidos durante el día.

MAPA 4.3 ISOTERMAS AÑO 2000



De acuerdo con los pronósticos del IDEAM, la altura de la Capa de Mezcla varía en promedio entre 200 metros (a las 5 horas) y 1200 metros (a las 17 horas), y la estabilidad se presenta como convectiva entre las 8 y las 16 horas (en promedio); en el resto del día se presenta estabilidad.

TABLA N° 4.5 HORAS CON INVERSIONES TERMICAS DESDE SUPERFICIE

AÑOS 1998 - 1999 - 2000

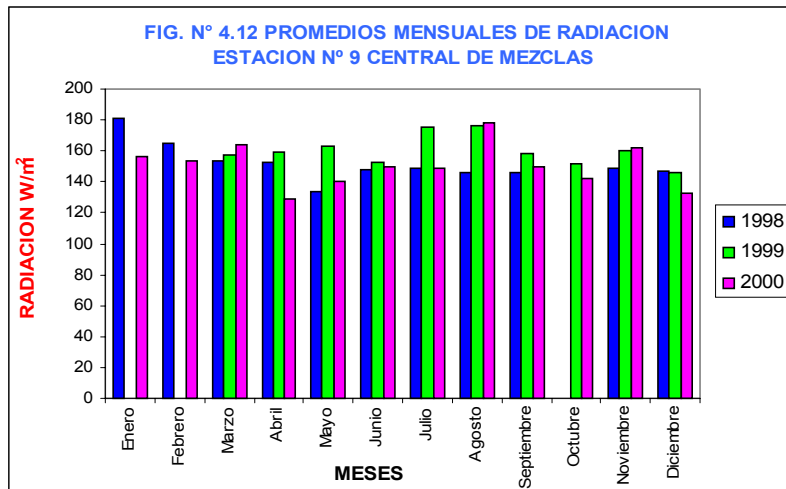
ESTACION: ESCUELA DE INGENIERIA

AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.
1998	733	362	672	280	686	278	720	299	744	248	720	312
1999	0	0	0	0	469	179	719	238	739	310	650	303
2000	723	244	663	196	736	289	705	296	742	296	720	362

AÑO	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.	N° DATOS	N° INVERS.
1998	744	297	641	288	618	284	580	240	682	270	620	246
1999	743	327	743	310	701	293	419	123	711	215	713	267
2000	656	369	580	281	530	186	62	23	0	0	0	0

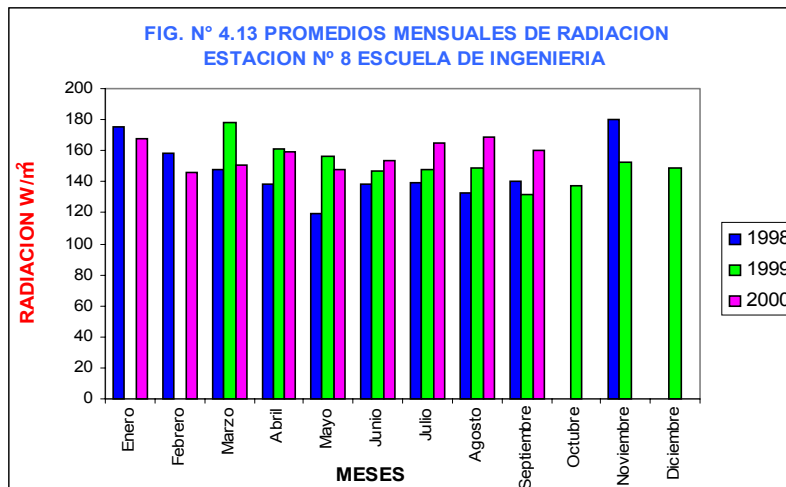
AÑO	TOTAL AÑO	
	TOTAL DATOS	TOTAL INVERSIONES
1998	8170	3404
1999	6607	2565
2000	6117	2541

RADIACION :



Este parámetro solo se mide en las estaciones Central de Mezclas (sur de la ciudad) y Escuela de Ingeniería (norte de la ciudad).

En las figuras N° 4.12 y 4.13 se presentan los valores medios mensuales para los años 1998, 1999 y 2000. En la estación Central de Mezclas se presentan unos promedios ligeramente superiores a los de Escuela de Ingeniería.



En general el comportamiento anual presentó "máximos" en los meses con mínimas de precipitaciones; la gran cantidad de radiación registrada en la ciudad favorece la formación del ozono troposférico a partir de la reacción fotoquímica de los óxidos de nitrógeno.

5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

5.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando los paquetes estadísticos S-PLUS y SAS, los archivos se trasladaron de Excel a cada uno de los paquetes después de una adecuada depuración.

5.1.1 Conceptos Estadísticos del Informe

Denotemos por $x_1, x_2, \dots, x_n$ las medidas de cierto contaminante tomadas durante un cierto período de tiempo. Las tablas de distribución de frecuencias que aparecen en el informe proporcionan información sobre medidas de localización y dispersión de las medidas. Entre las medidas de localización es útil calcular alguna medida de centralización. De estas últimas, la más importante es la media. Las otras medidas de localización que se presentan son algunos percentiles. La medida de dispersión más importante es la desviación estándar.

La Media es la suma de las observaciones dividida por el número de datos. Es decir

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

La Desviación Estándar es una medida de variabilidad basada en las desviaciones de las medidas respecto de la media.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

Los Percentiles son valores que nos proporcionan información sobre la distribución de las medidas a través del conjunto de datos. El percentil p es el valor x tal que la proporción p de datos es menor o igual que x . Por ejemplo, cuando decimos que el percentil 25 de las medidas de NO_2 tomadas en la estación del Bosque en 1998 es 6, estamos diciendo que el 25% de las medidas tomadas son menores o iguales que 6. El percentil 75 para el mismo conjunto de datos es 17. Esto significa que el 75% de los datos es menor o igual que 17.

El Coeficiente de Correlación es una medida de asociación entre dos variables X y Y. Si los datos los representamos por medio de las duplas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ entonces el coeficiente de correlación se define de la siguiente manera:

$$r_{X,Y} = \frac{\sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{Y})^2}}.$$

$r_{X,Y}$ es un número que varía entre -1 y 1 . Valores positivos indican que existe una relación lineal positiva entre las variables. Valores negativos indican una relación lineal negativa entre las variables. Valores cercanos a cero indican que no existe relación lineal entre las variables bajo estudio.

5.2 ESTADÍSTICAS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

PARAMETRO	SO ₂	CO	NO _x	O ₃	PM ₁₀
Distribución Frecuencia, Horaria		*	*	*	
Distribución Frecuencia, 8-h		*		*	
Distribución Frecuencia, 3-h	*				
Distribución Frecuencia, 24-h	*				*
Maximo Horario		*	*	*	
Maximo Promedios de 3-h	*				
Maximo Promedios de 8-h		*		*	
Maximo Promedios de 24-h	*				*
Promedio Aritmetico Anual	*		*		*
Desviación Standard valores de 1-h		*	*	*	
Porcentaje de datos disponibles, 1-h		*	*	*	
Porcentaje de datos disponibles, 3-h promedios	*				
Porcentaje de datos disponibles, 8-h promedios		*		*	
Porcentaje de datos disponibles, 24-h promedios	*		*		*

5.2.1 Análisis de los resultados del procesamiento estadístico de los datos de la Red (1998-2000).

El análisis de los resultados del procesamiento estadístico de los datos de la Red para el período 1998-2000 se presente enseguida. La síntesis de los datos se puede consultar en el Anexo N° 1 - Percentiles.

PM₁₀: El análisis de los percentiles que muestran la frecuencia de distribución de las concentraciones diarias de PM₁₀ indican los siguiente:

En el año 98, por lo menos el 75% de los datos fue superior a la concentración de 50 µg/m³ en el sector *suroccidental* de la ciudad, y el 5% de los datos superaron aproximadamente los 100 µg/m³. En el 99, el porcentaje de datos que excedieron estas concentraciones disminuyeron pero en el 2000 la estación Merck, ubicada en este sector mostró que el 75% de los datos correspondían a concentraciones superiores a cerca de 70 µg/m³.

Para el año 200, en la estación Ministerio del Medio Ambiente (sector central), el porcentaje de datos que superan los 50 µg/m³ es inferior al 25% y otro tanto ocurre en la estación Juan N. Corpas, en el norte de la ciudad.

SO₂: El valor máximo del percentil 99 de los datos calculado en la Red en los tres últimos años es de 123 ppb–3 horas, es decir, apenas el 21.2% con respecto a la norma. Las concentraciones promedio más altas de la Red sólo representan el 5% de la concentración máxima permitida. En el sector suroccidental se detectan, en general, las concentraciones más altas de óxidos de azufre, y en la zona central las más bajas.

Con referencia a las concentraciones máximas para el percentil 99-24 horas se encontró un valor de 115 ppb en Fontibón, que representa el 75% de la concentración permitida. No obstante, la segunda concentración en importancia a este nivel (99%) sólo alcanza los 79 ppb (Sony), es decir muy cercana al 50% de la norma.

NO₂: En todas las estaciones de los sectores suroccidental y central se presentaron concentraciones *máximas horarias* superiores a la norma, durante el trienio analizado. Sin embargo, si se observa la distribución de frecuencias de las concentraciones, se identifica que el 99% de los datos cumplen la norma horaria, siendo la concentración máxima de este percentil de 95 ppb, inferior a la norma (107 ppb). En otras palabras, el conjunto de datos que incumplen la norma se ubica en menos del 1% del universo de datos evaluados.

CO: En general los valores *promedio horarios* son inferiores al 10% de la norma, en todas las estaciones de la Red.

Los intervalos de variación de las concentraciones máximas muestran una tendencia decreciente en los dos últimos años analizados, mientras que en los valores promedio, aunque los mínimos son inferiores, los máximos no varían sustancialmente, como se indica enseguida:

Año	Intervalo de concentraciones <i>Máximas, ppm</i>	Intervalo de concentraciones <i>promedio, ppm</i>
1998	9.9 - 24.3	1.4 - 4.3
1999	9.6 - 16.9	1.4 - 3.6
2000	3.4 - 15.5	0.7 - 3.9

O₃: En primera instancia se observa que en todas las estaciones de la Red, durante los últimos tres años, se presentaron concentraciones máximas que excedieron la *norma horaria*. Contrario a lo que sucede en el comportamiento de los óxidos de nitrógeno, en el percentil del 99% sí se detectan concentraciones superiores a la norma horaria, aunque en el nivel 95% las concentraciones decaen a un valor máximo de 65 ppb, que es 25% inferior al máximo permitido.

En relación con la distribución de las concentraciones en 8 horas se encontró que éstas también superan la norma en el percentil-99 pero en el nivel 95 las concentraciones están por debajo del 20% del límite permisible.

5.3 CORRELACIONES ENTRE CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES Y LOS FACTORES METEOROLÓGICOS

Inicialmente se propuso realizar un análisis estadístico para determinar las posibles correlaciones entre los grupos de parámetros conformados por las variaciones de las concentraciones de las sustancias contaminantes y el comportamiento de los factores meteorológicos, así:

Grupo 1: Ozono, temperatura, NO₂, humedad relativa, precipitación

Grupo 2: PM₁₀, humedad relativa, precipitación

Los resultados de este análisis no mostraron coeficientes de correlación que pudieran considerarse aceptables para estos conjuntos de variables, a excepción de la correlación resultante entre las concentraciones de ozono y la radiación, ya que está es la que produce la oxidación de los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, precursores de la producción de ozono. Algunos ejemplos se presentan en el Anexo N° 2 - Correlaciones

En forma alternativa se analizaron las condiciones meteorológicas predominantes (velocidad del viento, dirección del viento y precipitación) cuando ocurrieron las 10 concentraciones máximas para los contaminantes de mayor interés (PM₁₀, NO₂, O₃) en cada una de las estaciones, durante los tres últimos años. Estas concentraciones se refieren a los registros puntuales tomados directamente de la base de datos y no a los promedios que se utilizan para otro tipo de evaluaciones (ver anexo N° 3 – Máximos Horarios). Los resultados de este análisis son los siguientes:

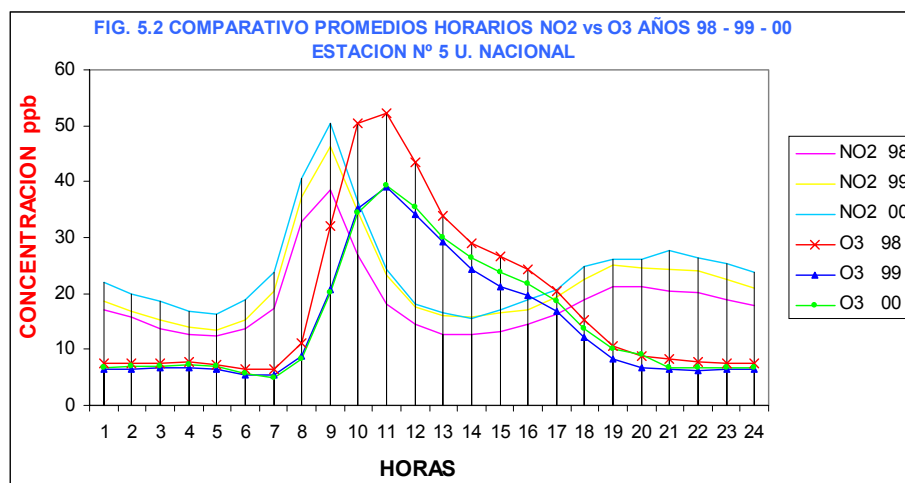
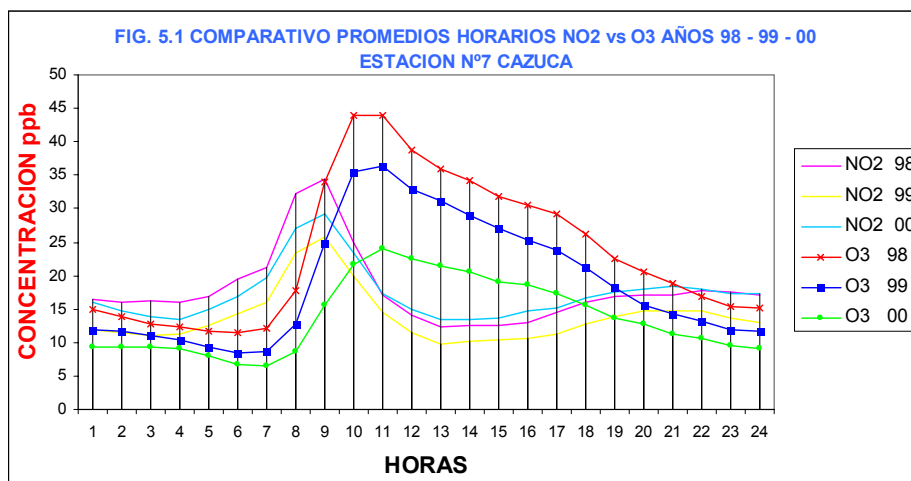
PM₁₀: En general las máximas concentraciones de PM₁₀ ocurren en las horas de la mañana en la ciudad, siendo más frecuente su ocurrencia entre las 8 y las 10 horas.

Se observa que las velocidades del viento asociadas a estos máximos son muy bajas, casi siempre por debajo de 1 m/s. Los cuadrantes desde donde sopla el viento cuando ocurren las máximas concentraciones de PM₁₀ varían de acuerdo con el sector de la ciudad, pero los más frecuentes son: Noreste, sureste, noroeste y suroeste.

Con respecto a las lluvias, indiscutiblemente las máximas concentraciones de PM₁₀ coinciden con los registros de ausencia total de precipitaciones.

NO₂/O₃: El análisis comparativo de estos parámetros permite evidenciar el comportamiento sincrónico entre los picos de la concentración de NO₂ que ocurren usualmente entre las 8 y

las 9 horas y los picos de las concentraciones de Ozono que ocurren entre las 10 y 12 horas, fenómeno que confirma la química de las reacciones fotoquímicas para la formación del ozono en las cuales los óxidos de nitrógeno actúan, junto con los hidrocarburos, como los reactivos precursores catalizados por la intensidad de la luz solar que se intensifica en el período de ocurrencia de las máximas concentraciones de ozono registradas. En las Figuras N° 5.1 y 5.2 se ilustran para dos sitios de medición el comportamiento comentado de las máximas concentraciones de los óxidos de nitrógeno y de ozono.



La mayoría de las concentraciones máximas de óxidos de nitrógeno y de ozono ocurren cuando el viento sopla desde los cuadrantes Noroccidente y Noreste y las velocidades son bajas, aunque un poco mayores que las observadas en el análisis del comportamiento de PM_{10} , un buen número de registros entre 1 y 2 m/s, lo cual es explicable dado que a medida que avanza el día se incrementa la velocidad del viento por el efecto convectivo del calentamiento de las capas de aire.

5.4 ANÁLISIS DE EXCEDENCIAS

El objetivo de este análisis es el de presentar el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes analizados en la Red frente a las normas adoptadas como referencia para la ciudad de Bogotá. Los datos que se utilizan para este análisis se pueden consultar en el anexo N° 4 - Síntesis

de Resultados. Así mismo se indica la excedencia del 50% de la norma dado que se considera este valor como una referencia adecuada para observar qué tan lejos o qué tan cerca se encuentran las concentraciones medidas con respecto a las normas.

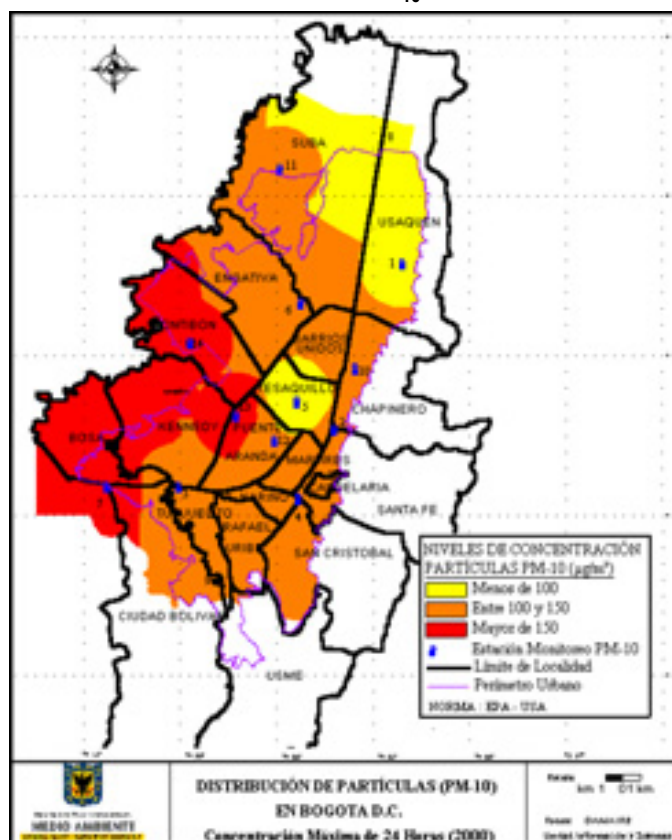
PM₁₀: La excedencia de la norma diaria muestra un comportamiento bastante irregular en los tres últimos años. En términos del porcentaje de excedencia, que se considera más representativo que el número de datos que sobrepasa la norma dado que se han instalado nuevas estaciones para medir la concentración de PM₁₀, en el 98 se presentó una excedencia del 0.23%, en el 99 tan sólo fue de 0.02% y en el 2000 se incrementó esta cifra a 0.61%.

El sector suroccidental de la ciudad, en donde se concentran las actividades industriales y una alta intensidad del tráfico vehicular pesado y liviano, muestra los mayores valores de excedencia de la norma diaria de PM₁₀. El otro sector más afectado de la ciudad por las concentraciones de PM₁₀ es el noroccidental.

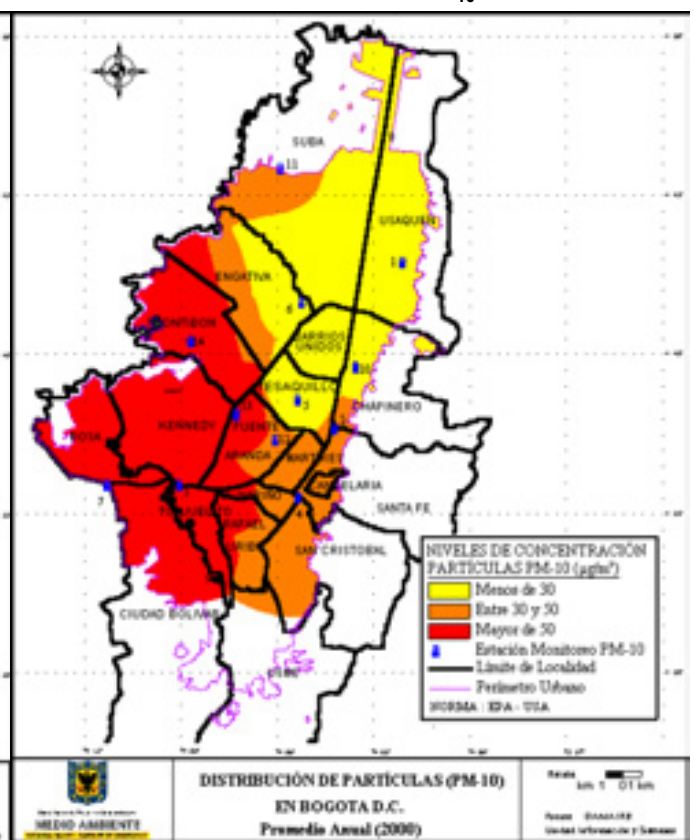
En el mapa 5.1 se puede observar la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para las partículas menores a 10 micras (PM₁₀), para el año 2000.

El mapa 5.2 indica la variación espacial de la concentración de PM₁₀ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2000).

MAPA 5.1 PARTICULAS PM₁₀ – 24 HORAS



MAPA 5.2 PARTICULAS PM₁₀ – ANUAL



SO₂: En ninguno de los tres años objeto de análisis se presentó excedencia de las normas de 3 horas ni de 24 horas en la ciudad.

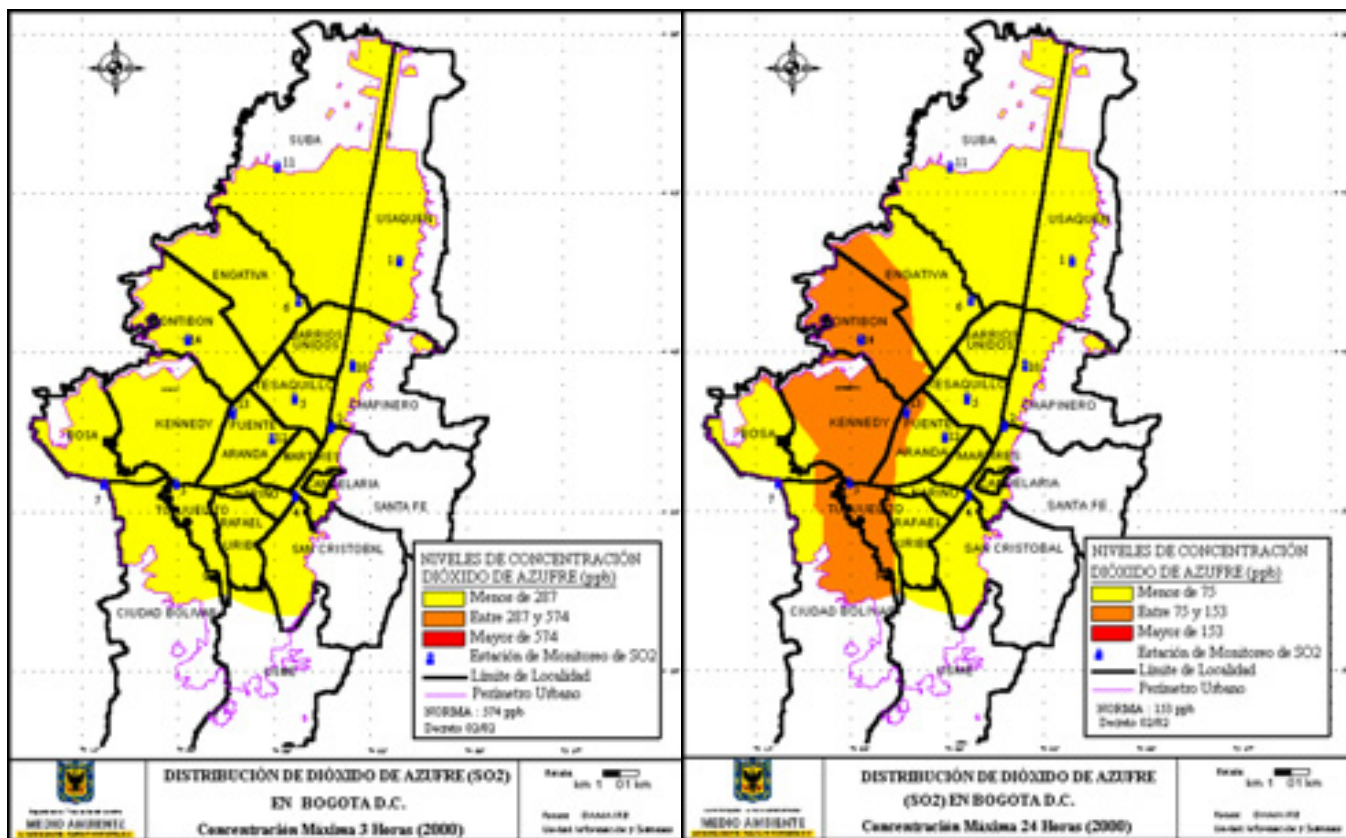
La excedencia del 50% de la norma de 3 horas fue nula, mientras que para la norma de 24 horas en el 98 fue del 0.14%, en el 99 del 0.004% y en el 2000 de 0.31%.

El mapa 5.3 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 3 horas para dióxido de azufre (SO₂)

El mapa 5.4 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para dióxido de azufre (SO₂)

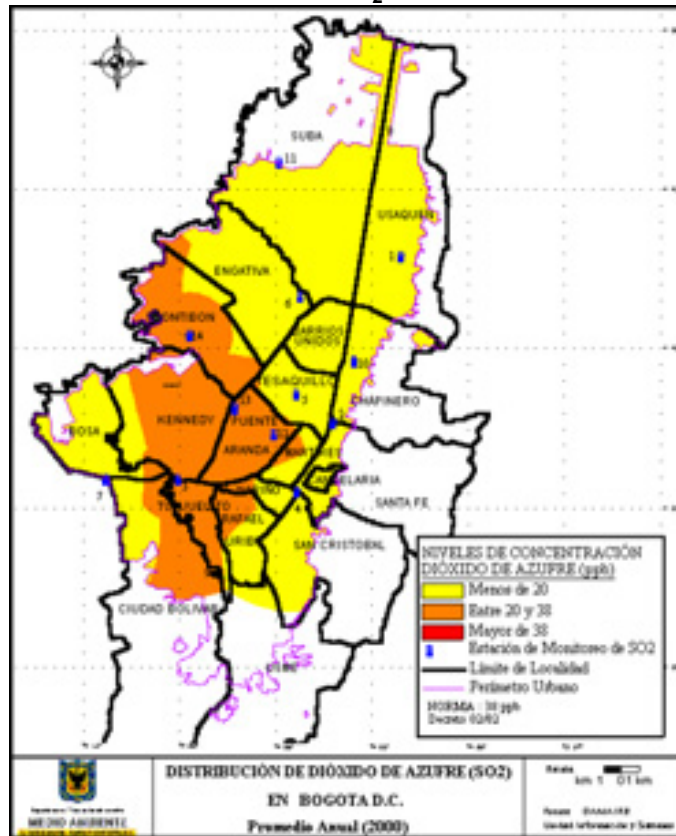
MAPA 5.3 SO₂ - 3 HORAS

MAPA 5.4 SO₂ - 24 HORAS



En el mapa 5.5 se indica la variación espacial de la concentración de SO₂ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2000).

MAPA 5.5 SO₂ - ANUAL



NO₂: La variación del porcentaje de datos que excedieron la norma horaria de NO₂ se mantuvo en un intervalo entre 0.1 y 0.17% en los tres últimos años. En el 98, el número de datos que excedió la norma fue de 103, representados por 62 datos del sector central, 29 datos del suroccidental y 12 datos del suroriental. En el 99 se presentaron 116 datos que excedieron la norma horaria de NO₂ los cuales representaron el 0.17% del total de datos para ese año y la totalidad de los mismos se registraron en los sectores suroriental y central de la ciudad, principalmente en la estación MMA (58 datos). En el 2000, el sector central fue también el más afectado por la excedencia de la norma horaria de NO₂, (42 datos por fuera de la norma), no obstante se presentaron excedencias adicionales en el sector suroccidental.

El mapa 5.6 es una representación espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para dióxido de nitrógeno (NO₂)

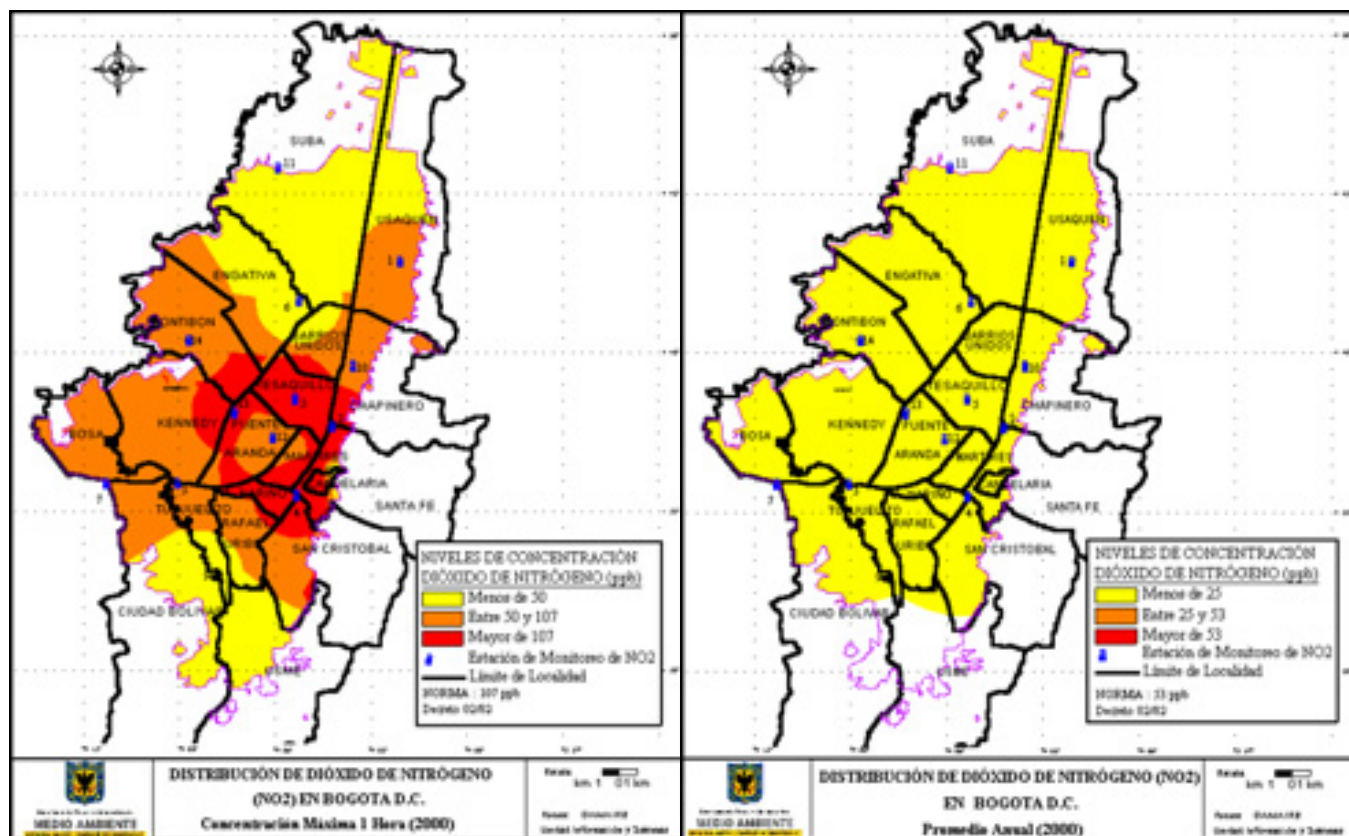
En el mapa 5.7 se indica la variación espacial de la concentración de NO₂ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2000).

CO: En relación con este parámetro no se registró ningún dato en los 3 últimos años que excediera la norma horaria en la ciudad.

La norma para ocho horas tampoco fue excedida en ningún sitio de la ciudad, aunque sí se presentaron excedencias para el 50% de la norma, así: En el 98, 1.86% de los datos; en el 99, 0.85% y en el 2000, 0.65%.

MAPA 5.6 NO₂ - 1 HORA

MAPA 5.7 NO₂ - ANUAL



El mapa 5.8 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para monóxido de carbono (CO) y en el mapa 5.9 se representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 8 horas para monóxido de carbono (CO)

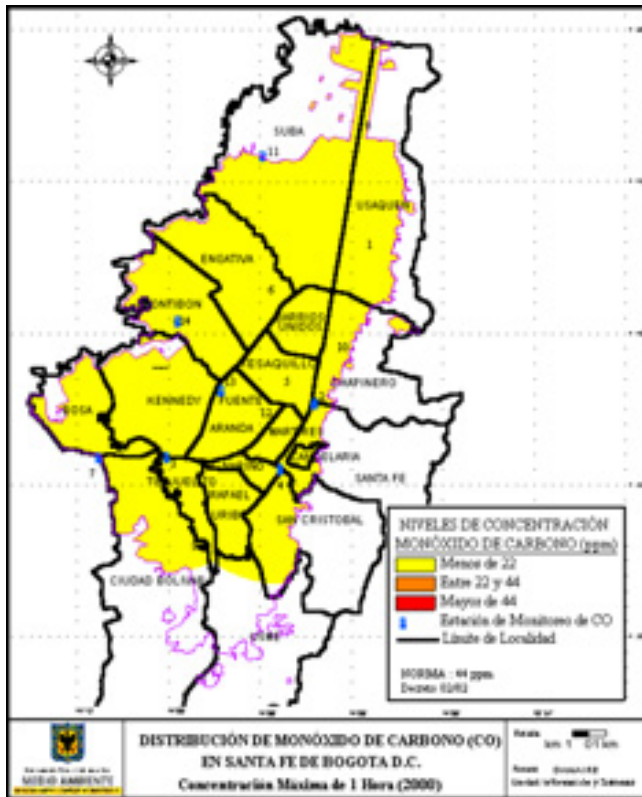
O₃: En el 98 el porcentaje de datos que excedió la norma horaria de ozono fue de 1.24%, éste valor se redujo en el 99 a 0.69% y en el 2000 a 0.61%. En forma consistente también el porcentaje de datos que ha superado el 50% de la norma horaria descendió desde 6.55% en el 98, a 5.1% en el 99 y 4.8% en el 2000.

En relación con la norma de ozono para ocho horas se detectaron excedencias del 0.96% en el año 98, 0.29% en el 99 y 0.47% en el 2000. Con respecto al 50% de la norma éste valor fue excedido en 12.7% en el año 98, 8.6% en el 99 y en 9.1% en el 2000.

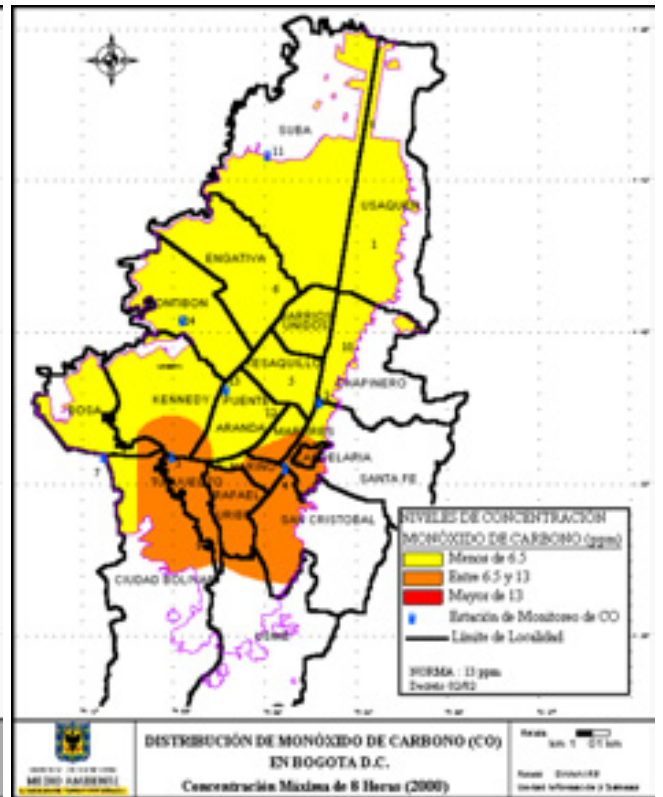
Desde el punto de vista de la distribución de las concentraciones de ozono, puede decirse que ésta muestra un comportamiento homogéneo en los sectores central, suroriental y suroccidental de la ciudad, puesto que a excepción de la estación Olaya, en todos los demás sitios se encontraron concentraciones máximas que superaron las normas para una y ocho horas .

El mapa 5.10 muestra la distribución espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para el ozono (O₃) y en el mapa 5.11 se muestra la distribución espacial de las concentraciones máximas en 8 horas para el ozono (O₃)

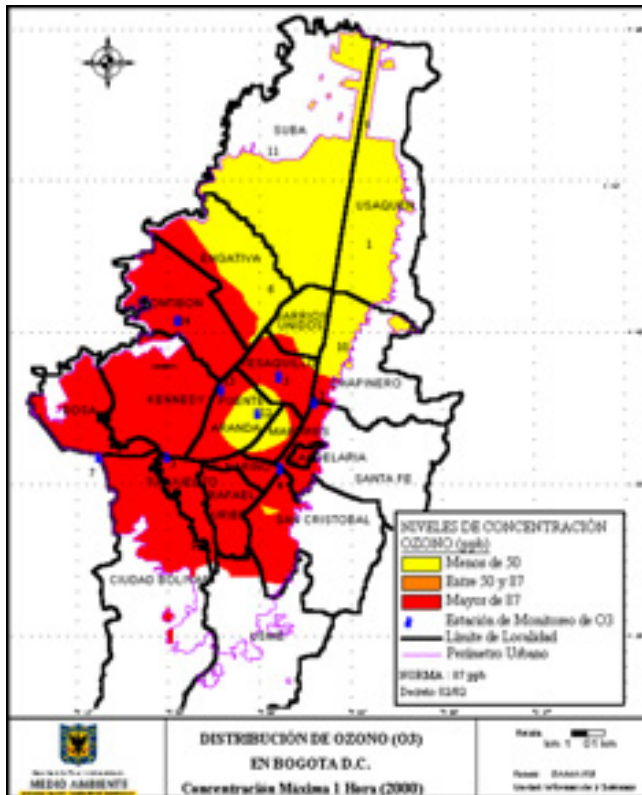
MAPA 5.8 CO - 1 HORA



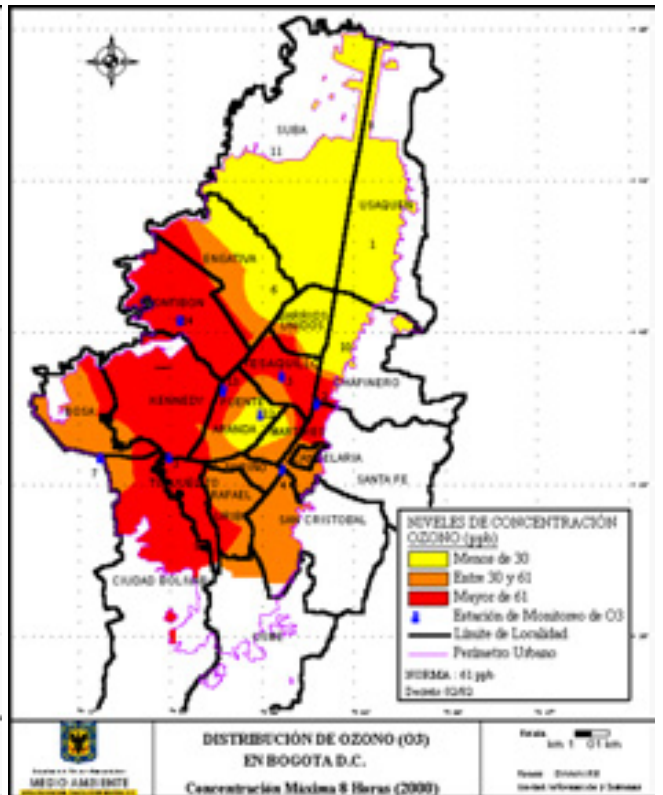
MAPA 5.9 CO - 8 HORAS



MAPA 5.10 O₃ - 1 HORA



MAPA 5.11 O₃ - 8 HORAS



5.5 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE - IBOCA

5.5.1 Síntesis del objetivo y método de cálculo

El Índice Bogotano de Calidad del Aire – IBOCA es una expresión que permite sintetizar el comportamiento de la calidad del aire en la ciudad y comunicar de una manera sencilla, al público en general, las implicaciones de su deterioro asociadas a la salud y bienestar de la población. El método de cálculo del IBOCA se basa en el siguiente procedimiento:

1. A partir de los datos de las concentraciones de CO, SO₂, PM₁₀, NO₂ y O₃, se establece el IBOCA para cada contaminante, el cual resulta de ponderar cada contaminante así:

$$\text{IBOCA} = (C_i / N_i) * 10$$

Donde,

IBOCA: Índice Bogotano de la Calidad del Aire

I: Parámetro a evaluar (PM₁₀, SO₂, CO, NO₂ y O₃)

N: Número de estaciones que registran el parámetro a evaluar (PM₁₀, SO₂, CO, NO₂ y O₃)

C_i: Concentración a evaluar para cada contaminante en cada una de las estaciones

N: Norma para cada contaminante

2. Las normas de cada contaminante son las siguientes:

NORMA		
PARAMETRO	PERIODO	VALOR
PM ₁₀	24 horas	150 µg/m ³
SO ₂	24 horas	153 ppb
CO	1 hora	44 ppm
NO ₂	1 hora	107 ppb
O ₃	1 hora	87 ppb

3. La ecuación simplificada para hallar el IBOCA por contaminante es:

IBOCA PM₁₀ = PM₁₀ (Promedio 24 horas)* 0.067

IBOCA SO₂ = SO₂ (Promedio 24 horas) * 0.065

IBOCA CO = CO (Máximo 1 hora en las 24 horas anteriores)* 0.227

IBOCA NO₂ = NO₂ (Máximo 1 hora en las 24 horas anteriores)* 0.093

IBOCA O₃ = O₃ (Máximo 1 hora en las 24 horas anteriores)* 0.115

4. Con base en lo anterior, se definen las categorías de IBOCA correspondientes a sus intervalos de variación y el significado epidemiológico del Índice, así:

IBOCA	DESCRIPTOR	CALIFICACION EPIDEMIOLOGICA	COLOR
0 – 1.25	Bueno	Ningún efecto	VERDE
1.26 – 2.50	Moderado	Ningún efecto para la salud de la población en general	AMARILLO
2.51 – 7.50	Regular	Aumento de molestias en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares; aparición de ligeras molestias en la población en general.	NARANJA
7.51 - 10.0	Malo	Agravamiento significativo de la salud en personas con enfermedades cardíacas o respiratorias. Afectación de la población sana.	ROJO
> 10.1	Peligroso	Alto riesgo para la salud de la población. Aparición de efectos al nivel de daño.	MARRON

5. El IBOCA de cada sector será el contaminante crítico por cada sector, o sea el que de el mayor IBOCA, referenciandose el contaminante.
6. El IBOCA general de la ciudad de Bogotá será:

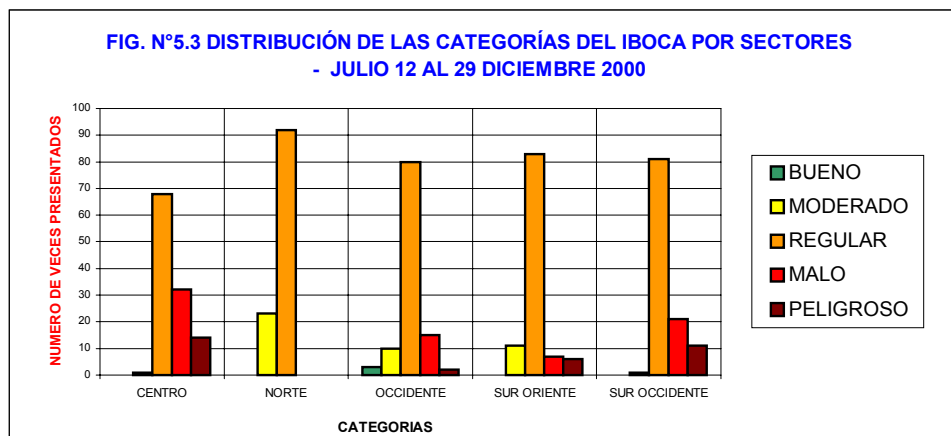
IBOCA GENERAL = ($\sum \text{IBOCA}_i$) mayor, referenciandose el (los) contaminante (s), que generan la concentración.

Donde,

IBOCA i = IBOCA por contaminante i (PM₁₀, SO₂, CO, NO₂ y O₃)

5.5.2 Resultados de aplicación del IBOCA

Hasta la fecha se ha calculado el IBOCA para 115 días, en los cinco sectores en que se ha dividido la ciudad, lo cual resulta en 572 datos. La distribución de las categorías de IBOCA para cada uno de los sectores se muestra en la Fig. N° 5.1



Del análisis de la distribución de los IBOCA en los diferentes sectores de la ciudad se infiere lo siguiente:

- Unicamente se obtuvieron 3 datos de IBOCA en la categoría “BUENO”, es decir el 0.5% de los datos, todos correspondientes al sector Occidente. En la categoría “BUENO” no se espera ningún efecto en la salud pública.
- La categoría de IBOCA que ocurre con mayor frecuencia es la de “REGULAR”. En efecto, de los 561 datos calculados, 464 datos, que representan el 82.7%, corresponden a esta categoría. De acuerdo con la calificación epidemiológica asociada a los valores de IBOCA, se infiere que durante la ocurrencia de la categoría “REGULAR” puede ocurrir un aumento de molestias en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares y aparición de ligeras molestias en la población en general.
- La segunda categoría de IBOCA más frecuente (13.3% de los datos) es la de “MALO”. En el único sector de la ciudad en donde no se presenta esta categoría de IBOCA es el Norte. Los sectores que muestran una mayor ocurrencia de IBOCA en la categoría “MALO” son: Centro (32 datos), Suroccidente (21) y Occidente (15). Cuando el IBOCA cae en la categoría de “MALO” se espera que pueda ocurrir un agravamiento significativo de la salud en personas con enfermedades cardíacas o respiratorias y afectación de la población sana.
- En la categoría de “PELIGROSO”, la cual está asociada a un alto riesgo para la salud de la población y a la aparición de efectos al nivel de daño, se encontraron 33 datos (5.9% del total) que afectan principalmente a los sectores del Centro y Suroccidente de la ciudad. En el único sector en donde no se presenta esta categoría es el del Norte.
- Finalmente, en los sectores Norte, Suroriente y Occidente se presentó la frecuencia más alta de IBOCA en la categoría “MODERADO” para la cual no se espera ningún efecto en la salud de la población en general.

6 CONCLUSIONES

6.1 METEOROLOGÍA

La ciudad presenta un gran **potencial de contaminación**: vientos débiles, inversiones de carácter radiactivo, con base en la superficie, espesor restringido de la capa de mezcla e irregular distribución de la precipitación a lo largo del día y gran cantidad de radiación; ésta última ocasiona oxidación de los contaminantes. La ocurrencia de eventos con altas concentraciones de los contaminantes se presentan asociadas con estas condiciones meteorológicas.

El **potencial de contaminación** está definido en términos de variables meteorológicas solamente y **es una medida** de asimilación o dilución de la atmósfera.

6.2 CALIDAD DEL AIRE

Las conclusiones relacionadas con el análisis de los datos obtenidos durante la operación de la Red de monitoreo de Bogotá, en los últimos tres años están orientadas a revisar los siguientes aspectos: Nivel de importancia de los contaminantes en atención a su riesgo potencial y a la magnitud de las concentraciones encontradas; identificar las áreas que presentan mayor tendencia al deterioro de la calidad del aire y comparar las tendencias de los resultados obtenidos en el trienio objeto de análisis.

Definitivamente existen tres contaminantes que revisten interés en cuanto a su influencia en el deterioro de la calidad del aire en la ciudad: el material particulado (PM_{10}), los óxidos de nitrógeno y el ozono. Los otros dos contaminantes que tienen definidas norma (monóxido de carbono y óxidos de azufre) no se consideran, en las condiciones actuales, motivo de preocupación por que las concentraciones encontradas son bastante inferiores a los límites permitidos.

- **Material particulado (PM_{10})**

Es indudable que las mayores concentraciones de PM_{10} se presentan en el sector suroccidental de la ciudad. No obstante la probabilidad de excedencia de la norma se ubica en el 1% o menos, de los datos (percentil 99). En realidad solamente para las estaciones Cazucá en 1998 y Merck en el 2000, este percentil arrojó una concentración mayor que la norma ($150 \mu g/m^3$).

Si se observa esta distribución de frecuencias con respecto, por ejemplo al 75% de la norma, es decir a una concentración de $112.5 \mu g/m^3$, se encuentra que sólo un 5% de los datos superó este valor en dos estaciones en el año 98 (Sony y Cazucá) y en el 2000 también en Cazucá y Merck; todas ubicadas en el sector suroccidental de la ciudad.

En el Fig. N° 6.1, se indica el comportamiento de las concentraciones máximas frente a la norma diaria durante los últimos tres años.

Fig. N° 6.1 Ocurrencia de concentraciones máximas que exceden la norma diaria de PM₁₀ en Bogotá

SECTOR	ESTACION	AÑO	Cmáx > Norma diaria
SUROCCIDENTE	SONY	98	
		99	
		00	
	CAZUCA	98	
		99	
		00	
	CADE	98	
		99	
		00	
	MERCK	98	
99			
00			
SURORIENTE	OLAYA	98	
		99	
		00	
CENTRO	MMA	98	
		99	
		00	
	U.NACIONAL	98	
		99	
		00	
	U.TOMAS	98	
99			
NORTE	BOSQUE	98	
		99	
		00	
	CORPAS	98	
		99	
NOROCCIDENTE	CARREFOUR - CALLE 80	00	
		98	
		99	
	FONTIBÓN	00	

	Año 1998
	Año 1999
	Año 2000

NOTA: EN U.NACIONAL NO EXISTE MEDIDOR DE PM₁₀. MERCK, CARREFOUR Y FONTIBÓN SON LAS MÁS RECIENTES.

- **Óxidos de nitrógeno (NO₂)**

El análisis de los valores máximos en toda la Red indican que en el sector central de la ciudad y en el suroriental durante los tres últimos años se presentaron concentraciones que excedieron la norma. Sin embargo la probabilidad de esta excedencia es inferior al 1%. En la fig. N° 6.2 se muestra el comportamiento de las concentraciones máximas frente a la norma horaria durante los últimos tres años.

Fig. N° 6.2 Ocurren de concentraciones máximas que exceden la norma horaria de óxidos de nitrógeno en Bogotá

SECTOR	ESTACION	AÑO	Cmáx > Norma
SUROCCIDENTE	SONY	98	
		99	
		00	
	CAZUCA	98	
		99	
		00	
	CADE	98	
		99	
		00	
SURORIENTE	MERCK	98	
		99	
		00	
	OLAYA	98	
		99	
		00	
	MMA	98	
		99	
CENTRO	U.NACIONAL	00	
		98	
		99	
	U.TOMAS	00	
		98	
		99	
	U.TOMAS	00	
		98	
NORTE	BOSQUE	98	
		99	
		00	
	CORPAS	98	
		99	
		00	
NOROCCIDENTE	CARREFOUR – CALLE 80	98	
		99	
		00	
	FONTIBÓN	98	
		99	
		00	
	FONTIBÓN	98	
		99	
		00	

	Año 1998
	Año 1999
	Año 2000

NOTA: NO SE MIDIO EL CONTAMINANTE O NO EXISTE UN NÚMERO REPRESENTATIVO DE DATOS EN LAS ESTACIONES MERCK, CORPAS, CARREFOUR Y FONTIBÓN (AÑO 98); CARREFOUR (99) NI U.TOMÁS, CAZUCA, CORPAS EN EL 2000.

Ozono - O₃

Como se observa en la Fig. N° 6.3, en la totalidad de las estaciones en las que se midió la concentración de ozono, las concentraciones máximas superaron la norma horaria durante el trienio 1998-2000. Con respecto a la excedencia de la norma para ocho horas, a excepción de Hospital Olaya (99) y Cazucá y Hospital Olaya en el 2000, en las demás estaciones se superó también la norma. El análisis de la distribución de probabilidades de excedencia muestra que éstas ocurren solamente en el 1% de los casos.

Fig. N° 6.3 Ocurrencia de concentraciones máximas que exceden las normas de ozono en Bogotá

SECTOR	ESTACION	AÑO	Cmáx > Norma horaria	Cmáx > Norma 8 hora
SUROCCIDENTE	SONY	98		
		99		
		00		
	CAZUCA	98		
		99		
		00		
	CADE	98		
		99		
		00		
	MERCK	98		
		99		
		00		
SURORIENTE	OLAYA	98		
		99		
		00		
CENTRO	MMA	98		
		99		
		00		
		98		
	U.NACIONAL	99		
		00		
		98		
NORTE	BOSQUE	99		
		00		
		98		
	CORPAS	99		
		00		
NOROCCIDENTE	CARREFOUR – CALLE 80	98		
		99		
		00		
		98		
	FONTIBÓN	00		

	Año 1998
	Año 1999
	Año 2000

NOTA: EN EL 98 SOLO SE MIDIO EL OZONO EN SONY, CAZUCÁ, OLAYA, MMA Y U.NACIONAL. EN EL 99 SE ADICIONARON MERCK Y FONTIBÓN.

BIBLIOGRAFÍA

R. E. Munn y H. Rodhe. 1990. Química Atmosférica y Meteorología de la Contaminación del Aire. Nota Técnica N° 364 de la OMM – Ginebra, Suiza

Wark, K., Warner, C.F. 1992. *Contaminación del aire. Origen y control*. Editorial Limusa. México, D.F.

Ministerio de Salud. 1982. *Decreto 02 sobre emisiones atmosféricas*. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 1995. *Decreto 948/95, Res.898/95, Res. 1351/95, Res.005/96*.

<http://www.Dama.gov.co>

El informe sobre Calidad del Aire - 2001 que se presenta en este documento, contiene el análisis de los registros obtenidos en la operación de la Red de monitoreo durante este año.

El análisis meteorológico incluye una caracterización del comportamiento de los factores que ejercen influencia en la dispersión y el transporte de los contaminantes como la velocidad y dirección del viento, la precipitación pluviométrica, la radiación solar y la estabilidad atmosférica.

Los registros de las concentraciones de contaminantes se analizaron con base en parámetros estadísticos que incluyeron el cálculo de la distribución de frecuencias (percentiles del 25, 50, 75, 95 y 99%), los valores máximos, los promedios y la desviación estándar.

El informe contiene siete secciones y tres anexos. La sección 1 es la introducción; en la sección 2 se presentan las normas de calidad del aire aplicables a la ciudad; la sección 3 contiene una descripción de las características de la configuración de la Red y el mapa de localización geográfica de las estaciones de monitoreo; la sección 4, el análisis del comportamiento meteorológico observado para la ciudad; en la sección 5 se incluye el análisis de los niveles de calidad del aire en la ciudad. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones y en la séptima, la bibliografía utilizada para elaborar el informe.

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, son las siguientes:

TABLA 2.1 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD	FUENTE	COMENTARIOS
PARTÍCULAS, PM ₁₀	Anual	65	µg/m ³	Res.391/01 DAMA	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	170	µg/m ³	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES, PST	Anual	95	µg/m ³	Res.391/01 DAMA	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	340	µg/m ³	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE, SO ₂	Anual	34	Ppb	Res.391/01 DAMA	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	141	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	546	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO, NO ₂	Anual	52	Ppb	Res.391/01 DAMA	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	121	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	168	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO, CO	8 horas	11	Ppm	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	39	Ppm	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS, O ₃	1 hora	83	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio horaria
	8 horas	65	Ppb	Res.391/01 DAMA	Concentración promedio en 8 horas

La Red de Calidad del Aire de Bogotá, es un sistema de Monitoreo Ambiental en tiempo real con transmisión de datos vía telefónica. Para el período de análisis que nos ocupa, la Red estaba constituida por una estación central de recepción de datos y catorce (14) estaciones remotas, de las cuales dos reportan además parámetros meteorológicos. En la Estación Central de la Red se evalúa la calidad de la información, se depura, se procesa y 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 los puntos críticos, tanto desde el punto de vista geográfico, es decir, las áreas o sectores que requieren atención prioritaria, como en relación con los contaminantes que alcanzan concentraciones de interés.

A continuación se presenta el mapa de ubicación de las estaciones que conforman la Red de Monitoreo, las características de las zonas de influencia de las estaciones, así como la relación de Estaciones y Sensores instalados en cada una de las mismas.

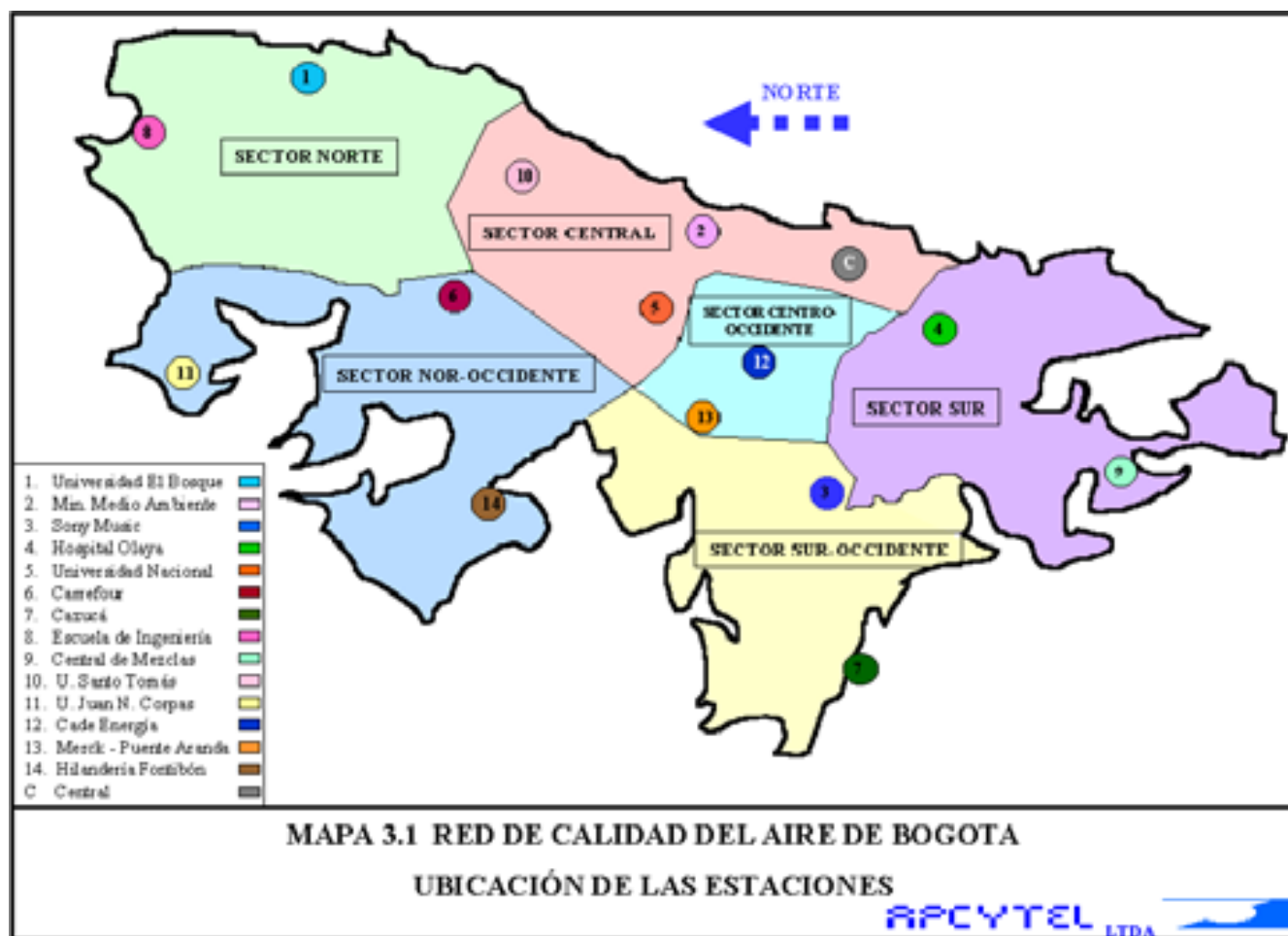


TABLA 3.1 CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS EN DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES

ZONIFICACION DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERISTICAS
Norte	U. Bosque Escuela Ingeniería	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Nor-occidental	Carrefour Calle 80 U. Corpas Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Sur	Hospital Olaya C. Mezclas	Alto tráfico vehicular, uso residencial, comercial
Sur-occidente	Sony Music Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Central	MMA Universidad Nacional U. Santo Tomás	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centro-occidente	Cade – Energía Merck	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial

TABLA 3.2 ESTACIONES Y SENSORES DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE - DAMAIRE

ESTACION	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14
CONTAMINANTE	UBOSQUE	MMA	SONY	H. OLATA	U. NACIONAL	CARRER FOUR 60	CAJUCA	ESC. INGENIERIA	C. MEDCLAS	U. STO. TOMAS	U. CORPAS	CASE E.	MERCK	FONTEBON
LATITUD	04°42'44.3"	04°27'39.8"	04°35'55.5"	04°35'30.7"	04°38'38.3"	04°41'37.0"	04°35'51.7"	04°47'13.0"	04°33'24.7"	04°39'34.0"	04°45'55.4"	04°37'19.0"	04°38'04.8"	04°40'23.1"
LONGITUD	74°02'06.8"	74°04'14.1"	74°09'07.5"	74°05'19.8"	74°05'39.4"	74°05'09.5"	74°11'17.4"	74°02'53.0"	74°08'15.8"	74°03'55.0"	74°05'48.4"	74°06'05.2"	74°07'15.0"	74°08'42.2"
ALTITUD (mnm)	2,574	2,597	2,541	2,600	2,556	2,563	2,546	2,575	2,555	2,600	2,569	2,570	2,581	2,576
LOCALIDAD	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Antonio Nariño	Tonsaquito	Engativá	Ciudad Bolívar	Saba	Ciudad Bolívar	Chapinero	Saba	Puente Aranda	Puente Aranda	Florencia
DIRECCION	Trans 9 #135-95	Calle 27 #61-40	Auto Sur #61-40	Carretera 107	Inst. Estudios Ambientales	Calle 81 #68-50	Calle 14 #6-54	Aeropista Norte Km. 13	Aeropista a Llanero	Cra 9 #72-90	Clinica Copas	Calle 13 #37-35	Cra 65 #10-95	Cra 65 #34-49
PM 10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PST	X		X				X					X		
CO		X	X	X			X				X		X	X
SO2	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
NOx	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
O3		X	X	X	X		X				X		X	X
CH4		X	X			X		X						
BENCENO		X		X										
TOLUENO		X		X										
FORMALDEHDO		X		X										
PRECIPITACION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DIRECCION VIENTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VELOCIDAD VIENTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TEMPERATURA						X					X		X	X
TEMP. 3 ALTURAS								X	X					
HUMEDAD RELAT.								X	X					
PRESION ATM.								X	X					
RADIACION								X	X					
ORTOGONAL VIENTO								X	X					

Información General de cada Estación

Sensores de Calidad del Aire, según milimetro, así



Absorcion Espectrométrica Diferencial Óptica
Muestreo Puntual Permanente

Sensores Meteorológicos

A continuación se presenta un breve análisis meteorológico realizado a partir de la información producida por las estaciones que conforman la red de calidad del aire de propiedad del DAMA. La información analizada corresponde al año 2001. Como referencia para la precipitación se ha tomado la serie histórica (1972 – 2000) de la información producida en la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM.

PRECIPITACION: La distribución anual de la precipitación en la ciudad (Histórico), presenta un comportamiento Bimodal con máximos en los meses de abril y octubre y mínimos en enero y julio. Para el año 2001 la precipitación media de la Red del DAMA representó el 64% de la precipitación media multi-anual de la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM. Solo los meses de marzo y diciembre superaron ligeramente el promedio multi-anual y el mes de septiembre presentó un comportamiento normal. En los meses de abril y octubre, climatológicamente los más lluviosos de la ciudad, se presentaron anormalmente secos, hasta el punto de que en el mes de abril las precipitaciones solo alcanzaron el 20% del promedio multi-anual y en octubre el 28%.

En la figura N° 4.1 se compara el comportamiento de la precipitación promedio de la red del DAMA con los promedios de la serie histórica de la estación Aeropuerto El Dorado. La figura N° 4.2 representa la distribución horaria de la precipitación en tres estaciones de la Red: Universidad El Bosque (norte de la ciudad), Universidad Nacional (centro de la ciudad) y Sony Music (Sur-occidente de la ciudad). El mapa N° 4.1 representa las isoyetas para el presente año.

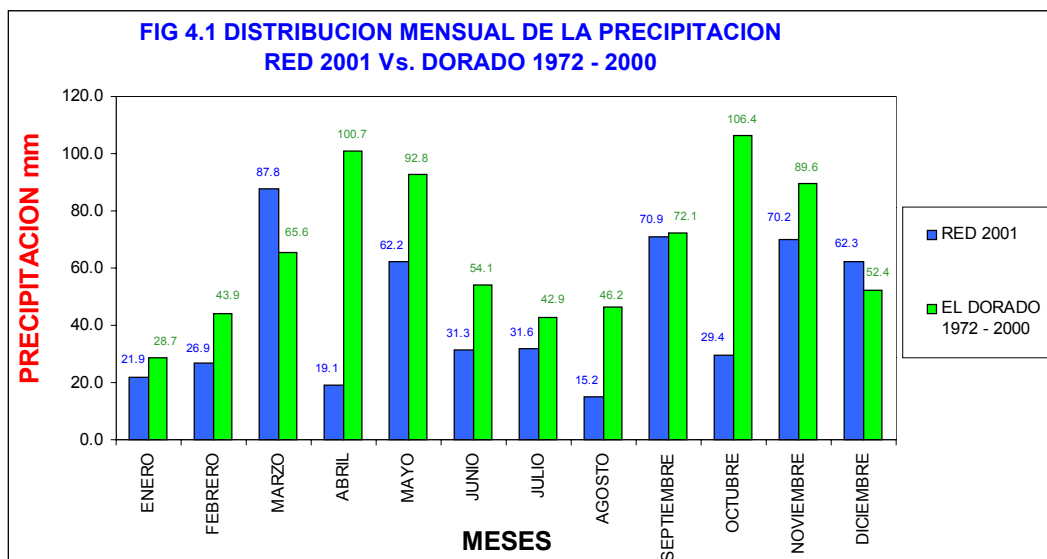
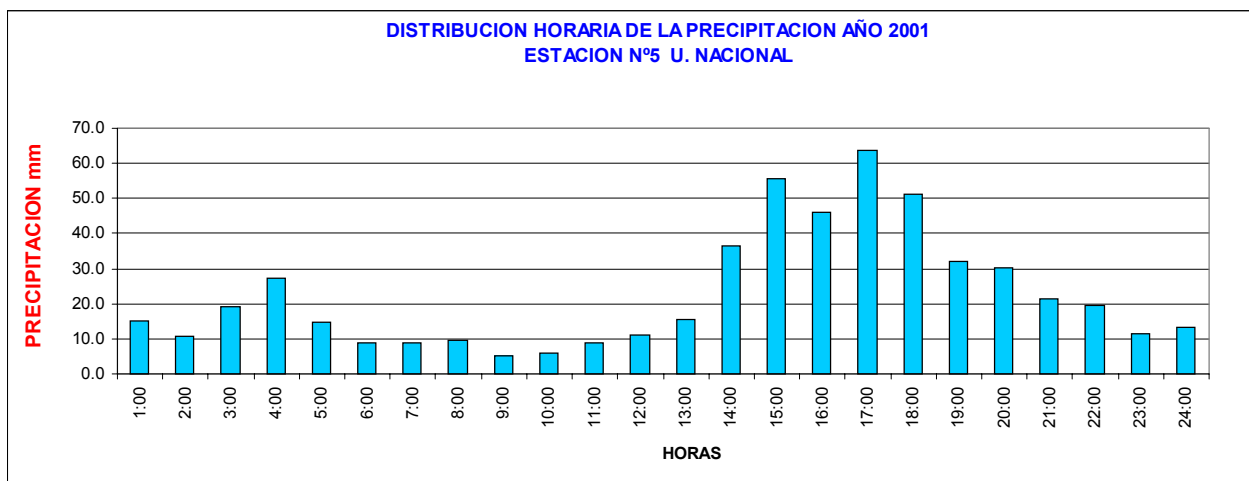
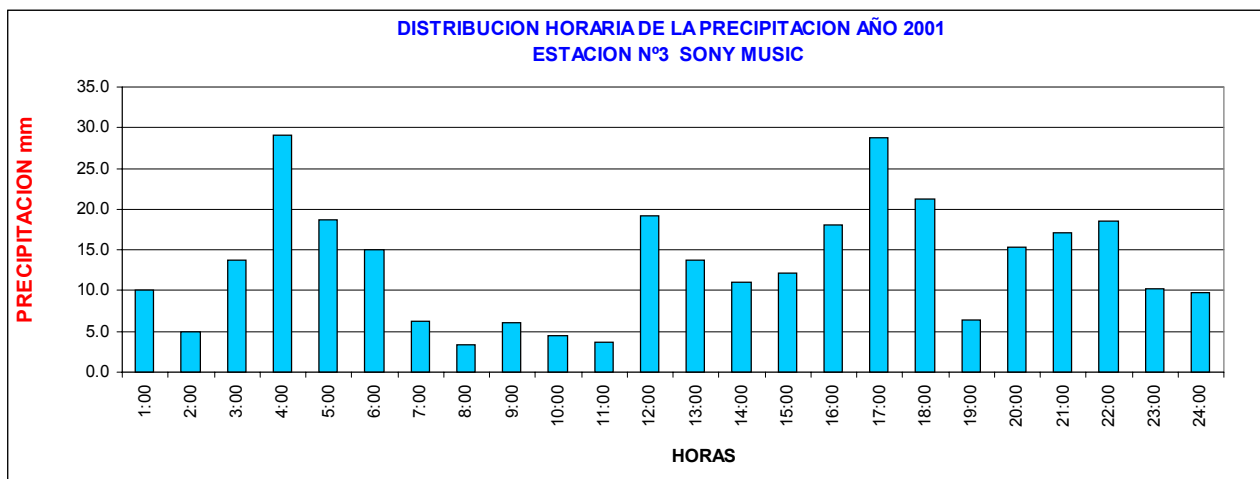
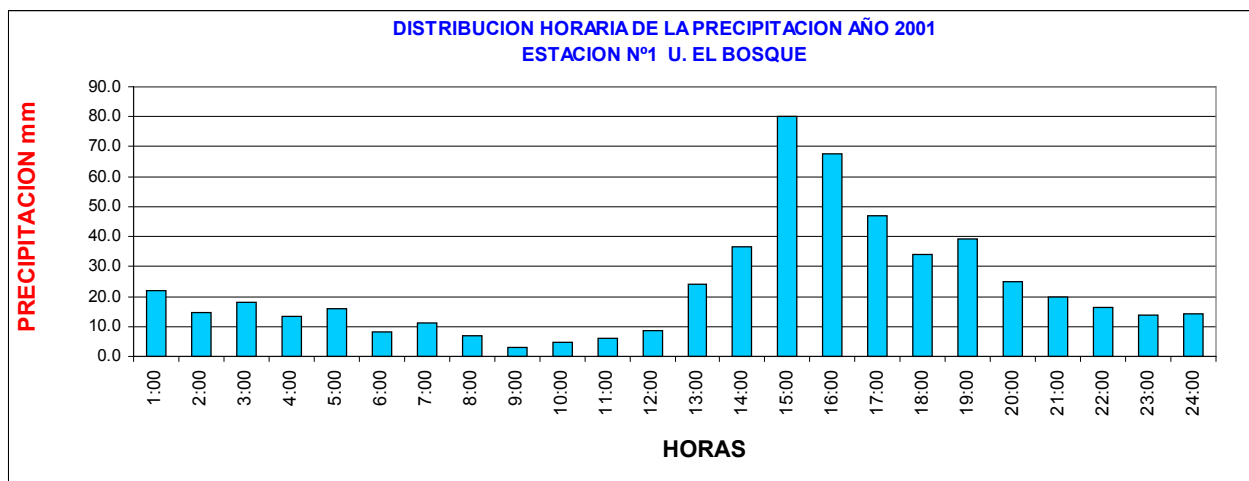
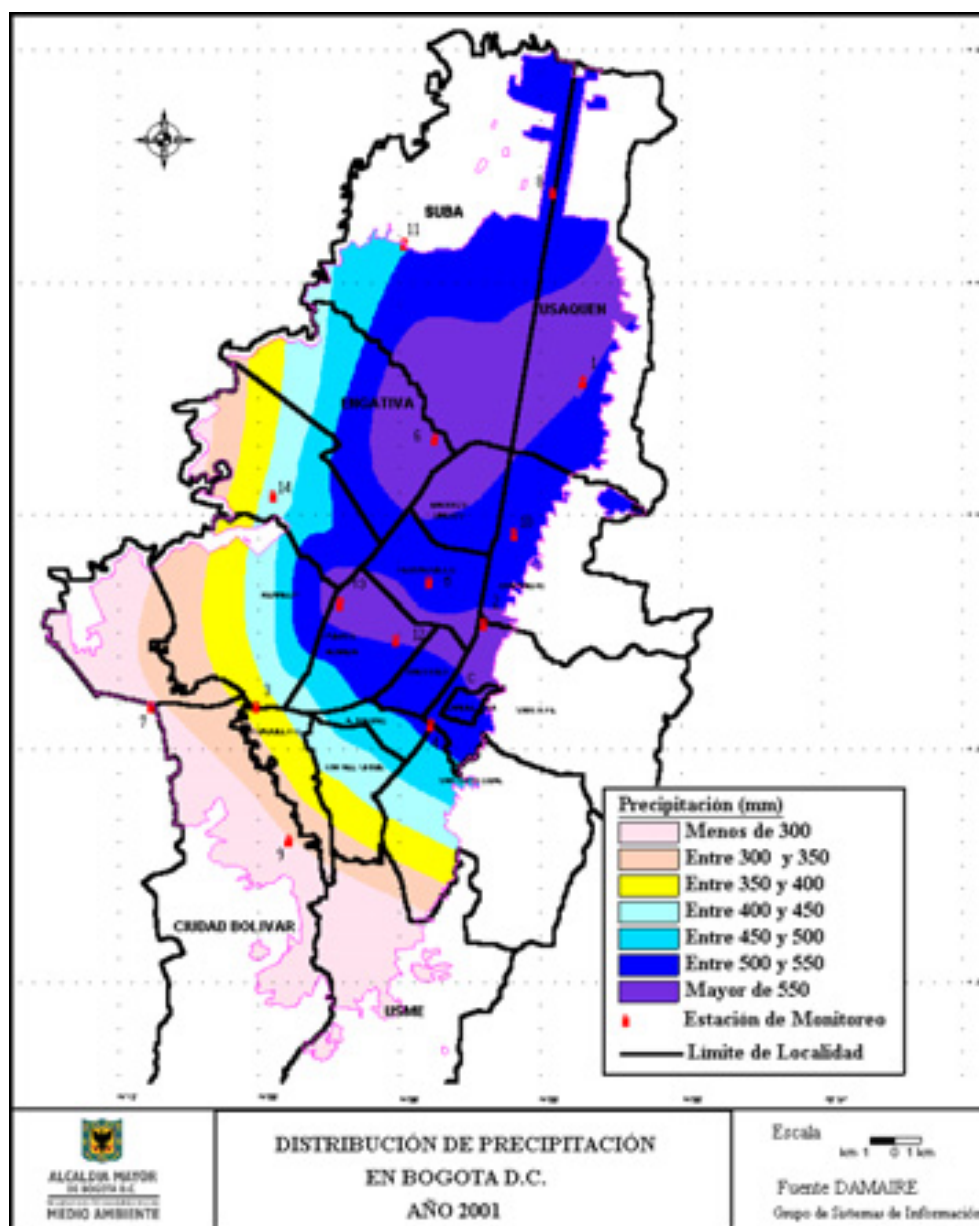


FIG. N° 4.2 DISTRIBUCION HORARIA DE LA PRECIPITACION PARA EL AÑO 2001 EN LAS ESTACIONES U. EL BOSQUE, SONY Y U. NACIONAL



MAPA 4.1 ISOYETAS AÑO 2001



Las precipitaciones horarias sobre el área de la ciudad se presentan principalmente en las horas de la tarde y noche, con escasas precipitaciones en las horas de la mañana (7 – 12 horas), período en que generalmente se presentan las máximas concentraciones de los contaminantes.

VIENTOS EN SUPERFICIE: Las figuras N° 4.3 a 4.5 representan las rosas de los vientos de cada una de las estaciones que conforman la red del DAMA para el año 2001. En ellas se puede observar que en la mayoría de las estaciones de la Red, la dirección del viento presentó componente del E (este) y en cuatro de ellas la dirección predominante presentó componente del S (sur). En el mapa N° 4.2 se presenta la circulación predominante del viento para el año 2001, en el cual se

puede apreciar un punto de confluencia centrado entre las estaciones Carrefour Calle 80, U Nacional, Merck y Fontibón, coincidente con un máximo de temperatura y un valor alto de precipitaciones. En las estaciones MMA y Universidad Santo Tomás se registraron el mayor número de calmas (velocidades inferiores a 0.5 m/s), con 88% y 77% de las observaciones, respectivamente. En la estación Fontibón (nor-occidente de la ciudad) no se registraron velocidades inferiores a 0.5 m/s (calmas). Durante los meses de febrero, junio, julio y agosto se registraron las velocidades promedios más altas y en enero, marzo, mayo y diciembre, las más bajas.

En general la velocidad del viento se puede considerar como débil, con máximos en las horas del medio día y mínimos en las primeras horas del día; en la figura N° 4.6 se representa la variación diurna de la velocidad del viento en 5 estaciones localizadas en un trancecto norte-sur de la ciudad.

FIG. 4.3 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 1, 2, 3 Y 4

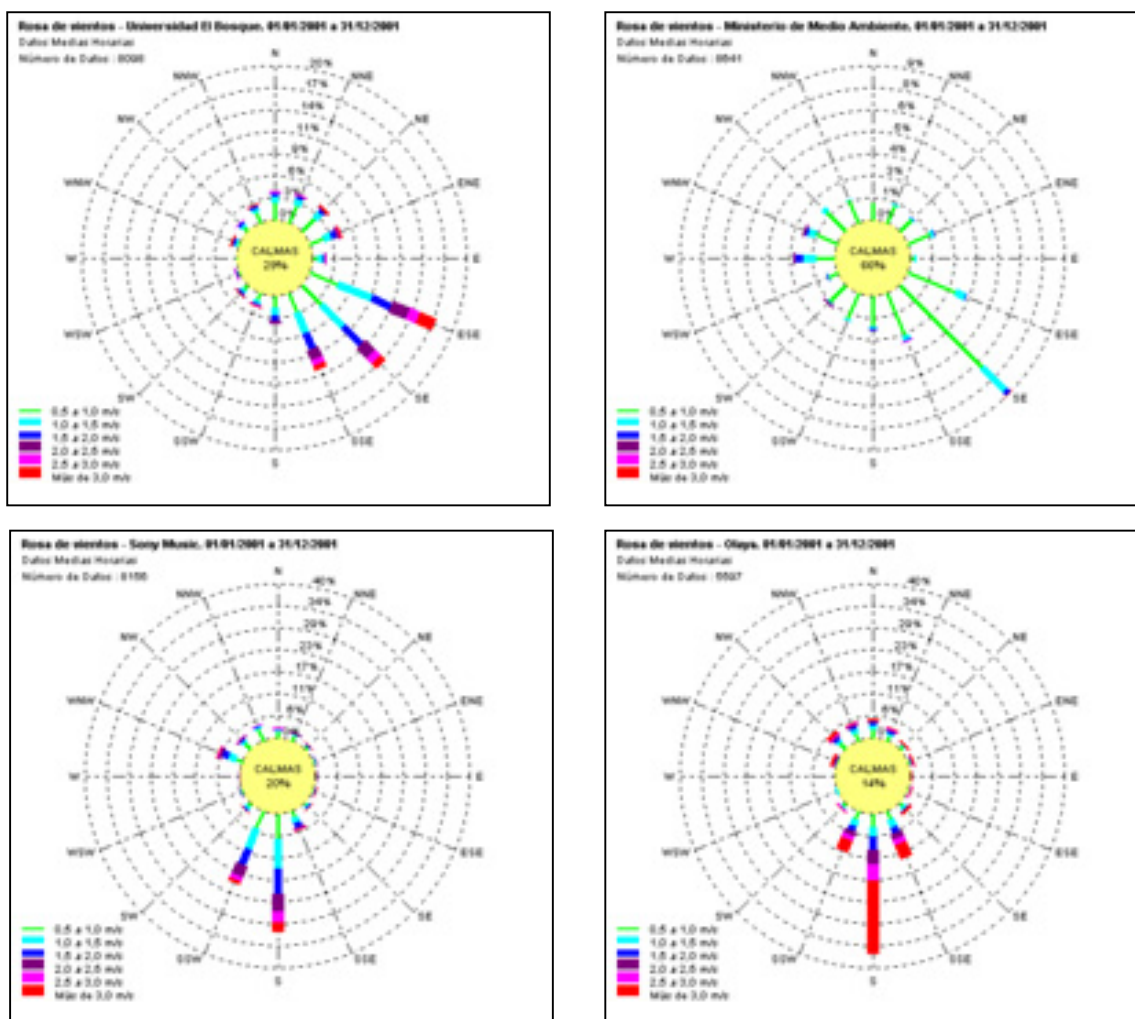


FIG. 4.4 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 5, 6, 7, 8, 9 Y 10

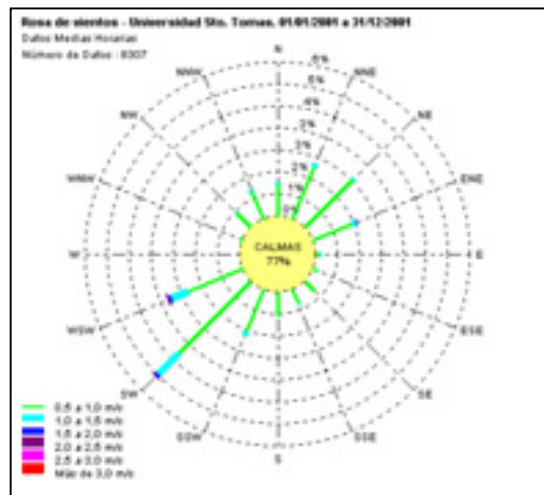
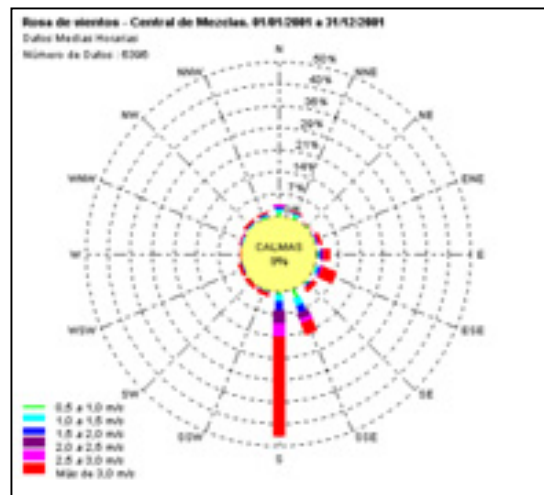
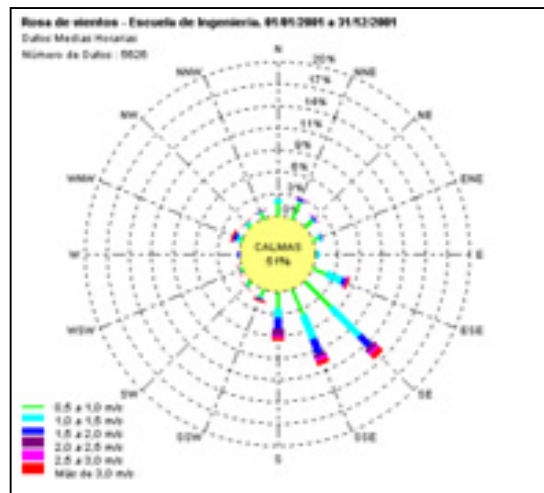
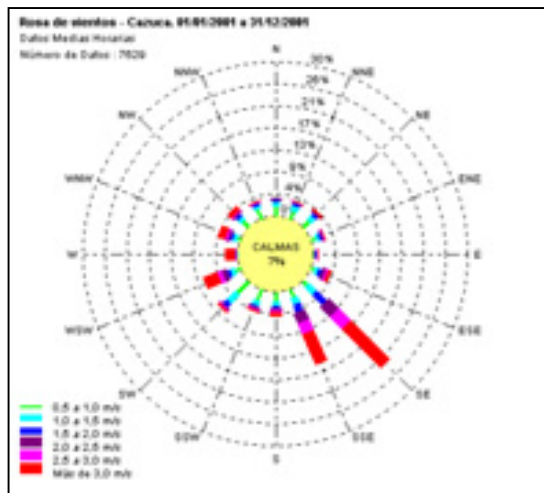
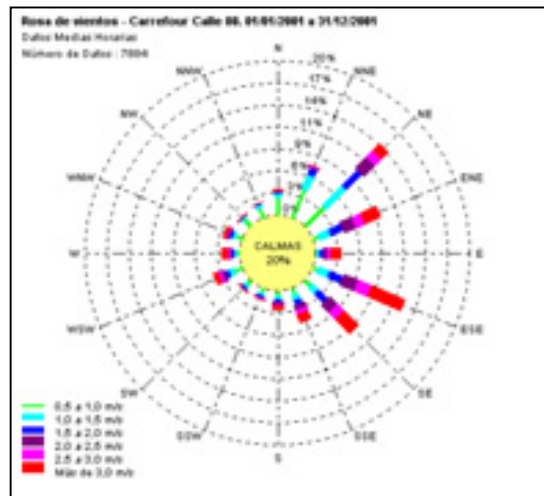
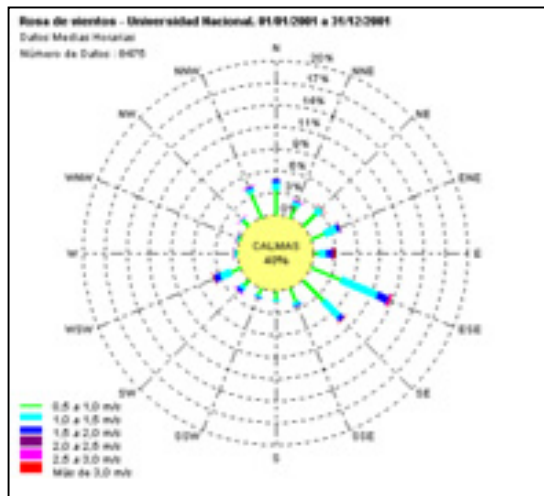


FIG. 4.5 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 11, 12, 13 Y 14

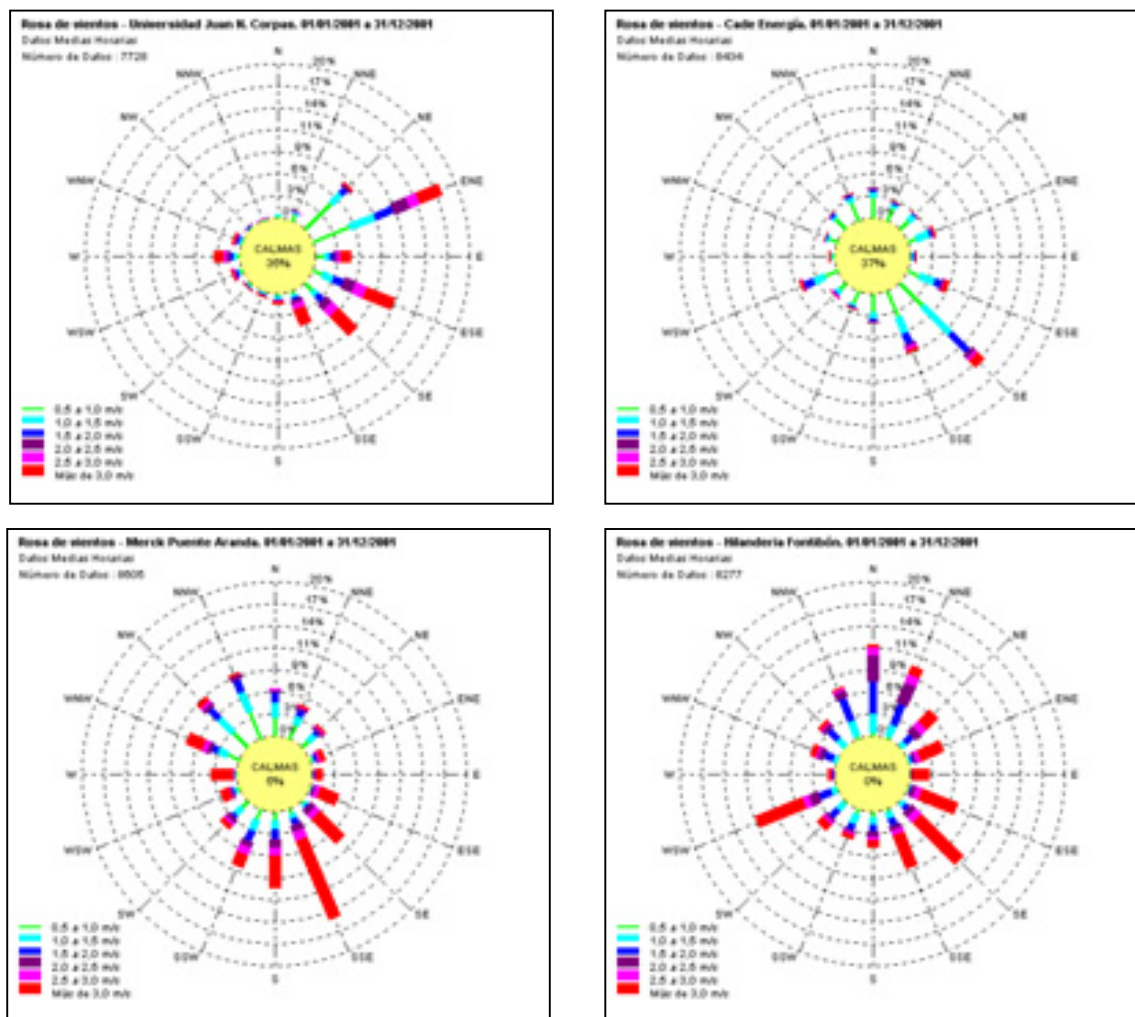
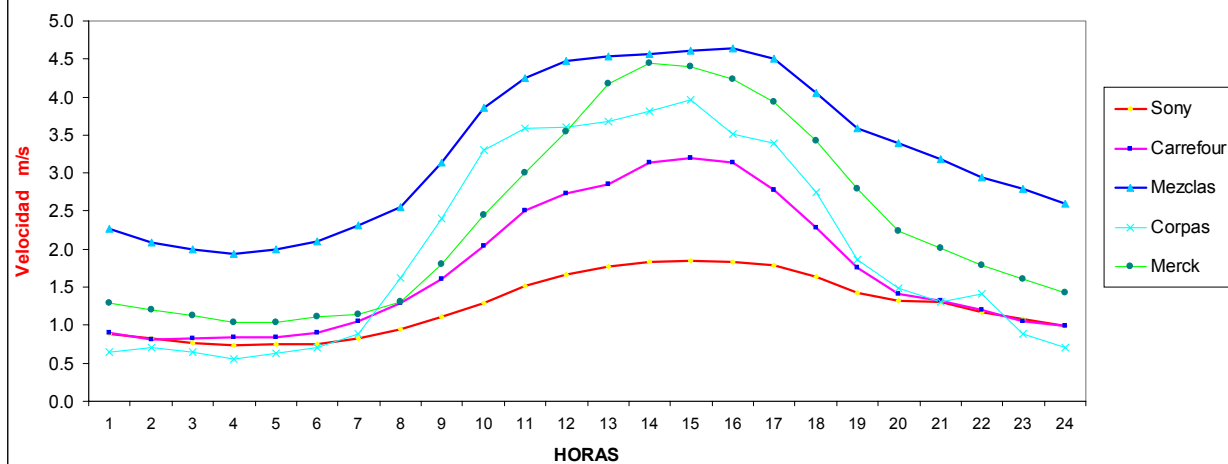
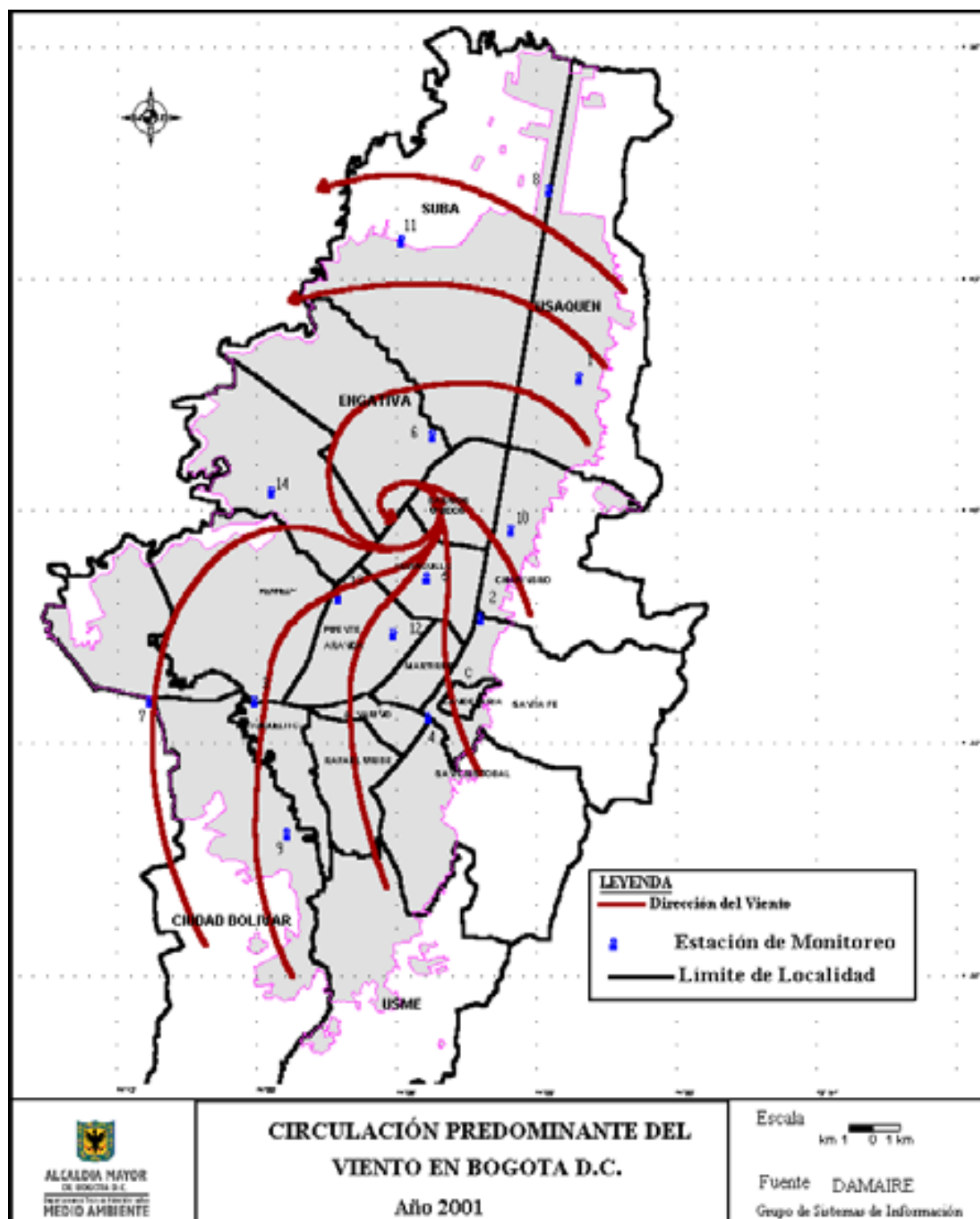


FIG. 4.6 VARIACION HORARIA DEL VIENTO PARA EL AÑO 2001



MAPA 4.2 CIRCULACION PREDOMINANTE DEL VIENTO



En la tabla N° 4.1 se presentan los promedios mensuales, el promedio anual y los máximos anuales en cada una de las estaciones de la Red y la fecha en que estos máximos ocurrieron.

TABLA N° 4.1 - VELOCIDAD DEL VIENTO AÑO 2001														PROMEDIO		MAXIMO	
VIENTOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		ANUAL		ANUAL	FECHA
U. EL BOSQUE	1.1	1.8	0.1	1.2	0.9	1.1	1.1	1.3	1.0	1.1	0.7	0.8		1.1		6.1	04-Feb-01
MMA	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4		0.5		3.9	08-Ago-01
SONY	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.7	1.5	2.3	1.3	1.2	0.8	1.0		1.3		8.1	24-Sep-01
H. CLAYA	1.6	1.8	2.0	1.9	2.0	2.7	2.6	2.6	F.S	F.S	F.S	F.S		2.2		18.9	08-Ago-01
U. NACIONAL	0.6	0.7	0.5	0.7	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6	0.5		0.7		4.6	23-Oct-01
CARREFOUR	1.6	2.2	1.7	2.1	1.5	2.1	2.0	1.9	1.6	1.3	1.6	1.0		1.7		15.6	14-Ene-01
CAZUÇA	2.2	2.1	1.8	2.0	2.2	2.3	2.2	2.5	2.0	2.6	1.9	2.0		2.2		17.7	06-Ene-01
ESC. ING	F.S	F.S	0.1	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	1.0	0.5	0.7		0.7		7.2	06-Oct-01
MEZCLAS	2.2	4.4	0.1	4.1	3.1	4.3	3.7	2.5	3.1	3.3	1.8	0.1		3.3		11.0	08-Feb-01
U. STO. TOMAS	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4		0.4		2.4	04-Ene-01
CORPAS	0.9	1.6	1.4	1.7	1.5	1.9	1.7	1.7	1.4	1.5	1.2	0.9		1.5		7.2	24-Sep-01
CADE	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	1.1	1.7	1.5	0.6	0.6		0.9		5.7	28-Sep-01
MERCK	1.9	2.2	1.8	2.2	2.0	2.7	2.8	3.3	2.6	2.7	2.2	2.1		2.4		9.9	08-Feb-01
FONTIBON	2.7	3.0	2.5	2.8	2.5	3.0	3.1	3.4	2.7	2.7	2.6	2.6		2.8		11.3	08-Feb-01
PROMEDIO MES	1.4	1.7	1.3	1.6	1.4	1.8	1.7	1.8	1.5	1.6	1.2	1.1					
PROMEDIO RED														1.5			

TEMPERATURA EN SUPERFICIE: El comportamiento de la temperatura media de la ciudad es similar en todos los meses del año, para cada una de las estaciones. Los valores máximos absolutos de la temperatura superaron los 25 °C, especialmente en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre, y la mínima absoluta registrada fue de -3.2 °C en el mes de enero.

Las figuras N° 4.7 y 4.8 presentan las temperaturas máximas y mínimas mensuales registradas en las estaciones Central de Mezcla (sur de la ciudad) y Escuela de Ingeniería (norte de la ciudad), por ser las estaciones más representativas. En la tabla N° 4.2 se muestran las temperaturas medias mensuales, máxima absoluta, mínima absoluta mensual y anual de las estaciones que registraron este parámetro en el presente año.

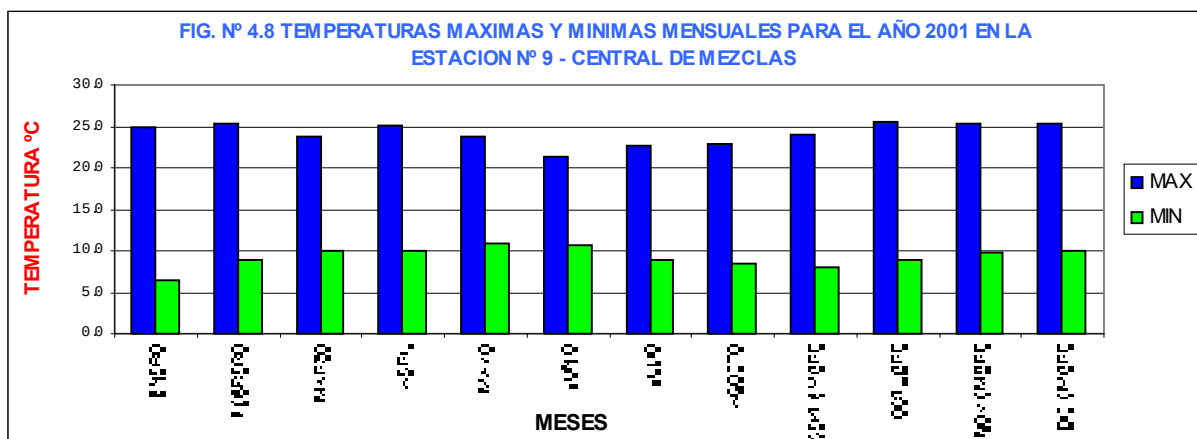
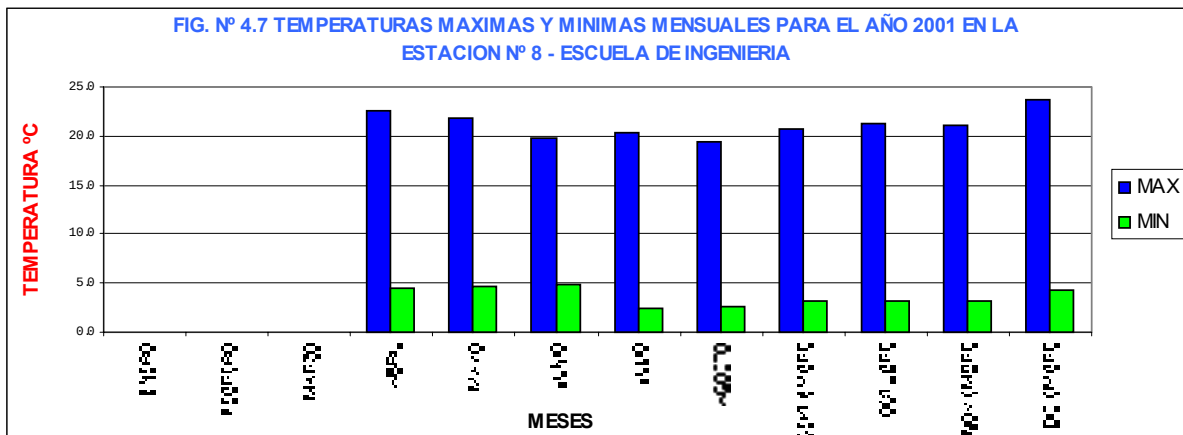


TABLA N° 4.2 TEMPERATURAS AÑO 2001

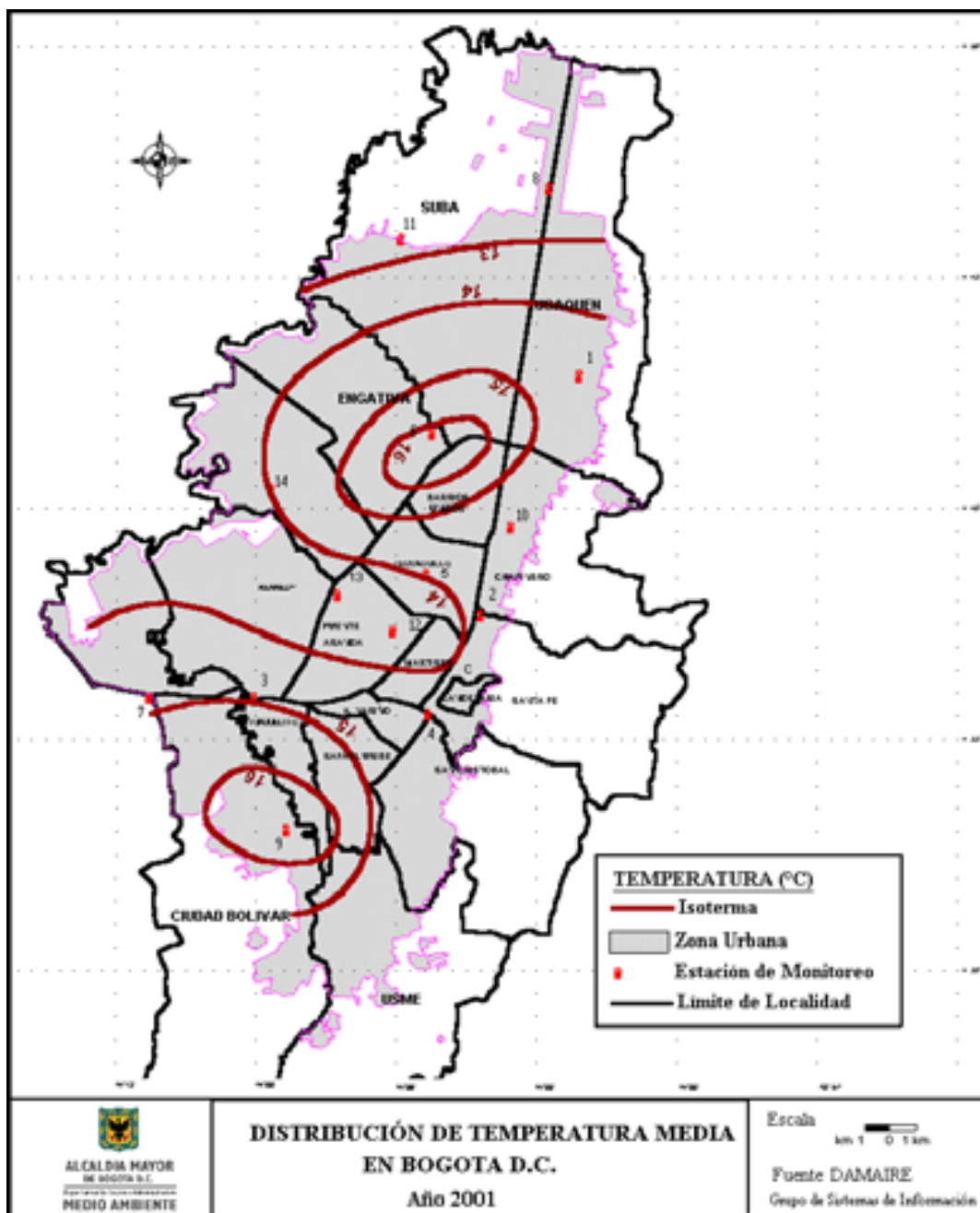
T° 2m	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CORPAS	9.7	10.6	F.S	13.2	13.8	13.1	13.2	13.1	13.3	F.S.	13.8	14.1
MEZCLAS	15.7	16.1	16.3	16.8	16.6	15.5	15.7	15.5	15.9	17.2	16.9	17.4
ESC.ING	F.S	F.S.	D.I	12.9	13.2	12.3	11.9	12.1	12.2	13.2	12.9	13.4
CARREFOUR	15.1	15.8	15.9	16.6	16.5	15.6	15.6	15.4	15.6	16.4	16.1	16.5
MERCK	13.7	14.3	14.6	14.9	14.9	14.0	14.2	14.0	14.1	15.1	14.7	15.0
FONTIBON	13.1	13.8	14.0	14.4	14.3	13.6	13.7	13.6	13.5	14.4	14.1	14.3
PROMEDIO MES	13.5	14.1	15.2	14.8	14.9	14.0	14.1	14.0	14.1	15.3	14.8	15.1
MAX. ABSOLUTO	25.0	25.4	25.9	25.2	23.8	21.8	22.6	22.8	24.1	25.6	25.3	25.4
MIN. ABSOLUTO	-3.2	0.6	8.5	4.4	4.6	4.8	2.4	2.6	2.6	3.2	3.2	4.2

ESTACIONES	PROMEDIO ANUAL	MAXIMO		MINIMO	
		ANUAL	FECHA	ANUAL	FECHA
CORPAS	12.8	24.0	12-Dic-01	-3.2	30-Ene-01
MEZCLAS	16.3	25.6	19-Oct-01	6.5	30-Ene-01
ESC.ING	12.7	23.7	12-Dic-01	2.4	25-Jul-01
CARREFOUR	15.9	25.9	13-Mar-01	5.6	03-Ene-01
MERCK	14.5	22.7	21-Abr-01	6.1	04-Ene-01
FONTIBON	13.9	21.8	21-Abr-01	4.8	03-Ene-01

14.3 PROMEDIO RED

El mapa N° 4.3 representa las isotermas medias para el año 2001, en el cual se puede apreciar dos núcleos calientes: uno en el sur de la ciudad y otro en el sector de Carrefour - Calle 80, estos se presentan en forma permanente, lo que nos indica la existencia de dos islas de calor, la de Carrefour - Calle 80 coincidente con un punto de confluencia de los vientos y un valor alto de precipitaciones.

MAPA 4.3 ISOTERMAS AÑO 2001



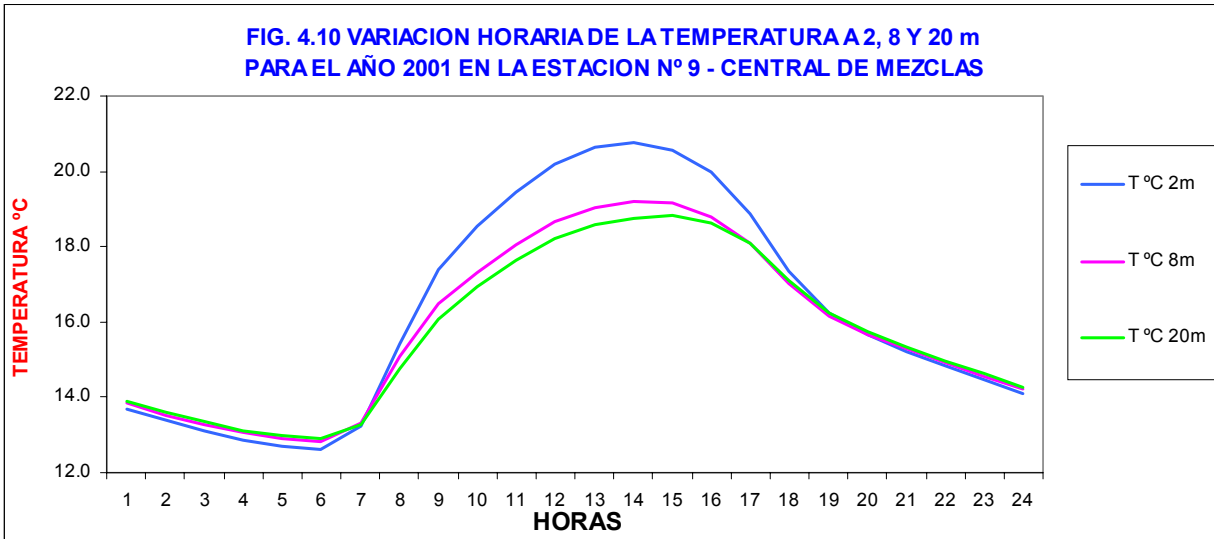
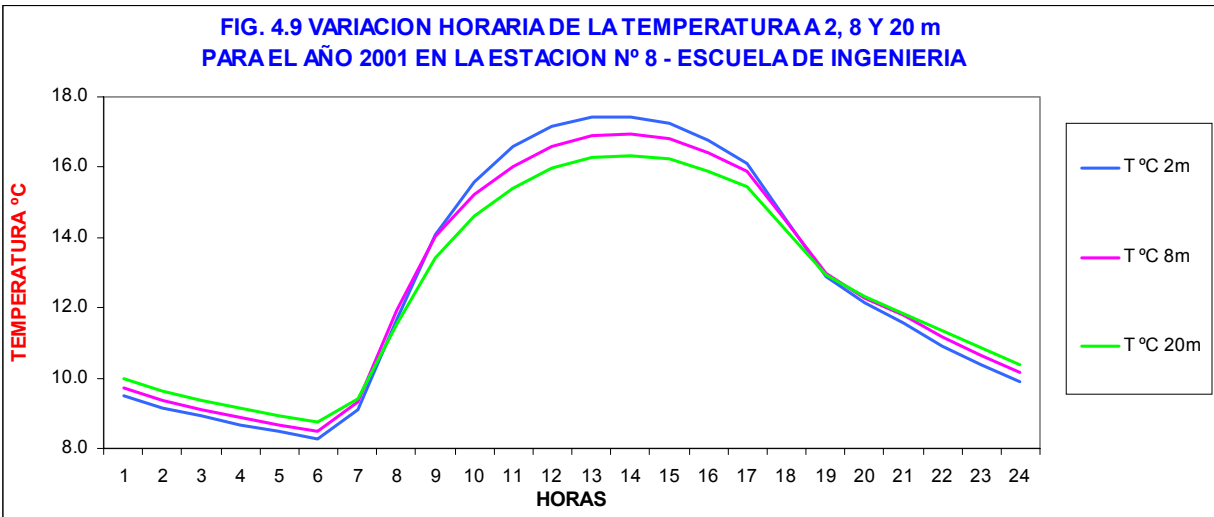
INVERSIONES TERMICAS: Las Inversiones se producen cuando por encima de la superficie del terreno, la temperatura del aire aumenta con la altura. Las Inversiones se presentan generalmente durante la noche y primeras horas de la mañana, debido al calentamiento diurno y posterior enfriamiento de la superficie de la tierra. Generalmente las inversiones van acompañadas de velocidades débiles del viento, por lo tanto representan periodos de tiempo donde está limitada la dispersión horizontal y vertical de los contaminantes. Las Inversiones Térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de los contaminantes, porque reducen el volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se diluyen. Los principales factores que influyen en la dispersión de los contaminantes son la velocidad y dirección horizontal del viento y la estructura vertical de la atmósfera (estabilidad atmosférica)

Las tablas N° 4.3 y 4.4 muestran el número de horas en las cuales se presentaron inversiones térmicas de superficie en el año 2001, en las estaciones Escuela de Ingeniería (norte de la ciudad) y Central de Mezclas (sur de la ciudad), elaboradas con base en los datos de los sensores de temperatura colocados a 2 y 20 metros de altura. Generalmente la inversión se inicia a las 7 de la noche y termina a las 7 de la mañana (las gráficas N° 4.9 y 4.10 muestran esta circunstancia); esta condición implica que por la noche y madrugada, a pesar de disminuir la actividad industrial y el tráfico vehicular, se dificulta la dispersión de los contaminantes emitidos durante el día.

TABLA N° 4.3 HORAS CON INVERSIONES TERMICAS DESDE SUPERFICIE PARA EL AÑO 2001 - ESTACION N° 8 - ESCUELA DE INGENIERIA		
	N° DATOS	N° INVERSIONES
ENERO	D	
FEBRERO	D	
MARZO	D	
ABRIL	622	235
MAYO	667	237
JUNIO	565	223
JULIO	687	305
AGOSTO	470	174
SEPTIEMBRE	492	184
OCTUBRE	535	190
NOVIEMBRE	718	282
DICIEMBRE	549	195
TOTAL	5305	2025

TABLA N° 4.4 HORAS CON INVERSIONES TERMICAS DESDE SUPERFICIE PARA EL AÑO 2001 - ESTACION N° 9 - CENTRAL DE MEZCLAS		
	N° DATOS	N° INVERSIONES
ENERO	744	269
FEBRERO	595	138
MARZO	309	121
ABRIL	593	215
MAYO	717	321
JUNIO	476	175
JULIO	451	163
AGOSTO	724	237
SEPTIEMBRE	666	290
OCTUBRE	553	222
NOVIEMBRE	527	202
DICIEMBRE	616	207
TOTAL	6971	2560

De acuerdo con los pronósticos del IDEAM, la altura de la Capa de Mezcla varía en promedio entre 200 metros (a las 5 horas) y 1200 metros (a las 17 horas), y la estabilidad se presenta como convectiva entre las 8 y las 16 horas (en promedio); en el resto del día se presenta estabilidad.

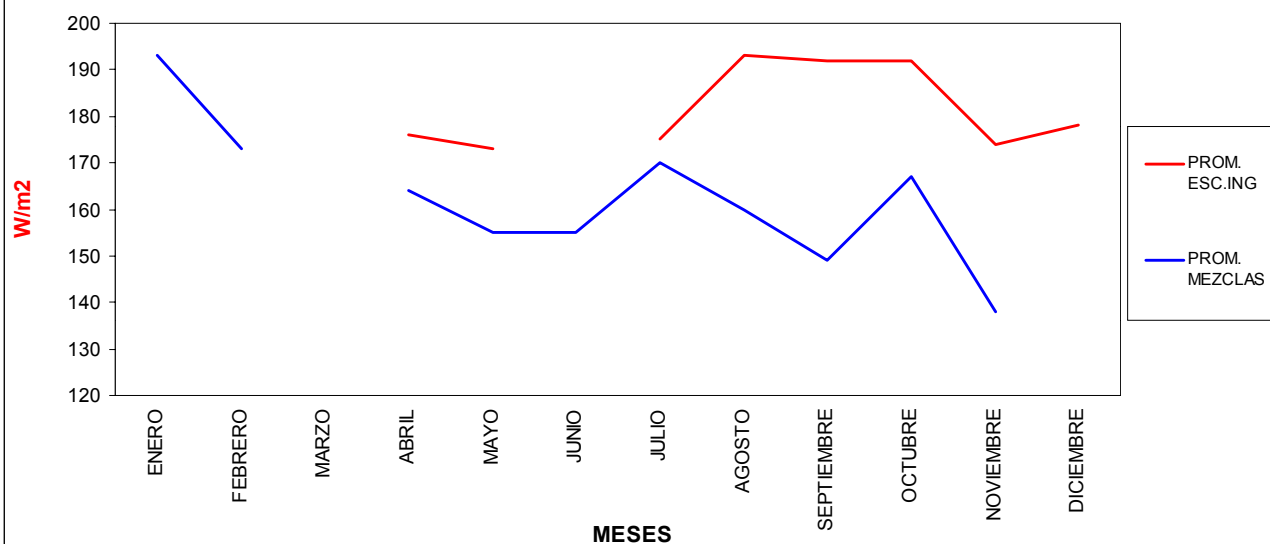


RADIACION :

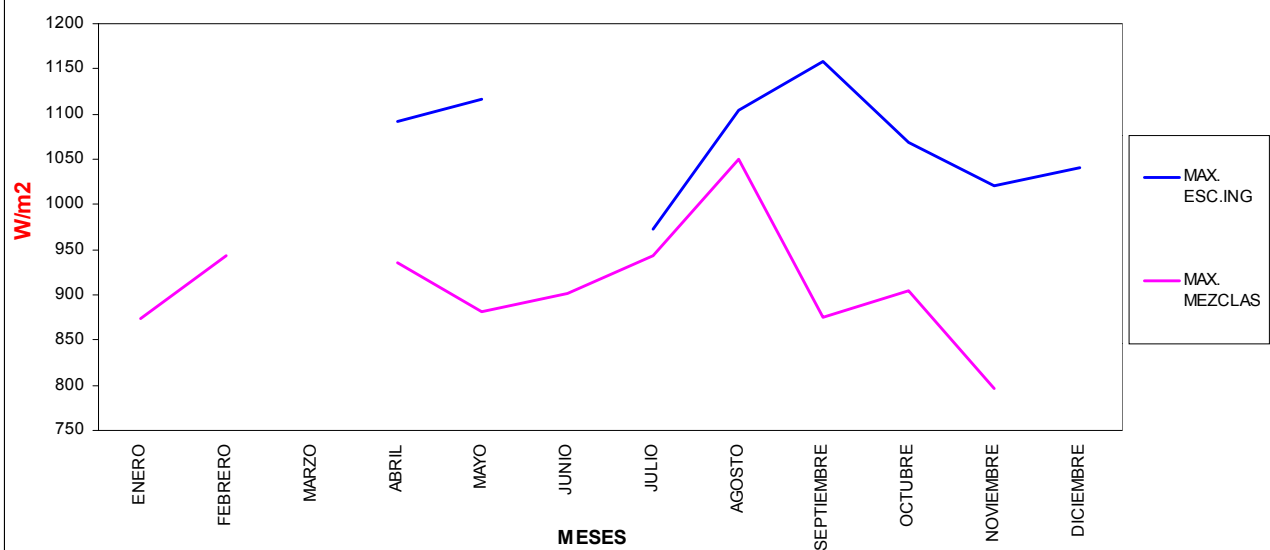
Este parámetro solo se mide en las estaciones Central de Mezclas (sur de la ciudad) y Escuela de Ingeniería (norte de la ciudad).

En la figura N° 4.11 se presentan los valores medios y en la figura 4.12 se presentan los máximos mensuales de la radiación solar global para el año 2001.

**FIG. 4.11 RADIACION ESTACIONES METEOROLOGICAS
PROMEDIOS MENSUALES DE 2001**



**FIG. 4.12 RADIACION ESTACIONES METEOROLOGICAS
MAXIMOS MENSUALES DE 2001**



5 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

5.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando los paquetes estadísticos S-PLUS y SAS, trasladando los archivos de Excel a cada uno de estos paquetes después de una adecuada depuración.

5.1.1 Conceptos Estadísticos del Informe

Denotemos por $x_1, x_2, \dots, x_n$ las medidas de cierto contaminante tomadas durante un cierto período de tiempo. Las tablas de distribución de frecuencias que aparecen en el informe proporcionan información sobre medidas de localización y dispersión de las medidas. Entre las medidas de localización es útil calcular alguna medida de centralización. De estas últimas, la más importante es la media. Las otras medidas de localización que se presentan son algunos percentiles. La medida de dispersión más importante es la desviación estándar.

La Media es la suma de las observaciones dividida por el número de datos. Es decir

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

La Desviación Estándar es una medida de variabilidad basada en las desviaciones de las medidas respecto de la media.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}.$$

Los Percentiles son valores que nos proporcionan información sobre la distribución de las medidas a través del conjunto de datos. El percentil p es el valor x tal que la proporción p de datos es menor o igual que x . Por ejemplo, cuando decimos que el percentil 25 de las medidas de NO_2 tomadas en la estación Universidad El Bosque en el 2001 es 3, estamos diciendo que el 25% de las medidas tomadas son menores o iguales que 3. El percentil 75 para el mismo conjunto de datos es 11. Esto significa que el 75% de los datos es menor o igual que 11.

En forma alternativa se analizaron las condiciones meteorológicas predominantes (velocidad del viento, dirección del viento y precipitación) cuando ocurrieron las 10 concentraciones máximas para los contaminantes de mayor interés (PM₁₀, NO₂, O₃) en cada una de las estaciones. Estas concentraciones se refieren a los registros puntuales tomados directamente de la base de datos y no a los promedios que se utilizan para otro tipo de evaluaciones (**ver anexo N° 1 – Máximos Horarios**)

5.2 ESTADÍSTICAS DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

PARAMETRO	SO ₂	CO	NO _x	O ₃	PM ₁₀
Distribución Frecuencia, Horaria		*	*	*	
Distribución Frecuencia, 8-h		*		*	
Distribución Frecuencia, 3-hr	*				
Distribución Frecuencia, 24-h	*		*		*
Maximo horario		*	*	*	
Maximo promedios de 3-h	*				
Maximo promedios de 8-h		*		*	
Maximo promedios de 24-h	*		*		*
Promedio aritmético anual	*		*		*
Desviación standard valores de 1-h		*	*	*	
Porcentaje datos disponibles, 1-h		*	*	*	
Porcentaje datos disponibles, 3-h promedios	*				
Porcentaje datos disponibles, 8-h promedios		*		*	
Porcentaje datos disponibles, 24-h promedios	*		*		*

5.3. Análisis de los resultados del procesamiento estadístico de los datos de calidad del aire

5.3.1 Porcentaje de Datos Disponibles (PDD)

En general, el porcentaje de datos disponibles para el análisis, comparado con el máximo número de registros que se pueden obtener, es representativo del cubrimiento de los periodos de monitoreo específicos para cada contaminante. Solo en algunos pocos casos el porcentaje de datos disponibles fue inferior al 50%. Esta situación ocurrió para las estaciones y contaminantes relacionados a continuación:

Estación	Contaminante	PDD
Cazucá	NO ₂	48
U. El Bosque	PST	41
Olaya	CO	21

Se destaca que en las siguientes estaciones el PDD fue igual o mayor al 90%

CONTAMINANTES

ESTACIONES

PM ₁₀	Corpas, Fontibón, Sony, MMA, Cade, Merck
SO ₂	Fontibón, MMA, Nacional, U. Santo Tomás, Cade, Merck
NO ₂	Fontibón, MMA, Nacional, U. Santo Tomás, Cade
CO	Fontibón, Merck
O ₃	Nacional

En el anexo N° 2 - Resumen Estadístico, se puede observar por estación el porcentaje de datos disponibles (PDD) de los registros horarios para los diferentes analizadores.

5.3.2 Concentraciones máximas

La ocurrencia y la magnitud de las concentraciones máximas de contaminantes son útiles para identificar violaciones de las normas y detectar, con base en la ubicación geográfica de las estaciones, los sectores más afectados por el deterioro de la calidad del aire. Las concentraciones máximas en toda la red, se presentaron así en el 2001:

Contaminante	Sector	Estación	Concentración	Norma
PM ₁₀	Sur-occidente	Sony	223,2 µg/m ³	170 µg/m ³ -24h
SO ₂	Centro-occidente	Cade	105,7 ppb	546 ppb-3h
	Sur-occidente	Sony	71,1 ppb	141 ppb-24h
NO ₂	Centro	U. Nacional	179 ppb	168 ppb-1h
	Sur-occidente	Sony	111,7 ppb	121 ppb-24h
CO	Centro	MMA	14,7 ppm	39 ppm-1h
	Centro	MMA	10,7 ppm	11ppm-8h
O ₃	Centro	MMA	196 ppb	83 ppb-1h
	Sur-occidente	Cazucá	110,4 ppb	65 ppb

Se observa, en los datos citados, que las máximas concentraciones de contaminantes ocurren en los sectores sur-occidental y central de la ciudad. En las áreas de influencia de las estaciones MMA y Sony Music tienen lugar el mayor número de concentraciones máximas de contaminantes.

5.3.3 Percentiles

El análisis de los resultados del procesamiento estadístico de los datos de la Red para el año 2001 se presente enseguida. La síntesis de los datos se puede consultar en el Anexo N° 3 - Distribución de frecuencias.

- PM₁₀:** En las tres estaciones ubicadas en el nor-occidente de la ciudad (Carrefour Calle 80, Universidad Corpas, Fontibón) por lo menos el 5% de los datos supera el 75% de la norma para 24 horas. Esta situación también se presenta en las estaciones Merck y Sony Music. El sector de la ciudad que muestra las concentraciones más bajas de partículas es el Norte, en donde más del 99% de los datos es inferior al 50% de la norma.
- SO₂:** La distribución de frecuencias de las concentraciones de SO₂, tanto para 3 como para 24 horas, indica que únicamente en la estación Sony Music se alcanza una máxima que supera el 50% de la norma diaria y el número de datos correspondientes a este nivel es menor al 1% del total. De otra parte, el 99% de los registros de la concentración en 3 horas es inferior al 15% de la norma.
- NO₂:** En las estaciones Sony Music, MMA y Universidad Nacional, al menos el 1% de los datos muestran concentraciones superiores al 50% de la norma horaria, pero en las demás estaciones de la red el 99% de los registros es inferior a éste nivel de referencia. Una situación similar ocurre con respecto a las concentraciones diarias para las cuales, a excepción de los registros de la estación Sony Music, el 99% de los datos no supera el 50% de la norma correspondiente.
- CO:** El 99% de los datos de la concentración horaria es inferior al 26% de la norma. Las concentraciones para el periodo de 8 horas son, en general, mayores que las registradas para una hora. La máxima concentración para 8 horas ocurrió en MMA y se encuentra menos de un 3% por debajo del límite permitido.
- O₃:** La estación Hospital Olaya fue el único sitio en donde no se presentaron concentraciones mayores a la norma horaria. A su vez, también Hospital Olaya y Universidad Corpas constituyeron las dos estaciones en donde no se excedió la norma para 8 horas. La distribución de frecuencias indica que al menos el 1% de los datos horarios superan el 40% de la norma horaria y este porcentaje es mayor para la norma de 8 horas alcanzado un 45% del límite correspondiente.

5.3.4 Excedencias

El análisis de excedencias se realiza con el fin de mostrar el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes analizados en la Red frente a las normas vigentes para la ciudad de Bogotá. Los datos que se utilizan para este análisis se pueden consultar en la tabla 5.1 SÍNTESIS DE RESULTADOS. De otra parte se indica la excedencia del 50% de la norma puesto que se considera este valor como una referencia adecuada para identificar el porcentaje de datos que supera este nivel.

TABLA 5.1 SINTESIS DE RESULTADOS ANUAL - RED AIRE DAMA - AÑO DE 2001

PARTICULAS PM-10 - 24 HORAS (µg/m3)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	6409	0	0.00	0	0.00	84	0.49	29
ESC. ING.	4421	0	0.00	31	0.70	90	0.58	< AL AÑO
	10830	0	0.00	31	0.29			
CARREFOUR	7644	20	0.27	2676	35.01	190	1.12	78
CORPAS	8171	31	0.38	3125	38.25	215	1.26	81
FONTEBON	8186	91	1.11	4396	53.82	205	1.21	91
	23981	150	0.63	10196	42.52			
OLAYA	5476	0	0.00	31	0.57	91	0.54	D.L.
C. MEZCLAS	3952	7	0.18	731	18.50	177	1.04	< AL AÑO
	9427	7	0.07	762	8.08			
SONY	8099	160	1.98	3132	38.67	223	1.31	86
CAZUCA	7689	3	0.04	1627	20.12	172	1.01	62
	15688	163	1.04	4859	29.79			
MMA	8512	0	0.00	218	2.56	122	0.72	49
NACIONAL	8714	0	0.00	534	6.16	160	0.94	< AL AÑO
U. TOMAS	7737	0	0.00	106	1.36	132	0.78	37
	21963	0	0.00	857	3.90			
CADÉ	8310	0	0.00	765	9.21	144	0.85	54
MERCK	8413	190	2.26	4368	51.92	218	1.28	93
	16723	190	1.14	5133	30.69			
TOTAL	96612	510	0.52	21638	21.84			

PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES - 24 HORAS (µg/m3)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	3955	0	0.00	0	0.00	109	0.32	< AL AÑO
	3955	0	0.00	0	0.00			
SONY	4762	0	0.00	2286	48.01	336	0.99	< AL AÑO
CAZUCA	5190	24	0.46	1285	24.75	362	1.06	< AL AÑO
	9952	24	0.24	3571	35.88			
CADÉ	5613	0	0.00	510	9.09	251	0.74	< AL AÑO
	5613	0	0.00	510	9.09			
TOTAL	19520	24	0.12	4981	20.91			

SO2 - 3 HORAS (ppb)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	3769	0	0.00	0	0.00	92	0.17	50
	3769	0	0.00	0	0.00			
CARREFOUR	6239	0	0.00	0	0.00	34	0.06	9
CORPAS	4897	0	0.00	0	0.00	31	0.06	6
FONTEBON	8282	0	0.00	0	0.00	91	0.17	9
	19218	0	0.00	0	0.00			
OLAYA	5044	0	0.00	0	0.00	27	0.05	D.L.
	5044	0	0.00	0	0.00			
SONY	6863	0	0.00	0	0.00	134	0.25	16
CAZUCA	7427	0	0.00	0	0.00	71	0.13	17
	14090	0	0.00	0	0.00			
MMA	8219	0	0.00	0	0.00	30	0.05	4
NACIONAL	8299	0	0.00	0	0.00	69	0.13	9
U. TOMAS	8051	0	0.00	0	0.00	50	0.09	8
	24569	0	0.00	0	0.00			
CADÉ	8395	0	0.00	0	0.00	106	0.19	25
MERCK	7871	0	0.00	0	0.00	58	0.11	13
	16226	0	0.00	0	0.00			
TOTAL	82916	0	0.00	0	0.00			

SO2 - 24 HORAS (ppb)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	3817	0	0.00	0	0.00	42	0.38	
	3817	0	0.00	0	0.00			
CARREFOUR	6300	0	0.00	0	0.00	26	0.18	
CORPAS	4727	0	0.00	0	0.00	13	0.09	
FONTEBON	8328	0	0.00	0	0.00	31	0.22	
	19355	0	0.00	0	0.00			
OLAYA	5236	0	0.00	0	0.00	13	0.09	
	5236	0	0.00	0	0.00			
SONY	6772	0	0.00	0	0.00	65	0.46	
CAZUCA	7481	0	0.00	0	0.00	44	0.31	
	14253	0	0.00	0	0.00			
MMA	8290	0	0.00	0	0.00	13	0.09	
NACIONAL	8334	0	0.00	0	0.00	26	0.18	
U. TOMAS	8080	0	0.00	0	0.00	26	0.18	
	24714	0	0.00	0	0.00			
CADÉ	8396	0	0.00	0	0.00	64	0.45	
MERCK	7876	0	0.00	0	0.00	24	0.17	
	16272	0	0.00	0	0.00			
TOTAL	82647	0	0.00	0	0.00			

NO2 - 1 HORA (ppb)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	4791	0	0.00	0	0.00	38	0.23	D.L.
ESC. ING.	5024	0	0.00	0	0.00	43	0.26	< AL AÑO
	9815	0	0.00	0	0.00			
CARREFOUR	5182	0	0.00	0	0.00	74	0.44	16
CORPAS	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.
FONTEBON	7527	0	0.00	0	0.00	66	0.39	14
	12719	0	0.00	0	0.00			
OLAYA	5137	0	0.00	10	0.19	119	0.71	D.L.
C. MEZCLAS	6063	0	0.00	2	0.04	118	0.78	< AL AÑO
	10200	0	0.00	12	0.12			
SONY	8011	0	0.00	336	5.59	138	0.82	49
CAZUCA	3052	0	0.00	0	0.00	84	0.58	D.L.
	9063	0	0.00	336	3.71			
MMA	8192	1	0.01	110	1.34	175	1.04	28
NACIONAL	8362	3	0.04	96	1.15	179	1.07	23
U. TOMAS	8024	0	0.00	27	0.34	121	0.72	30
	24578	4	0.02	233	0.95			
CADÉ	8134	0	0.00	0	0.00	74	0.44	9
MERCK	8234	0	0.00	10	0.16	120	0.71	99
	14368	0	0.00	10	0.07			
TOTAL	80743	4	0.00	591	0.73			

NO2 - 24 HORAS (ppb)

ESTACION	N° DATOS	N.EXC	% EXC	N.EXC +0.5	% EXC +0.5	MAXIMO	C.NORMA	ANUAL
BOSQUE	4838	0	0.00	0	0.00	21	0.17	
ESC. ING.	5035	0	0.00	0	0.00	20	0.17	
	9869	0	0.00	0	0.00			
CARREFOUR	5263	0	0.00	0	0.00	49	0.48	
CORPAS	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.
FONTEBON	7583	0	0.00	0	0.00	29	0.24	
	12846	0	0.00	0	0.00			
OLAYA	5313	0	0.00	0	0.00	40	0.33	
C. MEZCLAS	6096	0	0.00	0	0.00	27	0.22	
	10408	0	0.00	0	0.00			
SONY	8085	0	0.00	1138	18.70	112	0.93	
CAZUCA	3052	0	0.00	0	0.00	36	0.38	
	9137	0	0.00	1138	12.45			
MMA	8292	0	0.00	22	0.27	66	0.55	
NACIONAL	8372	0	0.00	18	0.22	66	0.55	
U. TOMAS	8087	0	0.00	0	0.00	56	0.46	
	24751	0	0.00	40	0.16			
CADÉ	8174	0	0.00	0	0.00	26	0.21	
MERCK	8338	0	0.00	0	0.00	38	0.31	
	14512	0	0.00	0	0.00			
TOTAL	81523	0	0.00	1178	1.44			

NOTA

N.EXC: NÚMERO DE DATOS QUE EXCEDEN LA NORMA

% EXC: PORCENTAJE DE DATOS QUE EXCEDEN LA NORMA

N.EXC+0.5: NÚMERO DE DATOS QUE EXCEDEN EL 50% DE LA NORMA

% EXC+0.5: PORCENTAJE DE DATOS QUE EXCEDEN EL 50% DE LA NORMA

MAXIMO: MÁXIMA CONCENTRACION

C.NORMA: RELACION ENTRE LA CONCENTRACION MÁXIMA Y LA NORMA

F.S.: FUERA DE SERVIDO

D.L.: DATOS INSUFICIENTES

< AL AÑO: LA ESTACION NO TIENE UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO

TABLA 5.1 SÍNTESIS DE RESULTADOS ANUAL - RED AIRE DAMA - AÑO DE 2001 (Continuación)

CO - 1 HORA (ppm)								CO - 8 HORAS (ppm)							
ESTACION	N° DATOS	N. EXC	% EXC	N. EXC > 0.5	% EXC > 0.5	MAXIMO	C/NORMA	ESTACION	N° DATOS	N. EXC	% EXC	N. EXC > 0.5	% EXC > 0.5	MAXIMO	C/NORMA
CORPAS	3993	0	0.00	0	0.00	4.5	8.12	CORPAS	3991	0	0.00	0	0.00	3.0	8.37
FONTIBON	8167	0	0.00	0	0.00	6.4	8.16	FONTIBON	8168	0	0.00	0	0.00	4.2	8.38
	12160	0	0.00	0	0.00				12159	0	0.00	0	0.00		
OLAYA	1434	0	0.00	0	0.00	9.2	8.34	OLAYA	1439	0	0.00	5	0.35	6.1	8.55
	1434	0	0.00	0	0.00				1439	0	0.00	5	0.35		
SONY	3999	0	0.00	0	0.00	8.4	8.32	SONY	4004	0	0.00	29	0.72	6.7	8.61
CAZUCA	6353	0	0.00	0	0.00	7.4	8.19	CAZUCA	6374	0	0.00	0	0.00	5.5	8.58
	10362	0	0.00	0	0.00				10378	0	0.00	29	0.28		
MMA	4611	0	0.00	0	0.00	14.7	8.38	MMA	4586	0	0.00	380	8.29	10.8	8.98
	4611	0	0.00	0	0.00				4586	0	0.00	380	8.29		
MERCK	7795	0	0.00	0	0.00	9.2	8.34	MERCK	7816	0	0.00	0	0.00	4.4	8.48
	7795	0	0.00	0	0.00				7816	0	0.00	0	0.00		
TOTAL	36352	0	0.00	0	0.00			TOTAL	36378	0	0.00	414	1.14		

O3 - 1 HORA (ppb)								O3 - 8 HORAS (ppb)							
ESTACION	N° DATOS	N. EXC	% EXC	N. EXC > 0.5	% EXC > 0.5	MAXIMO	C/NORMA	ESTACION	N° DATOS	N. EXC	% EXC	N. EXC > 0.5	% EXC > 0.5	MAXIMO	C/NORMA
CORPAS	5345	1	0.02	87	1.63	84	1.81	CORPAS	5337	0	0.00	204	3.82	60	8.92
FONTIBON	4844	12	0.25	221	4.56	131	1.58	FONTIBON	4840	5	0.10	348	7.19	72	1.11
	10189	13	0.13	308	3.02				10177	5	0.05	552	5.42		
OLAYA	4533	0	0.00	20	0.44	64	8.77	OLAYA	4589	0	0.00	18	0.39	40	8.62
	4533	0	0.00	20	0.44				4589	0	0.00	18	0.39		
SONY	5814	22	0.38	146	2.51	107	1.79	SONY	5828	1	0.02	215	3.69	65	1.08
CAZUCA	6190	91	1.47	720	11.62	166	2.88	CAZUCA	6212	197	3.17	1013	16.31	110	1.69
	12012	113	0.94	866	7.21				12040	198	1.64	1228	10.20		
MMA	7402	59	0.80	354	4.78	141	1.78	MMA	7573	16	0.21	555	7.33	96	1.32
NACIONAL	8222	46	0.56	301	3.63	158	1.98	NACIONAL	8227	28	0.34	569	6.92	89	1.37
	15624	105	0.67	725	4.70				15800	44	0.28	1124	7.11		
MERCK	7555	50	0.66	495	6.55	194	2.34	MERCK	7555	44	0.58	746	9.87	91	1.48
	7555	50	0.66	495	6.55				7555	44	0.58	746	9.87		
TOTAL	49913	281	0.56	2424	4.86			TOTAL	50141	291	0.58	3668	7.32		

PM₁₀: La excedencia de la norma diaria, considerando el conjunto de todas las estaciones de la red, fue del 0,52%. Las estaciones que presentaron los mayores porcentajes de excedencia de la norma fueron Merck (2,26%) y Sony Music (1,98%). En siete estaciones de la red (Universidad El Bosque, Escuela de Ingeniería, Hospital Olaya, MMA, Universidad Nacional, U. Santo Tomás y Cade) ningún dato excedió la norma.

En relación con la excedencia del 50% de la norma, la situación es bien diferente. El total de datos que excedieron el valor citado fue de 21638, que representan el 21,9% de los registros obtenidos durante el año. Universidad El Bosque fue la única estación de la red en donde no se excedió el 50% de la norma. En Fontibón y en Merck más de la mitad de los datos superaron la referencia. Otras estaciones con porcentajes altos de excedencia del 50% de la norma fueron: Carrefour Calle 80 (35%), Universidad Corpas (38,2%) y Sony Music (38,7%).

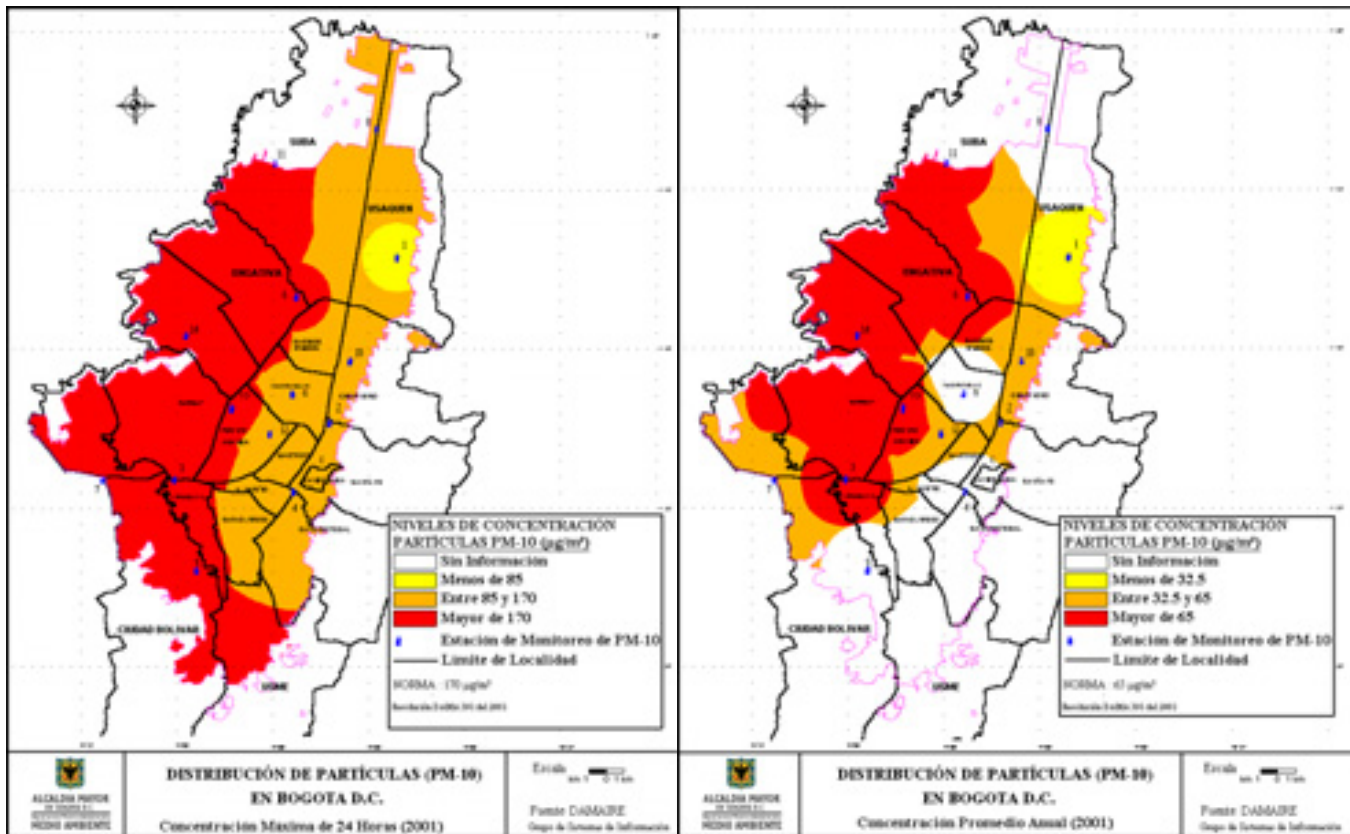
Por sectores, se observa el siguiente comportamiento: Los mayores porcentajes de excedencia de la norma ocurrieron en el occidente de la ciudad (centro-occidente y sur-occidente). De igual manera la excedencia del 50% de la norma fue también mayor en el sector occidental de la ciudad (norte- occidente, centro- occidente y sur- occidente).

En el mapa 5.1 se puede observar la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para las partículas menores a 10 micras (PM₁₀), para el año 2001.

El mapa 5.2 indica la variación espacial de la concentración de PM_{10} con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2001).

MAPA 5.1 PARTICULAS PM_{10} – 24 HORAS

MAPA 5.2 PARTICULAS PM_{10} – ANUAL



PST: La norma diaria fue excedida por el 0,12% de los datos, la totalidad de ellos correspondientes a la estación Cazucá. La excedencia del 50% de la norma fue del 20,9%, y en las estaciones Sony Music y Cazucá se presentaron los valores más altos: 48 y 24,7%, respectivamente.

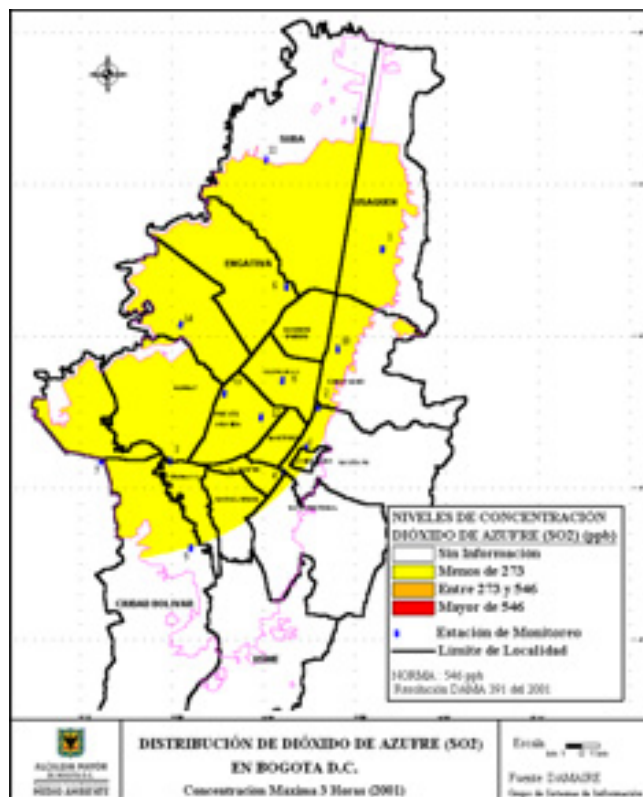
SO₂: En ninguno de las estaciones de la red se superó el 50% de la norma y, en consecuencia, tampoco se excedieron las normas para 3 y 24 horas, ni la norma anual.

El mapa 5.3 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 3 horas para dióxido de azufre (SO₂)

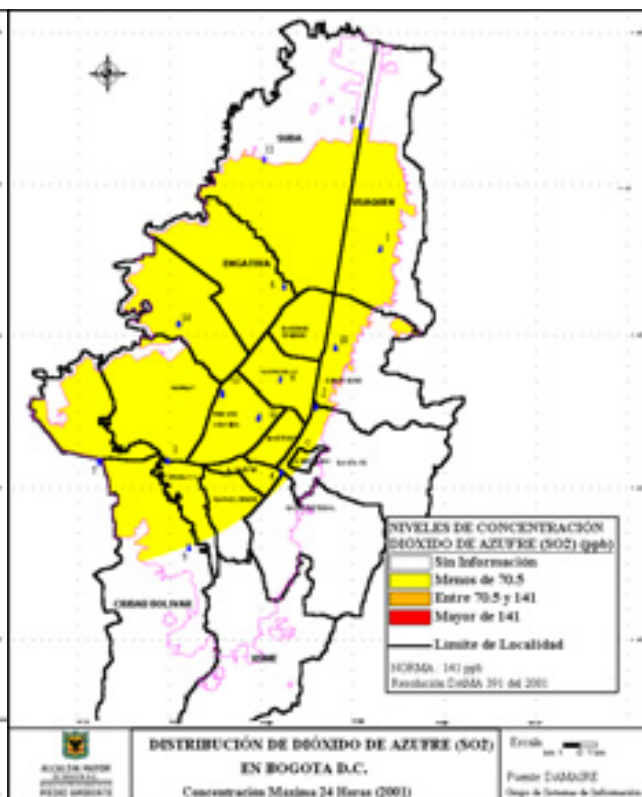
El mapa 5.4 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para dióxido de azufre (SO₂)

En el mapa 5.5 se indica la variación espacial de la concentración de SO₂ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2001).

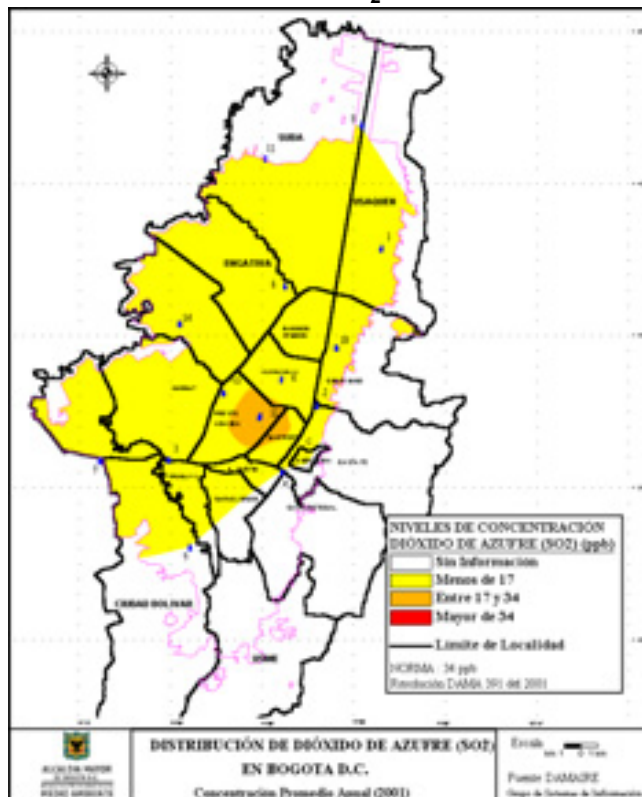
MAPA 5.3 SO₂ - 3 HORAS



MAPA 5.4 SO₂ - 24 HORAS



MAPA 5.5 SO₂ - ANUAL



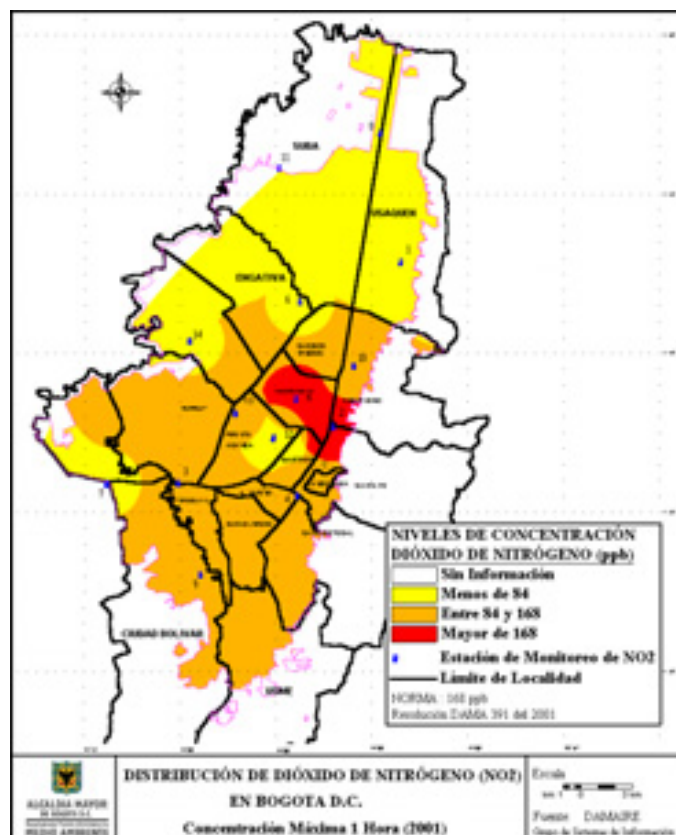
NO₂: La norma horaria de NO₂ se excedió tan sólo en 4 de los 80743 registros (0,005%). No obstante, el 0,73% de los datos superó el 50% de esta norma. Con respecto a la norma diaria el comportamiento fue similar: ningún dato la superó, pero el 1,44% de los mismos excedió el 50% de la norma. La norma anual no se excede en ninguna estación aunque en Universidad Nacional y en Sony Music se excede el 50% de este límite.

El mapa 5.6 es una representación espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para dióxido de nitrógeno (NO₂)

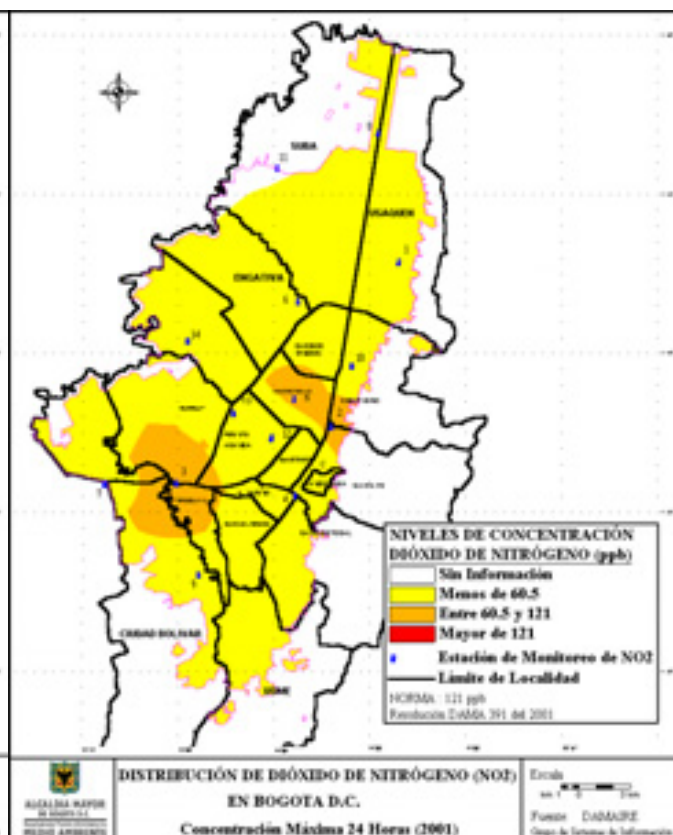
El mapa 5.7 es una representación espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para dióxido de nitrógeno (NO₂)

En el mapa 5.7 se indica la variación espacial de la concentración de NO₂ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2001).

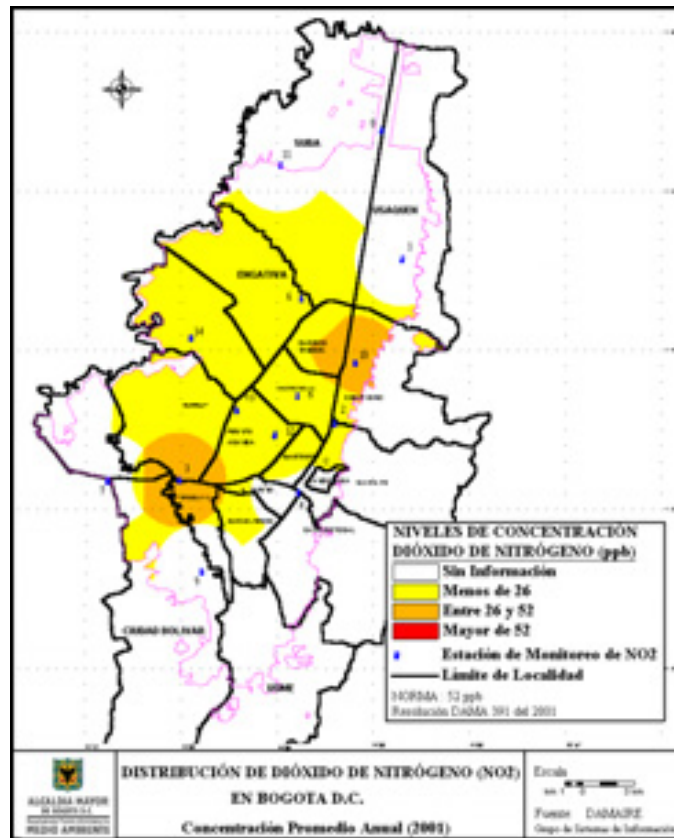
MAPA 5.6 NO₂ - 1 HORA



MAPA 5.7 NO₂ - 24 HORAS



MAPA 5.8 NO₂ - ANUAL



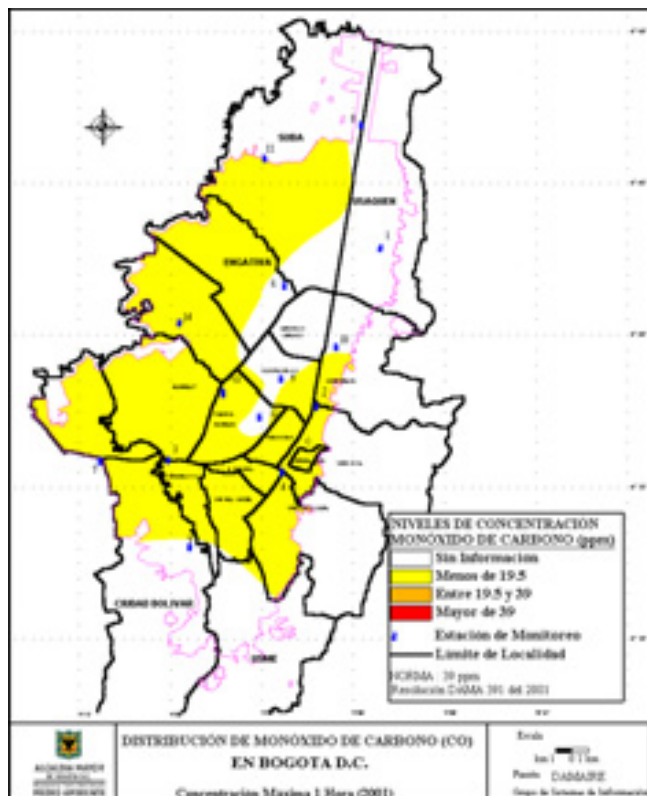
CO: En relación con este parámetro no se registró ningún dato que excediera la norma horaria, en la ciudad. La norma para ocho horas tampoco fue excedida en ningún sitio de la ciudad, aunque sí se presentó excedencia del 50% de la norma en un porcentaje de 1,14 con respecto al total de datos.

El mapa 5.9 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para monóxido de carbono (CO) y en el mapa 5.10 se representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 8 horas para monóxido de carbono (CO)

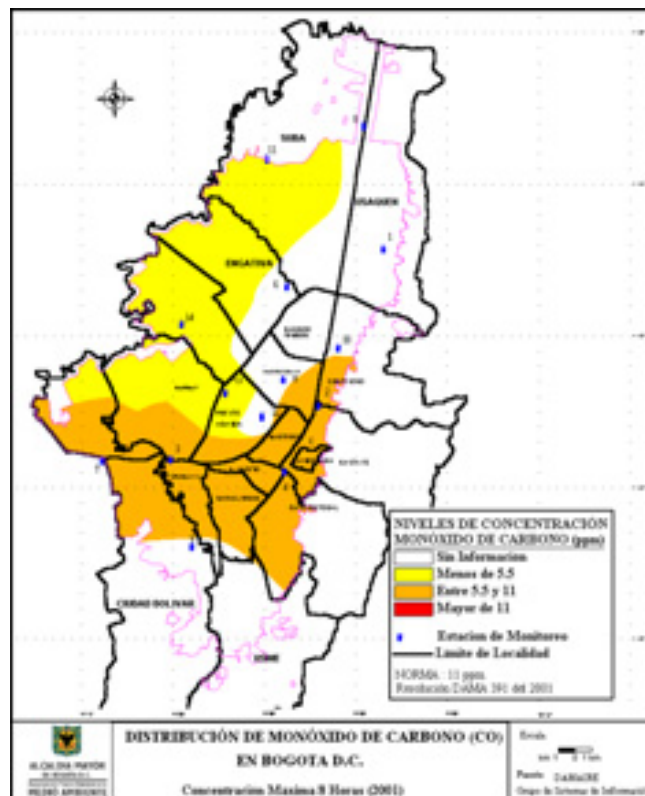
O₃: Los porcentajes de datos que excedieron las normas de ozono (horaria y para ocho horas) fueron muy similares: 0,56% y 0,58%, respectivamente. En relación con la excedencia del 50% de las normas, este valor fue más alto para la norma de ocho horas (7,3%) que para la norma horaria (4,86%). La estación Cazucá mostró los más altos porcentajes de excedencia de las normas (una y ocho horas) así como del 50% de las mismas.

El mapa 5.11 muestra la distribución espacial de las concentraciones máximas en 1 hora para el ozono (O₃) y en el mapa 5.12 se muestra la distribución espacial de las concentraciones máximas en 8 horas para el ozono (O₃)

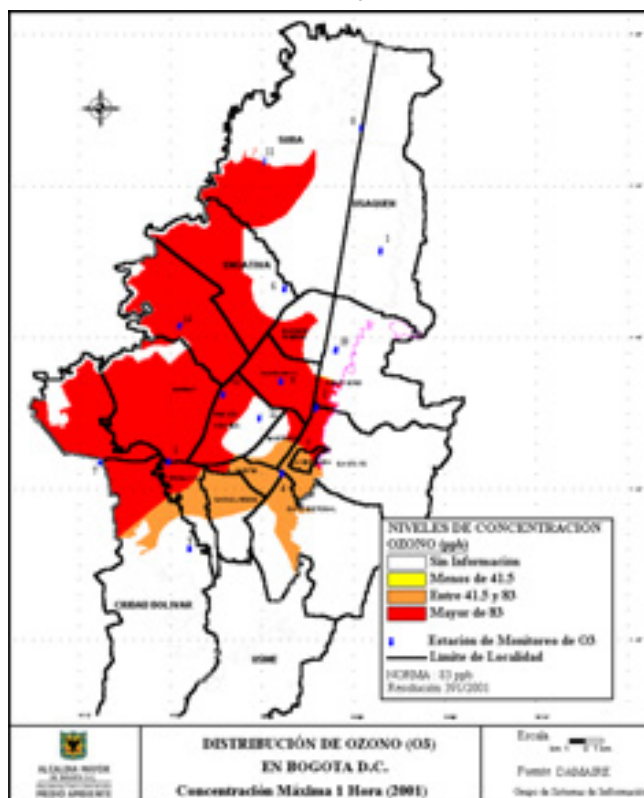
MAPA 5.9 CO - 1 HORA



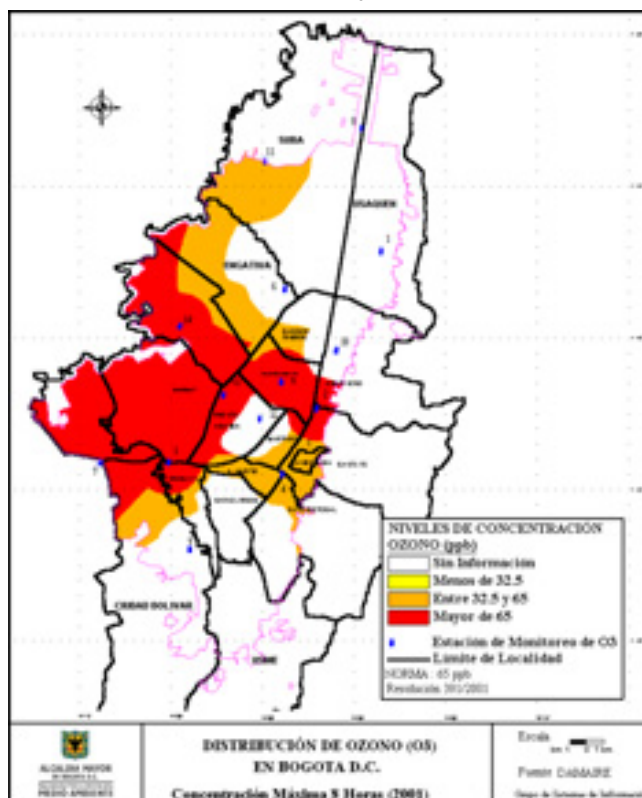
MAPA 5.10 CO - 8 HORAS



MAPA 5.11 O₃ - 1 HORA



MAPA 5.12 O₃ - 8 HORAS



5.4 HIDROCARBUROS

En esta sección del documento se presenta el análisis de los resultados obtenidos en relación con la concentración de hidrocarburos en la ciudad: metano, hidrocarburos no metánicos-HCNM, benceno, tolueno y formaldehído

TABLA N° 5.2 COMPORTAMIENTO HIDROCARBUROS - AÑO 2001

ESTACION	ESTADISTICOS	CH ₄ - METANO ppm	HCNM - NO METANO ppm	TOLUENO ppb	FORMALDEHIDO ppb	BENCENO ppb
ESCUELA DE INGENIERIA	N° DATOS	3501	3488	-	-	-
	Promedio	2.28	0.30	-	-	-
	Máximo	8.24	1.71	-	-	-
	Mínimo	0.11	0.03	-	-	-
	Desv. Estandar	0.61	0.17	-	-	-
CARREFOUR	N° DATOS	934	977	-	-	-
	Promedio	1.73	0.23	-	-	-
	Máximo	8.78	1.17	-	-	-
	Mínimo	0.01	0.01	-	-	-
	Desv. Estandar	1.30	0.16	-	-	-
HOSPITAL OLAYA	N° DATOS	-	-	2286	5026	4884
	Promedio	-	-	7.1	22.2	9.1
	Máximo	-	-	74.6	41.6	49.1
	Mínimo	-	-	0.1	2.0	1.4
	Desv. Estandar	-	-	6.3	4.8	2.6
SONY MUSIC	N° DATOS	0.00	0.00	-	-	-
	Promedio	F.S.	F.S.	-	-	-
	Máximo	F.S.	F.S.	-	-	-
	Mínimo	F.S.	F.S.	-	-	-
	Desv. Estandar	F.S.	F.S.	-	-	-
MMA	N° DATOS	-	-	3718	4912	5588
	Promedio	-	-	8.2	11.7	11.2
	Máximo	-	-	79.6	58.4	32.3
	Mínimo	-	-	0.2	0.6	0.1
	Desv. Estandar	-	-	6.4	7.6	7.4
F.S. Analizador fuera de servicio						
D.I. Datos Insuficientes						

5.4.1 Porcentaje de datos disponible - PDD

El PDD de la concentración de hidrocarburos es bajo y varió entre el 26 y el 64% aproximadamente. En virtud de lo anterior, la representatividad de la información también es baja pero de todas formas se considera útil incluir un comentario sobre el comportamiento observado.

5.4.2 Concentraciones máximas y promedio

- **Metano:** La concentración máxima de metano fue de 8,78 ppm y se detectó en Carrefour Calle 80 pero es muy similar al máximo registrado en Escuela de Ingeniería: 8,24 ppm. Por su parte, el valor promedio fue mayor en Escuela de Ingeniería (2,28 ppm) comparado con el de Carrefour Calle 80 que fue de 1,73 ppm.

- **Hidrocarburos no metánicos:** Se registró una concentración máxima de 1,71 ppm de HCNM, en Escuela de Ingeniería mientras que en Carrefour Calle 80 la máxima fue de 1,17 ppm.
- La máxima concentración registrada de **Tolueno** fue de 79.64 ppb, y se presentó en la estación MMA, mientras que en la estación Hospital Olaya alcanzó un máximo de 74.6 ppb.
- La máxima concentración registrada de **Formaldehído** fue de 58,4 ppb, y ocurrió en la estación MMA; éste valor cumple con la concentración de referencia (80 ppb) a la que según OMS se pueden detectar efectos.
- Para el **Benceno** se registró una máxima de 49,1 ppb en Hospital Olaya y concentraciones promedio entre 9,1 (estación Hospital Olaya) y 11,2 (estación MMA), estos valores son similares a los que se encuentran usualmente en el medio urbano (entre 1 y 10 ppb).

6 CONCLUSIONES

Con base en el comportamiento de las concentraciones de contaminantes detectadas y la distribución geográfica de las estaciones de la red, se presentan las siguientes conclusiones:

6.1 Partículas - PM_{10}

En la mitad de las estaciones de la red se obtuvieron registros de la concentración de PM_{10} que no cumplen la norma diaria. El nivel de excedencia alcanza valores cercanos al 30%, es decir, concentraciones que superan en un 30% a la máxima permitida. Esta situación se encuentra altamente focalizada en el sector occidental de la ciudad (norte, centro y suroccidente) y con menor incidencia en el sector sur. De otra parte, en los sectores centro y norte no se excedió la norma diaria en ninguna muestra.

Con respecto al promedio de las concentraciones anuales, en cinco de las diez estaciones que tienen datos suficientes para calcular este valor, no se cumple la norma. El nivel de excedencia alcanza cerca del 30% con respecto al límite establecido.

6.2 Dióxido de azufre- SO_2

Ninguna de las muestras analizadas en las estaciones de la Red excedió las concentraciones máximas permisibles para 3 horas, para 24 horas ni para el promedio anual. En consecuencia, este contaminante puede estar en una prioridad inferior de control al requerido para el material particulado.

6.3 Dióxido de nitrógeno- NO_2

Los registros de concentraciones superiores a la norma horaria se presentaron en las estaciones Universidad Nacional y MMA. El nivel de excedencia es del orden del 6.5% con respecto a la máxima concentración permitida. Las concentraciones diarias registradas no superaron la norma diaria en ninguna estación de la red. La máxima concentración se detectó en Sony Music (sur-occidente) y es inferior en 7.4% a la norma.

Este contaminante adquiere importancia, desde el punto de vista de la necesidad de la reducción de las emisiones en los sectores central y sur-occidental de la ciudad.

6.4 Monóxido de carbono - CO

Ninguna muestra superó el valor permisible para los períodos de evaluación normalizados que son de una y ocho horas. No obstante, en la estación MMA (centro), la máxima concentración registrada para 8 horas fue apenas inferior en 1.8% a la norma. En este mismo sitio (MMA) ocurrió la concentración horaria más alta de monóxido de carbono de toda la ciudad (14,7 ppm) inferior al 50% de la norma, que es de 39 ppm.

6.5 Ozono-O₃

Este es un contaminante crítico en la ciudad debido a que, exceptuando la estación Olaya, en los demás sitios en donde se mide su concentración se detectaron registros superiores a los permitidos. Se destaca que, por ejemplo, en MMA y Cazucá, las máximas concentraciones horarias exceden la norma en más de dos veces.

BIBLIOGRAFÍA

R. E. Munn y H. Rodhe. 1990. Química Atmosférica y Meteorología de la Contaminación del Aire. Nota Técnica N° 364 de la OMM – Ginebra, Suiza

Wark, K., Warner, C.F. 1992. *Contaminación del aire. Origen y control*. Editorial Limusa. México, D.F.

Ministerio de Salud. 1982. *Decreto 02 sobre emisiones atmosféricas*. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 1995. *Decreto 948/95, Res.898/95, Res. 1351/95, Res.005/96*.

<http://www.dama.gov.co>



RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB

INFORME ANUAL, 2002

TABLA DE CONTENIDO

MENSAJE DE LA DIRECCIÓN

INTRODUCCIÓN

I. INFORMACIÓN GENERAL

CONFIGURACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE
OPERATIVIDAD DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE

II. METEOROLOGÍA

PRECIPITACIÓN
VIENTOS
TEMPERATURA
INVERSIONES TERMICAS
RADIACIÓN SOLAR

III. ESTADO ACTUAL DE CALIDAD DEL AIRE

PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES – PST
PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS – PM₁₀
MONÓXIDO DE CARBONO – CO
DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO₂
DIÓXIDO DE AZUFRE – SO₂
OZONO – O₃

IV. CONCLUSIONES

OPERATIVIDAD DE LA RMCAB
NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE
SECTORES DE LA CIUDAD AFECTADOS POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

ANEXO

SÍNTESIS DE RESULTADOS DE CALIDAD DEL AIRE, 2002
ESTADÍSTICAS DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE, 2002

INTRODUCCIÓN

El problema de la contaminación atmosférica ha sido motivo de interés creciente a nivel global por los efectos que se han identificado sobre la reducción de la capa de ozono, y el calentamiento de la temperatura en la tierra, entre otros. En la escala regional y local, en especial en las áreas urbanas, el deterioro de la calidad del aire constituye un factor de riesgo muy importante para la salud de la población.

En la ciudad de Bogotá, las actividades del transporte para atender las necesidades de movilización de la población y el desarrollo industrial demandan el consumo de combustibles fósiles en los motores de combustión interna (vehículos) y en los sistemas de producción de energía calórica (hornos, calderas) los cuales se reconocen como las fuentes más importantes de emisión de contaminantes de la atmósfera, principalmente material particulado, óxidos de carbono, nitrógeno y azufre.

Mediante la operación de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá-RMCAB se determina la concentración de los contaminantes mencionados, al igual que el comportamiento de los factores meteorológicos que afectan la dispersión y 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 comunicar a la ciudadanía el nivel de la calidad del aire y adoptar las medidas tendientes a su protección y mejoramiento.

En este informe se presenta un análisis de la información meteorológica (sección II), el análisis de los datos obtenidos en la RMCAB, en el 2002 y la tendencia histórica observada en el quinquenio 1998-2002 para los diferentes contaminantes (sección III). Lo anterior se complementa con una síntesis de la información disponible sobre las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos (sección IV).

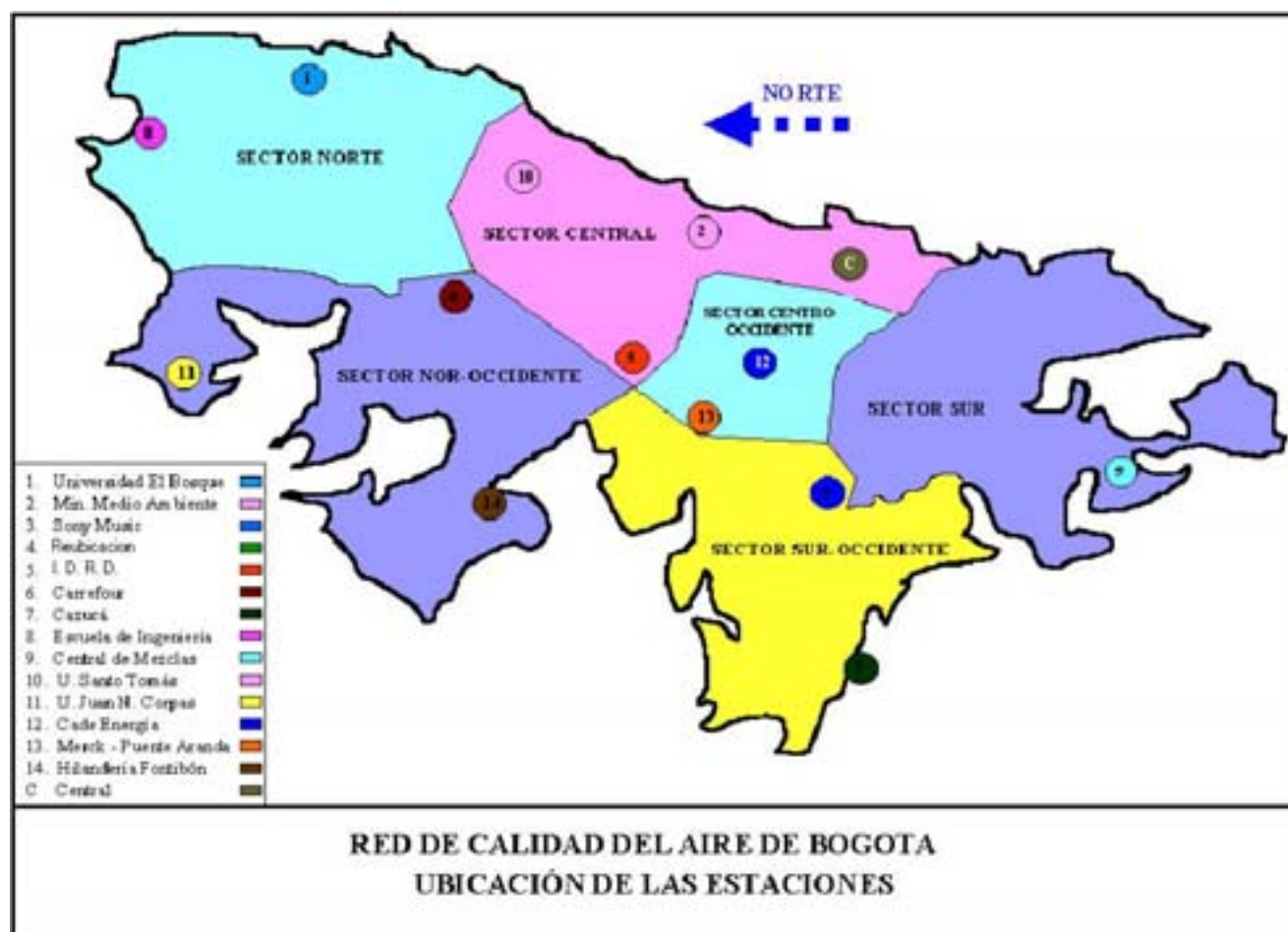
Estos análisis permiten establecer (sección V: conclusiones) que el material particulado y el ozono, que se forma a partir de las reacciones entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, son los contaminantes que requieren atención prioritaria, en la ciudad. Así mismo se observa que los sectores occidental y central son las más afectados por el deterioro de la calidad del aire, mientras que el sector norte y el sector oriental muestran los mejores niveles en la calidad del aire que se respira.

Finalmente en el Anexo se incluye información estadística de interés sobre la concentración de los contaminantes en la ciudad.

I. INFORMACIÓN GENERAL

CONFIGURACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá- RMCAB, es un sistema de monitoreo ambiental en tiempo real con transmisión de datos vía telefónica. La RMCAB esta conformada por una estación central de recepción de datos y catorce (14) estaciones remotas. En la Estación Central de la Red se evalúa la calidad de la información, se depura, se procesa y 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 críticas de la ciudad, en cuanto a los niveles de contaminación de la atmósfera. La distribución espacial de las estaciones se indica en el siguiente mapa:



Los sectores de la ciudad en donde se encuentran ubicadas las estaciones de la RMCAB tienen las siguientes características:

SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	U. Bosque Escuela Ingeniería	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Nor-occidental	Carrefour Calle 80 U. Corpas Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Sur	Hospital Olaya C. Mezclas	Alto tráfico vehicular, uso residencial, comercial
Sur-occidente	Sony Music Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Central	MMA U. Nacional U. Santo Tomás	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centro-occidente	Cade- Energía Merck	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial

Tecnologías utilizadas en la RMCAB para el análisis de contaminantes atmosféricos¹

CONTAMINANTE	MÉTODO DE DETECCIÓN EMPLEADO
CO	Correlación IR
NO ₂ /NO _x	Quimiluminiscencia
SO ₂	Fluorescencia UV
Material particulado	Atenuación Beta. (DASIBI)
Material particulado	Atenuación Beta. (Met-One)
O ₃	Fluorescencia UV
CH ₄ /NMHC	Detección de Ionización de Llama
Tolueno, Benceno, Formaldehído	DOAS

Instrumentos meteorológicos instalados en las estaciones de la RMCAB

¹ Adaptado de: IDEAM, 2002. Auditoría a la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – Informe Final. Bogotá.

ESTACIÓN	INSTRUMENTOS									
	Temperatura	Humedad	Dirección viento	Velocidad viento	Precipitación	Radiación solar	Presión atmosférica	Componentes viento	Temperatura a 8 metros	Temperatura a 20 metros
U.Bosque			•	•	•					
MinAmbiente	-		•	•	•					
MMA			•	•	•					
Sony Music			•	•	•					
Carrefour	•		•	•	•					
Cazuca			•	•	•					
Escuela de Ingeniería	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Central de Mezclas	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
U. Santo Tomás			•	•	•					
Corpas	•		•	•	•					
Cade Energía			•	•	•					
Merck	•		•	•	•					
Fontibón	•		•	•	•					

Instrumentos para análisis de la concentración de contaminantes instalados en las estaciones de la RMCAB

ESTACIÓN	INSTRUMENTOS									
	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	CH ₄	PM ₁₀	TSP	Calibrador	Aire cero	Data logger
U.Bosque	•	•				•	•	•	•	•
MinAmbiente (MMA)	•	•	•	•		•	•			•
Sony Music	•	•	•			•	•	•	•	•
Carrefour	•	•			•	•		•	•	•
Cazuca	•	•	•	•		•	•		•	•
Escuela de Ingeniería		•			•	•		•	•	•
Central de Mezclas		•				•		•	•	•
U. Santo Tomás	•	•				•		•	•	•
Corpas	•	•	•	•		•		•	•	•
Cade Energía	•	•				•	•	•	•	•
Merck	•	•	•	•		•		•	•	•
Fontibón	•	•	•	•		•		•	•	•

OPERATIVIDAD DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE

En el 2002 se presentaron varios eventos que afectaron la operatividad normal de la RMCAB, los más importantes fueron los siguientes:

- Por causas de fuerza mayor se procedió a desmontar las estaciones U.Nacional, C.Mezclas y H.Olaya.
 - La estación U. Nacional fue reubicada en las instalaciones del Instituto Distrital de Recreación y Deportes - IDR y actualmente se encuentra en pruebas y calibración de instrumentos
 - La estación C.Mezclas será ubicada en el Colegio INEM del Tunal
 - La estación H.Olaya se instalará en un área de alta densidad poblacional por establecer, de acuerdo con las recomendaciones de la auditoría realizada por IDEAM
- La gran mayoría de los instrumentos que miden la concentración de los contaminantes gaseosos (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y ozono) presentaron fallas que fueron atendidas mediante el reemplazo de los elementos, que de acuerdo con el diagnóstico de mantenimiento disponible, se requerían. Sin embargo, éstas medidas no fueron suficientes y los equipos, después de cinco años de operación ininterrumpida se someterán a reparaciones y patronamientos específicos por parte de las empresas proveedoras con exclusividad para Colombia de los mismos.
- La operatividad de las estaciones, teniendo en cuenta las causas mencionadas, resultó de así para el 2002

CONTAMINANTE	DATOS VÁLIDOS OBTENIDOS % ²
PM ₁₀	75 - 95
PST	81 - 88
SO ₂	8 - 77
NO ₂	0 - 96
CO	26 - 69
O ₃	6 - 61

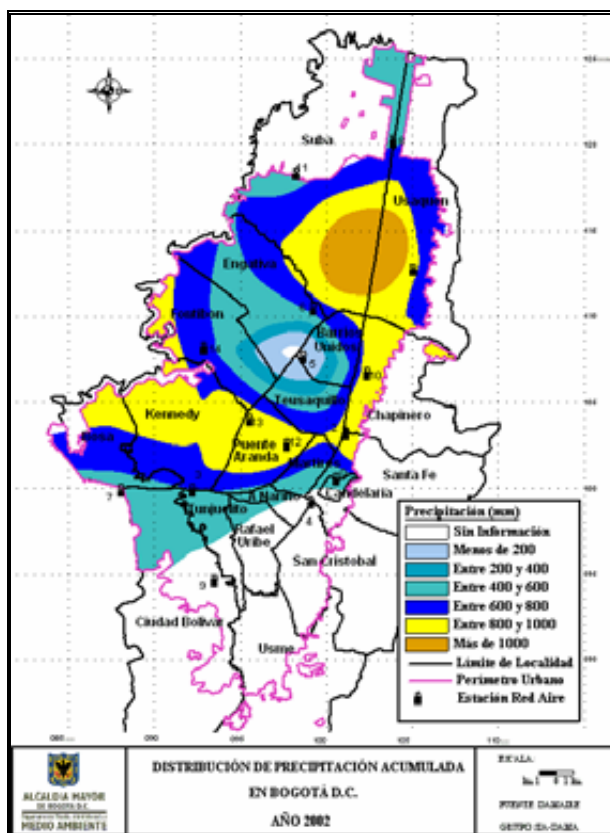
² Es la relación porcentual entre el número de datos válidos obtenidos y el número de datos posible

II. METEOROLOGÍA

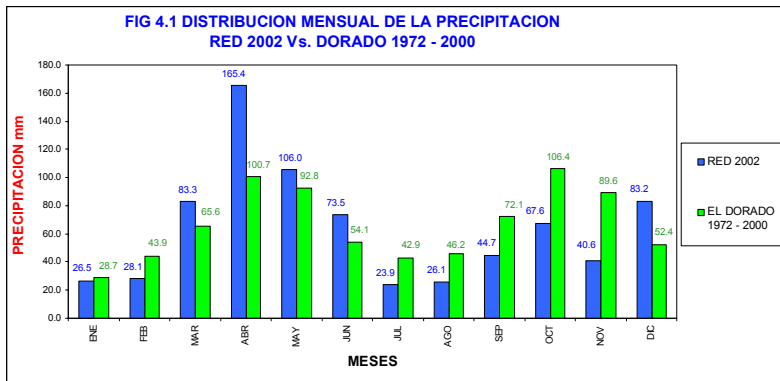
En esta sección del documento se presenta un breve análisis del comportamiento meteorológico observado en el 2002, elaborado a partir de la información producida por las estaciones que conforman la RMCAB.

PRECIPITACIÓN

La distribución anual de la precipitación en la ciudad presenta un comportamiento **bimodal** con máximos en los meses de abril y octubre y mínimos en enero y julio. La precipitación media registrada en la RMCAB fue de 672.7 mm, ésta precipitación representa el 85% de la precipitación media multi-anual (795.4 mm) registrada en la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM, en el período 1972-2000.



Si se compara el comportamiento de la precipitación mensual registrada en la RMCAB con los promedios de la serie histórica de la estación Aeropuerto El Dorado se observa que:

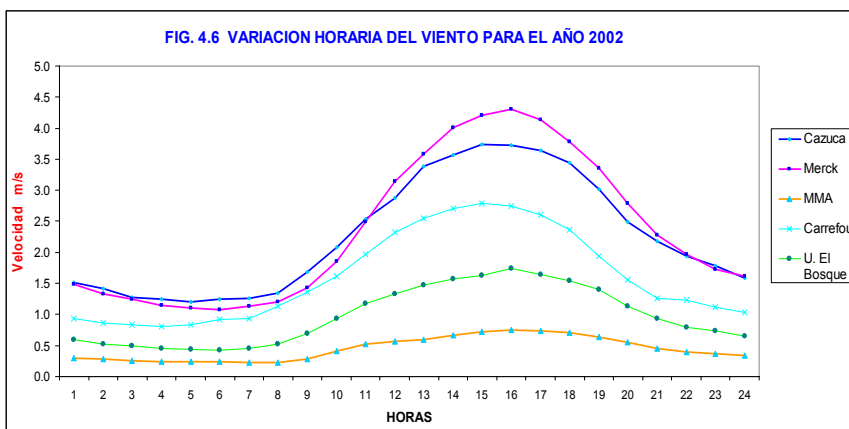


- En todos los meses entre marzo y junio se superó el promedio multi-anual en la ciudad: En abril, las lluvias excedieron un 65% al promedio multianual
- En el segundo semestre, por el contrario, en todos los meses, a excepción de diciembre, se presentaron lluvias con una intensidad inferior a la media histórica. En noviembre solo se alcanzó el 45% de la media histórica

Las precipitaciones sobre el área de la ciudad se presentan principalmente en las horas de la tarde y noche (entre las 16 y 19 horas), con escasas precipitaciones en las horas de la mañana (5 a 12 horas), período en que generalmente se presentan las máximas concentraciones de los contaminantes.

VIENTOS

Velocidad del viento: La media anual de la velocidad del viento, en la ciudad, fue de 1.5 m/s (valor idéntico al año anterior).



- La representación gráfica de la variación de la velocidad del viento, en cinco estaciones de la Red localizadas en un transecto sur-norte de la ciudad, muestra que en general la velocidad se puede considerar como débil, con máximos en las horas de la tarde (15 y 16 horas) y mínimos en las primeras horas del día

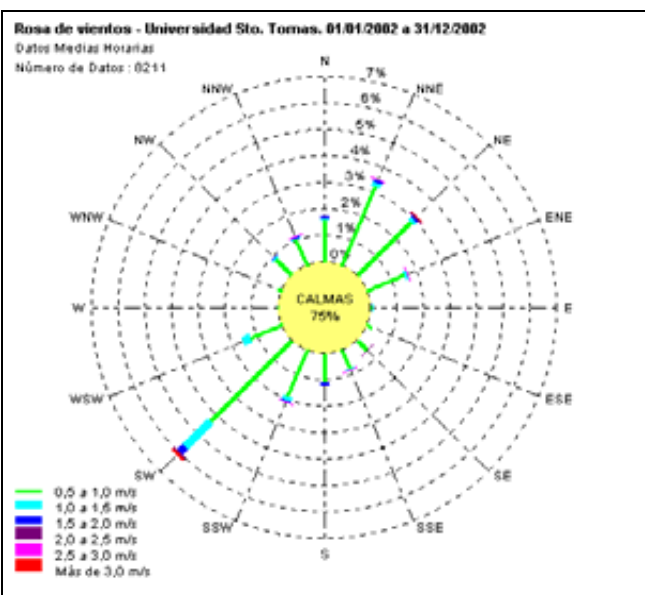
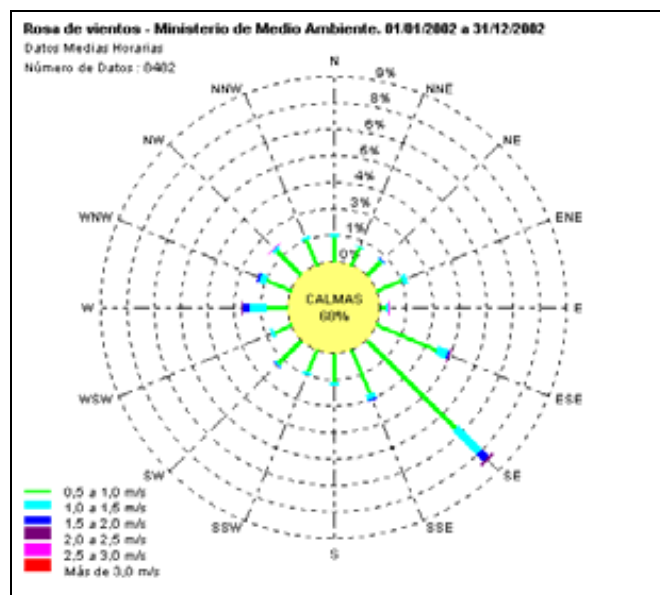
Los promedios mensuales de la velocidad de los vientos, el promedio anual y los máximos anuales en cada una de las estaciones de la Red y la fecha en que estos máximos ocurrieron se presentan enseguida:

TABLA N° 4.1 - VELOCIDAD DEL VIENTO AÑO 2002

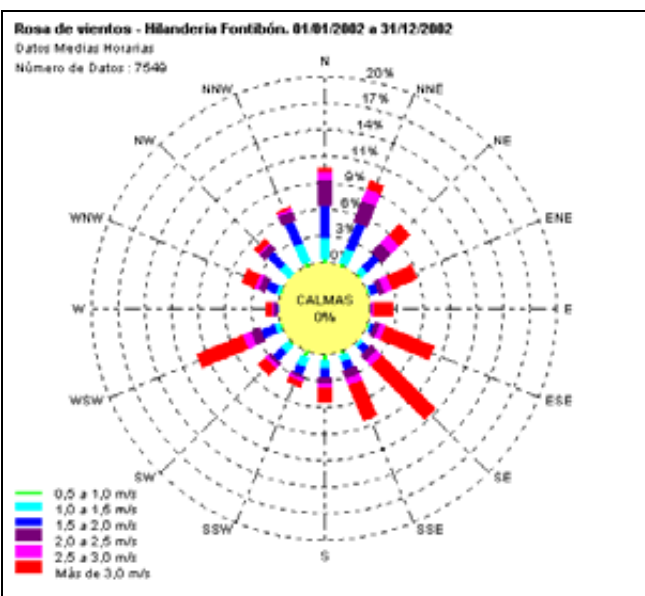
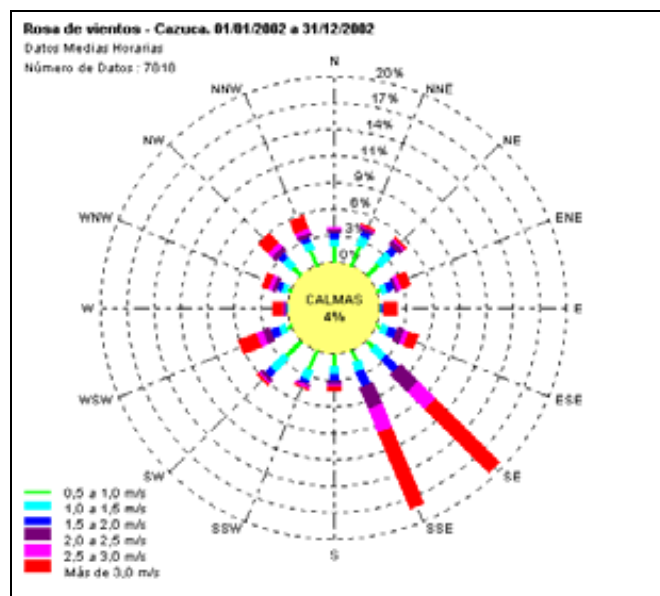
VIENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO	MAXIMO	
													ANUAL	ANUAL	FECHA
U. EL BOSQUE	0.8	0.9	1.1	1.0	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	0.8	0.9	1.0	5.1	23-Abr-02
MMA	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	2.6	26-Mar-02
SONY	0.9	0.8	1.1	1.1	1.1	1.1	1.6	1.9	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	5.7	26-Dic-02
U. NACIONAL	0.6	0.6	0.7	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE			
CARREFOUR	1.4	1.2	DI	1.8	1.9	1.7	2.2	2.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.6	8.0	02-Ago-02
CAZUCA	2.1	2.1	2.3	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.2	2.2	1.9	DI	2.3	8.9	25-Mar-02
ESCING	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	3.4	22-Feb-02
MEZCLAS	2.5	DI	3.7	2.1	3.9	3.6	4.1	4.2	TE	TE	TE	TE	3.4	11.7	04-May-02
U. STO. TOMAS	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	4.5	04-Ago-02
CORPAS	1.2	0.9	0.9	DI	0.9	1.3	1.8	1.9	1.5	1.4	1.3	1.1	1.3	7.6	08-Ago-02
CADE	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	DI	0.8	0.9	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	2.4	13-Jul-02
MERCK	2.4	2.5	2.4	2.2	2.6	3.1	2.9	2.6	2.3	1.9	1.6	1.7	2.4	8.8	30-Jun-02
FONTIBON	2.8	2.8	2.7	2.5	2.8	3.0	3.3	DI	DI	2.8	2.7	2.7	2.8	8.8	22-Jun-02
PROMEDIO MES	1.3	1.2	1.4	1.3	1.5	1.7	1.8	1.8	1.2	1.3	1.2	1.1			

PROMEDIO RED 1.5

Dirección del viento: En la mayoría de las estaciones de la Red, la dirección del viento presentó componente del SE (sur-este) y en tres de ellas la dirección predominante presentó componente del S (sur).



En las estaciones MMA y Universidad Santo Tomás se registraron el mayor número de calmas (velocidades inferiores a 0.5 m/s) con el 75% y 68% de las observaciones respectivamente (porcentajes inferiores al año anterior). Mientras que las estaciones con menores porcentajes de calmas fueran Cazucá y Fontibón con 4 y 0% respectivamente.



El análisis de la circulación del viento para el año 2002, permite establecer que la dirección predominante del S (sur) al sur de la ciudad, rotando hacia el W (oeste) (viento del este) a partir del centro de la ciudad. Durante los meses de junio, julio y agosto se registraron las velocidades promedios más altas y en abril, noviembre y diciembre, las más bajas.

TEMPERATURA

La temperatura media de la ciudad fue de 14.8°C, con un comportamiento similar durante todos los meses del año. La variación de la temperatura media mensual de la ciudad a través del año es muy baja, ligeramente superior a 1°C. Los valores máximos absolutos de la temperatura superaron los 24 °C, durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo. En la estación Mezclas se registró la máxima temperatura el 26 de Febrero (26.3°C) y la mínima absoluta se registró el 4 de enero (1.2°C) en la estación Escuela de Ingeniería. Las temperaturas medias mensuales, máxima absoluta, mínima absoluta mensual y anual registradas en la RMCAB fueron las siguientes:

TABLA N° 4.2 TEMPERATURAS AÑO 2002

T° 2m	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEZCLAS	16.2	17.3	16.9	16.5	16.3	15.6	15.9	15.3	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
ESC.ING	12.4	13.2	13.3	13.3	13.2	12.6	12.4	12.1	12.4	12.8	12.4	13.0
CARREFOUR	15.7	16.6	16.2	16.2	16.4	15.9	15.9	15.8	15.8	16.2	15.5	16.0
MERCK	14.4	15.2	15.0	14.7	15.0	14.2	14.5	14.2	14.5	14.7	14.3	14.9
FONTIBON	13.8	14.5	14.3	14.1	14.5	13.8	14.1	D.I.	D.I.	14.1	13.8	14.4
PROMEDIO MES	14.5	15.4	15.1	15.0	15.1	14.4	14.6	14.4	14.2	14.5	14.0	14.8
MAX. ABSOLUTO	26.2	26.3	24.9	24.1	24.2	22.3	22.9	23.9	23.8	23.7	23.4	23.5
MIN. ABSOLUTO	1.2	1.0	2.9	5.1	4.9	5.2	4.2	3.0	2.1	1.6	3.2	2.0

ESTACIONES	PROMEDIO	MAXIMO		MINIMO	
	ANUAL	ANUAL	FECHA	ANUAL	FECHA
MEZCLAS	16.3	26.3	26-Feb-02	7.2	13-Feb-02
ESC.ING	12.8	23.2	24-Feb-02	1.2	04-Ene-02
CARREFOUR	16.0	24.6	24-Feb-02	6.6	22-Sep-02
MERCK	14.6	22.4	24-Feb-02	7.4	04-Ene-02
FONTIBON	14.1	21.9	24-Feb-02	6.1	04-Ene-02

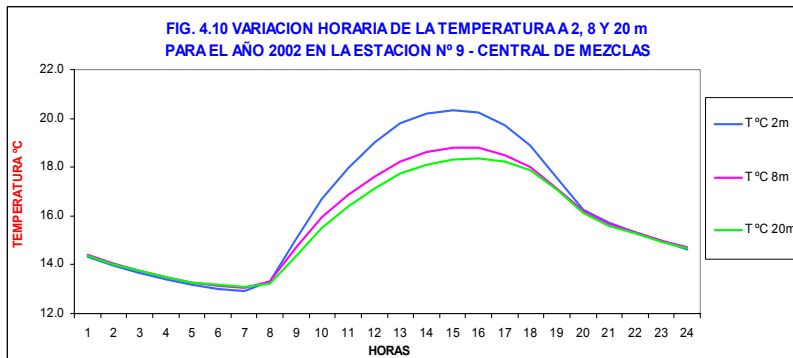
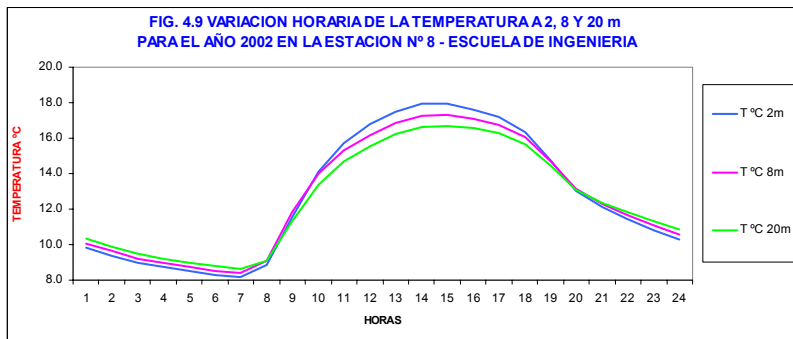
14.8 PROMEDIO RED

INVERSIONES TERMICAS

Las inversiones térmicas se producen cuando por encima de la superficie del terreno, la temperatura del aire aumenta con la altura y se presentan generalmente durante la noche y en las primeras horas de la mañana, debido al calentamiento diurno y posterior enfriamiento de la superficie de la tierra.

En la mayoría de los casos las inversiones están asociadas a velocidades débiles del viento, por lo tanto representan períodos en los cuales la dispersión horizontal y vertical de los contaminantes está limitada.

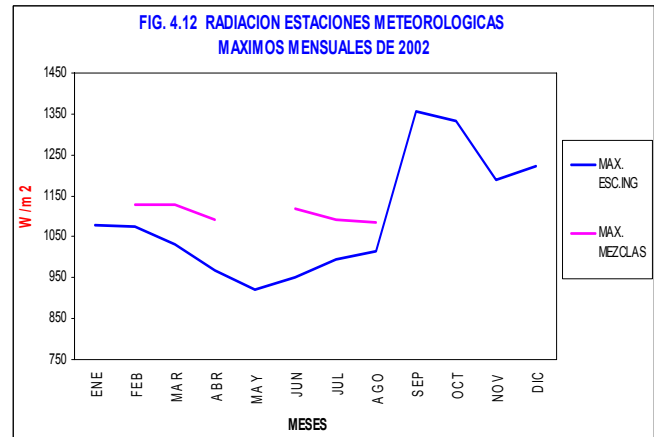
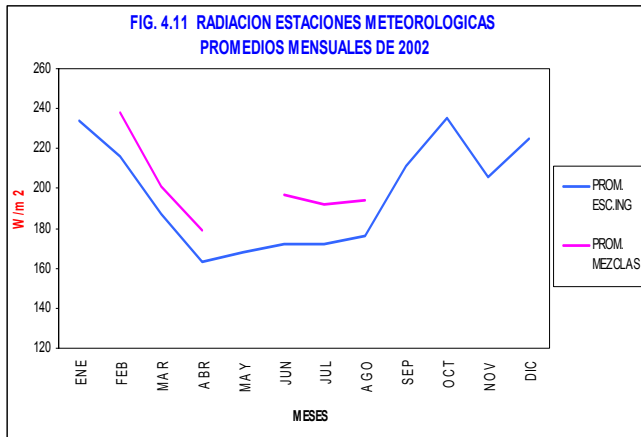
Las inversiones térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de los contaminantes, porque reducen el volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se diluyen. Los principales factores que influyen en la dispersión de los contaminantes son la velocidad y dirección horizontal del viento y la estructura vertical de la atmósfera (estabilidad atmosférica)



- Generalmente la inversión se inicia a las 7 de la noche y termina a las 7 de la mañana, como se aprecia en las gráficas.
- Esta condición implica que por la noche y en la madrugada, a pesar de disminuir la actividad industrial y el tráfico vehicular, se dificulta la dispersión de los contaminantes emitidos durante el día.

RADIACIÓN SOLAR

Este parámetro se mide en las estaciones Central de Mezclas (sur de la ciudad) y Escuela de Ingeniería (norte de la ciudad). El comportamiento de la intensidad de la radiación en las estaciones citadas, se muestra en las siguientes gráficas:



En la estación Esc. Ingeniería se obtuvieron datos para todo el año, no ocurrió lo mismo en la estación C. Mezclas, en la cual los registros cubrieron menos del 50% del periodo objeto de análisis.

Los valores promedio mensuales de la radiación varían entre 160 y 240 W/m^2 , mientras que los máximos se registraron entre cerca de 900 y 1370 W/m^2 .

El comportamiento de la radiación muestra además los valores más bajos entre abril y mayo, y los más altos entre septiembre y octubre.

III. ESTADO ACTUAL DE CALIDAD DEL AIRE

PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES – PST

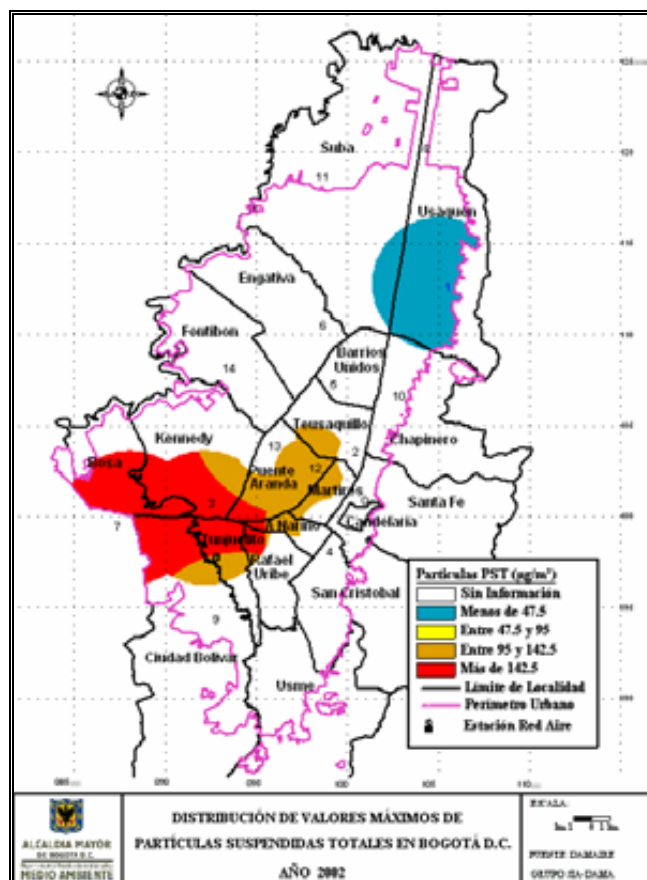
Norma Anual: $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
Diaria: $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - máxima Concentración promedio horaria en 24 horas

Descripción

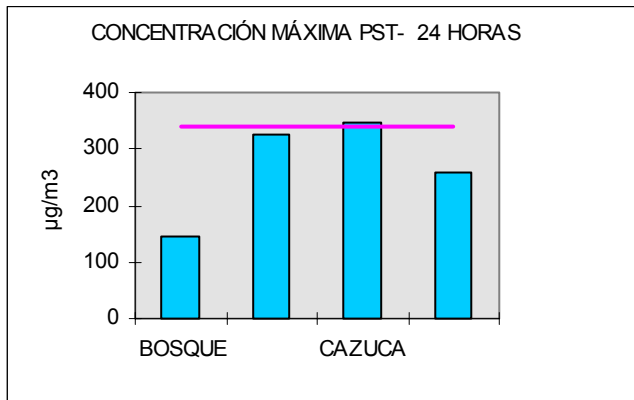
Las partículas suspendidas totales-PST comprenden partículas en estado sólido y líquido de una gran variedad de tamaños y se diferencian de las partículas sedimentables precisamente porque requieren tiempos mayores para su depositación. Uno de los intervalos de tamaño de mayor importancia es la fracción menor de 10 micras PM_{10} , y por ésta razón se determina su concentración en forma separada.

Fuentes

Las fuentes más importantes de generación de partículas son las industrias, los vehículos principalmente a Diesel, la acción del viento sobre áreas desprovistas de vegetación, las quemas y los incendios forestales.



Tendencias y nivel de calidad del aire



- La concentración máxima de PST supera la norma en Cazucá ($347\mu\text{g}/\text{m}^3$), y se encuentra muy próxima al valor permitido en Sony ($326\mu\text{g}/\text{m}^3$). Además en la estación Cade esta concentración es superior al 50% de la norma.
- El número de datos que excedió la norma diaria de PST fue de 23 y la totalidad de estos datos se registraron en Cazucá.
- Del total de 28661 registros, 7812 datos (27.2%) superaron el 50% de la norma.

- Con respecto al comportamiento de las PST en el 2001 se puede comentar que igualmente en Cazucá fue la única estación en que se superó la norma, con una concentración máxima de $362\mu\text{g}/\text{m}^3$, como se observa, mayor a la registrada en 2002.
- De otra parte, el porcentaje de excedencia del 50% de la norma fue de (20.9%), inferior al 27.2% calculado para el 2002.
- Del análisis anterior se infiere que el material particulado es un contaminante prioritario en cuanto a las necesidades de reducción de las emisiones.

PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS – PM₁₀

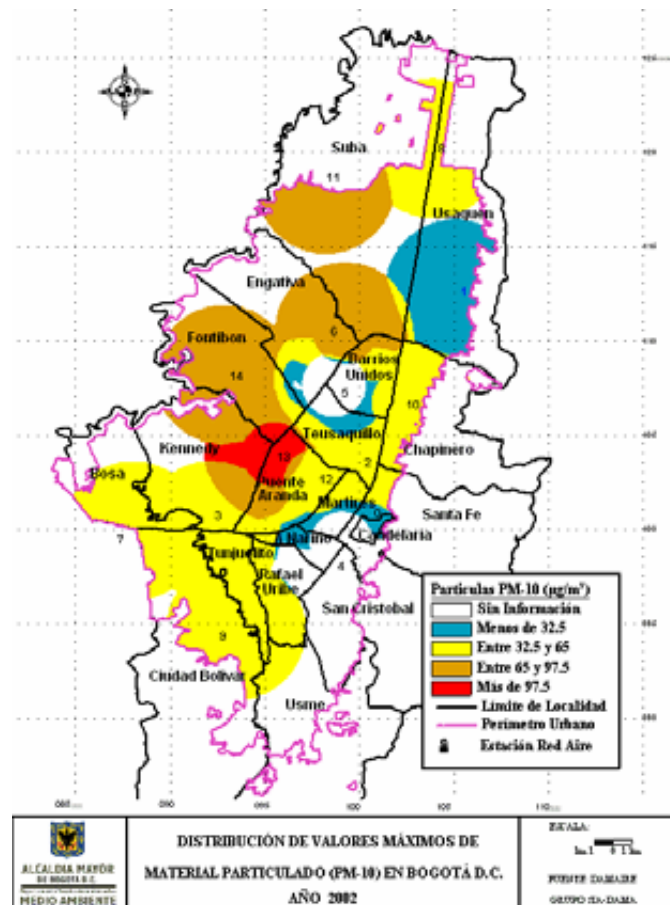
Norma Anual: 65 µg/m³ - promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
Diaria: 170 µg/m³ - máxima Concentración promedio horaria en 24 horas

Descripción

Las partículas de diámetro menor a 10 micras constituyen una fracción del total de partículas suspendidas en el aire (PST) y dado este tamaño pueden ser inhaladas y llegar hasta los pulmones.

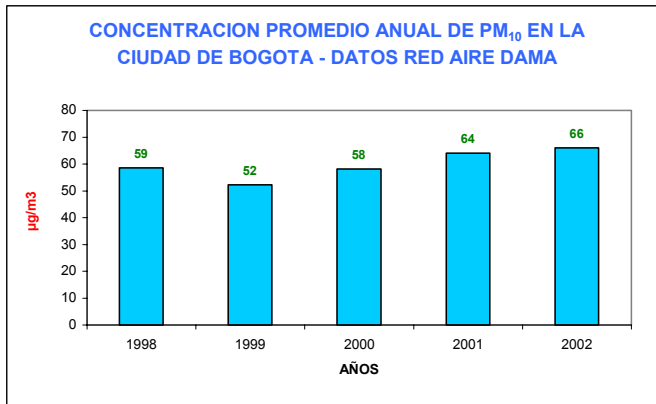
Fuentes

Las fuentes más importantes de generación de partículas son las industrias, los vehículos principalmente a Diesel, la acción del viento sobre áreas desprovistas de vegetación, las quemas y los incendios forestales.



Tendencias y nivel de calidad del aire

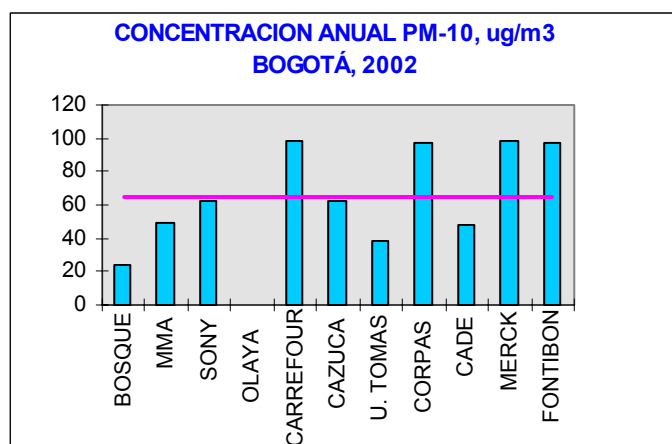
Se observa una tendencia al incremento en la concentración promedio anual de PM_{10} , en los últimos cuatro años. En el 2002 se superó la norma promedio anual de $65 \mu g/m^3$. Las causas probables de este comportamiento pueden ser, entre otras:



- El crecimiento del parque automotor: En los últimos 5 años el número de vehículos matriculados en la ciudad se incrementó en cerca de 200.000 unidades
- La falta de mantenimiento del parque automotor
- La ubicación de una nueva estación de monitoreo en área de alta contaminación: Carrefour

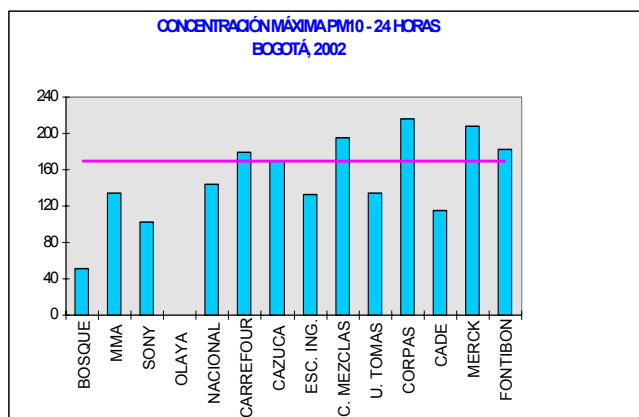
En el 2002, excedieron la norma diaria de PM_{10} 424 datos, valor inferior al observado en el 2001 que fue de 510. Sin embargo, el promedio anual fue mayor para el 2002 debido a que, por ejemplo, el número de datos que superó el 50% de la norma fue de 22.899, el cual resulta mayor en cerca del 6% de datos, al compararlo con el registrado en el 2001 que fue de 21.638 datos

Distribución espacial de las concentraciones de PM_{10}



- Las estaciones en las que se presentó excedencia de la norma fueron: Corpas (202 datos), Merck (145 datos), Carrefour (40 datos) y Fontibón (36 datos).
- Es importante resaltar que en estos mismos sitios también se excedió la norma diaria de PM_{10} en el 2001.

- Las concentraciones máximas diarias, también superiores a las normas se presentaron en las estaciones en donde se excede la norma anual: Carrefour, Corpas, Merck y Fontibón



MONÓXIDO DE CARBONO – CO

Norma 8 horas: 11 ppm - promedio horaria en ocho horas
 1 hora: 39 ppm - máxima Concentración promedio horaria

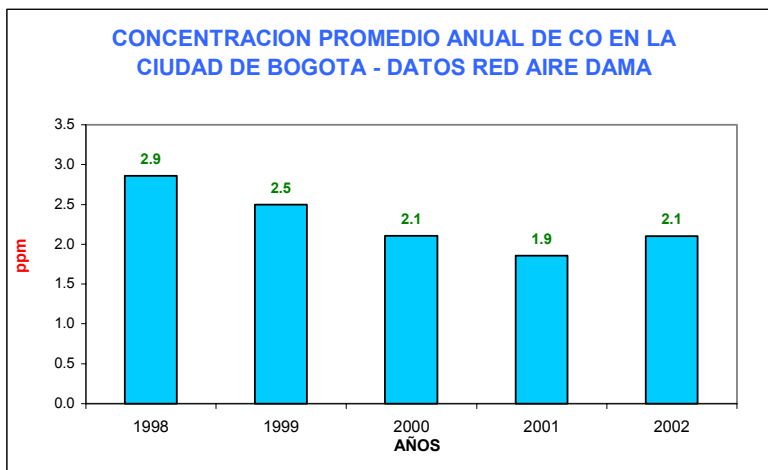
Descripción

El monóxido de carbono es un gas sin olor ni color que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. Su característica más importante es la capacidad para combinarse con la hemoglobina y, en consecuencia, reducir el transporte de oxígeno en el cuerpo humano. Los efectos que se derivan de esta disminución en la cantidad de oxígeno en la sangre se traducen en dolores de cabeza, fatiga y pérdida de los reflejos.

Fuentes

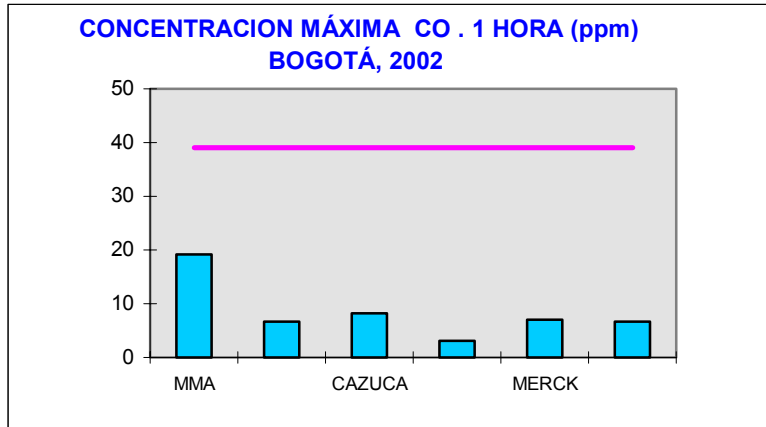
Las fuentes más importantes de generación de monóxido de carbono son las actividades del transporte y los sistemas de combustión industrial. En general se estima que las emisiones de CO, en el medio urbano, provienen en un 60% de los vehículos.

Tendencias y nivel de calidad del aire

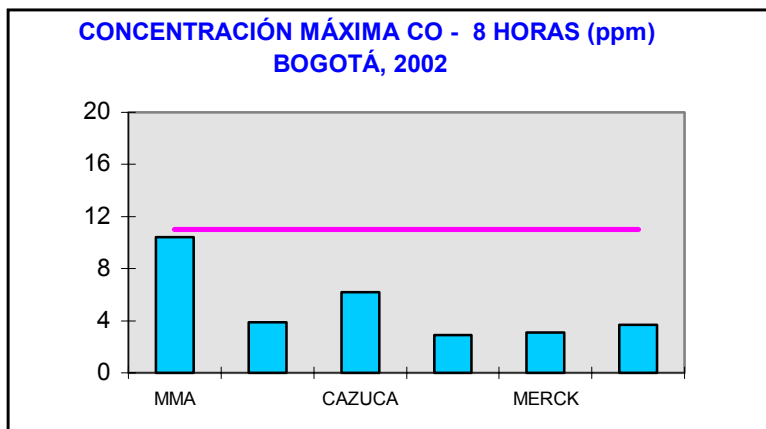


- La concentración de CO se redujo después del año 99 y se ha mantenido entre 1.9 y 2.1 ppm.
- Las concentraciones máximas en general se encuentran por debajo de las normas, en más de un 50%, tanto para una como para ocho horas. Un solo dato excedió este comportamiento y ocurrió en la estación MMA

Distribución espacial de las concentraciones de CO



- La distribución de las concentraciones de monóxido de carbono en la ciudad indica que el sector central, en el cual se encuentra ubicada la estación MMA es el potencialmente más afectado, sin llegar a superar los límites establecidos en las normas para una y ocho horas



DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO₂

Norma Anual: 52 ppb Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
Diaria: 121 ppb - promedio horaria en 24 horas
1 hora: 168 ppb - máxima Concentración promedio horaria

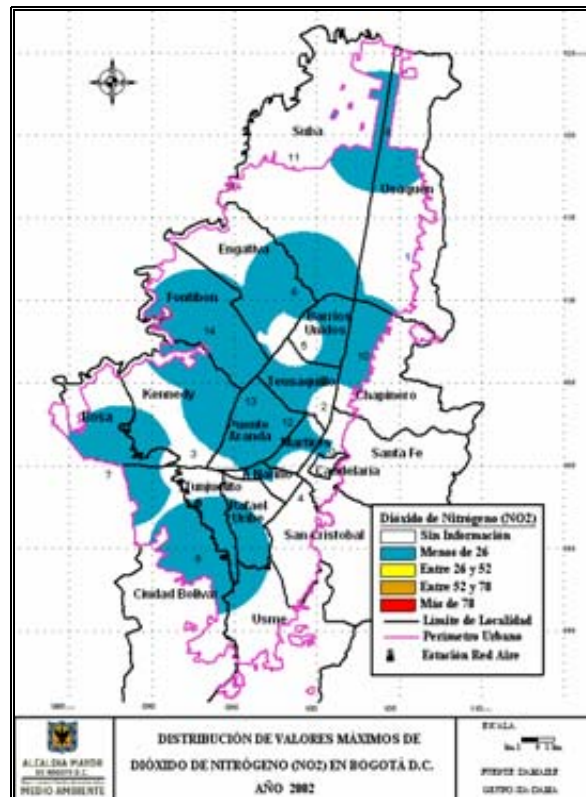
Descripción

El dióxido de nitrógeno forma parte del grupo de los óxidos de nitrógeno conocidos como NO_x. Este es un gas tóxico de color parduzco que puede generar la irritación del tracto superior del sistema respiratorio e incluso afectar los pulmones. Puede participar en reacciones químicas en la atmósfera que conducen a la producción de ácido nítrico y contribuir a la acidificación de la lluvia. Estudios recientes efectuados en Bogotá han determinado niveles de acidez en la lluvia con pH 4.6 y 5.1³

De otra parte, los óxidos de nitrógeno reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (COV) dando lugar a la formación del ozono troposférico.

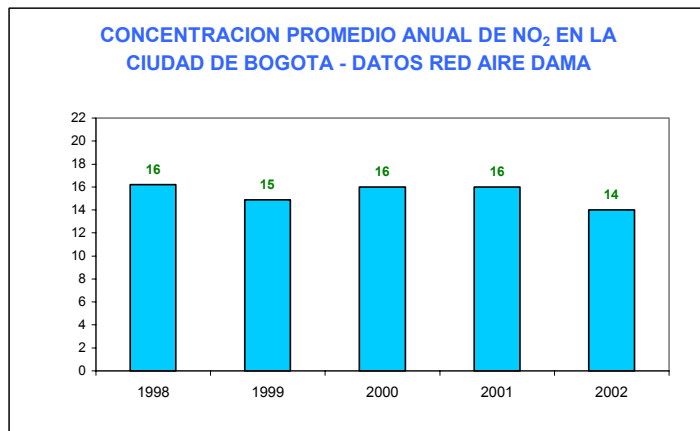
Fuentes

Los óxidos de nitrógeno se forman cuando se alcanzan las temperaturas más altas en los procesos de combustión, tanto en las industrias como en los vehículos.



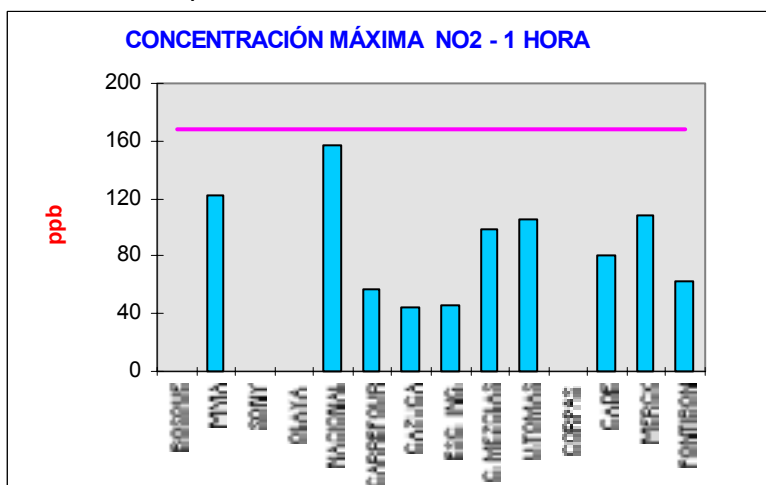
³León Gloria. Contribución a la evaluación de la acidez de la lluvia en Bogotá.

Tendencias y nivel de calidad del aire

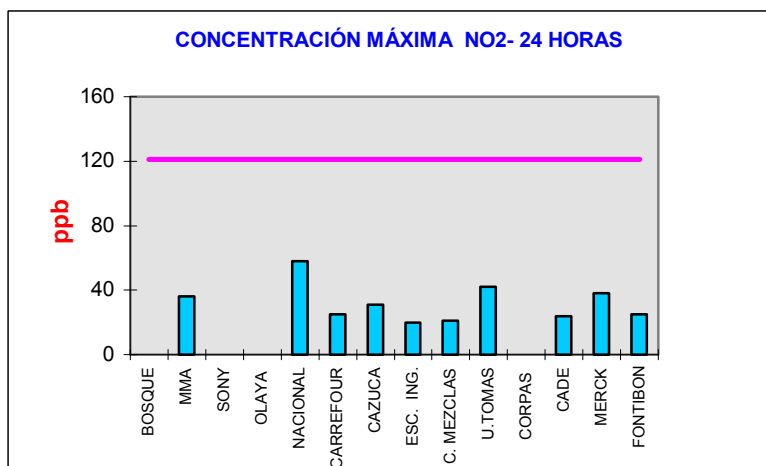


- Aunque en el último año la concentración promedio de los óxidos de nitrógeno disminuyó en cerca de un 12%, con respecto al año anterior, en general, la concentración de este contaminante se ha mantenido en el intervalo entre 14 y 16 ppb, durante el quinquenio 1998-2002.

Distribución espacial de las concentraciones de NO₂



- Las máximas concentraciones horarias de NO₂ se encuentran más cerca del límite permitido que las correspondientes al límite diario. En efecto, mientras que por lo menos en cinco estaciones la concentración horaria de NO₂ fue superior al 50% de la norma, en ninguna estación de la Red se alcanzó este nivel con respecto a las concentraciones diarias.



- Desde el punto de vista de la distribución espacial de las concentraciones de NO₂ en la ciudad, se observa que las máximas se presentaron en el sector central en donde se encuentran ubicadas las estaciones U.Nacional MMA y S.Tomás. Otro sector de interés por la magnitud de las concentraciones de NO₂ es el sur-occidental, lo cual se refleja en las estaciones Merck y Sony.
- Se destaca que de un total de 82519 datos de la concentración de NO₂ evaluados ninguno superó los límites establecidos en las normas para una ni para 24 horas.

DIÓXIDO DE AZUFRE – SO₂

Norma Anual: 34 ppb, Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
Diaria: 141 ppb - promedio horario en 24 horas
3 horas: 546 ppb - máxima Concentración promedio en 3 horas

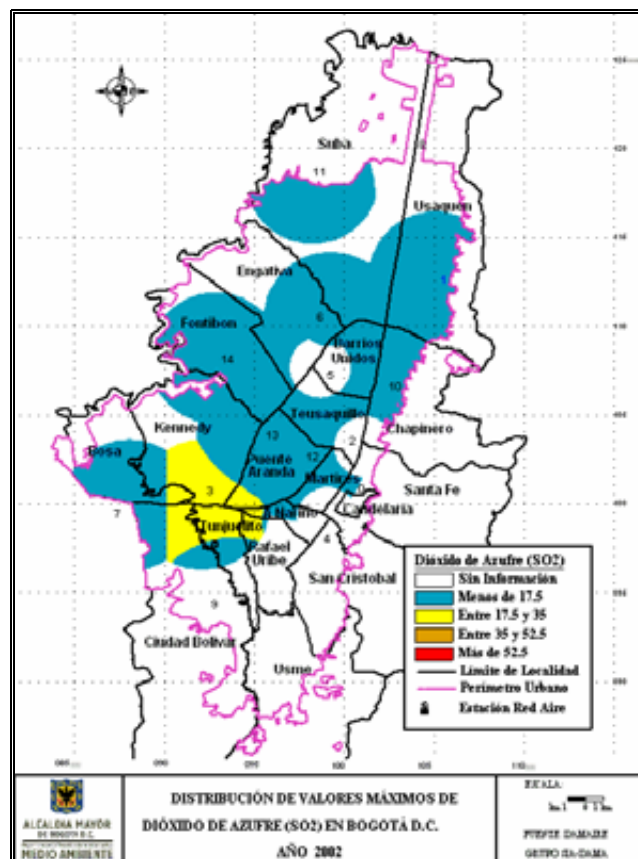
Descripción

El SO₂ es un gas venenoso que puede interferir la función respiratoria aún en bajas concentraciones y actúa como un agente de acentuación de enfermedades respiratorias, por ejemplo: el asma, el enfisema y la bronquitis. También se reconoce su sinergismo en atmósferas contaminadas con material particulado.

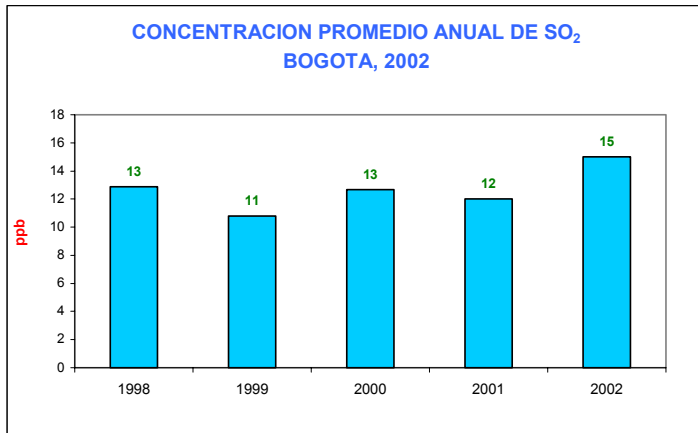
El SO₂ se puede oxidar en la atmósfera y contribuir a la formación de ácido sulfúrico. Al igual que los óxidos de nitrógeno participa en el fenómeno de acidificación de la lluvia.

Fuentes

La fuente más importante de generación de dióxido de azufre la constituye la quema de combustibles que contiene azufre como el carbón y los hidrocarburos como el fuel oil, los cuales se consumen en la industria y en los vehículos.

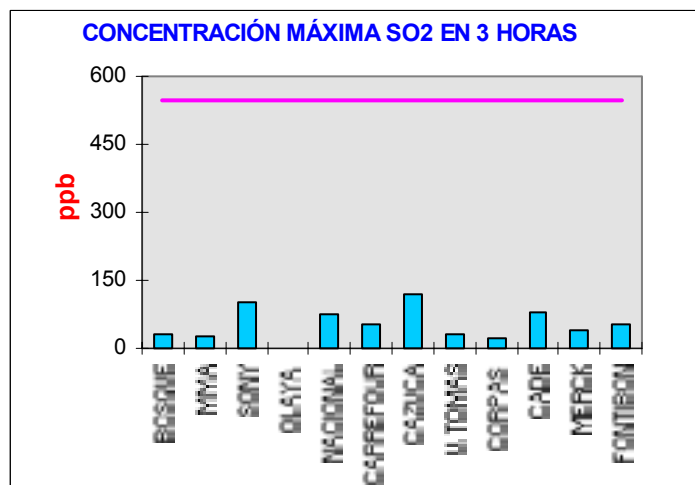


Tendencias y nivel de calidad del aire



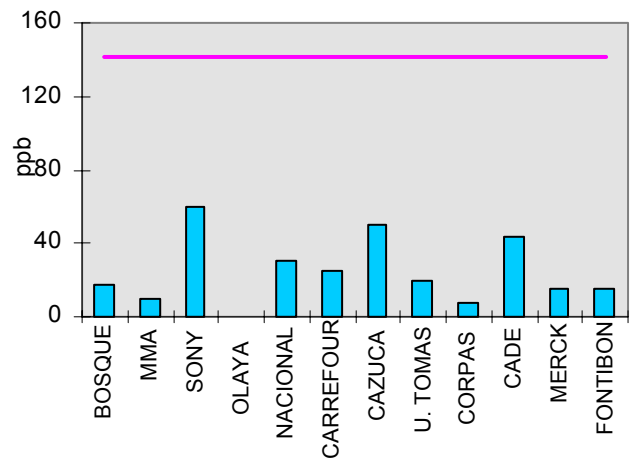
- En el 2002 se registró un incremento en la concentración de SO₂ del 25% con respecto al año anterior y ésta la mayor concentración promedio anual del quinquenio 1998-2002
- A pesar de lo anterior, el nivel de la concentración promedio anual de SO₂ (16 ppb) es muy inferior al máximo permitido y no alcanza aún el 50% con respecto al límite (34 ppb)

Distribución espacial de las concentraciones de SO₂



- Las concentraciones máximas de SO₂ registradas en la RMCAB en los periodos de 3 y 24 horas siguen un comportamiento similar al observado en el periodo anual, es decir, son inferiores a las normas correspondientes en más de un 50%.
- Dentro de los niveles de concentración de SO₂ comentados, el sector sur-occidental de la ciudad presenta las concentraciones más altas, especialmente en las estaciones Cazucá y Sony.

CONCENTRACIÓN MÁXIMA SO2 - 24 HORAS



OZONO – O₃

Norma 1 hora: 83 ppb - máxima Concentración promedio horaria
Diaria: 141 ppb - promedio horaria en 24 horas
8 horas: 65 ppb - máxima Concentración promedio en 8 horas

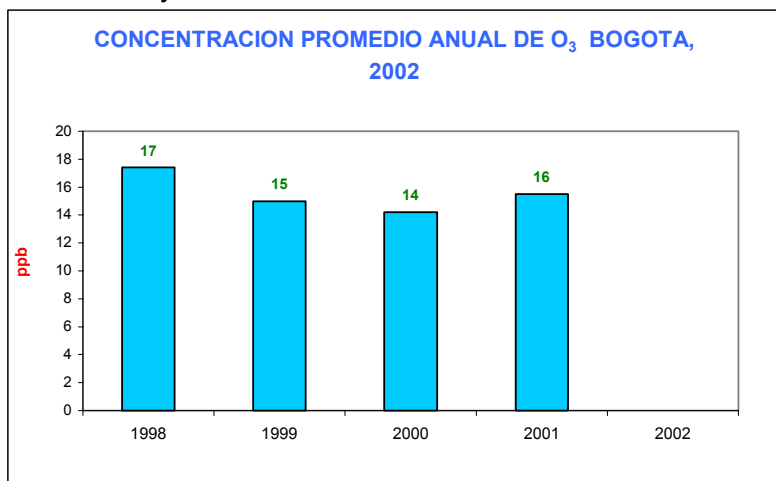
Descripción

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno y aunque en las capas superiores de la atmósfera (estratosfera) cumple una función protectora para la vida en la tierra debido a su capacidad para absorber la radiación ultravioleta procedente del sol, en las capas inferiores (troposfera) es un contaminante denominado secundario, de alto poder oxidante que puede irritar el sistema respiratorio y acentuar la afectación de personas que padezcan enfermedades respiratorias.

Fuentes

Como ya se dijo, el ozono es un contaminante secundario, es decir, que no es emitido directamente por las actividades humanas. El ozono se forma mediante las reacciones entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), en presencia de luz solar. En este sentido las fuentes mencionadas anteriormente que generan NO_x (procesos de combustión) y las fuentes de liberación de COV, como industrias de solventes, pinturas, tintas, lavanderías y estaciones de servicio, entre otras, adquieren un especial interés para el control de los precursores en la formación del ozono troposférico

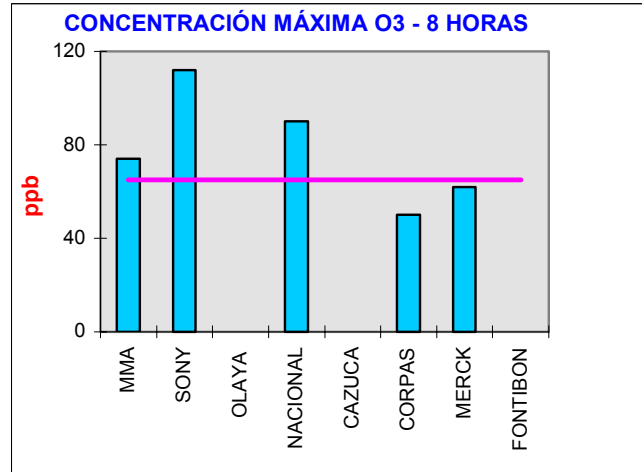
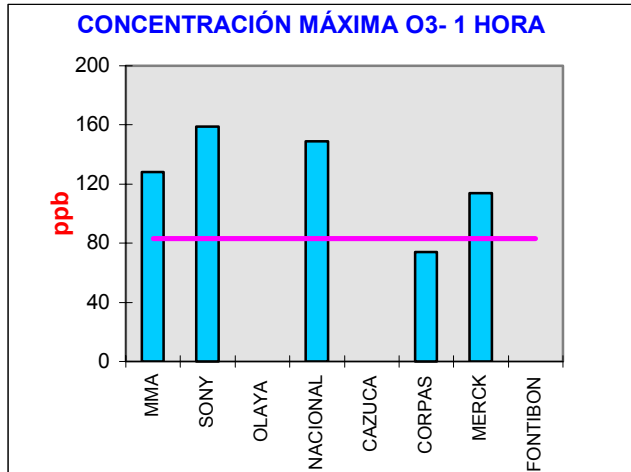
Tendencias y nivel de calidad del aire



Aunque el número de datos registrados en el 2002 no fue suficiente para obtener el promedio anual de la concentración de ozono, la tendencia que se observa en el registro disponible indica una concentración muy similar al promedio del 2001, esto es de 16 ppb.

Estación	No. Datos	Concentración, ppb	
		Máxima	Promedio
MMA	590	74	15,7
SONY	487	112	21,4
CAZUCA	571	52,1	18,1
CORPAS	4481	50,3	9,3
MERCK	2674	70,2	17,6
FONTIBÓN	485	31,3	14,1

Distribución espacial de las concentraciones de O₃



- Como se puede observar la excedencia de las normas de ozono tanto para el periodo de una hora como para el de ocho horas ocurre en casi todas las estaciones, especialmente en el sector central de la ciudad (MMA, Nacional) y en el sur-occidental (Sony).
- Aunque no se dispuso de datos para todo el año, se observa que en términos porcentuales (Número de datos que exceden la norma/Número de datos registrados) la excedencia de la norma horaria fue mayor en el 2002 comparada con el año anterior, así: En el 2002, 0,72% de los datos superaron la norma horaria, en el 2001 fue el 0,56%. Con respecto a la excedencia de la norma de 8 horas, los porcentajes fueron similares, 0,55% en el 2002 y 0,58, en el 2001.

V. CONCLUSIONES

OPERATIVIDAD DE LA RMCAB

- Si bien durante el 2002 se presentaron dificultades de tipo operativo para el normal funcionamiento de la RMCAB, es importante destacar que la información obtenida en este año confirma las tendencias y el estado de la calidad del aire en la ciudad, de acuerdo con los registros de los cuatro años anteriores de operación (1998-2001).
- Lo anterior permite establecer que a pesar de no haber alcanzado la representatividad estadística deseada, principalmente para los contaminantes que se presentan en forma gaseosa, los datos son confiables y útiles para tomar decisiones con respecto al control de los contaminantes críticos y de las áreas de la ciudad que muestran mayor afectación por el deterioro de la calidad del aire

NIVELES DE CALIDAD DEL AIRE

- En relación con los contaminantes que alcanzan niveles de interés para el desarrollo de actividades de control, atendiendo tanto a la ocurrencia de excedencias de las normas como a las tendencias mostradas en el comportamiento de las concentraciones en los últimos cinco años, se identifica claramente que el material particulado, tanto las partículas suspendidas totales (PST) como la fracción menor de 10 micras (PM_{10}), es el contaminante que requiere atención prioritaria en la ciudad.
- En segundo lugar, los niveles de ozono muestran también concentraciones que exceden las normas. Como es sabido, la formación del ozono depende de la ocurrencia de emisiones de óxidos de nitrógeno y de hidrocarburos, en consecuencia, las fuentes de emisión de estos contaminantes (vehículos, industria petroquímica, manejo de COV, entre otras) deben ser objetivo de control para evitar la formación del ozono en niveles perjudiciales.
- Con respecto a los óxidos de azufre y al monóxido de carbono resulta claro que estos contaminantes se encuentran, en general, en concentraciones que no revisten riesgo para la salud de la población y las acciones pertinentes se deben encaminar, al menos, al mantenimiento de esta situación

SECTORES DE LA CIUDAD MÁS AFECTADOS POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

- **Es indudable que el sector occidental de la ciudad, en donde se encuentran ubicadas estaciones como Carrefour, Corpas, Sony, Fontibón y Merck, muestra los índices más altos de contaminación por material particulado**
- **En el sector central de la ciudad, principalmente en las estaciones MMA y U.Nacional, el deterioro de la calidad del aire obedece más al aporte de contaminantes gaseosos, como el ozono que al material particulado**
- **En el sector norte de la ciudad se observa el mejor nivel de calidad del aire, teniendo en cuenta las concentraciones tanto de partículas suspendidas como de gases**

INFORME ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

PRELIMINAR

2003

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 CALIDAD DEL AIRE	2
1.1 PARTÍCULAS	2
1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀	2
Promedios 24 Horas	2
Promedios Anuales	6
Tendencias	9
1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST	10
Promedios 24 Horas	10
Promedios Anuales	13
Tendencias	14
1.2 GASES	15
1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO ₂	16
Promedios 3 horas	16
Promedios 24 horas	18
Promedios Anuales	19
Tendencias	21
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO ₂	22
Promedios 1 Hora	22
Promedios 24 Horas	24
Promedios Anuales	26
1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO	29
Promedios 8 Horas	29
Promedios Horarios	31
Tendencias	33
1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O ₃	34
Promedios 8 Horas	34
Promedios Horarios	36
Tendencias	38
1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS	39
2 METEOROLOGÍA	51
2.1 PRECIPITACIÓN	51
2.2 VIENTOS	54
2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL	56

2.4	RADIACIÓN SOLAR	60
ANEXOS		1
ANEXO 1. DIAGRAMAS DE CAJAS		1
DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS 24 HORAS		1
DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS 24 HORAS POR DIA DE LA SEMANA		5
DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO		8
DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS 24 HORAS		11
DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS 24 HORAS POR DIA DE LA SEMANA		12
DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO		13
ANEXO 2. ROSAS DE VIENTO		14

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ - PROMEDIOS 24 HORAS	4
TABLA 2. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ – PROMEDIOS 24 HORAS	5
TABLA 3. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ - PROMEDIOS ANUALES	8
TABLA 4. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ – PROMEDIOS ANUALES	9
TABLA 5. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	11
TABLA 6. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST – PROMEDIOS 24 HORAS	11
TABLA 7. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PST – PROMEDIOS ANUALES	14
TABLA 8. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST – PROMEDIOS ANUALES	14
TABLA 9. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 3 HORAS	17
TABLA 10. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 3 HORAS	18
TABLA 11. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIO 1 HORA	24
TABLA 12. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIO 24 HORAS	26
TABLA 13. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIO ANUAL	28
TABLA 14. CONSOLIDADO CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ EN 2003 - PROMEDIOS 24 HORAS	40
TABLA 15. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ EN 2003 – PROMEDIOS ANUALES	41
TABLA 16. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2003 – PROMEDIOS 24 HORAS	42
TABLA 17. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2003 – PROMEDIOS ANUALES	42
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2003 – PROMEDIOS 3 HORAS	43
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2003 – PROMEDIOS 8 HORAS	44
TABLA 14. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2003 – PROMEDIOS HORARIOS	49
TABLA 15. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2003 – PROMEDIOS 8 HORAS	49
TABLA 16. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2003 – PROMEDIOS HORARIOS	50
TABLA 17. SINTESIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN	52
TABLA 18. ACUMULADOS MENSUALES POR ESTACIÓN	54
TABLA 19. VELOCIDAD MÁXIMA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN	55
TABLA 20. MEDIAS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S)	56
TABLA 21. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN	58
TABLA 22. MÁXIMOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	60
TABLA 23. MÁXIMOS Y PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONCENTRACIONES DE PM10 - PROMEDIOS 24 HORAS	3
FIGURA 2. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PM10 - PROMEDIOS 24 HORAS	4
FIGURA 3. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PM10 – PROMEDIOS 24 HORAS	5
FIGURA 4. CONCENTRACIONES DE PM10 - PROMEDIOS ANUALES	7
FIGURA 5. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PM10 - PROMEDIOS ANUALES	8
FIGURA 6. CONCENTRACIONES DE PM10 DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	9
FIGURA 7. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	10
FIGURA 8. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	11
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PST – PROMEDIOS PARA 24 HORAS	12
FIGURA 10. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS ANUALES	13
FIGURA 11. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PST POR ESTACIÓN – PROMEDIOS ANUALES	14
FIGURA 12. CONCENTRACIONES DE PST DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	15
FIGURA 13. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 3 HORAS	17
FIGURA 14. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE SO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIOS 3 HORAS	17
FIGURA 15. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 24 HORAS	18
FIGURA 16. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE SO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIOS 24 HORAS	19
FIGURA 17. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	20
FIGURA 18. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE SO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIOS ANUALES	20
FIGURA 19. CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	21
FIGURA 20. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIO 1 HORA	23
FIGURA 21. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE NO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIO 1 HORA	24
FIGURA 22. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS 24 HORAS	25
FIGURA 23. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE NO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIO 24 HORAS	26
FIGURA 24. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	28
FIGURA 25. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE NO ₂ POR ESTACIÓN– PROMEDIO ANUAL	27
FIGURA 26. CONCENTRACIONES DE NO ₂ DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	29
FIGURA 27. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 HORAS DE CO	30
FIGURA 28. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS HORARIOS DE CO	32
FIGURA 29. CONCENTRACIONES DE CO DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	34
FIGURA 30. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 H DE O ₃	35
FIGURA 31. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE O ₃	37
FIGURA 32. CONCENTRACIONES DE O ₃ DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	39
FIGURA 19. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DEL 2001 AL 2003	51
FIGURA 20. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2003	53
FIGURA 21. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2003	53
FIGURA 22. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA	54
FIGURA 23. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LAS MEDIAS MENSUALES	55
FIGURA 24. MÁXIMOS, MÍNIMOS Y MEDIAS HORARIAS DE TEMPERATURA	57
FIGURA 25. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MEDIA MULTIANUAL	57
FIGURA 26. VARIACIÓN HORARIA DE LA TEMPERATURA A 2, 8 Y 20 METROS EN LA ESTACIÓN DE ESCUELA DE INGENIERÍA	59
FIGURA 27. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA	59
FIGURA 28. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	60
FIGURA 29. PROMEDIOS Y MÁXIMOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR	61

INTRODUCCIÓN

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente –DAMA– y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM– firmaron, el 4 de agosto de 2003, el convenio 020/03 (Numeración DAMA) – 078/03 (Numeración IDEAM), el cual tiene como objeto realizar la operación, mantenimiento, análisis de la información de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) y generar los reportes sobre el estado de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá.

En desarrollo de dicho convenio el pasado 29 de septiembre del año 2003, se firmó por parte de los delegados de cada institución el acta de iniciación de actividades, con lo cual se inició oficialmente la ejecución del convenio.

Dando cumplimiento a las obligaciones establecidas en el convenio, en este documento se presenta el informe anual de calidad del aire del año 2003, el cual contiene una descripción del estado de la calidad del aire y de las variables meteorológicas del año 2003.

En el primer capítulo se presenta una descripción de los contaminantes que afectan la calidad del aire de la ciudad, que incluyen material particulado y gases contaminantes. En el segundo capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el análisis de las variables meteorológicas como precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura y radiación solar.

Adicionalmente, en cada capítulo se presenta el análisis de tendencia de cada variable analizada durante los últimos años y la síntesis de resultados.

En los anexos se incluye información relacionada con el análisis estadístico, a través de diagramas de caja de los contaminantes que presentan mayor concentración comparados con la norma de calidad del aire (PST y PM10) y las rosas de viento de las estaciones.

1 CALIDAD DEL AIRE

1.1 PARTÍCULAS

El diámetro de las partículas presentes en el aire puede variar entre una milésima de micra y 500 micras. Estos materiales, en estado líquido o sólido, se producen por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión de las fábricas, en la producción, transporte y utilización de materiales de construcción, a partir de procesos erosivos, en los humos de los gases de los vehículos y también por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentadas. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (PM_{10}), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman. Las partículas suspendidas totales (PST) incluyen las partículas menores a 10 micras así como las mayores a 10 micras, que no sedimentan en períodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. Los efectos de la presencia de partículas mayores a 10 micras, en el ambiente, se refieren principalmente a daños en la vegetación, deterioro de materiales y reducción de la visibilidad, entre otros.

Las normas de calidad del aire para partículas se refieren a las máximas concentraciones permitidas en periodos de 24 horas y al valor promedio anual de los registros diarios tanto para el material que presenta un diámetro de partícula igual o inferior a 10 micras (PM_{10}) como para las partículas suspendidas totales (PST).

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM_{10}

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con catorce (14) estaciones que poseen equipos para medir PM_{10} . Para este parámetro se reportan las concentraciones muestreadas en doce (12) estaciones. Las dos (2) estaciones restantes se encuentran en proceso de traslado, por lo cual no es posible contar con esta información.

Promedios 24 Horas

En el 2003 se presentó el máximo promedio de concentración 24 horas en la estación No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente), seguido de cerca por la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente). En estas dos estaciones se superó la norma de la siguiente manera: 87 veces en la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y 21 veces en la estación No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente). Así mismo, la media más alta de los promedios 24 horas se presentó en la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), seguida por la estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente).

Por otra parte, la norma fue superada en las estaciones No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) y No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente). En las demás estaciones nunca se superó la norma y tanto los máximos, como la media de los promedios 24 horas se encontraron muy por debajo de la misma.

La Figura 1 muestra un resumen de los promedios 24 horas de cada estación de la RMCAB para el 2003.

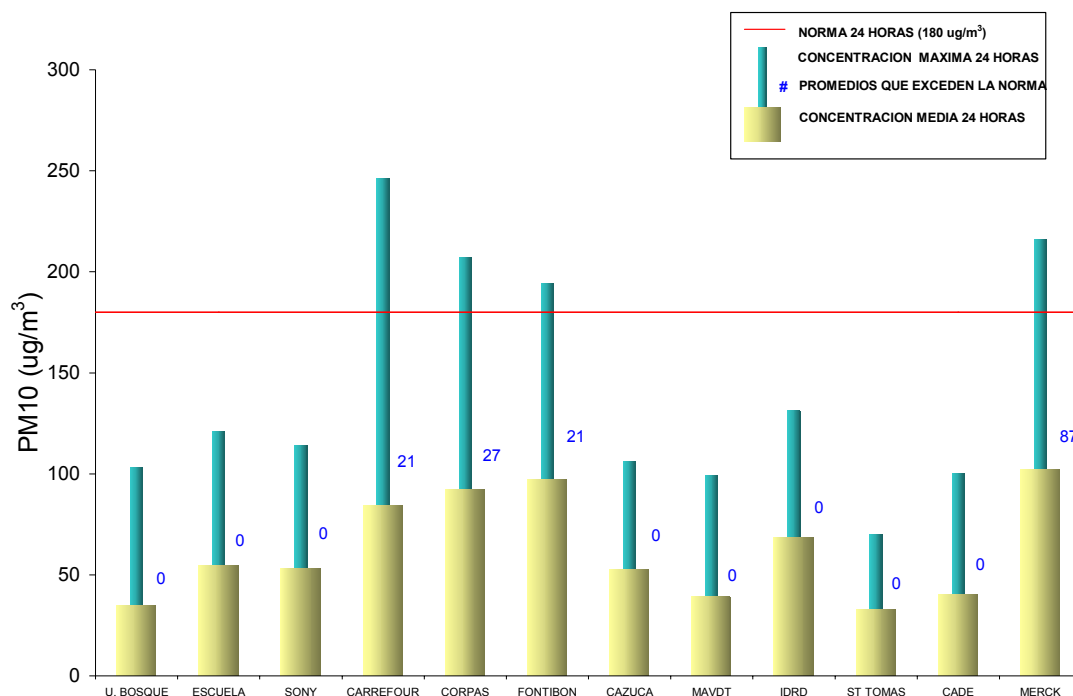


Figura 1. Concentraciones de PM₁₀ - Promedios 24 horas

El 50 % de los promedios 24 horas en la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) se encuentra entre 75 y 125 (ug/m³). Por otra parte, en la estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente) el 50% de los promedios 24 horas se encuentra entre 70 y 120 (ug/m³), mientras que en la estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) se encuentran entre 80 y 115 (ug/m³).

Es decir, para el año 2003, durante la mitad del tiempo se registraron concentraciones altas, pero inferiores a la norma, en estas estaciones. Para el resto de estaciones se midieron concentraciones muy bajas de PM10, especialmente en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) y No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro). Esta información se presenta resumida en el diagrama de cajas de la Figura 2 y en la Tabla 1. Las estaciones se muestran según su código, que puede verse en la Tabla 1.

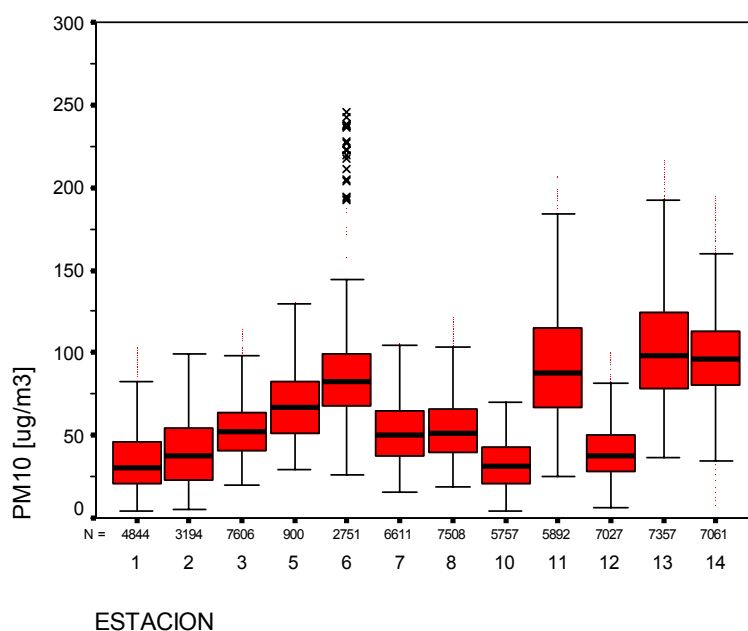


Figura 2. Diagrama de cajas para concentraciones de PM₁₀ - Promedios 24 horas.

Tabla 1. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PM₁₀ - Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	PM ₁₀ 24 horas (ug/m ³)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	34.45	30	4	103
2	MAVDT	38.94	38	5	99
3	SONY	52.98	52	20	114
5	IDRD	68.44	67	29	131
6	CARREFOUR	84.40	83	26	246
7	CAZUCA	52.21	50	16	106
8	ESCUELA	54.56	51	19	121
10	STO. TOMÁS	32.54	31	4	70
11	CORPAS	91.98	88	25	207
12	CADE	39.92	38	6	100
13	MERCK	101.91	98	37	216
14	FONTIBÓN	96.78	95	7	194

La Tabla 2 muestra el día y la hora en la que se presentaron los valores máximos por estación.

Tabla 2. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PM₁₀ – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
1	BOSQUE	103	06/12/2003 02:00
2	MAVDT	99	27/02/2003 05:00
3	SONY	114	05/11/2003 14:00
5	IDRD	131	07/04/2003 09:00
6	CARREFOUR	246	12/06/2003 08:00
7	CAZUCA	106	22/01/2003 09:00
8	ESCUELA	121	01/01/2003 06:00
10	ST. TOTO	70	25/12/2003 17:00
11	CORPAS	207	08/04/2003 07:00
12	CADE	100	19/02/2003 20:00
13	MERCK	216	08/12/2003 17:00
14	FONTIBÓN	194	26/04/2003 07:00

En el mapa de la Figura 3 se presenta la distribución espacial de las máximas concentraciones de PM₁₀ – Promedios 24 horas

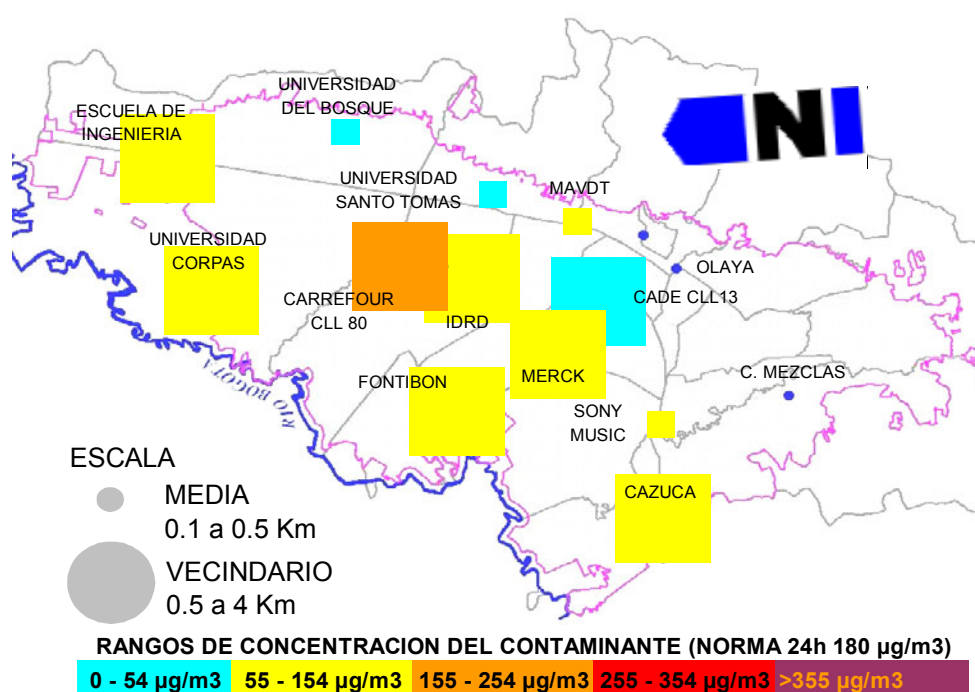


Figura 3. Concentraciones Máximas de PM₁₀ – Promedios 24 horas

En el Anexo 1 se muestran los diagramas de caja por mes para las concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB para el año 2003. De su análisis puede afirmarse que los meses con una media más alta de concentración promedio 24 horas fueron, febrero

para las estaciones No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente), No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente), No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro), y No. 2 MAVDT (Sector Centro), noviembre para las estaciones No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) y No. 3 Sony (Sector Sur), enero para la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) y marzo para las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 8 Escuela (Sector Norte).

Los meses con una media más baja de concentración promedio 24 horas fueron, mayo para las estaciones No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 8 Escuela (Sector Norte), agosto para las estaciones No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente), julio para las estaciones No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente), No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), y junio para las estaciones No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 2 MAVDT (Sector Centro).

Durante algunos meses se presenta un muy bajo número de datos debido a fallas de los equipos de medición o por invalidación de datos causada por factores externos a la operación de la RMCAB. Estos meses no fueron tenidos en cuenta en el anterior recuento, por no tener suficiente representatividad temporal.

El Anexo 1 presenta los diagramas de caja de los datos diarios de concentración de PM_{10} en $[ug/m^3]$ del año 2003. Puede observarse que para todas las estaciones de la RMCAB, el día con valores más bajos para la media de los promedios diarios de concentración es el domingo. En contraposición, los días con medias más altas son los miércoles, jueves y viernes y para todas las estaciones se encontraron valores muy similares.

Puede observarse una dependencia clara de los ciclos de movilización de las fuentes móviles en los resultados presentados en estos diagramas, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de concentración promedio diario.

Las medias de los promedios 24 horas, agrupados por meses y por días de la semana, siempre se encontraron por debajo de la norma, siendo la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) la que reporta las más altas y la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) las más bajas.

Promedios Anuales

Cada promedio anual se halló, para cada día del 2003, tomando los promedios diarios desde el primero de enero de 2002 hasta el 31 de diciembre de 2003, inclusive. La norma anual se supera en la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y en las estaciones No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) y No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente).

En las estaciones No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) todos los promedios anuales de concentración de PM_{10} del año 2003, estuvieron por encima de la norma. Las medias y los máximos de este conjunto de promedios anuales son muy cercanos y evidencian muy baja dispersión de los promedios anuales, como es esperable por el periodo de análisis.

La Figura 4 muestra el resumen de las medias, los máximos y el número de datos que superan la norma, para los promedios anuales del 2003.

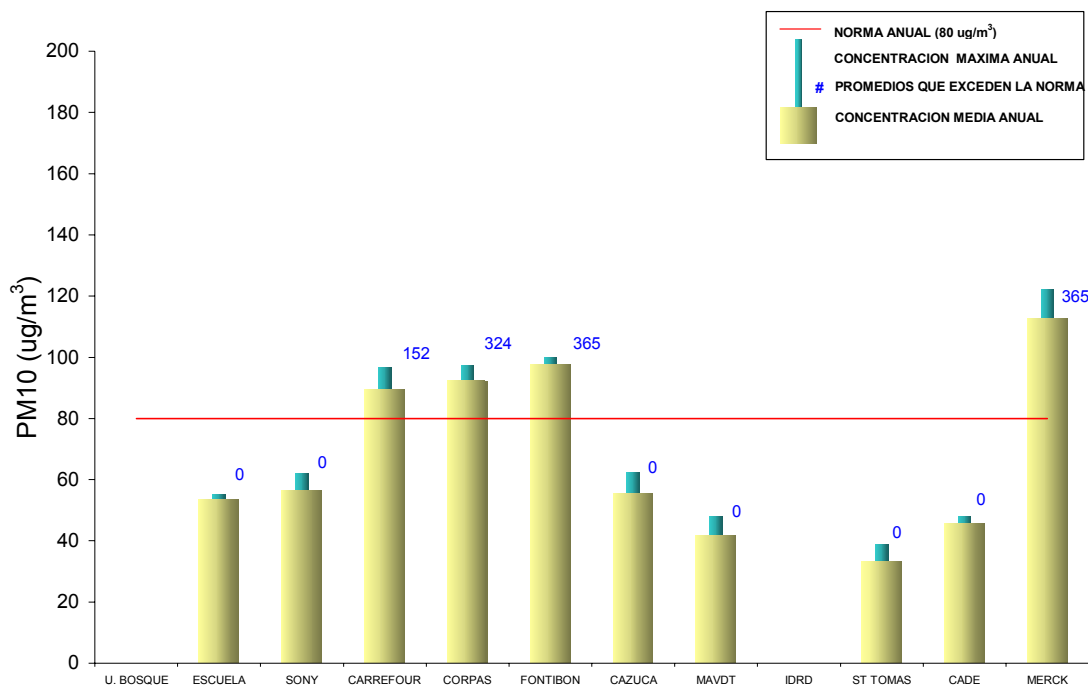


Figura 4. Concentraciones de PM₁₀ - Promedios anuales

Como se puede observar, se obtienen los promedios anuales más altos en las estaciones No.13 Merck (Sector Centro – Occidente), No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente) y No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente), del orden de 80 a 125 (ug/m³), siempre por encima de la norma anual (80 ug/m³). Los más bajos se obtienen en las estaciones No. 2 MAVDT (Sector Centro) y No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro), en el orden de 30 a 50 (ug/m³), cercanos al 50% de la norma.

Adicionalmente, se registraron valores intermedios en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente), No. 8 Escuela (Sector Norte) y No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente), en el orden de 50 a 70 (ug/m³), la mayoría de los cuales se encuentra entre el 50% y el 75% de la norma.

Las concentraciones anuales de PM₁₀, por estación, y algunas variables estadísticas se presentan resumidas en el diagrama de cajas de la Figura 5 y en la Tabla 3. La Tabla 4 muestra los días en que se obtuvieron los máximos promedios anuales en cada estación.

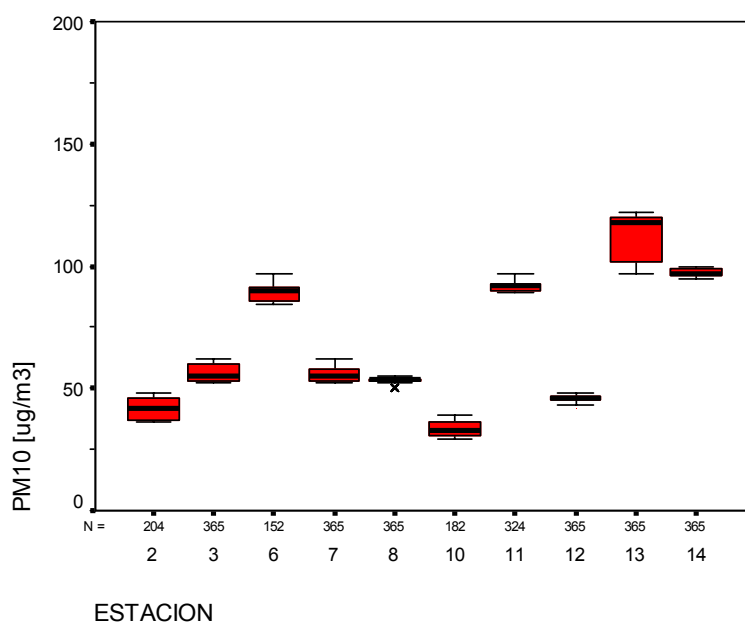


Figura 5. Diagrama de cajas para concentraciones de PM₁₀ - Promedios anuales

Tabla 3. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PM₁₀ - Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	PM ₁₀ 24 horas (ug/m ³)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
2	MAVDT	41	41.5	36	48
3	SONY	56	55	52	62
6	CARREFOUR	89	90	84	97
7	CAZUCA	56	55	52	62
8	ESCUELA	53	54	50	55
10	STO. TOMÁS	33	33	29	39
11	CORPAS	92	92	89	97
12	CADE	46	46	42	48
13	MERCK	113	118	97	122
14	FONTIBÓN	97	97	95	100

Tabla 4. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PM₁₀ – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
2	MAVDT	48	
3	SONY	62	12/02/2003
6	CARREFOUR	97	
7	CAZUCA	62	01/01/2003
8	ESCUELA	55	23/08/2003
10	STO. TOMÁS	39	01/01/2003
11	CORPAS	97	01/01/2003 03/01/2003
12	CADE	48	01/01/2003
13	MERCK	122	25/08/2003
14	FONTIBÓN	100	31/07/2003

Tendencias

La tendencia general de las concentraciones de PM₁₀, promedio diario en toda la RMCAB se resume en el diagrama de cajas de la Figura 6. Puede observarse que tanto los máximos como la media de las concentraciones de PM₁₀ promedio diario tienen una tendencia a la baja con respecto al 2002, pero contra el 2000, que es el año de mas bajas concentraciones promedio diario, han aumentado.

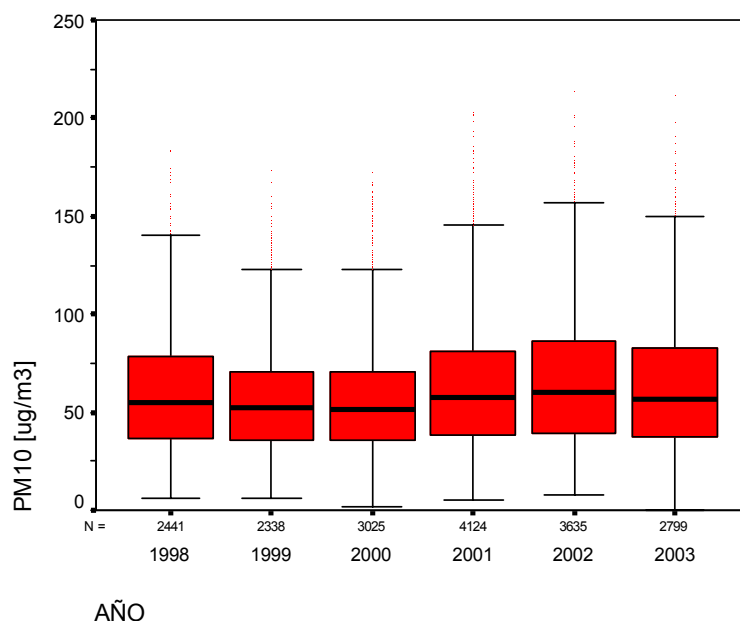


Figura 6. Concentraciones de PM₁₀ de toda la RMCAB - Promedios diarios

Analizando los datos diarios de todas las estaciones que miden PM₁₀ se puede observar una tendencia a la baja en la concentraciones diarias, en la estaciones No. 2 MAVDT (Sector Centro), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente), No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) y No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), tanto en las concentraciones máximas, como en la media de las concentraciones.

En estaciones como la No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) se evidencia una tendencia a la estabilidad en la media de las concentraciones diarias. Por otro lado, las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) y No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente) presentan incrementos en la media de las concentraciones y en los rangos de los cuartiles 1 y 3 (el rango donde se encuentran el 50% de los datos).

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con cuatro (4) puntos de monitoreo dotados con equipos para medir PST, los cuales se encuentran actualmente en operación y corresponden a las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) y No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente).

Promedios 24 Horas

Durante el 2003 ninguna de las concentraciones de PST promedio 24 horas superó la norma en ninguna de las estaciones de la ciudad. Las máximas concentraciones promedio 24 horas se presentaron en las estaciones No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) y No. 3 Sony (Sector Sur). La media de las concentraciones en todas las estaciones es inferior al 50% de la norma. La media más alta se presenta en la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) y la más baja en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte). La Figura 7 presenta un resumen de los datos anteriores.

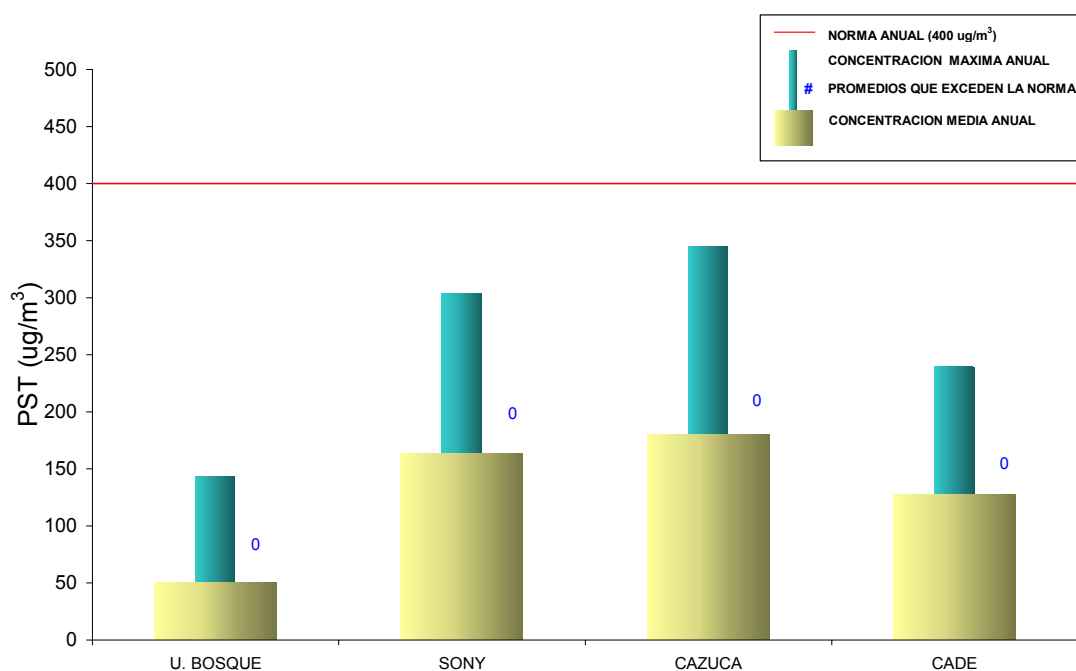


Figura 7. Concentraciones de PST - Promedios 24 horas

El 50% de las concentraciones de PST promedios 24, en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 3 Sony (Sector Sur) se encuentran entre 25 y 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, en la estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) se encuentran entre 100 y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) se encuentran entre 140 y 220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El diagrama de cajas presentado en la Figura 8 y la Tabla 5 muestra un resumen de algunas variables estadísticas sobre estos datos.

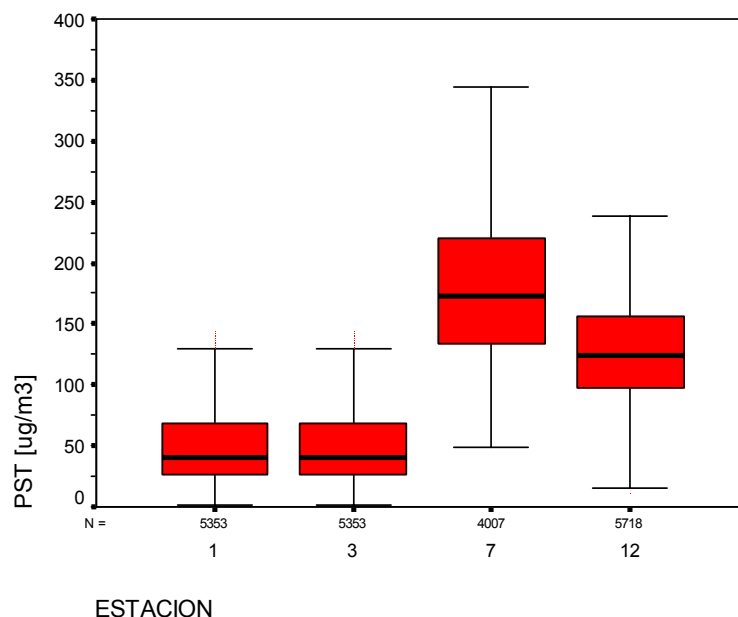


Figura 8. Diagrama de cajas para concentraciones de PST - Promedios 24 horas

Tabla 5. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PST - Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	PST 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	49.58	41	2	143
3	SONY	49.58	41	2	143
7	CAZUCA	179.55	173	49	344
12	CADE	126.83	124	11	239

En la Tabla 6 se relaciona el día y la hora en que ocurrieron las máximas concentraciones de PST promedio 24 horas.

Tabla 6. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PST – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
1	BOSQUE	143	28/03/2003 11:00
3	SONY	143	11/12/2003 11:00
7	CAZUCA	344	11/12/2003 15:00
12	CADE	239	02/04/2003 18:00

En la Figura 9 se presenta la distribución espacial de las máximas concentraciones de PST – Promedios 24 horas.

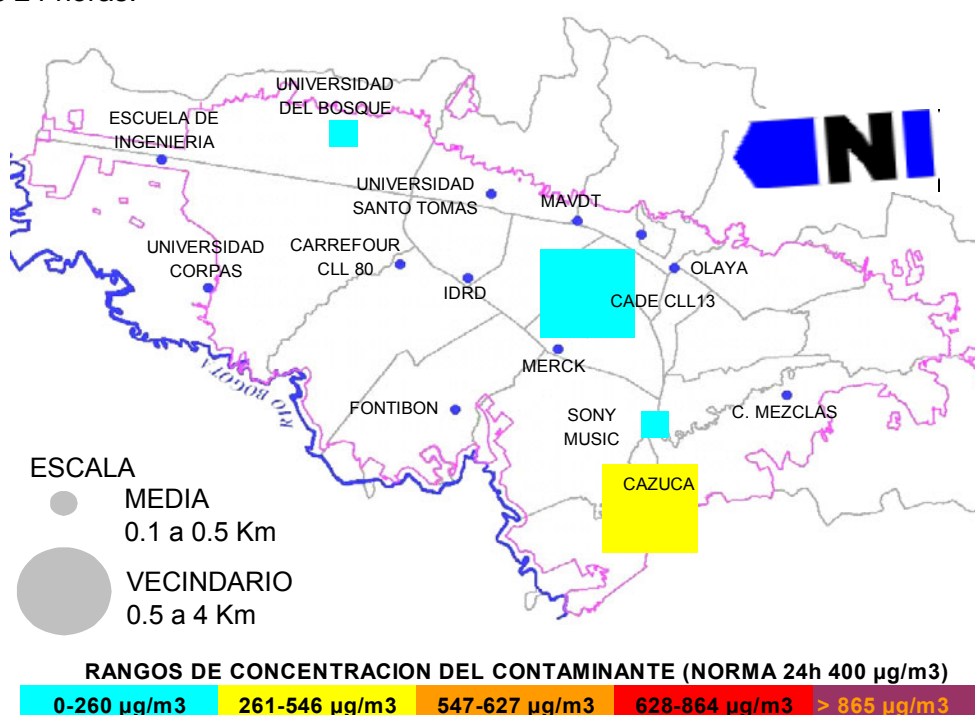


Figura 9. Distribución espacial de concentraciones máximas de PST – Promedios para 24 horas

En el Anexo 1 se muestran los diagramas de cajas por mes para las concentraciones de PST promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB para el año 2003. Estos diagramas muestran que los meses con una mayor media de concentración de PST promedio 24 horas fueron, febrero en el sector Nor - Occidente, diciembre y enero para el Sur - Occidente, marzo para el Norte y mayo para el Sur. Los meses para los cuales se cuenta con muy pocos promedios no se tienen en cuenta en el anterior recuento.

En el Anexo 1 se presentan los diagramas de cajas por día de la semana para las concentraciones de PST promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB que monitoreó este parámetro en el año 2003. Para todas, el día con valores más bajos para la media de los promedios diarios de concentración es el domingo. Mientras que los días con medias más altas son los miércoles, jueves y viernes y para todas las estaciones se encontraron valores muy similares. Nuevamente, como para el PM₁₀, puede observarse una dependencia clara de los ciclos de movilización de las fuentes móviles en los resultados presentados en estos diagramas, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de la media de concentración de PST promedio diario.

Las medias de los promedios 24 horas por meses, y por días de la semana, siempre se encontraron por debajo de la norma, siendo la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) la que reporta las más altas y la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) las más bajas.

Promedios Anuales

En el Sur, en el Sur - Occidente y en el Centro - Occidente de la ciudad, las concentraciones promedio anuales calculadas para el 2003, superan la norma (100 ug/m^3). Solo en el Norte de la ciudad no se sobrepasa el valor límite impuesto por la norma. La Figura 10 muestra un resumen de los máximos, las medias y el número de veces que se sobrepasó la norma en cada estación.

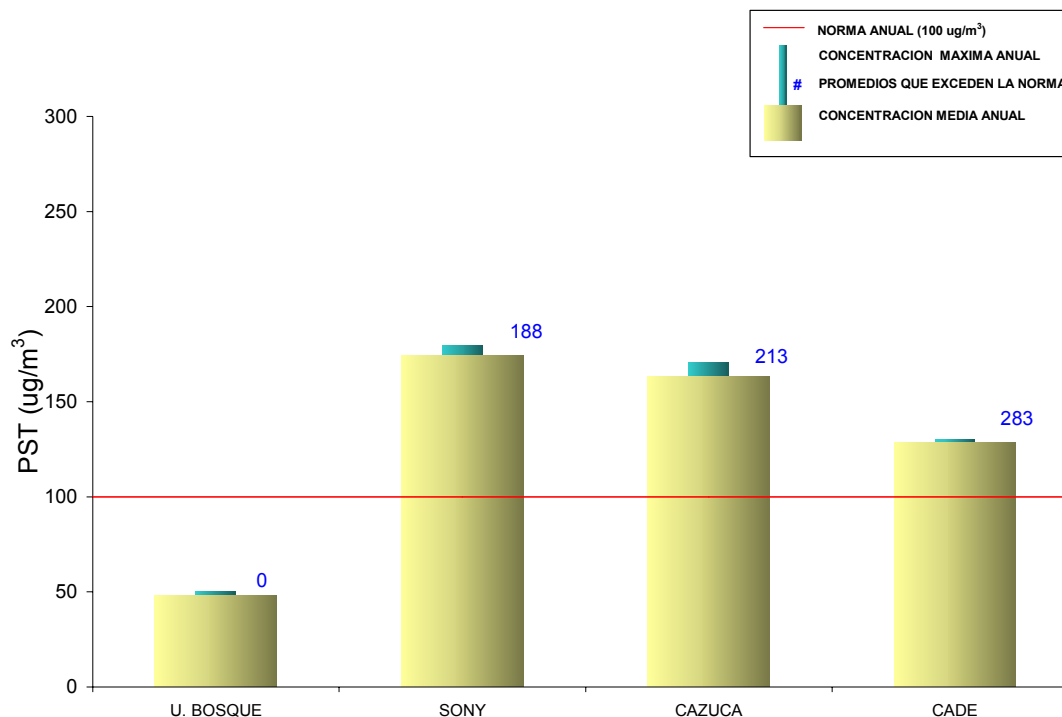


Figura 10. Concentraciones de PST - Promedios anuales

Las concentraciones de PST promedio anual se presentan en el diagrama de cajas de la Figura 11. Puede observarse que en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) los valores se encuentran entre 48 y 50 ug/m^3 , en la estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente), se encuentran entre 125 y 130 ug/m^3 , en la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente) se encuentran entre 150 y 160 ug/m^3 y en la estación No. 3 Sony (Sector Sur), entre 165 y 175 ug/m^3 .

La Tabla 7 resume algunas variables estadísticas de los datos, y en la Tabla 8 se muestran los días en que ocurrieron las máximas concentraciones de PST promedios anuales.

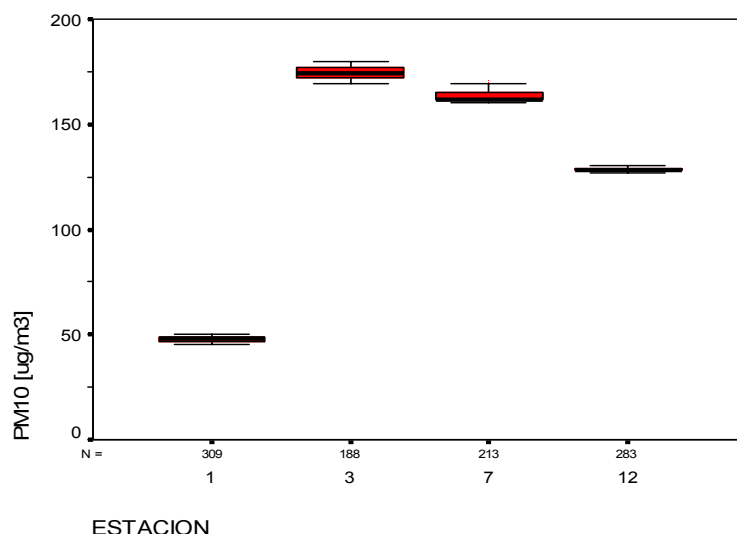


Figura 11. Diagrama de cajas para concentraciones de PST por estación – Promedios Anuales

Tabla 7. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PST – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	PST ANUAL (ug/m ³)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	48.06	48	45	50
3	SONY	174.22	174	169	180
7	CAZUCA	163.33	162	160	171
12	CADE	128.45	128	127	130

Tabla 8. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PST – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
1	BOSQUE	50	06/08/2003
3	SONY	180	15/01/2003
7	CAZUCA	171	01/08/2003
12	CADE	130	26/08/2003

Tendencias

En el diagrama de cajas de la Figura 12 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de PST de toda la RMCAB, para cada año de monitoreo de este parámetro. Puede observarse una mejoría en los máximos del 2003 y una tendencia a la baja de la media, en los tres años de monitoreo de esta variable.

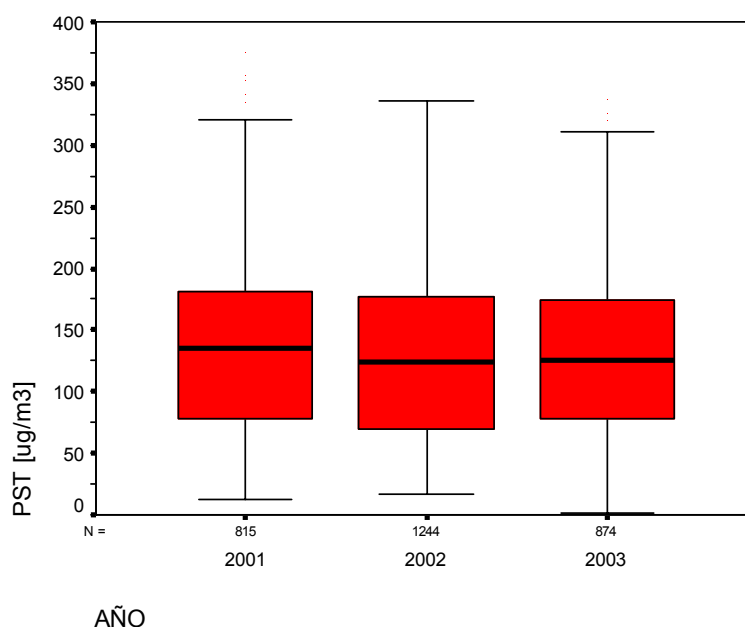


Figura 12. Concentraciones de PST de toda la RMCAB - Promedios diarios

El análisis de los datos por estación, para cada año de monitoreo, permite evidenciar que la tendencia de la media de las concentraciones diarias de PST en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) se ha venido incrementado desde el 2002 al igual que los máximos registrados en esta estación. En la estación No. 3 Sony (Sector Sur) se observa una tendencia gradual a la baja de la media de las concentraciones, de los máximos y del rango de los cuartiles 1 y 3 (el rango donde se encuentran el 50% de los datos). En la estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) se observa una tendencia a la estabilidad en los tres años de monitoreo, mientras que en la estación No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente), puede observarse una leve tendencia al incremento en la medias de las concentraciones.

1.2 GASES

La resolución 1208 de 2003 regula además de las partículas en el aire los gases SO_2 , NO_2 , CO Y O_3 . La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, realizó mediciones de estos gases que son producidos especialmente por el uso de combustibles fósiles y que tienen efectos tóxicos sobre la salud humana.

El SO_2 es un gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones. Se produce principalmente durante la combustión incompleta de combustibles fósiles como el carbón, la gasolina o el diesel que son usados en vehículos y en algunas fábricas. Puede reaccionar químicamente con otros compuestos en la generación de lluvia ácida y su aspiración continua puede producir problemas respiratorios.

El NO_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3), contaminante secundario y es un gas que afecta pulmones y vías respiratorias.

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El CO afecta la salud debido a que se combina con la hemoglobina de la sangre mucho más fácil que el oxígeno, interfiriendo en el proceso de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo.

A continuación se presenta el comportamiento de estos contaminantes durante el año 2003.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO_2

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá registró datos de SO_2 para ocho (8) estaciones en total. A partir de estos datos se efectuaron comparaciones con la norma para ponderaciones anuales, 24 horas y 3 horas. Así mismo se presentan tendencias para dicho contaminante entre los años 2000 a 2003.

Promedios 3 horas

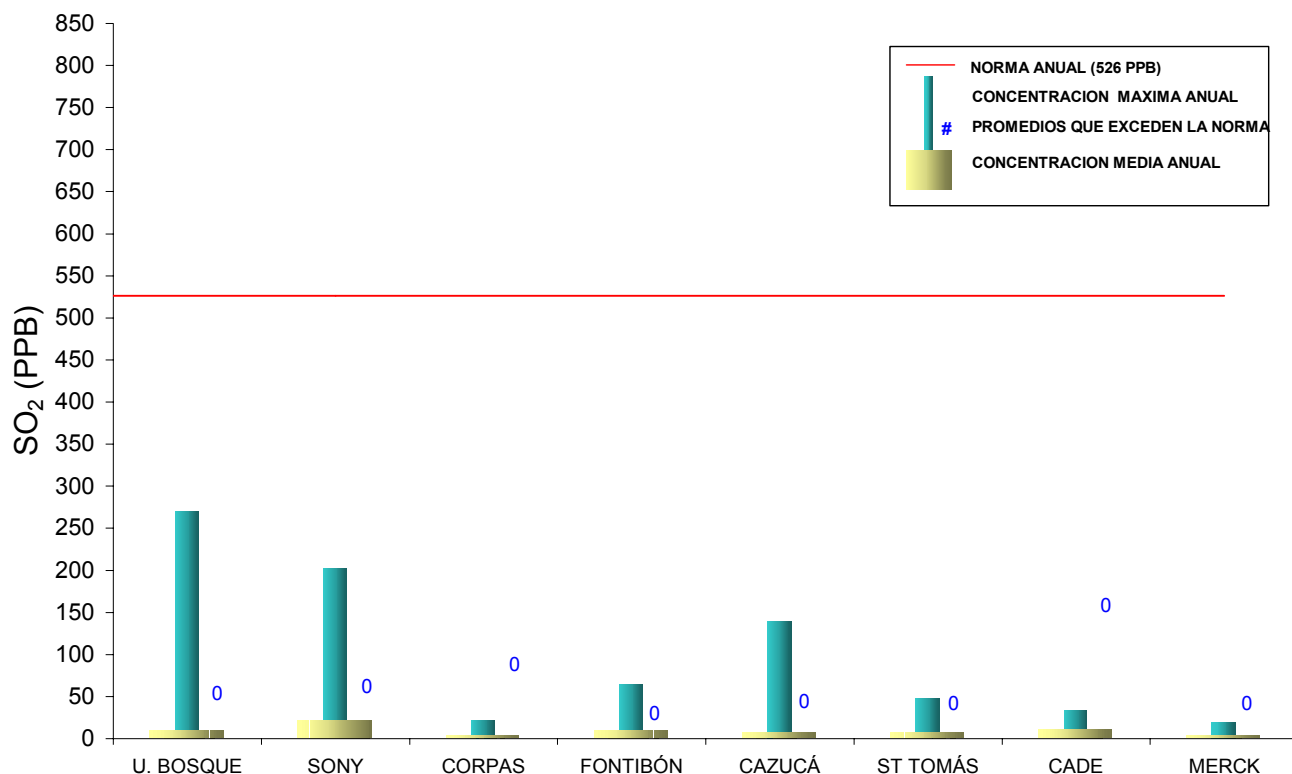


Figura 13. Concentraciones de SO₂ – Promedios 3 horas

Como se puede observar en la Figura 13, ninguno de estos promedios superó la norma. Adicionalmente, se puede constatar que las concentraciones máximas se presentaron en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 7 Cazuca (Sector Sur – Occidente).

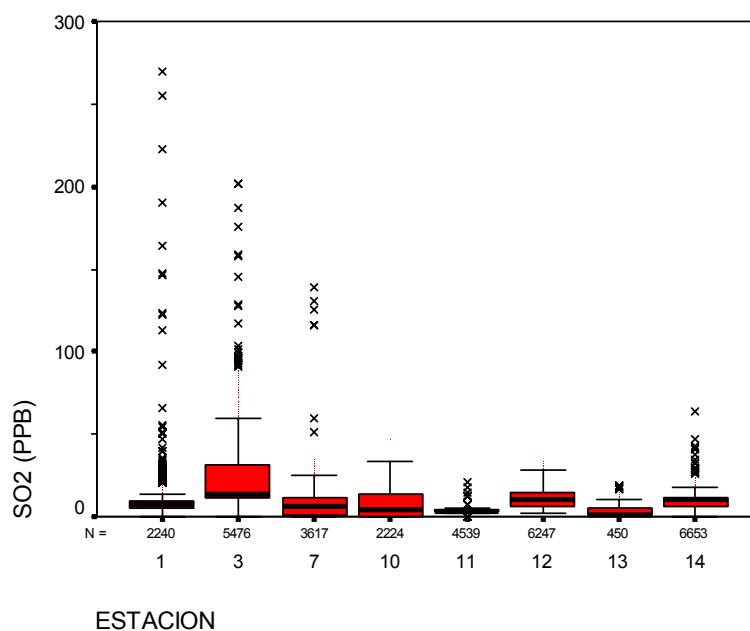


Figura 14. Diagrama de cajas para concentraciones de SO₂ por estación– Promedios 3 horas

Tabla 9. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de SO₂ – Promedios 3 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	SO2 3 horas (ppb)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	8.9	7	0	270
3	SONY	20.6	14	0	202
7	CAZUCA	7.0	6	0	139
10	STO. TOMÁS	6.5	4	0	47
11	CORPAS	3.4	3	0	21
12	CADE	10.8	10	2	33
13	MERCK	3.4	1	1	19
14	FONTIBON	9.1	10	0	64

Promedios 24 horas

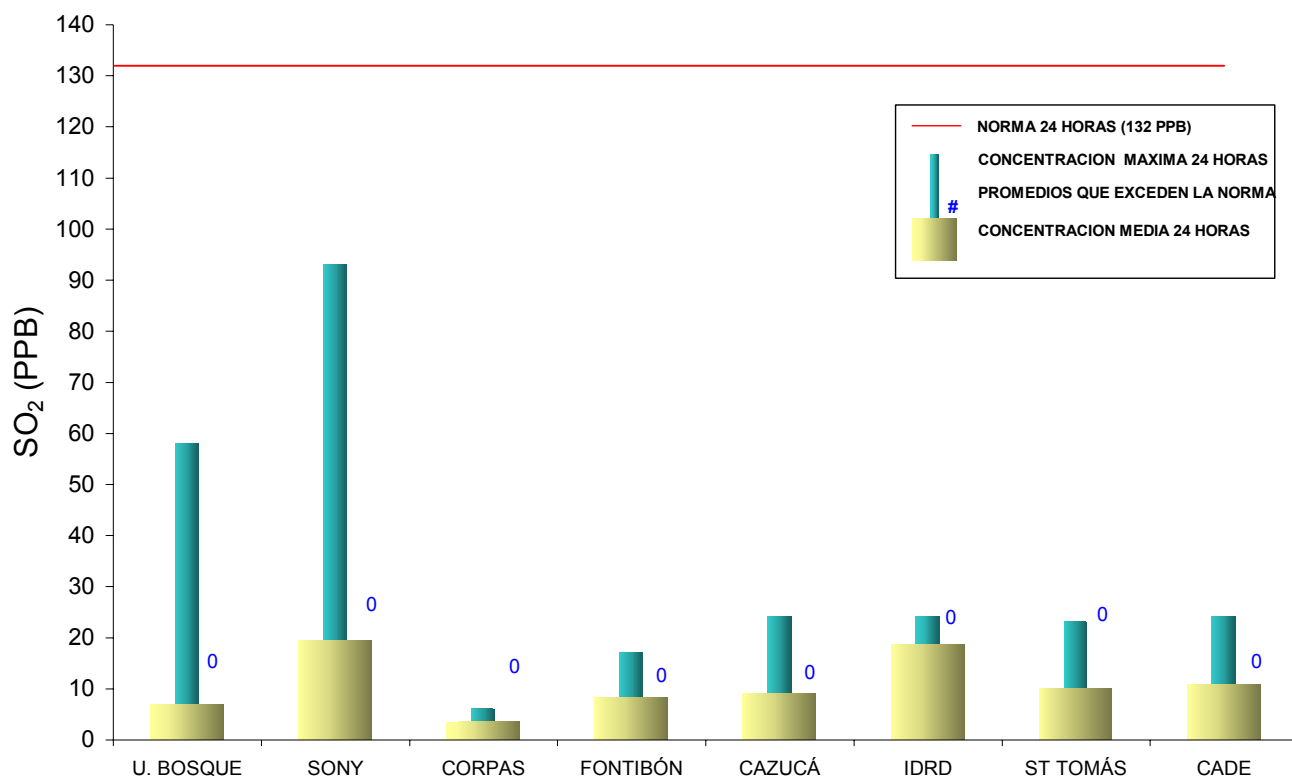


Figura 15. Concentraciones de SO₂ – Promedios 24 horas

De acuerdo con la Figura 15, es posible observar que las concentraciones máximas para promedios 24 horas se presentaron en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 1 Bosque (Sector Norte). Así mismo, es posible constatar que ninguno de los promedios excedió la norma para 24 horas.

Tabla 10. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de SO₂ – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	SO2 24 horas (ppb)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	6.87	6	0	58
3	SONY	21.16	13	0	370
7	CAZUCA	18.61	22	2	24
10	STO. TOMÁS	8.93	8	2	24

11	CORPAS	10.08	12	0	23
12	CADE	3.55	4	0	6
13	MERCK	10.81	10	4	24
14	FONTIBON	8.12	9	1	17

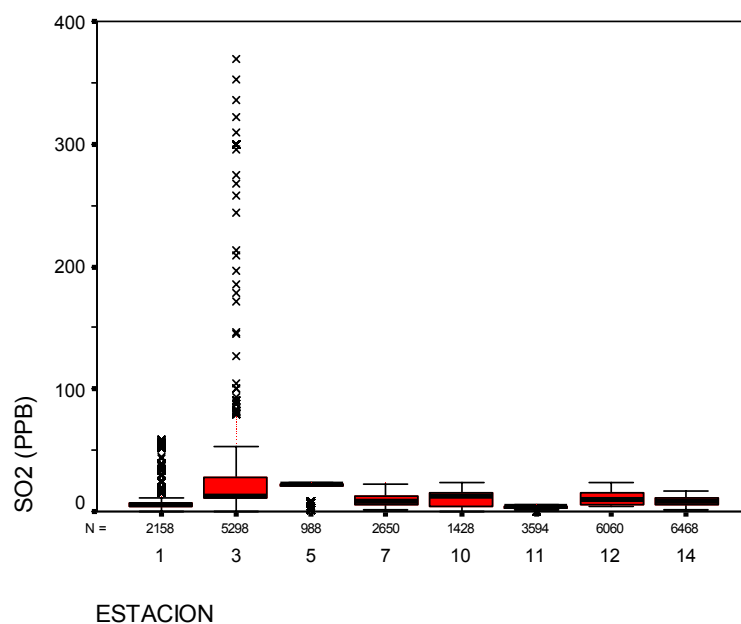


Figura 16. Diagrama de cajas para concentraciones de SO₂ por estación– Promedios 24 horas

Promedios Anuales

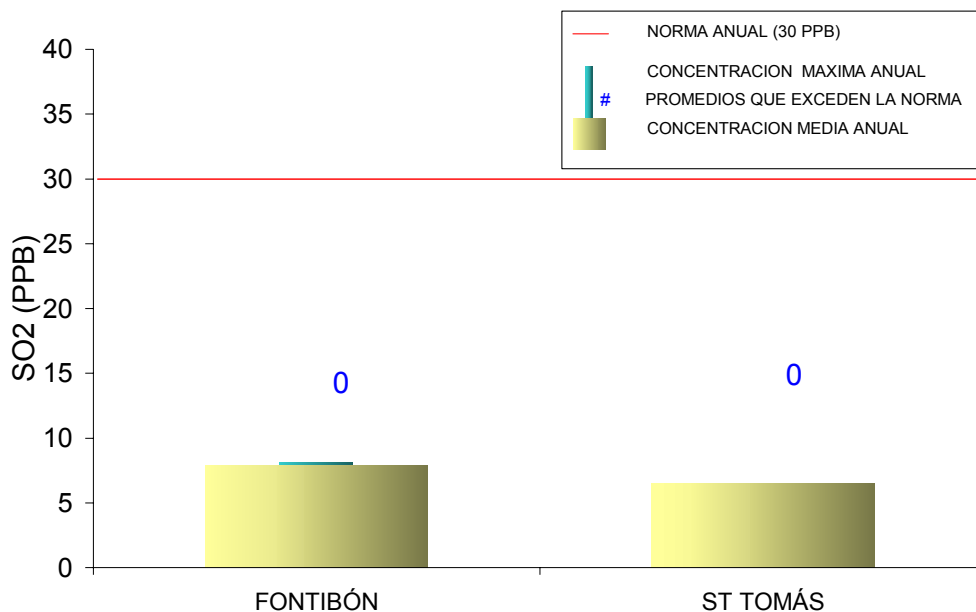


Figura 17. Concentraciones de SO₂ – Promedios Anuales

Las únicas estaciones que presentaron datos suficientes para calcular promedios anuales durante el año 2003 fueron la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y la estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente). Adicionalmente, es importante constatar que ninguna de estas dos estaciones superó siquiera el 50% de la norma anual.

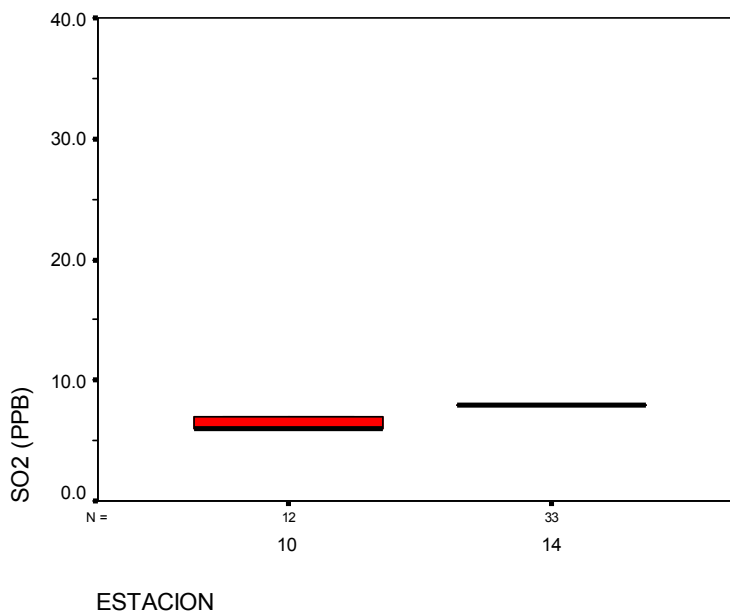


Figura 18. Diagrama de cajas para concentraciones de SO₂ por estación– Promedios Anuales

Tendencias

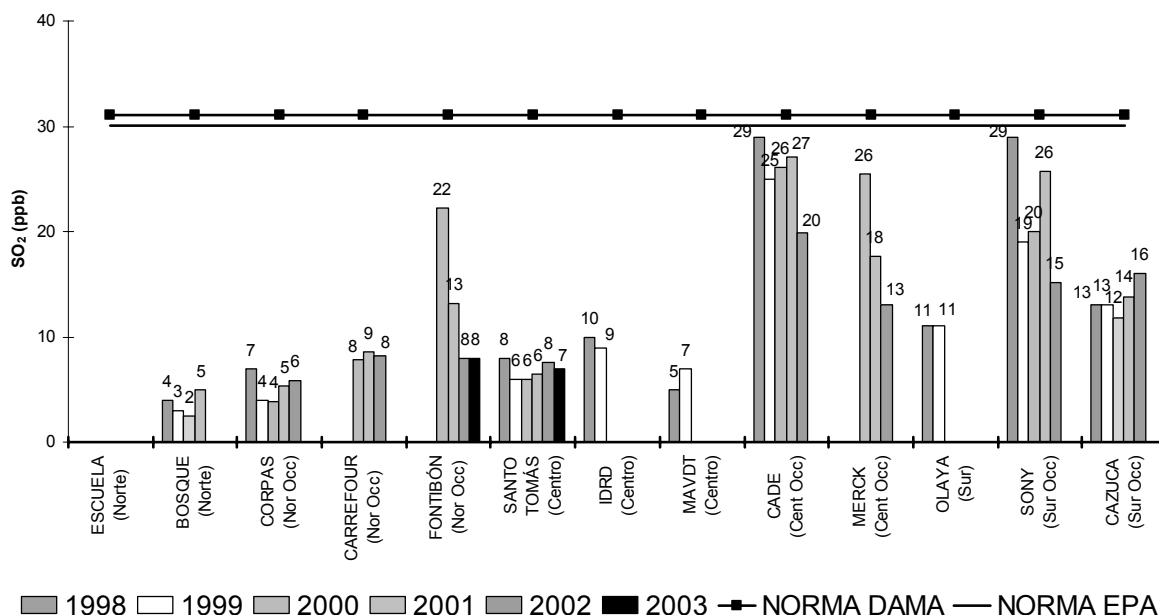


Figura 19. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la RMCAB para el periodo 1998 a 2003

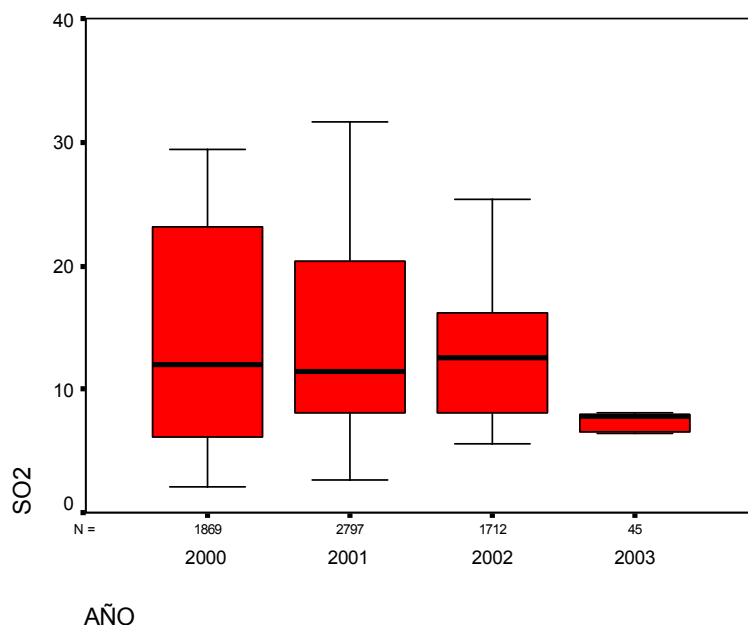


Figura 20. Concentraciones de SO₂ de toda la RMCAB - Promedios diarios

Los promedios diarios de SO₂ muestran una reducción de la dispersión de los datos durante el periodo de análisis. Sin embargo, el comportamiento de la mediana se ha mantenido constante durante los años 2000, 2001 y 2002. Para el año 2003, el número total de datos no es representativo con respecto a los años anteriores.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO₂

Durante el año 2003, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá reportó datos de concentraciones de NO₂ a partir de once (11) estaciones. Con base en estos datos se efectuaron comparaciones con la norma para ponderaciones anuales, 24 horas y 3 horas. Así mismo se presentan tendencias para dicho contaminante entre los años 2000 a 2003.

Promedios 1 Hora

Como se puede observar en la Figura 21, las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) y No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) no presentaron datos suficientes para sacar promedios horarios.

Sin embargo, con los datos presentados es posible constatar que las concentraciones máximas se presentaron en las estaciones No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) y No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro).

Adicionalmente, ninguna de las estaciones presentó mediciones que superaran siquiera el 50% de la norma.

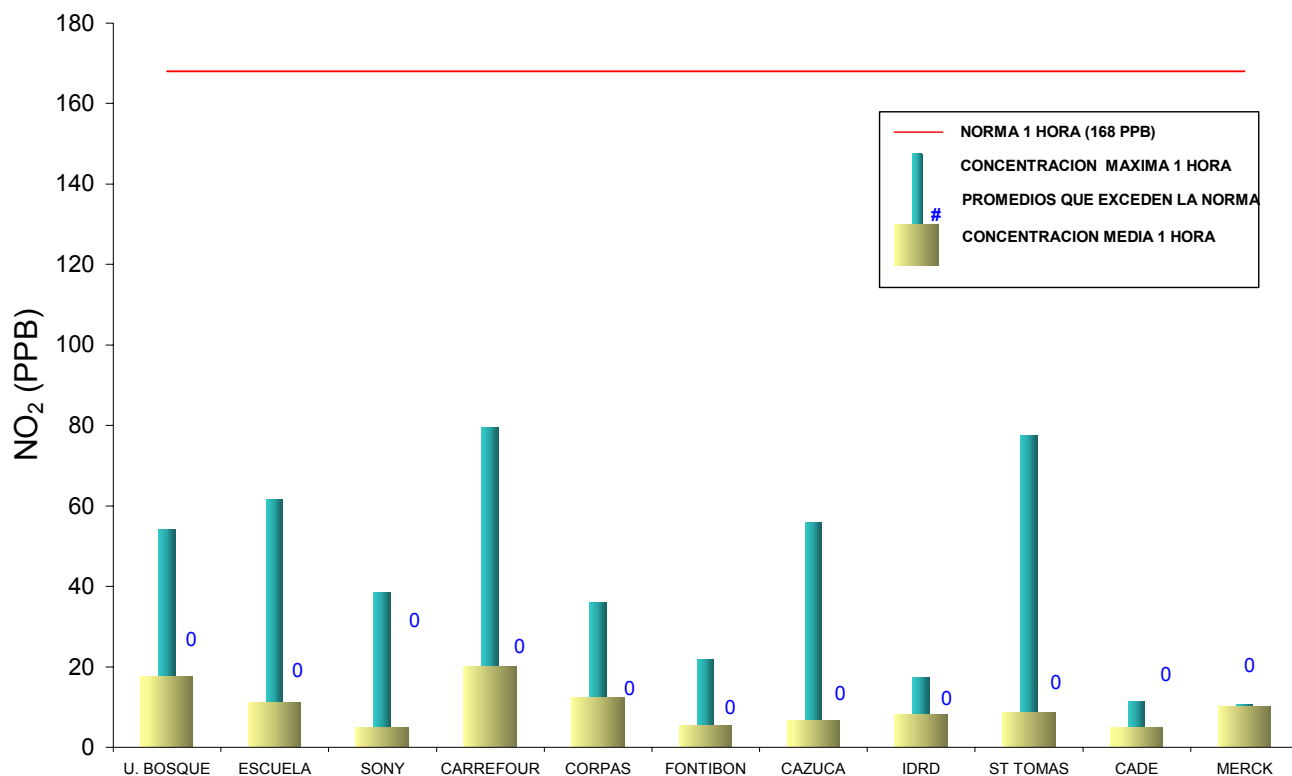


Figura 21. Concentraciones de NO₂ – Promedio 1 Hora

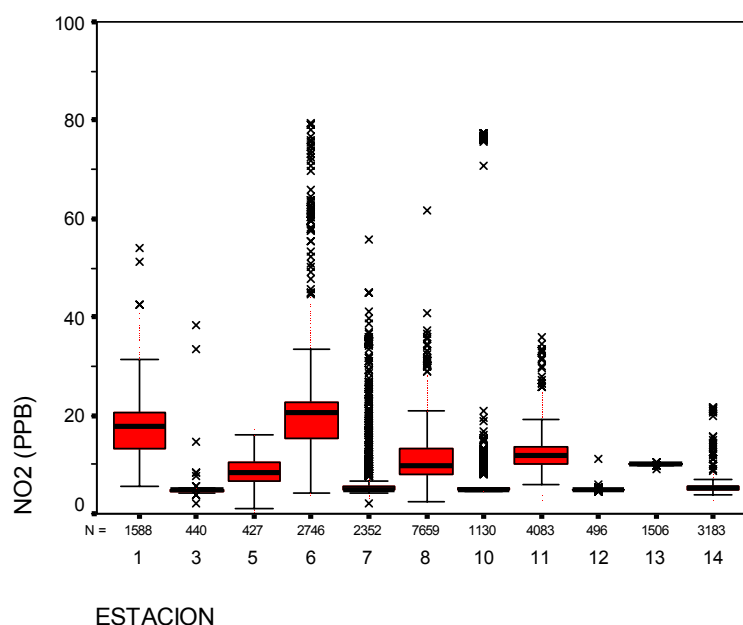


Figura 22. Diagrama de cajas para concentraciones de NO₂ por estación– Promedio 1 Hora

Tabla 11. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de NO₂ – Promedio 1 Hora

CÓDIGO	ESTACIÓN	NO ₂ 1 hora (PPB)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	17.43	18	6	54
3	SONY	4.94	5	2	38
5	IDRD	7.95	8	0	17
6	CARREFOUR	20.08	21	4	79
7	CAZUCA	6.56	5	2	56
8	ESCUELA	10.97	10	0	62
10	STO. TOMÁS	8.39	5	4	77
11	CORPAS	12.19	12	3	36
12	CADE	4.93	5	4	11
13	MERCK	10.07	10	9	11
14	FONTIBON	5.35	5	3	22

Promedios 24 Horas

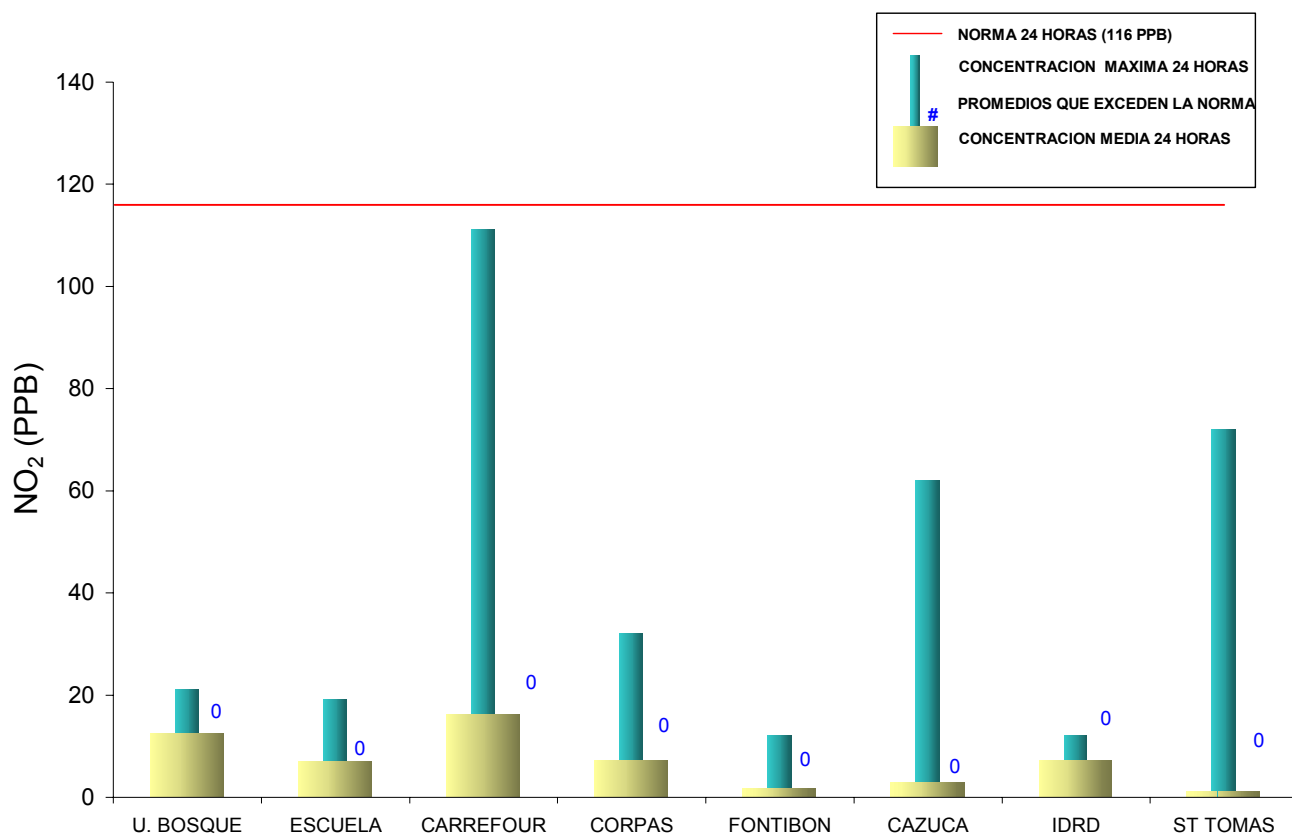


Figura 23. Concentraciones de NO₂ – Promedios 24 Horas

Para las concentraciones promedio de 24 horas, se puede constatar que ninguna de las estaciones superó la norma. Sin embargo, la estación No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente) presentó valores máximos de concentración por encima del 75% de la misma, seguida por las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente) y No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) las cuales presentaron promedios máximos por encima del 50% de la norma para 24 horas.

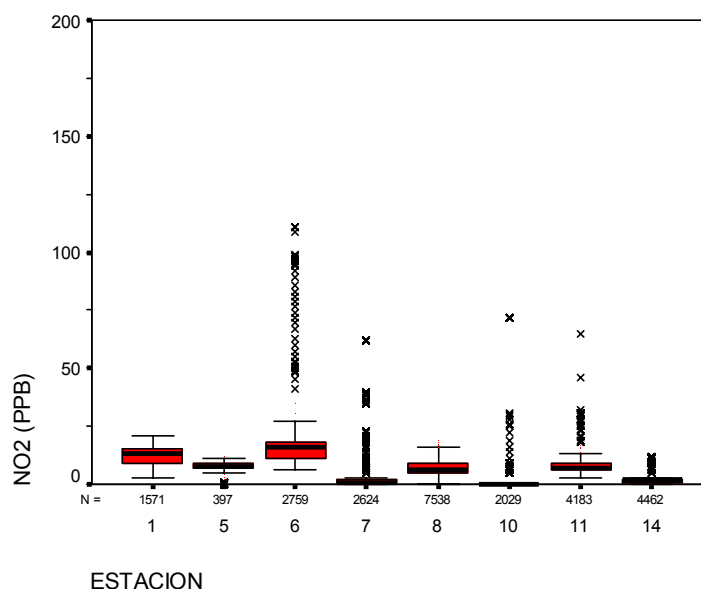


Figura 24. Diagrama de cajas para concentraciones de NO₂ por estación– Promedio 24 Horas

Tabla 12. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de NO₂ – Promedio 24 Horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	NO ₂ 24 horas (PPB)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	BOSQUE	12.44	13	3	21
5	IDRD	7.04	8	0	12
6	CARREFOUR	16.08	16	6	111
7	CAZUCA	2.83	1	0	62
8	ESCUELA	6.94	6	0	19
10	STO. TOMÁS	1.04	0	0	72
11	CORPAS	7.25	7	3	65
14	FONTIBON	1.66	2	0	12

Promedios Anuales

Únicamente las estaciones No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente), No. 8 Escuela (Sector Norte) y No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) presentaron datos suficientes para promedios anuales.

Como se puede observar en la Figura 26, la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) presenta los valores más altos para promedios anuales así como concentraciones máximas anuales. Sin embargo, ninguno de estos valores supera siquiera el 50% de la norma.

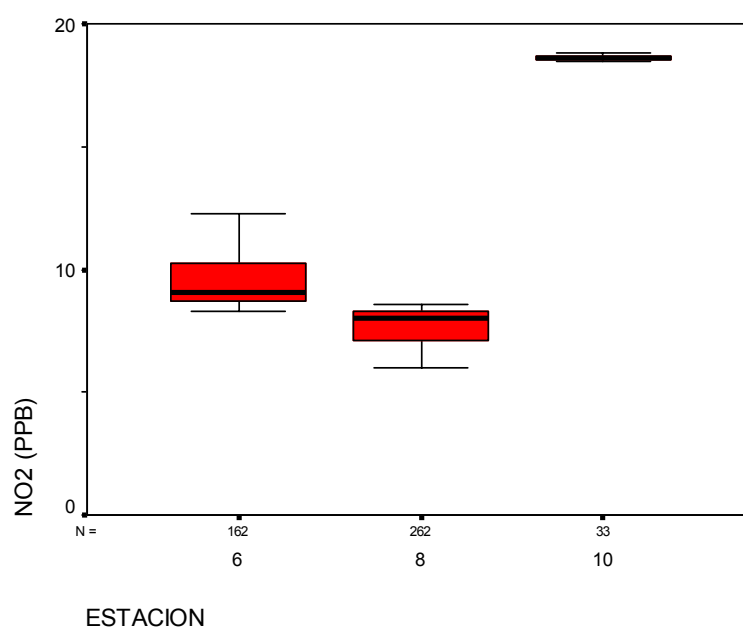


Figura 25. Diagrama de cajas para concentraciones de NO₂ por estación– Promedio Anual

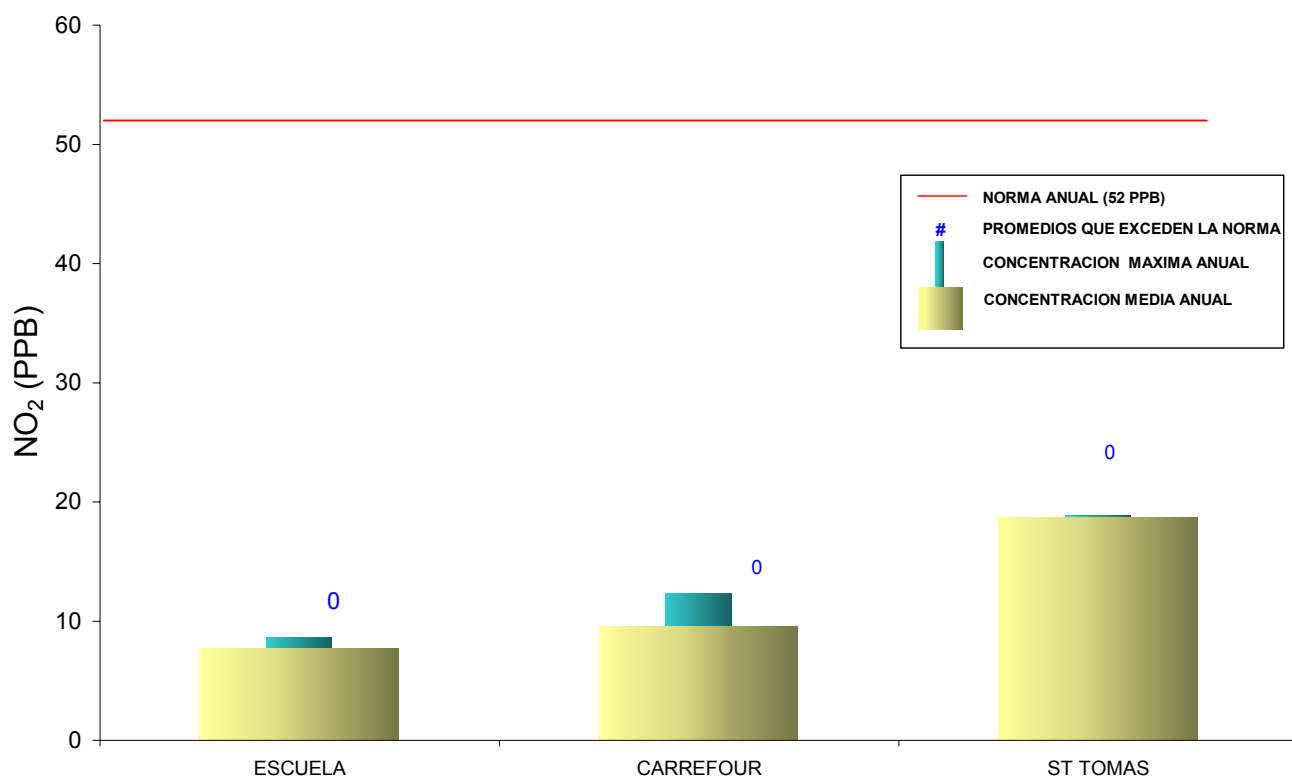


Figura 26. Concentraciones de NO₂ – Promedios Anuales

Tabla 13. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de NO₂ – Promedio Anual

CÓDIGO	ESTACIÓN	NO ₂ ANUAL (PPB)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
6	CARREFOUR	9.56	9	8	12
8	ESCUELA	7.68	8	6	9
10	STO. TOMÁS	18.63	19	18	19

Tendencias

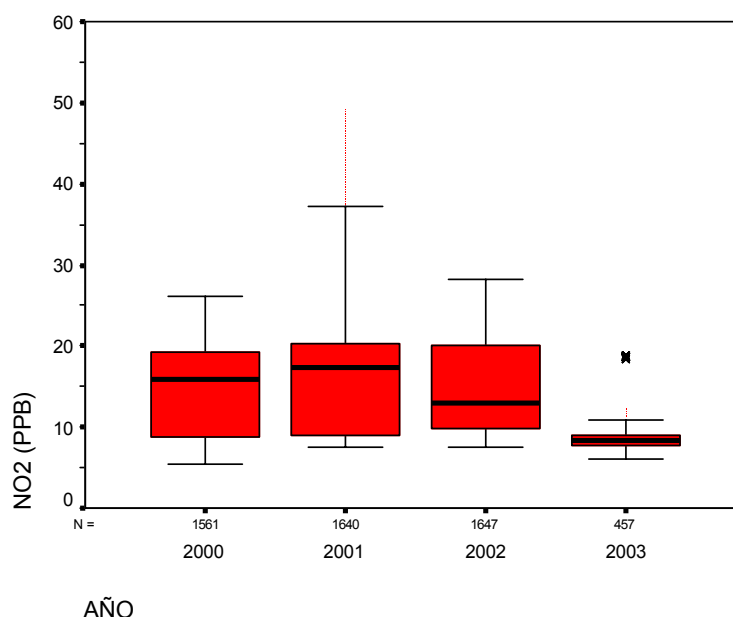


Figura 27. Concentraciones de NO₂ de la RMCAB - Promedios diarios.

Como se puede observar a partir de la Figura 27, el comportamiento de los promedios diarios de NO₂ muestra que la concentración se ha mantenido relativamente constante durante los años 2000 a 2002. Para el año 2003, el número de datos que se obtuvo se encuentra alrededor de una tercera parte con respecto al número de datos obtenidos para los años anteriores. Esto hace que dichos promedios tengan una representatividad inferior frente a los promedios de los años 2000, 2001 y 2002.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO

En el año 2003 se realizaron mediciones de CO en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente), No. 11 Corpas y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) y No. 13 Merck (Sector Centro - Occidente).

Los registros tomados de estas estaciones desde el 1 de enero de 2003 al 31 de diciembre de 2003 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

La Resolución 1208 de 2003 del DAMA, determina que una concentración promedio de CO, en 8 horas continuas, no debe ser mayor a 10 ppm. Con base en este precepto, se realizaron las correspondientes medias móviles 8 horas donde se obtuvieron 24.258 promedios que equivalen al 55% de los 43.800 posibles y los que superaron la norma corresponden al 26% de los promedios hallados. 379 promedios de la estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente), superaron este valor de referencia al igual que 14 promedios en la estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente) y que 13 promedios en la estación No. 13 Merck. Con la estación No. 14 Fontibón el número de los

promedios que superan la norma corresponde al 99% del total, lo que indica que estar en esa zona durante 8 horas seguidas conlleva a efectos desfavorables sobre la salud.

La relación entre el promedio máximo, la norma y el valor medio de concentración de CO en 8 horas se muestra en la Figura 28 y en la Tabla 28 se presenta una síntesis del resultado del análisis de estos promedios.

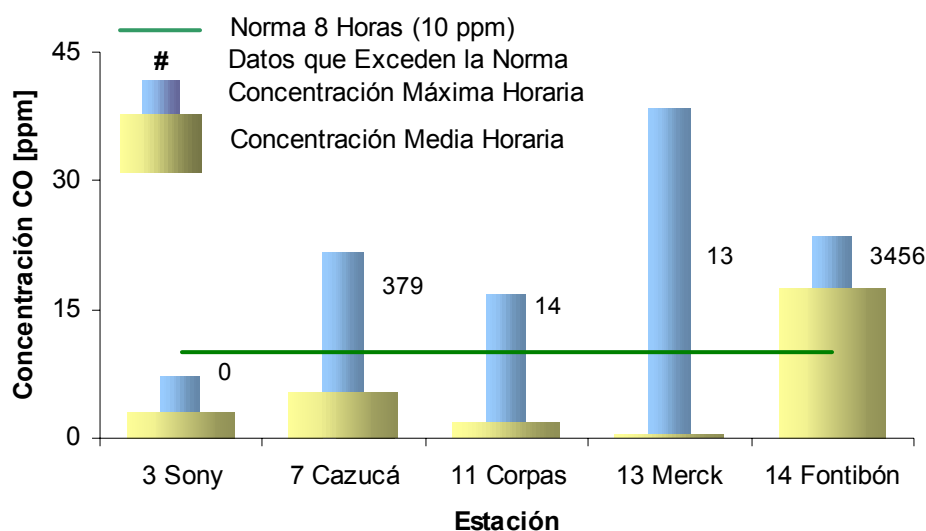


Figura 28. Concentraciones Máximas de Promedios 8 horas de CO

Tabla 14. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de CO – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	CO promedios 8 horas (ppm)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
3	Sony	3,1	2,8	0	7,3
7	Cazucá	5,4	5,8	0	21,7
11	Corpas	1,9	1,6	0	16,8
13	Meck	0,5	0,3	0,1	38,5
14	Fontibón	17,5	17,7	0	23,5

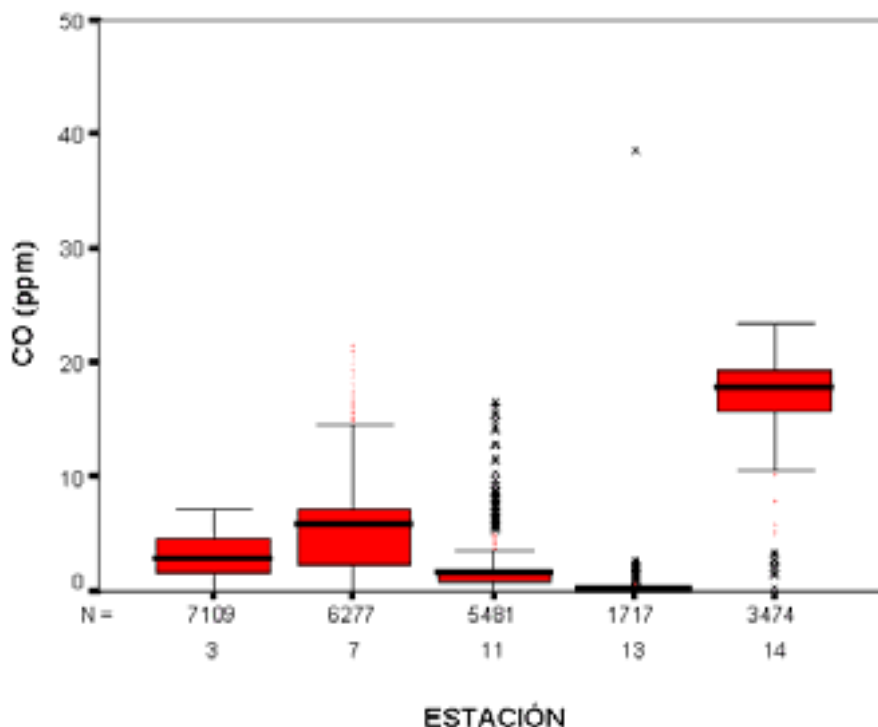


Figura 29. Diagrama de cajas para concentraciones de CO por estación– Promedios 8 horas

Promedios Horarios

El valor de la concentración media horaria de CO no debe ser mayor a 35 ppm, según la normatividad vigente. Este valor límite se utilizó como referencia para analizar los 25.545 promedios horarios de este contaminante, donde, 16 de ellos superó las 35 ppm en la estación No. 13 Merck. La cantidad de promedios horarios obtenidos representa el 58% de los 43.800 promedios que se hubieran podido obtener.

En la Figura 30 se puede observar la relación existente entre el máximo promedio horario de CO, por estación, con la norma y la media de CO en el año 2003 de los promedios horarios. Los valores que sustentan esta figura se presentan en la Tabla 29.

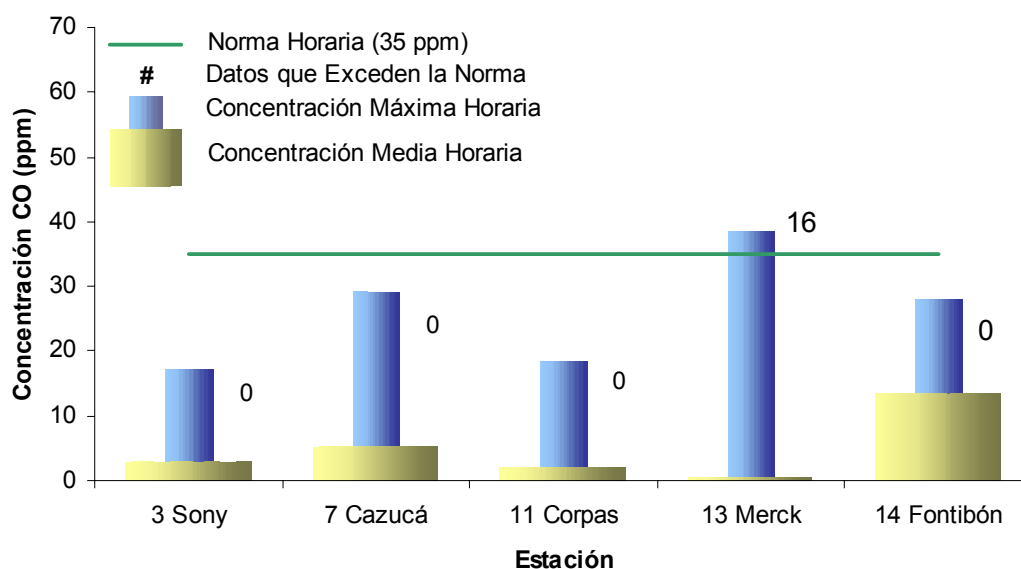


Figura 30. Concentraciones Máximas de Promedios Horarios de CO

Tabla 15. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de CO – Promedios Horarios

CÓDIGO	ESTACIÓN	CO promedios horarios (ppm)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
3	Sony	4,09	3,89	0	18,34
7	Cazucá	8,13	8,36	0	31,83
11	Corpas	2,69	2,29	0	19,14
13	Meck	0,58	0,26	0,04	38,50
14	Fontibón	13,86	16,98	0	28,41

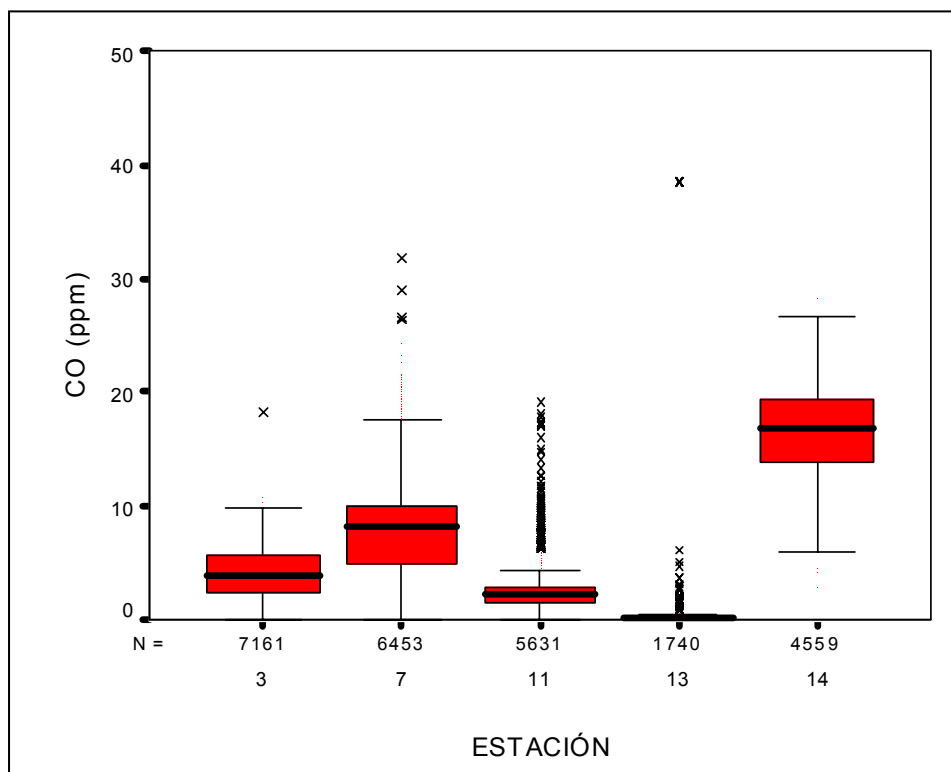


Figura 31. Diagrama de cajas para concentraciones de CO por estación– Promedios horarios

Tendencias

En el diagrama de cajas de la Figura 32 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de CO de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro. Entre los años 2000 y 2002 el comportamiento de CO fue constante, con valores bajos en general. Los niveles de CO aumentaron para el año 2003 lo cual se puede observar en el mayor valor de la mediana y de los puntos extremos.

Las estaciones que más han contribuido al incremento de las concentraciones de CO fueron la estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente) y la estación No. 13 Merck (sector Centro – Occidente) durante los meses de febrero y julio

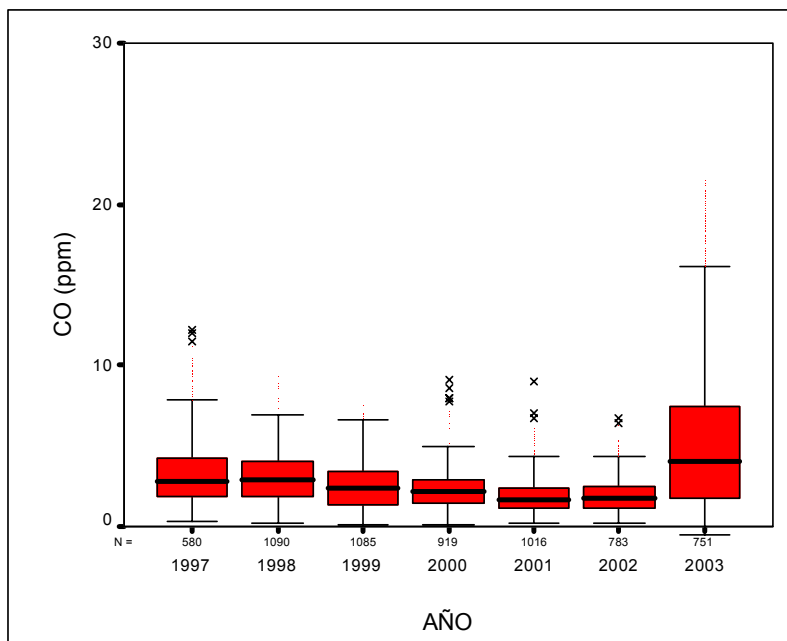


Figura 32. Concentraciones de CO de la RMCAB - Promedios diarios.

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O₃

El O₃ es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar, sus efectos en el sistema respiratorio son importantes ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

En el año 2003 se realizaron mediciones de O₃ en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente), No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) y No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente). Los registros tomados de estas estaciones desde el primero de enero de 2003 al 31 de diciembre de 2003 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

El valor que da la Resolución 1208 de 2003 como valor máximo permitido de concentración de ozono, para promedios de 8 horas, es de 66 ppb. Este valor fue utilizado como referencia para analizar los 20.170 promedios de 8 horas hallados con los registros de las estaciones de la RMCAB, de los cuales, ninguno fue superior a 66 ppb. En los meses de enero, febrero, octubre y noviembre no se obtuvieron registros de O₃. La representatividad temporal de los datos en promedios de medias móviles de 8 horas de O₃, para el año 2003 fue del 38%.

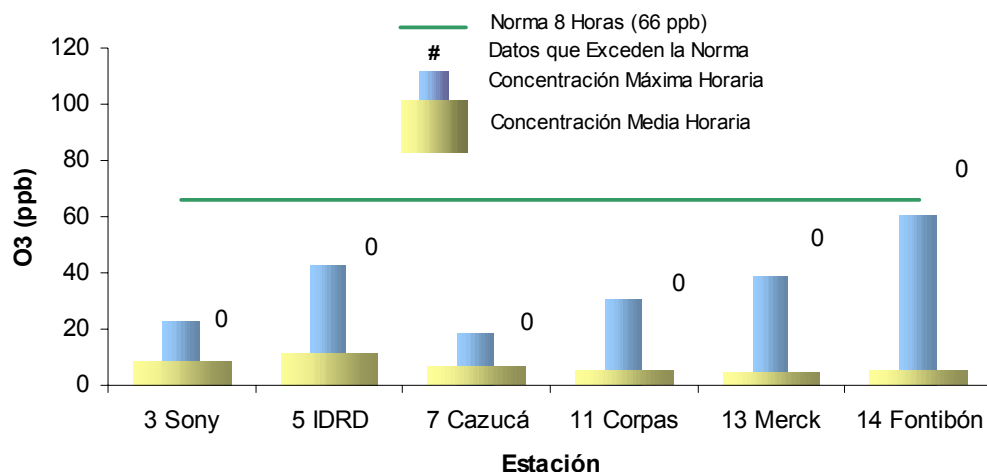


Figura 33. Concentraciones máximas de promedios 8 h de O₃

La Figura 33 muestra la relación existente entre el máximo de la concentración en 8 horas de ozono con la norma y con el valor medio de todos los promedios 8 horas de ozono en el año 2003. El consolidado de los promedios se presenta en la Tabla 30, es importante observar que el porcentaje de promedios hallados está muy por debajo del 75% que es el número de promedios mínimo para determinar el comportamiento general de este contaminante en un año.

Tabla 16. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de O₃ – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	O ₃ promedios 8 horas (ppm)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
3	Sony	9	8	7	23
5	IDRD	11	12	2	43
7	Cazucá	7	6	1	17
11	Corpas	5	4	0	31
13	Merck	5	3	1	39
14	Fontibón	2	0	0	61

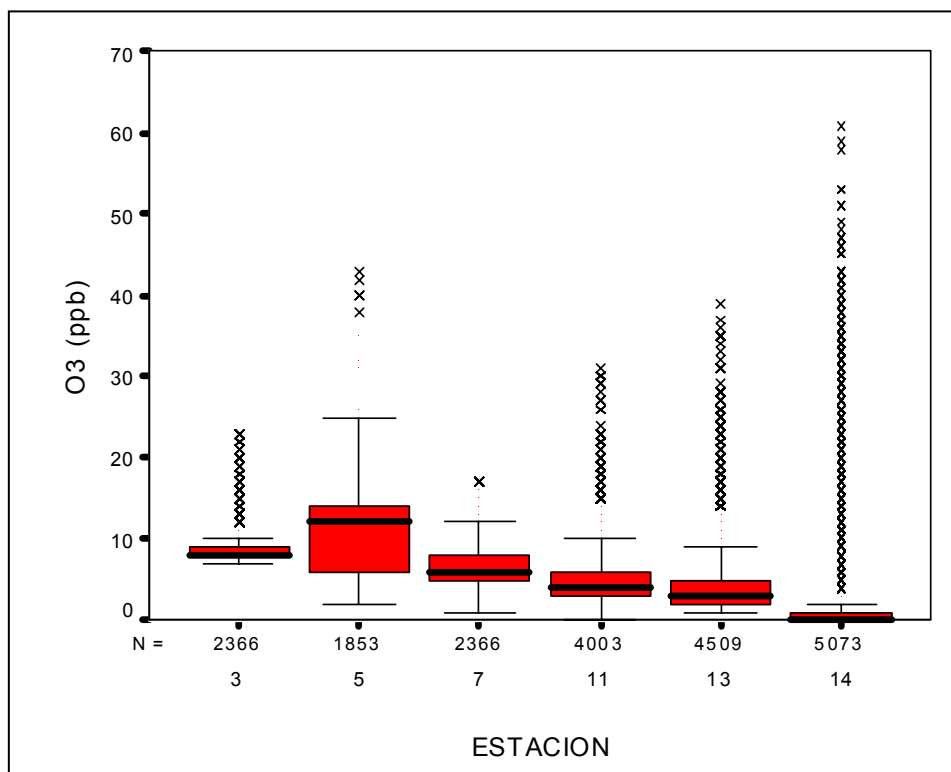


Figura 34. Diagrama de cajas para concentraciones de O₃ por estación– Promedios 8 horas

Promedios Horarios

En el año 2003 se hallaron 21.409 promedios horarios que equivalen al 41% de 52.560 posibles. Los niveles de O₃ han estado por debajo del valor que sugiere la norma para los promedios horarios. En los meses de enero, febrero, octubre y noviembre no se obtuvieron registros de O₃.

Las concentraciones máximas horarias de O₃, el valor medio y la norma se comparan gráficamente en la Figura 35. El consolidado de los análisis de estos promedios se presenta en la Tabla 31.

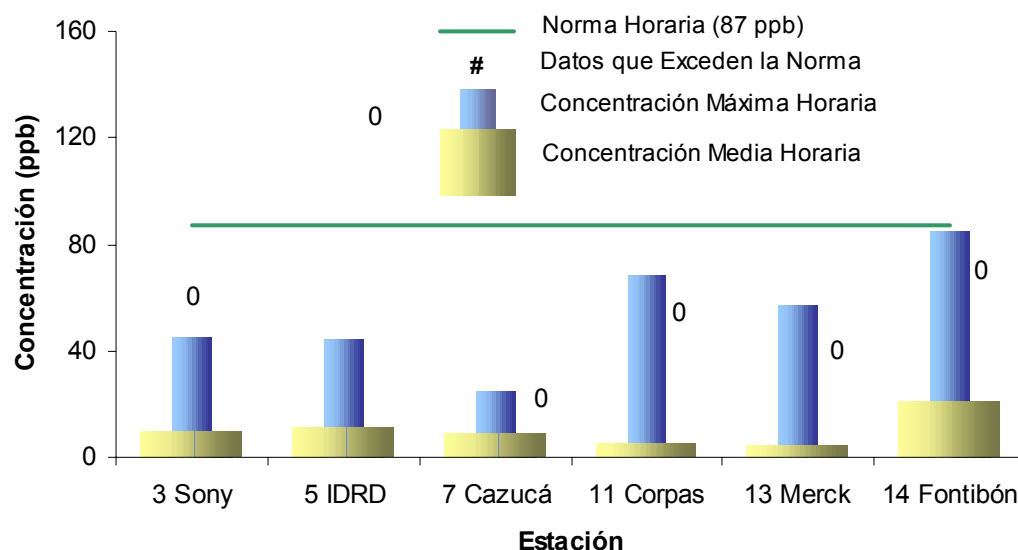


Figura 35. Concentraciones máximas horarias de O₃

Tabla 17. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de O₃ – Promedios horarios

CÓDIGO	ESTACIÓN	O ₃ promedios horarios (ppm)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
3	Sony	8,82	8,10	3,18	39,95
5	IDRD	11,05	11,50	1,90	43,58
7	Cazucá	8,66	8,52	0,00	25,34
11	Corpas	8,08	6,66	0,00	70,55
13	Merck	5,31	3,13	0,00	57,71
14	Fontibón	2,76	1,01	0,00	85,31

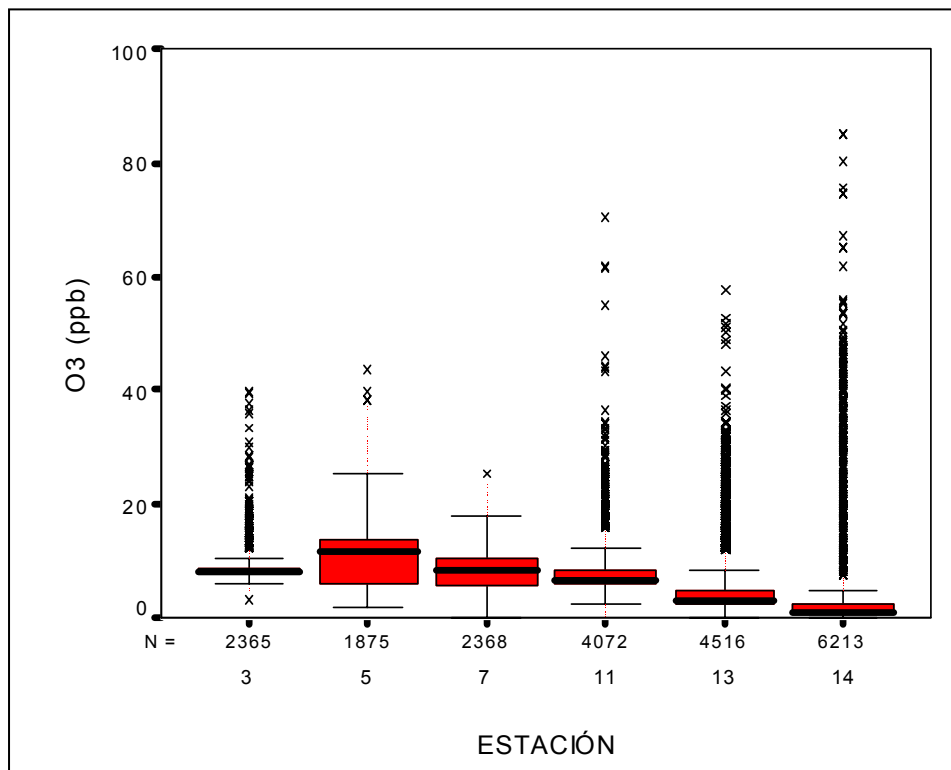


Figura 36. Diagrama de cajas para concentraciones de O₃ por estación– Promedios horarios

Tendencias

En el diagrama de cajas de la Figura 37 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de O₃ de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro.

Se puede observar que el comportamiento de O₃ ha tenido un promedio de concentración similar hasta el año 2002, pero se observa una fuerte disminución en el año 2003. Esto se debe especialmente a la falta de calibración de los equipos en ese periodo, por lo tanto, se considera que la tendencia es que la media esté entre 15 y 20 ppb y que los máximos no sobrepasen las 50 ppb.

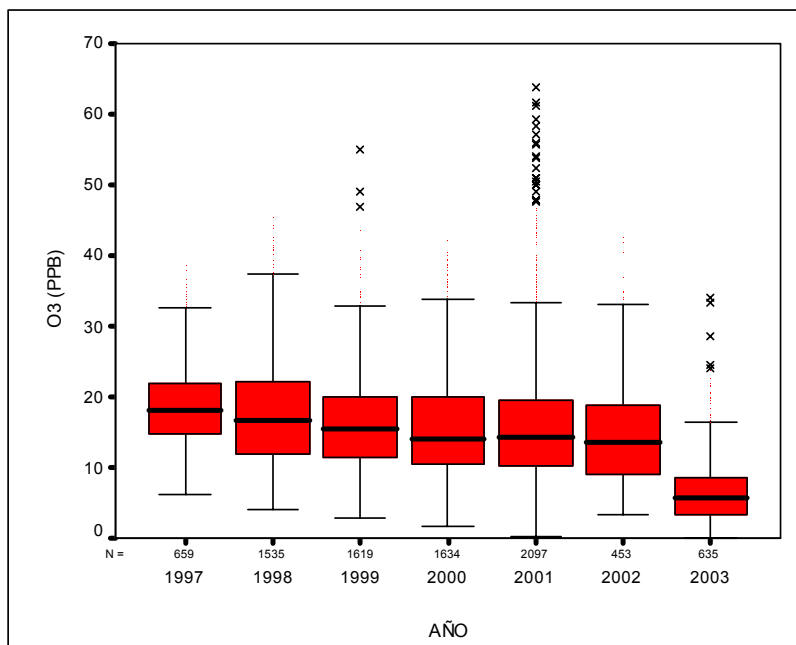


Figura 37. Concentraciones de O₃ de la RMCAB - Promedios diarios.

1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 18 y en la Tabla 19 se resumen los resultados de las mediciones de PM₁₀, promedios 24 horas y anuales, mientras que en la Tabla 20 y en la Tabla 21 se muestran los resultados obtenidos para PST, promedios 24 horas y anuales respectivamente.

Estas tablas están organizadas de la siguiente forma; En la primera columna se especifica la zona geográfica en donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación, en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el 2003, la cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal de los datos, es decir, la representatividad que tienen los promedios obtenidos sobre la totalidad de los promedios que se hubieran podido obtener en condiciones de operación al 100%. La quinta columna muestra el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se halla la proporción de estas excedencias sobre el total de los datos. La séptima y octava columna muestran el número de promedios que están por encima del 50% del valor de la norma y del 75% respectivamente, con el objeto de resumir la distribución de los datos. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado, en la décima aparece la media de todos los datos analizados, y en la undécima la proporción entre el máximo con respecto a la norma.

Tabla 18. Consolidado concentraciones de PM10 en 2003 - Promedios 24 horas.

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	1 U. BOSQUE	4844	55%	0	0.0%	36	0	103	34	0.57
	8 ESCUELA	7508	86%	0	0.0%	434	0	121	55	0.67
	SUBTOTAL	12352	71%	0	0.0%	470	0	121	45	
SUR	4 H. OLAYA	E.T.								
	9 C. DE MEZCLAS	E.T.	87%	0	0.0%	157	0	114	53	0.63
	SUBTOTAL	7606	87%	0	0.0%	157	0	114	53	
NOR OCCIDENTE	6 CARREFOUR	2751	31%	21	0.8%	1092	34	246	84	1.37
	11 CORPAS	5892	67%	27	0.5%	2886	595	207	92	1.15
	14 FONTIBÓN	7247	83%	21	0.3%	4226	523	194	97	1.08
SUR OCCIDENTE	SUBTOTAL	15890	60%	69	0.5%	8204	1152	246	91	
	7 CAZUCA	6611	75%	0	0.0%	207	0	106	52	0.59
	SUBTOTAL	6611	75%	0	0.0%	207	0	106	52	
CENTRO	2 MMA	3400	39%	0	0.0%	17	0	99	39	0.55
	5 IDRD	900	10%	0	0.0%	135	0	131	68	0.73
	10 ST. TOMÁS	5757	66%	0	0.0%	0	0	70	33	0.39
CENTRO OCCIDENTE	SUBTOTAL	23279	38%	0	0.0%	152	0	131	47	
	12 CADE	7027	80%	0	0.0%	17	0	100	40	0.56
	13 MERCK	7357	84%	87	1.2%	4531	1190	216	102	1.20
TOTALES	SUBTOTAL	14384	82%	87	0.6%	4548	1190	216	71	
		80122	69%	156	0.2%	13738	2342	246		

F.T: Falla Técnica
E.T: En Traslado
F.S: Fuera de Servicio
E.P: En Prueba

Tabla 19. Consolidado de concentraciones de PM10 en 2003 – Promedios anuales.

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	1 U. BOSQUE	D.I.								
	8 ESCUELA	365	100%	0	0.0%	365	0	55	53	0.31
	SUBTOTAL	365	100%	0	0.0%	365	0	55	53	
SUR	4 H. OLAYA	E.T.								
	9 C. DE MEZCLAS	E.T.								
	3 SONY	365	100%	0	0.0%	365	105	62	56	0.34
	SUBTOTAL	365	100%	0	0.0%	365	105	62	56	
NOR OCCIDENTE	6 CARREFOUR	152	42%	152	100.0%	152	152	97	89	0.54
	11 CORPAS	324	89%	324	100.0%	324	324	97	92	0.54
	14 FONTIBÓN	365	100%	365	100.0%	365	365	100	98	0.55
	SUBTOTAL	841	77%	841	100.0%	841	841	100	93	
SUR OCCIDENTE	7 CAZUCA	365	100%	0	0.0%	365	53	62	55	0.35
	SUBTOTAL	365	100%	0	0.0%	365	53	62	55	
CENTRO	2 MMA	204	56%	0	0.0%	116	0	48	41	0.27
	5 IDRD	E.T.								
	10 ST TOMÁS	182	50%	0	0.0%	0		39	33	0.21
	SUBTOTAL	1116	53%	0	0.0%	116	0	48	37	
CENTRO OCCIDENTE	12 CADE	365	100%	0	0.0%	365	0	48	46	0.27
	13 MERCK	365	100%	365	100.0%	365	365	122	113	0.68
	SUBTOTAL	730	100%	365	50.0%	730	365	122	79	
TOTALES		3782	88%	1206	30.0%	2782	1364	122		

F.T: Falla Técnica
 E.T: En Traslado
 F.S: Fuera de Servicio
 E.P: En Prueba
 D.I.: Datos insuficientes

Tabla 20. Consolidado de concentraciones de PST en 2003 – Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	1 U. BOSQUE	5353	61%	0	0%	0	0	143	50	0.36
SUR	3 SONY	5516	63%	0	0%	1071	2	303	164	0.76
SUR OCCIDENTE	7 CAZUCA	4007	46%	0	0%	1425	127	344	180	0.86
CENTRO OCCIDENTE	12 CADE	5718	65%	0	0%	206	0	239	127	0.60
TOTALES		20594	59%	0	0%	2702	129	344		

Tabla 21. Consolidado de concentraciones de PST en 2003 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	1 U. BOSQUE	309	85%	0	0%	30	0	50	48	0.13
SUR	3 SONY	188	52%	188	100%	188	188	180	174	0.45
SUR OCCIDENTE	7 CAZUCA	213	58%	213	100%	213	213	171	163	0.43
CENTRO OCCIDENTE	12 CADE	283	78%	283	100%	283	283	130	128	0.33
TOTALES		993	68%	684	75%	714	684	180		

Tabla 22. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2003 – Promedios 3 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U. BOSQUE	2240	26%	0	0.0%	11	7	270	9	0.51
	SUBTOTAL	2240	26%	0	0.0%	11	7	270	9	
SUR	SONY	5476	63%	0	0.0%	22	7	202	21	0.38
	SUBTOTAL	5476	63%	0	0.0%	22	7	202	21	
NOR OCCIDENTE	CAREFOUR	DI								0.00
	CORPAS	4539	52%	0	0.0%	0	0	21	3	0.04
	FONTIBÓN	6653	76%	0	0.0%	0	0	64	9	0.12
SUR OCCIDENTE	SUBTOTAL	11192	64%	0	0.0%	0	0	64	6	
	CAZUCA	3617	41%	0	0.0%	5	1	139	7	0.26
	SUBTOTAL	3617	41%	0	0.0%	5	1	139	7	
CENTRO	IDRD	DI								0.00
	ST TOMÁS	2224	25%	0	0.0%	0	0	47	7	0.09
CENTRO OCCIDENTE	SUBTOTAL	9458	25%	0	0.0%	0	0	47	7	
	CADÉ	6247	71%	0	0.0%	0	0	33	11	0.06
	MERCK	450	5%	0	0.0%	0	0	19	3	0.04
TOTALES	SUBTOTAL	6697	38%	0	0.0%	0	0	33	7	
		38680	43%	0	0.0%	38	15	270		

Tabla 23. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2003 – Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U. BOSQUE	2158	25%	0	0.0%	0	0	58	7	0.44
	SUBTOTAL	2158	25%	0	0.0%	0	0	58	7	
SUR	SONY	5298	60%	0	0.0%	7	0	93	19	0.70
	SUBTOTAL	5298	60%	0	0.0%	7	0	93	19	
NOR OCCIDENTE	CARREFOUR	DI								0.00
	CORPAS	3594	41%	0	0.0%	0	0	6	4	0.05
	FONTIBÓN	6468	74%	0	0.0%	0	0	17	8	0.13
	SUBTOTAL	10062	57%	0	0.0%	0	0	17	6	
SUR OCCIDENTE	CAZUCA	2650	30%	0	0.0%	0	0	24	9	0.18
	SUBTOTAL	2650	30%	0	0.0%	0	0	24	9	
CENTRO	IDRD	988	11%	0	0.0%	0	0	24	19	0.18
	ST TOMÁS	1428	16%	0	0.0%	0	0	23	10	0.17
	SUBTOTAL	7716	14%	0	0.0%	0	0	24	14	
CENTRO OCCIDENTE	CADÉ	6060	69%	0	0.0%	0	0	24	11	0.18
	MERCK	DI								0.00
TOTALES	SUBTOTAL	6060	69%	0	0.0%	0	0	24	11	
		33944	43%	0	0.0%	7	0	93		

Tabla 24. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2003 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U. BOSQUE	DI								
	SUBTOTAL									
SUR	SONY	DI								
	SUBTOTAL									
NOR OCCIDENTE	CARREFOUR	DI								
	CORPAS	DI								
	FONTIBÓN	33	9%	0	0.0%	0	0	8	8	0.27
	SUBTOTAL	33	9%	0	0.0%	0	0	8	8	
SUR OCCIDENTE	CAZUCA	DI								
	SUBTOTAL									
CENTRO	IDRD	DI								
	ST TOMÁS	12	3%	0	0.0%	0		7	6	0.22
	SUBTOTAL	12	3%	0	0.0%	0	0	7	6	
CENTRO OCCIDENTE	CADÉ	DI								
	MERCK	DI								
	SUBTOTAL									
TOTALES		45	6%	0	0.0%	0	0	8		

Tabla 25. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2003 – Promedios 1 Hora

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U. BOSQUE	1588	18%	0	0.0%	0	0	54	17	0.32
	ESCUELA	7659	87%	0	0.0%	0	0	62	11	0.37
	SUBTOTAL	9247	53%	0	0.0%	0	0	62	14	
SUR	SONY	440	5%	0	0.0%	0	0	38	5	
	SUBTOTAL	DI								
NOR OCCIDENTE	CARREFOUR	2746	31%	0	0.0%	0	0	79	20	0.47
	CORPAS	4083	47%	0	0.0%	0	0	36	12	0.21
	FONTIBON	3183	36%	0	0.0%	0	0	22	5	0.13
SUR OCCIDENTE	SUBTOTAL	10012	38%	0	0.0%	0	0	79	13	
	CAZUCA	2352	27%	0	0.0%	0	0	56	7	0.33
CENTRO	SUBTOTAL	2352	27%	0	0.0%	0	0	56	7	
	IDRD	427	5%	0	0.0%	0	0	17	8	0.10
	ST TOMAS	1130	13%	0	0.0%	0	0	77	8	0.46
CENTRO OCCIDENTE	SUBTOTAL	6261	9%	0	0.0%	0	0	77	8	
	CADE	1506	6%	0	0.0%	0	0	11	5	0.07
	MERCK	1506	17%	0	0.0%	0	0	11	10	0.06
TOTALES	SUBTOTAL	1506								
		27872	32%	0	0.0%	0	0	79		

Tabla 26. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2003 – Promedios 24 Horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U. BOSQUE	1571	18%	0	0.0%	0	0	21	12	0.12
	ESCUELA	7538	86%	0	0.0%	0	0	19	7	0.11
	SUBTOTAL	9109	52%	0	0.0%	0	0	21	10	
SUR	SONY	DI								
	SUBTOTAL	DI								
NOR OCCIDENTE	CARREFOUR	2759	31%	0	0.0%	28	0	111	16	0.62
	CORPAS	4180	48%	0	0.0%	0	0	32	7	0.18
	FONTIBON	4462	51%	0	0.0%	0	0	12	2	0.07
	SUBTOTAL	11401	43%	0	0.0%	28	0	111	8	
SUR OCCIDENTE	CAZUCA	2624	30%	0	0.0%	0	0	62	3	0.34
	SUBTOTAL	2624	30%	0	0.0%	0	0	62	3	
CENTRO	IDRD	397	5%	0	0.0%	0	0	12	7	0.07
	ST TOMAS	2029	23%	0	0.0%	0	0	72	1	0.40
	SUBTOTAL	7674	14%	0	0.0%	0	0	72	4	
CENTRO OCCIDENTE	CADE	DI								
	MERCK	DI								
	SUBTOTAL	DI								
TOTALES		30808	35%	0	0.0%	28	0	111		

Tabla 27. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2003 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/Norma
NORTE	U BOSQUE	D.I	0%	0	0.0%	0	0	9	8	0.05
	ESCUELA	262	72%	0	0.0%	0	0	9	8	
	SUBTOTAL	262	36%	0	0.0%	0	0	9	8	
SUR	SONY	DI								
	SUBTOTAL	DI								
NOR OCCIDENTE	CARREFOUR	162	44%	0	0.0%	0	0	12	10	0.07
	CORPAS	DI	0%							
	FONTIBON	DI	0%							
SUR OCCIDENTE	SUBTOTAL	162	15%	0	0.0%	0	0	12	10	
	CAZUCA	DI	0%							
	SUBTOTAL	DI								
CENTRO	IDRD	E.T.								
	ST TOMAS	33	9%	0	0.0%	0		19	19	0.10
	SUBTOTAL	33	9%	0	0.0%	0	0	19	19	
CENTRO OCCIDENTE	CADE	DI	0%							
	MERCK	DI								
	SUBTOTAL	0								
TOTALES		457	20%	0	0.0%	0	0	19		

Tabla 28. Consolidado de las concentraciones de CO en 2003 – Promedios 8 horas

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 10 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Media
Nor Occidente	11 Corpas	5566	64%	14	0%	404	126	16,8	1,7	1,9
	14 Fontibón	3475	40%	3456	99%	4	3460	23,5	2,4	17,5
	3 Sony	7122	81%	0	0%	1317	0	7,3	0,7	3,1
Sur Occidente	7 Cazucá	6378	73%	379	6%	2194	1463	21,7	2,2	5,4
Centro Occidente	13 Merck	1717	20%	13	1%	0	13	38,5	3,9	0,5
TOTALES		24258	55%	3862	26%	3919	5062			

Tabla 29. Consolidado de las concentraciones de CO en 2003 – Promedios horarios

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]									
Zona	Número y Nombre de la Estación	Número de Datos	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que Exceden la Norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos que exceden el 50% norma	No. de Datos que exceden el 75% norma	Promedio Horario Máximo	Media
Nor Occidente	11 Corpas	5632	64%	0	0%	5	0	19,14	2,7
	14 Fontibón	4559	52%	0	0%	2030	3	28,41	13,9
Sur	3 Sony	7161	82%	0	0%	1	0	18,34	4,1
Sur Occidente	7 Cazucá	6453	74%	0	0%	253	4	31,83	8,1
Centro Occidente	13 Merck	1740	20%	16	0%	16	16	38,50	0,6
TOTALES		25545	58%	16	0%	2305	23		

Tabla 30. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2003 – Promedios 8 horas

Información de los registros de concentración de O ₃ para un periodo de 8 horas [Norma: 66 ppb]									
Zona	Número y Nombre de la Estación	Número de Datos	Representatividad temporal de datos [%]	No. de Datos que Exceden la Norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos que exceden el 50% norma	No. de Datos que exceden el 75% norma	Promedio Horario Máximo	Media
Nor Occidente	11 Corpas	4003	46%	0	0%	0	0	31	5
	14 Fontibón	5073	58%	0	0%	81	7	61	2
Sur	3 Sony	2366	27%	0	0%	0	0	23	9
Sur Occidente	7 Cazucá	2366	27%	0	0%	0	0	17	7
Centro	5 IDRD	1853	21%	0	0%	6	0	43	11
Centro Occidente	13 Merck	4509	51%	0	0%	10	0	39	5
TOTALES		20170	38%	0	0%	97	7		

Tabla 31. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2003 – Promedios horarios

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 87 ppb]										
Zona	Número y Nombre de la Estación	Número de Datos	Representatividad de datos [%]	No. de Datos que Exceden la Norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos que exceden el 50% norma	No. de Datos que exceden el 75% norma	Promedio Horario Máximo	Máximo /Norma	Media
Nor Occidente	11 Corpas	4072	46%	0	0%	0	1	70,55	1,1	8,08
	14 Fontibón	6213	71%	0	0%	41	7	85,31	1,3	2,76
Sur	3 Sony	2365	27%	0	0%	0	0	39,95	0,6	8,82
Sur Occidente	7 Cazucá	2368	27%	0	0%	0	0	25,34	0,4	8,66
Centro	5 IDRD	1875	21%	0	0%	1	0	43,58	0,7	11,05
Centro Occidente	13 Merck	4516	52%	0	0%	7	0	57,71	0,9	5,31
TOTALES		21409	41%	0	0%	49	8			

2 METEOROLOGÍA

En este capítulo se presentan las características generales del comportamiento meteorológico anual observado en la ciudad de Bogotá, según las mediciones tomadas por las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá.

2.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación, durante el año 2003, fue medida por ocho (8) sensores de la RMCAB, de los cuales, los seis ubicados en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente) y No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) tomaron mediciones a lo largo de todo el año.

El año 2003 se registró menos lluvioso que el año 2002, a excepción de la estación No. 8 Escuela (Sector Norte), cuyo acumulado anual del 2003 estuvo por encima del acumulado de los años anteriores. En la Figura 38 se puede observar cómo ha sido el comportamiento de la precipitación en los últimos años en las estaciones de la RMCAB, en donde, para el 2003, las estaciones No. 8 Escuela (Sector Norte) y No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente), están por encima del promedio multi-anual de precipitación para la Sabana de Bogotá, según datos estadísticos del IDEAM¹.

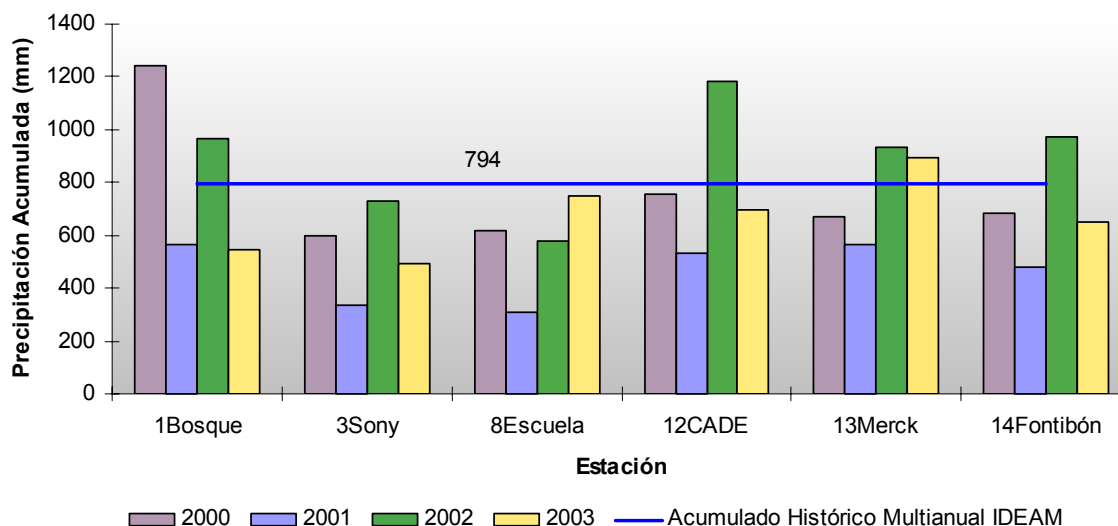


Figura 38. Acumulados de Precipitación del 2001 al 2003

Los días en los que se presentaron lluvias, en el 2003, fueron menos que en los años anteriores, sin embargo, las estaciones No. 8 Escuela (Sector Norte) y No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) tuvieron una mayor cantidad de días de lluvia a lo esperado según las mediciones de otros años. En la Tabla 32 se puede observar la cantidad de días de lluvia por estación, los acumulados anuales por año y la máxima precipitación horaria detectada.

¹ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM

Tabla 32. Síntesis del Comportamiento de la Precipitación

	Año	Bosque	Sony	Escuela	CADE	Merck	Fontibón
Precipitación Acumulada (mm)	2000	1243	597	621	754	668	686
	2001	565	338	311	530	564	479
	2002	966	730	577	1185	931	972
	2003	548	494	751	697	895	651
Días de Lluvia	2000	193	197	160	193	120	172
	2001	131	121	99	148	138	131
	2002	167	157	181	147	150	136
	2003	147	133	187	146	215	143
Precipitación Diaria Máxima (mm)	2000	71,1	36,6	35	24,2	42,4	30,6
	2001	29	19,8	36,8	24,1	56,4	63,9
	2002	55	92	26,1	166	56,6	116
	2003	35,1	27	47	96,5	29,4	26,8

La distribución anual de la precipitación en Bogotá presenta un comportamiento bimodal en donde se presentan los máximos de precipitación en los bimestres de abril-mayo y octubre-noviembre y los mínimos en los bimestres de enero-febrero y julio-agosto.

En el 2003, la precipitación medida por la RMCAB se aparta de ese comportamiento durante el primer semestre, siendo marzo el mes con mayor precipitación acumulada, en especial por un evento ocurrido al norte de la ciudad el 28 de marzo de 2003 cuando se registró un acumulado diario de 137.7 mm en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte), como se puede apreciar en la Figura 39. Los meses de enero, febrero, abril y junio siguieron el patrón multianual.

En el segundo semestre de 2003, el promedio de la precipitación acumulada es muy similar al promedio mensual multianual, según el histórico de la estación del Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM². En la Figura 40 es posible observar la contribución de la estación No. 8 Escuela (Sector Norte) al promedio del acumulado de los meses de octubre, noviembre y diciembre. La estación No. 3 Sony (Sector Sur) presenta los acumulados más bajos en casi todo el año.

El detalle de la precipitación acumulada en cada mes, por estación, junto con el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM, se encuentra en la Tabla 33.

² Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM.

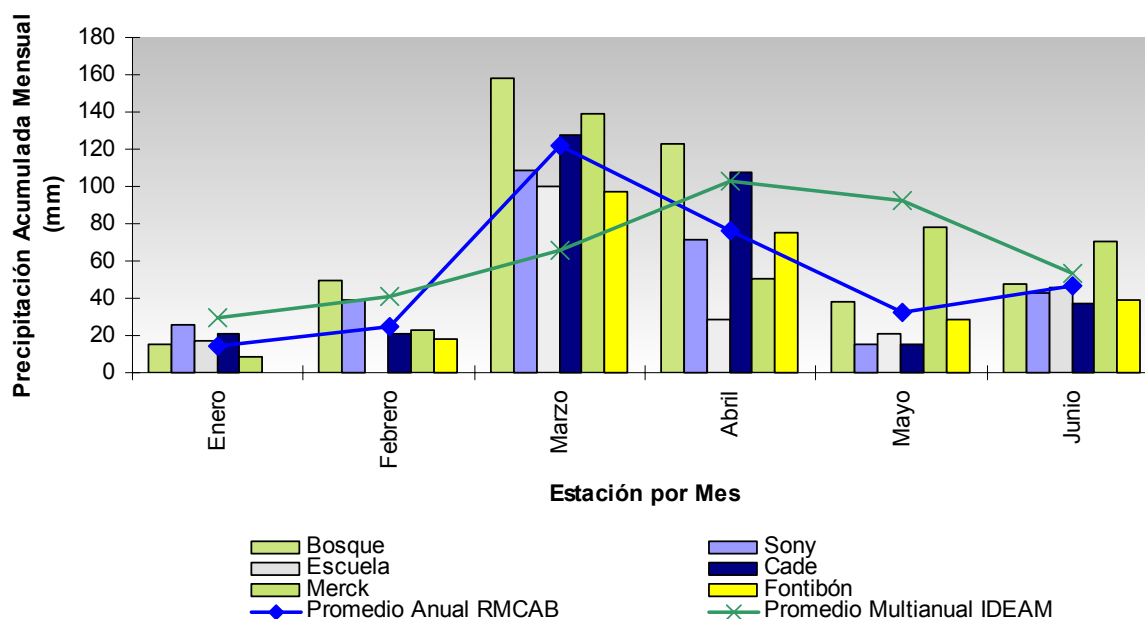


Figura 39. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2003

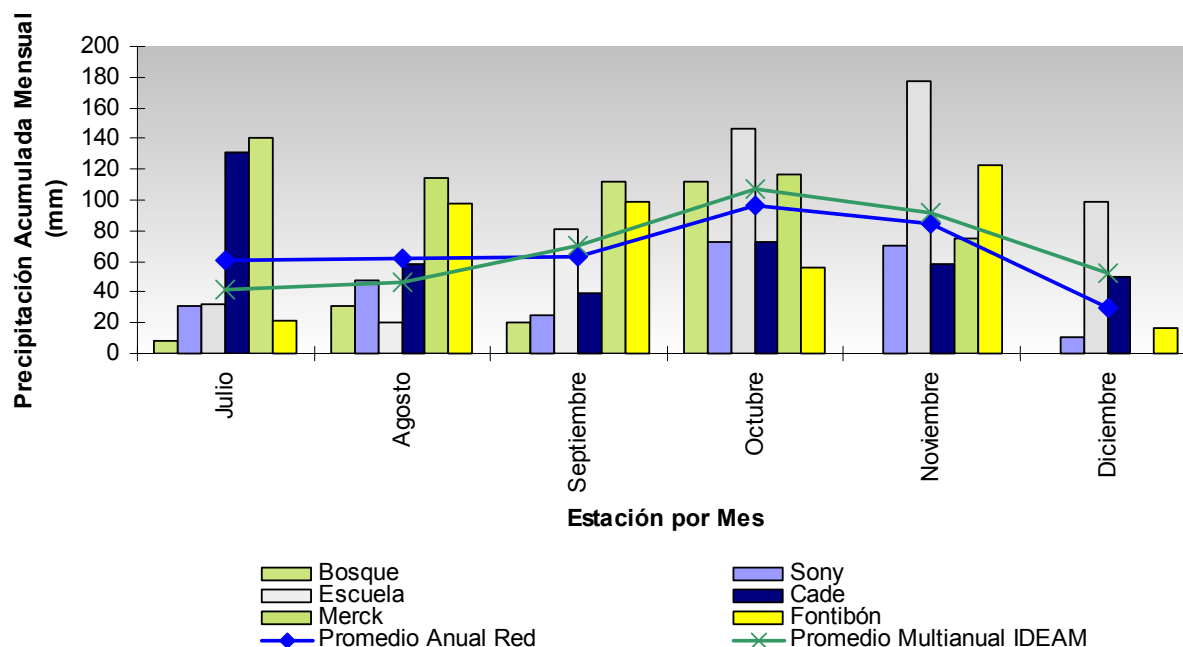


Figura 40. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2003

Tabla 33. Acumulados mensuales por Estación

Estación	Bosque	Sony	Escuela	Cade	Merck	Fontibón	Promedio Anual RMCAB	Promedio Multianual IDEAM
Mes								
Enero	15	25,5	16,7	20,9	9	0	14,5	29,4
Febrero	49,1	38,6	0,1	21,1	22,4	17,8	24,9	41,1
Marzo	158,3	108,9	99,6	127,4	139,4	97,2	121,8	65,3
Abril	122,9	71,6	28,4	107,7	50,6	75,3	76,1	103
Mayo	38,4	15,6	20,5	15,5	78,2	28,8	32,8	92,2
Junio	47,9	43,1	45,4	36,9	70,1	38,6	47,0	53,8
Julio	8,5	31,4	32,4	130,7	139,9	21,6	60,8	41,9
Agosto	31	47,9	20,3	58,2	114,1	97,2	61,5	45,9
Septiembre	20,2	24,5	81	39,6	112	98,7	62,7	70
Octubre	112,5	72,1	146,5	73	117,2	55,7	96,2	107
Noviembre	0	70,4	177,7	58,4	74,9	122,6	84,0	91,3
Diciembre	0	10,6	99,4	49,7	0	16,4	29,4	52,8

2.2 VIENTOS

El comportamiento de los vientos, en la ciudad de Bogotá se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y ligeros o moderados en las tardes. En el año 2003, las mayores intensidades de viento ocurrieron entre las 13:00 y las 16:00 horas, tal y como se muestra en la Figura 41.

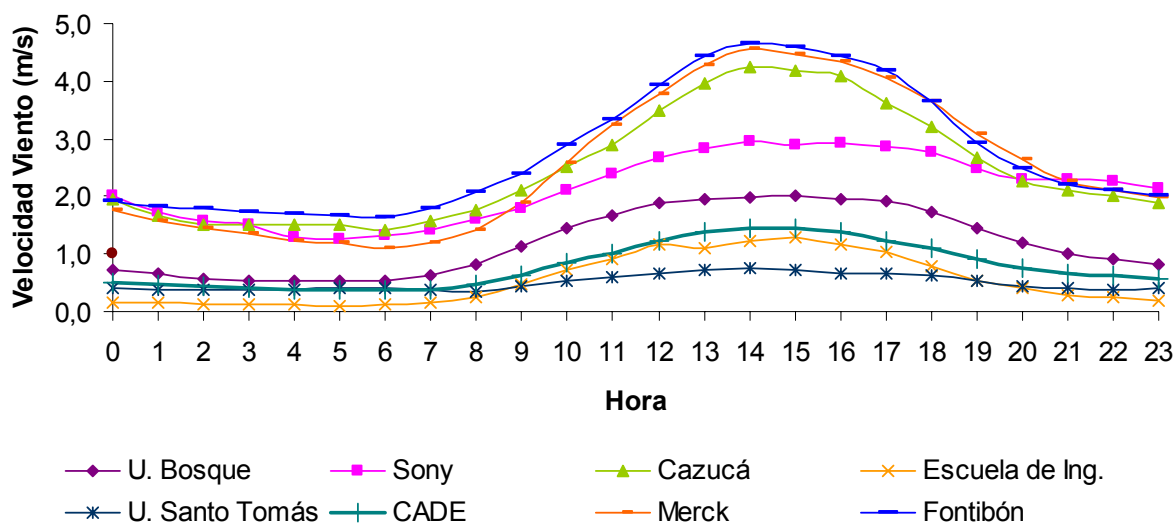


Figura 41. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

En las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente), No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) se presentan las velocidades de viento más altas, sobre todo entre el medio día y las seis de la tarde. La máxima velocidad del viento registrada ocurrió el 22 de mayo al medio día, en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte).

Tabla 34. Velocidad Máxima y Velocidad Media del Viento por Estación

Zona	Nombre de la Estación	Velocidad Máxima (m/s)			Velocidad Media
		Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)	Fecha/hora	
Norte	Universidad El Bosque	7,3	286	08/03/2003 4:00 p.m.	1,2
	Escuela de Ingeniería	17,9	336	22/05/2003 12:00 p.m.	0,5
Centro	MinAmbiente	F.S.			
	U. Santo Tomás	4,2	205	06/05/2003 6:00 a.m.	0,5
Sur	Sony Music	11,5	189	05/05/2003 7:00 p.m.	2,1
Sur-Occidente	Cazucá	9,6	323	22/02/2003 10:00 a.m.	2,4
Nor-Occidente	Carrefour Calle 80	D.I.			
	Universidad Corpas	D.I.			
	Fontibón	8,5	327	28/08/2003 1:00 p.m.	2,8
Centro-Occidente	Cade-Energía	5,1	180	19/09/2003 10:00 p.m.	0,8
	Merck	8,3	304	20/12/2003 2:00 p.m.	2,5

F.S.: Fuera de Servicio
D.I.: Datos Insuficientes

En el Anexo 2 se encuentran las rosas de viento que describen el comportamiento predominante de los vientos en el 2003 por estación.

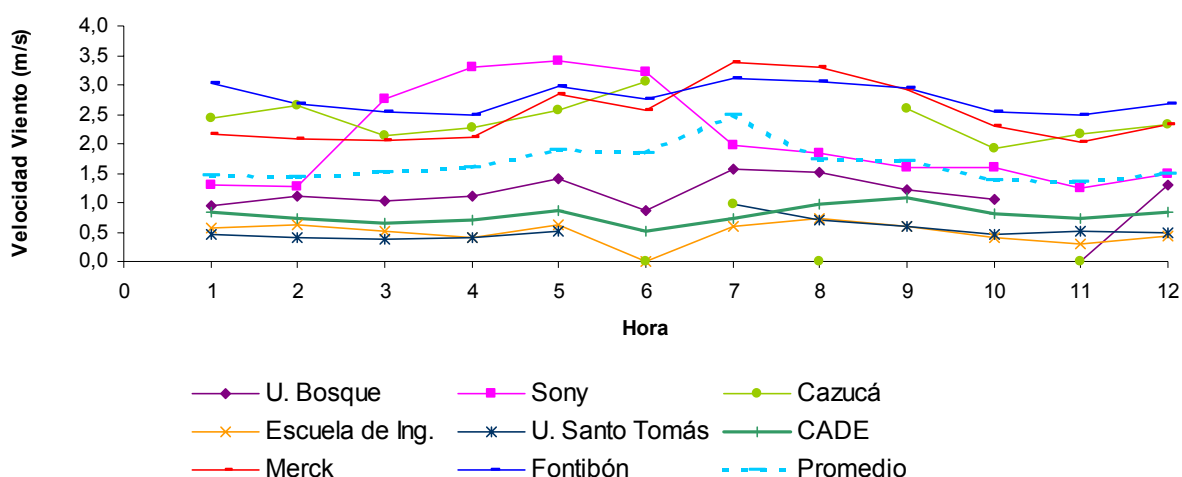


Figura 42. Comportamiento típico de la velocidad del viento por Estación, según las medias mensuales

La Figura 42 muestra, por estación, el promedio mensual de la velocidad del viento. Se puede observar que en la estación No. 3 Sony (Sur), los meses de abril, mayo y junio presentaron velocidades altas mientras que en las otras estaciones las velocidades altas se presentaron en los

meses de julio, agosto y septiembre. El resumen del comportamiento medio de los vientos se presenta en la Tabla 35.

Tabla 35. Medias mensuales de velocidad del viento (m/s)

Mes	Estación								Promedio
	Bosque	Sony	Cazucá	Escuela	Sto Tomás	CADE	Merck	Fontibón	
1	0,9	1,3	2,4	0,6	0,5	0,8	2,2	3,0	1,5
2	1,1	1,3	2,6	0,6	0,4	0,7	2,1	2,7	1,4
3	1,0	2,8	2,1	0,5	0,4	0,6	2,1	2,5	1,5
4	1,1	3,3	2,3	0,4	0,4	0,7	2,1	2,5	1,6
5	1,4	3,4	2,6	0,6	0,5	0,9	2,8	3,0	1,9
6	0,9	3,2	3,1	0,0		0,5	2,6	2,8	1,9
7	1,6	2,0	7,5	0,6	1,0	0,7	3,4	3,1	2,5
8	1,5	1,8		0,7	0,7	1,0	3,3	3,1	1,7
9	1,2	1,6	2,6	0,6	0,6	1,1	2,9	2,9	1,7
10	1,0	1,6	1,9	0,4	0,4	0,8	2,3	2,5	1,4
11		1,2	2,2	0,3	0,5	0,7	2,0	2,5	1,4
12	1,3	1,5	2,3	0,4	0,5	0,8	2,3	2,7	1,5

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

En el año 2003, tres estaciones de la RMCAB realizaron mediciones continuas de temperatura en la ciudad. Estas estaciones fueron la No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente) y No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente).

La máxima temperatura horaria se presentó a la una de la tarde del 24 de diciembre de 2003, con un valor de 29,8° C, en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte), y allí mismo se registró la mínima temperatura con un valor de 2.6° C, el 7 y 8 de enero a las seis de la mañana.

El comportamiento horario de la temperatura se describe en la Figura 43, en donde se observa que las 6 de la mañana es la hora de temperatura promedio más baja y la 1 de la tarde, la hora con mayor temperatura media.

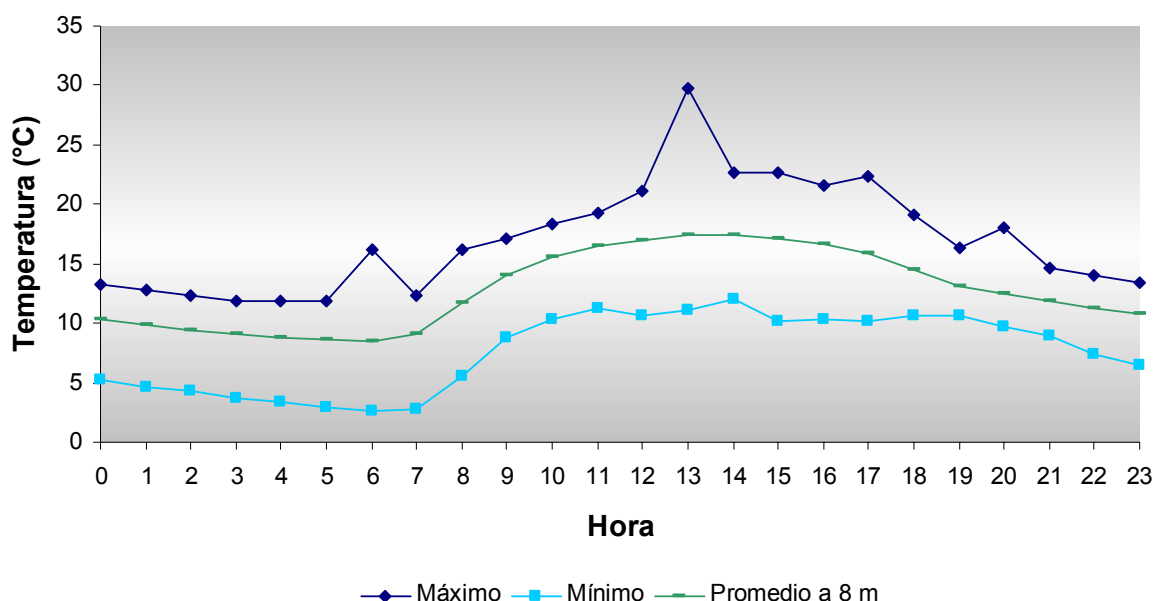


Figura 43. Máximos, Mínimos y Medias Horarias de Temperatura

Tomando las mediciones de temperatura de la RMCAB, se tiene que la temperatura media fue de 13.9 °C, por debajo del promedio hallado para el 2002 en 0.9 °C.

Los meses más calurosos fueron febrero, mayo y abril, y los más fríos junio, julio y agosto como lo muestra la Figura 44. Estos meses, junto con enero están por encima de la temperatura media multianual³ aproximadamente en un grado centígrado, mientras que los otros meses tienen temperaturas muy cercanas al promedio multianual. Obsérvese que las mediciones de la RMCAB estuvieron por encima del comportamiento medio en todos los meses.

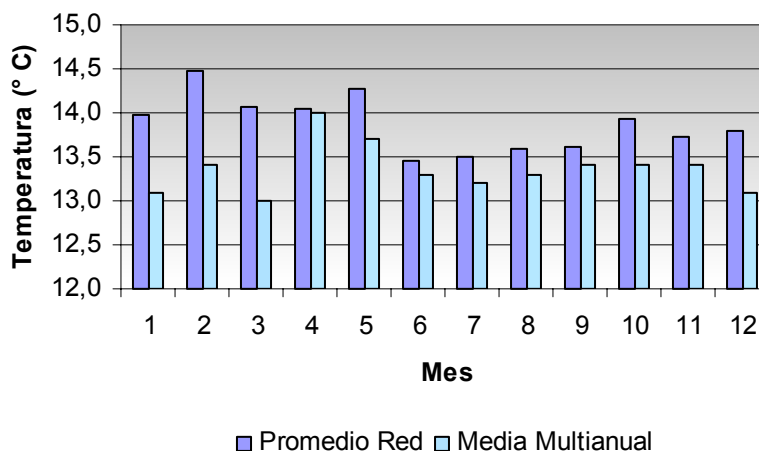


Figura 44. Temperatura media registrada en la RMCAB Vs. Temperatura Media media multianual

³ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM.

El promedio de la temperatura medida durante el 2003 en cada estación por mes y los valores de las medias multianuales se detallan en la Tabla 36.

Tabla 36. Temperaturas Medias Mensuales por Estación

Mes	Estación			Promedio RMCAB	Media Multianual IDEAM
	Escuela	Merck	Fontibón		
1	12,7	14,8	14,4	14,0	13,1
2	13,5	15,3	14,6	14,5	13,4
3	13,0	15,0	14,3	14,1	13
4	13,2	14,7	14,3	14,0	14
5	13,1	15,1	14,6	14,3	13,7
6	12,2	14,3	13,8	13,4	13,3
7	12,5	14,1	13,9	13,5	13,2
8	12,5	14,3	13,9	13,6	13,3
9	12,6	14,4	13,9	13,6	13,4
10	12,9	14,7	14,2	13,9	13,4
11	12,8	14,5	13,9	13,7	13,4
12	12,7	14,6	14,0	13,8	13,1

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura, se observa que, en general, entre las 7 de la noche y las 8 de la mañana se presenta un fenómeno de inversión térmica, como se muestra en la Figura 45. Esto significa que en ese período, la temperatura en la superficie del suelo es menor a la temperatura medida a mayor altura. En este caso, entre las 7 de la noche y las 8 de la mañana, la temperatura a 2 metros es menor que la temperatura a 8 y a 20 metros de altura. Esta condición implica que el aire que está a nivel de superficie es más frío que el que está a 20 metros de altura, lo que no permite el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes del aire. Es decir, la contaminación que llega al aire en horas de la noche no puede ser dispersada fácilmente, lo que puede ocasionar un aumento en la concentración atmosférica.

Las inversiones térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de contaminantes, porque producen una reducción del volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se dispersan, generando lo que se denomina Estabilidad Atmosférica. Este fenómeno consiste en tener una franja en la atmósfera donde la velocidad y dirección horizontal del viento son suaves y no se producen cambios notables en la temperatura del aire, lo cual evita el movimiento de dichas masas de aire, y por lo tanto, la dispersión de contaminantes.

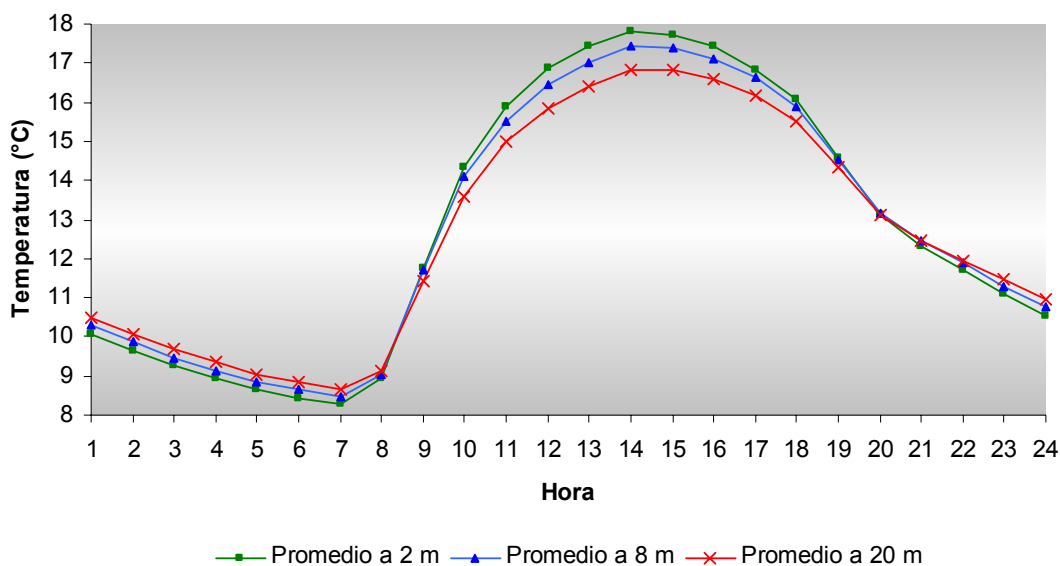


Figura 45. Variación horaria de la temperatura a 2, 8 y 20 metros en la Estación Escuela de Ingeniería

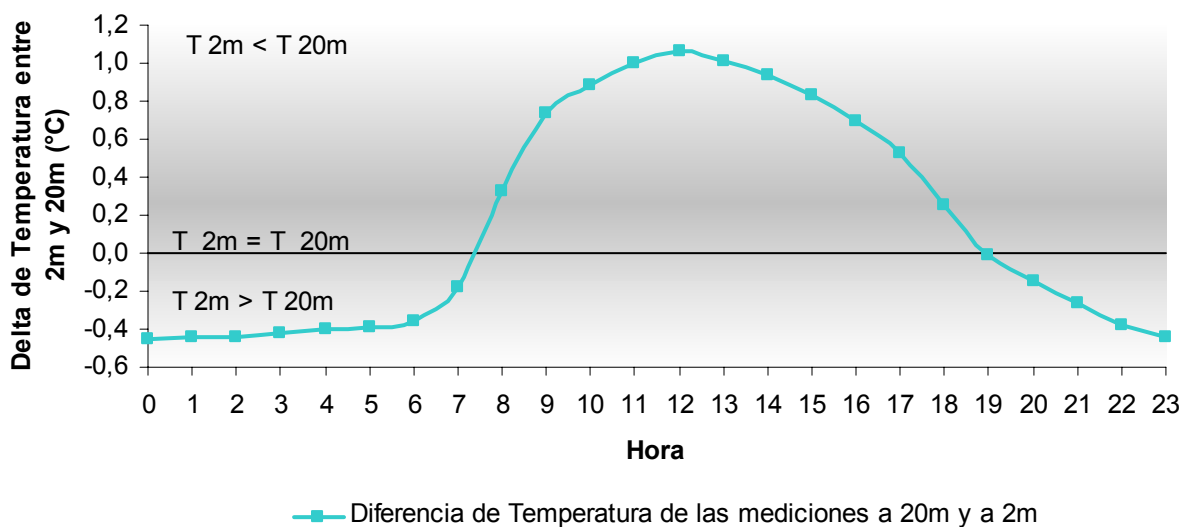


Figura 46. Diferencia de la temperatura a 20 metros con respecto a la temperatura a 2 m de altura

En la Figura 46 se muestra las horas en las que la temperatura medida a 2 metros de altura es menor a la temperatura medida a 20 metros, situación que se presenta entre las 7 de la noche, hora en que las dos temperaturas son iguales y 8 de la mañana, cuando comienza el calentamiento diurno del aire.

2.4 RADIACIÓN SOLAR

Este parámetro meteorológico es medido en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte).

El análisis de la radiación solar para el año 2003 se basa en las mediciones tomadas desde las cinco de la mañana hasta las siete de la noche, periodo en el que se considera que éste afecta a Colombia. En la Figura 47 se muestra el comportamiento promedio de la radiación, comparado con el máximo medido en cada hora.

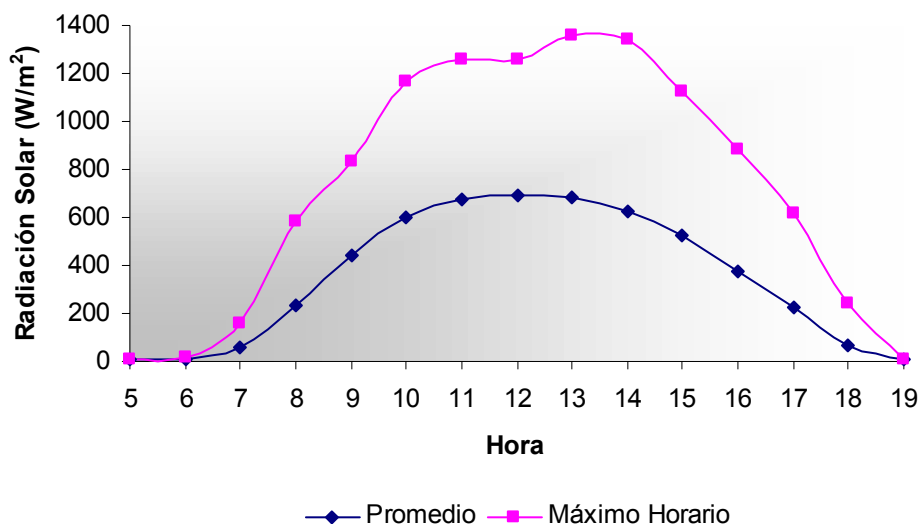


Figura 47. Promedios y máximos horarios de radiación solar

La radiación máxima medida en el 2003 fue de 1358 W/m² el 24 de marzo a la una de la tarde y, por lo general, la hora con mayor radiación solar se presentó al medio día. En la Tabla 37 se presentan los valores de los promedios y máximos horarios.

Tabla 37. Máximos y promedios horarios de radiación solar

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Promedio	7	8	60	230	438	600	677	690	682	621	525	372	223	64	7
Máximo Horario	8	16	156	581	832	1170	1260	1259	1358	1339	1122	887	620	240	10

Los promedios mensuales de radiación solar están en el rango de los 296 W/m² y 454 W/m² y los máximos entre 992 W/m² y 1358 W/m², tal como se muestra en la Figura 48.

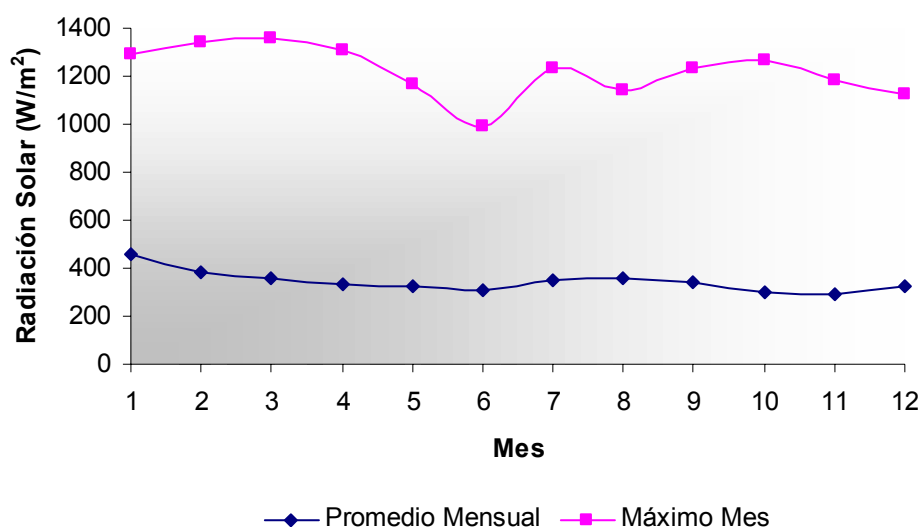


Figura 48. Promedios y máximos mensuales de radiación solar

El mes con mayor radiación promedio fue enero mientras que octubre y noviembre, los meses con menor radiación media. En la Tabla 38 se detallan los valores promedios mensuales con los máximos medidos en cada mes.

Tabla 38. Máximos y promedios mensuales de radiación solar

Mes	Promedio Mensual	Máximo Mes
1	454	1291
2	384	1339
3	359	1358
4	332	1308
5	327	1170
6	311	992
7	347	1236
8	355	1144
9	343	1230
10	296	1268
11	296	1187
12	325	1122

ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMAS DE CAJAS

A continuación se presentan los diagramas de cajas por mes y por día de la semana, de las concentraciones de PM₁₀ y PST, promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB. En las figuras el mes 1 corresponde A enero, el 2 a febrero, etc. El día 1 corresponde al lunes, el 2 al martes, etc. Las concentraciones se presentan en microgramos por metro cúbico. El número de datos analizados se muestra en la parte inferior del la figura. En los casos en los cuales no se recuperaron datos para un mes específico no se incluye en los diagrama de cajas.

DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PM₁₀ PROMEDIOS 24 HORAS

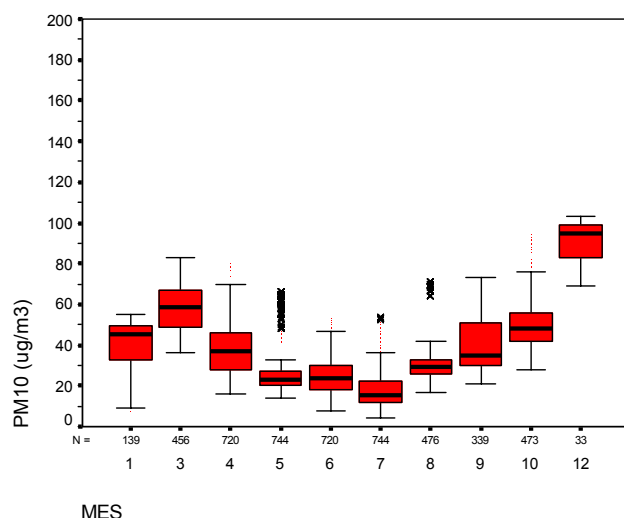


Figura A1.1. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)

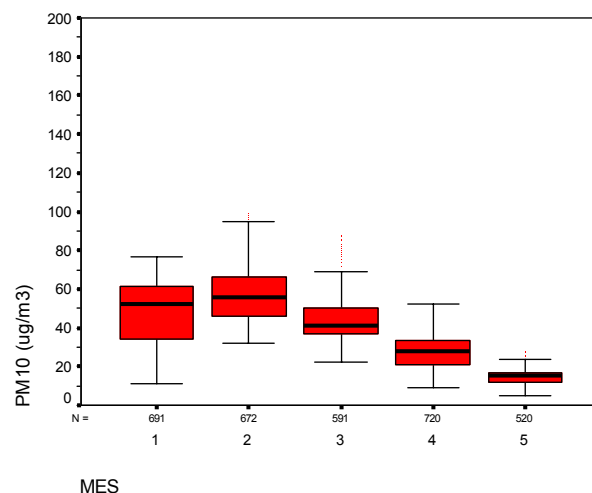


Figura A1.2. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 2 MAVDT (Sector Centro)

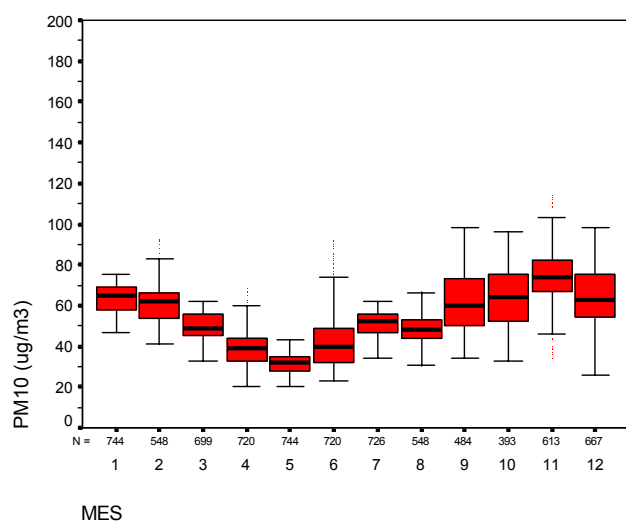


Figura A1.3. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)

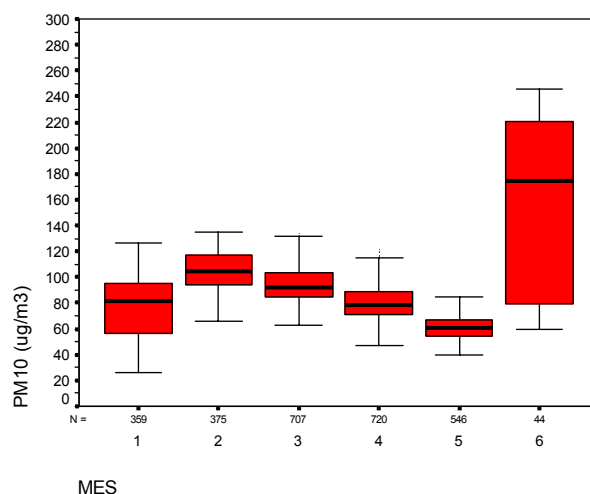


Figura A1.4. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 6 Carrefour (Sector Nor - Occidente)

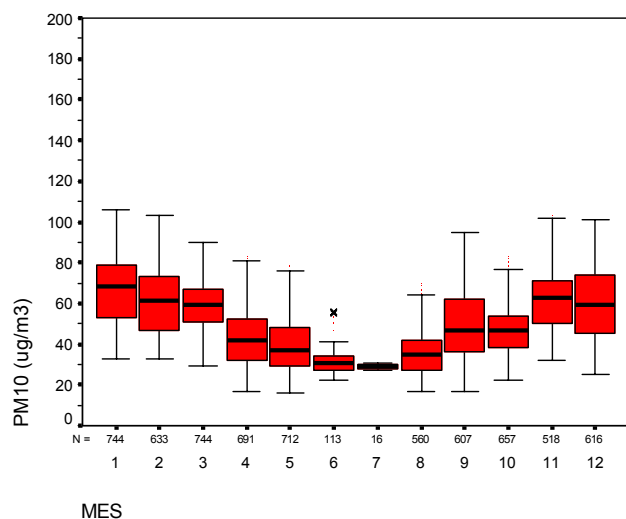


Figura A1.5. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur - Occidente)

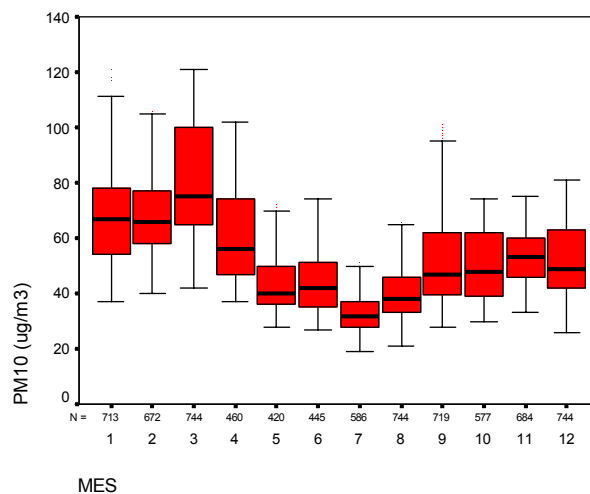


Figura A1.6. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

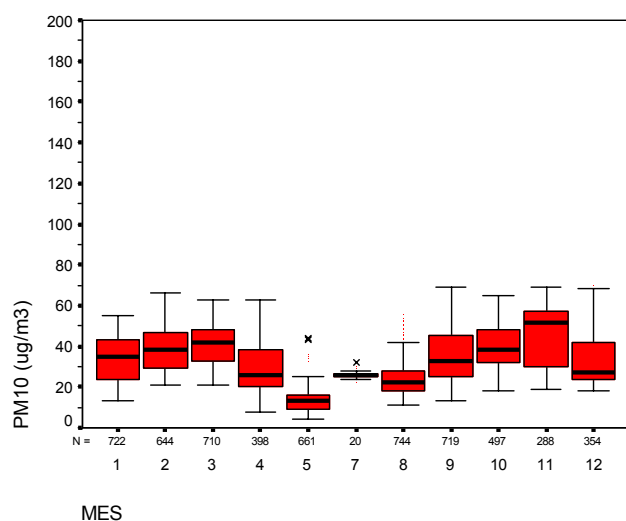


Figura A1.7. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 10 St. Tomás (Sector Centro)

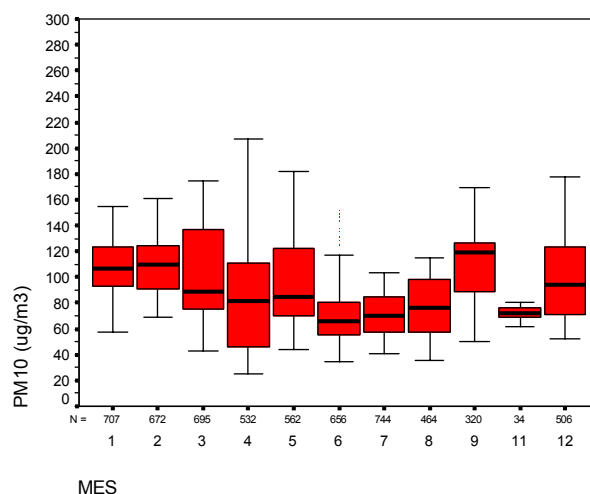


Figura A1.8. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente)

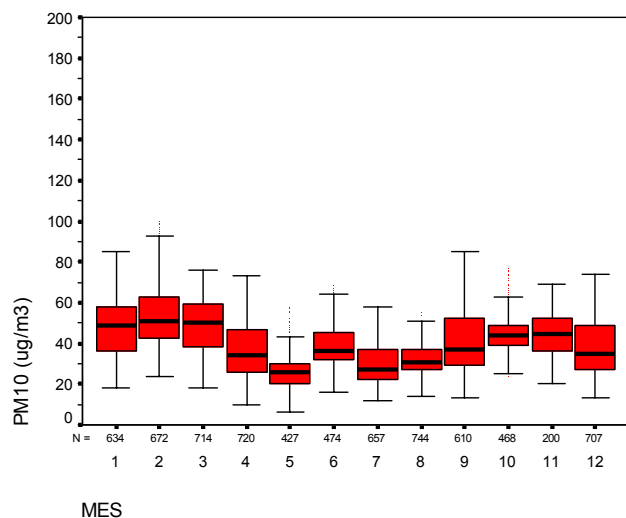


Figura A1.9. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)

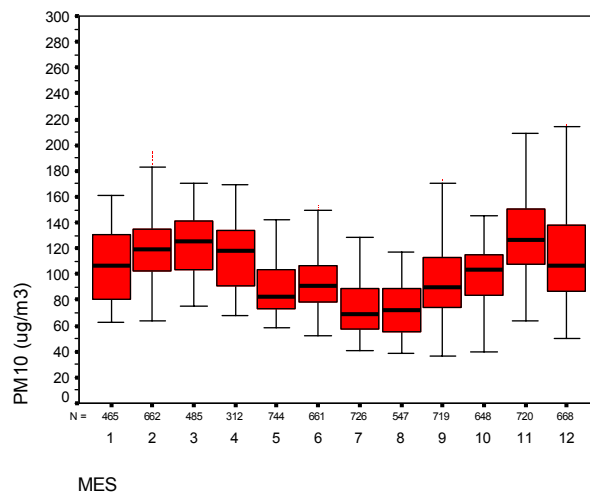


Figura A1.10. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas. Estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente)

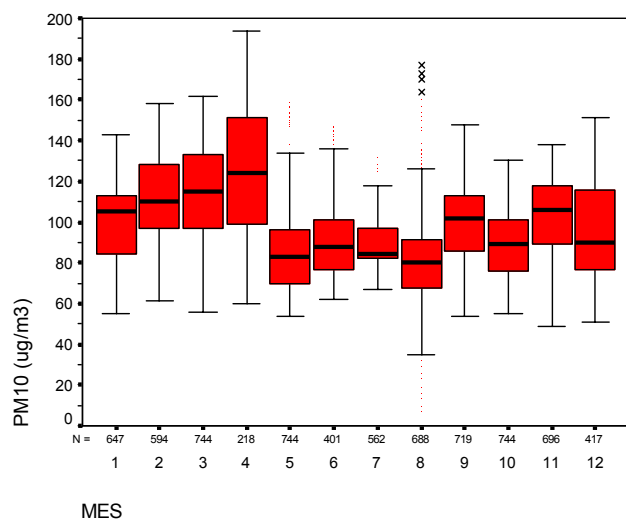
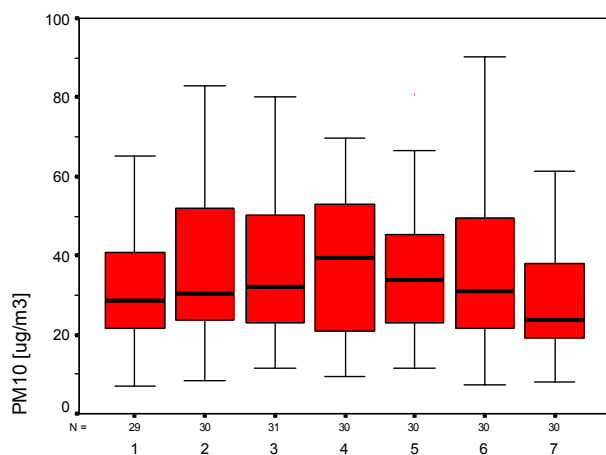


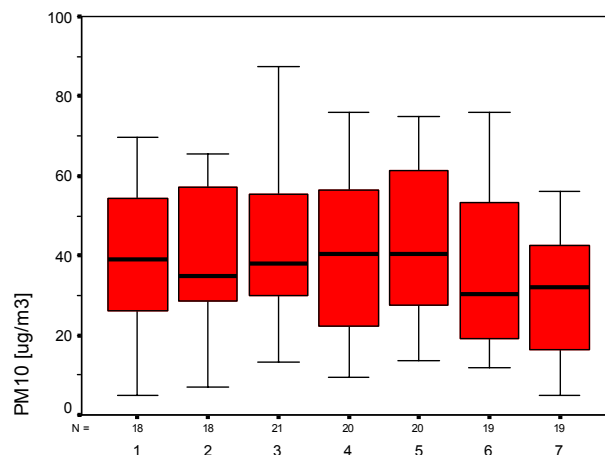
Figura A1.11. Diagrama de cajas por mes.
 Concentraciones de PM₁₀ promedios 24 horas.
 Estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente)

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀ PROMEDIO DIARIO POR DIA DE LA SEMANA



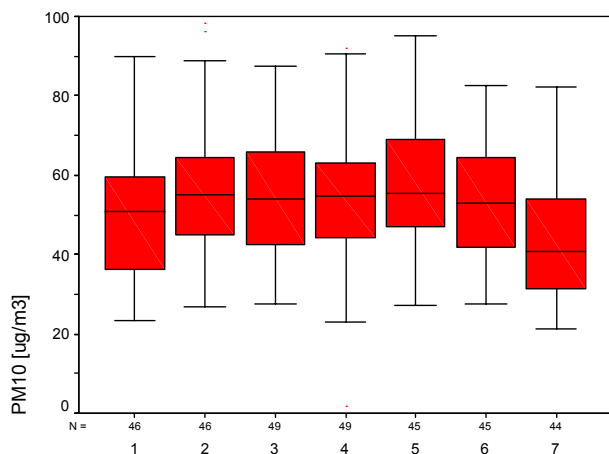
DIA

Figura A1.12. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)



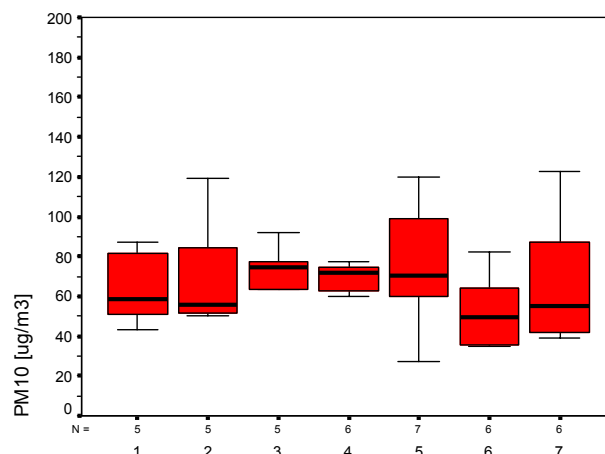
DIA

Figura A1.13. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 2 MAVDT (Sector Centro)



DIA

Figura A1.14. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)



DIA

Figura A1.15. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 5 IDRD (Sector Centro)

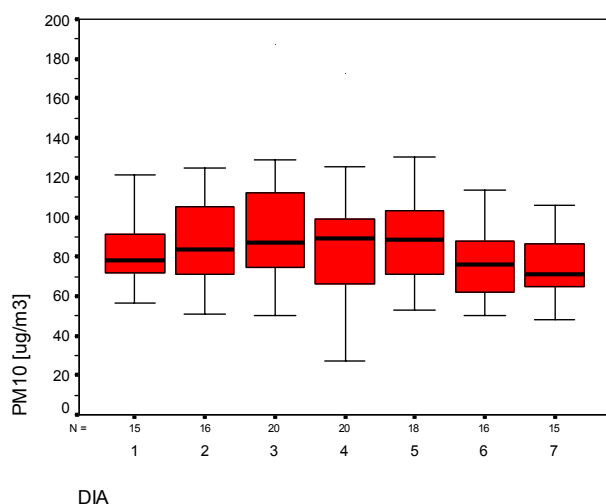


Figura A1.16. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente)

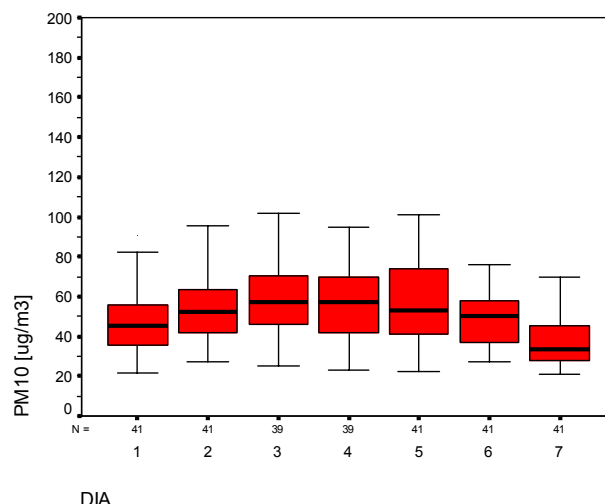


Figura A1.17. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente)

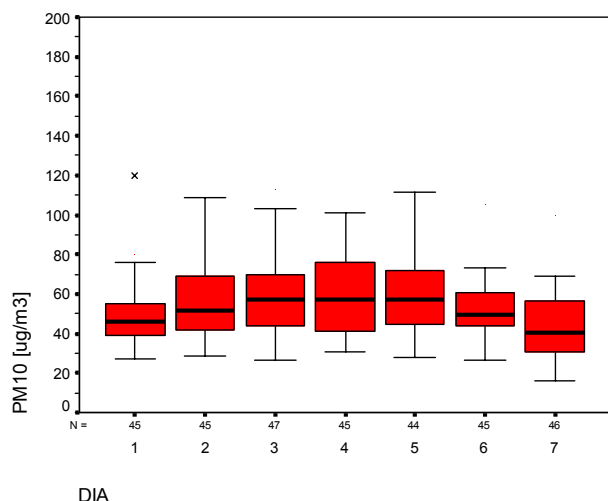


Figura A1.18. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

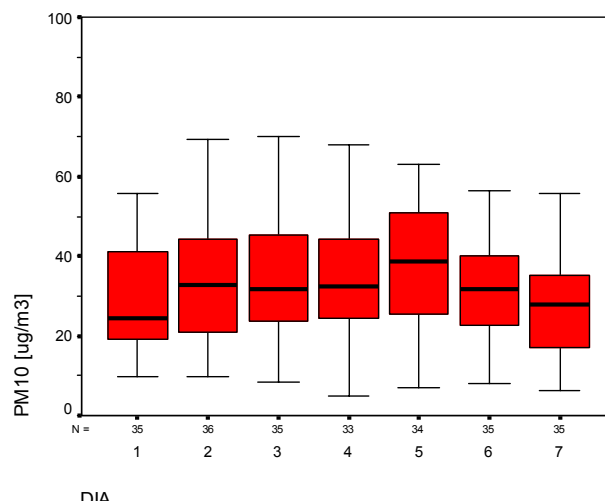


Figura A1.19. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación Sto. Tomás (Sector Centro)

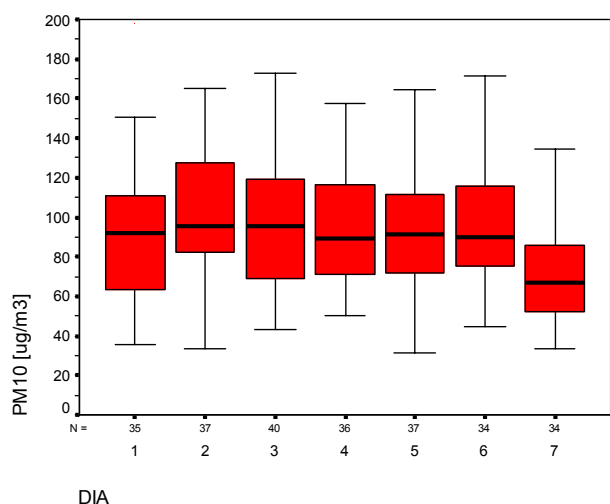


Figura A1.20. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente)

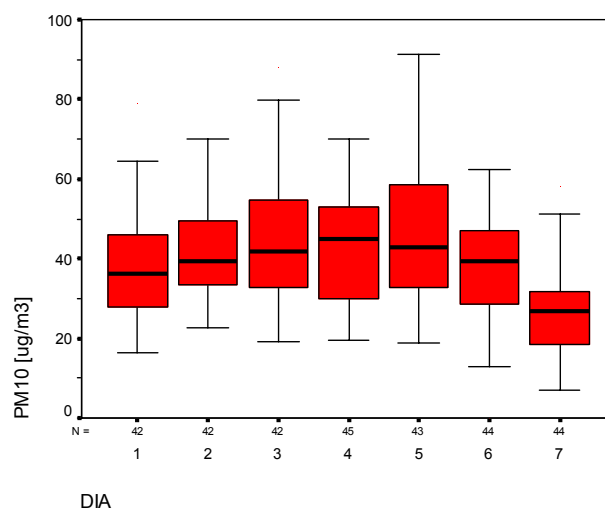


Figura A1.21. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)

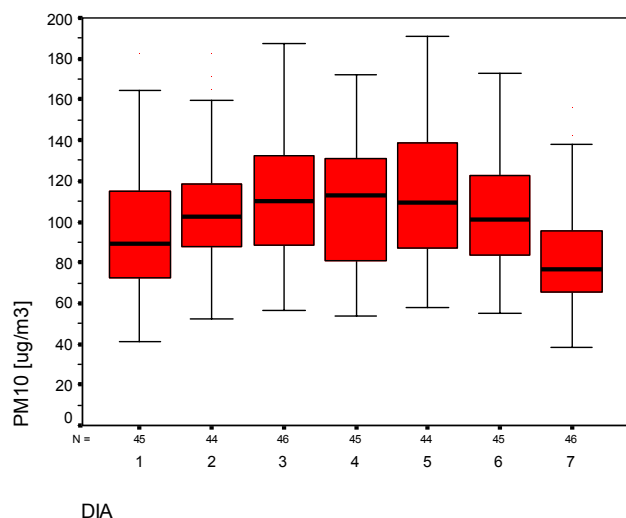


Figura A1.22. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente)

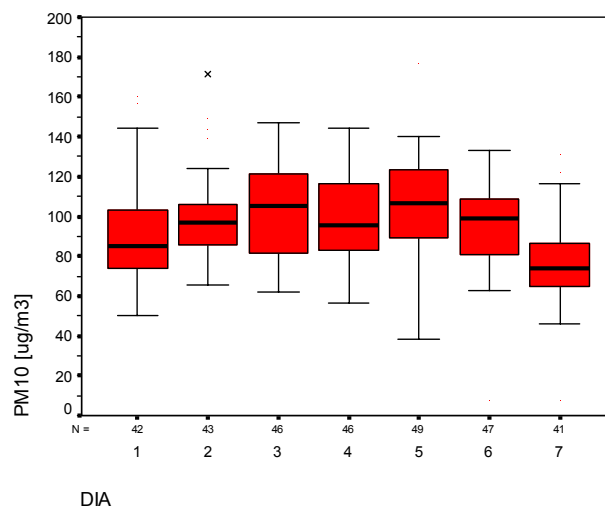


Figura A1.23. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente)

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀ PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO

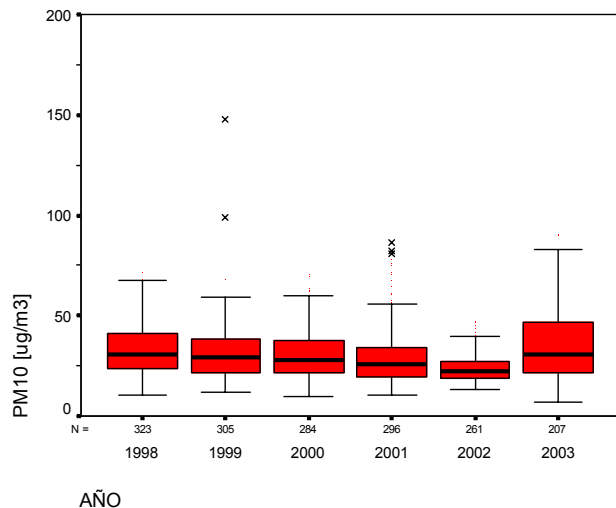


Figura A1.24. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)

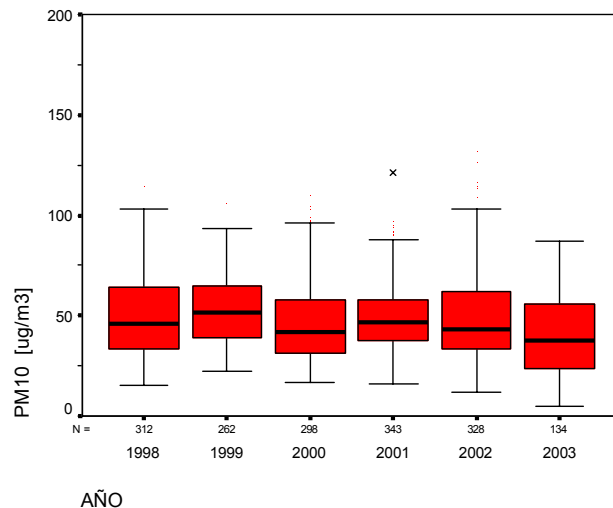


Figura A1.25. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 2 MAVDT (Sector Centro)

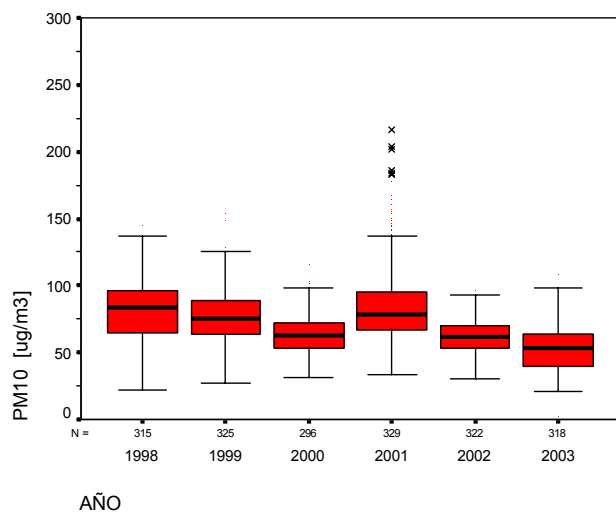


Figura A1.26. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)

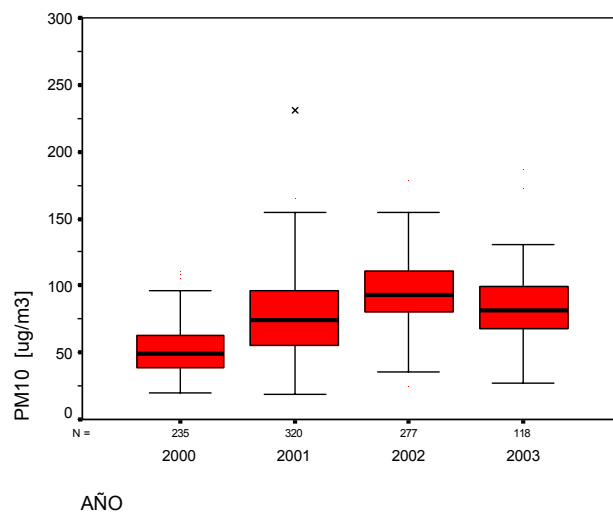


Figura A1.27. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 6 Carrefour (Sector Nor – Occidente)

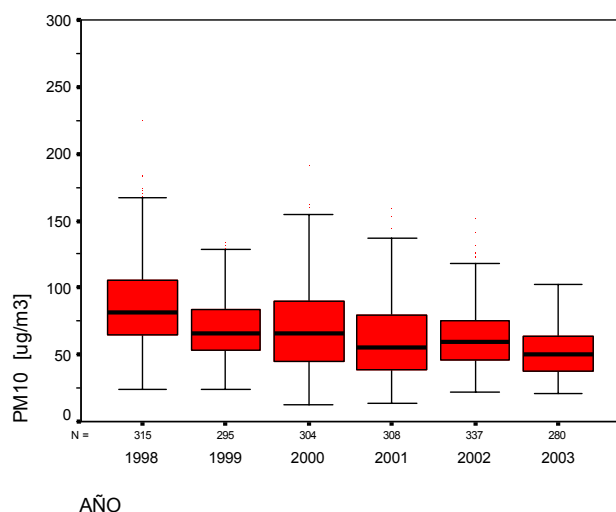


Figura A1.28. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente)

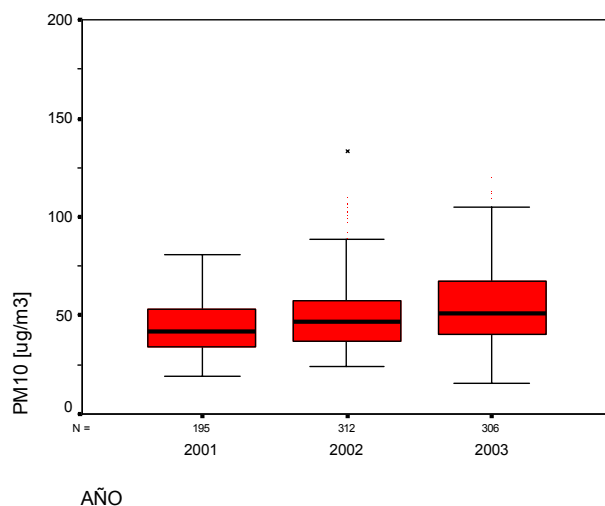


Figura A1.29. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

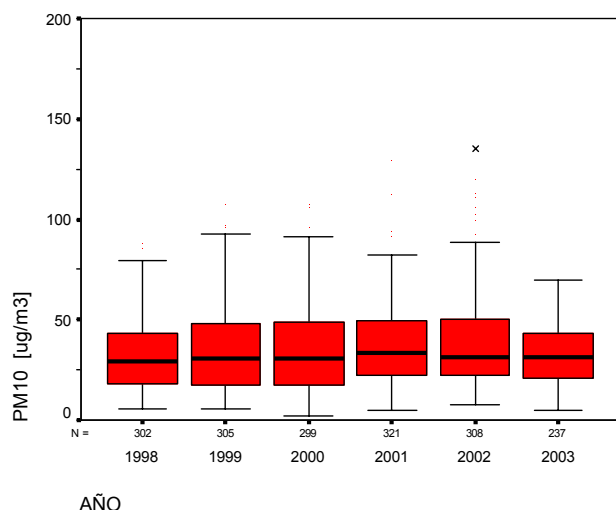


Figura A1.30. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro)

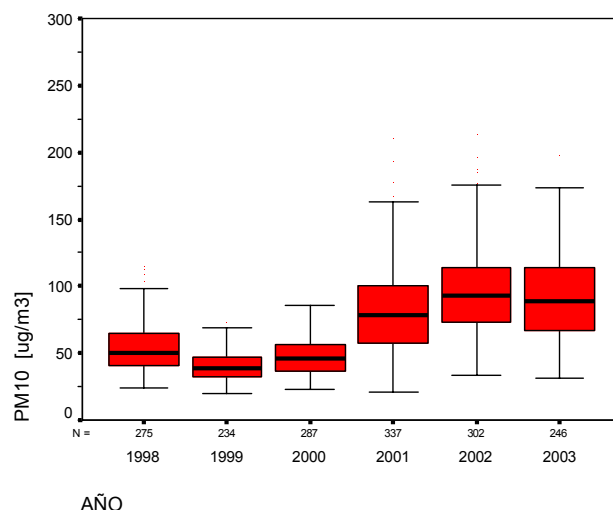


Figura A1.31. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM₁₀ promedio diario. Estación No. 11 Corpas (Sector Nor – Occidente)

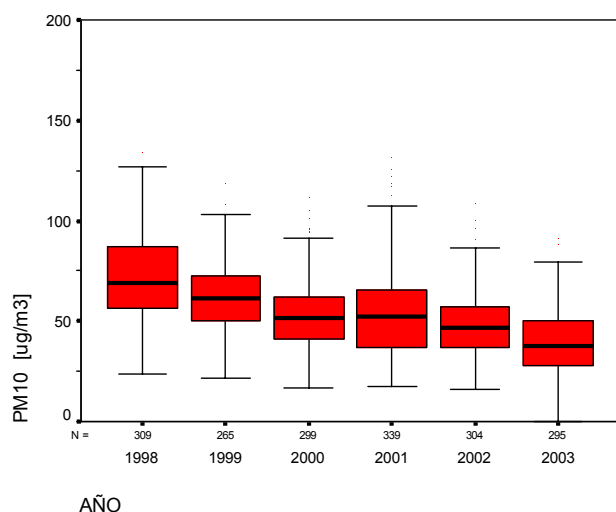


Figura A1.32. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 12 CADE (Sector Centro - Occidente)

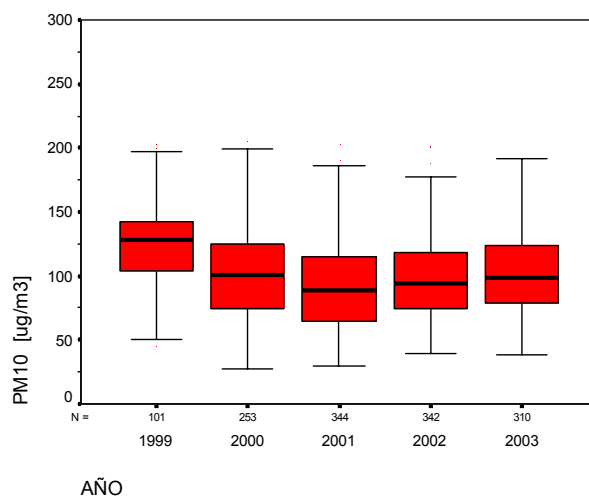


Figura A1.33. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 13 MERCK (Sector Centro - Occidente)

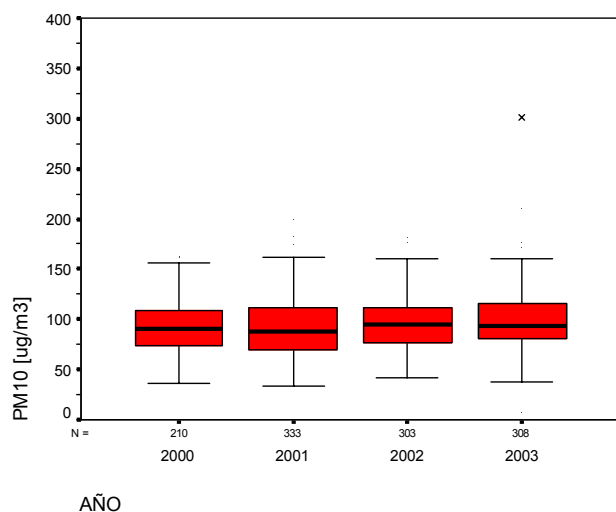
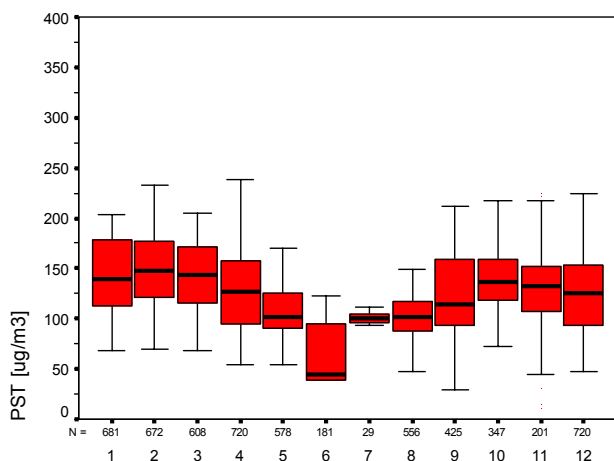


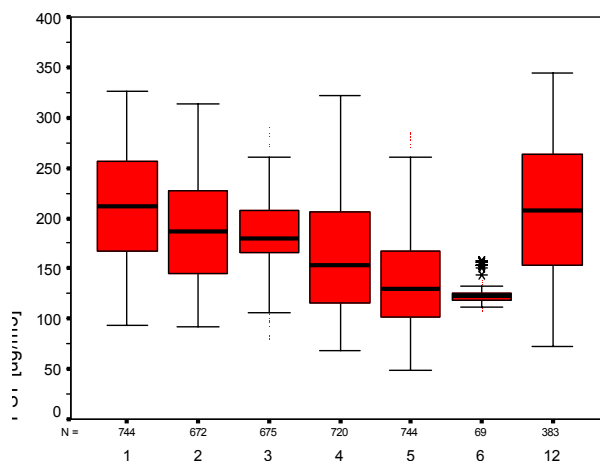
Figura A1.34. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM_{10} promedio diario. Estación No. 14 Fontibón (Sector Nor - Occidente)

DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS 24 HORAS



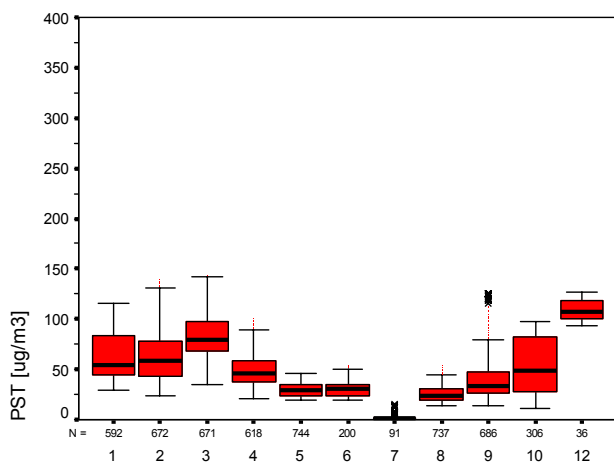
MES

Figura A1.35. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios 24 horas. Estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)



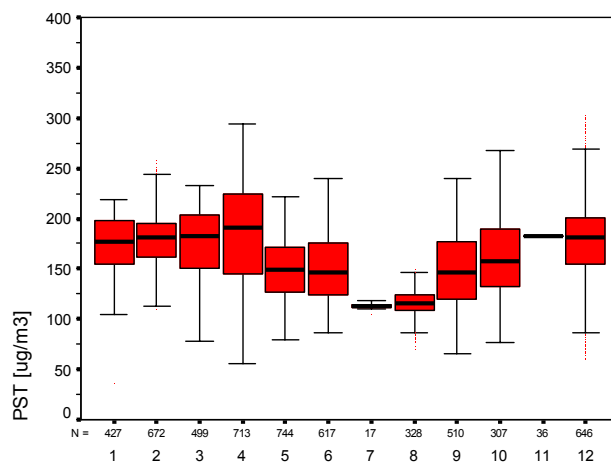
MES

Figura A1.36. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios 24 horas. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente)



MES

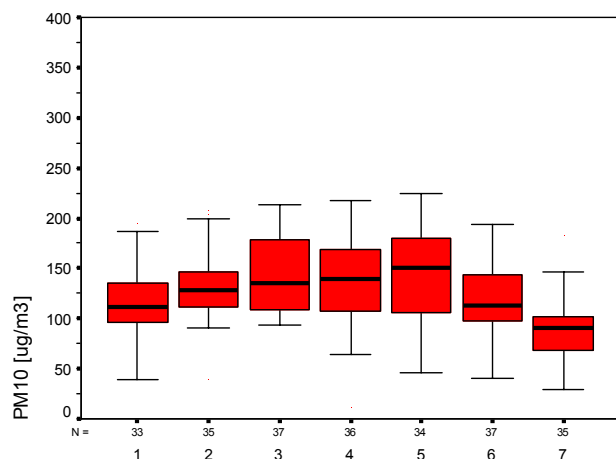
Figura A1.37. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios 24 horas. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)



MES

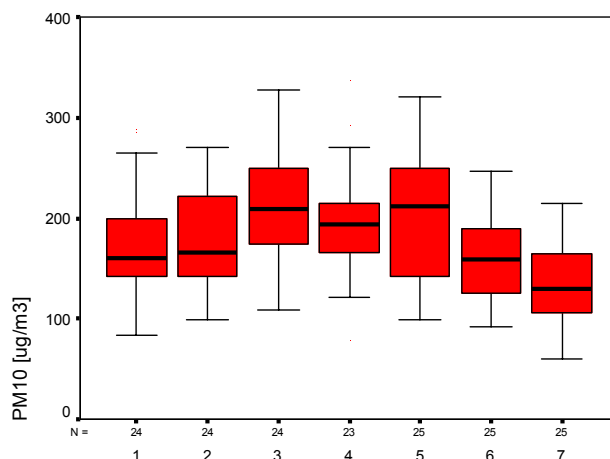
Figura A1.38. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios 24 horas. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIO DIARIOS POR DIA DE LA SEMANA



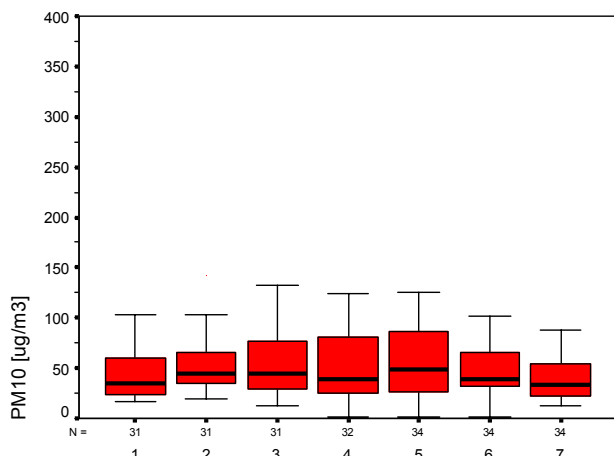
DIA

Figura A1.39. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)



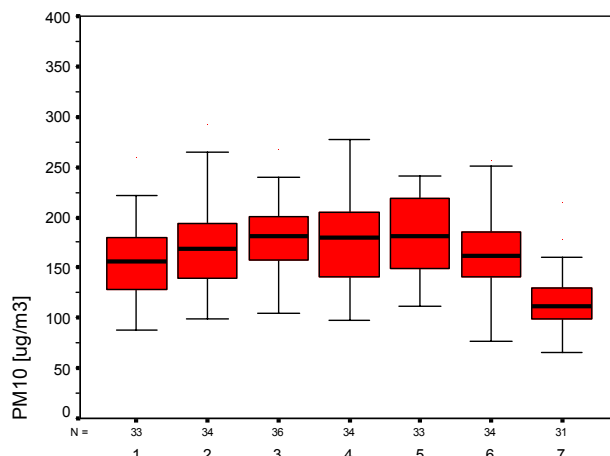
DIA

Figura A1.40. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente)



DIA

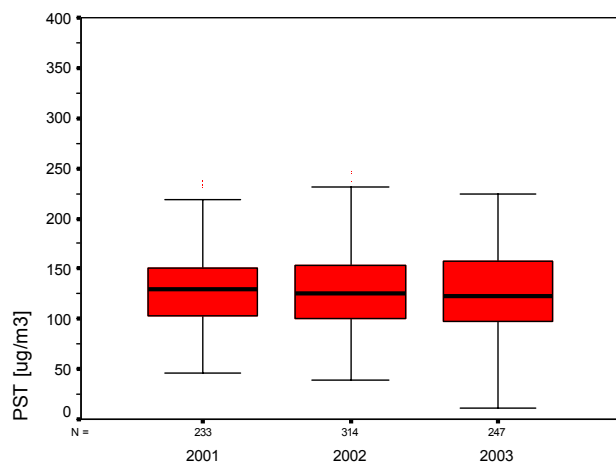
Figura A1.41. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)



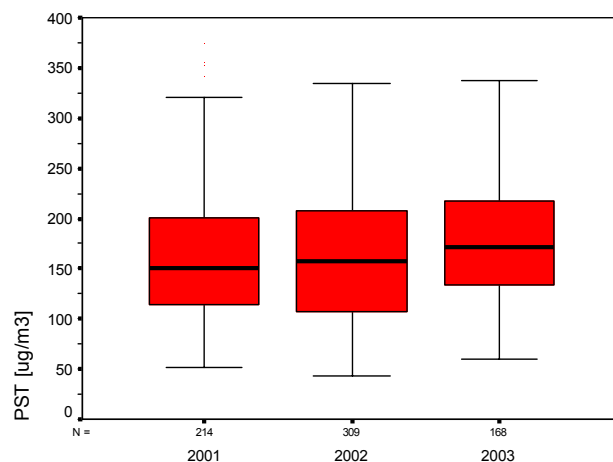
DIA

Figura A1.42. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO

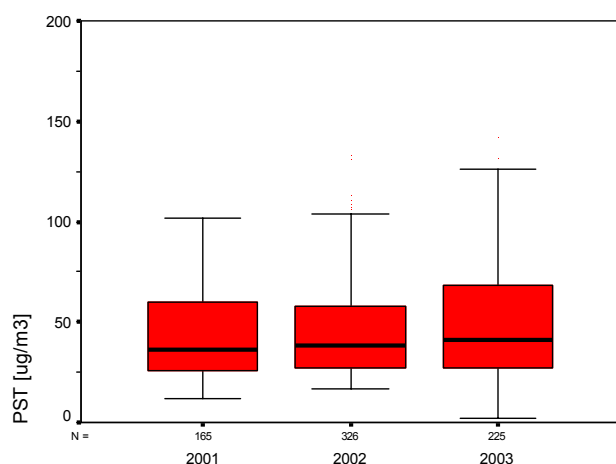


AÑO

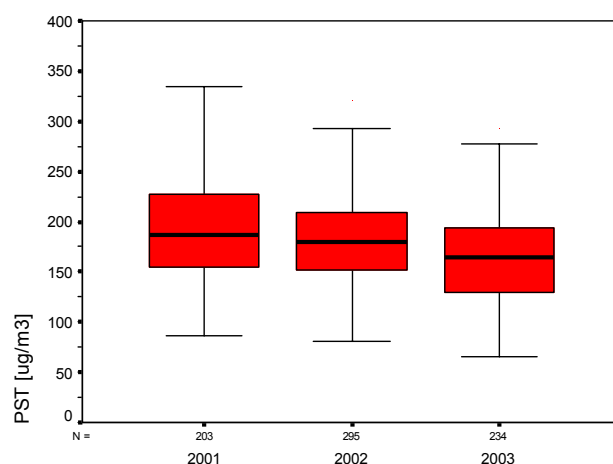


AÑO

Figura A1.43. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)
 Figura A1.44. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación No. 7 Cazucá (Sector Sur – Occidente)



AÑO



AÑO

Figura A1.33. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación No. 1 Bosque (Sector Norte)
 Figura A1.34. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación No. 3 Sony (Sector Sur)

ANEXO 2. ROSAS DE VIENTO

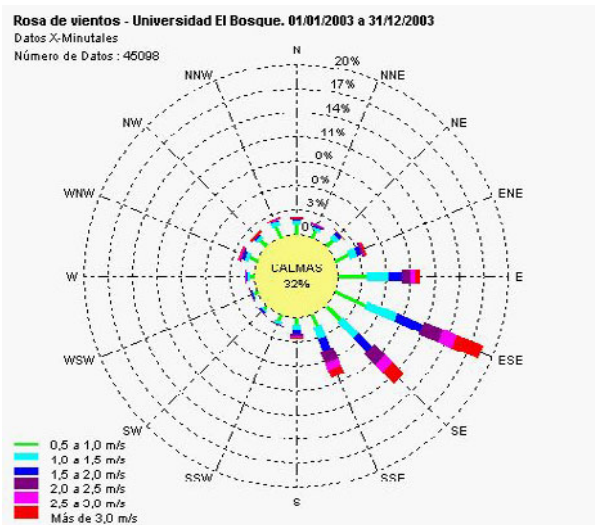


Figura A2.1. Rosas de vientos anual para la estación No. 1 Bosque (Sector Norte)

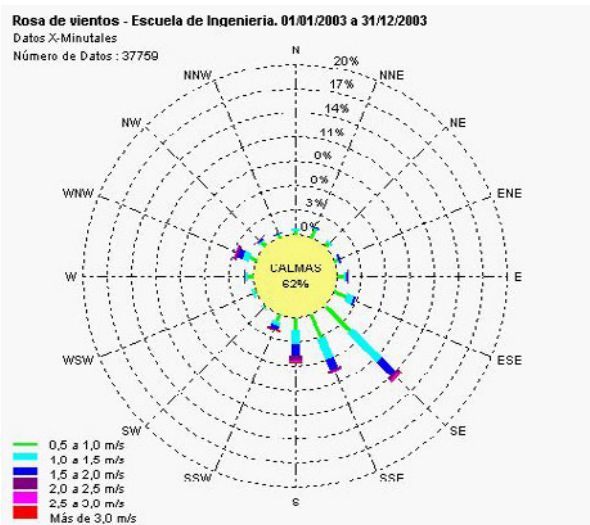


Figura A2.2. Rosas de vientos anual para la estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

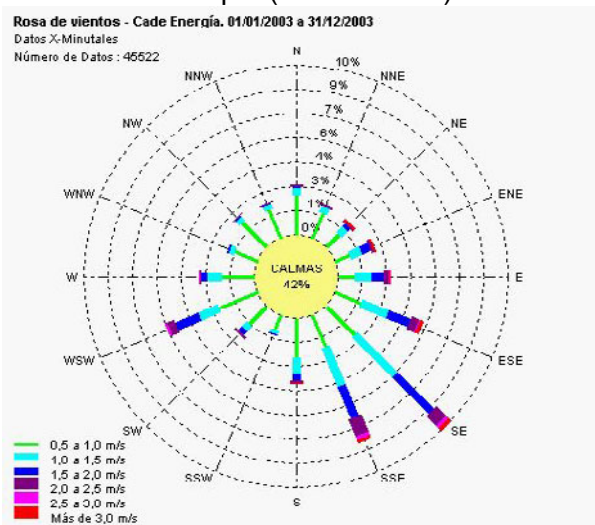


Figura A2.3. Rosas de vientos anual para la estación No. 12 CADE (Sector Centro – Occidente)

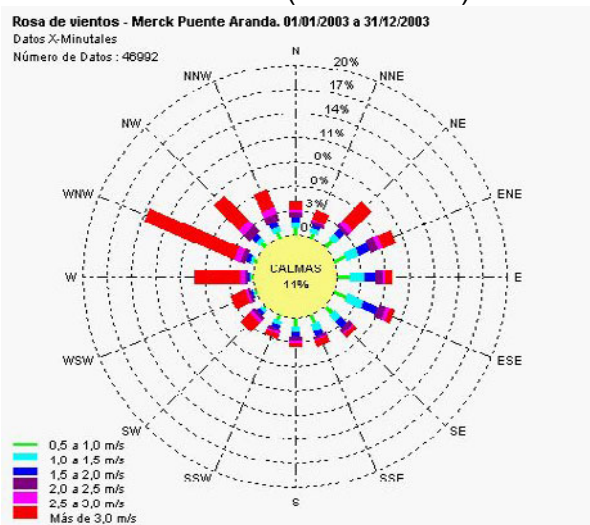


Figura A2.4. Rosas de vientos anual para la estación No. 13 Merck (Sector Centro – Occidente)

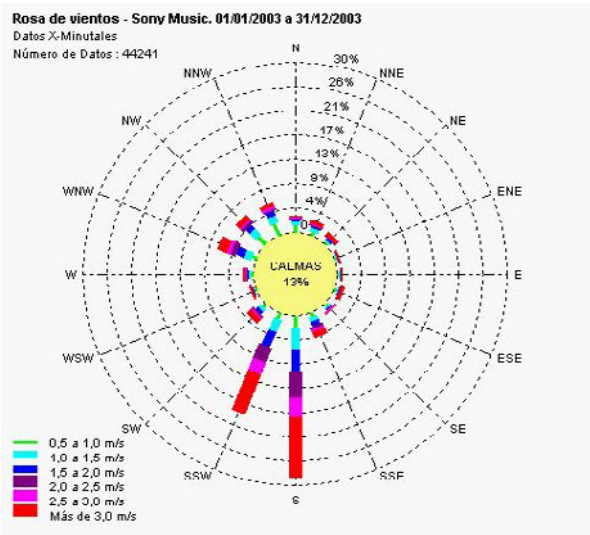
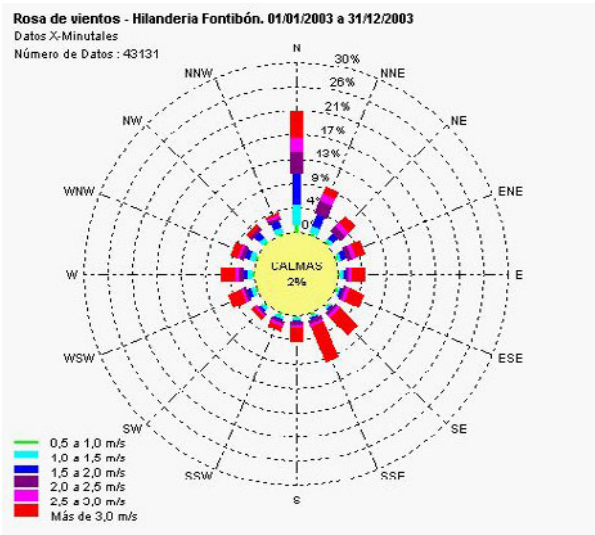


Figura A2.5. Rosas de vientos anual para la estación No. 14 Fontibón (Sector Nor – Occidente) Figura A2.6. Rosas de vientos anual para la estación No. 3 Sony (Sector Sur)

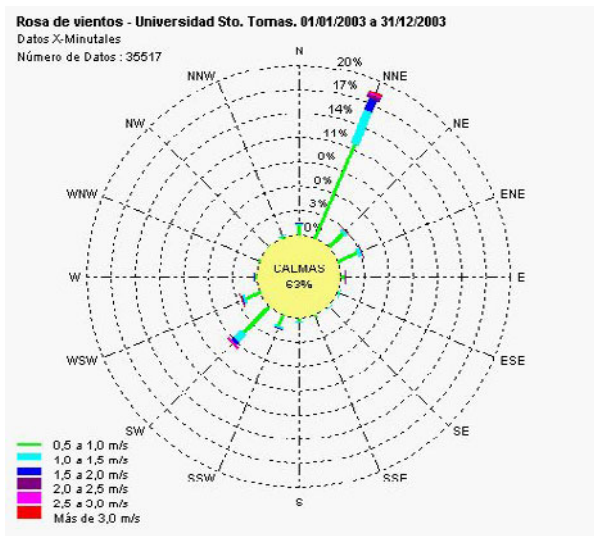


Figura A2.7. Rosa de vientos anual para la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro)

INFORME ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2004

TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>1 CALIDAD DEL AIRE</u>	2
<u>1.1 PARTÍCULAS</u>	2
<u>1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM₁₀</u>	2
<u>Promedios 24 Horas</u>	2
<u>Promedios Anuales</u>	9
<u>Tendencias</u>	10
<u>1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST</u>	12
<u>Promedios 24 Horas</u>	12
<u>Promedios Anuales</u>	15
<u>Tendencias</u>	16
<u>1.2 GASES</u>	18
<u>1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO₂</u>	18
<u>Promedios 3 horas</u>	19
<u>Promedios 24 horas</u>	20
<u>Promedios Anuales</u>	22
<u>Tendencias</u>	23
<u>1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO₂</u>	24
<u>Promedios 1 Hora</u>	25
<u>Promedios 24 Horas</u>	26
<u>Promedios Anuales</u>	27
<u>1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO</u>	30
<u>Promedios 8 Horas</u>	30
<u>Promedios Horarios</u>	32
<u>Tendencias</u>	32
<u>1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O₃</u>	33
<u>Promedios 8 Horas</u>	34
<u>Promedios Horarios</u>	35
<u>Tendencias</u>	36
<u>1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS</u>	37
<u>2 METEOROLOGÍA</u>	49
<u>2.1 PRECIPITACIÓN</u>	49
<u>2.2 VIENTOS</u>	54

<u>2.3</u>	<u>TEMPERATURA SUPERFICIAL</u>	57
<u>2.4</u>	<u>RADIACIÓN SOLAR</u>	59
<u>2.5</u>	<u>HUMEDAD RELATIVA</u>	61
<u>2.6</u>	<u>PRESIÓN BAROMÉTRICA</u>	63
<u>GLOSARIO</u>		65
<u>ANEXOS</u>		1
<u>ANEXO 1. DIAGRAMAS DE CAJAS</u>		1
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS 24 HORAS</u>	1
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIO DIARIO POR DIA DE LA SEMANA</u>	5
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO</u>	8
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS</u>	11
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIO DIARIOS POR DIA DE LA SEMANA</u>	12
	<u>DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO</u>	13
<u>ANEXO 2. MAPAS DE VIENTO</u>		14
<u>ANEXO 3. ROSAS DE VIENTO</u>		20
<u>ANEXO 4. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS</u>		23

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PM10 - PROMEDIOS 24 HORAS	4
TABLA 2. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM10 – PROMEDIOS 24 HORAS	5
TABLA 3. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM10 – PROMEDIOS ANUALES	10
TABLA 4. CONCENTRACIONES DE PM10 DE TODA LA RMCAB – PROMEDIOS ANUALES	11
TABLA 5. RESUMEN ESTADÍSTICO POR ESTACIÓN. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	14
TABLA 6. DÍA Y HORA EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST – PROMEDIOS 24 HORAS	15
TABLA 7. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST – PROMEDIOS ANUALES	16
TABLA 8. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 3 HORAS	19
TABLA 9. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS 24 HORAS	21
TABLA 10. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	22
TABLA 11. CONCENTRACIONES DE SO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	24
TABLA 12. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS 1 HORA	25
TABLA 13. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS 24 HORAS	26
TABLA 14. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	28
TABLA 15. CONCENTRACIONES DE NO ₂ – PROMEDIOS ANUALES	29
TABLA 16. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CO – PROMEDIOS 8 HORAS	31
TABLA 17. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CO – PROMEDIOS 8 HORAS	32
TABLA 18. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE O ₃ – PROMEDIOS 8 HORAS	34
TABLA 19. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CO – PROMEDIOS 8 HORAS	35
TABLA 20. CONSOLIDADO CONCENTRACIONES DE PM10 EN 2004 - PROMEDIOS 24 HORAS	38
TABLA 21. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PM10 EN 2004 – PROMEDIOS ANUALES	39
TABLA 22. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2004 – PROMEDIOS 24 HORAS	40
TABLA 23. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2004 – PROMEDIOS ANUALES	40
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS 3 HORAS	41
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS 24 HORAS	42
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS ANUALES	43
TABLA 27. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS 1 HORA	44
TABLA 28. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS 24 HORAS	45
TABLA 29. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2004 – PROMEDIOS ANUALES	46
TABLA 30. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2004 – PROMEDIOS 8 HORAS	47
TABLA 31. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2004 – PROMEDIOS HORARIOS	47
TABLA 32. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2004 – PROMEDIOS 8 HORAS	48
TABLA 33. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2004 – PROMEDIOS HORARIOS	48
TABLA 34. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB	50
TABLA 35. DÍAS DE LLUVIA Y PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2004	51
TABLA 36. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2004	52
TABLA 37. VELOCIDAD MÁXIMA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN	55
TABLA 38. MEDIAS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (M/S)	56
TABLA 39. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2004	57
TABLA 40. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN	58
TABLA 41. PROMEDIOS Y MÁXIMOS MENSUALES DE RADIACIÓN EN LA ESTACIÓN No. 8 ESCUELA	60
TABLA 42. MÁXIMOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	61
TABLA 43. DATOS HORARIOS DE HUMEDAD RELATIVA EN LA ESTACIÓN No. 8 ESCUELA (SECTOR NORTE)	62
TABLA 44. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL	63
TABLA 45. MÁXIMOS HORARIOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE RADIACIÓN DURANTE EL AÑO DE 2004	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ - PROMEDIOS 24 HORAS	3
FIGURA 2. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ - PROMEDIOS 24 HORAS	4
FIGURA 3. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PM ₁₀ EN PROMEDIOS 24 HORAS PARA JULIO Y AGOSTO DE 2004	6
FIGURA 4. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PM ₁₀ EN PROMEDIOS 24 HORAS PARA SEPTIEMBRE Y OCTUBRE DE 2004	7
FIGURA 5. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PM ₁₀ EN PROMEDIOS 24 HORAS PARA NOVIEMBRE Y DICIEMBRE DE 2004	8
FIGURA 6. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ - PROMEDIOS ANUALES	9
FIGURA 7. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS ANUALES	10
FIGURA 8. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	12
FIGURA 9. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	13
FIGURA 10. DIAGRAMA DE CAJAS PARA CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS 24 HORAS	14
FIGURA 11. CONCENTRACIONES DE PST - PROMEDIOS ANUALES	16
FIGURA 12. CONCENTRACIONES DE PST DE TODA LA RMCAB - PROMEDIO ANUAL	17
FIGURA 13. CONCENTRACIONES DE PST DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	18
FIGURA 14. CONCENTRACIONES DE SO ₂ - PROMEDIOS 3 HORAS	19
FIGURA 15. CONCENTRACIONES DE SO ₂ - PROMEDIOS 24 HORAS	21
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE SO ₂ - PROMEDIOS ANUALES	22
FIGURA 17. CONCENTRACIONES DE SO ₂ - PROMEDIOS ANUALES	23
FIGURA 18. CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE TODA LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	24
FIGURA 19. CONCENTRACIONES DE NO ₂ - PROMEDIO 1 HORA	25
FIGURA 20. CONCENTRACIONES DE NO ₂ - PROMEDIOS 24 HORAS	26
FIGURA 21. CONCENTRACIONES DE NO ₂ - PROMEDIOS ANUALES	27
FIGURA 22. CONCENTRACIONES DE NO ₂ - PROMEDIOS ANUALES	28
FIGURA 23. CONCENTRACIONES DE NO ₂ DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	30
FIGURA 24. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 HORAS DE CO	31
FIGURA 25. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS HORARIOS DE CO	32
FIGURA 26. CONCENTRACIONES DE CO DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	33
FIGURA 27. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 H DE O ₃	34
FIGURA 28. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE O ₃	35
FIGURA 29. CONCENTRACIONES DE O ₃ DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS	36
FIGURA 30. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LOS AÑOS 2000 A 2004	49
FIGURA 31. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN - PRIMER SEMESTRE DE 2004	53
FIGURA 32. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN - SEGUNDO SEMESTRE DE 2004	53
FIGURA 33. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA	54
FIGURA 34. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LAS MEDIAS MENSUALES	56
FIGURA 35. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL	57
FIGURA 36. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL DEL IDEAM	58
FIGURA 37. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA	59
FIGURA 38. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR	60
FIGURA 39. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA EN LA ESTACIÓN No. 8 ESCUELA (SECTOR NORTE)	62

INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, opera con el fin de monitorear la concentración de los diferentes contaminantes en la ciudad. Durante el año 2004 la red de monitoreo registró los valores de material particulado, gases contaminantes y parámetros meteorológicos en la ciudad.

Este documento presenta el Informe de la Calidad del aire de Bogotá D.C. para el año 2004. En la primera parte del documento se presenta un resumen del comportamiento del material particulado (PM10, PST) y de los principales gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) durante el año 2004 y un análisis de la tendencia de estos contaminantes en los últimos años. En la segunda parte del documento se presenta un análisis de la información meteorológica reportada por las estaciones en el año 2004.

Finalmente en el Anexo se incluye información estadística de interés sobre la concentración de los contaminantes y el comportamiento meteorológico en la ciudad.

1 CALIDAD DEL AIRE

1.1 PARTÍCULAS

El diámetro de las partículas presentes en el aire puede variar entre una milésima de micra y 500 micras. Estos materiales, en estado líquido o sólido, se producen por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión de las fábricas, en la producción, transporte y utilización de materiales de construcción, en los humos de los gases de los vehículos y también por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentadas. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (**PM10**), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman. Las partículas suspendidas totales (**PST**) incluyen tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no sedimentan en períodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. Los efectos de la presencia de partículas no inhalables, en el ambiente, se refieren principalmente a daños en la vegetación, deterioro de materiales y reducción de la visibilidad, entre otros.

Las normas de calidad del aire para partículas se refieren a las máximas concentraciones permitidas en periodos de 24 horas y al valor promedio anual de los registros diarios tanto para el material que presenta un diámetro de partícula igual o inferior a 10 micras (PM10) como para las partículas suspendidas totales (PST).

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM10

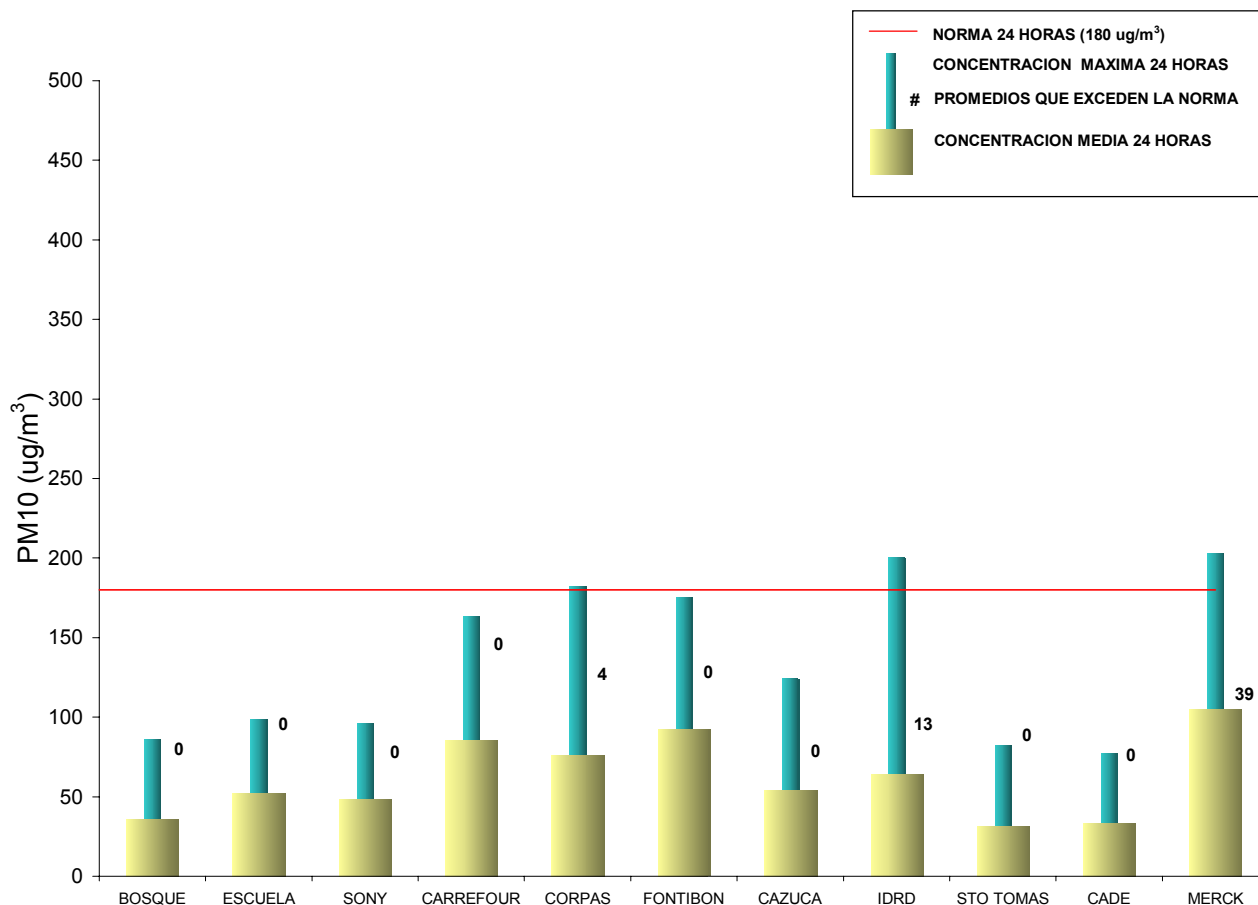
La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con once (11) estaciones activas que poseen equipos para medir PM10, para este parámetro se reportan las concentraciones muestreadas en dichas estaciones.

Promedios 24 Horas

Durante el año 2004, el máximo promedio de concentración 24 horas se presentó en las estaciones No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 5 IDRD (Sector Centro), seguido por las estaciones No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente).

En las primeras dos estaciones se superó la norma treinta y nueve (39) veces y trece (13) veces respectivamente. Adicionalmente, en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) la norma fue superada un total de cuatro (4) veces. En las demás estaciones nunca se superó la norma y tanto los máximos como la media de los promedios 24 horas se encontraron muy por debajo de la misma.

La media más alta de los promedios 24 horas se presentó en la estación No. 13 Merck (Sector Centroccidente) seguida por las estaciones No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente).



La Figura 1 muestra un resumen de los promedios 24 horas de cada estación de la RMCAB para el 2004.

Figura 1. Concentraciones de PM10 - Promedios 24 horas

Los sectores Noroccidente y Centroccidente presentan el mayor número de datos por encima del 50% de la norma de calidad del aire para 24 horas con un total de 6207 y 3350 datos respectivamente.

En la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), el 35% de los datos superan el 50% de la norma. En el caso de la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) este porcentaje equivale al 27%. Por último, en el caso de la estación No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) este valor asciende al 46%.

Por otra parte, en la estación No. 13 Merck (Sector Centroccidente) el 46% de los datos también superan el 50% de la norma.

Para el resto de estaciones se midieron concentraciones bajas de PM10, especialmente en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente).

Esta información se presenta resumida en el diagrama de cajas de la Figura 2 y en la Tabla 1 en donde las estaciones se muestran según su código.

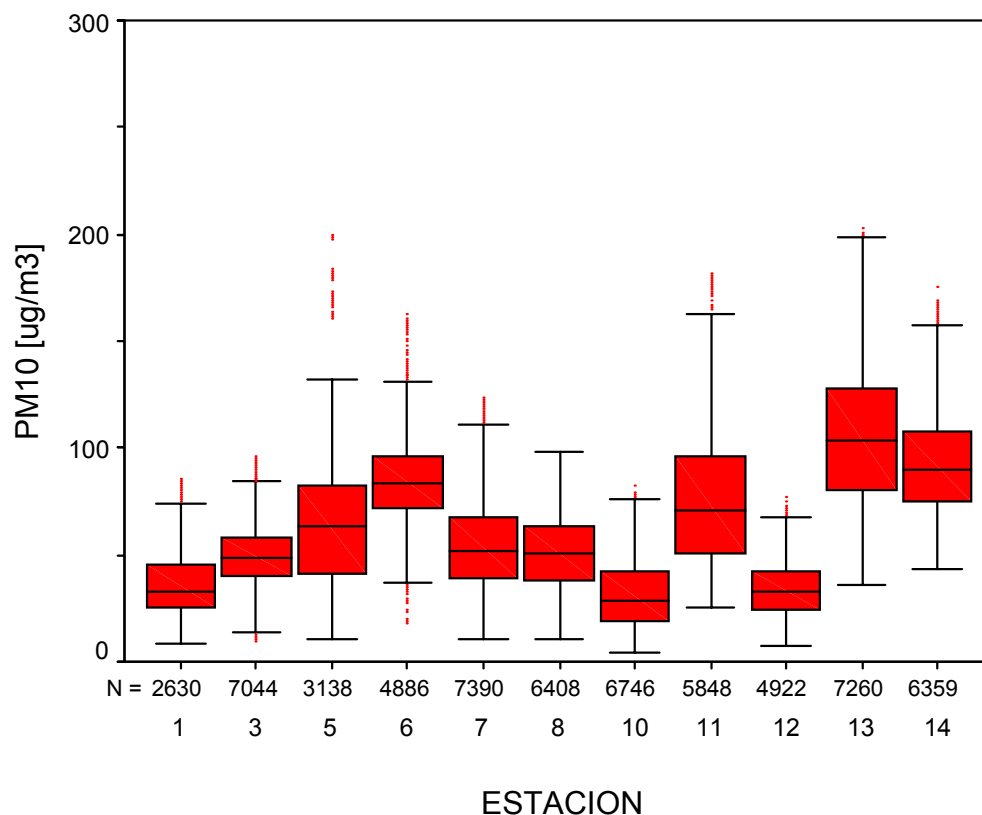


Figura 2. Diagrama de cajas para concentraciones de PM10 - Promedios 24 horas

Tabla 1. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PM10 - Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	PM10 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	Bosque	35	33	8	86
3	Sony	48	49	9	96
5	IDRD	64	63	11	200
6	Carrefour	85	83	18	163
7	Cazuca	54	52	11	124
8	Escuela	52	50	11	98
10	Sto. Tomás	32	29	4	82
11	Corpas	76	71	25	182
12	CADE	33	33	7	77
13	Merck	105	104	36	203
14	Fontibón	92	90	43	175

La Tabla 2 muestra el día y la hora en la que se presentaron los valores máximos por estación.

Tabla 2. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PM10 – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
1	Bosque	86	29 de enero de 2004 entre las 3:00 y las 5:00. 29 de enero de 2004 a las 10:00
3	Sony	96	20 de marzo de 2004 entre las 16:00 y las 18:00
5	IDRD	200	19 de mayo de 2004 a las 11:00
6	Carrefour	163	31 de marzo de 2004 entre las 11:00 y las 13:00
7	Cazucá	124	21 de marzo de 1004 entre las 2:00 y las 3:00
8	Escuela	98	29 de enero de 2004 entre las 4:00 y las 5:00. 31 de marzo de 2004 entre las 7:00 y las 8:00. 31 de marzo de 2004 a las 13:00
10	Sto. Tomás	82	29 de enero de 2004 a las 9:00
11	Corpas	182	16 de enero de 2004 a las 18:00
12	CADE	77	31 de marzo de 2004 a las 10:00
13	Merck	203	22 de diciembre de 2004 entre las 20:00 y las 21:00
14	Fontibón	175	29 de enero de 2004 a las 23:00

En los mapas de la Figura 3 a la Figura 5 se presentan los mapas que se realizaron durante el 2004, de la distribución espacial de las máximas concentraciones de PM10 – Promedios 24 horas. Estos mapas son de julio a diciembre de 2004 y permiten estimar los escenarios más contaminados que pudieron ocurrir durante cada mes, es decir, no reflejan la situación de todos los días del mes ni de un día específico sino que, con base en los promedios más altos se halla el comportamiento más extremo de contaminación posible.

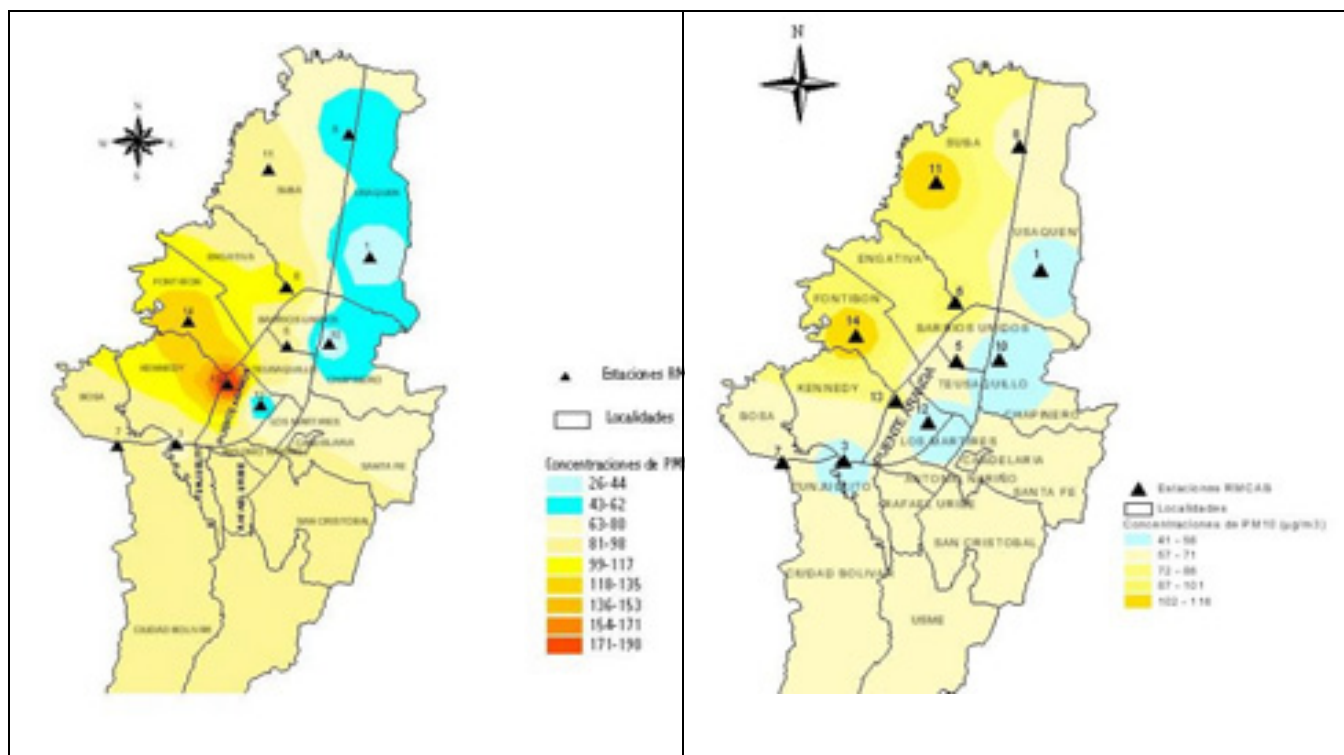


Figura 3. Concentraciones Máximas de PM10 en promedios 24 horas para julio y agosto de 2004

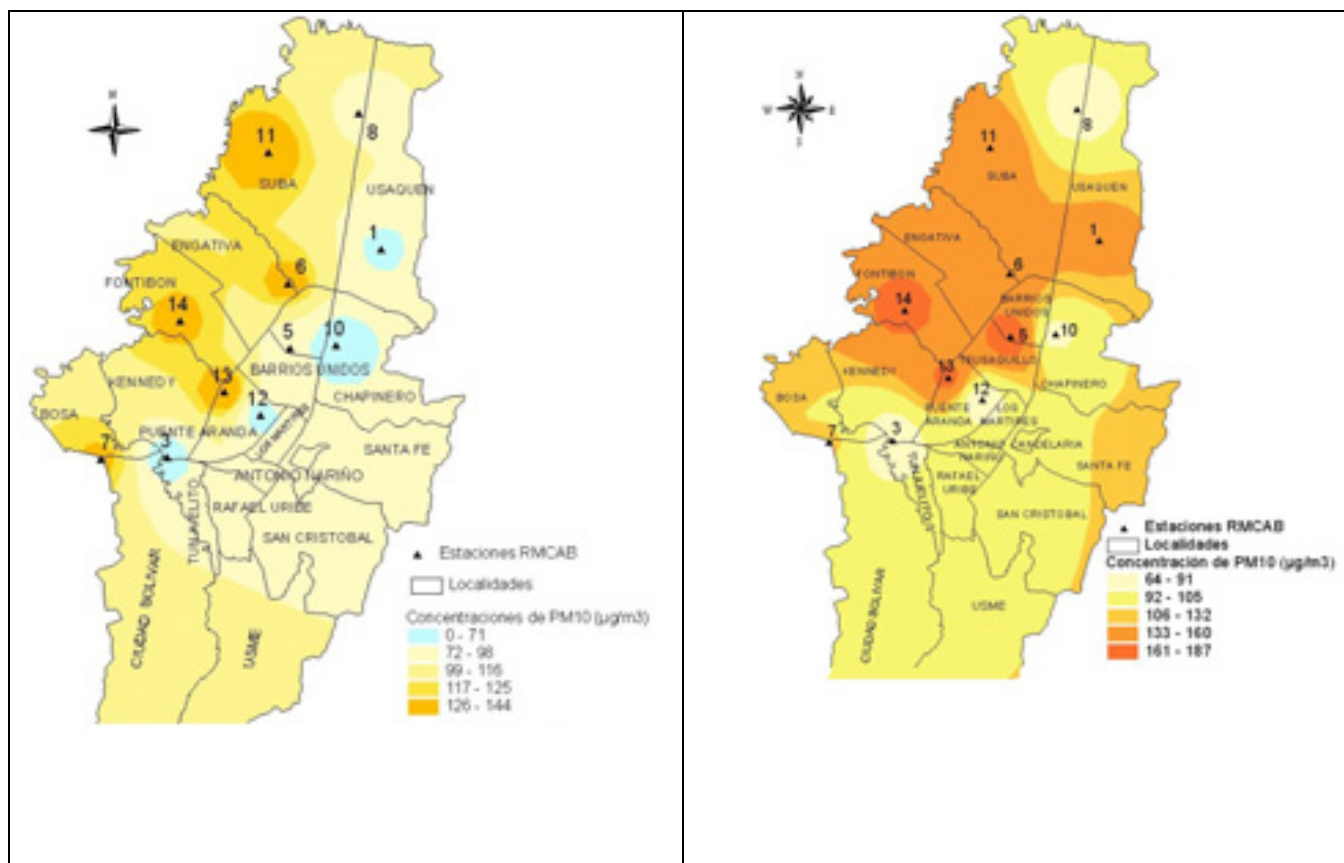


Figura 4. Concentraciones Máximas de PM10 en promedios 24 horas para septiembre y octubre de 2004

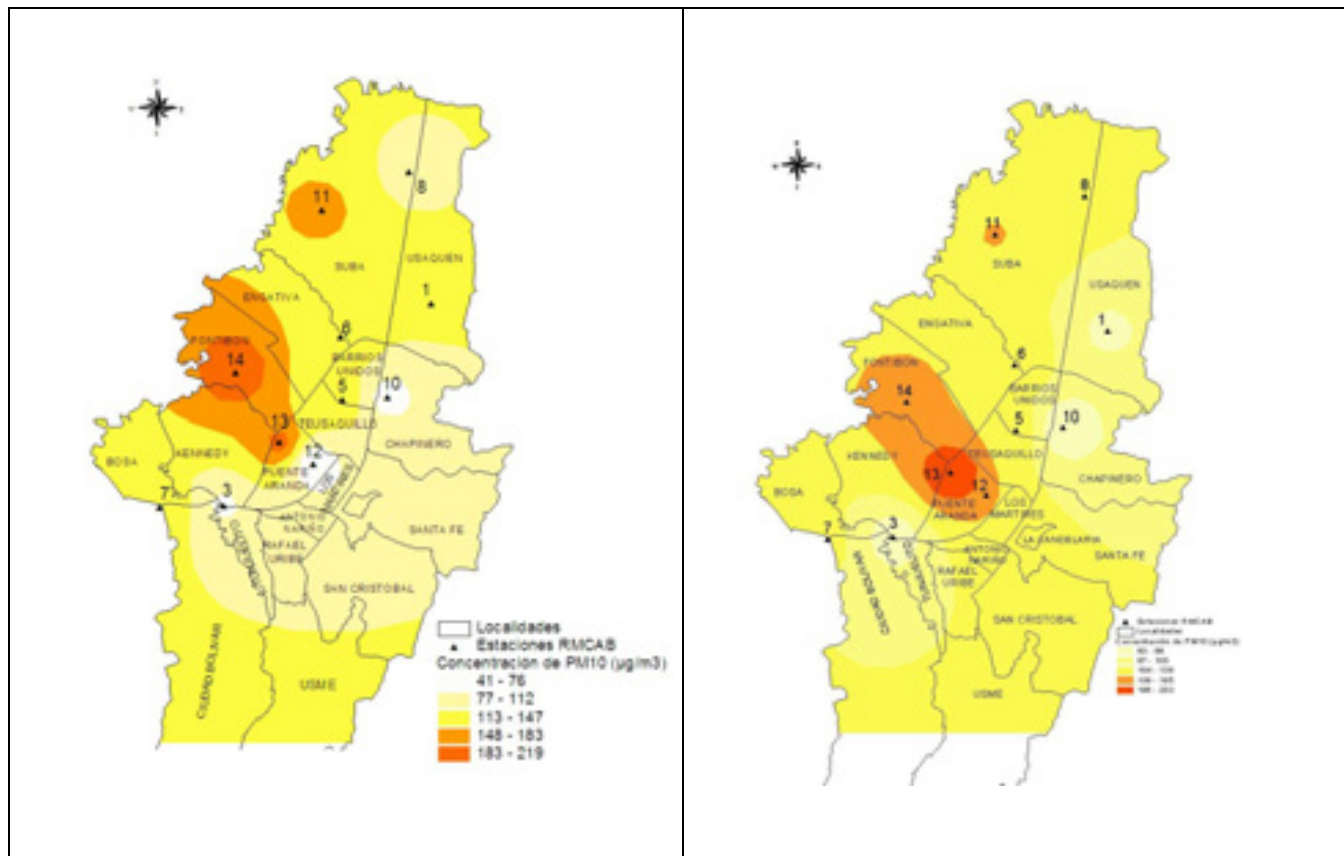


Figura 5. Concentraciones Máximas de PM10 en promedios 24 horas para noviembre y diciembre de 2004

En el Anexo 1 se muestran los diagramas de caja por mes para las concentraciones de PM10 promedios 24 horas para cada estación de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá para el año 2004.

Con base en estas figuras es posible observar que las concentraciones más bajas se presentaron a mitad de año, es decir durante los meses de junio y julio en la mayoría de estaciones de la RMCA/B.

Es importante anotar que algunas estaciones presentaron un bajo número de datos durante ciertos meses, los cuales no fueron tenidos en cuenta en el anterior recuento, por no tener suficiente representatividad temporal.

Así mismo, las concentraciones más altas se presentaron durante los primeros y los últimos meses del año, con lo cual es posible afirmar que este contaminante tiene un comportamiento estacional.

En este mismo anexo se presentan los diagramas de caja de los datos diarios de concentración de PM10 en [ug/m³] del año 2004.

Puede observarse que para todas las estaciones de la red de monitoreo, el día con valores más bajos de concentración es el domingo. En contraposición, los días con medias más altas son los miércoles, jueves y viernes encontrando valores similares para todas las estaciones. Estos datos permiten observar una clara dependencia entre los ciclos de movilización de las fuentes móviles y los picos de concentración del material particulado, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de concentración promedio diario.

Promedios Anuales

Cada promedio anual se halló, para cada día del 2004, tomando los promedios diarios desde el primero de enero de 2004 hasta el 31 de diciembre de 2004, inclusive. La norma anual se supera en cada una de las estaciones de la RMCAB a excepción de las estaciones No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente). Adicionalmente, en las estaciones No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) todos los valores de concentración media anual de PM10 del año 2004, estuvieron por encima de la norma.

La Figura 6 muestra el resumen de las medias, los máximos y el número de datos que superan la norma, para los promedios anuales del 2004.

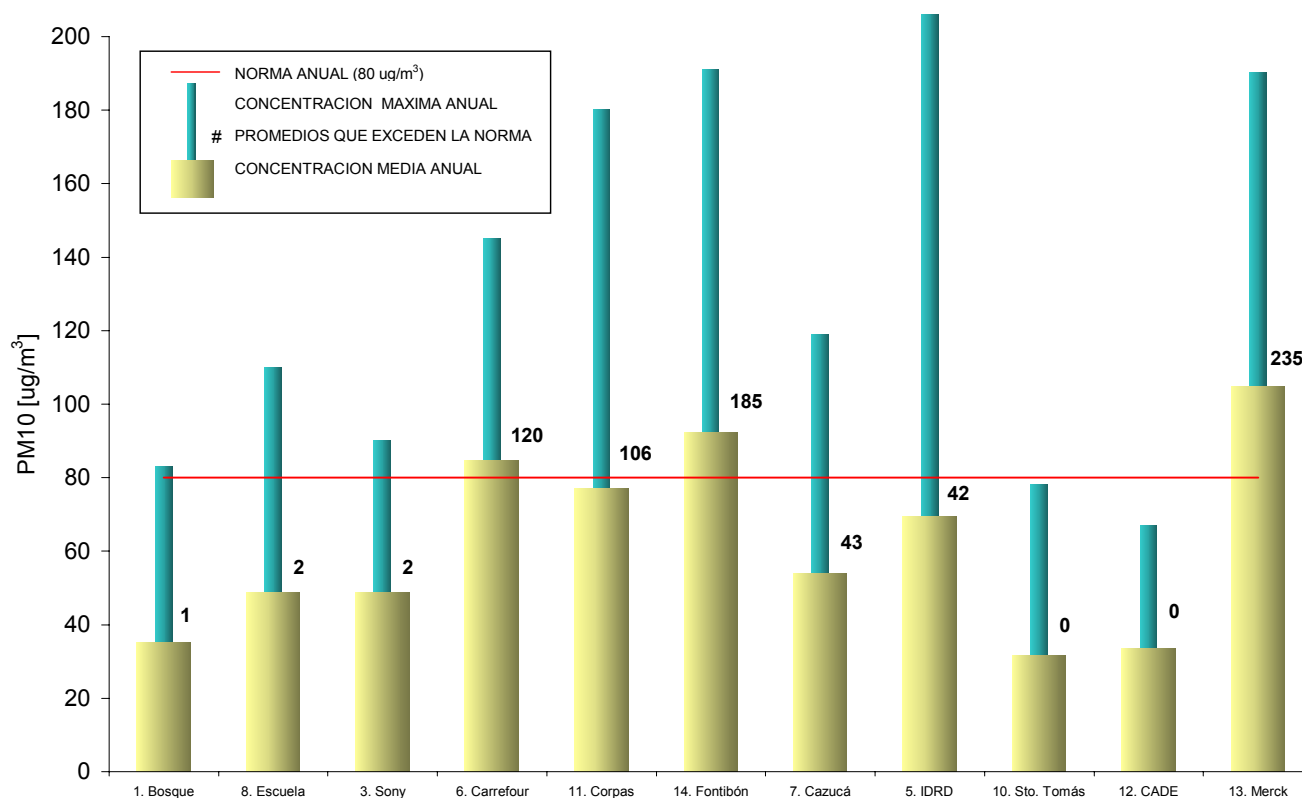


Figura 6. Concentraciones de PM10 - Promedios anuales

Como se puede observar, la concentración máxima anual se presentó en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro) seguida de cerca por las concentraciones máximas anuales de las estaciones No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente).

La Tabla 3 muestra los días en que se obtuvieron los máximos promedios anuales en cada estación.

Tabla 3. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de PM10 – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha
1	Bosque	83	28 de enero de 2004
3	Sony	90	20 de marzo de 2004
5	IDRD	206	18 de mayo de 2004
6	Carrefour	145	31 de marzo de 2004
7	Cazuca	119	20 de marzo de 2004
8	Escuela	110	28 de enero de 2004
10	Sto. Tomás	78	28 de enero de 2004
11	Corpas	180	28 de enero de 2004
12	CADE	67	27 de enero de 2004
13	Merck	190	22 de diciembre de 2004
14	Fontibón	191	17 de febrero de 2004

Tendencias

La tendencia general de las concentraciones de PM10, promedios anuales en toda la RMCAB se resume en la Figura 7 y en la Tabla 4.

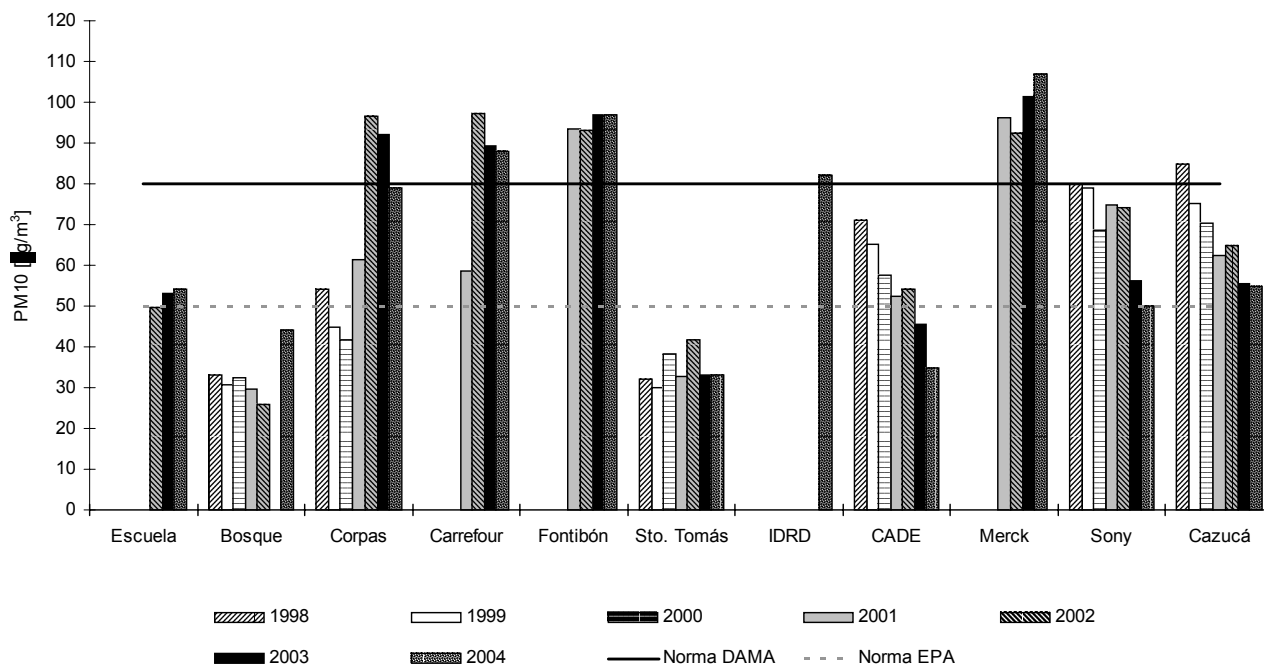


Figura 7. Tendencia de las concentraciones de PM10 de toda la RMCAB - Promedios anuales

Tabla 4. Concentraciones de PM10 de toda la RMCAB – Promedios anuales

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Norte	8	Escuela					50	53	54
	1	Bosque	33	31	32	30	26		44
Noroccidente	11	Corpas	54	45	42	61	97	92	79
	6	Carrefour				59	97	89	88
	14	Fontibón				93	93	97	97
Centro	10	Sto. Tomás	32	30	38	33	42	33	33
	5	IDRD							82
	2	MAVDT	49	49	53	42	55	42	
Centroccidente	12	CADE	71	65	58	52	54	46	35
	13	Merck				96	92	101	107
Sur	4	Olaya	64						
Suroccidente	3	Sony	80	79	69	75	74	56	50
	7	Cazucá	85	75	70	62	65	56	55

Como se puede observar, durante los últimos tres años, la concentración promedio anual de las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente) ha venido decreciendo gradualmente mientras que la concentración promedio anual de las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 8 Escuela (Sector Norte) y No. 13 Merck (Sector Centroccidente) ha venido aumentando.

En el caso de la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) es posible observar una disminución en la concentración promedio anual entre los años 2002 y 2003, sin embargo este último valor permanece estable durante el 2004.

Por otra parte, en el caso de la estación No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) es posible observar un aumento en la concentración entre los años 2002 y 2003, sin embargo este último valor permanece estable durante el 2004.

En el anexo 1 se presentan los diagramas de cajas de las concentraciones promedio diarias para cada una de las estaciones de la RMCAB.

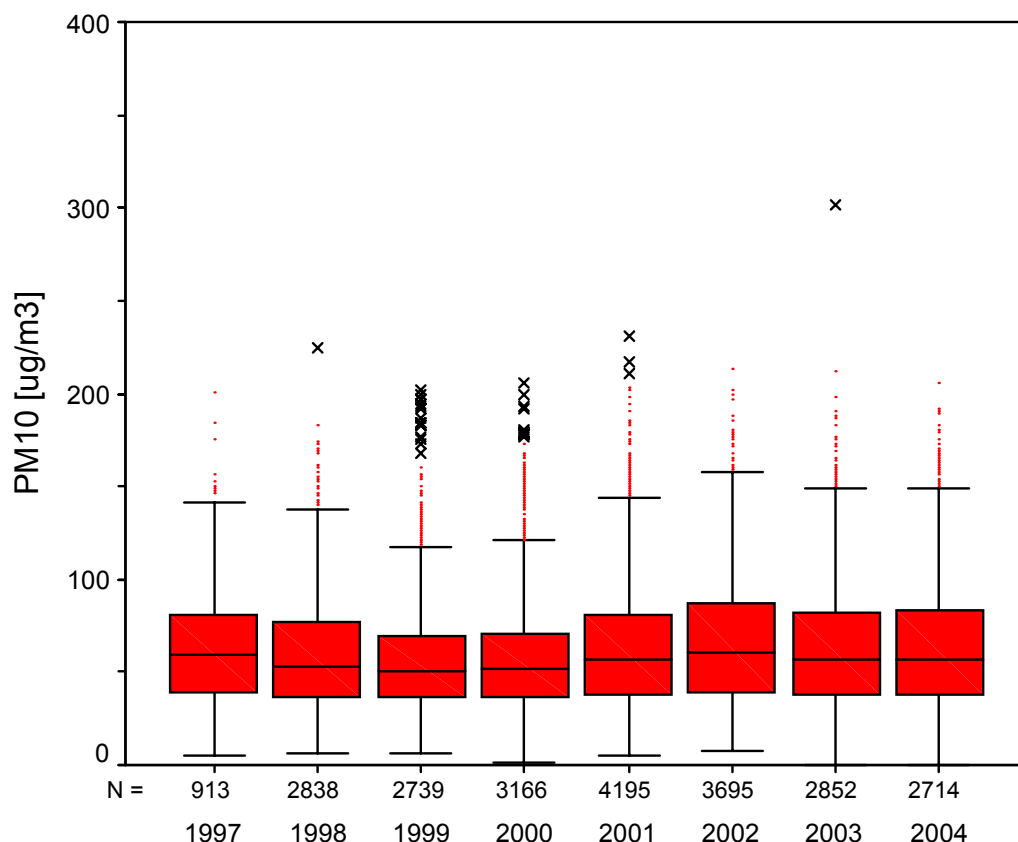


Figura 8. Concentraciones de PM10 de toda la RMCAB - Promedios diarios

De acuerdo con la Figura 8 es posible observar que tanto los máximos como la mediana de las concentraciones de PM10 promedio diario tienen una tendencia estable con respecto al 2003. Sin embargo, si se efectúa una comparación con el año 2000, durante el cual se presentaron las más bajas concentraciones, es posible observar que las concentraciones del 2004 siguen siendo superiores.

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con cuatro (4) estaciones que poseen equipos para medir PST ubicados en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente), las cuales actualmente se encuentran en operación.

Promedios 24 Horas

Durante el 2004 ninguna de las concentraciones de PST promedio 24 horas superó la norma en ninguna de las estaciones de la ciudad. Las máximas concentraciones promedio 24 horas se presentaron en las estaciones No. 3 Sony (Sector Suroccidente) y No. 7 Cazucá (Sector Sur). La media de las concentraciones en todas las estaciones fue inferior al 50% de la norma. La media más

alta se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Sur) y la más baja en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte). La Figura 9 presenta un resumen de los datos anteriores.

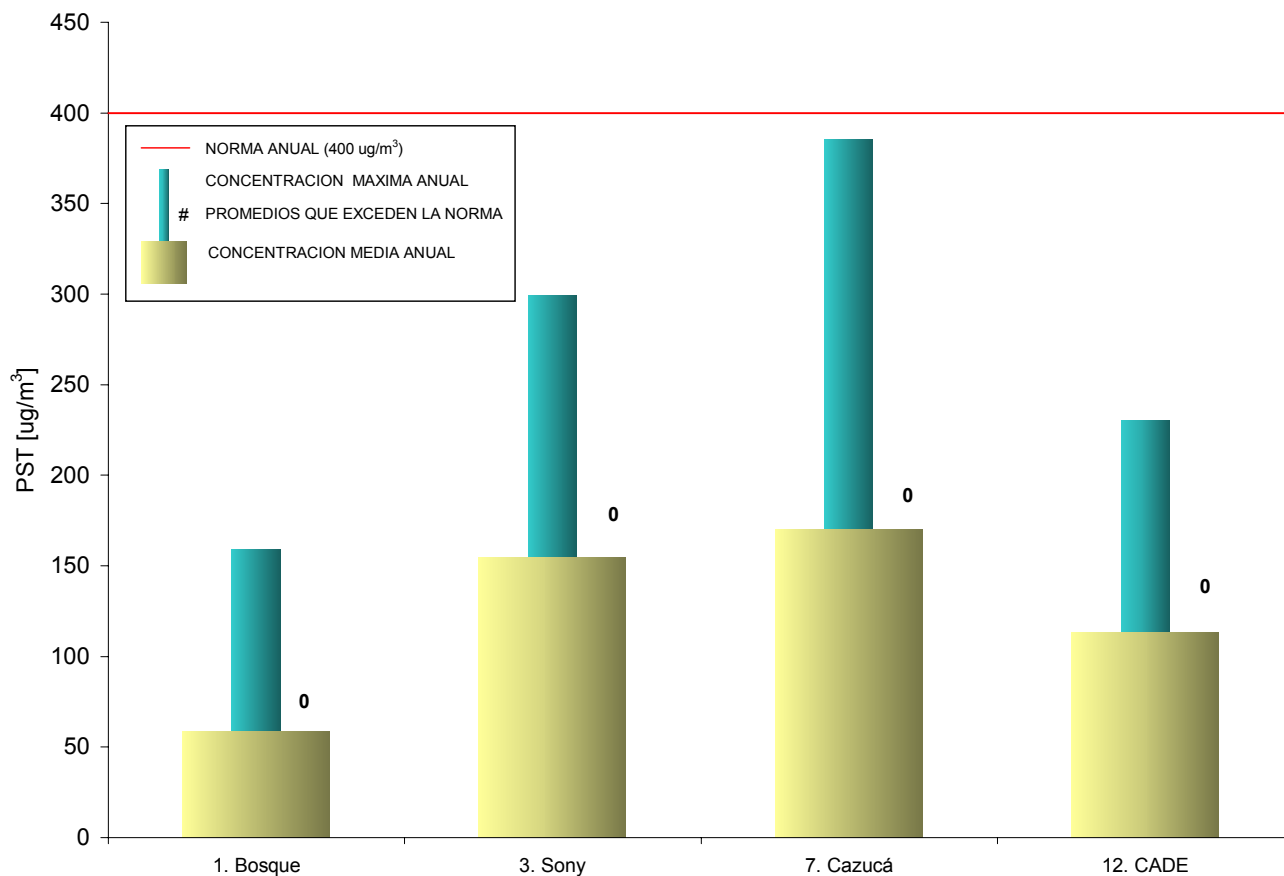


Figura 9. Concentraciones de PST - Promedios 24 horas

El diagrama de cajas presentado en la Figura 10 así como la Tabla 5 muestran un resumen de algunas variables estadísticas sobre estos datos.

Como se puede observar el promedio máximo para 24 horas se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) seguido por el valor encontrado en la estación No. 3 Sony (Sector Sur).

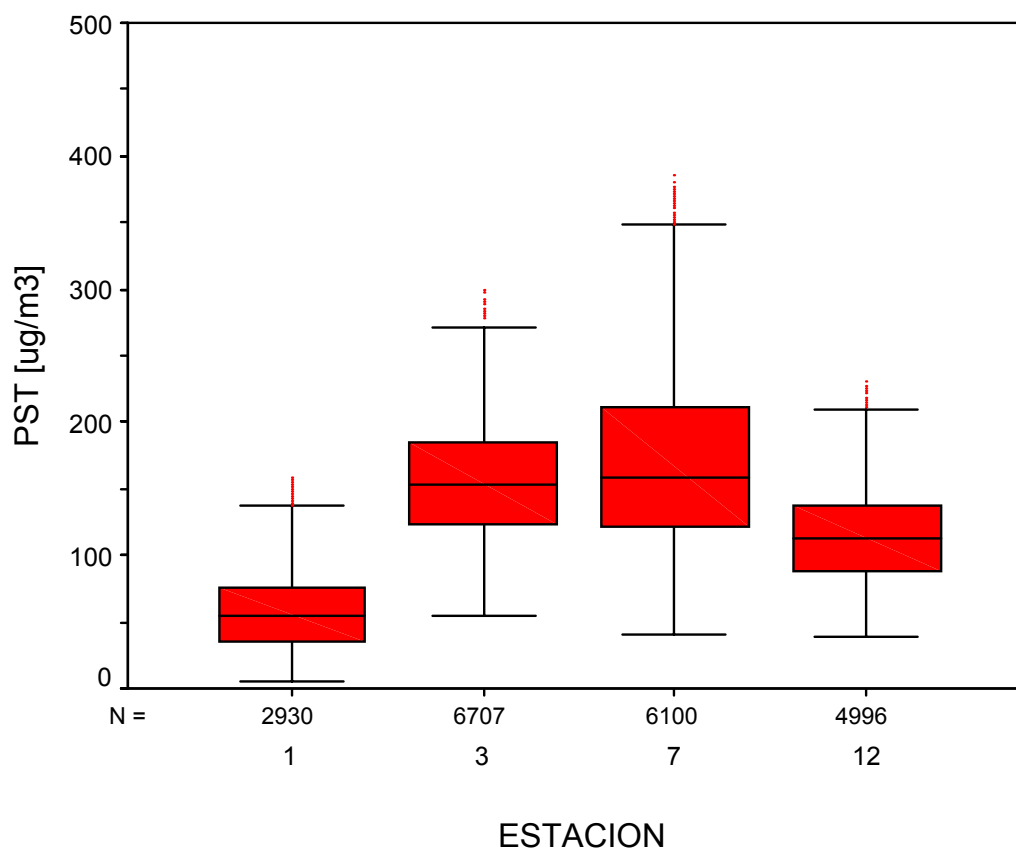


Figura 10. Diagrama de cajas para concentraciones de PST - Promedios 24 horas

Tabla 5. Resumen estadístico por estación. Concentraciones de PST - Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	PST 24 horas (ug/m ³)			
		Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1	Bosque	58	54	5	159
3	Sony	155	154	54	299
7	Cazucá	170	159	41	385
12	CADE	113	113	38	230

En la Tabla 6 se relaciona el día y la hora en que ocurrieron las máximas concentraciones de PST promedio 24 horas.

Tabla 6. Día y hora en los que se registraron las máximas concentraciones de PST – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha y Hora
1	Bosque	159	30 de enero de 2004 entre las 18:00 y las 19:00
3	Sony	299	20 de marzo de 2004 entre las 17:00 y las 18:00
7	Cazucá	385	30 de enero de 2004 a la 1:00
12	CADE	230	31 de marzo de 2004 a las 13:00

En el Anexo 1 se muestran los diagramas de cajas por mes para las concentraciones de PST promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB para el año 2004. Con base en estas figuras es posible observar un comportamiento estacionario de la concentración, siendo los meses de mitad de año, es decir junio, julio y agosto, los de menores concentraciones y los meses de principio y fin de año, los de mayores concentraciones en la mayoría de las estaciones.

Los meses para los cuales se cuenta con muy pocos promedios no se tienen en cuenta en el anterior recuento.

Adicionalmente, en este mismo anexo se presentan los diagramas de cajas por día de la semana para las concentraciones de PST promedios 24 horas para cada estación de la red que monitoreó este parámetro en el año 2004. Al igual que para las concentraciones de PM₁₀, el día con valores más bajos de los promedios diarios de concentración es el domingo. Mientras que los días con medias más altas son los miércoles, jueves y viernes y para todas las estaciones se encontraron valores muy similares. Nuevamente, puede observarse una dependencia clara de los ciclos de movilización de las fuentes móviles en los resultados presentados en estos diagramas, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de concentración de PST promedio diario.

Promedios Anuales

En las estaciones ubicadas en el Sur, en el Suroccidente y en el Centroccidente de la ciudad, las concentraciones promedio anuales calculadas para el 2004, superan la norma (100 ug/m³). Solo en la estación ubicada en el Sector Norte de la ciudad la concentración promedio anual no sobrepasa el valor límite impuesto por la norma. Sin embargo, en todas las estaciones se superó la norma. La Figura 11 muestra un resumen de los máximos, las medias y el número de veces que se sobrepasó la norma en cada estación.

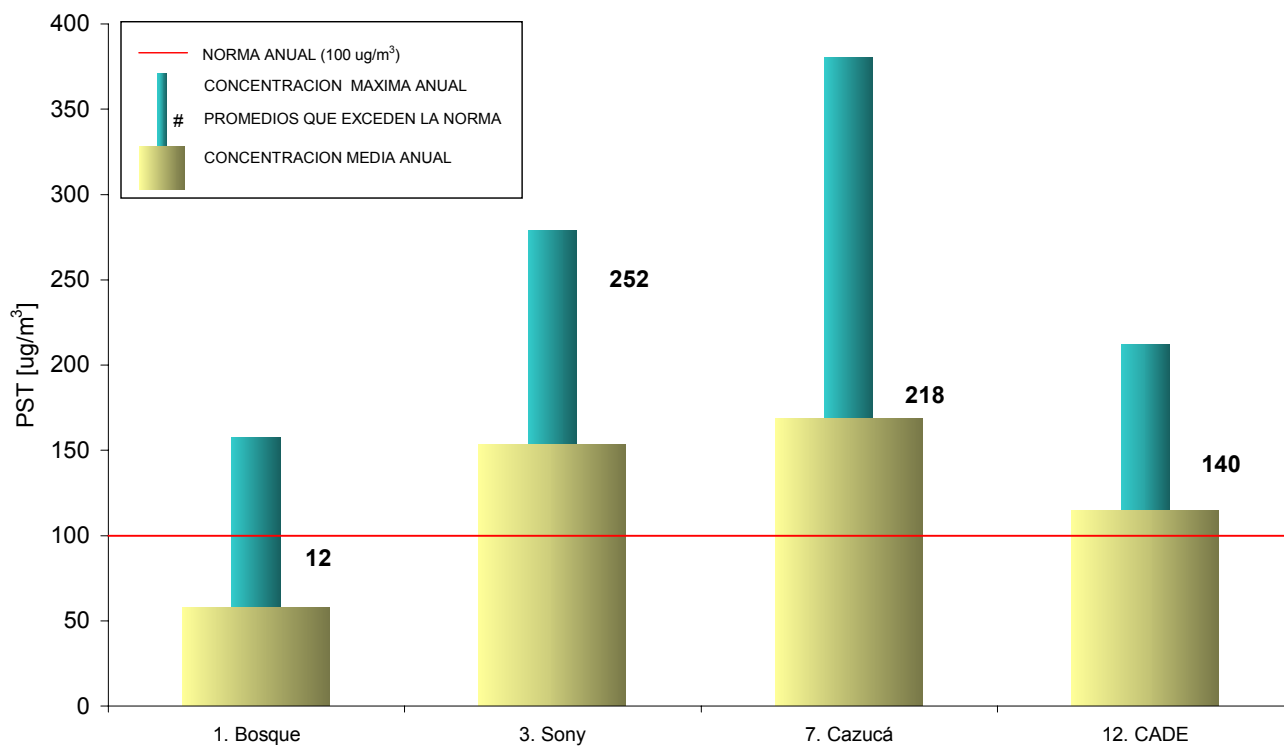


Figura 11. Concentraciones de PST - Promedios anuales

Tabla 7. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de PST – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha
1	Bosque	157	El 29 de enero de 2004
3	Sony	279	El 20 de marzo de 2004
7	Cazucá	380	El 29 de enero de 2004
12	CADE	212	El 27 de enero de 2004

Tendencias

La tendencia de las concentraciones de PST en todas las estaciones que monitorearon este parámetro se presenta en la Figura 12. En el diagrama de cajas de la Figura 13 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de PST de toda la RMCAB, para cada año de monitoreo de este parámetro.

Como se puede observar, las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 12. CADE (Sector Centroccidente) presentan una disminución en las concentraciones a partir de los datos de los años 2002, 2003 y 2004.

Por otra parte, la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) presenta datos constantes a lo largo de los últimos tres años.

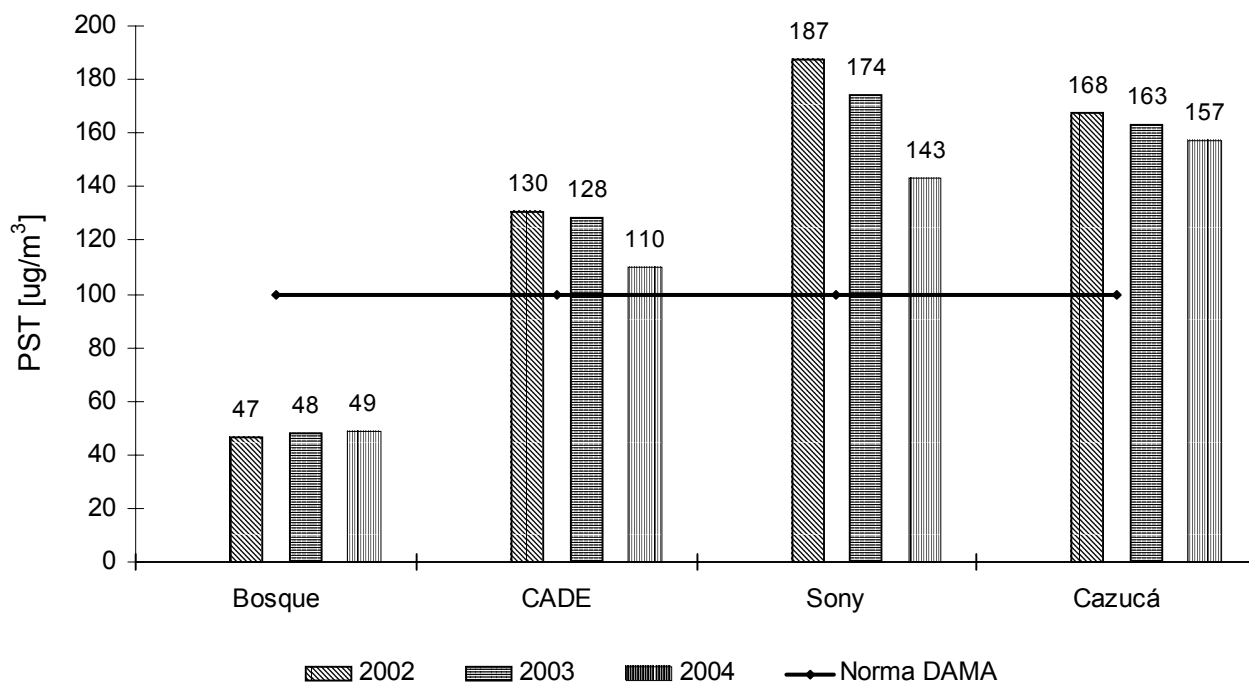


Figura 12. Concentraciones de PST de toda la RMCAB – Promedio anual

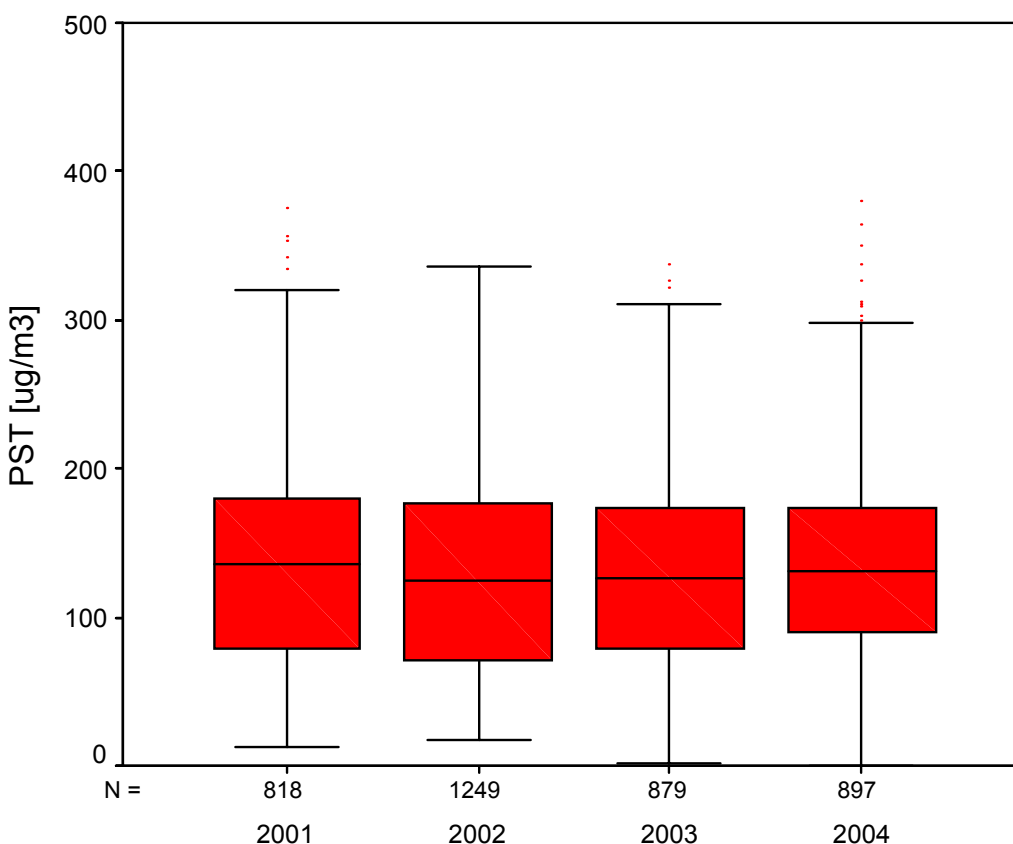


Figura 13. Concentraciones de PST de toda la RMCAB - Promedios diarios

1.2 GASES

La resolución 1208 de 2004 regula además de las partículas en el aire los gases SO_2 , NO_2 , CO y O_3 . La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, realizó mediciones de estos gases que son producidos especialmente por el uso de combustibles fósiles y que tienen efectos tóxicos sobre la salud humana.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO_2

El SO_2 es un gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones. Se produce principalmente durante la combustión de combustibles fósiles como el carbón, la gasolina o el diesel que son usados en vehículos y en algunas fábricas, puede reaccionar químicamente con otros compuestos en la generación de lluvia ácida y su aspiración continua puede producir problemas respiratorios.

Promedios 3 horas

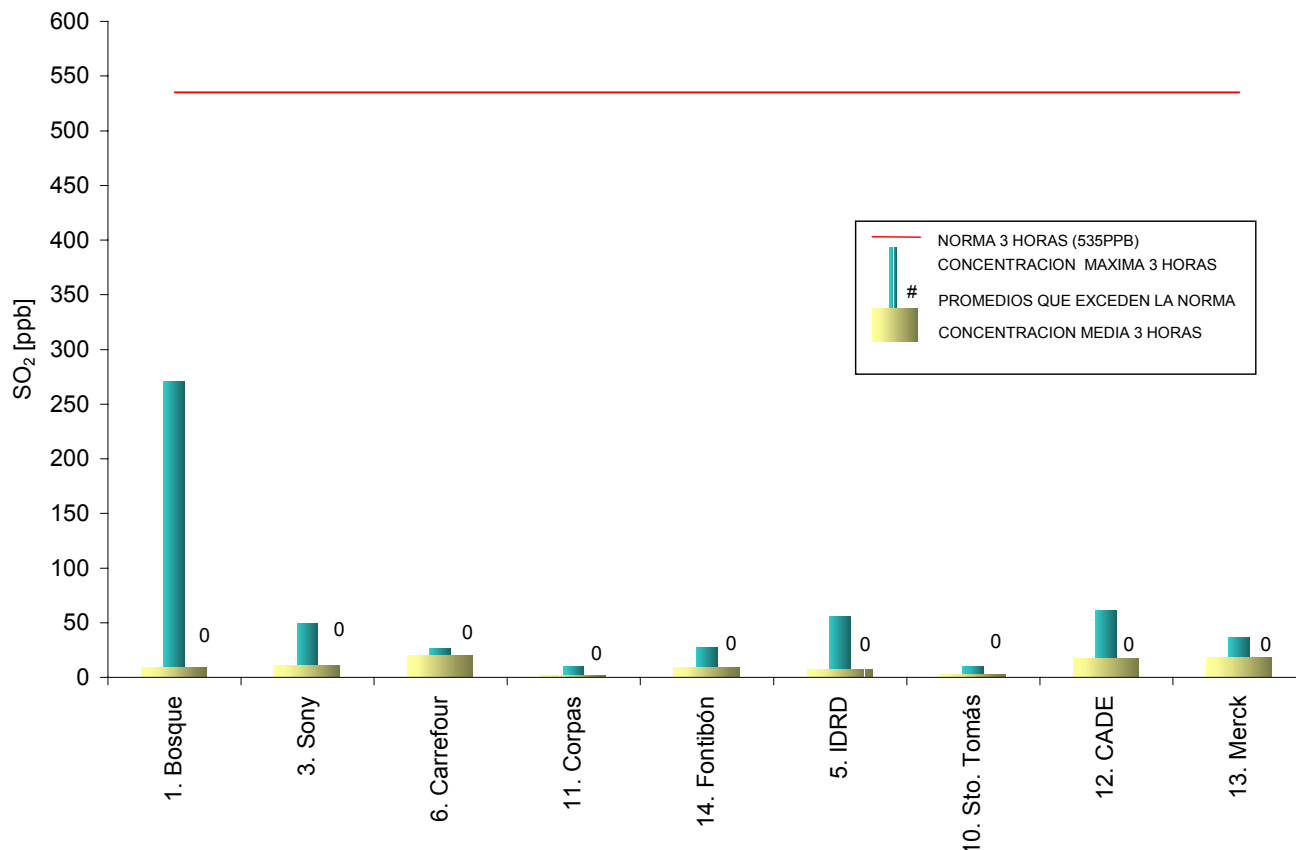


Figura 14. Concentraciones de SO₂ – Promedios 3 horas

Como se puede observar, ninguna de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de tres (3) horas.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) por debajo del 50% de la norma, seguido del valor encontrado en la estación No. 12 CADE (Sector Centroccidente).

En la Tabla 8 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB.

Tabla 8. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ – Promedios 3 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha
1	Bosque	270	El 6 de marzo de 2004 a las 23:00
3	Sony	49	El 23 de diciembre de 2004 a las 9:00
5	IDRD	55	El 11 de noviembre de 2004 entre las 10:00 y las 11:00
6	Carrefour	26	El 10 de septiembre de 2004 entre las 21:00 y las 22:00. El 16 de septiembre de 2004 a las 10:00. Desde el 21 de septiembre de 2004 a las 23:00 hasta el 22 de

			septiembre de 2004 a la 1:00. Desde el 9 de noviembre de 2004 a las 14:00 hasta el 11 de noviembre de 2004 a las 3:00. El 11 de noviembre de 2004 entre las 8:00 y las 9:00. Desde el 11 de noviembre de 2004 a las 13:00 hasta el 12 de noviembre de 2004 a las 3:00. Desde el 12 de noviembre de 2004 a las 9:00 hasta el 14 de noviembre de 2004 a las 2:00. El 14 de noviembre de 2004 a las 11:00 y las 22:00. El 15 de noviembre de 2004 entre las 12:00 y las 21:00. Desde el 16 de noviembre de 2004 a las 11:00 hasta el 17 de noviembre de 2004 a las 0:00. El 17 de noviembre de 2004 entre las 14:00 y las 17:00. Desde el 22 de noviembre de 2004 a las 23:00 hasta el 23 de noviembre de 2004 a las 2:00. Desde el 23 de noviembre de 2004 hasta el 24 de noviembre de 2004 a las 2:00. El 24 de noviembre de 2004 entre las 9:00 y las 10:00. Desde el 24 de noviembre de 2004 a las 20:00 hasta el 25 de noviembre de 2004 a las 10:00. Desde el 25 de noviembre de 2004 a las 22:00 hasta el 26 de noviembre de 2004 a las 10:00. Desde el 26 de noviembre de 2004 a las 21:00 hasta el 27 de noviembre de 2004 a las 9:00. El 28 de noviembre de 2004 entre las 0:00 y las 9:00. Desde el 28 de noviembre de 2004 a las 22:00 hasta el 29 de noviembre de 2004 a las 9:00. Desde el 29 de noviembre de 2004 a las 23:00 hasta el 30 de noviembre de 2004 a las 10:00. Desde el 30 de noviembre de 2004 a las 21:00 hasta el 1 de diciembre de 2004 a la 1:00.
10	Sto. Tomás	10	El 16 de enero de 2004 entre las 9:00 y las 10:00.
11	Corpas	10	El 9 de enero de 2004 entre las 11:00 y las 15:00. El 27 de mayo de 2004 entre las 13:00 y las 15:00.
12	CADE	61	El 27 de enero de 2004 a las 19:00.
13	Merck	36	El 4 de agosto de 2004 entre las 18:00 y las 20:00. El 5 de agosto de 2004 a las 0:00.
14	Fontibón	27	El 22 de septiembre de 2004 a las 9:00.

Promedios 24 horas

Como se puede observar en la Figura 14, ninguna de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de veinticuatro (24) horas.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 12 CADE (Sector Centroccidente) por debajo del 50% de la norma, seguido del valor encontrado en la estación No. 13 Merck (Sector Centroccidente).

En la Tabla 9 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB.

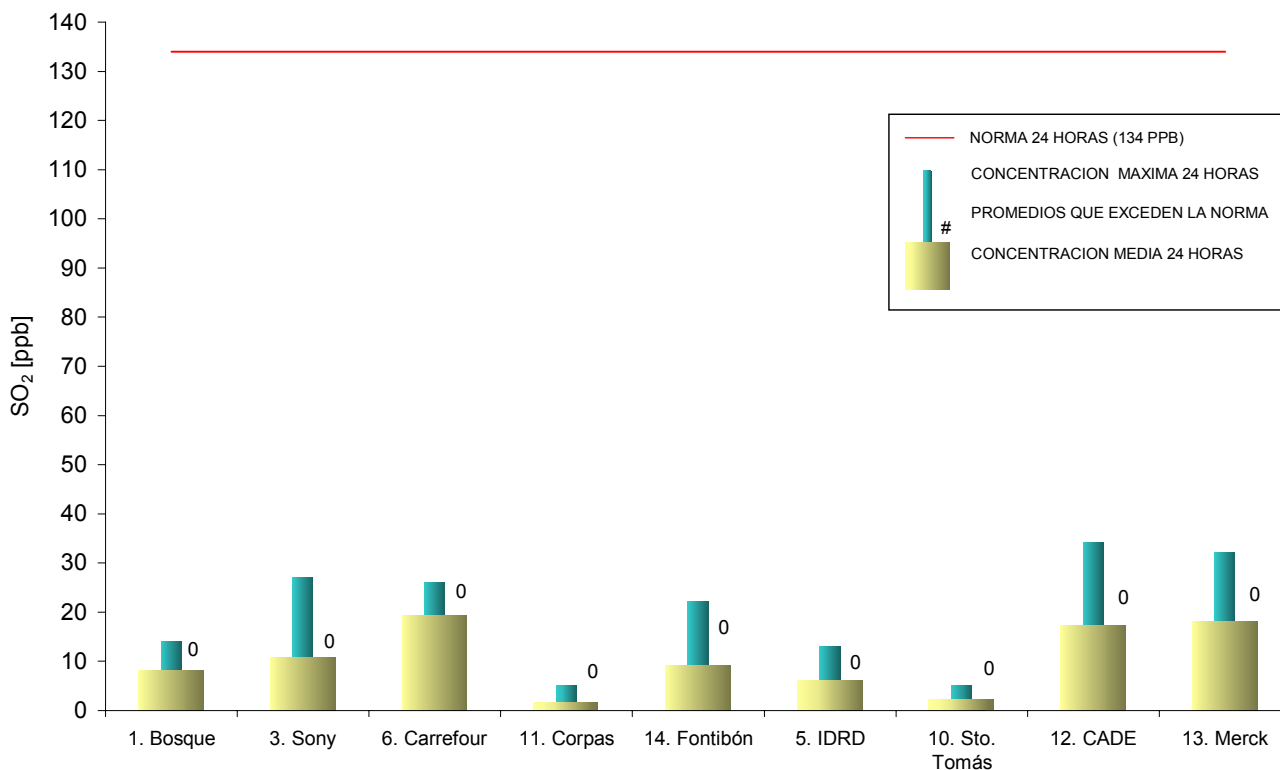


Figura 15. Concentraciones de SO₂ – Promedios 24 horas

Tabla 9. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
1	Bosque	14	El 10 de agosto de 2004 entre las 14:00 y las 16:00.
3	Sony	27	El 28 de agosto de 2004 entre las 19:00 y 20:00 y a las 23:00.
5	IDRD	13	El 13 de agosto de 2004 entre las 12:00 y las 19:00.
6	Carrefour	26	Desde el 10 de noviembre de 2004 a las 6:00 hasta el 14 de noviembre de 2004 a las 4:00
10	Sto. Tomás	5	El 16 de enero de 2004 entre las 11:00 y las 16:00. Desde el 19 de enero de 2004 a las 22:00 hasta el 20 de enero de 2004 a las 13:00. El 11 de septiembre de 2004 entre la 1:00 y las 10:00.
11	Corpas	5	El 9 de enero de 2004 entre las 15:00 y las 20:00.
12	CADE	34	El 5 de mayo de 2004 a las 11:00.
13	Merck	32	El 5 de agosto de 2004 entre las 11:00 y las 16:00.
14	Fontibón	22	El 29 de septiembre de 2004 entre las 11:00 y las 14:00. Desde el 29 de septiembre de 2004 a las 17:00 hasta el 30 de septiembre de 2004 a las 9:00. El 1 de octubre entre las 14:00 y las 20:00. El 2 de octubre de 2004 entre la 1:00 y las 5:00 y a las 7:00. Desde el 5 de octubre de 2004 a las 21:00 hasta el 6 de octubre de 2004 a las 2:00. Desde el 8 de octubre de 2004 a las 18:00 hasta el 10 de octubre de 2004 a las 7:00.

Promedios Anuales

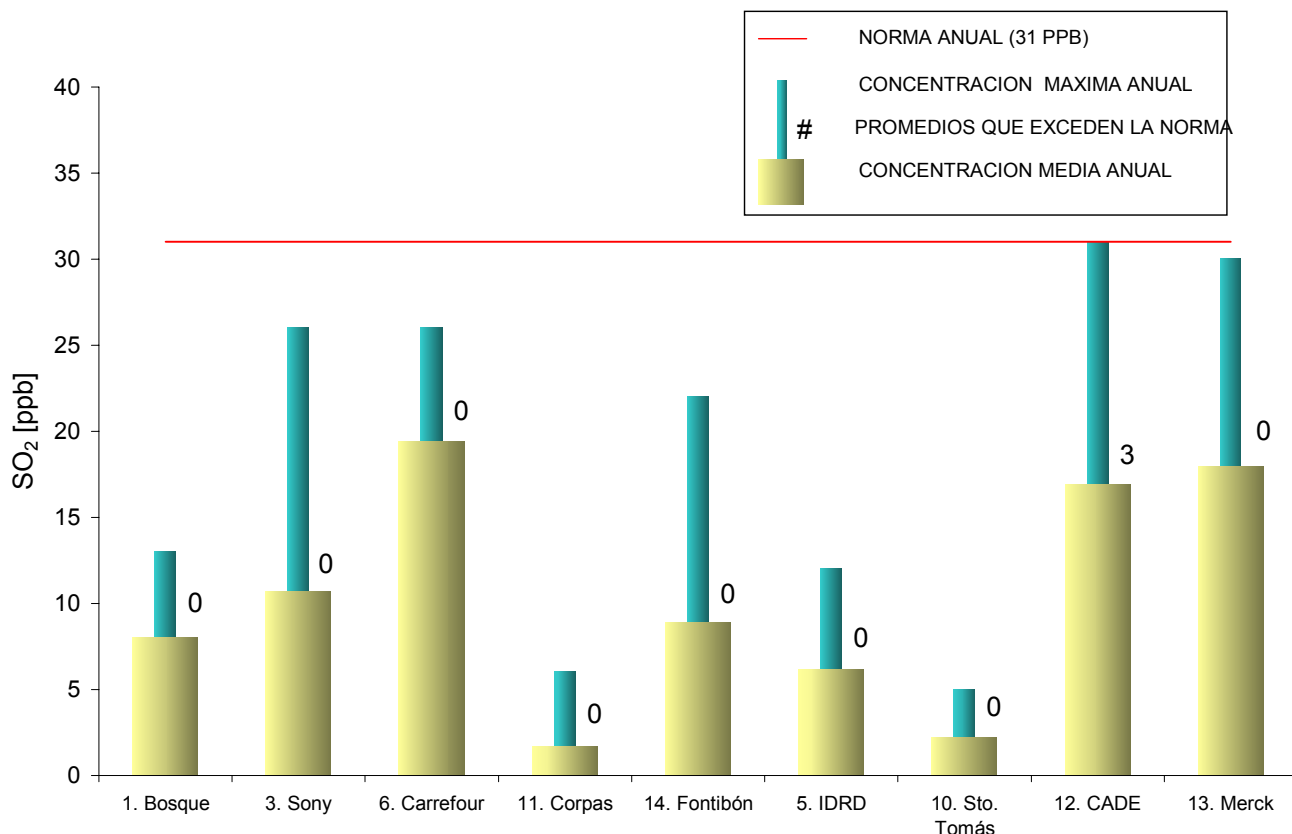


Figura 16. Concentraciones de SO₂ – Promedios Anuales

Como se puede observar, tres (3) datos alcanzaron el valor de la norma en la estación No. 12 CADE (Sector Centroccidente). En el resto de las estaciones se presentaron valores por debajo de la norma de calidad del aire para promedios anuales y las máximas concentraciones se encontraron en la estación No. 13 Merck (Sector Centroccidente) seguida de los valores encontrados en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente).

En la Tabla 10 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos promedios anuales para todas las estaciones de la RMCAB que monitorean este parámetro.

Tabla 10. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha
1	Bosque	13	El 10 de agosto de 2004. El 7 de septiembre de 2004.
3	Sony	26	El 28 de agosto de 2004. El 30 de diciembre de 2004.
5	IDRD	12	El 23 y 24 de abril de 2004.El 13, 14, 15 y 16 de agosto de 2004.
6	Carrefour	26	El 9, 10, 11, 12 y 13 de noviembre de 2004.
10	Sto. Tomás	5	El 19 de enero de 2004.

11	Corpas	6	El 9 de enero de 2004.
12	CADE	31	El 4 de mayo de 2004. El 9 y 10 de septiembre de 2004.
13	Merck	30	El 5 de agosto de 2004.
14	Fontibón	22	El 29 de septiembre de 2004. El 5 de octubre de 2004. El 8 y 9 de octubre de 2004.

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 17 y en la Tabla 11.

Como se puede observar, las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente) presentan una tendencia a disminuir entre los años 2001 y 2004 aunque no se tienen datos para el año 2003.

Así mismo, las estaciones No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) presentan una tendencia a la baja a partir del año 2002, sin embargo la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) no presenta el dato para el año 2003.

Por otra parte, las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) presentan un aumento en las concentraciones promedio anuales a lo largo de los años.

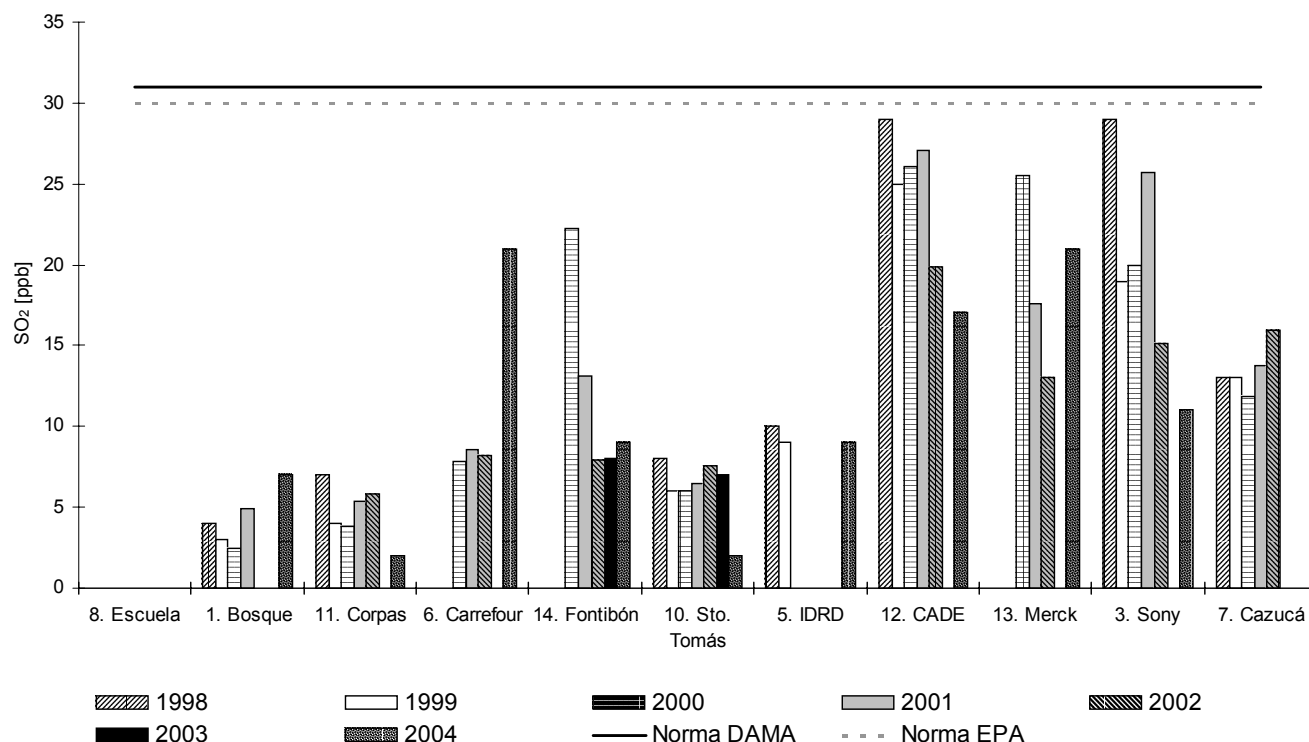


Figura 17. Concentraciones de SO₂ – Promedios Anuales

Tabla 11. Concentraciones de SO₂ – Promedios anuales

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Norte	8	Escuela							
	1	Bosque	4	3	2	5			7
Noroccidente	11	Corpas	7	4	4	5	6		2
	6	Carrefour			8	9	8		21
	14	Fontibón			22	13	8	8	9
Centro	10	Sto. Tomás	8	6	6	6	8	7	2
	5	IDRD	10	9					9
Centroccidente	12	CADE	29	25	26	27	20		17
	13	Merck			26	18	13		21
Suroccidente	3	Sony	29	19	20	26	15		11
	7	Cazucá	13	13	12	14	16		

El diagrama de cajas de la Figura 18 presenta el comportamiento de los promedios diarios de las concentraciones de SO₂.

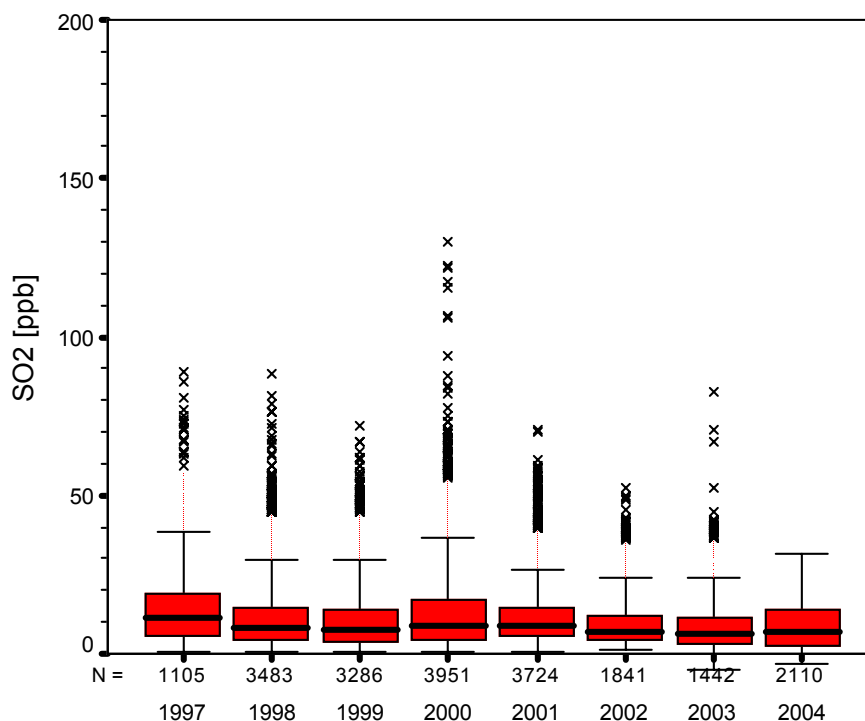


Figura 18. Concentraciones de SO₂ de toda la RMCAB - Promedios diarios

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO₂

El NO₂ es un gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas. El NO₂ participa en las reacciones atmosféricas que dan

lugar a la formación del ozono (O_3), contaminante secundario y es un gas que afecta pulmones y vías respiratorias.

Promedios 1 Hora

Como se puede observar en la Figura 19 ninguna de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de una (1) hora.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 5 IDR D (Sector Centro) por debajo del 50% de la norma, seguido de los valores encontrados en las estaciones No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 8 Escuela (Sector Norte).

En la Tabla 12 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon este parámetro.

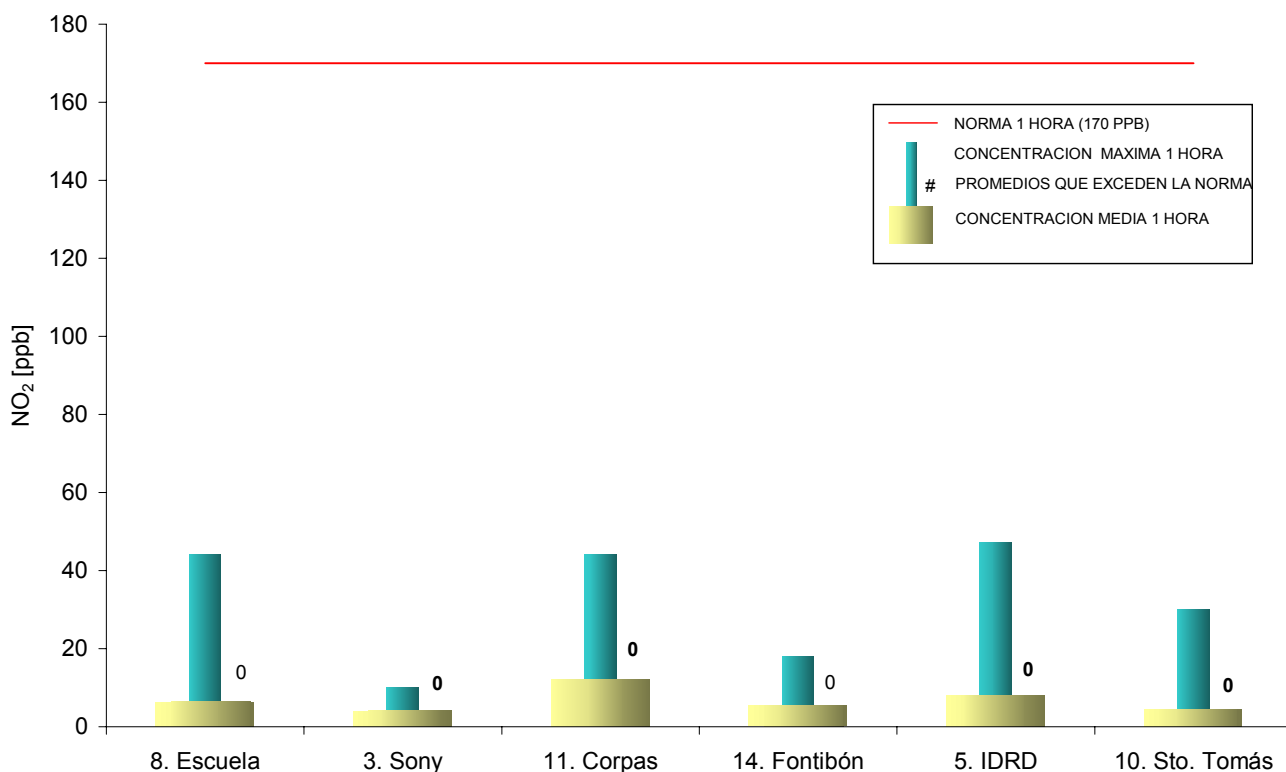


Figura 19. Concentraciones de NO_2 – Promedio 1 Hora

Tabla 12. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de NO_2 – Promedios 1 hora

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	10	El 20 de septiembre de 2004 a las 16:00.
5	IDRD	47	El 1 de octubre de 2004 entre las 12:00 y las 13:00.
8	Escuela	44	El 29 de enero de 2004 a las 20:00.
10	Sto. Tomás	30	El 20 de enero de 2004 a las 18:00.

11	Corpas	44	El 28 de enero de 2004 entre las 15:00 y las 16:00.
14	Fontibón	18	El 1 de septiembre de 2004 a las 9:00.

Promedios 24 Horas

Como se puede observar en la Figura 20, ninguna de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de veinticuatro (24) horas.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) por debajo del 50% de la norma, seguido del valor encontrado en la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro).

En la Tabla 13 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB.

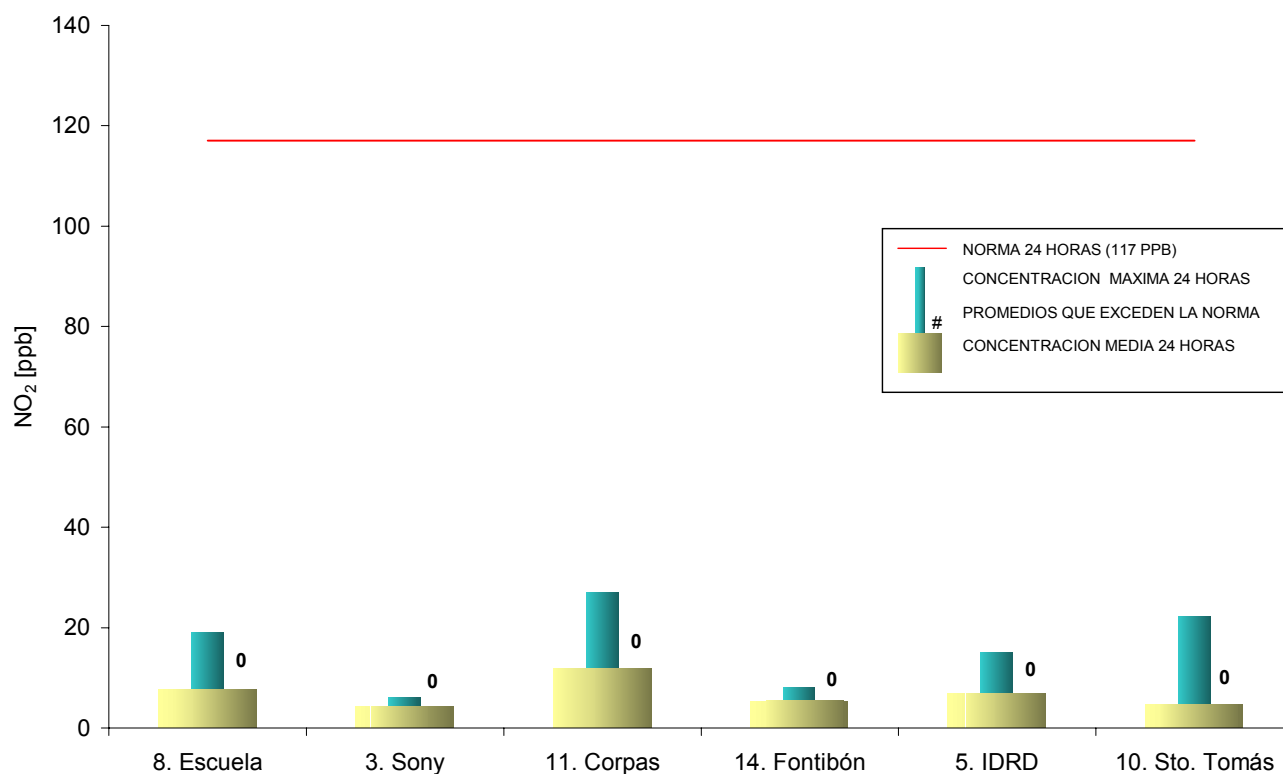


Figura 20. Concentraciones de NO₂ – Promedios 24 Horas

Tabla 13. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de NO₂ – Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	6	El 17 de abril de 2004 entre las 6:00 y las 16:00.
5	IDRD	15	El 1 de octubre de 2004 entre las 20:00 y las 23:00. El 2

			de octubre de 2004 entre las 6:00 y las 8:00.
8	Escuela	19	El 30 de enero de 2004 entre las 7:00 y las 9:00.
10	Sto. Tomás	22	Desde el 20 de enero de 2004 a las 22:00 hasta el 21 de enero de 2004 a las 9:00. El 21 de enero de 2004 entre las 15:00 y las 17:00. El 22 de enero de 2004 a las 8:00.
11	Corpas	27	El 28 de enero de 2004 entre las 19:00 y las 21:00. El 29 de enero de 2004 entre las 6:00 y las 11:00.
14	Fontibón	8	El 29 de octubre de 2004 entre la 1:00 y las 14:00. El 31 de diciembre de 2004 entre las 2:00 y las 9:00.

Promedios Anuales

Como se puede observar en la Figura 21, ninguna de las estaciones alcanzó a presentar promedios anuales de concentración por encima del 50% de la norma.

La concentración máxima anual más alta se presentó en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) seguida por el valor de la estación No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro).

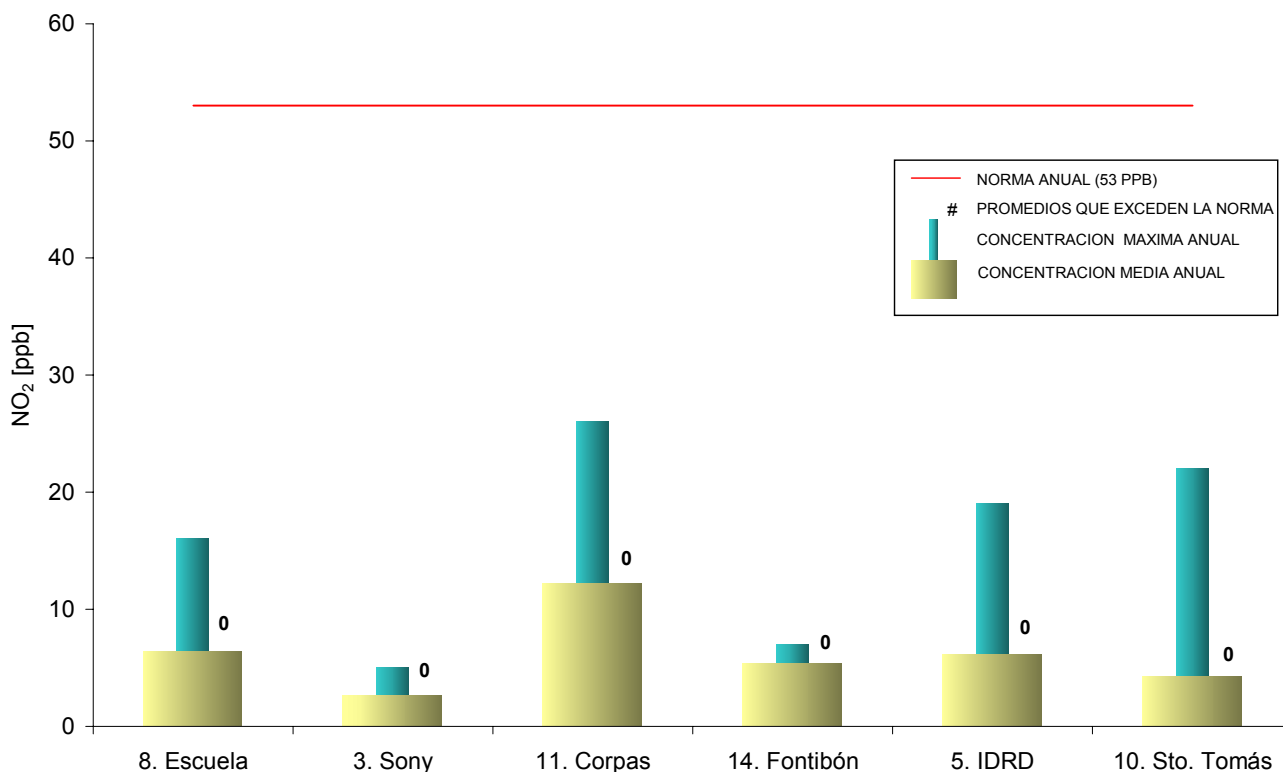


Figura 21. Concentraciones de NO₂ – Promedios Anuales

En la Tabla 14 se presenta la fecha en que ocurrieron los máximos promedios anuales para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon este parámetro.

Tabla 14. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de NO₂ – Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Fecha
3	Sony	5	El 22 y 23 de septiembre de 2004
5	IDRD	19	El 28 de octubre de 2004.
8	Escuela	16	El 27 de enero de 2004. El 29 de enero de 2004.
10	Sto. Tomás	22	El 20 de enero de 2004.
11	Corpas	26	El 28 de enero de 2004.
14	Fontibón	7	El 1 de septiembre de 2004. El 23 de octubre de 2004. El 25 de octubre de 2004. El 27 de octubre de 2004. El 28 de octubre de 2004. El 30 de octubre de 2004. El 3 de noviembre de 2004. El 17 de noviembre de 2004. El 20 de noviembre de 2004. El 23, 24, 25 y 26 de noviembre de 2004. El 14 y 15 de diciembre de 2004. El 30 de diciembre de 2004.

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 22 y en la Tabla 15.

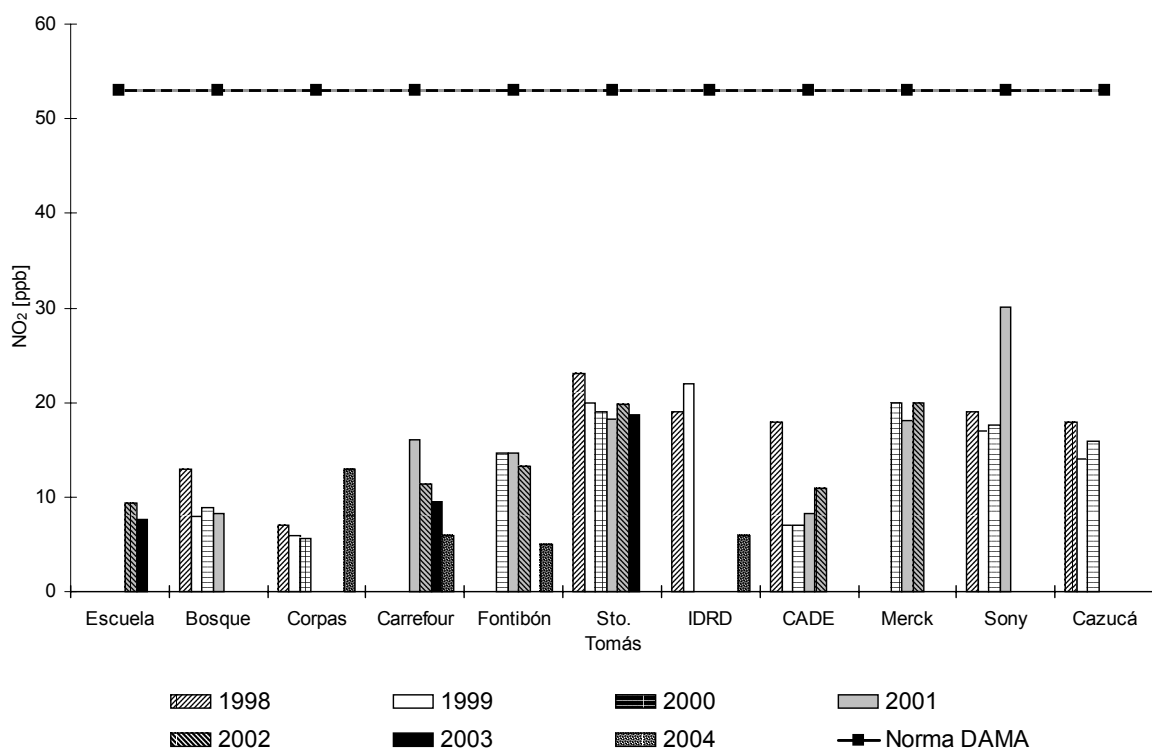


Figura 22. Concentraciones de NO₂ – Promedios Anuales

Como se puede observar, ninguna de las estaciones presenta valores promedio anuales por encima de la norma anual de calidad del aire para este contaminante.

Por otra parte, las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) muestran una tendencia similar dado que todas presentan una disminución en la concentración promedio anual a lo largo de los años. Sin embargo, es importante anotar que no todas las estaciones presentan datos para todos los años desde 1998 hasta el 2004.

Las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) presentan una tendencia similar entre los años 1998, 1999 y 2000 con una leve baja en las concentraciones, para luego alcanzar nuevamente valores más altos durante los años 2001 y 2004 respectivamente.

Tabla 15. Concentraciones de NO₂ – Promedios anuales

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Norte	8	Escuela					9	8	
	1	Bosque	13	8	9	8			
Noroccidente	11	Corpas	7	6	6				13
	6	Carrefour				16	11	10	6
	14	Fontibón			15	15	13		5
Centro	10	Sto. Tomás	23	20	19	18	20	19	
	5	IDRD	19	22					6
Centroccidente	12	CADE	18	7	7	8	11		
	13	Merck			20	18	20		
Suroccidente	3	Sony	19	17	18	30			
	7	Cazucá	18	14	16				

El diagrama de cajas de la Figura 23 presenta el comportamiento de los promedios diarios de las concentraciones de NO₂ entre los años 1997 y 2004.

A partir de éste, es posible observar que la media de las concentraciones promedio diarias de NO₂ ha venido disminuyendo a lo largo de los años, entre 1997 y 2003. Sin embargo, para el año 2004 se puede observar nuevamente un pequeño aumento en este valor con respecto al correspondiente al año 2003.

Es importante anotar que la cantidad de datos utilizados durante el año 2004 es inferior a los utilizados durante el 2003 para el cálculo del diagrama de cajas, lo cual puede estar generando cierta variación en la interpretación de los datos.

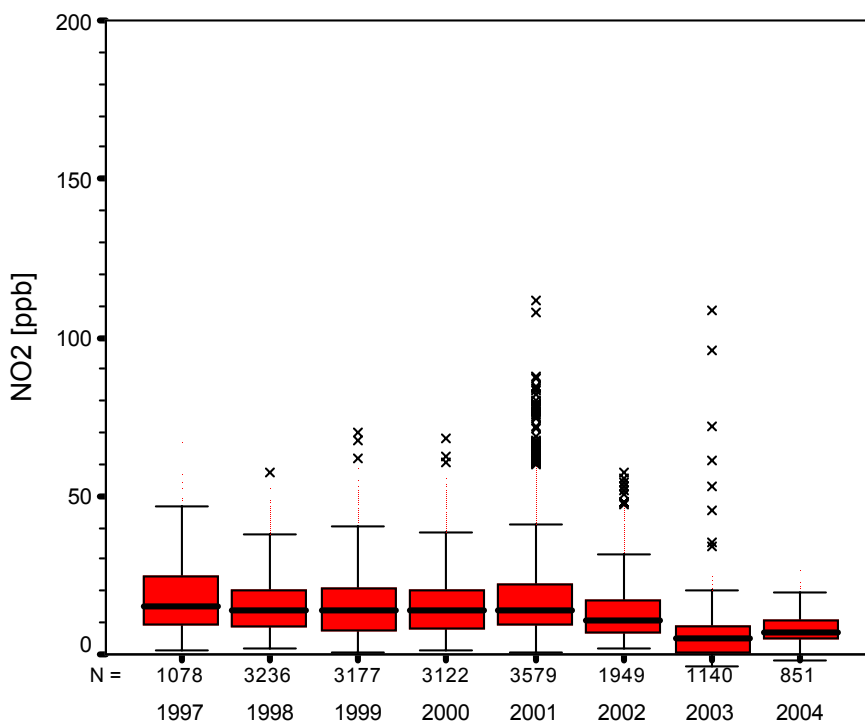


Figura 23. Concentraciones de NO₂ de la RMCAB - Promedios diarios.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles. El CO afecta la salud debido a que se combina con la hemoglobina de la sangre mucho más fácil que el oxígeno, interfiriendo en el proceso de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo.

En el año 2004 se realizaron mediciones de CO en las estaciones ubicadas en Sony, Cazucá y Corpas. Los registros tomados de estas estaciones desde el primero de enero de 2004 al 31 de diciembre de 2004 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

La Resolución 1208 de 2004 del DAMA, determina que una concentración promedio de CO, en 8 horas continuas, no debe ser mayor a 10 ppm. Con base en este precepto, se realizaron las correspondientes medias móviles 8 horas donde ninguna estación presentó valores por encima de la norma.

La relación entre el promedio máximo, la norma y el valor medio de concentración de CO en 8 horas se muestra en la Figura 24.

Como se puede observar, ninguno de los datos se encontró por encima de la norma de calidad del aire para este contaminante.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) seguido por el valor de la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente).

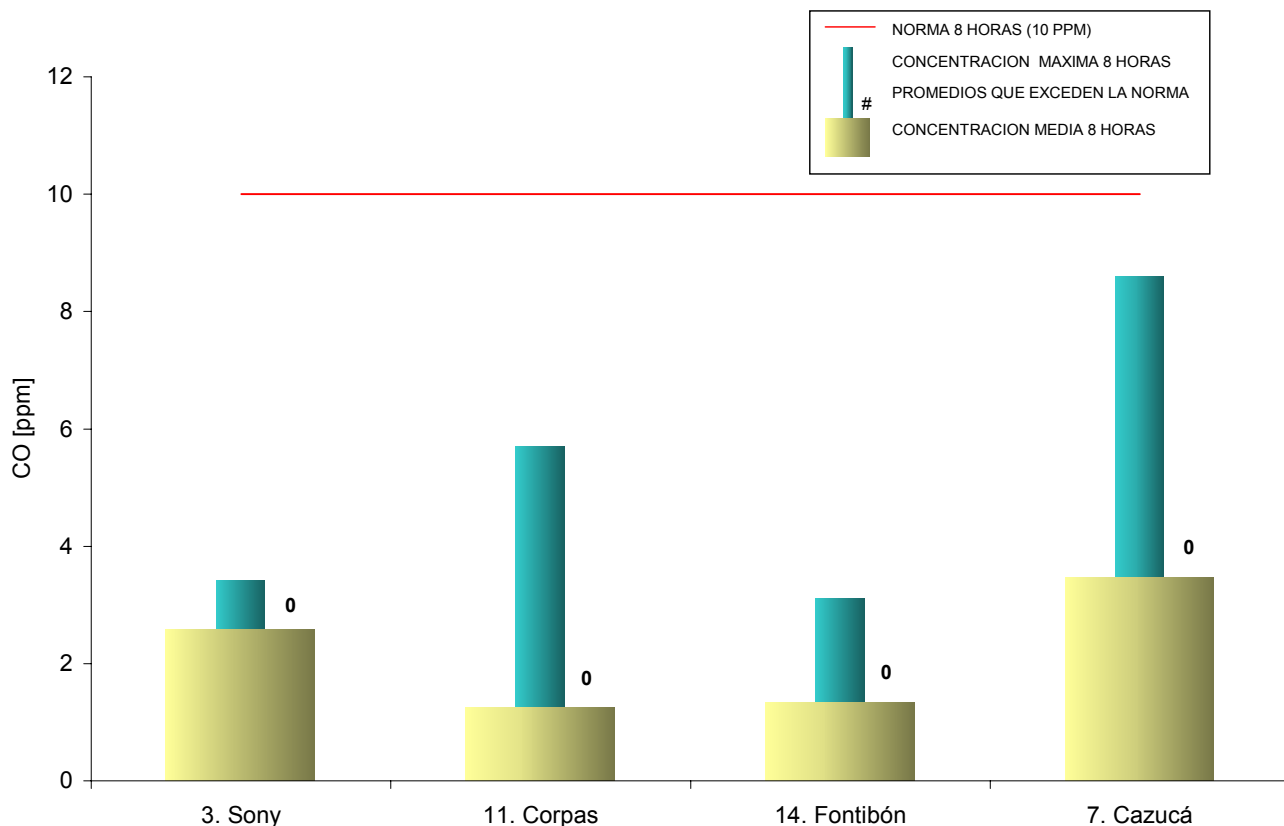


Figura 24. Concentraciones Máximas de Promedios 8 horas de CO

En la Tabla 16 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon dicho contaminante.

Tabla 16. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de CO – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	3	El 1 de enero de 2004 a la 1:00.
7	Cazucá	9	El 20 de mayo de 2007 a las 17:00. El 6 de junio de 2004 entre las 18:00 y las 19:00.
11	Corpas	6	El 9 de enero de 2004 entre las 15:00 y las 16:00.
14	Fontibón	3	Desde el 19 de agosto de 2004 a las 23:00 hasta el 20 de agosto de 2004 a la 1:00.

Promedios Horarios

El valor de la concentración media horaria de CO no debe ser mayor a 35 ppm, según la normatividad vigente. Este valor límite se utilizó como referencia para analizar los 13752 promedios horarios de este contaminante, donde, veintiséis (26) de ellos superaron la norma.

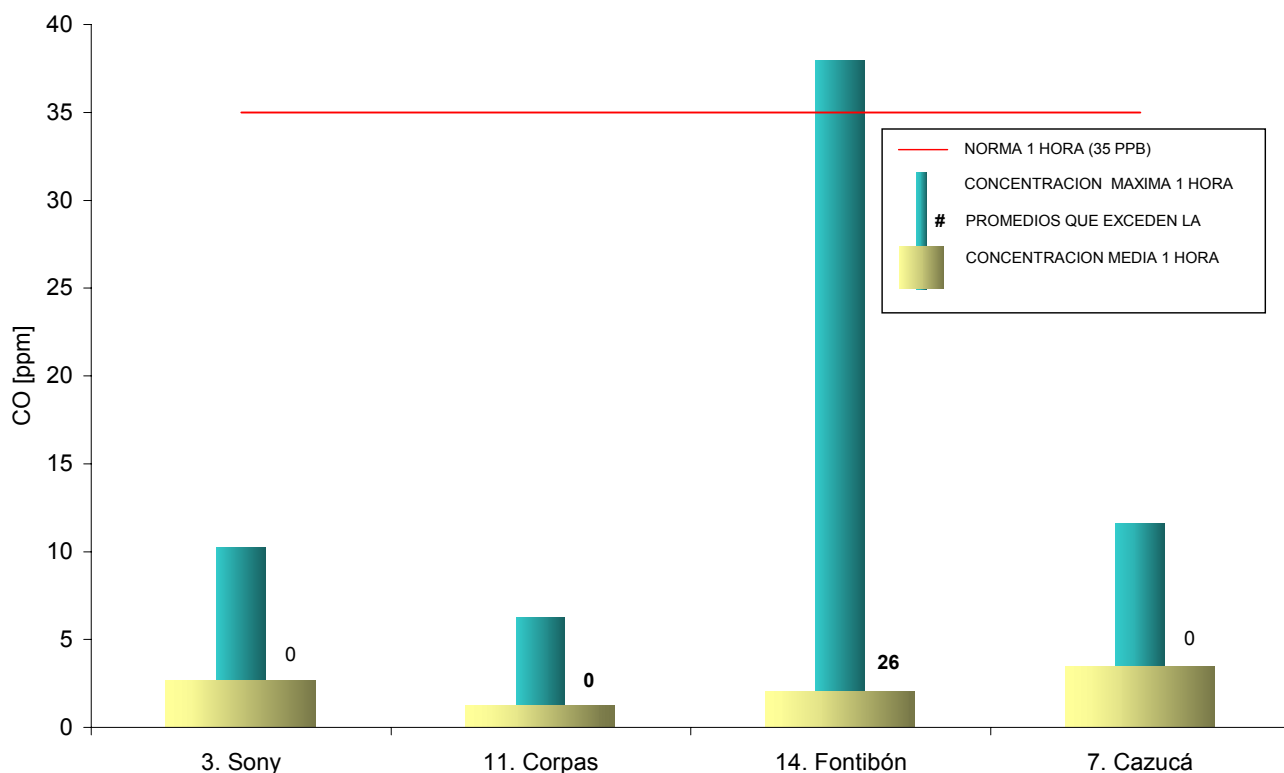


Figura 25. Concentraciones Máximas de Promedios Horarios de CO

En la Figura 25 se puede observar la relación existente entre el máximo promedio horario de CO, por estación, con la norma y la media de CO en el año 2004 de los promedios horarios. Los valores que sustentan esta figura se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de CO – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	10	El 29 de enero de 2004 a las 8:00.
7	Cazucá	12	El 6 de junio de 2004 a las 13:00.
11	Corpas	6	El 9 de enero de 2004 entre las 13:00 y las 14:00.
14	Fontibón	38	El 11 de junio de 2004 a las 18:00.

Tendencias

En el diagrama de cajas de la Figura 26 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de CO de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro. Entre los años 2000 y 2002 el

comportamiento de CO fue constante, con valores bajos en general. Los niveles de CO aumentaron para el año 2003 lo cual se puede observar en el mayor valor de la mediana y de los puntos extremos. Para el año 2004 se puede observar nuevamente una disminución en los niveles de CO, sin embargo es importante anotar que el número de datos utilizados durante este año es inferior al promedio de datos utilizados para los años anteriores a excepción del año 1997.

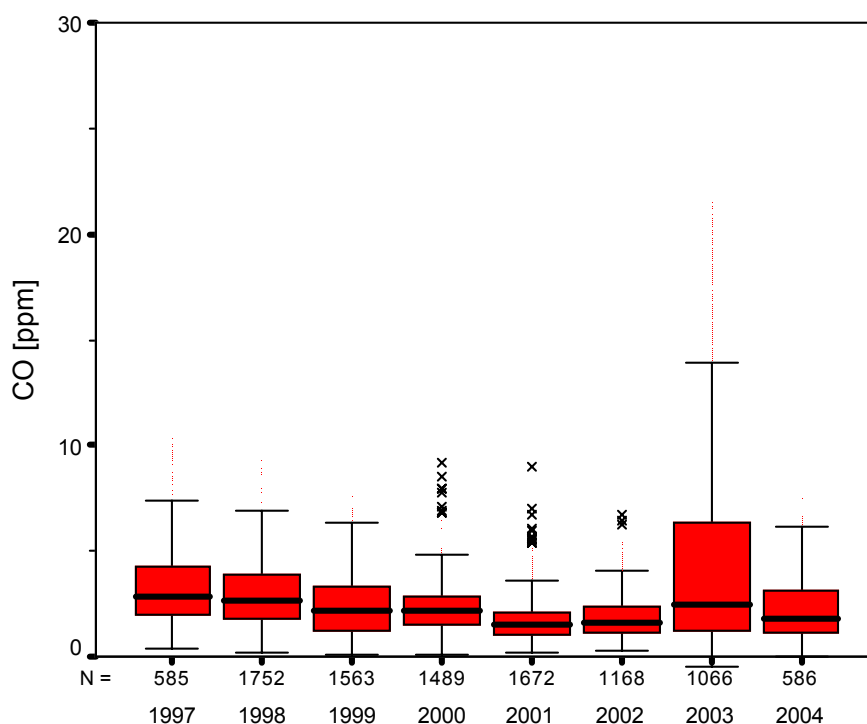


Figura 26. Concentraciones de CO de la RMCAB - Promedios diarios

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O₃

El O₃ es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar, sus efectos en el sistema respiratorio son importantes ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

En el año 2004 se realizaron mediciones de O₃ en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 5 IDR (Sector Centro), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente). Los registros tomados de estas estaciones desde el primero de enero de 2004 al 31 de diciembre de 2004 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

El valor que da la Resolución 1208 de 2004 como valor máximo permitido de concentración de ozono, para promedios de 8 horas, es de 66 ppb. Este valor fue utilizado como referencia para analizar los 19395 promedios de 8 horas hallados con los registros de las estaciones de la RMCAB, de los cuales, ninguno fue superior a 66 ppb.

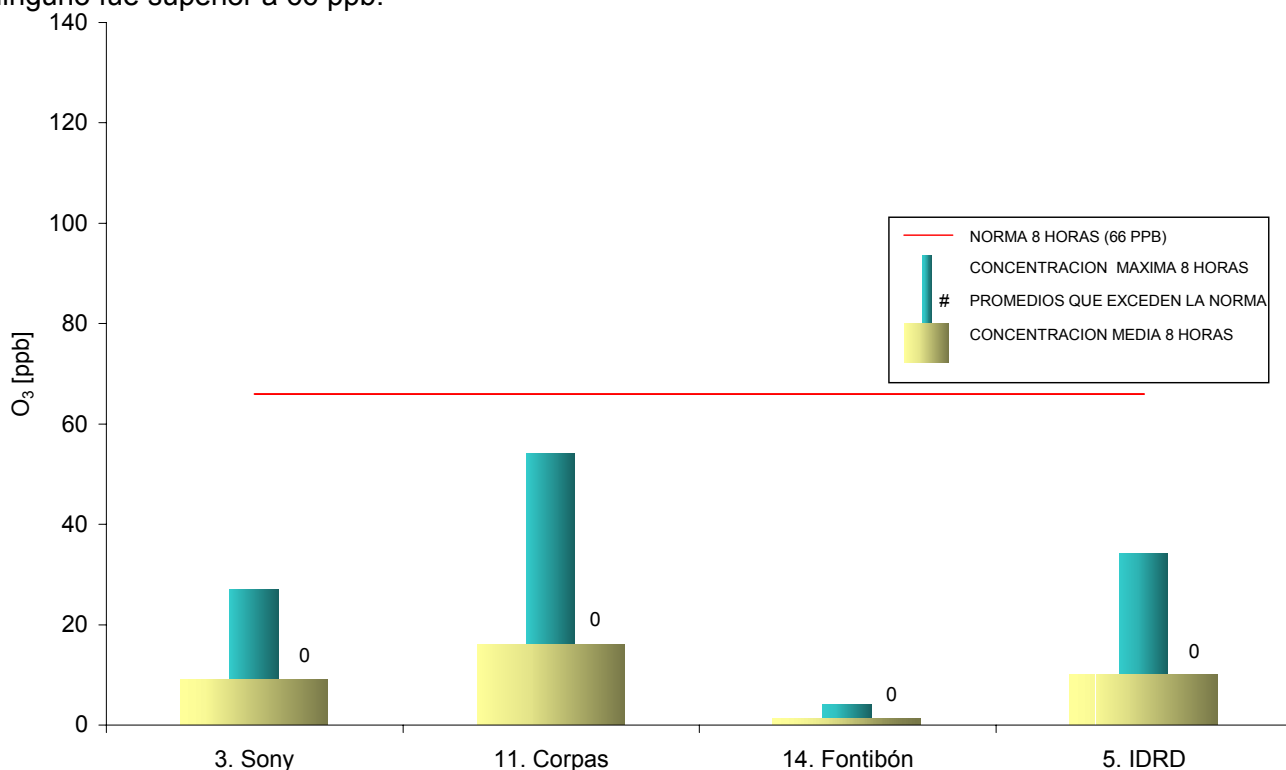


Figura 27. Concentraciones máximas de promedios 8 h de O₃

La Figura 27 muestra la relación existente entre el máximo de la concentración en 8 horas de ozono con la norma y con el valor medio de todos los promedios 8 horas de ozono en el año 2004.

Como se puede observar, el promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) seguido por el valor de la estación No. 5 IDRD (Sector Centro).

En la Tabla 18 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon dicho contaminante.

Tabla 18. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de O₃ – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	27	El 22 de diciembre de 2004 a las 18:00.
5	IDRD	34	El 23 de diciembre de 2004 entre las 16:00 y las 17:00.
11	Corpas	54	El 28 de enero de 2004 entre las 17:00 y las 18:00. El 29

			de enero de 2004 entre las 17:00 y las 18:00.
14	Fontibón	4	El 14 de diciembre de 2004 entre las 5:00 y las 9:00.

Es importante observar que el porcentaje de promedios hallados está por debajo del 75% que es el número de promedios mínimo para determinar el comportamiento general de este contaminante en un año.

Promedios Horarios

En el año 2004 se hallaron 19508 promedios horarios. Los niveles de O₃ se encontraron por debajo del valor que sugiere la norma para los promedios horarios.

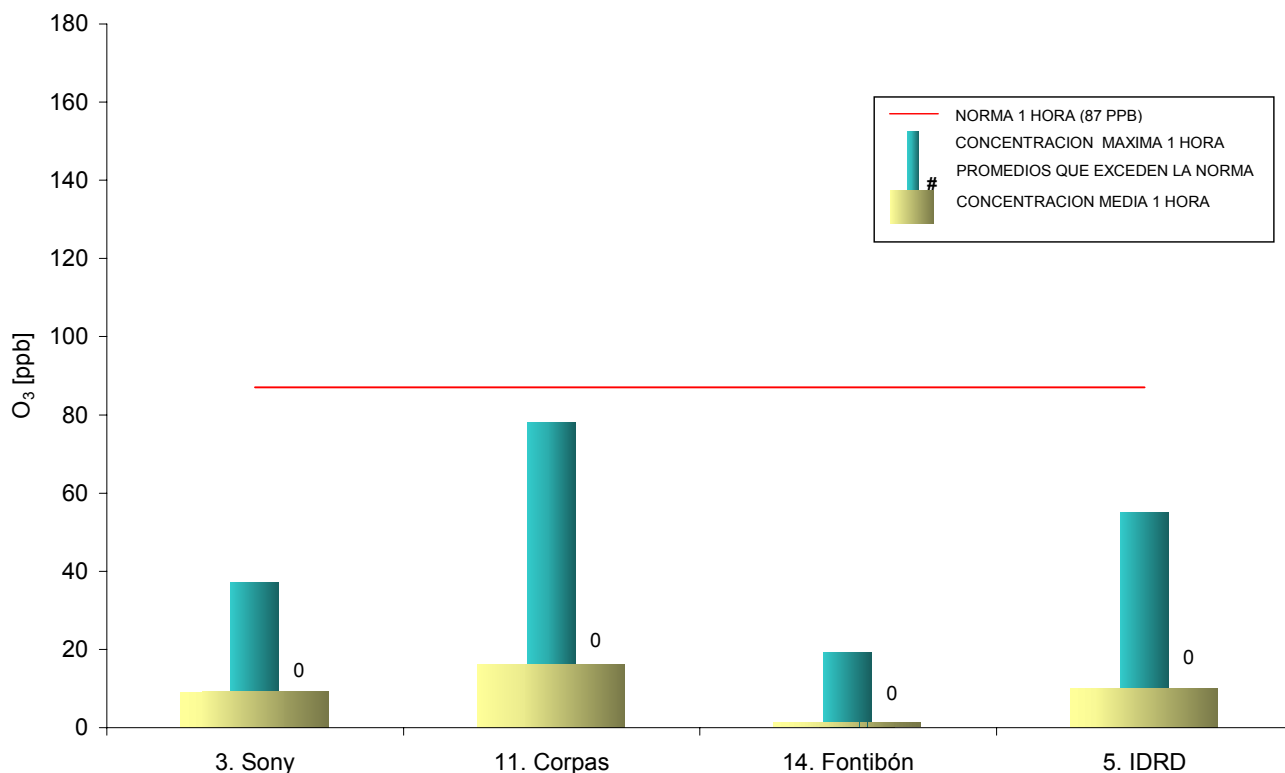


Figura 28. Concentraciones máximas horarias de O₃

Las concentraciones máximas horarias de O₃, el valor medio y la norma se comparan gráficamente en la Figura 28. Los valores que sustentan esta figura se presentan en la Tabla 19.

Como se puede observar, el valor máximo promedio para concentraciones horarias se encontró en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), seguido por el valor encontrado en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro).

Tabla 19. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de CO – Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
3	Sony	37	El 22 de diciembre de 2004 a las 12:00.
5	IDRD	55	El 28 de septiembre de 2004 a las 13:00. El 23 de diciembre de 2004 a las 12:00.
11	Corpas	78	El 28 de enero de 2004 a las 13:00. El 30 de enero de 2004 a las 13:00.
14	Fontibón	19	El 14 de diciembre de 2004 a las 5:00.

Tendencias

En el diagrama de cajas de la Figura 29 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de O_3 de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro.

Se puede observar que el comportamiento de O_3 ha tenido un promedio de concentración relativamente similar, con una leve tendencia a la baja, hasta el año 2002, pero se observa una fuerte disminución en el año 2003. Esto se debe especialmente a la falta de calibración de los equipos en ese periodo, por lo tanto, se considera que la tendencia es que la mediana esté entre 15 y 20 ppb y que los máximos no sobrepasen las 50 ppb.

Teniendo en cuenta este comentario, si bien se puede observar un aumento en la concentración para el año 2004 con respecto al 2003, este valor sigue estando por debajo del valor encontrado para los años 1997 hasta 2002.

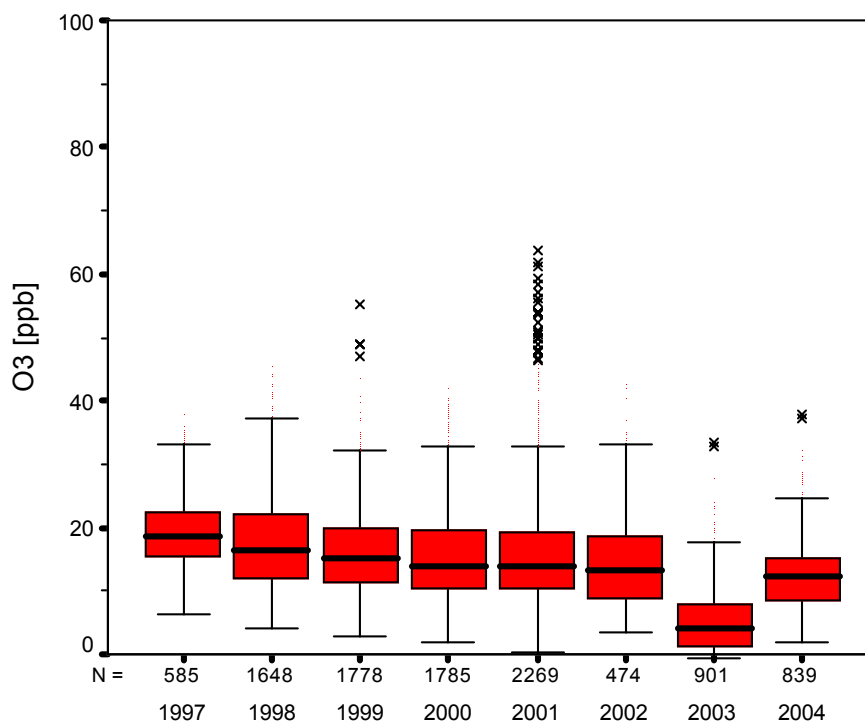


Figura 29. Concentraciones de O_3 de la RMCAB - Promedios diarios

1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 20 y en la Tabla 21 se resumen los resultados de las mediciones de PM10, promedios 24 horas y anuales, mientras que en la Tabla 22 y en la Tabla 23 se muestran los resultados obtenidos para PST, promedios 24 horas y anuales respectivamente.

Desde la Tabla 24 hasta la Tabla 33 se muestran los resultados obtenidos para los demás gases contaminantes.

Estas tablas están organizadas de la siguiente forma; En la primera columna se especifica la zona geográfica en donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación, en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el 2004, la cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal de los datos, es decir, la representatividad que tienen los promedios obtenidos sobre la totalidad de los promedios que se hubieran podido obtener en condiciones de operación al 100%. La quinta columna muestra el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se halla la proporción de estas excedencias sobre el total de los datos. La séptima y octava columna muestran el número de promedios que están por encima del 50% del valor de la norma y del 75% respectivamente, con el objeto de resumir la distribución de los datos. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado, en la décima aparece la media de todos los datos analizados, y en la undécima la proporción entre el máximo con respecto a la norma.

Tabla 20. Consolidado concentraciones de PM10 en 2004 - Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	2630	30%	0	0.0%	0	0	86	35	0.48
	8. Escuela	6408	73%	0	0.0%	96	0	98	52	0.55
	SUBTOTAL	9038	51%	0	0.0%	96	0	98	44	
Sur	3. Sony	7044	80%	0	0.0%	15	0	96	48	0.53
	SUBTOTAL	7044	80%	0	0.0%	15	0	96	48	
Noroccidente	6. Carrefour	4886	56%	0	0.0%	1727	52	163	85	0.91
	11. Corpas	5848	67%	4	0.1%	1551	278	182	76	1.01
	14. Fontibón	6359	72%	0	0.0%	2929	317	175	92	0.97
	SUBTOTAL	17093	65%	4	0.0%	6207	647	182	84	
Suroccidente	7. Cazucá	7390	84%	0	0.0%	427	0	124	54	0.69
	SUBTOTAL	7390	84%	0	0.0%	427	0	124	54	
Centro	5. IDR D	3138	36%	13	0.4%	448	76	200	64	1.11
	10. Sto. Tomás	6746	77%	0	0.0%	0	0	82	32	0.46
	SUBTOTAL	24664	56%	13	0.2%	448	76	200	48	
Centroccidente	12. CADE	4922	56%	0	0.0%	0	0	77	33	0.43
	13. Merck	7260	83%	39	0.5%	3350	1391	203	105	1.13
	SUBTOTAL	12182	69%	39	0.3%	3350	1391	203	69	
TOTALES		77411	68%	56	0.1%	10543	2114	203		

F.T: Falla Técnica
E.T: En Traslado
F.S: Fuera de Servicio
E.P: En Prueba

Tabla 21. Consolidado de concentraciones de PM10 en 2004 – Promedios anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	133	36%	1	0.8%	33	7	83	35	1.04
	8. Escuela	309	84%	2	0.6%	28	41	110	49	1.13
	SUBTOTAL	442	60%	3	0.7%	61	48	110	42	
Sur	3. Sony	309	84%	2	0.6%	170	67	90	49	0.50
	SUBTOTAL	309	84%	2	0.6%	170	67	90	49	
Noroccidente	6. Carrefour	214	58%	120	56.1%	12	79	145	85	0.81
	11. Corpas	257	70%	106	41.2%	70	59	180	77	1.00
	14. Fontibón	276	75%	185	67.0%	19	69	191	92	1.06
	SUBTOTAL	747	68%	411	54.8%	101	207	191	85	
Suroccidente	7. Cazucá	312	85%	43	13.8%	112	74	119	54	0.66
Centro	SUBTOTAL	312	85%	43	13.8%	112	74	119	54	
	5. IDR	144	39%	42	29.2%	28	41	206	69	1.14
	10. Sto. Tomás	285	78%	0	0.0%	65	17	78	32	0.43
	SUBTOTAL	1053	59%	42	14.6%	93	58	206	50	
Centroccidente	12. CADE	215	59%	0	0.0%	64	6	67	34	0.37
	13. Merck	308	84%	235	76.3%	25	46	190	105	1.06
	SUBTOTAL	523	71%	235	38.1%	89	52	190	69	
TOTALES		3386	69%	736	24.5%	626	506	206		

F.T: Falla Técnica
E.T: En Traslado
F.S: Fuera de Servicio
E.P: En Prueba
D.I : Datos insuficientes

Tabla 22. Consolidado de concentraciones de PST en 2004 – Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	2930	33%	0	0%	0	0	159	58	0.40
Sur	3. Sony	6707	76%	0	0%	1120	0	299	155	0.75
Suroccidente	7. Cazucá	6100	69%	0	0%	1578	258	385	170	0.96
Centroccidente	12. CADE	4996	57%	0	0%	64	0	230	113	0.58
TOTALES		20733	59%	0	0%	2762	258	385		

Tabla 23. Consolidado de concentraciones de PST en 2004 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
NORTE	1 U. BOSQUE	40	64%	12	5%	32	24	157	58	0.39
SUR	3 SONY	153	81%	252	85%	8	33	279	153	0.70
SUR OCCIDENTE	7 CAZUCA	258	70%	218	84%	9	29	380	168	0.95
CENTRO OCCIDENTE	12 CADE	220	60%	140	64%	24	49	212	114	0.53
TOTALES		671	69%	622	60%	73	135	380		

Tabla 24. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2004 – Promedios 3 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	2240	26%	0	0.0%	1	0	270	9	0.51
	SUBTOTAL	2240	26%	0	0.0%	1	0	270	9	
Sur	3. Sony	7766	88%	0	0.0%	0	0	49	11	0.09
	SUBTOTAL	7766	88%	0	0.0%	0	0	49	11	
Noroccidente	6. Carrefour	3786	43%	0	0.0%	0	0	26	19	0.05
	11. Corpas	6565	75%	0	0.0%	0	0	10	2	0.02
	14. Fontibón	7842	89%	0	0.0%	0	0	27	9	0.05
	SUBTOTAL	18193	69%	0	0.0%	0	0	27	10	
Centro	5. IDRD	6168	70%	0	0.0%	0	0	55	6	0.10
	10. Sto. Tomás	7148	81%	0	0.0%	0	0	10	2	0.02
	SUBTOTAL	13316	76%	0	0.0%	0	0	55	4	
Centroccidente	12. CADE	5916	67%	0	0.0%	0	0	61	17	0.12
	13. Merck	3607	41%	0	0.0%	0	0	36	18	0.07
	SUBTOTAL	9523	54%	0	0.0%	0	0	61	18	
TOTALES		51038	63%	0	0.0%	1	0	270		

Tabla 25. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2004 – Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	1707	19%	0	0.0%	0	0	14	8	0.11
	SUBTOTAL	1707	19%	0	0.0%	0	0	14	8	
Sur	3. Sony	6829	78%	0	0.0%	0	0	27	11	0.20
	SUBTOTAL	6829	78%	0	0.0%	0	0	27	11	
Noroccidente	6. Carrefour	3753	43%	0	0.0%	0	0	26	19	0.20
	11. Corpas	6413	73%	0	0.0%	0	0	5	2	0.04
	14. Fontibón	7742	88%	0	0.0%	0	0	22	9	0.17
	SUBTOTAL	17908	68%	0	0.0%	0	0	26	10	
Centro	5. IDRD	6122	70%	0	0.0%	0	0	13	6	0.10
	10. Sto. Tomás	6910	79%	0	0.0%	0	0	5	2	0.04
	SUBTOTAL	13032	74%	0	0.0%	0	0	13	4	
Centroccidente	12. CADE	5691	65%	0	0.0%	0	0	34	17	0.26
	13. Merck	3591	41%	0	0.0%	0	0	32	18	0.24
	SUBTOTAL	9282	53%	0	0.0%	0	0	34	18	
TOTALES		48758	58%	0	0.0%	0	0	34		

Tabla 26. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2004 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	1. Bosque	78	21%	0	0.0%	0	0	13	8	0.42
	SUBTOTAL	78	21%	0	0.0%	0	0	13	8	
Sur	3. Sony	303	83%	0	0.0%	78	5	26	11	0.84
	SUBTOTAL	303	83%	0	0.0%	78	5	26	11	
Noroccidente	6. Carrefour	159	43%	0	0.0%	117	18	26	19	0.84
	11. Corpas	279	76%	0	0.0%	0	0	6	2	0.19
	14. Fontibón	334	91%	0	0.0%	31	0	22	9	0.71
	SUBTOTAL	772	70%	0	0.0%	148	18	26	10	
Centro	5. IDRD	259	71%	0	0.0%	0	0	12	6	0.39
	10. Sto. Tomás	298	81%	0	0.0%	0	0	5	2	0.16
	SUBTOTAL	557	76%	0	0.0%	0	0	12	4	
Centroccidente	12. CADE	249	68%	3	1.2%	85	58	31	17	1.00
	13. Merck	150	41%	0	0.0%	30	67	30	18	0.97
	SUBTOTAL	399	55%	3	0.6%	115	125	31	17	
TOTALES		2109	61%	3	0.1%	341	148	31		

Tabla 27. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2004 – Promedios 1 Hora

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
	8. Escuela	5873	67%	0	0.0%	0	0	44	6	0.26
	SUBTOTAL	5873	67%	0	0.0%	0	0	44	6	
sur	3. Sony	231	3%	0	0.0%	0	0	10	4	0.06
	SUBTOTAL	231	3%	0	0.0%	0	0	10	4	
Noroccidente	11. Corpas	7084	81%	0	0.0%	0	0	44	12	0.26
	14. Fontibón	2764	31%	0	0.0%	0	0	18	5	0.11
	SUBTOTAL	9848	56%	0	0.0%	0	0	44	9	
Centro	5. IDRD	1392	16%	0	0.0%	0	0	47	8	0.28
	10. Sto. Tomás	1954	22%	0	0.0%	0	0	30	4	0.18
	SUBTOTAL	3346	19%	0	0.0%	0	0	47	6	
TOTALES		19298	36%	0	0.0%	0	0	47		

Tabla 28. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2004 – Promedios 24 Horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	8. Escuela	6006	68%	0	0.0%	0	0	19	8	0.10
	SUBTOTAL	6006	68%	0	0.0%	0	0	19	8	
Sur	3. Sony	199	2%	0	0.0%	0	0	6	4	0.10
	SUBTOTAL	199	2%	0	0.0%	0	0	6	4	
Noroccidente	11. Corpas	6614	75%	0	0.0%	0	0	27	12	0.15
	14. Fontibón	2715	31%	0	0.0%	0	0	8	5	0.04
	SUBTOTAL	9329	53%	0	0.0%	0	0	27	9	
Centro	5. IDRD	705	8%	0	0.0%	0	0	15	7	0.08
	10. Sto. Tomás	1794	20%	0	0.0%	0	0	22	5	0.12
	SUBTOTAL	2499	14%	0	0.0%	0	0	22	6	
TOTALES		18033	34%	0	0.0%	0	0	27		

Tabla 29. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2004 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Norte	8. Escuela	251	69%	0	0.0%	0	0	16	6	0.09
	SUBTOTAL	251	69%	0	0.0%	0	0	16	6	
Sur	3. Sony	9	2%	0	0.0%	0	0	5	3	0.09
	SUBTOTAL	9	2%	0	0.0%	0	0	5	3	
Noroccidente	11. Corpas	315	86%	0	0.0%	0	0	26	12	0.09
	14. Fontibón	118	32%	0	0.0%	0	0	7	5	0.09
	SUBTOTAL	433	59%	0	0.0%	0	0	26	9	
Centro	5. IDRD	68	19%	0	0.0%	0	0	19	6	0.09
	10. Sto. Tomás	87	24%	0	0.0%	0	0	22	4	0.09
	SUBTOTAL	155	21%	0	0.0%	0	0	22	5	
TOTALES		848	38%	0	0.0%	0	0	26		

Tabla 30. Consolidado de las concentraciones de CO en 2004 – Promedios 8 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Sur	3. Sony	939	11%	0	0.0%	0	0	3	3	0.00
	SUBTOTAL	939	11%	0	0.0%	0	0	3	3	
Noroccidente	11. Corpas	4981	57%	0	0.0%	3	0	6	1	0.03
	14. Fontibón	1129	13%	0	0.0%	0	0	3	1	0.02
	SUBTOTAL	6110	35%	0	0.0%	3	0	6	1	
Suroccidente	7. Cazucá	6393	73%	0	0.0%	1692	30	9	3	0.00
	SUBTOTAL	6393	73%	0	0.0%	1692	30	9	3	
TOTALES		13442	39%	0	0.0%	1695	30	9		

Tabla 31. Consolidado de las concentraciones de CO en 2004 – Promedios horarios

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Sur	3. Sony	980	11%	0	0.0%	0	0	10	3	0.29
	SUBTOTAL	980	11%	0	0.0%	0	0	10	3	
Noroccidente	11. Corpas	5116	58%	0	0.0%	0	0	6	1	0.18
	14. Fontibón	1260	14%	26	2.1%	0	0	38	2	1.08
	SUBTOTAL	6376	36%	26	1.0%	0	0	38	2	
Suroccidente	7. Cazucá	6396	73%	0	0.0%	0	0	12	3	0.00
	SUBTOTAL	6396	73%	0	0.0%	0	0	12	3	
TOTALES		13752	40%	26	0.3%	0	0	38		

Tabla 32. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2004 – Promedios 8 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Sur	3. Sony	4575	52%	0	0.0%	0	0	27	9	0.00
	SUBTOTAL	4575	52%	0	0.0%	0	0	27	9	
Noroccidente	11. Corpas	6754	77%	0	0.0%	328	13	54	16	0.30
	14. Fontibón	132	2%	0	0.0%	0	0	4	1	0.02
	SUBTOTAL	6886	39%	0	0.0%	328	13	54	9	
Centro	5. IDRD	7934	90%	0	0.0%	3	0	34	10	0.19
	SUBTOTAL	7934	90%	0	0.0%	3	0	34	10	
TOTALES		19395	61%	0	0.0%	331	13	54		

Tabla 33. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2004 – Promedios horarios

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Sur	3. Sony	4604	52%	0	0.0%	0	0	37	9	0.43
	SUBTOTAL	4604	52%	0	0.0%	0	0	37	9	
Noroccidente	11. Corpas	6876	78%	0	0.0%	131	4	78	16	0.90
	14. Fontibón	133	2%	0	0.0%	0	0	19	1	0.22
	SUBTOTAL	7009	40%	0	0.0%	131	4	78	9	
Centro	5. IDRD	7895	90%	0	0.0%	8	0	55	10	0.63
	SUBTOTAL	7895	90%	0	0.0%	8	0	55	10	
TOTALES		19508	61%	0	0.0%	139	4	78		

2 METEOROLOGÍA

En este capítulo se presentan las características generales del comportamiento meteorológico observado en la ciudad de Bogotá, según las mediciones tomadas por las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, durante el año 2004. Se presentan datos meteorológicos que no se mostraron en el informe anual de 2003 debido a que se realizó una validación de los registros de años anteriores.

2.1 PRECIPITACIÓN

Cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra se conoce como precipitación. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve y granizo menudo.

Durante el año 2004 la precipitación de la ciudad fue registrada por los once (11) sensores de las estaciones activas de la RMCAB.

El año 2004 se registró menos lluvioso que el año 2003 en las estaciones No. 1 Bosque y No. 8 Escuela, ubicadas en el sector norte y en las estaciones No. 12 CADE y No. 13 Merck, ubicadas en el sector centoccidente. En la Figura 30 se puede observar el comportamiento de la precipitación en los últimos años en las estaciones de la RMCAB, en donde se nota un comportamiento poco variable de la precipitación en las estaciones No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón y No. 3 Sony. No se muestra la estación No. 5 IDRD debido a que se tienen datos de meteorología escasos para el 2003, año en que comenzó a operar.

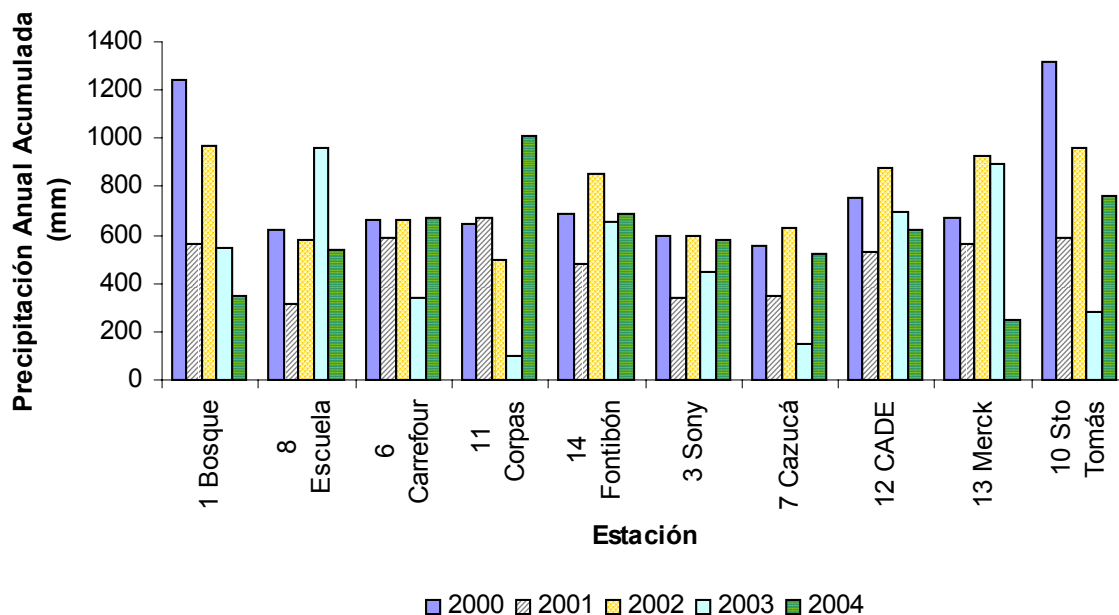


Figura 30. Acumulados de Precipitación de los años 2000 a 2004

La precipitación en las estaciones No. 1 Bosque y No.13 Merck corresponden a lluvias moderadamente por debajo de su comportamiento histórico. En las estaciones No. 8 Escuela y No. 12 Merck, la precipitación del 2004 estuvo ligeramente por debajo de lo normal. Las precipitaciones en las estaciones No. 3 Sony y No. 10 Sto. Tomás fueron según lo esperado. Las estaciones No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón y No. 7 Cazucá presentaron precipitaciones ligeramente por encima de lo normal mientras que la precipitación para el 2004 en las estaciones No. 5 IDRD y No. 11 Corpas estuvieron moderadamente encima de lo normal.

Los datos históricos de la precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB, así como la comparación de la precipitación acumulada del año 2004 con respecto al histórico, por medio del índice de precipitación, se presentan en la Tabla 34.

Tabla 34. Acumulados anuales de precipitación en las estaciones de la RMCAB

Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada [mm]							Índice de Precipitación [%]
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Norte	1 Bosque	1308	1183	1243	565	966	548	347	43
	8 Escuela	1917	1036	621	311	577	963	539	71
Noroccidente	6 Carrefour			666	591	667	338	673	115
	11 Corpas	1208	912	650	672	498	95	894	148
	14 Fontibón	268	268	686	479	856	651	684	123
Sur	3 Sony	734	754	597	338	600	451	580	108
Suroccidente	7 Cazucá	646	404	555	351	627	147	525	122
Centroccidente	12 CADE	1022	1022	754	530	879	697	623	79
	13 Merck	384	384	668	564	931	895	248	43
Centro	10 Sto Tomás	1291	1226	1317	588	964	283	766	91
	5 IDRD						196	734	158

El índice de precipitación se interpreta de la siguiente manera:

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

En el 2004, los días en los que se presentaron lluvias fueron más que en el año 2003 aunque en las estaciones No.1 Bosque, No. 12 CADE y No. 13 Merck se registraron menos días de lluvia que en el año anterior.

En la estación No. 11 Corpas y No. 12 CADE se presentaron los acumulados diarios máximos de precipitación más altos en todo el año y en la estación No. 6 Carrefour, el valor mínimo. En la Tabla 35 se puede observar la cantidad de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2004, además, la precipitación diaria acumulada máxima presentada en cada uno de estos años.

Tabla 35. Días de lluvia y precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2004

Zona	Número y nombre de la Estación	Días de Lluvia							Precipitación Máxima Diaria						
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Norte	1 Bosque	365	345	346	342	364	303	213	60,3	53,2	71,1	29	55	35,1	37,1
	8 Escuela	351	281	264	192	332	315	354	117	59,4	35	36,8	26,1	138	30,9
Noroccidente	6 Carrefour			307	354	337	169	272			60,8	24,6	30,9	53	26,9
	11 Corpas	363	325	344	348	302	93	321	46,4	44,4	25,8	175	59,1	20,8	73
	14 Fontibón		87	356	355	333	350	352		35,8	30,6	63,9	72	26,8	42,4
Sur	3 Sony	331	343	354	357	363	338	343	44,8	35,3	36,6	19,8	28,1	27	30,6
Suroccidente	7 Cazucá	353	337	359	343	352	319	363	40,8	25,2	23,2	28,5	123	21,7	24,8
Centroccidente	12 CADE	364	345	358	359	330	334	283	56,2	66,2	24,2	24,1	58,6	96,5	74,9
	13 Merck		123	251	362	362	343	291		27,2	42,4	56,4	56,6	29,4	15
Centro	10 Sto Tomás	360	342	360	353	359	235	342	56,8	54,2	434	26,7	30	32,5	49,1
	5 IDRD						46	345						23,6	29

La distribución anual de la precipitación en Bogotá presenta un comportamiento bimodal en donde se presentan los máximos en los bimestres de abril-mayo y octubre-noviembre y los mínimos en los bimestres de enero-febrero y julio-agosto. El promedio mensual multianual, según el histórico de los registros correspondientes a los años 1972 a 2003, de la estación del Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM¹, así lo evidencia. El año 2004 conserva esta tendencia, siendo el mes de abril con la mayor precipitación acumulada promedio, seguido del mes de octubre. Durante el mes de junio se presentan dos eventos en la estación No. 11 Corpas, uno sucedido el lunes 4 y el otro, el sábado 23, que elevan su acumulado mensual, mostrando un comportamiento atípico en dicha estación.

En los meses de agosto, noviembre y diciembre se obtuvieron acumulados mensuales de precipitación inferiores al promedio multianual del IDEAM en cerca de 30mm, mientras que durante los meses de febrero, mayo, junio y octubre, los valores de los acumulados mensuales de precipitación son muy cercanos a este promedio histórico.

En la Tabla 36 se detalla la precipitación acumulada en cada mes, por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM.

¹ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.

Tabla 36. Acumulados mensuales de precipitación por Estación para el año 2004

Sector	Número y nombre de la Estación	Mes											
		Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque			6,3	37,5	58,2	56,8	25,2	20,9	33,3	101	7,4	0,4
	8 Escuela	23,2			107	120,1	41,6	47,5	1,1	23,1	148	27,1	
Noroccidente	6 Carrefour				120,3	94,1	40,1	54,3	14,3	79,6	138	88,4	44,3
	11 Corpas	12,2	42,4	48,9	141,7	102,8	166	32,3	14	77,5	120	103,3	32,4
	14 Fontibón	24,4	49,4	37	153,4	97,9	51,7	47,2	12,8	35,3	83,3	75,1	16,6
Sur	3 Sony	17,5	52,1	44,3	119,9	77,8	54	34,6	15,8	22	65,5	64,5	11,7
Suroccidente	7 Cazucá	7,7	38,5	35,9	99,6	101,5	52,5	33,5	15,6	36,2	60,2	37,9	5,4
Centroccidente	12 CADE	15	59,7	73,3	162,6	85,8	59	29,1	14,8	50,6	45,7	27,6	
	13 Merck	2,4	21,8	4			26,9	23,4	16,4	31,8	74,6	33,5	13
Centro	10 Sto Tomás	46,7	52,9	44,6	67,1	112,3	53,6	29,6	20,9	82,8	113	81	29,4
	5 IDRD	8,9	55,9	63	164,9	90	54,7	28,9	19,9	53,1	82,4	88,3	55,8
Promedio Mensual RMCAB		17,6	46,6	39,7	117,4	94,1	59,7	35,1	15,1	47,8	93,8	57,6	23,2
Promedio Multianual IDEAM		28,9	43,5	67	100,7	91,9	54,7	42,7	45,2	70,1	101	88,5	53,7

En la Figura 31 se presenta el acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2004 para cada una de las estaciones activas de la RMCAB. Es posible visualizar que en los meses de abril y mayo las precipitaciones fueron mayores que en los otros cuatro meses del semestre. En la Figura 32 se muestran los acumulados mensuales del segundo semestre para cada estación. Este periodo se caracterizó por mayores precipitaciones durante los meses de septiembre, octubre y noviembre.

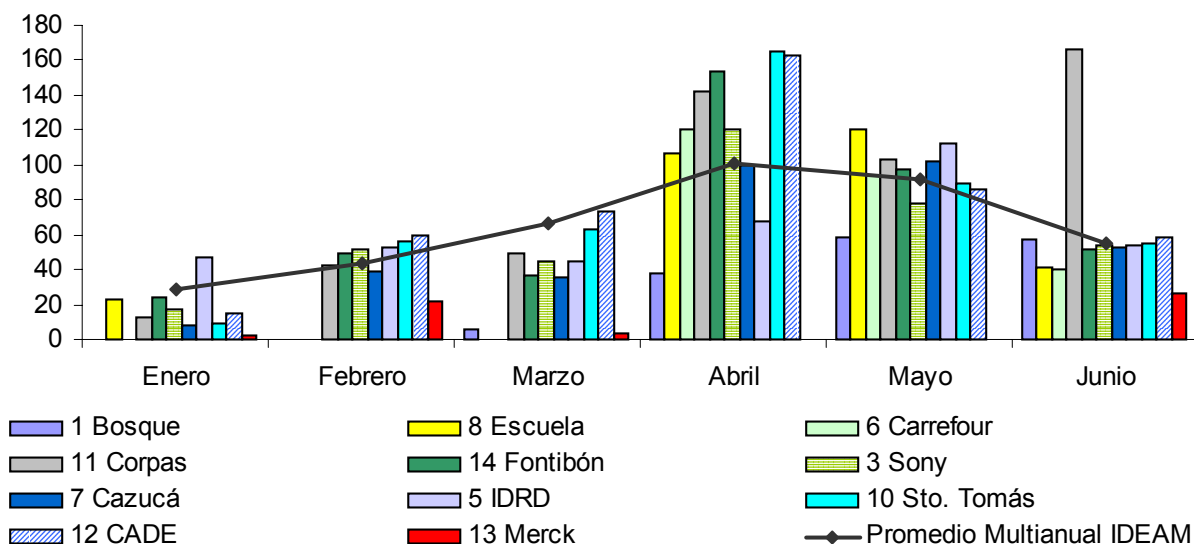


Figura 31. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2004

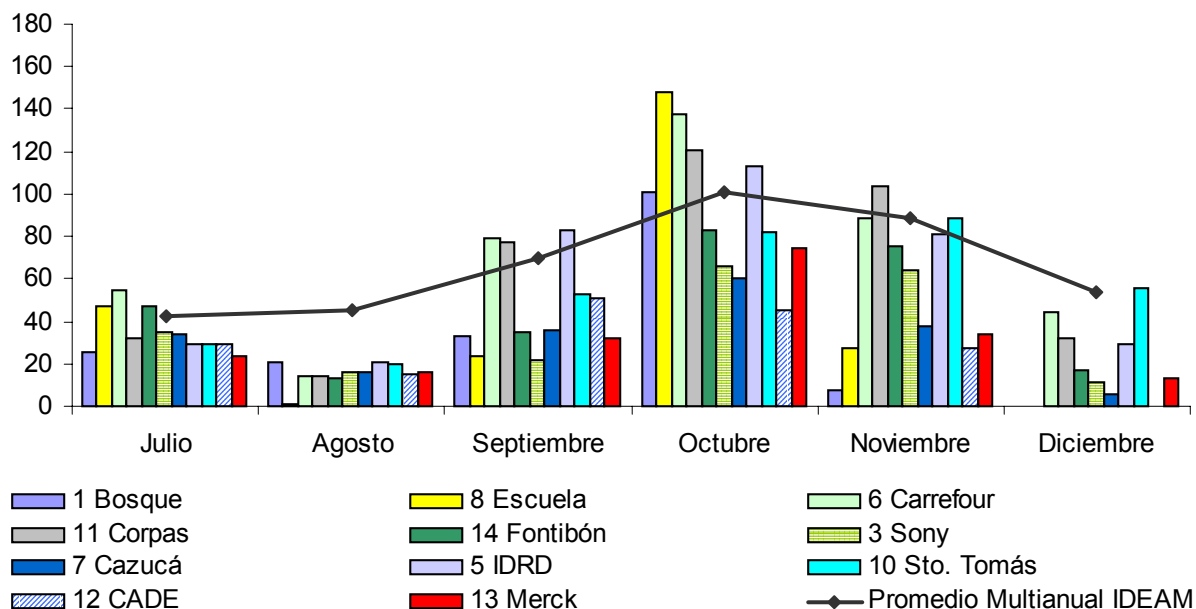


Figura 32. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2004

2.2 VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento normal de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y ligeros o moderados en las tardes y el año 2004 conservó esta tendencia. En un día típico se encuentran las mayores intensidades de viento entre las 14:00 y las 15:00 horas, tal y como se muestra en la Figura 33.

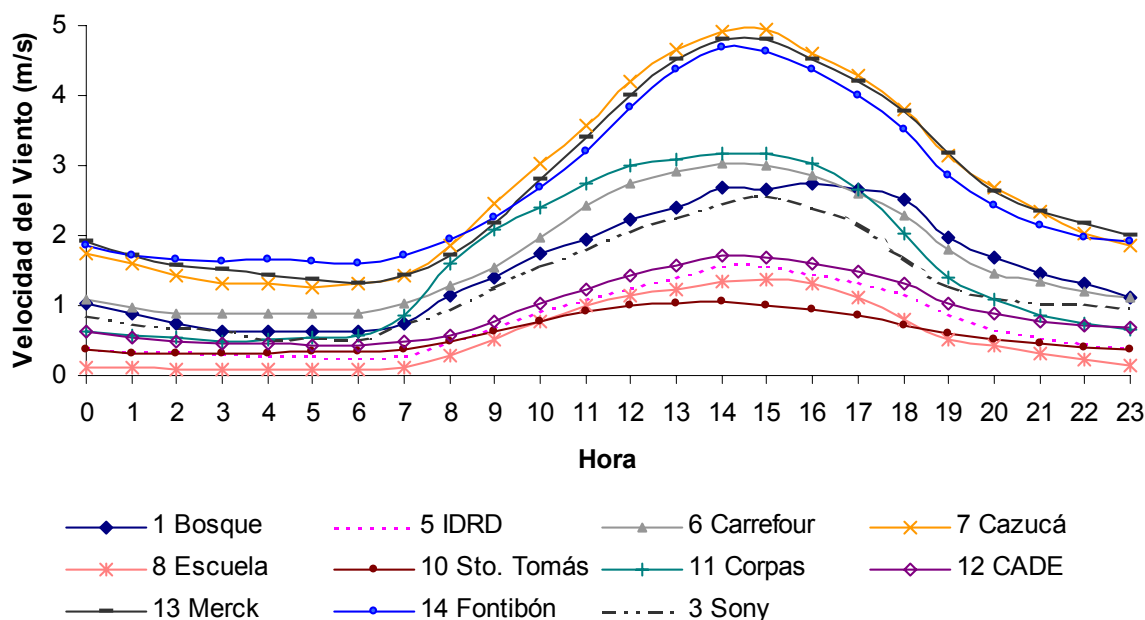


Figura 33. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

Las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) conforman un grupo de velocidades medias similares durante todo el día y presentan las velocidades de viento más altas, sobre todo entre las 13:00 y las 16:00 horas.

Las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 3 Sony (Sector Sur), No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), conforman un segundo grupo cuyas intensidades de viento son similares, un poco más bajas a las intensidades de las estaciones mencionadas anteriormente pero más altas que las del resto de las estaciones de la RMCAB entre las 14:00 y 17:00 horas.

Un tercer grupo está conformado por las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente) que presentan comportamientos de velocidad de viento menores durante todo el día, siendo el periodo comprendido entre las 14:00 y 16:00 cuando se presentan las mayores intensidades de viento.

En el año 2003, la máxima velocidad del viento se registró el 22 de mayo al medio día, en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte). En el año 2004, la máxima intensidad de viento se registró en la estación No. 1 (Sector Norte), el 24 de mayo a las 14:00 horas. Los meses en los que se registraron

las máximas velocidades de viento fueron febrero, marzo, mayo, junio, julio y agosto entre las 13:00 horas y las 16:00.

Tabla 37. Velocidad Máxima y Velocidad Media del Viento por Estación

Sector	Estación	Predominancia		Velocidad Máxima (m/s)		
		Velocidad Media [m/s]	Dirección [Grados]	Velocidad Máxima (m/s)	Dirección (grados)	Fecha/hora
Norte	1 Bosque	0,8	116,8	14,8	341,0	Mayo 24, Lunes, 14:00
	8 Escuela	0,2	141,1	3,4	183,0	Julio 30, Viernes, 13:00
Centro	5 IDRD	0,1	34,9	4,0	229,0	Marzo 06, Sábado, 14:00
	10 Sto. Tomás	0,5	173,1	2,2	344,0	Agosto 07, Sábado, 14:00
Suroccidente	3 Sony	0,7	145,8	11,8	F.T.	Junio 16, Miércoles, 15:00
	7 Cazucá	1,0	260,4	9,6	F.T.	Febrero 06, Viernes, 15:00
Noroccidente	6 Carrefour	0,7	342,0	8,5	303,0	Junio 24, Jueves, 16:00
	11 Corpas	0,3	26,0	7,9	329,0	Febrero 04, Miércoles, 14:00
	14 Fontibón	0,2	265,7	9,0	189,0	Junio 16, Miércoles, 15:00
Centroccidente	12 CADE	0,2	151,0	3,4	246,0	Febrero 27, Viernes, 14:00
	13 Merck	0,7	335,2	8,3	286,0	Junio 16, Miércoles, 14:00

F.T: Fallas técnicas

En el Anexo 3 se encuentran las rosas de viento que describen el comportamiento predominante de los vientos en el 2004 para cada estación.

La Figura 34 muestra, por estación, el promedio mensual de la velocidad del viento. Se observa que en las estaciones No. 1 Bosque, No. 7 Cazucá, No. 11 Corpas, No. 13 Merck y No. 14 Fontibón presentaron las velocidades de viento más altas durante los meses de junio y agosto mientras que en las otras estaciones las velocidades altas se presentaron en los meses de julio, agosto y septiembre con dos picos claros. Las velocidades en las otras estaciones fueron más constantes durante el año.

En la estación No. 8 Escuela las velocidades de viento se consideran de calmas². En las estaciones No. 5 IDRD, No. 3 Sony, No. 6 Carrefour, No. 10 Sto. Tomás y No. 12 CADE, las intensidades de viento son predominantemente de ventolina y en el resto de las estaciones predominan los vientos suaves.

² Ver Anexo 4.

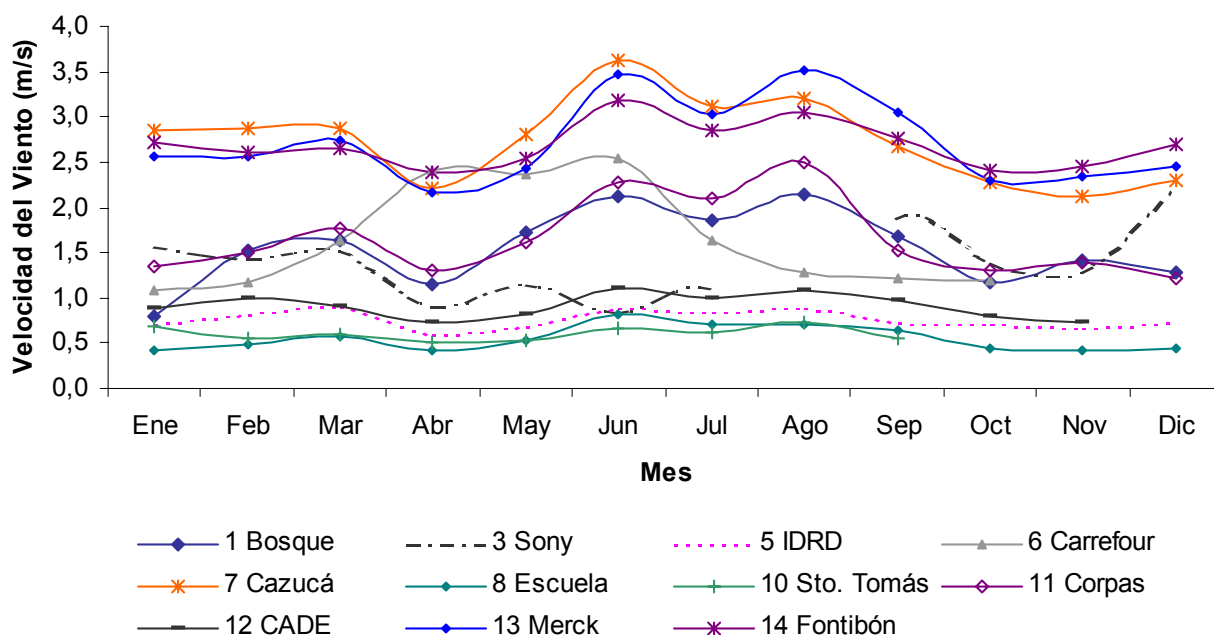


Figura 34. Comportamiento típico de la velocidad del viento por Estación, según las medias mensuales

El resumen de la intensidad media de los vientos, por mes, en se presenta en la Tabla 38. En los meses de octubre, noviembre y diciembre no se tomaron datos de vientos en la estación No. 10 Sto. Tomás, así como no se obtuvieron datos durante enero y febrero para la estación No. 6 Carrefour debido a fallas técnicas.

Tabla 38. Medias mensuales de velocidad del viento (m/s)

Sector	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque	0,8	1,5	1,6	1,1	1,7	2,1	1,8	2,1	1,7	1,2	1,4	1,3
	8 Escuela	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4
Centro	5 IDRD	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7
	10 Sto. Tomás	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6			
Suroccidente	3 Sony	1,6	1,4	1,5	0,9	1,2	0,8	1,1		1,9	1,4	1,3	2,2
	7 Cazucá	2,8	2,9	2,9	2,2	2,8	3,6	3,1	3,2	2,7	2,3	2,1	2,3
Norocci dente	6 Carrefour			1,1	1,2	1,6	2,4	2,4	2,5	1,6	1,3	1,2	1,2
	11 Corpas	1,3	1,5	1,8	1,3	1,6	2,3	2,1	2,5	1,5	1,3	1,4	1,2
	14 Fontibón	2,7	2,6	2,6	2,4	2,5	3,2	2,9	3,1	2,8	2,4	2,5	2,7
Centrocci dente	12 CADE	0,9	1,0	0,9	0,7	0,8	1,1	1,0	1,1	1,0	0,8	0,7	
	13 Merck	2,6	2,6	2,7	2,2	2,4	3,5	3,0	3,5	3,0	2,3	2,4	2,5

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

En observaciones de la superficie, la temperatura superficial se refiere principalmente al aire libre o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra.

Durante el año 2004, las estaciones No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), la No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) pertenecientes a la RMCAB, realizaron mediciones de temperatura en la ciudad durante casi todos los días del año y, a partir de octubre, la estación No. 5 IDR (Sector Central).

El registro máximo de temperatura superficial para el año 2004 se encontró en la estación No. 14 Fontibón con un valor de 33.1 °C el día viernes 06 de febrero a las 13:00 y la mínima temperatura superficial registrada fue de 0.5° C en la estación No. 11 Corpas el viernes 30 de enero a las 5:00. Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios mensuales se presentan en la Tabla 39.

Tabla 39. Temperaturas presentadas en el año 2004

Sector	Estación	Altura del Sensor (m)	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Promedio Año
			° C	Fecha	° C	Fecha	
Noroccidente	6 Carrefour	10,0	24,4	Nov, Jueves 11, 11:00	9,1	Jul, Jueves 29, 06:00	15,4
	11 Corpas	3,1	27,2	Dic, Miércoles 08, 15:00	0,5	Ene, Viernes 30, 06:00	13,8
	14 Fontibón	20,0	33,1	Feb, Viernes 06, 13:00	5,3	Feb, Jueves 05, 05:00	13,9
Centroccidente	13 Merck	26,1	23,0	Mar, Jueves 18, 14:00	6,6	Ene, Viernes 30, 07:00	14,5
Norte	8 Escuela	2,0	31,6	Ene, Viernes 30, 13:00	2,0	Ene, Lunes 26, 06:00	12,9
Centro	5 IDR	3,0	30,7	Oct, Viernes 15, 14:00	2,1	Oct, Sábado 16, 05:00	15,7

El comportamiento horario de la temperatura se describe en la Figura 35, en donde se observa que, por lo general, las 6 de la mañana es la hora del día con temperatura promedio más baja y la 1 de la tarde, la hora con mayor temperatura media.

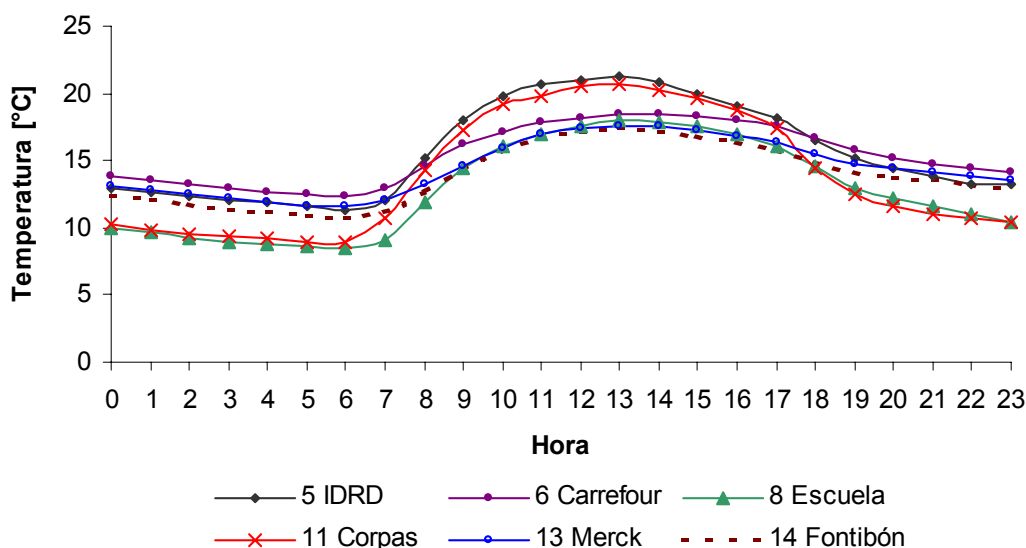


Figura 35. Promedios horarios de Temperatura Superficial

Los meses más calurosos fueron enero, mayo, octubre y noviembre, y los más fríos junio y julio como lo muestra la Figura 36. A excepción de los promedios de temperatura de los meses abril y junio, durante todo el año se presentaron temperaturas mensuales promedio más altas que las registradas históricamente para cada mes por la estación de Eldorado de propiedad del IDEAM³

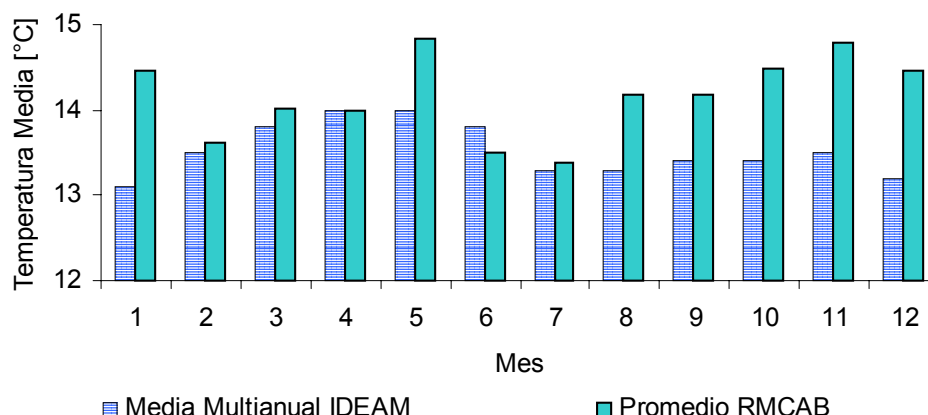


Figura 36. Temperatura media registrada en la RMCAB Vs. Temperatura Media multianual del IDEAM

El promedio de la temperatura superficial tomada en cada estación durante el 2004 se presenta en la Tabla 40 junto con la media multianual del IDEAM.

Tabla 40. Temperaturas Medias Mensuales por Estación

Mes	Estación						Media Multianual IDEAM	Promedio RMCAB
	5 IDRD	6 Carrefour	8 Escuela	11 Corpas	13 Merck	14 Fontibón		
1			12,8	17,2	14,2	13,7	13,1	14,5
2			12,8	12,9	14,7	14,1	13,5	13,6
3			13,3	13,1	15,2	14,6	13,8	14,0
4		15,1	13,1	13,0	14,7	14,1	14	14,0
5		18,2	13,2	13,4	14,9	14,4	14	14,8
6		15,2	12,2	12,5	14,0	13,6	13,8	13,5
7		15,1	12,0	12,2	14,1	13,5	13,3	13,4
8		15,3	12,2	15,8	14,0	13,6	13,3	14,2
9		15,4	12,3	15,2	14,3	13,7	13,4	14,2
10	15,4	15,6	12,8	14,9	14,5	13,8	13,4	14,5
11	15,9	16,1	14,3	13,6	14,7	14,1	13,5	14,8
12	15,7		13,6	14,6	14,6	14,0	13,2	14,5
Media	15,7	15,8	12,9	14,0	14,5	13,9		

³ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura, se observa que, en general, entre las 19:00 horas y las 7:00 del día siguiente se presenta un fenómeno de inversión térmica, como se muestra en la Figura 37. Esto significa que en ese período, la temperatura en la superficie del suelo es menor a la temperatura medida a mayor altura. En este caso, entre las 19:00 y las 7:00 del día siguiente, la temperatura a 2 metros es menor que la temperatura a 8 y a 20 metros de altura. Esta condición implica que el aire que está a nivel de superficie es más frío que el que está a 20 metros de altura, lo que no permite el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes del aire. Es decir, la contaminación que llega al aire en horas de la noche no puede ser dispersada fácilmente, lo que puede ocasionar un aumento en la concentración atmosférica.

Las inversiones térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de contaminantes porque producen una reducción del volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se dispersan, generando lo que se denomina Estabilidad Atmosférica. Este fenómeno consiste en tener una franja en la atmósfera donde la velocidad y dirección horizontal del viento son suaves y no se producen cambios notables en la temperatura del aire, lo cual evita el movimiento de dichas masas de aire, y por lo tanto, la dispersión de contaminantes.

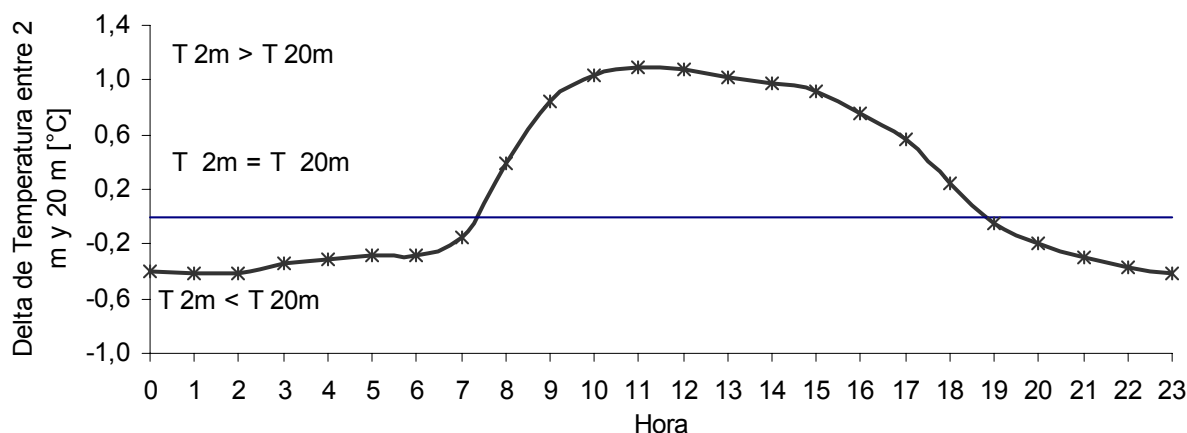


Figura 37. Diferencia de la temperatura a 20 metros con respecto a la temperatura a 2 m de altura

2.4 RADIACIÓN SOLAR

Es una medida de intensidad de la radiación solar al alcanzar una superficie horizontal. Esta irradiación incluye el componente directo del sol y el componente reflejado desde el resto del cielo. Las lecturas de radiación solar dan una medida de la cantidad de radiación solar que llega al sensor de radiación solar a cualquier hora.

En la estación No. 8 Escuela (Sector Norte) se encuentra el sensor de medición de radiación solar a partir del cual se han tomado los datos entre las 5:00 y las 19:00, horas en las que se registra radiación solar en Colombia.

En la Figura 38 se muestra el promedio de la radiación horaria para el año 2004 con los máximos de cada hora. Entre 5:00 y 6:00 la radiación solar se puede considerar inexistente, a partir de las 8:00 ésta se incrementa hasta las 10:00, conservando valores altos hasta las 14:00. A partir de esa hora la radiación empieza a descender hasta llegar a cero a las 19:00.

La radiación máxima medida en el año 2004 fue de 1296 W-h/m² el miércoles 22 de septiembre a las 13:00, seguida de la registrada el lunes 08 de marzo a las 13:00. El mes con mayor radiación promedio fue noviembre mientras que abril y mayo fueron los meses con menor radiación media. En la Tabla 41 se muestra el promedio de radiación mensual y el máximo ocurrido para el mes.

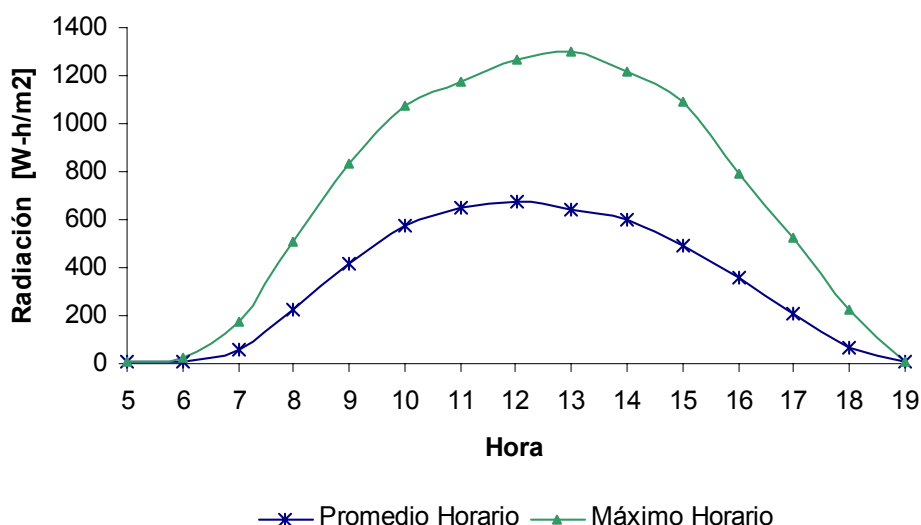


Figura 38. Promedios y máximos horarios de radiación solar

Tabla 41. Promedios y máximos mensuales de radiación en la estación No. 8 Escuela

Mes	Promedio [W-h/m ²]	Máximo [W-h/m ²]	Día del Máximo
1	394	1246	Viernes 30, 13:00
2	373	1184	Martes 10, 14:00
3	357	1275	Lunes 8, 13:00
4	302	1097	Martes 20, 11:00
5	292	1135	Lunes 31, 11:00
6	352	1236	Lunes 21, 13:00
7	344	1193	Sábado 10, 12:00
8	318	1162	Domingo 22, 11:00
9	336	1296	Miércoles 22, 13:00
10	301	1090	Lunes 25, 11:00
11	421	792	Jueves 11, 14:00
12	376	791	Martes 14, 14:00

Se observó que, por lo general, las horas con mayor radiación solar fueron las 11:00 y las 12:00 aunque los máximos horarios se presentaron a las 13:00. En la Tabla 42 se presentan los valores de los promedios horarios y de los máximos correspondientes.

Tabla 42. Máximos y promedios horarios de radiación solar

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Promedio [W-h/m ²]	6	9	62	224	418	571	650	674	642	597	492	356	208	64	7
Máximo Horario [W-h/m ²]	7	21	176	510	835	1079	1175	1265	1296	1220	1089	793	526	221	10

2.5 HUMEDAD RELATIVA

Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes. La humedad por si sola se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Sin embargo, la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía según la temperatura y la presión. La humedad relativa considera estos factores y ofrece una lectura de humedad que refleja la cantidad de vapor de agua como un porcentaje de la cantidad de vapor de agua que el aire es capaz de contener. La humedad relativa, además, no es realmente una medida de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, sino una relación del vapor de agua contenido según su capacidad.

En la estación No. 8 Escuela (Sector Norte) se encuentra el sensor de humedad relativa del cual se realiza el análisis de variación horaria. En el año 2004 no se tomaron datos de humedad relativa de los meses de noviembre y diciembre.

La máxima humedad relativa media se presentó, por lo general, a las 6:00 y la mínima humedad relativa media se presentó a las 13:00. En la Figura 39 se puede observar que el porcentaje de humedad relativa disminuye a partir de las 8:00, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial y aumenta desde las 15:00, cuando la temperatura superficial comienza a descender. Los promedios horarios y los porcentajes máximo y mínimo de humedad relativa en cada hora se presentan en la Tabla 43.

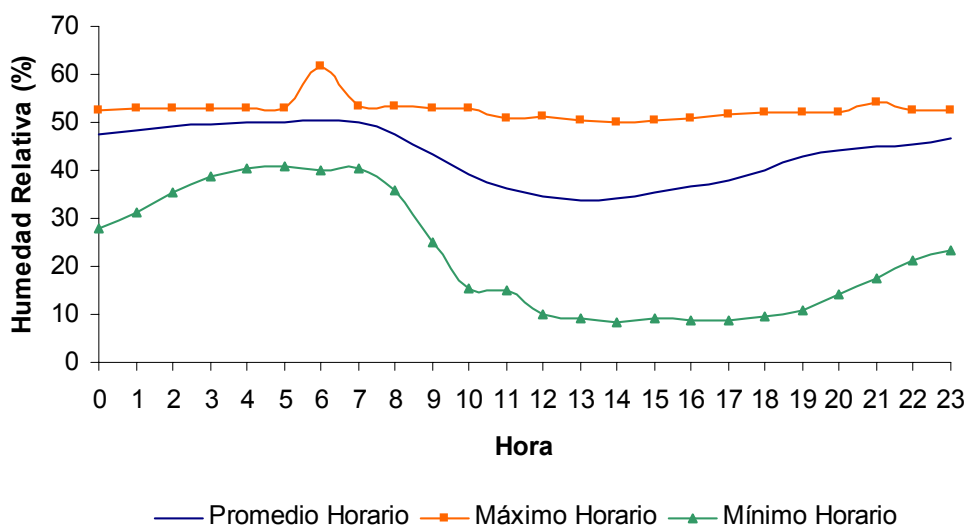


Figura 39. Comportamiento horario de la humedad relativa en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

Tabla 43. Datos horarios de humedad relativa en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte)

Hora	Promedio Horario (%)	Máximo Horario (%)	Mínimo Horario (%)	Hora	Promedio Horario (%)	Máximo Horario (%)	Mínimo Horario (%)
0	47,4	52,5	27,9	12	34,7	51,1	10,2
1	48,3	52,8	31,2	13	33,9	50,4	9,2
2	49,0	53	35,6	14	34,3	50	8,5
3	49,5	53	38,8	15	35,4	50,3	9,1
4	49,9	53	40,4	16	36,6	50,8	8,9
5	50,1	53	41	17	37,9	51,7	8,7
6	50,4	61,7	40	18	40,1	51,9	9,6
7	50,0	53,2	40,5	19	42,8	51,9	10,8
8	47,5	53,2	36	20	44,1	52,1	14
9	43,4	53,1	24,9	21	44,9	54,1	17,4
10	39,3	52,8	15,6	22	45,5	52,3	21,1
11	36,4	50,7	15	23	46,5	52,5	23,2

Los meses de abril y mayo de 2004 tuvieron, en promedio, la mayor humedad relativa mientras que enero y febrero la menor. En la Tabla 44 se presenta la humedad relativa promedio, el máximo y el mínimo de cada mes de 2004.

Tabla 44. Humedad relativa mensual

Mes	Promedio Mensual (%)	Máximo Mensual (%)	Mínimo Mensual (%)
1	43,3	61,7	12,4
2	41,2	53,2	8,5
3	41,1	53,1	9,5
4	45,0	53,1	21,8
5	45,2	53	30,4
6	43,0	52,5	21,7
7	43,2	53	26,5
8	42,4	52,1	29,6
9	43,5	52,9	25,5
10	44,7	53	25

2.6 PRESIÓN BAROMÉTRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local.

La estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) registró datos de presión barométrica desde mayo a diciembre de 2004. La estación No. 8 Escuela (Sector Norte) registró datos desde enero a octubre de 2004.

El promedio de presión barométrica en la estación No. 6 Carrefour durante el año fue de 557 mmHg (743 hPa) con un máximo de 577,2 mmHg (770 hPa) que se presentó el miércoles 2 de noviembre. En la estación No. 8 Escuela se registró un promedio anual de 563,4 mmHg (751,6 hPa) y un máximo de 566 mmHg (755 hPa) el día 01 de septiembre.

En la Tabla 45 se presentan los máximos valores de presión barométrica registrados en cada hora y los promedios anuales, por hora, de los registros de presión barométrica.

Tabla 45. Máximos horarios y promedios horarios de radiación durante el año de 2004

Hora	Máximos horarios Carrefour (mmHg)	Promedios horarios Carrefour (mmHg)	Hora	Máximos horarios Escuela (mmHg)	Promedios horarios Escuela (mmHg)
0	564,3	555,4	0	565,7	564,0
1	563,2	555,0	1	565,3	563,7
2	563,0	554,5	2	564,8	563,3
3	562,4	554,2	3	564,6	563,0

4	562,2	553,8
5	562,6	553,6
6	560,0	553,3
7	559,6	553,2
8	562,6	553,7
9	567,7	555,1
10	574,7	557,1
11	577,1	559,1
12	565,9	560,0
13	575,0	560,6
14	571,1	560,5
15	577,2	560,4
16	572,9	560,2
17	567,8	559,9
18	572,1	559,7
19	570,2	558,8
20	571,5	557,9
21	562,7	557,0
22	562,3	556,4
23	561,8	555,8

4	564,6	563,0
5	564,8	563,1
6	564,9	563,3
7	565,3	563,7
8	565,7	564,1
9	566,1	564,4
10	566,2	564,4
11	566,0	564,3
12	565,7	563,9
13	565,4	563,4
14	564,7	562,9
15	564,3	562,4
16	564,2	562,2
17	564,2	562,2
18	564,3	562,5
19	564,7	562,9
20	565,1	563,4
21	565,6	563,9
22	565,8	564,2
23	565,7	564,2

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]

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

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

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m³) se aplicará la siguiente ecuación:

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

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

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

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

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

24.466 = Volumen de una kmol en m³/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Monitoreo: En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un periodo 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, 8 horas).

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

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

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

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

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

Donde:

G = Promedio geométrico

X₁, X₂, X₃,X_n = 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 producidos 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 en la presente resolución son:

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

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

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

µg/m³: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

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

ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMAS DE CAJAS

A continuación se presentan los diagramas de cajas por mes y por día de la semana, de las concentraciones de PM10 y PST, promedios 24 horas para cada estación de la RMCAB. En las figuras el mes 1 corresponde A enero, el 2 a febrero, etc. El día 1 corresponde al lunes, el 2 al martes, etc. Las concentraciones se presentan en microgramos por metro cúbico. El número de datos analizados se muestra en la parte inferior del la figura. En los casos en los cuales no se recuperaron datos para un mes específico no se incluye en los diagrama de cajas.

DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS 24 HORAS

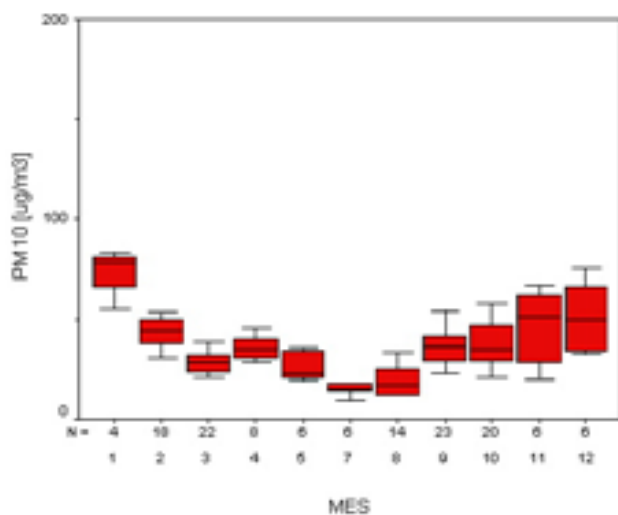


Figura A1.1. Diagrama de cajas por mes.
 Concentraciones de PM10 promedios 24 horas.
 Estación BOSQUE.

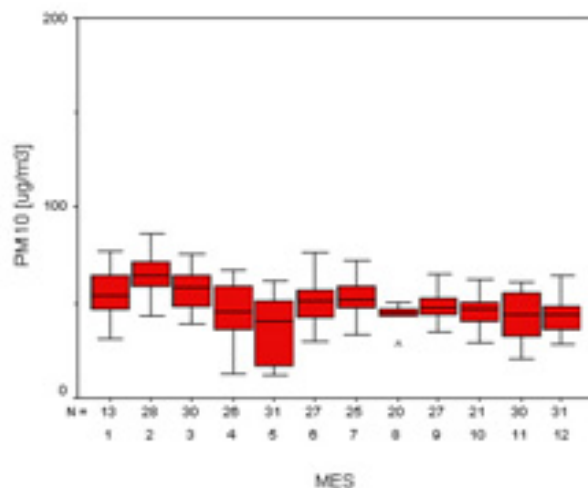


Figura A1.2. Diagrama de cajas por mes.
 Concentraciones de PM10 promedios 24 horas.
 Estación SONY.

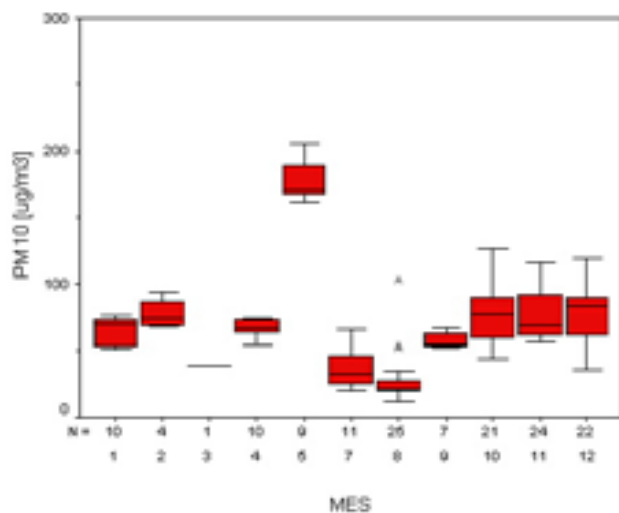


Figura A1.3. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación IDR.

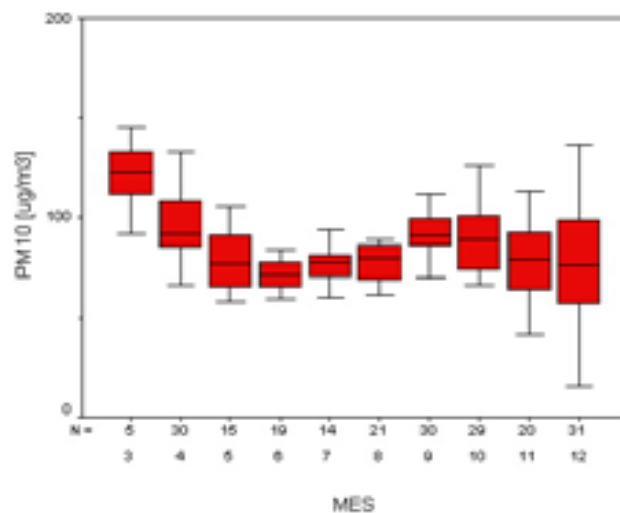


Figura A1.4. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación CARREFOUR.

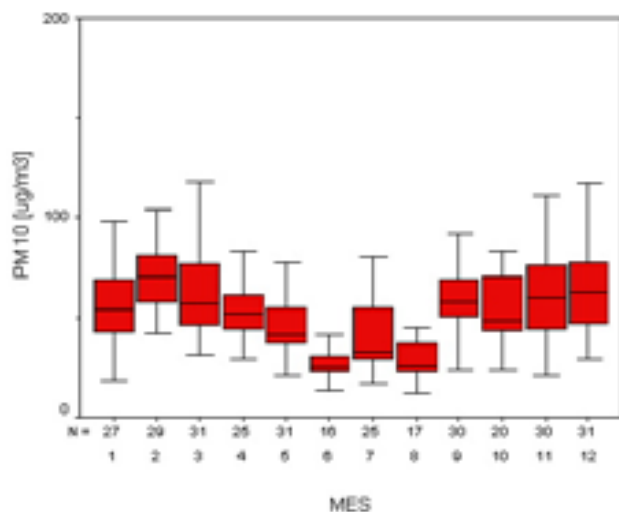


Figura A1.5. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación CAZUCA.

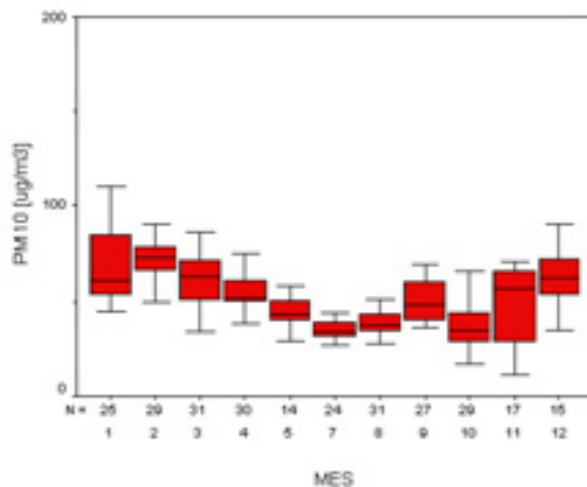


Figura A1.6. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación ESCUELA DE INGENIERÍA.

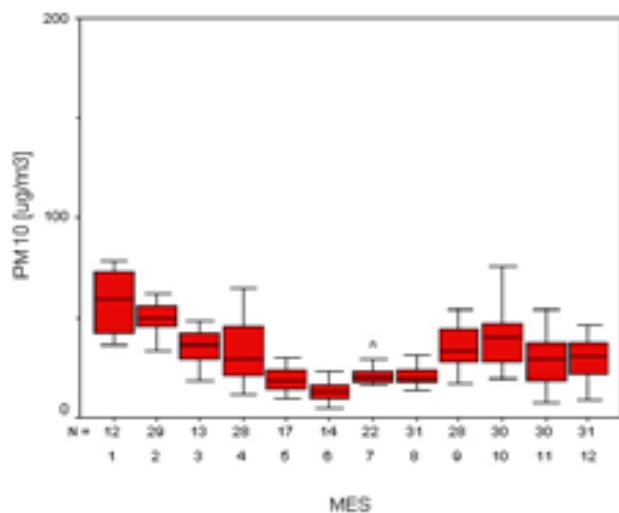


Figura A1.7. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación SANTO TOMAS

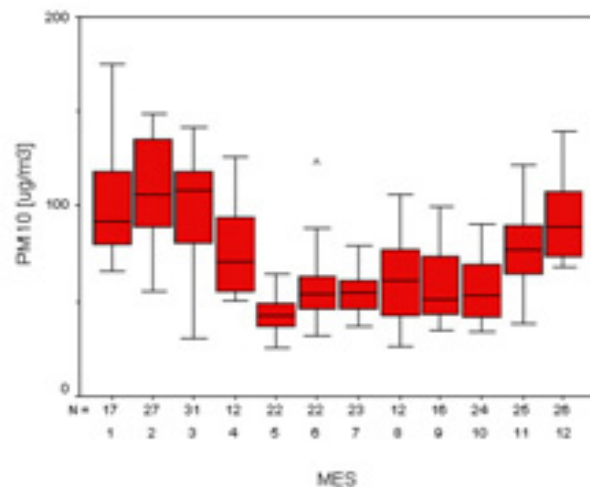


Figura A1.8. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación CORPAS

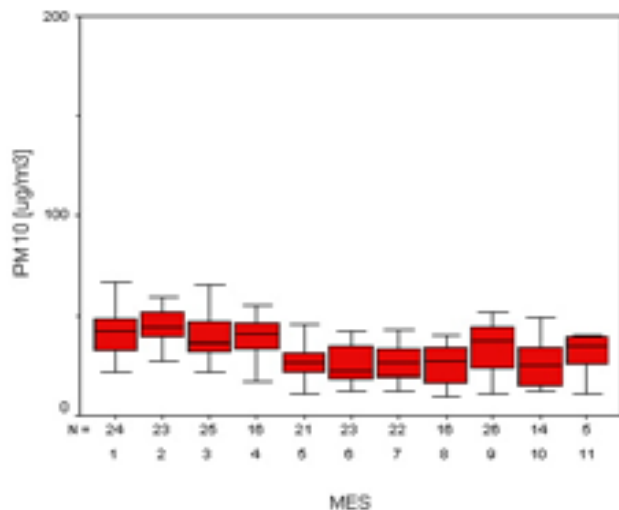


Figura A1.9. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación CADE

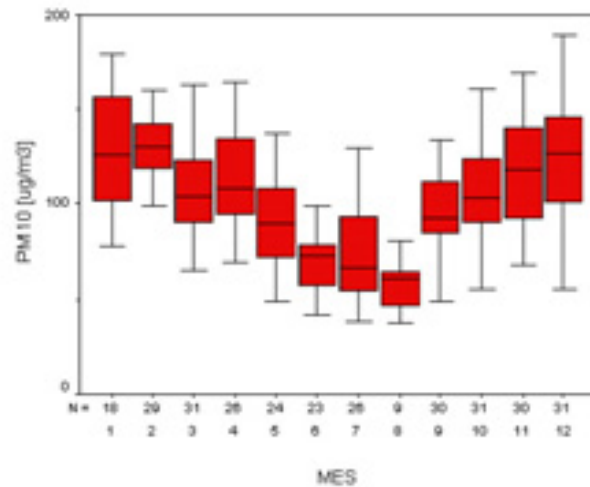


Figura A1.10. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PM10 promedios 24 horas. Estación MERCK

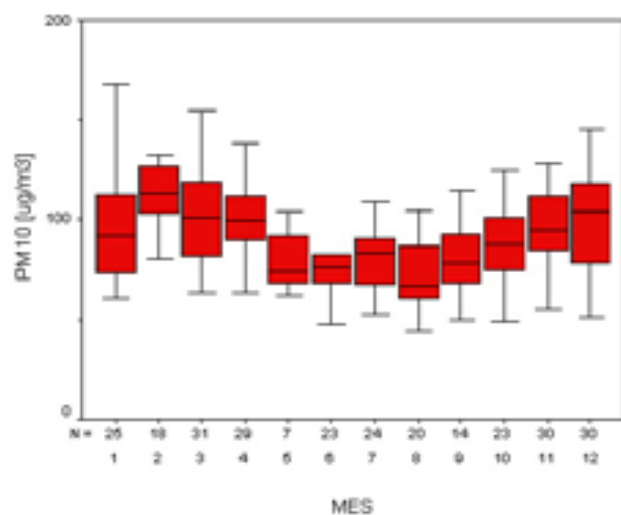


Figura A1.11. Diagrama de cajas por mes.
 Concentraciones de PM10 promedios 24 horas.
 Estación FONTIBON

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIO DIARIO POR DIA DE LA SEMANA

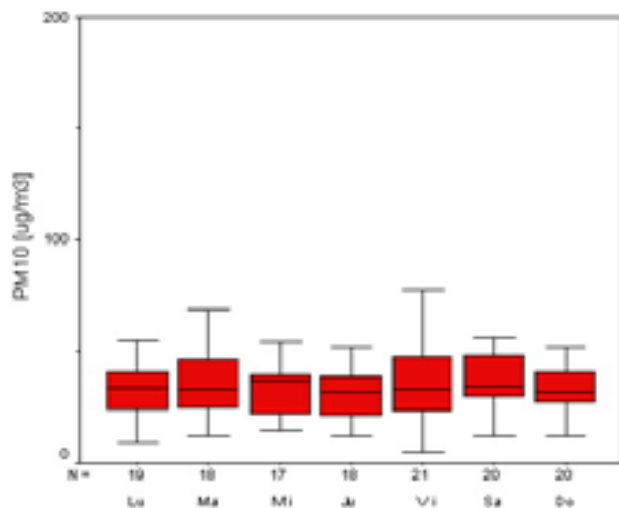


Figura A1.12. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación BOSQUE.

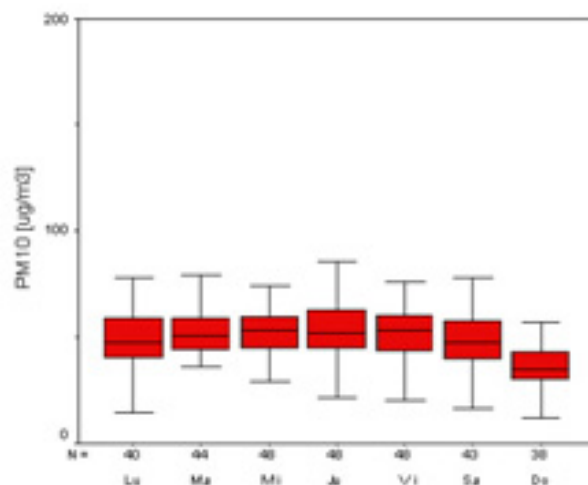


Figura A1.13. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación SONY.

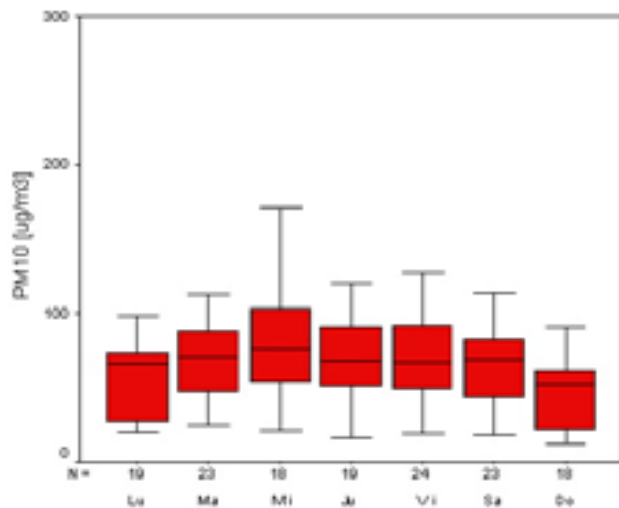


Figura A1.14. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación IDR2.

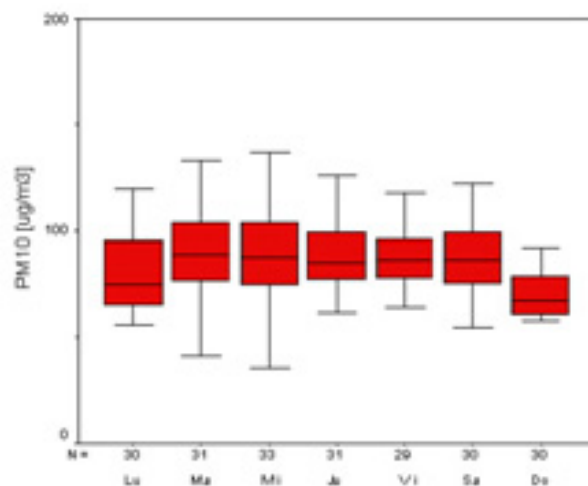


Figura A1.15. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CARREFOUR.

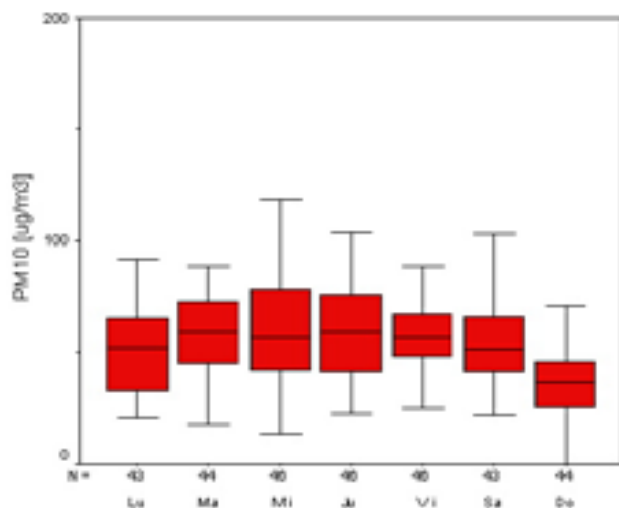


Figura A1.16. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CAZUCA.

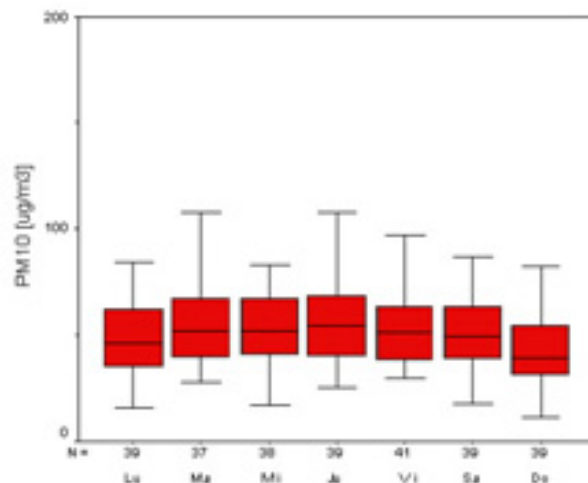


Figura A1.17. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación ESCUELA.

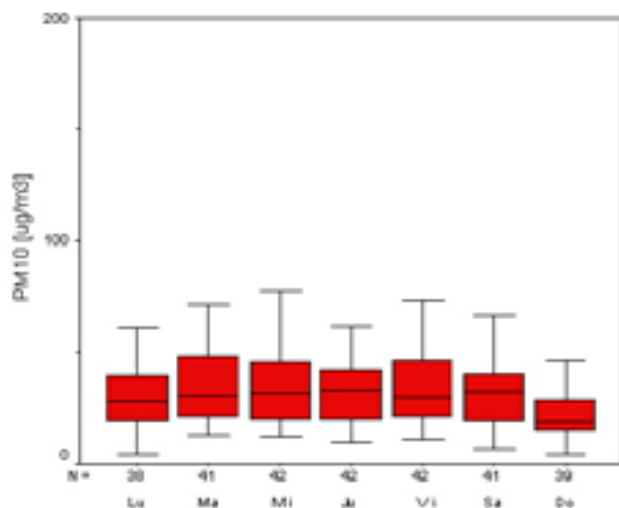


Figura A1.18. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación STO. TOMAS.

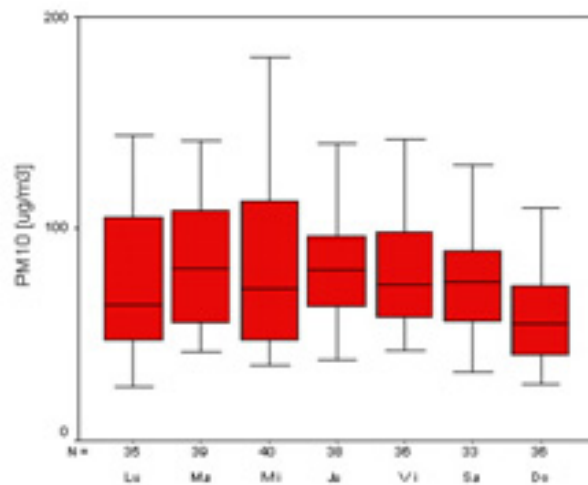


Figura A1.19. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CORPAS.

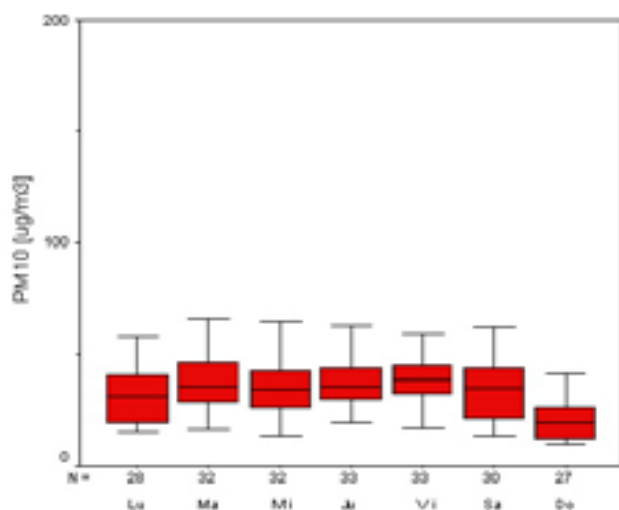


Figura A1.20. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CADE.

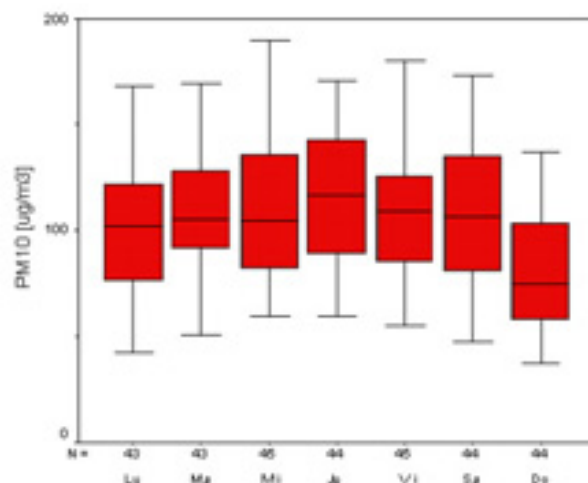


Figura A1.21. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación MERCK.

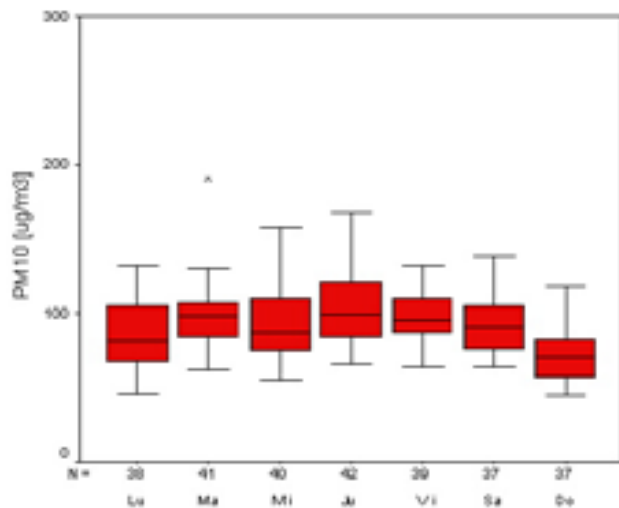


Figura A1.22. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación FONTIBON.

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO

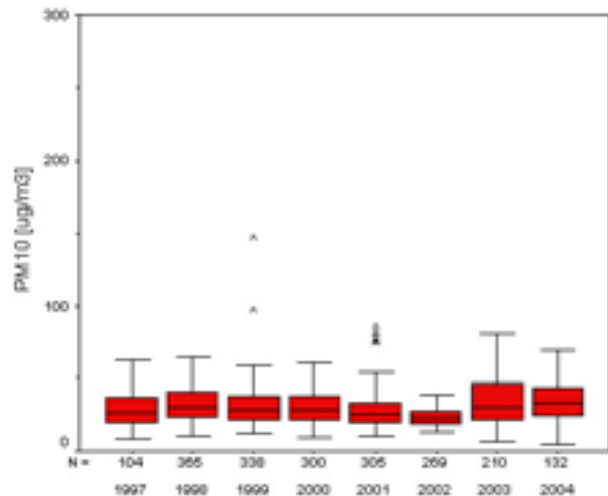


Figura A1.23. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación BOSQUE.

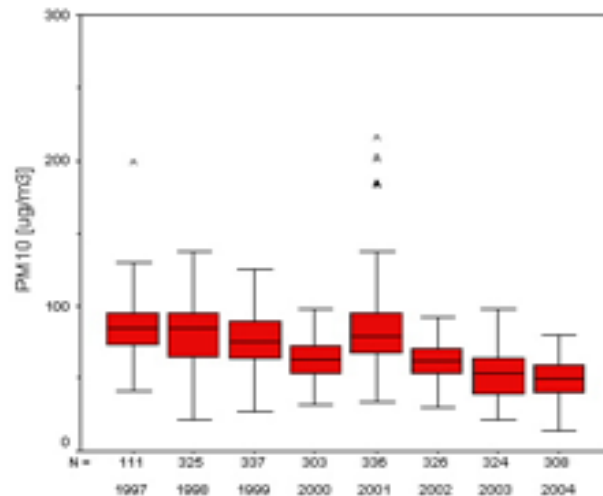


Figura A1.24. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación SONY.

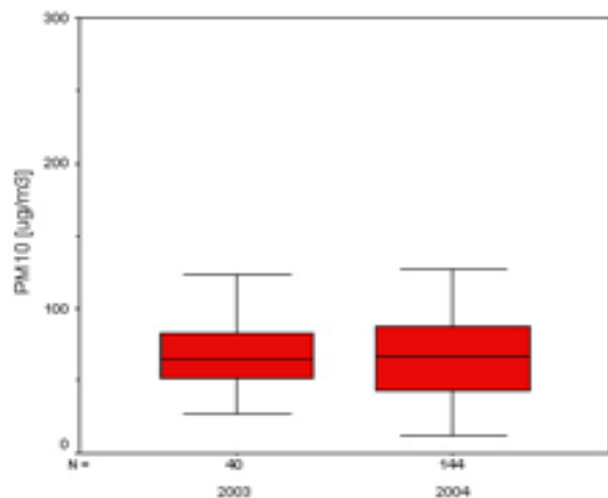


Figura A1.25. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación IDRD.

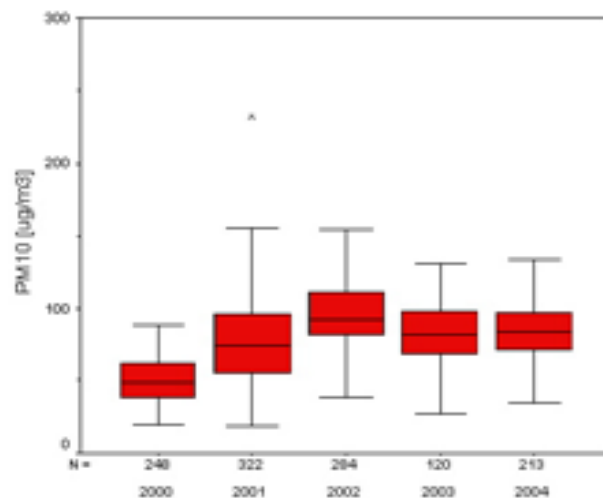


Figura A1.26. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CARREFOUR.

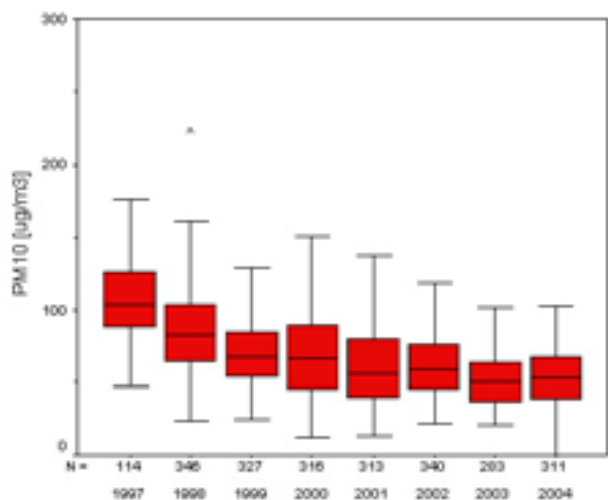


Figura A1.27. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CAZUCÁ.

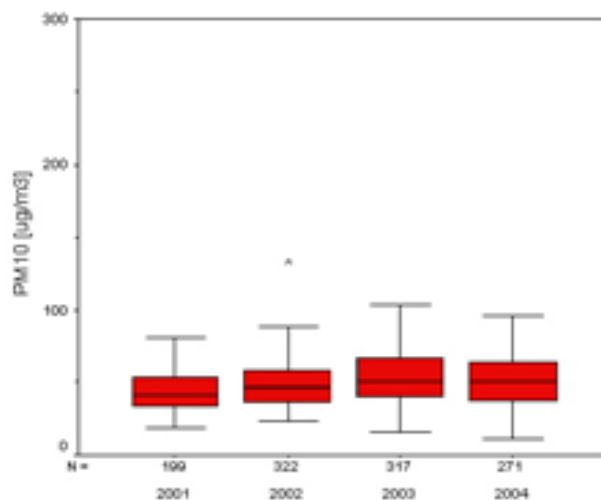


Figura A1.28. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación ESCUELA.

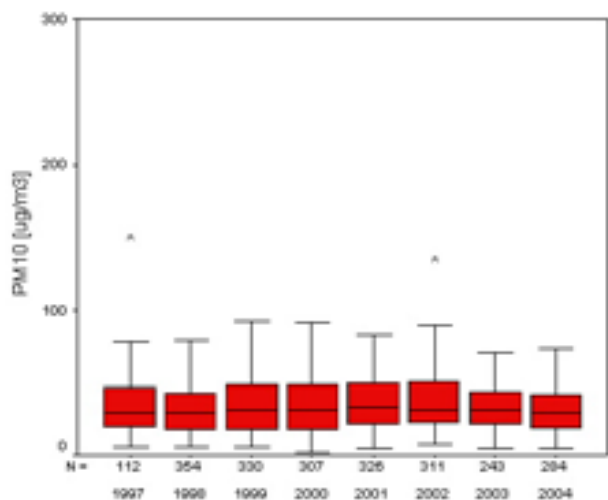


Figura A1.29. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación STO. TOMAS.

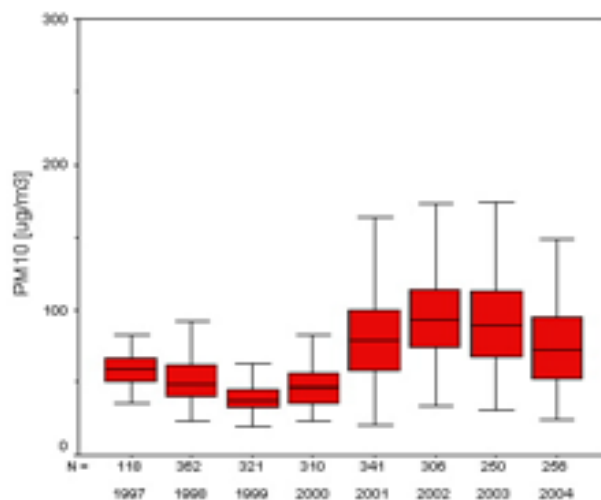


Figura A1.30. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CORPAS.

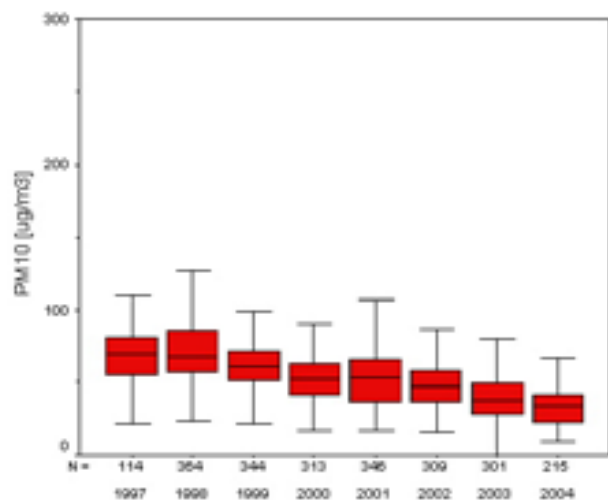


Figura A1.31. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación CADE.

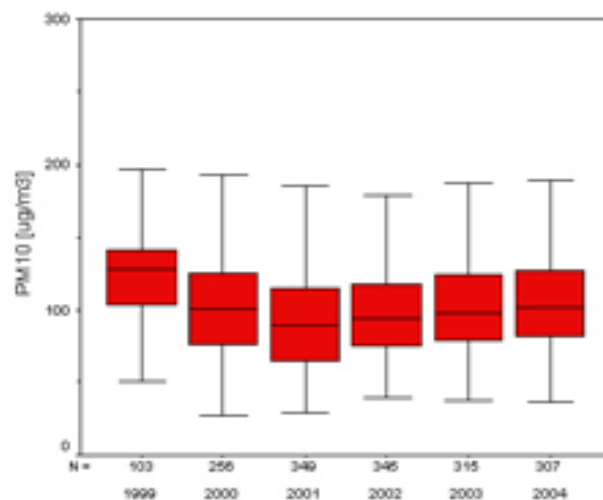


Figura A1.32. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación MERCK.

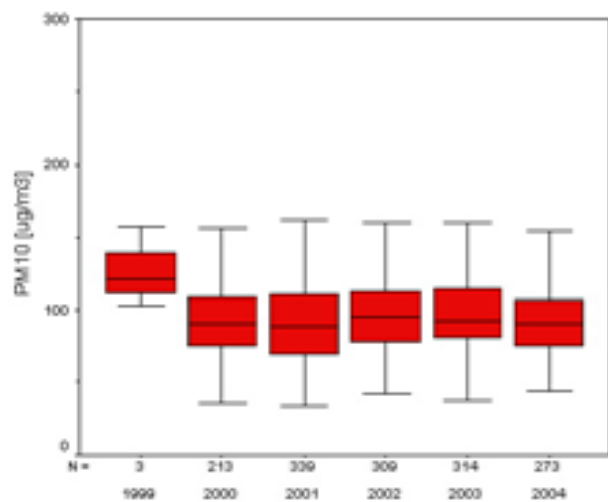


Figura A1.33. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PM10 promedio diario. Estación FONTIBON.

DIAGRAMAS DE CAJAS POR MES CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS

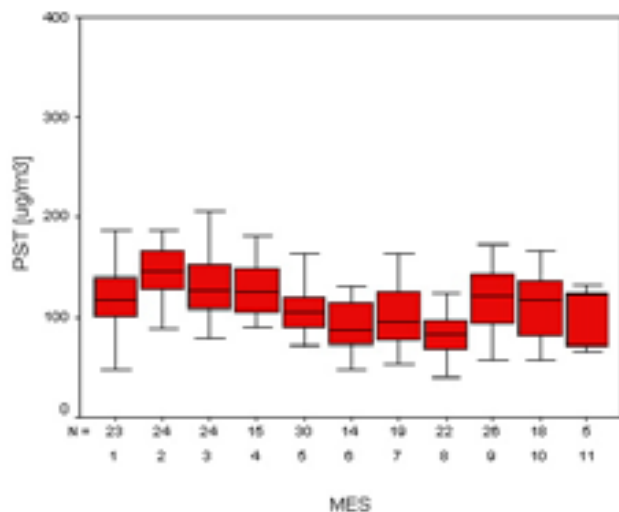


Figura A1.34. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios diarios. Estación CADE.

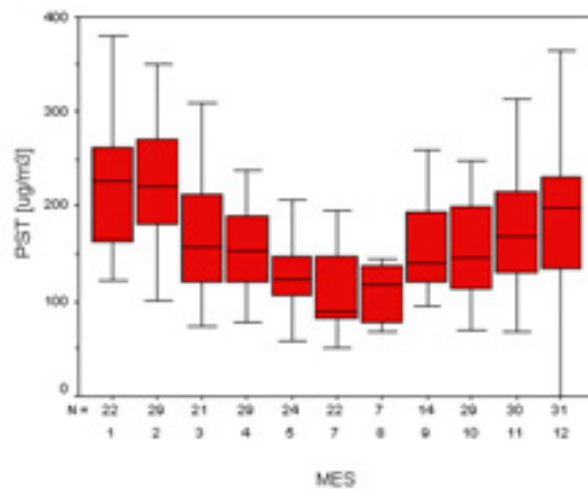


Figura A1.35. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios 24 horas. Estación CAZUCA.

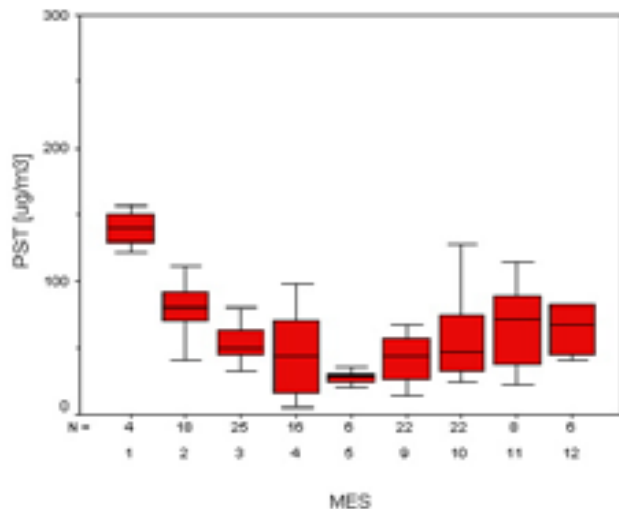


Figura A1.36. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios diarios. Estación BOSQUE.

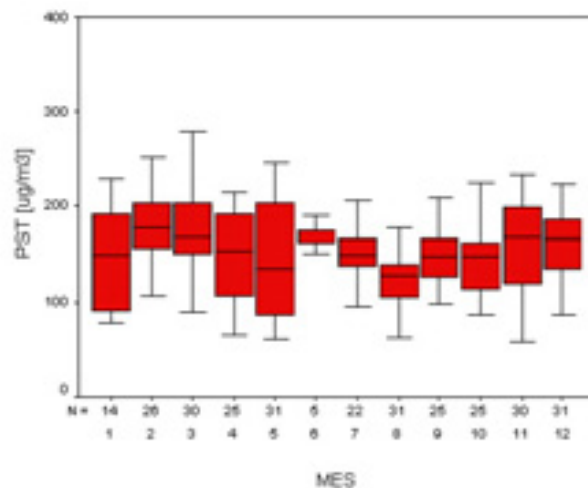


Figura A1.37. Diagrama de cajas por mes. Concentraciones de PST promedios diarios. Estación SONY.

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIO DIARIOS POR DIA DE LA SEMANA

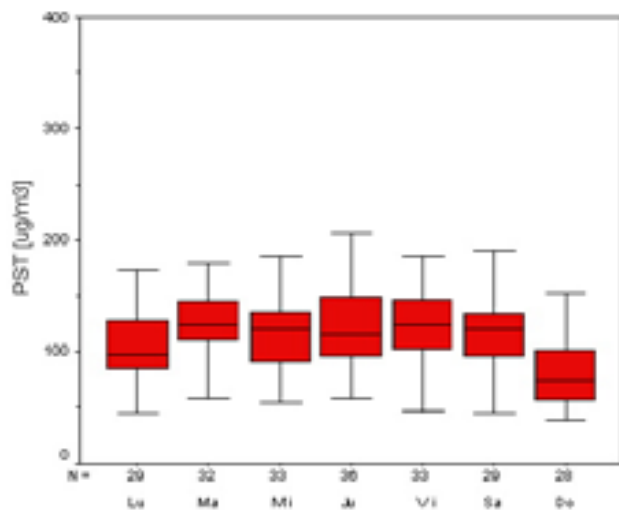


Figura A1.38. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación CADE.

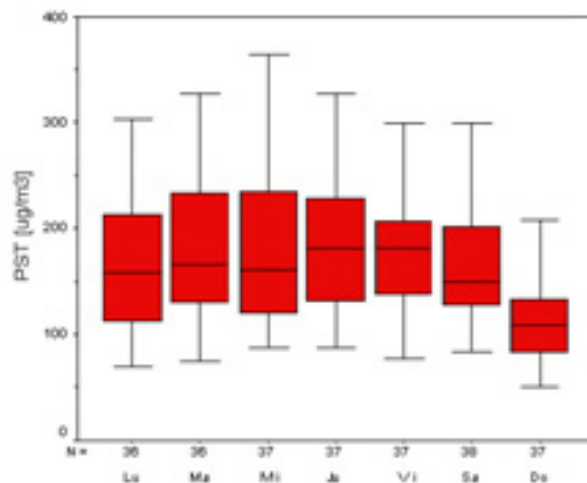


Figura A1.39. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación CAZUCA.

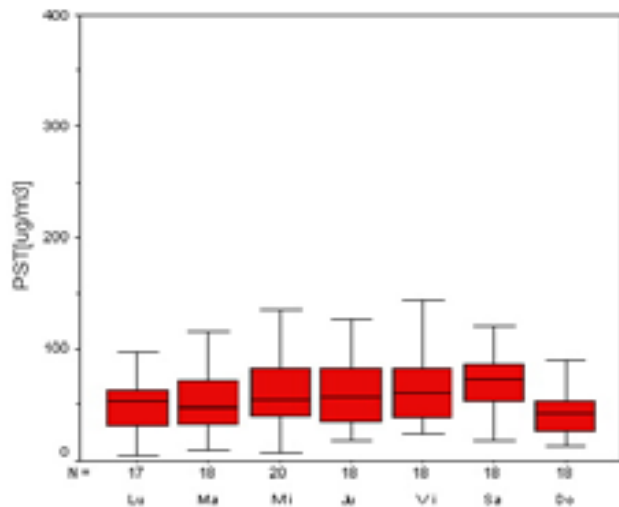


Figura A1.40. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación BOSQUE.

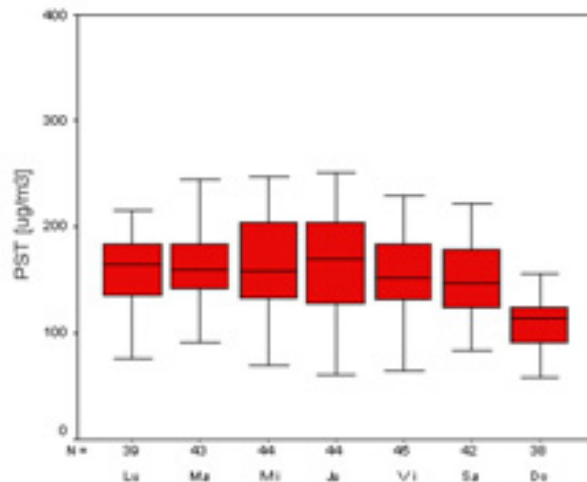


Figura A1.41. Diagrama de cajas por día de la semana. Concentraciones de PST promedio 24 horas. Estación SONY.

DIAGRAMAS DE CAJAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS DIARIOS POR AÑO

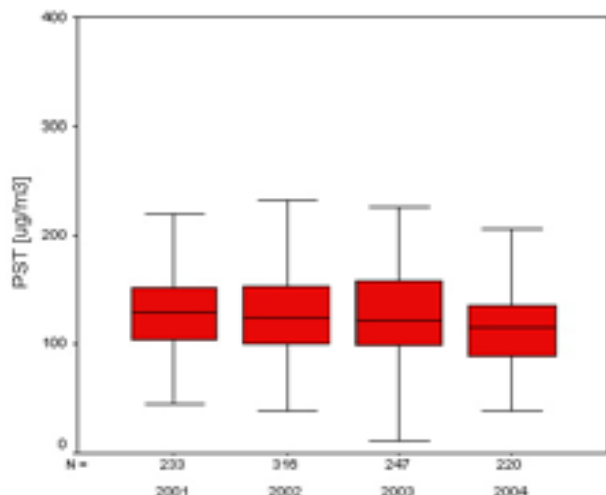


Figura A1.42. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación CADE.

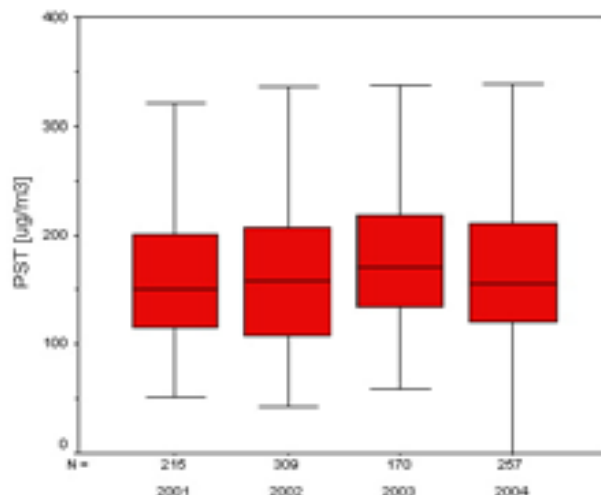


Figura A1.43. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación CAZUCÁ.

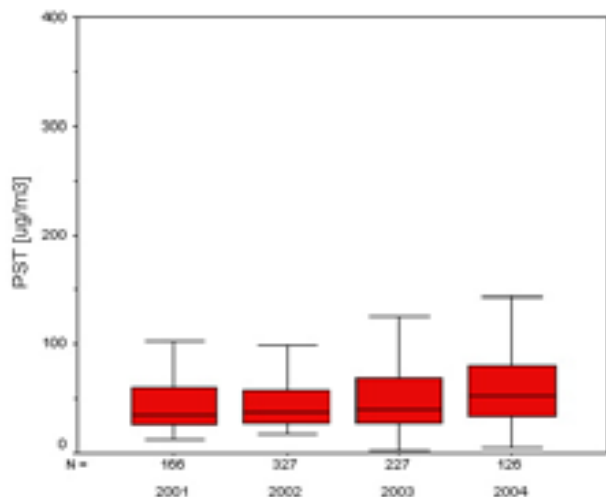


Figura A1.33. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación BOSQUE.

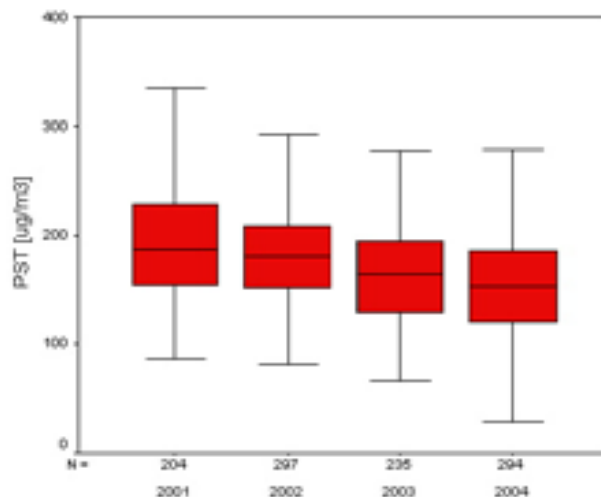


Figura A1.34. Diagrama de cajas por año. Concentraciones de PST promedio diario. Estación SONY.

ANEXO 2. MAPAS DE VIENTO

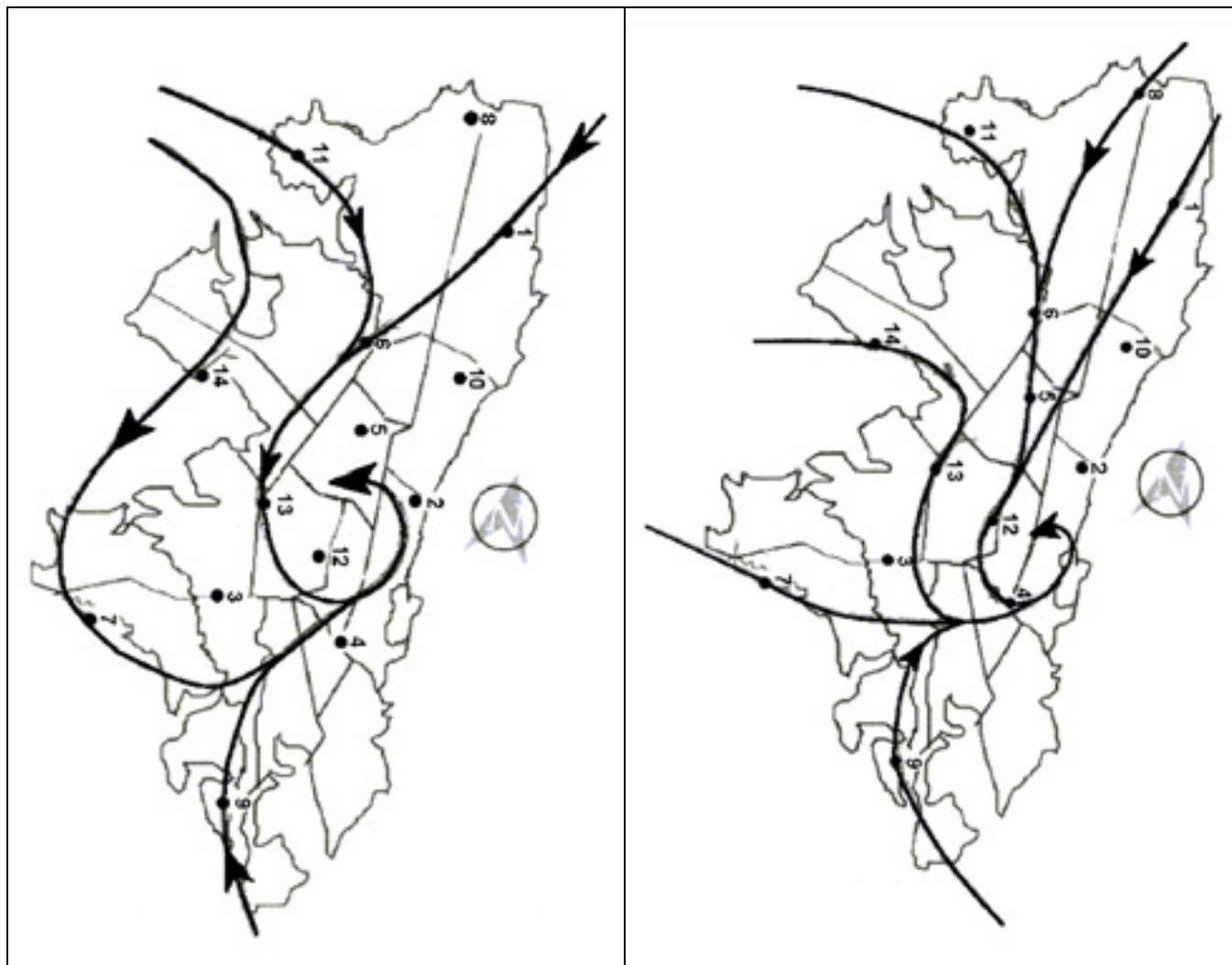


Figura A2.4. Mapas de líneas de viento del mes de julio de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

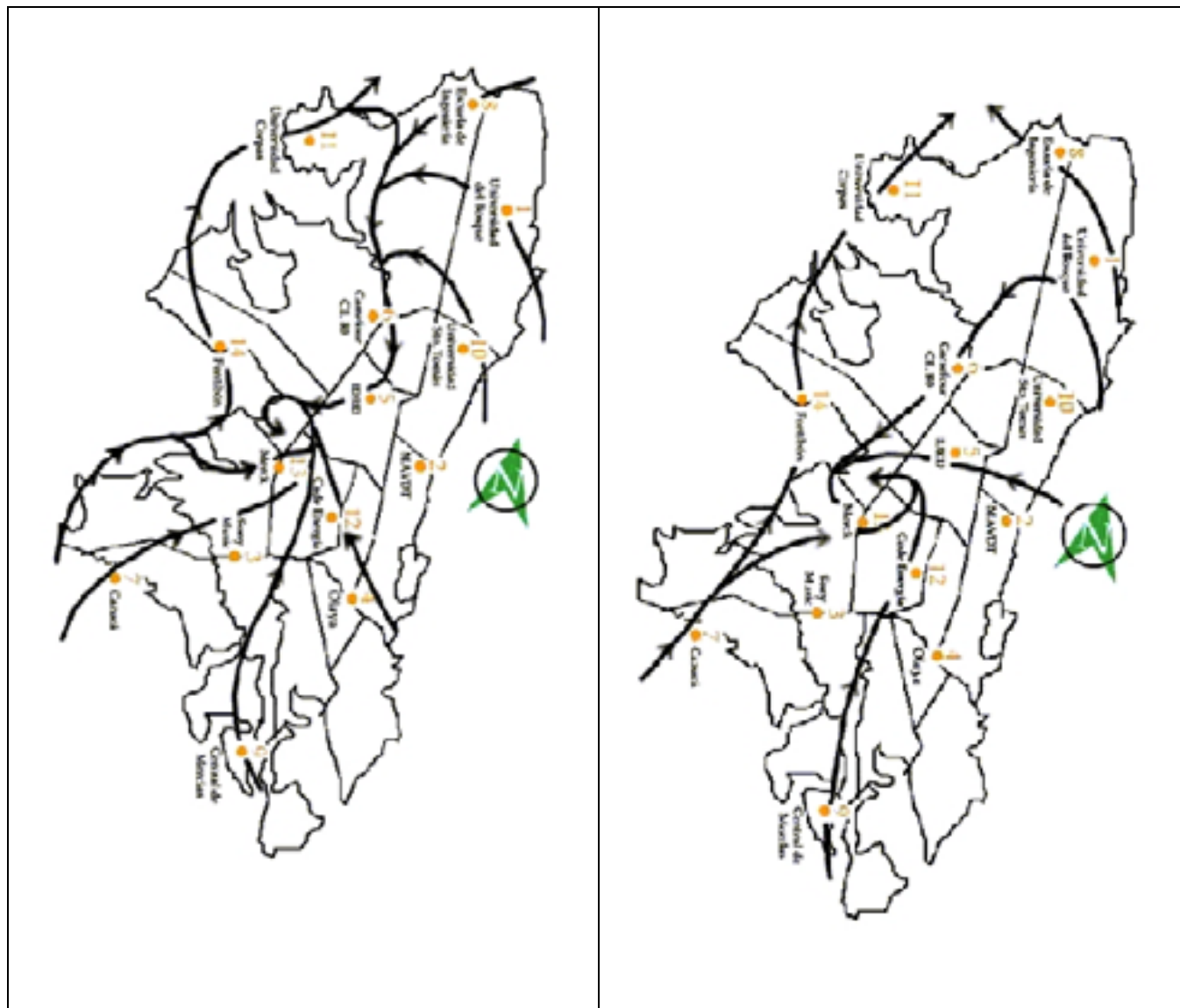


Figura A2.4. Mapas de líneas de viento del mes de agosto de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

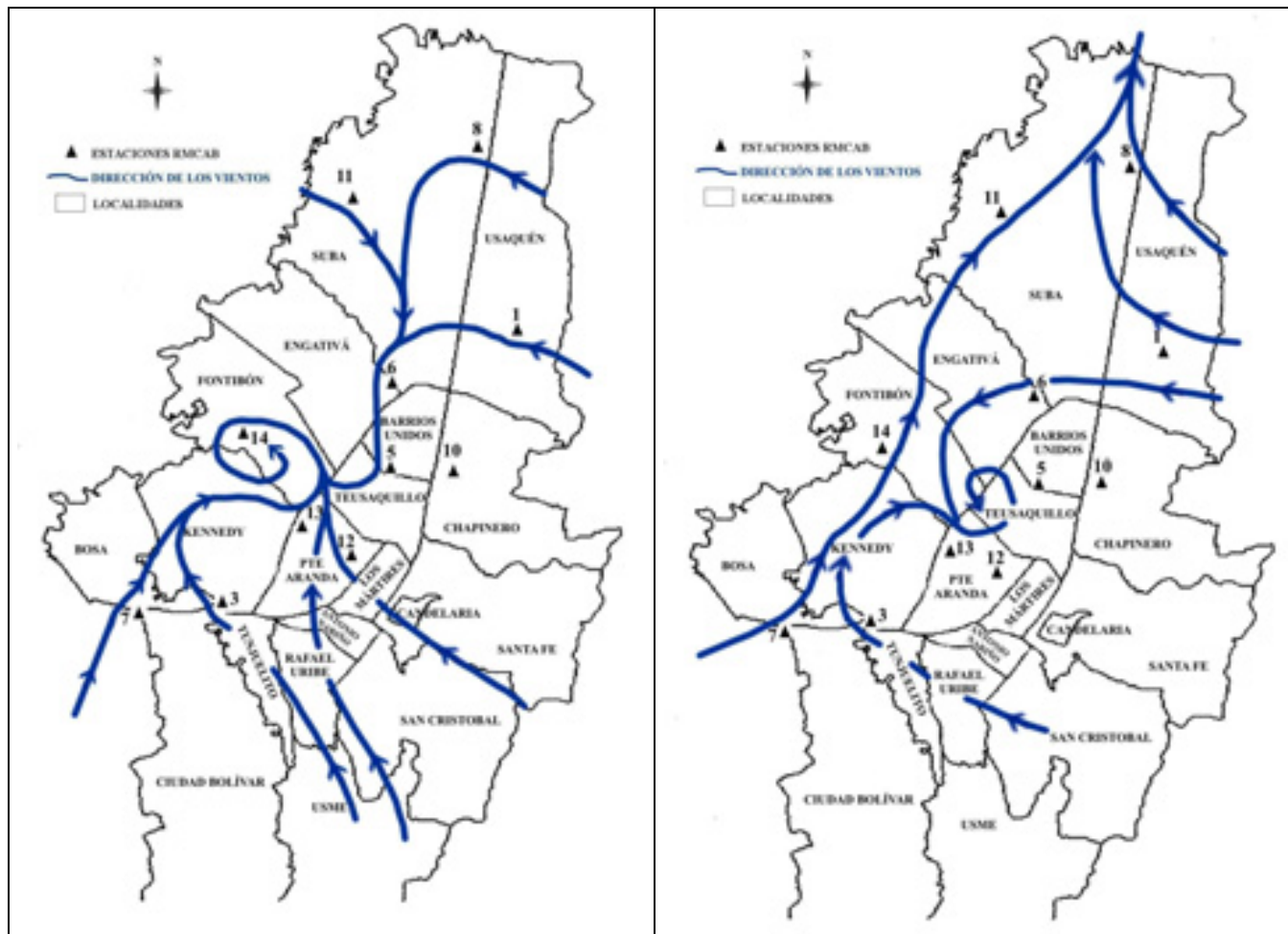


Figura A2.1. Mapas de líneas de viento del mes de septiembre de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

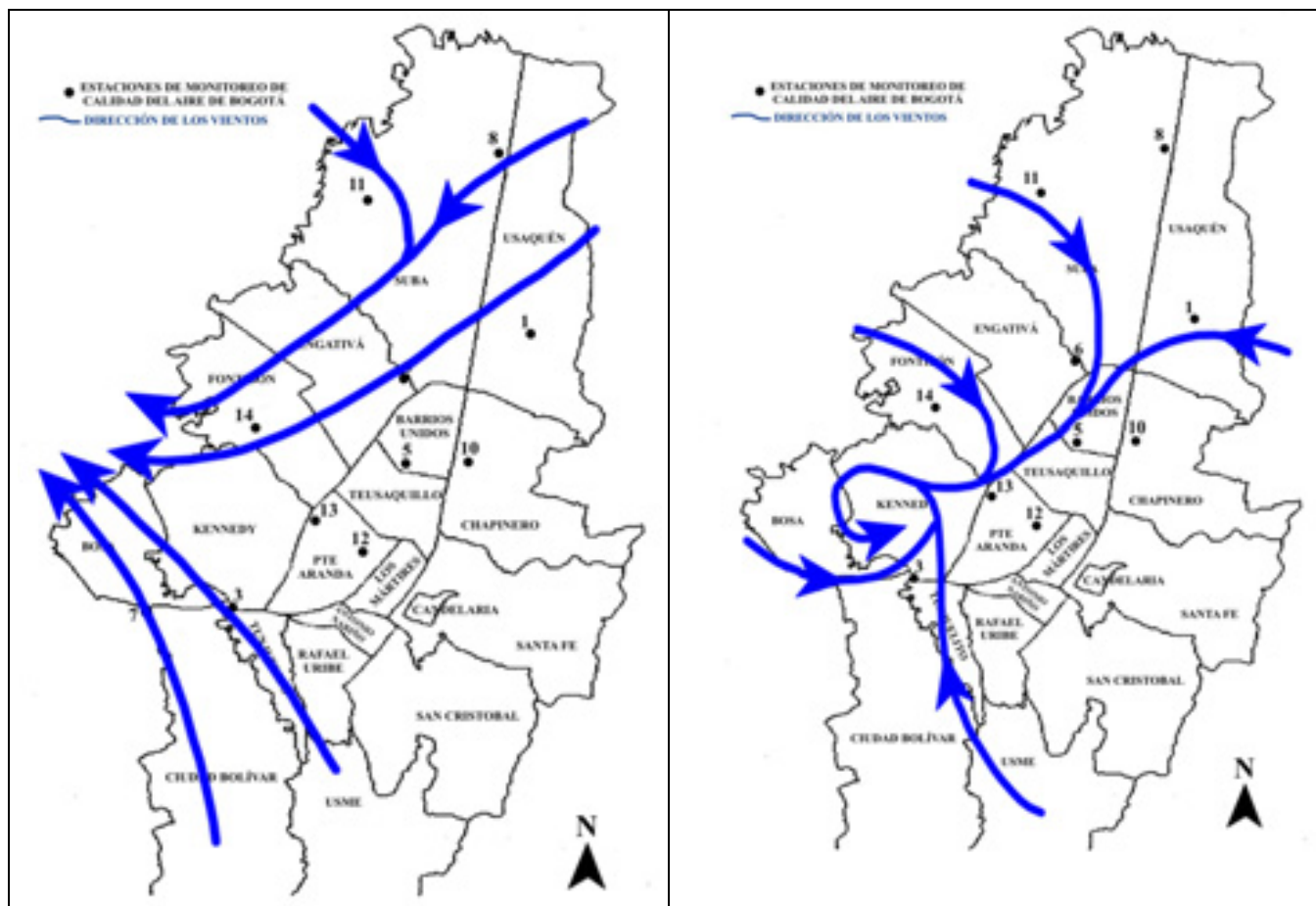


Figura A2.1. Mapas de líneas de viento del mes de octubre de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

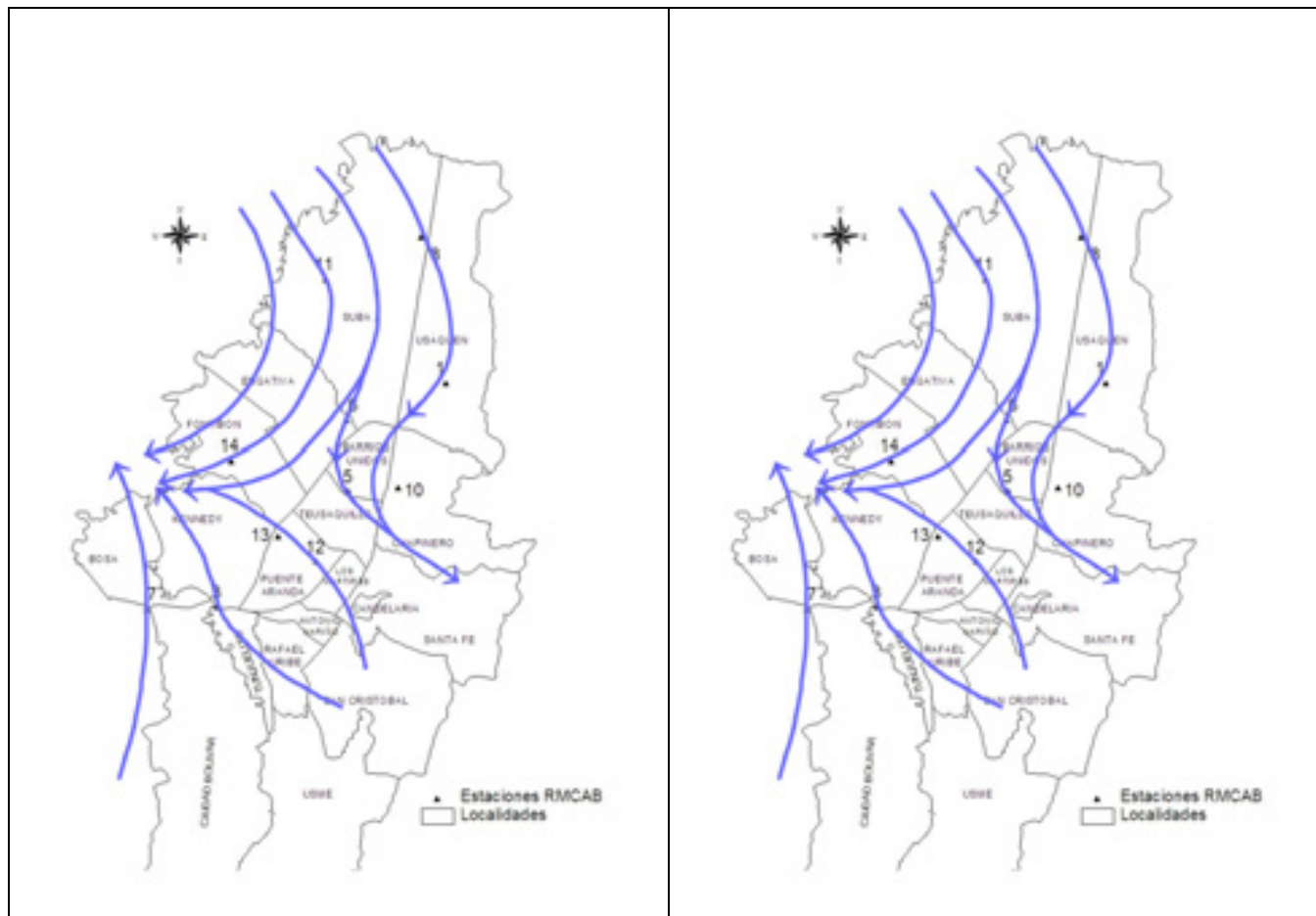


Figura A2.3. Mapas de líneas de viento del mes de noviembre de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

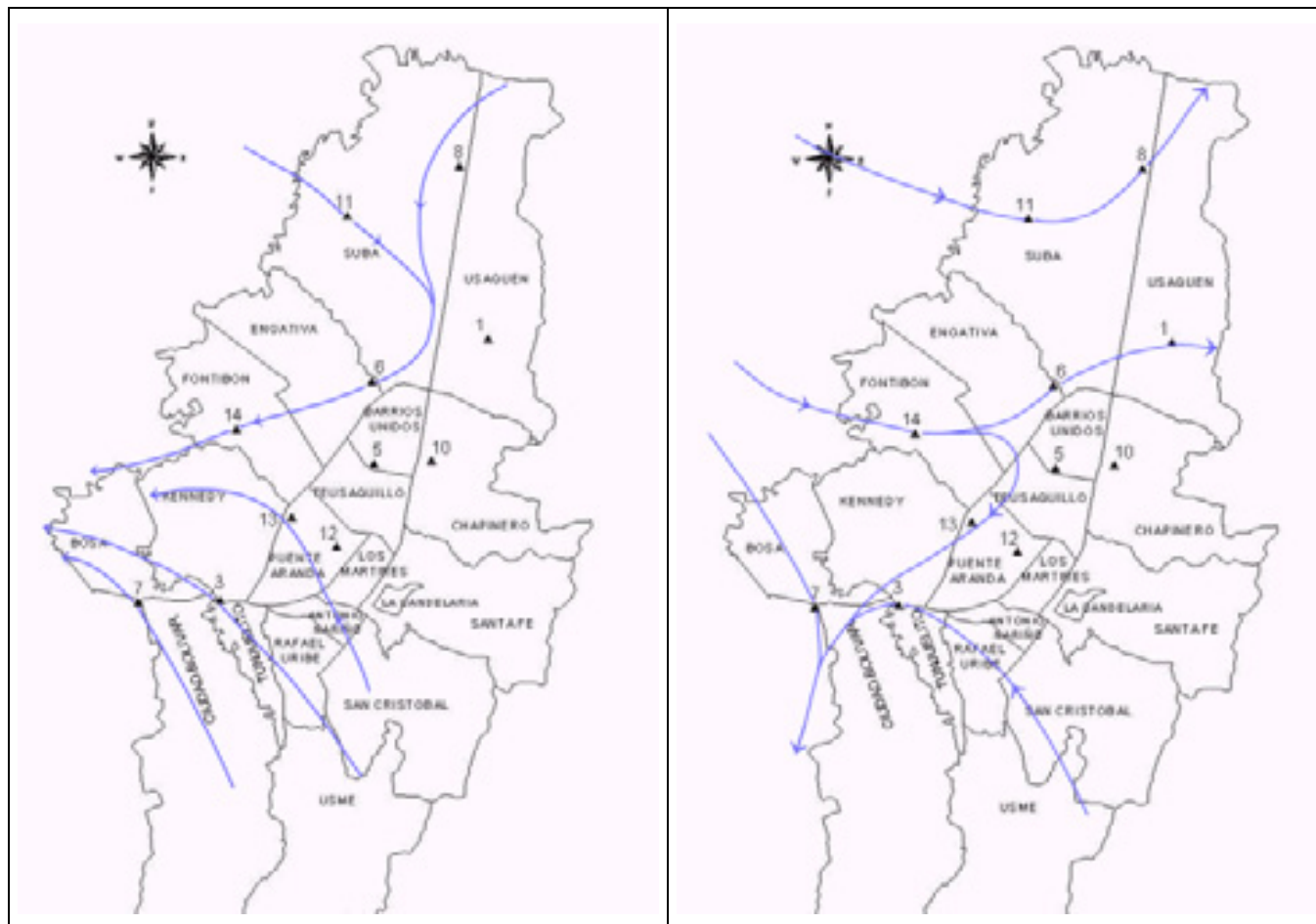


Figura A2.4. Mapas de líneas de viento del mes de Diciembre de 2004 durante la mañana (6:00 a 11:00) y durante la tarde (12:00 a 18:00).

ANEXO 3. ROSAS DE VIENTO

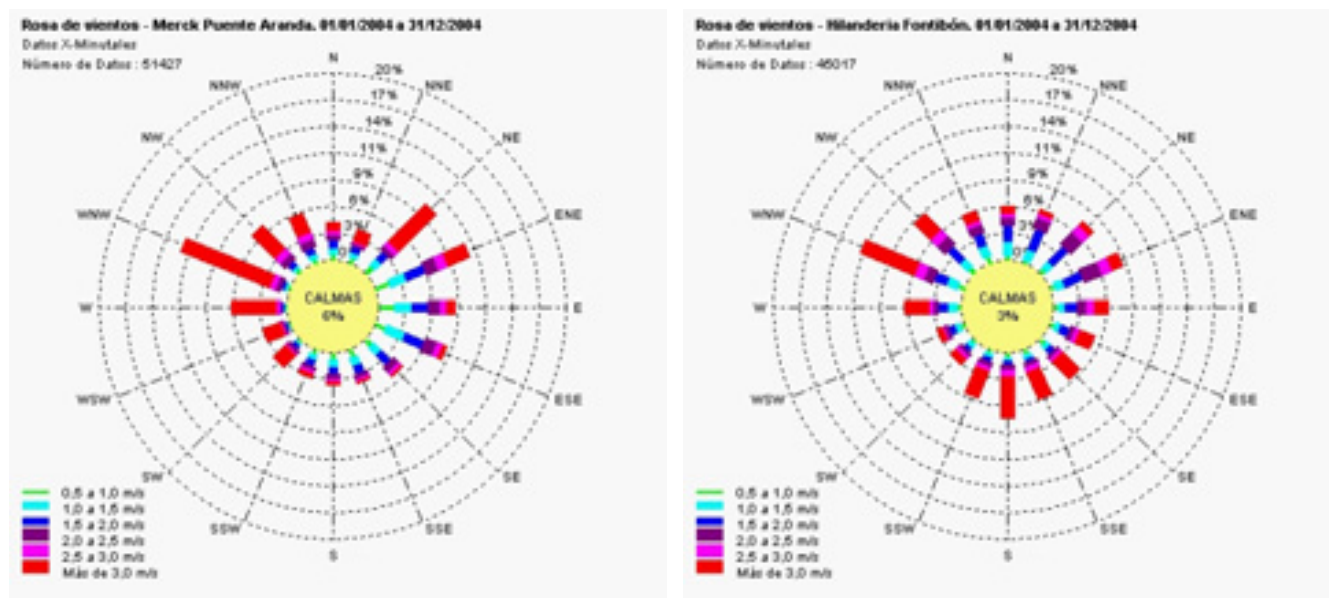


Figura A3.1. Rosa de Vientos para las estaciones No. 13 Merck (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente)

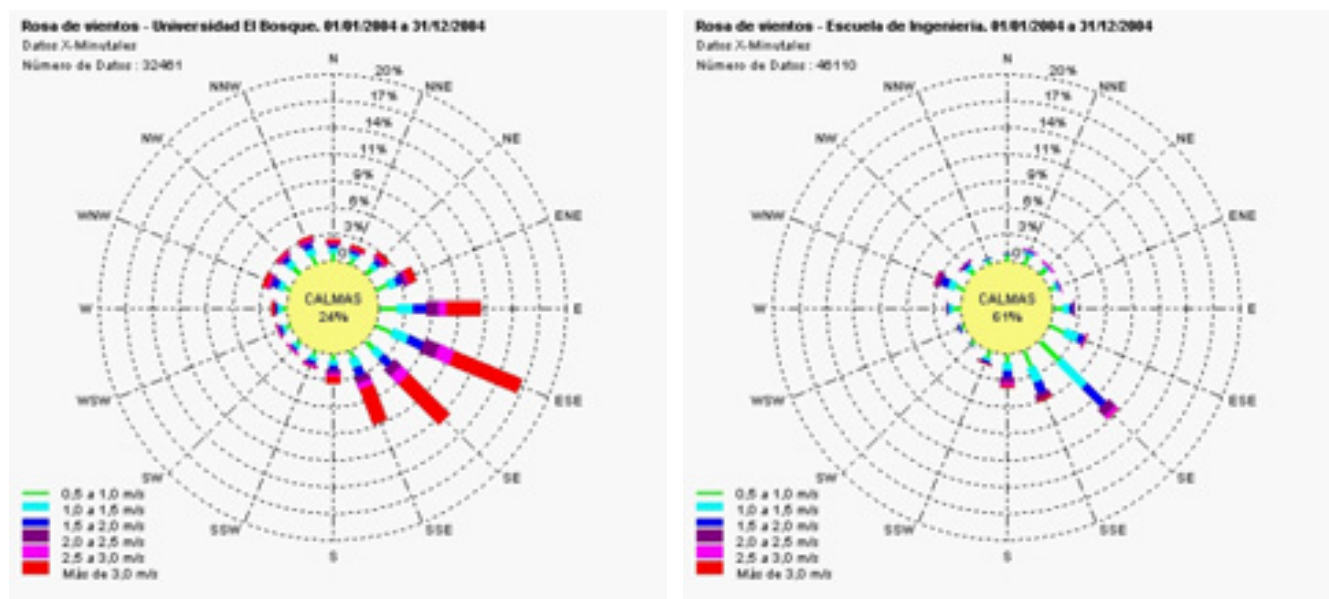


Figura A3.2. Rosa de Vientos para las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 8 Escuela (Sector Norte)

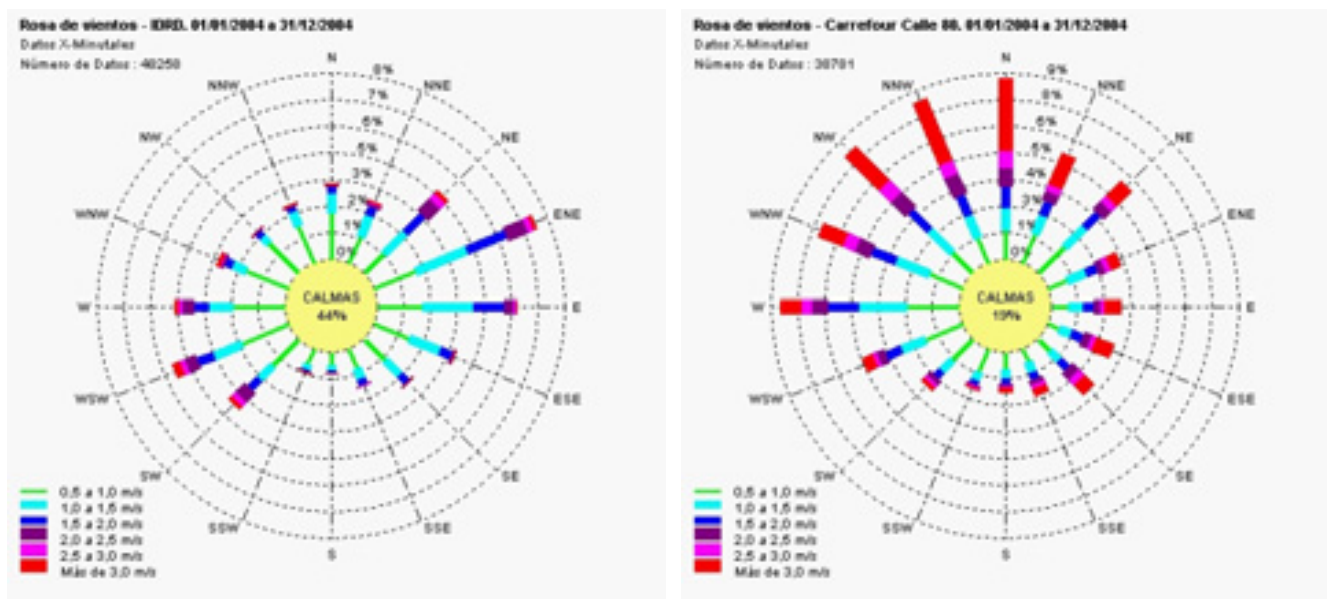


Figura A3.3. Rosa de Vientos para las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente)

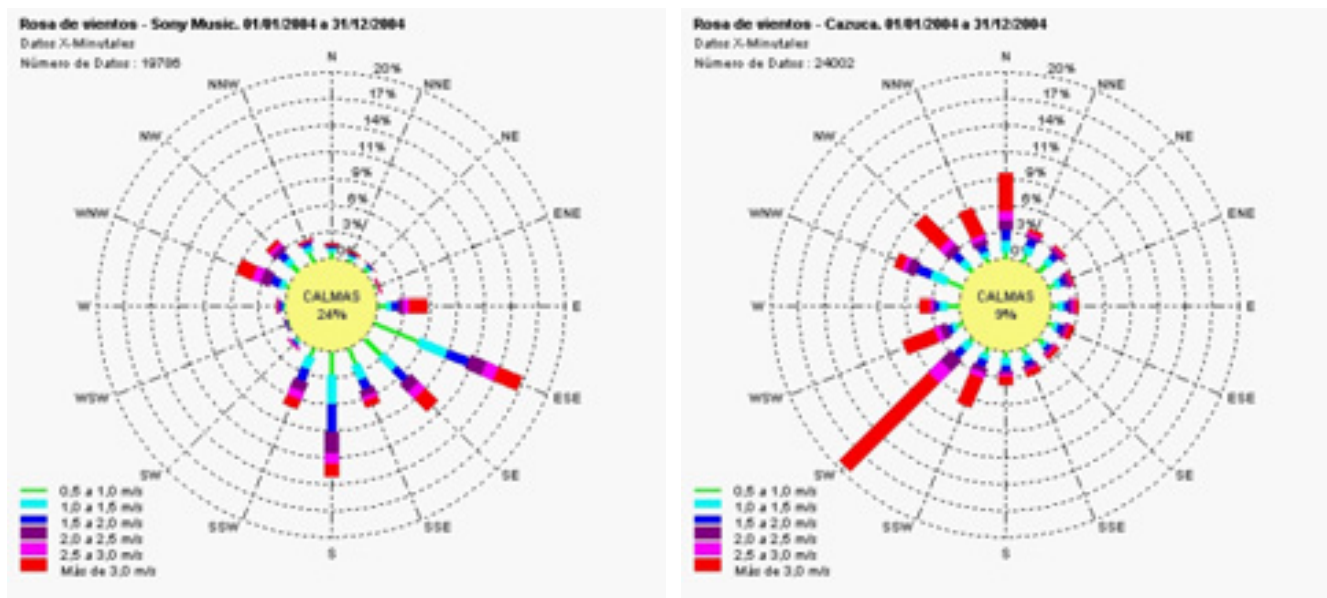


Figura A3.4. Rosa de Vientos para las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente)

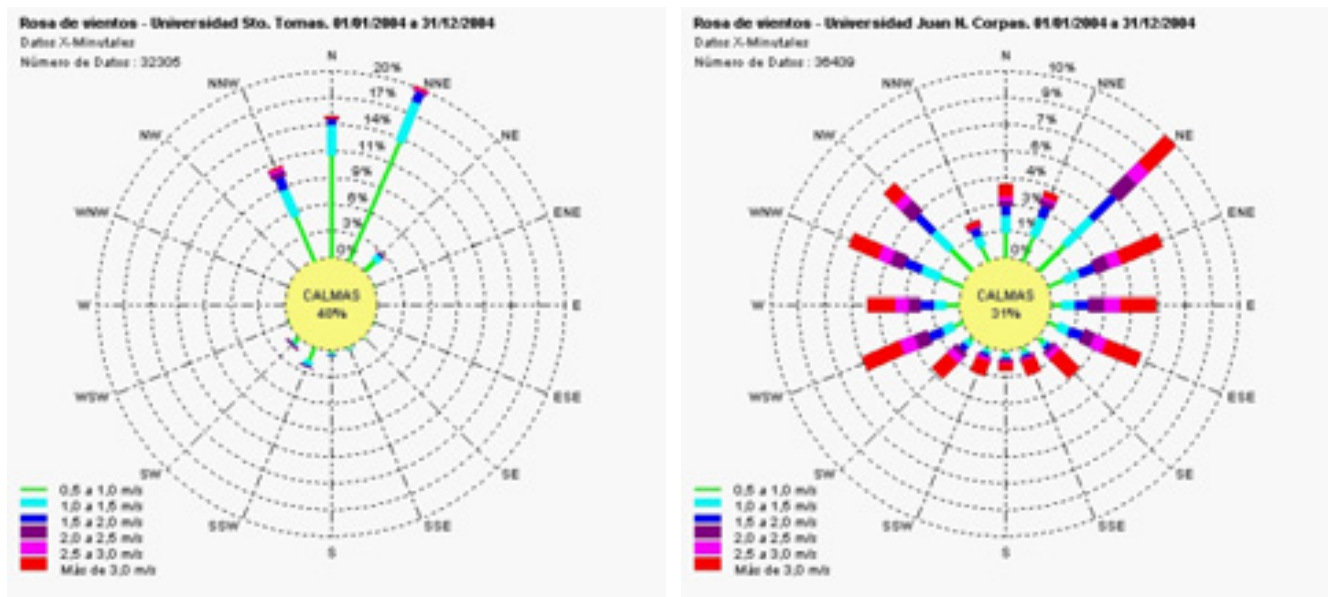


Figura A3.5. Rosa de Vientos para las estaciones No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente)

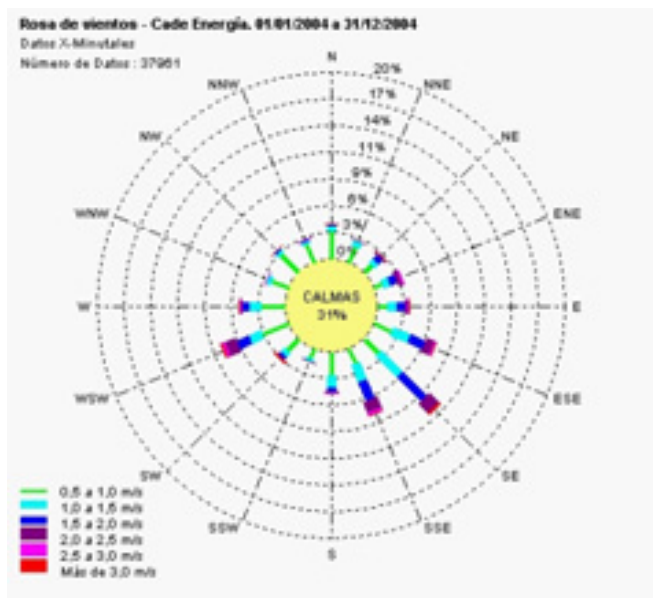


Figura A3.6. Rosa de Vientos para la estación No. 12 CADE (Sector Sur)

ANEXO 4. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla A4.1. 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 A4.2. 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



INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2005

**Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá D.C.**

Bogotá, Marzo de 2006



Luis Eduardo Garzón

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Claudia Maria Buitrago Restrepo

Directora

Rafael Mauricio Sabogal Henao

Subdirector Ambiental Sectorial

Robinson Alexis Rodríguez V.

Profesional Especializado SAS

Boris Rene Galvis

John Alexander Real Castillo

Luis Elkin Guzmán Ramos

Darío Alejandro Gómez

Oscar Eduardo Arredondo

Henry Ospino Dávila

José Agustín Zamudio

Grupo De Operación de la RMCAB

Departamento Técnico Administrativo Del Medio Ambiente

-DAMA.-

© Marzo de 2006, Colombia

Informe mensual de Red Calidad De Aire
de Bogotá D.C. Diciembre de 2006.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

INFORME ANUAL

2005

INFORME ANUAL DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2005

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 CALIDAD DEL AIRE	2
1.1 PARTÍCULAS	2
1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀	2
Promedios 24 Horas	2
Promedios Anuales	7
Tendencias	8
1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST	11
Promedios 24 Horas	11
Promedios Anuales	15
Tendencias	15
1.2 GASES	17
1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO ₂	18
Promedios 3 horas	18
Promedios 24 horas	19
Promedios Anuales	22
Tendencias	23
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO ₂	25
Promedios 1 Hora	25
Promedios 24 Horas	26
Promedios Anuales	27
1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO	30
Promedios 8 Horas	30
Promedios Horarios	31
Tendencias	32
1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O ₃	35
Promedios 8 Horas	35
Promedios Horarios	36
Tendencias	37
1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS	39
2 METEOROLOGÍA	51
2.1 PRECIPITACIÓN	51
2.2 VIENTOS	57

2.3	TEMPERATURA SUPERFICIAL	61
2.4	RADIACIÓN SOLAR	65
2.5	HUMEDAD RELATIVA	69
2.6	PRESIÓN BAROMÉTRICA	71
GLOSARIO		72
ANEXOS		1
1	LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED	1
2	NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	1
3	ROSAS DE VIENTOS	2
4	ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	5

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DÍA Y HORA DE EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS 24 HORAS.....	3
TABLA 2. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS ANUALES	8
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ MEDIAS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	8
TABLA 4. DÍA Y HORA EN LOS QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS 24 HORAS	12
TABLA 5. DÍA EN EL QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS ANUALES HORAS	17
TABLA 6. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS 3 HORAS	19
TABLA 7. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS 24 HORAS	20
TABLA 8. DÍA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS ANUALES.....	22
TABLA 9. CONCENTRACIONES DE SO ₂ MEDIAS ANUALES DE PROMEDIOS DIARIOS	24
TABLA 10. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIOS 1 HORA	26
TABLA 11. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIOS 24 HORAS	27
TABLA 12. FECHA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIOS ANUALES.....	28
TABLA 13. CONCENTRACIONES DE NO ₂ MEDIAS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS	29
TABLA 14. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CO PROMEDIOS 8 HORAS	31
TABLA 15. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE CO PROMEDIOS HORARIOS	32
TABLA 16. CONCENTRACIONES DE CO MÁXIMOS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS.....	34
TABLA 17. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE O ₃ PROMEDIOS 8 HORAS.....	36
TABLA 18. DÍA Y HORA EN QUE SE REGISTRARON LAS MÁXIMAS CONCENTRACIONES DE O ₃ PROMEDIOS HORARIOS	37
TABLA 19. CONCENTRACIONES DE O ₃ [PPB] MÁXIMOS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS.....	38
TABLA 20. CONSOLIDADO CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ EN 2005 PROMEDIOS 24 HORAS	40
TABLA 21. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ EN 2005 PROMEDIOS ANUALES.....	41
TABLA 22. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2005 PROMEDIOS 24 HORAS.....	42
TABLA 23. CONSOLIDADO DE CONCENTRACIONES DE PST EN 2005 PROMEDIOS ANUALES.....	42
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS 3 HORAS.....	43
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS 24 HORAS.....	44
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS ANUALES.....	45
TABLA 27. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS 1 HORA.....	46
TABLA 28. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS 24 HORAS.....	47
TABLA 29. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN 2005 – PROMEDIOS ANUALES	48
TABLA 30. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2005 – PROMEDIOS 8 HORAS	49
TABLA 31. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN 2005 – PROMEDIOS HORARIOS	49
TABLA 32. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2005 – PROMEDIOS 8 HORAS.....	50
TABLA 33. CONSOLIDADO DE LAS CONCENTRACIONES DE O ₃ EN 2005 – PROMEDIOS HORARIOS	50
TABLA 34. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	52
TABLA 35. DÍAS DE LLUVIA Y PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2005	53
TABLA 36. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2005.....	54
TABLA 37. VELOCIDAD MÁXIMA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN EN EL AÑO 2005	58
TABLA 38. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2005	61
TABLA 39. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN	64
TABLA 40. MÁXIMOS DE RADIACIÓN SOLAR PRESENTADOS EN EL AÑO 2005	66
TABLA 41. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN EN 2005	66
TABLA 42. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE LA RADIACIÓN EN LA ESTACIÓN NO. 5 IDRD	68
TABLA 43. DATOS HORARIOS DE HUMEDAD.....	70
TABLA 44. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL	70
TABLA 45. MÁXIMOS HORARIOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE RADIACIÓN DURANTE EL AÑO DE 2005	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PROMEDIOS 24 HORAS.....	3
FIGURA 2. CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS DE PM ₁₀ EN PROMEDIOS 24 HORAS EN 2005.	4
FIGURA 3. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN.	5
FIGURA 4. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR MES DEL AÑO.....	6
FIGURA 5. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR DÍA DE LA SEMANA.	6
FIGURA 6. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PM ₁₀ PROMEDIOS ANUALES.....	7
FIGURA 7. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ DE TODA LA RMCAB PROMEDIOS ANUALES.....	9
FIGURA 8. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ DE TODA LA RMCAB PROMEDIOS DIARIOS.....	10
FIGURA 9. NUMERO DE DÍAS QUE SE HA EXCEDIDO LA NORMA 24 HORAS DE PM ₁₀ EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ DE 1998 A 2005.	11
FIGURA 10. CONCENTRACIONES DE PST PROMEDIOS 24 HORAS.....	12
FIGURA 11. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR ESTACIÓN.....	13
FIGURA 12. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR MES DEL AÑO.....	13
FIGURA 13. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR DÍA DE LA SEMANA.....	14
FIGURA 14. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PST PROMEDIOS GEOMÉTRICOS ANUALES.....	15
FIGURA 15. MEDIAS ANUALES DE CONCENTRACIÓN DE PST.....	16
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE PST DE TODA LA RMCAB PROMEDIOS DIARIOS.....	17
FIGURA 17. CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS 3 HORAS.....	18
FIGURA 18. CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS 24 HORAS.....	19
FIGURA 19. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE SO ₂ POR ESTACIÓN.....	21
FIGURA 20. DIAGRAMA DE CAJAS PARA PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE SO ₂ POR MES DEL AÑO.....	21
FIGURA 21. CONCENTRACIONES DE SO ₂ PROMEDIOS ANUALES.....	22
FIGURA 22. CONCENTRACIONES DE SO ₂ MEDIAS ANUALES DE PROMEDIOS DIARIOS.....	23
FIGURA 23. CONCENTRACIONES DE SO ₂ EN BOGOTÁ PROMEDIOS DIARIOS AL 2005.....	24
FIGURA 24. CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIO 1 HORA.....	25
FIGURA 25. CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIOS 24 HORAS.....	26
FIGURA 26. CONCENTRACIONES DE NO ₂ PROMEDIOS ANUALES.....	27
FIGURA 27. CONCENTRACIONES DE NO ₂ MEDIAS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS.....	28
FIGURA 28. CONCENTRACIONES DE NO ₂ DE LA RMCAB MEDIAS DIARIAS.....	30
FIGURA 29. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 HORAS DE CO.....	31
FIGURA 30. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS HORARIOS DE CO.....	32
FIGURA 31. CONCENTRACIONES DE CO MÁXIMOS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS.....	33
FIGURA 32. CONCENTRACIONES DE CO DE LA RMCAB PROMEDIOS DIARIOS.....	34
FIGURA 33. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE PROMEDIOS 8 H DE O ₃	35
FIGURA 34. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE O ₃	36
FIGURA 35. CONCENTRACIONES DE O ₃ MÁXIMOS ANUALES DE LOS DATOS DIARIOS.....	38
FIGURA 36. CONCENTRACIONES DE O ₃ DE LA RMCAB - PROMEDIOS DIARIOS.....	39
FIGURA 37. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LOS AÑOS 2000 A 2005.....	52
FIGURA 38. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2005.....	55
FIGURA 39. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2005.....	55
FIGURA 40. MAPA DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2005.....	56
FIGURA 41. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA.....	57
FIGURA 42. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2005 ENTRE LAS 6:00 Y LAS 11:00.....	59
FIGURA 43. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2005 ENTRE LAS 12:00 Y LAS 18:00.....	60
FIGURA 44. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	62
FIGURA 45. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL DEL IDEAM.....	63
FIGURA 46. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA.....	64
FIGURA 47. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2005.....	65
FIGURA 48. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE RADIACIÓN SOLAR POR HORA PARA EL AÑO DE 2005.....	67
FIGURA 49. PROMEDIOS LA RADIACIÓN POR HORA LA ESTACIÓN No. 5 IDR.....	68
FIGURA 50. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	69

INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, opera con el objetivo primordial de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en la ciudad de Bogotá.

Este documento presenta el Informe de la Calidad del aire de Bogotá D.C. para el año 2005, durante el cual la red de monitoreo registró los valores de material particulado, gases contaminantes y parámetros meteorológicos en la ciudad. En la primera parte del documento se presenta un resumen del comportamiento del material particulado (PM₁₀, PST) y de los principales gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) durante el año 2005 y un análisis de la tendencia de estos contaminantes en los últimos años. En la segunda parte del documento se presenta un análisis de la información meteorológica reportada por las estaciones en el año 2005.

Finalmente en el anexo se incluye información de interés sobre la RMCAB y el comportamiento meteorológico en la ciudad.

1 CALIDAD DEL AIRE

1.1 PARTÍCULAS

El diámetro de las partículas presentes en el aire puede variar entre una milésima de micra y 500 micras. Estos materiales, en estado líquido o sólido, se producen por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, en los procesos de combustión de las fábricas, en la producción, transporte y utilización de materiales de construcción, en los motores de combustión interna y también por efecto de la suspensión del material de las vías. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana son de mayor interés las partículas cuyo tamaño no excede las 10 micras (**PM₁₀**), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman. Las partículas suspendidas totales (**PST**) incluyen tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no sedimentan en períodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. Los efectos de la presencia de partículas no inhalables, en el ambiente, se refieren principalmente a daños en la vegetación, deterioro de materiales y reducción de la visibilidad, entre otros.

Las normas de calidad del aire para partículas se refieren a las máximas concentraciones permitidas en periodos de 24 horas y al valor promedio anual de los registros diarios tanto para el material de un diámetro de partícula igual o inferior a 10 micras (PM₁₀) como para las partículas suspendidas totales (PST).

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PM₁₀

En el 2005 la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con once (11) estaciones con equipos para medir PM₁₀, a continuación se reportan las concentraciones muestreadas en dichas puntos de monitoreo.

Promedios 24 Horas

Durante el año 2005, el máximo promedio de concentración durante 24 horas se presentó en la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) con 217 µg/m³, seguido por las estaciones No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) con 182 µg/m³ y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) con 182 µg/m³.

En la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) se superó la norma de promedios 24 horas doscientas veintisiete (227) veces, es decir aproximadamente el 3% de los promedios calculados superaron la norma. En la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) la norma fue superada un total de ocho (8) veces y en la estación No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) se superó la norma siete (7) veces. En las demás estaciones nunca se superó la norma para 24 horas y tanto los máximos como la media de los promedios 24 horas se encontraron por debajo de la misma.

La media más alta de los promedios 24 horas se presentó en la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) con 113 µg/m³, seguida por las estaciones No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) con 111 µg/m³, No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) con 101 µg/m³ y No. 11 Corpas

(Sector Noroccidente) con $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La Figura 1 muestra un resumen de los promedios 24 horas de cada estación de la RMCAB para el 2005. Cabe resaltar que el promedio reportado en la estación No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) se calculó con datos desde octubre de 2005 y por lo tanto no es representativo de todo el año.

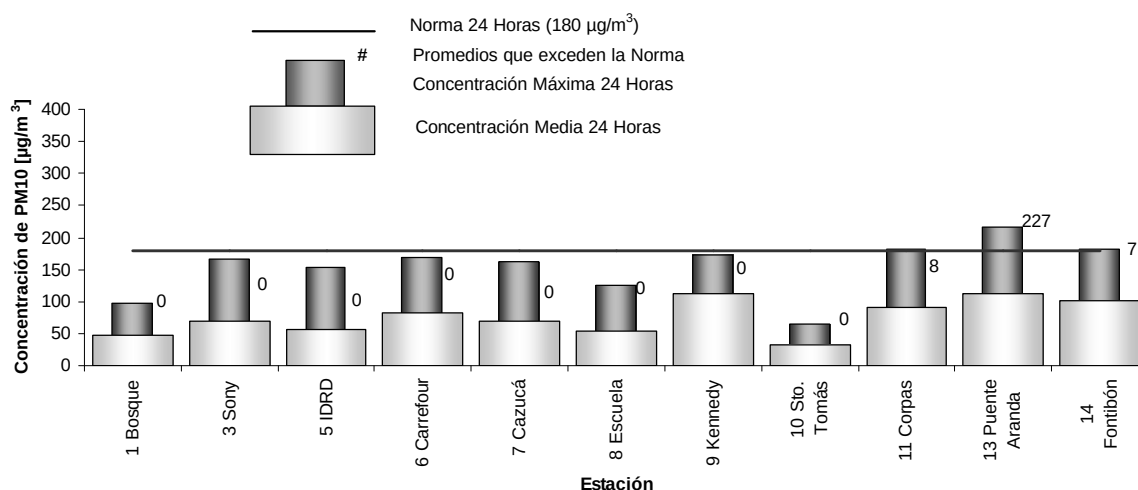


Figura 1. Concentraciones de PM_{10} promedios 24 horas

La Tabla 1 muestra el día y la hora en la que se presentaron los valores máximos por estación.

Tabla 1. Día y hora de en los que se registraron las máximas concentraciones de PM_{10} promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Concentración Máxima [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fecha y Hora
1	Bosque	98	Sábado 15 de Octubre a las 23:00
8	Escuela	125	Viernes 18 de Marzo a las 18:00
6	Carrefour	168	Viernes 16 de Diciembre a las 3:00
11	Corpas	182	Viernes 28 de Enero a las 23:00
14	Fontibón	182	Miércoles 16 de Marzo a las 15:00
9	Kennedy	174	Miércoles 21 de Diciembre a las 22:00
3	Sony	167	Viernes 18 de Marzo a las 17:00
7	Cazucá	162	Miércoles 21 de Diciembre a las 20:00
5	IDRD	153	Sábado 29 de Enero a las 18:00
10	Sto. Tomás	65	Viernes 11 de Noviembre a las 19:00
13	Puente Aranda	217	Sábado 19 de Marzo a las 12:00

En la Figura 2 se presenta la distribución espacial de las máximas y las medias concentraciones de PM_{10} en 2005. Estos mapas permiten estimar los escenarios más contaminados que pudieron ocurrir durante el año. Aunque no reflejan la situación de todos los días del año ni de un día específico. Se realizan con base en los máximos y las medias, para identificar el comportamiento más extremo y promedio de contaminación ocurrido durante el año.

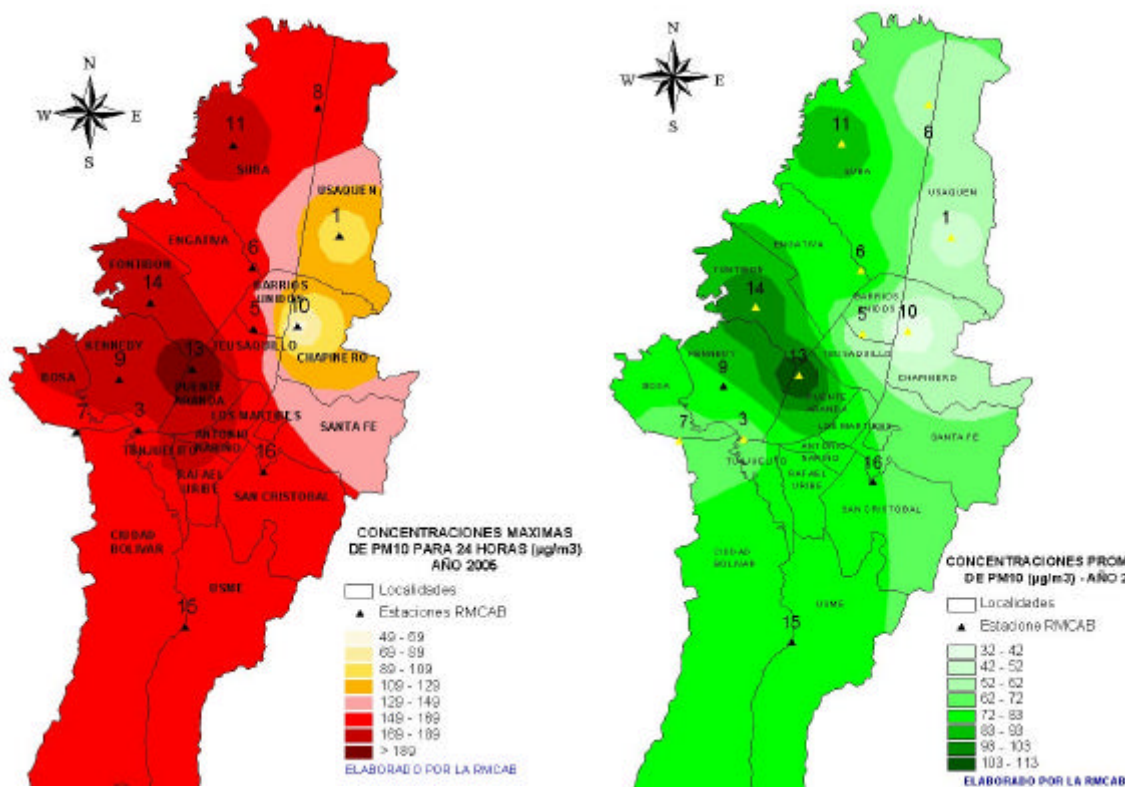


Figura 2. Concentraciones Máximas y Medias de PM_{10} en promedios 24 horas en 2005.

En la Figura 3, Figura 4 y Figura 5 se resume el comportamiento mensual de los promedios diarios de PM_{10} del 2005 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana. Al comparar los promedios diarios estación por estación puede observarse que se registraron concentraciones diarias más altas en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente), No. 14 Fontibon (Sector Noroccidente) en el 2005 que en los datos multianuales. En estaciones como la No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 10 Sto. Tomas (Sector Centro) durante el 2005 se registraron promedios diarios muy similares a los datos multianuales, mientras que en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro) se han presentado promedios menores en el 2005 que los datos multianuales. En la estación No 3 Sony (Sector Sur) la mediana de los datos

disminuyó en el 2005 pero la caja presenta valores tanto superiores como inferiores a los datos multianuales.

En el 2005 durante todos los meses del año se presentaron promedios diarios más altos que los datos multianuales. Las concentraciones más bajas se presentaron en enero, junio julio, agosto y septiembre. Así mismo, las concentraciones más altas se presentaron durante marzo y diciembre. Se observan dos modos en el comportamiento del contaminante.

En la Tabla 20 se presenta un resumen del número de veces que se excede la norma, la representatividad temporal, los máximos y las medias de los datos 24 horas.

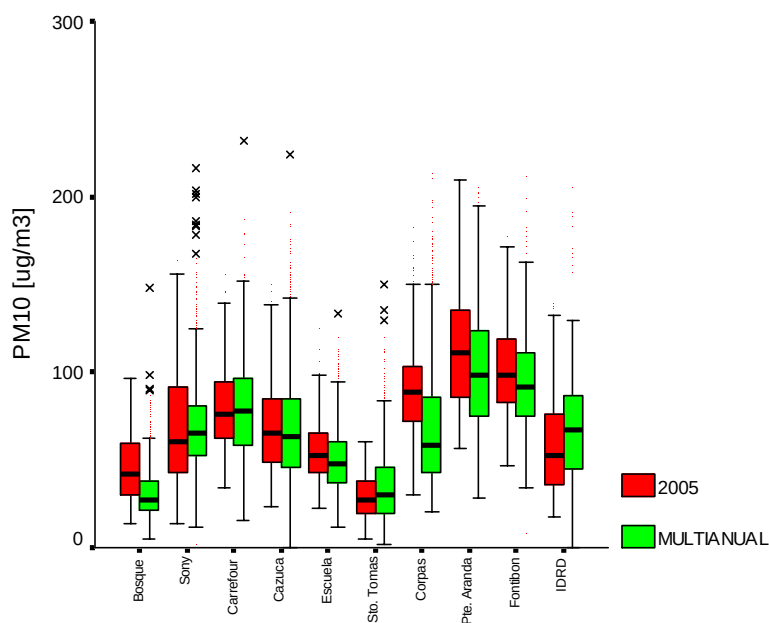


Figura 3. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PM₁₀ por estación.

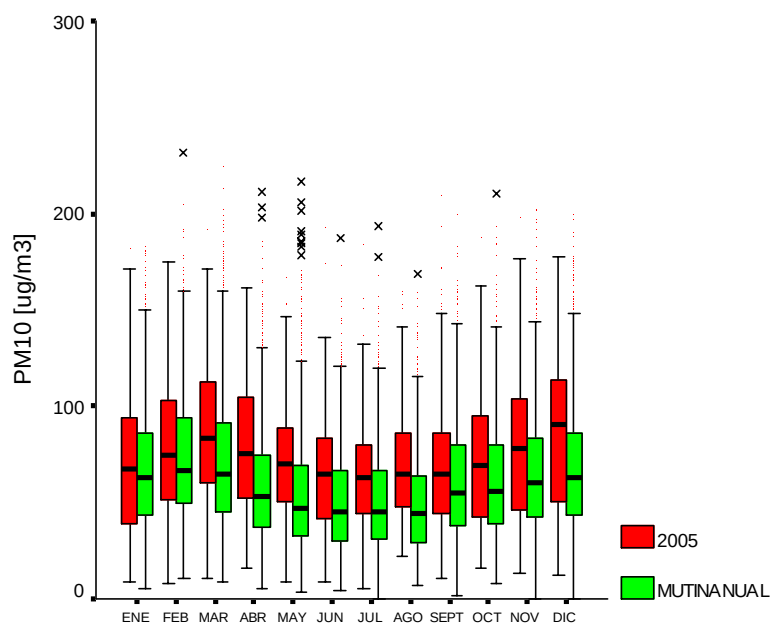


Figura 4. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PM10 por mes del año.

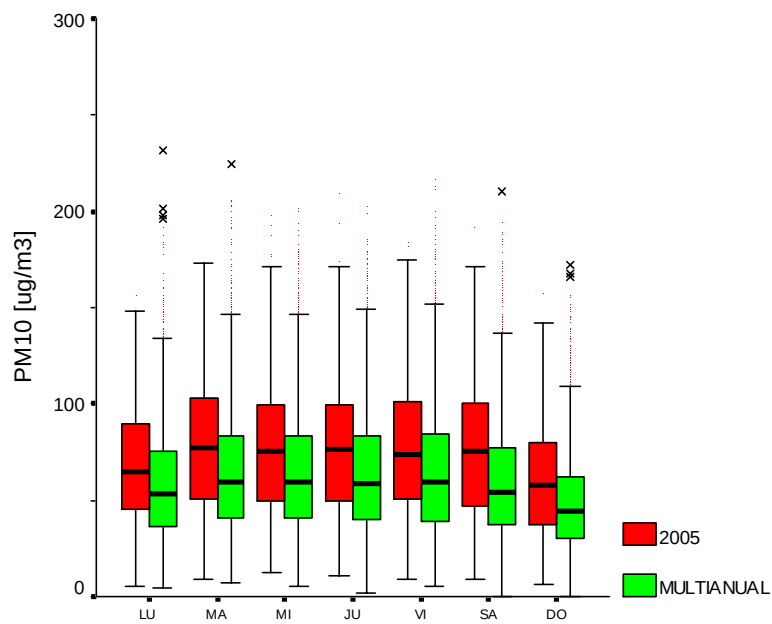


Figura 5. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PM₁₀ por día de la semana.

Al comparar los promedios diarios de 2005 con los promedios diarios de los 8 años anteriores de monitoreo, se observa que los días del 2005 fueron más contaminados. Puede observarse que el día con concentraciones más bajas es el domingo. En contraposición, los días con medias más altas son los martes, miércoles, jueves y viernes. Estos datos permiten observar una clara dependencia entre los ciclos de movilización de las fuentes móviles y los picos de concentración del material particulado, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de concentración promedio diario.

Promedios Anuales

Se halló el promedio anual corrido, para cada día del 2005, tomando los promedios diarios desde el primero de enero de 2004 hasta el 31 de diciembre de 2005, inclusive. La norma anual es superada en las estaciones No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente). La Figura 6 muestra los máximos promedios anuales del 2005.

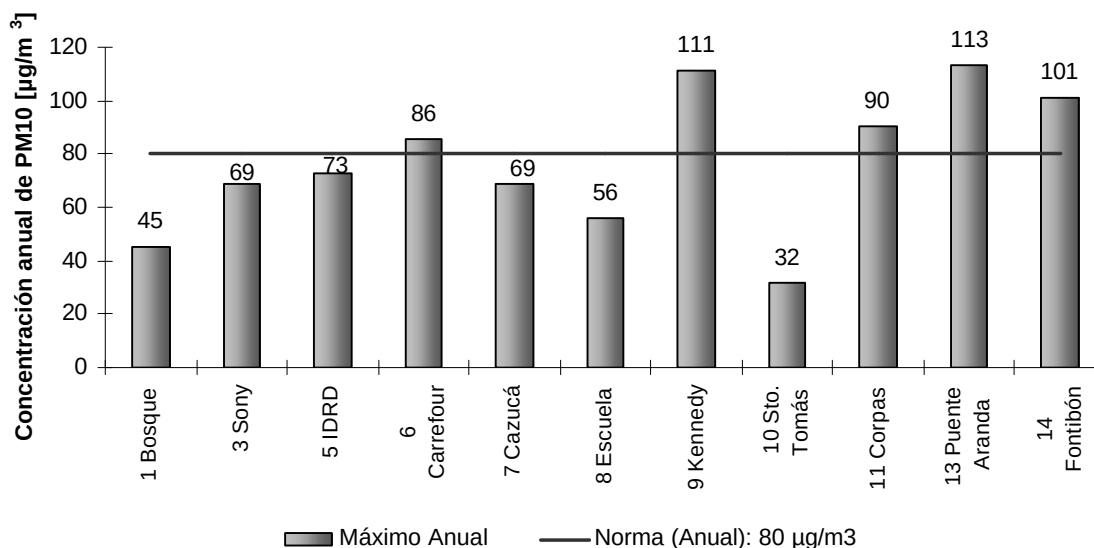


Figura 6. Concentraciones Máximas de PM₁₀ Promedios anuales

Como se puede observar, la máxima concentración anual se presentó en la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) seguida de cerca por las concentraciones máximas anuales de las estaciones No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente). Cabe resaltar que el promedio reportado en la estación No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) se calculó con datos desde octubre de 2005 y por lo tanto no es representativo de todo el año. La Tabla 2 muestra los días en que se obtuvieron los máximos promedios anuales en cada estación.

Tabla 2. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de PM₁₀ Promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Concentración Máxima [µg/m ³]	Fecha
1	Bosque	45	Sábado, 31 de Diciembre de 2005
3	Sony	69	Sábado, 31 de Diciembre de 2005
5	IDRD	73	Sábado, 19 de Marzo de 2005
6	Carrefour	86	Miércoles, 02 de Febrero de 2005
7	Cazucá	69	Jueves, 29 de Diciembre de 2005
8	Escuela	56	Miércoles, 07 de Diciembre de 2005
9	Kennedy	111	Sábado, 31 de Diciembre de 2005
10	Sto. Tomás	32	Sábado, 01 de Enero de 2005
11	Corpas	90	Lunes, 19 de Diciembre de 2005
13	Puente Aranda	113	Lunes, 19 de Diciembre de 2005
14	Fontibón	101	Jueves, 29 de Diciembre de 2005

Como se registra las máximas concentraciones anuales se presentaron principalmente en el mes diciembre. En la Tabla 21 se presenta un resumen del número de veces que se excede la norma, la representatividad temporal, los máximos y las medias de los datos anuales.

Tendencias

La tendencia general de las concentraciones de PM₁₀, medias anuales en las estaciones recientemente activas de la RMCAB se resume en la Figura 7 y en la Tabla 3. Se presentan medias para todos los años, aunque en algunos años no se realizó monitoreo continuo.

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

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en [µg/m ³]							
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norte	8	Escuela				43	50	54	52	55
	1	Bosque	33	31	31	28	24	34	36	45
Noroccidente	11	Corpas	54	40	47	79	97	92	77	90
	6	Carrefour			51	78	98	84	85	79
	14	Fontibón		115	94	88	92	97	92	101
Centro	10	Sto. Tomás	32	36	35	38	40	33	32	29
	5	IDRD						68	66	62
	2	MAVDT	49	49	53	42	55	42		
Centroccidente	12	CADE	70	61	53	55	49	40	34	
	13	Puente Aranda		126	105	92	98	102	105	113
Suroccidente	9	Kennedy								111
	7	Cazucá	86	69	69	63	63	52	54	69
Sur	3	Sony	80	77	63	86	62	53	48	69

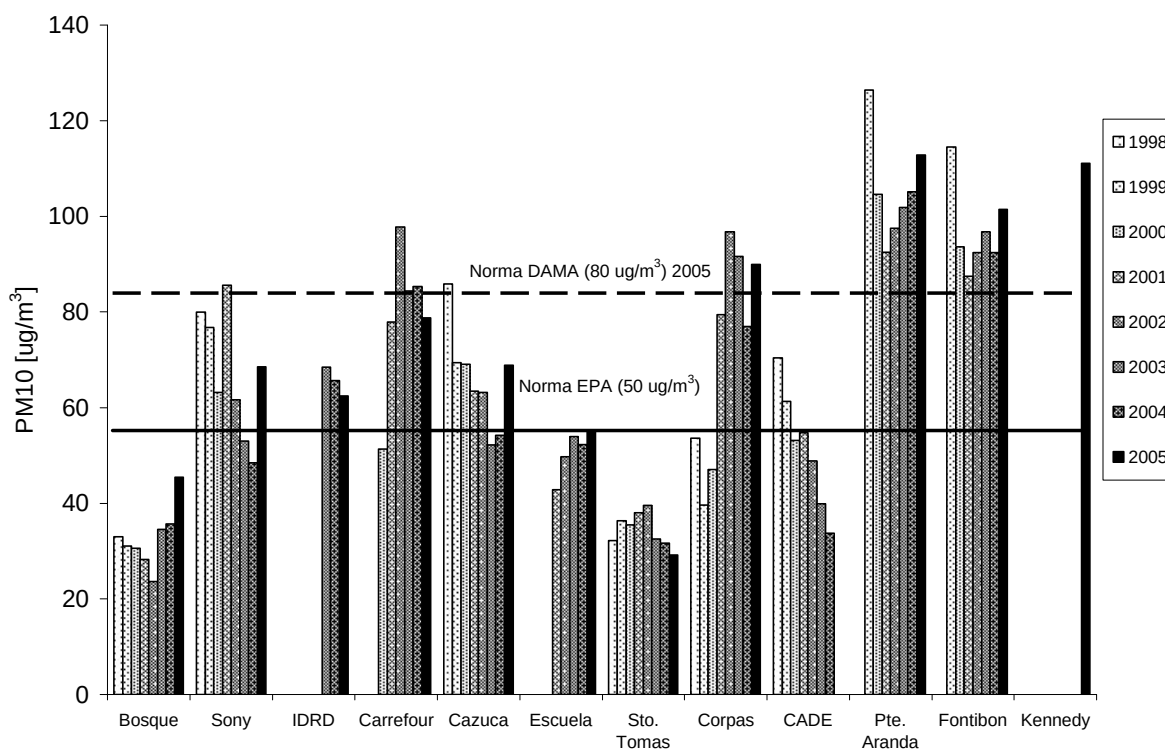


Figura 7. Tendencia de las concentraciones de PM_{10} de toda la RMCAB Promedios anuales

Como se puede observar, durante los últimos años, la concentración media anual de las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente) muestra clara tendencia al incremento.

En las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) en el 2004 o 2005 se revirtió la tendencia a la disminución para mostrar un incremento marcado en la concentración media anual en el último año.

En el caso de la estación No. 12 CADE (Sector Centroccidente) decreció gradualmente mientras se realizó monitoreo en el sitio. También en la estación No. 10 Sto. Tomás y No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) es posible observar una disminución en la concentración promedio anual en los últimos tres o cuatro años.

En la estación No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente), se presenta solo un promedio, por tratarse de un sitio de monitoreo nuevo, en el cual se cuenta con datos desde octubre de 2005 y por lo tanto no es representativo de todo el año.

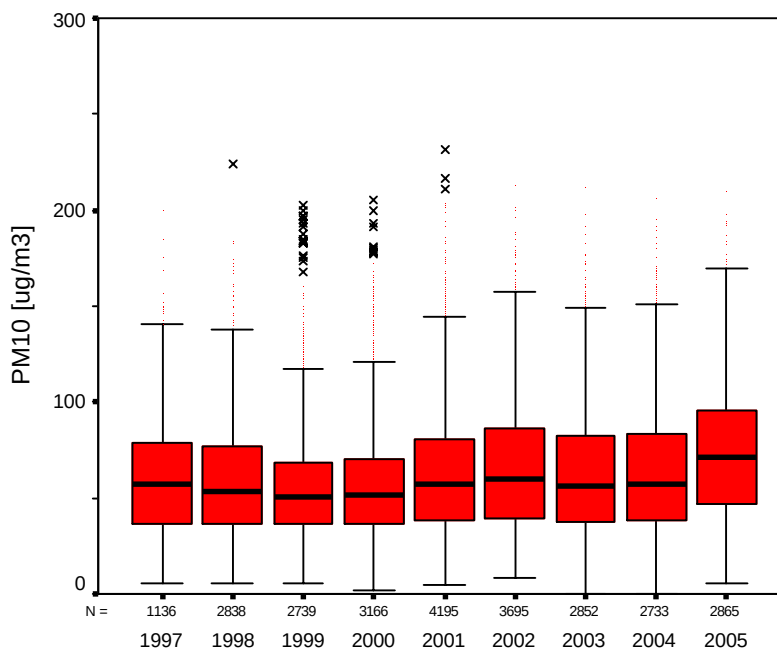


Figura 8. Concentraciones de PM₁₀ de toda la RMCAB Promedios diarios.

De acuerdo con la Figura 8 es posible observar que la mediana de las concentraciones de PM₁₀ promedio diario tiene una tendencia incremental desde el 2004. El 2005 ha sido el año con la mediana de concentración diaria de PM₁₀ mas alta de los 8 años de monitoreo de la RMCAB. Sin embargo, hay que tener en cuenta que durante este año cambió la configuración de la RMCAB, dado que se desmontó la estación antes ubicada en CADE localidad de Puente Aranda y se montó una nueva estación en un sitio de alta contaminación en la localidad de Kennedy, parque Cayetano cañizales en octubre de 2005.

La Figura 9 muestra el número de días en los cuales ha habido al menos un valor promedio 24 horas ha excedido la norma vigente a 2005 de 180 µg/m³ en al menos una de las estaciones de monitoreo de la RCMAB, en los 8 años de monitoreo de la RCMAB. Si durante el día se excede 5 veces la norma se cuenta como un día, si en un día se excede la norma en una estación, en dos o en todas las estaciones se cuenta como un día. Este conteo incluye estaciones desmontadas y nuevas y se debe considerar que la RMCAB ha cambiado a lo largo de los 8 años de monitoreo. Puede verse en esta figura que el año en que se presentaron más días con concentraciones por encima de la norma fue 2001 y se presentó una reducción constante desde ese año hasta el 2004 y en 2005 se presentó nuevamente un aumento en el número de días que se excede la norma.

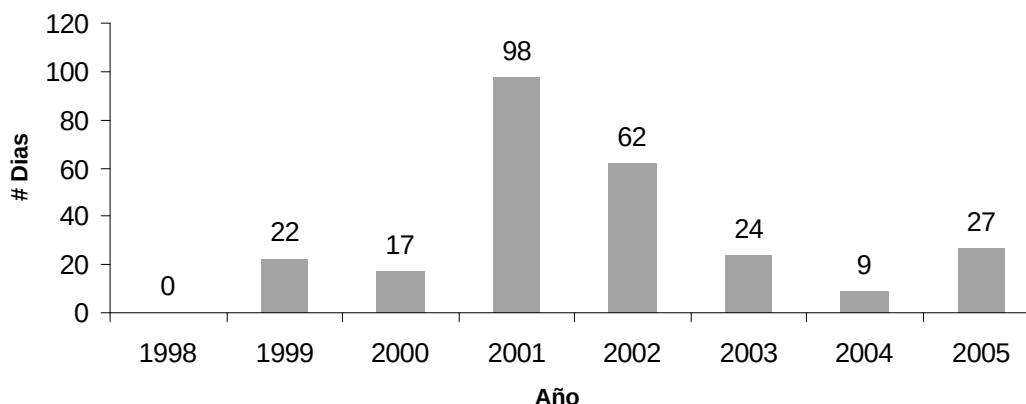


Figura 9. Numero de días que se ha excedido la norma 24 horas de PM_{10} en la ciudad de Bogotá de 1998 a 2005.

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE PST

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con tres (3) estaciones que poseen equipos para medir PST ubicados en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente). La estación CADE (Sector Centroccidente) fue desmontada en noviembre de 2004, por lo tanto no presenta datos para 2005.

Promedios 24 Horas

Durante el 2005, 19 promedios 24 horas de concentraciones de PST superaron la norma, 4 en la estación No. 3 Sony (Sector Sur) y 15 en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente). Las máximas concentraciones promedio 24 horas se presentaron en las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur). La media de las concentraciones 24 horas en todas las estaciones fue inferior al 50% de la norma. La media más alta se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y la más baja en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte). La Figura 10 presenta un resumen de los datos anteriores.

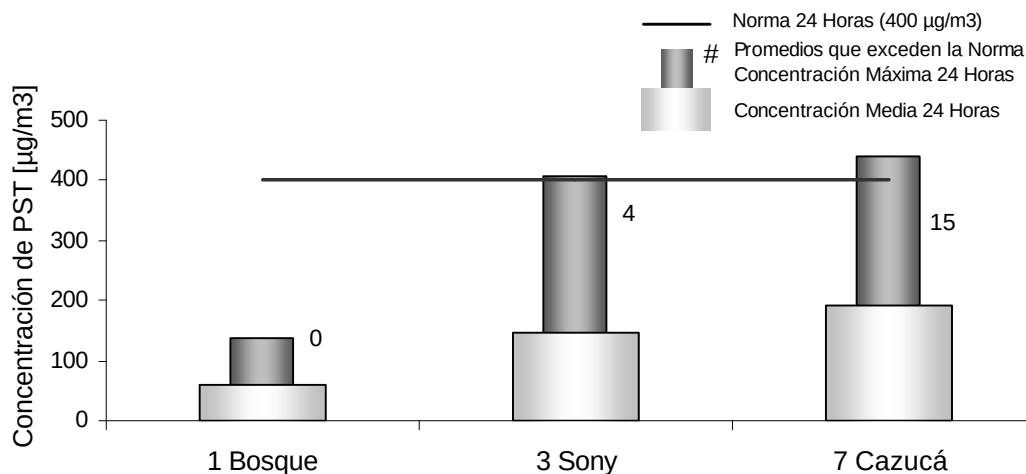


Figura 10. Concentraciones de PST Promedios 24 horas

Como se puede observar el promedio máximo para 24 horas se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) seguido por el valor encontrado en la estación No. 3 Sony (Sector Sur). En la Tabla 4 se relaciona el día y la hora en que ocurrieron las máximas concentraciones de PST promedio 24 horas.

Tabla 4. Día y hora en los que se registraron las máximas concentraciones de PST Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Concentración Máxima [µg/m³]	Fecha y Hora
1	Bosque	139	Miércoles 16 de Marzo de 2005 a las 16:00
3	Sony	408	Miércoles 07 de Diciembre de 2005 a las 17:00
7	Cazucá	440	Miércoles 21 de Diciembre de 2005 a las 21:00

La Figura 11 presenta un diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PST por estación, donde se observa que en la estación No. 3 Sony (Sector Sur) se presentaron concentraciones diarias de PST menores en 2005 que en los anteriores años, mientras que en las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) se registraron concentraciones diarias mayores en 2005 que las registradas en los cuatro años anteriores de monitoreo es esa estación.

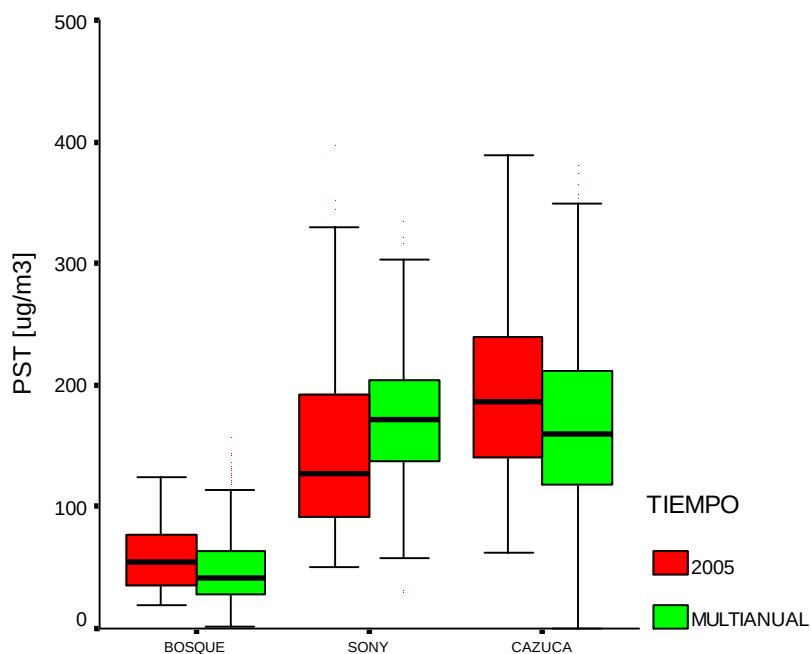


Figura 11. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PST por estación.

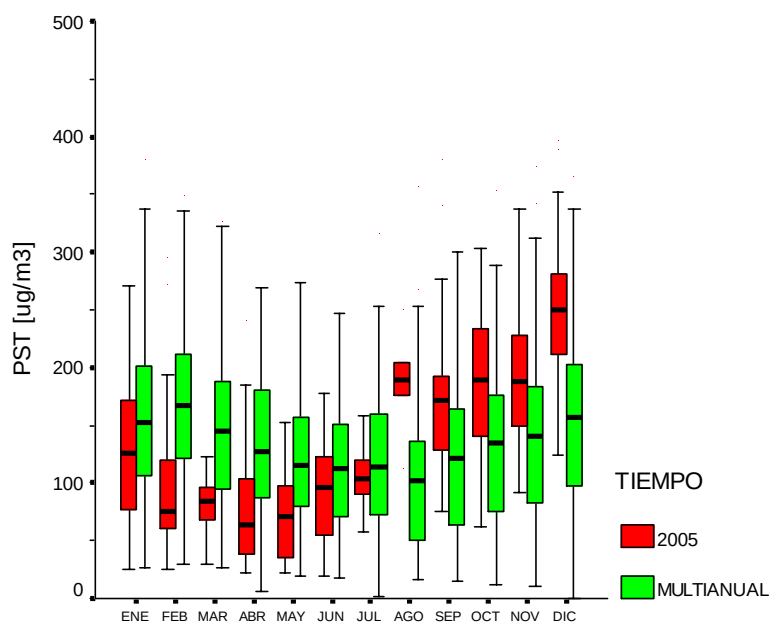


Figura 12. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PST por mes del año.

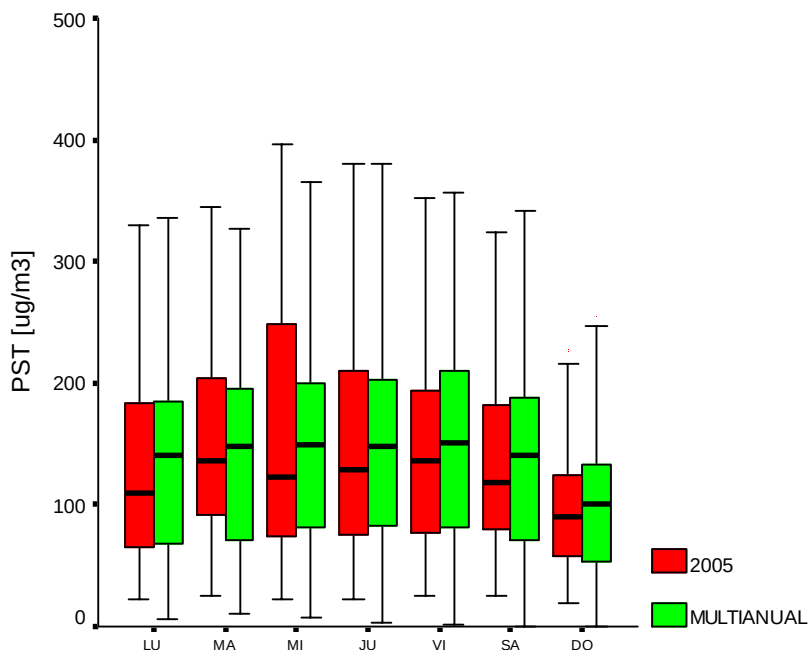


Figura 13. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de PST por día de la semana.

Con base en la Figura 12 es posible observar un comportamiento estacional de la concentración de PST en la ciudad, siendo los meses de mitad de año, es decir junio, julio y agosto, los de menores concentraciones; Por otro lado, los meses de principio y fin de año, presentan las mayores concentraciones. De enero a julio de 2005 en la ciudad se presentaron concentraciones de PST menores que las concentraciones multianuales, mientras que de agosto a diciembre de 2005 se presentaron promedios diarios más altos que los promedios diarios registrados en los anteriores años.

Al analizar los días de una semana típica del 2005, mostrados en la Figura 13, al igual que para las concentraciones de PM_{10} , el día con valores más bajos de los promedios diarios de concentración es el domingo. Mientras que los días con medias más altas son los miércoles, jueves y viernes. Nuevamente, puede observarse una dependencia clara de los ciclos de movilización de las fuentes móviles en los resultados presentados en estos diagramas, siendo los días con menos tráfico, como el domingo, los de menores valores de concentración de PST promedio diario. Con respecto a los años anteriores de monitoreo, en 2005 se presentaron medianas de concentración mas bajas todos los días.

Promedios Anuales

En las estaciones ubicadas en el Sur y en el Suroccidente de la ciudad, las máximas concentraciones promedio anual calculadas para el 2005, superan la norma ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Solo en la estación ubicada en el Sector Norte de la ciudad la concentración promedio anual no sobrepasa el valor límite impuesto por la norma. La Figura 14 muestra las concentraciones máximas anuales en cada estación donde se mide este contaminante.

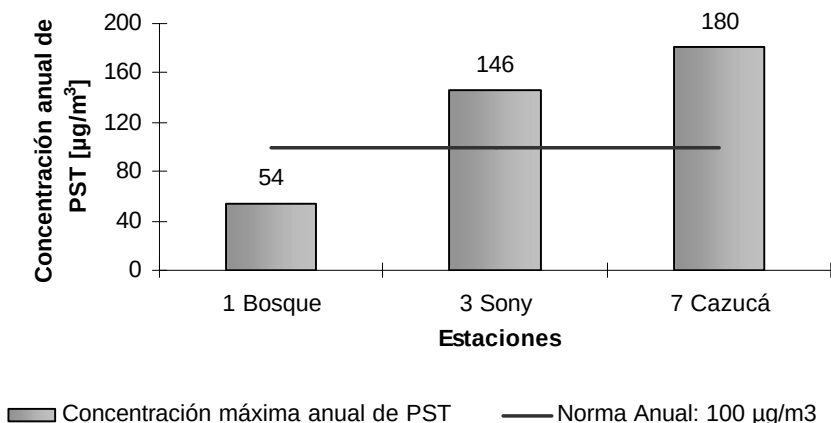


Figura 14. Concentraciones Máximas de PST Promedios Geométricos Anuales

Tendencias

La tendencia de las medias anuales de los promedios geométricos de las concentraciones diarias de PST en todas las estaciones que monitorearon este parámetro se presenta en la Figura 15. En el diagrama de cajas de la Figura 16 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de PST de toda la RMCAB, para cada año de monitoreo de este parámetro.

Como se puede observar, las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 12. CADE (Sector Centroccidente) presentan una disminución en las concentraciones desde que se inició el monitoreo de este contaminante, mucho mas marcada para la estación No. 3 Sony (Sector Sur). La estación CADE (Sector Centroccidente) fue desmontada en noviembre de 2004, por lo tanto no presenta datos para 2005.

Por otra parte, la concentración promedio anual de PST en la estación No. 1 Bosque (Sector Norte) presenta una tendencia incremental leve constante desde el 2002, entre 1 y $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año.

En la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), se ha registrado un comportamiento variable de la media anual, se presentó una disminución de 2002 a 2004, pero en 2005 se presentó nuevamente un aumento en la media de los promedios geométricos.

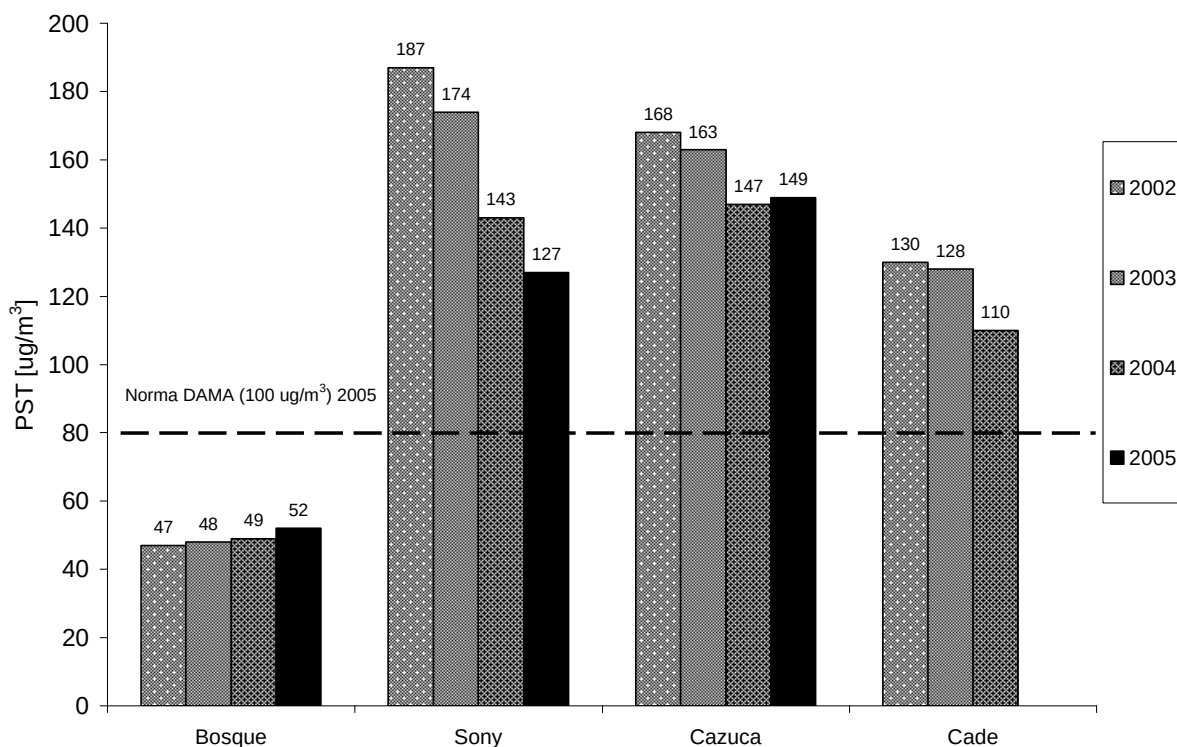


Figura 15. Medias anuales de concentración de PST

Al analizar el comportamiento de los promedios diarios de PST en todas las estaciones que monitorean este parámetro, resumido en la diagrama de cajas de la Figura 16 puede verse que la mediana aritmética disminuyó en 2005, pero la caja, que representa el 50% de los datos, presentó tanto valores más bajos como más altos, que en los años anteriores. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta disminución aparente está influenciada directamente por el desmonte de la estación No. 12. CADE (Sector Centroccidente) que aportaba datos altos. La tendencia del tercer cuartil muestra un aumento con respecto al 2004 y es mayor a todos los años de monitoreo anteriores.

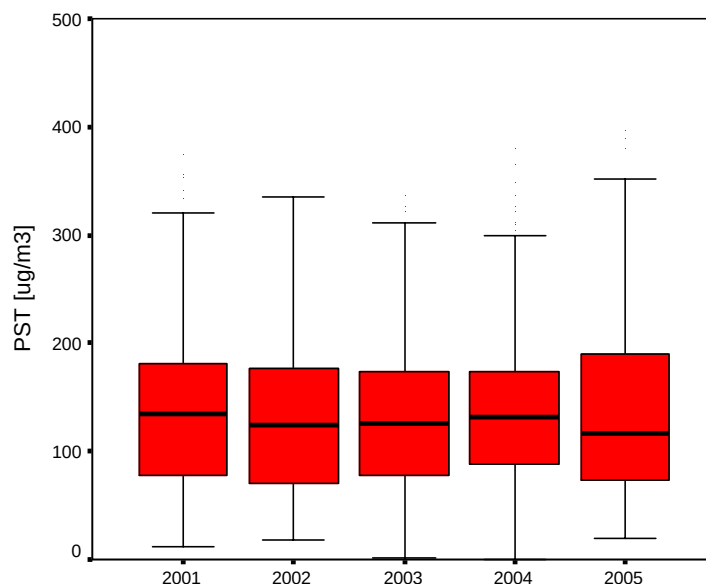


Figura 16. Concentraciones de PST de toda la RMCAB promedios diarios

En la Tabla 5 se relaciona el día en que ocurrieron las máximas concentraciones de PST promedio anual

Tabla 5. Día en el que se registraron las máximas concentraciones de PST Promedios anuales horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Concentración Máxima [µg/m³]	Fecha y Hora
1	Bosque	139	Miércoles 16 de Marzo de 2005
3	Sony	408	Miércoles 07 de Diciembre de 2005
7	Cazucá	440	Miércoles 21 de Diciembre de 2005

1.2 GASES

La resolución 1208 de 2003 regula además de las partículas en el aire los gases SO₂, NO₂, CO y O₃. La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, realizó mediciones de estos gases que son producidos especialmente por el uso de combustibles fósiles y que tienen efectos tóxicos sobre la salud humana.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE SO₂

El SO₂ es un gas incoloro, que posee un fuerte olor en altas concentraciones. Se produce principalmente durante la combustión de combustibles fósiles como el carbón, la gasolina o el diesel que son usados en vehículos y en algunas fábricas. Puede reaccionar químicamente con otros compuestos en la generación de lluvia ácida y su aspiración continua puede producir problemas respiratorios.

Promedios 3 horas

La Figura 17 muestra un resumen de las concentraciones promedio tres horas de SO₂ durante el 2005. Como se puede observar, en ninguno de los puntos de monitoreo se presentaron concentraciones por encima de la norma de calidad del aire para periodos de tres horas. El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro) muy por debajo del 50% de la norma, seguido del valor encontrado en la estación No. 2 MAVDT (Sector Centro).

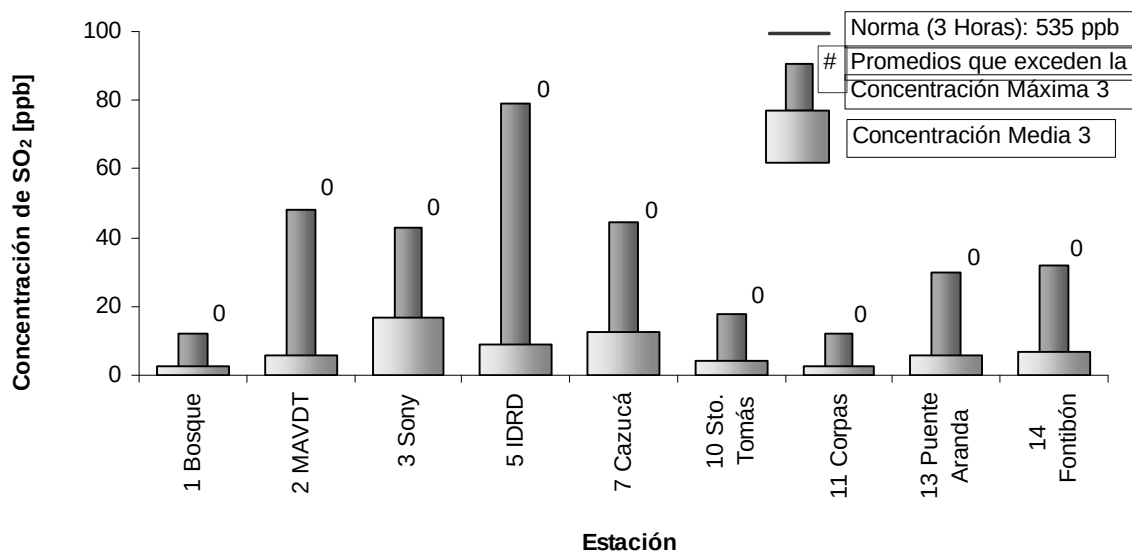


Figura 17. Concentraciones de SO₂ Promedios 3 horas

En la Tabla 6 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB. Es de notar que las concentraciones máximas en tres horas ocurren a lo largo del año y no en épocas específicas.

Tabla 6. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ Promedios 3 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Concentración Máxima [ppb]	Fecha
1	Bosque	12	Sábado 08 de Octubre de 2005 a las 09:00
2	MAVDT	48	Miércoles 23 de Febrero de 2005 a las 10:00
3	Sony	43	Jueves 13 de Enero de 2005 a las 08:00
5	IDRD	79	Viernes 25 de Marzo de 2005 a las 07:00
7	Cazucá	44	Martes 05 de Julio de 2005 a las 05:00
10	Sto. Tomás	18	Viernes 11 de Febrero de 2005 a las 10:00
11	Corpas	12	Martes 28 de Junio de 2005 a las 10:00
13	Puente Aranda	30	Martes 24 de Mayo de 2005 a las 13:00
14	Fontibón	32	Viernes 16 de Diciembre de 2005 a las 05:00

Promedios 24 horas

Ninguna de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de veinticuatro (24) horas, como se puede observar en la Figura 18.

Nuevamente, el promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro) muy por debajo del 50% de la norma, seguido del valor encontrado en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente).

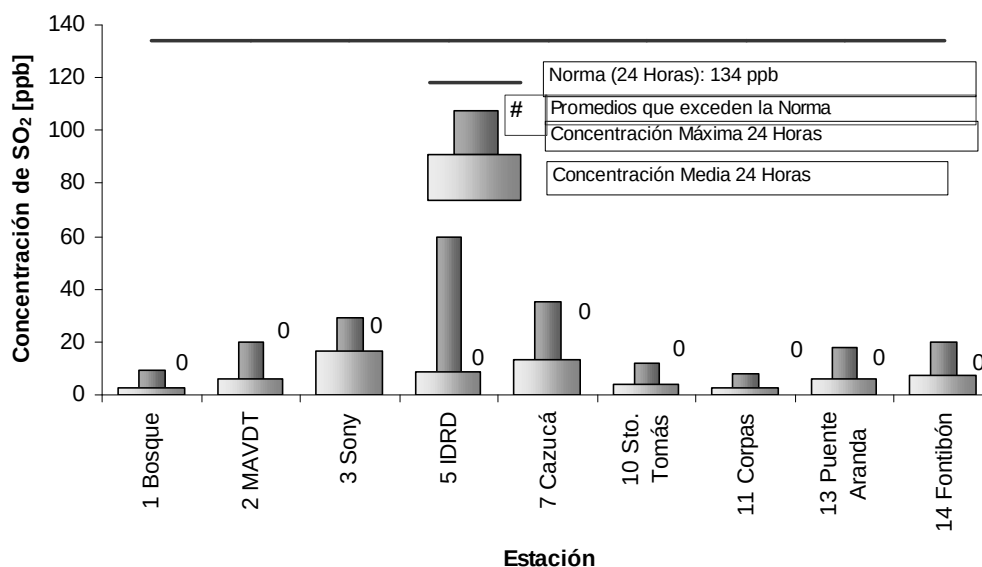


Figura 18. Concentraciones de SO₂ Promedios 24 horas

En la Tabla 7 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB. Las concentraciones máximas en 24 horas ocurren a lo largo del año y no en épocas específicas.

Tabla 7. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
1	Bosque	9	Martes 04 de Octubre de 2005 a las 15:00
2	MAVDT	20	Miércoles 23 de Febrero de 2005 a las 17:00
3	Sony	29	Martes 04 de Enero de 2005 a las 09:00
5	IDRD	59	Viernes 25 de Marzo de 2005 a las 08:00
7	Cazucá	35	Sábado 03 de Septiembre de 2005 a las 22:00
10	Sto. Tomás	12	Viernes 11 de Febrero de 2005 a las 02:00
11	Corpas	8	Miércoles 07 de Diciembre de 2005 a las 09:00
13	Puente Aranda	18	Martes 24 de Mayo de 2005 a las 13:00
14	Fontibón	20	Miércoles 14 de Diciembre de 2005 a las 05:00

Las siguientes figuras muestran el comportamiento comparado de los promedios diarios de concentración de SO₂ en le 2005 contra los datos recopilados en los años anteriores de monitoreo. Puede observarse en ambas gráficas que los promedios diarios se encuentran por debajo de la norma 24 horas para este contaminante. Al comparar el comportamiento de cada estación puede verse que los datos del 2005 son muy similares a los anteriores años de monitoreo. Durante el 2005 la media de los datos en casi todas las estaciones es menor o igual a la media de los datos multianuales. Se presentan datos multianuales de la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) y No. 12 CADE (Sector Centroccidente) aunque en 2005 no se midió este contaminante en estas estaciones.

Al organizar los datos por meses para buscar un comportamiento estacional en el contaminante, en realidad es muy difícil observar alguna correspondencia entre los valores de concentración del contaminante y el mes del año, por la escasa variación de la concentración y porque se comporta diferente cada año. Puede verse sin embargo, que durante el 2005 se registraron menores concentraciones diarias de SO₂ que en los promedios multianuales.

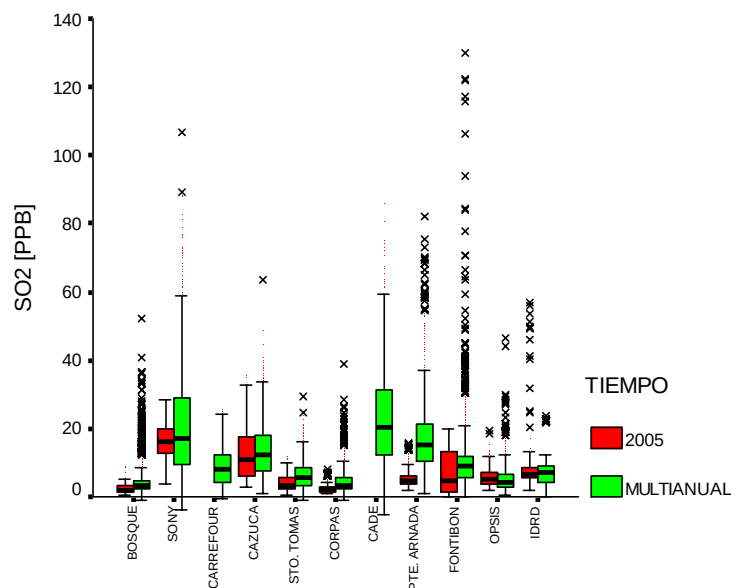


Figura 19. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de SO₂ por estación.

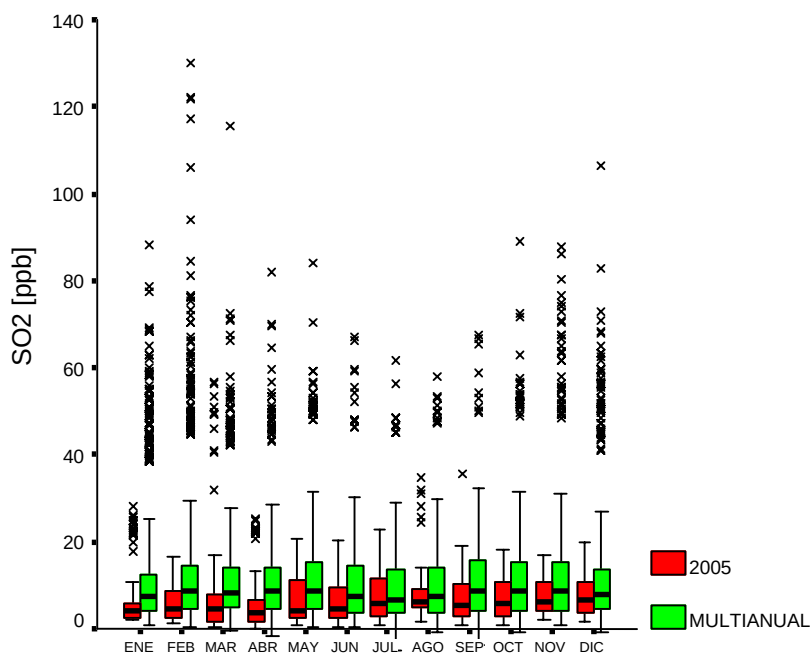


Figura 20. Diagrama de cajas para promedios diarios de concentraciones de SO₂ por mes del año.

Promedios Anuales

Como se puede observar en la Figura 21, los promedios anuales no alcanzaron el valor de la norma en ninguna de las estaciones. Las máximas concentraciones se encontraron en la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) seguida de los valores encontrados en la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente). Se presentan datos anuales para la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), porque se pueden calcular promedios corridos anuales con los datos acumulados del año anterior aunque no se realizó monitoreo de este contaminante en el 2005 en esta estación. En la Tabla 8 se presenta la fecha en que ocurrieron los máximos promedios anuales para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon este parámetro.

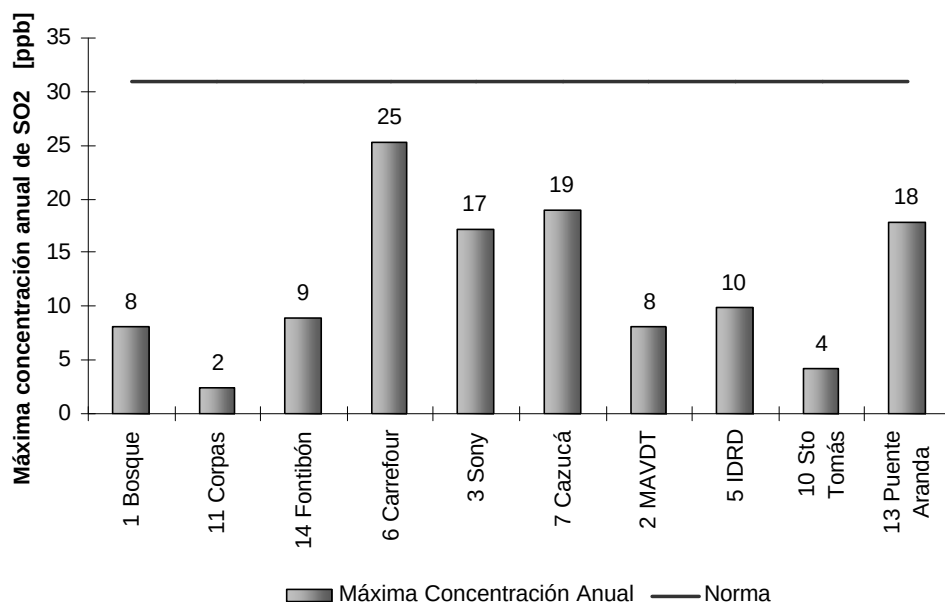


Figura 21. Concentraciones de SO₂ Promedios Anuales

Tabla 8. Día en que se registraron las máximas concentraciones de SO₂ Promedios anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día
1	Bosque	8.1	Jueves 03 de febrero de 2005
2	MAVDT	8.2	Miércoles 12 de enero de 2005
3	Sony	17.2	Miércoles 06 de julio de 2005
5	IDRD	9.8	Viernes 12 de agosto de 2005
7	Cazucá	19	Sábado 03 de septiembre de 2005
10	Sto. Tomás	4.2	Sábado 31 de diciembre de 2005
11	Corpas	2.5	Lunes 26 de Diciembre de 2005
13	Puente Aranda	17.9	Sábado 01 de enero de 2005
14	Fontibón	8.9	Sábado 01 de enero de 2005

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 22, en la Figura 23 y en la Tabla 9.

Como se puede observar, las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) presentan una tendencia a disminuir con respecto al año de 2004. Por otra parte, las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 5 IDRD (Sector Centro) presentan un aumento en las concentraciones promedio anual con respecto al 2004. Así mismo, las estaciones No. Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 2 MAVDT (Sector Centro) presentan una tendencia a aumentar la concentración en el año 2005 aunque la primera mencionada no presenta dato para el 2004 y la segunda no presenta dato para los años 2003 y 2004 aunque las dos venían presentando una disminución en la concentración a partir del 2002. Pudiera pensarse que se presentan grandes variaciones en las medias anuales concentraciones, pero observando más de cerca puede verse que los valores de las concentraciones reportadas son todos muy bajos, menores a 30 ppb, luego, por ejemplo una variación de apenas 10 ppb puede verse muy grande con respecto a un valor anterior de 8 ppb.

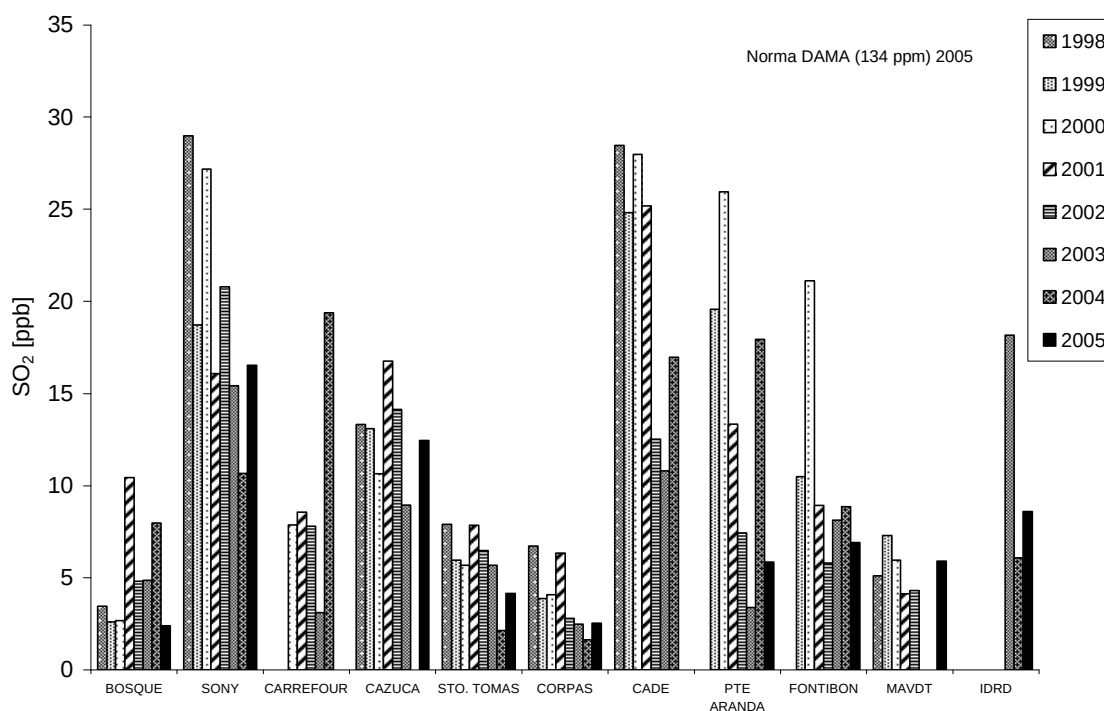


Figura 22. Concentraciones de SO₂ medias anuales de promedios diarios

Tabla 9. Concentraciones de SO₂ medias anuales de promedios diarios

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en ppb							
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norte	1	Bosque	3	3	3	10	5	5	8	2
Noroccidente	11	Corpas	7	4	4	6	3	2	2	3
	6	Carrefour			8	9	8	3	19	
	14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7
Centro	10	Sto. Tomás	8	6	6	8	6	6	2	4
	5	IDRD						18	6	9
	2	MAVDT	5	7	6	4	4			6
Centroccidente	12	CADE	28	25	28	25	13	11	17	
	13	Puente Aranda		20	26	13	7	3	18	6
Sur	3	Sony	29	19	27	16	21	15	11	17
Suroccidente	7	Cazucá	13	13	11	17	14	9		12

El diagrama de cajas de la Figura 23 presenta el comportamiento de los promedios diarios de las concentraciones de SO₂. Al observar las medianas de los promedios diarios, se evidencia una tendencia a la disminución en las concentraciones del contaminante en la ciudad.

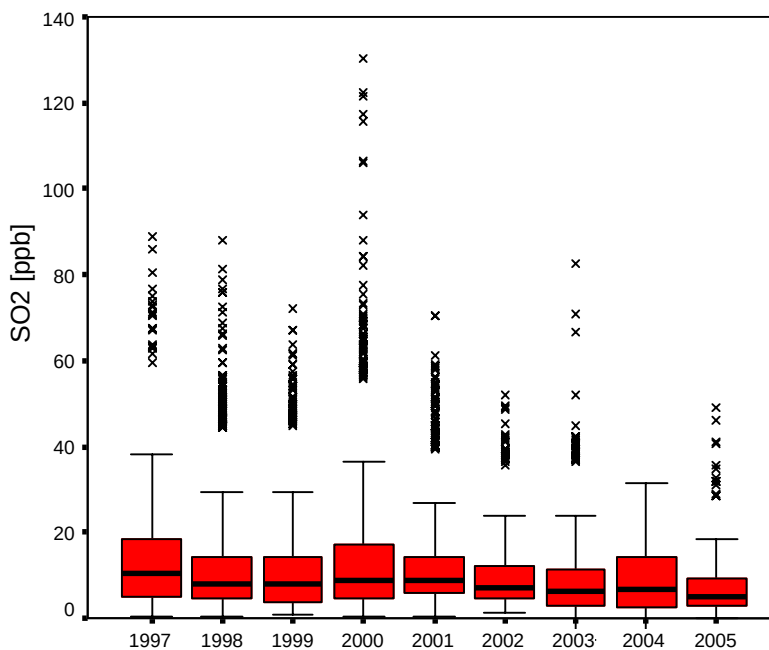


Figura 23. Concentraciones de SO₂ en Bogotá promedios diarios al 2005

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE NO₂

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

Promedios 1 Hora

Como se puede observar en la Figura 24 tan solo una de las estaciones presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de una (1) hora durante le 2005. El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y fue el día 19 de diciembre a las 07:00, seguido de los valores encontrados en las estaciones No. 2 MAVDT (Sector Centro) y No. 5 IDRD (Sector Centro).

En la Tabla 10 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon este parámetro.

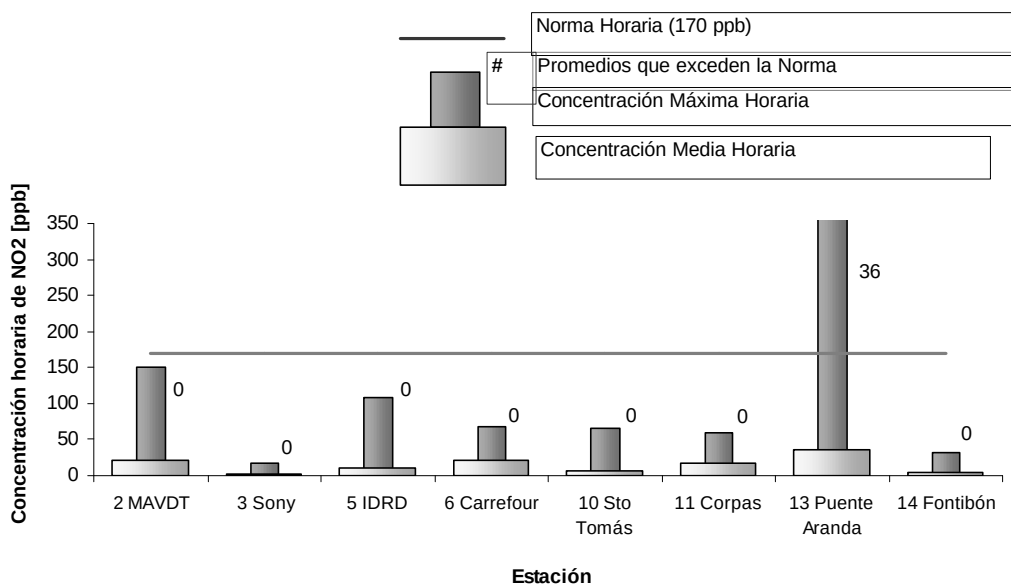


Figura 24. Concentraciones de NO₂ Promedio 1 Hora

Tabla 10. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de NO₂ Promedios 1 hora

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
2	MAVDT	150	El 14 de enero de 2005 a las 11:00
3	Sony	17	El 03 de febrero de 2005 a las 07:00.
5	IDRD	109	El 5 de marzo de 2005 a las 11:00.
6	Carrefour	68	El 20 de noviembre de 2005 a las 17:00.
10	Sto. Tomás	66	El 08 de febrero de 2005 a las 10:00.
11	Corpas	59	El 31 de diciembre de 2005 a las 16:00.
13	Pte. Aranda	371	El 19 de diciembre de 2005 a las 07:00
14	Fontibón	32	El 21 de mayo de 2005 a las 19:00.

Promedios 24 Horas

Como se puede observar en la Figura 25, la estación No. 13 Pte. Aranda presentó datos por encima de la norma de calidad del aire para periodos de veinticuatro (24) horas.

El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente) y fue el día 19 de diciembre a las 11:00.

En la Tabla 11 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB.

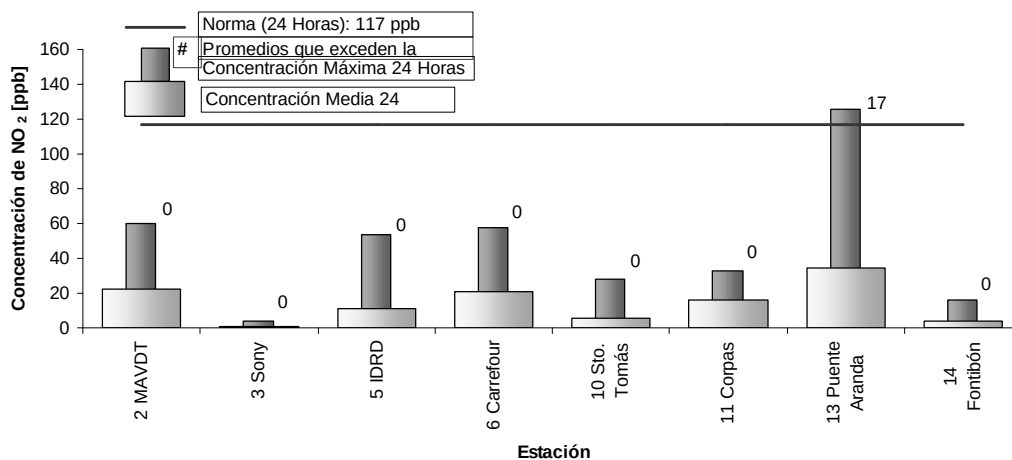


Figura 25. Concentraciones de NO₂ Promedios 24 Horas

Tabla 11. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de NO₂ Promedios 24 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día y hora
2	MAVDT	60	El 30 de julio de 2005 a las 03:00
3	Sony	4	El 03 de febrero de 2005 a las 23:00.
5	IDRD	54	El 5 de marzo de 2005 a las 12:00.
6	Carrefour	58	El 07 de octubre de 2005 a las 06:00.
10	Sto. Tomás	28	El 09 de febrero de 2005 a las 02:00.
11	Corpas	33	El 03 de julio de 2005 a las 12:00.
13	Pte. Aranda	126	El 19 de diciembre de 2005 a las 11:00
14	Fontibón	16	El 22 de mayo de 2005 a las 01:00.

Promedios Anuales

Como se puede observar en la Figura 26, ninguna de las estaciones alcanzó promedios anuales de concentración que superaran la norma. La concentración máxima anual más alta se presentó en la estación No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente), seguida por el valor de la estación No. 2 MAVDT (Sector Centro).

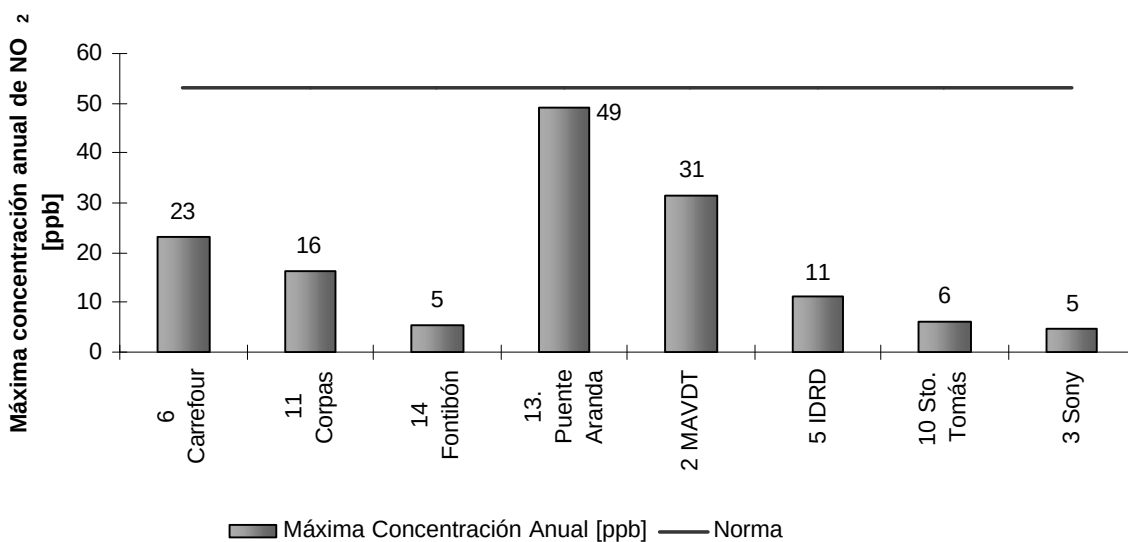


Figura 26. Concentraciones de NO₂ Promedios Anuales

Las diferencias marcadas entre las concentraciones horarias 24 horas y anuales de las estaciones No. 13 Pte. Aranda y No. 14 Fontibón, que se encuentran muy cercanas, indican que la concentración de NO₂ en registrada en la localidad de Puente Aranda, proviene de una fuente emisora local que no tiene influencia sobre la estación Fontibón, o que para cuando la pluma del contaminante llega al punto de monitoreo de Fontibón, el gas se ha agotado por reacción con otros contaminantes.

En la Tabla 12 se presenta la fecha en que ocurrieron los máximos promedios anuales para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon este parámetro.

Tabla 12. Fecha en que se registraron las máximas concentraciones de NO₂ promedios Anuales

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo	Día
2	MAVDT	31.40	El jueves 20 de enero de 2005
3	Sony	4.67	El viernes 21 de enero de 2005
5	IDRD	11.08	El sábado 31 de diciembre de 2005
6	Carrefour	23.13	El martes 22 de noviembre de 2005
10	Sto. Tomás	6.14	El viernes 29 de abril de 2005
11	Corpas	16.34	El sábado 31 de diciembre de 2005
13	Pte. Aranda	49.15	El jueves 30 de junio de 2005
14	Fontibón	5.29	El sábado 01 de enero de 2005

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 27 y en la Tabla 13.

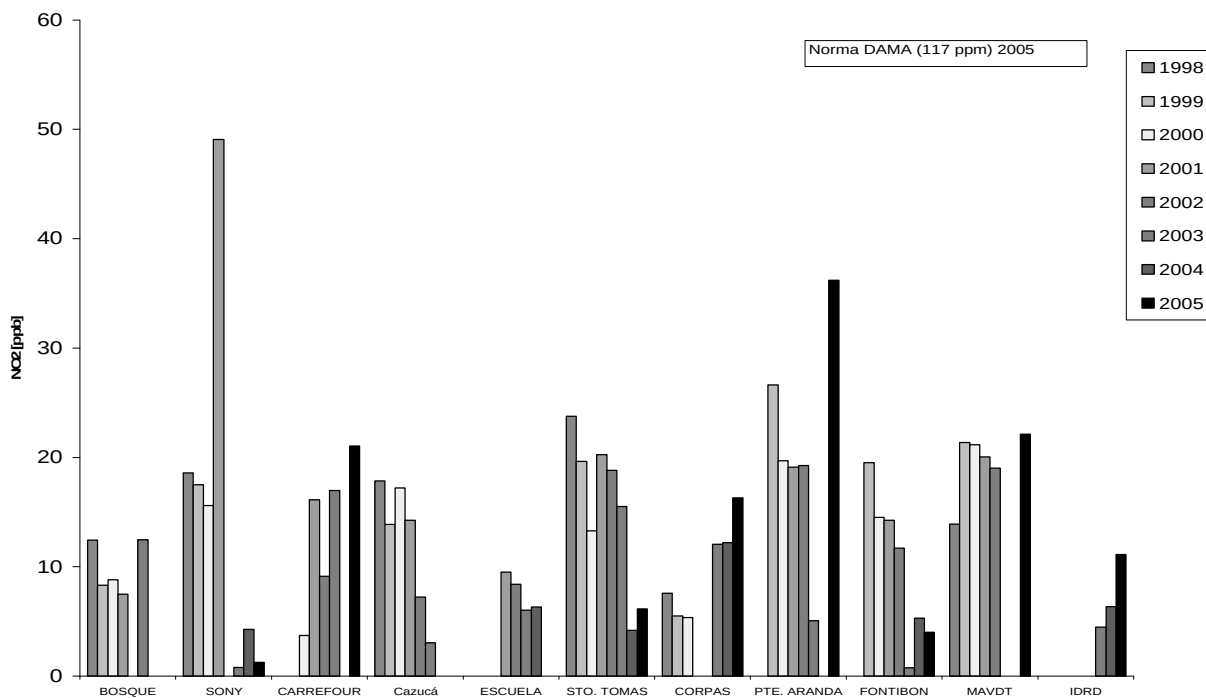


Figura 27. Concentraciones de NO₂ medias anuales de los datos diarios.

Las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 10 Sto. Tomás (Sector Centro) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) muestran una tendencia similar dado que todas presentan una disminución en la concentración promedio anual a lo largo de los años. Sin embargo, es importante anotar que no todas las estaciones presentan datos para todos los años entre 1998 hasta el 2005.

Como se puede apreciar en la figura anterior, de las estaciones que registraron promedio para el año de 2005 tan solo la estación No. 3 Sony (Sector Sur) y la No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) presentan una disminución en la concentración. Además, esta primera estación presenta una disminución importante, aunque no cuenta con registro del año 2002, a partir del 2003 en adelante.

En cuanto a las estaciones de No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), No. 5 IDRD (Sector Centro) y No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) presentan una tendencia similar entre los últimos años donde se presenta un aumento en la concentración del contaminante.

Tabla 13. Concentraciones de NO₂ medias anuales de los datos diarios

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norte	8	Escuela				10	8	6	6	
	1	Bosque	12	8	9	7		12		
Noroccidente	11	Corpas	8	5	5			12	12	16
	6	Carrefour			4	16	9	17		21
	14	Fontibón		20	14	14	12	1	5	4
Centro	10	Sto. Tomás	24	20	13	20	19	16	4	6
	2	MAVDT	14	21	21	20	19			22
	5	IDRD						4	6	11
Centroccidente	13	Puente Aranda		27	20	19	19	5		36
Sur	3	Sony	19	18	16	49		1	4	1
Suroccidente	7	Cazucá	18	14	17	14	7	3		

El diagrama de cajas de la Figura 28 presenta el comportamiento de los promedios diarios de las concentraciones de NO₂ entre los años 1998 y 2005.

A partir de éste, es posible observar que la mediana de las concentraciones promedio diarias de NO₂ ha venido disminuyendo a lo largo de los años, entre 1998 y 2003. Sin embargo, para el año 2004 y 2005 se puede observar nuevamente un pequeño aumento en este valor con respecto al correspondiente al año 2003.

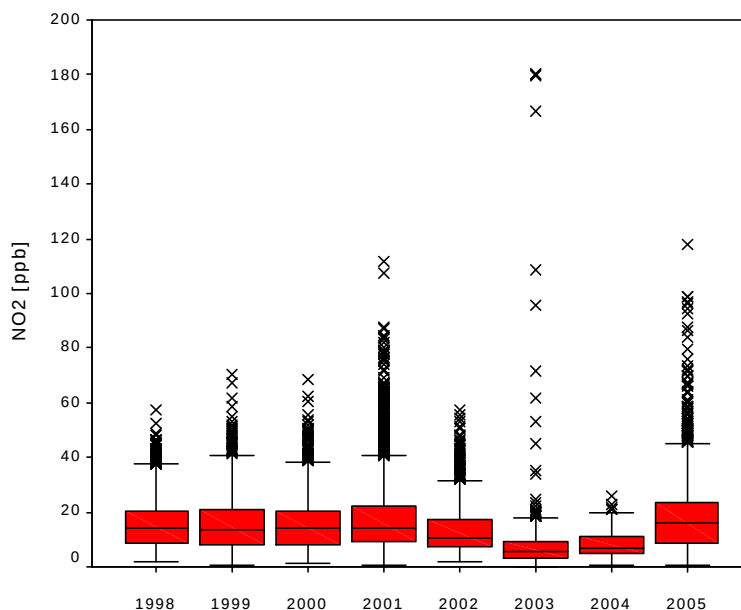


Figura 28. Concentraciones de NO₂ de la RMCAB medias diarias.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE CO

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El CO afecta la salud debido a que es más afín por la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, interfiriendo en el proceso de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo.

En el año 2005 se realizaron mediciones de CO en las estaciones No. 5 IDR (Sector Centro), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente). Los registros tomados de estas estaciones desde el 1 de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2005 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

La Resolución 1208 de 2005 del DAMA, determina para este año que una concentración promedio de CO, en 8 horas continuas, no debe ser mayor a 10 ppm. Con base en este límite, se analizaron las correspondientes medias móviles 8 horas, y se encontró que ninguna estación presentó valores por encima de la norma. La representación gráfica del promedio máximo, la norma y el valor medio de concentración de CO en 8 horas se muestra en la Figura 29. El promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) seguido por el valor de la estación No. 5 IDR (Sector Centro).

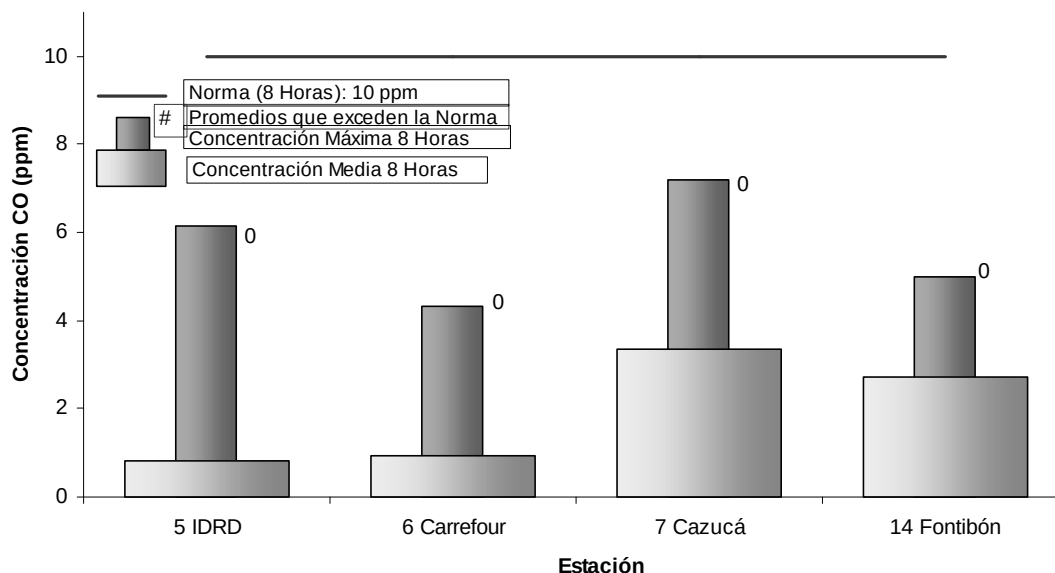


Figura 29. Concentraciones Máximas de Promedios 8 horas de CO

En la Tabla 14 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon dicho contaminante.

Tabla 14. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de CO Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
5	IDRD	6.2	El 17 de diciembre de 2005 a la 02:00.
6	Carrefour	4.3	El 03 de diciembre de 2005 a las 02:00
7	Cazucá	7.2	El 23 de septiembre de 2005 a las 19:00.
14	Fontibón	5	El 09 de junio de 2005 a las 00: 00

Promedios Horarios

El valor de la concentración media horaria de CO no debe ser mayor a 35 ppm, según la normatividad vigente para el año 2005. Este valor límite se utilizó como referencia para analizar los 14836 promedios horarios de este contaminante, y se encontró que ninguno de ellos supera la norma. En la Figura 30 se puede observar el máximo promedio horario de CO, por estación, con la norma y la media de los promedios horarios de CO en el año 2005. Los valores que sustentan esta figura se presentan en la Tabla 15.

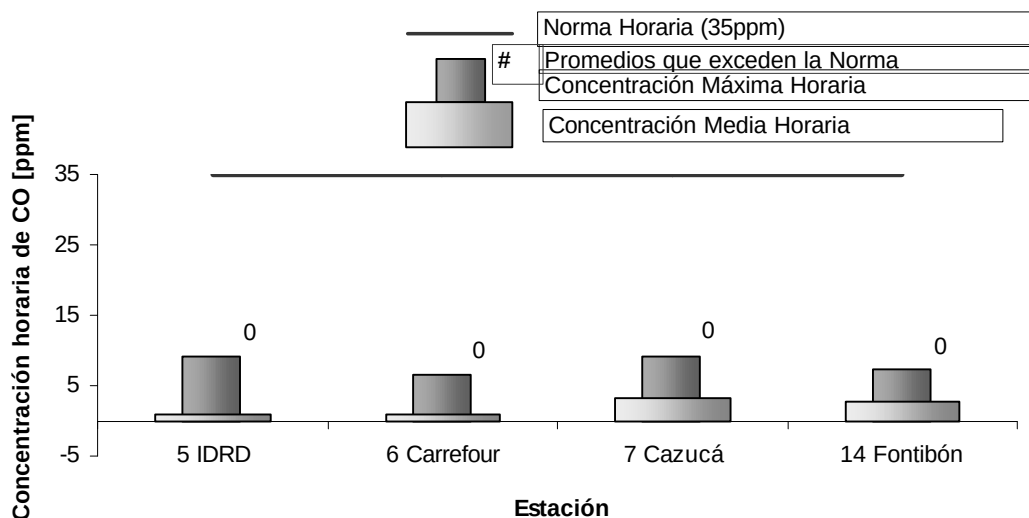


Figura 30. Concentraciones Máximas de Promedios Horarios de CO

Tabla 15. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de CO Promedios horarios

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
5	IDRD	9.1	El 16 de diciembre de 2005 a la 21:00.
6	Carrefour	6.6	El 02 de diciembre de 2005 a las 22:00
7	Cazucá	9.1	El 20 de septiembre de 2005 a las 19:00.
14	Fontibón	7.4	El 04 de marzo de 2005 a las 11: 00

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 32 y en la Tabla 16.

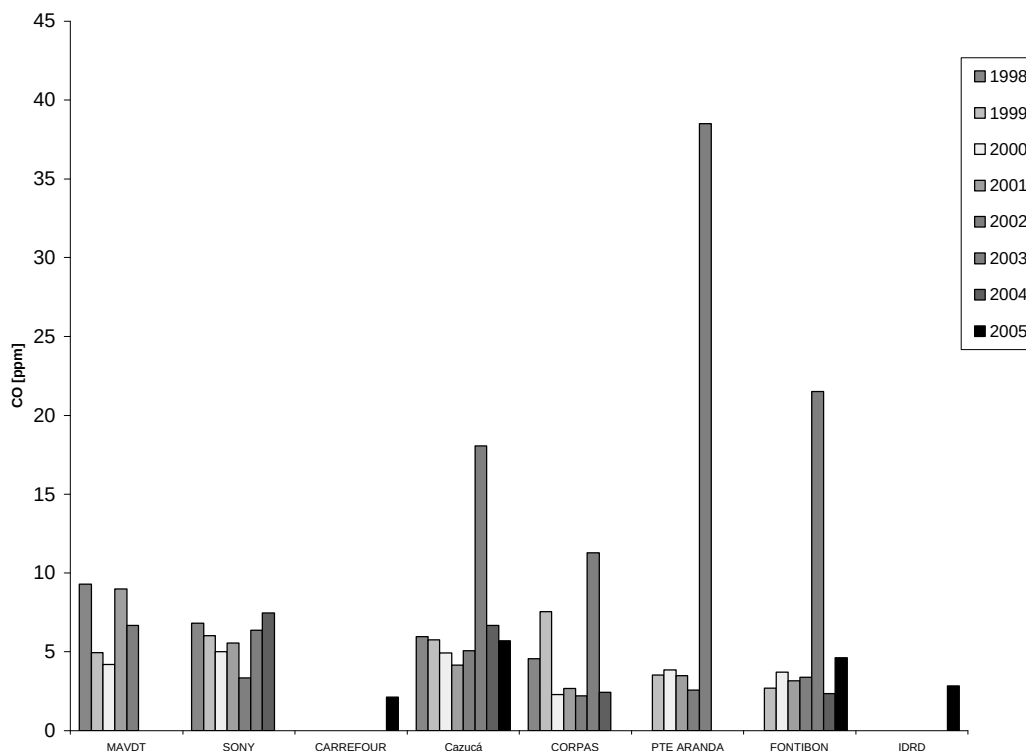


Figura 31. Concentraciones de CO máximos anuales de los datos diarios.

Las estaciones No. 13 Pte. Aranda (Sector Centrooccidente), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) muestran una tendencia similar dado que todas presentan una disminución en la concentración promedio anual hasta el 2001 y un aumento de nuevo hasta el 2003 y de nuevo una disminución en los siguientes años. Sin embargo, es importante anotar que no todas las estaciones presentan datos para todos los años entre 1998 hasta el 2005.

Como se puede apreciar en la figura anterior, las estaciones que registraron promedio para el año de 2005 fueron la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente), la No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y la No. 5 IDRD (Sector Centro), de las cuales la primera y última mencionada no cuentan con dato de concentración para los años anteriores.

En cuanto a las estaciones de No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), como se ve en la figura presenta una disminución en la concentración a partir del 2004 y finalmente, para la No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) presentan una tendencia similar entre los últimos años donde se presenta un aumento en la concentración del contaminante, pero para el 2005 se ve un aumento en la concentración.

Tabla 16. Concentraciones de CO máximos anuales de los datos diarios

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Noroccidente	11	Corpas	5	8	2	3	2	11	2	
	6	Carrefour								2
	14	Fontibón		3	4	3	3	22	2	5
Centro	2	MAVDT	9	5	4	9	7			
	5	IDRD								3
Centroccidente	13	Puente Aranda		4	4	3	3	39		
Sur	3	Sony	7	6	5	6	3	6	7	
Suroccidente	7	Cazucá	6	6	5	4	5	18	7	6

En el diagrama de cajas de la Figura 32 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de CO de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro. Entre los años 2000 y 2002 el comportamiento de CO se puede decir que no presento mayor aumento y durante el resto de años se presentan concentraciones bajas en general. Los niveles de CO aumentaron para el año 2003 lo cual se puede observar en el mayor valor de la mediana y de los puntos extremos. A partir del año 2004 al igual que en el 2005 se puede observar nuevamente una disminución en los niveles de CO.

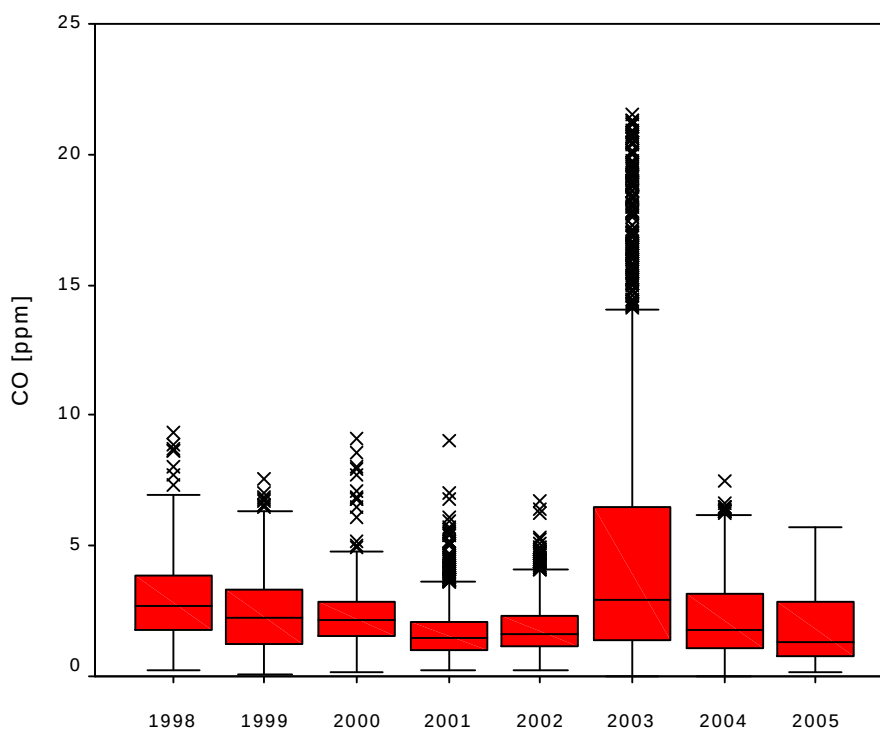


Figura 32. Concentraciones de CO de la RMCAB Promedios diarios

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE CONCENTRACIONES DE O₃

El O₃ es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos en presencia de la luz solar, sus efectos en el sistema respiratorio son importantes ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

En el año 2005 se realizaron mediciones de O₃ en las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur), No. 5 IDR (Sector Centro), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente). Los registros tomados de estas estaciones desde el primero de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2005 son los que se han tenido en cuenta para el análisis de este gas contaminante.

Promedios 8 Horas

El valor que la Resolución 1208 de 2005 impone como valor máximo permitido de concentración de ozono, para promedios de 8 horas, es 66 ppb. Este valor fue utilizado como referencia para analizar los 22335 promedios de 8 horas hallados con los registros de las estaciones de la RMCAB, de los cuales, 22 superaron la norma. Todos estos en la estación No. 2 MAVDT (Sector Centro).

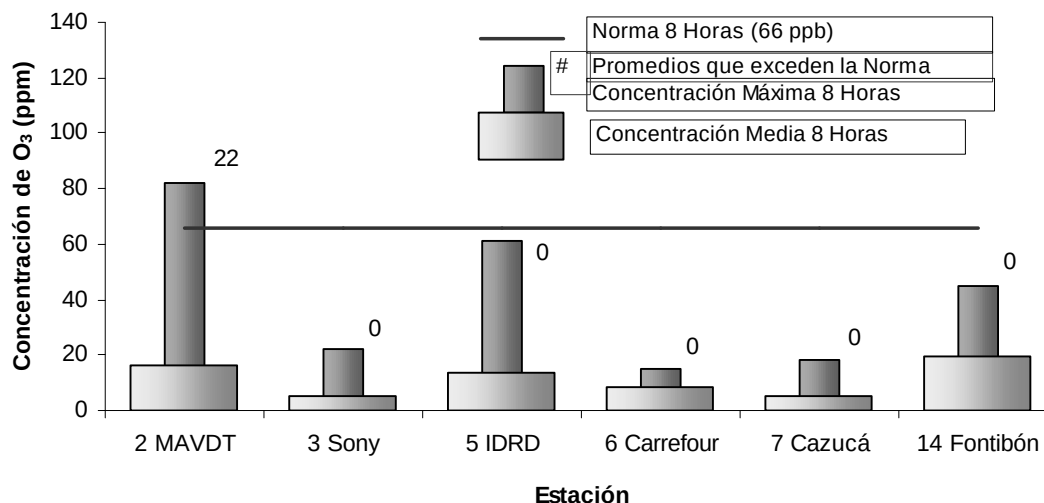


Figura 33. Concentraciones máximas de promedios 8 h de O₃

La Figura 33 muestra el máximo de la concentración en 8 horas de ozono, la norma y el valor medio de todos los promedios 8 horas de ozono en el año 2005. Como se puede observar, el promedio máximo más alto se presentó en la estación No. 2 MAVDT (Sector Noroccidente) seguido por el valor de la estación No. 5 IDR (Sector Centro). En la Tabla 17 se presenta el día y la hora en que ocurrieron los máximos para todas las estaciones de la RMCAB que monitorearon dicho contaminante.

Tabla 17. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de O₃ Promedios 8 horas

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
2	MAVDT	82	El 27 de octubre de 2005 a las 17:00
3	Sony	22	El 30 de marzo de 2005 a las 17:00
5	IDRD	61	El 04 de octubre 2005 a las 15:00
6	Carrefour	15	El 28 de noviembre de 2005 a las 15:00
7	Cazucá	18	El 29 de abril de 2005 a las 16:00
14	Fontibón	45	El 12 de diciembre de 2005 a las 17:00

Es importante observar que el porcentaje de representatividad temporal de algunos promedios hallados está por debajo del 75% que es el mínimo para determinar el comportamiento general de este contaminante en un año. En la Tabla 32 se muestra el consolidado de las concentraciones de ozono en 2005.

Promedios Horarios

En el año 2005 se hallaron 22699 promedios horarios, de los cuales 31 se encontraron por encima del valor que establece la norma para los promedios horarios. Todos estos se presentaron en la estación No. 2 MAVDT (Sector Centro). Las concentraciones máximas horarias de O₃, el valor medio y la norma se comparan gráficamente en la Figura 34. Los valores que sustentan esta figura se presentan en la Tabla 20.

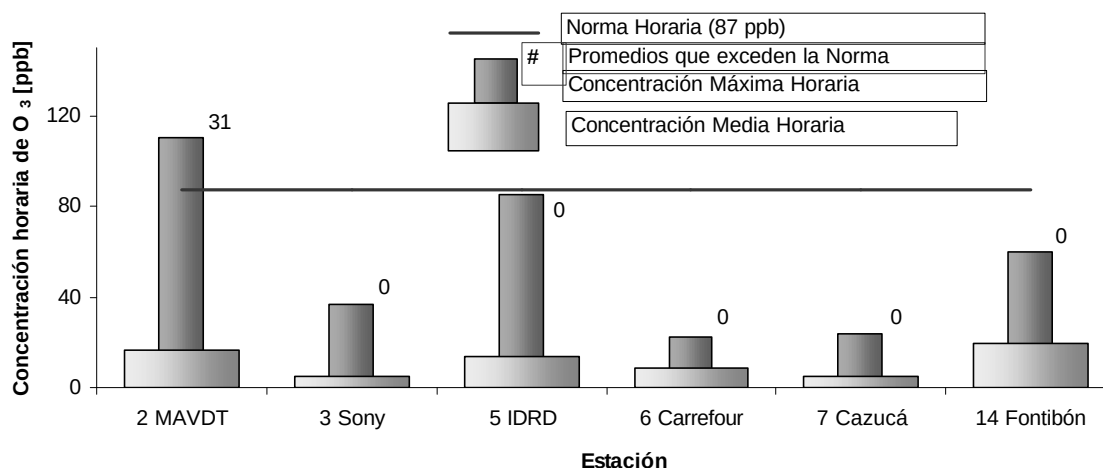


Figura 34. Concentraciones máximas horarias de O₃

Como se puede observar dentro de la tabla que se muestra a continuación, el valor máximo promedio para concentraciones horarias se presentó en la estación No. 2 MAVDT (Sector Centro), con 110 ppm, seguido por el valor encontrado en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro).

Tabla 18. Día y hora en que se registraron las máximas concentraciones de O₃ Promedios horarios

CÓDIGO	ESTACIÓN	Máximo [ppb]	Día y hora
2	MAVDT	110	El 08 de noviembre de 2005 a las 11:00.
3	Sony	37	El 23 de febrero de 2005 a las 12:00.
5	IDRD	85	El 30 de diciembre 2005 a las 12:00.
6	Carrefour	23	El 25 de noviembre de 2005 a las 13:00.
7	Cazucá	24	El 29 de abril de 2005 a las 13:00.
14	Fontibón	60	El 02 de diciembre de 2005 a las 14:00.

Tendencias

La tendencia de los promedios anuales de las concentraciones de las estaciones que midieron este parámetro se puede observar en la Figura 35 y en la Tabla 16.

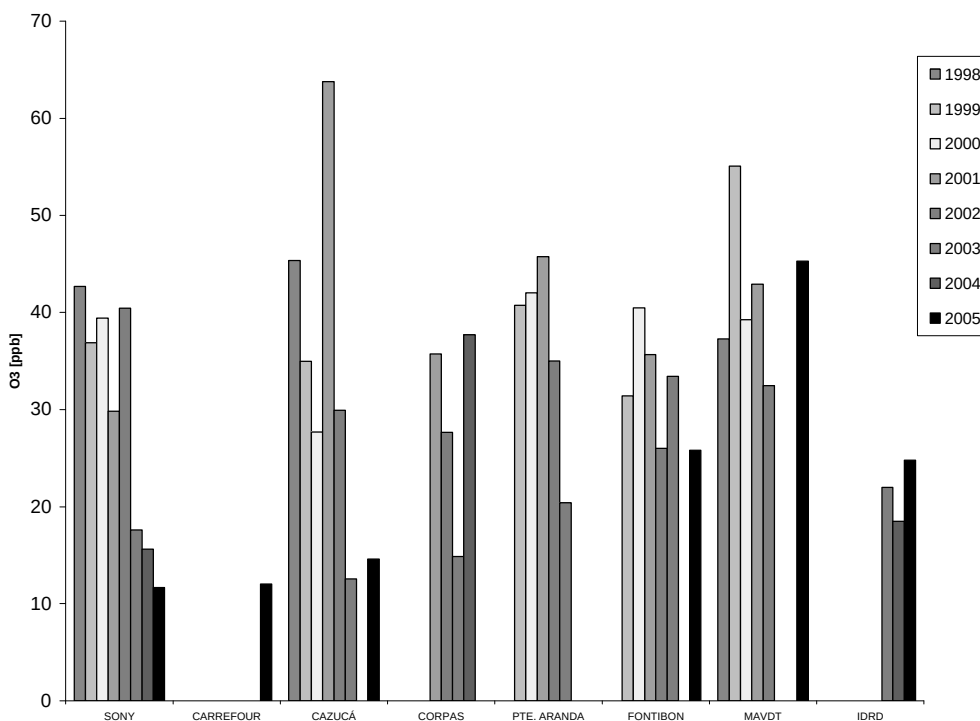


Figura 35. Concentraciones de O₃ máximos anuales de los datos diarios.

Las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente) muestran una tendencia similar a partir del año 2002 donde presenta una tendencia a la disminución en la concentración del contaminante.

Para las estaciones No. 2 MAVDT (Sector Centro), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y la No. 5 IDR (Sector Centro), se presenta un aumento, como se puede ver en la figura anterior, durante el último año.

Tabla 19. Concentraciones de O₃ [ppb] máximos anuales de los datos diarios

SECTOR	No.	NOMBRE	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Noroccidente	11	Corpas				36	28	15	38	
	6	Carrefour								12
	14	Fontibón		31	40	36	26	33		26
Centro	2	MAVDT	37	55	39	43	32			45
	5	IDR						22	19	25
Centroccidente		Puente								
	13	Aranda		41	42	46	35	20		
Sur	3	Sony	43	37	39	30	40	18	16	12
Suroccidente	7	Cazucá	45	35	28	64	30	13		15

En el diagrama de cajas de la Figura 36 se resume el comportamiento de las concentraciones diarias de O₃ de la RMCAB para cada año de monitoreo de este parámetro. Se puede observar que el comportamiento de O₃ ha tenido un promedio de concentración relativamente similar, con una leve tendencia a la baja, hasta el año 2002, pero se observa una fuerte disminución en la concentración en el año 2003. Se considera que la tendencia es que la mediana esté entre 15 y 20 ppb y que los máximos no sobrepasen las 50 ppb. Por otro lado, si bien se puede observar un aumento en la concentración para los años 2004 y 2005 con respecto al 2003, este valor sigue estando por debajo del valor encontrado para los años 1998 hasta 2002.

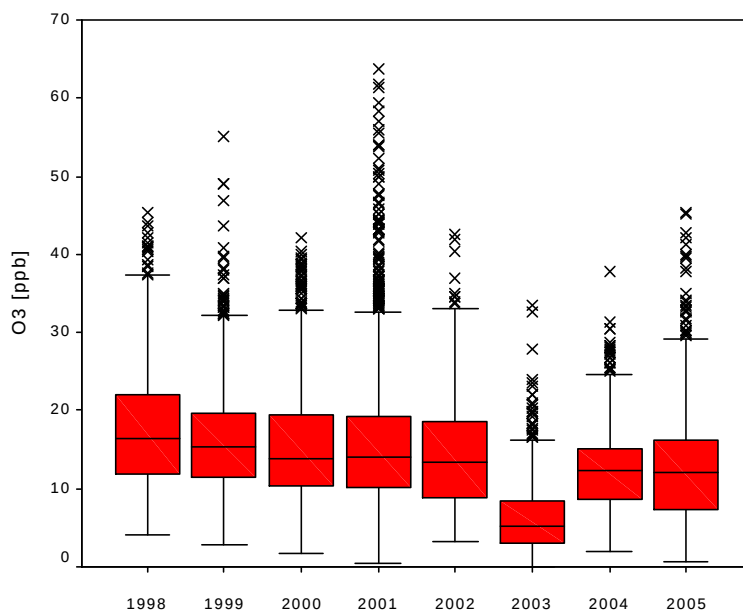


Figura 36. Concentraciones de O₃ de la RMCAB - Promedios diarios

1.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 20 y en la Tabla 21 se resumen los resultados de las mediciones de PM₁₀, promedios 24 horas y anuales, mientras que en la Tabla 22 y en la Tabla 23 se muestran los resultados obtenidos para PST, promedios 24 horas y anuales respectivamente. Desde la Tabla 24 hasta la Tabla 33 se muestran los resultados obtenidos para los demás gases contaminantes.

Estas tablas están organizadas de la siguiente forma; En la primera columna se especifica la zona geográfica en donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación, en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el 2005, la cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal de los datos, es decir, la representatividad que tienen los promedios obtenidos sobre la totalidad de los promedios que se hubieran podido obtener en condiciones de operación al 100%. La quinta columna muestra el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se halla la proporción de estas excedencias sobre el total de los datos. La séptima y octava columna muestran el número de promedios que están por encima del 50% del valor de la norma y del 75% respectivamente, con el objeto de resumir la distribución de los datos. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado, en la décima aparece la media de todos los datos analizados.

Tabla 20. Consolidado concentraciones de PM10 en 2005 Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios 24 horas	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Media
Norte	1 Bosque	2887	33%	0	0%	5	0	98	0.54	48
	8 Escuela	6947	79%	0	0%	224	0	125	0.69	55
	Subtotal	9834	56%	0	0%	229	0			
Noroccidente	6 Carrefour	5726	65%	0	0%	1740	209	168	0.93	82
	11 Corpas	6373	73%	8	0%	2726	371	182	1.01	90
	14 Fontibón	7594	87%	7	0%	3936	900	182	1.01	102
	Subtotal	19693	75%	15	0%	8402	1480			
Sur	3 Sony	6087	69%	0	0%	1396	239	167	0.93	69
Suroccidente	7 Cazucá	7268	83%	0	0%	1421	115	162	0.90	69
	9 Kennedy	770	9%	0	0%	519	127	174	0.97	113
	Subtotal	8038	46%	0	0%	1940	242			
Centro	5 IDRD	6289	72%	0	0%	681	40	153	0.85	57
	10 Sto Tomás	4104	47%	0	0%	0	0	65	0.36	32
	Subtotal	10393	59%	0	0%	681	40			
Centroccidente	13 Puente Aranda	8137	93%	227	3%	3658	1909	217	1.21	113
TOTALES		62182	65%	242	0.4%	16306	3910			75

F.T: Falla Técnica
E.T: En Traslado
F.S: Fuera de Servicio
E.P: En Prueba

Tabla 21. Consolidado de concentraciones de PM10 en 2005 Promedios anuales

Información de los promedios anuales de concentración de PM10 [Norma: 80 µg/m3]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	1 Bosque	365	38%	0	0%	96	0	45	0.6	115	164
	8 Escuela	365	77%	0	0%	365	0	56	0.7	253	306
	Subtotal	730	57%	0	0%	461	0				
Noroccidente	6 Carrefour	365	73%	129	35%	0	236	86	1.1	215	318
	11 Corpas	365	72%	235	64%	0	130	90	1.1	245	279
	14 Fontibón	365	83%	365	100%	0	0	101	1.3	273	333
	Subtotal	1095	76%	729	67%	0	366				
Sur	3 Sony	365	81%	0	0%	284	81	69	0.9	267	325
Suroccidente	7 Cazucá	365	82%	0	0%	187	178	69	0.9	280	315
	9 Kennedy	44	5%	44	100%	0	0	111	1.4	1	37
	Subtotal	409	43%	44	50%	187	178				
Centro	5 IDRD	365	64%	0	0%	18	347	73	0.9	153	312
	10 St Tomás	365	74%	0	0%	0	0	32	0.4	227	311
	Subtotal	730	69%	0	0%	18	347				
Centroccidente	13 Pte. Aranda	365	91%	365	100%	0	0	113	1.4	309	353
TOTALES		3694	67%	1138	31%	950	972				

F.T: Falla Técnica
E.T: En Traslado
F.S: Fuera de Servicio
E.P: En Prueba
D.I : Datos insuficientes

Tabla 22. Consolidado de concentraciones de PST en 2005 Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. de datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m3]	Max/ Norma	Media
Norte	1. Bosque	3128	36%	0	0%	0	0	139	0.35	58
Sur	3. Sony	4762	54%	4	0%	771	220	408	1.02	147
Suroccidente	7. Cazucá	3139	36%	15	0%	1103	195	440	1.10	193
TOTALES		11029	42%	19	0%	1874	415			133

Tabla 23. Consolidado de concentraciones de PST en 2005 Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. de datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	1 Bosque	365	44%	0	0%	297	0	54	0.5	128	191
Sur	3 Sony	365	71%	365	100%	0	0	146	1.5	208	309
Suroccidente	7 Cazucá	365	55%	365	100%	0	0	180	1.8	136	266
TOTALES		1095	57%	730	67%	297	0				

Tabla 24. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2005 – Promedios 3 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Max/ Norma	Media
Norte	1. Bosque	4336	49%	0	0%	0	0	12	0.02	2
Sur Suroccidente	3. Sony	6318	72%	0	0%	0	0	43	0.08	17
	7. Cazucá	3457	39%	0	0%	0	0	44	0.08	13
Noroccidente	11. Corpas	6559	75%	0	0%	0	0	12	0.02	3
	14. Fontibón	6252	71%	0	0%	0	0	32	0.06	7
Centro	5. IDRD	7278	83%	0	0%	0	0	79	0.15	9
	10. Sto. Tomás	6221	88%	0	0%	0	0	18	0.03	4
	2. MAVDT	6834	78%	0	0%	0	0	48	0.09	6
Centroccidente	13. Puente Aranda	7683	88%	0	0%	0	0	30	0.06	6
TOTALES		54938	64%	0	0%	0	0			

Tabla 25. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2005 – Promedios 24 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Norte	1. Bosque	4043	46%	0	0%	0	0	9	0.07	2
Sur	3. Sony	6162	70%	0	0%	0	0	29	0.22	17
Suroccidente	7. Cazucá	3203	37%	0	0%	0	0	35	0.26	13
Noroccidente	11. Corpas	6346	72%	0	0%	0	0	8	0.06	3
	14. Fontibón	6135	70%	0	0%	0	0	20	0.15	7
Centro	5. IDRD	7141	82%	0	0%	0	0	59	0.44	9
	10. Sto. Tomás	5962	68%	0	0%	0	0	12	0.09	4
	2. MAVDT	6489	74%	0	0%	0	0	20	0.15	6
Centroccidente	13. Puente Aranda	7646	87%	0	0%	0	0	18	0.13	6
TOTALES		53127	61%	0	0%	0	0			

Tabla 26. Consolidado de las concentraciones de SO₂ en 2005 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que exceden en la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte Sur Suroccidente	1. Bosque	365	40%	0	0%	0	0	8	0.3	5	77	204
	3. Sony	365	80%	0	0%	233	0	17	0.6	15	259	317
	7. Cazucá	250	12%	0	0%	148	0	19	0.6	15	0	149
Noroccidente	11. Corpas	365	79%	0	0%	0	0	2	0.1	2	276	308
	14. Fontibón	365	80%	0	0%	0	0	9	0.3	6	262	338
Centro	5. IDRD	365	66%	0	0%	0	0	10	0.3	8	226	305
	10. Sto. Tomás	365	84%	0	0%	0	0	4	0.1	3	269	340
	2. MAVDT	365	45%	0	0%	0	0	8	0.3	6		
Centroccidente	13. Puente Aranda	365	81%	0	0%	34	0	18	0.6	11	151	356
TOTALES		3503	60%	0	0%	702	46					

Tabla 27. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2005 – Promedios 1 Hora

Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	5955	45%	0	0%	0	0	68	0.40	21
	11 Corpas	6784	77%	0	0%	0	0	59	0.35	16
	14 Fontibón	3112	36%	0	0%	0	0	32	0.19	4
Sur	3 Sony	1040	12%	0	0%	0	0	17	0.10	1
	2 MAVDT	7692	88%	0	0%	173	19	150	0.88	22
Central	5 IDR	5955	68%	0	0%	5	0	109	0.64	11
	10 Sto Tomás	507	6%	0	0%	0	0	66	0.39	6
	13 Puente Aranda	4854	55%	36	1%	225	54	371	2.18	36
Centroccidente										
TOTALES		35899	39%	36	0%	403	73			

Tabla 28. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2005 – Promedios 24 Horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	3918	45%	0	0%	0	0	58	0.50	21
	11 Corpas	6590	75%	0	0%	0	0	33	0.28	16
	14 Fontibón	2973	34%	0	0%	0	0	16	0.14	4
Sur	3 Sony	907	10%	0	0%	0	0	4	0.03	1
Central	2 MAVDT	7696	88%	0	0%	10	0	60	0.51	22
	5 IDRD	5599	64%	0	0%	0	0	54	0.46	11
	10 Sto Tomás	441	5%	0	0%	0	0	28	0.24	5
Centroccidental	13 Puente Aranda	4670	53%	17	0%	445	91	126	1.08	35
TOTALES		32794	37%	17	0%	455	91			

Tabla 29. Consolidado de las concentraciones de NO₂ en 2005 – Promedios Anuales

Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad temporal de datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% de la norma	No. de datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Noroccidente	6 Carrefour	175	11%	0	0%	0	0	23	0,4	19,8	3	167
	11 Corpas	365	84%	0	0%	0	0	16	0,3	13,5	285	330
	14 Fontibón	365	57%	0	0%	0	0	5	0,1	4,6	117	253
Sur	3 Sony	365	10%	0	0%	0	0	5	0,1	1,9	8	52
	2 MAVDT	365	47%	0	0%	33	0	31	0,6	22,2	1	326
	5 IDRD	365	54%	0	0%	0	0	11	0,2	9,0	83	273
Central	10 Sto Tomás	365	9%	0	0%	0	0	6	0,1	5,4	21	87
	13 Puente Aranda	231	17%	0	0%	0	164	49	0,9	34,2	3	210
TOTALES		2596	29%	0	0%	33	164					

Tabla 30. Consolidado de las concentraciones de CO en 2005 – Promedios 8 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Noroccidente	6 Carrefour	3738	43%	0	0%	0	0	4.3	0.4	0.9
	14 Fontibón	5606	64%	0	0%	3	0	5.0	0.5	2.7
Suroccidente	7 Cazucá	1428	16.3%	0	0%	28	0	7.2	0.7	3.4
Central	5 IDRD	3739	43%	0	0%	6	0	6.2	0.6	0.8
TOTALES		14511	41%	0%	0%					

Tabla 31. Consolidado de las concentraciones de CO en 2005 – Promedios horarios

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Noroccidente	6 Carrefour	3749	42.8%	0	0%	0	0	6.6	0.19	0.9
	14 Fontibón	5838	66.6%	0	0%	0	0	7.4	0.21	2.7
Suroccidente	7 Cazucá	1467	16.7%	0	0%	0	0	9.1	0.26	3.3
Central	5 IDRD	3782	43.2%	0	0%	0	0	9.1	0.26	0.8
TOTALES		14836	42.3%	0	0%	0	0			

Tabla 32. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2005 – Promedios 8 horas

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Suroccidente	7 Cazucá	2907	33%	0	0.0%	0	0	18	0.3	5.1
	6 Carrefour	242	3%	0	0.0%	66	0	15	0.2	8.5
Noroccidente	14 Fontibón	1283	15%	0	0.0%	116	0	45	0.7	19.4
Sur	3 Sony	3473	40%	0	0.0%	0	0	22	0.3	5.1
Centro	2 MAVDT	6264	72%	22	0.4%	414	101	82	1.2	16.5
	5 IDRD	8166	93%	0	0.0%	195	7	61	0.9	13.4
TOTALES		22335	42%	22	0.1%	791	108			

Tabla 33. Consolidado de las concentraciones de O₃ en 2005 – Promedios horarios

Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Representatividad temporal de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Máximo Promedio	Media	Max/ Norma
Suroccidente	7 Cazucá	2921	33.3%	0	0.0%	0	0	24	0.28	5.1
	6 Carrefour	260	3.0%	0	0.0%	0	0	23	0.26	8.9
Noroccidente	14 Fontibón	1286	14.7%	0	0.0%	54	0	60	0.69	19.4
Sur	3 Sony	3439	39.3%	0	0.0%	0	0	37	0.43	5.0
Centro	2 MAVDT	6603	75.4%	31	0.5%	176	145	110	1.26	16.5
	5 IDRD	8190	93.5%	0	0.0%	141	8	85	0.98	13.4
TOTALES		22699	32.4%	31	0%	371	153			

2 METEOROLOGÍA

En este capítulo se presentan las características generales del comportamiento meteorológico observado en la ciudad de Bogotá, según las mediciones tomadas por las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), durante el año 2005.

2.1 PRECIPITACIÓN

Cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra se conoce como precipitación. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve y granizo menudo.

Durante el año 2005 la precipitación de la ciudad fue registrada por trece (13) estaciones de la RMCAB que tienen instalados dichos sensores. De las cuales tres (3) estaciones fueron instaladas en los últimos meses del año, estas son: la No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) con cuatro meses de funcionamiento y la No. 9 Kennedy (sector suroccidental) que esta funcionando durante los últimos tres meses del año, los datos de estas estaciones se mostraran pero no se utilizaran dentro del mapa de precipitación debido a que éste utiliza un acumulado anual.

Se puede observar que a medida que ha transcurrido los últimos años, la precipitación de la ciudad ha venido en descenso, por lo tanto el promedio del año 2005 registró menos precipitación que los años anteriores; aunque en algunas estaciones de la RMCAB presentaron este año una precipitación mayor a los años anteriores.

En la Figura 37 se puede observar el comportamiento de la precipitación en los últimos años en las estaciones de la RMCAB, donde se puede decir que las estaciones No. 1 Bosque (sector norte) y la No. 6 Carrefour (sector noroccidente) presentaron una precipitación acumulada mayor que las de los años anteriores, la No. 13 Puente Aranda (sector centroccidente) registró un acumulado anual mayor al del año inmediatamente anterior, las estaciones No. 5 IDRD (sector centro), la No. 8 Escuela (sector norte) y la No. 10 Santo Tomás (sector centro) presentan un comportamiento en las precipitaciones similar al del año 2004, las demás estaciones presentaron menos lluvias este año.

Es apropiado indicar que las estaciones No. 9 Kennedy (sector suroccidental), la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma (sector sur) tienen pocos datos de meteorología para el año 2005, debido a que dichas estaciones fueron instaladas en los últimos meses del año, por lo tanto se muestra su acumulado del año pero no se integran al mapa de precipitación acumulada anual por tener en promedio de cuatro (4) meses de funcionamiento.

Los datos históricos de la precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB, así como la comparación de la precipitación acumulada del año 2005 con respecto al histórico, por medio del índice de precipitación, se presentan en la Tabla 34.

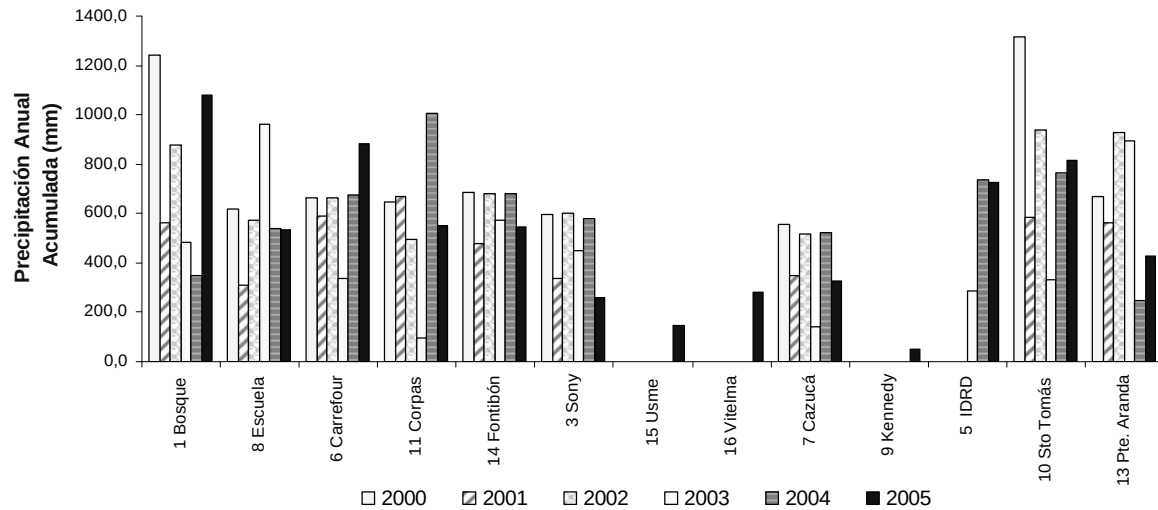


Figura 37. Acumulados de Precipitación de los años 2000 a 2005

Tabla 34. Acumulados anuales de precipitación en las estaciones de la RMCAB

Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada								Índice de Precipitación [%]
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Norte	1 Bosque	1307.3	1181.3	1241.9	564.1	878.0	484.0	346.7	1077.4	138.4
	8 Escuela	1917.1	1035.7	620.1	310.9	576.2	962.3	538.5	536.2	70.4
Noroccidente	6 Carrefour			665.7	590.4	665.9	337.2	672.1	884.5	150.9
	11 Corpas	1208.8	911.6	648.9	671.9	497.4	95.3	1006.8	551.0	81.1
	14 Fontibón		268.3	686.4	478.2	681.8	573.8	683.0	544.0	96.8
Sur	3 Sony	733.6	752.6	595.6	337.0	600.1	451.2	579.0	261.3	48.8
	15 Usme								148.7	
	16 Vitelma								278.3	
Suroccidente	7 Cazucá	645.9	403.4	554.5	350.8	516.1	143.1	523.8	325.1	78.6
	9 Kennedy								48.6	
Centro	5 IDRD						287.6	738.7	725.5	141.4
	10 Sto Tomás	1290.6	1225.7	1315.8	586.9	940.8	331.5	764.6	813.1	96.1
Centroccidente	13 Pte. Aranda		383.8	667.8	563.6	929.7	894.3	247.6	430.1	70.0

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)

Como se puede observar en la tabla la precipitación en la estación No. 3 Sony (sector sur), registra lluvias moderadamente por debajo de lo normal, en las estaciones No.7 Cazucá (sector suroccidente), la No. 8 Escuela (sector norte), la No. 11 Corpas y la No. 13 Puente Aranda (sector centroccidente) se presentaron lluvias ligeramente por debajo de lo normal, la No. 10 Santo Tomás (sector centro) y la No. 14 Fontibón (sector noroccidente) obtuvieron lluvias normales para el periodo; mientras que las estación No. 1 Bosque (sector norte) alcanzó lluvias ligeramente por encima de lo normal y en las estaciones No. 5 IDRD (sector centro) y la No. 6 Carrefour (sector noroccidente) se obtuvieron lluvias moderadamente por encima de lo normal.

En la Tabla 35 se puede observar la cantidad de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2005, además, la precipitación diaria acumulada máxima presentada en cada uno de estos años.

Tabla 35. Días de lluvia y precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2005

Zona	Número y nombre de la Estación	Días de Lluvia							
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norte	1 Bosque	177	187	193	131	168	147	104	178
	8 Escuela	196	178	160	99	181	189	166	163
Noroccidente	6 Carrefour			163	139	135	63	152	193
	11 Corpas	221	223	205	182	155	27	205	152
	14 Fontibón		48	172	131	136	143	149	140
Sur	3 Sony	163	190	197	121	157	134	165	103
	15 Usme								55
	16 Vitelma								54
Suroccidente	7 Cazucá	157	132	207	127	138	51	156	133
	9 Kennedy								22
Centro	5 IDRD						60	188	194
	10 Sto Tomás	177	195	176	153	169	71	175	142
Centroccidente	13 Pte. Aranda		75	120	138	150	215	129	211
Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Máxima Diaria							
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Norte	1 Bosque	60.3	53.2	71.1	29.0	40.1	35.1	37.1	119.6
	8 Escuela	116.6	59.4	35.0	36.8	26.1	137.7	30.9	23.6
Noroccidente	6 Carrefour			60.8	24.6	30.9	53.0	26.9	38.0
	11 Corpas	46.4	44.4	25.8	175.0	59.1	20.8	173.2	31.9
	14 Fontibón		35.8	30.6	63.9	29.0	26.8	42.4	29.6
Sur	3 Sony	44.8	35.3	36.6	19.8	28.1	27.0	30.6	22.0
	15 Usme								8.4
	16 Vitelma								27.7
Suroccidente	7 Cazucá	40.8	25.2	23.2	28.5	28.4	21.7	24.8	16.7
	9 Kennedy								11.4
Centro	5 IDRD						23.6	29.0	43.8
	10 Sto Tomás	56.8	54.2	433.8	26.7	30.7	32.5	49.1	45.7
Centroccidente	13 Pte. Aranda		27.2	42.4	56.4	56.6	29.4	15.0	12.0

En la estación No. 1 Bosque (sector norte) se presentó el valor acumulado máximo diario para el año 2005, en la RMCAB, el cual fue de 119.6 mm; seguido de la No. 10 Santo Tomás (sector central) con 45.7 mm. El menor valor máximo diario de la Red fue de 8.4 mm, registrado en la estación No. 15 Usme (sector sur).

La distribución anual de la precipitación en Bogotá presenta un comportamiento bimodal en donde se registran los máximos en los bimestres de abril-mayo y octubre-noviembre y los mínimos en los bimestres de enero-febrero y julio-agosto. El promedio mensual multianual, según el histórico de los registros correspondientes a los años 1972 a 2004, de la estación del Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM¹, así lo evidencia. El año 2005 conserva esta tendencia, siendo el mes de mayo con la mayor precipitación acumulada promedio, seguido del mes de octubre. También se puede observar que el mes de diciembre presenta un valor alto de precipitación para el presente año, los máximos mensuales se presentaron principalmente en mayo en casi todas las estaciones y otros en el mes de diciembre.

En la Tabla 36 se detalla la precipitación acumulada en cada mes, por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM.

Tabla 36. Acumulados mensuales de precipitación por Estación para el año 2005

Zona	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque	57.9	154.5	38.6	108.6	293.5	21.0	19.6	26.3	77.2	109.9	84.2	86,2
	8 Escuela			21.6	87.2	138.3	18.8	28.9	6.5	22.5	92.6	54.1	65,8
Noroccidente	6 Carrefour	39.0	62.1	39.7	86.5	178.3	48.5	20.6	43.7	56.7	158.1	62.1	89,2
	11 Corpas	27.3	61.0	31.6	28.9	39.4	23.1	15.5	0.3	32.5	113.4	61.0	117,1
	14 Fontibón	12.6	31.0	30.2	68.9	125.7	24.6	20.8	1.6	1.2	119.3	37.0	71,3
Sur	3 Sony	6.4	45.4	18.4	15.1	29.6	15.9	22.4	0.2	15.0	24.3	15.4	53,4
	15 Usme									11.0	37.2	41.0	59,5
	16 Vitelma									14.6	109.8	74.2	79,9
Suroccidente	7 Cazucá	10.0	22.9	7.6	19.6	89.2	15.0	15.8	32.6	25.8	54.4	32.3	0,0
	9 Kennedy										2.9	21.9	23,8
Centro	5 IDRD	25.11	59.6	60.2	50.5	184.5	35.2	25.5	6.9	59.5	98.7	60.2	59,7
	10 Sto Tomás	45.4	88.7	42.4	99.1	115.8	31.6	15.2		59.3	115.1	129.7	70,9
Centroccidente	13 Pte. Aranda	12.4	27.3	18.1	41.6	73.8	15.5	35.2	33.7	36.7	57.3	31.7	46,6
Promedio Mensual RMCAB		23,6	26.2	61.4	30.8	60.6	126.8	24.9	21.9	16.9	34.3	84.1	54.2
Promedio Multianual IDEAM		28,9	28.9	43.5	67.0	100.7	91.9	54.7	42.7	45.2	70.1	101.3	88.5

En la Figura 38 se presenta el acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2005 para cada una de las estaciones activas de la RMCAB. Es posible visualizar que en los meses de abril y mayo las precipitaciones fueron mayores que en los otros

¹ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.
Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2005.

cuatro meses del semestre, a excepción de la estación No. 1 Bosque (sector norte) que presenta un valor máximo en febrero. En la Figura 39 se muestran los acumulados mensuales del segundo semestre para cada estación. Este periodo se caracterizó por mayores precipitaciones durante los meses de octubre hasta diciembre.

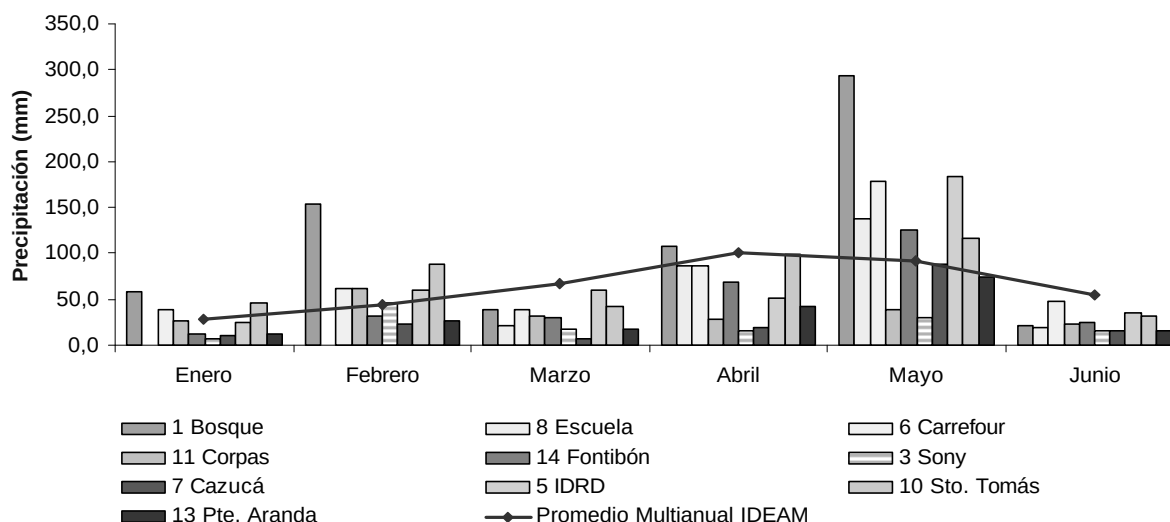


Figura 38. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2005

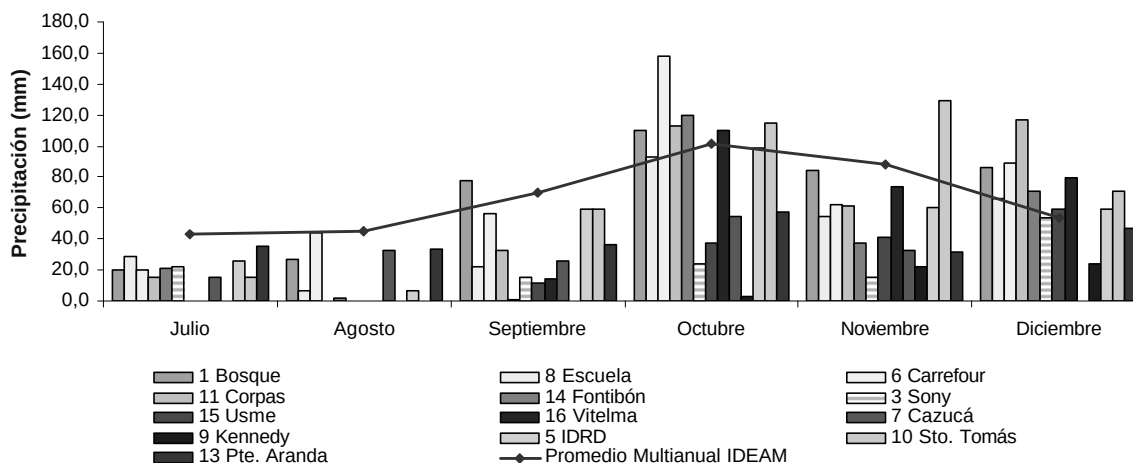


Figura 39. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2005

En la Figura 40 se muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada durante el año 2005, en se debe reiterar que tres (3) estaciones fueron instaladas en los últimos meses del año, estas son: la No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) con cuatro meses de funcionamiento y la No.

9 Kennedy (sector suroccidental) que está funcionando durante los últimos tres meses del año, los datos de estas estaciones no se utilizaron dentro del mapa de precipitación debido a que éste utiliza un acumulado anual.

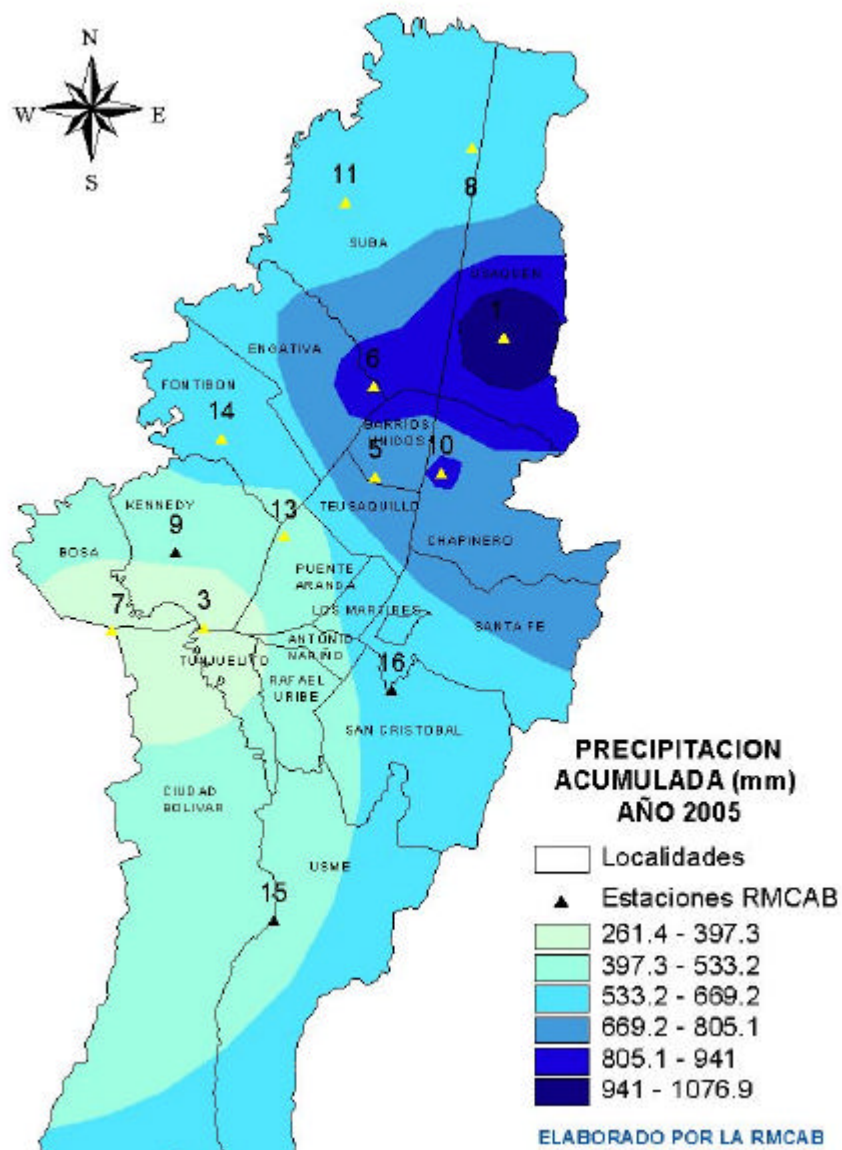


Figura 40. Mapa de precipitación para el año 2005.

Las precipitaciones menores se registraron en el suroccidente y sur de la ciudad; en donde se encuentran las estaciones No. 3 Sony y No. 7 Cazucá como es común en estas zonas, las mayores precipitaciones se presentaron en el nororiente de la ciudad en las localidades de Usaquén, Barrios

Unidos y Chapinero, la zona centro y noroccidente de la ciudad registran precipitaciones medias como se observa en el mapa.

2.2 VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento normal de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y ligeros o moderados en las tardes y el año 2005 conservó esta tendencia. En un día típico se encuentran las mayores intensidades de viento entre las 14:00 y las 15:00 horas, tal y como se muestra en la Figura 41.

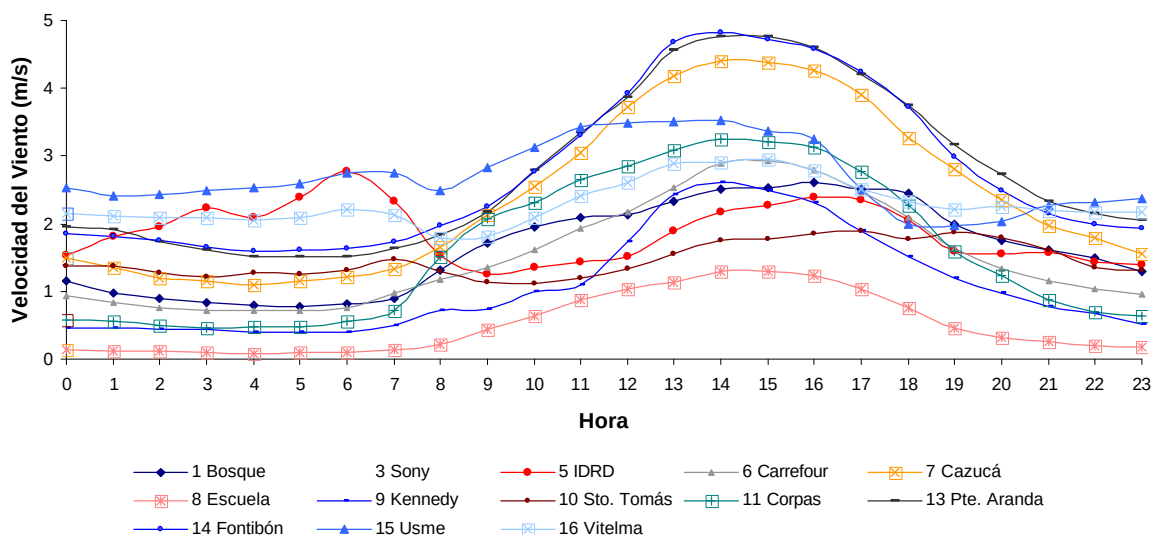


Figura 41. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

Las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 13 Pte. Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) conforman un grupo de velocidades medias similares durante todo el día y registrando las velocidades de viento más altas, sobre todo entre las 13:00 y las 16:00 horas cercanas a 5.0 m/s.

La estación No. 5 IDRD (Sector Centro) presenta un comportamiento atípico de respecto a las demás estaciones de la RMCAB, en donde se aprecia que las velocidades medias horarias se presentaron tanto en el día como en la noche, cercanas a 3 m/s. Además, podemos ver que la estación No. 15 Usme (sector sur) presenta un promedio horarios entre 2 y 3 m/s todo el día.

También podemos decir que la estación No. 8 Escuela (Sector Norte), es la de menor intensidad media horaria para este año. Las demás estaciones de la RMCAB presentan un comportamiento de intensidades intermedias similar entre ellas, con velocidades bajas entre las 0 y 11:00 horas, aumentando sus intensidades alcanzando máximas entre las 12:00 y 16:00 horas, para luego volver a disminuir en las horas de la noche.

En el año 2005, la máxima velocidad del viento se registró el 1 de marzo a las 07:00 horas, en la estación No. 5 IDR (sector centro) con una intensidad de 29.0 m/s con dirección oeste-sur-oeste, la segunda velocidad máxima fue en la estación No. 15 Usme (sector sur) con 19.5 m/s con dirección sur el día diciembre 5 y la menor velocidad máxima fue de 3.3 m/s con dirección sur, el día 18 de septiembre en la estación No. 8 Escuela (sector norte) a las 11:00 horas, las demás estaciones están entre 4.6 y 17.4 m/s.

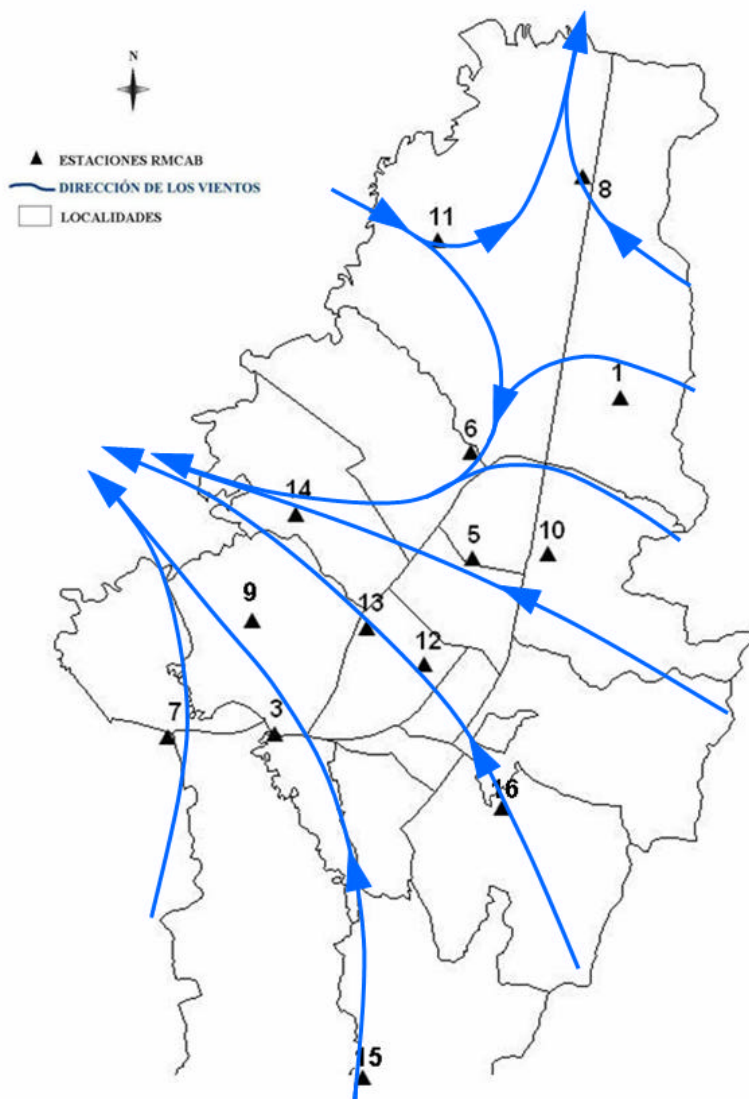
El resumen de la intensidad media de los vientos así como sus máximos, se presenta en la Tabla 37, se debe anotar que las estaciones la No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) y la No. 9 Kennedy (sector suroccidente) entraron en funcionamiento en promedio los últimos cuatro meses del año.

Tabla 37. Velocidad Máxima y Velocidad Media del Viento por Estación en el año 2005

Sector	Estación	Predominancia		Velocidad Máxima		
		Velocidad Media [m/s]	Dirección [Grados]	[m/s]	Dirección [grados]	Fecha/hora
Norte	1 Bosque	0.8	116	17.4	108	Octubre 21. 16:00
	8 Escuela	0.2	162	3.3	178	Septiembre 18. 11:00
Centro	5 IDR	0.4	310	29.0	241	Marzo 01. 07:00
	10 Sto Tomás	0.7	18	10.8	0	Marzo 08. 13:00
Sur	3 Sony	0.4	79	9.4	107	Enero 05. 14:00
	15 Usme	1.8	185	19.5	181	Diciembre 05. 16:00
	16 Vitelma	1.4	138	5.1	120	Octubre 02. 14:00
Suroccidente	7 Cazucá	0.9	278	11.0	226	Julio 07. 13:00
	9 Kennedy	0.2	325	4.6	253	Diciembre 01. 13:00
Noroccidente	6 Carrefour	0.5	121	8.8	241	Enero 23. 16:00
	11 Corpas	0.7	264	10.0	275	Abril 15. 10:00
	14 Fontibón	0.3	228	9.9	174	Septiembre 07. 14:00
Centroccidente	13 Pte Aranda	0.2	36	13.3	31	Mayo 04. 20:00

El Anexo 3 presenta las rosas de vientos de las estaciones junto con el porcentaje de calmas en el centro de la rosa, es decir, el porcentaje de vientos cuya magnitud es menor a 0.5 m/s aproximadamente. Así mismo, se muestra por rangos el porcentaje de vientos que se encuentran en cada uno de ellos, junto con el número de datos utilizados para la generación de cada rosa de vientos. Estos cálculos se han realizado utilizando la información de vientos que registran las estaciones de monitoreo cada diez minutos.

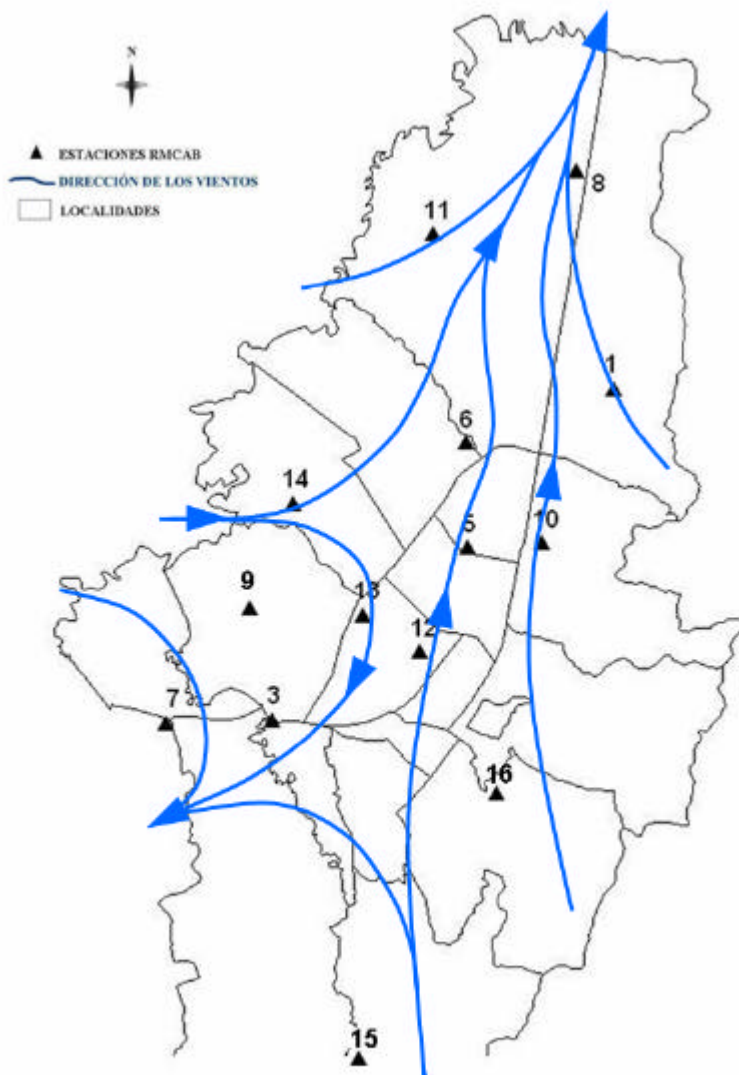
Se presentan los mapas que constituyen los vientos predominantes durante el año 2005. En la Figura 42 se presentan los vientos predominantes en el periodo comprendido entre las 6:00 y las 11:00 y en la Figura 43 se presentan los vientos predominantes en el periodo comprendido entre las 12:00 y las 18:00. Entre las 19:00 y las 5:00 del día siguiente se registran vientos de calma en la ciudad.



Vientos predominantes en las horas de la mañana

Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 42. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2005 entre las 6:00 y las 11:00.



Vientos predominantes en las horas de la tarde

Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 43. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2005 entre las 12:00 y las 18:00.

En la ciudad, en las horas de la mañana entre las 6:00 a 11:00 horas, se presentan dos flujos de vientos, el primero con dirección sur dirigiéndose al noroccidente de la ciudad y el segundo de oriente a occidente presente en toda la ciudad. En donde podemos observar que el viento proveniente del sur y se dirige hacia el norte, dando un giro al suroccidente de la ciudad sobre las localidades de Tunjuelito convergiendo en las localidades de Kennedy y Bosa, el segundo flujo se observa en toda la

ciudad, y como se determinó en los informes mensuales, este flujo viene de los cerros orientales dirigiéndose al occidente de la ciudad, concurriendo en los límites de las localidades de Fontibón y Kennedy, se puede determinar también que en la estación No. 6 Carrefour (sector noroccidente) hay una unión de los vientos que vienen del noroccidente y oriente; como se puede observar en el mapa de la Figura 43, de los vientos que se observaron entre las 6:00 a las 11:00 horas.

En las horas de la tarde se registraron intensidades mayores a las presentadas en las horas de la mañana. También se presentan tres flujos de vientos en la ciudad, el primero del sur con dirección al norte en el sector oriente de la ciudad, el segundo de occidente a nororiente en el sector norte de la ciudad dirigiéndose al final al norte y el tercero el cual viene del occidente sobre la localidad de Fontibón dividiéndose en dos; uno al norte sobre la localidad de Engativa y el otro dirigiéndose hacia el suroccidente sobre la localidad de Puente Aranda, este viento converge en la localidad de Ciudad Bolívar sobre el límite de la localidad de Bosa, como se puede ver en el mapa de la figura No. 35, de los vientos que se determinaron entre las 12:00 a las 18:00 horas.

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere principalmente al aire libre o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra. Para el informe del año 2005 se tienen datos de diez (10) estaciones de la RMCAB, las cuales poseen este sensor, es de aclarar que algunas de ellas como en el caso de la estación No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma (sector sur), entraron en funcionamiento a partir de los últimos cuatro meses del año, otras estaciones como la No. 3 Sony (sector sur), No. 7 Cazucá (sector suroccidente) y No. 11 Corpas (sector noroccidente), presentan un bajo porcentaje de datos debido a que algunos de ellos fueron instalados también a final del año.

Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios anual se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38. Temperaturas presentadas en el año 2005

Sector	Estación	Altura del Sensor [m]	Temperatura Máxima		No. Datos	Temperatura Mínima		Promedio Anual
			° C	Fecha		° C	Fecha	
Noroccidente	6 Carrefour	10	27.0	Enero 31, 14:00	7728	7.6	Febrero 25, 06:00	15.9
	11 Corpas	3	27.4	Diciembre 30, 14:00	3819	9.7	Mayo 07, 05:00	16.1
	14 Fontibón	20	22.8	Septiembre 30, 12:00	8403	7.0	Noviembre 29, 06:00	14.2
Centroccidente	13 Pte. Aranda	26	23.1	Septiembre 30, 12:00	8636	8.7	Enero 01, 04:00	14.8
Norte	8 Escuela	2	24.8	Febrero 23, 14:00	7616	3.5	Enero 26, 06:00	13.8
Sur	3 Sony	2	19.9	Diciembre 07, 13:00	2847	8.0	Diciembre 29, 06:00	12.9
	15 Usme	2	20.4	Diciembre 31, 13:00	1617	4.2	Diciembre 29, 06:00	12.2
	16 Vitelma	2	19.7	Septiembre 30, 12:00	1943	4.5	Diciembre 21, 07:00	11.0
Suroccidente	7 Cazucá	2	20.5	Diciembre 09, 13:00	3578	5.7	Diciembre 25, 07:00	13.7
Centro	5 IDR	3	29.6	Mayo 30, 16:00	6567	6.1	Diciembre 20, 06:00	15.9

El registro máximo de temperatura superficial para el año 2005 se encontró en la estación No. 5 IDR (sector centro) con un valor de 29.6 °C, el día lunes 30 de mayo a las 16:00. Además, se puede ver

que el viernes 30 de Septiembre a las 12:00 horas en las estaciones No. 13 Puente Aranda (sector centroccidente), la No. 14 Fontibón (sector noroccidente) y la No. 16 Vitelma (sector sur) presentaron las temperaturas máximas las cuales fueron de 23.1, 22.8 y 19.7 °C, respectivamente.

Con respecto a las temperaturas mínimas podemos determinar que la menor de todas se presentó en la estación No. 8 Escuela (sector norte) con un registro de 3.5 °C el miércoles 26 de enero a las 06:00 horas y la mayor de las mínimas fue de 9.7 °C, en la estación No. 11 Corpas (sector noroccidente) el sábado 7 de mayo a las 05:00 horas. Las temperaturas mínimas se presentaron principalmente en los meses de enero y diciembre.

En promedio las estaciones de la RMCAB presentaron temperaturas entre 11.0 y 16.1 °C, para el año 2005.

El comportamiento horario de la temperatura se describe en la Figura 44, en donde se observa que a las 7 de la mañana la temperatura empieza en aumento, alcanzando los máximos entre la 12:00 y las 14:00 horas, posteriormente a las 18:00 horas empieza nuevamente el descenso.

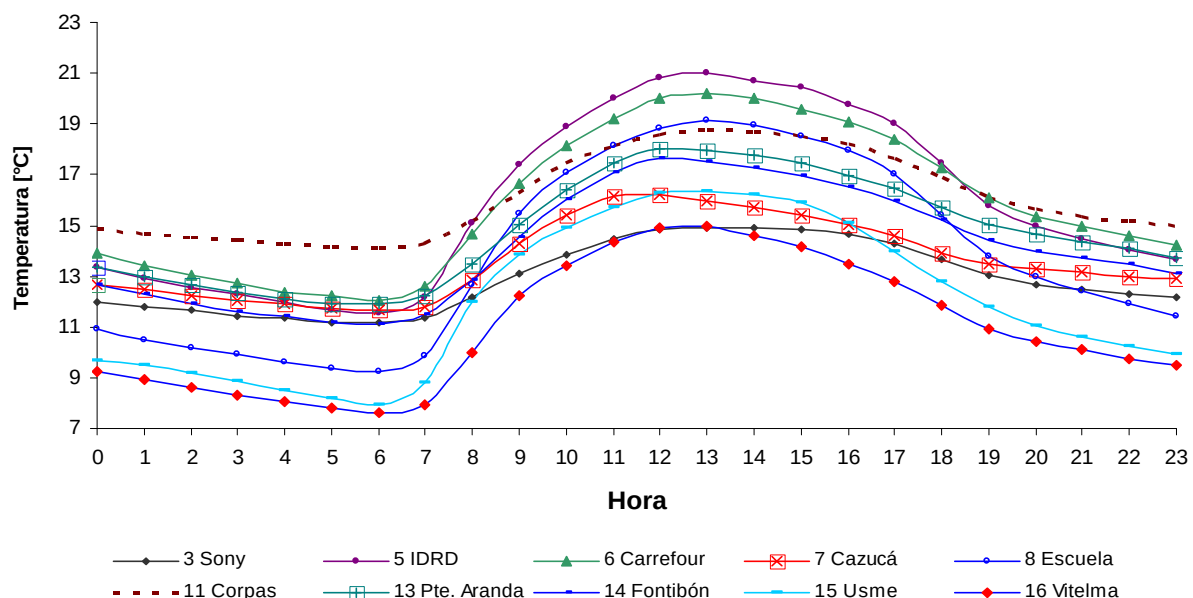


Figura 44. Promedios horarios de Temperatura Superficial

Se puede determinar que las estaciones No. 5 IDRD (sector centro) y la No. 6 Carrefour (sector noroccidente), registraron los promedios horarios más altos, mientras que las estaciones del sector sur de la ciudad como No. 3 Sony (sector sur) , No. 7 Cazucá (sector suroccidente) , No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) fueron las más bajas. Las demás estaciones estuvieron entre ellas.

Los primeros cinco (5) meses del año fueron los más calurosos del año, y los más fríos fueron de septiembre a diciembre como lo muestra la Figura 45. Todos los meses se presentaron

temperaturas mensuales promedio más altas que las registradas históricamente para cada mes por la estación de Eldorado de propiedad del IDEAM²

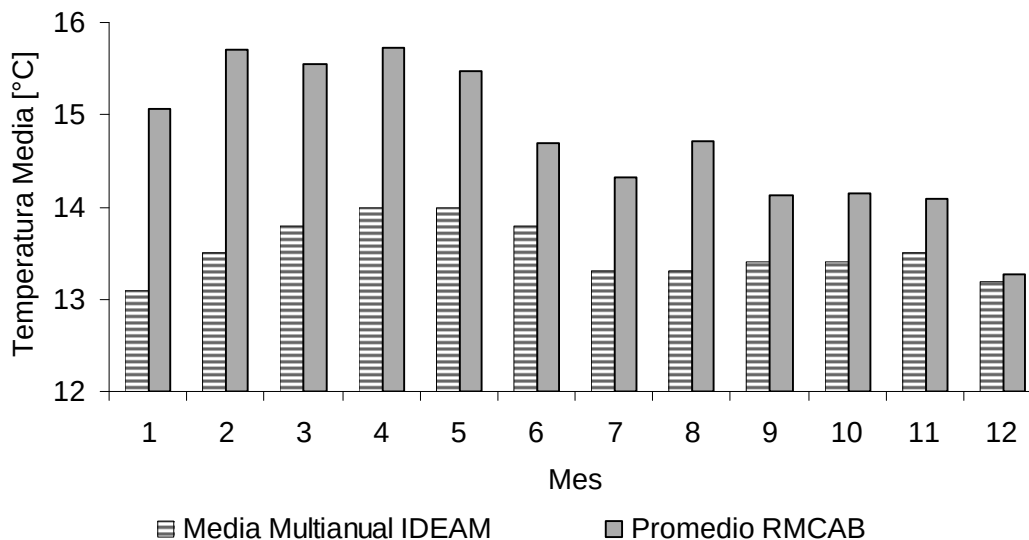


Figura 45. Temperatura media registrada en la RMCAB Vs. Temperatura Media multianual del IDEAM

Con respecto a la diferencia con los históricos de la estación de Eldorado, podemos determinar que febrero fue el mes con mayor diferencia entre temperaturas promedios y es de 2.2 °C, mientras que diciembre fue el único mes con un comportamiento similar y su diferencia fue de 0.1 °C.

El promedio de la temperatura superficial por meses tomada en cada estación durante el 2005 se presenta en la Tabla 39 junto con la media multianual del IDEAM.

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura, se observa que, en general, entre las 0:00 horas y las 7:00 y entre las 19:00 y 23:00 horas del día, se presenta un fenómeno de inversión térmica, como se muestra en la Figura 46. Esto significa que en ese período, la temperatura en la superficie del suelo es menor a la temperatura medida a mayor altura. En este caso, la temperatura a 2 metros es menor que la temperatura a 8 y a 20 metros de altura. Esta condición implica que el aire que está a nivel de superficie es más frío que el que está a 20 metros de altura, lo que no permite el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes del aire. Es decir, la contaminación que llega al aire en horas de la noche no puede ser dispersada fácilmente, lo que puede ocasionar un aumento en la concentración atmosférica.

² Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

Tabla 39. Temperaturas Medias Mensuales por Estación

Mes	Estaciones										Media Multianual IDEAM	Promedio RMCAB
	3 Sony	5 IDRD	6 Carrefour	7 Cazucá	8 Escuela	11 Corpas	13 Pte. Aranda	14 Fontibón	15 Usme	16 Vitelma		
1		15.7			13.5	17.4	14.7	14.0			13.1	15.1
2		16.2	17.0		14.2	17.1	15.2	14.5			13.5	15.7
3		16.2	15.9		14.2	17.0	15.3	14.6			13.8	15.5
4		16.6	15.8		14.5	17.4	15.4	14.8			14	15.7
5		17.3	15.7		14.3	15.8	15.1	14.6			14	15.5
6	13.0		15.4		13.6	17.0	14.9	14.3			13.8	14.7
7	12.6	15.9	15.2	14.4	13.5	14.7	14.4	13.9			13.3	14.3
8	12.6	15.6	15.1	14.1	13.2	18.8	14.3	13.8			13.3	14.7
9	13.7	15.6	15.6	14.2	13.4	18.1	14.5	13.9	10.1	12.1	13.4	14.1
10	14.1	17.4	16.3	14.1	13.5		14.4	13.7	12.5	11.4	13.4	14.1
11	14.8	14.8	16.5	13.6	13.9	15.3	14.6	13.9	12.6	11.0	13.5	14.1
12	11.9	13.9	16.4	12.3	13.2	14.5	14.3	13.7	12.0	10.5	13.2	13.3
Media	13.2	15.9	15.9	13.8	13.8	16.6	14.8	14.2	11.8	11.2		

Las inversiones térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de contaminantes porque producen una reducción del volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se dispersan, generando lo que se denomina Estabilidad Atmosférica. Este fenómeno consiste en tener una franja en la atmósfera donde la velocidad y dirección horizontal del viento son suaves y no se producen cambios notables en la temperatura del aire, lo cual evita el movimiento de dichas masas de aire, y por lo tanto, la dispersión de contaminantes. La Figura 46 muestra las horas en que se presenta este fenómeno, con un delta de temperatura negativo, en la estación No. 8 Escuela (sector norte).

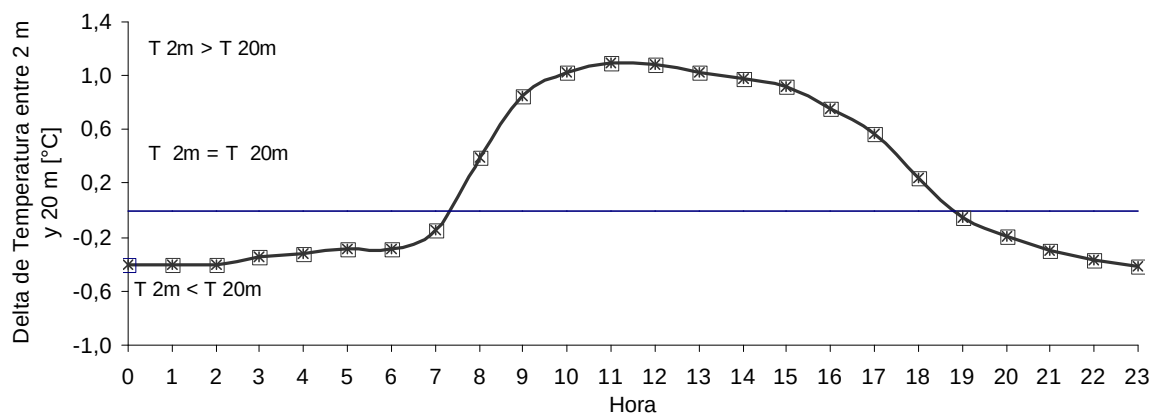


Figura 46. Diferencia de la temperatura a 20 metros con respecto a la temperatura a 2 m de altura

2.4 RADIACIÓN SOLAR

Es una medida de intensidad de la radiación solar al alcanzar una superficie horizontal. Esta irradiación incluye el componente directo del sol y el componente reflejado desde el resto del cielo. Las lecturas de radiación solar dan una medida de la cantidad de radiación solar que llega al sensor de radiación solar a cualquier hora.

En el presente año, se obtuvieron datos de radiación global en cuatro (4) estaciones de la Red, la No. 5 IDRD (Sector Central), la No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur), en donde se encuentran los sensores de medición de radiación solar, a partir del cual se han tomado los registros entre las 5:00 y las 19:00 horas con el objeto de hallar los acumulados diarios, máximos horarios, máximos diarios y promedios de radiación solar. Es importante resaltar que en este rango de horas es cuando se registra radiación solar en Colombia y que las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) entraron en funcionamiento a partir de septiembre de 2005.

En la Figura 47 se puede observar la radiación en las cuatro estaciones en relación con el máximo de los promedios diarios, el máximo horario y el máximo acumulado diario.

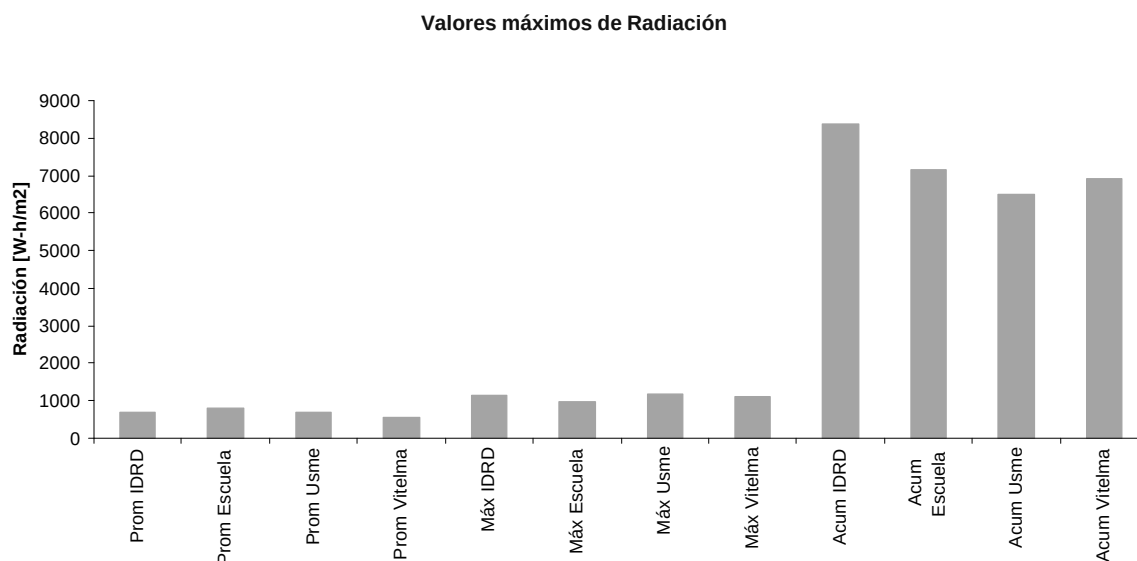


Figura 47. Radiación solar durante el año 2005.

El 30 de julio se presentó el máximo acumulado diario en las estaciones No. 5 IDRD (sector central) con 8376 W-h/m², en la No. 8 Escuela (sector norte) fue de 7155 W-h/m² el 27 de octubre, para la No. 15 Usme (sector sur) con 6496 W-h/m² el 29 de noviembre y en la No. 16 Vitelma (sector sur) con 6912 W-h/m² el 10 de diciembre, el mayor de la RMCAB.

La radiación media diaria del año fue de 4873 W-h/m² en la estación No. 5 IDRD (Sector Centro), de 4136 W-h/m² en la No. 8 Escuela (Sector Norte), en la No. 15 Usme (Sector sur) de 4011 W-h/m² y en la No. 16 Vitelma (Sector sur) fue de 3138 W-h/m².

El valor máximo horario de radiación solar durante el año fue de en la 1191 W-h/m², en la estación No. 15 Usme (sector sur) el viernes 21 de octubre a las 11:00 horas, seguida de la estación No. 5 IDRD (Sector Centro) con 1147 W-h/m², el lunes 25 de julio a las 13:00 horas, en la estación No. 16 Vitelma (sector sur) el domingo 18 de diciembre a las 13:00se presento el máximo con 1095 W-h/m² y en la estación No. 8 Escuela (Sector Norte) fue de 986 W-h/m² el domingo 23 de octubre a las 10:00 horas. En la Tabla 40 se presentan los valores máximos diarios de radiación solar para el año 2005.

Tabla 40. Máximos de radiación solar presentados en el año 2005

	Promedio IDRD W-h/m ²	Promedio Escuela W-h/m ²	Promedio Usme W-h/m ²	Promedio Vitelma W-h/m ²	Máximo IDRD W-h/m ²	Máximo Escuela W-h/m ²	Máximo Usme W-h/m ²	Máximo Vitelma W-h/m ²
Promedio	354	324	323	258	750	673	767	664
Máximos	696	808	699	543	1147	986	1191	1095

Para el periodo horario se puede observar que la mayor intensidad de radiación solar fue entre las 11:00 y las 14:00 horas para la estación No. 5 IDRD (sector centro), entre las 10:00 y las 13:00 horas en la No. 8 Escuela (sector norte) y en la No. 15 Usme y entre las 12:00 y las 13:00 horas en la No. 16 Vitelma (sector sur). La Tabla 41 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora.

Tabla 41. Promedios y máximos horarios de radiación en 2005

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Prom IDRD W-h/m²	92	93	150	292	451	554	608	629	578	522	452	358	233	133	92
Prom Escuela W-h/m²	2	2	45	203	397	525	563	568	543	491	428	344	196	52	4
Prom Usme W-h/m²	3	5	81	267	456	581	663	638	566	436	340	220	104	17	3
Prom Vitelma W-h/m²	0	1	37	196	358	421	473	512	436	358	307	203	99	28	0
Máx IDRD W-h/m²	210	229	270	505	860	906	1112	1095	1147	1095	1002	743	547	316	177
Máx Escuela W-h/m²	64	70	199	486	794	986	920	898	883	947	954	770	538	234	64
Máx Usme W-h/m²	6	9	180	460	793	966	1191	1090	1036	825	756	532	286	48	7
Máx Vitelma W-h/m²	0	6	74	418	603	937	1070	988	1095	990	899	568	330	91	0

En la Figura 48 se observa la radiación máxima y media en cada hora. La radiación solar se incrementa de manera casi lineal hasta las 7:00 permaneciendo con muy poca variación hasta las 17:00 horas cuando comienza su rápido descenso.

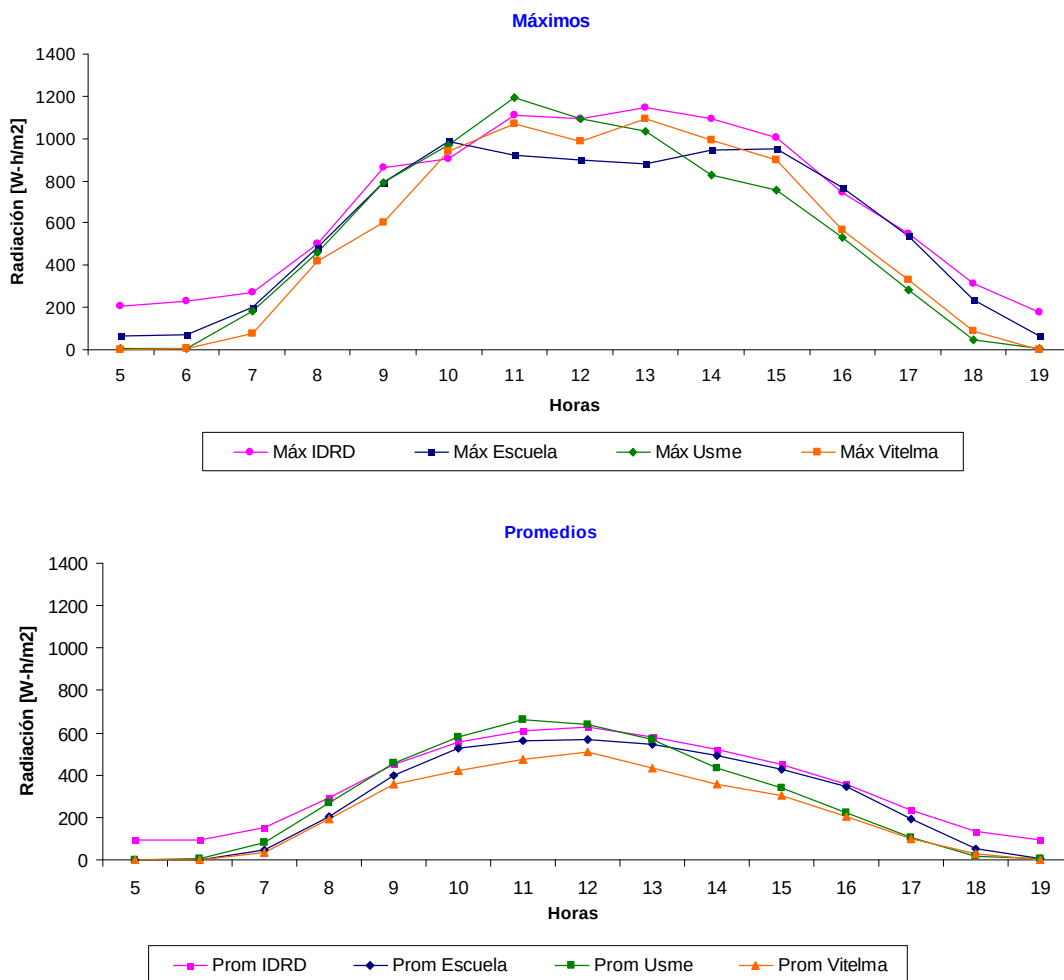


Figura 48. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2005.

Se determina que la radiación máxima presentada en la estación No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) y la No. 5 IDR D (sector centro) fueron las de mayor radiación presentada, con un comportamiento similar; mientras que la No. 8 Escuela (sector norte) registra los datos menores, mientras que en los promedios se observa que el que tiene un comportamiento diferentes a las demás es la estación No. 16 Vitelma (sector sur) , que presenta valores promedios horarios menores.

En el presente año a partir de julio en la estación No. 5 IDRD (sector central) se le instalaron los sensores de radiación global, radiación difusa y radiación directa. Su comportamiento promedio horario entre las 5:00 y 19:00 horas de los sensores se muestra en la Figura 49 y La Tabla 42 se indican los promedios horarios de radiación en $W-h/m^2$ junto con los máximos ocurridos cada hora en esta misma estación.

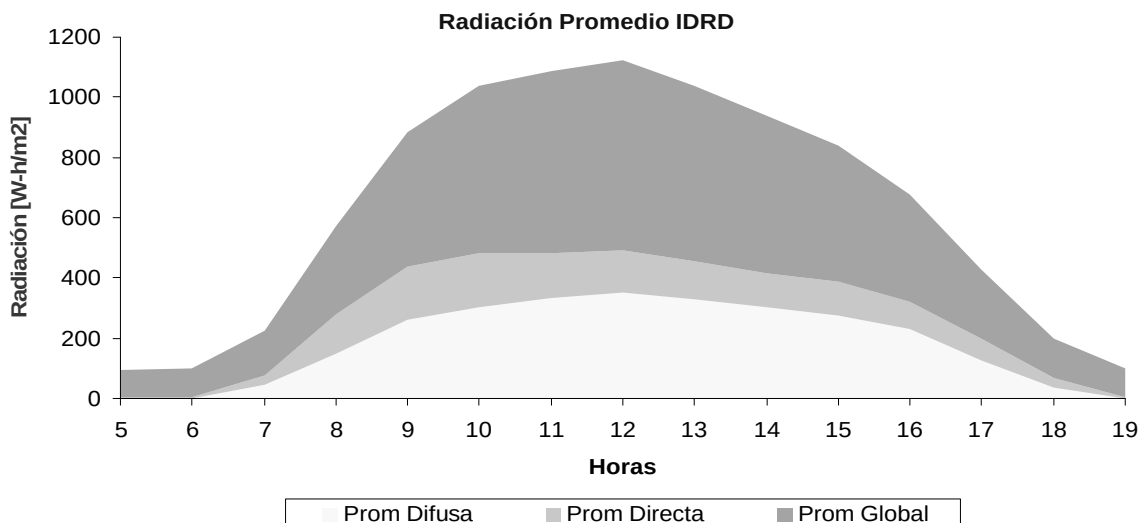


Figura 49. Promedios la radiación por hora la estación No. 5 IDRD.

Tabla 42. Promedios y máximos horarios de la radiación en la estación No. 5 IDRD

Hora	Promedio Difusa	Máxima Difusa	Promedio Directa	Máxima Directa	Promedio Global	Máxima Global
5	1.3	8.6	3.1	24.2	91.6	209.7
6	2.1	14.8	3.4	25.4	92.8	229.4
7	44.3	140.8	31.1	470.1	149.5	270.4
8	149.1	341.1	131.2	788.1	291.8	504.7
9	261.8	557.9	174.0	730.1	450.6	859.6
10	303.6	659.3	178.8	774.5	554.0	906.0
11	334.0	589.3	147.1	872.7	608.0	1111.8
12	351.2	649.5	142.2	896.9	628.6	1095.1
13	327.7	534.4	129.8	889.5	578.0	1146.6
14	301.3	588.4	115.4	863.8	521.7	1094.5
15	273.7	633.5	113.7	849.3	452.3	1001.7
16	229.2	568.4	89.6	767.4	358.2	743.3
17	124.3	388.7	72.5	639.8	232.7	547.2
18	34.8	167.7	30.9	375.5	132.6	315.9
19	1.7	22.8	3.6	24.8	91.8	176.5

2.5 HUMEDAD RELATIVA

Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes. La humedad por sí sola se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Sin embargo, la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener varía según la temperatura y la presión. La humedad relativa considera estos factores y ofrece una lectura de humedad que refleja la cantidad de vapor de agua como un porcentaje de la cantidad de vapor de agua que el aire es capaz de contener. La humedad relativa, además, no es realmente una medida de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, sino una relación del vapor de agua contenido según su capacidad.

En la RMCAB para el presente año, posee tres estaciones con sensores de humedad relativa, las cuales son la No. 8 Escuela (Sector Norte), la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma (sector sur) éstas últimas se instalaron a partir de septiembre, se realiza el análisis de variación horaria que tiene cada una de ellas. La máxima humedad relativa fue de 100% en la estación No. 16 Vitelma, muy similar a la registrada en la No. 15 Usme de 99.96%, ambas en el sector sur.

En la Figura 50 se puede observar el promedio de la Humedad Relativa en las tres estaciones, de donde se puede advertir que a partir de las 08:00 horas empieza una reducción de el porcentaje de humedad relativa, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial, y aumenta a las 19:00, cuando la temperatura superficial comienza a descender. En general, las horas con menor humedad relativa están entre las 08:00 y las 18:00 y las horas con mayor humedad relativa se encuentran entre las 00:00 hasta 07:00 y 19:00 hasta 23:00 horas. La estación No. 8 Escuela (sector norte) presenta un nivel menor de humedad en comparación con las otras dos estaciones, mientras que la No. 16 Vitelma (sector sur) presenta los máximos valores promedios de las tres estaciones, suceso similar con los datos horarios máximos. Los promedios horarios y los porcentajes máximo y mínimo de humedad relativa en cada hora se presentan en la Tabla 43.

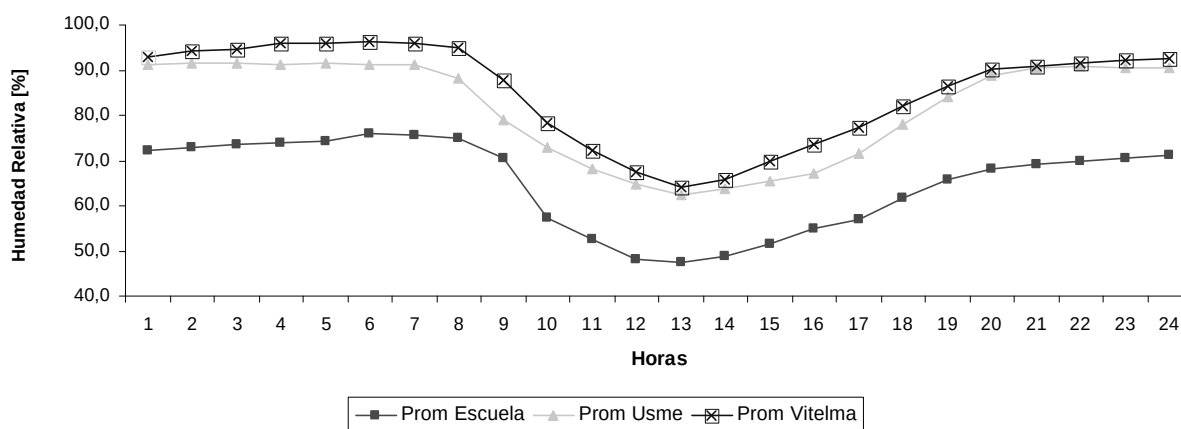


Figura 50. Comportamiento horario de la humedad relativa

Tabla 43. Datos horarios de humedad

hora	Promedio Escuela	Máximo Escuela	Mínimo Escuela	Promedio Usme	Máximo Usme	Mínimo Usme	Promedio Vitelma	Máximo Vitelma	Mínimo Vitelma
0	72.2	80.5	59.0	91.1	99.6	79.3	93.0	99.7	77.1
1	72.8	81.2	59.6	91.5	99.7	82.9	94.1	99.7	76.1
2	73.4	82.3	59.7	91.6	99.8	80.4	94.7	100.0	81.8
3	73.9	82.4	58.9	91.2	99.1	73.9	95.8	100.0	83.4
4	74.3	82.8	59.5	91.5	99.3	76.4	96.1	100.0	83.4
5	75.9	83.2	59.4	91.1	99.1	81.1	96.2	100.0	85.2
6	75.7	82.9	59.4	91.1	99.6	84.3	96.0	100.0	80.0
7	74.8	81.8	59.8	88.3	99.9	77.0	94.8	99.7	73.8
8	70.4	81.3	55.1	78.9	95.0	59.9	87.8	99.7	68.1
9	57.4	79.4	19.0	72.9	88.3	49.3	78.3	98.8	59.6
10	52.6	76.5	16.7	68.3	94.8	31.2	72.3	97.3	44.5
11	48.3	75.6	17.6	64.8	92.3	31.2	67.6	99.0	37.0
12	47.6	71.9	19.0	62.4	92.9	26.2	64.2	96.0	34.5
13	48.7	69.2	19.2	63.7	93.4	28.1	65.7	97.0	41.3
14	51.6	75.0	20.0	65.5	96.1	34.6	69.7	99.8	45.4
15	55.0	78.1	25.3	67.2	95.4	36.2	73.4	99.6	46.3
16	56.9	79.4	23.9	71.4	94.6	52.4	77.4	99.6	54.8
17	61.6	77.5	34.2	77.8	97.0	59.6	82.1	99.6	59.2
18	65.9	78.4	52.3	84.1	98.3	70.5	86.6	99.7	68.6
19	68.2	79.0	56.4	88.7	99.2	77.9	90.0	99.7	73.9
20	69.2	79.7	56.9	90.6	99.5	82.5	90.9	99.7	76.1
21	69.9	79.0	57.9	91.0	99.4	75.7	91.5	99.7	76.0
22	70.6	79.6	58.3	90.7	98.3	74.7	92.3	99.7	72.8
23	71.3	80.6	58.6	90.6	99.5	74.1	92.5	99.8	79.0

Los promedios mensuales y los porcentajes máximo y mínimo de humedad relativa en cada mes se describen en la Tabla 44. Los datos obtenidos por la RMCAB están a partir de junio y las estaciones la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma (sector sur) empiezan su funcionamiento en septiembre del 2005.

Tabla 44. Humedad relativa mensual

Mes	Promedio Escuela	Máximo Escuela	Mínimo Escuela	Promedio Usme	Máximo Usme	Mínimo Usme	Promedio Vitelma	Máximo Vitelma	Mínimo Vitelma
6	63.4	82.1	19.0						
7	62.1	83.2	17.6						
8	63.7	82.4	19.9						
9	67.0	81.5	16.7	82.6	96.8	64.0	81.7	100.0	44.3
10	58.0	62.2	45.5	79.6	99.7	53.2	85.0	99.8	45.4
11	66.9	75.2	45.7	82.6	99.9	45.6	87.2	99.7	44.3
12	69.8	75.0	53.1	78.2	99.5	26.2	84.2	99.6	34.5

2.6 PRESIÓN BAROMÉTRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local.

Para el presente año, se tienen datos de la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente).

El promedio de presión barométrica en la estación No. 6 Carrefour durante el año 2005 fue de 562.9 mmHg (750.9 hPa) y presentó un máximo de 572.5 mmHg (763.7 hPa) el cual se registró el martes 19 de abril a las 14:00 horas.

En la Tabla 45 se presentan los máximos valores de presión barométrica registrados en cada hora y los promedios anuales, por hora, de los registros de presión barométrica.

Tabla 45. Máximos horarios y promedios horarios de radiación durante el año de 2005

Hora	Promedios horarios (mmHg)	Máximos horarios (mmHg)	Hora	Promedios horarios (mmHg)	Máximos horarios (mmHg)
0	562.5	566.6	12	563.4	569.9
1	562.8	566.3	13	563.4	571.5
2	562.7	566.2	14	563.3	572.5
3	562.6	566.0	15	563.2	572.0
4	562.5	565.7	16	563.1	571.2
5	562.5	565.5	17	563.0	570.5
6	562.6	565.2	18	562.9	570.2
7	562.7	564.9	19	562.9	569.3
8	562.8	565.0	20	562.9	568.2
9	563.0	565.8	21	562.9	567.5
10	563.2	566.8	22	563.0	567.0
11	563.3	568.4	23	563.0	566.9

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]

Auditoría: 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.

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

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

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

Control de Calidad (CC): Sistema de actividades técnicas que mide los atributos y rendimiento de un proceso, producto o servicio con estándares definidos para verificar que ellos cumplan los requisitos establecidos por el cliente. Las técnicas y actividades operacionales usadas para cumplir con los requisitos de calidad. Sistema de actividades y chequeos para asegurar que los sistemas de medición sean mantenidos dentro de los límites

prescritos a fin de proporcionar una protección contra las condiciones fuera de control y asegurar que los resultados sean de calidad aceptable. [EPA]

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m³) se aplicará la siguiente ecuación:

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

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

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

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

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

24.466 = Volumen de una kmol en m³/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

G = Promedio geométrico

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

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

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

Rango crítico: Véase Rango de tolerancia

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

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

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

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

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

Sustancia: Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producidos 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 en la presente resolución son:

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

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

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

µg/m³: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

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

ANEXOS

1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED

La RMCAB está conformada por trece estaciones automáticas que 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 los puntos críticos tanto desde el punto de vista geográfico. Es decir, las áreas o sectores que requieren atención prioritaria, como en relación con los contaminantes que alcanzan concentraciones de interés. A continuación se presenta el mapa de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, las características de las zonas de influencia de las estaciones y la relación de los sensores instalados en cada una de las mismas. Las estaciones No. 9 Kennedy (sector Suroccidente) y No. 4 INEM Tunal (Sector Sur) se encuentran en el momento en proceso de integración a la red y próximamente estarán aportando datos.

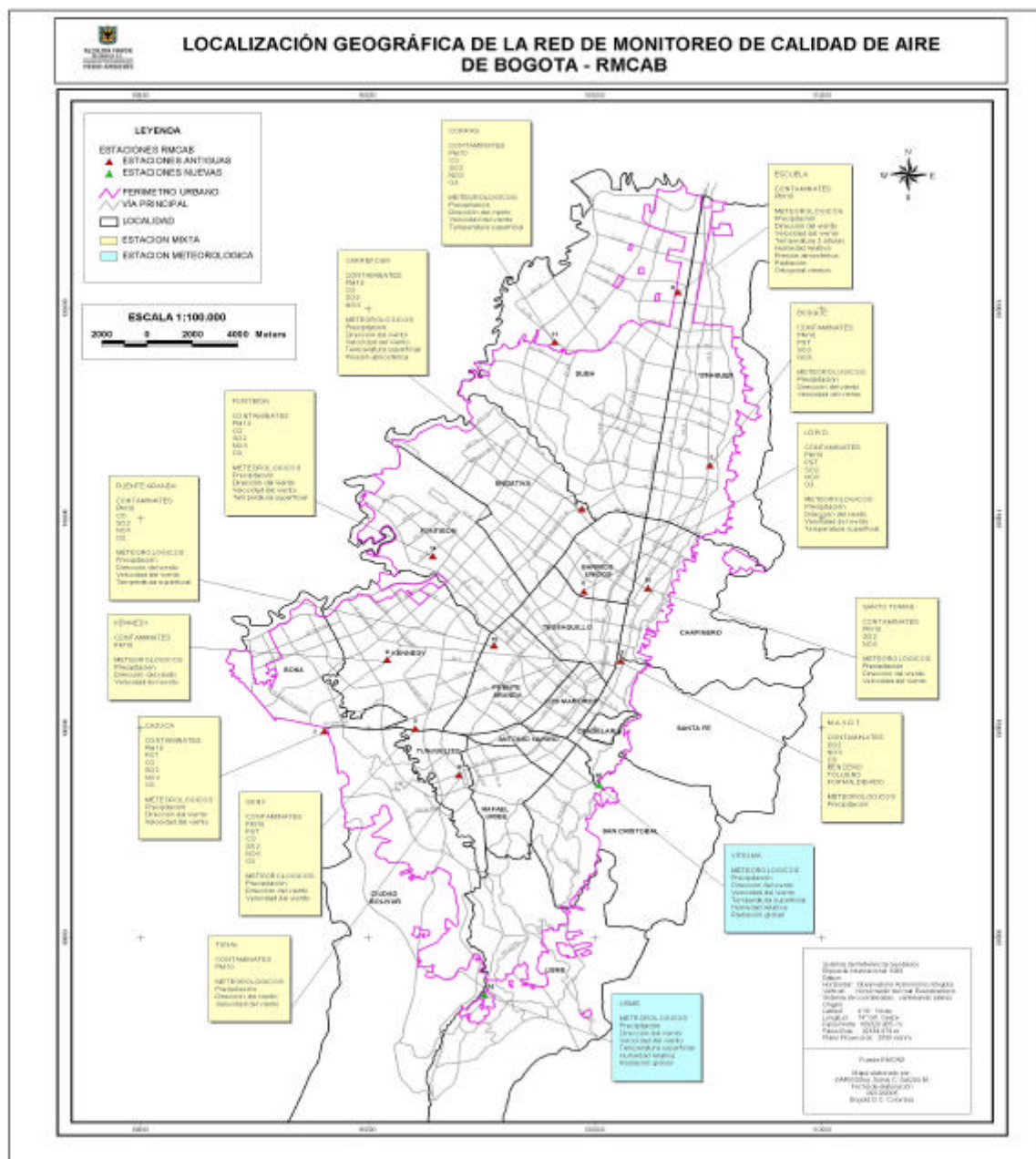


Figura A1.1. Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Tabla A1.1. Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	1. Bosque 8. Escuela	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	6. Carrefour 11. Corpas 14. Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Sur	3. Sony 4. INEM Tunal	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial
Suroccidente	7. Cazucá 9. Kennedy	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Centro	2. MAVDT 5. IDRD 10. Sto. Tomás	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centroccidente	13. Puente Aranda	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial

Tabla A1.2. Estaciones y Equipos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

	ESTACION	No. 1 Bosque	No. 2 MAVDT	No. 3 Sony	No. 4 Tunal	No. 5 I.D.R.D.	No. 6 Carrefour	No. 7 Cazucá	No. 8 Escuela	No. 9 Kennedy	No. 10 Sto. Tomás	No. 11 Corpas	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma
Ubicación	Latitud	04°42'44.3"	04°37'39.8"	04°35'55.5"		04°39'30.5"	04°41'37.0"	04°35'57.1"	04°47'13.0"	04°37' 29.9"	04°39'34.0"	04°45'54.4"	04°38'04.8"	04°40'23.1"		
	Longitud	74°02'06.6"	74°04'14.1"	74°09'07.5"		74°05'2.3"	74°05'09.5"	74°11'17.4"	74°02'52.0"	74°09'40.7"	74°03'35.0"	74°05'48.4"	74°07'15.0"	74°08'42.2"		
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541		2.577	2.563	2.546	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576		
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Ciudad Bolívar	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8-40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	CL 14 No. 6-54 Entrada 1 Cazucá	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40-55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10-95	CR 95 No. 24-49		
Contaminantes	PM10	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	PST	X		X				X								
	CO			X		X	X	X				X	X	X		
	SO2	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X		
	NOX	X	X	X		X	X	X				X	X	X		
	O3		X	X		X	X	X				X	X	X		
	BENCENO		X													
	TOLUENO		X													
Meteorológicos	FORMALDEHÍDO		X													
	PRECIPITACIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIRECCIÓN DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	VELOCIDAD DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	TEMPERATURA SUPERFICIAL			X		X	X	X				X	X	X	X	X
	TEMPERATURA 3 ALTURAS								X							
	HUMEDAD RELATIVA								X						X	X
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA						X		X							
	RADIACION					X			X						X	X
	ORTOGONAL VIENTOS								X							

2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

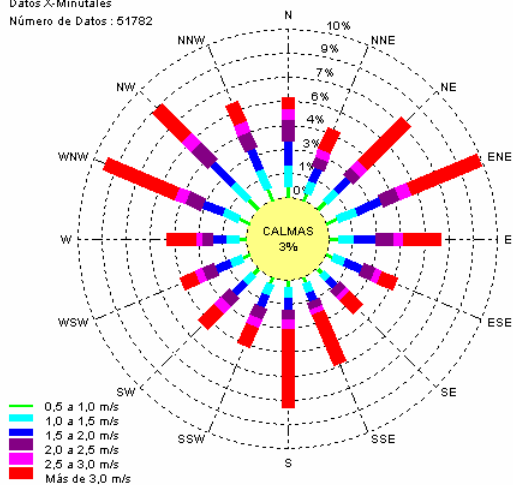
Las normas de calidad del aire que se adoptaron como nivel de referencia para la evaluación de las concentraciones de contaminantes en Bogotá, según la Resolución 1208 emitida por el DAMA en Marzo de 2004, son las siguientes:

Tabla A2.1 Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM₁₀	Anual	80	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	180	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	400	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	134	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	535	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	117	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	170	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	10	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O₃	1 hora	87	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	66	ppb	Concentración promedio en 8 horas

3 ROSAS DE VIENTOS

Rosa de vientos - Puente Aranda, 01/01/2005 a 31/12/2005
 Datos X-Minutales
 Número de Datos : 51782



Rosa de vientos - Fontibón, 01/01/2005 a 31/12/2005
 Datos X-Minutales
 Número de Datos : 50287

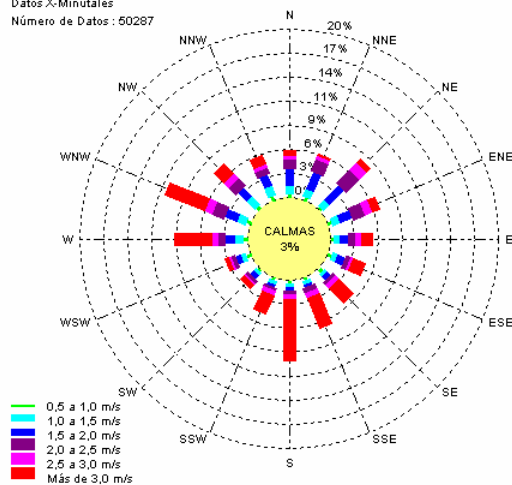
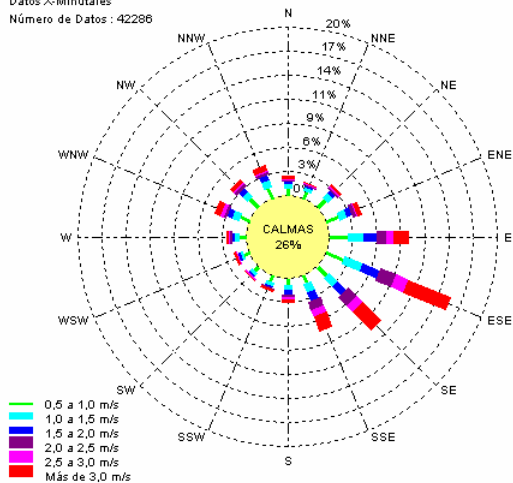


Figura A 3.1. Rosa de Vientos para las estaciones No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente)

Rosa de vientos - Bosque, 01/01/2005 a 31/12/2005
 Datos X-Minutales
 Número de Datos : 42286



Rosa de vientos - Escuela, 01/01/2005 a 31/12/2005
 Datos X-Minutales
 Número de Datos : 42968

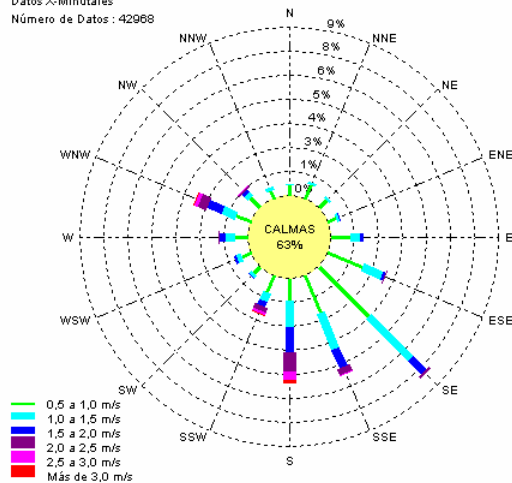
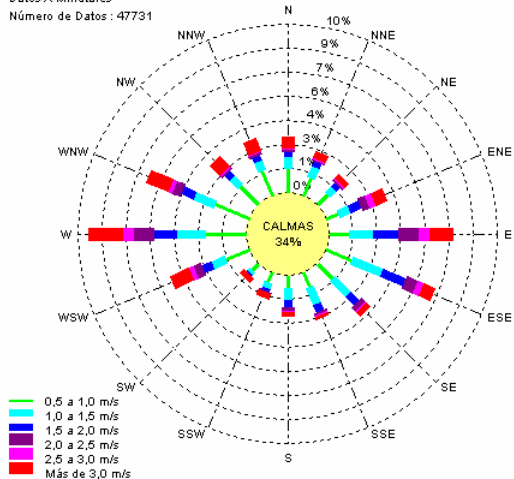


Figura A3.2. Rosa de Vientos para las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte) y No. 8 Escuela (Sector Norte)

Rosa de vientos - IDRD, 01/01/2005 a 31/12/2005

Datos X-Minutales

Número de Datos : 47731



Rosa de vientos - Carrefour, 01/01/2005 a 31/12/2005

Datos X-Minutales

Número de Datos : 50715

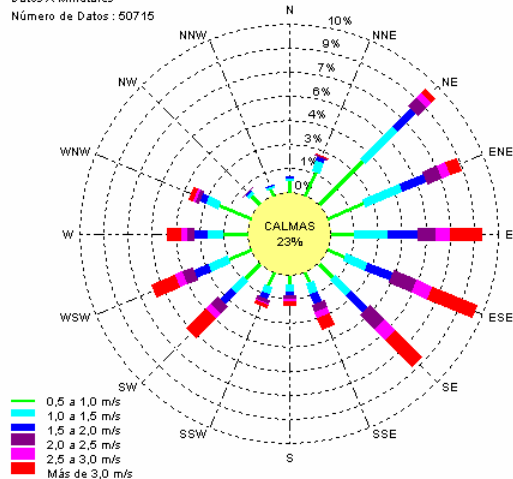
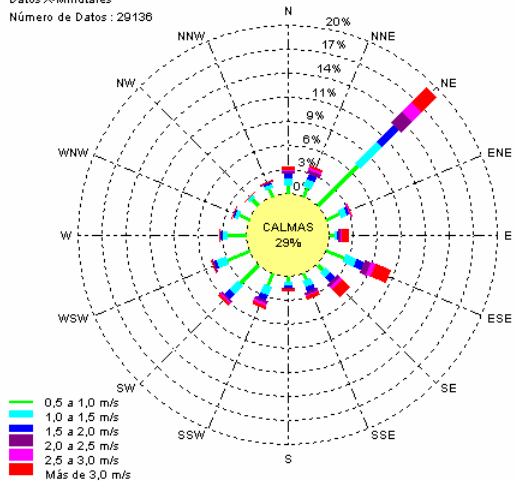


Figura A3.3. Rosa de Vientos para las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro) y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente)

Rosa de vientos - Sony, 01/01/2005 a 31/12/2005

Datos X-Minutales

Número de Datos : 29136



Rosa de vientos - Cazucá, 01/01/2005 a 31/12/2005

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44760

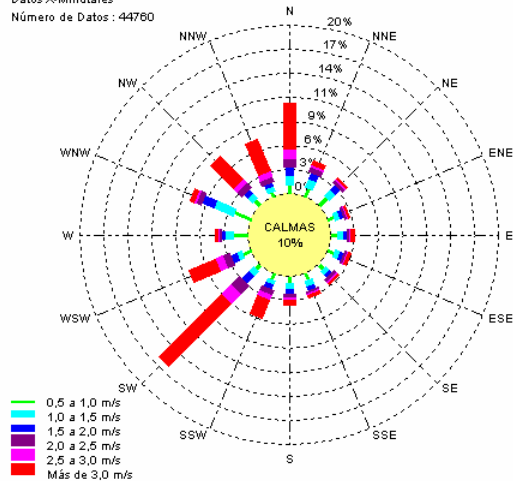


Figura A3.4. Rosa de Vientos para las estaciones No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente)

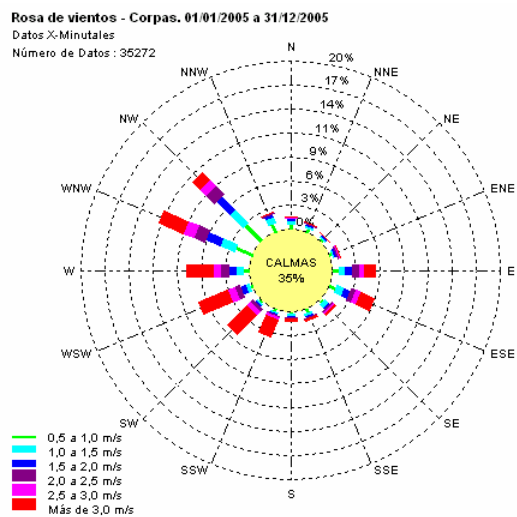


Figura A3.5. Rosa de Vientos para la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente)

4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla A1.1. 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 A1.2. 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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2006

**Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá D.C.**

Bogotá, Septiembre de 2007



**ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

Secretaría Distrital
Ambiente

Luís Eduardo Garzón
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Martha Liliana Perdomo Ramirez
Secretaria Distrital de Ambiente

Edna Patricia Rangel
Subsecretaria Distrital de Ambiente

Edna Maria Carolina Jarro Fajardo.
Directora de Evaluacion, Control y Seguimiento Ambiental

Jesús Miguel Sepúlveda
Jefe de Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire

Rosember Hernández Restrepo
John Alexander Real Castillo
Luís Elkin Guzmán Ramos
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Henry Ospino Dávila
David Aldana Forero
José Agustín Zamudio
Darío Alejandro Gomez
Grupo de Operación de la RMCAB

Secretaría Distrital de Ambiente
-SDA.-

© Septiembre de 2007, Colombia
Informe Anual de la Red de Calidad De Aire
de Bogotá D.C. Año 2006.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

INFORME ANUAL

2006

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2006

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CALIDAD DEL AIRE.....	2
1.1 PARTÍCULAS	2
1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10	2
1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5	14
1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST	15
1.2 GASES CONTAMINANTES	18
1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO ₂	19
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO ₂	25
1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO	31
1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₃	35
1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS	40
2. METEOROLOGÍA	52
2.1 PRECIPITACIÓN	52
2.2 VIENTOS	60
2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	64
2.4 RADIACIÓN SOLAR.....	68
2.5 HUMEDAD RELATIVA	72
2.6 PRESIÓN BAROMÉTRICA.....	75
2.7 CLIMOGRAMA	76
3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS.....	78
3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM10	78
3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST	80
3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂	81
3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂	82
3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO	83
3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃	85
GLOSARIO.....	86
ANEXO NO. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED.....	A
ANEXO NO. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	E
ANEXO NO. 3 ROSAS DE VIENTO	F
ANEXO NO. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	I

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PERIODOS DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL 2006.	3
TABLA 2. CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	12
TABLA 3. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS DURANTE EL AÑO 2006.	20
TABLA 4. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2006.	21
TABLA 5. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	24
TABLA 6. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ DURANTE EL AÑO 2006.	26
TABLA 7. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2006.	27
TABLA 8. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE CO DURANTE EL AÑO 2006.	31
TABLA 9. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS 8 HORAS DE CO DURANTE EL AÑO 2006.	32
TABLA 10. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE O ₃ DURANTE EL AÑO 2006.	36
TABLA 11. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL AÑO 2006.	37
TABLA 12. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10)	41
TABLA 13. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10)	42
TABLA 14. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	43
TABLA 15. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS	44
TABLA 16. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS.	45
TABLA 17. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂	46
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂	47
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS.	47
TABLA 20. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ ANUALES.	48
TABLA 21. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO.	49
TABLA 22. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS	50
TABLA 23. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃	51
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS	51
TABLA 25. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB	54
TABLA 26. DÍAS DE LLUVIA Y PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2006	55
TABLA 27. MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIONES Y DÍA EN QUE OCURRIERON DURANTE EL AÑO 2006	56
TABLA 28. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2006	57
TABLA 29. VELOCIDAD MÁXIMA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN EN EL AÑO 2006	61
TABLA 30. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2006	65
TABLA 31. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN	67
TABLA 32. PROMEDIOS MENSUALES Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR AÑO 2006	69
TABLA 33. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN EN 2006	70
TABLA 34. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE LA RADIACIÓN EN LA ESTACIÓN No. 5 IDRD	71
TABLA 35. DATOS HORARIOS DE HUMEDAD	73
TABLA 36. HUMEDAD RELATIVA MENSUAL	75
TABLA 37. PROMEDIO, MÁXIMOS Y MÍNIMO POR HORA EN RADIACIÓN DURANTE EL AÑO DE 2006.	76
TABLA 38 CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES DE MONITOREO	C
TABLA 39 ESTACIONES Y EQUIPOS DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ.	D
TABLA 40 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	E
TABLA 41 ESCALA DE PRECIPITACIÓN	I
TABLA 42 ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT	I

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CONCENTRACIONES DE PM10 PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	3
FIGURA 2. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL AÑO 2006.	5
FIGURA 3. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL AÑO 2006.	6
FIGURA 4. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR ESTACIÓN.	8
FIGURA 5. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR MES DEL AÑO.	8
FIGURA 6. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR DÍA DE LA SEMANA.	9
FIGURA 7. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2006.	10
FIGURA 8. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE NO EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2006.	10
FIGURA 9. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM10 POR ESTACIÓN DURANTE EL 2006.	11
FIGURA 10. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM10 EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE SUPERAN LA NORMA ANUAL.	12
FIGURA 11. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM10 EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE NO SUPERAN LA NORMA ANUAL.	13
FIGURA 12. TENDENCIA HISTÓRICA DEL PM10 EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	14
FIGURA 13. CONCENTRACIONES DE PM2.5 PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL 2006.	15
FIGURA 14. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	16
FIGURA 15. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR ESTACIÓN.	17
FIGURA 16. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR MES DEL AÑO.	17
FIGURA 17. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR DÍA DE LA SEMANA.	18
FIGURA 18. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	20
FIGURA 19. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	21
FIGURA 20. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR ESTACIÓN.	22
FIGURA 21. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR MES DEL AÑO.	22
FIGURA 22. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA.	23
FIGURA 23. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE ABRIL.	24
FIGURA 24. TENDENCIA HISTÓRICA DEL SO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	25
FIGURA 25. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	26
FIGURA 26. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	27
FIGURA 27. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.	28
FIGURA 28. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO.	28
FIGURA 29. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA.	29
FIGURA 30. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE ABRIL 2007.	30
FIGURA 31. TENDENCIA HISTÓRICA DE NO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	30
FIGURA 32. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE CO DURANTE EL AÑO 2006.	31
FIGURA 33. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	32
FIGURA 34. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.	33
FIGURA 35. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO.	34
FIGURA 36. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA.	34
FIGURA 37. TENDENCIA HISTÓRICA DE CO EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	35
FIGURA 38. CONCENTRACIÓN MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	36
FIGURA 39. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2006.	37
FIGURA 40. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.	38
FIGURA 41. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO.	38
FIGURA 42. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA.	39

ÍNDICE DE FIGURAS (continuación)

FIGURA 43. TENDENCIA HISTÓRICA DE O ₃ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	39
FIGURA 44. PROMEDIOS DE LA RMCAB PARA LOS AÑOS 1998 AL 2006	53
FIGURA 45. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LOS AÑOS 2000 A 2006.....	53
FIGURA 46. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2006	57
FIGURA 47. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2006	58
FIGURA 48. MAPA DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2006.	59
FIGURA 49. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA.....	60
FIGURA 50. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2006 ENTRE LAS 6:00 Y LAS 11:00.....	62
FIGURA 51. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2006 ENTRE LAS 12:00 Y LAS 18:00.....	63
FIGURA 52. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	66
FIGURA 53. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL DEL IDEAM.....	66
FIGURA 54. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA	67
FIGURA 55. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2006.....	68
FIGURA 56. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR PARA EL AÑO 2006.....	69
FIGURA 57. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE RADIACIÓN SOLAR POR HORA PARA EL AÑO DE 2006.	71
FIGURA 58. PROMEDIOS LA RADIACIÓN POR HORA LA ESTACIÓN No. 5 IDRD.	71
FIGURA 59. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	73
FIGURA 60. RELACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA EL AÑO 2006.....	74
FIGURA 61. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA	75
FIGURA 62. CLIMOGRAMA DE BOGOTÁ D.C. PARA EL AÑO 2006.....	77
FIGURA 63. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LAS ESTACIONES CORPAS, CARREFOUR Y FONTIBÓN.....	78
FIGURA 64. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LAS ESTACIONES BOSQUE Y ESCUELA	79
FIGURA 65. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LAS ESTACIONES IDRD, PUENTE ARANDA.	79
FIGURA 66. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LA ESTACIÓN CAZUCÁ, KENNEDY, SONY Y TUNAL.....	80
FIGURA 67. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST PARA LAS ESTACIONES CAZUCÁ Y SONY.....	81
FIGURA 68. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES SONY Y TUNAL.....	81
FIGURA 69. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES IDRD, FONTIBÓN, PUENTE ARANDA Y. KENNEDY	82
FIGURA 70. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂ PARA LAS ESTACIONES IDRD, CORPAS Y FONTIBÓN.	83
FIGURA 71. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE CO PARA LAS ESTACIONES IDRD, CARREFOUR, FONTIBÓN, CAZUCÁ Y SONY.....	84
FIGURA 72. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ PARA LAS ESTACIONES IDRD, FONTIBÓN Y SONY.....	85
FIGURA 73 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ	B
FIGURA 74 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 13 PUENTE ARANDA Y No. 5 IDRD.....	F
FIGURA 75 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 8 ESCUELA Y No. 1 BOSQUE	F
FIGURA 76 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 7 CAZUCÁ Y No. 4 TUNAL	G
FIGURA 77 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 15 USME Y No. 16 VITELMA.....	G
FIGURA 78 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 6 CARREFOUR Y No. 11 CORPAS	H
FIGURA 79 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 9 KENNEDY Y No. 3 SONY	H

INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, opera con el objetivo primordial de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en la ciudad de Bogotá dados por la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

Este documento presenta el Informe de la Calidad del aire de Bogotá D.C. para el año 2006, durante el cual la red de monitoreo registró los valores de material particulado, gases contaminantes y parámetros meteorológicos en la ciudad. En la primera parte del documento se presenta un resumen del comportamiento del material particulado (PM10, PST, PM2.5), de los principales gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) durante el año 2006 y un análisis de la tendencia de estos contaminantes en los últimos años. En la segunda parte del documento se presenta un análisis de la información meteorológica reportada por las estaciones en el año 2006.

Como anexo se incluye información sobre las características de la configuración de la RMCAB y la localización geográfica de las estaciones de monitoreo, así como la normatividad vigente que se utiliza como referencia para evaluar las concentraciones de los contaminantes en el aire.

1. CALIDAD DEL AIRE

1.1 PARTÍCULAS

El diámetro de las partículas presentes en el aire en un centro urbano puede variar entre una milésima de micra y 500 micras, éste material particulado está compuesto por materiales líquidos o sólidos que se producen por la acción del viento sobre áreas sin vegetación, por procesos erosivos, en los procesos de combustión y por efecto de la suspensión del material de las vías no pavimentadas cuando sobre ellas circulan vehículos, entre muchos otros procesos. Desde el punto de vista del riesgo sobre la salud humana, son de mayor interés las partículas cuyo tamaño es menor o igual a 10 micras (**PM10**), debido a que pueden ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman o servir como vehículo para bacterias y virus diversos. Las partículas cuyo tamaño es menor o igual a 2.5 micras (**PM2.5**) son una fracción del material particulado respirable y son conocidas como partículas finas, éstas son de gran interés debido a que pueden penetrar profundamente en los pulmones, agravando episodios de hiperactividad bronquial, que en casos de bronquitis crónicas, asma y otras enfermedades puede incidir en el incremento de muertes prematuras. Las partículas suspendidas totales (**PST**) están compuestas por PM10 y partículas mayores a 10 micras. Las partículas mayores a 10µm son retenidas básicamente en las vías respiratorias superiores y eliminadas en su mayor parte por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud, sin embargo la exposición continua a altas concentraciones puede causar irritación de garganta y mucosas. Las normas de calidad del aire para partículas se refieren a las máximas concentraciones permitidas en periodos de 24 horas y al valor promedio anual de los registros diarios tanto para PM10 como para PST.

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10

En el 2006 la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con doce (12) estaciones para medir PM10. A continuación se reportan las concentraciones muestreadas en dichos puntos de monitoreo.

Máximos en 24 Horas

Durante el año 2006 se obtuvieron 78669 datos de medias móviles de 24 horas de concentración de PM10 en todas las estaciones, que corresponde a un 77% de representatividad temporal¹. Durante este año la estación que más veces superó la normatividad fue la No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente), donde en 129 veces se superó, lo que equivale aproximadamente al 1,5% de los datos; seguida de la estación No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) con 77 veces, la estación No. 3

¹ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo.

Sony (Sector Sur) con 26 veces, y por último está la estación No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), donde en 10 ocasiones se superó la norma establecida para el promedio 24 horas de PM10; es de notar que la estación No. 4 Tunal (Sector Sur) tuvo una representatividad temporal del 50%, la cual indica que fueron pocos los datos que se pudieron recuperar, pero presentó 194 datos que excedían la norma para promedios 24 horas, lo que equivale al 4,5% de sus datos; así mismo la estación No. 11 Corpas (sector Noroccidente) tuvo una representatividad temporal de 54% y presentó 89 datos sobre la norma. En todo el año 8191 datos de las estaciones estuvieron entre el 75% y el 99.9% de la norma, y 21385 de los datos se encontraron entre el 50% y el 74.9% de la norma.

Las máximas concentraciones para promedios 24 horas registradas por estación en la RMCAB durante el año 2006 se observan en la Tabla 1, donde se nota que en la estación No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) se registraron 192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el Jueves 30 de Marzo de 2006 a las 10:00 horas. En la Figura 1 se muestra la concentración máxima de PM10 calculada con medias móviles de 24 horas, la concentración media para 24 horas, el valor de la norma 24 horas y el número de veces que se superó la misma en todo el año, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) no alcanzaron una representatividad temporal igual o superior al 75%. El resumen de estos resultados se presenta en la Tabla 12.

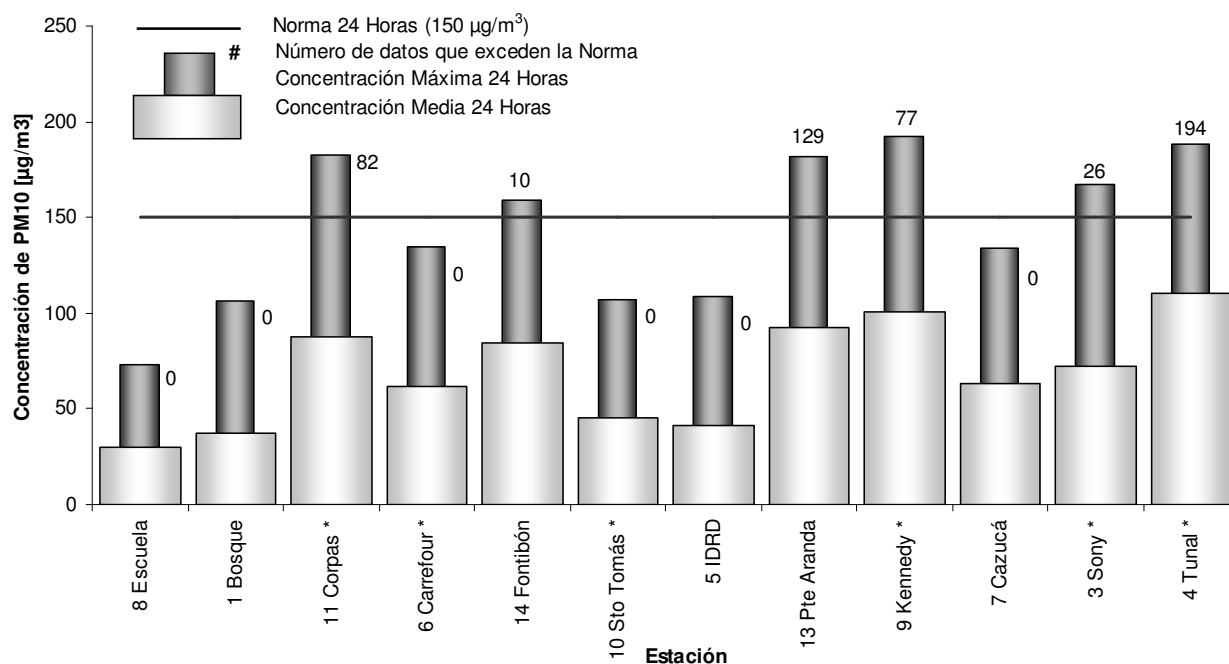


Figura 1. Concentraciones de PM10 para 24 horas por estación durante el año 2006.

Tabla 1. Periodos de Ocurrencia de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el 2006.

Número y nombre de la estación	Sector	Promedio máximo $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
8. Escuela	Norte	73	Sábado 18 de Febrero de 2006 a las 07:00
1. Bosque	Norte	106	Sábado 18 de Febrero de 2006 a las 10:00
11. Corpas	Noroccidente	183	Sábado 04 de Febrero de 2006 a las 10:00
6. Carrefour	Noroccidente	135	Sábado 29 de Abril de 2006 a las 16:00

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Número y nombre de la estación	Sector	Promedio máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
14. Fontibón	Noroccidente	159	Viernes 01 de Diciembre de 2006 a las 20:00
10. Sto. Tomas	Centro	107	Sábado 16 de Diciembre de 2006 a las 03:00
5. IDRD	Centro	109	Domingo 29 de Octubre de 2006 a las 16:00
13. Puente Aranda	Centroccidente	182	Domingo 29 de Octubre de 2006 a las 15:00
9. Kennedy	Suroccidente	192	Jueves 30 de Marzo de 2006 a las 10:00
7. Cazucá	Suroccidente	134	Sábado 28 de Octubre de 2006 a las 09:00
3. Sony	Sur	167	Viernes 16 de Junio de 2006 a las 13:00
4. Tunal	Sur	188	Miércoles 13 de Diciembre de 2006 a las 03:00

A manera de complemento y con el fin de profundizar sobre el comportamiento de este contaminante sobre la ciudad, en la Figura 2 se muestra un mapa de la ciudad de Bogotá con el resultado de la interpolación de los valores máximos de promedios 24 horas ocurridos durante el año en cada estación. Los valores máximos que se interpolan en el mapa no ocurrieron el mismo día simplemente muestra cómo estaría la ciudad si las peores condiciones se presentaran en la misma fecha. En la Figura 3 se muestra un mapa de la ciudad de Bogotá con el resultado de la interpolación de las medias de los promedios 24 horas calculadas durante el año en cada estación, donde se observa que generalmente las zonas que tienden a mostrar las mayores concentraciones de PM10 están ubicadas en, y a los alrededores de, las localidades declaradas como área fuente tipo 1 (Kennedy, Puente Aranda y Fontibón), además de Tunjuelito, Rafael Uribe y una parte de Suba. Adicionalmente, es importante aclarar que la escala de medición de las estaciones no permite observar los índices de exposición personal de la población, ni el efecto que pueden tener las fuentes puntuales de emisión, las vías o las fuentes móviles, en la micro escala, donde pueden ser más altos.

Es importante resaltar, que para la elaboración del mapa presentado en la Figura 3 se tiene en cuenta los máximos para cada estación los cuales suceden en diferentes días, haciendo una interpolación de los mismos; adicionalmente se debe tener presente que las estación No.15 Usme y la No.16 Vitelma no tienen analizadores de contaminantes y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones.

Caso similar ocurre en la elaboración del mapa presentado en la Figura 3, donde se tienen en cuenta los promedios de cada estación para el año en referencia, además, teniéndose en cuenta que el programa con que se realiza los mapas, maneja su propio modelo matemático para la interpolación, es claro que en este programa entre menos datos menos exacta será la interpolación, y es ahí donde el análisis humano juega un papel importante; razón por la cual se realiza un ajuste con el fin de mostrar una tendencia mas real, contando con factores como la topografía, entre otros.

CONCENTRACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS PM₁₀ (µg / m³) - AÑO 2006

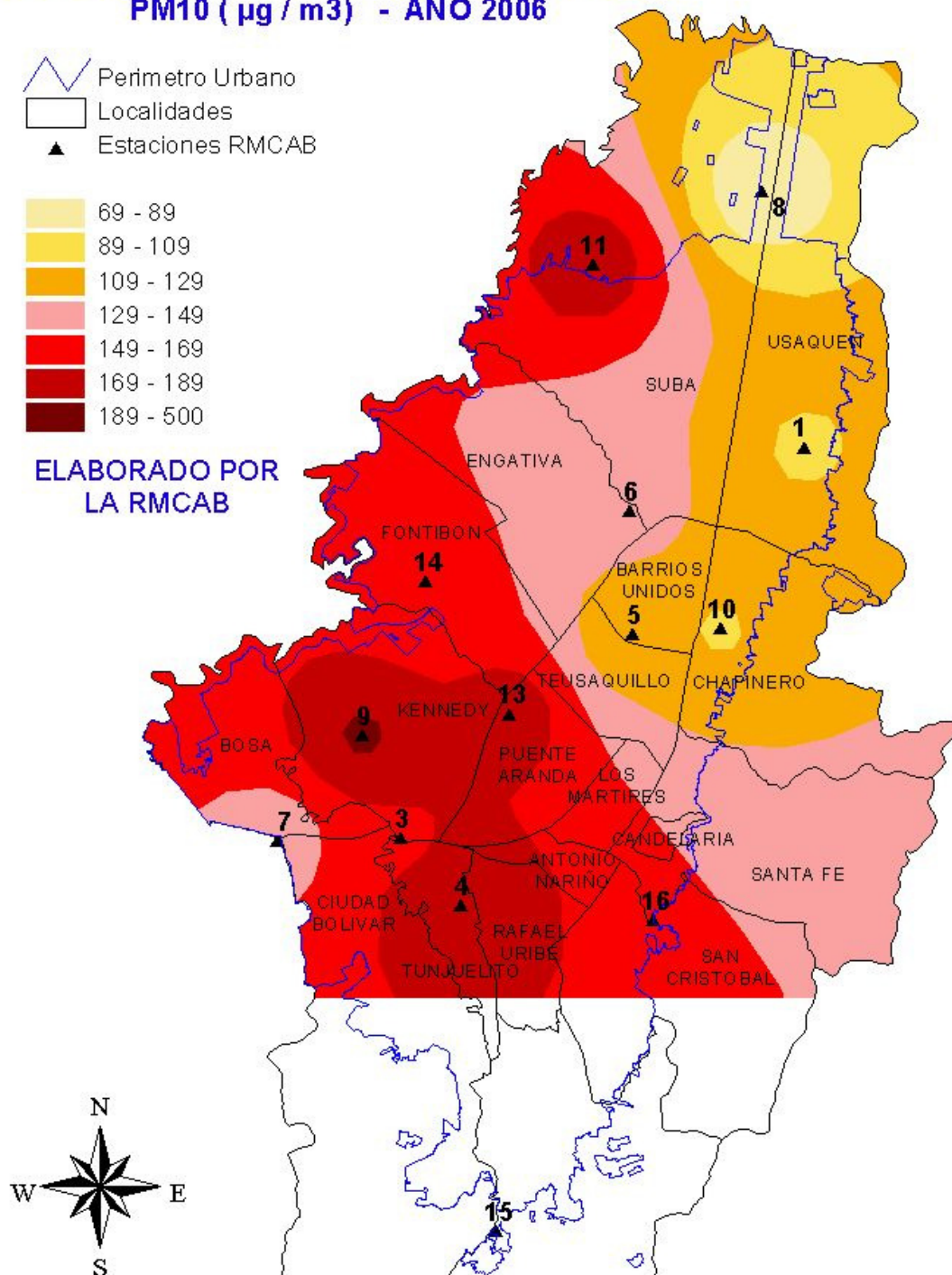


Figura 2. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM₁₀ durante el año 2006.

CONCENTRACIONES MEDIAS PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - AÑO 2006

 Perimetro Urbano
 Localidades
 Estaciones RMCAB

 30 - 50
 50 - 70
 70 - 80
 80 - 90
 90 - 100
 100 - 130

ELABORADO POR
 LA RMCAB

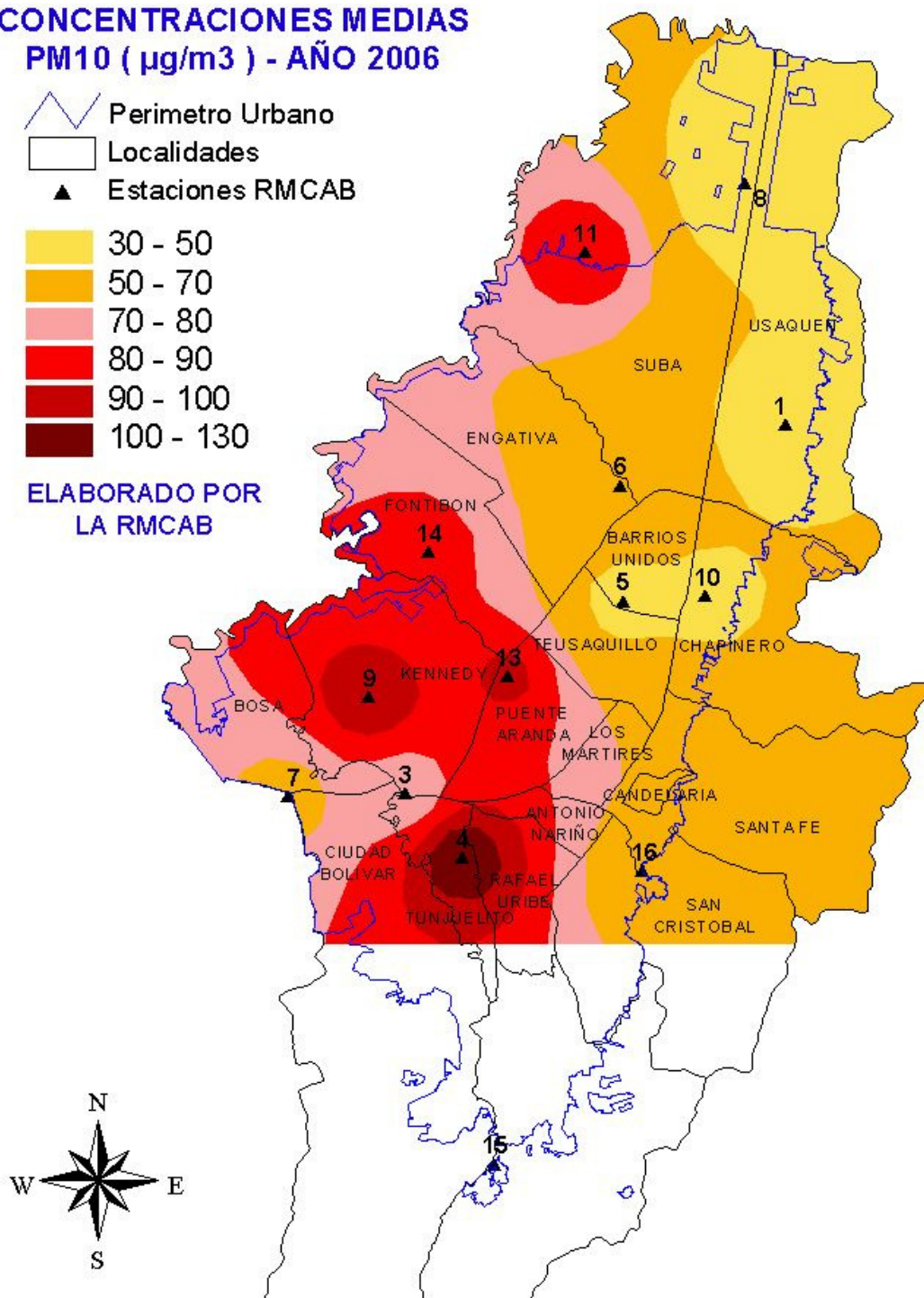


Figura 3. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el año 2006.

La tendencia de la concentración de los contaminantes se presenta utilizando diagramas de caja que se definen como un gráfico de resumen basado en la mediana, los cuartiles y los valores extremos. La caja representa la amplitud intercuartil que contiene el 50% de los valores centrales. Los "bigotes" son las líneas que se extienden desde la caja hasta los valores más altos y más bajos, excluyendo los valores atípicos. Una línea que atraviesa la caja indica la situación de la mediana. En el primer diagrama de caja presentado para cada parámetro en este informe se muestra una leyenda donde se explica cada uno de los componentes de los mismos, y que aplica para los demás diagramas.

En la Figura 4, Figura 5 y Figura 6 se resume el comportamiento de los promedios diarios de PM_{10} del 2006 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana. Al comparar los promedios diarios puede observarse que las estaciones donde se registraron concentraciones promedio diarias en el 2006 más altas que los promedios diarios multianuales fueron las estaciones No. 1 Bosque (Sector Norte), No. 11 Corpas (Sector Noroccidente), No. 3 Sony (Sector Sur) y la No. 10 Sto Tomás (Sector Centro); la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) presentó durante el 2006 valores similares a los promedios diarios multianuales y en las demás estaciones los valores fueron menores, en especial la estación No. 8 Escuela (Sector Norte), cuya caja para el 2006 se encuentra totalmente por debajo de la caja de valores multianuales, lo que indica que gran parte de los valores registrados en esta estación durante este año son menores a los registrados en años anteriores.

El comportamiento de la concentración de PM_{10} durante cada uno de los meses del año fue similar a las tendencias multianuales para cada mes; los meses de Abril, Mayo, Junio, Agosto, Octubre y Noviembre del 2006 presentaron valores de la mediana mayores a los registrados en las tendencias multianuales, pero los tamaños de las cajas son similares.

Como es de esperarse, a lo largo de la semana la concentración de PM_{10} muestra unos valores mayores a los registrados durante los días Domingos debido a que varias de las fuentes de emisión (fijas y móviles) no operan durante este día y los mayores valores tienden a presentarse durante los Miércoles, Jueves y Viernes. El comportamiento que se presentó durante este año fue muy similar al comportamiento de los años anteriores (multianual), con unos leves incrementos del valor de la mediana y algunas pequeñas diferencias en los valores extremos (bigotes de la gráfica)

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

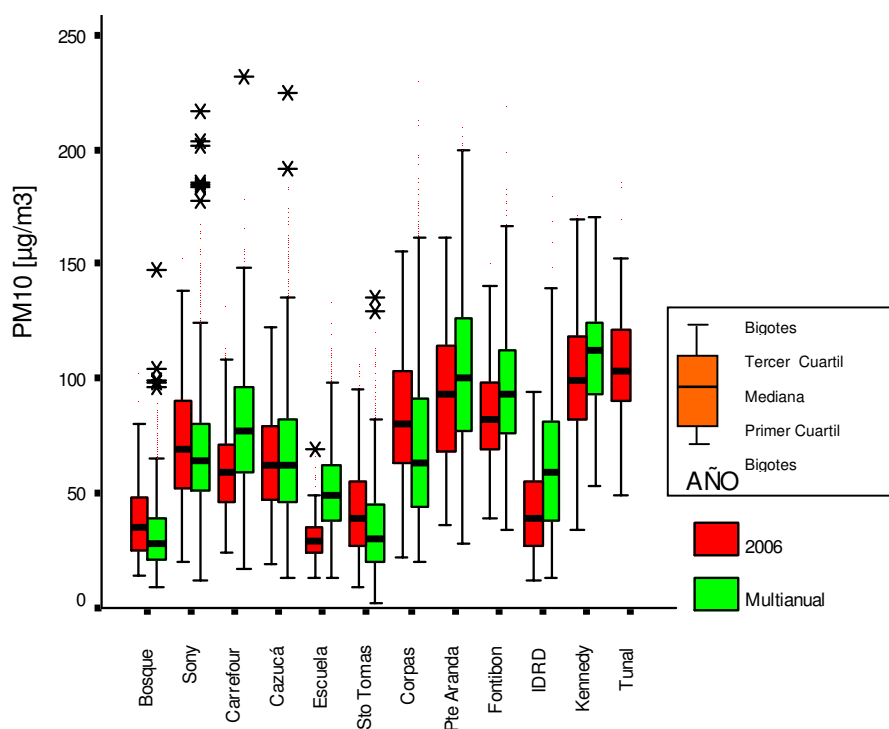


Figura 4. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por estación.

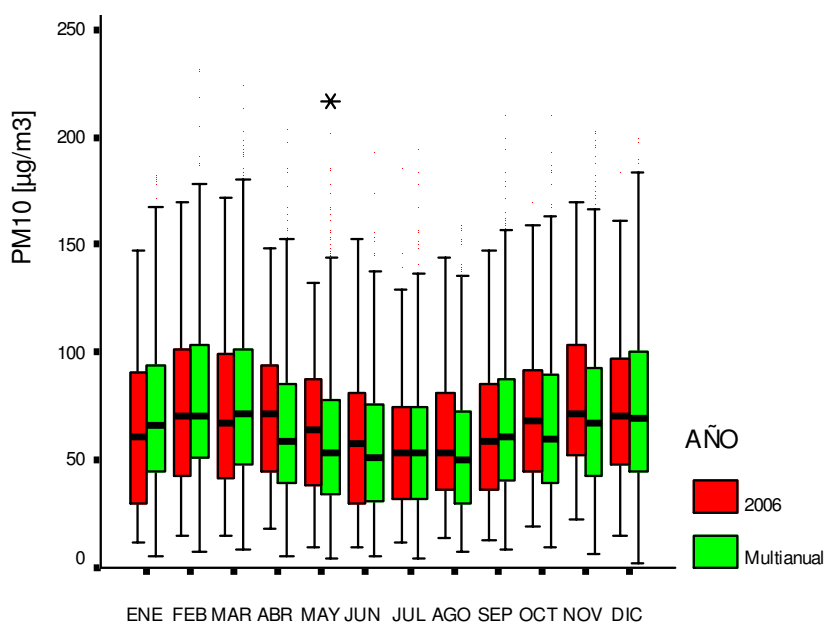


Figura 5. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por mes del año.

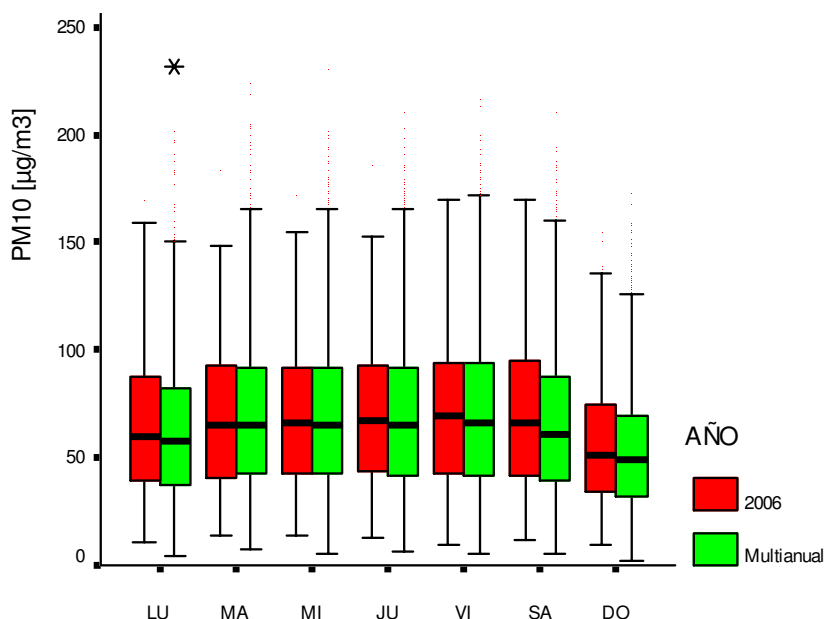


Figura 6. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por día de la semana.

Promedios Anuales de PM10

El promedio anual se calcula con los promedios diarios de los 365 días anteriores, de esta manera es posible calcular un promedio anual para cada día del año y evaluar su comportamiento a lo largo de éste, así el promedio anual del 1 de enero del 2006 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero del 2005 y el 1 de enero del 2006, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2006 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2006.

En la Figura 7 se observa el comportamiento a lo largo del año del promedio anual de PM10 en cada una de las estaciones que superaban la norma al comienzo del año, donde se aprecia que los mayores valores se presentaron generalmente en los primeros meses del año. Las estaciones No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente), No. 14 Fontibón y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) presentaron valores cada vez menores a medida que avanzaba el año, reportando en Diciembre reducciones entre el 17% y 22% respecto a Enero, el más significativo de estos comportamientos se dio en la estación No. 6 Carrefour, pues desde principios de octubre comenzó a presentar valores que cumplían la normatividad ambiental; la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) presentó un comportamiento muy estable a lo largo del año, presentando una pequeña disminución del valor en los dos últimos meses del año; la estación No. 3 Sony (Sector Sur) presentó unos valores máximos en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre del 2006, pero al final del año el valor de Diciembre fue muy similar al de Enero; las estaciones No. 4 Tunal (Sector Sur) y No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) comenzaron a reportar concentraciones promedio anuales de PM10 en los últimos meses del 2006, encontrando valores bastante altos, mayores a los reportados en las demás estaciones y que superan en más de un 40% lo estipulado en la Resolución 601 del 2006, durante el 2007 se evaluará la evolución del comportamiento de éste parámetro en estas dos estaciones.

En la Figura 8 se observa el comportamiento del promedio anual de las concentraciones de PM10 para las estaciones que no superaban la norma, encontrando en Diciembre valores menores a los reportados en Enero para tres de ellas; en la estación No. 10 Santo Tomás (Sector Centro) se comenzó a notar un aumento del valor del promedio anual de PM10 durante el segundo semestre del año, lo cual puede estar influenciado por las construcciones que se vienen realizando en la zona; en la estación No. 1 Bosque se presentaron serios problemas de operación durante el segundo semestre del 2005, por lo que sólo se comenzó a calcular de nuevo los promedios anuales de PM10 a partir del mes de Julio, encontrando valores bastante bajos respecto a la norma con tendencia a disminuir.

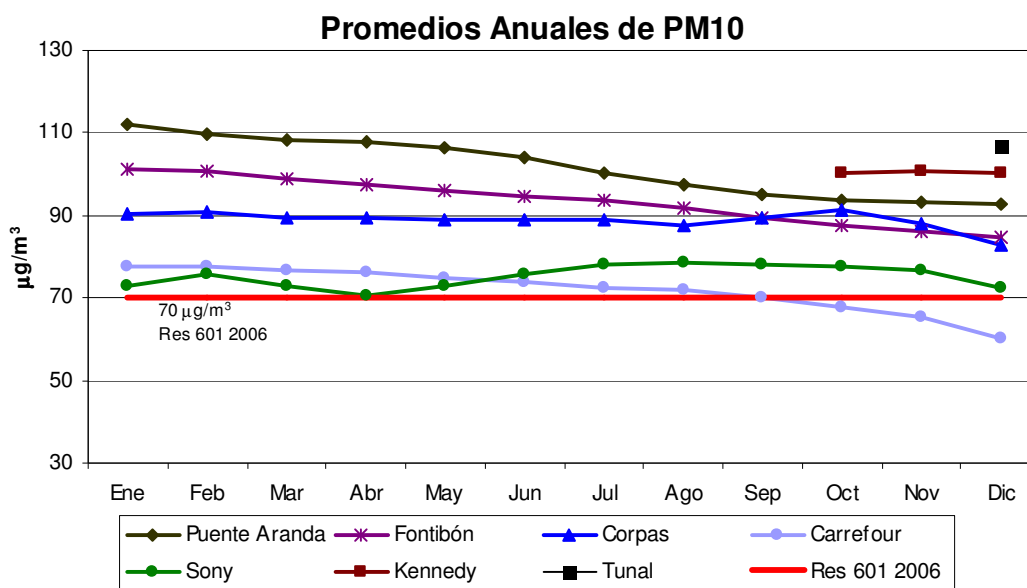


Figura 7. Concentración promedio anual de las estaciones que excedieron la norma en el 2006.

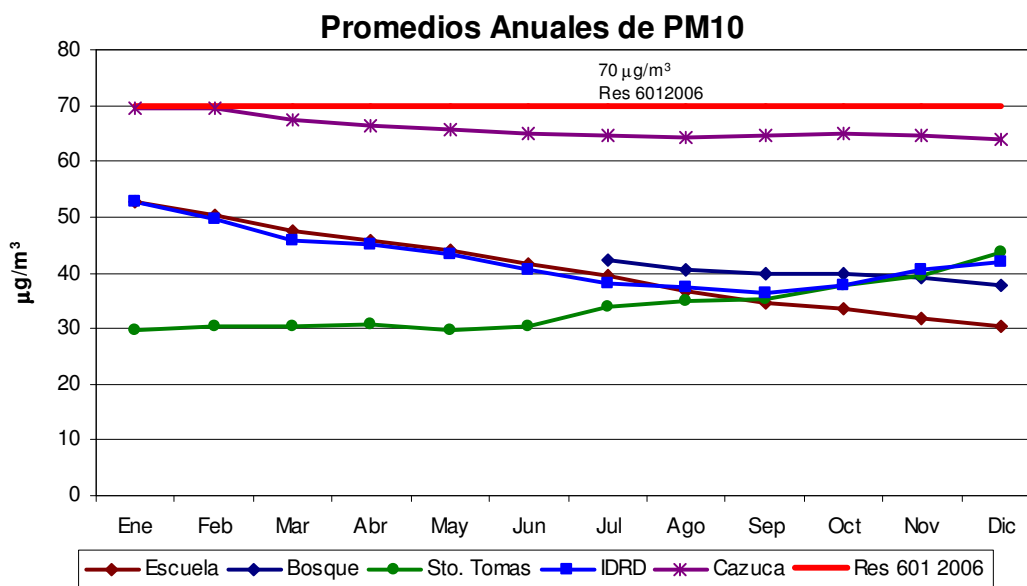


Figura 8. Concentración promedio anual de las estaciones que no excedieron la norma en el 2006.

Las máximas concentraciones anuales de PM10 encontradas en las estaciones de la RMCAB en el año 2006 se presentan en la Figura 9, como ya se explicó, la mayoría de estos valores máximos se presentaron en los primeros meses del año, las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% del año.

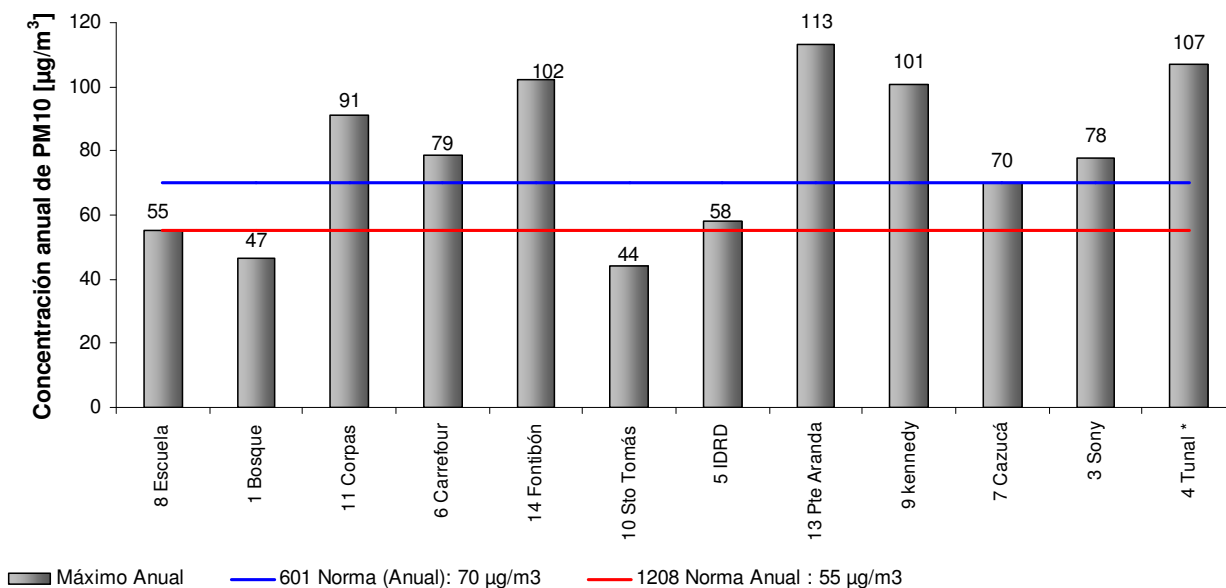


Figura 9. Máxima concentración promedio anual de PM10 por estación durante el 2006.

Los máximos promedios anuales con una representatividad temporal mayor al 75%, se encuentran en las estaciones No. 13 Puente Aranda (Sector Centrooccidente), No. 14 Fontibón, No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente), el valor reportado por la estación No. 4 Tunal (Sector Sur) sólo alcanzó una representatividad temporal cercana al 65%; Por lo anterior se puede concluir que, durante el año 2006, los promedios anuales de PM10 que exceden la norma se encuentran en los sectores sur y todo el occidente de la ciudad. El consolidado de los promedios anuales para el 2006 se presenta en la Tabla 13.

En la Tabla 2 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales de cada año en las estaciones actuales calculadas el 31 de Diciembre de cada año, y en las Figura 10 y Figura 11 se aprecia el comportamiento de este parámetro desde mediados del año 1998, tanto para las estaciones que frecuentemente exceden la norma anual nacional actual (70 µg/m³ Res 601 2006) como para las estaciones que normalmente no exceden esta norma, se incluyen las estaciones No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente) y No. 4 Tunal (Sector Sur) que comenzaron a reportar valores promedio anuales durante el 2006; los cortes en las figuras corresponden a periodos de tiempo donde, por problemas operacionales, no se pudo calcular el promedio anual; también se muestran el valor dado por la Resolución 601 de 2006 del MAVDT como norma para promedios anuales y el valor dado por la Resolución 1208 de 2003 del DAMA como norma para los años 2003, 2004 y 2005, el cual cambió para el año 2006 como ya se mostró en la figura anterior.

Tabla 2. Concentraciones de PM10 promedios anuales a 31 de diciembre de cada año.

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]								
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	8	Escuela				43	50	54	54	55	30
	1	Bosque	33	31	31	29	24				38
Noroccidente	11	Corpas	54	40	47	81	97	91	80	90	83
	6	Carrefour				78	97		85	79	60
	14	Fontibón			93	91	96	97	94	101	85
Centro	10	Sto. Tomás	32	34	35	37	39	33	33	29	44
	5	IDRD								58	42
Centroccidente	13	Puente Aranda			103	93	98	102	107	113	93
Suroccidente	9	Kennedy									100
	7	Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64
Sur	3	Sony	80	77	63	86	61	53	49	69	73
	4	Tunal									107

Comportamiento Histórico del promedio anual de PM10 en estaciones que exceden la norma

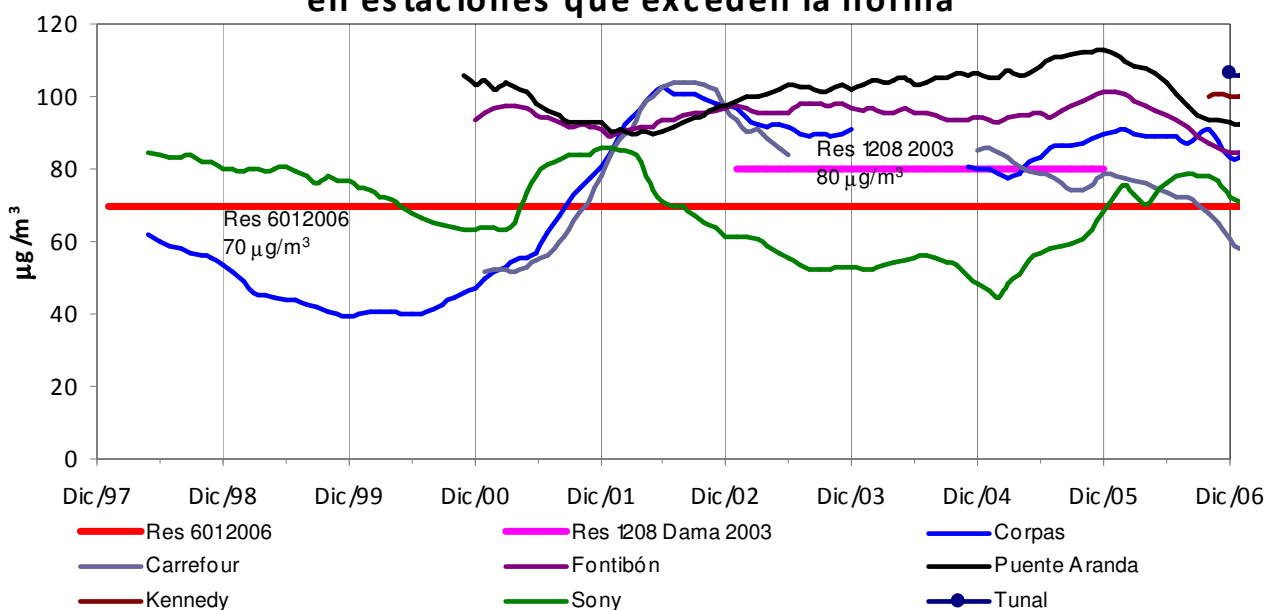


Figura 10. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente superan la norma anual.

En la Figura 10 se aprecia que las estaciones No. 11 Corpas y No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) presentaron un incremento considerable del promedio anual de PM10 durante los años 2001 y 2002, alcanzando unos valores máximos en este último año, para luego empezar a descender. La estación

No. 3 Sony (Sector Sur) presentó valores menores a la norma anual durante más de 3 años, desde finales del 2002 hasta principios del 2006; de manera general, durante el año 2005 se presentó un leve incremento en éste parámetro para las estaciones de la Figura 10, pero durante el 2006 el descenso ha sido notable.

Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en estaciones que no exceden la norma

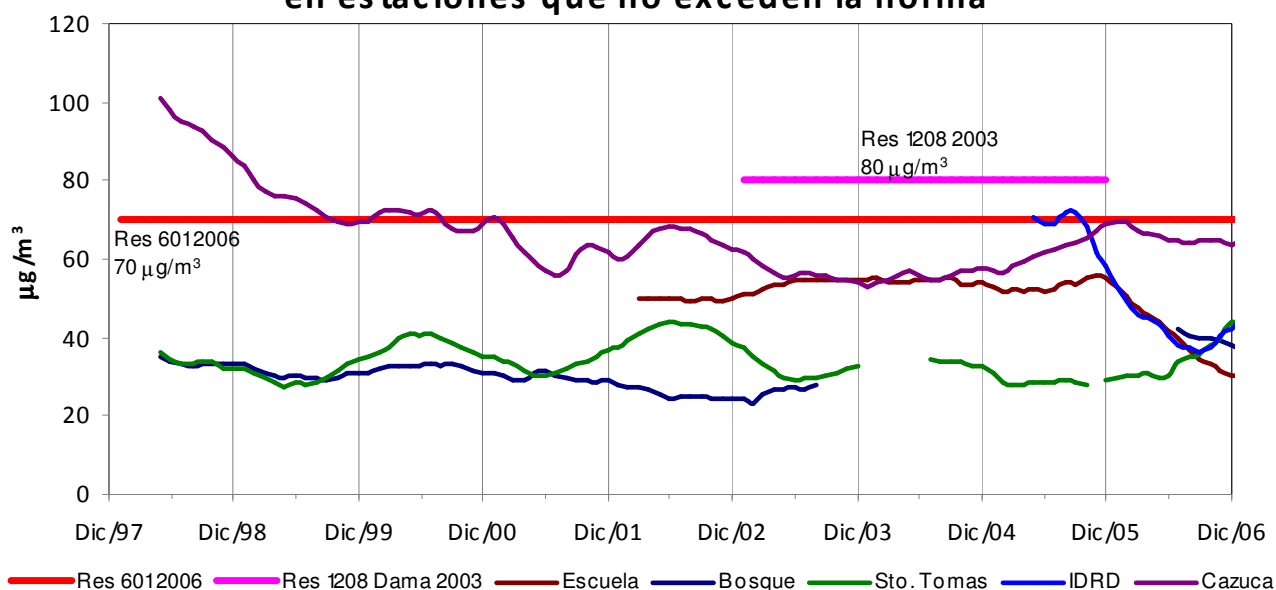


Figura 11. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente no superan la norma anual.

En la Figura 11 puede notarse que la estación No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) pasó de presentar valores mayores a la norma establecida en la Res. 601 de 2006 al comienzo de su operación en el año 1998, a presentar valores menores desde el año 2001, la estación No. 5 IDR también presentó un comportamiento similar, pero sus valores anuales comenzaron a reportarse en el 2005; de manera general las estaciones que se muestran en esta figura presentan un comportamiento oscilante a lo largo de estos años y durante el 2006 una tendencia a disminuir sus valores.

La Figura 12 muestra la tendencia de las concentraciones diarias de PM10 en toda la RMCAB desde sus inicios donde puede observarse un incremento inicial en los años 2001 y 2002, cuando comenzó a reportarse los promedios anuales de las estaciones No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), y cuando comenzó el incremento de los valores de las estaciones No. 11 Corpas, No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur); y otro incremento en el año 2005, donde se presentaron concentraciones un poco más altas en la mayoría de las estaciones, presentando el mayor valor de la mediana reportada de estos datos; en el año 2006 se observa un descenso en el valor de la mediana, el cual está acorde con los valores mostrados en las Figuras anteriores, debido a los altos valores reportados por las nuevas estaciones

(No. 9 Kennedy y No. 4 Tunal), es de esperarse que las estadísticas generales para toda la red muestren un incremento en los próximos años

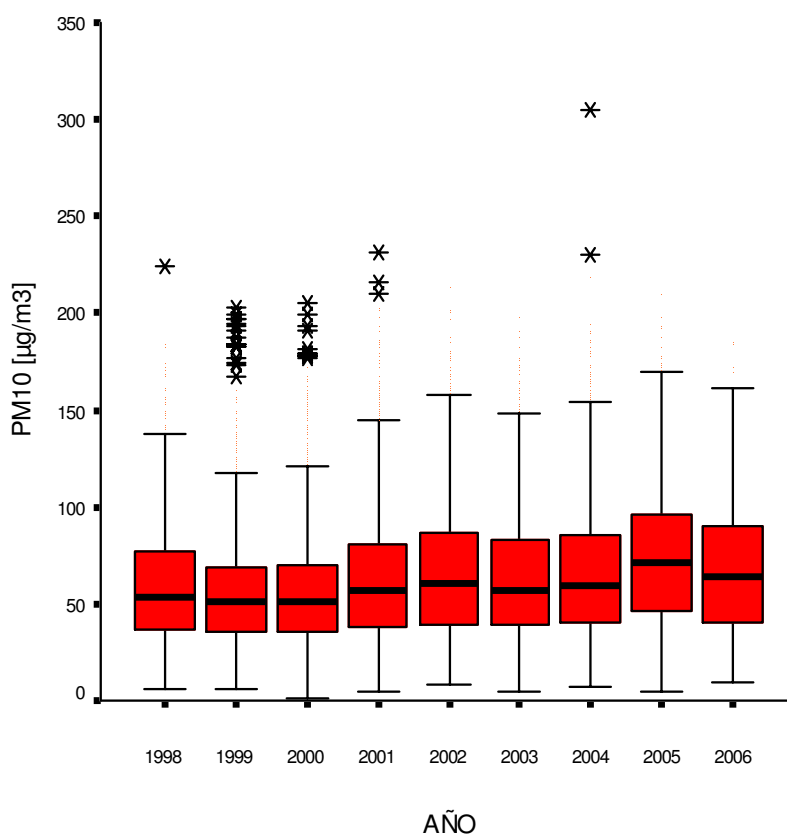


Figura 12. Tendencia histórica del PM10 en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta actualmente con una (1) estación que mide PM_{2.5}. La estación donde en estos momentos se monitorea este contaminante es la estación No. 9 Kennedy (Sector suroccidente).

Máximos en 24 Horas

Desde mediados del mes de Agosto del 2006 viene operando este nuevo equipo, por ello la representatividad temporal durante el año es tan baja, se espera comenzar a reportar promedios anuales durante el 2007. De éste monitoreo se obtuvieron 2732 medias móviles de 24 horas de

concentración de PM_{2.5}, que corresponde a un 31% de representatividad temporal² para el año. De los promedios hallados 31 datos superaron el estándar que estipula el Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), basados en las recomendaciones de la US-EPA, como guía (65 µg/m³), lo que equivale al 1% de las mediciones; 178 datos estuvieron entre el 75% y el 99.9% del estándar recomendado, y 1399 de los datos se encontraron entre el 50% y el 74.9% del estándar recomendado.

La máxima concentración para 24 horas registrada por la RMCAB durante el periodo de tiempo en que se monitoreó éste parámetro en el 2006 fue 77 µg/m³ y se presentó el Domingo 26 de Noviembre de 2006 a las 18:00 horas. En la Figura 13 se muestra la concentración máxima para promedios 24h de PM_{2.5}, la concentración media para 24 horas, el valor de la norma 24 horas y el número de veces que se superó la misma.

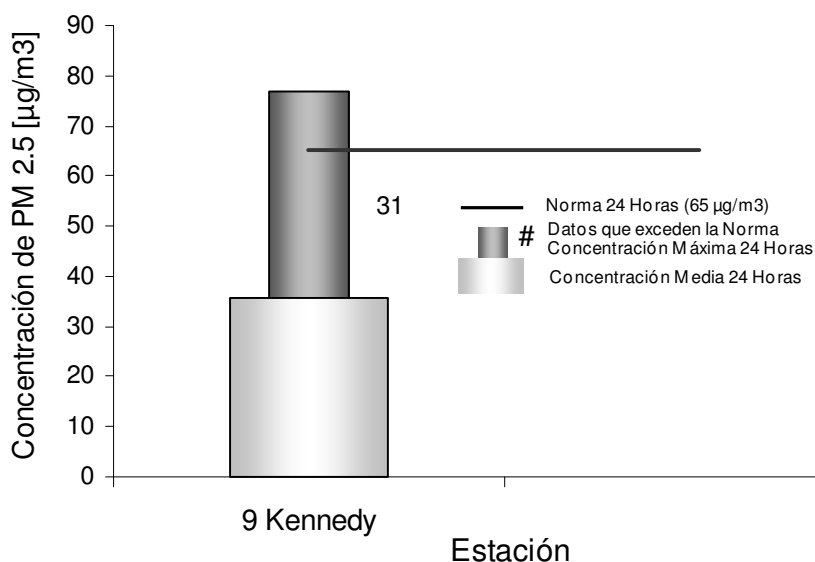


Figura 13. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas por estación durante el 2006.

Promedio Anual de PM_{2.5}

Como el registro de este contaminante apenas se está formando no se cuenta aún con los datos suficientes para calcular un promedio anual de PM_{2.5}.

1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta con tres (2) muestreadores de partículas suspendidas totales ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur).

² El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo.

Máximos en 24 Horas

Durante el año 2006 los equipos utilizados para medir este parámetro presentaron serios problemas de operatividad, por lo cual la representatividad temporal para el año fue de 20% y 50% para las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur) respectivamente, con 1710 datos la primera y 4417 datos la segunda; de éstos 66 excedieron la norma en la estación No. 7 Cazucá, lo que equivale al 4 % de sus datos, y 123 excedieron la norma en la estación No. 3 Sony, lo que equivale al 3% de los datos; en la Figura 14 se presenta las concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año de 2007 a manera informativa, haciendo la aclaración que ninguna de las estaciones alcanzó una representatividad temporal suficiente para realizar un análisis apropiado, que equivale al 75%.

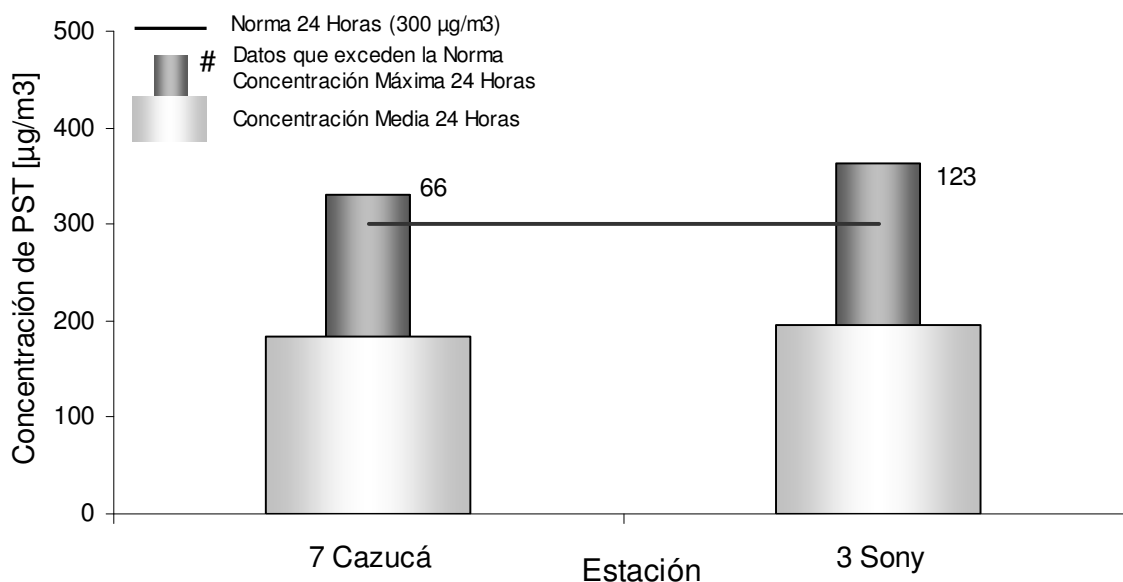


Figura 14. Concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año 2006.

Los valores máximos del promedio 24h de PST registrados en ambas estaciones se presentaron el día Sábado 21 de Enero a las 05:00h en la estación No. 7 Cazucá con un valor de 330 µg/m³, y el día Jueves 23 de Noviembre a las 18:00h en la estación No. 3 Sony con un valor de 360 µg/m³.

En la Figura 15, Figura 16 y Figura 17 se resume el comportamiento de los promedios diarios de PST del 2006 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana. Al comparar los promedios diarios puede observarse que ambas estaciones registraron concentraciones promedio diarias en el 2006 más altas que los promedios diarios multianuales; también puede observarse que durante 4 meses (Abril a Julio) no fue posible obtener registros en los equipos de las respectivas estaciones, también se presenta una tendencia a presentar valores de la mediana mayores a las medianas de los promedios diarios multianuales en los demás meses (excepto Marzo, Octubre y Diciembre) y un comportamiento estacional similar al PM10, con los menores valores Abril y Septiembre y valores mayores al final y comienzo del año.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

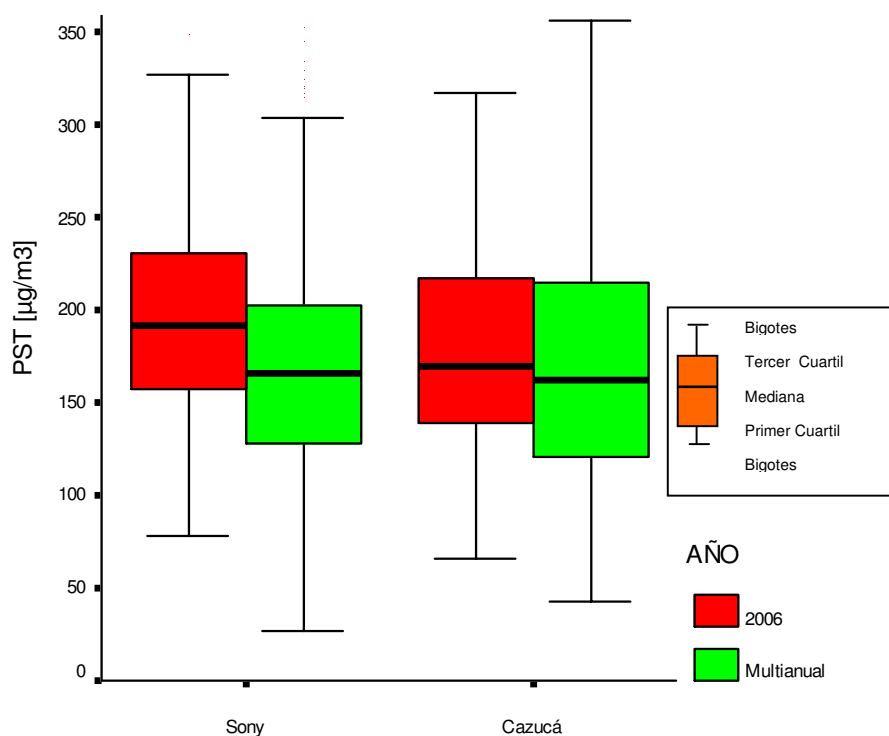


Figura 15. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por estación.

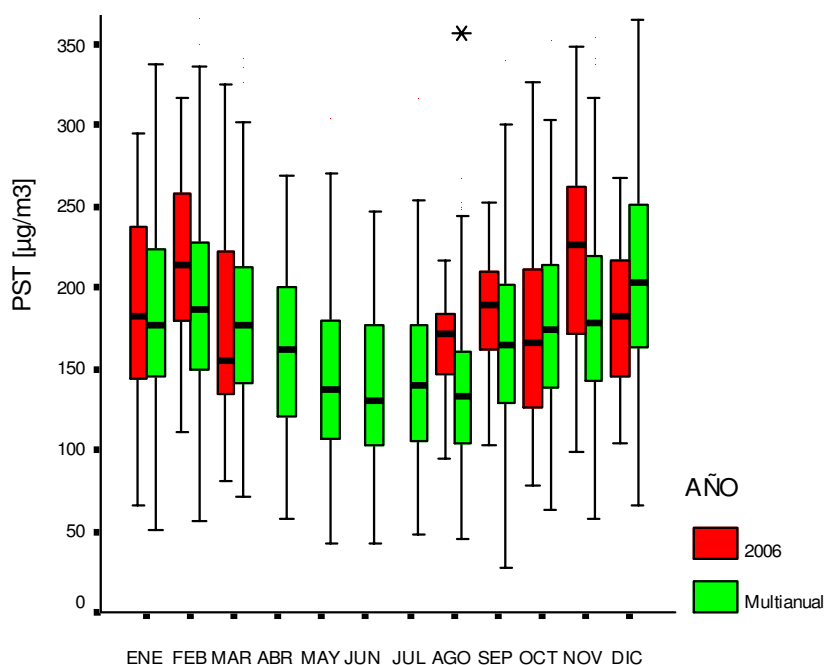


Figura 16. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por mes del año.

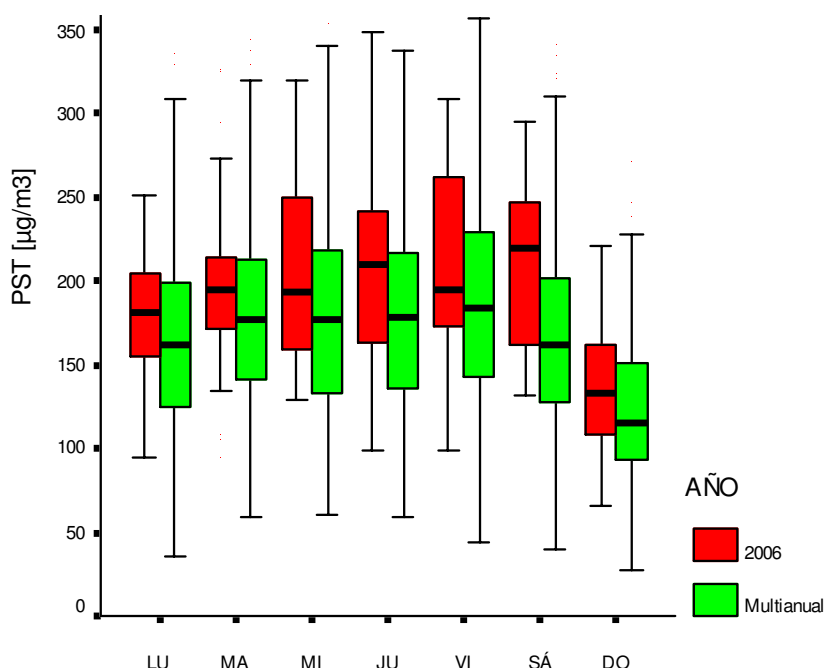


Figura 17. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por día de la semana.

Al observar la Figura 17 puede notarse que en general los datos reportados durante el año 2006 fueron mayores a los promedios multianuales para cada día de la semana, sin embargo el comportamiento fue similar, presentando unos valores bastante bajos los días Domingos, en comparación con los demás días de la semana, y los valores más altos los Miércoles, Jueves y Viernes.

Promedio Anual de PST

Desafortunadamente, los equipos de monitoreo de PST ubicados en las estaciones anteriormente mencionadas presentaron serias fallas en su funcionamiento durante el 2006 y no reportaron datos suficientes para hacer un análisis del promedio anual del contaminante en cuestión.

1.2 GASES CONTAMINANTES

Otro tipo de contaminantes que se encuentran presentes en el aire, además de las partículas, son los gases. La RMCAB realizó durante el año 2006 mediciones de dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), gases que son producidos principalmente por el uso de combustibles fósiles y reacciones fotoquímicas, y que tienen efectos nocivos sobre la salud humana.

El SO_2 es un gas incoloro, no inflamable, que posee un fuerte olor en altas concentraciones. Se produce principalmente durante la utilización de combustibles fósiles con contenido de azufre como el carbón, la gasolina o el diesel, que son usados en fábricas o en vehículos. 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_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3) y material particulado secundario, y afecta pulmones y vías respiratorias.

El CO es un gas inflamable, incoloro e insípido, que se produce por 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_3 es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO_2

La RMCAB terminó el año con nueve (9) analizadores de dióxido de azufre (SO_2) y un equipo DOAS, ubicados en las estaciones No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón (sector Noroccidente), No. 10 Sto. Tomás, No. 5 IDRD (sector Centro), No. 13 Puente Aranda (sector Centroccidente), No. 9 Kennedy, No. 7 Cazucá (sector Suroccidente), No. 3 Sony, No. 4 Tunal (sector Sur) y No. 2 MAVDT (DOAS); aunque también se obtuvieron datos de promedios anuales para los 2 promedios meses del año en la estación No. 11 Corpas (Sector Noroccidente) y para la estación No. 1 Bosque desde el mes de Marzo hasta final de año, así mismo fue posible obtener información de promedios 24h y 3h desde Enero hasta Septiembre para la estación No. 11 Corpas. Las concentraciones de SO_2 se compararon con el valor que establece la norma para ponderaciones de 3 horas, de 24 horas y anuales.

Máximos en 3 horas

Durante el año 2006 se obtuvieron sesenta y seis mil doscientos seis (66206) datos de promedios de medias móviles de 3 horas que representan el 69% de los datos promedios posibles con once (11) estaciones durante el año que corresponden a las estaciones que estaban operativas la mayor parte del año. Ninguno de estos valores sobrepasó la norma para 3 horas de SO_2 .

En la Tabla 4 se muestran los valores máximos de SO_2 para promedios de 3 horas por estación, donde se observa que estos valores se encuentran muy por debajo del valor establecido en la Res. 601 de 2006, el cual está en 287 ppb. En la Figura 18 se presentan las estaciones donde se registraron datos, pero no se muestra el valor de la norma debido a que es 5 veces más alto que la

escala presentada, todas las estaciones reportan valores muy por debajo de la norma, encontrándose los niveles más altos en los sectores Noroccidente, Suroccidente y Sur. Además, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año, para el caso de la estación No. 13 Puente Aranda, se comenzaron a reportar datos a partir de Julio, y la estación No. 4 Tunal comenzó a partir de Octubre.

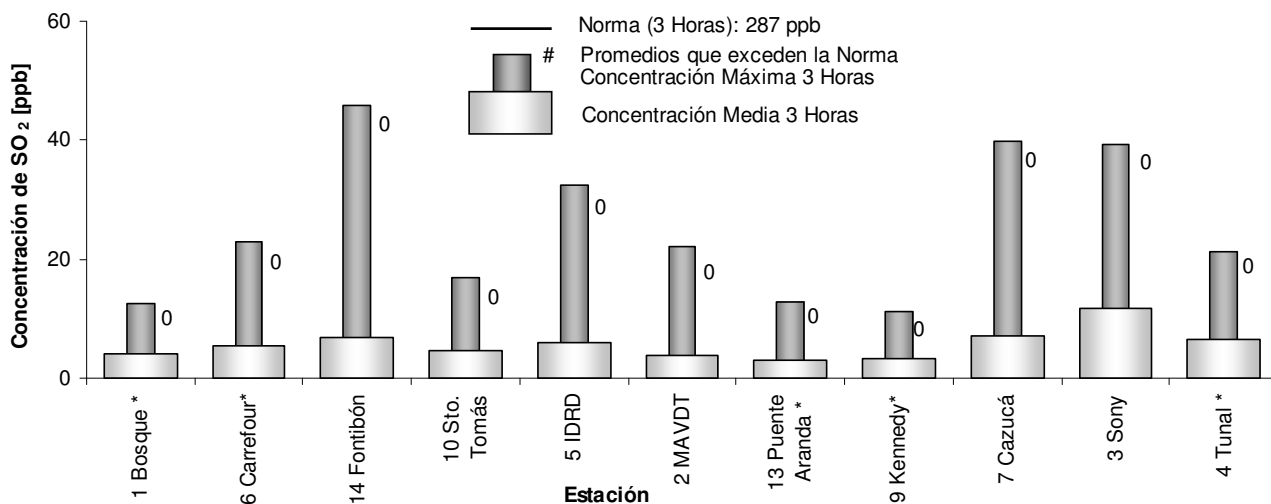


Figura 18. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el año 2006.

Tabla 3. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 3 horas durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 3 h
1 Bosque	Norte	13	Lunes 27 Febrero 2006, 10:00
6 Carrefour	Noroccidente	23	Martes 10 Octubre 2006, 22:00
14 Fontibón	Noroccidente	46	Miércoles 04 Enero 2006, 06:00
10 Santo Tomas	Centro	17	Lunes 03 Abril 2006, 11:00
5 IDRD	Centro	33	Jueves 18 Mayo 2006, 10:00
2 MAVDT	Centro	22	Viernes 06 Enero 2006, 10:00
13. Puente Aranda	Centroccidente	13	Martes 19 Septiembre 2006, 06:00
9 Kennedy	Centro	11	Lunes 30 Octubre 2006, 18:00
7 Cazucá	Suroccidente	40	Domingo 03 Diciembre 2006, 04:00
3 Sony	Sur	39	Lunes 14 Agosto 2006, 18:00
4 Tunal	Sur	21	Lunes 24 Abril 2006, 14:00

Máximos en 24 horas

Durante el 2006 se obtuvieron sesenta y cuatro mil cincuenta y cinco (64055) datos de promedios de 24 horas de concentración de SO₂, que corresponde a una representatividad temporal del 66% de once (11) estaciones que trabajaron en el año. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida para SO₂ en medias móviles de 24 horas (96 ppb). En la Tabla 4 se presentan los valores máximos promedios de SO₂ para 24 horas por estación donde se observa que éstos están muy por debajo del valor establecido en la Res. 601 del 2006 y que ya se mencionó. La Figura 19 muestra los

valores máximos y medios a lo largo del año en éste parámetro por estación en comparación con la norma resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzo una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año, como ya se explicó, las estaciones No. 13 Puente Aranda y No. 4 Tunal operaron durante muy poco tiempo. Como ya se expuso, en todas las estaciones donde se registraron datos se reportan valores muy por debajo de la norma, encontrando los niveles más altos en el sector Sur y en el sector Suroccidente de la ciudad.

Tabla 4. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 24 horas durante el año 2006

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
1 Bosque	Norte	8	Lunes 27 Febrero 2006, 21:00
6 Carrefour	Noroccidente	13	Jueves 09 Noviembre 2006, 07:00
14 Fontibón	Noroccidente	32	Jueves 05 Enero 2006, 03:00
10 Sto. Tomás	Centro	12	Viernes 28 Abril 2006, 23:00
5 IDRD	Centro	20	Martes 19 Septiembre 2006, 11:00
2 MAVDT	Centro	9	Viernes 06 Enero 2006, 17:00
13. Pte, Aranda	Centroccidente	6	Jueves 13 Julio 2006, 18:00
9 Kennedy	Suroccidente	9	Jueves 26 Octubre 2006, 10:00
7 Cazucá	Suroccidente	34	Miércoles 20 Diciembre 2006, 21:00
3 Sony	Sur	32	Martes 15 Agosto 2006, 01:00
4 Tunal	Sur	19	Martes 25 Abril 2006, 04:00

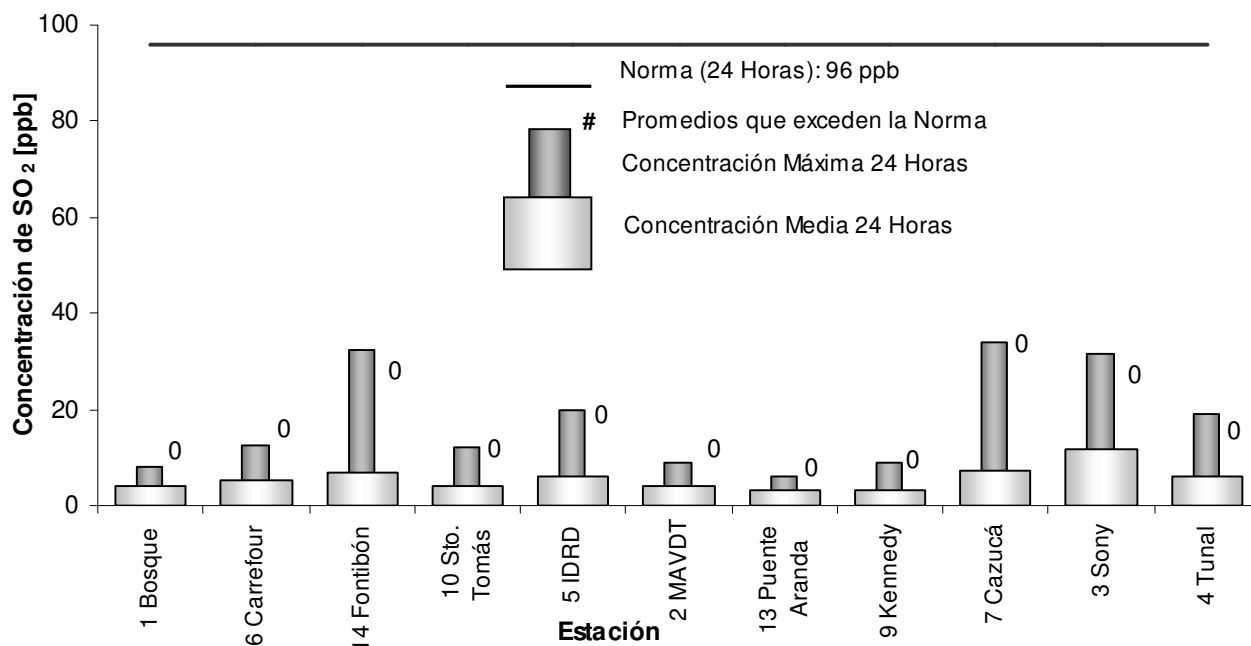


Figura 19. Concentración máxima de SO₂ para 24 horas por estación durante el año 2006.

En las Figura 20, Figura 21 y Figura 22 se presentan las tendencias de los valores diarios para SO₂, del año 2006 comparado con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB, donde se observa que

los valores reportados durante este año fueron en general menores a los reportados de forma histórica, tanto si se comparan por estación como si se hace por mes o día de la semana, la única estación que presentó valores un poco mayores respecto a los históricos fue bosque, sin embargo su valor es menor al de la mayoría de estaciones.

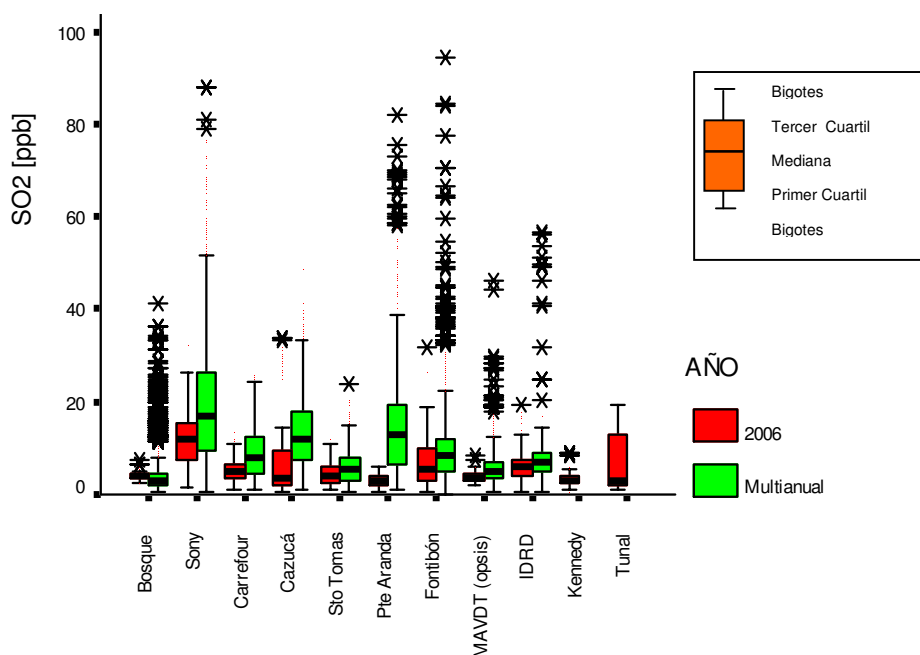


Figura 20. Tendencia de las concentraciones de SO₂ de la RMCAB por estación

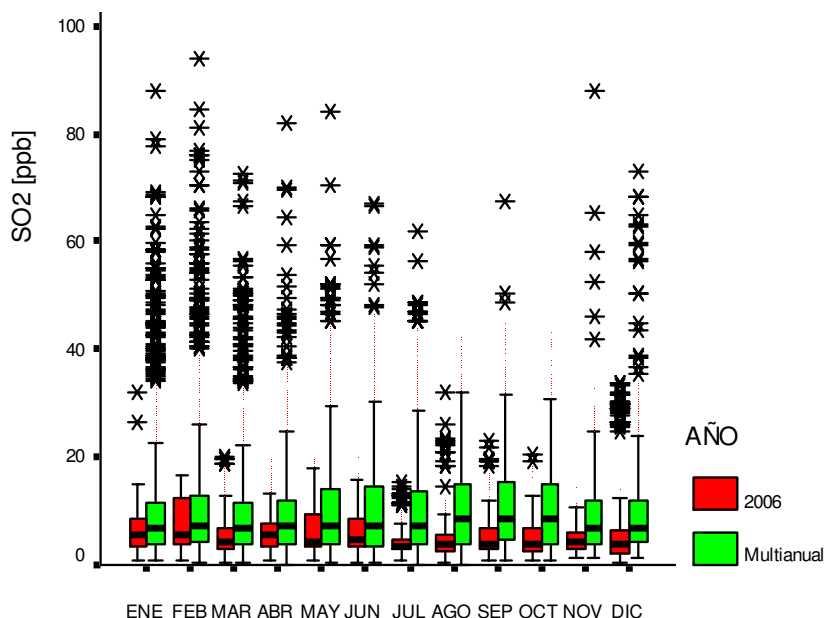


Figura 21. Tendencia de las concentraciones de SO₂ de la RMCAB por mes del año

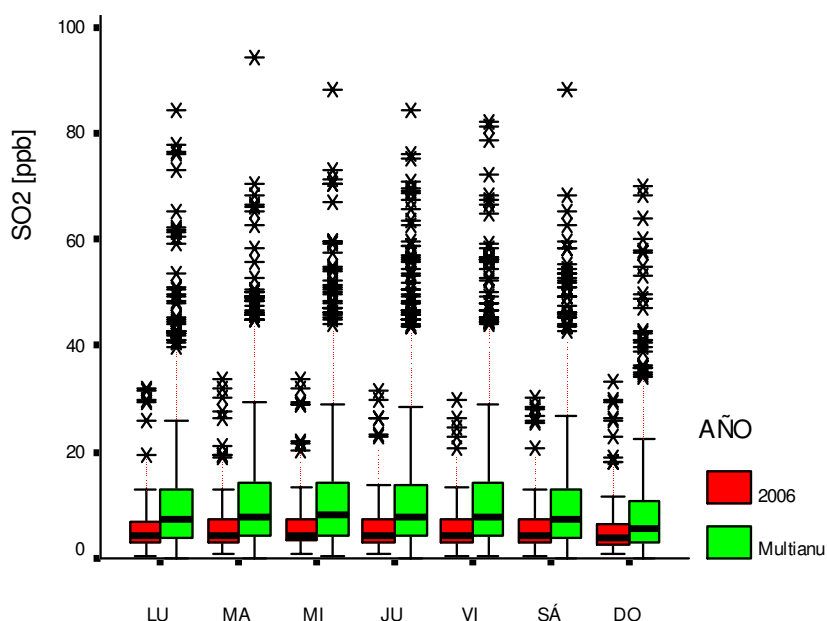


Figura 22. Tendencia de las concentraciones de SO_2 de la RMCAB por día de la semana

Como pudo observarse en las Figuras anteriores, las estaciones donde se encuentran los valores más altos de SO_2 son la No. 3 Sony (Sector Sur), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente); el comportamiento a lo largo del año es muy similar, sin embargo se observan unos valores levemente menores en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Marzo; y el día Domingo tiende a presentar los menores valores durante la semana.

Máximos anuales

Durante el año 2006 se calcularon dos mil seiscientos noventa y seis (2696) datos de promedios anuales de SO_2 en las estaciones de la RMCAB, de los cuales ninguno superó lo estipulado en la Res. 601 del 2006 para este parámetro, esta cantidad de datos equivalen al 67% del máximo número de datos anuales que se pueden calcular con 11 estaciones a lo largo del año, las estaciones donde se pudieron calcular los promedios anuales durante todos los días del año fueron la No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), No. 10 Sto. Tomas, No. 5 IDRD, No. 2 MAVDT (Sector Centro) y No. 3 Sony (Sector Sur); para la estación No. 6 Carrefour sólo se calcularon promedios anuales para los últimos cuatro días del año, pues la lectura de éste parámetro se reactivó durante este año y para el 31 de Diciembre sólo se contaban con 203 datos diarios para usar en el calculo del promedio anual; el número de días en que se pudo calcular el promedio anual para cada una de las estaciones se puede consultar en la Tabla 17, donde también se muestra el resumen de los datos utilizados para el cálculo de estos promedios anuales. En la Figura 23 se muestran los máximos promedios anuales para este contaminante durante el mes de noviembre, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde, en promedio, no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% en los datos reportados.

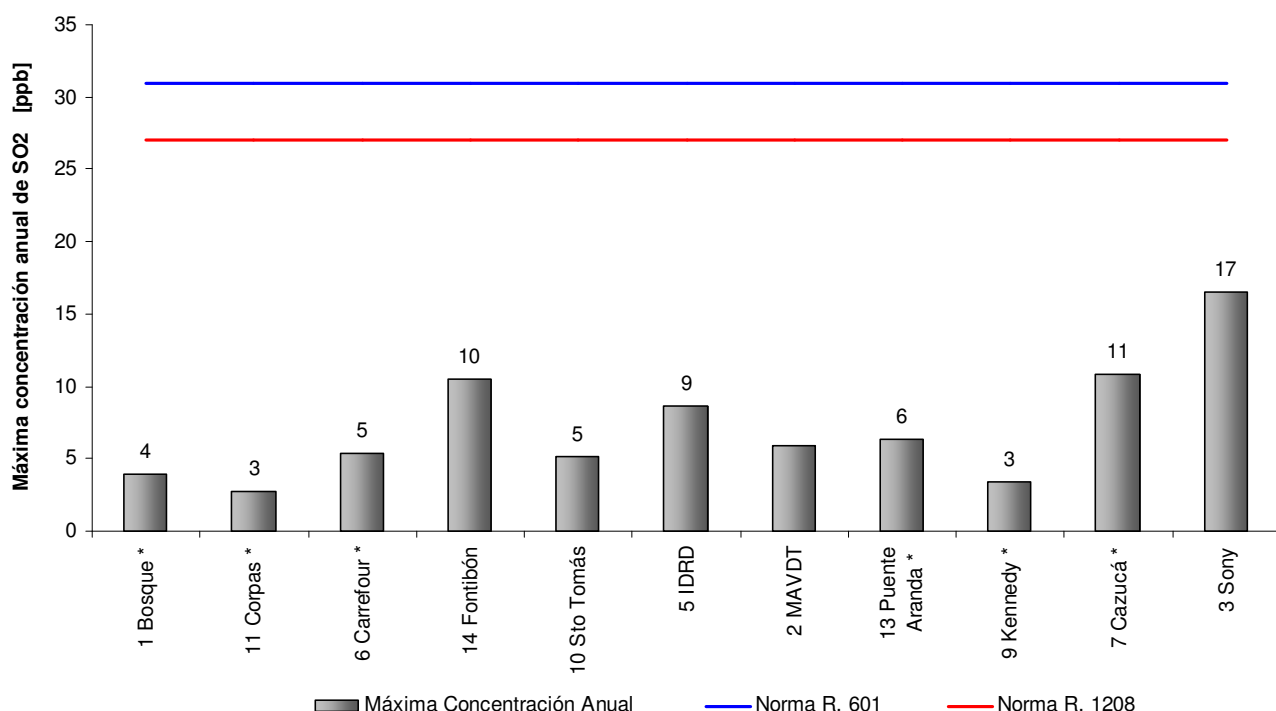


Figura 23. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante Abril.

Aunque ninguna de las estaciones sobrepasó la norma (tampoco la Resolución 1208 de 2003 del DAMA, tomándola como referencia), se puede apreciar que las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur) tuvieron los registros más altos con respecto a la norma establecida para SO₂ (31 ppb) durante el año 2006.

Tabla 5. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en [µg/m ³]								
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	1	Bosque	3	3	3	10	5	5	8	2	4
Noroccidente	11	Corpas	7	4	4	6	3	2	2	3	
	6	Carrefour			8	9	8	3	19		5
	14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7
Centro	10	Sto. Tomás	8	6	6	8	6	6	2	4	5
	5	IDRD						18	6	9	6
	2	MAVDT	5	7	6	4	4			6	4
Centroccidente	13	Puente Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6	
Suroccidente	9	Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3
	7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7
Sur	3	Sony	13	13	11	17	14	9		17	12

En la Figura 24 se muestra la tendencia de los promedios diarios de concentración de SO_2 en la RMCAB a lo largo de los 9 años que ha funcionado, encontrando que siempre el valor de la mediana se ubica por debajo de los 15 ppb, lo que nos indica que la tendencia general es a reportar valores bastante bajos respecto a las normas nacionales.

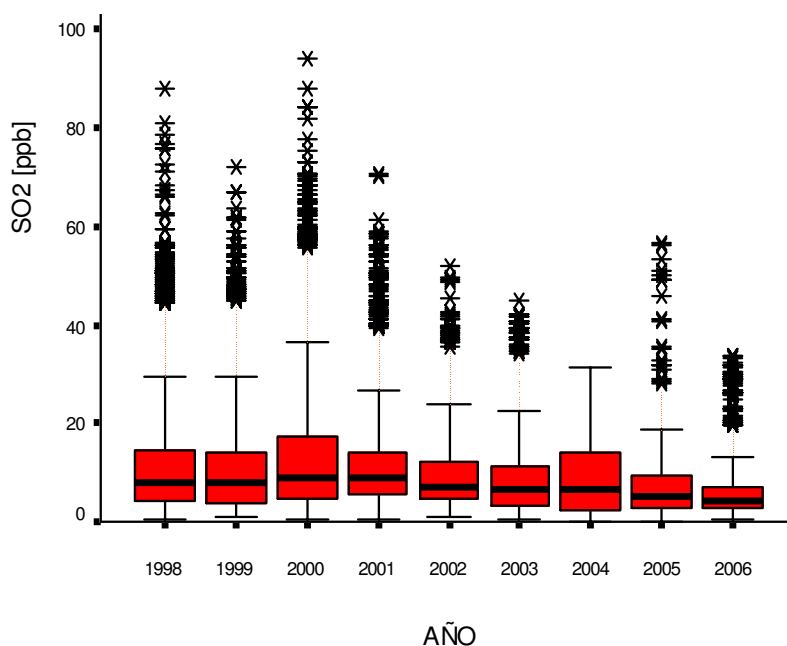


Figura 24. Tendencia histórica del SO_2 en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO_2

Durante el año 2006 se calcularon promedios horarios y de 24 horas de concentración de NO_2 para las estaciones No. 11 Corpas, No. 14 Fontibón, No. 6 Carrefour (sector Noroccidente), No. 5 IDRD (sector Centro), No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y No. 2 MAVDT (Opsis), los promedios anuales se pudieron calcular, con base en los datos diarios, para todas las estaciones excepto para la estación No. 14 Fontibón, debido a que durante ningún día del año se alcanzó una representatividad temporal suficiente para calcularlo.

Máximos en 1 hora

En este año se obtuvieron 27996 datos horarios, que equivales al 53% del total de datos horarios que pueden obtenerse con 6 estaciones en un año, la única estación que reportó valores superiores a la norma (106 ppb Res. 601 2006) fue la No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente), con 7 datos horarios que la sobrepasaban entre Enero y Febrero, lo que equivale al 0,6% de los datos que reportó la estación, los cuales fueron solo 1247 que corresponden al 14% de los datos máximos que se pueden obtener de una estación en un año, lo que nos muestra la baja representatividad temporal de la estación a lo largo del año. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 6.

La Figura 25 muestra el comportamiento de las concentraciones máximas horarias de NO₂ para cada una de las estaciones en el año, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año.

Tabla 6. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios horarios de NO₂ durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
11 Corpas	Noroccidente	45	Viernes 03 Marzo 2006, 19:00
6 Carrefour		72	Miércoles 20 Diciembre 2006, 23:00
14 Fontibón		74	Viernes 01 Diciembre 2006, 09:00
5 IDRD	Centro	59	Martes 06 Junio 2006, 11:00
2 MADVT		100	Viernes 06 Enero 2006, 09:00
13 Puente Aranda	Centroccidente	135	Sábado 04 Febrero 2006, 08:00

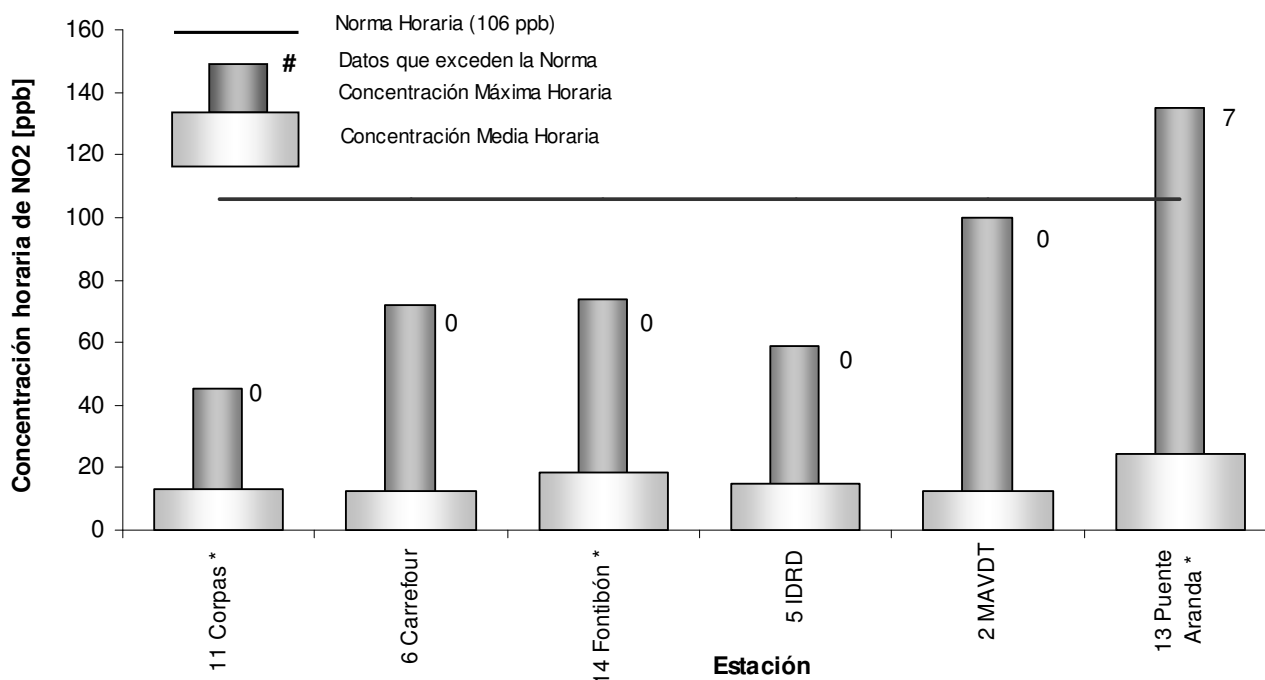


Figura 25. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el año 2006.

Máximos en 24 horas

Para el 2006 se pudieron calcular veintisiete mil ciento noventa y cuatro (27194) datos de promedios 24 horas de NO₂, lo que corresponde al 52% del total de datos de este tipo que se pueden calcular con 6 estaciones; de estos promedios, ninguno superó la norma establecida para NO₂ en medias móviles de 24 horas (80 ppb) y nuevamente la estación No. 13 Puente Aranda reportó los valores más altos, aunque solo operó durante parte de Enero, de Febrero, de Diciembre y todo en mes de Junio; las estadísticas para los promedios 24 horas de este contaminante se presentan en la síntesis

de resultados (Ver Tabla 19). La Figura 26 muestra el comportamiento de la concentración máxima en cada una de las estaciones en relación con la norma, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% al lo largo del año y en la Tabla 7 se reportan los máximos de promedios 24h registrados por estación y el día en que ocurrieron.

Tabla 7. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de NO₂ para 24 horas durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
11 Corpas	Noroccidente	32	Domingo 01 Enero 2006, 10:00
6 Carrefour		43	Martes 19 Diciembre 2006, 01:00
14 Fontibón		31	Lunes 11 Diciembre 2006, 20:00
5. IDRD	Centro	33	Miércoles 15 Noviembre 2006, 20:00
2. MAVDT		28	Viernes 06 Enero 2006, 18:00
13. Puente Aranda	Centroccidente	59	Miércoles 01 Febrero 2006, 13:00

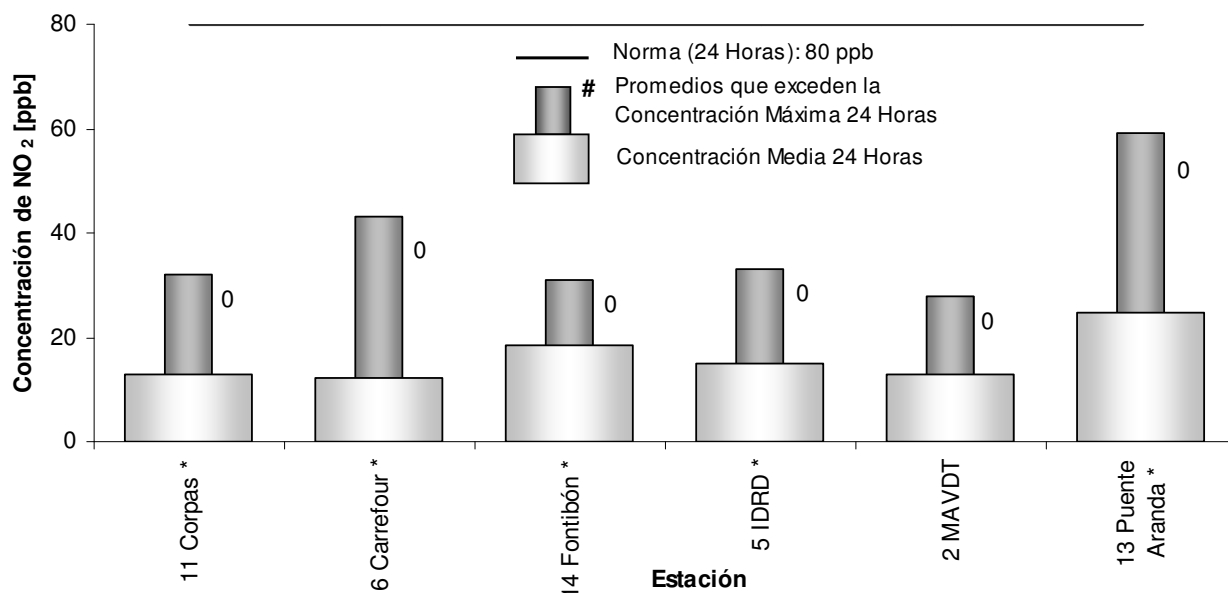


Figura 26. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el año 2006.

En las Figura 27, Figura 28 y Figura 29 se presentan las tendencias de los valores diarios para NO₂, del año 2006 comparadas con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB, donde se observa que aunque sólo 2 de las 6 estaciones reportaron durante el año valores más bajos que los promedios multianuales (Carrefour y MAVDT), la tendencia general durante cada mes del año y durante cada día de la semana fue un poco más baja este año que en los anteriores, se destaca el comportamiento estacional de las concentraciones de éste contaminante, asemejándose al comportamiento del PM10 a lo largo del año, y también presenta valores un poco más bajos los días domingos.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

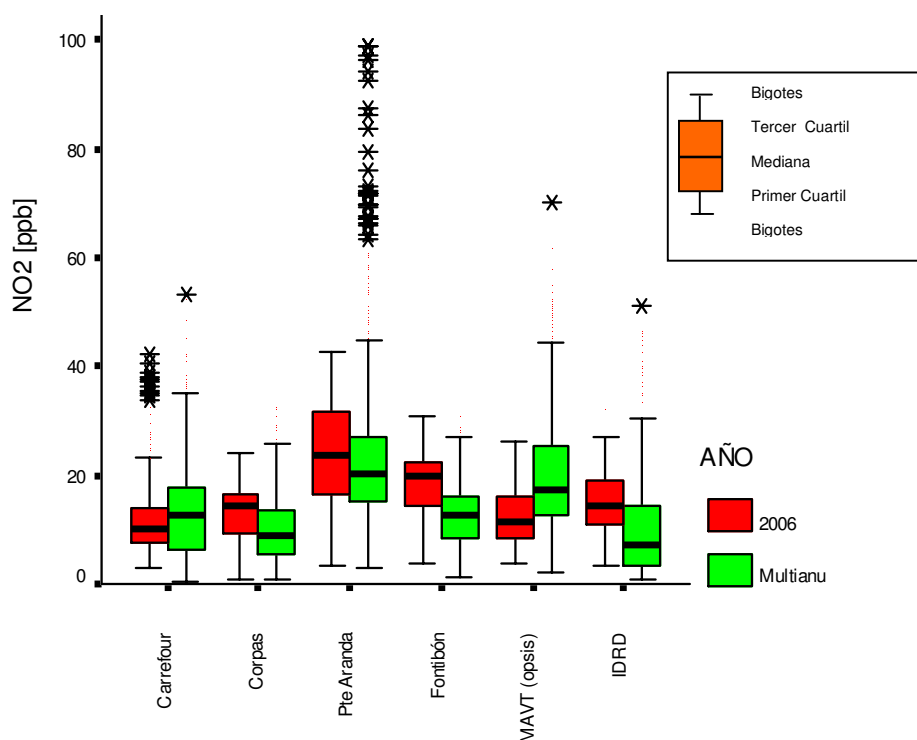


Figura 27. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por estación

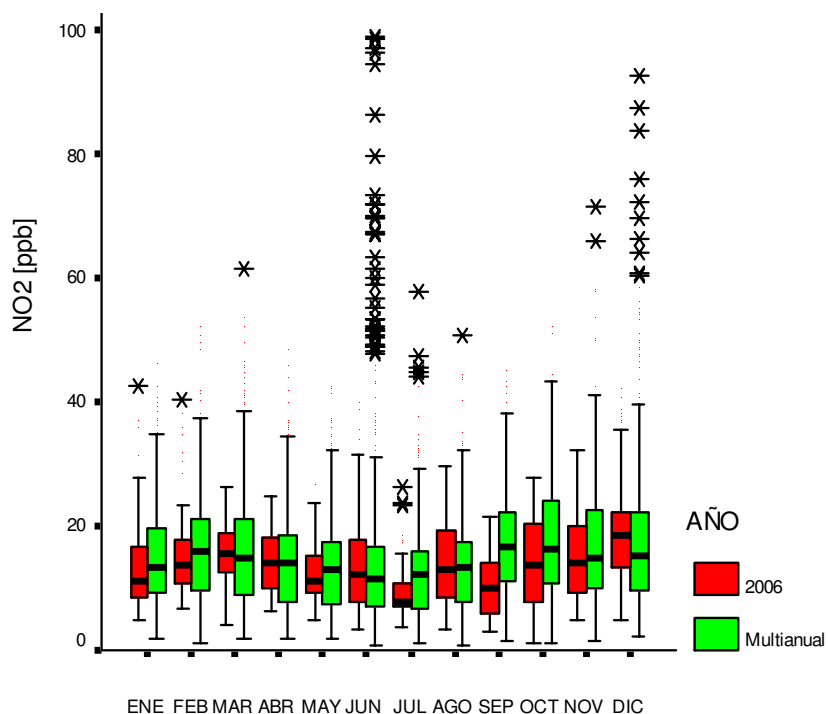


Figura 28. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por mes del año

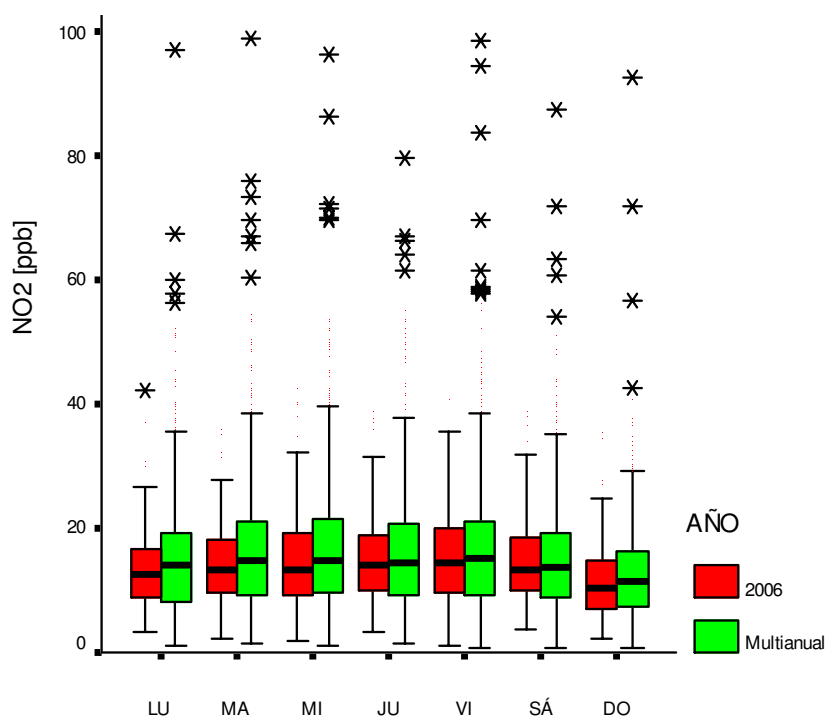


Figura 29. Tendencia de las concentraciones de NO_2 en la RMCAB por día de la semana

Promedio Anual de NO_2

Para el 2006 se calcularon mil quinientos quince (1515) datos de promedios anuales de NO_2 que equivalen al 75% de los datos anuales que se pueden calcular con 5 estaciones porque, como ya se mencionó antes, para la estación No. 14 Fontibón no se contó con el número mínimo de datos diarios para calcular el promedio anual en ningún día del año; para las estaciones No. 5 IDRD y No. 2 MAVDT se pudo calcular promedios anuales todos los días del año, y para la estación No. 13 Puente Aranda sólo se pudo calcular los promedios anuales para 212 días del año; ninguno de los datos calculados en las estaciones superó la norma anual (53 ppb Res 601 2006), y por lo general se ubicaron por debajo de la mitad de lo estipulado en la norma, a excepción de la estación No. 13 Puente Aranda, cuyo promedio anual máximo calculado estuvo en 37 ppb. En la Tabla 20 se presentan las estadísticas principales de los promedios anuales de NO_2 , la Figura 30 muestra los máximos promedios anuales para este contaminante, en comparación con la norma, durante el año 2006, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año y en la Figura 31 se aprecia la tendencia de las concentraciones anuales, encontrando que para los años 2002, 2003 y 2004 se reportaron valores menores a los que se presentaron en años anteriores, los valores del 2005 estuvieron más altos, pero para el 2006 volvimos a presentar los valores medios que venían presentándose anteriormente.

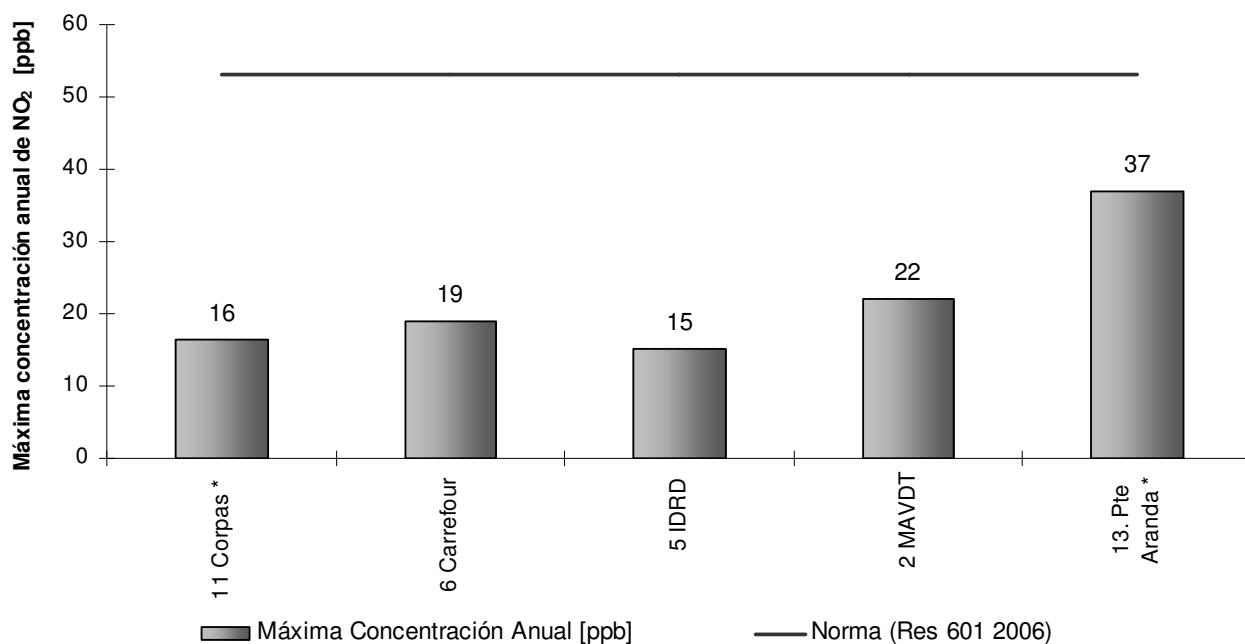


Figura 30. Máxima concentración promedio anual de NO₂ por estación durante Abril 2007.

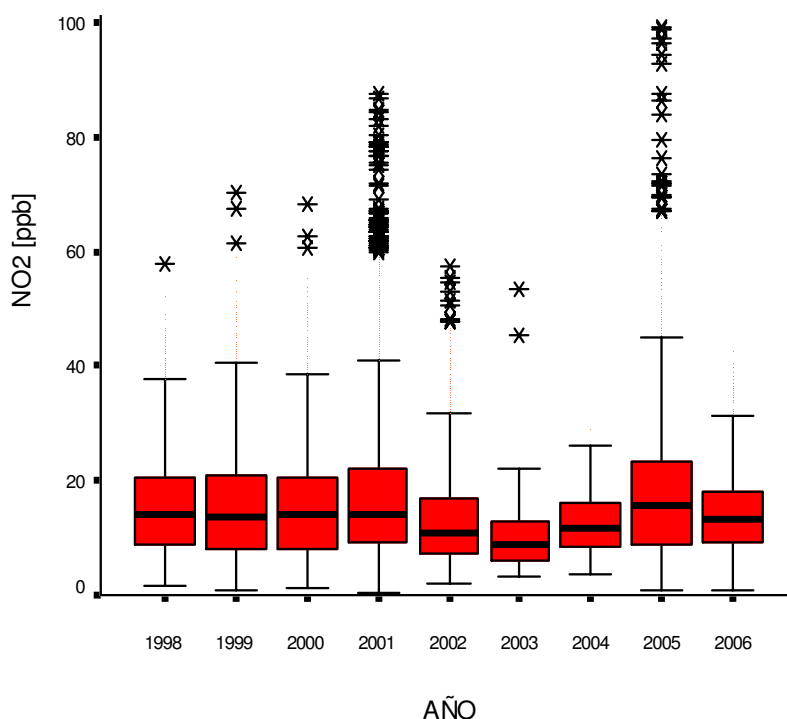


Figura 31. Tendencia histórica de NO₂ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO

Para el año 2006 se reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO para las estaciones No. 11 Corpas, No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur), aunque las estaciones No. 11 Corpas, No. 3 Sony y No. 7 Cazucá sólo operaron durante casi 2 meses y por ello su representatividad temporal es tan baja.

Máximos en 1 hora

Durante el año 2006 se calcularon diecinueve mil doscientos setenta (19270) datos de promedios horarios de CO, lo que equivale a sólo el 37% de todos los datos horarios que se podrían calcular con 6 estaciones durante un año, de estos datos ninguno superó lo estipulado en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006), ubicándose generalmente muy por debajo de la norma. En la Figura 32 se presentan las concentraciones máximas que se hallaron para cada estación, las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año; y en la Tabla 8 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación.

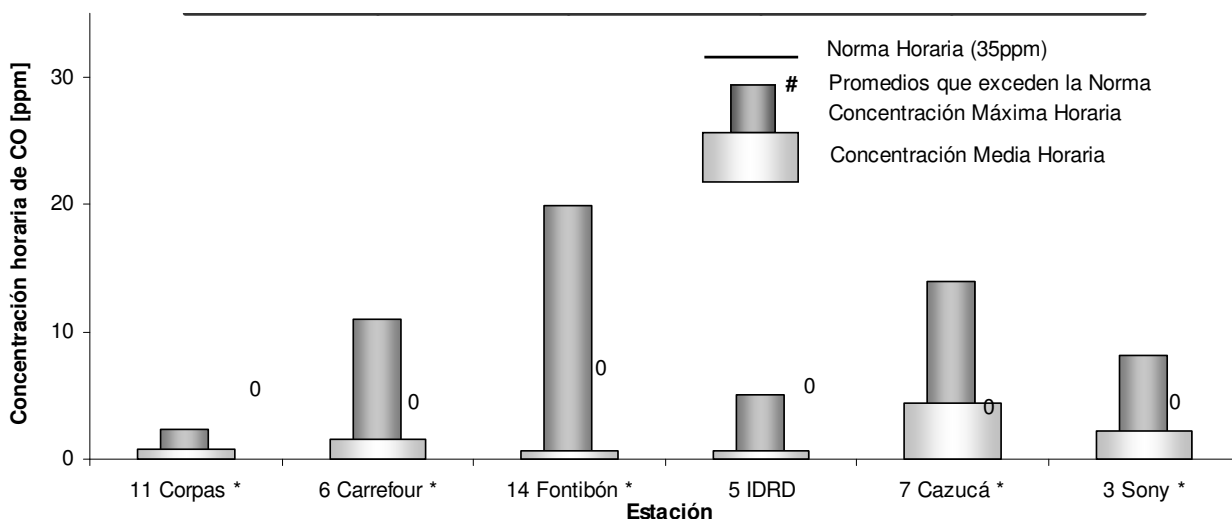


Figura 32. Concentraciones máximas horarias de CO durante el año 2006.

Tabla 8. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de CO durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 hora
11 Corpas	Noroccidente	2,3	Domingo 05 Noviembre 2006, 01:00
6 Carrefour		11,0	Miércoles 26 Abril 2006, 22:00
14 Fontibón		19,9	Sábado 08 Julio 2006, 14:00
5 IDRD	Centro	5,1	Jueves 11 Mayo 2006, 23:00
7 Cazucá	Suroccidente	14,0	Martes 05 Diciembre 2006, 17:00
3 Sony	Sur	8,1	Miércoles 15 Noviembre 2006, 18:00

Máximos en 8 horas

Para el año 2006 se calcularon diecinueve mil (19000) datos de promedios 8 horas de CO, lo que equivale al 36% de todos los datos que se podrían calcular durante un año en 6 estaciones, la representatividad temporal de estos valores se vio afectada por el poco tiempo que operaron los equipos en las estaciones que ya se mencionaron; durante el año se presentaron sólo 3 datos que superaban la norma (8,8 ppm Res 601 2006) en la estación No. 7 Cazucá el 5 de Diciembre de 2006, con unos valores de 9,2 9,8 y 9,7 ppm cada uno, pero los demás valores estuvieron muy por debajo de lo estipulado en la legislación. La Tabla 9 presenta el periodo en que ocurrieron los máximos datos de este parámetro y en la Figura 33 se muestran los máximos y los promedios de las concentraciones de CO para 8 horas comparados con la norma (8,8 ppm), resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año.

Tabla 9. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios 8 horas de CO durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 8 horas
11 Corpas	Noroccidente	1,9	Domingo 05 Noviembre 2006, 03:00
6 Carrefour		6,6	Miércoles 26 Abril 2006, 23:00
14 Fontibón		6,9	Sábado 08 Julio 2006, 19:00
5 IDRD	Centro	3,3	Viernes 12 Mayo 2006, 00:00
7 Cazucá	Suroccidente	9,8	Martes 05 Diciembre 2006, 19:00
3 Sony	Sur	5,8	Jueves 16 Noviembre 2006, 00:00

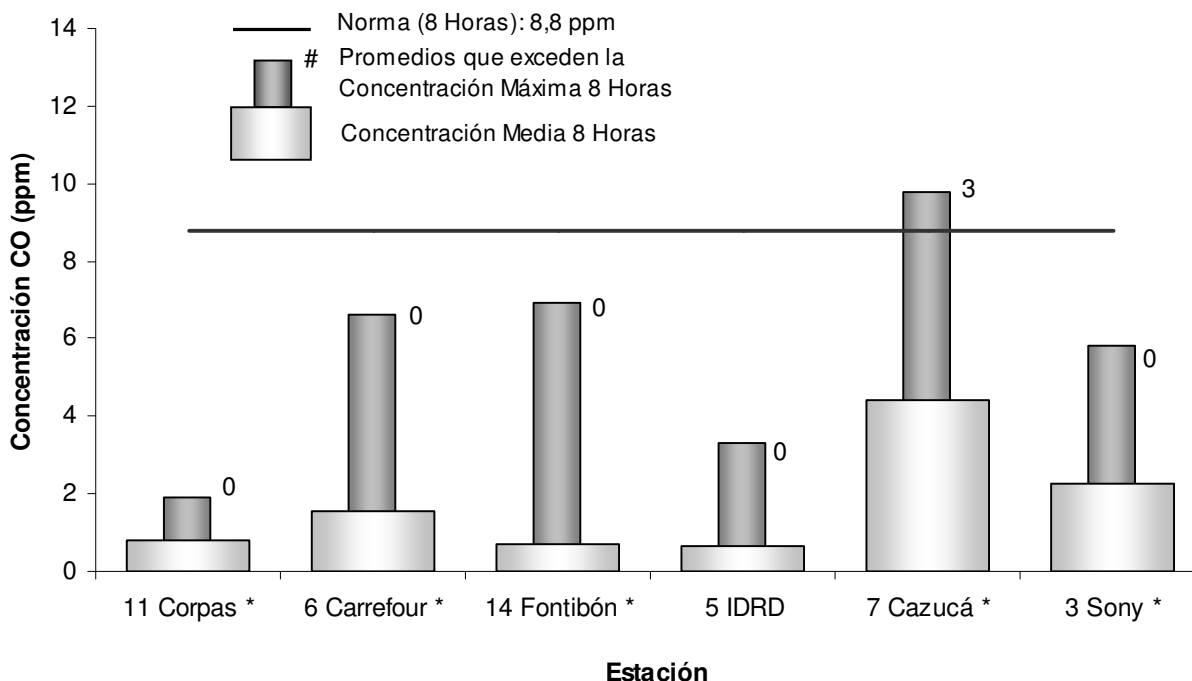


Figura 33. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el año 2006.

Por otra parte, las Figura 34, Figura 35 y Figura 36 presentan la tendencia de las concentraciones de CO del año 2006 comparadas con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB, observándose que las estaciones No. 7 Cazucá y No. 6 Carrefour presentaron durante este año valores mayores a los que se han reportado como históricos para estas estaciones, pero las demás estaciones presentaron valores menores; esto contribuyó a que durante casi todo el año la RMCAB reportara valores mensuales menores a los históricos y sólo en los dos últimos meses fueran similares a éstos; el comportamiento semanal, como era de esperarse, presenta el mismo patrón de comportamiento que los demás contaminantes, donde se tienen los menores valores durante los días Domingo.

En la Figura 37 se puede apreciar la tendencia histórica del CO año tras año, donde puede notarse que en general cada vez son menores las concentraciones que se reportan de este contaminante en la ciudad, alcanzando durante este año los menores valores de la mediana de los datos que se han registrado en la historia de la RMCAB.

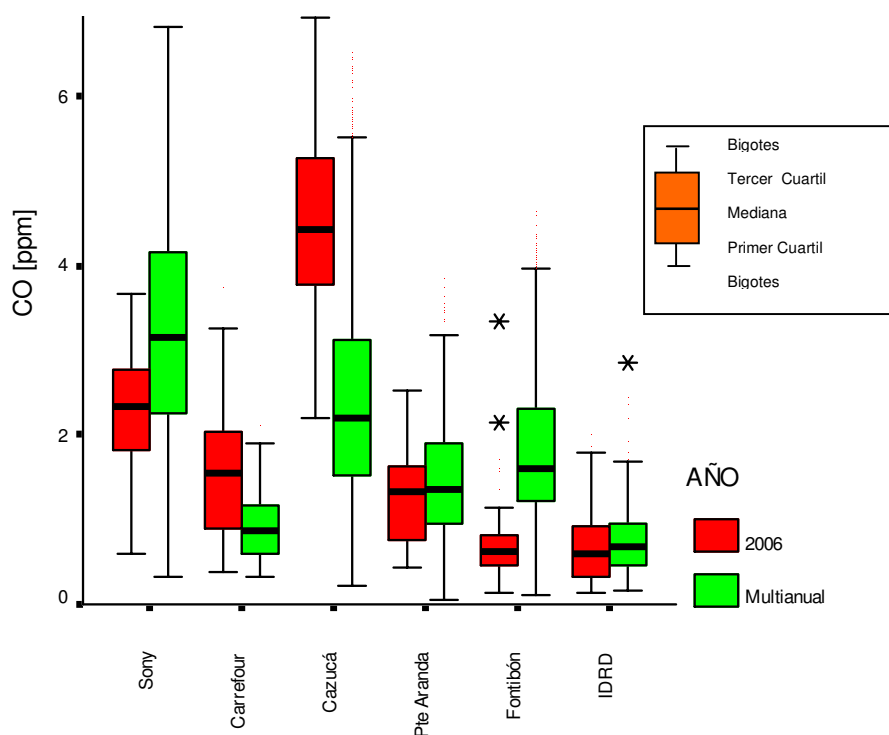


Figura 34. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por estación

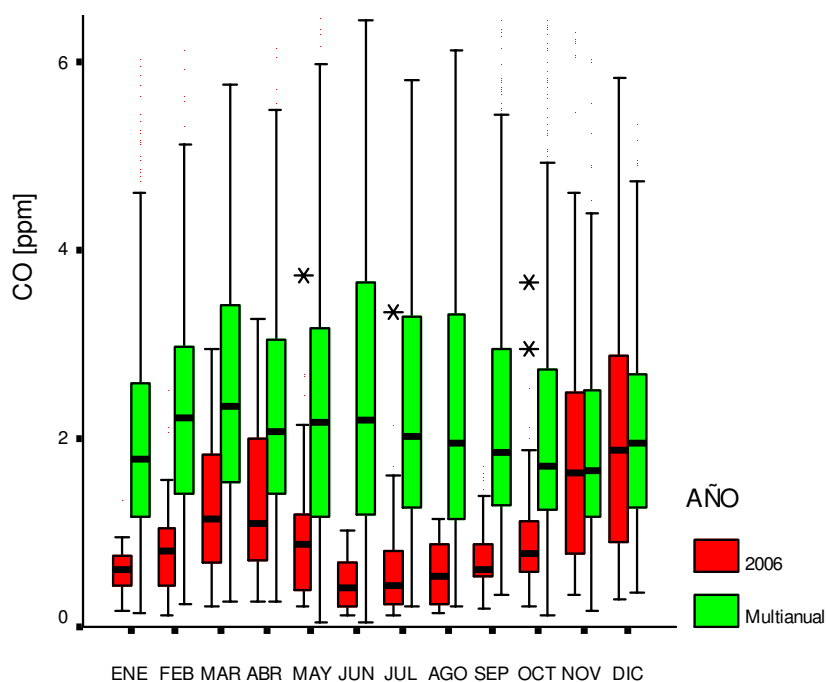


Figura 35. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por mes del año

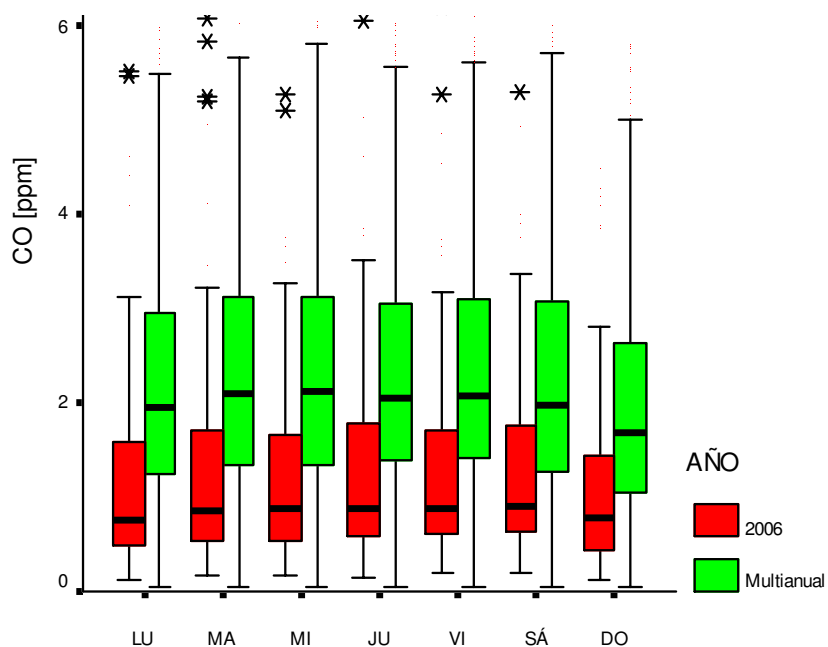


Figura 36. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por día de la semana

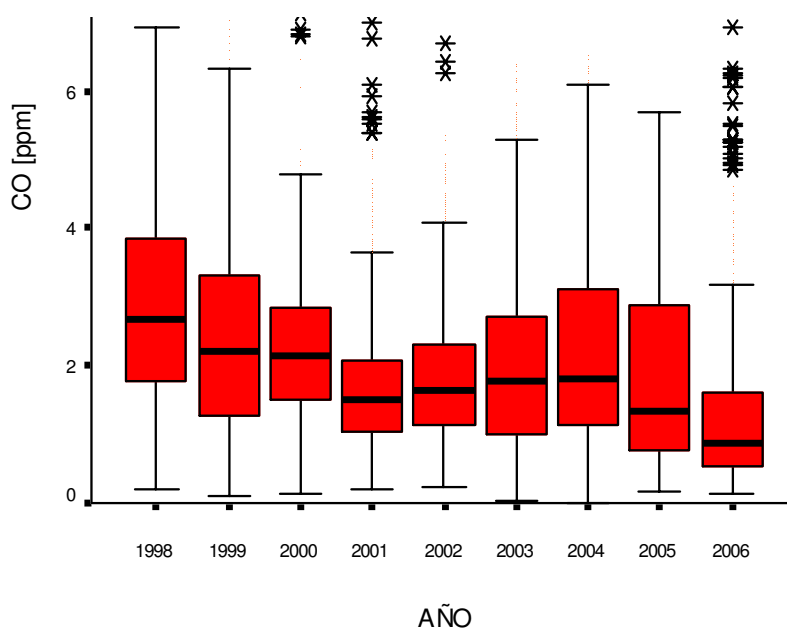


Figura 37. Tendencia histórica de CO en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O₃

La RMCAB contó con 5 equipos para monitorear Ozono durante el 2006, estos equipos estaban repartidos entre las estaciones No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), la No. 5 IDRD y la No. 2 MAVDT (Sector Centro), y No. 3 Sony (Sector Sur); con la información de estas estaciones se calcularon los datos de promedios horarios y 8 horas, los cuales fueron comparados con la respectiva norma, es de anotar que la estación No. 6 Carrefour, por fallas técnicas, operó desde Febrero hasta Junio.

Máximos en 1 hora

Durante el año 2006 se calcularon treinta mil seiscientos treinta y cuatro (30634) datos de promedios horarios de O₃, que equivalen al 70% del máximo número de datos horarios que pueden calcularse en 5 estaciones durante un año; la estación No. 5 IDRD fue la única que presentó valores superiores a la norma, donde sólo 17 de sus datos fueron superiores a los 61 ppb que establece la Resolución 601 de 2006, de los cuales 11 valores se presentaron en los meses de Enero y Febrero y los otros 6 datos en los meses de Marzo, Abril y Diciembre, también se observó que de esos 17 datos que superaron la norma horaria, 13 se reportaron entre las 12:00 m y la 01:00 pm (12:00h y 13:00h), y los otros 4 valores se encontraron a las 11:00 am, 02:00 pm y 4:00 pm (11:00h, 14:00h y 16:00h).

En la Tabla 10 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación y en la Figura 38 se muestran las concentraciones máximas de los promedios horarios que se hallaron para cada estación, resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron

las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año

Tabla 10. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de O₃ durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
6. Carrefour	Noroccidente	50	Jueves 16 Febrero 2006, 13:00
14 Fontibón		53	Viernes 03 Noviembre 2006, 15:00
5 IDRD	Centro	84	Jueves 16 Febrero 2006, 12:00
2. MAVDT		56	Jueves 16 Febrero 2006, 13:00
3. Sony	Sur	57	Domingo 03 Diciembre 2006, 12:00

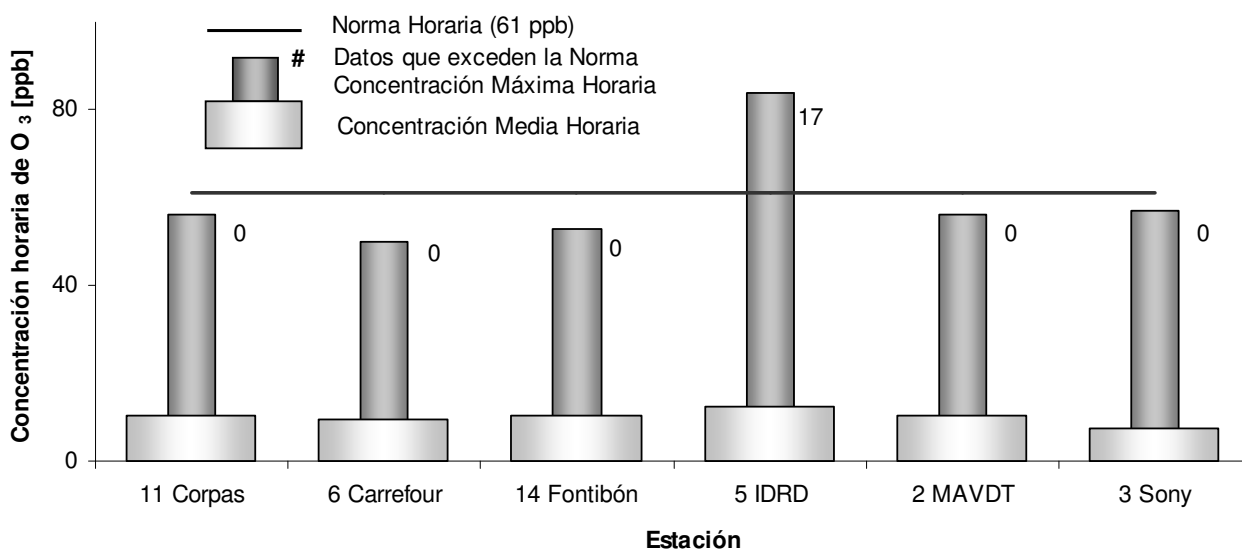


Figura 38. Concentración máxima horaria de O₃ por estación durante el año 2006.

Máximos en 8 horas

Con los registros tomados por las estaciones que monitorean este parámetro se pudieron calcular treinta mil trescientos cincuenta y cuatro (30354) datos de promedios 8h de Ozono para el año 2006, que equivalen al 69% del número máximo de datos que podrían calcularse en 5 estaciones durante un año; para este parámetro también la estación No. 5 IDRD presentó valores que superaban la norma (41 ppb Res. 601 2006) en sólo 45 de sus datos, de los cuales 30 se reportaron en Enero y Febrero, y los otros 15 se registraron entre Marzo, Abril y Diciembre.

En la Figura 39 se muestran los valores máximos y los promedios de las concentraciones de O₃ para 8 horas comparados con la norma (41 ppb), resaltando que las estaciones que aparecen con asterisco (*) fueron las estaciones donde no se alcanzó una representatividad temporal igual o superior al 75% a lo largo del año; así mismo, la Tabla 11 presenta el periodo en que ocurrió cada uno de estos máximos.

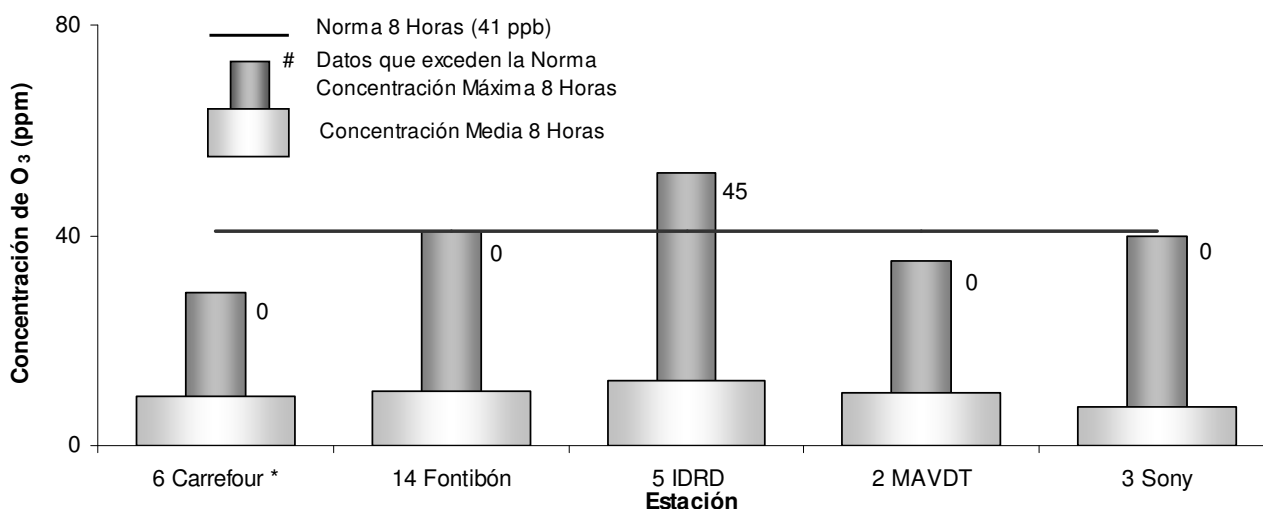


Figura 39. Concentración máxima de O_3 para 8 horas por estación durante el año 2006.

Tabla 11. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O_3 para 8 horas durante el año 2006.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 8 h
6. Carrefour	Noroccidente	29	Jueves 16 Febrero 2006, 16:00
14 Fontibón		41	Viernes 03 Noviembre 2006, 17:00
5 IDRD	Centro	52	Viernes 20 Enero 2006, 17:00
2. MAVDT		35	Jueves 16 Febrero 2006, 18:00
3. Sony	Sur	40	Domingo 03 Diciembre 2006, 16:00

Las Figura 40, Figura 41 y Figura 42 presentan la tendencia de las concentraciones de O_3 del año 2006 comparadas con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB, donde se nota que la única estación que presentó valores de la mediana un poco mayores a los registrados históricamente fue la No 6 Carrefour, pero las demás estuvieron por debajo de lo que se ha encontrado en promedio en los años anteriores, por lo que durante los diferentes meses del año los valores promedios reportados en toda la RMCAB estuvieron por debajo de los históricos, incluso en los meses de Junio, Julio, Agosto, y Septiembre, cuando fueron más similares los valores; el comportamiento histórico ha sido muy constante a lo largo de la semana, pero durante este año se ha notado un leve incremento para los fines de semana, tal vez influenciado por la ausencia de Pico y Placa para esos días, sin embargo, sólo uno de los valores máximos se presentó en un día Domingo.

La Figura 43 nos muestra la tendencia histórica de éste contaminante a lo largo de los años que ha trabajado la RMCAB y se puede apreciar un descenso sostenido de las concentraciones que se registran, un caso excepcional es el comportamiento del 2003, debido a que la cantidad de datos que se pudieron tomar fue baja y coincidió con bajas concentraciones, por ello se muestran unos valores bajos en la caja correspondiente a ese año.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

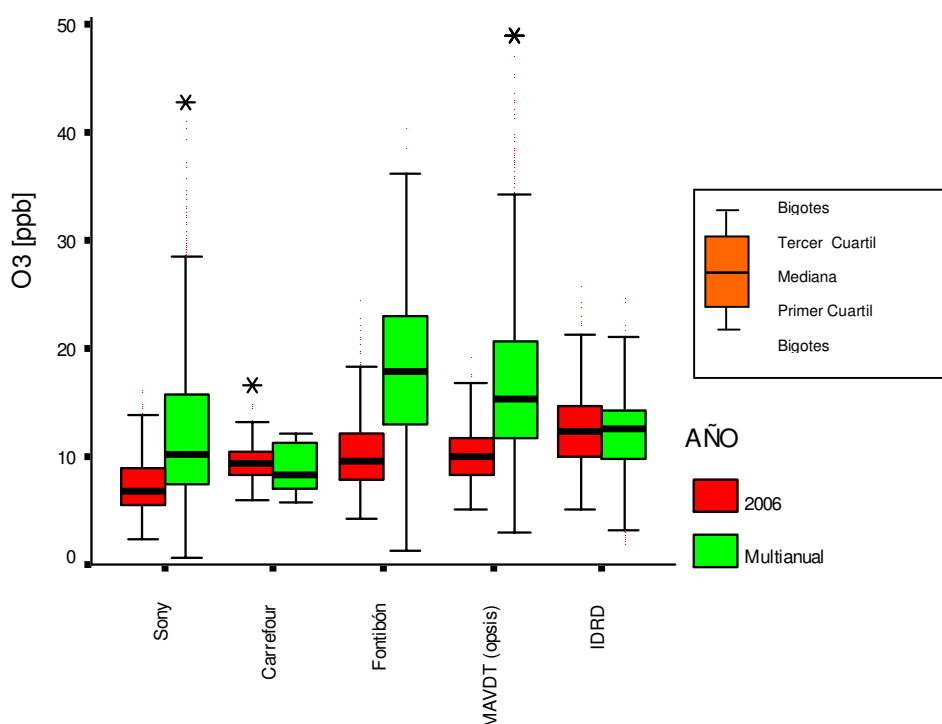


Figura 40. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por estación

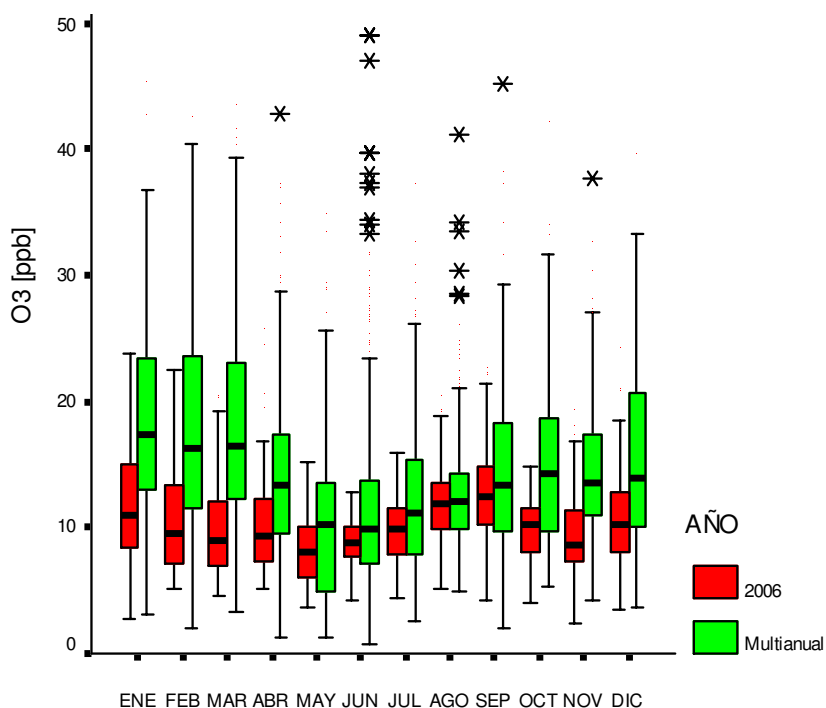


Figura 41. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por mes del año

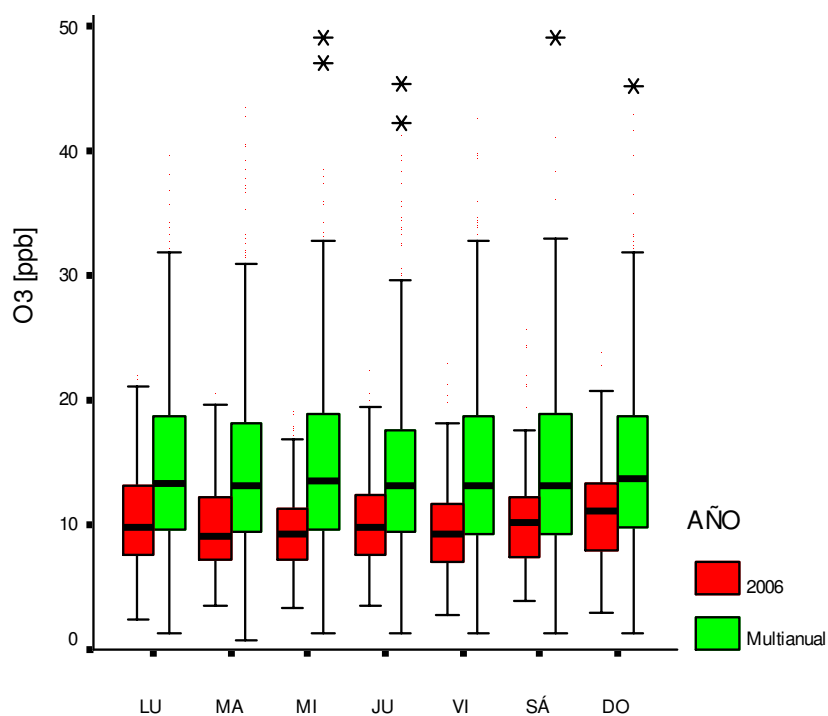


Figura 42. Tendencia de las concentraciones diarias de O_3 en la RMCAB por día de la semana

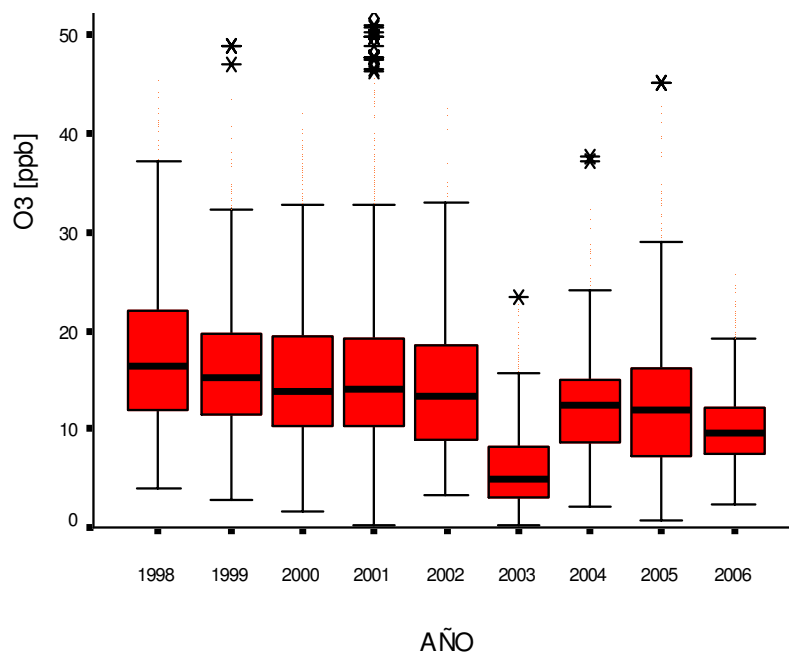


Figura 43. Tendencia histórica de O_3 en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la Tabla 12 se resumen los resultados de los promedios de 24 horas para PM10. En la primera columna se especifica la zona geográfica donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación y en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el año de operación que se está reportando. La cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal, que se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. La quinta columna informa el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se encuentra el porcentaje de estas excedencias sobre el total de los datos obtenidos para cada estación. La séptima y octava columna informan el número de promedios que están por encima del 50% y del 75% del valor de la norma respectivamente. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado y en la décima el cociente del máximo sobre el valor de la norma. Finalmente, en la última columna se presenta el valor promedio de las ponderaciones de PM10 para 24 horas durante el año.

Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM10 en la Tabla 13. En las columnas once y doce, se presentan el número mínimo y máximo de promedios diarios validos utilizados para el cálculo de los promedios anuales.

En la Tabla 14 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

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 12. Consolidado de los promedios de 24 horas para partículas menores a 10 micras (PM10)

Información de los registros de concentración de PM10 para un periodo de 24 horas [Norma: 150 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos 24h calculados	Representatividad temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ug/m ³]	Max/Norma	Media [ug/m ³]
Norte	8 Escuela	6944	79%	0	0,0%	0	0	73	0,49	30
	1 Bosque	6656	76%	0	0,0%	141	0	106	0,71	37
	Subtotal	13600	78%	0	0,0%	141	0			
Noroccidente	11 Corpas	4698	54%	82	1,7%	2027	847	183	1,22	88
	6 Carrefour	6433	73%	0	0,0%	1265	46	135	0,90	62
	14 Fontibón	7561	86%	10	0,1%	4065	758	159	1,06	84
	Subtotal	18692	71%	92	0,6%	7357	1651			
Centro	10 Sto Tomás	5657	65%	0	0,0%	669	0	107	0,71	45
	5 IDRD	7773	89%	0	0,0%	418	0	109	0,73	42
	Subtotal	13430	77%	0	0,0%	1087	0			
Centroccidente	13 Puente Aranda	8454	97%	129	1,5%	3384	2256	182	1,21	93
	Subtotal	8454	97%	129	1,5%	3384	2256			
Suroccidente	9 Kennedy	6337	72%	77	1,2%	3198	1984	192	1,28	100
	7 Cazucá	7494	86%	0	0,0%	1915	159	134	0,89	64
	Subtotal	13831	79%	77	2,4%	5113	2143			
Sur	3 Sony	6322	72%	26	0,4%	2004	464	167	1,11	72
	4 Tunal	4340	50%	194	4,5%	2299	1677	188	1,25	110
	Subtotal	10662	61%	220	2,4%	4303	2141			
TOTALES		78669	77%	518	0,66%	21385	8191			69

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 13. Consolidado de los promedios anuales de partículas menores a 10 micras (PM10)

Información de los promedios anuales de concentración de PM10 [Norma: 70 µg/m³]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales calculados	Representatividad Temporal promedio de los datos calculados	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ug/m³]	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	8 Escuela	365	78%	0	0%	232	32	55	0,8	266	302
	1 Bosque	170	77%	0	0%	170	0	43	0,6	254	311
	Subtotal	535	78%	0	0%	402	32				
Noroccidente	11 Corpas	365	74%	365	100%	0	0	91	1,3	237	301
	6 Carrefour	365	88%	273	75%	0	92	79	1,1	310	333
	14 Fontibón	365	88%	365	100%	0	0	102	1,5	313	326
	Subtotal	1095	83%	1003	92%	0	92				
Centro	10 St Tomás	365	71%	0	0%	128	0	44	0,6	222	296
	5 IDRD	365	90%	0	0%	334	31	58	0,8	313	344
	Subtotal	730	80%	0	0%	462	31				
Centroccidente	13 Puente Aranda	365	95%	365	100%	0	0	113	1,6	341	354
	Subtotal	365	95%	365	100%	0	0				
Suroccidente	9 Kennedy	62	75%	62	100%	0	0	101	1,4	266	283
	7 Cazucá	365	87%	0	0%	0	365	70	1,0	302	333
	Subtotal	427	81%	62	50%	0	365				
Sur	3 Sony	365	74%	352	96%	0	13	80	1,1	252	289
	4 Tunal	1	63%	1	100%	0	0	107	1,5	231	231
	Subtotal	366	69%	353	98%	0	13				
TOTALES		3518	80%	1783	51%	864	533				

Tabla 14. Consolidado de los promedios de 24 horas de partículas suspendidas totales (PST)

Información de los promedios de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos 24h calculados	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ug/m ³]	Max/Norma	Media [ug/m ³]
Norte	1 Bosque	F.S.	F.S.							
Sur	3 Sony	1710	20%	66	4%	746	354	330	1,10	183
Suroccidente	7 Cazucá	4417	50%	123	3%	2255	1093	363	1,21	195
TOTALES		6127	35%	189	3%	3001	1447			189

F.S. = Fuera de Servicio

Tabla 15. Consolidado de los promedios de SO₂ para 3 horas

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 3 horas [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. datos que exceden la norma	% datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/Norma	Media [ppb]
Norte	1 Bosque	5789	66%	0	0%	0	0	13	0,04	4
Noroccidente	6 Carrefour	4835	55%	0	0%	0	0	23	0,08	5
	14 Fontibón	7274	83%	0	0%	0	0	46	0,16	7
Centro	10 Sto. Tomás	6575	75%	0	0%	0	0	17	0,06	5
	5 IDRD	8043	92%	0	0%	0	0	33	0,11	6
	2 MAVDT	7068	81%	0	0%	0	0	22	0,08	4
Centroccidente	13 Puente Aranda	3850	44%	0	0%	0	0	13	0,04	3
Suroccidente	9 Kennedy	5513	63%	0	0%	0	0	11	0,04	3
	7 Cazucá	6917	79%	0	0%	0	0	40	0,14	7
Sur	3 Sony	7507	86%	0	0%	0	0	39	0,14	12
	4 Tunal	2835	32%	0	0%	0	0	21	0,07	6
TOTALES		66206	69%	0	0%	0	0			

Tabla 16. Consolidado de los promedios de SO₂ para 24 horas

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. datos que exceden la norma	% datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/Norma	Media [ppb]
Norte	1 Bosque	5601	64%	0	0%	0	0	8	0,08	4
Noroccidente	6 Carrefour	4687	54%	0	0%	0	0	13	0,13	5
	14 Fontibón	7063	81%	0	0%	0	0	32	0,34	7
Centro	10 Sto. Tomás	6387	73%	0	0%	0	0	12	0,13	4
	5 IDRD	7920	90%	0	0%	0	0	20	0,21	6
	2 MAVDT	6866	78%	0	0%	0	0	9	0,09	4
Centroccidente	13 Puente Aranda	3776	43%	0	0%	0	0	6	0,06	3
Suroccidente	9 Kennedy	5216	60%	0	0%	0	0	9	0,09	3
	7 Cazucá	6686	76%	0	0%	0	0	34	0,35	7
Sur	3 Sony	7142	82%	0	0%	0	0	32	0,33	12
	4 Tunal	2711	31%	0	0%	0	0	19	0,20	6
TOTALES		64055	66%	0	0%	0	0			

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 17. Consolidado de los promedios anuales de SO₂

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]												
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal promedio de los datos calculados	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	1 Bosque	336	67%	0	0%	0	0	4	0,1	3	206	280
Noroccidente	11 Corpas	90	65%	0	0%	0	0	3	0,1	3	201	276
	6 Carrefour	4	55%	0	0%	0	0	5	0,2	5	200	203
	14 Fontibón	365	80%	0	0%	0	0	10	0,3	9	253	321
Centro	10 Sto Tomás	365	75%	0	0%	0	0	5	0,2	5	261	289
	5 IDRD	365	94%	0	0%	0	0	9	0,3	7	306	354
	2 MAVDT	365	81%	0	0%	0	0	6	0,2	5	281	317
Centroccidente	13 Puente Aranda	120	72%	0	0%	0	0	6	0,2	6	204	322
Suroccidente	9 Kennedy	44	60%	0	0%	0	0	3	0,1	3	200	232
	7 Cazucá	277	74%	0	0%	0	0	11	0,4	7	200	303
Sur	3 Sony	365	78%	0	0%	64	0	17	0,5	14	259	324
	4 Tunal	D.I.	D.I.									
TOTALES		2696	73%	0	0%	64	0					

D.I: Datos Insuficientes

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 18. Consolidado de los promedios horarios de NO₂

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 170 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3687	42%	0	0%	0	0	45	0,42	13
	6 Carrefour	6668	76%	0	0%	24	0	72	0,68	12
	14 Fontibón	2606	30%	0	0%	9	0	74	0,70	18
Centro	5 IDRD	6655	76%	0	0%	6	0	59	0,56	15
	2 MAVDT	7133	81%	0	0%	7	3	100	0,94	13
Centroccidente	13 Pte Aranda	1247	14%	7	0,6%	51	22	135	1,27	24
TOTALES		27996	53%	7	0%	97	25			

Tabla 19. Consolidado de los promedios de NO₂ para 24 horas

Información de los registros de concentración de NO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. Datos que exceden la norma	% datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3496	40%	0	0%	0	0	32	0,40	13
	6 Carrefour	6477	74%	0	0%	47	0	43	0,54	12
	14 Fontibón	2538	29%	0	0%	0	0	31	0,39	18
Centro	5 IDRD	6513	74%	0	0%	0	0	33	0,41	15
	2 MAVDT	6962	79%	0	0%	0	0	28	0,35	13
Centroccidente	13 Puente Aranda	1208	14%	0	0%	78	0	59	0,74	25
TOTALES		27194	52%	0	0%	125	0			

Tabla 20. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 53 ppb]												
Zona	Número y nombre de la estación	No de promedios anuales calculados	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Noroccidente	11 Corpas	243	74%	0	0%	0	0	16	0,3	16,1	205	295
	6 Carrefour	330	80%	0	0%	0	0	19	0,4	15,4	200	328
	14 Fontibón	D.I.	D.I.									
Centro	5 IDRD	365	77%	0	0%	0	0	15	0,3	12,6	248	301
	2 MAVDT	365	83%	0	0%	0	0	22	0,4	17,9	288	329
Centroccidente	13. Pte Aranda	212	61%	0	0%	212	0	37	0,7	35,1	199	228
TOTALES		1515	75%	0	0%	212	0					

D.I. Datos Insuficientes

Tabla 21. Consolidado de los promedios horarios de CO

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	997	11,4%	0	0%	0	0	2,3	0,07	0,8
	6 Carrefour	4548	51,9%	0	0%	0	0	11,0	0,31	1,5
	14 Fontibón	3782	43,2%	0	0%	2	0	19,9	0,57	0,7
Centro	5 IDRD	7116	81,2%	0	0%	0	0	5,1	0,15	0,7
Suroccidente	7 Cazucá	1173	13,4%	0	0%	0	0	14,0	0,40	4,4
Sur	3 Sony	1654	18,9%	0	0%	0	0	8,1	0,23	2,2
TOTALES		19270	36,7%	0	0%	2	0			

Tabla 22. Consolidado de los promedios de CO para 8 horas

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 8.8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	951	10,9%	0	0%	0	0	1,9	0,22	0,8
	6 Carrefour	4528	51,7%	0	0%	33	0	6,6	0,75	1,5
	14 Fontibón	3643	41,6%	0	0%	6	0	6,9	0,78	0,7
Centro	5 IDRD	7099	81,0%	0	0%	0	0	3,3	0,38	0,7
Suroccidente	7 Cazucá	1151	13,1%	3	0%	439	33	9,8	1,11	4,4
Sur	3 Sony	1628	18,6%	0	0%	49	0	5,8	0,66	2,3
TOTALES		19000	36,1%	1	0%					

Tabla 23. Consolidado de los promedios horarios de O₃

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	6 Carrefour	3191	36,4%	0	0%	17	2	50	0,82	9,6
	14 Fontibón	7160	81,7%	0	0%	176	13	53	0,87	10,2
Centro	5 IDRD	6613	75,5%	17	0%	309	93	84	1,38	12,5
	2 MAVDT	7057	80,6%	0	0%	33	3	56	0,92	10,2
Sur	3 Sony	6613	75,5%	0	0%	22	5	57	0,93	7,5
TOTALES		30634	69,9%	17	0%	557	116			

Tabla 24. Consolidado de los promedios de O₃ para 8 horas

Información de los registros de concentración de O ₃ para un periodo de 8 horas [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	6 Carrefour	3175	36,2%	0	0%	33	0	29	0,71	9,5
	14 Fontibón	7123	81,3%	0	0%	441	79	41	1,00	10,2
Centro	5 IDRD	6553	74,8%	45	1%	41	776	52	1,27	12,5
	2 MAVDT	6991	79,8%	0	0%	122	5	35	0,85	10,2
Sur	3 Sony	6512	74,3%	0	0%	57	6	40	0,98	7,5
TOTALES		30354	69,3%	45	0%	694	866			

2. METEOROLOGÍA

En este capítulo se presentan las características generales del comportamiento meteorológico observado en la ciudad de Bogotá, según las mediciones tomadas por las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), durante el año 2006.

2.1 PRECIPITACIÓN

Todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que caen de las nubes hasta llegar a la tierra se conocen como precipitación, esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve y granizo menudo.

Para el año 2006 la precipitación en la ciudad fue registrada por catorce (14) estaciones de la RMCAB que tienen instalados dichos sensores. Se toman los datos de estas estaciones para hacer el análisis del comportamiento de las lluvias de la ciudad, ya que las estaciones presentaron un funcionamiento adecuado durante el año, solamente se presentaron inconvenientes en los meses de Enero y Febrero para la estación No. 4 Tunal y para el mes de Julio en la No. 14 Fontibón.

Se puede observar que para el presente año la precipitación en la ciudad aumentó en comparación de los años 2001 hasta el 2005, pero sigue siendo menor que la de los años 1998 y 2000, teniendo en cuenta las estaciones que estuvieron en la mayoría de los años. Es de anotar que para el año 2006, se presentó en el territorio de Colombia el Fenómeno del Niño, el cual tuvo característica de moderado, por lo cual las lluvias se vieron afectadas en una forma mas leve que en los anteriores fenómenos del niño de los periodos 2002-2003 y 2005. Esto se puede observar en la Figura 44 que presenta la precipitación de la RMCAB para los últimos años.

En la Figura 45 se puede observar el comportamiento de la precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB desde el año 2000, donde se puede decir que las estaciones ubicadas en las zonas centro, sur y centroccidente de la ciudad y que corresponden a la No. 3 Sony, No.5 IDRD, No. 7 Cazucá y No. 10 Santo Tomás registraron valores superiores a los años anteriores, en las estaciones No. 8 Escuela y No. 14 Fontibón fueron inferiores y las demás estaciones presentaron valores similares a los años anteriores.

Es apropiado indicar que las estaciones No. 4 Tunal, No. 9 Kennedy, No. 15 Usme y No. 16 Vitelma, se muestran por información, ya que comenzaron a operar a mediados del 2005 y no tienen datos meteorológicos suficientes para hacer una comparación multianual.

Los datos históricos de la precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB desde el año 1998, así como, la comparación de la precipitación acumulada del año 2006 con respecto al histórico y su índice de precipitación de aquellas que pueden generarse, se presentan en

la Tabla 25, en la cual se puede observar un pequeño aumento de las precipitaciones durante el año 2006 en la mayoría de las estaciones, con respecto al año 2005, adicionalmente para el año 2006 se registran 4 nuevas estaciones que entraron en funcionamiento entre los años 2005 y 2006.

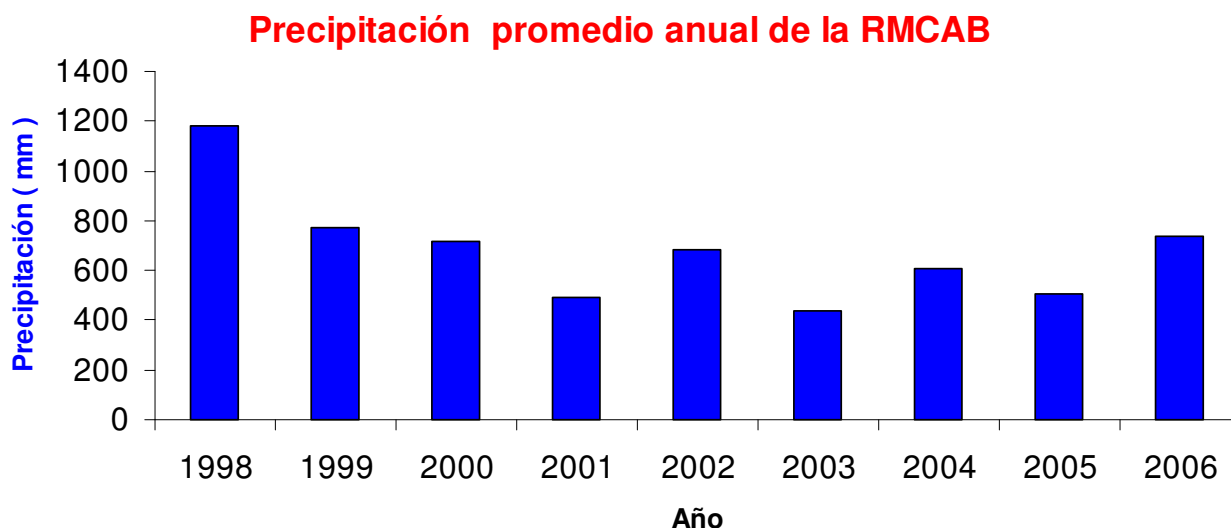


Figura 44. Promedios de la RMCAB para los años 1998 al 2006

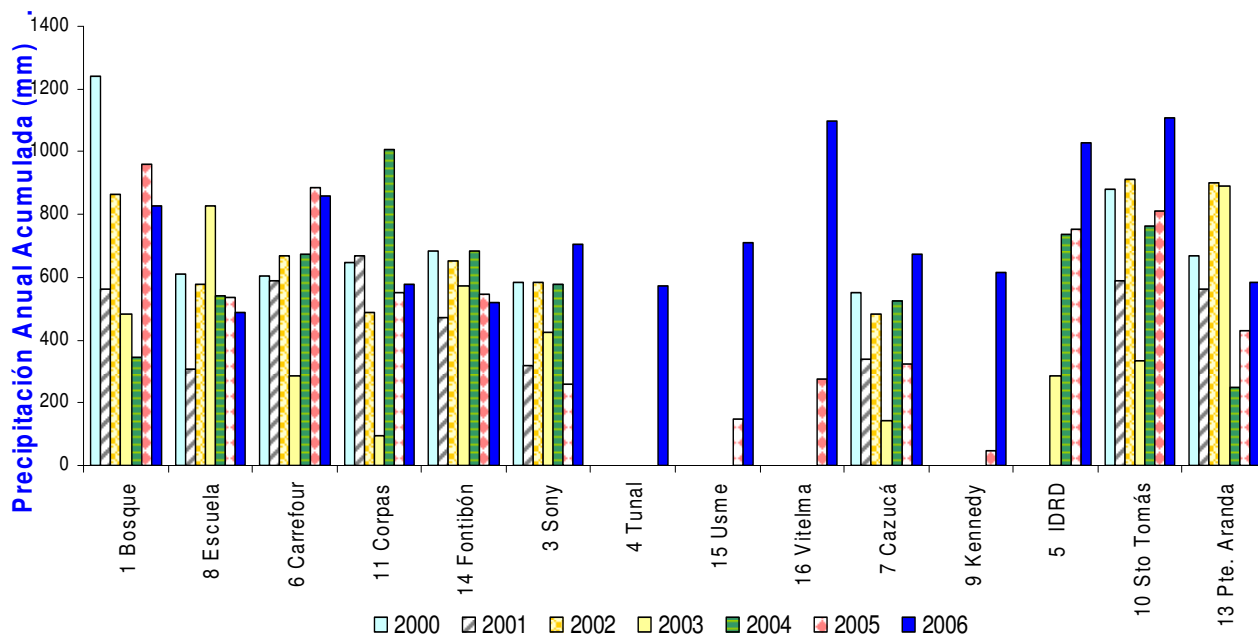


Figura 45. Acumulados de Precipitación de los años 2000 a 2006

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 25. Acumulados anuales de precipitación en las estaciones de la RMCAB

Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada									Índice de Precipitación [%]
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Norte	1 Bosque	1307,3	1181,3	1241,9	562,1	864,6	484,0	346,7	958,1	825,7	95,1
	8 Escuela	1917,1	1035,7	611,5	310,1	576,2	825,5	538,5	536,2	490,2	61,7
Noroccidente	6 Carrefour			605,4	590,4	665,7	284,2	673,0	884,5	860,6	139,4
	11 Corpas	1208,8	911,6	648,9	670,3	490,0	95,3	1006,8	551,0	577,6	82,8
	14 Fontibón		268,3	686,4	469,8	652,0	573,8	683,0	544,0	519,2	93,7
Sur	3 Sony	733,6	752,6	584,2	315,9	581,8	424,4	579,0	261,3	703,0	132,9
	4 Tunal									571,3	
	15 Usme								148,7	711,7	
	16 Vitelma								278,3	1095,1	
Suroccidente	7 Cazucá	645,9	403,4	550,0	338,4	483,5	143,1	523,8	325,1	672,9	157,7
	9 Kennedy								48,6	613,2	
Centro	5 IDRD						286,8	738,7	750,5	1028,0	173,6
	10 Sto Tomás	1290,6	1225,7	882,9	586,9	911,6	331,5	764,6	813,1	1105,7	129,9
Centroccidente	13 Pte. Aranda		383,8	667,8	563,6	899,1	891,3	247,6	430,1	581,6	99,7

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)

Como se puede observar en la columna de índice de Precipitación de la tabla, la intensidad de las lluvias sobre la ciudad en comparación a los años anteriores presentaron porcentajes variables que van de 62 hasta 173%, la precipitación en las estaciones No. 8 Escuela (sector norte) y No. 11 Corpas (sector noroccidente) muestran los menores índices y significan que se presentaron lluvias ligeramente por debajo de lo normal; para las estaciones No. 1 Bosque (sector norte), la No. 13 Pte. Aranda (sector centroccidente) y la No. 14 Fontibón (sector noroccidente) registraron lluvias normales; mientras que en No. 3 Sony (sector sur), No. 6 Carrefour (sector noroccidente) y la No. 10 Santo Tomás (sector centro) presentaron lluvias ligeramente por encima de lo normal; en la No. 7 Cazucá (sector suroccidente) se observa que las lluvias fueron moderadamente por encima; y la de mayor porcentaje fue la estación No. 5 IDRD (sector centro) que registro Lluvias muy por encima de lo normal.

Como puede notarse, las precipitaciones son variables en toda la ciudad, con algunas zonas en las cuales llueve el doble que en otras, lo cual indica que se presentan microclimas dentro de Bogotá, adicionalmente para este año empiezan a registrarse históricos en la zona sur con las cuatro nuevas

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

estaciones de la RMCAB, las cuales mostrarán a futuro un comportamiento más generalizado en los diferentes sectores que se monitorean.

En la Tabla 26 se puede observar la cantidad de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2006, además, la precipitación diaria acumulada máxima presentada en cada uno de estos años.

Tabla 26. Días de lluvia y precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2006

Zona	Número y nombre de la Estación	Días de Lluvia								
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	1 Bosque	177	187	193	131	168	147	104	178	163
	8 Escuela	196	178	160	99	181	189	166	163	182
Noroccidente	6 Carrefour			163	139	135	61	152	193	168
	11 Corpas	221	223	205	182	155	27	205	152	170
	14 Fontibón		48	172	131	136	143	149	140	120
Sur	3 Sony	163	190	197	121	157	134	165	103	163
	4 Tunal									126
	15 Usme								55	201
	16 Vitelma								54	225
Suroccidente	7 Cazucá	157	132	207	127	138	51	156	133	150
	9 Kennedy								22	161
Centro	5 IDRD						59	188	194	199
	10 Sto Tomás	177	195	176	153	169	71	175	142	187
Centroccidente	13 Pte. Aranda		75	120	138	150	215	129	211	215
Zona	Estación	Precipitación Máxima Diaria								
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Norte	1 Bosque	60,3	53,2	71,1	29,0	40,1	35,1	37,1	119,6	50,4
	8 Escuela	116,6	59,4	35,0	36,8	26,1	116,8	30,9	23,6	24,7
Noroccidente	6 Carrefour			60,8	24,6	30,9	25,4	26,9	38,0	32,9
	11 Corpas	46,4	44,4	25,8	175,0	59,1	20,8	173,2	31,9	29,9
	14 Fontibón		35,8	30,6	63,9	29,0	26,8	42,4	29,6	84,4
Sur	3 Sony	44,8	35,3	36,6	19,8	28,1	27,0	30,6	22,0	33,5
	4 Tunal									36,1
	15 Usme								8,4	27,1
	16 Vitelma								27,7	50,0
Suroccidente	7 Cazucá	40,8	25,2	23,2	28,5	28,4	21,7	24,8	16,7	31,8
	9 Kennedy								11,4	25,4
Centro	5 IDRD						23,6	29,0	43,8	42,0
	10 Sto Tomás	56,8	54,2	54,1	26,7	30,7	32,5	49,1	45,7	55,9
Centroccidente	13 Pte. Aranda		27,2	42,4	56,4	56,6	29,4	15,0	12,0	27,0

En la estación No. 14 Fontibón (sector noroccidente) se presentó el valor acumulado máximo diario para el año 2006, en la RMCAB, el cual fue de 84.4 mm que se considera como lluvia intensa para ese día y se registró el viernes 17 de marzo; seguida de la No. 10 Santo Tomás (sector central) con 55.9 mm considerada como lluvia muy fuerte para el lunes 10 de abril. El menor valor máximo diario de la Red fue de 24.7 mm, registrado en la estación No. 8 Escuela (sector norte) el día Viernes 3 de Noviembre y que alcanza a considerarse como lluvia fuerte.

En la Tabla 27 se registran los días en donde se presentaron los máximos diarios de precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB.

Tabla 27. Máximos diarios de precipitaciones y día en que ocurrieron durante el año 2006

Sector	Estación	Máximo Acumulado Diario	
		[mm]	Día
Norte	8 Escuela	24,7	Viernes 03 Noviembre
	1 Bosque	50,4	Miércoles 08 Marzo
Nor-occidente	11 Corpas	29,9	Martes 18 Abril
	6 Carrefour	32,9	Viernes 24 Marzo
	14 Fontibón	84,4	Viernes 17 Marzo
Central	10 Sto Tomás	55,9	Lunes 10 Abril
	5 IDRD	42,0	Lunes 10 Abril
Centro-Occidente	13 Pte. Aranda	27,0	Viernes 13 Octubre
Sur-occidente	9 Kennedy	25,4	Jueves 04 Mayo
	7 Cazucá	31,8	Jueves 04 Mayo
Sur	3 Sony	33,5	Miércoles 12 Abril
	4 Tunal	36,1	Viernes 13 Octubre
	16 Vitelma	50,0	Martes 31 Octubre
	15 Usme	27,1	Miércoles 12 Abril

En la Tabla 28 se detalla la precipitación acumulada en cada mes, por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM.

La distribución anual de la precipitación en Bogotá, presentó un comportamiento bimodal, el primer periodo de precipitaciones fuertes se presenta en los meses de marzo y abril, y el segundo en los meses de octubre y noviembre; mientras que los mínimos se presentaron en diciembre-febrero y entre julio-septiembre, similar a lo que evidencian los promedios mensuales multianuales, según los registros históricos correspondientes a los años 1972 a 2004, de la estación del Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM³. Para la RMCAB los meses de marzo y abril muestran la mayor precipitación acumulada promedio (119.1 mm), seguidos del mes de octubre y consideradas como lluvias fuertes; también se puede observar que el mes de agosto registró el menor valor en precipitación del año, considerado como lluvia escasa, y que es cercano al 50% del Promedio Multianual del IDEAM.

En la Figura 46 se presenta el acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2006 para cada una de las estaciones activas de la RMCAB. Es posible visualizar

³ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.

que en los meses de marzo, abril y mayo las precipitaciones fueron mayores que en los otros tres meses del semestre, a excepción de la estación No. 4 Tunal (sector sur) que presenta un valor máximo en junio. En la Figura 47 se muestran los acumulados mensuales del segundo semestre para cada estación. Este periodo se caracterizó por mayores precipitaciones durante los meses de octubre y noviembre, la estación No. 16 Vitelma presenta un valor alto para el mes de diciembre.

Tabla 28. Acumulados mensuales de precipitación por Estación para el año 2006

Zona	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque	67,6	58,9	171,2	97,8	68,2	61,3	16,1	14,8	20,4	97,7	101,5	50,1
	8 Escuela	69,9	29,4	2,6	69,8	68,0	68,3	20,7	19,6	18,4	49,2	56,7	17,7
Noroccidente	6 Carrefour	80,8	39,4	136,8	94,6	144,3	73,7	3,3	1,6	12,6	111,1	112,5	49,7
	11 Corpas	43,6	13,8	67,0	132,7	103,9	23,7	4,5	15,0	18,6	58,4	77,7	18,7
	14 Fontibón	38,1	9,0	226,5	80,9	11,2	16,1		12,9	12,6	33,4	55,4	23,0
Sur	3 Sony	23,5	6,5	86,1	131,8	86,2	89,2	19,7	12,7	14,9	118,3	95,6	18,8
	4 Tunal			81,3	46,7	16,7	117,3	33,0	24,7	32,1	90,9	116,4	12,3
	15 Usme	24,4	33,2	139,3	161,8	116,1	51,3	34,0	42,2	21,3	4,9	78,6	4,7
	16 Vitelma	101,4	41,2	170,5	178,8	94,6	104,2	45,0	28,7	22,7	131,2	112,7	64,3
Suroccidente	7 Cazucá	1,5	15,8	55,4	126,4	96,2	118,4	36,1	14,3	20,3	120,0	60,6	8,1
	9 Kennedy	35,7	5,6	81,2	106,3	95,8	57,9	20,4	9,4	16,4	108,2	68,4	7,9
Centro	5 IDRD	120,07	39,4	191,4	158,4	125,9	81,2	18,1	18,4	24,8	156,6	89,6	4,3
	10 Sto. Tomás	103,9	76,4	179,8	208,6	73,9	92,2	14,8	19,3	17,6	154,3	122,8	42,1
Centroccidente	13 Pte. Aranda	48,9	11,8	78,4	73,0	62,4	48,3	16,9	15,3	11,0	113,5	73,7	28,4
Promedio Mensual RMCAB		58,4	29,3	119,1	119,1	83,1	71,6	21,7	17,8	18,8	96,3	87,3	25,0
Promedio Multianual IDEAM		28,9	43,5	67,0	100,7	91,9	54,7	42,7	45,2	70,1	101,3	88,5	53,7

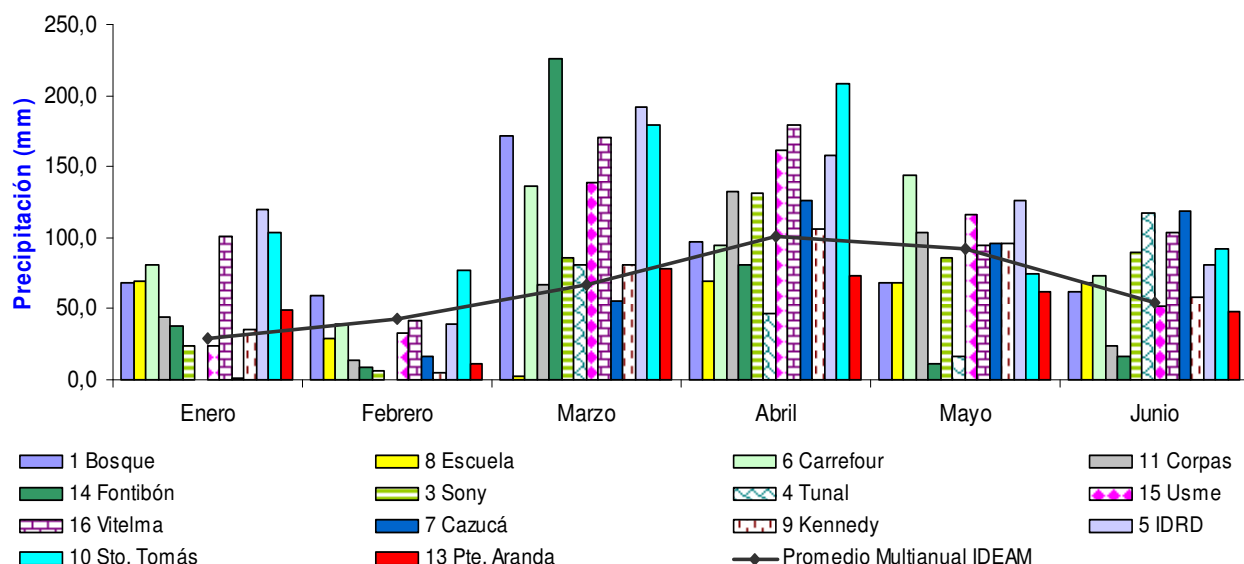


Figura 46. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2006

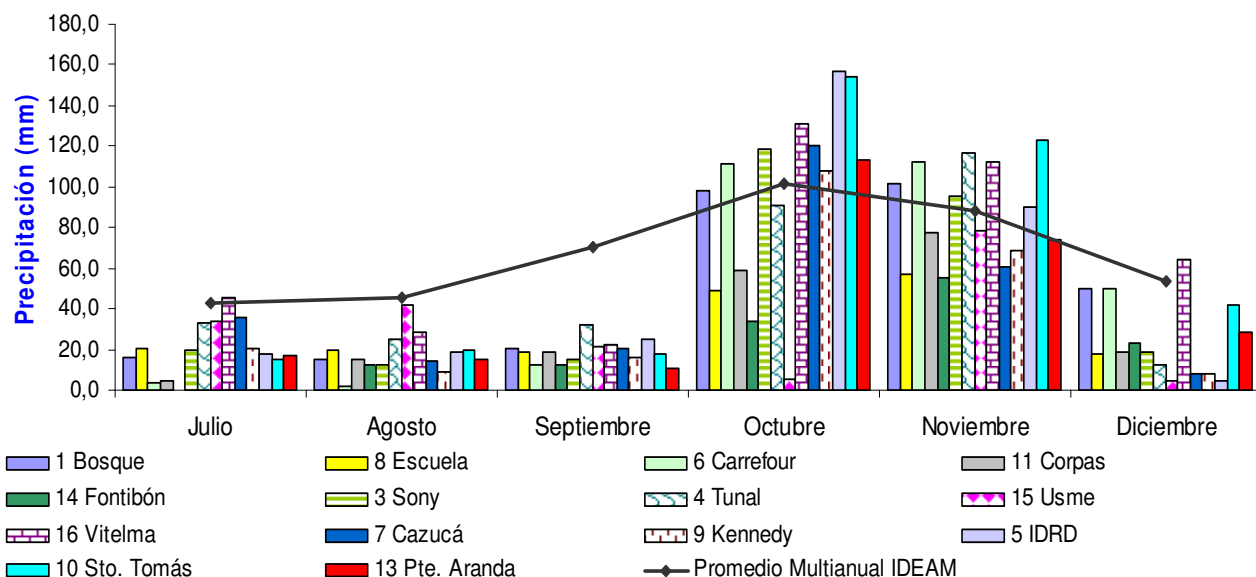


Figura 47. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2006

La Figura 48 muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada para el año 2006, en este mapa se debe resaltar que la estación No. 14 Fontibón, registro once (11) meses de información y la No. 4 Tunal presentó diez (10) meses para su acumulado anual, estos registros permiten que sus acumulados se integren para análisis dentro del mapa.

Como se puede observar en el mapa de precipitación acumulada del año 2006, existen microclimas en la ciudad, esto se indica por las diferencias en sus acumulados, en donde se ve que hacia los cerros orientales y en el sector central de la ciudad las lluvias fueron más intensas, esto se ve reflejado por los registros de las estaciones No. 5 IDRD, la No. 10 Santo Tomás y en la No. 16 Vitelma, estas intensidades se encontraron entre los 1000 y 1150 mm y para la No. 6 Carrefour fue un poco menor con una intensidad de entre 850 y 1000 mm, adicionalmente se determina que las lluvias van disminuyendo tanto hacia el norte como hacia el sur, generando un segundo intervalo de precipitaciones que comprende desde la localidad de Usaquén al norte de la ciudad hasta la localidad de Usme en el sur de la ciudad, la intensidad de la lluvia en este sector estuvo entre los 700 y 850 mm, que podemos considerar como una zona de precipitación media en la ciudad y por último se ve otro sector que es la de menor lluvia registrado en el occidente de la ciudad, que va desde el sur (localidades de Ciudad Bolívar y Tunjuelo), pasando por las zonas que se declararon como Áreas Fuente Clase 1 hasta el norte de la ciudad (localidad de Suba y norte de la de Usaquén), en este sector las precipitaciones se registraron entre 550 y 700 mm., resaltando las zonas en donde están las estaciones No. 14 Fontibón y No. 8 Escuela, las cuales muestran lluvias entre 400 y 550 mm., mostrando una pequeña disminución en dichos sectores. Se debe resaltar que las precipitaciones aunque fueron en promedio un poco mayor a los años anteriores, para este año se vieron afectadas por el Fenómeno del niño, el cual se dio moderadamente y los efectos sobre las lluvias no fueron tan intensos como los anteriores, pero también podemos decir que fue menor al que se registra como promedio multianual del IDEAM, lo que indica que las precipitaciones fueron menores a lo esperado para el año.

PRECIPITACION ACUMULADA (mm) AÑO 2006

 Perimetro Urbano
 Localidades

▲ Estaciones RMCAB

400 - 550
 550 - 700
 700 - 850
 850 - 1000
 1000 - 1150

ELABORADO POR
 LA RMCAB

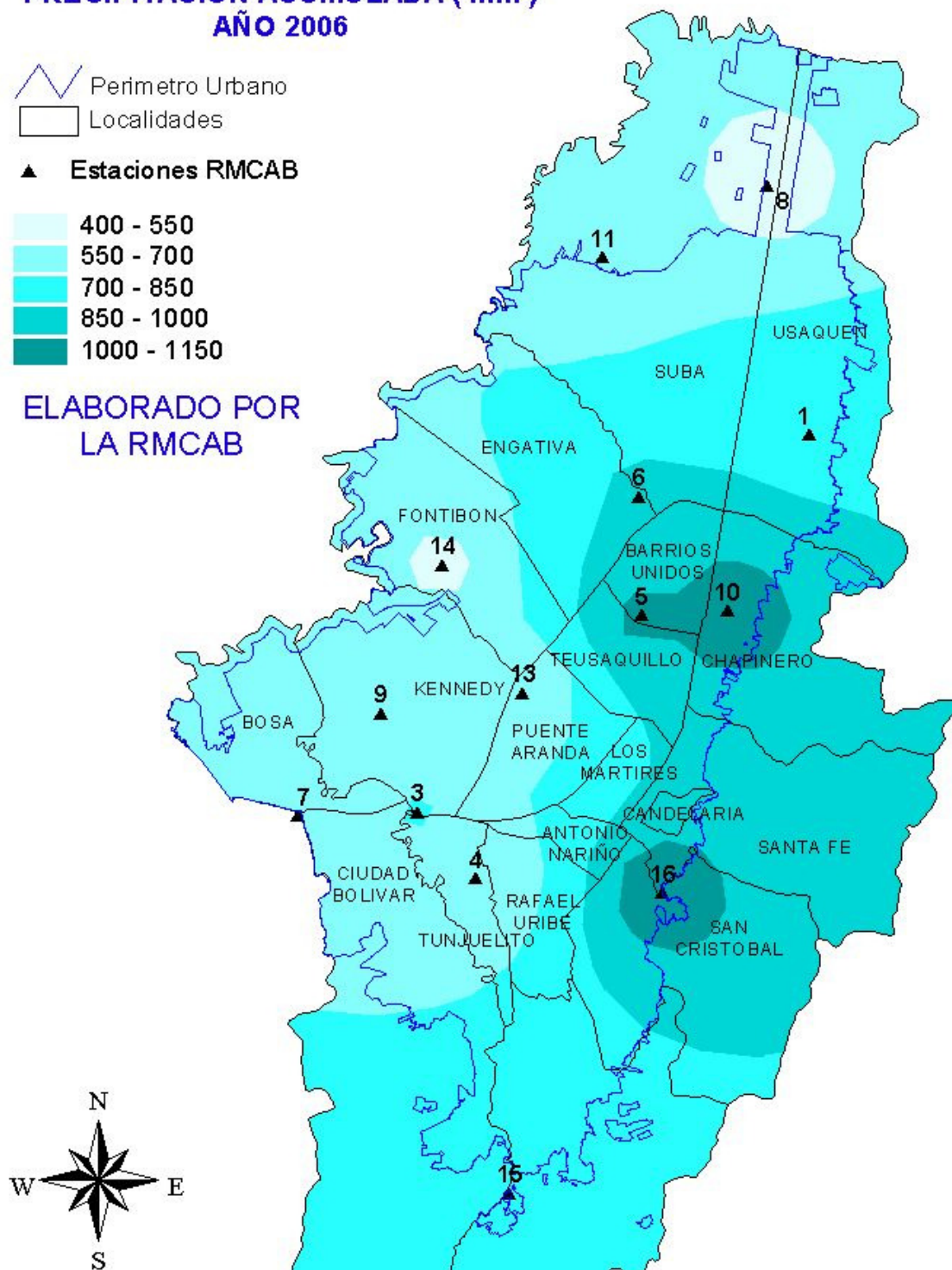


Figura 48. Mapa de precipitación para el año 2006.

2.2 VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento normal de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y ligeros o moderados en las tardes y el año 2006 sigue conservando esta tendencia.

En un día típico se encuentra que en la mañana los vientos son de calma y ventolina hasta mediadas las 8 horas, cuando comienzan a aumentar y entre las 13:00 y las 15:00 horas alcanzan sus mayores intensidades de viento llegando a vientos leves, posteriormente empieza un descenso de sus velocidades volviendo en horas de la noche a vientos de ventolina y calma tal y como se muestra en la Figura 49.

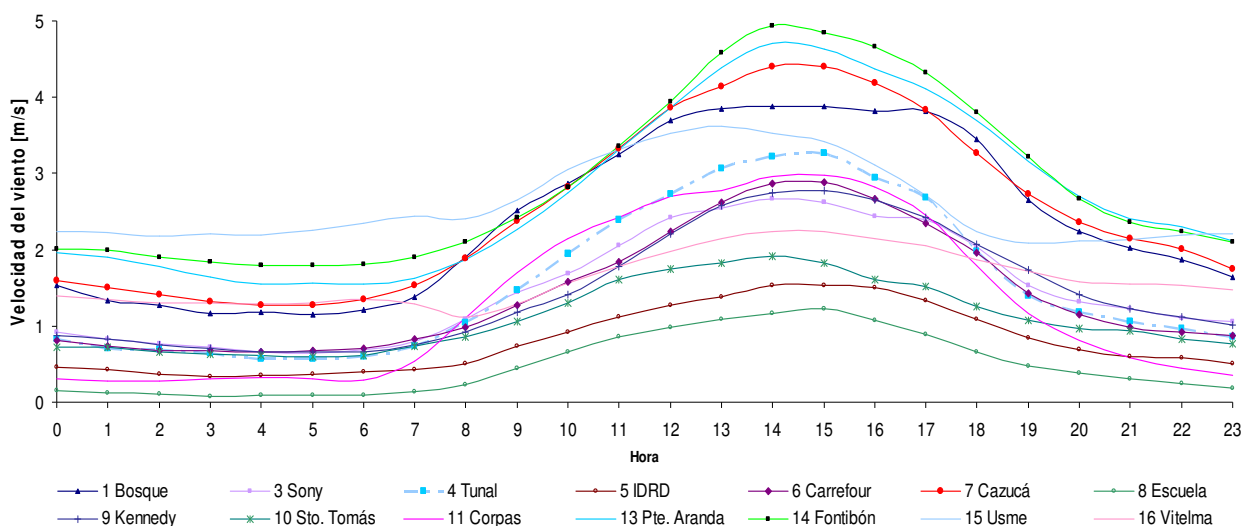


Figura 49. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

Las estaciones No. 1 Bosque (sector norte), No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) conforman un grupo que registran las velocidades promedios horarias de viento más altas en comparación con las demás de la RMCAB, sobre todo entre las 12:00 y las 18:00 horas con valores entre 4.0 y 5.0 m/s, muy similares entre ellas y denominados vientos leves

Las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 8 Escuela (Sector Norte) y la No. 10 Santo Tomás (sector central) registraron las velocidades promedios horarias más bajas en comparación con las demás estaciones de la RMCAB en niveles de calmas y ventolinas, las demás estaciones de la RMCAB presentan un comportamiento de intensidades intermedias similar entre ellas, para el presente año no se ven comportamientos atípicos en ninguna estación que registro este parámetro.

Durante el año 2006 se registro una máxima horaria de velocidad del viento de 24.3 m/s el jueves 29 junio a las 14:00, el cual se considera como Temporal Muy Fuerte, según la escala de Beaufort⁴, este

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

dato se presentó en la estación No. 1 Bosque (sector norte) y con una dirección sureste, la segunda velocidad máxima fue en la estación No. 9 Kennedy (sector suroccidente) con 15.5 m/s considerado como Temporal y para el evento el sensor de dirección estaba fuera de servicio, este evento sucedió el miércoles 18 octubre a las 16 horas, las demás velocidades máximas horarias se registraron entre Moderado y Muy Fuerte, el menor máximo horario se registró en la estación No.16 Vitelma (sector sur) con 6.3 m/s y dirección este el día martes 4 Julio a las 17 horas.

El resumen de la intensidad media de los vientos así como sus máximos, se presenta en la Tabla 29, se debe anotar que las estaciones la No. 3 Sony y la No. 9 Kennedy ambas en el sector suroccidente y la No. 10 Santo Tomás (sector centro) cuando se registraron las máximas el sensor de dirección de viento se encontraba fuera de servicio.

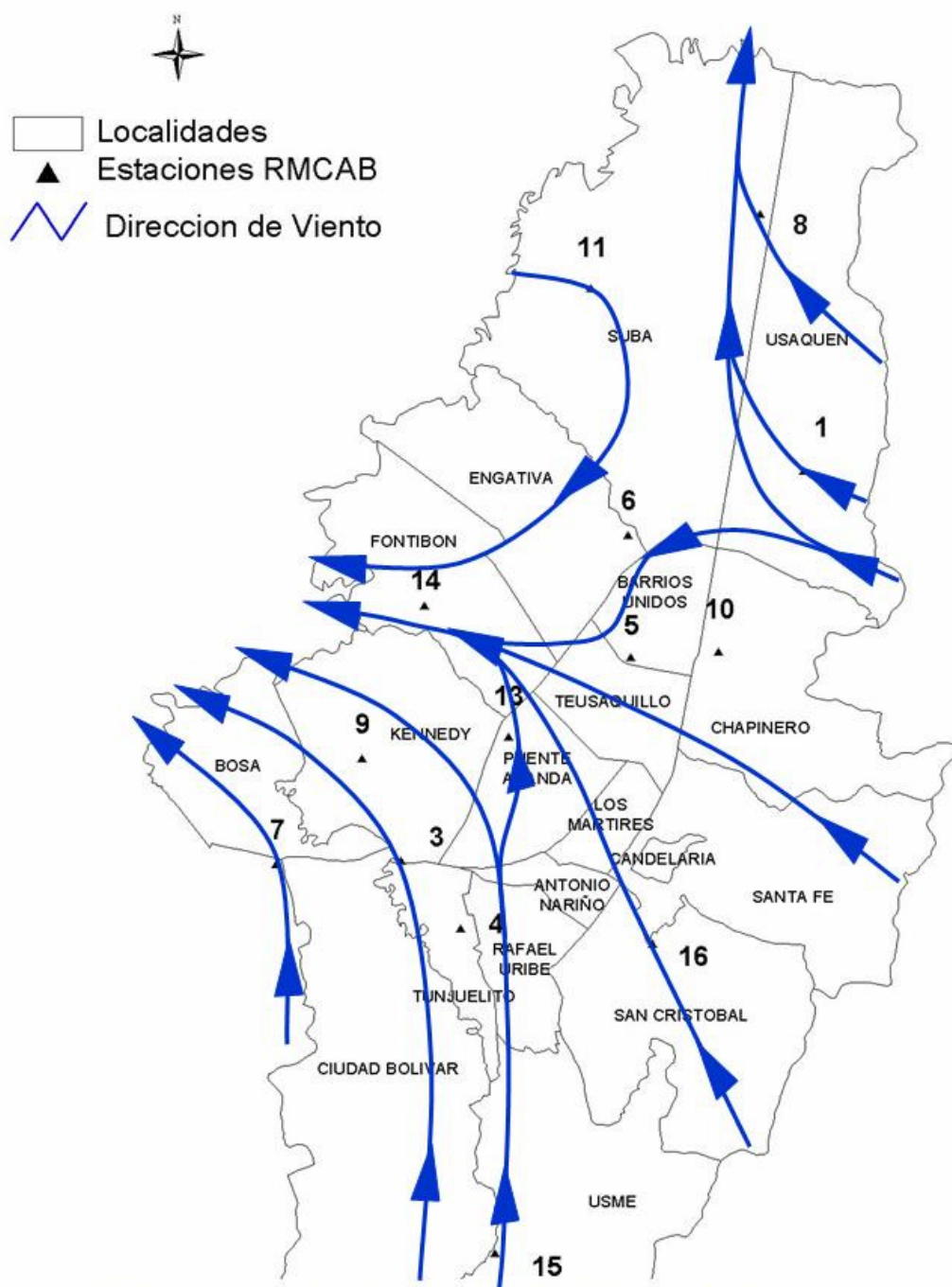
Tabla 29. Velocidad Máxima y Velocidad Media del Viento por Estación en el año 2006

Sector	Estación	Predominancia		Velocidad Máxima		
		Velocidad Media [m/s]	Dirección Predominante [Grados]	[m/s]	Dirección [grados]	Fecha/hora
Norte	1 Bosque	1,5	117	24,3	141	Jueves 29 Junio, 14:00
	8 Escuela	0,2	149	7,4	167	Viernes 29 Diciembre, 15:00
Centro	5 IDRD	0,1	100	13,1	157	Martes 21 Febrero, 17:00
	10 Sto Tomás	0,1	38	7,6	N.R.	Domingo 20 Agosto, 14:00
Sur	3 Sony	0,9	159	10,2	N.R.	Lunes 21 Agosto, 15:00
	4 Tunal	1,0	179	7,3	188	Martes 30 Mayo, 16:00
	15 Usme	2,0	186	7,2	154	Viernes 11 Agosto, 18:00
	16 Vitelma	1,2	130	6,3	100	Martes 04 Julio, 17:00
Suroccidente	7 Cazucá	1,0	220	9,6	109	Domingo 23 Julio, 18:00
	9 Kennedy	0,2	133	15,5	N.R.	Miércoles 18 Octubre, 16:00
Noroccidente	6 Carrefour	0,8	116	14,3	102	Jueves 23 Febrero, 12:00
	11 Corpas	0,7	263	15,2	198	Viernes 06 Octubre, 14:00
	14 Fontibón	0,4	197	8,8	172	Sábado 30 Diciembre, 14:00
Centroccidente	13 Pte Aranda	0,8	213	8,7	183	Martes 04 Julio, 17:00

N.R.: No registra

El Anexo 3 presenta las rosas de vientos de las estaciones junto con el porcentaje de calmas en el centro de la rosa, es decir, el porcentaje de vientos cuya magnitud es menor a 0.5 m/s aproximadamente. Así mismo, se muestra por rangos el porcentaje de vientos que se encuentran en cada uno de ellos, junto con el número de datos utilizados para la generación de cada rosa de vientos. Estos cálculos se han realizado utilizando la información de vientos que registran las estaciones de monitoreo cada diez minutos.

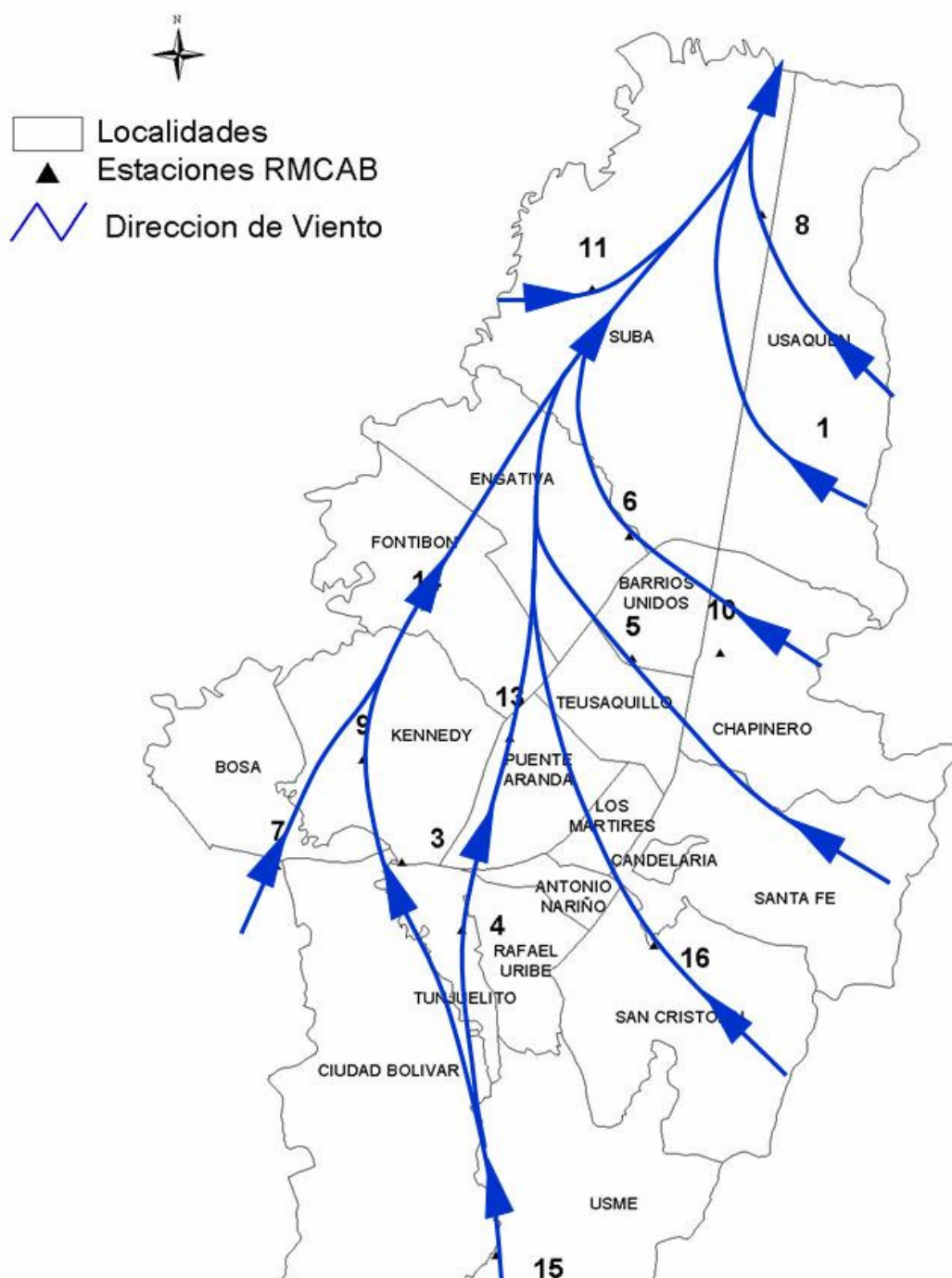
Se presentan los mapas que constituyen los vientos predominantes para el año 2006. En la Figura 50 se presentan los vientos predominantes en el periodo comprendido entre las 6:00 y las 11:00 y en la Figura 51 se presentan los vientos predominantes en el periodo comprendido entre las 12:00 y las 18:00. Entre las 19:00 y las 5:00 del día siguiente se registran vientos de calma en la ciudad.



Vientos predominantes en las horas de la mañana

Año 2006 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 50. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2006 entre las 6:00 y las 11:00.



Vientos predominantes en las horas de la tarde

Año 2006 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 51. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2006 entre las 12:00 y las 18:00.

Para el año 2006 en la ciudad de Bogotá durante las horas de la mañana, entre las 6:00 a 11:00 horas, se presentaron tres flujos de vientos, el primero con dirección sur y suroriente dirigiéndose hacia el suroccidente de la ciudad, el segundo de nororiente en dirección del norte y uno tercero que se detecta en las cercanías de zona de la estación No. 11 Corpas donde los cerros de Suba hacen que el viento que aparece del oeste en dirección este se vea afectado y se redirijan hacia el suroccidente, generando un semicírculo para luego unirse con el primero de los flujos nombrados. También se puede observar que existe un flujo en sentido contrario a los demás el cual se da en la zona de la Localidad de Barrios Unidos y que se detecta en las estaciones No. 5 IDRD y la No. 6 Carrefour, el cual se une posteriormente con los vientos que se dirigen hacia las localidades de Fontibón. Éste patrón de flujo promedio del año es similar a lo que sucedió en cada mes del año.

En el mapa predominante de los vientos de las horas de la tarde podemos observar que se ven dos flujos, el primero que viene de los cerros orientales con dirección Noroeste a lo largo de la ciudad y otro flujo que viene del sur con dirección norte ubicado en el occidente de la ciudad, estos dos flujos se unen generando un flujo que va de sur a norte en el occidente de la ciudad, en general se puede decir que hay un flujo de viento de sur a norte en toda la extensión de la ciudad, uniéndose en las localidades de Kennedy, Fontibón, Engativá y Suba.

También se observa que en las horas de la tarde se registraron intensidades mayores a las presentadas en las horas de la mañana, alcanzando una diferencia promedio máxima de 1.63 m/s en comparación de cada estación con su respectiva velocidad de la mañana.

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere principalmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca a la superficie de la tierra. Para el informe del año 2006 se tienen datos de once (11) estaciones de la RMCAB, las cuales poseen este sensor, es de aclarar que algunas de ellas como en el caso de la estación No. 4 Tunal y la No. 6 Carrefour, presentaron un bajo numero de datos validos para el año, pero se dejan sus datos que se ingresaran en el análisis.

Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios anuales se presentan en la Tabla 30, también se muestra la columna en donde se presenta el porcentaje de los datos obtenido por cada estación. El registro máximo de temperatura superficial para el año 2006 se presentó en la estación No. 13 Puente Aranda (sector centroccidente) con un valor de 29,5 °C, el día jueves 28 de septiembre a las 16:00, la siguiente máxima se registro en la No. 16 Vitelma con un valor de 26,0 °C el martes 18 de abril a las 15 horas. Se puede observar que las lecturas máximas en las diferentes estaciones de la RMCAB se registraron en días diferentes del año, confirmando la presencia de microclimas en Bogotá como también se observa en las precipitaciones. El menor registro de las lecturas máximas se presentó en la estación No. 14 Fontibón (sector noroccidente) con 22,8 °C el miércoles 15 de Febrero a las 13 horas, las demás estaciones están entre estos valores. Con respecto a las temperaturas mínimas horarias podemos determinar que la menor de todas se presentó en la estación No. 15 Usme (sector sur) con un registro de 0.5 °C el lunes 31 de Julio a las 06:00 horas y el mayor valor de las mínimas fue de 9.7 °C, en la estación No. 6 Carrefour (sector noroccidente) el lunes 2 de Enero a las 06:00. Las temperaturas mínimas se presentaron en diferentes meses del año, como ocurrió con las máximas horarias.

Tabla 30. Temperaturas presentadas en el año 2006

Sector	Estación	Altura Sensor [m]	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Prom. anual	% datos anual
			° C	Fecha	° C	Fecha		
Norte	8 Escuela	2,0	25,6	Miércoles 15 Febrero, 14:00	3,9	Martes 23 Mayo, 06:00	13,7	85%
Noroccidente	11 Corpas	2,0	25,1	Sábado 04 Marzo, 16:00	3,8	Martes 23 Mayo, 06:00	12,6	78%
	6 Carrefour	10,0	24,6	Lunes 02 Enero, 13:00	9,7	Lunes 02 Enero, 06:00	14,1	6%
	14 Fontibón	20,0	22,8	Miércoles 15 Febrero, 13:00	7,6	Domingo 12 Marzo, 07:00	14,1	90%
Centro	5 IDRD	2,0	24,7	Martes 26 Diciembre, 14:00	5,2	Lunes 22 Mayo, 04:00	14,1	91%
Centroccidente	13 Pte. Aranda	26,1	29,5	Jueves 28 Septiembre, 16:00	8,3	Sábado 15 Julio, 04:00	14,5	100%
Suroccidental	7 Cazucá	2,0	22,9	Miércoles 01 Marzo, 14:00	4,3	Domingo 31 Diciembre, 06:00	12,3	94%
Sur	3 Sony	2,0	25,3	Domingo 10 Septiembre, 14:00	3,3	Martes 24 Octubre, 06:00	12,2	85%
	4 Tunal	12,0	23,2	Miércoles 27 Septiembre, 08:00	7,7	Jueves 21 Septiembre, 02:00	12,4	49%
	16 Vitelma	2,0	26,0	Martes 18 Abril, 15:00	4,6	Jueves 16 Febrero, 06:00	12,5	73%
	15 Usme	2,0	23,1	Viernes 28 Abril, 12:00	0,5	Lunes 31 Julio, 06:00	11,8	90%

La temperatura promedio de la RMCAB para el año fue de 13.1 °C, que fue un poco inferior a lo que registra el IDEAM en su estación del Aeropuerto El Dorado en su promedio multianual el cual es de 13.5 °C. Los valores promedios por estación se registraron entre 11.8 y 14.5 °C.

El comportamiento promedio horario de la temperatura se describe en la Figura 52, en donde se observa que entre las 5 y las 7 de la mañana la temperatura registra los menores valores empezando un rápido aumento alcanzando los máximos entre la 12:00 y las 14:00 horas, posteriormente a las 19 horas empieza nuevamente el descenso debido a que ya se ha ocultado el sol. Para esta Gráfica no se muestra el comportamiento en la estación No. 6 Carrefour por su bajo porcentaje de datos.

Se puede determinar que las estaciones No. 5 IDRD (sector centro), la No. 8 Escuela (sector norte) y la No. 13 Puente Aranda (sector centroccidente), registraron los promedios horarios más altos en comparación con las demás estaciones de la RMCAB, mientras que las estaciones del sector sur de la ciudad como No. 4 Tunal (sector sur), No. 7 Cazucá (sector suroccidente) y No. 15 Usme (sector sur) fueron las más bajas. Las demás estaciones estuvieron entre ellas y solamente Tunal presentó un comportamiento diferente a las demás estaciones en las horas de la tarde, ya que para ella las temperaturas fueron mas lineales.

Al observar la temperatura media mensual que registra la RMCAB, se nota que en el mes de Febrero se registró un valor igual a los presentados por la estación de El Dorado de propiedad del IDEAM⁵, el mes de Diciembre fue el único que registro un valor un poco mayor (0.03 °C), durante los demás meses las temperaturas medias fueron inferiores a las históricas del IDEAM alcanzando hasta 1 °C

⁵ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

de diferencia en Julio. Los meses de Febrero y Mayo fueron los más calurosos del año y los más fríos fueron los de Julio y Noviembre como lo muestra la Figura 53.

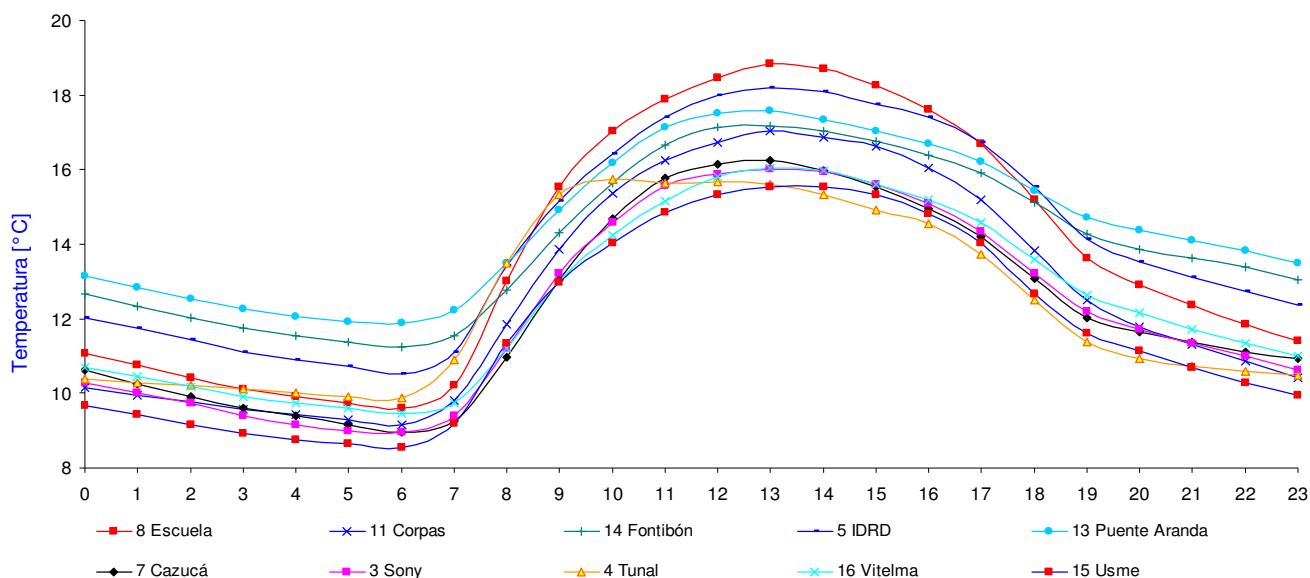


Figura 52. Promedios horarios de Temperatura Superficial

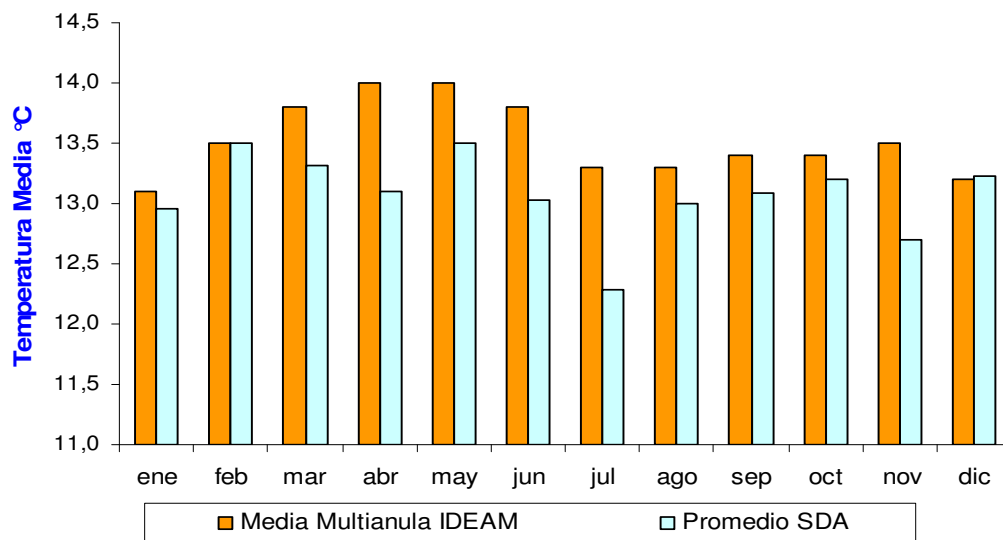


Figura 53. Temperatura media registrada en la RMCAB Vs. Temperatura media multianual del IDEAM

El promedio de la temperatura superficial por meses tomada en cada estación durante el 2006 se presenta en la Tabla 31 junto con la media multianual del IDEAM.

Tabla 31. Temperaturas medias mensuales por Estación

Mes	Estaciones											Media Multianual IDEAM	Prom RMCAB
	3 Sony	4 Tunal	5 IDRD	6 Carrefour	7 Cazucá	8 Escuela	11 Corpas	13 Pte. Aranda	14 Fontibón	15 Usme	16 Vitelma		
Ene	11,1		13,8		12,4	13,7	14,2	14,5	14,1	12,3	10,6	13,1	13,0
Feb	13,0	12,4	14,4		13,7	14,2	13,4	15,3	14,6	12,6	11,3	13,5	13,5
Mar	14,7	12,6	13,8		14,4	13,8	13,0	14,4	13,8	12,1	10,6	13,8	13,3
Abr	11,8	11,8	13,9		11,9	14,0	12,5	14,5	13,9	13,3	13,4	14,0	13,1
May	11,8	12,8	14,1		12,1	14,1	12,4	14,6	14,1	12,8	16,2	14,0	13,5
Jun	10,9	12,3	14,1		11,9	13,7	12,3	14,4	13,9	10,6	16,1	13,8	13,0
Jul	12,2	12,2	14,1		11,9	13,4	12,8	13,6	13,9	6,6		13,3	12,3
Ago	15,6	12,3	14,3		12,0	13,7	12,2	14,6	14,1	9,1	12,1	13,3	13,0
Sep	13,2	12,6	14,3		12,0	13,6	12,1	14,8	14,2	12,1	12,0	13,4	13,1
Oct	10,8	12,8	14,0	15,8	12,0	13,8	12,3	14,6	14,3	12,5	12,2	13,4	13,2
Nov	10,8		13,7		11,8	13,6	11,9	14,5	13,8	12,4	11,8	13,5	12,7
Dic	11,7		16,5	12,6	11,7	13,9	12,5	14,7	14,2	12,4	12,1	13,2	13,2
Media	12,3	12,4	14,3	14,2	12,3	13,8	12,6	14,5	14,1	11,6	12,6	13,5	13,1

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura, se observa que en general, entre las 19:00 horas y las 7:00 horas (durante la noche y parte de la mañana), se presenta un fenómeno de inversión térmica, como se muestra en la Figura 54. Esto significa que en ese período, la temperatura en la superficie del suelo es menor a la temperatura medida a mayor altura, en este caso, la temperatura a 2 metros es menor que la temperatura a 8 y a 20 metros de altura. Esta condición implica que el aire que está a nivel de superficie es más frío que el que está a 20 metros de altura, lo que no permite el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes del aire. Es decir, la contaminación que llega al aire en horas de la noche no puede ser dispersada fácilmente, lo que puede ocasionar un aumento de la concentración en atmósfera.

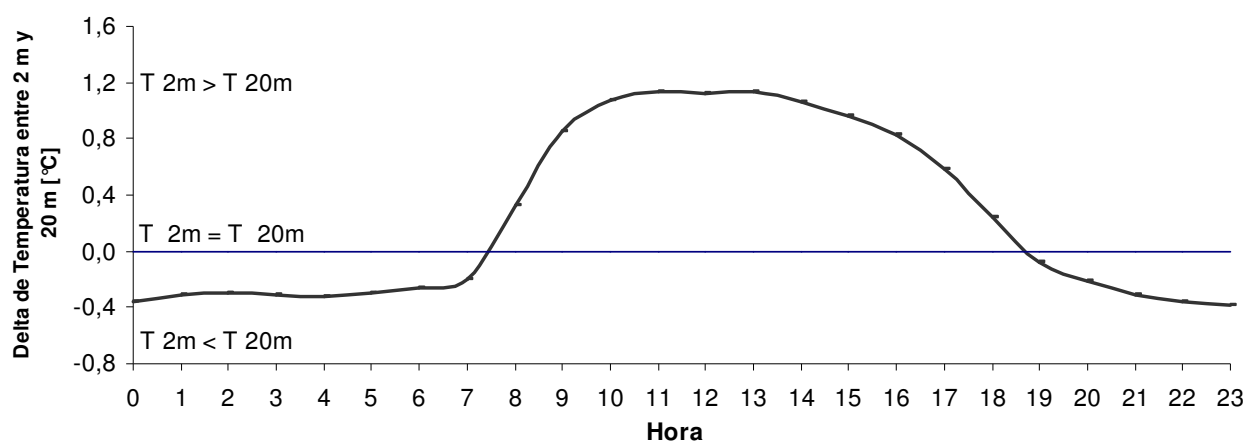


Figura 54. Diferencia de la temperatura a 20 metros con respecto a la temperatura a 2 m de altura

Para el año 2006 se generaron 2628 horas de inversión térmica en la estación No. 8 Escuela (sector norte), llegando alcanzar diferencias hasta de 2,7 °C, la cual se registró el 22 de mayo a las 08:00. Las inversiones térmicas constituyen una condición limitante para la dispersión de contaminantes porque producen una reducción del volumen efectivo de aire en que estos se emiten y posteriormente se dispersan, generando lo que se denomina Estabilidad Atmosférica. Este fenómeno consiste en tener una franja en la atmósfera donde la velocidad y dirección horizontal del viento son suaves y no se producen cambios notables en la temperatura del aire, lo cual evita el movimiento de dichas masas de aire, y por lo tanto, la dispersión de contaminantes. La Figura 54 muestra las horas en que se presenta este fenómeno, con un delta de temperatura negativo durante la noche y parte de la mañana en la estación No. 8 Escuela (sector norte).

2.4 RADIACIÓN SOLAR

La irradiancia es una medida de intensidad de la radiación solar al alcanzar una superficie horizontal. Esta irradiación incluye el componente directo del sol y el componente reflejado desde el resto del cielo. Las lecturas de radiación solar dan una medida de la cantidad de radiación proveniente del sol y que llega al sensor a cualquier hora.

En el presente año, se obtuvieron datos de radiación global en cuatro (4) estaciones de la Red, la No. 5 IDRD (Sector Central), la No. 8 Escuela (Sector Norte), No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur), en donde se encuentran los sensores de medición de radiación solar, a partir del cual se han tomado los registros entre las 5:00 y las 19:00 horas con el objeto de hallar los acumulados diarios, máximos horarios, máximos diarios y promedios de radiación solar. Es importante resaltar que en este rango de horas es cuando se registra radiación solar en Colombia.

En la Figura 55 se puede observar la radiación en las cuatro estaciones en relación al mínimo de promedio diarios, promedio anual, máximo de los promedios diarios, el máximo horario.

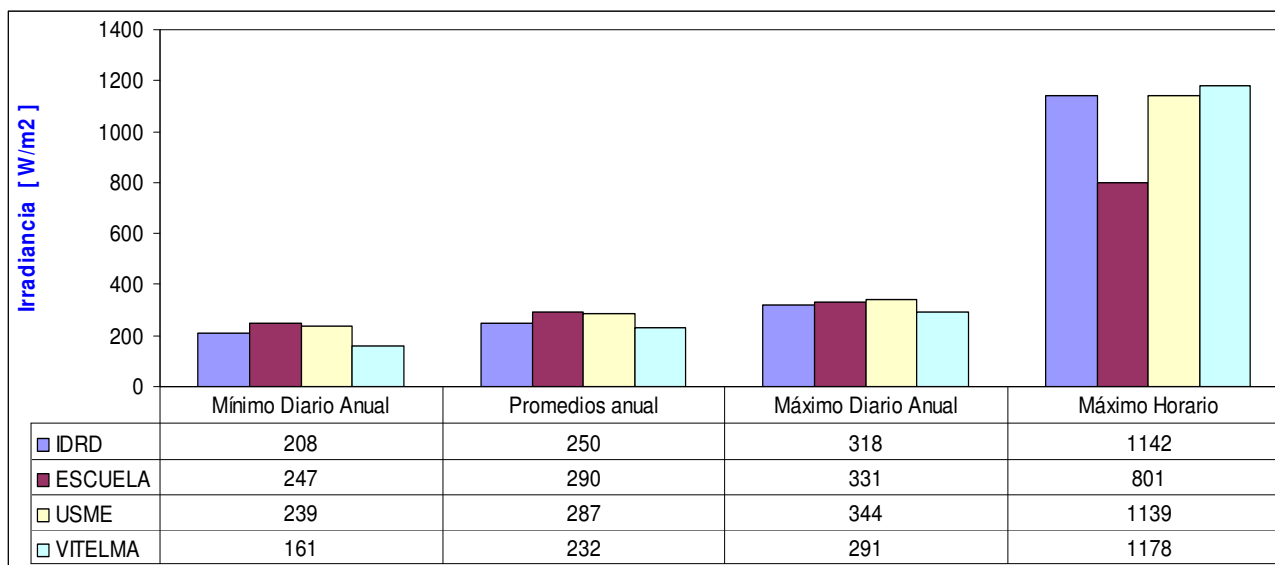


Figura 55. Radiación solar durante el año 2006.

Se observa que los valores registrados por la estación No. 16 Vitelma (sector sur) en lo referente al mínimo, promedio y máximo diario anual, fueron inferiores a los registrados en las otras tres (3) estaciones de la RMCAB, los demás valores fueron similares entre ellos, pero se debe resaltar la diferencia en los registros máximos horarios en donde el mayor valor de radiación solar durante el año fue de 1178 W-h/m², en la estación No. 16 Vitelma (sector sur) el domingo 26 Febrero a las 12:00, seguida de las estaciones No. 5 IDR (Sector Centro) con 1142 W-h/m² el sábado 2 de septiembre a las 13 horas y la No. 15 Usme (sector sur) el sábado 11 de marzo a las 12 horas con 1139 W-h/m², la de menor valor de las máximas se registró en la No. 8 Escuela (Sector Norte) con 801 W-h/m² el jueves 16 de febrero a las 10:00 horas. En la Tabla 32 se presentan los valores promedios mensuales y los máximos presentados por mes y por estación para el año 2006 y en la Figura 56 se muestra los promedios mensuales por estación, mostrando que los meses de enero, febrero, agosto y septiembre, fueron en donde la radiación solar registra los valores más altos.

Tabla 32. Promedios mensuales y máximos horarios de radiación solar año 2006

Mes	PROMEDIOS MENSUALES				MÁXIMOS HORARIOS POR MES			
	IDRD	Escuela	Usme	Vitelma	IDRD	Escuela	Usme	Vitelma
Enero	298	288	308	232	968	799	1065	1093
Febrero	318	339	338	304	1092	801	1117	1178
Marzo	206	254	262	97	1117	801	1139	712
Abril	219	247	241	147	1081	799	1107	1086
Mayo	225	266	260	236	1036	795	1010	1007
Junio	264	296	254	258	975	780	919	981
Julio	279	311		269	1030	799		1128
Agosto	271	309	367	280	1139	791	1113	1108
Septiembre	279	320	301	294	1142	789	1075	1107
Octubre	235	266	243	193	1059	793	1096	1068
Noviembre	176	290	269	212	925	792	1015	1039
Diciembre	235	293	316	262	945	765	1070	1039

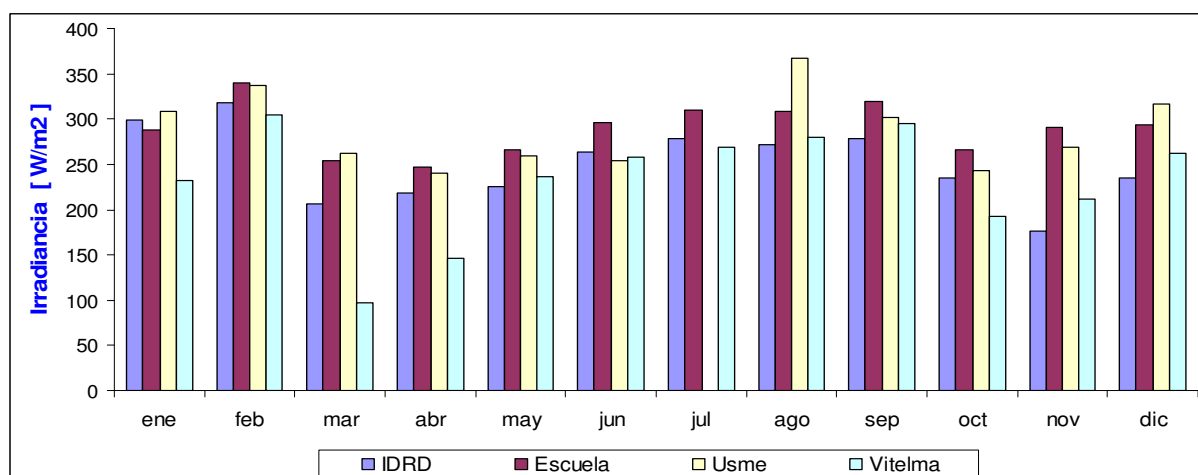


Figura 56. Promedios mensuales de Radiación solar para el año 2006

Para el periodo horario se puede observar que la mayor intensidad de radiación solar fue entre las 10:00 y las 14:00 horas para la estación No. 5 IDRD (sector centro), entre las 9:00 y las 15:00 horas en la No. 8 Escuela (sector norte) y en la No. 15 Usme entre las 10:00 y las 15:00 horas y para la No. 16 Vitelma (sector sur) está entre las 11:00 y las 14:00 horas. La Tabla 33 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora.

Tabla 33. Promedios y máximos horarios de radiación en 2006

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Prom IDRD W-h/m ²	1	1	41	181	326	426	499	498	501	445	366	274	146	37	1
Prom Escuela W-h/m ²	0	2	55	223	430	532	555	549	540	492	418	332	200	54	1
Prom Usme W-h/m ²	1	2	48	194	360	502	592	606	566	490	412	293	151	27	1
Prom Vitelma W-h/m ²	0	1	33	146	264	372	463	487	477	411	339	247	134	33	1
Máx IDRD W-h/m ²	20	22	122	434	697	903	1002	1117	1142	994	906	711	438	159	16
Máx Escuela W-h/m ²	1	10	177	467	728	799	801	799	801	800	799	771	613	218	6
Máx Usme W-h/m ²	76	77	183	441	763	969	1086	1139	1117	1021	848	699	638	203	76
Máx Vitelma W-h/m ²	14	15	100	412	744	835	1032	1178	1108	1128	883	763	414	150	23

En la Figura 57 se observa la radiación máxima y media en cada hora. La radiación solar se incrementa de manera casi lineal desde las 6:00 hasta las 10:00, posteriormente empieza un rango de datos máximos hasta las 13 horas, para empezar un rápido descenso que se termina cuando el sol se oculta después de las 18 horas.

Se determina que la radiación máxima presentada en la estación No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sector sur) y la No. 5 IDRD (sector centro) fueron las de mayor intensidad, con un comportamiento similar; mientras que la No. 8 Escuela (sector norte) registra los datos menores, y registra un comportamiento casi lineal en las horas de la tarde. Para los promedios se observa que las 4 estaciones tienen un comportamiento similar entre ellas, encontrando los menores promedios horarios en la No. 16 Vitelma (sector sur) y los máximos promedios horarios en la No. 15 Usme también ubicada en el sur de la ciudad.

En el presente año en la estación No. 5 IDRD (sector central) se instalaron los sensores de radiación global⁶, radiación difusa⁷ y radiación directa⁸. Su comportamiento promedio horario entre las 5:00 y 19:00 horas de los sensores se muestra en la Figura 58 y La Tabla 34 se indican los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora en esta misma estación.

⁶ Toda la radiación que llega a la Tierra, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa, se llama radiación global

⁷ Si el flujo de radiación solar encuentra pequeñas partículas en su camino hacia la Tierra, una parte de esta energía es difundida en todas direcciones y se llama radiación difusa.

⁸ Es la radiación que llega a la superficie de la Tierra en forma de rayos provenientes del Sol sin cambios de dirección

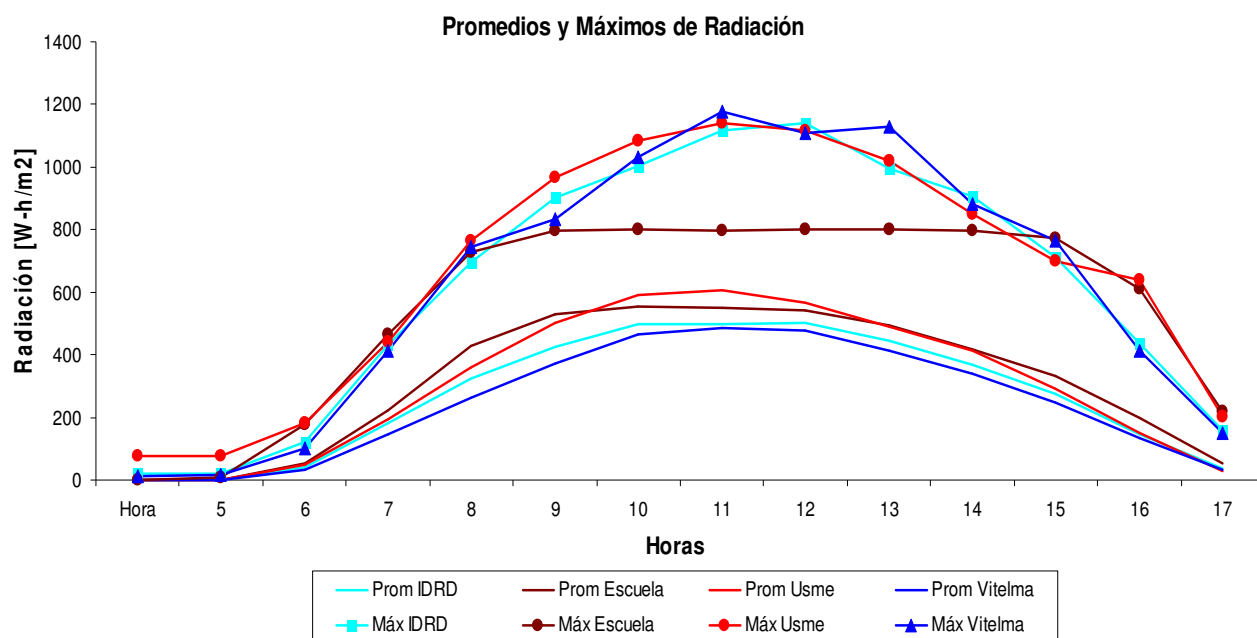


Figura 57. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2006.

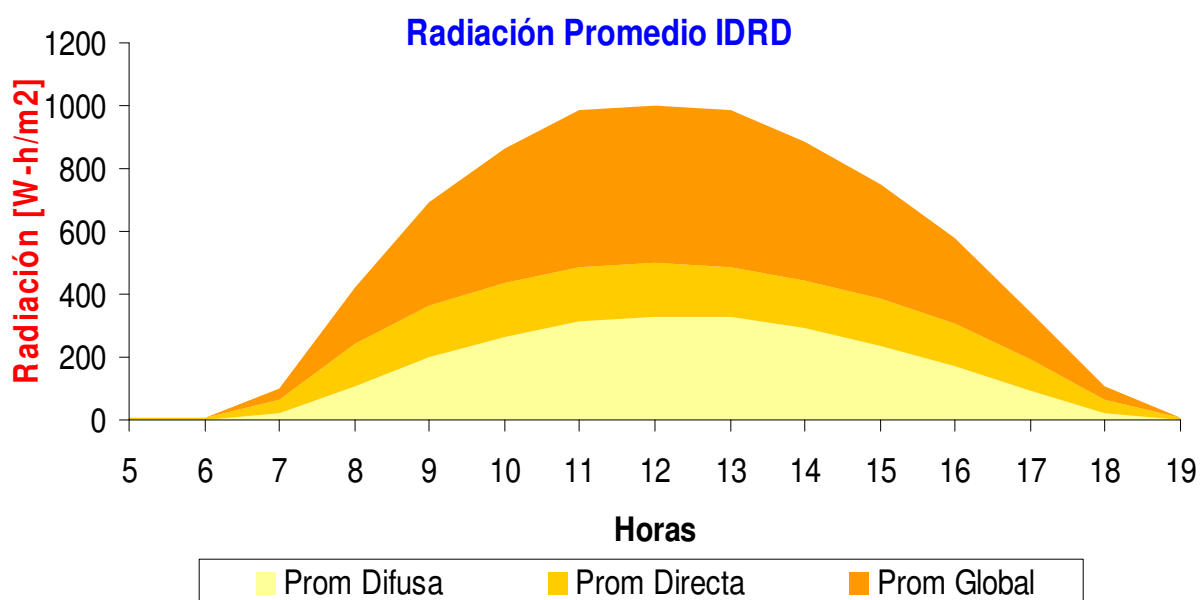


Figura 58. Promedios la radiación por hora la estación No. 5 IDRD.

Tabla 34. Promedios y máximos horarios de la radiación en la estación No. 5 IDRD

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Hora	Promedio Difusa	Máxima Difusa	Promedio Directa	Máxima Directa	Promedio Global	Máxima Global
5	0,6	54,0	3,9	90,3	0,8	20,3
6	0,8	53,9	4,0	84,7	1,5	22,2
7	22,7	97,6	39,6	362,8	40,6	122,4
8	108,9	361,0	134,7	714,6	180,5	433,9
9	198,5	620,3	165,9	861,0	325,7	696,5
10	267,5	878,2	170,7	920,4	425,8	903,2
11	311,8	923,7	176,8	1012,1	498,7	1002,4
12	332,0	986,9	166,0	1023,8	498,5	1116,9
13	331,4	906,6	156,7	994,2	500,5	1142,2
14	289,8	847,3	154,5	963,0	444,7	993,6
15	238,2	793,5	148,2	819,2	366,2	906,3
16	172,0	590,7	135,9	849,0	273,7	711,2
17	91,4	409,5	102,5	720,1	146,3	437,7
18	21,4	120,5	45,2	499,2	37,2	159,3
19	0,7	53,7	4,5	92,0	1,0	16,5

2.5 HUMEDAD RELATIVA

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

La RMCAB para el presente año contó con tres estaciones que tenían sensores de humedad relativa, que fueron la No. 8 Escuela (Sector Norte), la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma (sector sur), se realiza el análisis de variación horaria que tiene cada una de ellas. La máxima humedad relativa fue de 100% en la estación No. 16 Vitelma, muy similar a la registrada en la No. 8 Escuela (sector norte) con 99.9%, para la No. 15 Usme de 99.7% (sector sur).

En la Figura 59 se puede observar el promedio de la Humedad Relativa en las tres estaciones, de donde se puede advertir que generalmente a partir de las 08:00 horas empieza una reducción del porcentaje de humedad relativa, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial; luego, alrededor de las 17:00 horas comienza a aumentar progresivamente, justo cuando la temperatura superficial comienza a descender. En general, las horas con menor humedad relativa están entre las 08:00 y las 18:00 y las horas con mayor humedad relativa se encuentran entre las 19:00 y 07:00 horas. La estación No. 8 Escuela (sector norte) presenta un nivel menor de humedad en comparación con las otras dos estaciones, mientras que la No. 16 Vitelma (sector sur) presenta los máximos valores promedios de las tres estaciones, este orden sucede con los datos promedios

anuales. Los promedios horarios y los porcentajes máximo y mínimo de humedad relativa en cada hora se presentan en la Tabla 35.

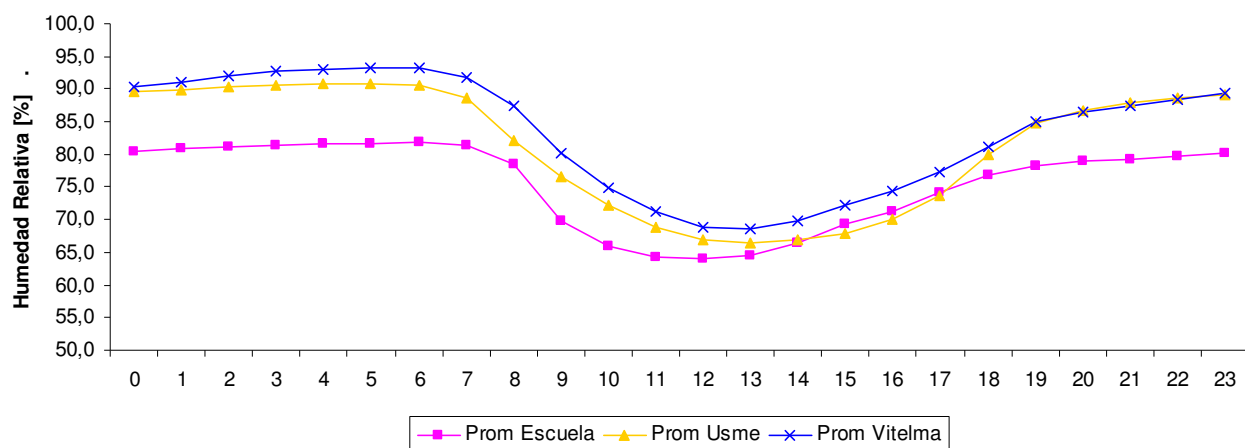


Figura 59. Comportamiento horario de la humedad relativa

Tabla 35. Datos horarios de humedad

hora	Promedio Escuela	Máximo Escuela	Mínimo Escuela	Promedio Usme	Máximo Usme	Mínimo Usme	Promedio Vitelma	Máximo Vitelma	Mínimo Vitelma
0	80,5	99,3	66,7	89,6	98,8	78,1	90,3	100,0	70,0
1	80,9	99,5	67,3	89,9	99,7	76,3	91,0	100,0	70,6
2	81,2	99,6	67,3	90,3	99,1	76,7	92,1	100,0	71,6
3	81,4	99,4	67,5	90,7	99,7	66,5	92,8	100,0	68,1
4	81,6	99,6	68,4	90,7	98,8	61,2	93,1	100,0	70,3
5	81,6	99,6	68,8	90,9	99,2	55,3	93,2	100,0	68,7
6	81,8	99,8	68,9	90,6	99,4	59,2	93,2	100,0	71,7
7	81,3	99,0	68,4	88,6	98,7	57,5	91,8	100,0	62,0
8	78,4	97,0	64,9	82,1	98,2	43,7	87,3	99,6	60,1
9	69,7	98,6	39,8	76,7	97,0	37,8	80,3	99,2	44,2
10	65,9	96,6	37,2	72,1	98,2	34,9	74,9	98,8	37,6
11	64,3	93,0	39,4	68,8	96,4	27,5	71,2	97,6	35,9
12	64,0	92,9	38,8	66,8	96,6	21,9	68,9	95,4	29,2
13	64,4	92,2	39,8	66,5	97,9	24,8	68,6	98,6	28,8
14	66,5	96,3	37,6	66,8	94,9	31,2	69,7	99,6	27,5
15	69,3	98,1	38,8	67,8	97,7	31,7	72,3	99,6	31,8
16	71,1	96,8	48,4	69,9	98,0	34,3	74,4	99,6	39,4
17	74,2	97,0	55,6	73,7	97,5	33,3	77,4	99,6	42,7
18	76,9	98,9	65,2	79,8	98,2	48,5	81,2	99,8	46,7
19	78,2	99,1	65,8	84,9	99,3	57,5	85,0	100,0	60,0
20	78,9	99,7	66,2	86,7	98,2	63,1	86,5	100,0	67,4
21	79,3	98,7	66,3	87,8	98,2	68,6	87,4	100,0	52,3
22	79,7	99,9	66,9	88,6	99,2	72,9	88,5	100,0	51,7
23	80,1	99,4	66,7	89,1	98,3	75,9	89,3	100,0	61,1

En la Figura 60 se muestra el comportamiento que tuvo la Humedad Relativa para el año 2006, en donde puede observar en las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma, ambas ubicadas al sur, registraron los promedios anuales mayores y también se observa que en los valores mínimos el comportamiento es contrario, ya que la No. 8 Escuela registró el mayor valor mínimo.

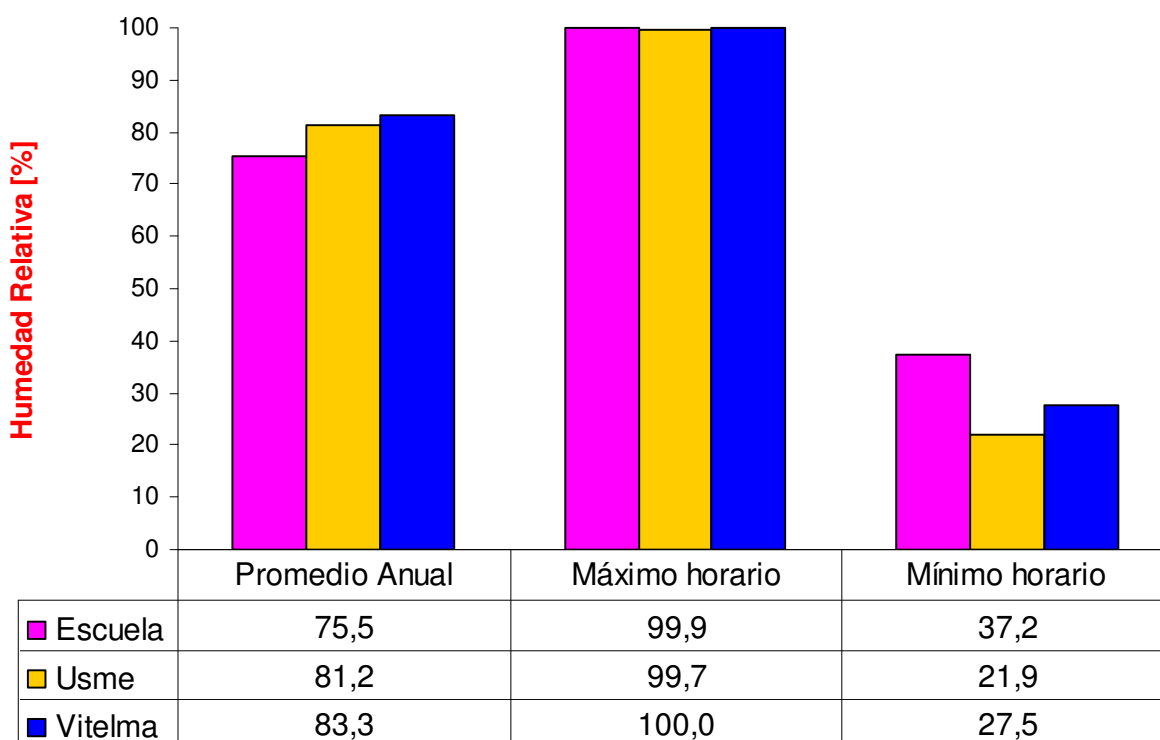


Figura 60. Relación de la Humedad Relativa para el año 2006

Los promedios mensuales y los porcentajes máximo y mínimo diarios de humedad relativa para cada mes se describen en la Tabla 36. La representación del comportamiento mensual de la Humedad Relativa en las estaciones de la RMCAB se observa en la Figura 61, en donde se nota que los meses de enero, de marzo a junio y noviembre a diciembre del año, es donde la humedad relativa es mayor, adicionalmente se observa que en el presente año los meses de febrero y septiembre fueron los de menor humedad relativa. Adicionalmente se determina que en los meses de agosto a noviembre en la estación No. 8 Escuela (sector norte) registro los valores promedios mensuales más bajos en comparación con las otras dos (2) estaciones de la RMCAB.

Tabla 36. Humedad relativa mensual

Mes	Promedio Escuela	Máximo Diario Escuela	Mínimo Diario Escuela	Promedio Usme	Máximo Diario Usme	Mínimo Diario Usme	Promedio Vitelma	Máximo Diario Vitelma	Mínimo Diario Vitelma
enero	69,78	72,06	67,75	77,95	87,74	57,88	86,70	96,62	74,94
febrero	72,90	76,13	68,48	74,25	84,56	59,18	78,00	86,89	64,51
marzo	81,69	93,94	63,49	81,18	92,01	71,53	85,16	95,27	72,84
Abril	84,37	90,87	74,91	84,37	92,22	76,78	86,50	94,89	73,86
mayo	83,25	90,87	73,89	84,21	94,84	61,14	84,10	96,30	61,68
Junio	81,07	89,49	76,97	84,55	89,48	81,52	84,21	93,46	77,72
Julio	79,14	89,45	73,62	82,98	92,29	74,15	83,24	95,60	70,40
agosto	69,77	76,79	67,54	81,28	88,36	74,38	80,96	86,09	74,45
septiembre	68,54	71,15	66,62	79,45	89,90	70,99	76,98	85,42	68,22
octubre	70,12	73,16	68,58	82,75	92,97	74,36	85,11	95,80	74,54
noviembre	67,96	72,19	64,84	82,79	94,75	72,25	85,03	98,08	75,11
diciembre	78,46	81,15	77,06	79,32	88,59	72,83	83,32	93,51	74,51
Media	75,59	81,44	70,31	81,26	90,64	70,58	83,28	93,16	71,90

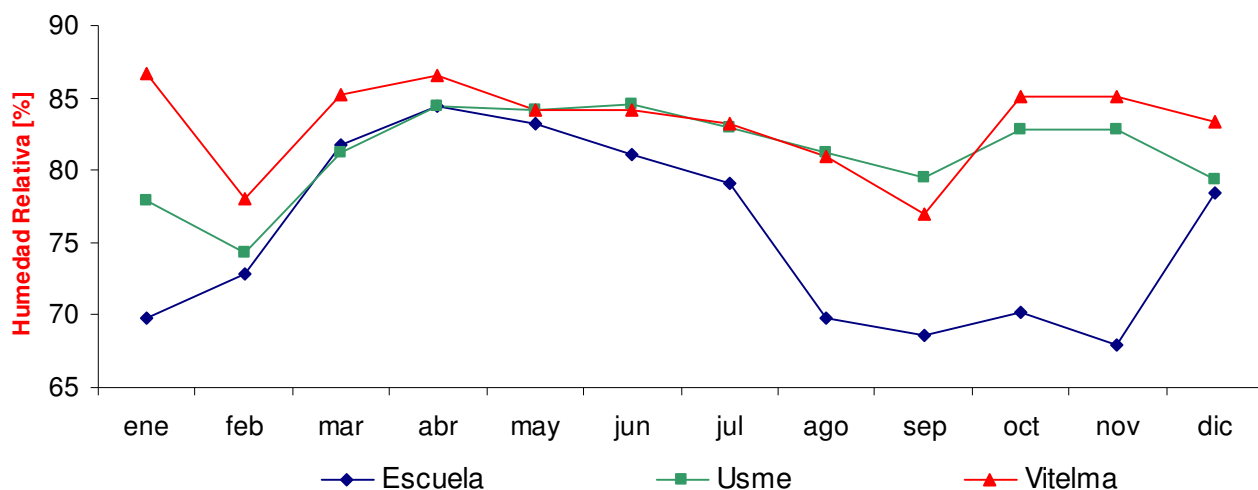


Figura 61. Comportamiento Mensual de Humedad Relativa

2.6 PRESIÓN BAROMÉTRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra, esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como

presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local.

Para el presente año, se tienen datos de la estación No. 6 Carrefour (Sector Noroccidente) para los primeros 4 meses del año, donde se encontró que el promedio de presión barométrica fue de 540,8 mmHg (721,0 hPa) y presentó un máximo de 563,1 mmHg (750,7 hPa) el cual se registró el martes 3 de enero, a las 09:00 horas.

En la Tabla 37 se presentan los valores de presión barométrica registrados en cada hora tanto en promedio, como el máximo y mínimo.

Tabla 37. Promedio, Máximos y Mínimo por hora en radiación durante el año de 2006

Hora	Promedio Carrefour	Máxima Carrefour	Mínima Carrefour
0	540,8	562,9	537,2
1	540,9	562,8	537,3
2	540,7	562,8	537,1
3	540,6	562,6	537,0
4	540,6	562,6	537,0
5	540,6	562,6	537,1
6	540,7	562,7	537,2
7	540,9	562,8	537,3
8	541,0	563,0	537,5
9	541,2	563,1	537,6
10	541,1	563,0	537,7
11	541,3	562,9	536,2
12	541,1	562,8	531,5
13	541,0	562,6	537,3
14	540,8	562,5	537,0
15	540,6	562,4	537,0
16	540,5	562,3	536,8
17	540,2	562,4	536,7
18	540,3	562,5	536,9
19	540,4	562,5	536,9
20	540,6	562,6	537,1
21	540,7	562,7	537,3
22	540,7	562,9	531,6
23	540,8	562,9	537,3

2.7 CLIMOGRAMA

Al cruzar la información que se obtiene con la temperatura y la precipitación puede crearse el Climograma, que es un gráfico que muestra la tendencia del clima para una región cuando se construye con información de más de diez años, o muestra el comportamiento del tiempo climatológico para periodos menores, se construye graficando a dos ejes los valores de precipitación

acumulada mensual, generalmente mediante barras, y los valores de temperatura media mensual, mediante una línea, contra los meses del año, teniendo cuidado de generar en el eje de precipitación una escala del doble de valor a la escala de temperaturas; en nuestro caso se presenta en la Figura 62 el climograma específico del año 2006 para la ciudad de Bogotá D.C. con el promedio de los datos de precipitación y temperatura de todas las estaciones, en él podemos observar que, según el índice xerotérmico del francés Gaussen, los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Diciembre fueron secos, ya que presentaron algún índice de aridez (la barra de precipitación se encuentra debajo de la línea de temperatura), seguidos muy de cerca del mes de Febrero, también se observa que, como ya se mencionó, se encuentran dos épocas de lluvias, una principal de Marzo a Junio y otra secundaria en Octubre y Noviembre; según el IDEAM, para los meses de Julio, Agosto y Septiembre en la estación de El Dorado se calculó un índice de sequía inferior a -1, considerando a estos meses como Secos.

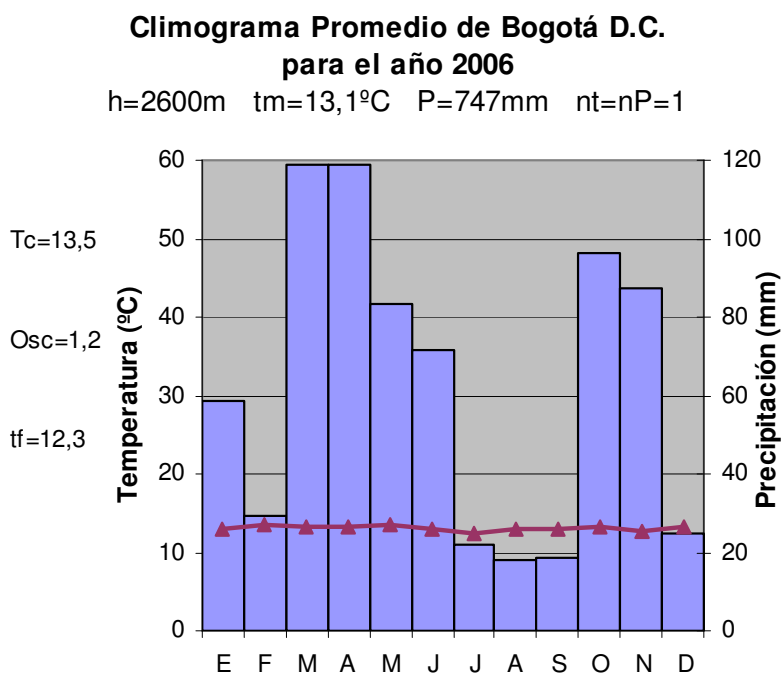


Figura 62. Climograma de Bogotá D.C. para el año 2006

3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS

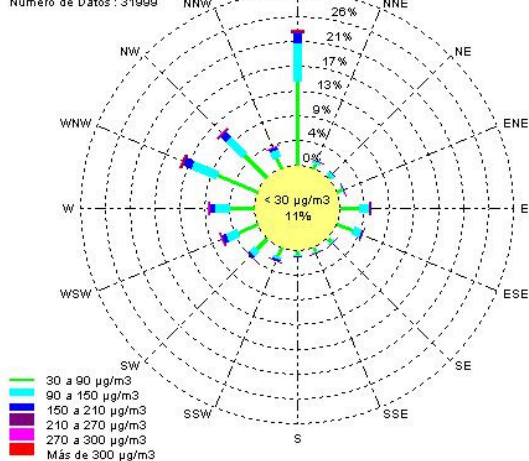
3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM10

Las rosas de contaminación para PM10 ilustran la manera como se detecta el flujo de partículas menores a 10 micras según los vientos en cada estación. En el centro de cada rosa está el porcentaje de partículas cuya concentración es menor a la indicada en el centro, para este caso, expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Desde la hasta Figura 63 hasta la Figura 66 se presentan las rosas de contaminación de PM10 de las estaciones que tomaron mediciones de PM10 y vientos simultáneamente.

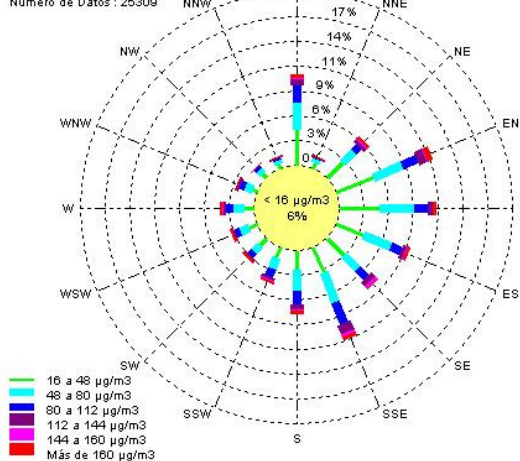
Rosa de contaminantes - Corpas. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10
Datos X-Minutales
Número de Datos : 31999



Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10
Datos X-Minutales
Número de Datos : 25309



Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10
Datos X-Minutales
Número de Datos : 42661

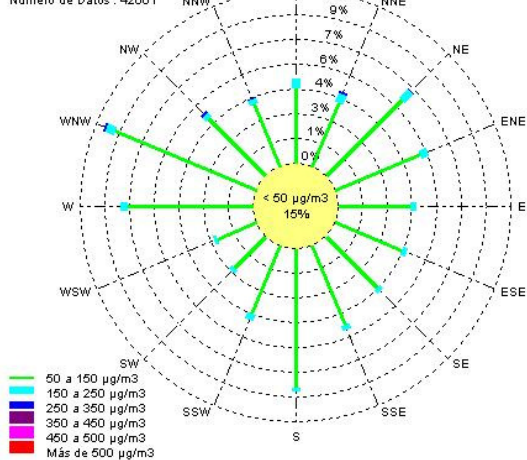


Figura 63. Rosas de Contaminación de PM10 para las estaciones Corpas, Carrefour y Fontibón.

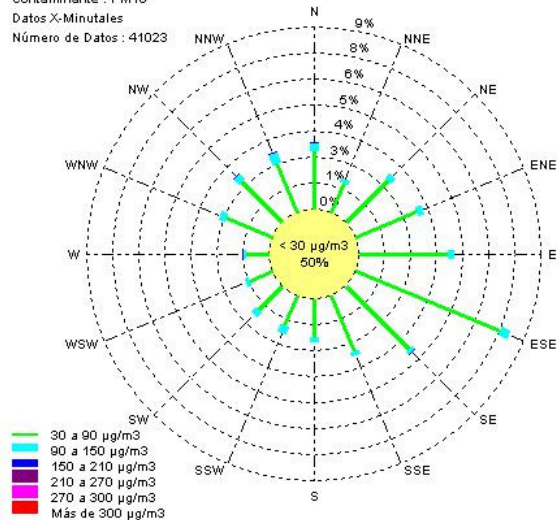
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de contaminantes - Bosque. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 41023



Rosa de contaminantes - Escuela. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 41795

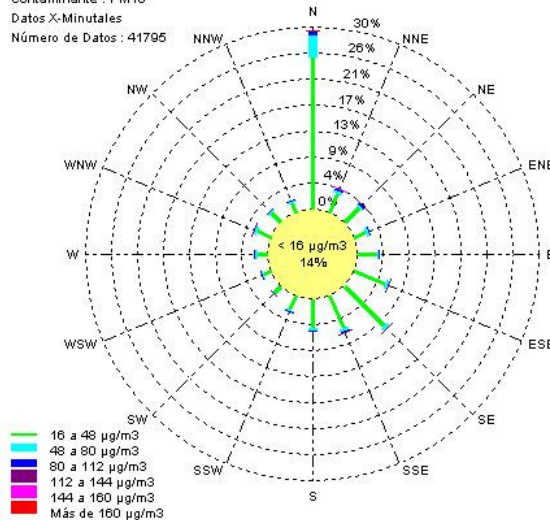


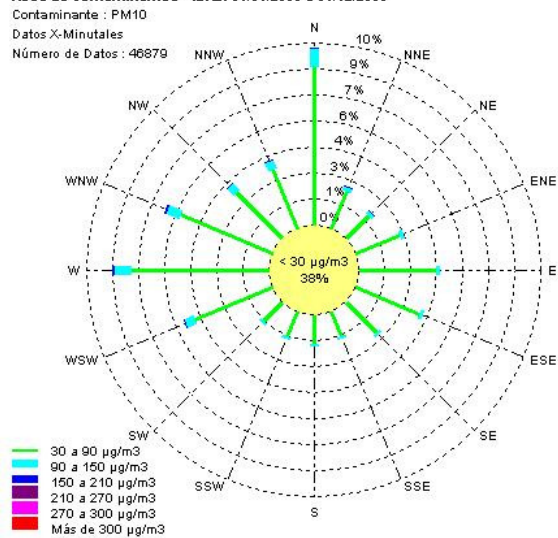
Figura 64. Rosas de Contaminación de PM10 para las estaciones Bosque y Escuela

Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 46879



Rosa de contaminantes - Puente Aranda. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 50164

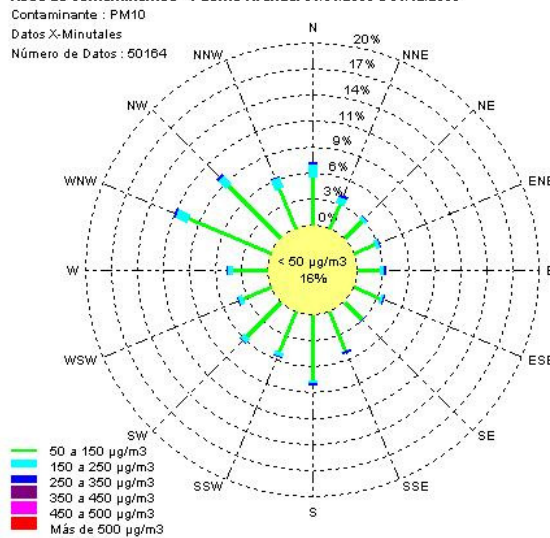


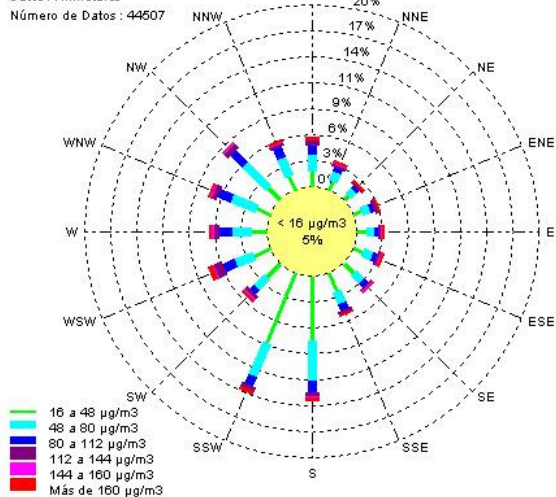
Figura 65. Rosas de Contaminación de PM10 para las estaciones IDRD, Puente Aranda.

Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44507

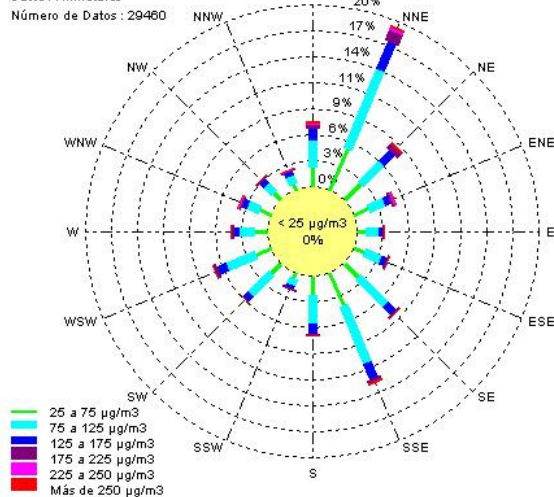


Rosa de contaminantes - Kennedy. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 29460

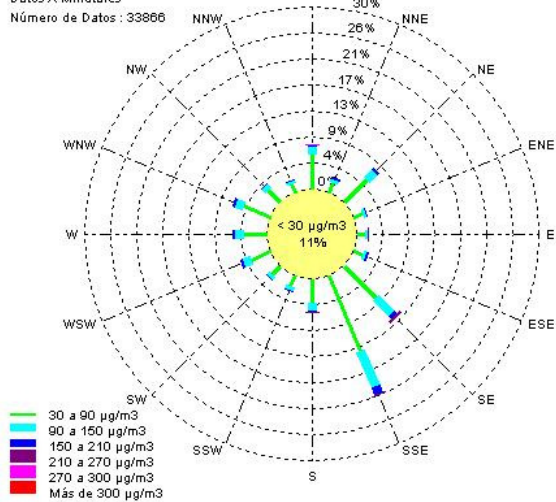


Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 33866



Rosa de contaminantes - Tunal. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 29755

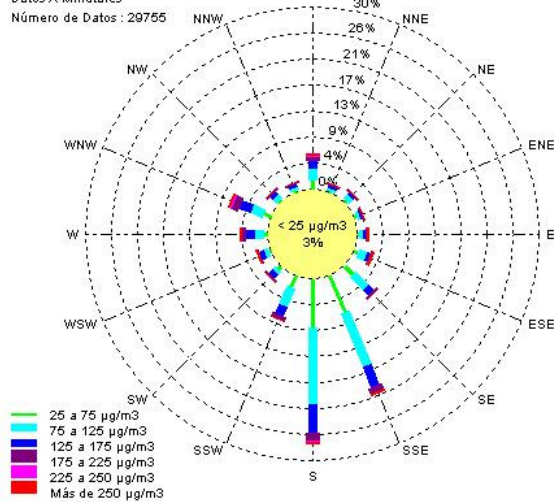
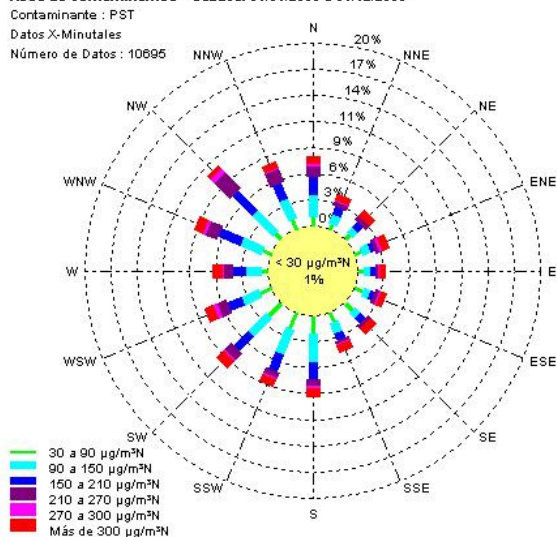


Figura 66. Rosas de Contaminación de PM10 para la estación Cazucá, Kennedy, Sony y Tunal

3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST

Los efectos de la movilidad de las partículas suspendidas totales (PST) debido al viento se pueden visualizar por medio de las rosas de contaminación. Para el año 2006 se presentan las rosas de contaminantes para PST en la estación No. 7 Cazucá (sector sur) y No. 3 Sony (Sector Sur).

Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2006 a 31/12/2006



Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2006 a 31/12/2006

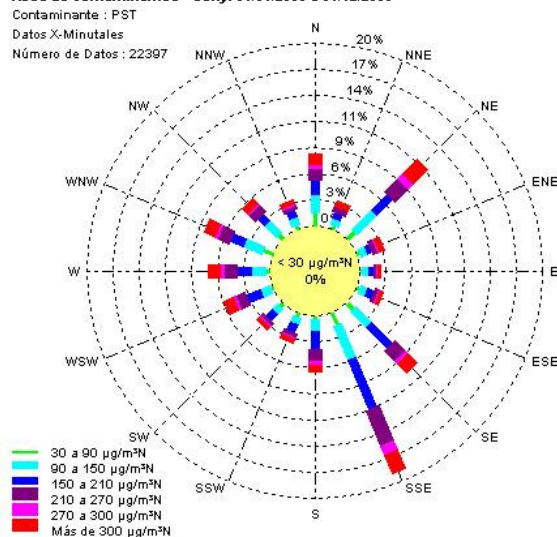
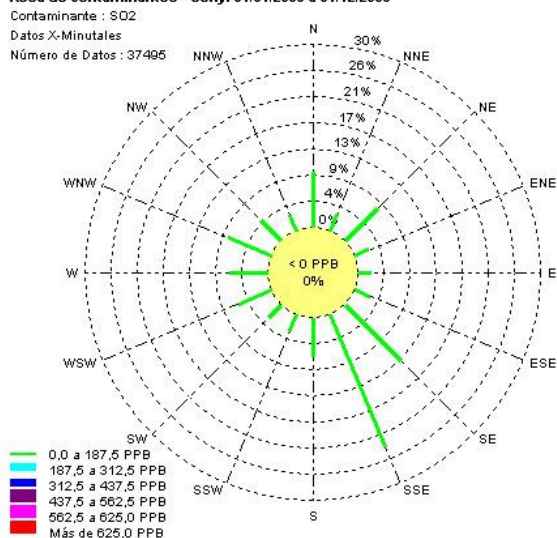


Figura 67. Rosas de Contaminación de PST para las estaciones Cazucá y Sony

3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO₂

Con los datos de las estaciones No. 3 Sony y No. 4 Tunal (Sector Sur), No. 9 Kennedy (Sector Suroccidente), No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 13 Puente Aranda (Sector Centroccidente), No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) se generaron las rosas de contaminación de SO₂ presentadas a continuación.

Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2006 a 31/12/2006



Rosa de contaminantes - Tunal. 01/01/2006 a 31/12/2006

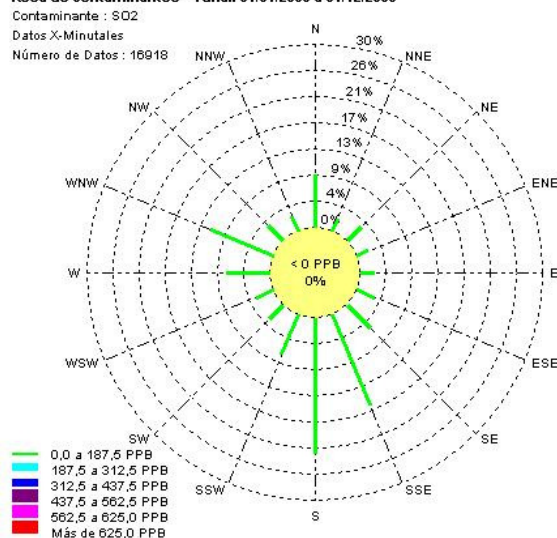
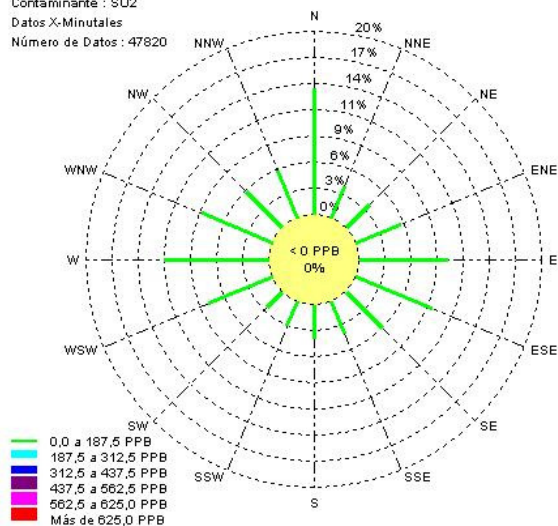


Figura 68. Rosas de Contaminación de SO₂ para las estaciones Sony y Tunal

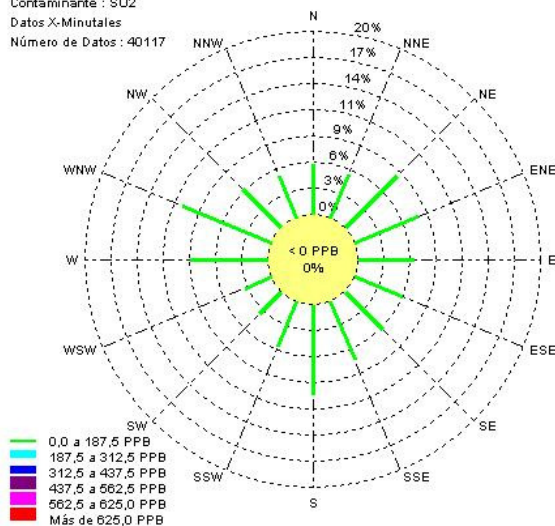
Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : SO₂
Datos X-Minutales
Número de Datos : 47820



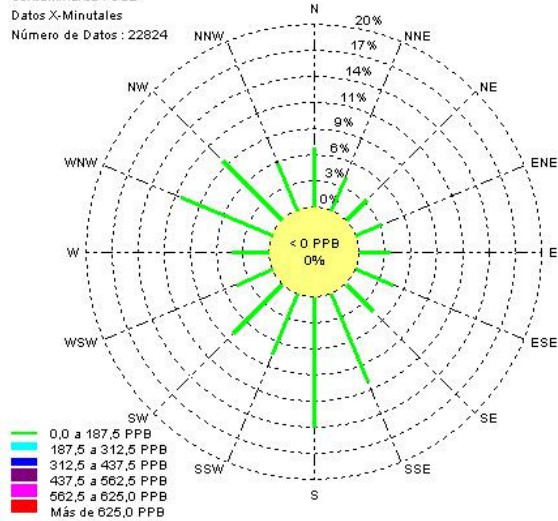
Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : SO₂
Datos X-Minutales
Número de Datos : 40117



Rosa de contaminantes - Puente Aranda. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : SO₂
Datos X-Minutales
Número de Datos : 22824



Rosa de contaminantes - Kennedy. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : SO₂
Datos X-Minutales
Número de Datos : 22761

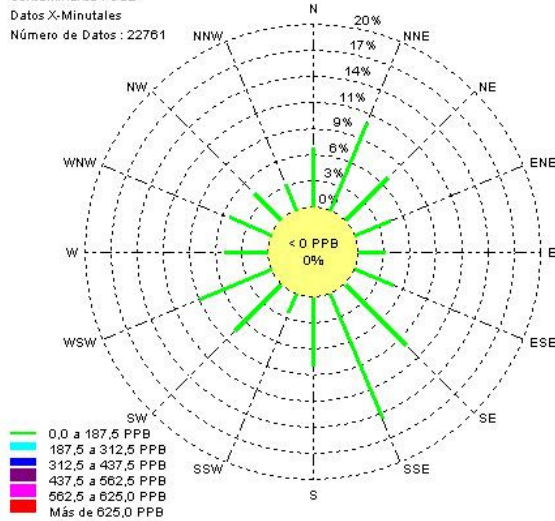


Figura 69. Rosa de Contaminación de SO₂ para las estaciones IDRD, Fontibón, Puente Aranda y Kennedy

3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO₂

Las rosas de contaminación de NO₂ de las estaciones No. 11 Corpas, No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) y No. 5 IDRD (Sector Centro) presentadas en la Figura 70, en la cual se muestra el comportamiento de este contaminante.

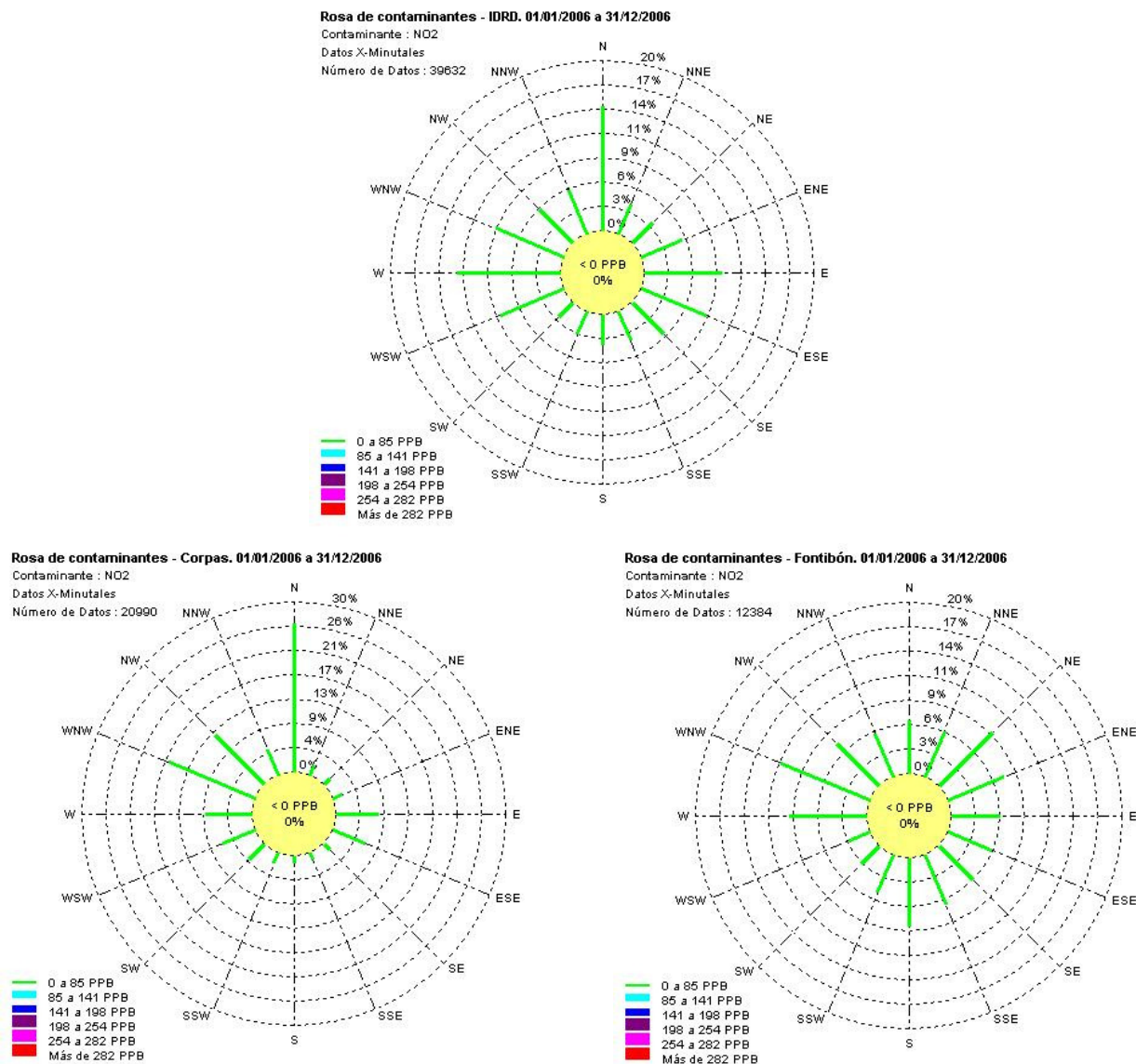


Figura 70. Rosa de Contaminación de NO₂ para las estaciones IDRD, Corpas y Fontibón.

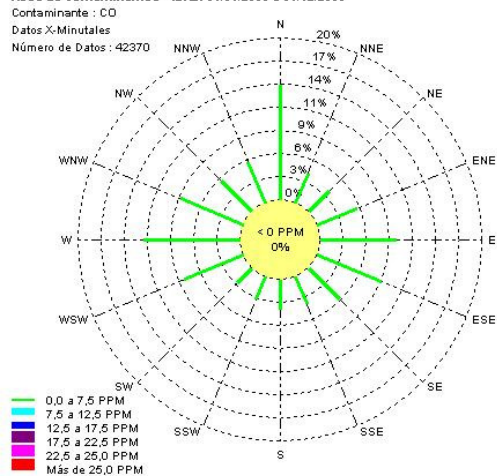
3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO

Los registros de CO de las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente) No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente), y No. 3 Sony (Sector Sur) permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 71.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

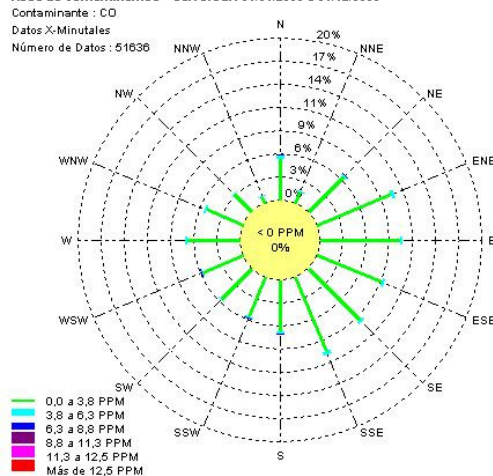
Rosa de contaminantes - IDRD, 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : CO
Datos X-Minutales
Número de Datos : 42370



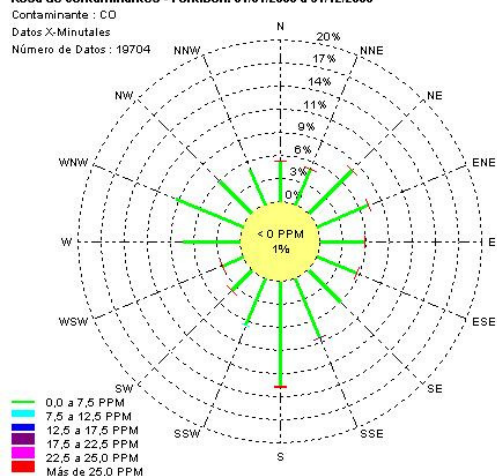
Rosa de contaminantes - Carrefour, 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : CO
Datos X-Minutales
Número de Datos : 51638



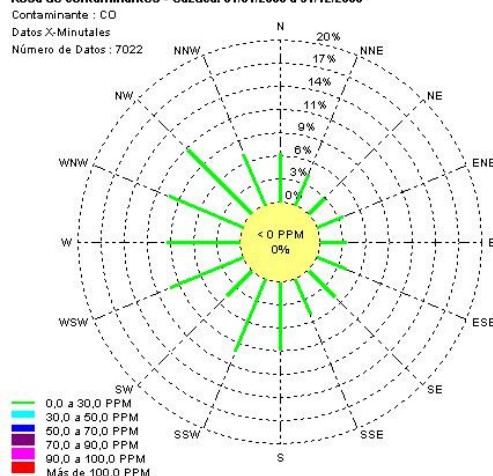
Rosa de contaminantes - Fontibón, 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : CO
Datos X-Minutales
Número de Datos : 19704



Rosa de contaminantes - Cazuca, 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : CO
Datos X-Minutales
Número de Datos : 7022



Rosa de contaminantes - Sony, 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante : CO
Datos X-Minutales
Número de Datos : 9421

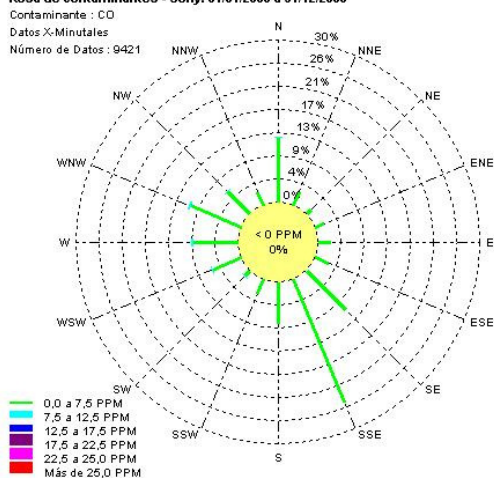


Figura 71. Rosa de Contaminación de CO para las estaciones IDRD, Carrefour, Fontibón, Cazucá y Sony

3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O₃

Los registros de O₃ de las estaciones No. 5 IDRD (Sector Centro), No. 3 Sony (Sector Sur) y No. 14 Fontibón (Sector Noroccidente), permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 72.

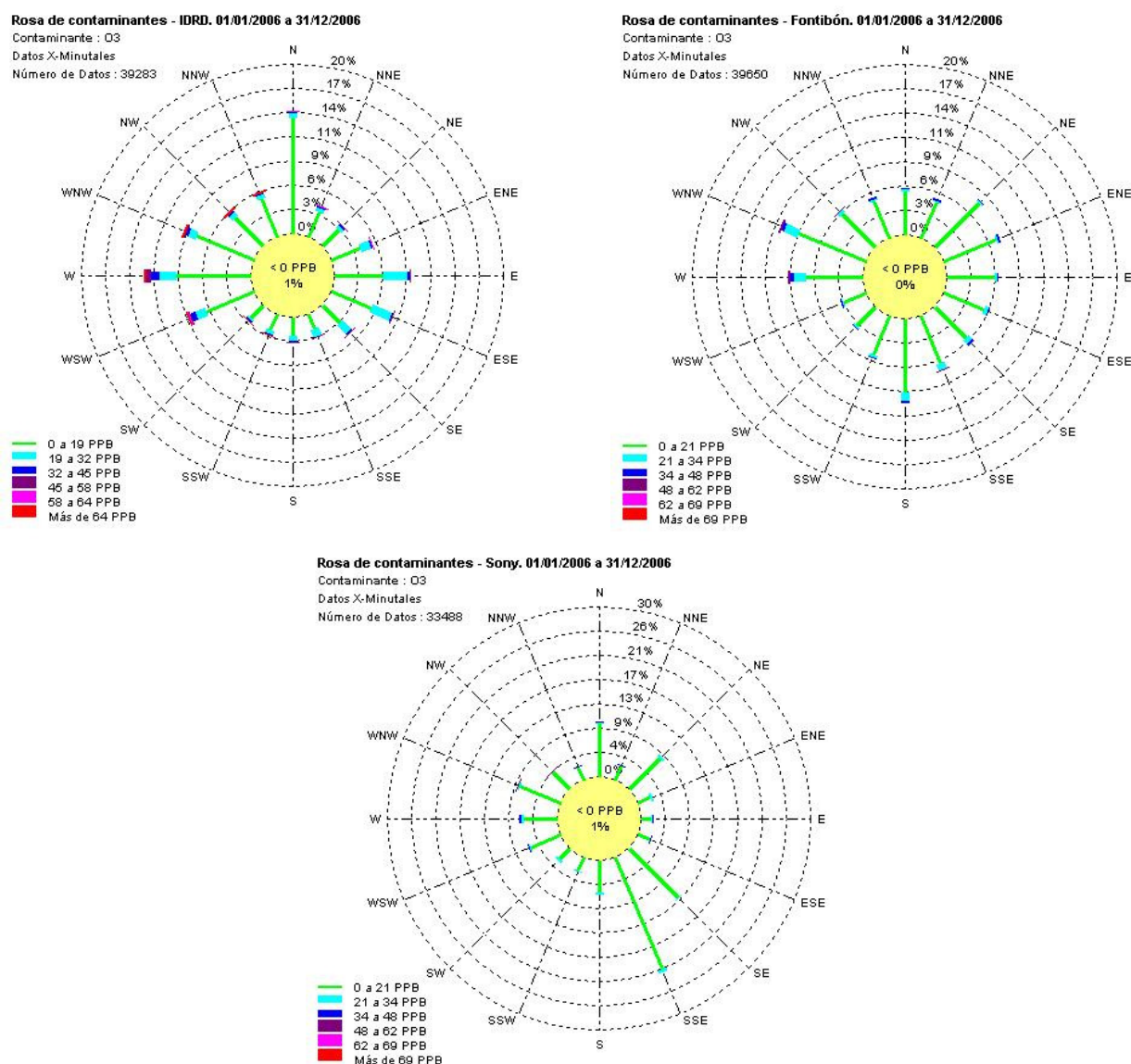


Figura 72. Rosas de contaminación de O₃ para las estaciones IDRD, Fontibón y Sony.

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.

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

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.

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.

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 y de calidad del aire 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.

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) se aplicará la siguiente ecuación:

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

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.

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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 se utiliza la siguiente ecuación:

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

Donde:

G = Promedio geométrico

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

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

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.

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 en la presente resolución son:

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

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

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

µg/m³: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

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

ANEXO No. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RED

La RMCAB está conformada por quince estaciones automáticas que 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 presenta el mapa de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, las características de las zonas de influencia de las estaciones y la relación de los sensores instalados en cada una de las mismas. Es importante resaltar que de éstas, la estación No. 2 MAVDT esta basada en tecnología OPSIS; además, existen dos estaciones que son: la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

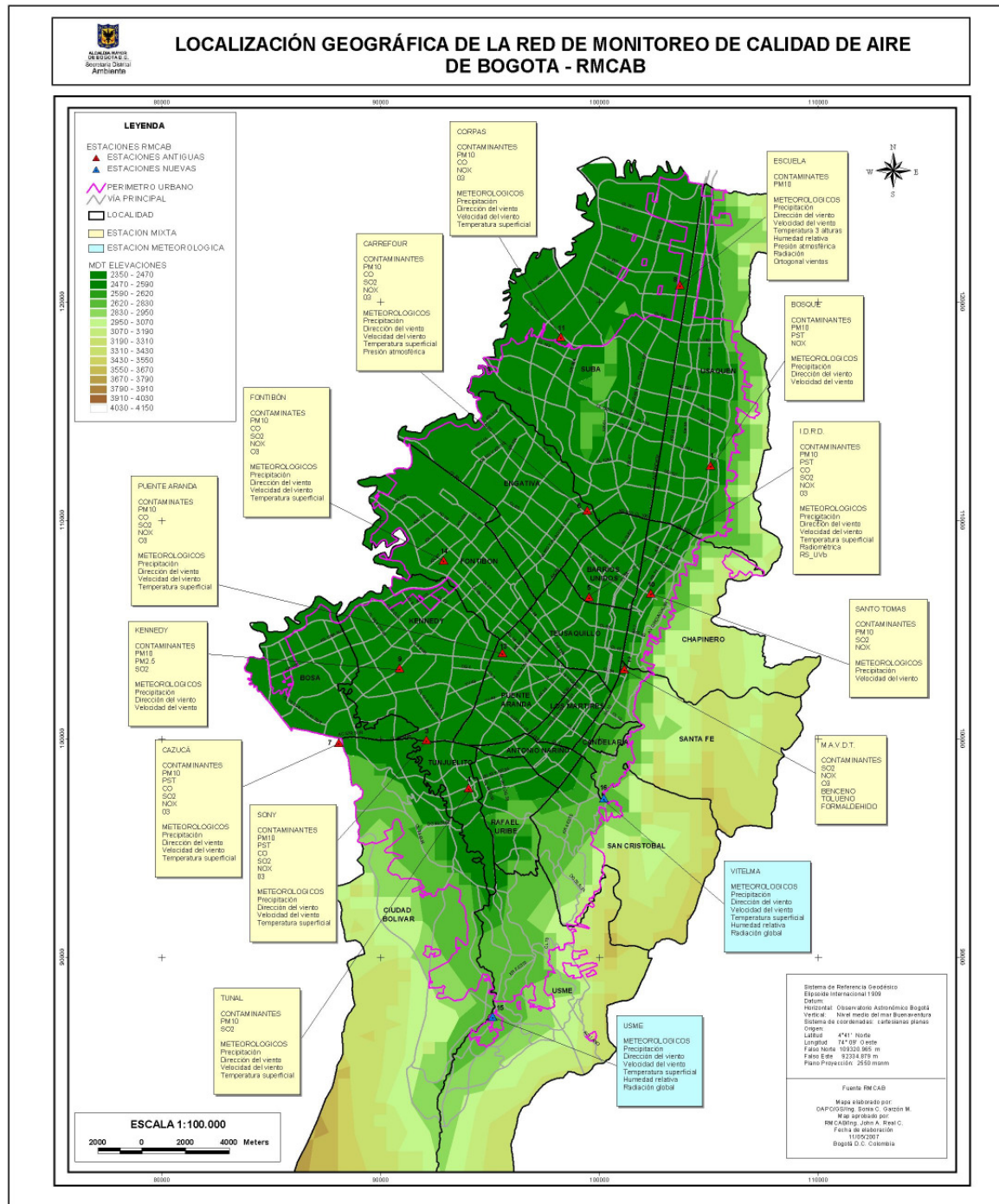


Figura 73 Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Tabla 38 Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	8. Escuela 1. Bosque	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	11. Corpas 6. Carrefour 14. Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	10. Sto. Tomás 5. IDRD 2. MAVDT	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centroccidente	13. Puente Aranda	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Suroccidente	9. Kennedy 7. Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	3. Sony 4. INEM Tunal 16. Vitelma 15. Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 39 Estaciones y Equipos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

ESTACION		No. 1 Bosque	No. 2 MAVDT	No. 3 Sony	No. 4 Tunal	No. 5 I.D.R.D.	No. 6 Carrefour	No. 7 Cazucá	No. 8 Escuela	No. 9 Kennedy	No. 10 Sto. Tomás	No. 11 Corpas	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma
Ubicación	Latitud	04°42'44.3"	04°37'39.8"	04°35'55.5"	04°34'34.7"	04°39'30.5"	04°41'37.0"	04°35'57.1"	04°47'13.0"	04°37' 29.9"	04°39'34.0"	04°45'54.4"	04°38'04.8"	04°40'23.1"	04°28,878'	04°34,536'
	Longitud	74°02'06.6"	74°04'14.1"	74°09'07.5"	74°07'51.5"	74°05'2.3"	74°05'09.5"	74°11'17.4"	74°02'52.0"	74°09'40,7"	74°03'35.0"	74°05'48.4"	74°07'15.0"	74°08'42.2"	74°07,581'	74°04,402'
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541	2.584	2.577	2.563	2.546	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576	2.759	2.789
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Ciudad Bolívar	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8-40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	CL 14 No. 6-54 Entrada 1 Cazucá	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40-55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10-95	CR 95 No. 24-49	Carretera a Usme No. 16-71	Calle 9 Sur con 9 Este
Contaminantes	PM10	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	PST	X		X				X								
	CO			X		X	X	X				X	X	X		
	SO2	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X		
	NOX	X	X	X		X	X	X				X	X	X		
	O3		X	X		X	X	X				X	X	X		
	BENCENO		X													
	TOLUENO		X													
	FORMALDEHÍDO		X													
Meteorológicos	PRECIPITACIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIRECCIÓN DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	VELOCIDAD DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	TEMPERATURA SUPERFICIAL			X		X	X	X				X	X	X	X	X
	TEMPERATURA 3 ALTURAS								X							
	HUMEDAD RELATIVA								X						X	X
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA						X		X							
	RADIACION					X			X						X	X
	ORTOGONAL VIENTOS								X							

ANEXO No. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

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

Tabla 40 Normas de Calidad del Aire

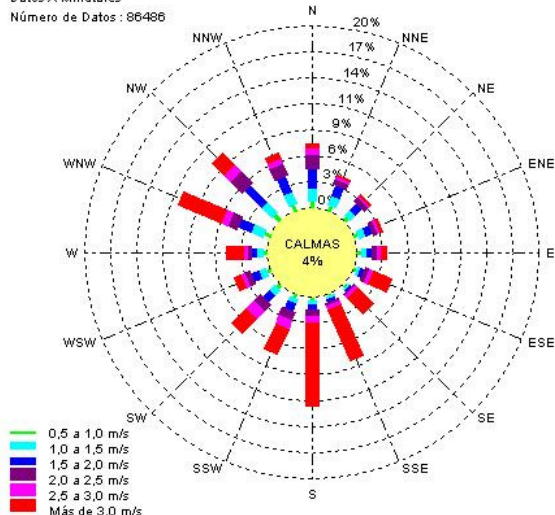
CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM ₁₀	Anual	70	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2.5}	Anual	65	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	15	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO No. 3 ROSAS DE VIENTO

Rosa de vientos - Puente Aranda. 01/01/2006 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 86486



Rosa de vientos - IDRD. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 47092

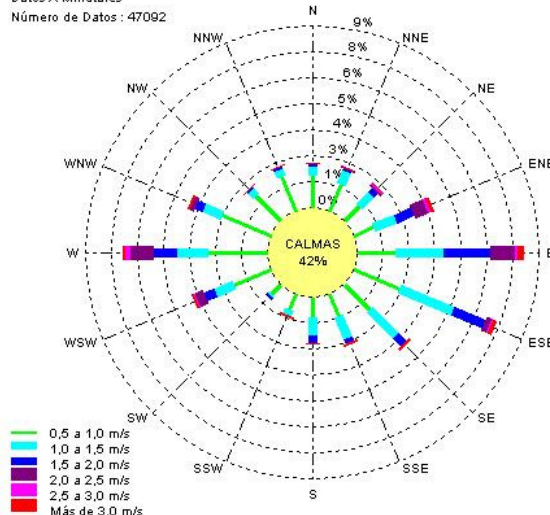
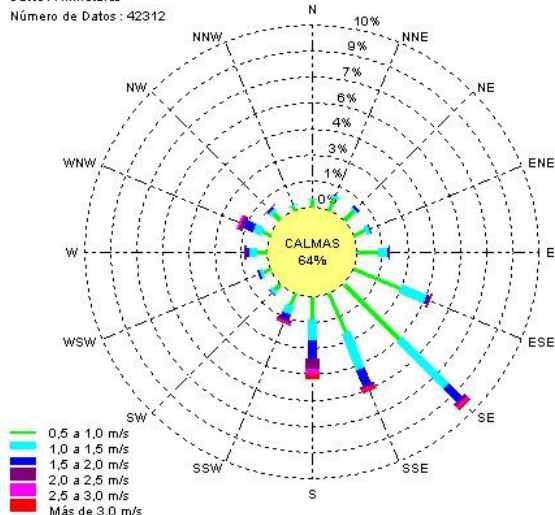


Figura 74 Rosa de Vientos para las estaciones No. 13 Puente Aranda y No. 5 IDRD

Rosa de vientos - Escuela. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 42312



Rosa de vientos - Bosque. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 45998

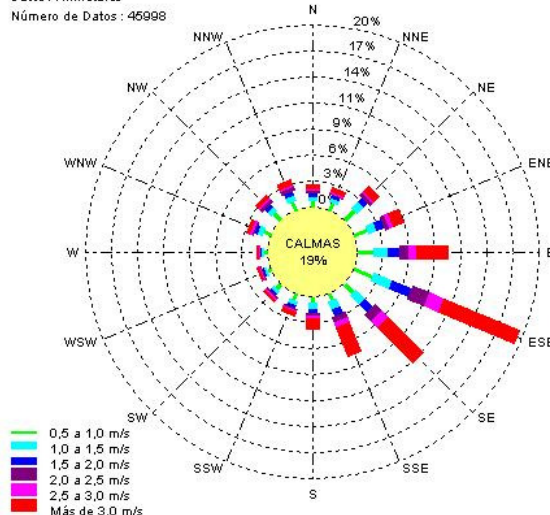


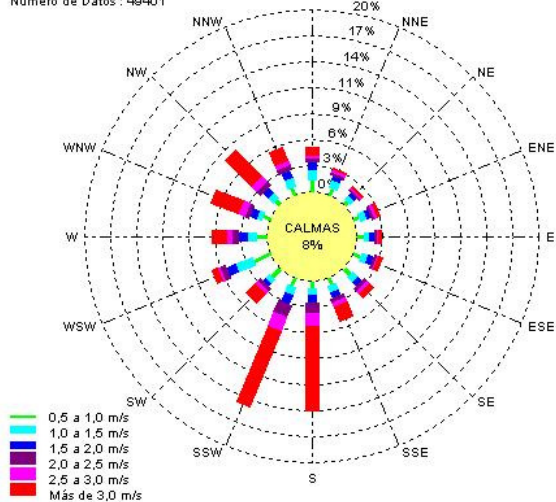
Figura 75 Rosa de Vientos para las estaciones No. 8 Escuela y No. 1 Bosque

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de vientos - Cazuca. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 49401



Rosa de vientos - Tunal. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 33339

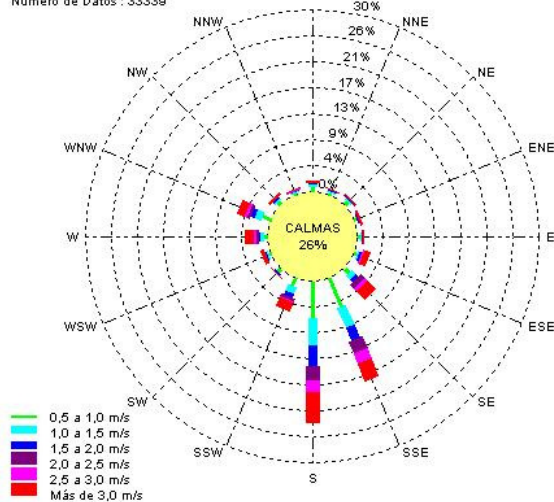
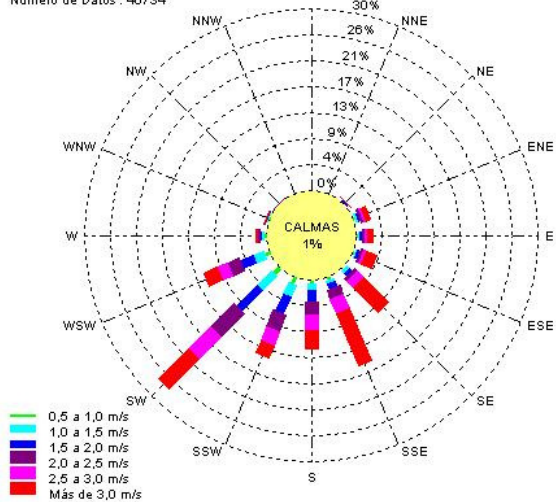


Figura 76 Rosa de Vientos para las estaciones No. 7 Cazucá y No. 4 Tunal

Rosa de vientos - Usme. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 46734



Rosa de vientos - Vitelma. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 45921

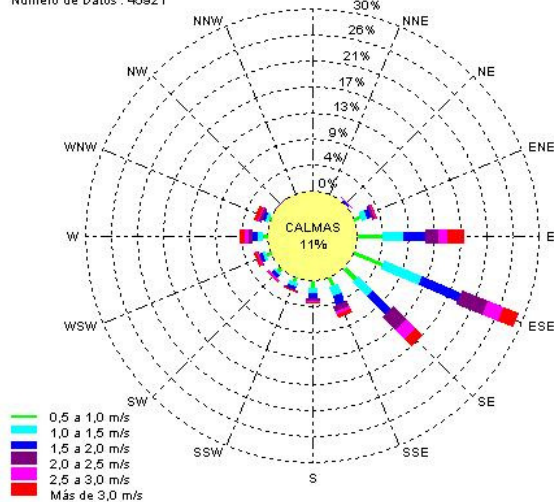


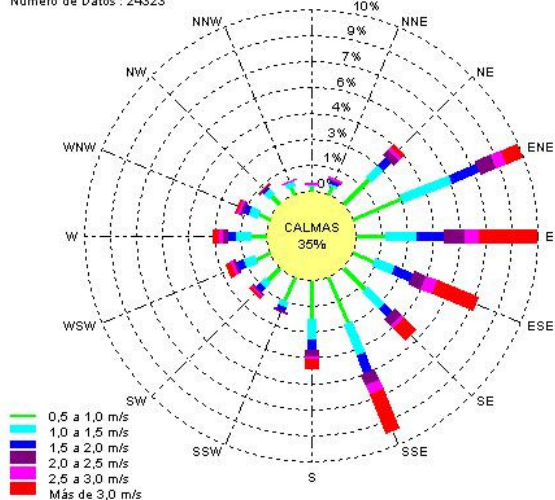
Figura 77 Rosa de Vientos para las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de vientos - Carrefour. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 24323



Rosa de vientos - Corpas. 01/01/2006 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 66598

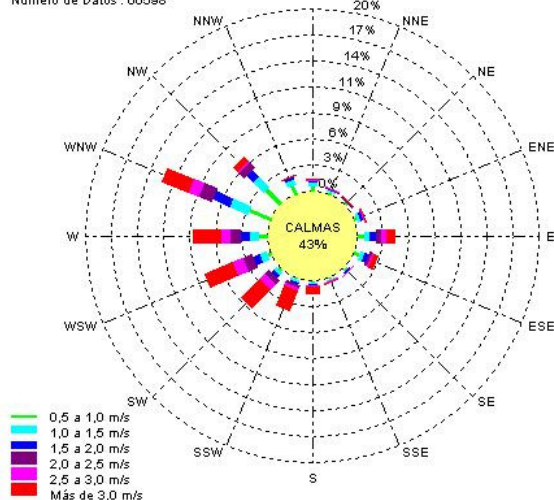
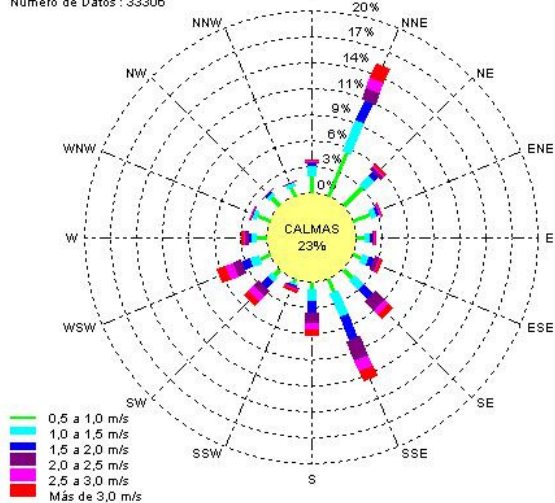


Figura 78 Rosa de Vientos para las estaciones No. 6 Carrefour y No. 11 Corpas

Rosa de vientos - Kennedy. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 33306



Rosa de vientos - Sony. 01/01/2006 a 31/12/2006

Datos X-Minutales

Número de Datos : 33525

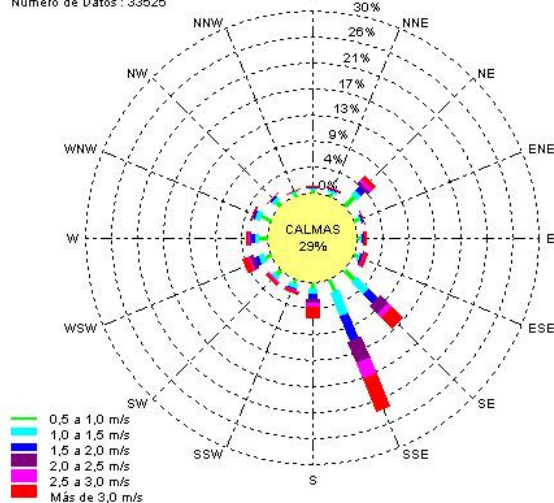


Figura 79 Rosa de Vientos para las estaciones No. 9 Kennedy y No. 3 Sony

ANEXO No. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 41 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 42 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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2007

**Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá D.C.**

Bogotá, 2007





**ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**
Secretaría Distrital
Ambiente

Samuel Moreno Rojas
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Juan Antonio Nieto Escalante
Secretaria Distrital de Ambiente

Samir Jose Abisambra Vesga
Subsecretaria Distrital de Ambiente

Orlando Velandia Sepúlveda
Directora de Evaluacion, Control y Seguimiento Ambiental

Edgar Fernando Erazo Camacho
Jefe de Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire

Fernando Molano Nieto
Coordinador de la RMCAB

Angela Tatiana Luengas Muñoz
John Alexander Real Castillo
Luís Elkin Guzmán Ramos
Grupo de Validacion y Análisis de la RMCAB

Henry Ospino Dávila
Darío Alejandro Gomez
Grupo de Operación de la RMCAB

Secretaría Distrital de Ambiente
-SDA.-

© Junio de 2008, Colombia
Informe Anual de la Red de Calidad De Aire
de Bogotá D.C. Año 2007.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

INFORME ANUAL

2007

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ 2007

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	5
1. CALIDAD DEL AIRE	6
1.1 MATERIAL PARTICULADO.....	7
1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀	7
1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM _{2.5}	18
1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST	21
1.2 GASES CONTAMINANTES	25
1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO ₂	25
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO ₂	32
1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO	37
1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₃	42
1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS	46
2. METEOROLOGÍA	59
2.1 PRECIPITACIÓN	60
2.2 VIENTOS.....	66
2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL.....	72
2.4 RADIACIÓN SOLAR.....	76
2.5 HUMEDAD RELATIVA	81
3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS.....	84
3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀	84
3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST	86
3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂	87
3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂	89
3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO	91
3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃	92
GLOSARIO.....	94
ANEXO NO. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB	A
ANEXO NO. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	E
ANEXO NO. 3 ROSAS DE VIENTO	F
ANEXO NO. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	J

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE ELLAS.....	6
TABLA 2. PERIODOS DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL 2007.....	9
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.	16
TABLA 4. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS DURANTE EL AÑO 2007.....	26
TABLA 5. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2007.....	27
TABLA 6. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.....	31
TABLA 7. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ DURANTE EL AÑO 2007.	32
TABLA 8. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2007.	33
TABLA 9. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE CO DURANTE EL AÑO 2007.	38
TABLA 10. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS 8 HORAS DE CO DURANTE EL AÑO 2007.....	38
TABLA 11. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE O ₃ DURANTE EL AÑO 2007.	42
TABLA 12. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL AÑO 2007.....	43
TABLA 13. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10).....	48
TABLA 14. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10).....	49
TABLA 15. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	50
TABLA 16. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	50
TABLA 17. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS.....	51
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS	52
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂	53
TABLA 20. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂	54
TABLA 21. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS	54
TABLA 22. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ ANUALES	55
TABLA 23. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO	56
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS.....	57
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃	58
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS	58
TABLA 27. ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE ELLAS.	59
TABLA 28. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB.....	62
TABLA 29. DÍAS DE LLUVIA Y PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2007.....	63
TABLA 30. MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIONES Y DÍA EN QUE OCURRIERON DURANTE EL AÑO 2007.....	64
TABLA 31. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2007	64
TABLA 32. VELOCIDAD MÁXIMA Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN EN EL AÑO 2007	69
TABLA 33. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2007	73
TABLA 34. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN.....	75
TABLA 35. PROMEDIOS MENSUALES Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR AÑO 2007	78
TABLA 36. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN EN 2007.....	79
TABLA 37. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE LA RADIACIÓN EN LA ESTACIÓN NO. 5 IDR	81
TABLA 38. DATOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA	82
TABLA 39. CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES DE MONITOREO	C
TABLA 40. ESTACIONES Y EQUIPOS DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ	D
TABLA 41. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	E
TABLA 42. ESCALA DE PRECIPITACIÓN.....	J
TABLA 43. ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT.....	J

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2007.....	2
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD DURANTE EL AÑO 2007	3
FIGURA 3. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA Y LA TARDE EN EL 2007.....	3
FIGURA 4. CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.	8
FIGURA 5. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2007.....	10
FIGURA 6. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM ₁₀ DURANTE EL AÑO 2007.....	11
FIGURA 7. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN.	12
FIGURA 8. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR MES.	13
FIGURA 9. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ POR DÍA DE LA SEMANA.	13
FIGURA 10. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2007	14
FIGURA 11. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE NO EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2007.	15
FIGURA 12. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ POR ESTACIÓN DURANTE EL 2007.	16
FIGURA 13. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE SUPERAN LA NORMA ANUAL.....	17
FIGURA 14. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM ₁₀ EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE NO SUPERAN LA NORMA ANUAL.....	17
FIGURA 15. TENDENCIA HISTÓRICA DEL PM ₁₀ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.....	18
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE PM _{2.5} PARA 24 HORAS DURANTE EL 2007.	19
FIGURA 17. CONCENTRACIONES DE PM _{2.5} MES A MES DURANTE EL AÑO 2007.....	20
FIGURA 18. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM _{2.5}	20
FIGURA 19. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.	21
FIGURA 20. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR ESTACIÓN.	22
FIGURA 21. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR MES DEL AÑO.....	22
FIGURA 22. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR DÍA DE LA SEMANA.	23
FIGURA 23. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL A LO LARGO DEL AÑO EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES.	24
FIGURA 24. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PST POR ESTACIÓN DURANTE EL 2007.	24
FIGURA 25. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	27
FIGURA 26. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	28
FIGURA 27. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR ESTACIÓN	28
FIGURA 28. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR MES DEL AÑO.....	29
FIGURA 29. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	29
FIGURA 30. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE ABRIL.	30
FIGURA 31. TENDENCIA HISTÓRICA DEL SO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.....	31
FIGURA 32. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	32
FIGURA 33. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	33
FIGURA 34. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.....	34
FIGURA 35. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO	35
FIGURA 36. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	35
FIGURA 37. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE ABRIL 2007.....	36
FIGURA 38. TENDENCIA HISTÓRICA DE NO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	37
FIGURA 39. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE CO DURANTE EL AÑO 2007.	38
FIGURA 40. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	39
FIGURA 41. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR ESTACIÓN	40
FIGURA 42. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO.....	40
FIGURA 43. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	41

FIGURA 44. TENDENCIA HISTÓRICA DE CO EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	41
FIGURA 45. CONCENTRACIÓN MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.	42
FIGURA 46. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2007.....	43
FIGURA 47. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN	44
FIGURA 48. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO.....	45
FIGURA 49. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	45
FIGURA 50. TENDENCIA HISTÓRICA DE O ₃ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.....	46
FIGURA 51. PROMEDIOS DE LA RMCAB PARA LOS AÑOS 1998 AL 2007	60
FIGURA 52. PROMEDIOS DE LA RMCAB DE ESTACIONES CON 9 AÑOS ENTRE LOS AÑOS 1998 AL 2007	61
FIGURA 53. ACUMULADOS DE PRECIPITACIÓN DE LOS AÑOS 2000 A 2007	61
FIGURA 54. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2007.....	65
FIGURA 55. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2007.....	66
FIGURA 56. MAPA DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2007.....	67
FIGURA 57. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA	68
FIGURA 58. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2007 ENTRE LAS 6:00 Y LAS 11:00.	70
FIGURA 59. VIENTOS PREDOMINANTES EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2007 ENTRE LAS 12:00 Y LAS 18:00.	71
FIGURA 60. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL	74
FIGURA 61. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL DEL IDEAM	75
FIGURA 62. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA	76
FIGURA 63. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2007.	77
FIGURA 64. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR PARA EL AÑO 2007.....	79
FIGURA 65. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE RADIACIÓN SOLAR POR HORA PARA EL AÑO DE 2007.....	80
FIGURA 66. PROMEDIOS LA RADIACIÓN POR HORA LA ESTACIÓN NO. 5 IDRD.	80
FIGURA 67. COMPORTAMIENTO HORARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA	82
FIGURA 68. RELACIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA MENSUAL PARA EL AÑO 2007	83
FIGURA 69. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ ESTACIONES CORPAS, CARREFOUR, FONTIBÓN Y SANTO TOMÁS.	84
FIGURA 70. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LAS ESTACIONES BOSQUE Y ESCUELA	85
FIGURA 71. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LAS ESTACIONES IDRD, PUENTE ARANDA.	85
FIGURA 72. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LA ESTACIÓN CAZUCÁ, KENNEDY, SONY Y TUNAL	86
FIGURA 73. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST PARA LAS ESTACIONES CAZUCÁ Y SONY	87
FIGURA 74. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES SONY Y TUNAL	87
FIGURA 75. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES IDRD, FONTIBÓN, PUENTE ARANDA Y. KENNEDY	88
FIGURA 76. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES CARREFOUR Y CAZUCÁ	89
FIGURA 77. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂ PARA LAS ESTACIONES CORPAS Y FONTIBÓN.	89
FIGURA 78. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂ PARA LAS ESTACIONES CARREFOUR, PUENTE ARANDA Y IDRD.	90
FIGURA 79. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE CO PARA ESTACIONES IDRD, CARREFOUR, FONTIBÓN Y CAZUCÁ.	91
FIGURA 80. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE CO PARA ESTACIONES CORPAS Y SONY.	92
FIGURA 81. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ PARA LAS ESTACIONES IDRD, FONTIBÓN Y SONY.	93
FIGURA 82 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ	B
FIGURA 83 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 13 PUENTE ARANDA Y NO. 5 IDRD	F
FIGURA 84 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 8 ESCUELA Y NO. 1 BOSQUE.....	F
FIGURA 85 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 7 CAZUCÁ Y NO. 4 TUNAL.....	G
FIGURA 86 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 15 USME Y NO. 16 VITELMA	G
FIGURA 87 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 6 CARREFOUR Y NO. 11 CORPAS	H
FIGURA 88 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES NO. 14 FONTIBÓN Y NO. 3 SONY	H
FIGURA 89 ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN NO. 9 KENNEDY.....	I

RESUMEN

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de la ciudad dados por la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y la resolución 1208 del 05 de Septiembre de 2003 expedida por el DAMA hoy Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). La RMCAB cuenta con 15 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM10, PM2.5, PST), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y los parámetros meteorológicos de precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM10, las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O₃) pues su concentración en el aire supera los límites máximos permisibles por la norma (Resolución 601 de 2006). También se resalta el material particulado de diámetro menor a 2.5 micras (PM2.5), que se mide solamente en la estación de Kennedy y para el cual no existe norma pero se sugiere como valores límites los reportados por la EPA. Los demás contaminantes (CO, NO₂ y SO₂) están presentes en concentraciones bajas y no ostentan riesgo para la salud de la población.

Para el análisis del comportamiento de PM10, monitoreado en 12 estaciones, se contó con 86821 datos de medias móviles de 24 horas, de los cuales el 2.3% supera la norma. Estaciones como Corpas (Sector Noroccidental), Puente Aranda (Sector Centroccidente), Tunal (Sector Sur) y Kennedy (Sector Sur) son las que presentan mayor cantidad de datos de concentración por encima de la norma. En cuanto al promedio anual de la concentración de PM10, éste superó la norma en el 60% de las estaciones, ubicadas principalmente en las localidades del norte y occidente de la ciudad, como se puede apreciar en la Figura 11.

Por otro lado, el PST contó con dos analizadores ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur), que permitieron deducir que en todos los meses del año (resaltando marzo y abril) se excedió el promedio anual establecido por la norma; en Cazucá se excede el límite máximo establecido en la resolución 601/06 hasta un 77% y en Sony un 73%. Para los promedios de 24 horas, sólo el 2% del total de registros obtenidos excedió la norma y el 40% de éstos estuvo por debajo de 150 µg/m³ (la mitad del valor de la norma). Para el contaminante PM2.5, se tiene que sólo el 2% de los promedios de medias móviles de 24 horas hallados superaron el valor establecido por la EPA. Sin embargo, su promedio anual fue de 36 µg/m³, 2.4 veces más que el valor de referencia de la EPA (15 µg/m³).

En cuanto a los gases contaminantes, cabe resaltar que el SO₂ nunca excedió los límites permisibles ni para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales. Las estaciones 7 Cazucá y 3 Sony, que pertenecen al sector suroccidental, exhiben los mayores promedios. El monitoreo del NO₂ permitió establecer el comportamiento de éste contaminante en la ciudad, encontrándose sólo una excedencia a la norma horaria el martes 30 de octubre en la estación 6 Carrefour, con un promedio máximo de 110 ppb sobre 106 ppb de la norma. Los promedios de 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad. Por otro lado, la concentración de CO reportada para promedios

horarios no superó la norma, mientras que la de 8 horas tuvo 4 registros por encima de 8.8 ppm que es el valor de la norma. Ésta excedencia se presentó en la estación 5 IDRD que se ubica en la zona centro. Finalmente, se encuentra reportado el O_3 , que presenta concentraciones que superan los límites máximos establecidos en la norma, tanto para su promedio horario como para el promedio de 8 horas, en las cuatro estaciones dónde se monitorea éste contaminante. Cabe resaltar que los periodos de ocurrencia de las excedencias de O_3 recaen en el mes de febrero.

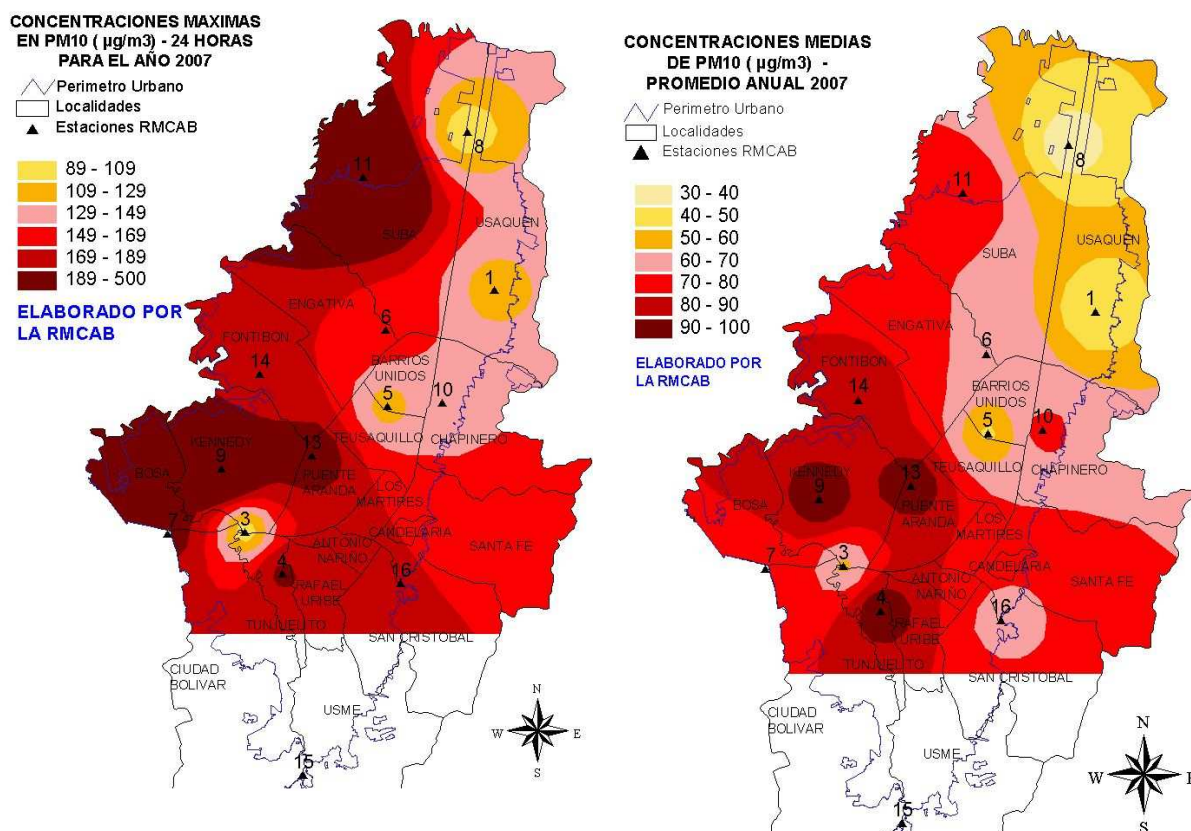


Figura 1. Distribución de la concentración de PM10 durante el año 2007.

Considerando el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2007, la RMCAB monitoreó algunas variables climáticas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa. Para el año 2007 la precipitación en la ciudad se registró en catorce (14) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros. Se debe resaltar que las precipitaciones de este año se vieron afectadas en los primeros meses por el Fenómeno del niño y en los últimos por el Fenómeno de la Niña, lo que determinó que éstas fueran menores al año anterior pero superiores a los años 2003, 2004 y 2005. En la figura 2 se muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada para el año 2007. Se pueden establecer tres zonas en la ciudad, identificadas por las diferencias en sus acumulados. La primera de ellas corresponde a los cerros orientales y el sector central de la ciudad, la siguiente se presenta hacia el occidente de la anterior, rodeándola y la última zona se ubica en el occidente y sur

de la ciudad. Las menores intensidades se encontraron en las cercanías de las estaciones No. 7 Cazucá y No. 11 Corpas.

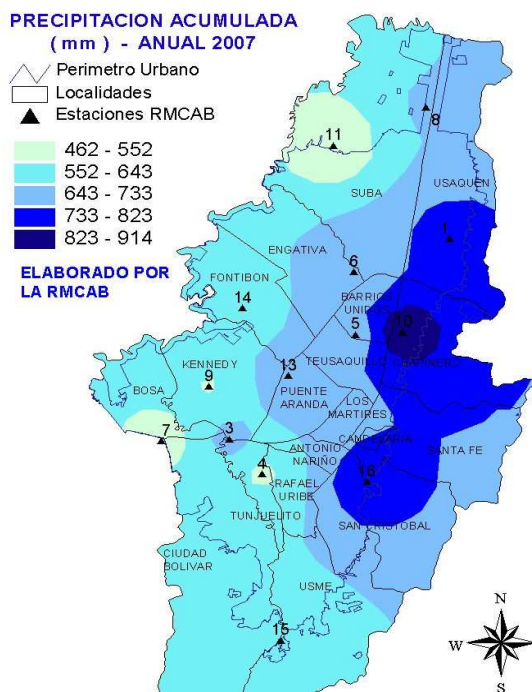


Figura 2. Distribución de las lluvias en la ciudad durante el año 2007

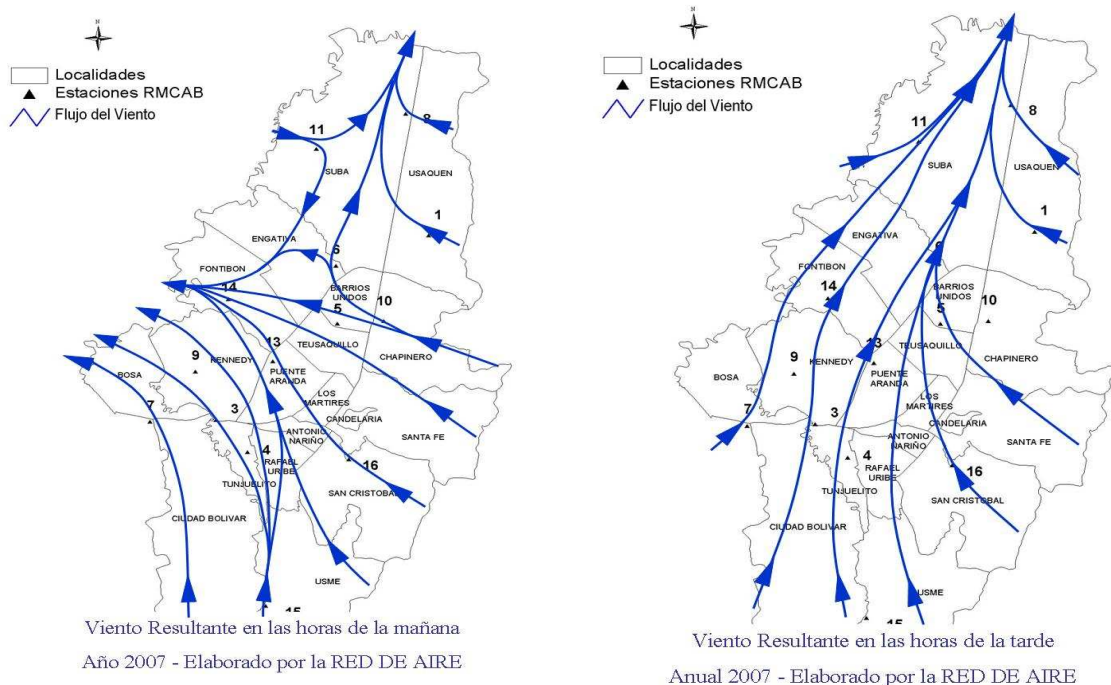


Figura 3. Flujo de vientos promedio durante la mañana y la tarde en el 2007.

Durante el año 2007 en la ciudad de Bogotá el comportamiento de los vientos se caracterizó por ser de calmas en las mañanas y suaves leves en las tardes. En la figura 3 se presentan los vientos resultantes para los periodos comprendidos entre las 6 y las 11 horas y entre las 12 y las 18 horas. Las horas restantes registran vientos de calma por lo cual no se grafican.

En cuanto a la temperatura superficial, la radiación solar y la humedad relativa, la RMCAB determinó que los meses de enero, marzo y abril fueron los más calurosos del año en contraposición a los meses de julio, agosto y diciembre. Las mayores concentraciones promedio de radiación corresponden a los meses de enero y febrero y adicionalmente se observa un mayor porcentaje de humedad relativa en los meses de junio, agosto y diciembre.

INTRODUCCIÓN

El Distrito Capital cuenta con la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB, que permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes de origen antropogénico y natural y el comportamiento de los factores meteorológicos que regulan el transporte de los mismos en la atmósfera. Los datos recolectados en distintos sitios de la ciudad se reciben en una estación central y se someten a un proceso de validación y posterior análisis con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en Bogotá dados por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y la Resolución 1208 del 05 de Septiembre de 2003 expedida por el DAMA hoy Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

La RMCAB contó con 15 estaciones de monitoreo durante el año 2007, ubicadas en sitios estratégico de la ciudad, en las cuales se registran concentraciones de material particulado (PM10, PST, PM2.5), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y se miden parámetros meteorológicos como las precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa.

El presente informe contiene en el primer capítulo el análisis de cada uno de los contaminantes durante el año en cuestión y la tendencia de estos en los últimos años. En el segundo capítulo se presenta información meteorológica que contempla la precipitación, la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la radiación solar y la humedad relativa, lo que permite establecer las condiciones climáticas que influyeron en la dispersión de los contaminantes. El tercer capítulo, contaminantes y su relación con vientos, presenta las rosas de contaminación para el material particulado y los gases monitoreados, permitiendo visualizar la movilidad de los mismos en la atmósfera.

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

1. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en dos secciones, la primera de las cuales contiene el análisis del material particulado que incluye el PM10, el PST y el PM2.5, y la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃. Para esto, la RMCAB durante el año 2007 contó con 15 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM10, PM2.5, PST) y de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las quince estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

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

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes						
			PM10	PST	PM2.5	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
No. 1 Bosque	Usaquén	Norte	X						
No. 2 MAVDT	Santa Fe	Centro				X	X		X
No. 3 Sony	Kennedy	Sur	X	X		X		X	X
No. 4 Tunal	Tunjuelito	Sur	X			X			
No. 5 I.D.R.D.	Barrios Unidos	Centro	X			X	X	X	X
No. 6 Carrefour	Engativá	Noroccidente	X			X	X	X	
No. 7 Cazucá	Ciudad Bolívar	Suroccidente	X	X		X		X	
No. 8 Escuela	Suba	Norte	X						
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X			
No. 10 Santo Tomás	Chapinero	Centro	X			X			
No. 11 Corpas	Suba	Noroccidente	X				X	X	
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Centroccidente	X			X	X		
No. 14 Fontibón	Fontibón	Noroccidente	X			X	X	X	X
No. 15 Usme	Usme	Sur							
No. 16 Vitelma	San Cristóbal	Sur							

1.1 MATERIAL PARTICULADO

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

Una de las características físicas más importantes de este material es su diámetro de partícula por el riesgo que representa para la salud humana, puesto que parte de él puede ingresar al tracto respiratorio y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman o servir como vehículo para bacterias y virus. Son de mayor interés las partículas **PM10** y **PM2.5**. Las primeras son aquellas cuyo tamaño es menor o igual a 10 micras y que en su mayoría son de pH básico producto de la combustión no controlada. Las PM2.5 tienen tamaño menor o igual a 2.5 micras, agrupan partículas generalmente ácidas, derivadas de las emisiones vehiculares e industriales, son respirables en un 100% y pueden llegar a alojarse en bronquios, bronquiolos y alvéolos. Todo el material particulado se monitorea como partículas suspendidas totales (**PST**), compuestas por PM10 y partículas mayores a 10 micras.

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, establece los niveles máximos permisibles para PST y PM10. Estos son de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentración anual y de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24 horas en el caso de PST y de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración anual y 24 horas respectivamente para PM10. Para el caso de PM2.5 no se han establecido límites en la normatividad, por lo que se pueden tomar los valores establecidos por la EPA de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas.

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con doce (12) estaciones para medir la concentración de PM10, como se observa en la Tabla 1. A continuación se reportan los datos tomados y se hace un análisis de los mismos.

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM10 durante el año 2007 se pudo estudiar mediante la recolección de 86821 datos de medias móviles de 24 horas, correspondientes a un 84% de

representatividad temporal¹. Sin embargo, esta representatividad se vio afectada por la correspondiente a la estación No 11 Corpas que fue del 45% por fallas en los equipos. Las demás estaciones tuvieron una representatividad superior al 75%, destacándose la No. 13 Pte Aranda con un 97%.

Por otro lado, cabe resaltar que el 30% de los datos están comprendidos entre el 50% y el 75% del valor de la norma y que sólo el 8% superaron el 75% de ésta. Un 60% corresponde a concentraciones por debajo del 50%, es decir, inferiores a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, acorde a la Figura 4, el 58% de las estaciones presentó datos fuera de la norma pero éstos sólo corresponden al 2.3% del total recolectado. La estación que presentó un mayor número de mediciones que superaron la norma fue la No. 11 Corpas con 369 equivalentes al 9%. En seguida se encuentra la estación No 13 Pte Aranda con 656 datos que corresponden al 8%; luego está la estación No. 4 Tunal con el 6% (390 mediciones), la estación No. 9 Kennedy presentó 387 desviaciones equivalentes al 5% y por último están las estaciones No. 14 Fontibón y No. 7 Cazucá con un 1% de sus datos desviados.

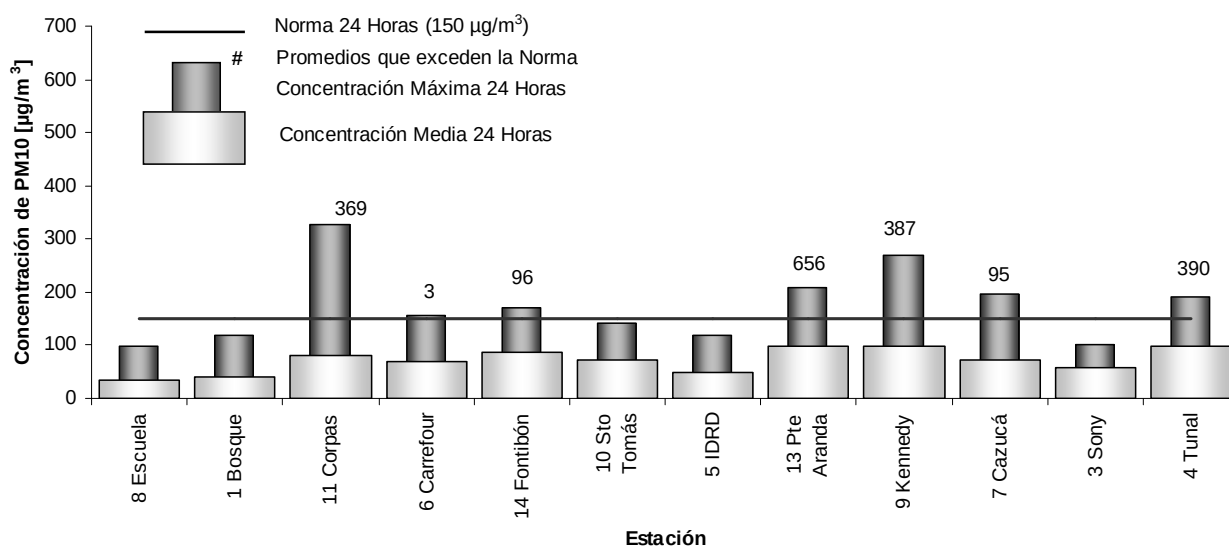


Figura 4. Concentraciones de PM10 para 24 horas por estación durante el año 2007.

Considerando la información presentada en la Tabla 2 de máximas concentraciones para promedios 24 horas registradas por estación en la RMCAB durante el año 2007, es preciso resaltar que durante el período comprendido entre el 4 y el 10 de febrero, nueve de las doce estaciones presentaron su máxima concentración. Posiblemente este fenómeno tenga relación con la oleada de incendios ocurridos en la ciudad durante el período estudiado. Sobresale la estación No. 11 Corpas con un promedio máximo de $326 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día Domingo 04 de Febrero de 2007 a las 20 horas. En la Figura 4 también se puede apreciar la concentración máxima de PM10 calculada con medias móviles de 24 horas, la concentración media para 24 horas y el valor de la norma 24 horas.

¹ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo.

Tabla 2. Periodos de Ocurrencia de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el 2007

Número y nombre de la estación	Promedio máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fecha de ocurrencia del máximo promedio 24 h
11 Corpas	326	Domingo 04 de Febrero de 2007, 20:00
9 Kennedy	268	Viernes 09 de Febrero de 2007, 01:00
13 Puente Aranda	207	Sábado 10 de Febrero de 2007, 02:00
7 Cazucá	196	Jueves 08 de Febrero de 2007, 01:00
4 Tunal	192	Sábado 10 de Febrero de 2007, 12:00
14 Fontibón	171	Martes 06 de Febrero de 2007, 05:00
6 Carrefour	155	Jueves 19 de Julio de 2007, 08:00
10 Sto Tomás	141	Martes 13 de Marzo de 2007, 16:00
5 IDRD	120	Martes 13 de Marzo de 2007, 16:00
1 Bosque	118	Lunes 05 de Febrero de 2007, 20:00
3 Sony	100	Jueves 08 de Febrero de 2007, 22:00
8 Escuela	97	Martes 06 de Febrero de 2007, 00:00

El comportamiento de este contaminante sobre la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la Figura 5, dónde se muestra un mapa resultado de la interpolación de los valores máximos de promedios 24 horas presentados en el año 2007 en cada estación. Cabe aclarar que éstos valores interpolados no se dieron en la misma fecha, pero su interpolación permite predecir cómo estaría la ciudad si las peores condiciones en cada estación se presentaran en un mismo día. Adicionalmente se debe tener presente que las estación No.15 Usme y la No.16 Vitelma no tienen analizadores de contaminantes y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones.

A partir de las medias móviles de 24 horas calculadas durante el año, en cada estación, se pudo construir el mapa presentado en la Figura 5, donde se observan las zonas con las mayores concentraciones de PM10. Éstas están ubicadas principalmente en las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón, declaradas como área fuente tipo 1, y en otras localidades como Tunjuelito, Rafael Uribe, Antonio Nariño y una parte de Suba.

**CONCENTRACIONES MAXIMAS
 EN PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 HORAS
 PARA EL AÑO 2007**

 Perimetro Urbano
 Localidades
 Estaciones RMCAB

 89 - 109
 109 - 129
 129 - 149
 149 - 169
 169 - 189
 189 - 500

**ELABORADO POR
 LA RMCAB**

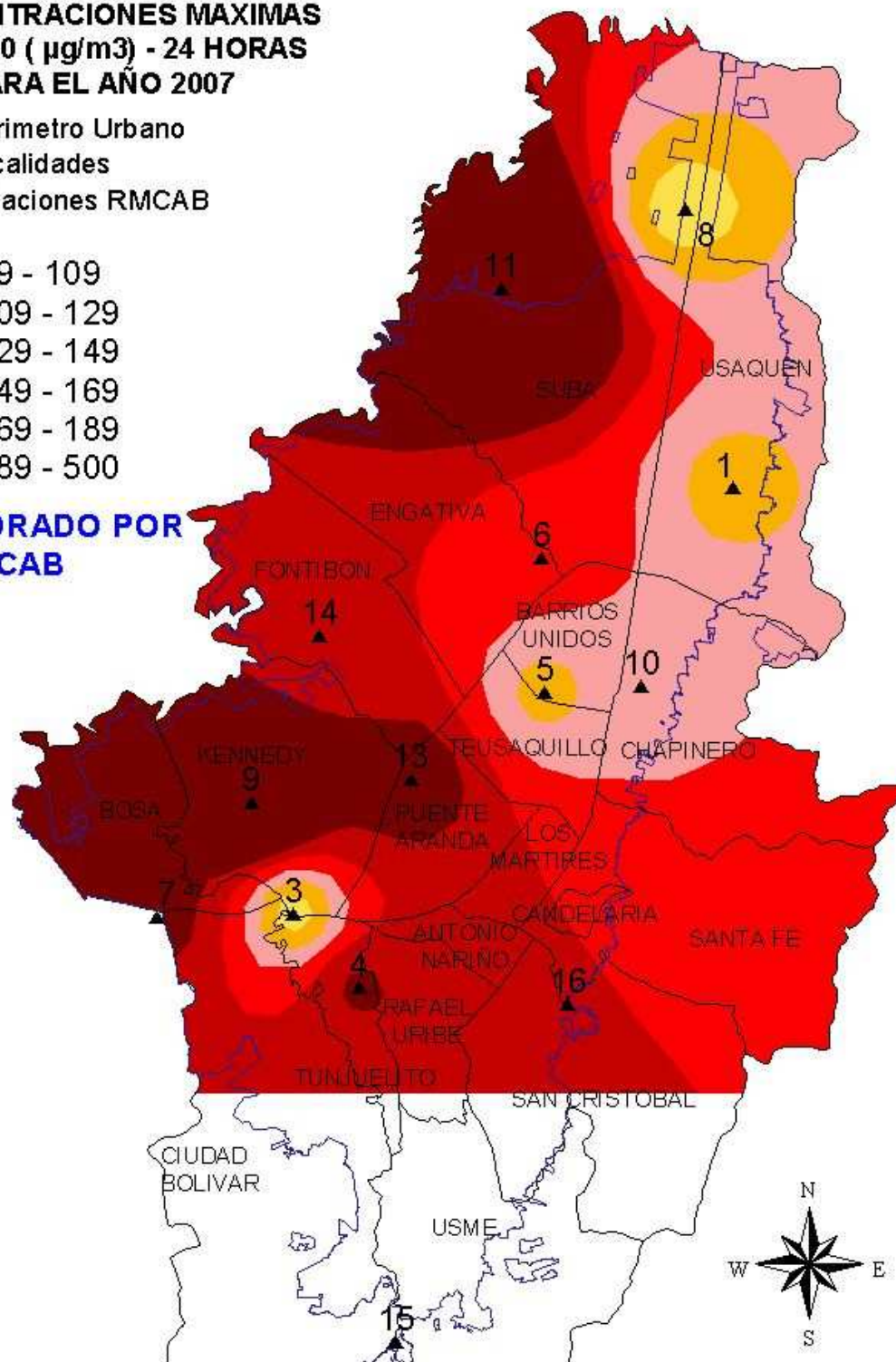


Figura 5. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el año 2007.

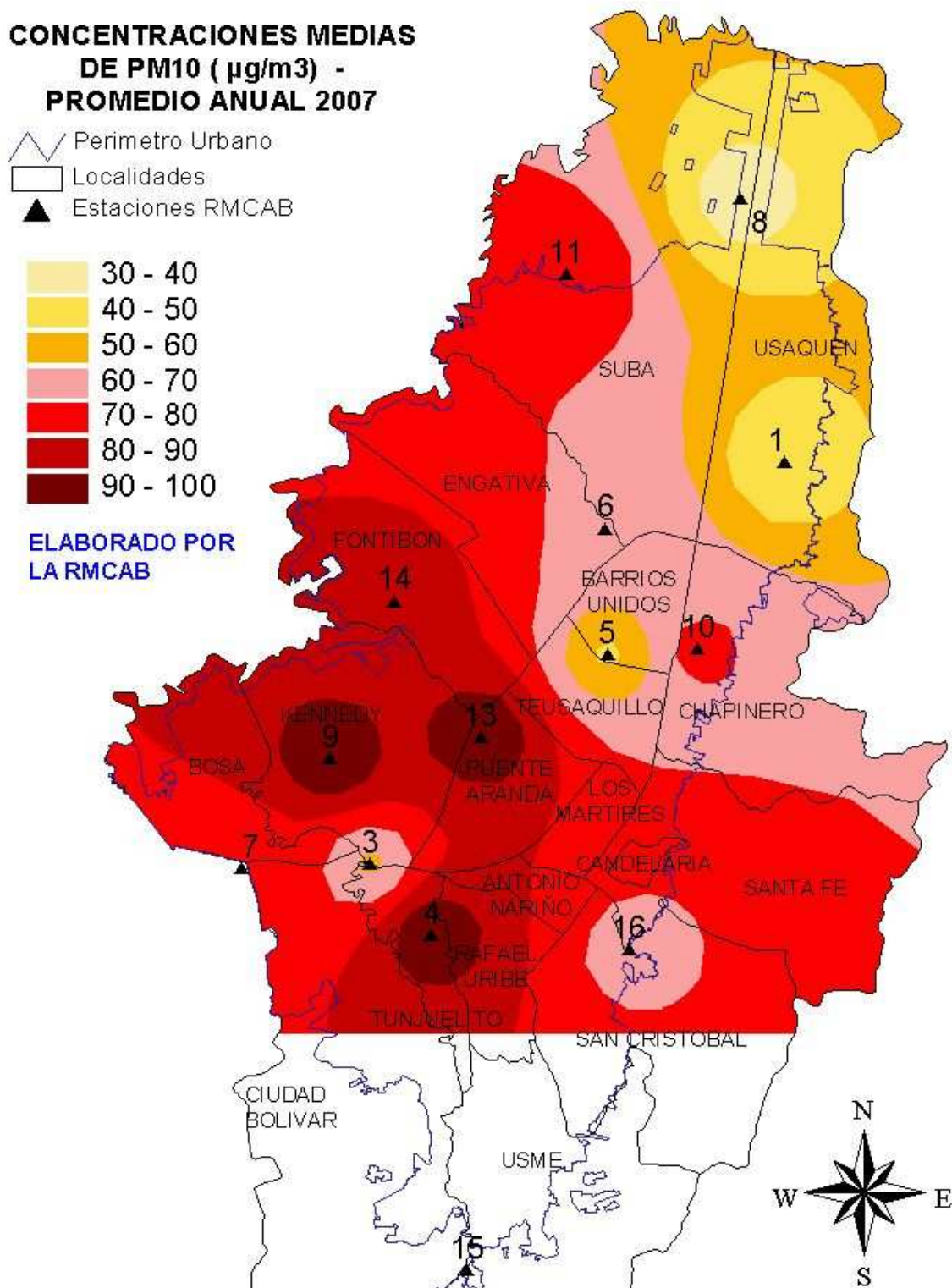


Figura 6. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el año 2007.

Por otro lado, se puede visualizar la tendencia de la concentración de PM10 utilizando diagramas de caja, definidos como un gráfico de resumen basado en la mediana, los cuartiles y los valores extremos. La caja representa la amplitud intercuartil que contiene el 50% de los valores centrales; los "bigotes" son las líneas que se extienden desde la caja hasta los valores más altos y más bajos, excluyendo los valores atípicos y la línea que atraviesa la caja identifica la mediana. En las figuras 4, 5 y 6 se utiliza esta herramienta para resumir el comportamiento de los promedios diarios de PM10 del 2007 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana.

Analizando la tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por estación, se encuentra que las estaciones No. 1 Bosque, No. 10 Santo Tomás, No. 7 Cazucá y No. 4 Tunal presentan una mayor dispersión para el año 2007 en comparación con los datos multianuales. Sin embargo, la estación Tunal presenta una mediana inferior en el 2007 a la multianual y las demás estaciones anteriormente citadas no presentan datos atípicos. Las estaciones No 11 Corpas y No 8 Escuela presentan varios datos atípicos aunque ésta última se destaca por presentar la menor dispersión y los valores de concentración más bajos durante el 2007. Las demás estaciones presentan dispersiones y medianas por debajo de los valores multianuales.

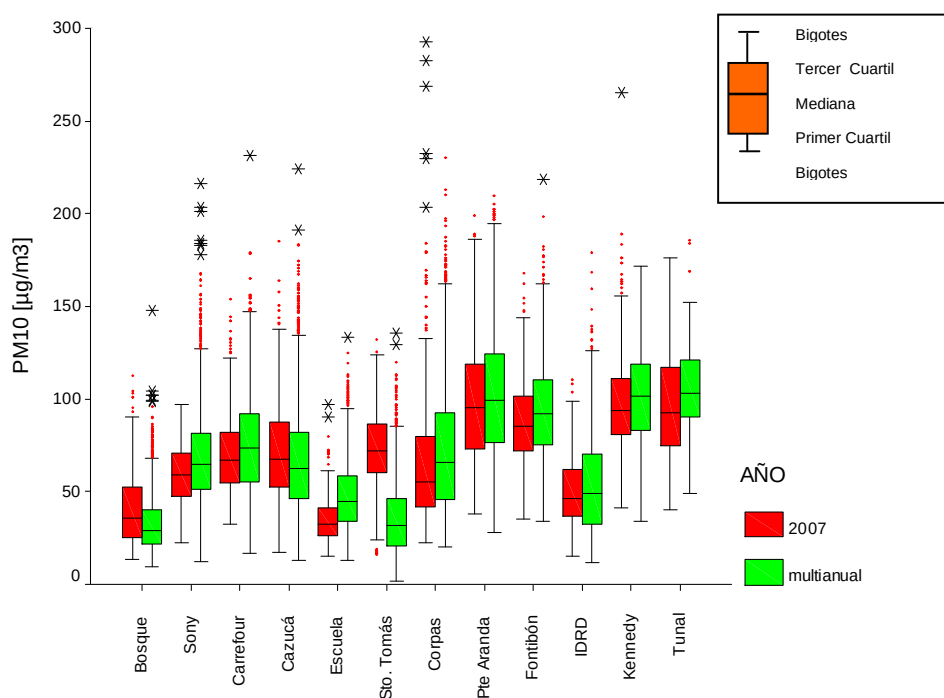


Figura 7. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por estación.

De acuerdo con la Figura 8, los meses de febrero y marzo del año 2007 registran las mayores dispersiones del año. Estos meses junto con mayo, julio, agosto y octubre tienen sus medianas por encima de los valores multianuales pero, a excepción de febrero, todos los meses del año presentan una menor dispersión en el 2007.

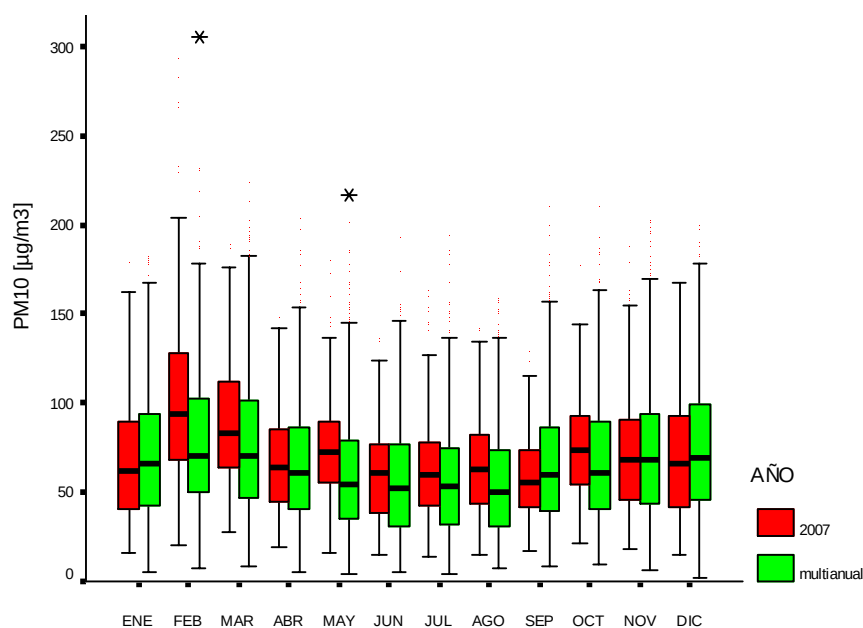


Figura 8. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por mes.

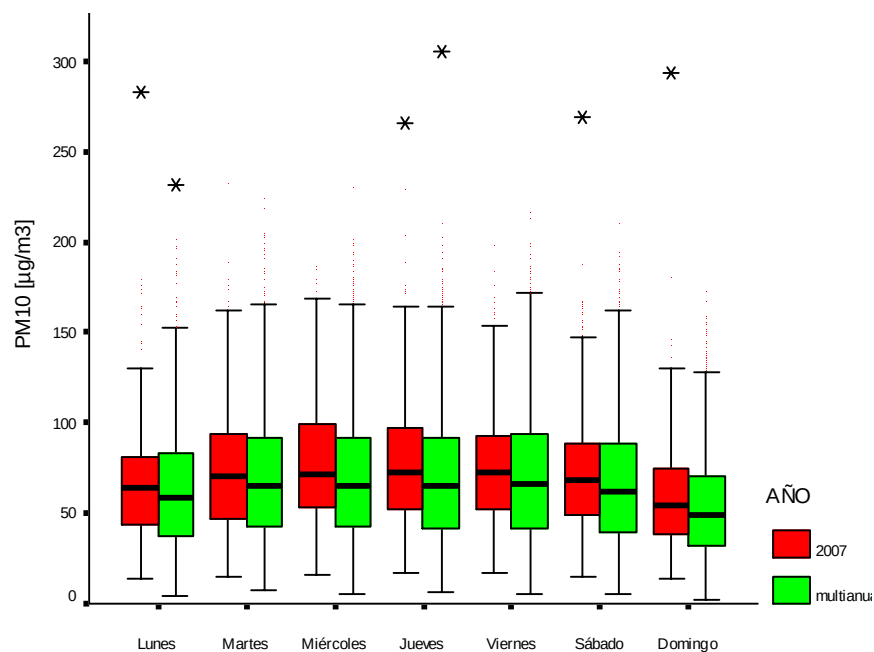


Figura 9. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por día de la semana.

Estudiando la tendencia día a día de los promedios diarios (Figura 9), la dispersión de los datos en el año 2007, es mayor que la multianual el día miércoles, así como las medianas de todos los días supera la multianual. Por otro lado, como es de esperarse, el día domingo presenta los menores valores junto con el lunes.

Promedios Anuales de PM10

El promedio anual se calcula con los promedios diarios de los 365 días anteriores, de esta manera es posible calcular un promedio anual para cada día del año y evaluar su comportamiento a lo largo de éste; así el promedio anual del 1 de enero de 2007 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2006 y el 1 de enero de 2007, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2007 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2007.

En la Figura 10 se presentan las estaciones en las cuales la concentración de PM10 (promedio anual) superó la norma para todos los meses del año 2007, a excepción de la estación No 7 Cazucá, la cual reportó promedios anuales por debajo de la norma sólo los primeros tres meses. Las estaciones No 7 Cazucá, No 14 Fontibón y No 13 Puente Aranda exhiben un comportamiento ascendente durante todo el año, pero la concentración aumenta sólo 6, 5 y 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Lo contrario ocurre con la No 4 Tunal y No 11 Corpas, cuyo comportamiento es descendente luego del primer trimestre del año; Tunal desciende cerca de 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre mayo y noviembre y Corpas 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre marzo y diciembre. La estación de No 9 Kennedy presentó un comportamiento estable si se considera que en enero la concentración de PM10 fue de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en diciembre de 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, la estación No 4 Tunal presentó las mayores concentraciones que excedieron la norma con 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como valor máximo, el cual supera en un 56% lo estipulado en la Resolución 601 del 2006. La No 9 Kennedy supera la norma en 50%, la No 13 Puente Aranda un 44%, No 14 Fontibón 29%, No 11 Corpas un 24% y No 7 Cazucá sólo un 4%.

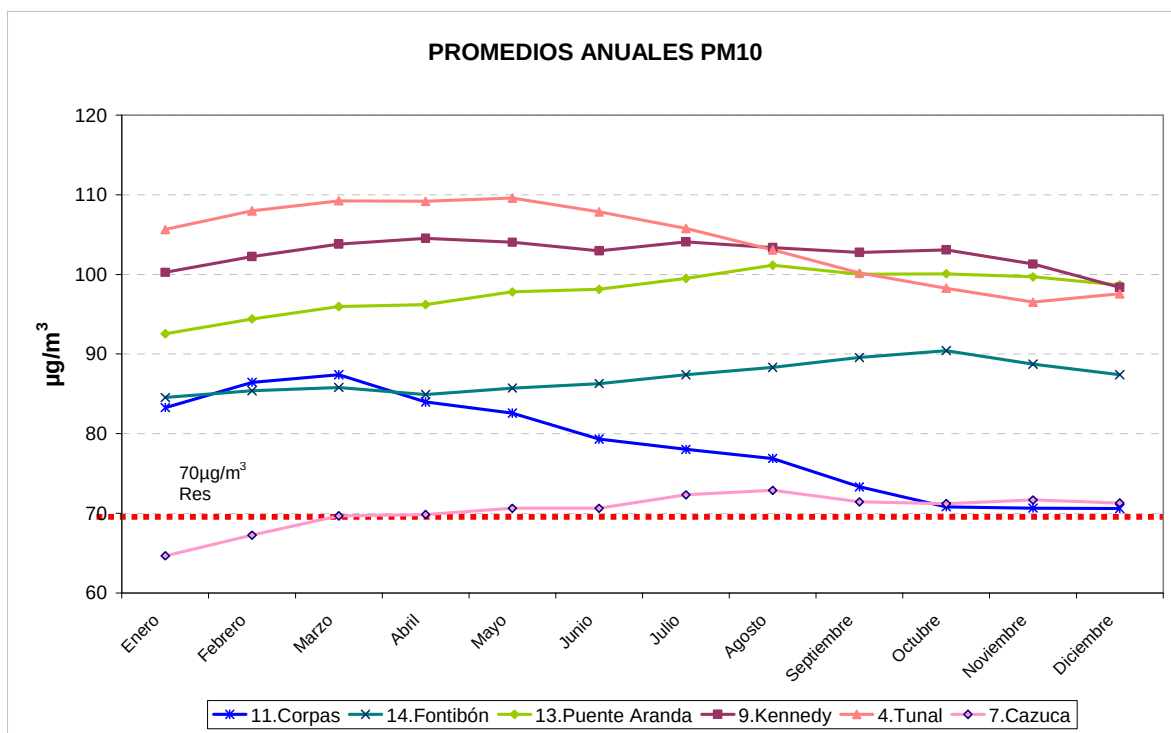


Figura 10. Concentración promedio anual de las estaciones que excedieron la norma en el 2007

Las estaciones en las cuales el promedio anual de las concentraciones de PM10 estuvo por debajo de la norma en casi todos los meses del año 2007 se presentan en la Figura 11. Es de resaltar el comportamiento de la estación No 3 Sony cuyas concentraciones descendieron 17% entre el mes de enero, único mes en que excedió la norma en un (1.4%), y el mes de septiembre, donde alcanzó un valor de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se mantuvo estable hasta final del año. Por el contrario, las demás estaciones exhibieron comportamientos ascendentes, en especial la estación No 10 Santo Tomás cuyas concentraciones variaron un 64% pasando de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de enero a $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en diciembre. La estación de No 6 Carrefour aumentó un 22%, excediendo la norma en $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de diciembre; la estación No 5 IDRD experimentó un aumento entre enero y agosto de cerca del 22% y una posterior disminución entre septiembre y diciembre. Para las estaciones de No 8 Escuela y No 1 Bosque, si bien el comportamiento es ascendente, sólo aumentan su concentración 13% y 11% respectivamente.

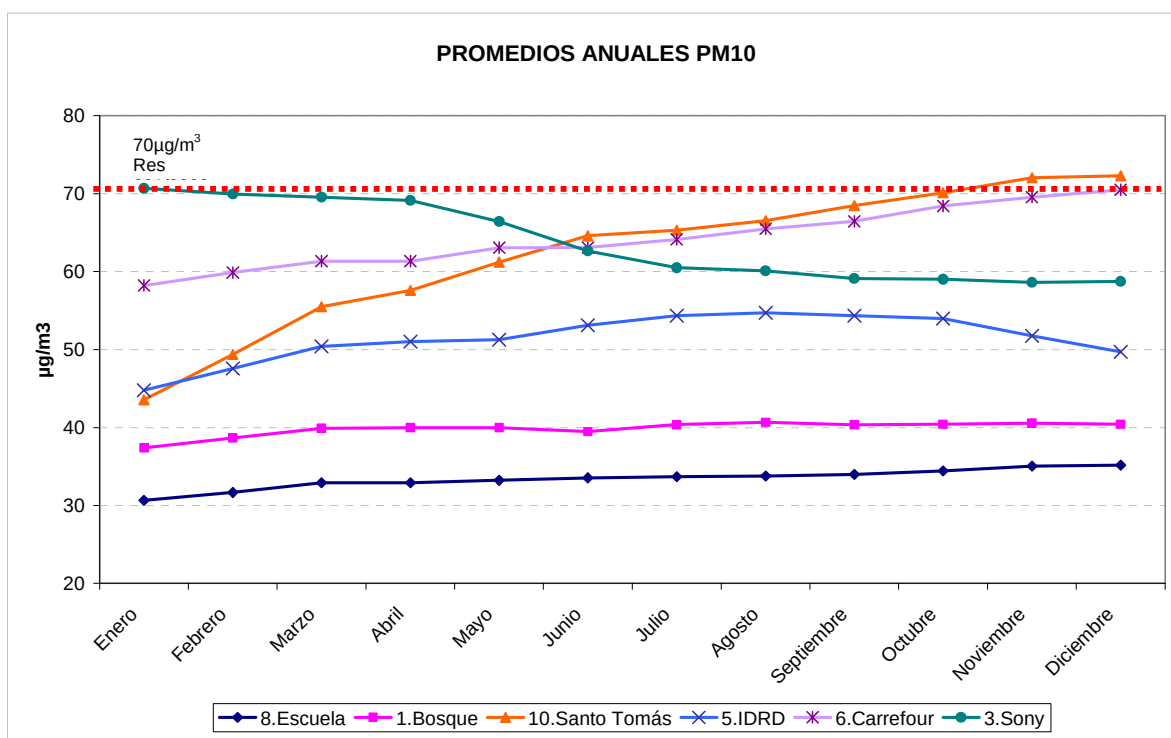


Figura 11. Concentración promedio anual de las estaciones que no excedieron la norma en el 2007.

Las máximas concentraciones anuales de PM10 encontradas en las estaciones de la RMCAB en el año 2007 se presentan en la Figura 12. Pese a que la estación No 4 Tunal presentó la máxima concentración, su representatividad temporal tan sólo fue de 73%. Dentro de las estaciones con una representatividad temporal mayor al 75% se encuentran la No 9 Kennedy, No 13 Puente Aranda y No 14 Fontibón con los mayores promedios anuales. Sólo las estaciones No 1 Escuela, No 8 Bosque y No 5 IDRD mantienen sus máximos valores por debajo de las normas. Las demás estaciones presentan sus máximos valores fuera de las normas nacional y distrital. El consolidado de los promedios anuales para el 2007 se presenta en la Tabla 14.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

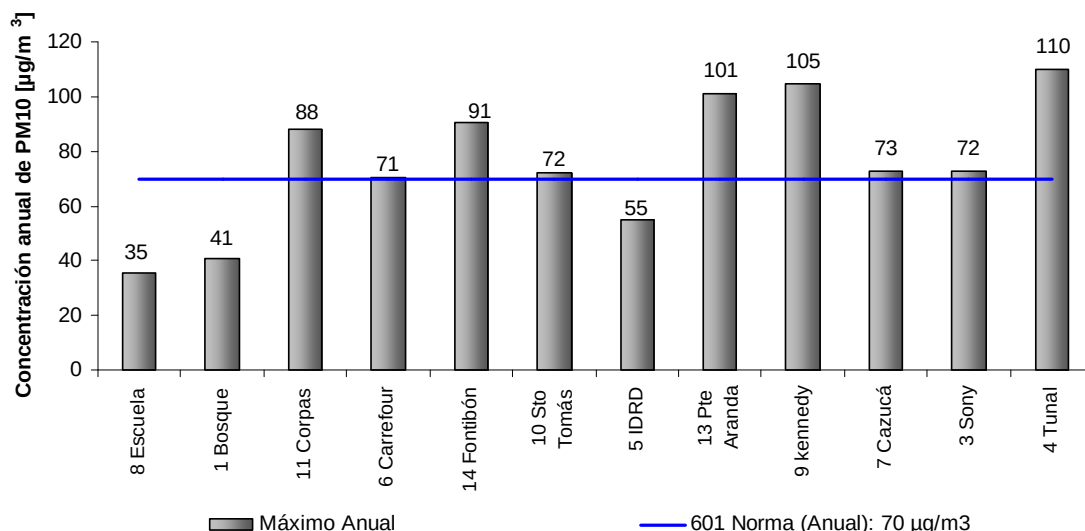


Figura 12. Máxima concentración promedio anual de PM10 por estación durante el 2007.

En la Tabla 3 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1998 y el 2007, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año, y en las Figura 13 y 11 se aprecia el comportamiento de este parámetro desde mediados del año 1998, tanto para las estaciones que frecuentemente exceden la norma anual nacional ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Res 601 2006) como para las estaciones que normalmente no exceden esta norma; se incluyen las estaciones No. 9 Kennedy y No. 4 Tunal que comenzaron a reportar valores promedio anuales durante el 2006; los cortes en las figuras corresponden a periodos de tiempo donde, por problemas operacionales, no se pudo calcular el promedio anual; también se muestran el valor dado por la Resolución 601 de 2006 del MAVDT como norma para promedios anuales y el valor dado por la Resolución 1208 de 2003 del DAMA como norma para los años 2003, 2004 y 2005, el cual cambió para el año 2006 como ya se mostró en la figura anterior.

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

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]									
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Norte	8	Escuela				43	50	54	54	55	30	35
	1	Bosque	33	31	31	29	24				38	40
Noroccidente	11	Corpas	54	40	47	81	97	91	80	90	83	71
	6	Carrefour				78	97		85	79	60	71
	14	Fontibón			93	91	96	97	94	101	85	87
Centro	10	Sto. Tomás	32	34	35	37	39	33	33	29	44	72
	5	IDRD								58	42	50
Centroccidente	13	Pte Aranda			103	93	98	102	107	113	93	99
Suroccidente	9	Kennedy									100	98
	7	Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64	71
Sur	3	Sony	80	77	63	86	61	53	49	69	73	59
	4	Tunal									107	98

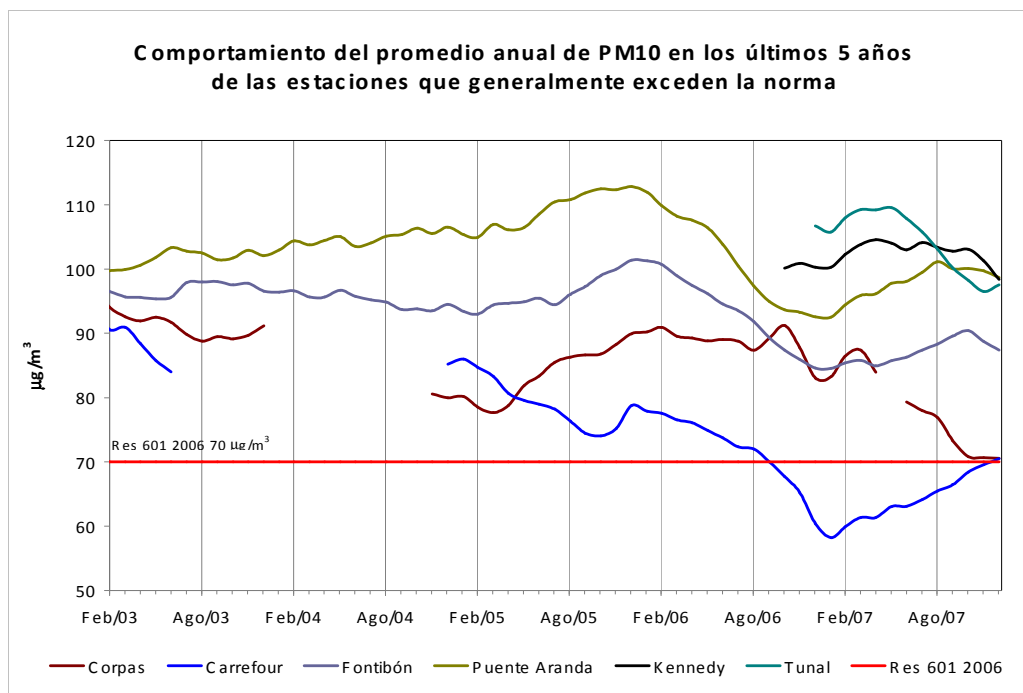


Figura 13. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente superan la norma anual.

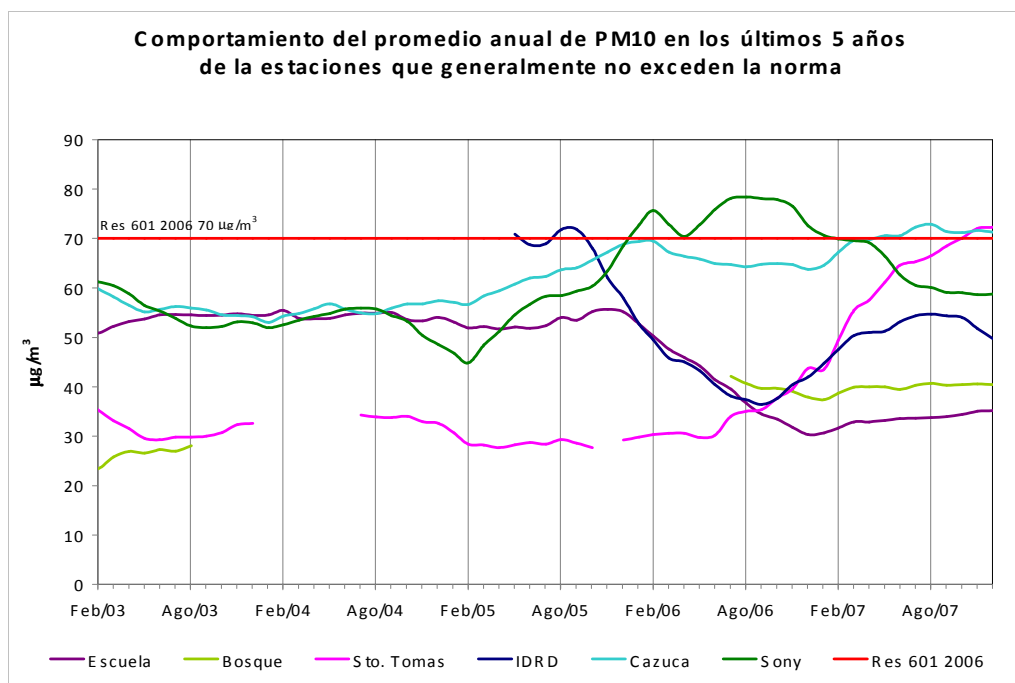


Figura 14. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente no superan la norma anual.

En la Figura 13 se aprecia que la estación No. 6 Carrefour alcanzó una disminución a finales del 2006, hasta estar por debajo de la norma pero durante el año 2007 sufrió un incremento considerable del promedio anual hasta finalizar cerca de la norma. En la estación No. 11 Corpas hubo una disminución a finales del año 2007 hasta alcanzar el valor de la norma. En la Figura 14 se observa que la estación No 3 Sony presentó un incremento a comienzo del 2006 hasta sobrepasar el valor de la norma. A finales del 2007 las estaciones No 7 Cazucá y No 10 Santo Tomás también excedieron la norma.

La Figura 15 muestra la tendencia de las concentraciones diarias de PM10 en toda la RMCAB, desde sus inicios, donde puede observarse la mayor dispersión en el año 2005 y la menor en el 2000. En el año 2007, si bien hubo una menor dispersión de los datos, su mediana estuvo ligeramente por encima del año 2006 y presentó valores atípicos. Por otro lado, es claro que el 75% de los datos de cada uno de los años, se mantiene en concentraciones por debajo de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, ha habido un aumento paulatino año a año, por lo cual podría esperarse un incremento con la misma tendencia en los próximos años.

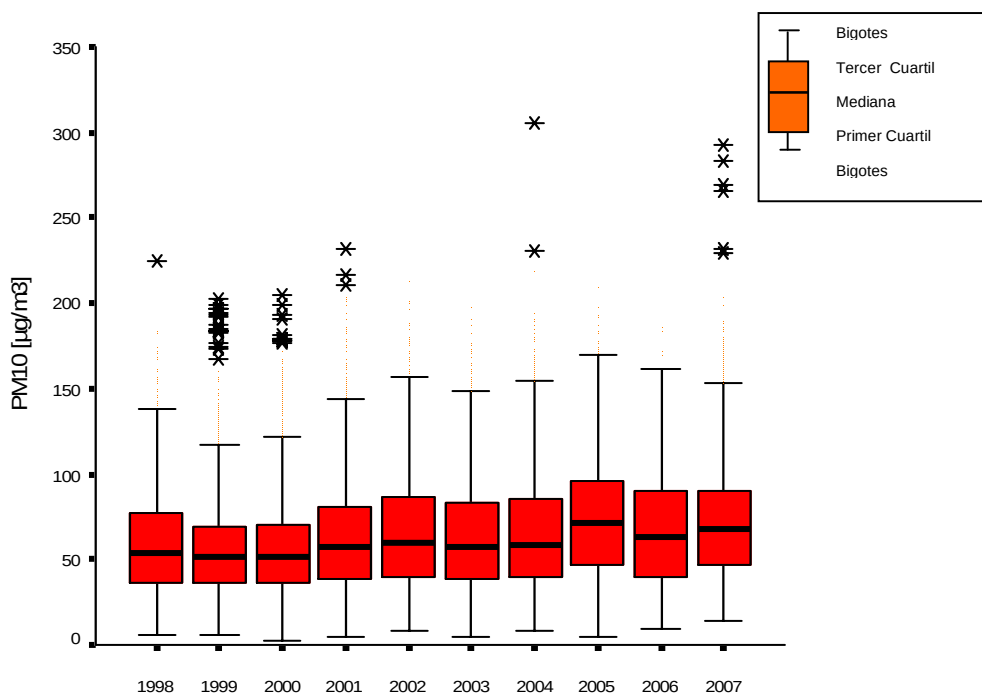


Figura 15. Tendencia histórica del PM10 en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta actualmente con la estación No. 9 Kennedy para medir este contaminante. Se debe tener en cuenta que la normatividad no ha establecido límites para este contaminante pero como se cita en el Parágrafo 2 del Artículo 4º de la Resolución 601 de 2006, se pueden tomar como valores guía los estándares de la EPA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración diaria).

Máximos en 24 Horas

De éste monitoreo se obtuvieron 7109 medias móviles de 24 horas de concentración de PM_{2.5}, que corresponde a un 81% de representatividad temporal para el año 2007. De los promedios hallados, menos del 2% de los datos superaron el valor establecido por la EPA y más del 50% de éstos valores estuvieron por debajo del 50% de éste estándar (por debajo de 32.5 µg/m³). El 38% de las mediciones estuvo entre el 50% y el 75% y los datos restantes (el 11%) entre el 75% y el 99.9%.

Por otro lado, la máxima concentración para 24 horas registrada por la RMCAB durante el periodo de tiempo reportado fue de 124 µg/m³ y se presentó el Jueves 8 de Febrero a las 22:00 horas, fecha en la cual también se presentaron en algunas estaciones las máximas concentraciones de PM₁₀ y que corresponde a uno de los periodos de incendios registrados en la ciudad en el transcurso del año pasado. En la Figura 16 se muestra la concentración máxima para promedios 24 horas de PM_{2.5}, la concentración media para 24 horas que está por debajo del valor quía dado por la resolución 601 de 2006 y el número de veces que se superó éste.

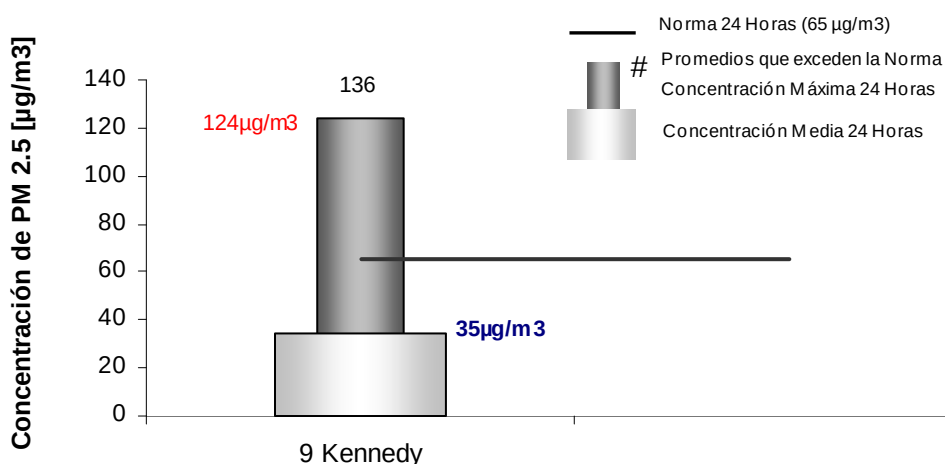


Figura 16. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas durante el 2007.

Promedio Anual de PM_{2.5}

A partir del mes de julio de 2007 se pudo obtener datos de promedios anuales para PM_{2.5}. El comportamiento mensual de su concentración se visualiza en la figura 17, en la cual se observa un aumento entre agosto y octubre y una disminución entre octubre y diciembre, registrándose en éste último mes el valor más bajo. Sin embargo no podemos decir que las variaciones son grandes pues tan sólo son del 5% considerando el valor más bajo y el más alto.

En la Figura 18 es claro que la concentración promedio anual de PM_{2.5} excede en más del 100% el valor guía, por lo cual éste contaminante podría convertirse en un problema para la ciudad.

PORMEDIOS ANUALES PM 2.5

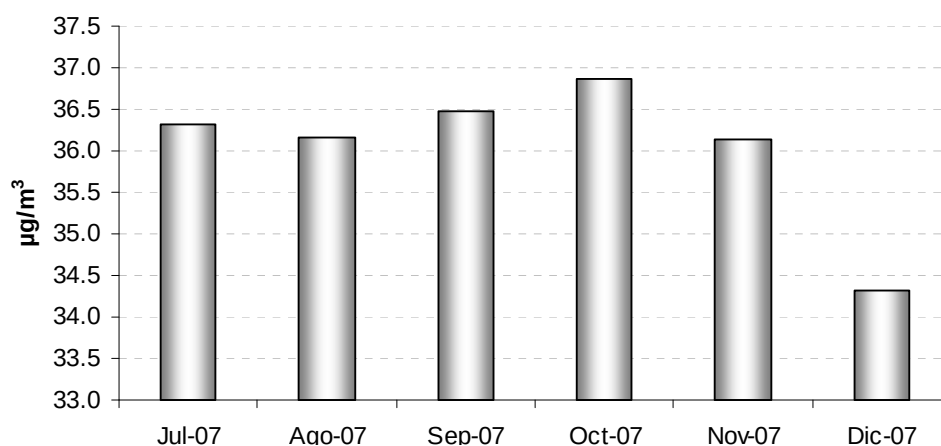


Figura 17. Concentraciones de PM2.5 mes a mes durante el año 2007.

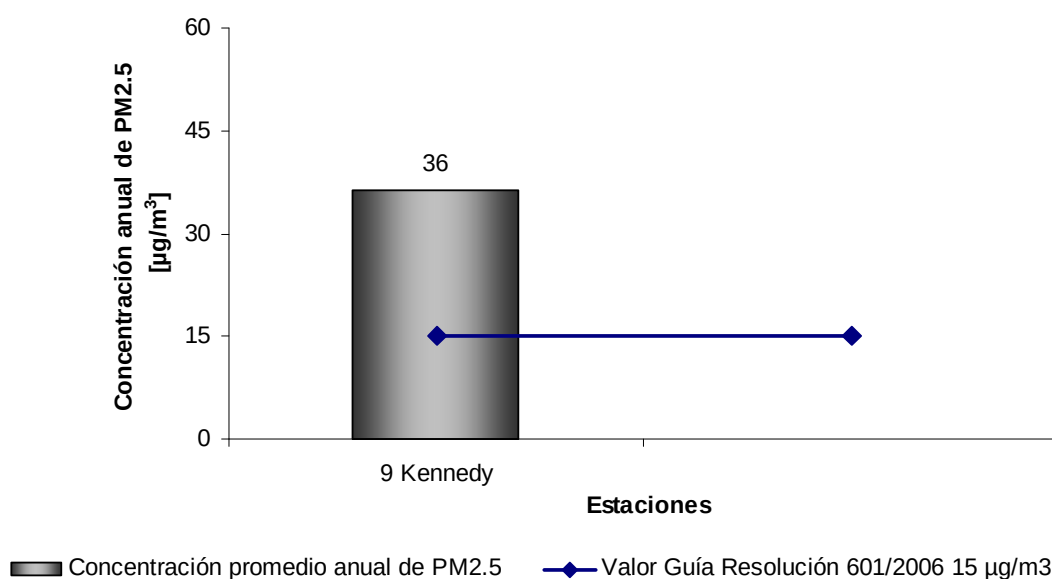


Figura 18. Concentración promedio anual de PM2.5

1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con dos analizadores ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá y No. 3 Sony.

Máximos en 24 Horas

Es preciso resaltar de ante mano que el porcentaje de la representatividad temporal para el año 2007 fue mayor al correspondiente al año precedente. Para la estación Cazucá pasó de 20% a 93% y para Sony de 50% a 89%, indicando que las fallas en los equipos y demás problemas presentados durante el 2006 fueron solucionados en gran medida. En la estación No. 7 Cazucá se recolectaron 8169 promedios de 24 horas de los cuales 263 excedieron la norma ($300\mu\text{g}/\text{m}^3$), el 40% está entre el 50% y el 75% de la norma, el 17% por encima de 75% y el resto está por debajo del 50%. Para la No 3 Sony existen 7777 promedios y tan sólo uno (1) excedió la norma en $3\mu\text{g}/\text{m}^3$. El 51 % de éstos valores estuvo entre el 50% y el 75% de la norma y el 37% por debajo del 50%. Resumiendo, sólo el 2% del total de promedios de 24 horas recolectados para PST excedió la norma y el 40% de éstos estuvo por debajo de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ (la mitad del valor de la norma).

En la figura 19 se resume lo expuesto anteriormente y se identifican los valores máximos del promedio 24 horas de PST registrados en ambas estaciones; para Cazucá fue de $441\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para Sony de $303\mu\text{g}/\text{m}^3$ ocurriendo el día Jueves 8 de Febrero a la 01:00 hora y el Jueves 19 de Julio a las 13:00 horas, respectivamente.

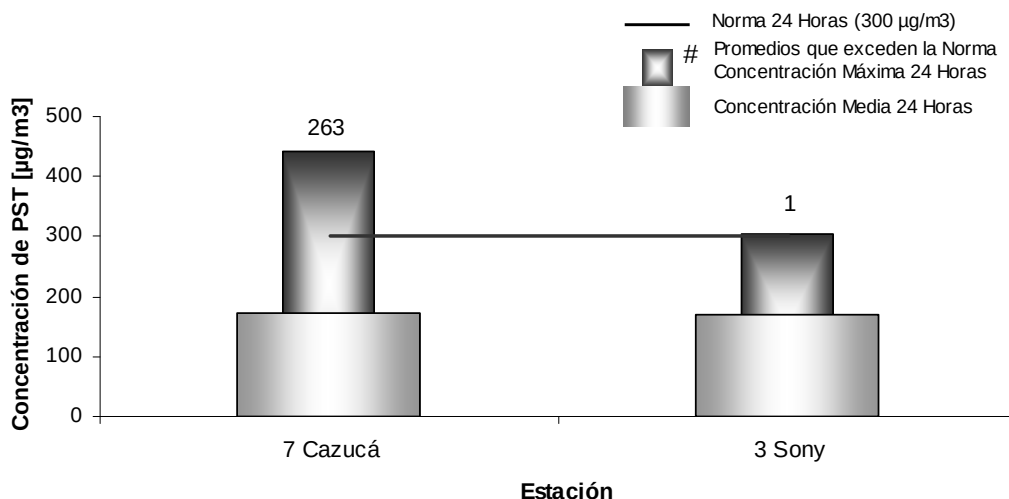


Figura 19. Concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año 2007.

En las siguientes figuras se resume el comportamiento de los promedios diarios de PST del 2007 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana. El comportamiento de PST en la estación Sony (Figura 20) es similar en el año 2007 al multianual; su dispersión es menor pero los valores de la mediana y el tercer cuartil se mantienen. Para la estación de Cazucá, la longitud de la caja disminuye, es decir, la dispersión es menor entre el primer y tercer cuartil, aunque la mediana es un poco superior.

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

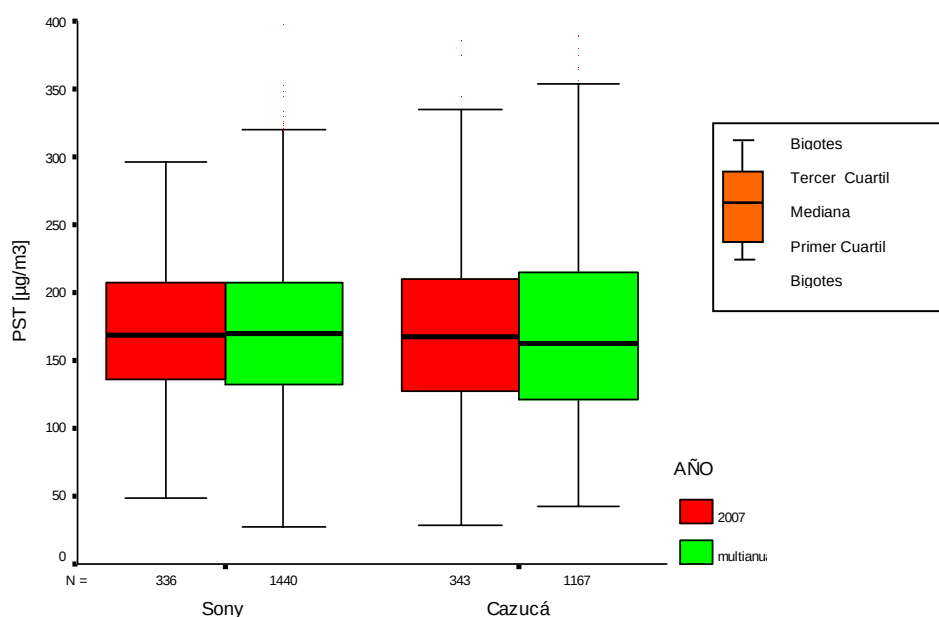


Figura 20. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por estación.

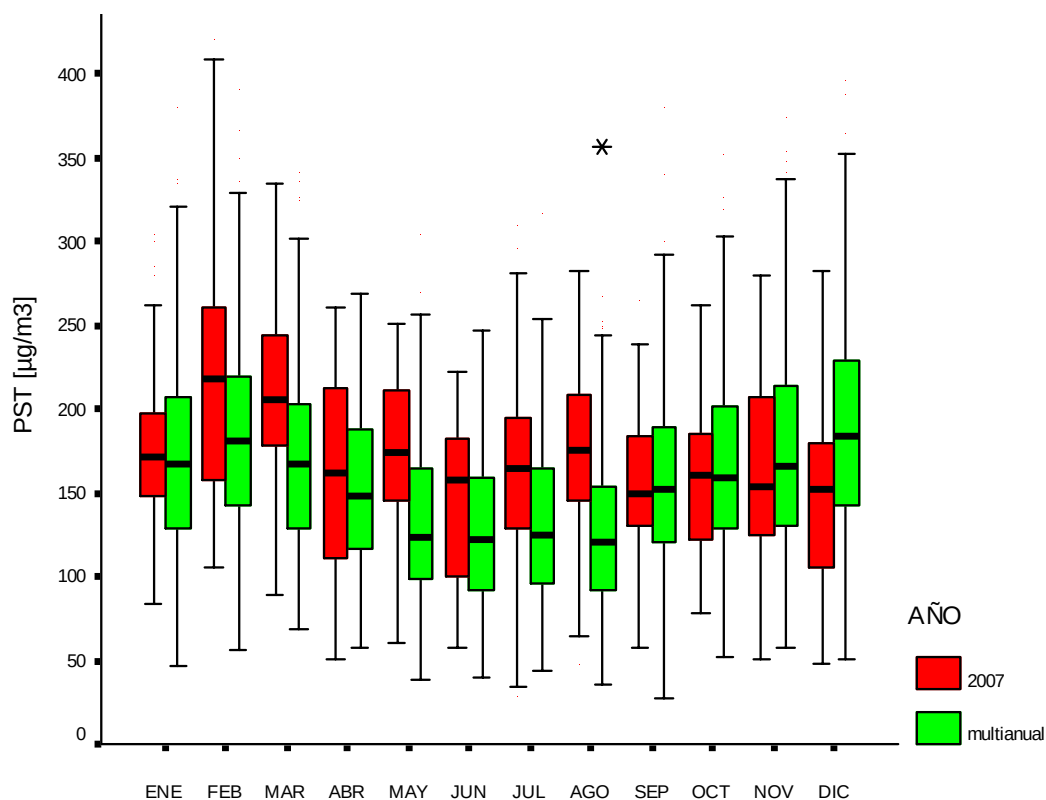


Figura 21. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por mes del año.

En la Figura 21, la tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 mes a mes muestran que para el año 2007, el comportamiento de éste contaminante varía con respecto al comportamiento multianual notoriamente. Siete de los doce meses presentan datos por encima de los multianuales y las dispersiones de algunos de ellos son mayores. Se resalta sin embargo, las dispersiones de enero, septiembre y octubre que son menores a las multianuales. El mes de Febrero es el que presenta la mayor dispersión, encontrándose que su concentración extrema está por encima de $400\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los últimos dos meses del año presentan valores de mediana inferiores en el 2007.

Finalmente, en la Figura 22 se muestra la tendencia acorde a los días de la semana, en dónde el día domingo es el que presenta la mediana más pequeña, menor dispersión y menores valores de concentración, seguido del día lunes. Por el contrario, del martes al viernes la dispersión aumenta así como las concentraciones en que se encuentran comprendidos los datos y los valores límites superiores. Comparando con las cajas multianuales, se presenta una dispersión menor en el año 2007 para todos los días.

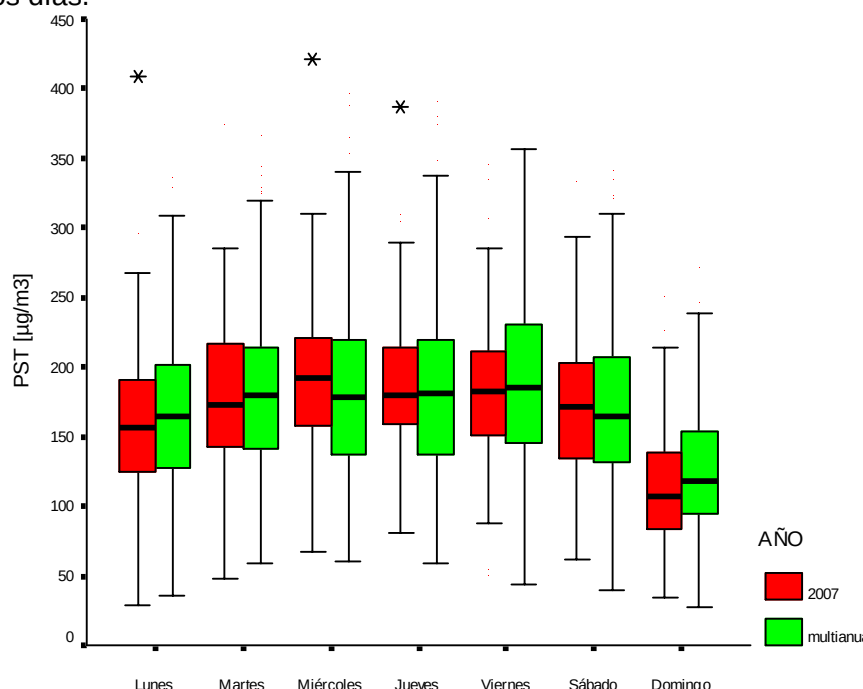


Figura 22. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por día de la semana.

Promedio Anual de PST

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. Para el análisis de los promedios anuales de PST se cuenta con la Figura 23 en la cual se aprecia el comportamiento de la concentración promedio anual mes a mes, tanto en la estación de Cazucá como en la de Sony. En el mes de marzo la estación de Cazucá presenta un aumento significativo de la concentración de PST pero a partir de éste mes disminuye progresivamente su valor hasta fin de año; en Sony también se presenta una disminución entre enero y diciembre pero es de resaltar que en todos los meses se excedió el promedio anual establecido por la norma; el mes más crítico fue marzo seguido de abril.

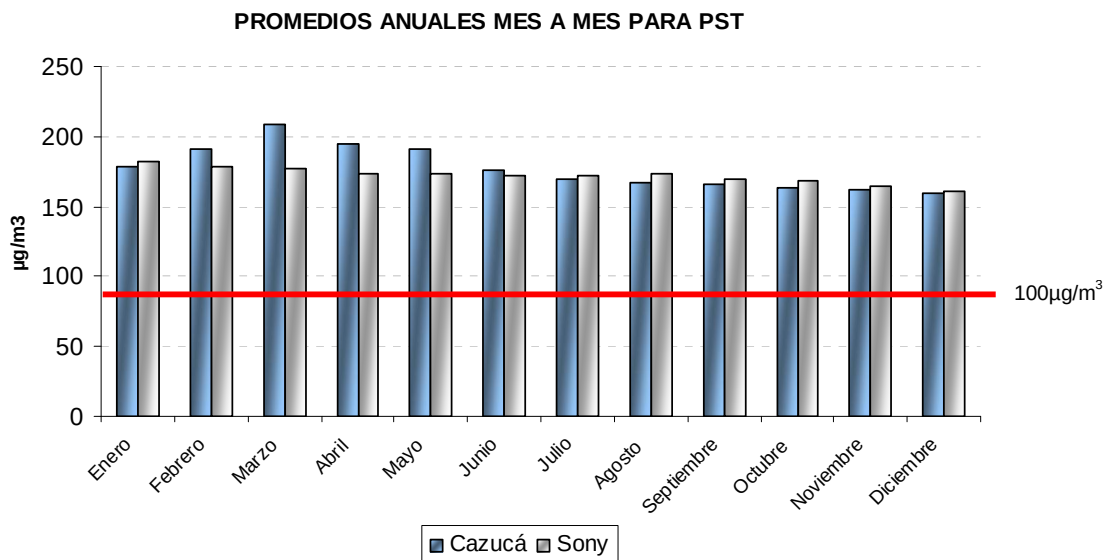


Figura 23. Comportamiento de la concentración promedio anual a lo largo del año en cada una de las estaciones.

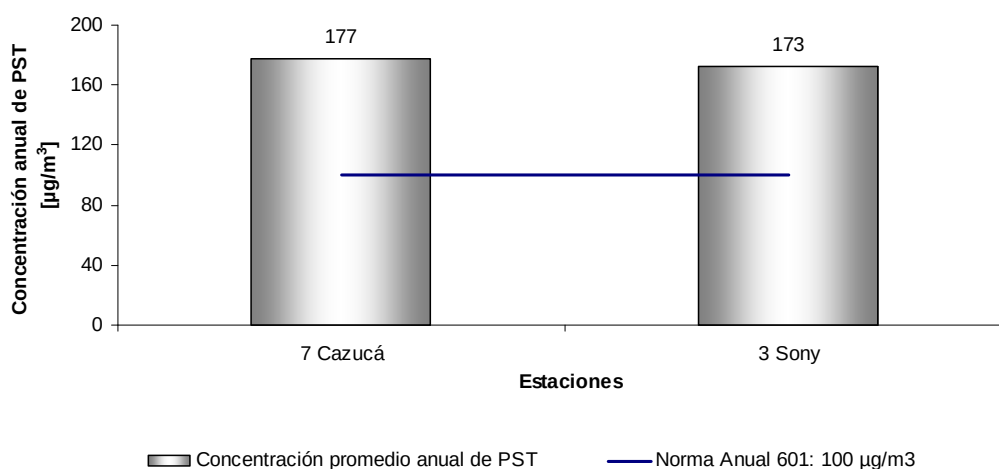


Figura 24. Máxima concentración promedio anual de PST por estación durante el 2007.

Como resumen del comportamiento de la concentración de PST, de acuerdo con los promedios anuales, se presenta la Figura 24, la cual se aprecia claramente el incumplimiento de la resolución 601 de 2006 que establece el límite máximo permisible en 100 µg/m³. En Cazucá se excede la resolución 601/06 un 77% y en Sony un 73%.

1.2 GASES CONTAMINANTES

La RMCAB, además de medir el material particulado durante el año 2007, realizó el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO_2 , contaminante primario, es un gas incoloro y de olor picante e irritante en concentraciones superiores a 3 ppm. Es producto principalmente de 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_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3) 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_3 es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO_2

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 9 analizadores de dióxido de azufre (SO_2) y un equipo DOAS, ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 601 de 2006.

Máximos en 3 horas

Durante el año 2007 se obtuvieron setenta y siete mil setecientos diecisiete (77717) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 81% de los promedios posibles en el año. La resolución 601/06 establece un valor de 287 ppb de SO₂ como límite máximo permisible, el cual no fue excedido en ninguna oportunidad.

En la Tabla 4 se muestran los valores máximos de SO₂ obtenidos para promedios de 3 horas por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo, fechas que no concuerdan con los periodos de incendios ocurridos en la ciudad, como sí ocurrió con el material particulado, puesto que el SO₂, como se dijo anteriormente, proviene principalmente de la combustión de carbón y derivados del petróleo. Por otro lado, en la Figura 25 se hace una representación gráfica de los datos presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 3 horas durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 3 h
6 Carrefour	Noroccidente	42	Sábado 2 Junio 2007, 02:00
14 Fontibón	Noroccidente	41	Lunes 26 Febrero 2007, 01:00
10 Santo Tomas	Centro	20	Miércoles 12 Diciembre 2007, 10:00
5 IDRD	Centro	83	Miércoles 28 Febrero 2007, 03:00
2 MAVDT	Centro	16	Jueves 09 Agosto 2007, 04:00
13. Puente Aranda	Centroccidente	54	Lunes 31 Diciembre 2007, 19:00
9 Kennedy	Suroccidente	41	Sábado 20 Octubre 2007, 07:00
7 Cazucá	Suroccidente	36	Lunes 13 Agosto 2007, 16:00
3 Sony	Suroccidente	44	Miércoles 28 Febrero 2007, 18:00
4 Tunal	Sur	21	Martes 14 Agosto 2007, 23:00

En la Figura 25, se visualizan claramente las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. Sobresale la estación 2 MAVDT cuyos valores máximo y medio son los más bajos de la red. La estación 7 Cazucá presenta la concentración media más alta y la estación 5 IDRD la mayor concentración registrada para los promedios de 3 horas. El sector sur es el más afectado por este contaminante. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, éstos valores son muy inferiores a los límites establecidos por la norma.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

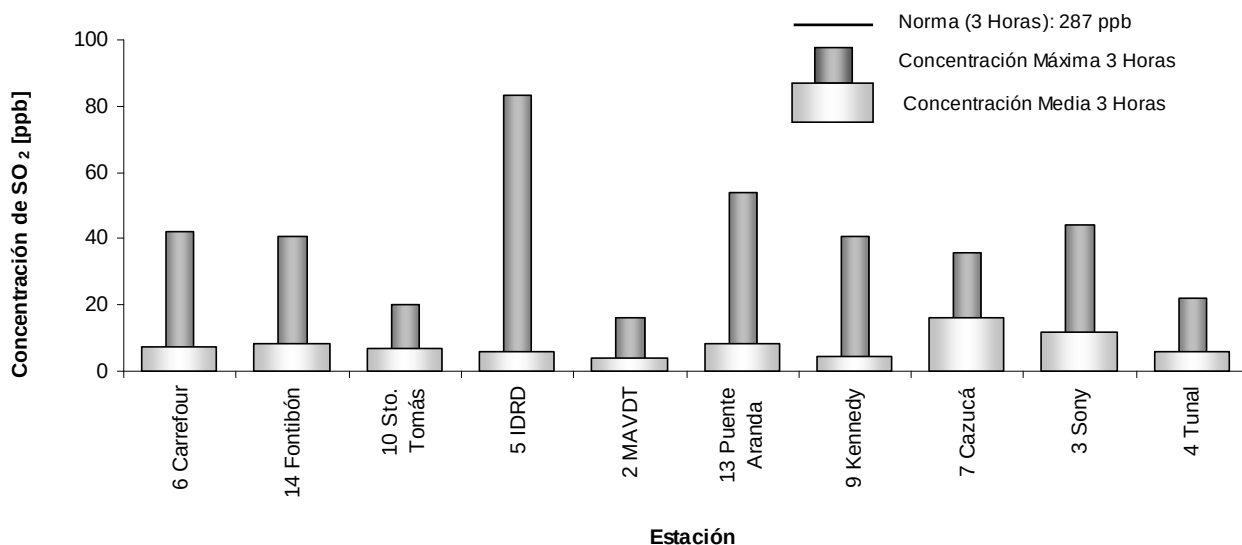


Figura 25. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el año 2007.

Máximos en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO₂, se contó con setenta y seis mil setecientos cuarenta y uno (76741) promedios, cuya representatividad temporal es del 80%. La única estación que no alcanzó una representatividad mayor al 75% fue Sony con un 69%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la resolución 601/2006 (96ppb). Los mayores promedios de cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 5, junto con la fecha de ocurrencia del evento, que a diferencia del material particulado, éstas no tienen relación con los periodos de incendios de la ciudad.

La Figura 26 representa de manera gráfica las concentraciones máximas y medias de SO₂ en cada una de las estaciones que miden éste contaminante. Como se expuso anteriormente, en todas las estaciones se registraron valores por debajo de la norma (menos del 30% de límite máximo) encontrándose que las estaciones del sector sur de la ciudad son las de niveles más altos de SO₂.

Tabla 5. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 24 horas durante el año 2007

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
6 Carrefour	Noroccidente	19	Sábado 02 Junio 2007, 07:00
14 Fontibón	Noroccidente	14	Miércoles 13 Junio 2007, 22:00
10 St. Tomas	Centro	14	Jueves 29 Noviembre 2007, 05:00
5 IDRD	Centro	19	Miércoles 28 Febrero 2007, 14:00
2 MAVDT	Centro	8	Sábado 02 Junio 2007, 10:00
13. Pte, Aranda	Centroccidente	22	Martes 01 Enero 2007, 00:00
9 Kennedy	Suroccidente	21	Domingo 21 Octubre 2007, 01:00
7 Cazucá	Suroccidente	29	Miércoles 17 Enero 2007, 22:00
3 Sony	Suroccidente	28	Jueves 01 Marzo 2007, 09:00
4 Tunal	Sur	17	Miércoles 15 Agosto 2007, 12:00

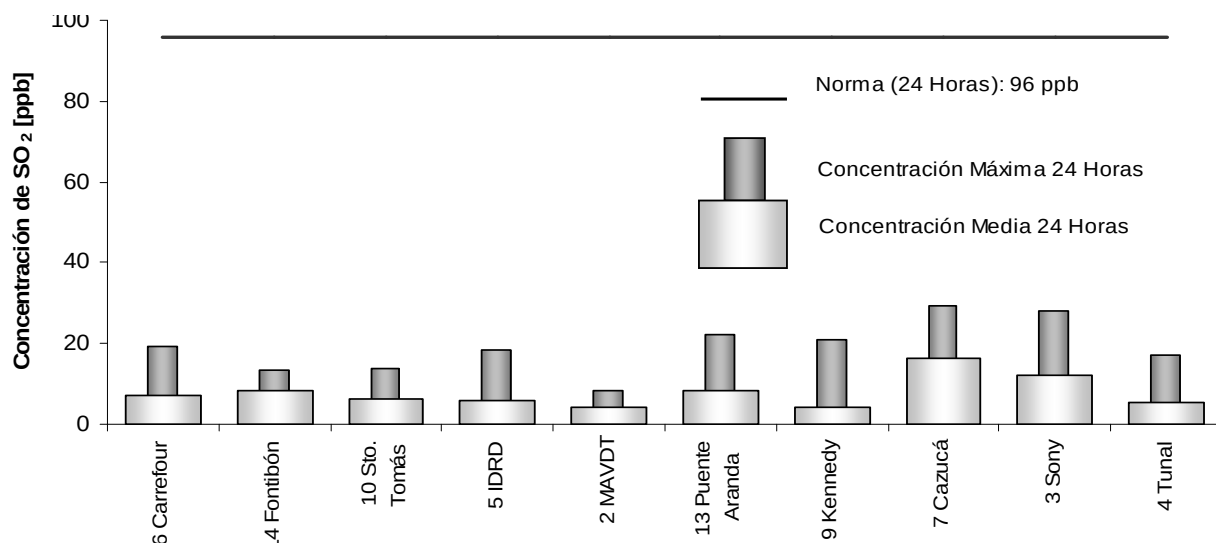


Figura 26. Concentración máxima de SO_2 para 24 horas por estación durante el año 2007.

En las Figura 27, Figura 28 y Figura 29 se presentan las tendencias de los valores diarios para SO_2 , del año 2007 comparado con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB. En la primera figura se observa que los datos tomados durante este año tuvieron una dispersión menor a la multianual en casi todas las estaciones. Se excluye Kennedy que tuvo una dispersión ligeramente mayor a la multianual y presentó valores atípicos junto con la estación de Puente Aranda. Para las tendencias mensuales (Figura 28) y semanales (Figura 29) se sigue el mismo comportamiento de menor dispersión en el 2007.

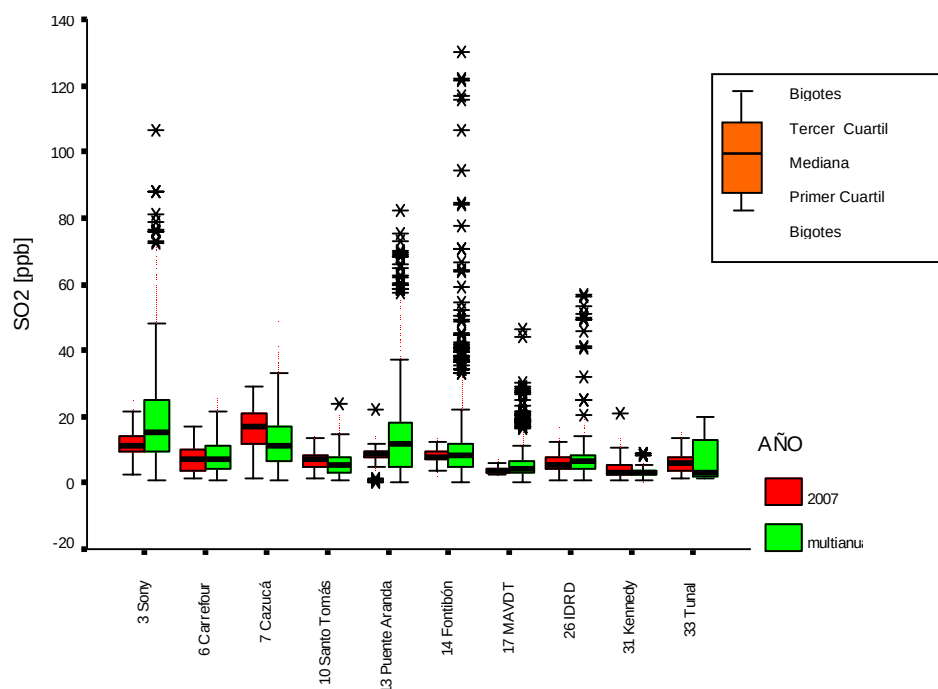


Figura 27. Tendencia de las concentraciones de SO_2 de la RMCAB por estación

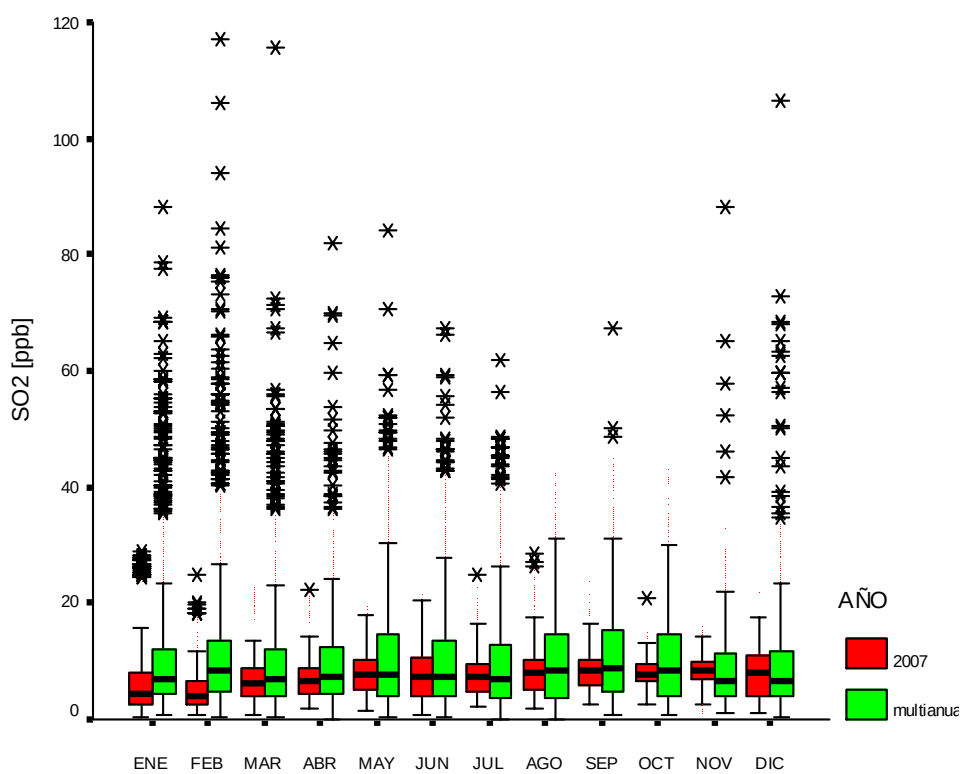


Figura 28. Tendencia de las concentraciones de SO_2 de la RMCAB por mes del año

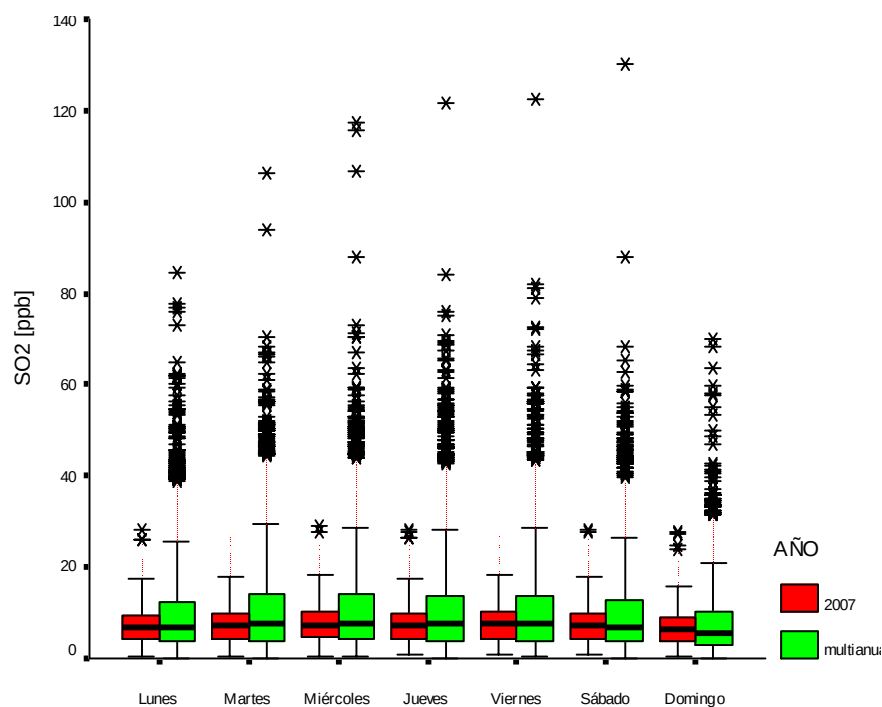


Figura 29. Tendencia de las concentraciones de SO_2 de la RMCAB por día de la semana

Máximos anuales

Durante el año 2007 se obtuvieron tres mil seiscientos cincuenta 3650 datos de promedios anuales de la concentración de SO₂, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (31ppb). Estos datos tienen una representatividad de 77%, suficiente para realizar un análisis del comportamiento de SO₂ de acuerdo con las concentraciones anuales.

En la Figura 30 se muestran los máximos promedios anuales del 2007 para cada una de las estaciones, destacándose la 2 MAVDT y la 9 Kennedy con valores de tan solo el 13% de la norma. Por el contrario, las estaciones 7 Cazucá y 3 Sony, que pertenecen al sector suroccidental, exhiben los mayores promedios. Como se ha mencionado anteriormente, éste sector es el más afectado por la presencia de este contaminante.

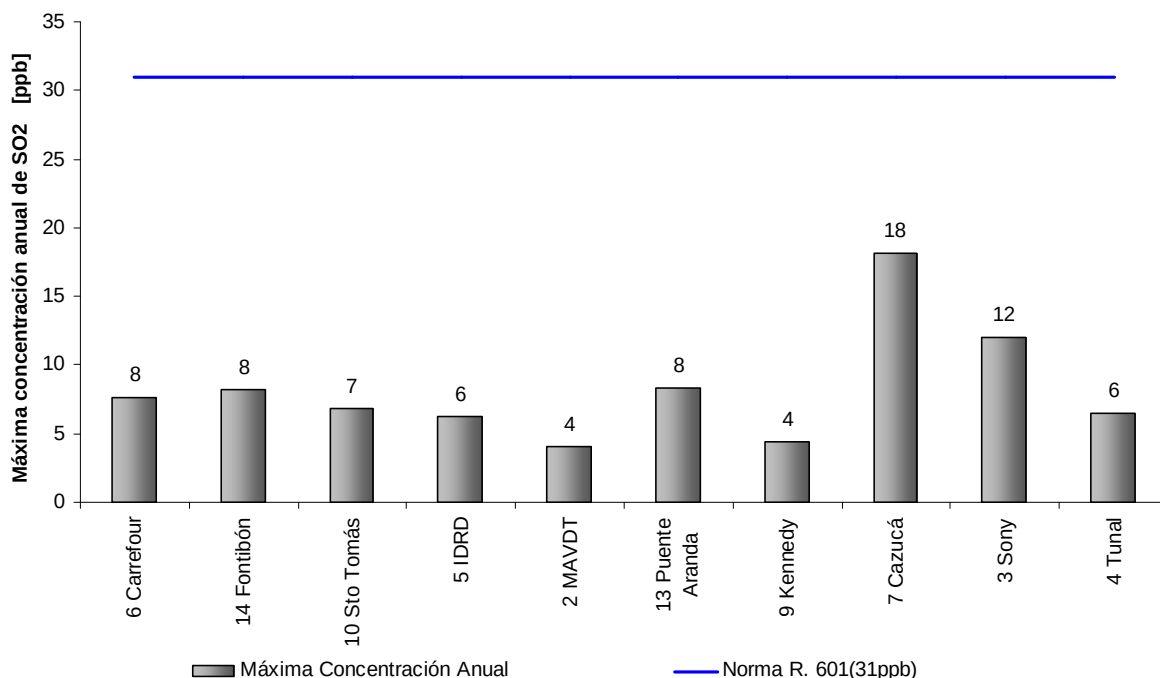


Figura 30. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante Abril.

En la Tabla 6 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales de los años 1998 hasta 2007, correspondientes a las estaciones que miden SO₂, calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

Tabla 6. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

SECTOR	No.	NOMBRE	Concentración en [µg/m ³]									
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Noroccidente	6	Carrefour			8	9	8	3	19		5	6
	14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7
Centro	10	Sto. Tomás	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5
	5	IDRD						18	6	9	6	6
	2	MAVDT	5	7	6	4	4			6	4	4
Centroccidente	13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5
Suroccidente	9	Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3	3
	7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14
Sur	3	Sony	13	13	11	17	14	9		17	12	11

En la Figura 31 se muestra la tendencia de los promedios diarios de concentración de SO₂ en la RMCAB a lo largo de los 9 años que ha funcionado, encontrando que siempre el valor de la mediana se ubica por debajo de los 15 ppb. Sin embargo, para el año 2007 la mediana aumentó en relación con el año 2006, aunque la tendencia general a reportado valores bastante inferiores a las normas.

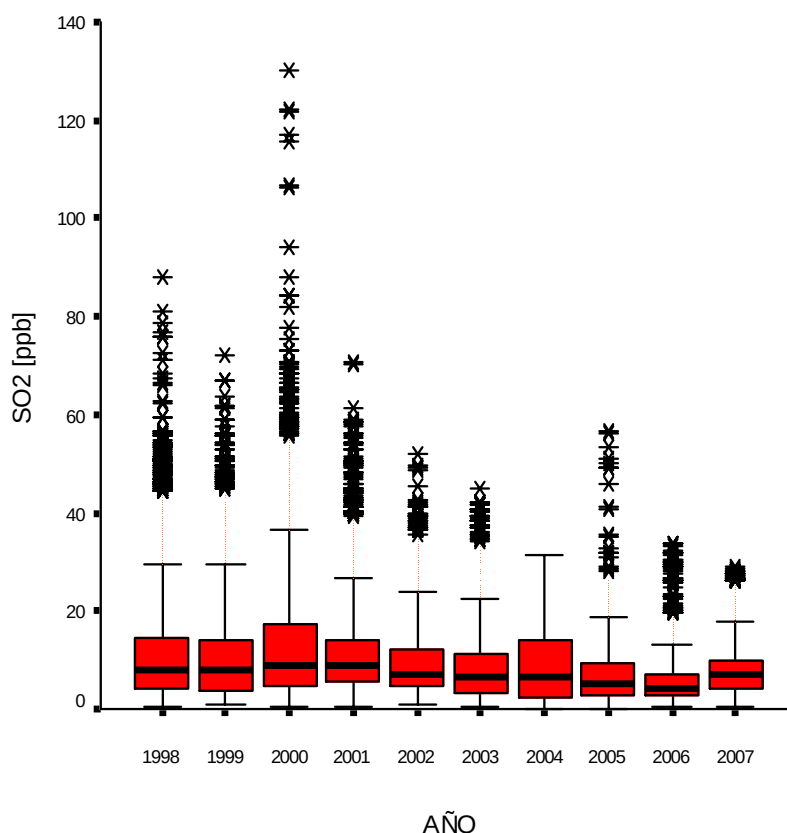


Figura 31. Tendencia histórica del SO₂ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

En el año 2007 se calcularon promedios horarios, de 24 horas y anuales de concentración de NO₂ para las estaciones configuradas en la Tabla 1.

Máximos en 1 hora

En este año se obtuvieron 42850 datos de promedios horarios, con una representatividad del 70%, afectada por la representatividad de la estación 9 Kennedy (9%), la cual empezó a reportar valores a partir del 28 de Noviembre de 2007. Las estaciones de Fontibón, IDRD, MAVDT y Puente Aranda tuvieron una representatividad del 80%, 80%, 93% y 94% respectivamente. La única estación que reportó valores superiores a la norma (106 ppb Res. 601 2006) fue la No 6 Carrefour, como se observa en la Figura 32. Además, en esta gráfica se pueden apreciar los valores de concentración máxima horaria presentada en cada una de las estaciones, así como la estación de Puente Aranda que presentó la concentración media horaria más alta en el 2007. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios horarios de NO₂ durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
11 Corpas	Noroccidente	41	Jueves 23 de Agosto, 09:00
6. Carrefour		110	Martes 30 de Octubre, 09:00
14 Fontibón		79	Sábado 03 de Noviembre, 07:00
5 IDRD	Centro	76	Viernes 07 de Diciembre, 10:00
2 MADVT		89	Jueves 08 de Febrero, 14:00
13 Puente Aranda		97	Sábado 03 Febrero, 10:00

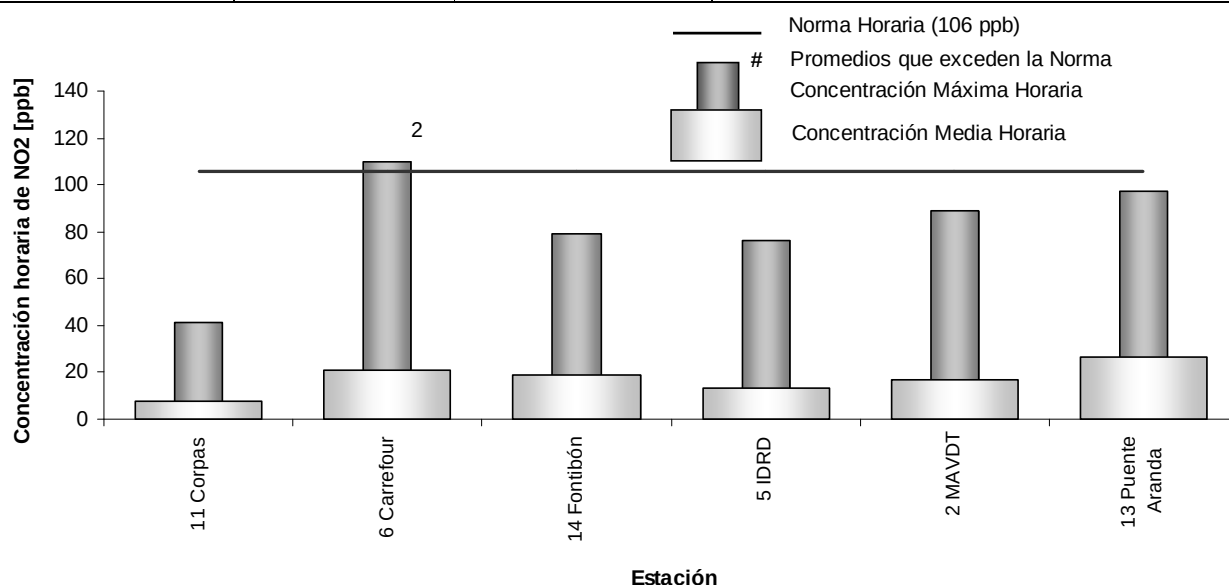


Figura 32. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el año 2007.

Máximos en 24 horas

Para el año 2007 se pudieron calcular 41930 datos de promedios 24 horas de NO_2 , que corresponden a una representatividad del 68%. En éstos promedios también se tuvo en cuenta los obtenidos por la estación 9 Kennedy que empezó a reportar valores a partir del 28 de Noviembre de 2007. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida para NO_2 en medias móviles de 24 horas (80 ppb) como se observa en la Figura 33; además se observa que las estaciones 13 Puente Aranda y 6 Carrefour presentan las mayores concentraciones medias del año. Ésta última estación presentó la concentración máxima alcanzada en éste periodo de tiempo, y para las demás estaciones tan sólo se presentan valores máximos del 50% de la norma. En la Tabla 8 se reportan éstos promedios 24h por estación y el día en que ocurrieron.

Tabla 8. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de NO_2 para 24 horas durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
11 Corpas	Noroccidente	19	Jueves 15 Noviembre, 04:00
6 Carrefour		62	Sábado 03 Noviembre, 22:00
14 Fontibón		33	Sábado 03 Febrero, 09:00
5. IDRD	Centro	41	Miércoles 19 Diciembre, 09:00
2. MAVDT		38	Sábado 10 Febrero, 01:00
13. Puente Aranda		42	Viernes 16 Marzo, 04:00

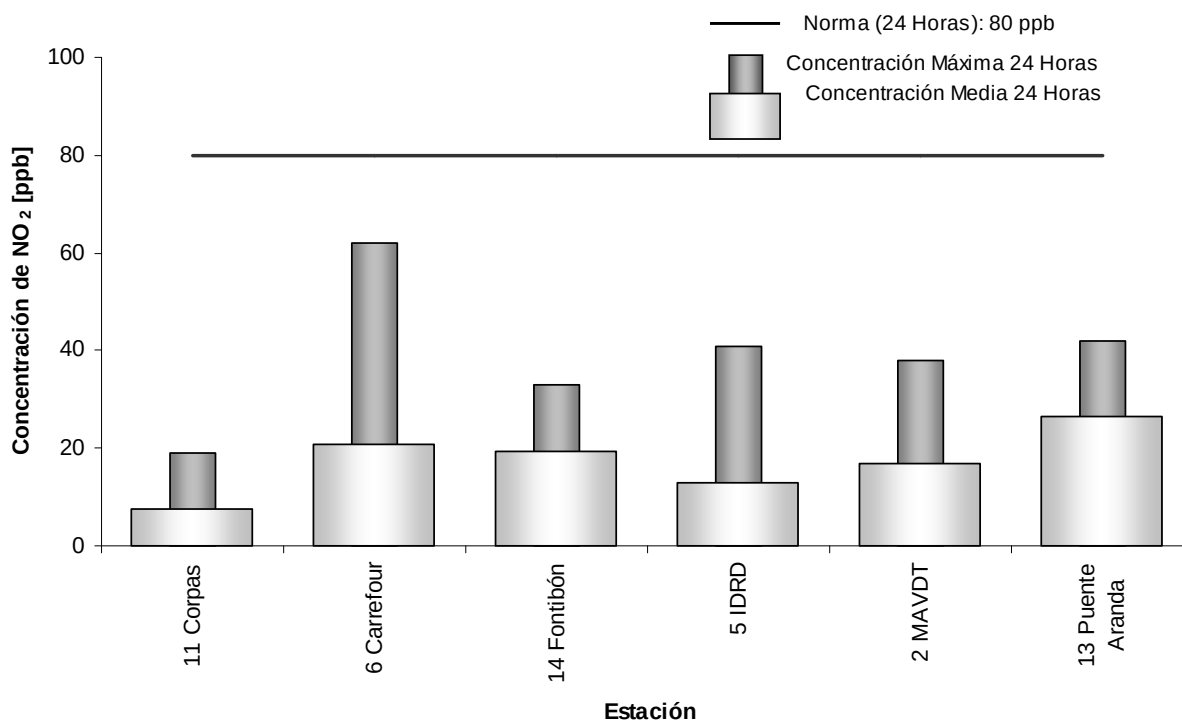


Figura 33. Concentración máxima de NO_2 para 24 horas por estación durante el año 2007.

En las figuras 31, 32 y 33 se presentan las tendencias de los valores diarios para NO_2 , en el año 2007 comparadas con la tendencia multianual. En la primera figura, la estación No 6 Carrefour presenta una dispersión mayor en el 2007, así como valores de concentración diaria superiores. Las dispersiones para las otras estaciones fueron menores en el 2007 aunque las estaciones de No 13 Puente Aranda y No 10 Fontibón presentaron sus medianas por encima de los valores multianuales. La estación de Kennedy no tiene comparativo multianual pues hasta finales del año 2007 empezó a monitorear este contaminante, como se mencionó anteriormente. En cuanto a la Figura 35, todos los meses del año 2007, a excepción de junio, presentan la mediana por encima de la del periodo multianual. Además, el tercer cuartil alcanzó valores de concentración por encima de 20ppb en siete meses del año, frente a tres del multianual y tan sólo en enero y junio éste cuartil disminuyó los valores de concentración en el año 2007. Por otro lado, se observa un comportamiento bimodal durante el año, en el que se destacan los meses de febrero y noviembre como los de mayores valores de concentración. En la Figura 36, analizando las tendencias de concentraciones por día de la semana, se observa una dispersión mayor en el año 2007 con respecto a la multianual. Además, los límites superiores presentan valores mayores así como el 75% de los datos.

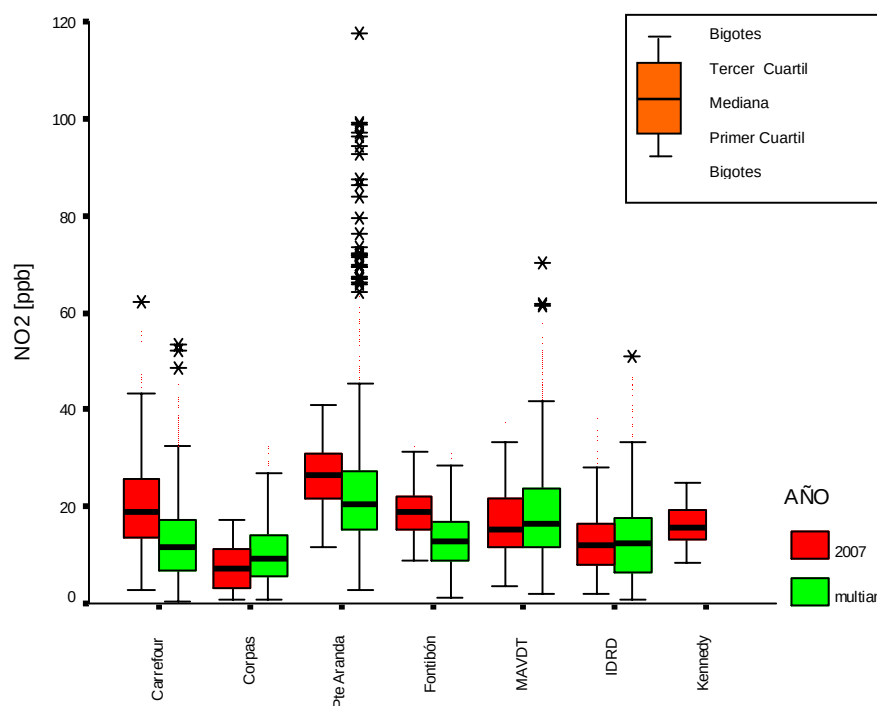


Figura 34. Tendencia de las concentraciones de NO_2 en la RMCAB por estación

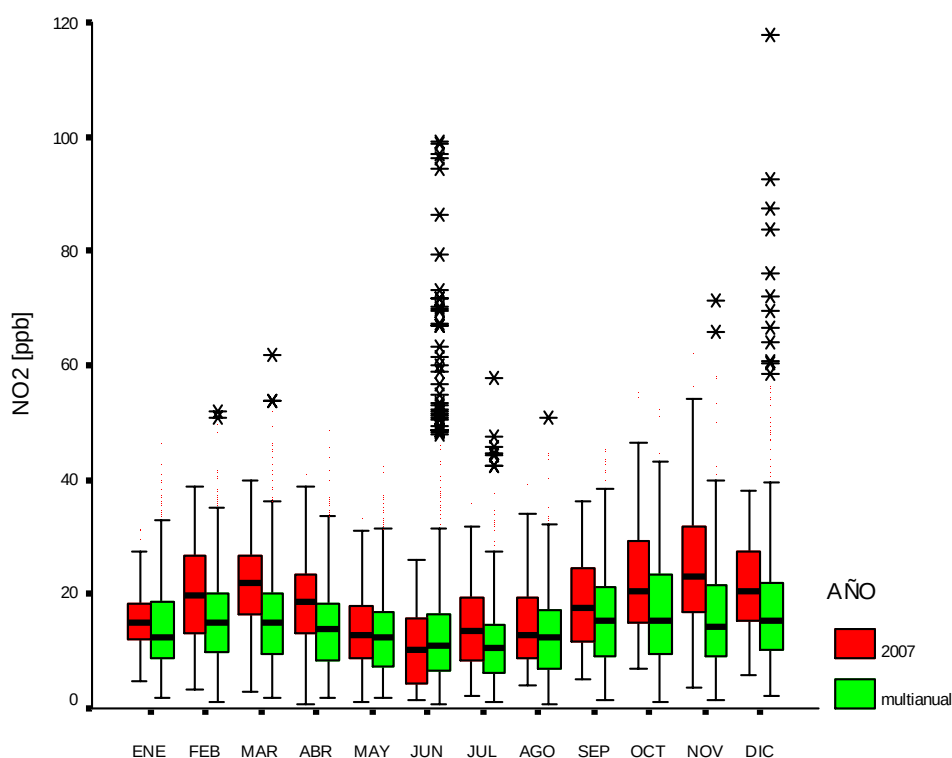


Figura 35. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por mes del año

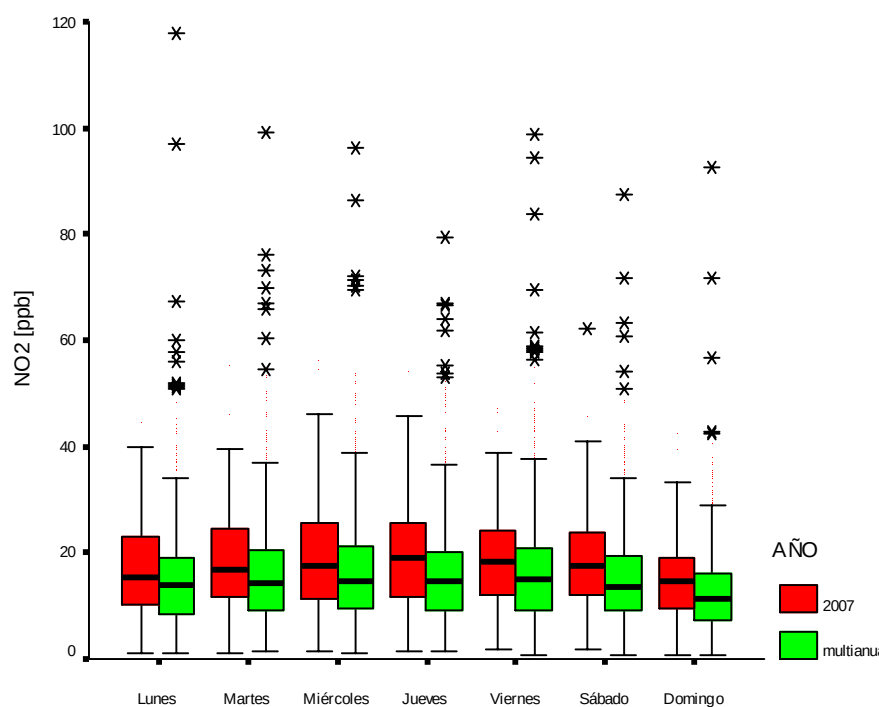


Figura 36. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por día de la semana

Promedio Anual de NO₂

Para el 2007 se calcularon 2109 datos de promedios anuales de NO₂ que corresponden al 70% de los datos que se podrían tomar en las 6 estaciones. Sólo las estaciones No. 5 IDRD y No. 2 MAVDT presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%. En la Figura 37 se observa que ninguno de los máximos promedios anuales de las estaciones superó la norma (53 ppb Res 601 2006) y la mayoría estuvo por debajo del 50%.

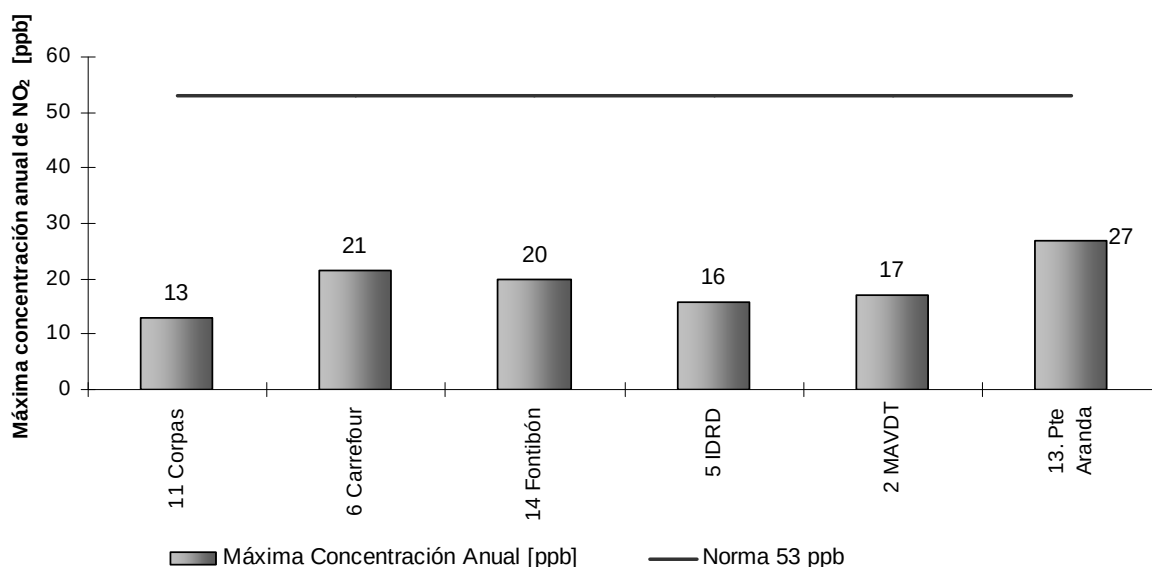


Figura 37. Máxima concentración promedio anual de NO₂ por estación durante Abril 2007.

Por otro lado, en la Figura 38 se aprecia la tendencia de los promedios diarios desde 1998 hasta 2007. Éste último año presenta una mayor dispersión comparada con el año inmediatamente precedente, pero similar al año 2005; además, la tendencia entre los años 1998 a 2001 fue similar a ésta. En los años 2003 y 2004 se obtuvo una menor dispersión y también menores valores de mediana, así como límites superiores cercanos a 20 ppb. En el año 2007 el límite máximo pasó las 40 ppb, pero estuvo por debajo del valor máximo del año 2005. En resumen, la tendencia de los promedios diarios año a año, presenta tres periodos; el primero de 1998 a 2001 caracterizado por un comportamiento estable en el que la mediana se mantiene y la dispersión varía poco. El siguiente entre el 2002 y el 2004 en el que hay una disminución en la concentración diaria y una menor dispersión y, el final desde el 2005 hasta el año 2007, en el que no se sigue un patrón, pues el 2005 se caracteriza por una alta dispersión y un valor de la mediana mayor a los años anteriores pero en el 2006 se reduce notoriamente la dispersión y la mediana baja, terminando el periodo en el 2007, de nuevo aumentando la dispersión y subiendo la mediana.

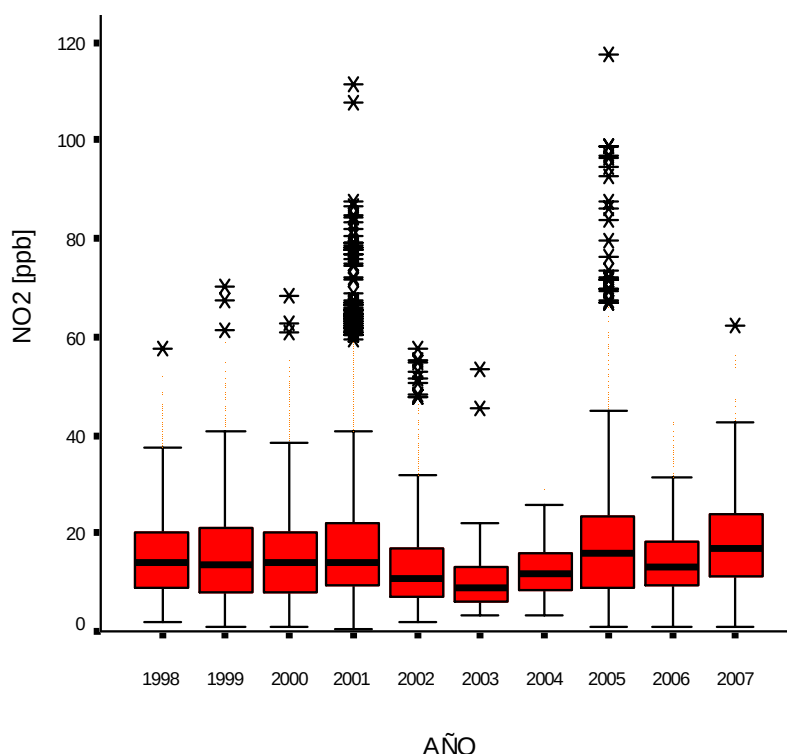


Figura 38. Tendencia histórica de NO₂ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO

En el año 2007 fueron reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO por las estaciones No. 11 Corpas, No. 6 Carrefour, No 14 Fontibón, No. 5 IDRD, No. 7 Cazucá y No. 3 Sony, como se observa en la Tabla 1. La estación No. 9 Kennedy sólo reportó valores a partir del 28 de noviembre, por lo cual no se tuvo en cuenta para analizar el comportamiento de éste contaminante.

Máximos en 1 hora

Se obtuvieron 38490 datos de promedios horarios de CO, lo que equivale a sólo el 63% de representatividad. Ninguno superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006), puesto que todos los promedios se registraron por debajo del 50% de la norma. Esto se evidencia en la Figura 39 dónde además se observa que las estaciones de Cazucá y Sony presentaron valores de concentraciones medias horarias superiores a las demás estaciones. Además, éstas obtuvieron las máximas concentraciones horarias junto con la estación IDRD. En la Tabla 9 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación.

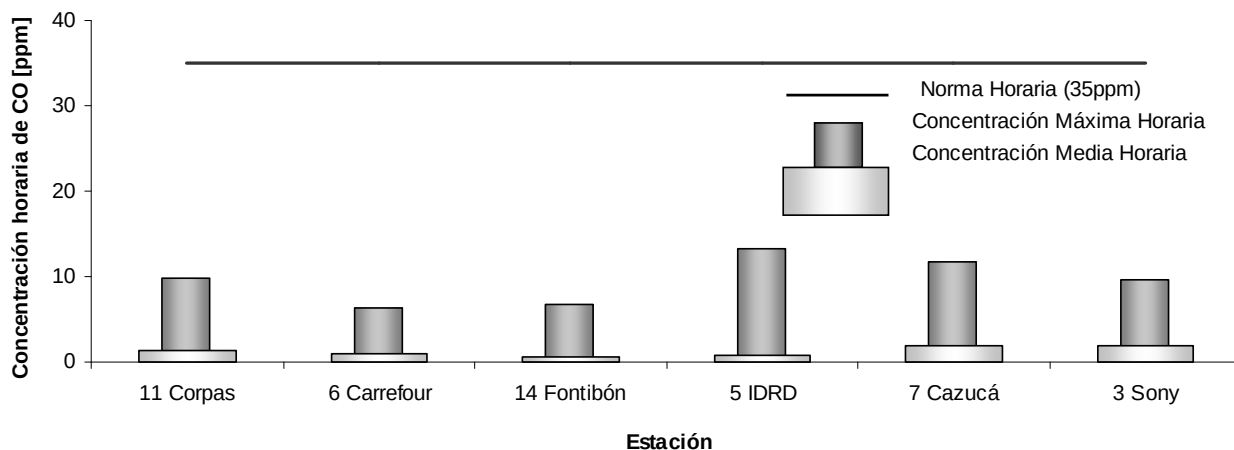


Figura 39. Concentraciones máximas horarias de CO durante el año 2007.

Tabla 9. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de CO durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 hora
11 Corpas	Noroccidente	9.8	Viernes 23 Febrero, 04:00
6 Carrefour		6.3	Sábado 03 Noviembre, 19:00
14 Fontibón		6.7	Lunes 22 Enero, 05:00
5 IDRD	Centro	13.2	Sábado 03 Noviembre, 20:00
7 Cazucá	Suroccidente	11.8	Jueves 11 Enero, 19:00
3 Sony		9.7	Jueves 09 Agosto, 05:00

Máximos en 8 horas

Para el año 2007 se calcularon 38490 promedios 8 horas de CO, equivalentes al 63% de todos los datos que se podrían calcular si no se presentaran fallas en la recolección de la información. Durante este año sólo se presentaron cuatro datos que excedieron la norma (8,8 ppm Res 601 2006) en la estación IDRD. Las estaciones No. 7 Cazucá y No. 3 Sony presentaron las mayores concentraciones medias 8 horas y la 14 Fontibón obtuvo la más baja. La Tabla 10 presenta el periodo en que ocurrieron los máximos datos de este parámetro y en la Figura 40 se visualiza la información aquí descrita.

Tabla 10. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios 8 horas de CO durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 8 horas
11 Corpas	Noroccidente	5.6	Viernes 23 Febrero, 08:00
6 Carrefour		4.3	Sábado 03 Noviembre, 22:00
14 Fontibón		2.8	Sábado 03 Noviembre, 22:00
5 IDRD	Centro	10.2	Sábado 03 Noviembre, 23:00
7 Cazucá	Suroccidente	7.8	Jueves 11 Enero, 23:00
3 Sony	Sur	6.5	Martes 21 Agosto, 08:00

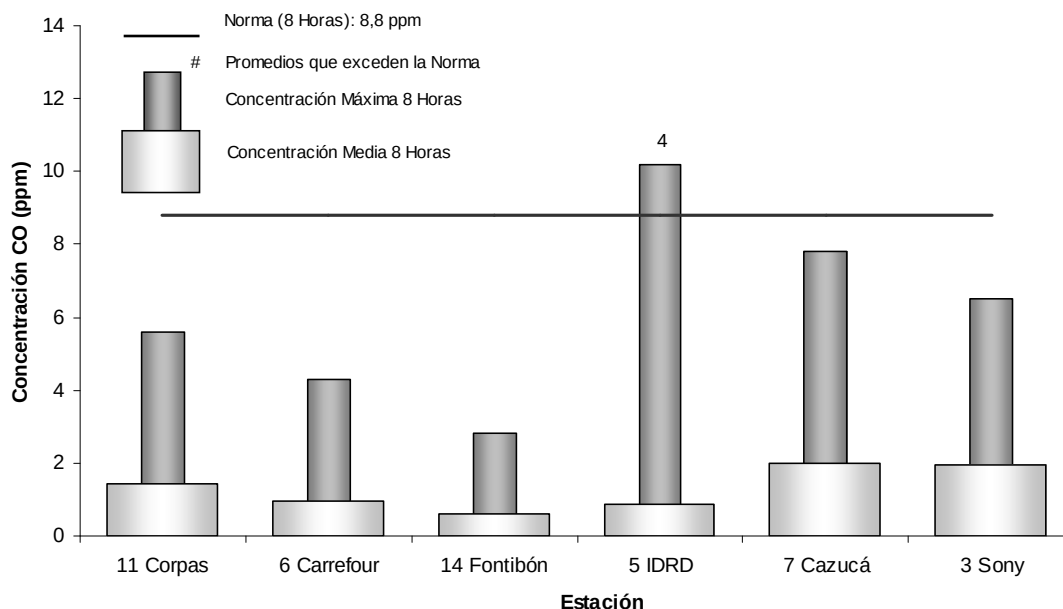


Figura 40. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el año 2007.

Por otra parte, las Figura 41, 42 y 43 presentan la tendencia de las concentraciones de CO del año 2007 comparadas con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB. La primera figura muestra que la dispersión de los datos disminuye en el año 2007, en especial la correspondiente a la estación No 14 Fontibón, cuyo límite superior estuvo por debajo de la mediana del periodo multianual. Para la estación No 5 IDRD hay un ligero aumento de la dispersión y la mediana presenta un valor mayor. En la estación No 11 Corpas, si bien hay menor dispersión, la mediana del año 2007 está por encima de la presentada en el periodo multianual y finalmente la estación No 9 Kennedy, que no tiene comparativo multianual, presenta valores de concentración mayores a las demás estaciones pero una dispersión pequeña. En cuanto a la Figura 42, las dispersiones disminuyeron para todos los meses del año 2007 en relación con las multianuales, en especial en el mes de abril y los meses de agosto a noviembre. Además, la mediana se desplazó notoriamente. El mes de septiembre presentó varios valores atípicos así como el mes de agosto. La Figura 43 sigue la misma tendencia de disminución de la dispersión, encontrándose que el 75% de los datos estuvo por debajo de la mediana multianual.

Con relación a la tendencia anual (Figura 44), puede notarse una menor dispersión en los años 2006 y 2007, aunque éstos dos años presentan mayor número de valores atípicos que los otros años. Además los años 1998 y 1999 y entre 2003 y 2005 se presentaron las mayores dispersiones del periodo representado. Sin embargo, los dos últimos años nos permiten entrever que la tendencia es a la disminución de la dispersión de los datos y la concentración del CO.

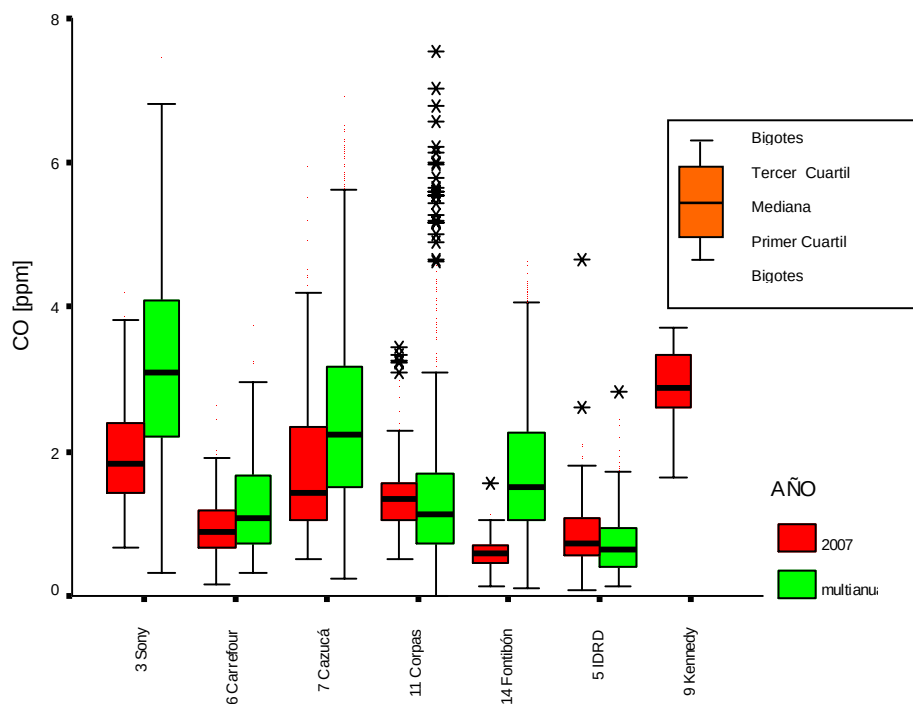


Figura 41. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por estación

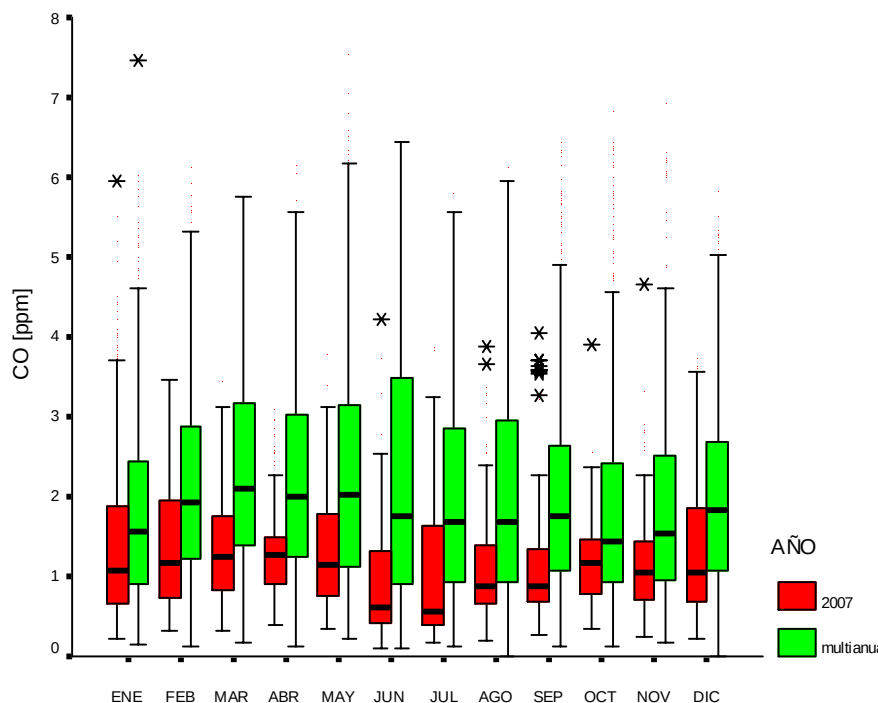


Figura 42. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por mes del año

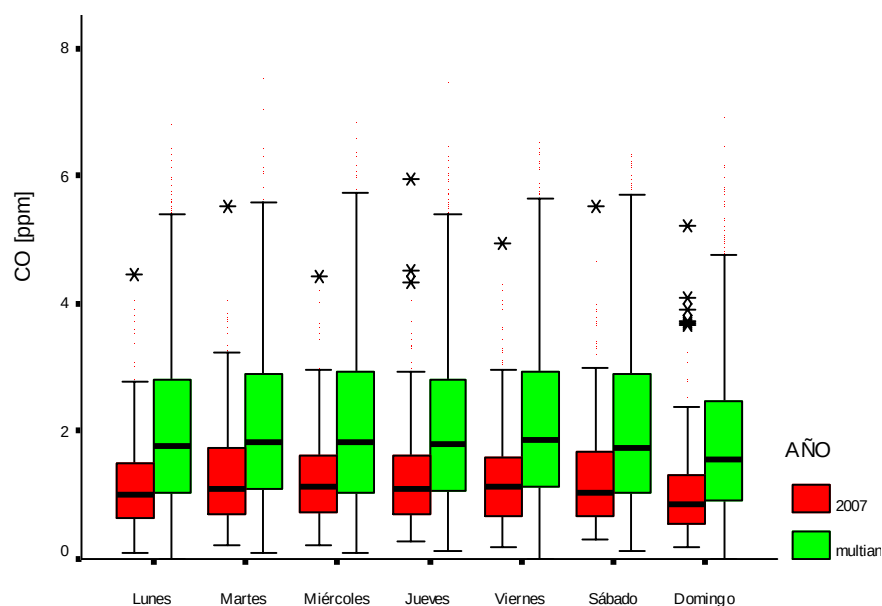


Figura 43. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por día de la semana

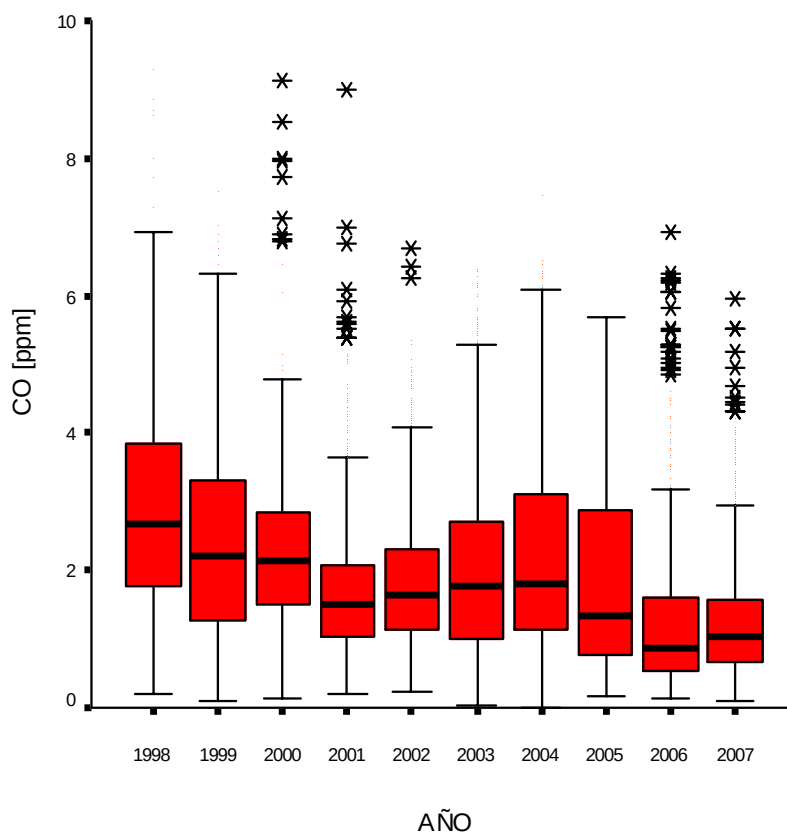


Figura 44. Tendencia histórica de CO en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O₃

La RMCAB contó con 4 equipos para monitorear Ozono (O₃) durante el 2007, ubicados según información de la Tabla 1. Con la información de las estaciones se calcularon los datos de promedios de 1 hora y 8 horas, los cuales fueron comparados con la respectiva norma.

Máximos en 1 hora

Durante el año 2007 se calcularon 30290 promedios de 1 hora de O₃, los cuales tienen una representatividad del 86%. Todas las estaciones presentaron promedios máximos por encima de la norma pero éstos tan solo corresponden a 0.6% del total. Además, su concentración media horaria siempre estuvo por debajo del límite máximo permisible establecido en la Resolución 601 de 2006 (61ppb) como se aprecia en la Figura 45. En la Tabla 11 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; se resalta que éstos se presentaron en el mes de Febrero.

Tabla 11. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de O₃ durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
14 Fontibón	Noroccidente	101	Jueves 22 Febrero 2007, 13:00
5 IDRD	Centro	148	Jueves 22 Febrero 2007, 13:00
2. MAVDT		71	Jueves 22 Febrero 2007, 17:00
3. Sony	Sur	118	Lunes 05 Febrero 2007, 12:00

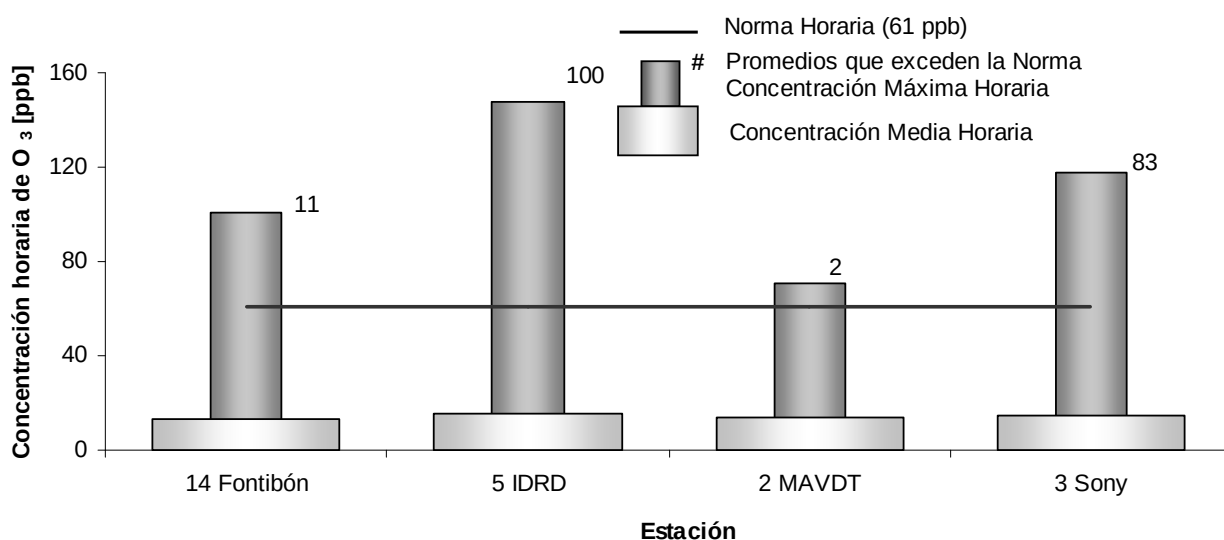


Figura 45. Concentración máxima horaria de O₃ por estación durante el año 2007.

Máximos en 8 horas

Para reportar la concentración de O_3 para un tiempo de exposición de 8 horas se tienen 30109 promedios que equivalen al 86% del número máximo de datos que podrían calcularse en las 4 estaciones durante un año; para este parámetro tan sólo se tuvo un porcentaje de excedencia del 1.5, que corresponde a los datos de todas las estaciones que presentaron concentraciones máximas que superaron la norma (41 ppb Res. 601 2006). Éstas excedencias y la fecha en que ocurrieron se presentan en la Tabla 12; cabe resaltar que todos los periodos de ocurrencia recaen en el mes de febrero.

En la Figura 46 se muestran las concentraciones máximas y medias de O_3 para 8 horas, de cada una de las estaciones. Comparando con la norma (41 ppb), los valores máximos, presentados en la Tabla 12, siempre la exceden resaltando la estación IDR D con 85 ppb; además ésta última presenta la media más alta.

Tabla 12. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O_3 para 8 horas durante el año 2007.

Número y nombre de la Estación	Sector	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 8 h
14 Fontibón	Noroccidente	63	Jueves 22 Febrero 2007, 17:00
5 IDR D	Centro	85	Jueves 22 Febrero 2007, 17:00
2. MAVDT		42	Martes 06 Febrero 2007, 21:00
3. Sony	Sur	71	Lunes 05 Febrero 2007, 17:00

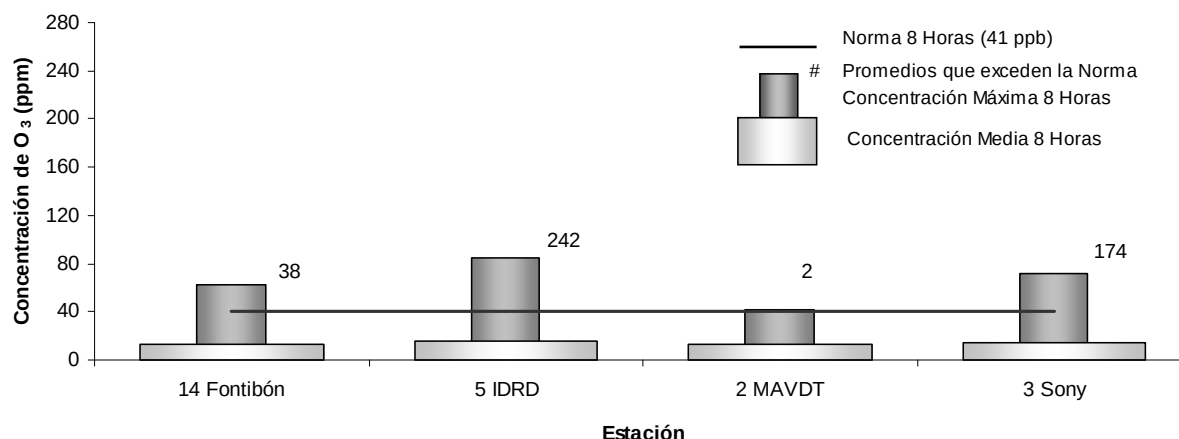


Figura 46. Concentración máxima de O_3 para 8 horas por estación durante el año 2007

La tendencia de las concentraciones de O_3 del año 2007 comparadas con la tendencia multianual, se presenta en las Figuras 44, 45 y 46. Analizando inicialmente la Figura 47, se encuentra que la estación No 5 IDR D presenta una mayor dispersión de sus datos y su mediana por encima de la multianual. La dispersión de los datos en la estación No 3 Sony se desplazó en la escala de concentración hacia arriba, pero se mantuvo el comportamiento estadístico. Por otro lado, en la Figura 48 se observa una disminución de la dispersión en todos los meses del año 2007, a excepción del mes de agosto en el que la dispersión aumentó un poco. En el mes de febrero las concentraciones aumentaron su valor notoriamente; las medianas durante el 2007, en su gran

mayoría, estuvieron en valores por encima de las multianuales. En cuanto a la Figura 49, éste contaminante presenta una dispersión similar de lunes a domingo, aunque menor en el 2007. El día domingo se destaca por exhibir valores de concentración más altos que los multianuales en el tercer cuartil.

La Figura 50 muestra la tendencia histórica de éste contaminante a lo largo de los años que ha trabajado la RMCAB, dónde se puede apreciar una mayor dispersión en el año 2007 con respecto al año 2006. El año 2003 exhibe un comportamiento particular, pues su primer cuartil se encuentra por debajo de los primeros cuartiles de los demás años. Además las concentraciones de éste contaminante están muy por debajo de la tendencia general de la gráfica, debido posiblemente a un número reducido de datos, que registraron bajas concentraciones.

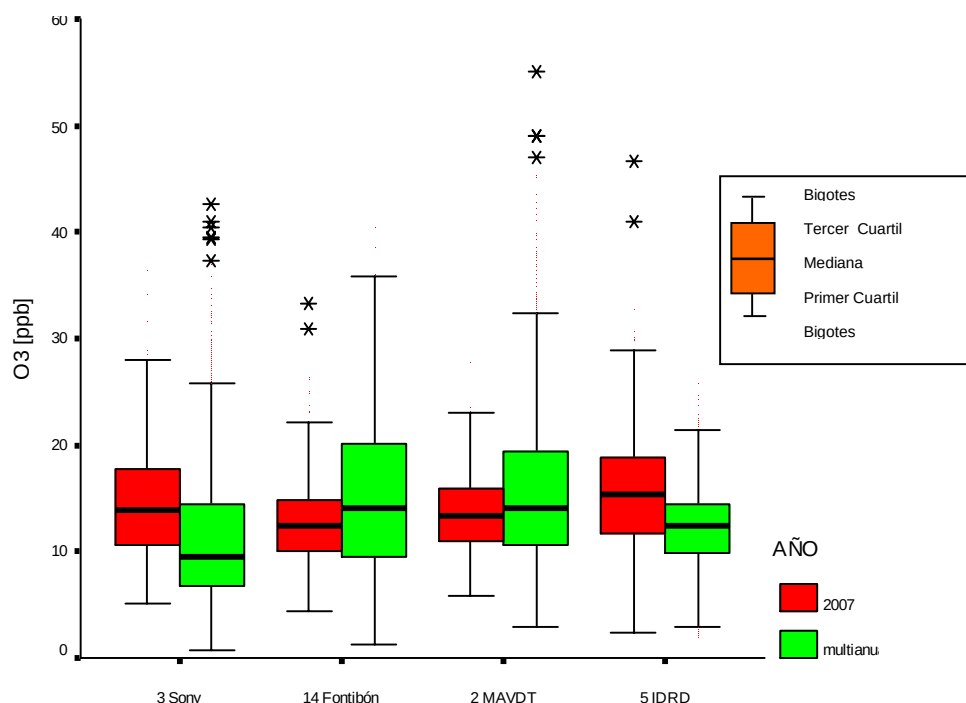


Figura 47. Tendencia de las concentraciones diarias de O_3 en la RMCAB por estación

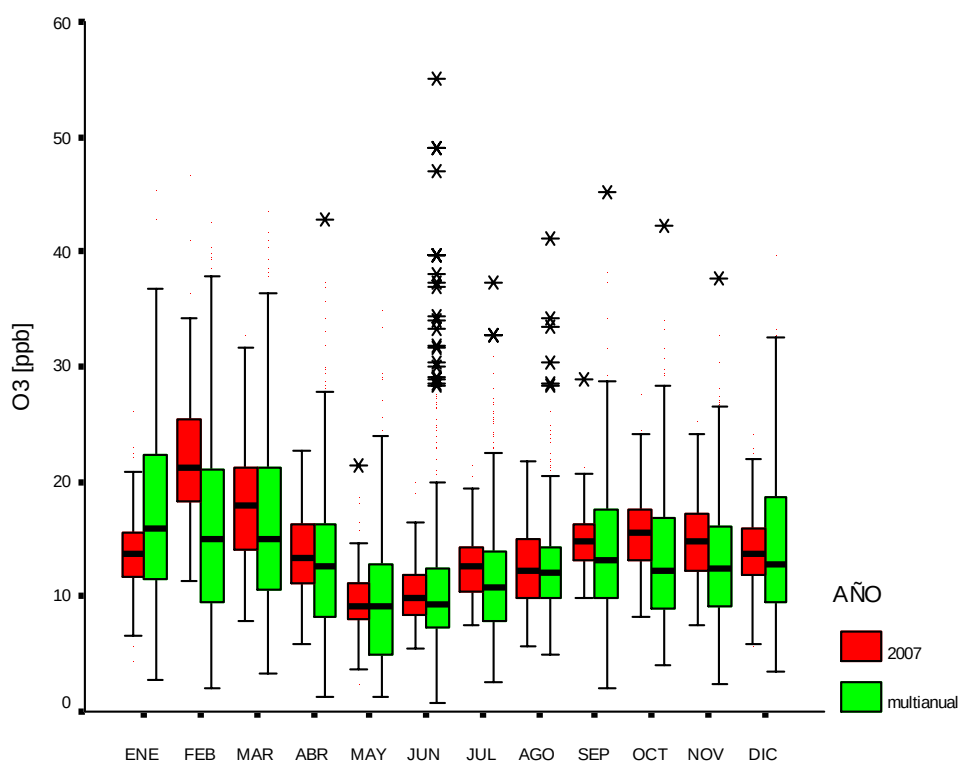


Figura 48. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por mes del año

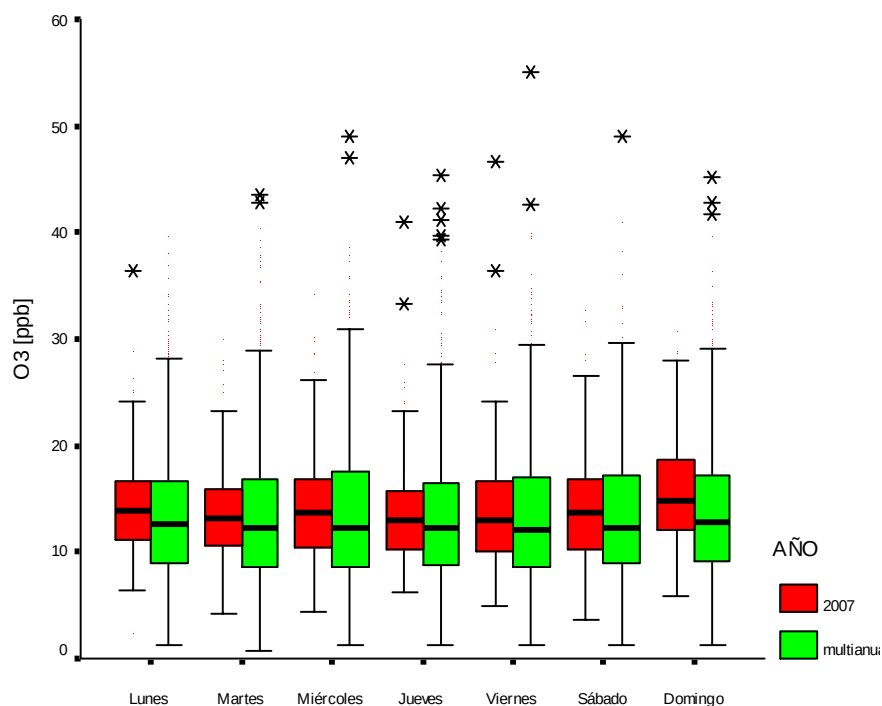


Figura 49. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por día de la semana

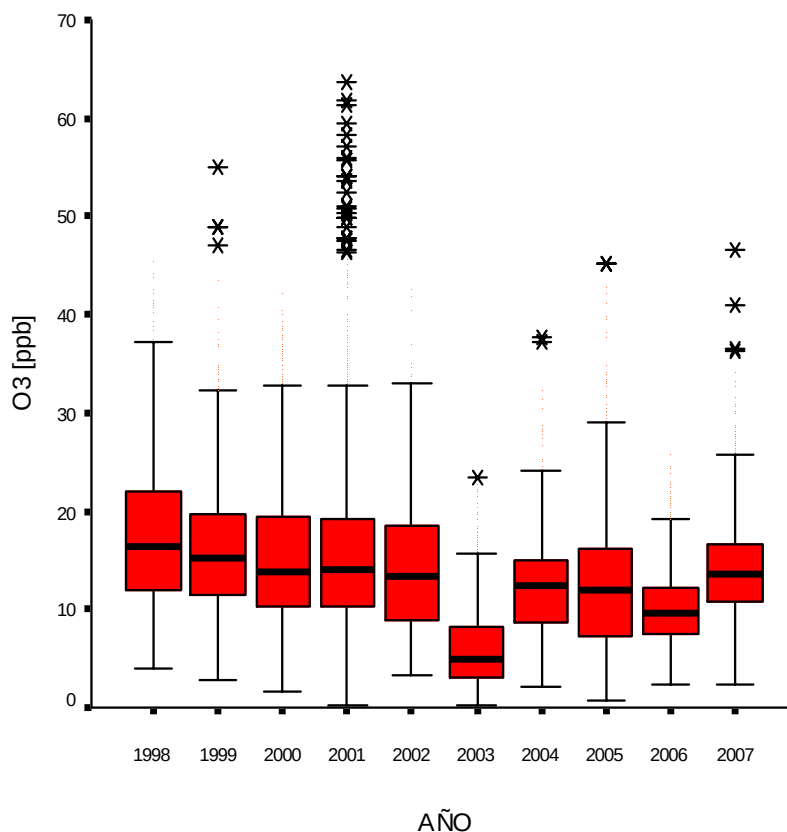


Figura 50. Tendencia histórica de O₃ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

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

Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM10 en la Tabla 14. En las columnas once y doce, se presentan el número mínimo y máximo de promedios diarios validos utilizados para el cálculo de los promedios anuales.

En la tabla 15 se muestra el resultado del análisis de los promedios 24h de PST. En la columna 9 se presenta el máximo promedio 24h de PST presentado en el año. En la columna 6 se presenta el porcentaje de datos que exceden la norma anual de PST; así mismo, en la columna 10 se presenta la relación entre el promedio 24h máximo y su correspondiente norma para cada estación y finalmente en la columna 4 se muestra la representatividad temporal del promedio anual de PST; para cada uno de los contaminantes se presentan tablas similares.

Tabla 13. Consolidado de los promedios de 24 horas para partículas menores a 10 micras (PM10)

Información de los registros de concentración de PM10 para un periodo de 24 horas [Norma: 150 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Media
Norte	8 Escuela	6710	77%	0	0%	87	0	97	0.65	35
	1 Bosque	7400	84%	0	0%	369	11	118	0.79	40
	Subtotal	14110	81%	0	0%	456	11			
Noroccidente	11 Corpas	3962	45%	369	9%	625	348	326	2.17	80
	6 Carrefour	7817	89%	3	0%	2164	416	155	1.03	70
	14 Fontibón	8042	92%	96	1%	4482	956	171	1.14	87
	Subtotal	19821	75%	468	4%	7271	1720			
Centro	10 Sto Tomás	8055	92%	0	0%	3198	361	141	0.94	72
	5 IDRD	6725	77%	0	0%	611	15	120	0.80	49
	Subtotal	14780	84%	0	0%	3809	376			
Centroccidente	13 Pte Aranda	8527	97%	656	8%	3411	1988	207	1.38	99
	Subtotal	8527	97%	656	8%	3411	1988			
Suroccidente	9 Kennedy	7185	82%	387	5%	4203	1297	268	1.79	99
	7 Cazucá	7730	88%	95	1%	2506	444	196	1.31	72
	Subtotal	14915	85%	482	3%	6709	1741			
Sur	3 Sony	7953	91%	0	0%	1198	0	100	0.67	59
	4 Tunal	6715	77%	390	6%	3045	1586	192	1.28	98
	Subtotal	14668	84%	390	3%	4243	1586			
TOTALES		86821	84%	1996	2.3%	25899	7422			72

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

Información de los promedios anuales de concentración de PM10 [Norma: 70 µg/m3]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	8 Escuela	365	82%	0	0%	19	0	35	0.5	283	315
	1 Bosque	365	86%	0	0%	365	0	41	0.6	300	326
	Subtotal	730	84%	0	0%	384	0				
Noroccidente	11 Corpas	365	62%	365	100%	0	0	88	1.3	215	240
	6 Carrefour	365	88%	16	4%	0	349	71	1.0	304	339
	14 Fontibón	365	90%	365	100%	0	0	91	1.3	317	337
	Subtotal	1095	80%	746	68%	0	349				
Centro	10 Sto Tomás	365	88%	63	17%	75	227	72	1.0	292	351
	5 IDRD	365	86%	0	0%	211	154	55	0.8	294	332
	Subtotal	730	87%	63	9%	286	381				
Centroccidente	13 Pte Aranda	365	97%	365	100%	0	0	101	1.4	350	360
	Subtotal	365	97%	365	100%	0	0				
Suroccidente	9 Kennedy	365	80%	365	100%	0	0	105	1.5	275	308
	7 Cazucá	365	89%	221	61%	0	144	73	1.0	319	332
	Subtotal	730	85%	586	80%	0	144				
Sur	3 Sony	365	86%	61	17%	0	304	72	1.0	290	340
	4 Tunal	365	73%	365	100%	0	0	110	1.6	232	300
	Subtotal	730	80%	426	58%	0	304				
TOTALES		4380	84%	2186	50%	670	1178				

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

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m3]	Max/ Norma	Media
Sur	7 Cazucá	8169	93%	263	3%	3227	1383	441	1.47	172
Suroccidente	3 Sony	7777	89%	1	0%	3997	930	303	1.01	169
TOTALES		15946	91%	264	2%	7224	2313			170

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

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m3]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Sur	7 Cazucá	365	57%	365	100%	0	0	177	1.8	75	343
Suroccidente	3 Sony	365	74%	365	100%	0	0	173	1.7	202	341
TOTALES		730	66%	730	100%	0	0				

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

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 3 horas [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. de datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	7886	90%	0	0%	0	1	42	0.15	7
	14 Fontibón	8605	98%	0	0%	0	0	41	0.14	8
Centro	10 Sto. Tomás	8181	93%	0	0%	0	0	20	0.07	7
	5 IDRD	7028	80%	0	0%	0	1	83	0.29	6
	2 MAVDT	8157	93%	0	0%	0	1	16	0.06	4
Centroccidente	13 Pte Aranda	8621	98%	0	0%	0	0	54	0.19	8
Centro	9 Kennedy	7499	86%	0	0%	0	1	41	0.14	4
	7 Cazucá	7423	85%	0	0%	0	1	36	0.12	16
Sur	3 Sony	6153	70%	0	0%	0	1	44	0.15	12
	4 Tunal	8164	93%	0	0%	0	1	22	0.08	6
TOTALES		77717	81%	0	0%	0	7			

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

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Recuperación de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	7677	88%	0	0%	0	0	19	0.20	7
	14 Fontibón	8588	98%	0	0%	0	0	14	0.14	8
Centro	10 Sto. Tomás	8159	93%	0	0%	0	0	14	0.15	6
	5 IDRD	6756	77%	0	0%	0	0	19	0.19	6
	2 MAVDT	8154	93%	0	0%	0	0	8	0.09	4
Suroccidente	13 Pte Aranda	8567	98%	0	0%	0	0	22	0.23	8
	9 Kennedy	7316	84%	0	0%	0	0	21	0.22	4
	7 Cazucá	7351	84%	0	0%	0	0	29	0.30	16
Sur	3 Sony	6086	69%	0	0%	0	0	28	0.29	12
	4 Tunal	8087	92%	0	0%	0	0	17	0.18	5
TOTALES		76741	80%	0	0%	0	0			

Tabla 19. Consolidado de los promedios anuales de SO₂

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]												
Zona	Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Concentración Anual	Max/Normal	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	1 Bosque	274	26%	0	0%	0	0	4	0.1	4	0	247
Centro	6 Carrefour	365	78%	0	0%	0	0	8	0.2	6	204	340
	14 Fontibón	365	92%	0	0%	0	0	8	0.3	7	305	363
	10 Sto Tomás	365	85%	0	0%	0	0	7	0.2	5	282	357
	5 IDRD	365	85%	0	0%	0	0	6	0.2	6	281	338
	2 MAVDT	365	91%	0	0%	0	0	4	0.1	4	298	347
Centroccidente	13 Pte Aranda	365	82%	0	0%	0	0	8	0.3	5	161	361
Suroccidente	9 Kennedy	365	78%	0	0%	0	0	4	0.1	3	233	316
	7 Cazucá	365	83%	0	0%	0	0	18	0.6	14	285	332
Sur	3 Sony	365	82%	0	0%	0	0	12	0.4	11	258	337
	4 Tunal	365	69%	0	0%	0	0	6	0.2	5	118	352
TOTALES		3924	77%	0	0%	0	0					

Tabla 20. Consolidado de los promedios horarios de NO₂

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 170 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	5612	64%	0	0%	0	0	41	0.39	8
	6 Carrefour	6099	70%	2	0%	185	2	110	1.04	21
	14 Fontibón	6992	80%	0	0%	30	0	79	0.75	19
Centro	5 IDRD	6967	80%	0	0%	22	0	76	0.72	13
	2 MAVDT	8189	93%	0	0%	101	0	89	0.84	17
Centroccidente	13 Pte Aranda	8197	94%	0	0%	142	0	97	0.92	27
TOTALES		42850	49%	2	0%	482	2			

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

Información de los registros de concentración de NO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. Datos que exceden la norma	% datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	5129	59%	0	0%	0	0	19	0.24	8
	6 Carrefour	6066	69%	0	0%	418	6	62	0.78	21
	14 Fontibón	6904	79%	0	0%	0	0	33	0.41	19
Centro	5 IDRD	6729	77%	0	0%	2	0	41	0.51	13
	2 MAVDT	8159	93%	0	0%	0	0	38	0.48	17
Centroccidente	13 Pte Aranda	8162	93%	0	0%	34	0	42	0.53	27
TOTALES		41930	68%	0	0%	454	6			

Tabla 22. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 53 ppb]												
Zona	Número y nombre de la estación	No de promedios anuales calculados	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Noroccidente	11 Corpas	365	55%	0	0%	0	0	13	0.2	8.0	145	263
	6 Carrefour	365	73%	0	0%	0	0	21	0.4	15.9	236	282
	14 Fontibón	365	72%	0	0%	0	0	20	0.4	19.1	108	342
Centro	5 IDRD	365	78%	0	0%	0	0	16	0.3	14.0	269	310
	2 MAVDT	365	91%	0	0%	0	0	17	0.3	15.0	301	349
Centroccidente	13. Pte Aranda	365	50%	0	0%	0	0	27	0.5	25.5	47	344
TOTALES		2190	70%	0	0%	0	0					

Tabla 23. Consolidado de los promedios horarios de CO

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3613	41%	0	0%	0	0	9.8	0.28	1.4
	6 Carrefour	7889	90%	0	0%	0	0	6.3	0.18	1.0
	14 Fontibón	6488	74%	0	0%	0	0	6.7	0.19	0.6
Centro	5 IDRD	7655	87%	0	0%	0	0	13.2	0.38	0.8
Suroccidente	7 Cazucá	4300	49%	0	0%	0	0	11.8	0.34	2.0
Sur	3 Sony	7751	88%	0	0%	0	0	9.7	0.28	1.9
TOTALES		38490	63%	0	0%	0	0			

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

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 8.8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3444	39.3%	0	0%	0	0	5.6	0.64	1.4
	6 Carrefour	7868	89.8%	0	0%	0	0	4.3	0.49	1.0
	14 Fontibón	6405	73.1%	0	0%	0	0	2.8	0.32	0.6
Centro	5 IDRD	7590	86.6%	0	0%	0	0	10.2	1.16	0.9
Surocidente	7 Cazucá	4150	47.4%	0	0%	0	0	7.8	0.89	2.0
Sur	3 Sony	7722	88.2%	0	0%	0	0	6.5	0.74	2.0
TOTALES		37965	61.9%	0	0%					

Tabla 25. Consolidado de los promedios horarios de O₃

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	14 Fontibón	6640	75.8%	11	0.2%	336	68	101	1.66	13.2
Centro	5 IDRD	7196	82.1%	100	1.4%	793	231	148	2.43	15.7
	2 MAVDT	8051	91.9%	2	0.0%	157	17	71	1.16	13.6
Sur	3 Sony	8403	95.9%	83	1.0%	572	194	118	1.93	14.7
TOTALES		30290	86.4%	196	0.6%	1858	510			

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

Información de los registros de concentración de O ₃ para un periodo de 8 horas [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	14 Fontibón	6630	76%	38	0.6%	756	207	63	1.54	13.2
Centro	5 IDRD	7055	81%	242	3.4%	1234	568	85	2.07	15.7
	2 MAVDT	8032	92%	2	0.0%	735	49	42	1.02	13.6
Sur	3 Sony	8392	96%	174	2.1%	1140	444	71	1.73	14.7
TOTALES		30109	86%	456	1.5%	3865	1268			

2. METEOROLOGÍA

En este capítulo se presenta el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2007. La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) monitoreó variables climáticas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa, cuyos sensores se localizan en las estaciones tal y como aparece registrado en la Tabla 27.

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

ESTACION	Variables Meteorológicas				
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA
No. 1 Bosque	X	X	X		
No. 2 MAVDT					
No. 3 Sony	X	X	X		
No. 4 Tunal	X	X			
No. 5 I.D.R.D.	X	X	X	X	
No. 6 Carrefour	X	X	X		X
No. 7 Cazucá	X	X	X		
No. 8 Escuela	X	X	X	X	
No. 9 Kennedy	X	X	X		
No. 10 Santo Tomás	X				
No. 11 Corpas	X	X	X		
No. 13 Puente Aranda	X	X	X		
No. 14 Fontibón	X	X	X		
No. 15 Usme	X	X	X	X	X
No. 16 Vitelma	X	X	X	X	X

2.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve.

Para el año 2007 la precipitación en la ciudad se registró en catorce (14) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros. Los datos recolectados en cada una de ellas permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. Cabe aclarar que se presentaron inconvenientes con los equipos de las estaciones, por lo cual no existen registros para algunos meses. En la estación No. 6 Carrefour, los meses de abril y mayo no reportaron datos, en la No. 14 Fontibón el mes de junio no tiene mediciones de precipitación y en las estaciones No. 4 Tunal y la No. 5 IDRD el mes de abril carece de datos.

Se puede observar en la Figura 51 que para el presente año la precipitación en la ciudad disminuyó en comparación con el año inmediatamente anterior y es también menor a la de los años 1998 hasta 2000 y el 2002; sin embargo, fue superior al 2001 y 2003 hasta el 2005. Por otro lado, si se agrupan las estaciones que tienen mas de 9 años, se origina la Figura 52 en la cual se aprecia que este comportamiento se mantiene. Cabe resaltar que para el inicio del año 2007, en el territorio Colombiano, se presentó el Fenómeno del Niño, el cual tuvo característica de moderado y que en los últimos meses del año ocurrió el Fenómeno de la Niña, que influenció en el acumulado del año.

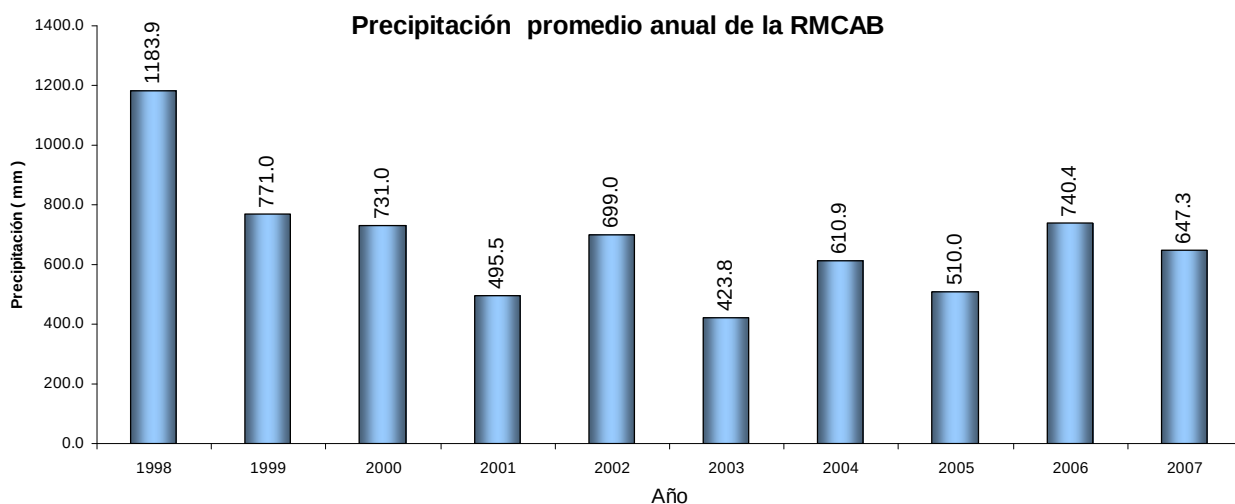


Figura 51. Promedios de la RMCAB para los años 1998 al 2007

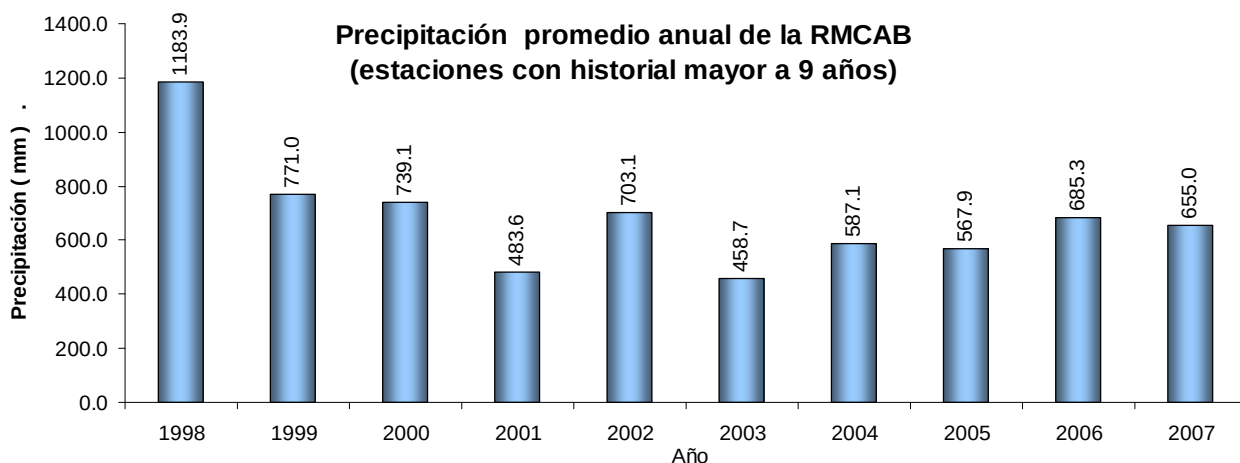


Figura 52. Promedios de la RMCAB de estaciones con 9 años entre los años 1998 al 2007

En la Figura 52 se observa el comportamiento de la precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB desde el año 2000. Se concluye que las estaciones ubicadas en el oriente y centro de la ciudad son las que registran las mayores precipitaciones; las que se ubican en el sur y occidente de presentan las menores precipitaciones. También se puede observar que solamente las estaciones No. 8 Escuela, No. 13 Pte. Aranda y la No. 14 Fontibón, muestran un aumento de las precipitaciones para el año 2007 en comparación al año 2006.

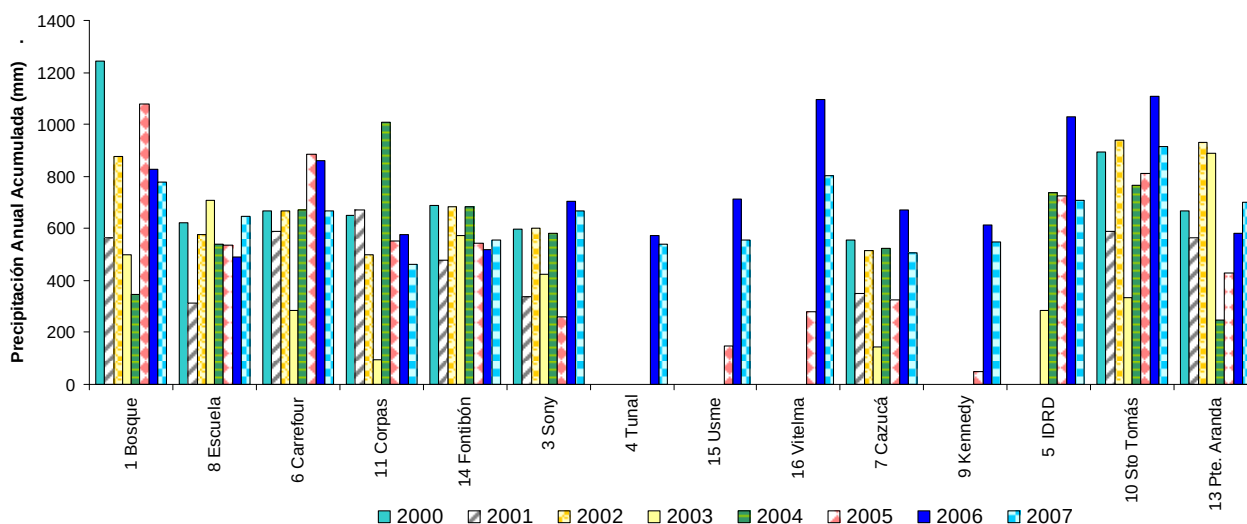


Figura 53. Acumulados de Precipitación de los años 2000 a 2007

Cabe resaltar que las estaciones No. 4 Tunal, No. 9 Kennedy, No. 15 Usme y No. 16 Vitelma, comenzaron a reportar valores de precipitación a mediados del 2005 por lo cual no están sujetas al análisis multianual.

En la Tabla 28, se presentan los datos históricos de precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB desde el año 1998, así como la comparación de precipitación acumulada del año 2007 con respecto al histórico y el índice de precipitación de aquellas que permiten calcularlo.

De acuerdo a éste, la intensidad de las lluvias sobre la ciudad presentó porcentajes que van desde 67 hasta 121%; la precipitación en las estaciones del sector norte de la ciudad No. 1 Bosque, No. 8 Escuela y No. 11 Corpas muestran los menores índices y significan que se presentaron lluvias ligeramente por debajo de lo normal (periodo seco); para las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour, No. 7 Cazucá, No. 10 Santo Tomás y No. 14 Fontibón, las lluvias fueron normales para el periodo; las demás estaciones que presentan este índice, No. 3 Sony y No. 13 Puente Aranda registraron lluvias ligeramente por encima de lo normal (periodo lluvioso), determinando microclimas en la ciudad.

Por otro lado, en la Tabla 28 se puede observar el número de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2007 y además, la precipitación diaria acumulada máxima presentada en cada uno de estos años. En la estación No. 10 Santo Tomás, se presentó el valor máximo diario para el año 2007, el cual fue de 55.7 mm que se considera como lluvia Muy Fuerte y se registró el jueves 18 de octubre; en seguida, esté la estación No. 5 IDRD con 54.1 mm considerada también como lluvia Muy Fuerte, el día lunes 17 de diciembre. El menor valor máximo diario de la Red fue de 19.5 mm, registrado en la estación No. 4 Tunal el día miércoles 28 de noviembre y que es considerado como lluvia moderada.

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

Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada										Índice de Precipitación [%] ²
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Norte	1 Bosque	1307,3	1181,3	1241,9	564,1	878,0	499,0	346,5	1077,4	825,7	779,2	88,5
	8 Escuela	1917,1	1035,7	620,1	310,9	576,2	708,7	538,5	536,2	490,2	647,2	86,5
Noroccidente	6 Carrefour			665,7	590,4	665,9	284,2	673,1	884,5	860,6	668,6	101,2
	11 Corpas	1208,8	911,6	648,9	671,9	497,4	95,3	1006,8	551,0	577,6	460,9	67,2
	14 Fontibón		268,3	686,4	478,2	681,8	573,8	683,0	544,0	519,2	557,9	100,6
Sur	3 Sony	733,6	752,6	595,6	337,0	600,1	424,4	579,0	261,3	703,0	668,7	120,7
	4 Tunal									571,5	537,5	
	15 Usme								148,7	711,7	556,4	
	16 Vitelma								278,3	1095,1	804,2	
Suroccidente	7 Cazucá	645,9	403,4	554,5	350,8	516,1	143,1	523,8	325,1	672,9	505,8	110,1
	9 Kennedy								48,6	613,2	547,5	
Centro	5 IDRD						283,4	738,7	725,5	1028,0	707,0	101,9
	10 Sto Tomás	1290,6	1225,7	891,9	586,9	940,8	331,5	764,6	813,1	1105,7	913,0	103,4
Centroccidente	13 Pte. Aranda		383,8	667,8	563,6	929,7	891,3	247,6	430,1	581,6	700,1	119,3

² 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)

Tabla 29. Días de lluvia y precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2007

Zona	Número y nombre de la Estación	Días de Lluvia									
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Norte	1 Bosque	177	187	193	131	168	147	104	178	163	174
	8 Escuela	196	178	160	99	181	188	166	163	182	213
Noroccidente	6 Carrefour			163	139	135	61	153	193	168	151
	11 Corpas	221	223	205	182	155	27	205	152	170	178
	14 Fontibón		48	172	131	136	143	149	140	120	147
Sur	3 Sony	163	190	197	121	157	134	165	103	163	166
	4 Tunal		75	120	138	150	215	129	211	215	200
	15 Usme								55	201	183
	16 Vitelma								54	225	200
Suroccidente	7 Cazucá	157	132	207	127	138	51	156	133	150	156
	9 Kennedy								22	161	149
Centro	5 IDRD						58	188	194	199	173
	10 Sto Tomás	177	195	176	153	169	71	175	142	187	186
Centroccidente	13 Pte. Aranda									126	152
Zona	Número y nombre de la Estación	Precipitación Máxima Diaria									
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Norte	1 Bosque	60,3	53,2	71,1	29,0	40,1	35,1	37,1	119,6	50,4	34,9
	8 Escuela	116,6	59,4	35,0	36,8	26,1	36,1	30,9	23,6	24,7	33,4
Noroccidente	6 Carrefour			60,8	24,6	30,9	25,4	26,9	38,0	32,9	42,8
	11 Corpas	46,4	44,4	25,8	175,0	59,1	20,8	173,2	31,9	29,9	19,8
	14 Fontibón		35,8	30,6	63,9	29,0	26,8	42,4	29,6	84,4	38,9
Sur	3 Sony	44,8	35,3	36,6	19,8	28,1	24,9	30,6	22,0	33,5	31,1
	4 Tunal									36,1	19,5
	15 Usme								8,4	27,1	29,5
	16 Vitelma								27,7	50,0	36,3
Suroccidente	7 Cazucá	40,8	25,2	23,2	28,5	28,4	21,7	24,8	16,7	31,8	30,6
	9 Kennedy								11,4	25,4	31,7
Centro	5 IDRD						23,6	29,0	43,8	42,0	54,1
	10 Sto Tomás	56,8	54,2	54,1	26,7	30,7	32,5	49,1	45,7	55,9	55,7
Centroccidente	13 Pte. Aranda		27,2	42,4	56,4	56,6	29,4	15,0	12,0	27,0	41,2

En la tabla 30 se registran los días en donde se presentaron los máximos diarios de precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 30. Máximos diarios de precipitaciones y día en que ocurrieron durante el año 2007

Sector	Estación	Máximo Acumulado Diario	
		[mm]	Día
Norte	8 Escuela	33,4	Domingo 14 Octubre
	1 Bosque	34,9	Jueves 11 Octubre
Noroccidente	11 Corpas	19,8	Miércoles 07 Noviembre
	6 Carrefour	42,8	Jueves 18 Octubre
	14 Fontibón	38,9	Jueves 18 Octubre
Central	10 Sto Tomás	55,7	Jueves 18 Octubre
	5 IDRD	54,1	Lunes 17 Diciembre
Centro-Occidente	13 Pte. Aranda	41,2	Lunes 17 Diciembre
Sur-occidente	9 Kennedy	31,7	Lunes 21 Mayo
	7 Cazucá	30,6	Jueves 18 Octubre
Sur	3 Sony	31,1	Martes 18 Diciembre
	4 Tunal	19,5	Miércoles 28 Noviembre
	16 Vitelma	36,3	Sábado 03 Noviembre
	15 Usme	29,5	Viernes 30 Noviembre

En la Tabla 31 se detalla la precipitación acumulada en cada mes, por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM.

Tabla 31. Acumulados mensuales de precipitación por Estación para el año 2007

Zona	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque	23,2	7,6	58,5	102,1	53,4	46,6	18,2	22,7	4,8	181,4	83,0	177,7
	8 Escuela	17,8	13,2	3,9	69,0	46,7	36,1	16,5	41,0	7,8	181,2	98,2	115,9
Noroccidente	6 Carrefour	3,1	15,7	54,2			36,2	30,0	40,2	8,6	212,7	147,0	120,9
	11 Corpas	15,9	16,4	43,9	65,2	40,5	47,1	23,5	27,5	16,3	43,5	56,6	64,5
	14 Fontibón	1,6	5,4	18,8	66,8	45,3	0,0	47,4	40,9	15,4	162,9	90,6	62,8
Sur	3 Sony	15,8	12,8	36,3	118,9	60,1	58,1	33,1	47,8	7,1	100,7	84,7	93,3
	4 Tunal	14,0	5,8	35,2		46,6	46,2	40,6	59,0	8,4	128,7	85,3	67,7
	15 Usme	4,5	20,1	6,0	57,9	33,1	84,4	31,1	73,3	21,3	79,0	64,5	81,3
	16 Vitelma	25,5	17,4	23,3	60,1	45,3	72,0	48,8	56,1	13,3	169,7	148,5	124,2
Suroccidente	7 Cazucá	3,9	8,3	28,0	67,7	34,5	55,1	36,6	40,5	7,2	118,1	52,7	53,1
	9 Kennedy	2,4	26,1	12,3	17,8	73,5	53,5	36,7	48,7	7,3	106,7	72,4	90,1
Centro	5 IDRD	11,6	34,1	31,9		28,5	53,4	48,3	46,9	7,1	215,5	91,3	138,4
	10 Sto Tomás	12,6	21,4	48,8	138,2	75,8	41,9	39,8	42,8	8,7	224,9	103,2	155,0
Centroccidente	13 Pte. Aranda	6,0	22,0	31,6	90,4	34,8	39,1	28,9	33,3	9,4	115,8	146,0	142,7
Promedio Mensual RMCAB		11,3	16,2	30,9	77,6	47,5	47,8	34,2	44,4	10,2	145,8	94,6	106,3
Promedio Multianual IDEAM		28,9	43,5	67,0	100,7	91,9	54,7	42,7	45,2	70,1	101,3	88,5	53,7

La distribución anual de la precipitación en Bogotá, presentó un comportamiento bimodal; el primer periodo de precipitaciones fuertes se presentó en los meses de marzo hasta mayo, y el segundo en

los meses de octubre hasta diciembre, mientras que los mínimos se presentaron en enero-febrero y entre julio-septiembre, similar a lo que muestran los promedios mensuales multianuales, según los registros históricos correspondientes a los años 1972 a 2004 de la estación del Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM³. Para la RMCAB los meses de octubre y diciembre muestran las mayores precipitaciones acumuladas, 145,8 y 106,3 mm respectivamente, consideradas como lluvias fuertes; también se puede observar que los meses de septiembre y enero registraron los menores valores de precipitación del año, considerados de lluvia escasa, y que son inferiores al 50% del Promedio Multianual del IDEAM de los meses respectivos.

En la Figura 54 se presenta el acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2007 para cada una de las estaciones de la RMCAB. Se visualiza que en los meses de marzo hasta junio las precipitaciones fueron mayores que a los otros dos meses del semestre, a excepción de la estación No. 15 Usme (sector sur) que presenta un valor máximo en junio. En la Figura 59 se muestran los acumulados mensuales del segundo semestre para cada estación. Este periodo se caracterizó por mayores precipitaciones durante los meses de octubre hasta diciembre, mientras que en septiembre las precipitaciones fueron las menores de todo el año.

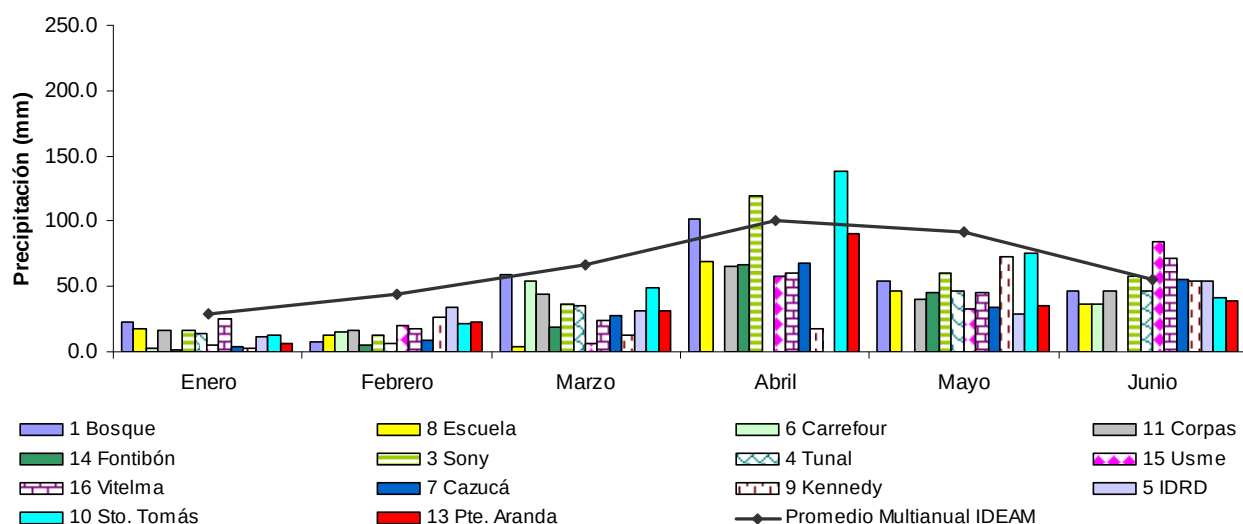


Figura 54. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2007

³ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.

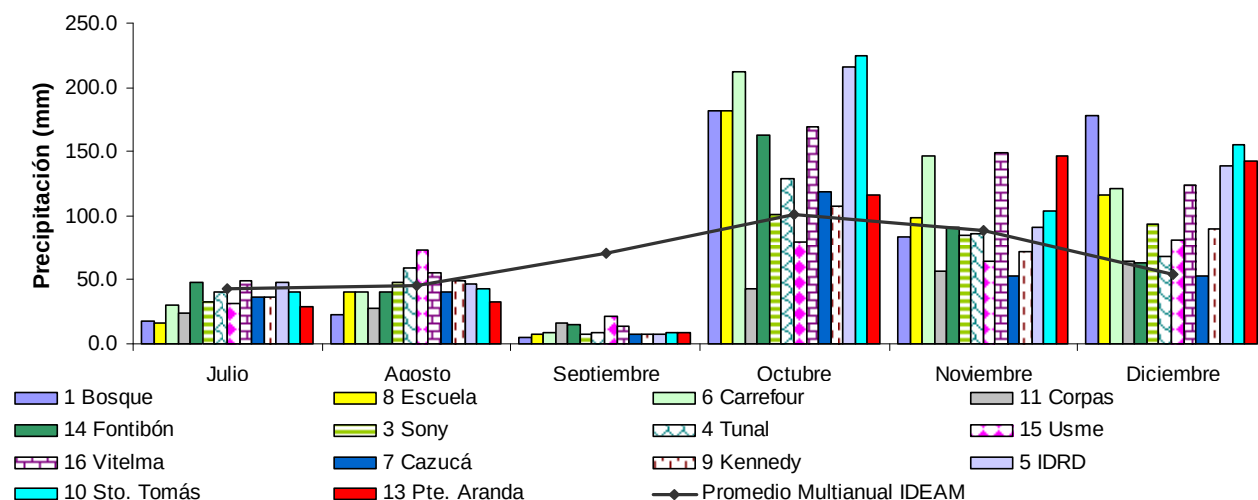


Figura 55. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2007

La Figura 56 muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada para el año 2007. La estación No. 6 Carrefour registró diez (10) meses de información; mientras que la No. 4 Tunal, la No. 5 IDRD y la No. 14 Fontibón presentaron once (11) meses para su acumulado anual. Se pueden establecer tres zonas en la ciudad, identificadas por las diferencias en sus acumulados; la primera de ellas corresponde a los cerros orientales y el sector central de la ciudad donde las lluvias fueron más intensas. Esto fue determinado por los registros de las estaciones No. 10 Santo Tomás, No. 16 Vitelma y la No. 1 Bosque, que mostraron intensidades entre los 733 y 914 mm; otra zona de lluvias se presenta hacia el occidente de la anterior, rodeándola y exhibiendo acumulados un poco menores (entre 643 y 733 mm). La siguiente zona se observa en el occidente y sur de la ciudad con valores entre 462 y 643 mm, mostrando que las menores intensidades se encontraron en las cercanías de las zonas de las estaciones No. 7 Cazucá y No. 11 Corpas. Se debe resaltar que las precipitaciones de este año se vieron afectadas en los primeros meses por el Fenómeno del niño y en los últimos por el Fenómeno de la Niña, lo que determinó que fuera menor al año anterior pero superior a los años 2003, 2004 y 2005, como se dijo anteriormente.

2.2 VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, para el año 2007 el comportamiento de los vientos se caracterizó por ser de calmas en las mañanas y suaves leves en las tardes; proceso que conserva la tendencia de los años anteriores. Sin embargo, la estación No. 6 Carrefour presentó un comportamiento atípico debido a que en horas de la tarde la velocidad promedio registró un valor de 0.03 m/s, menor a las velocidades en las horas de la mañana.

PRECIPITACION ACUMULADA (mm) - ANUAL 2007

-  Perimetro Urbano
-  Localidades
-  Estaciones RMCAB

-  462 - 552
-  552 - 643
-  643 - 733
-  733 - 823
-  823 - 914

ELABORADO POR
 LA RMCAB

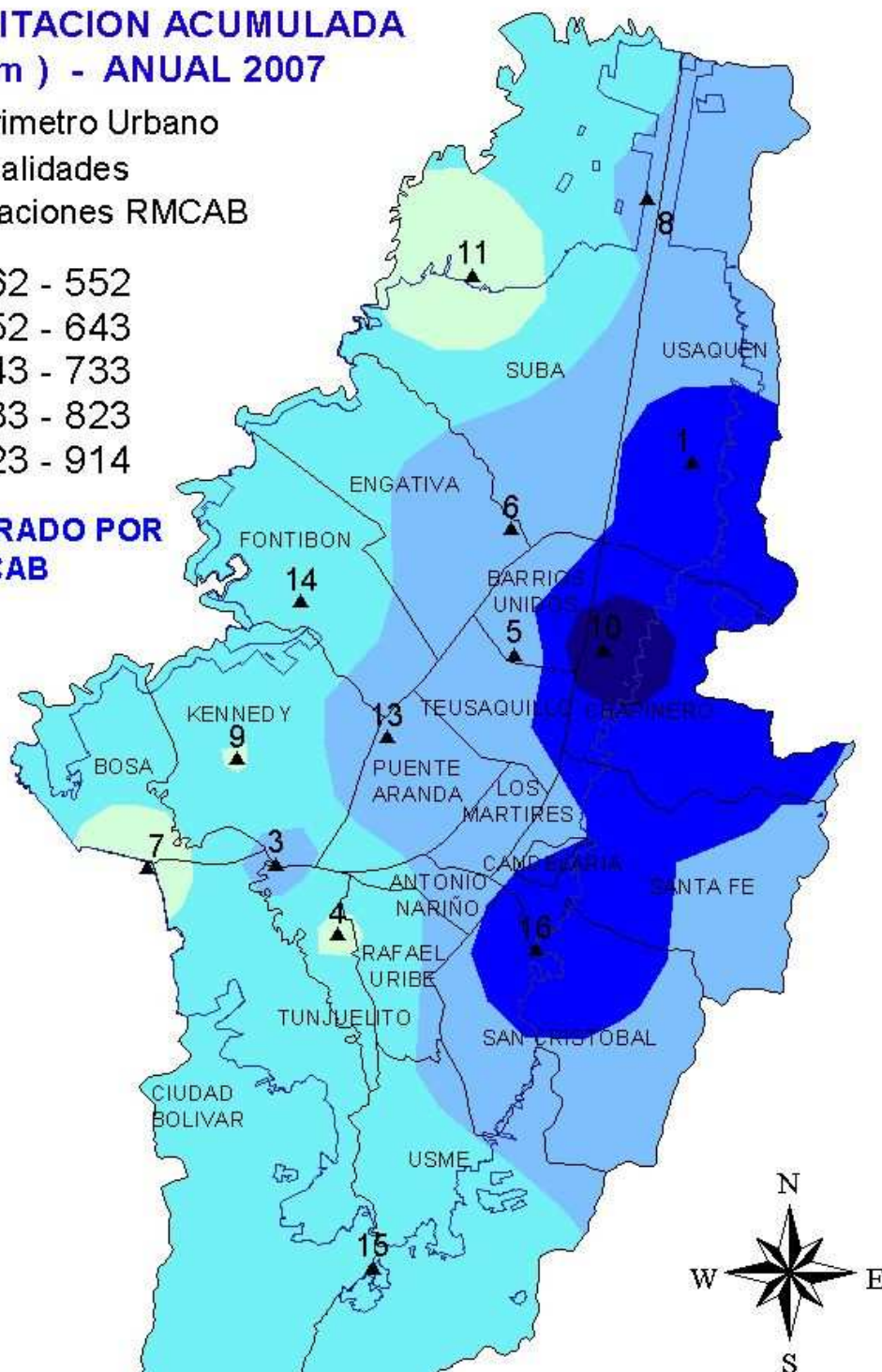


Figura 56. Mapa de precipitación para el año 2007.

Como se muestra en la Figura 57, para un día normal, en las horas de la mañana los vientos son de calma y ventolina hasta pasadas las 7 horas, cuando comienzan a aumentar; entre las 13:00 y las 17:00 horas se alcanzan las mayores intensidades de viento llegando a vientos suaves a leves, dependiendo de la estación, posteriormente empieza un descenso de sus velocidades volviendo en horas de la noche a ventolina y calma nuevamente.

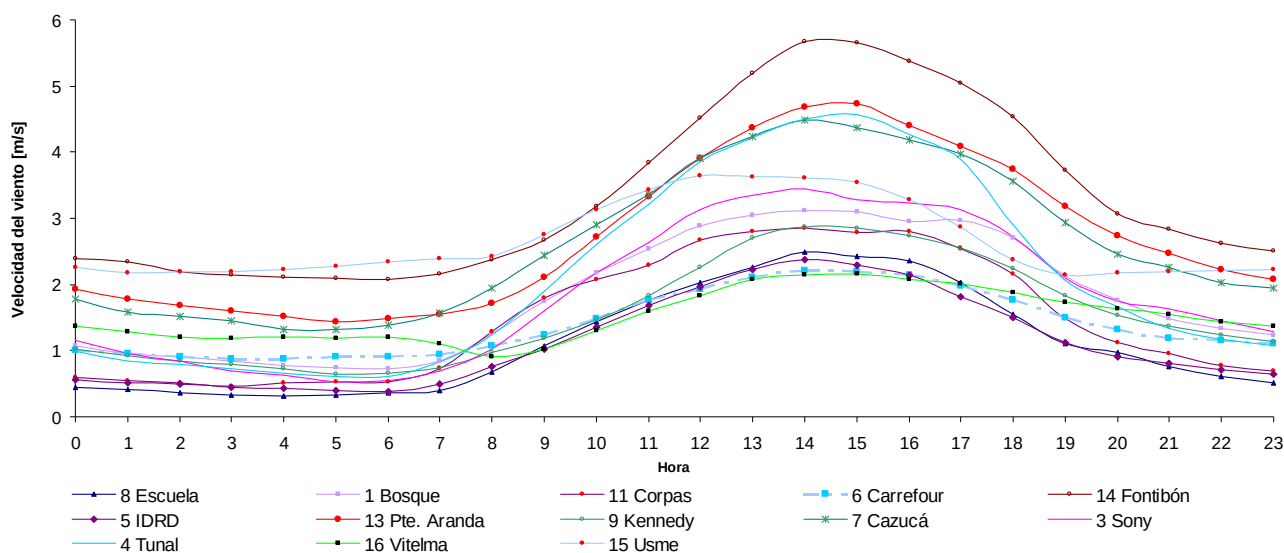


Figura 57. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

De las trece (13) estaciones que tienen este sensor, las estaciones No. 4 Tunal, No. 7 Cazucá, No. 13 Pte. Aranda y No. 14 Fontibón conformaron el grupo que registra las velocidades promedio horarias de viento más altas, sobresaliendo los valores entre las 12:00 y las 17:00 horas de 4 y 6 m/s, denominados vientos moderados.

Las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour, No. 8 Escuela y No. 16 Vitelma registraron las velocidades promedio horarias más bajas en comparación con las demás estaciones de la RMCAB en niveles de calmas y ventolinas; las demás estaciones de la RMCAB presentaron un comportamiento de intensidades intermedias similares entre ellas, y la estación No. 15 Usme muestra una diferencia, entre su máximo y mínimo, menor en comparación a las demás estaciones de la RMCAB.

Durante el año 2007 se registró una máxima horaria de velocidad del viento de 19.0 m/s el domingo 1 de julio a las 14:00, el cual se considera como Temporal Fuerte, según la escala de Beaufort⁴, este dato se presentó en la estación No. 1 Bosque, con un flujo del nornoroeste en dirección al sursureste; la segunda velocidad máxima se presentó en la estación No. 11 Corpas con 16.3 m/s considerado como Temporal, viento del oeste en dirección este, el cual sucedió el martes 22 de mayo a las 16:00 y las demás velocidades máximas horarias se registraron entre leve y temporal. El menor máximo horario se registró el domingo 3 de junio a las 17 horas en la estación No. 6 Carrefour con 4.2 m/s y dirección de oeste a este.

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

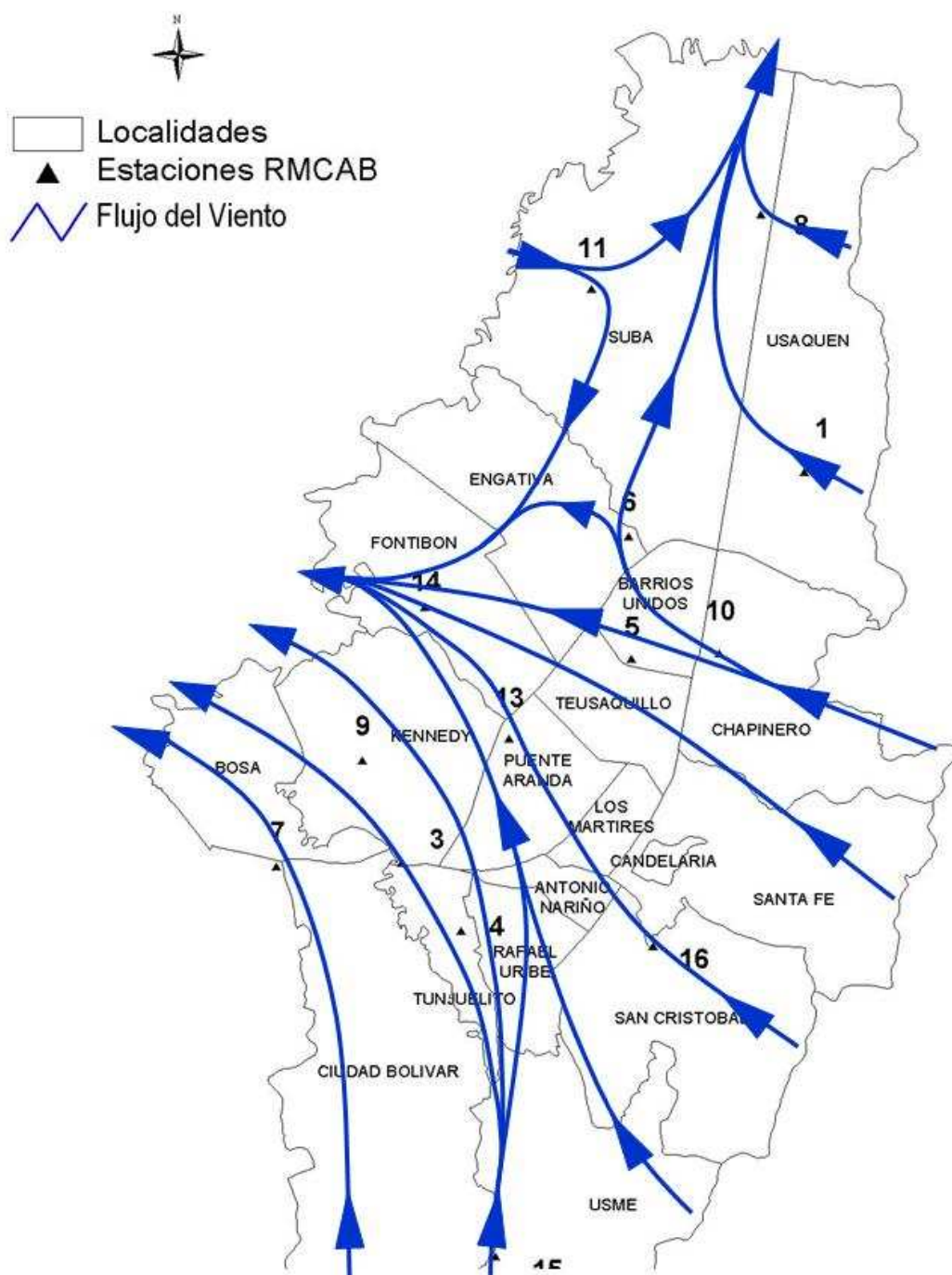
El resumen de la intensidad media de los vientos así como sus máximos se presenta en la Tabla 32. Las máximas concentraciones horarias se presentaron en los meses de enero, febrero y junio, comportamiento atípico si se considera que la época esperada de fuertes vientos es agosto.

Tabla 32. Velocidad Máxima y Velocidad Media del Viento por Estación en el año 2007

Sector	Estación	Predominancia		Velocidad Máxima		
		Velocidad Media [m/s]	Dirección Predominante [Grados]	[m/s]	Dirección [grados]	Fecha/hora
Norte	8 Escuela	0,5	142	9,9	206	Viernes 23 Febrero, 12:00
	1 Bosque	1,2	123	19,0	150	Domingo 01 Julio, 14:00
Noroccidente	11 Corpas	0,8	262	16,3	264	Martes 22 Mayo, 16:00
	6 Carrefour	0,2	150	4,2	278	Domingo 03 Junio, 17:00
	14 Fontibón	0,3	198	11,4	192	Viernes 15 Junio, 14:00
Centro	5 IDRD	0,2	131	15,2	83	Miércoles 03 Enero, 13:00
Centroccidente	13 Pte Aranda	0,7	218	8,6	177	Viernes 15 Junio, 14:00
Suroccidente	9 Kennedy	0,6	166	13,0	216	Lunes 19 Febrero, 13:00
	7 Cazucá	1,0	224	13,3	295	Sábado 15 Diciembre, 15:00
Sur	3 Sony	1,1	171	9,7	172	Sábado 13 Enero, 12:00
	4 Tunal	1,2	183	15,1	185	Miércoles 25 Abril, 14:00
	16 Vitelma	1,2	128	5,9	98	Sábado 03 Marzo, 20:00
	15 Usme	2,1	185	6,8	142	Viernes 12 Enero, 13:00

El Anexo 3 presenta las rosas de vientos de las estaciones junto con el porcentaje de calmas en el centro de la rosa, es decir, el porcentaje de vientos cuya magnitud es menor a 0.5 m/s. Así mismo, se muestra por rangos el porcentaje de vientos que se encuentra en cada una de ellas, junto con el número de datos utilizados para la generación de cada rosa de vientos. Estos cálculos se han realizado utilizando la información de vientos que registran las estaciones de monitoreo cada diez minutos.

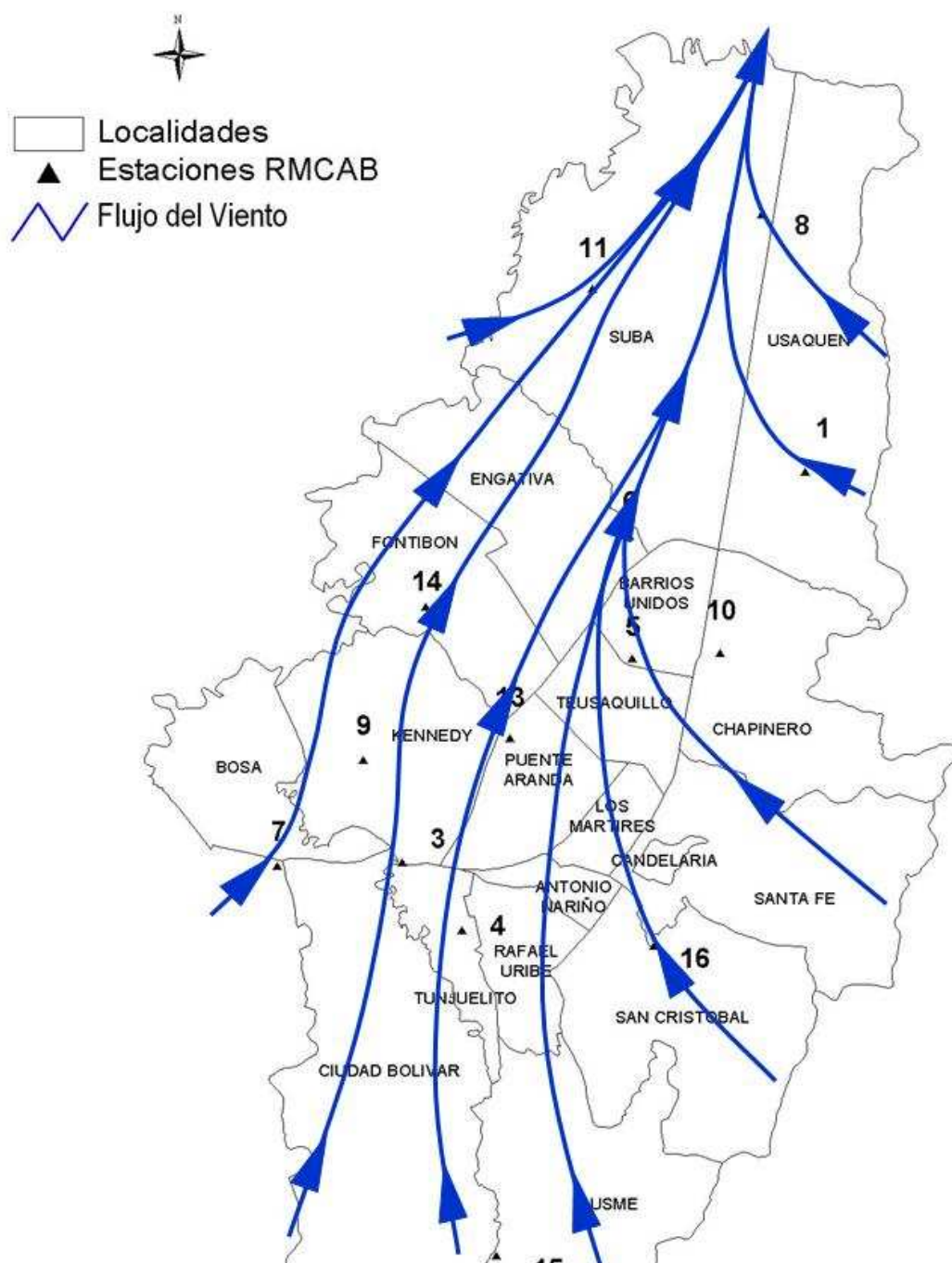
A continuación se presentan los mapas en los cuales se grafica el flujo de los vientos que se deriva del producto vectorial entre las velocidades y direcciones. En la Figura 58 se presentan los vientos resultantes para el periodo comprendido entre las 6 y las 11 horas y en la Figura 59 los vientos resultantes entre las 12 y las 18 horas. Entre las 19:00 y las 5:00 del día siguiente se registran vientos de calma por lo cual no se consideran.



Viento Resultante en las horas de la mañana

Año 2007 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 58. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2007 entre las 6:00 y las 11:00.



Viento Resultante en las horas de la tarde

Anual 2007 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 59. Vientos predominantes en Bogotá durante el año 2007 entre las 12:00 y las 18:00.

Para el año 2007 en la ciudad de Bogotá durante las horas de la mañana, entre las 6:00 a 11:00 horas, se observaron tres flujos de vientos, el primero en el sur de la ciudad con vientos de dirección suroriente y oriente dirigiéndose hacia el suroccidente de la ciudad, hacia las localidades de Bosa, Kennedy y Fontibón; el segundo se observa al nororiente de la ciudad, el cual tiene dirección de oriente a occidente, que en las localidades de Barrios Unidos y Suba se dirige finalmente hacia el norte de la ciudad. El tercer flujo está en las cercanías de la estación Corpas el cual se dirige de occidente a oriente y por efecto de los cerros de Suba se divide en dos, uno que va al norte uniéndose con el anterior y otro que se dirige hacia el sur uniéndose con el primer flujo; es de resaltar que la confluencia o unión de estos dos últimos flujos genera, en el sector de las localidades de Suba y Engativá, un movimiento semicircular del viento por efecto de los cerros de Suba y también posiblemente a un sistema de baja presión que se presentó en la zona de la estación de Carrefour.

En el mapa de los vientos predominantes en las horas de la tarde (Figura 59) podemos observar que estos van de sur a norte en toda la extensión de la ciudad; los vientos que vienen de los cerros orientales, del sur y del occidente se van uniendo hacia el sector central y occidental de la ciudad para luego seguir en dirección del norte, dividiéndose en dos al encontrarse con los cerros de Suba, pero finalmente se unen en el norte de la ciudad, al traspasar esta barrera.

También se observa que en las horas de la tarde se registraron intensidades mayores a las presentadas en las horas de la mañana, alcanzando una diferencia promedio máxima de 1.5 m/s en comparación con la respectiva velocidad de la mañana en la misma estación de la RMCAB.

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere principalmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. Durante el año 2007 se contó con doce (12) estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, identificadas en la Tabla 27. Es de aclarar que en las estaciones No. 1 Bosque y No. 9 Kennedy este sensor se instaló a finales del año por lo cual existen pocos datos; las estaciones No. 6 Carrefour y No. 5 IDRD muestran porcentajes bajos de generación de datos, 44 y 62% respectivamente, pero se dejan para el análisis.

Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios anuales y el porcentaje de datos obtenido por cada estación se presentan en la Tabla 33. El promedio anual máximo de temperatura superficial para el año 2007 se registró en la estación No. 13 Puente Aranda con un valor de 14.6 °C mientras que el menor fue tomado en la No. 3 Sony; para la RMCAB se determina un promedio anual de 13.0 °C, el cual es menor al que se registró en el IDEAM⁵, que es de 13.5 °C.

Observando los valores máximos horarios se puede determinar que el mayor se registró en la estación No. 5 IDRD con 26.4 °C, presentándose el jueves 4 de enero al medio día, mientras que la menor de las máximas temperaturas se generó en estación No. 16 Vitelma el sábado 3 de febrero a las 15 horas y fue de 21.6 °C, mostrando una diferencia entre ellas cercana a 5 °C, lo cual determina que así como con las precipitaciones se pueden definir microclimas con la temperatura también. Se observa que seis estaciones registraron sus máximas horarias en el mes de febrero, y dos más en

⁵ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

enero; las otras fechas reportadas corresponden a las estaciones de bajo porcentaje de datos, ya sea por mal funcionamiento o por la instalación tardía del sensor.

Tabla 33. Temperaturas presentadas en el año 2007

Sector	Estación	Altura del Sensor [m]	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Prom. Anual	% Anual
			° C	Fecha	° C	Fecha		
Norte	1 Bosque	10,0	23,0	Lunes 05 Noviembre, 09:00	6,0	Martes 20 Noviembre, 04:00	12,1	39%
	8 Escuela	2,0	24,8	Sábado 03 Febrero, 14:00	-1,4	Sábado 03 Febrero, 07:00	13,7	94%
Noroccidente	11 Corpas	2,0	23,8	Miércoles 24 Enero, 15:00	-4,6	Domingo 04 Febrero, 07:00	13,2	77%
	6 Carrefour	10,0	25,7	Lunes 05 Noviembre, 12:00	3,3	Martes 20 Noviembre, 06:00	14,1	44%
	14 Fontibón	20,0	22,8	Jueves 01 Febrero, 15:00	4,7	Domingo 04 Febrero, 07:00	13,9	81%
Centro	5 IDRD	2,0	26,4	Jueves 04 Enero, 12:00	-0,1	Martes 20 Noviembre, 03:00	14,0	62%
Centroccidente	13 Pte. Aranda	26,1	22,8	Jueves 01 Febrero, 15:00	6,0	Domingo 04 Febrero, 07:00	14,6	100%
Suroccidental	7 Cazucá	2,0	22,2	Jueves 01 Febrero, 14:00	-0,4	Domingo 04 Febrero, 07:00	11,7	89%
	9 Kennedy	2,0	25,0	Viernes 21 Septiembre, 15:00	0,8	Sábado 22 Septiembre, 06:00	13,1	27%
Suroccidente	3 Sony	2,0	22,9	Viernes 26 Octubre, 12:00	1,2	Lunes 05 Febrero, 06:00	11,2	95%
	16 Vitelma	2,0	21,6	Sábado 03 Febrero, 15:00	0,7	Lunes 05 Febrero, 07:00	11,7	96%
	15 Usme	2,0	22,7	Jueves 01 Febrero, 14:00	0,5	Lunes 05 Febrero, 06:00	12,4	95%

En cuanto a los datos horarios mínimos, se determina que en cuatro (4) estaciones se presentaron valores inferiores a 0 °C o heladas⁶; el menor de ellos fue de -4.6 °C registrado el día domingo 4 de febrero a las 7 horas en la estación No. 11 Corpas; las otras estaciones en donde se observa este fenómeno son la No. 8 Escuela, la No. 7 Cazucá y la No. 5 IDRD. Además, ocho de las doce estaciones de la RMCAB registraron sus temperaturas mínimas en los días 3 al 5 de febrero, y tres más el día martes 20 de noviembre entre las 3:00 y las 5:00 de la mañana. La estación 9 Kennedy es la única que presenta su temperatura mínima el mes de septiembre a las 6:00 horas. Los mayores valores de las mínimas temperaturas horarias se registraron en la estaciones No. 1 Bosque y en la No. 13 Puente Aranda con 6.0 °C.

El comportamiento promedio horario de la temperatura en un día típico se describe en la Figura 60, en donde se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 5 y las 7 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 7:00 y las 12:00, hora a partir de la cual se alcanza los máximos valores hasta las 14:00 horas. Posteriormente desciende hasta alcanzar temperaturas similares a las de la hora 00:00.

⁶ Heladas: En términos meteorológicos, es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0 °C a un nivel de 1.5 a 2 m sobre el nivel del suelo, es decir, al nivel reglamentario en que se instalan las casetas de medición meteorológica. Desde el punto de vista agrometeorológico podría definirse una helada como la temperatura baja a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño. Definición IDEAM

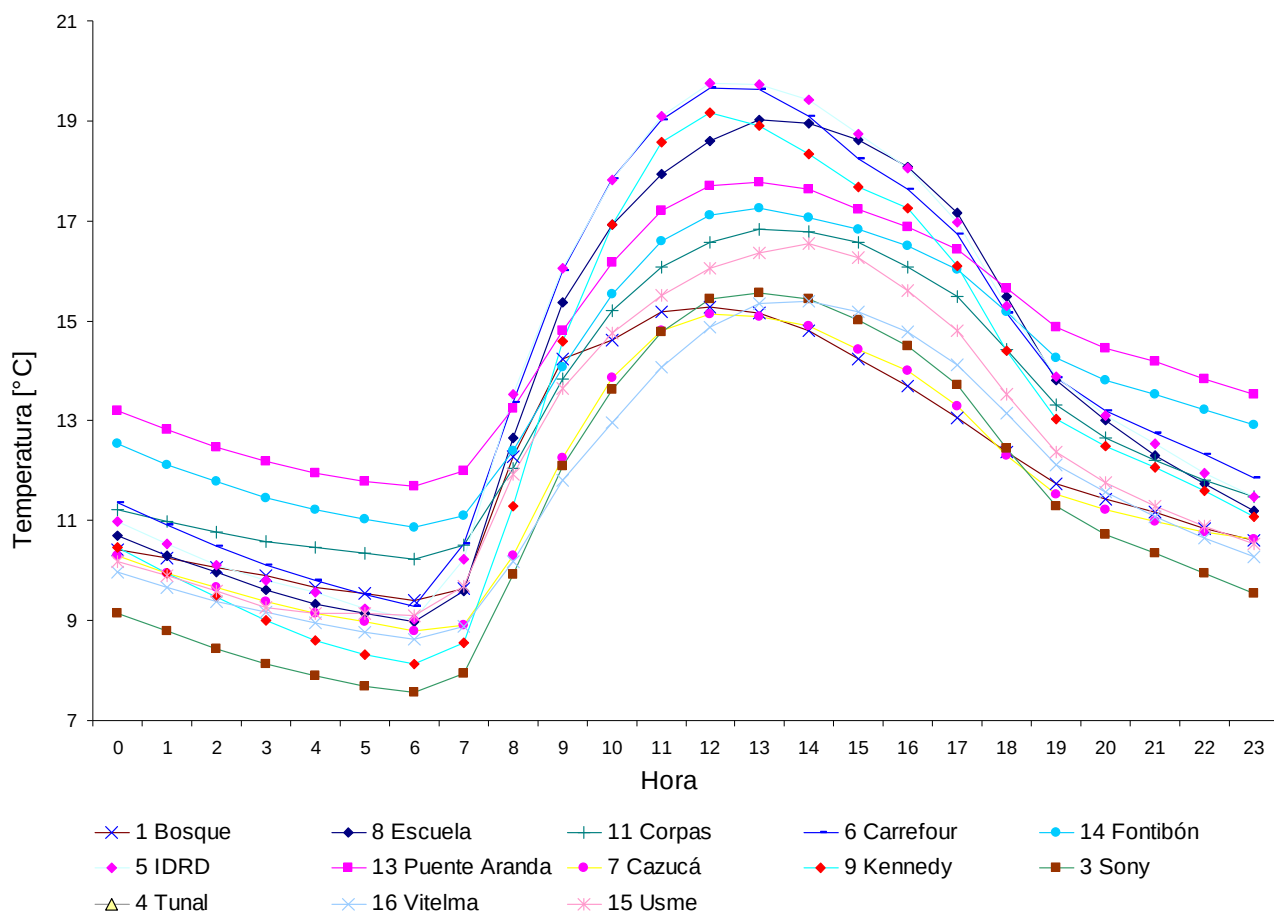


Figura 60. Promedios horarios de Temperatura Superficial

Las máximas temperaturas alcanzadas en el día se registraron en las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour, No. 8 Escuela y No. 9 Kennedy, mientras que las estaciones del sector sur de la ciudad como No. 3 Sony, No. 7 Cazucá y No. 16 Vitelma registraron los promedios de temperatura más bajos.

Al observar la temperatura media mensual (Figura 61) que registra la RMCAB se identifica una diferencia de 0.43 °C por encima del reportado por la estación ubicada en el aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM⁷ para el mes de enero. En los demás meses los promedios de la RMCAB fueron menores a los que se tienen como histórico de la estación El Dorado, encontrando una diferencia mayor a 1 °C en los meses de julio y diciembre. Por otro lado, los meses de enero, marzo y abril fueron los más calurosos del año y los más fríos fueron julio, agosto y diciembre.

⁷ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

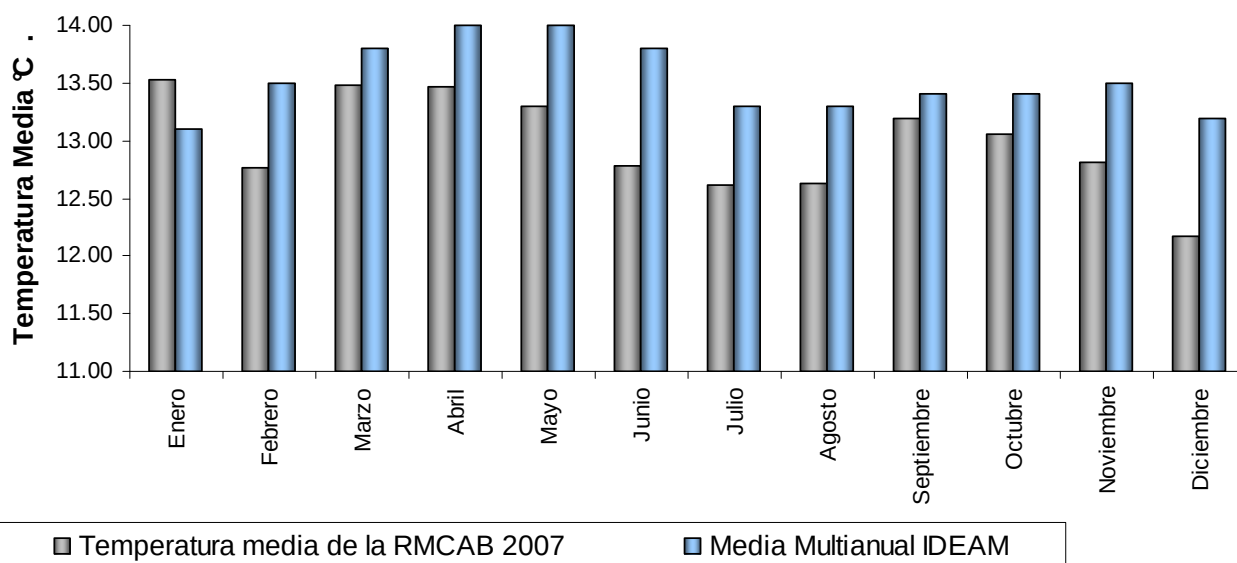


Figura 61. Temperatura media registrada en la RMCAB vs. Temperatura media multianual del IDEAM

El promedio de la temperatura superficial por meses tomada en cada estación durante el 2007 se presenta en la Tabla 34 junto con la media multianual del IDEAM.

Tabla 34. Temperaturas medias mensuales por Estación

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
Bosque								12,7	13,0	13,4	12,9	11,1	12,6
Sony	12,1	11,9	11,7	12,1	11,7	10,6	10,7	10,7	11,3	11,6	10,8	9,7	11,2
Carrefour							15,0	14,7	15,4	14,9	13,4	11,8	14,2
Cazucá	12,1	10,7	11,0	11,2		14,9	12,4	12,1	12,5	10,9	10,8	10,3	11,7
Escuela	13,9	13,0	13,8	14,5	14,2	13,4	13,4	13,4	13,6	13,7	13,8	13,4	13,7
Corpas	13,9	11,2	13,4	13,8	13,5	13,3	13,3	13,2	13,3	13,4	13,1	13,2	13,2
Puente Aranda	15,1	14,5	14,9	15,0	15,0	14,2	14,3	14,0	14,5	14,4	14,6	14,2	14,6
Fontibón	14,6	13,9	14,3	14,4	14,3	13,7	13,8	13,3	14,0	13,8	13,9	13,4	14,0
IDRD	15,4	16,4	17,0	18,3	12,7			13,1	13,9	12,2	12,3	12,0	14,3
Usme	12,4	12,1	12,9	13,3	12,5	11,1	11,3	11,1	12,6	13,9	13,5	13,3	12,5
Vitelma	12,5	11,7	12,3	12,6	12,2	11,3	11,3	11,0	11,5	11,5	11,6	11,3	11,7
Kennedy									12,9	12,9	13,6	13,1	13,1
Media Multianual IDEAM	13,1	13,5	13,8	14,0	14,0	13,8	13,3	13,3	13,4	13,4	13,5	13,2	13,5
Prom RMCAB	13,6	12,8	13,5	13,9	13,3	12,8	12,8	12,7	13,2	13,1	12,9	12,2	13,1

En cuanto al comportamiento horario de la temperatura, se observa que entre las 19:00 y las 7:00 horas (durante la noche y parte de la mañana), se presenta un fenómeno de inversión térmica, como se muestra en la Figura 62. Esto significa que en este período los gradientes de temperatura con la altura son positivos, por lo que la temperatura del aire cerca de la superficie es menor a la medida a mayor altura, condición que impide el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes y ocasionando un aumento de la concentración de los mismos en la atmósfera.

Para el año 2007 se generaron mayor número de horas de inversión térmica en la estación No. 8 Escuela en comparación con el año anterior (3456 vs. 2628), alcanzando diferencias hasta de 8.8 °C. En el mes de febrero se registraron 3 días continuos de inversión térmica.

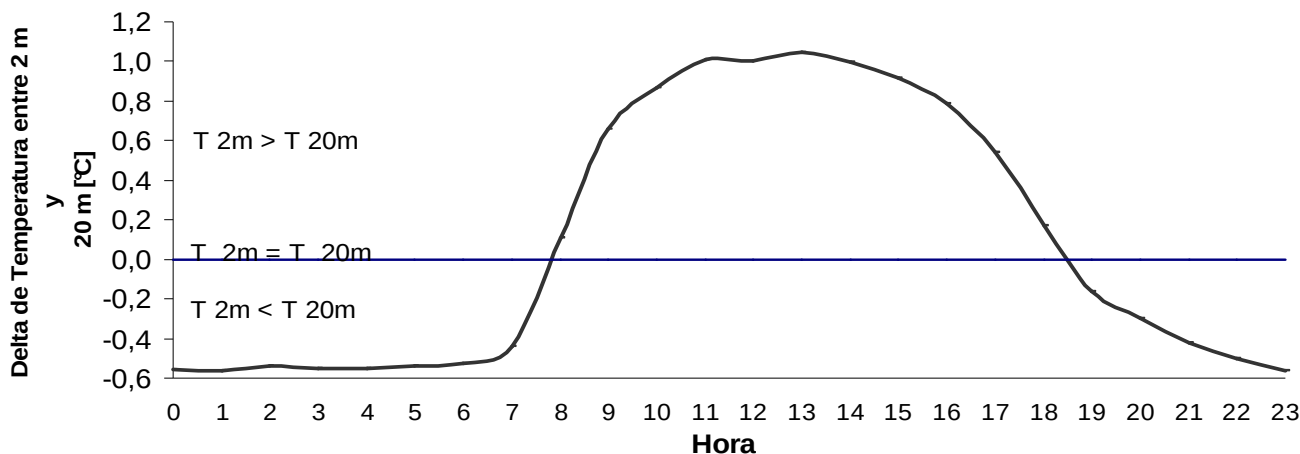


Figura 62. Diferencia de la temperatura a 20 metros con respecto a la temperatura a 2 m de altura

2.4 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que llega a la Tierra está expresada por la magnitud irradiancia, que mide la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación⁸:

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

⁸ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

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

En la RMCAB se contó con cuatro puntos de monitoreo de radiación global ubicados en las estaciones No. 5 IDRD, No. 8 Escuela, No. 15 Usme y No. 16 Vitelma, que registraron datos entre las 5:00 y las 19:00 horas con el objeto de hallar los acumulados diarios, máximos horarios, máximos diarios y promedios de radiación solar, los cuales se presentan en la Figura 63.

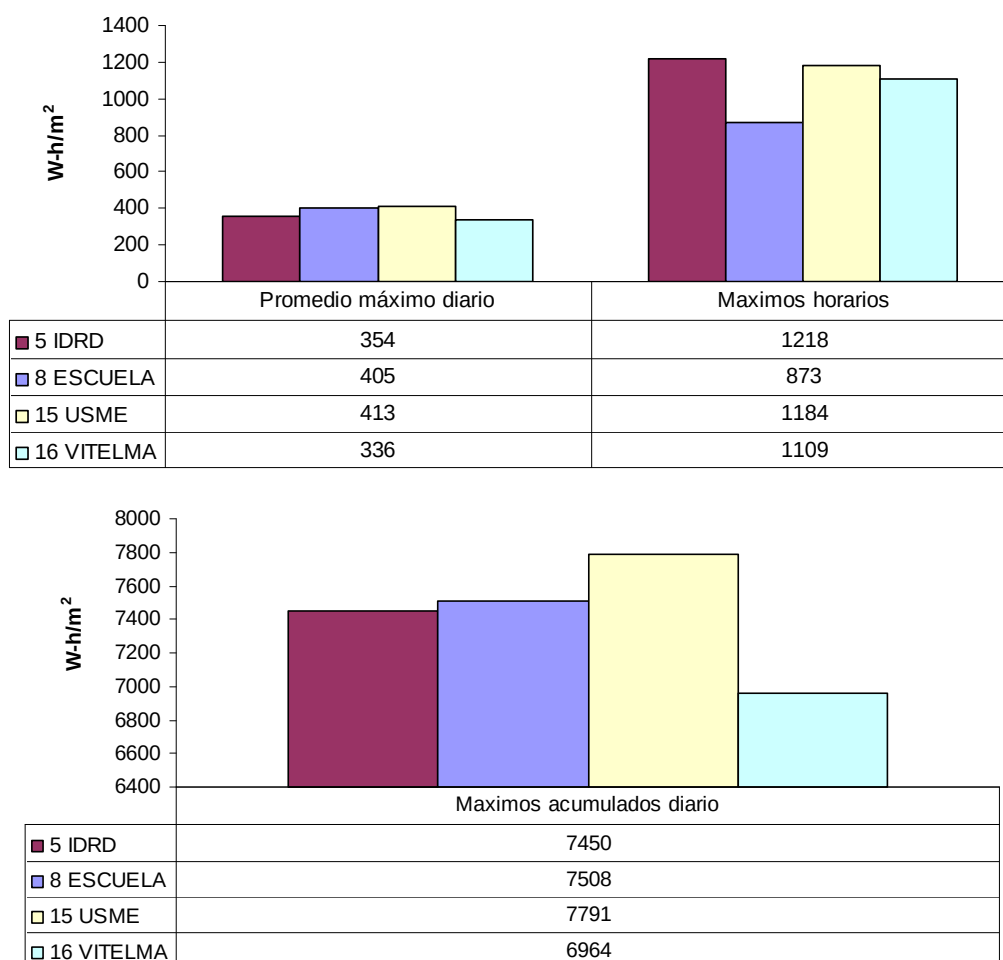


Figura 63. Radiación solar durante el año 2007.

Se observa que los valores registrados por la estación No. 16 Vitelma, son menores en lo relacionado con el promedio máximo diario y máximo acumulado diario en comparación con los registrados en las otras tres estaciones; para la estación No. 8 Escuela se puede observar que para el máximo horario registró un valor menor a las otras estaciones.

En cuanto a los registros máximos horarios, el mayor se presentó en la estación IDRD el día domingo 29 de julio al medio día y fue de 1218 W-h/m². En la Tabla 35, se muestra el resumen de los datos obtenidos en las cuatro estaciones mes a mes, de los promedios diarios, acumulados diarios y máximos horarios de la radiación solar en el año 2007.

Tabla 35. Promedios mensuales y máximos horarios de radiación solar año 2007

Promedio Diarios					Máximos Horarios				Acumulados Diarios			
mes	Prom IDRD	Prom Escuela	Prom Usme	Prom Vitelma	Máx IDRD	Máx Escuela	Máx Usme	Máx Vitelma	Acum IDRD	Acum Escuela	Acum Usme	Acum Vitelma
ene	226	330	344	323	778	765	1071	1099	4871	6542	7319	6622
feb	354	405	413	336	1127	870	1111	991	7416	7508	7791	6869
mar	226	301	278	250	1134	863	1136	1028	7154	6646	7091	6196
abr	225	327	297	227	970	869	1070	1109	3915	6890	7252	4721
may	183	321	274	221	745	861	1070	908	3955	6278	6420	5088
jun	259	321	227	221	936	859	1043	883	5651	6258	5770	5164
jul	301	352	283	237	1218	869	1007	1025	7450	7051	6423	6592
ago	274	323	274	236	1106	863	1119	998	5923	6556	5533	5764
sep	187	348	321	275	535	865	1089	1030	3372	6864	7262	6642
oct	230	299	321	231	869	873	1184	1079	5191	6166	7758	6964
nov	276	340	300	230	1151	858	1019	1014	6486	7091	7191	6638
dic		286	281	211		864	967	1010		6255	6816	5594
Promedio	249	329	301	250	961	857	1074	1015	5580	6675	6885	6071
Máximos	354	405	413	336	1218	873	1184	1109	7450	7508	7791	6964

En la Figura 64 se puede visualizar que este parámetro meteorológico registró las mayores concentraciones promedio mensuales en los meses de enero y febrero; los demás meses se mantuvieron similares en las diferentes estaciones que miden este parámetro, destacándose la estación No 8 Escuela con los mayores valores en casi todos los meses. Se puede observar también que, en mayo y septiembre, en la estación No. 5 IDRD se presentaron las mínimas concentraciones de la RMCAB.

Para el periodo horario se puede observar que la mayor intensidad de radiación solar fue entre las 10:00 y las 15:00 horas para la estación No. 5 IDRD, entre las 9:00 y las 16:00 horas, en la No. 8 Escuela; en la No. 15 Usme entre las 10:00 y las 15:00 horas y para la No. 16 Vitelma está entre las 10:00 y las 15:00 horas, todas ellas superiores a 800 W-h/m². La Tabla 36 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora.

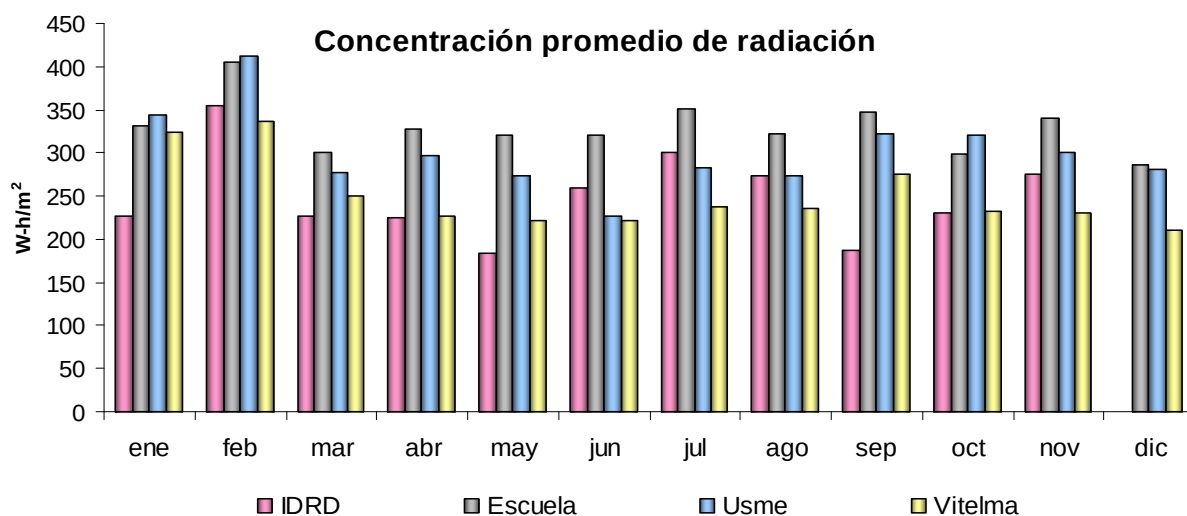


Figura 64. Promedios mensuales de Radiación solar para el año 2007

Tabla 36. Promedios y máximos horarios de radiación en 2007

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Prom IDR W-h/m ²	4	6	59	203	340	472	501	520	502	462	369	270	143	37	4
Prom Escuela W-h/m ²	1	3	60	260	492	585	607	606	599	560	485	392	227	61	2
Prom Usme W-h/m ²	0	1	54	202	371	511	585	609	580	548	452	325	168	35	0
Prom Vitelma W-h/m ²	3	4	37	153	266	384	496	543	540	465	388	272	150	41	4
Máx IDR W-h/m ²	26	39	208	563	698	883	1090	1218	1134	1029	869	683	409	135	23
Máx Escuela W-h/m ²	55	59	197	662	849	869	869	868	873	870	870	848	612	236	74
Máx Usme W-h/m ²	3	12	223	476	797	950	1136	1184	1111	1037	938	664	396	118	9
Máx Vitelma W-h/m ²	21	21	92	390	674	853	973	1109	1099	1037	881	607	390	142	21

En la Figura 65 se observa la radiación máxima y media en cada hora. La radiación solar se incrementa de manera casi lineal desde las 6:00 hasta las 10:00, posteriormente empieza un rango de datos máximos hasta las 12 horas, para empezar un rápido descenso que se termina cuando el sol se oculta después de las 18 horas.

Se determina que la radiación máxima presentada en las estaciones No. 15 Usme y la No. 5 IDR fue la de mayor intensidad en comparación con la de las otras estaciones de la RMCAB. La No. 8 Escuela registra los datos menores y un comportamiento casi lineal desde las 9 hasta 17 horas del día. Para los promedios se observa que las 4 estaciones tienen un comportamiento similar entre ellas, encontrando los menores promedios horarios en las estaciones No. 16 Vitelma y en la No. 5 IDR; los máximos promedios horarios están en la No. 15 Usme y en la No. 8 Escuela.

La estación No. 5 IDRД tiene instalados sensores de radiación global, radiación difusa y radiación directa. Su comportamiento promedio horario entre las 5:00 y 19:00 horas de dichos sensores se muestra en la Figura 65 y la Figura 66 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora en esta misma estación.

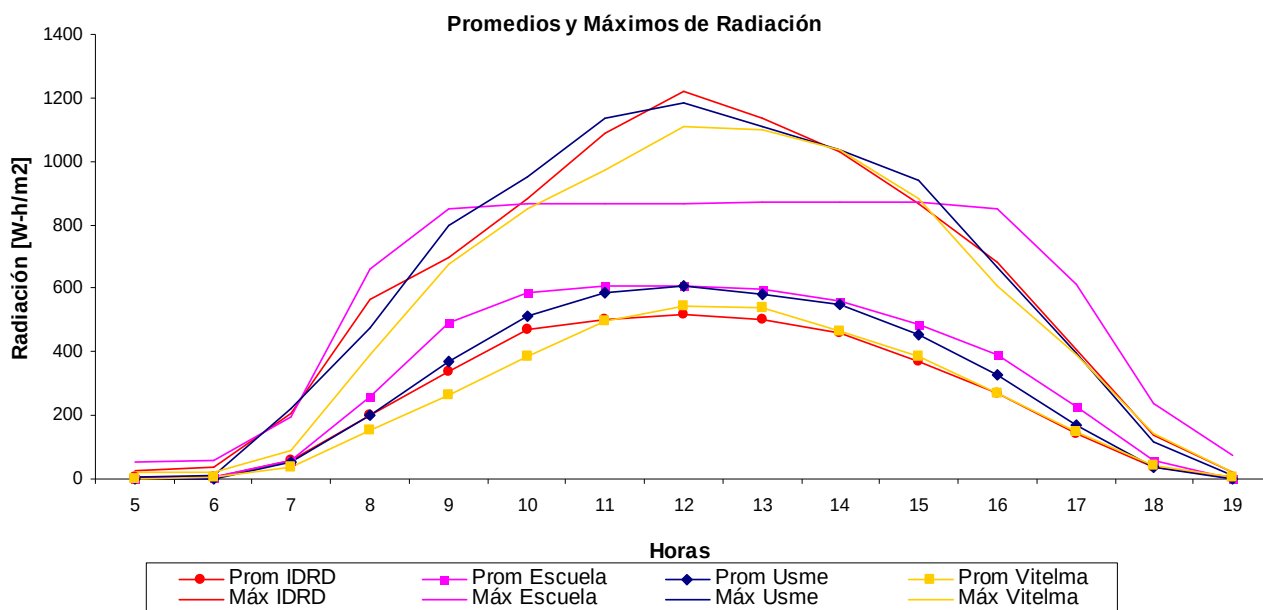


Figura 65. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2007.

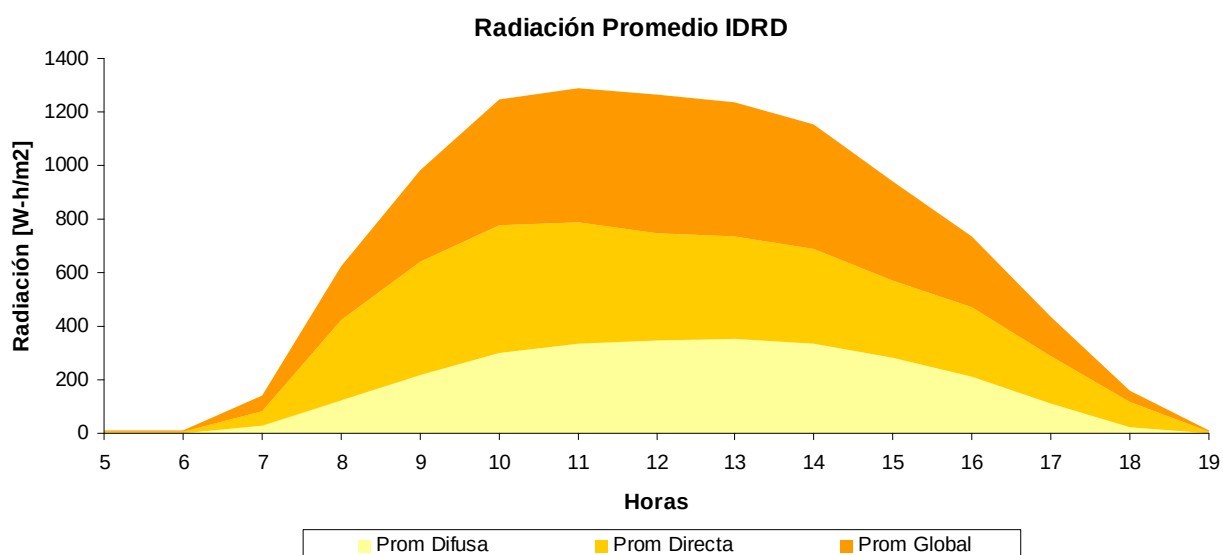


Figura 66. Promedios la radiación por hora la estación No. 5 IDRД.

Tabla 37. Promedios y máximos horarios de la radiación en la estación No. 5 IDR

Hora	Promedio Difusa	Máxima Difusa	Promedio Directa	Máxima Directa	Promedio Global	Máxima Global
5	1,3	7,1	5,3	18,1	3,7	26,4
6	2,4	12,2	5,1	15,1	6,0	38,8
7	30,1	174,0	51,8	349,0	58,7	207,9
8	120,8	402,3	301,7	835,6	202,8	563,4
9	216,1	639,4	427,7	965,0	340,0	697,6
10	298,7	779,7	476,7	1016,1	471,7	883,2
11	336,0	971,3	449,6	1041,0	501,0	1090,1
12	346,1	837,8	401,8	1057,9	519,7	1218,0
13	352,1	1093,6	381,2	1006,7	501,7	1133,7
14	333,1	982,9	355,9	981,1	461,9	1028,8
15	284,1	755,5	288,5	1004,9	369,2	868,6
16	212,4	501,7	255,3	815,2	270,4	683,2
17	113,0	365,3	177,7	700,6	142,6	409,4
18	25,9	86,2	94,0	342,3	37,1	135,2
19	1,4	7,4	4,3	14,6	4,2	23,4

2.5 HUMEDAD RELATIVA

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

Acorde a la información registrada, se puede determinar que el comportamiento de las estaciones No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, ambas al sur de la ciudad, es similar, mientras que la No. 6 Carrefour registra su mínima horaria mayor a las anteriores pero en lo relacionado con la anual máxima horaria exhibió un comportamiento menor.

En la Figura 67 se muestra lo anterior, así como los valores para cada una de ellas. Se puede observar el promedio de la Humedad Relativa en las tres estaciones, donde generalmente a partir de las 08:00 horas empieza una reducción del porcentaje de humedad relativa, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial; luego, alrededor de las 17:00 horas comienza a aumentar progresivamente, justo cuando la temperatura superficial comienza a descender. En general, las horas con menor humedad relativa están entre las 08:00 y las 18:00 y las horas con mayor humedad relativa se encuentran entre las 19:00 y 07:00 horas. La estación No. 8 Escuela presenta un nivel menor de humedad en comparación con las otras dos estaciones, mientras que la No. 16 Vitelma presenta los máximos valores promedios de las tres estaciones, este mismo comportamiento se presenta con los datos promedios anuales. Los promedios horarios y los porcentajes máximo y mínimo de humedad relativa también se aprecian en la Figura 67.

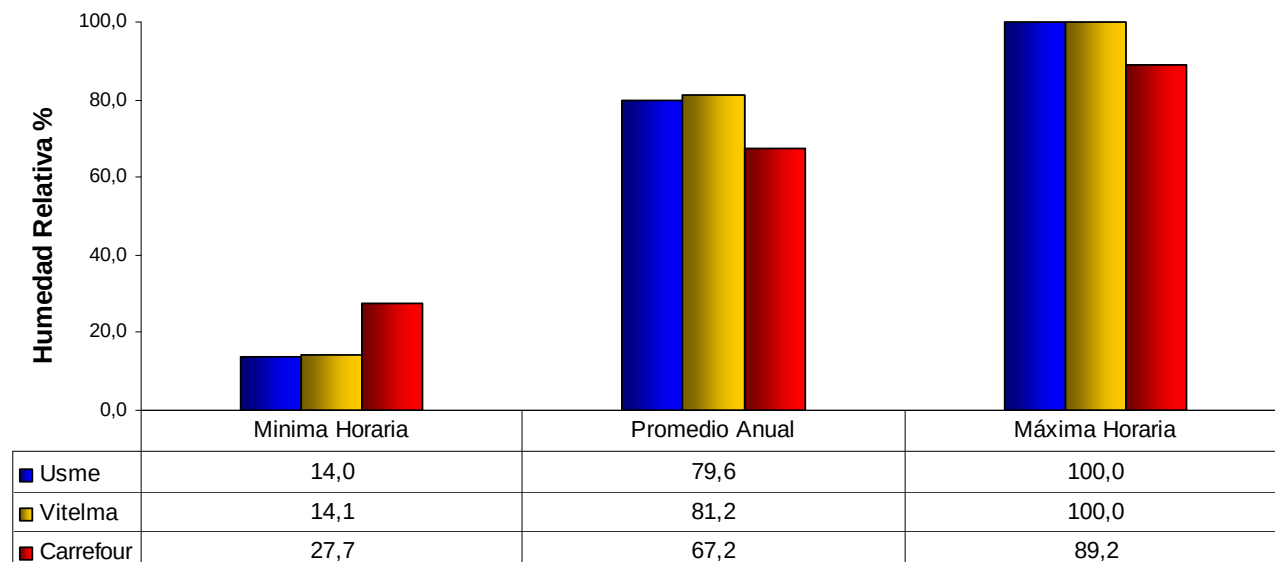


Figura 67. Comportamiento horario de la humedad relativa

Tabla 38. Datos mensuales de humedad relativa

Mes	Promedio Mensual Usme	Máxima horaria Usme	Mínima horaria Usme	Promedio Mensual Vitelma	Máxima horaria Vitelma	Mínima horaria Vitelma	Promedio Mensual Carrefour	Máxima horaria Carrefour	Mínima horaria Carrefour
Ene	75,1	97,4	34,2	75,7	99,4	41,8			
Feb	64,2	98,2	14,0	70,1	99,3	14,1			
Mar	76,2	98,1	32,3	77,7	100,0	41,2			
Abr	79,1	98,2	42,4	82,2	99,6	41,9			
May	81,1	98,2	48,3	84,0	99,6	50,0			
Jun	85,9	98,2	56,1	84,7	99,6	55,7			
Jul	80,7	98,2	40,9	80,1	99,6	40,6	63,7	88,5	33,8
Ago	84,2	98,2	51,3	83,8	99,6	48,5	65,8	87,2	33,1
Sep	80,6	97,2	49,7	78,2	99,6	49,3	62,1	85,4	36,0
Oct	81,2	99,2	46,0	84,6	99,6	43,3	70,5	89,2	34,5
Nov	82,4	100,0	47,7	84,6	99,6	46,5	68,7	89,2	27,7
Dic	83,5	100,0	45,5	86,2	99,6	37,6	69,9	88,7	32,5

En la Figura 68 se muestra el comportamiento que tuvo la Humedad Relativa mensual para el año 2007, en donde se puede observar que la estación No. 6 Carrefour registra los menores valores en comparación con las otras dos estaciones de la RMCAB; adicionalmente se observa en abril, mayo y junio y posteriormente octubre, noviembre y diciembre los porcentajes mayores de Humedad relativa.

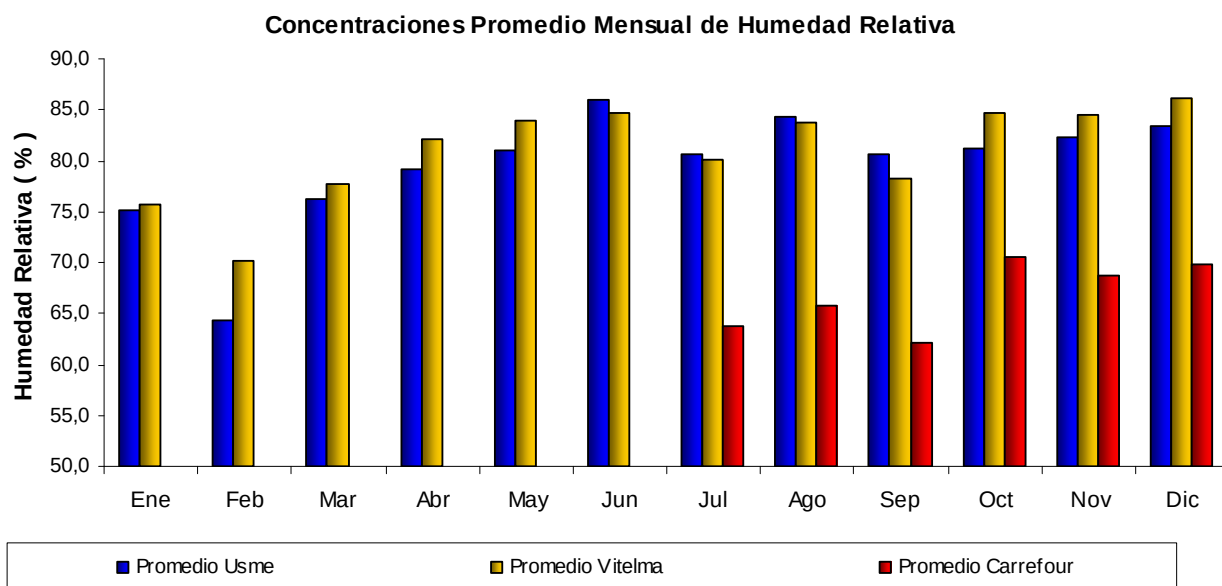


Figura 68. Relación de la Humedad Relativa mensual para el año 2007

3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS

3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM10

Las rosas de contaminación para PM10 ilustran la manera como se detecta el flujo de partículas menores a 10 micras según los vientos en cada estación. En el centro de cada rosa está el porcentaje de partículas cuya concentración es menor a la indicada en el centro, para este caso, expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

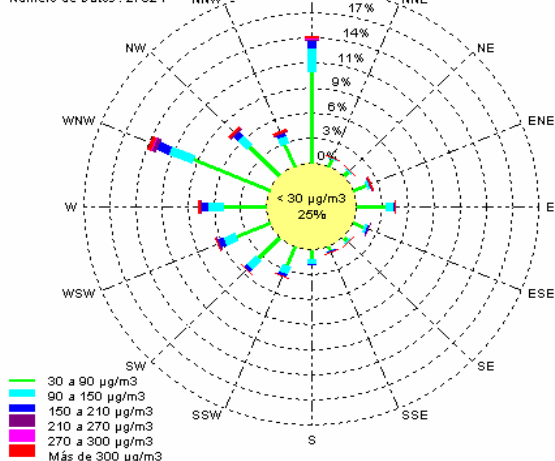
Desde la Figura 69 hasta la Figura 72 se presentan las rosas de contaminación de PM10 de las estaciones que tomaron mediciones de PM10 y vientos simultáneamente.

Rosa de contaminantes - Corpas. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante: PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos: 27924

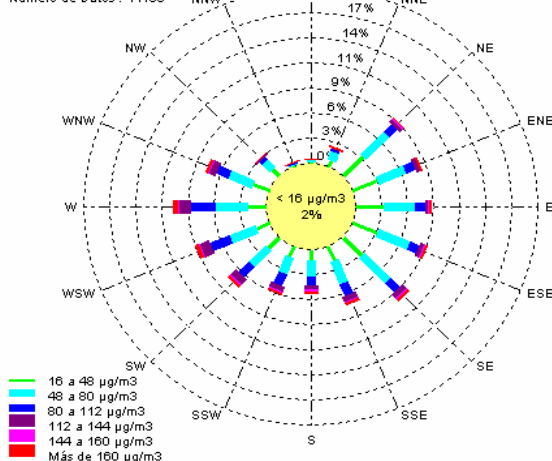


Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante: PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos: 44166

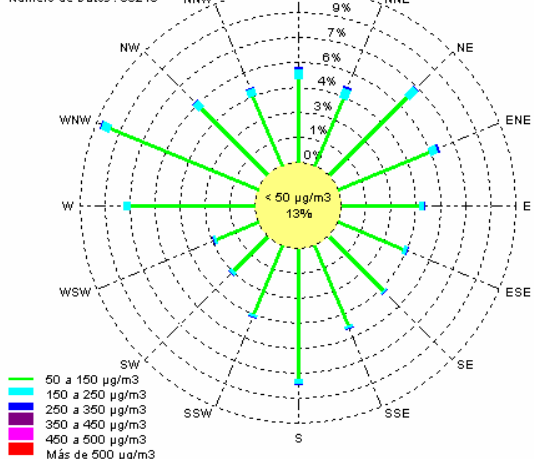


Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante: PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos: 39215



Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2006 a 31/12/2006

Contaminante: PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos: 25309

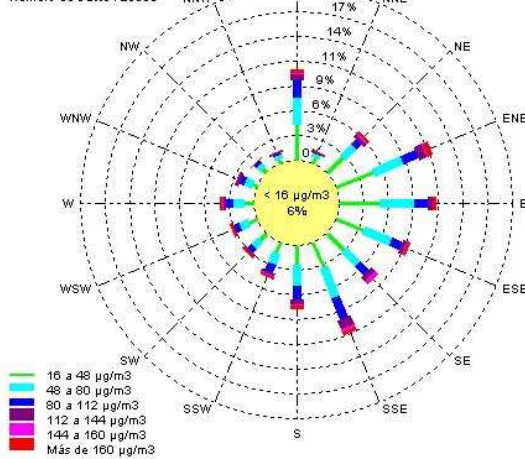


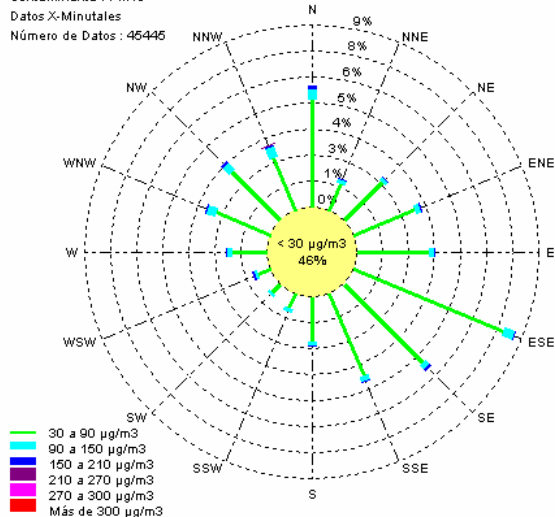
Figura 69. Rosas de Contaminación de PM10 estaciones Corpas, Carrefour, Fontibón y Santo Tomás.

Rosa de contaminantes - Bosque. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 45445



Rosa de contaminantes - Escuela. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 41592

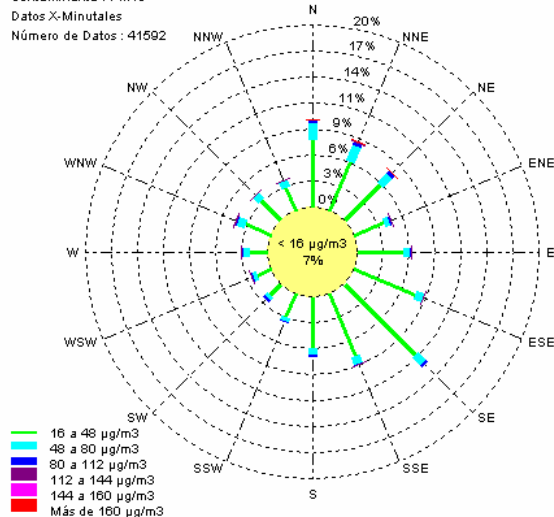


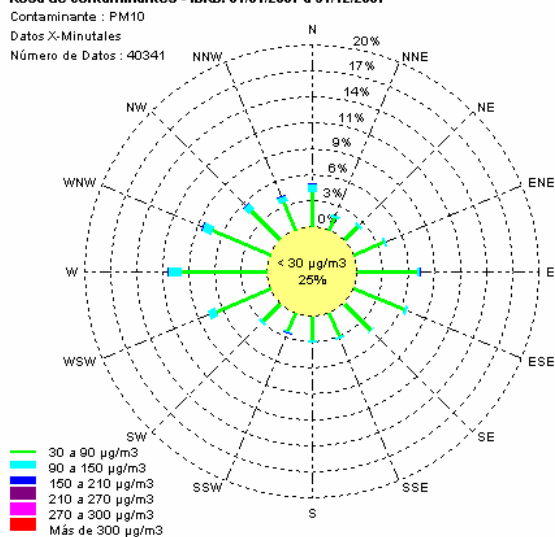
Figura 70. Rosas de Contaminación de PM10 para las estaciones Bosque y Escuela

Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 40341



Rosa de contaminantes - Puente Aranda. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 50837

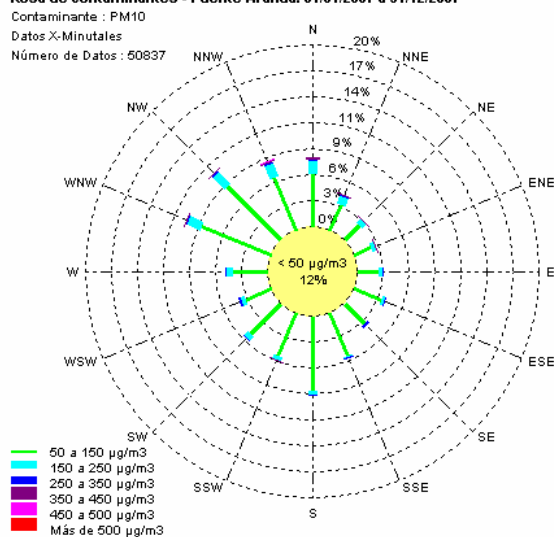


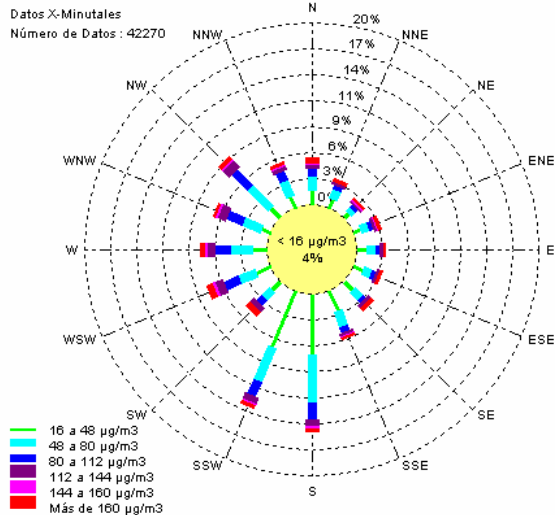
Figura 71. Rosas de Contaminación de PM10 para las estaciones IDRD, Puente Aranda.

Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 42270

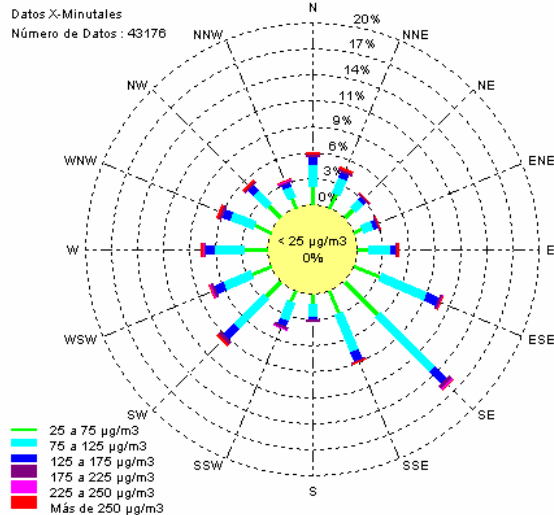


Rosa de contaminantes - Kennedy. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 43176

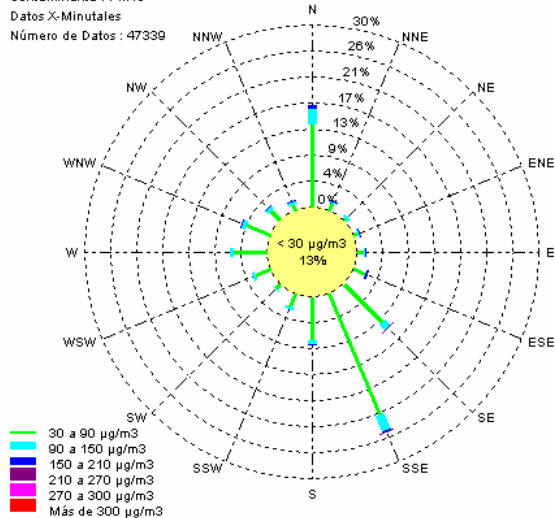


Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 47339



Rosa de contaminantes - Tunal. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : PM10

Datos X-Minutales

Número de Datos : 39338

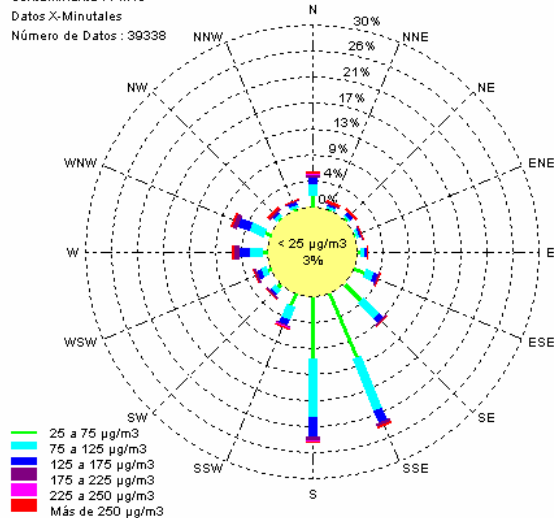
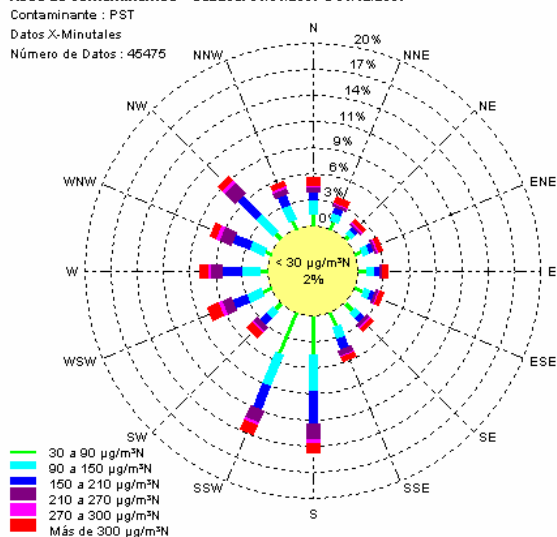


Figura 72. Rosas de Contaminación de PM10 para la estación Cazuca, Kennedy, Sony y Tunal

3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST

La movilidad de las partículas suspendidas totales (PST) debido al viento se puede visualizar por medio de las rosas de contaminación, presentadas a continuación:

Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2007 a 31/12/2007



Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2007 a 31/12/2007

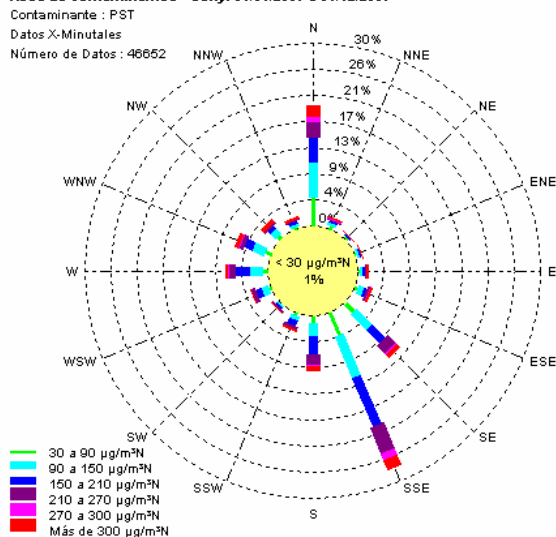
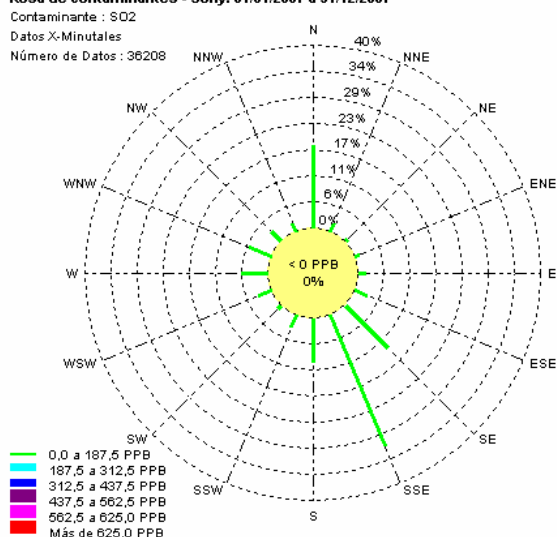


Figura 73. Rosas de Contaminación de PST para las estaciones Cazucá y Sony

3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO₂

Con los datos de las estaciones No. 3 Sony, No. 4 Tunal, No. 9 Kennedy, No. 5 IDRD, No. 13 Puente Aranda, No. 14 Fontibón se generaron las rosas de contaminación de SO₂ presentadas a continuación.

Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2007 a 31/12/2007



Rosa de contaminantes - Tunal. 01/01/2007 a 31/12/2007

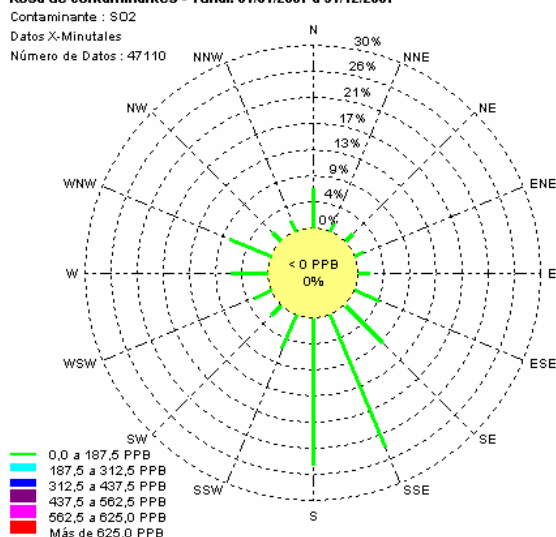


Figura 74. Rosas de Contaminación de SO₂ para las estaciones Sony y Tunal

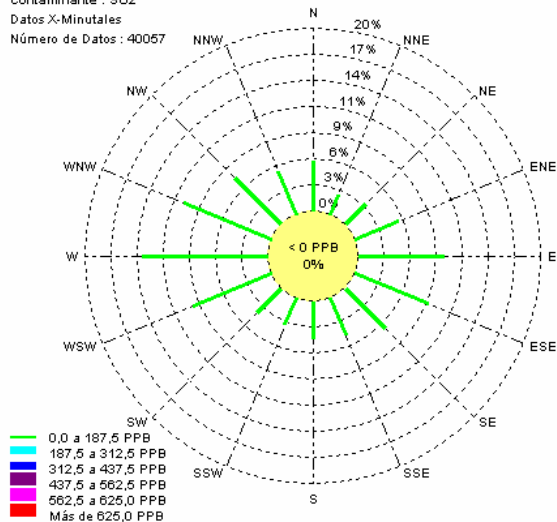
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 40057

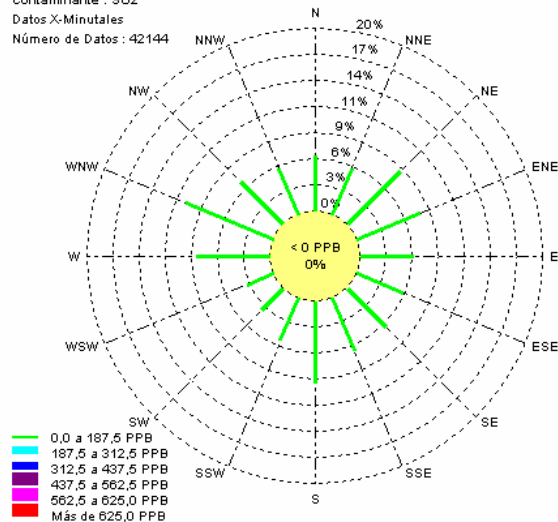


Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 42144

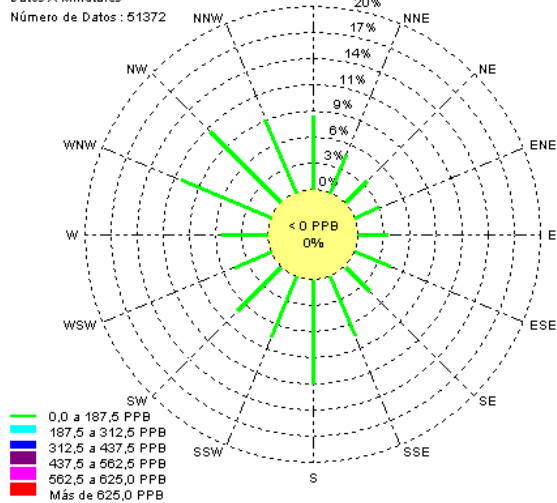


Rosa de contaminantes - Puente Aranda. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 51372



Rosa de contaminantes - Kennedy. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 43988

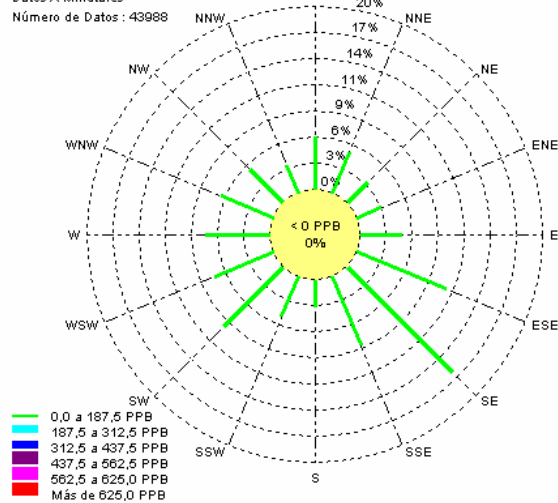


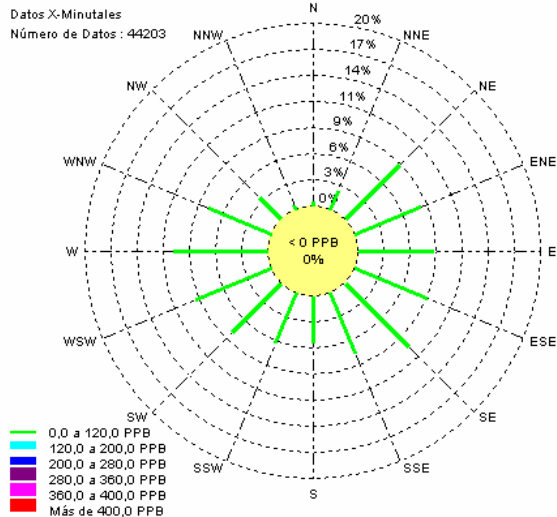
Figura 75. Rosa de Contaminación de SO₂ para las estaciones IDRD, Fontibón, Puente Aranda y Kennedy

Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44203



Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44246

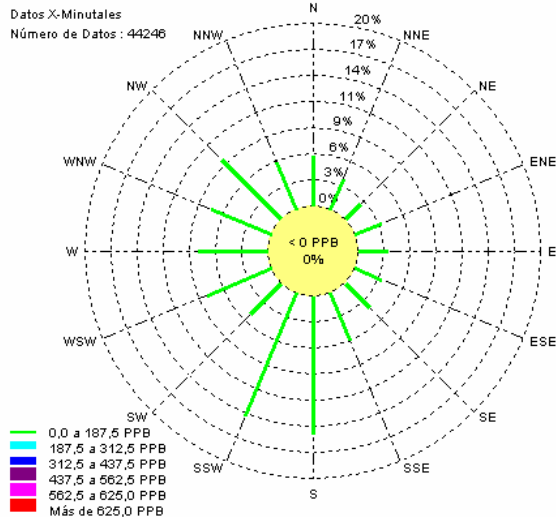


Figura 76. Rosa de Contaminación de SO₂ para las estaciones Carrefour y Cazucá

3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO₂

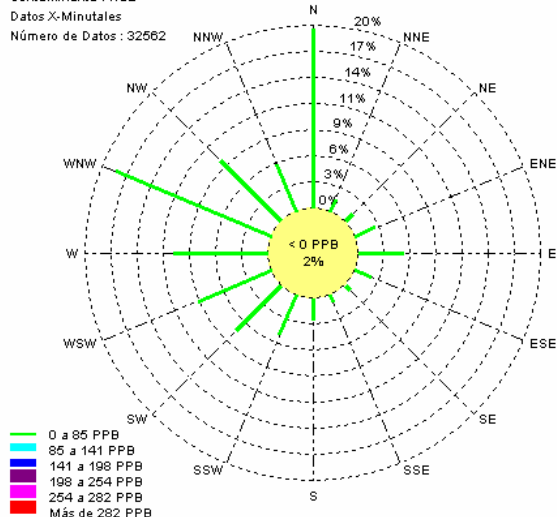
Las rosas de contaminación de NO₂ de las estaciones No. 11 Corps, No. 14 Fontibón y No. 5 IDRD se presentan a continuación:

Rosa de contaminantes - Corps. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : NO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 32562



Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 42144

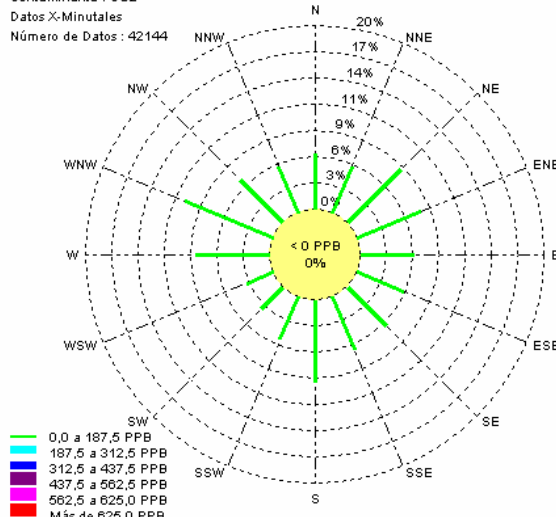


Figura 77. Rosa de Contaminación de NO₂ para las estaciones Corps y Fontibón.

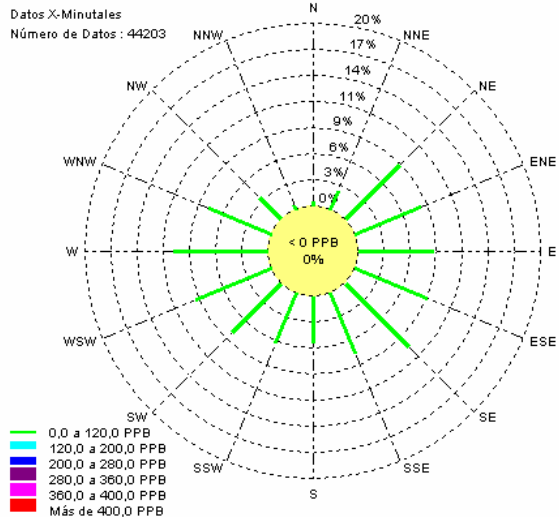
Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44203

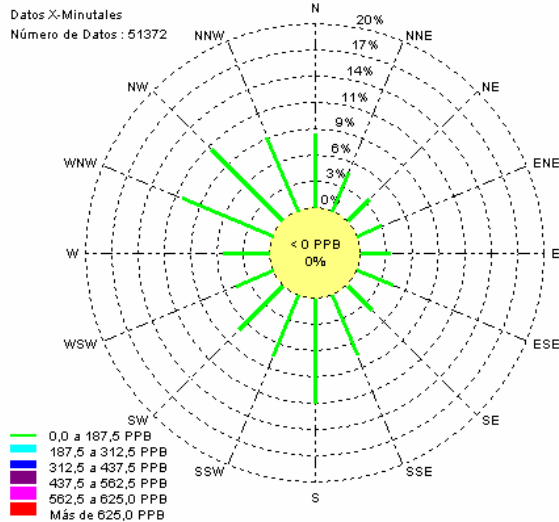


Rosa de contaminantes - Puente Aranda. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : SO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 51372



Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : NO₂

Datos X-Minutales

Número de Datos : 39886

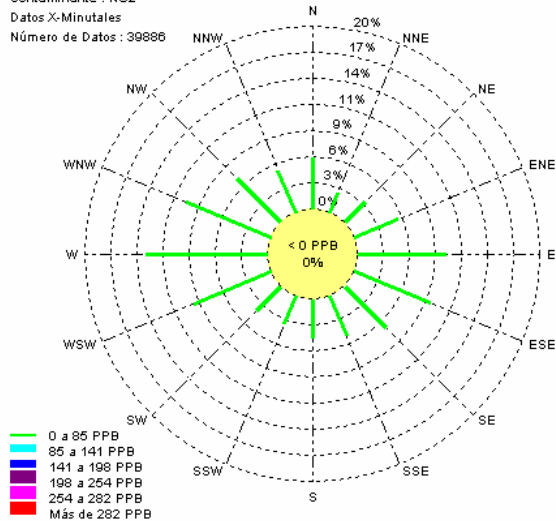


Figura 78. Rosa de Contaminación de NO₂ para las estaciones Carrefour, Puente Aranda y IDRD.

3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO

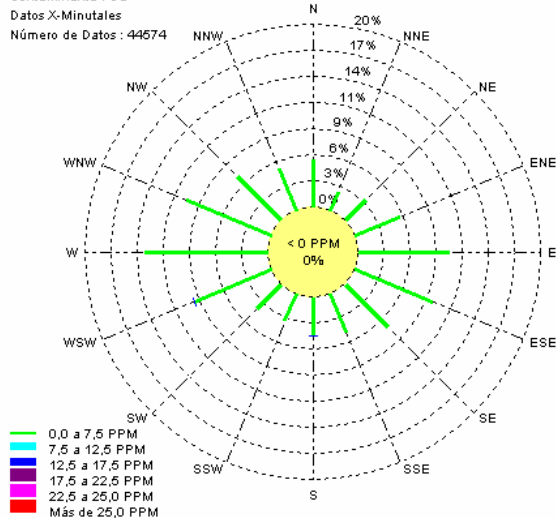
Los registros de CO de las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón, No. 7 Cazucá, y No. 3 Sony permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 79.

Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44574

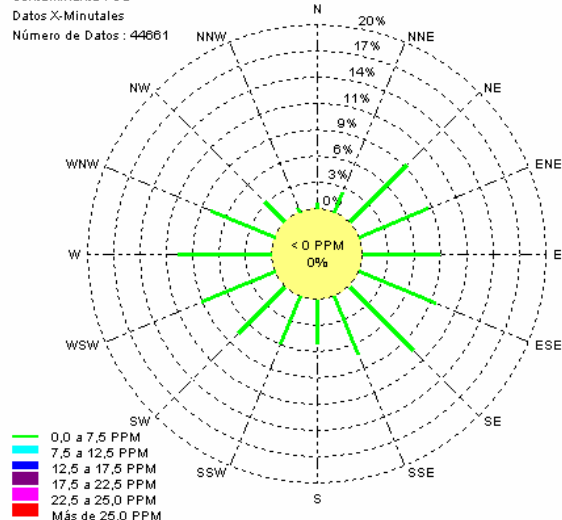


Rosa de contaminantes - Carrefour. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44661

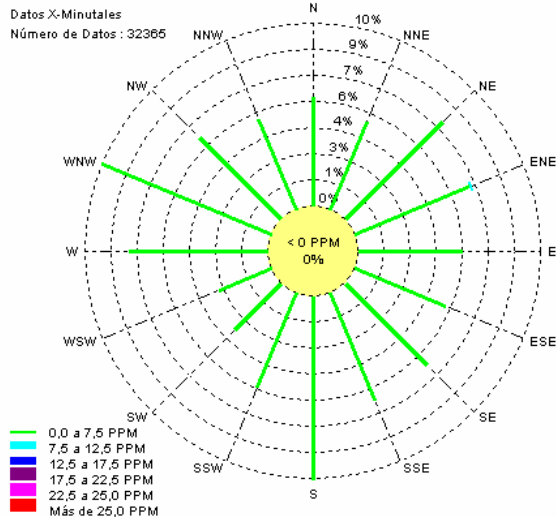


Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 32365



Rosa de contaminantes - Cazuca. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 25711

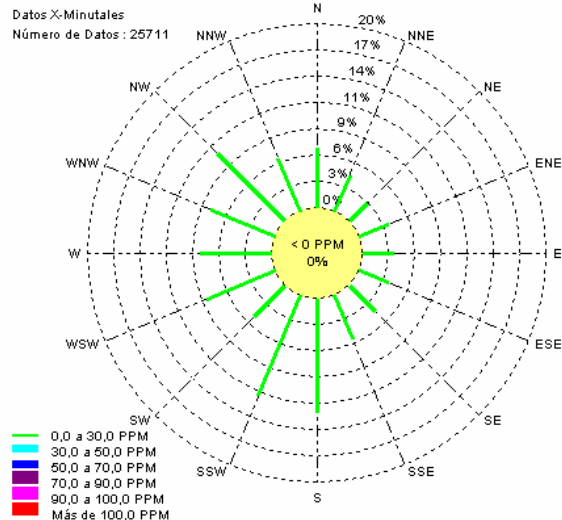


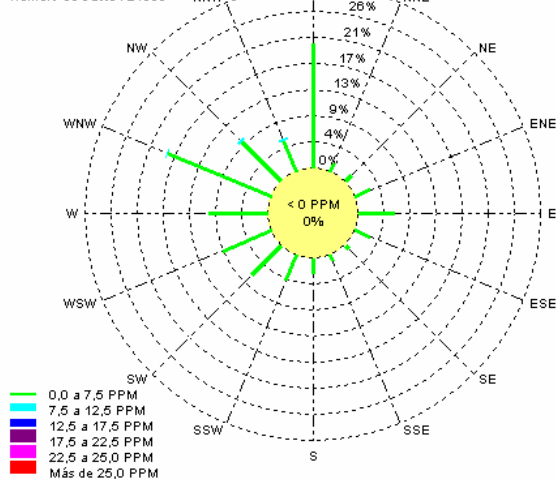
Figura 79. Rosa de Contaminación de CO para estaciones IDRD, Carrefour, Fontibón y Cazucá.

Rosa de contaminantes - Corpas. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 21060



Rosa de contaminantes - Sony. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : CO

Datos X-Minutales

Número de Datos : 45786

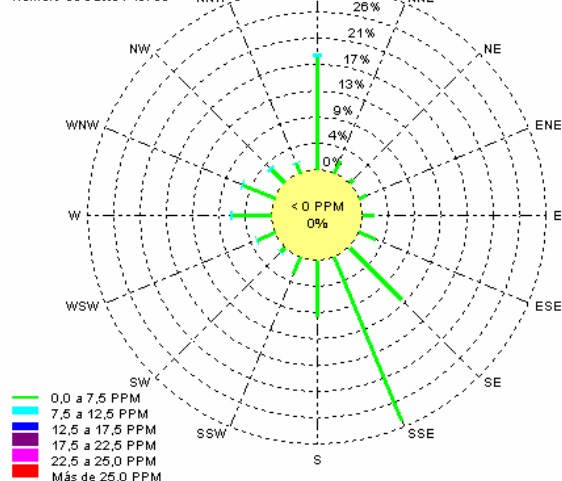


Figura 80. Rosa de Contaminación de CO para estaciones Corpas y Sony.

3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O₃

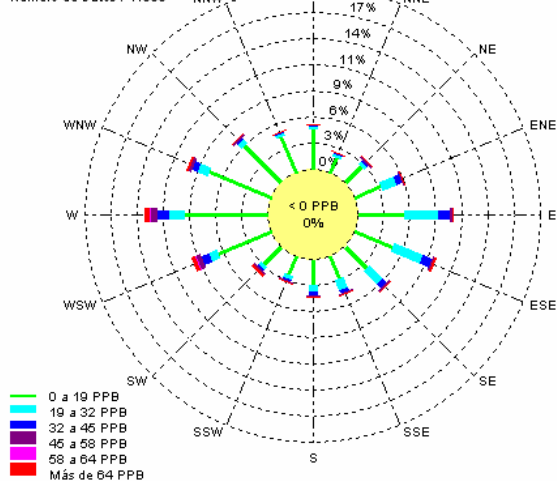
Los registros de O₃ de las estaciones No. 5 IDRD, No. 3 Sony y No. 14 Fontibón, permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 81.

Rosa de contaminantes - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : O₃

Datos X-Minutales

Número de Datos : 41366

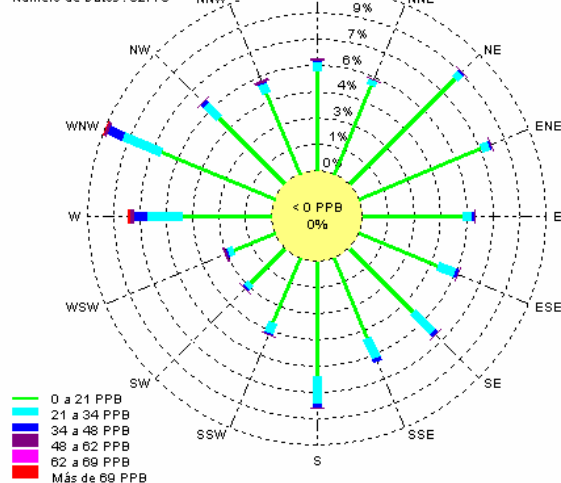


Rosa de contaminantes - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Contaminante : O₃

Datos X-Minutales

Número de Datos : 32775



Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

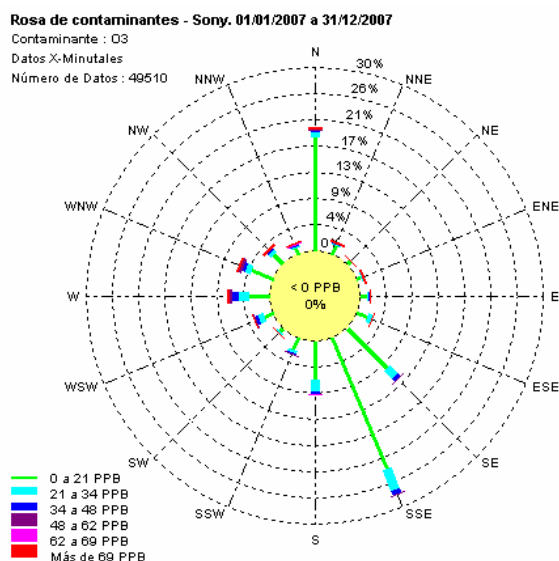


Figura 81. Rosas de contaminación de O₃ para las estaciones IDRD, Fontibón y Sony.

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 adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales o de una combinación de estas.

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

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m³) se aplicará la siguiente ecuación:
Se adoptan las convenciones siguientes para efecto de la aplicación de la ecuación establecida en la presente definición:

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

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

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

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

24.466 = Volumen de una kmol en m³/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

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

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

Norma anual: Establece la concentración máxima anual permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras diarias cuando se trata de contaminantes en estado

gaseoso, o el promedio geométrico de los valores de las muestras diarias cuando se refieran a partículas suspendidas totales - PST.

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

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

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

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

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

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

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

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^3/h : Metros cúbicos por hora en condiciones Normales.
- mg / Nm^3 : Miligramos por metro cúbico en condiciones Normales.
- mg/m^3 : Miligramos por metro cúbico.
- $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 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).

ANEXO No. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB

La RMCAB está conformada por quince estaciones automáticas que 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 presenta el mapa de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, las características de las zonas de influencia de las estaciones y la relación de los sensores instalados en cada una de las mismas. Es importante resaltar que de éstas, la estación No. 2 MAVDT esta basada en tecnología OPSIS; además, existen dos estaciones que son: la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

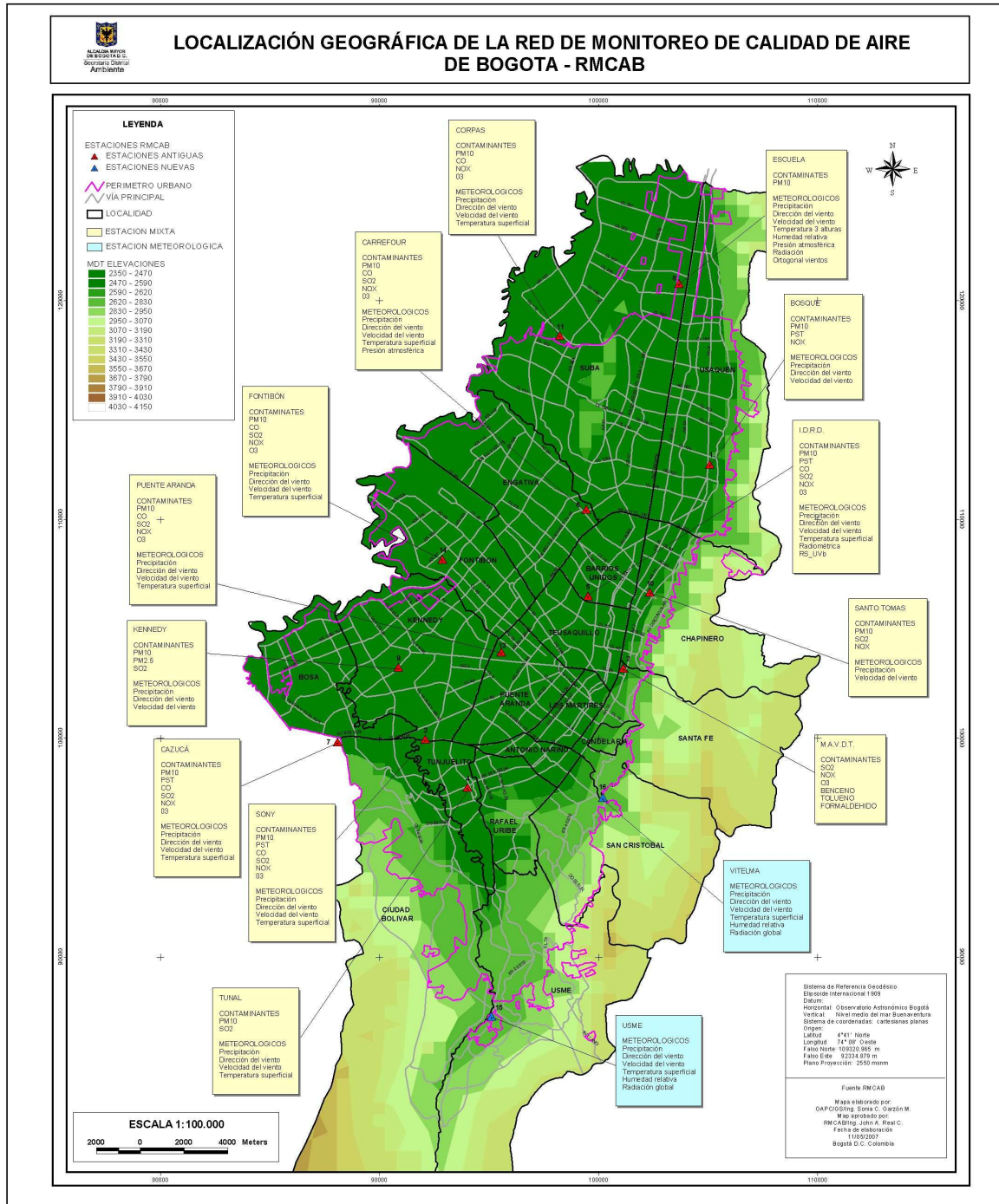


Figura 82 Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Tabla 39 Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	8. Escuela 1. Bosque	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	11. Corpas 6. Carrefour 14. Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	10. Sto. Tomás 5. IDRD 2. MAVDT	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centroccidente	13. Puente Aranda	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Suroccidente	9. Kennedy 7. Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	3. Sony 4. INEM Tunal 16. Vitelma 15. Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
 Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Tabla 40 Estaciones y Equipos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

ESTACION		No. 1 Bosque	No. 2 MAVDT	No. 3 Sony	No. 4 Tunal	No. 5 I.D.R. D.	No. 6 Carrefou r	No. 7 Cazucá	No. 8 Escuel a	No. 9 Kennedy	No. 10 Sto. Tomás	No. 11 Corpas	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma
Ubicación	Latitud	04°42'44.3 "	04°37'39 .8"	04°35'55.5 "	04°34'34.7"	04°39'3 0,5"	04°41'37.0 "	04°35'57.1 "	04°47'13 .0"	04°37' 29,9"	04°39'34.0"	04°45'54 .4"	04°38'04 .8"	04°40'23.1 "	04°28,87 8'	04°34,53 6'
	Longitud	74°02'06.6 "	74°04'14 .1"	74°09'07.5 "	74°07'51.5"	74°05'2 .3"	74°05'09.5 "	74°11'17.4 "	74°02'52 .0"	74°09'40,7 "	74°03'35.0"	74°05'48 .4"	74°07'15 .0"	74°08'42.2 "	74°07,58 1'	74°04,40 2'
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541	2.584	2.577	2.563	2.546	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576	2.759	2.789
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Ciudad Bolívar	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8- 40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	CL 14 No. 6-54 Entrada 1 Cazucá	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40- 55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10- 95	CR 95 No. 24-49	Carrete ra a Usme No. 16 - 71	Calle 9 Sur con 9 Este
Contaminantes	PM10	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	PST			X				X								
	CO			X		X	X	X				X		X		
	SO2		X	X	X	X	X	X		X	X		X	X		
	NOX		X			X	X					X	X	X		
	O3		X	X		X								X		
Meteorológicos	PRECIPITACIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIRECCIÓN DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	VELOCIDAD DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	TEMPERATURA SUPERFICIAL	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	TEMPERATURA 3 ALTURAS								X							
	HUMEDAD RELATIVA						X								X	X
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA						X		X							
	RADIACION ORTOGONAL VIENTOS					X			X						X	X

ANEXO No. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

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

Tabla 41 Normas de Calidad del Aire

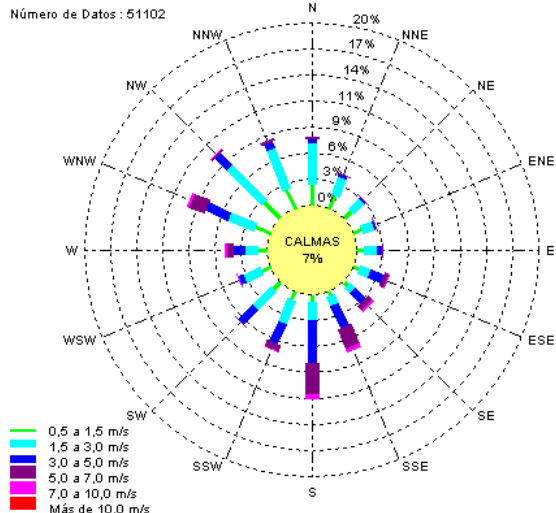
CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM ₁₀	Anual	70	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2.5}	Anual	65	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	15	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO No. 3 ROSAS DE VIENTO

Rosa de vientos - Puente Aranda. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 51102



Rosa de vientos - IDRD. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 44544

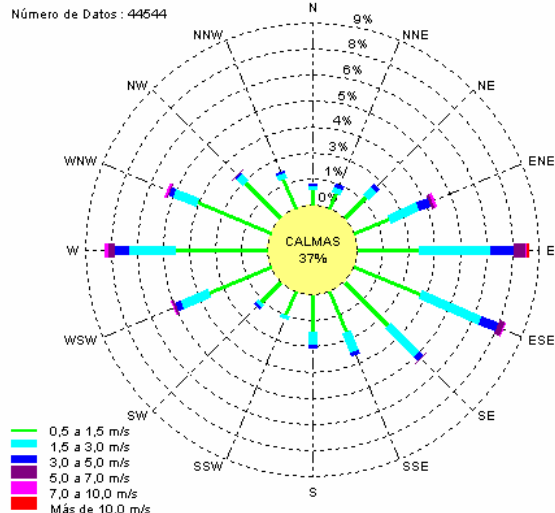
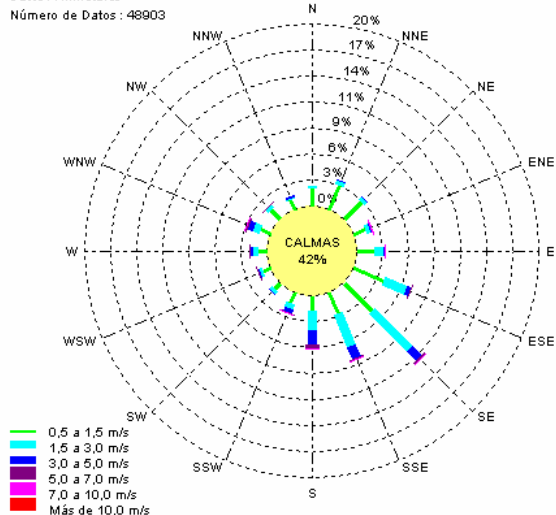


Figura 83 Rosa de Vientos para las estaciones No. 13 Puente Aranda y No. 5 IDRD

Rosa de vientos - Escuela. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 48903



Rosa de vientos - Bosque. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 47934

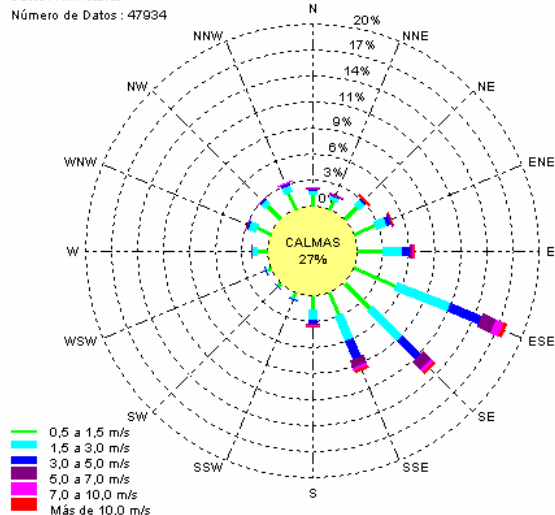


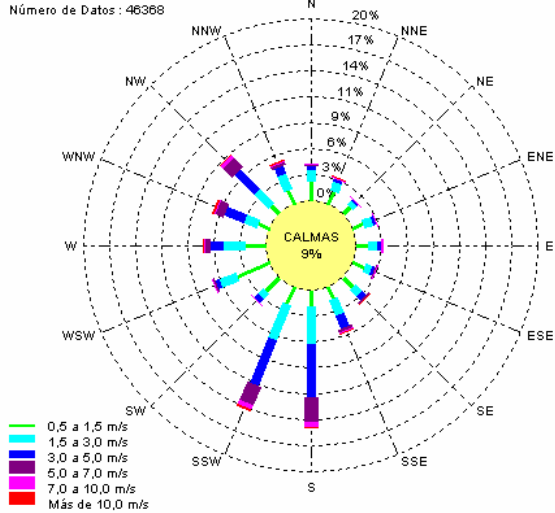
Figura 84 Rosa de Vientos para las estaciones No. 8 Escuela y No. 1 Bosque

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de vientos - Cazuca. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 46388



Rosa de vientos - Tunal. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 47812

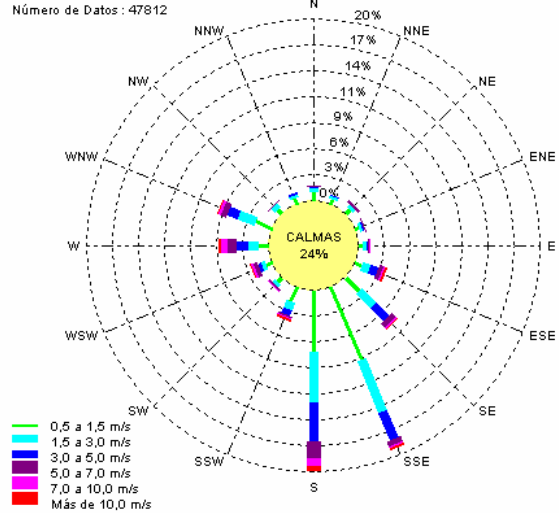
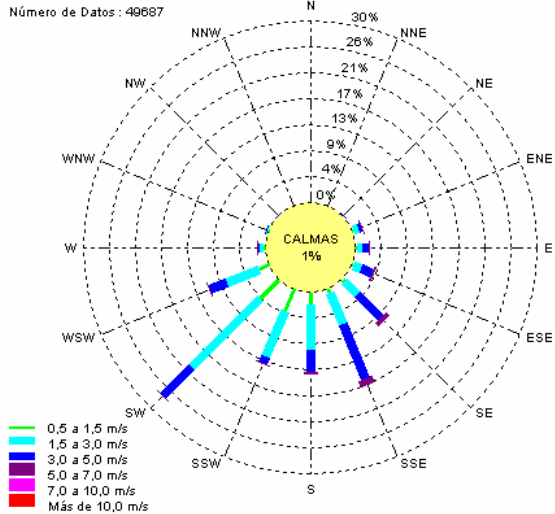


Figura 85 Rosa de Vientos para las estaciones No. 7 Cazucá y No. 4 Tunal

Rosa de vientos - Usme. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 49687



Rosa de vientos - Vitelma. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 49721

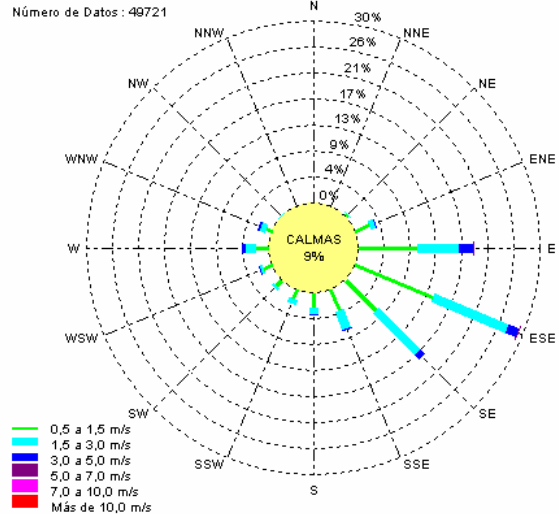


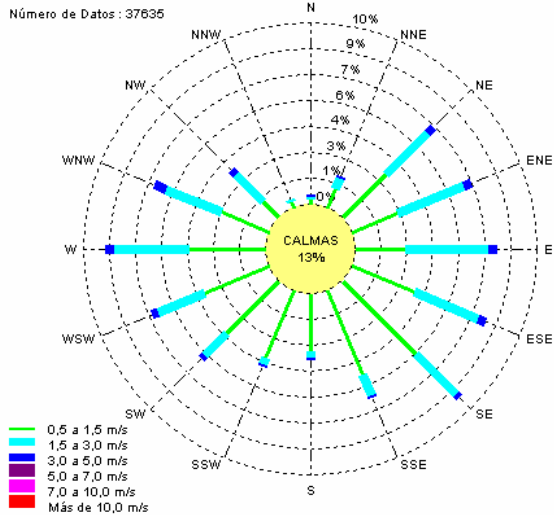
Figura 86 Rosa de Vientos para las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

Rosa de vientos - Carrefour. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 37635



Rosa de vientos - Corpas. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 39377

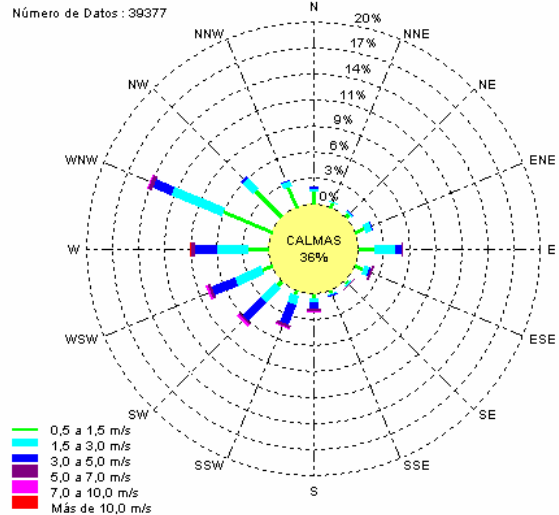
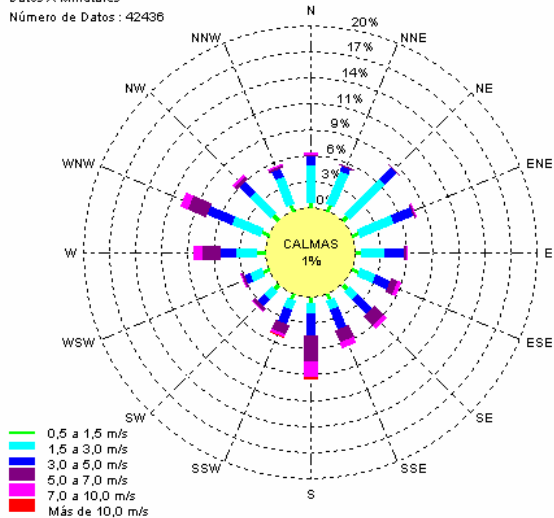


Figura 87 Rosa de Vientos para las estaciones No. 6 Carrefour y No. 11 Corpas

Rosa de vientos - Fontibón. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 42436



Rosa de vientos - Sony. 01/01/2007 a 31/12/2007

Datos X-Minutales

Número de Datos : 49204

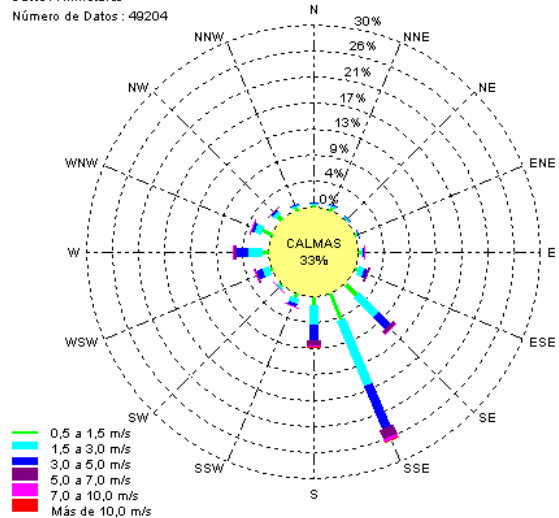


Figura 88 Rosa de Vientos para las estaciones No. 14 Fontibón y No. 3 Sony

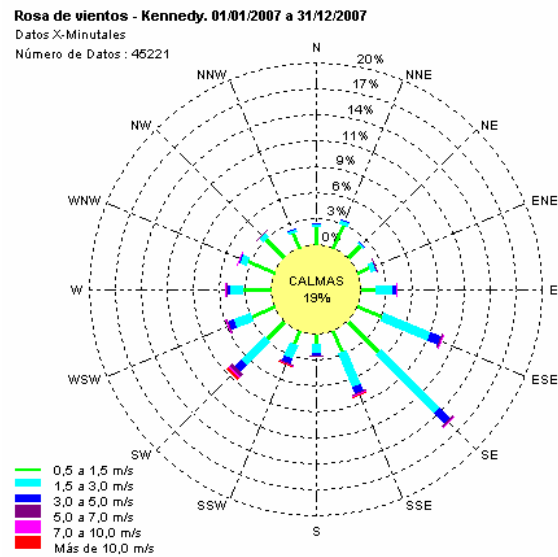


Figura 89 Rosa de Vientos para la estación No. 9 Kennedy

ANEXO No. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 42 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 43 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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2008

Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá D.C.

Bogotá, 2009





ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

Samuel Moreno Rojas
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Juan Antonio Nieto Escalante
Secretario Distrital de Ambiente

Samir Jose Abisambra Vesga
Subsecretario Distrital de Ambiente

Edgar Fernando Erazo Camacho
Director Control Ambiental

Edgar Vicente Gutiérrez Romero
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

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

**Angela Tatiana Luengas Muñoz
John Alexander Real Castillo
Luis Elkin Guzmán Ramos**
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

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

Secretaría Distrital de Ambiente
-SDA.-

© Mayo de 2009, Colombia
Informe Anual de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire
de Bogotá D.C. Año 2008.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia



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

INFORME ANUAL

2008

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2008

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESÚMEN

INTRODUCCIÓN	1
1. CALIDAD DEL AIRE	2
1.1 MATERIAL PARTICULADO	3
1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀	3
1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM _{2.5}	13
1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST	14
1.2 GASES CONTAMINANTES	19
1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO ₂	19
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO ₂	25
1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO	30
1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O ₃	35
1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS	40
2. METEOROLOGÍA	52
2.1 PRECIPITACIÓN	53
2.2 VIENTOS	60
2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL	66
2.4 RADIACIÓN SOLAR	70
2.5 PRESION BAROMETRICA	73
2.6 HUMEDAD RELATIVA	75
3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS	78
3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀	78
3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST	79
3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂	79
3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂	81
3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO	83
3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃	83
GLOSARIO	86
ANEXO NO. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB	A
ANEXO NO. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	E
ANEXO NO. 3 ROSAS DE VIENTO	F
ANEXO NO. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	I

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTACIONES DE LA RMCAB Y CONTAMINANTES MONITOREADOS EN CADA UNA DE ELLAS.	2
TABLA 2. PERIODOS DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL 2008	5
TABLA 3. CONCENTRACIONES DE PM10 PROMEDIOS ANUALES A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.....	11
TABLA 4. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS DURANTE EL AÑO 2008.	20
TABLA 5. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2008	21
TABLA 6. CONCENTRACIONES PROMEDIO ANUALES DE SO ₂ CALCULADAS EL 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO.....	24
TABLA 7. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂ DURANTE EL AÑO 2008.....	26
TABLA 8. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS DURANTE EL AÑO 2008.	27
TABLA 9. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE CO DURANTE EL AÑO 2008.	31
TABLA 10. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS MÁXIMOS PROMEDIOS 8 HORAS DE CO DURANTE EL AÑO 2008.	32
TABLA 11. DÍA Y HORA DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS HORARIOS DE O ₃ DURANTE EL AÑO 2008.	36
TABLA 12. PERIODO DE OCURRENCIA DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS DE O ₃ PARA 8 HORAS DURANTE EL AÑO 2008.....	36
TABLA 13. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS PARA PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10)	41
TABLA 14. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10)	42
TABLA 15. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE 24 HORAS DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST).....	43
TABLA 16. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	43
TABLA 17. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 3 HORAS	44
TABLA 18. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE SO ₂ PARA 24 HORAS	45
TABLA 19. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE SO ₂	46
TABLA 20. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE NO ₂	47
TABLA 21. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ PARA 24 HORAS	47
TABLA 22. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE NO ₂ ANUALES	48
TABLA 23. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE CO	49
TABLA 24. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE CO PARA 8 HORAS	50
TABLA 25. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS HORARIOS DE O ₃	51
TABLA 26. CONSOLIDADO DE LOS PROMEDIOS DE O ₃ PARA 8 HORAS	51
TABLA 27. ESTACIONES DE LA RMCAB Y VARIABLES CLIMATOLÓGICAS MONITOREADAS EN CADA UNA DE ELLAS.	52
TABLA 28. ACUMULADOS ANUALES DE PRECIPITACIÓN EN LAS ESTACIONES DE LA RMCAB	55
TABLA 29. DÍAS DE LLUVIA POR AÑO Y ESTACIÓN DE 1998 A 2008.	56
TABLA 30. PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA POR ESTACIÓN DE 1998 A 2008.....	57
TABLA 31. MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIONES Y DÍA EN QUE OCURRIERON DURANTE EL AÑO 2008.....	57
TABLA 32. ACUMULADOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN POR ESTACIÓN PARA EL AÑO 2008	58
TABLA 33. VELOCIDAD PROMEDIO, MÁXIMA Y MEDIA DEL VIENTO POR ESTACIÓN EN EL AÑO 2008.	62
TABLA 34. VELOCIDAD PROMEDIO POR ESTACIÓN Y AÑO.	63
TABLA 35. TEMPERATURAS PRESENTADAS EN EL AÑO 2008	66
TABLA 36. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES POR ESTACIÓN.....	68
TABLA 37. INVERSIONES PRESENTADAS PARA LA RMCAB.....	69
TABLA 38. PROMEDIOS MENSUALES Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN SOLAR AÑO 2008	71
TABLA 39. PROMEDIOS Y MÁXIMOS HORARIOS DE RADIACIÓN EN 2008.....	72
TABLA 40. MÁXIMOS HORARIOS Y PROMEDIOS HORARIOS DE RADIACIÓN DURANTE EL AÑO DE 2008	74
TABLA 41. PROMEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA PARA EL AÑO 2008.....	76
TABLA 42. CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DONDE SE ENCUENTRAN UBICADAS LAS ESTACIONES DE MONITOREO	C
TABLA 43. ESTACIONES Y EQUIPOS DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ.....	D
TABLA 44. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	E
TABLA 45. ESCALA DE PRECIPITACIÓN	I
TABLA 46. ESCALA DE VELOCIDAD DEL VIENTO – BEAUFORT	I

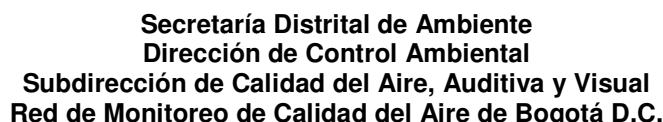


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10 DURANTE EL AÑO 2008.....	3
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD DURANTE EL AÑO 2008	4
FIGURA 3. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA Y LA TARDE EN EL 2008.....	4
FIGURA 4. CONCENTRACIONES DE PM10 PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.	4
FIGURA 5. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL AÑO 2008.....	6
FIGURA 6. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM10 DURANTE EL AÑO 2008.	7
FIGURA 7. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR ESTACIÓN.	8
FIGURA 8. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR MES.	9
FIGURA 9. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PM10 POR MES.	9
FIGURA 10. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES EN EL 2008	10
FIGURA 11. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM10 POR ESTACIÓN DURANTE EL 2008.....	11
FIGURA 12. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM10 EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE SUPERAN LA NORMA ANUAL.....	12
FIGURA 13. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PROMEDIO ANUAL DE PM10 EN LAS ESTACIONES QUE COMÚNMENTE NO SUPERAN LA NORMA ANUAL.....	12
FIGURA 14. CONCENTRACIONES DE PM2.5 PARA 24 HORAS DURANTE EL 2008.	13
FIGURA 15. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM2.5	14
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.	15
FIGURA 17. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR ESTACIÓN.....	16
FIGURA 18. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS DIARIOS DE CONCENTRACIONES DE PST POR MES DEL AÑO.	16
FIGURA 19. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL A LO LARGO DEL AÑO EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES QUE MONITOREARON PST.	17
FIGURA 20. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PST POR ESTACIÓN DURANTE EL 2008.	18
FIGURA 21. CONCENTRACIONES DE PST DE TODA LA RMCAB PROMEDIOS DIARIOS	18
FIGURA 22. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.	20
FIGURA 23. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.	21
FIGURA 24. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR ESTACIÓN.....	22
FIGURA 25. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR MES DEL AÑO	22
FIGURA 26. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE SO ₂ DE LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	23
FIGURA 27. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.....	24
FIGURA 28. TENDENCIA HISTÓRICA DEL SO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	25
FIGURA 29. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.....	26
FIGURA 30. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO ₂ PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.....	27
FIGURA 31. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.....	28
FIGURA 32. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO	28
FIGURA 33. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE NO ₂ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	29
FIGURA 34. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO ₂ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.....	29
FIGURA 35. TENDENCIA HISTÓRICA DE NO ₂ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.....	30
FIGURA 36. CONCENTRACIONES MÁXIMAS HORARIAS DE CO DURANTE EL AÑO 2008.....	31
FIGURA 37. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.	32
FIGURA 38. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR ESTACIÓN.	33
FIGURA 39. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO	33
FIGURA 40. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE CO EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA.	34
FIGURA 41. TENDENCIA HISTÓRICA DE CO EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.....	35
FIGURA 42. CONCENTRACIÓN MÁXIMA HORARIA DE O ₃ POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008.....	36
FIGURA 43. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE O ₃ PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2008	37
FIGURA 44. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR ESTACIÓN	38
FIGURA 45. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR MES DEL AÑO	38

FIGURA 46. TENDENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DIARIAS DE O ₃ EN LA RMCAB POR DÍA DE LA SEMANA	39
FIGURA 47. TENDENCIA HISTÓRICA DE O ₃ EN TODA LA RMCAB A TRAVÉS DE PROMEDIOS DIARIOS.	39
FIGURA 48. PROMEDIOS DE LA RMCAB PARA LOS AÑOS 1998 AL 2008.....	53
FIGURA 49. PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL REGISTRADOS POR LA RMCAB ENTRE LOS AÑOS 1999 AL 2008.....	54
FIGURA 50. PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL POR ESTACIÓN ENTRE LOS AÑOS 1999 AL 2008	54
FIGURA 51. COMPORTAMIENTO MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN	59
FIGURA 52. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – PRIMER SEMESTRE DE 2008	59
FIGURA 53. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL POR ESTACIÓN – SEGUNDO SEMESTRE DE 2008	60
FIGURA 54. MAPA DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2008.	61
FIGURA 55. COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO POR ESTACIÓN, SEGÚN LA MEDIA HORARIA	62
FIGURA 56. VIENTOS EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2008 ENTRE LAS 6:00 Y LAS 11:00.....	64
FIGURA 57. VIENTOS EN BOGOTÁ DURANTE EL AÑO 2008 ENTRE LAS 12:00 Y LAS 18:00.....	65
FIGURA 58. PROMEDIOS HORARIOS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL	67
FIGURA 59. TEMPERATURA MEDIA REGISTRADA EN LA RMCAB VS. TEMPERATURA MEDIA MULTIANUAL IDEAM Y RMCAB	68
FIGURA 60. DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA A 20 METROS CON RESPECTO A LA TEMPERATURA A 2 M DE ALTURA.....	69
FIGURA 61. RADIACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO 2008.....	71
FIGURA 62. PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACIÓN SOLAR PARA EL AÑO 2008.....	72
FIGURA 63. MÁXIMOS Y PROMEDIOS DE RADIACIÓN SOLAR POR HORA PARA EL AÑO DE 2008.	73
FIGURA 64. PRESIÓN BAROMÉTRICA PARA EL AÑO 2008.	74
FIGURA 65. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA EL 2008	75
FIGURA 66. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA.	76
FIGURA 67. COMPORTAMIENTO DIARIO DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA EL AÑO 2008.	77
FIGURA 68. ROSAS DE CONTAMINACIÓN PM ₁₀ , ESTACIONES BOSQUE, CAZUCÁ, CORPAS, ESCUELA E IDRD.	78
FIGURA 69. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM ₁₀ PARA LA ESTACIÓN KENNEDY Y MAVDT.....	79
FIGURA 70. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST PARA LAS ESTACIONES CAZUCÁ Y SONY.	79
FIGURA 71. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES CARREFOUR, CAZUCA, FONTIBÓN, IDRD, KENNEDY Y PUENTE ARANDA.....	80
FIGURA 72. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE SO ₂ PARA LAS ESTACIONES CORPAS, SONY Y TUNAL.....	81
FIGURA 73. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂ PARA LAS ESTACIONES ESCUELA Y CARREFOUR.	81
FIGURA 74. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE NO ₂ PARA LAS ESTACIONES FONTIBON, IDRD, PUENTE ARANDA, SONY Y TUNAL.	82
FIGURA 75. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE CO PARA ESTACIONES CARREFOUR, FONTIBÓN, IDRD, Y PUENTE ARANDA.	83
FIGURA 76. ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ PARA LAS ESTACIONES ESCUELA, CORPAS, CARREFOUR, FONTIBÓN, IDRD, PUENTE ARANDA.....	84
FIGURA 77. ROSA DE CONTAMINACIÓN DE O ₃ PARA LA ESTACIÓN SONY.	85
FIGURA 78 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ	B
FIGURA 79 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 13 PUENTE ARANDA Y No. 5 IDRD.....	F
FIGURA 80 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 8 ESCUELA Y No. 1 BOSQUE.....	F
FIGURA 81 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 7 CAZUCÁ Y No. 4 TUNAL	F
FIGURA 82 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 15 USME Y No. 16 VITELMA.....	G
FIGURA 83 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 6 CARREFOUR Y No. 11 CORPAS	G
FIGURA 84 ROSA DE VIENTOS PARA LAS ESTACIONES No. 14 FONTIBÓN Y No. 3 SONY	G
FIGURA 85 ROSA DE VIENTOS PARA LA ESTACIÓN No. 9 KENNEDY.....	H

RESÚMEN

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 definidos por la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). La RMCAB cuenta con 15 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM10, PM2.5, PST), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y los parámetros meteorológicos de precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM10, las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O₃) pues algunas de 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 (PM2.5), que se mide en la estación de Kennedy y para el cual no existe norma pero se sugiere como valores límites los reportados por la EPA. Los demás contaminantes (CO, NO₂ y SO₂) están presentes en concentraciones bajas y no representan riesgo para la salud de la población.

El comportamiento del PM10 estuvo influenciado positivamente por el mejoramiento en la calidad del diesel distribuido en el Distrito durante el segundo semestre del año. Éste contaminante se monitoreo en 12 estaciones. La estación No. 9 Kennedy (sector suroccidental) registró datos de concentración por encima de la norma 24 horas, establecida en 150 µg/m³. En cuanto al promedio anual de la concentración de PM10, éste superó la norma en varias estaciones, ubicadas principalmente en las localidades del sur y occidente de la ciudad, como se aprecia en la Figura 1.

Por otro lado, el PST contó con dos analizadores ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá (Sector Suroccidente) y No. 3 Sony (Sector Sur); la Resolución 601 de 2006 define como valor límite 100 µg/m³ para promedios anuales, norma que es superada en las dos estaciones. Para los promedios de 24 horas, sólo el 2% del total de registros obtenidos excedió la norma. Para el contaminante PM2.5, se superó el valor límite anual de referencia de la EPA (15 µg/m³).

En cuanto a los gases contaminantes, se resalta que el SO₂ nunca excedió los límites permisibles ni para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales. Las estaciones No. 7 Cazucá y No. 3 Sony, que pertenecen a los sectores suroccidental y sur respectivamente, exhiben los mayores promedios. El monitoreo del NO₂ permitió establecer el comportamiento de éste contaminante en la ciudad, encontrándose 8 datos de promedios horarios por encima de la norma, con un promedio máximo de 129 ppb frente a 106 ppb de la norma. Los promedios de 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad.

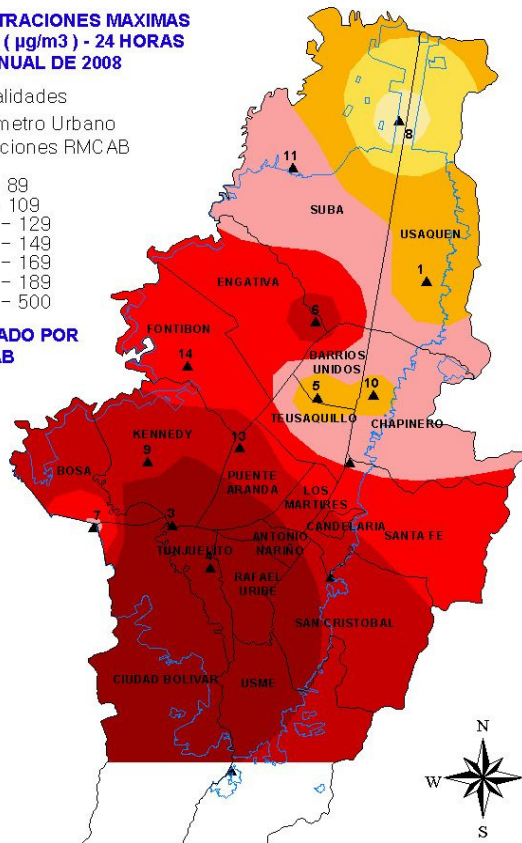
Los registros de concentraciones de CO permiten establecer que éste contaminante se encuentra en bajas concentraciones en la ciudad, pues los datos no superan los valores de la norma horaria ni de 8 horas. Finalmente, el reporte de concentraciones de O₃, presenta concentraciones que superan los límites máximos establecidos en la norma, tanto para el promedio horario como el promedio de 8 horas, en casi todas las estaciones que monitorearon este contaminante.

**CONCENTRACIONES MAXIMAS
DE PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 HORAS
ANUAL DE 2008**

Localidades
Perimetro Urbano
Estaciones RMCAB

69 - 89
89 - 109
109 - 129
129 - 149
149 - 169
169 - 189
189 - 500

ELABORADO POR
LA RMCAB



**CONCENTRACIONES MEDIAS
DE PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ANUAL DE 2008**

Localidades
Perimetro Urbano
Estaciones RMCAB

30 - 50
50 - 70
70 - 90
90 - 110

ELABORADO POR
LA RMCAB

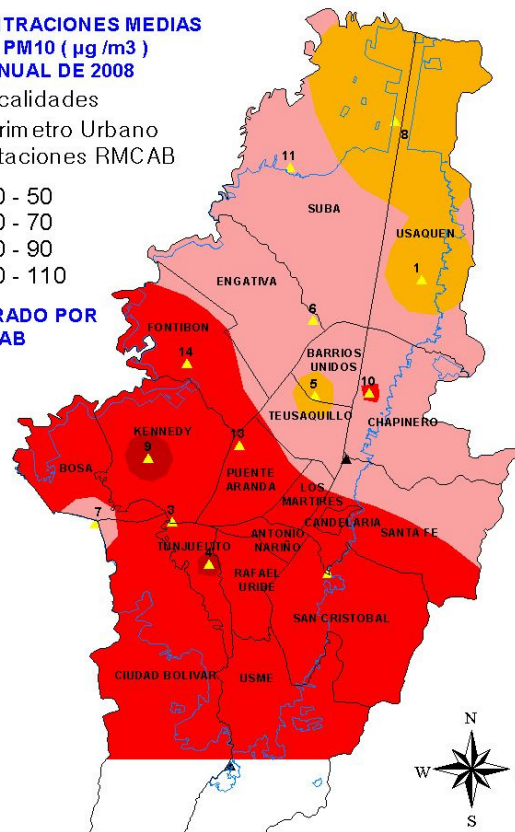


Figura 1. Distribución de la concentración de PM10 durante el año 2008.

Considerando el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2008, la RMCAB monitoreó algunos parámetros meteorológicos como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar, presión barométrica y humedad relativa. Para el año 2008 la precipitación en la ciudad se registró en catorce (14) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros. Las precipitaciones de este año fueron mayores al año anterior, resaltando los meses marzo y mayo con las mayores precipitaciones y enero y abril con las menores. En la figura 2 se muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada para el año 2008, en el cual se observa que las intensidades de las lluvias son mayores hacia los cerros orientales, disminuyendo hacia el centro y occidente de la ciudad. En la figura 3 se presentan los vientos resultantes para los periodos comprendidos entre las 6 y las 11 horas y entre las 12 y las 18 horas. Las horas restantes registran vientos de calma por lo cual no se grafican. El comportamiento de los vientos se caracterizó por ser de calmas en las mañanas y entre suaves y leves en las tardes.

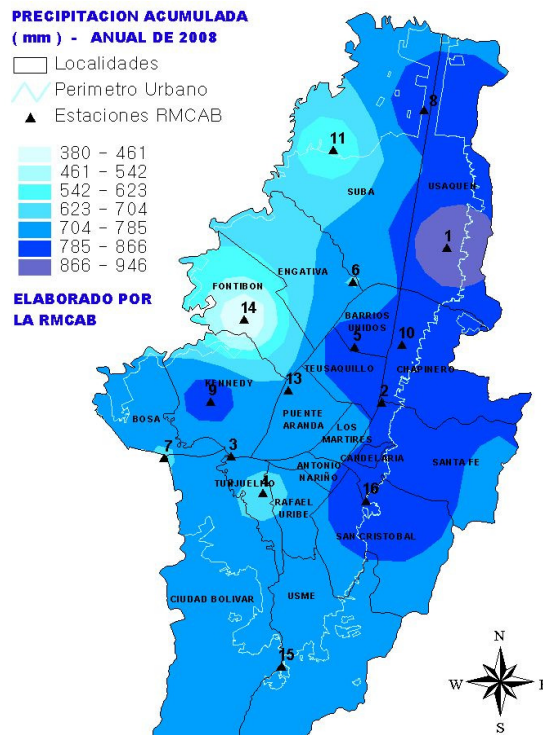


Figura 2. Distribución de las lluvias en la ciudad durante el año 2008

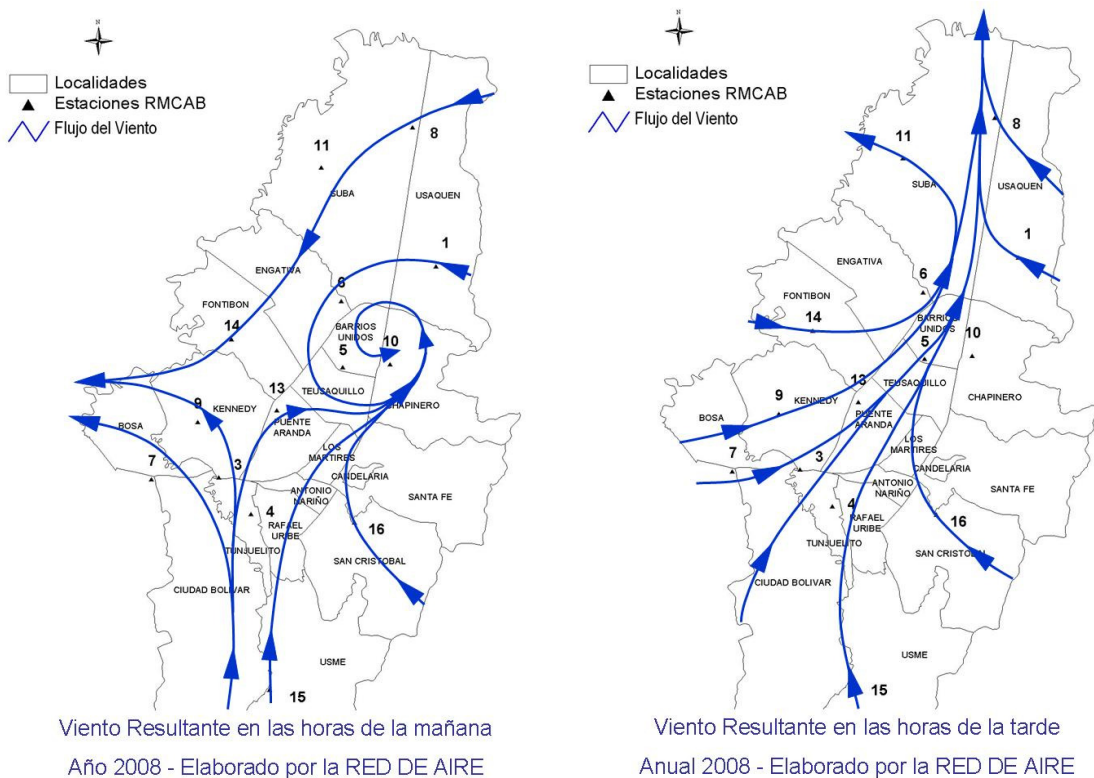


Figura 3. Flujo de vientos promedio durante la mañana y la tarde en el 2008.

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 comportamiento 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 establecidos por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

La RMCAB comenzó un proceso de modernización durante el año 2008, que involucró el cambio de software de manejo de datos, el reemplazo de los equipos que tenían más de 10 años de funcionamiento, la instalación de nuevos equipos para ampliar el monitoreo de los contaminantes en los diferentes sitios de la ciudad, y la adquisición de una unidad móvil que comenzó a operar en el mes de noviembre en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud, cuyos datos no se reportarán en el presente informe, pues no son representativos para el año. Por lo anterior, en el 2008 la RMCAB sumó 15 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM10, PST, PM2.5), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

El presente informe contiene en el primer capítulo el análisis de cada uno de los contaminantes durante el año en cuestión y la tendencia de estos en los últimos años. En el segundo capítulo se presenta información meteorológica que contempla la precipitación, la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la radiación solar, la humedad relativa y la presión barométrica, lo que permite establecer las condiciones meteorológicas que influyeron en la dispersión de los contaminantes. El tercer capítulo, titulado contaminantes y su relación con vientos, presenta las rosas de contaminación para el material particulado y los gases monitoreados, permitiendo visualizar la movilidad de los mismos en la atmósfera.

El glosario con la terminología utilizada se ubica después del capítulo tres y posteriormente se encuentran los anexos que incluyen información sobre las características de la configuración de la RMCAB y la localización geográfica de las estaciones de monitoreo, así como las características de las zonas 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, las rosas de vientos y las escalas utilizadas para estudiar los diferentes parámetros meteorológicos.

1. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en dos secciones, la primera contiene el análisis del material particulado que incluye el PM10, el PST y el PM2.5, y la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃. La RMCAB durante el año 2008 contó con 13 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorearon las concentraciones de material particulado y de gases contaminantes, permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las quince estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

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

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes						
			PM10	PST	PM2.5	SO2	NO2	CO	O3
No. 1 Bosque	Usaquén	Norte	X						X
No. 2 MAVDT	Santa Fe	Centro				X	X		X
No. 3 Sony	Kennedy	Sur	X	X		X	X	X	X
No. 4 Tunal	Tunjuelito	Sur	X			X	X		X
No. 5 I.D.R.D.	Barrios Unidos	Centro	X			X	X	X	X
No. 6 Carrefour	Engativá	Noroccidente	X			X	X	X	X
No. 7 Cazucá	Ciudad Bolívar	Suroccidente	X	X		X		X	X
No. 8 Escuela	Suba	Norte	X				X		X
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X	X	X	
No. 10 Santo Tomás	Chapinero	Centro	X						X
No. 11 Corpas	Suba	Noroccidente	X			X			X
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Centroccidente	X			X	X	X	X
No. 14 Fontibón	Fontibón	Noroccidente	X			X	X	X	X

1.1 MATERIAL PARTICULADO

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

Una de las características físicas más importantes de este material es su diámetro de partícula por el riesgo que representa para la salud humana, puesto que parte de él puede ingresar al tracto respiratorio inferior y producir daños en los tejidos y órganos que lo conforman o servir como vehículo para bacterias y virus. Son de mayor interés las partículas **PM10** y **PM2.5**. Las primeras son aquellas cuyo tamaño es menor o igual a 10 micras y que en su mayoría son de pH básico. Las PM2.5 tienen tamaño menor o igual a 2.5 micras, agrupan partículas generalmente ácidas, derivadas de las emisiones vehiculares e industriales, 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**), entre las que se cuenta el PM10 y el PM2.5.

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, establece los niveles máximos permisibles para PST y PM10. Estos son de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ concentración anual y de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el período de 24 horas en el caso de PST y de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración anual y 24 horas respectivamente para PM10. Para el caso de PM2.5 no se han establecido límites en la normatividad, por lo que se pueden tomar los valores establecidos por la EPA de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas.

1.1.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con doce (12) estaciones para medir la concentración de PM10, como se observa en la Tabla 1. Durante el año 2008 se cambiaron ocho equipos de PM10 marca Dasibi por marca Met One, en el marco del proceso de modernización de la RMCAB; éstos equipos reemplazaron los existentes en las estaciones No. 3 Sony, No. 4 Tunal, No. 5 IDR, No. 6 Carrefour, No. 8 Escuela, No. 9 Kennedy, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón.

De éstas estaciones, cinco presentaron un cambio sustancial en sus series ocasionado por la nueva tecnología, por lo cual las series de las estaciones No. 3 Sony, No. 4 Tunal, No. 6 Carrefour, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón se encuentran en revisión y no serán reportadas en el presente informe.

Por otro lado, durante el año 2008 las concentraciones de éste contaminante tendieron a reducirse, hecho atribuido principalmente al mejoramiento de la calidad del diesel que se distribuye en la ciudad, pues cambió de más de 1000 ppm de azufre a menos de 500 ppm a partir de julio de 2008, en cumplimiento del compromiso adquirido por ECOPETROL dentro del “Pacto por una Mejor Calidad del Aire de Bogotá”, firmado por el Alcalde Mayor de Bogotá, el Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Presidente de ECOPETROL, el 7 de febrero del mismo año. Sin embargo, durante el mes de diciembre se detectó un aumento en la concentración del PM10, hecho atribuido

principalmente al corte en el suministro del combustible gas natural desde el día 15 hasta el 28, lo que obligó a vehículos e industrias a usar otro combustible; además, se dio inicio a diferentes obras civiles en toda la ciudad.

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM₁₀ durante el año 2008 pudo establecerse mediante la recolección de datos de medias móviles de 24 horas, en siete estaciones que reportaron una representatividad temporal¹ de 80%. Esta representatividad se vio afectada inicialmente por el cambio de los monitores de material particulado, lo que implicó un proceso de puesta a punto de los equipos en algunas estaciones. Además, se presentaron fallas en el suministro de energía por lo que fue necesario contratar el mantenimiento y cambio de baterías de las UPS que regulan la energía en cada una de las estaciones.

Del total de datos registrados, tan solo el 0.3% superó el valor de la norma establecido en 150 µg/m³, porcentaje equivalente a 242 datos registrados en la estación No. 9 Kennedy. En la Figura 4 se presentan las concentraciones medias, máximas y la cantidad de datos que superaron la norma.

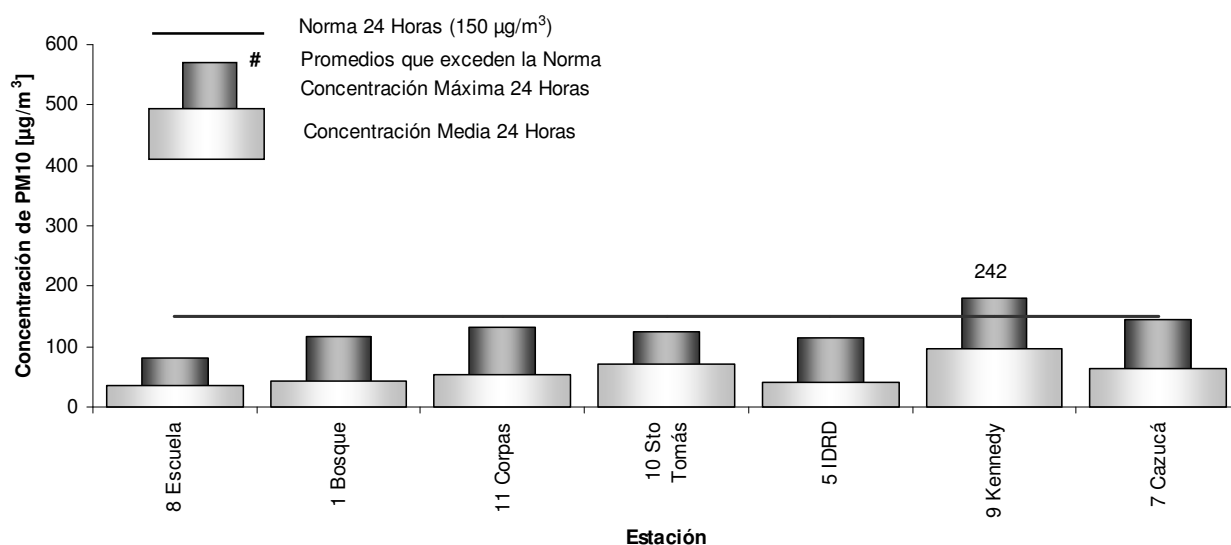


Figura 4. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el año 2008.

Considerando la información presentada en la Tabla 2 de máximas concentraciones para promedios 24 horas registradas en cada una de las estaciones de la RMCAB durante el año 2008, es preciso resaltar que durante los meses de marzo y diciembre se registraron la mayoría de las máximas concentraciones de PM₁₀, y que éstos mismos meses fueron los que reportaron las mayores concentraciones mensuales durante el año 2008.

¹ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo.

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

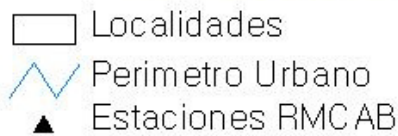
Número y nombre de la estación	Promedio máximo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fecha de ocurrencia del máximo promedio 24 h
8 Escuela	81	Jueves, Diciembre 11 17:00
1 Bosque	117	Viernes, Diciembre 12 06:00
11 Corpas	133	Jueves, Septiembre 18 07:00
10 Santo Tomás	125	Sábado, Marzo 01 10:00
5 IDRD	114	Jueves, Diciembre 11 16:00
9 Kennedy	180	Sábado, Abril 05 23:00
7 Cazucá	146	Sábado, Marzo 29 04:00

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la Figura 5, dónde se muestra un mapa resultado de la interpolación de los valores máximos de promedios 24 horas presentados en el año 2008 en cada estación. Cabe aclarar que éstos valores interpolados no se dieron en la misma fecha, pero su interpolación permite predecir cómo estaría la ciudad si las peores condiciones en cada estación se presentaran en un mismo día. Adicionalmente se debe tener presente que las estaciones No.15 Usme y No.16 Vitelma no tienen muestreadores de partículas y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones.

A partir de las medias móviles de 24 horas calculadas durante el año, en cada estación, se pudo construir el mapa presentado en la Figura 5, donde se observa que las localidades que estuvieron más afectadas por la presencia de material particulado fueron las del suroccidente de la ciudad, principalmente Kennedy, Tunjuelito, Rafael Uribe, Antonio Nariño y Ciudad Bolívar. Además, más de la mitad del territorio del Distrito Capital fue afectado por concentraciones de PM10 que excedieron la norma, pues superaron los $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

**CONCENTRACIONES MAXIMAS
 DE PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24 HORAS
 ANUAL DE 2008**



69 – 89
 89 – 109
 109 – 129
 129 – 149
 149 – 169
 169 – 189
 189 – 500

**ELABORADO POR
 LA RMCAB**

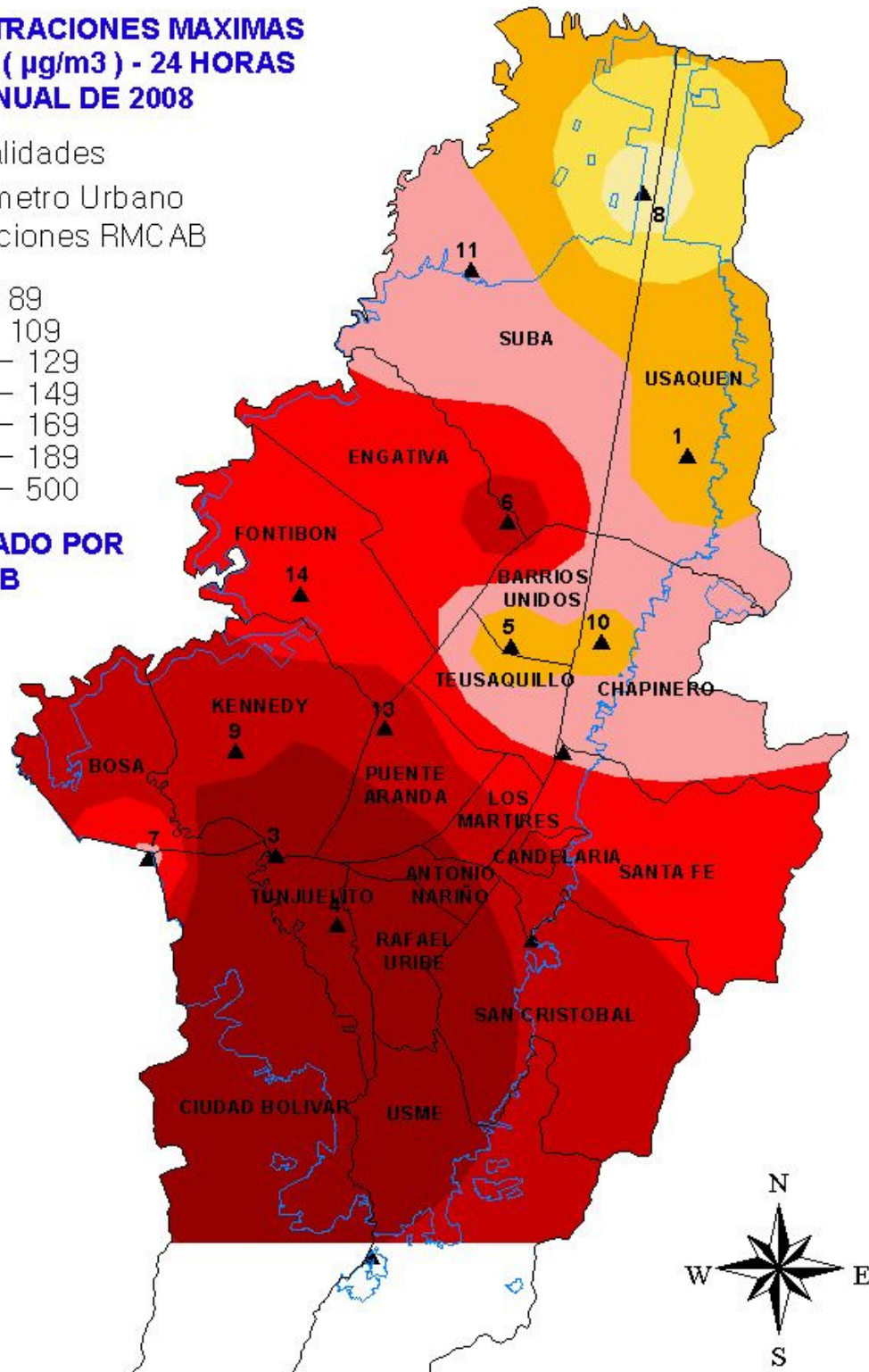
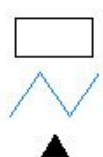


Figura 5. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM10 durante el año 2008.

CONCENTRACIONES MEDIAS DE PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ANUAL DE 2008


 Localidades
 Perimetro Urbano
 Estaciones RMCAB


 30 - 50
 50 - 70
 70 - 90
 90 - 110

**ELABORADO POR
 LA RMCAB**

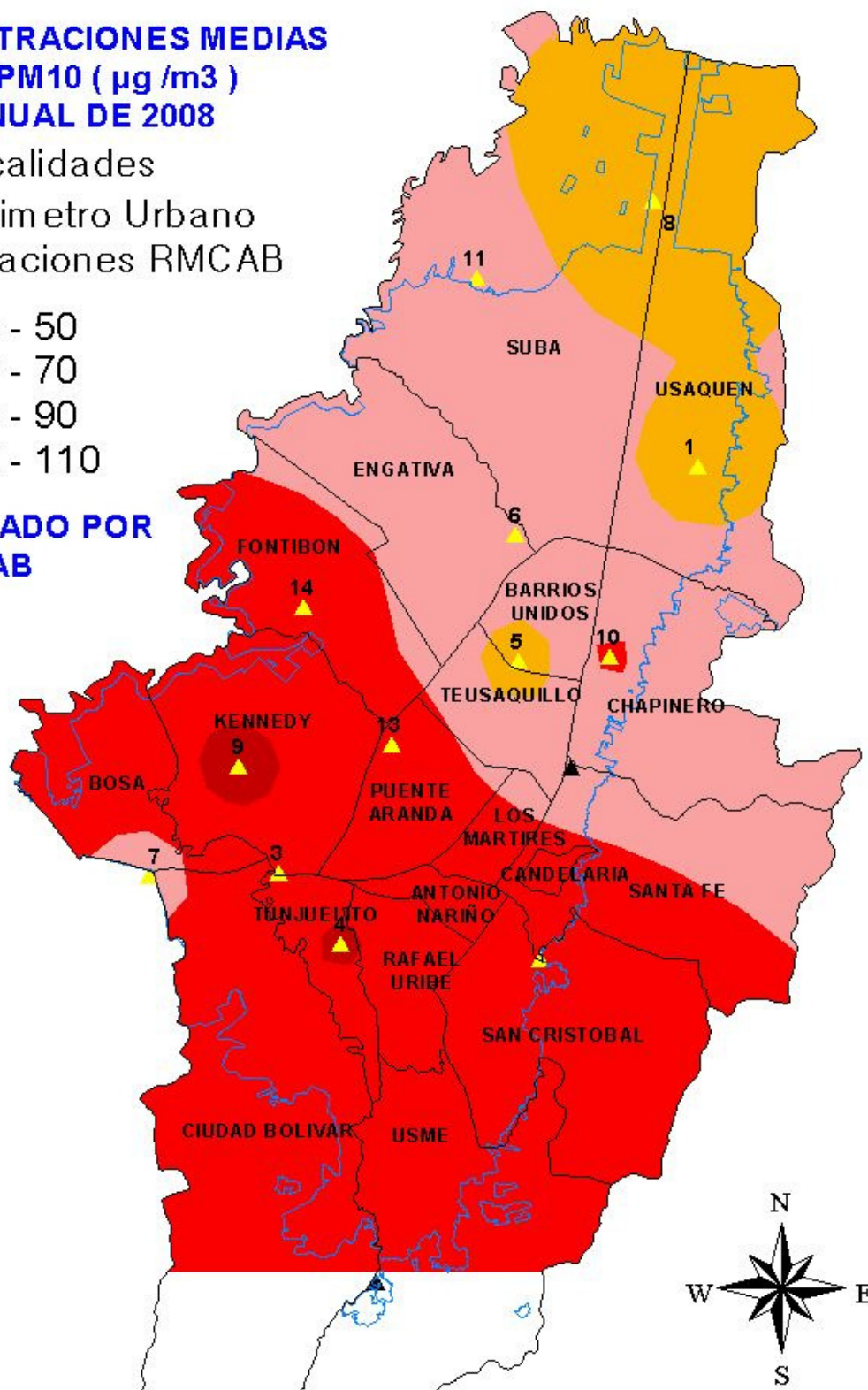


Figura 6. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el año 2008.

Por otro lado, se puede visualizar la tendencia de la concentración de PM10 utilizando diagramas de caja, definidos como un gráfico de resumen basado en la mediana, los cuartiles y los valores extremos. La caja representa la amplitud intercuartil que contiene el 50% de los valores centrales; los "bigotes" son las líneas que se extienden desde la caja hasta los valores más altos y más bajos, excluyendo los valores atípicos y la línea que atraviesa la caja identifica la mediana. En las figuras 5, 6 y 7 se utiliza esta herramienta para resumir el comportamiento de los promedios diarios de PM10 del 2008 comparados con los promedios diarios multianuales por estación, por mes del año y por día de la semana.

Analizando la tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por estación, se encuentra que las estaciones No. 1 Bosque y No. 9 Kennedy presentan una mayor dispersión para el año 2008 en comparación con los datos multianuales. Las demás estaciones presentan una menor dispersión destacándose la No. 10 Santo Tomás, pues si bien hubo una menor variabilidad de los datos, la serie se desplazó hacia valores más altos de concentración. Lo contrario se observa en la estación No. 8 Escuela, en la cual el 75% de los datos se mantiene por debajo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

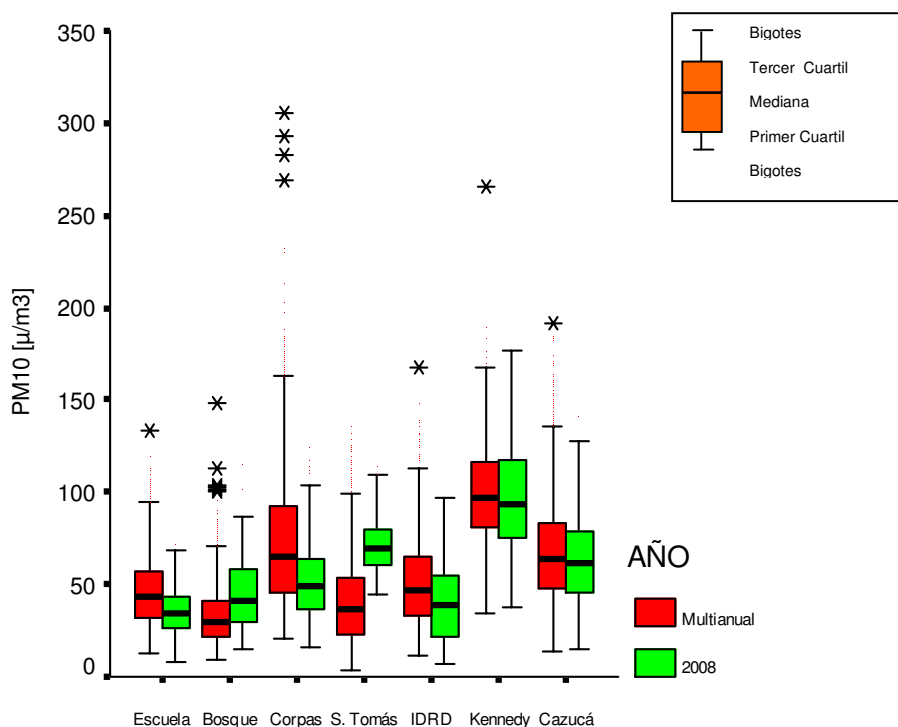


Figura 7. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por estación.

De acuerdo con la Figura 8, los meses de abril y octubre del año 2008 registran una amplitud intercuartilica mayor a la multianual. Por otro lado, los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre reportaron una dispersión menor en comparación con la multianual. En general, la tendencia de la dispersión mes a mes se mantiene en la gráfica multianual y en la del año 2008; los menores valores de concentración se registran a mitad de año y los mayores en los extremos. En cuanto a la Figura 9, el día de la semana en que se presenta una mayor variabilidad de los datos es el lunes, mientras que en el que hay una menor dispersión es el jueves. El comportamiento varía en el año 2008 con relación al multianual pues los mayores valores de concentración no se reportaron el día domingo sino el lunes; los menores siguen registrándose el día viernes.

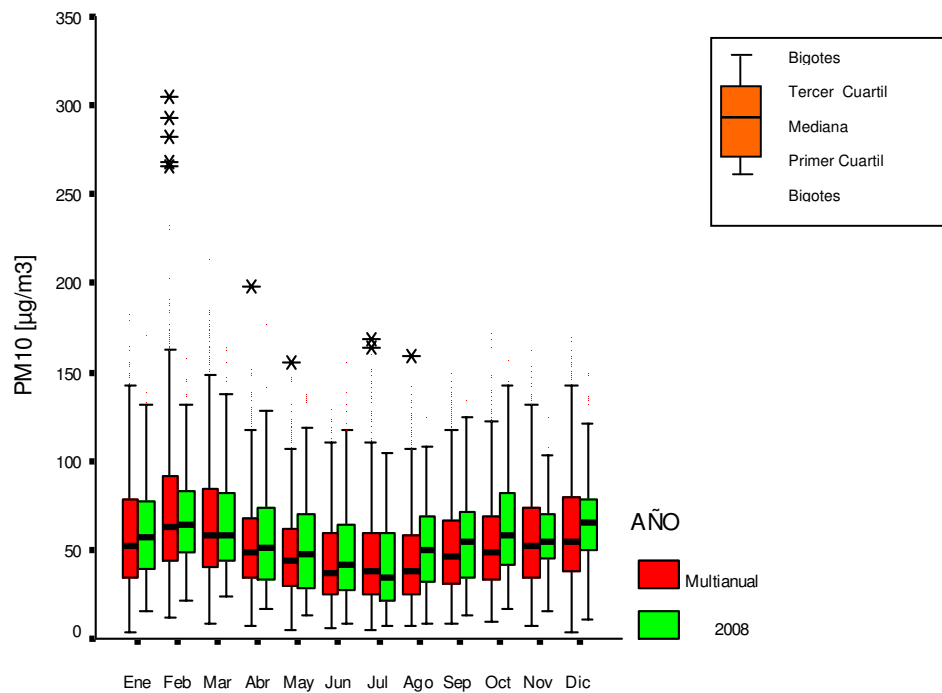


Figura 8. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por mes.

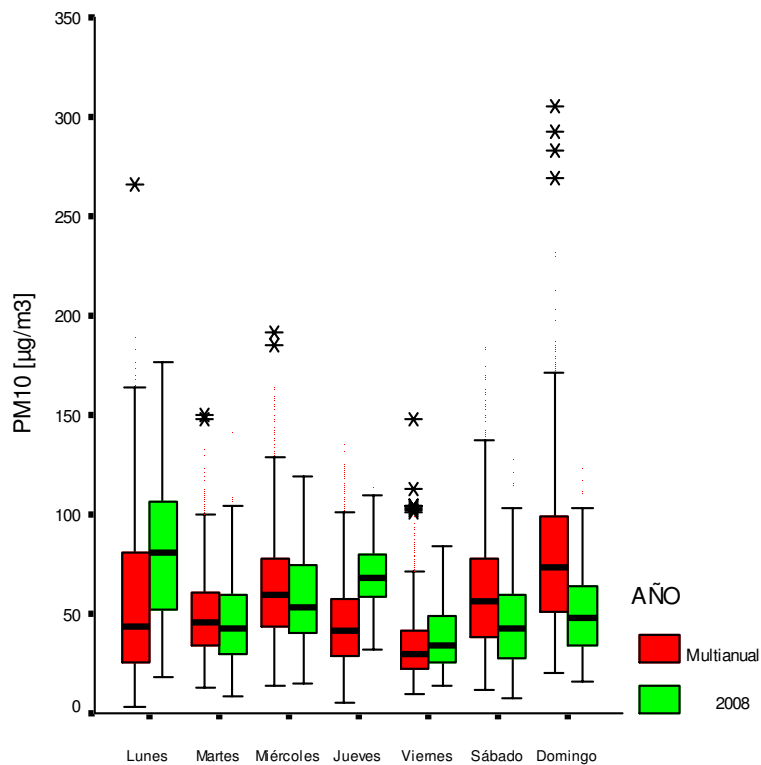


Figura 9. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PM10 por mes.

Promedios Anuales de PM10

El promedio anual se calcula con los promedios diarios de los 365 días anteriores; de esta manera es posible calcular un promedio anual para cada día del año y evaluar su comportamiento a lo largo de éste; así el promedio anual del 1 de enero de 2008 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2007 y el 1 de enero de 2008, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2008 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2008.

En la Figura 10 se presentan los promedios anuales calculados para cada mes del año 2008 en cada una de las estaciones que monitorearon este contaminante. En las estaciones No. 9 Kennedy y No. 10 Santo Tomás se superó la norma anual en todos los meses, mientras que en las demás estaciones se mantuvo por debajo del límite establecido en la normatividad, excepto en Cazucá que en el mes de enero reportó un promedio por encima de la norma.

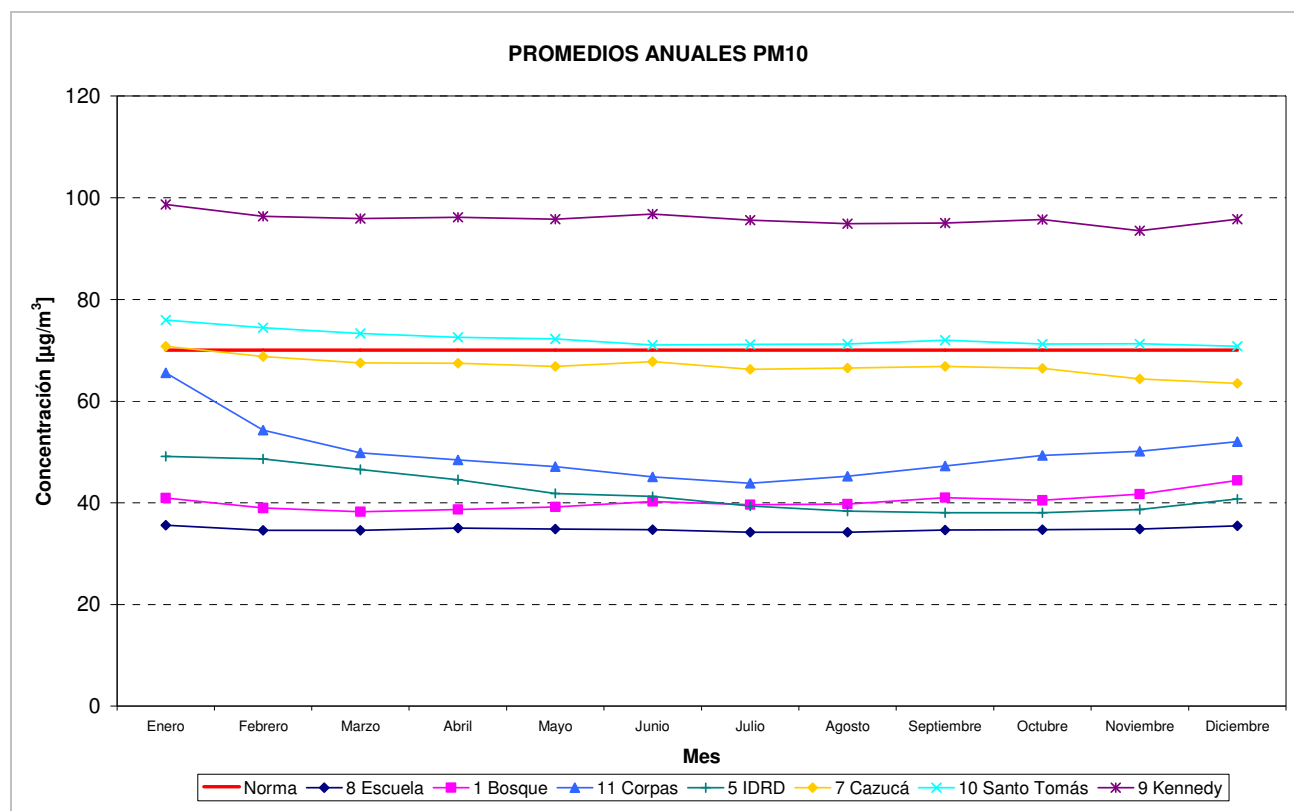


Figura 10. Concentración promedio anual de las estaciones en el 2008

Las máximas concentraciones anuales de PM10 encontradas en las estaciones de la RMCAB en el año 2008 se presentan en la Figura 11. La estación No. 9 Kennedy reportó la máxima concentración anual, seguida de las estaciones No. 7 Cazucá, No. 10 Santo Tomás y No. 11 Corpas.

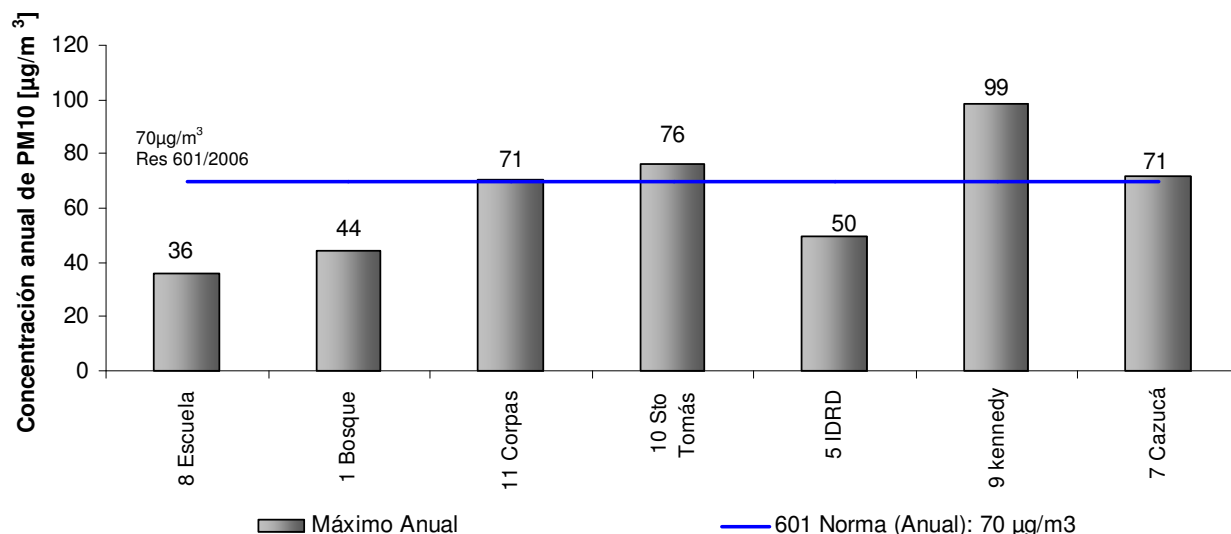


Figura 11. Máxima concentración promedio anual de PM10 por estación durante el 2008.

En la Tabla 3 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1998 y el 2008, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año, y en las Figura 12 y 11 se aprecia el comportamiento de este parámetro desde mediados del año 1998, tanto para las estaciones que frecuentemente exceden la norma anual nacional ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Res 601 2006) como para las estaciones que normalmente no exceden esta norma; se incluyen todas las estaciones, para el año 2008 se exceptúan los datos de las cinco estaciones que se encuentran en estudio; los cortes en las figuras corresponden a periodos de tiempo donde, por problemas operacionales, no se puede calcular el promedio anual por falta de representatividad; también se muestra el valor dado por la Resolución 601 de 2006 del MAVDT como norma para promedios anuales.

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

Estación	Concentración en $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
8 Escuela				43	50	54	54	55	30	35	35
1 Bosque	33	31	31	29	24				38	40	44
11 Corpas	54	40	47	81	97	91	80	90	83	71	52
6 Carrefour				78	97		85	79	60	71	*
14 Fontibón			93	91	96	97	94	101	85	87	*
10 Sto. Tomás	32	34	35	37	39	33	33	29	44	72	71
5 IDRD								58	42	50	41
13 Pte. Aranda			103	93	98	102	107	113	93	99	*
9 Kennedy									100	98	96
7 Cazucá	86	69	69	62	62	54	57	69	64	71	63
3 Sony	80	77	63	86	61	53	49	69	73	59	*
4 Tunal									107	98	*

*Los datos registrados en estas estaciones se encuentran en estudio.

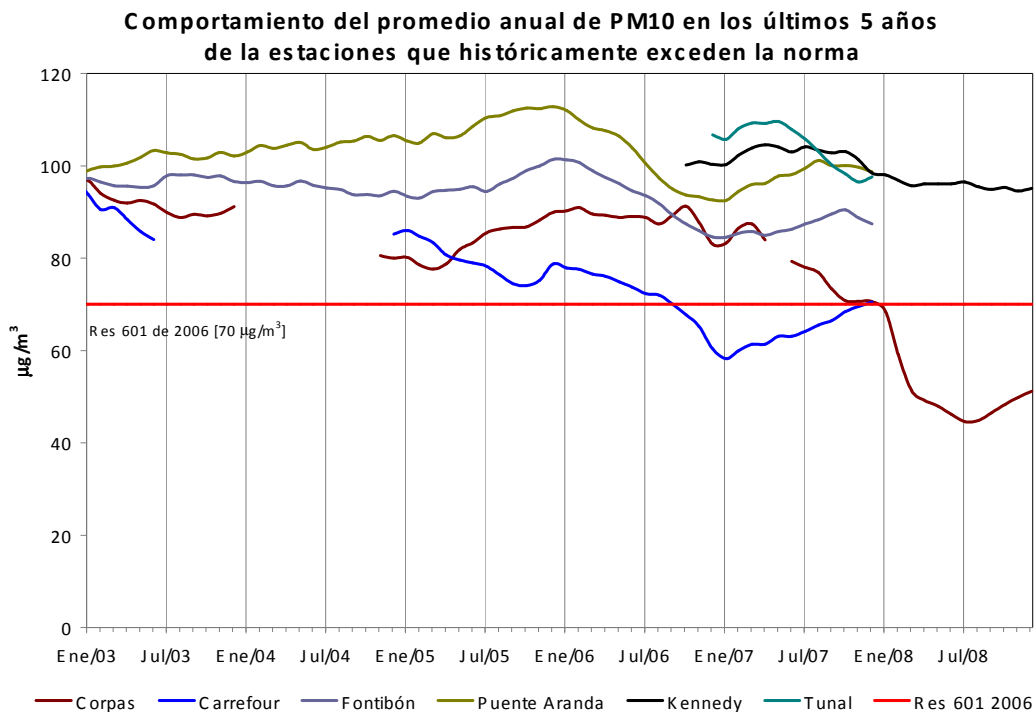


Figura 12. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente superan la norma anual.

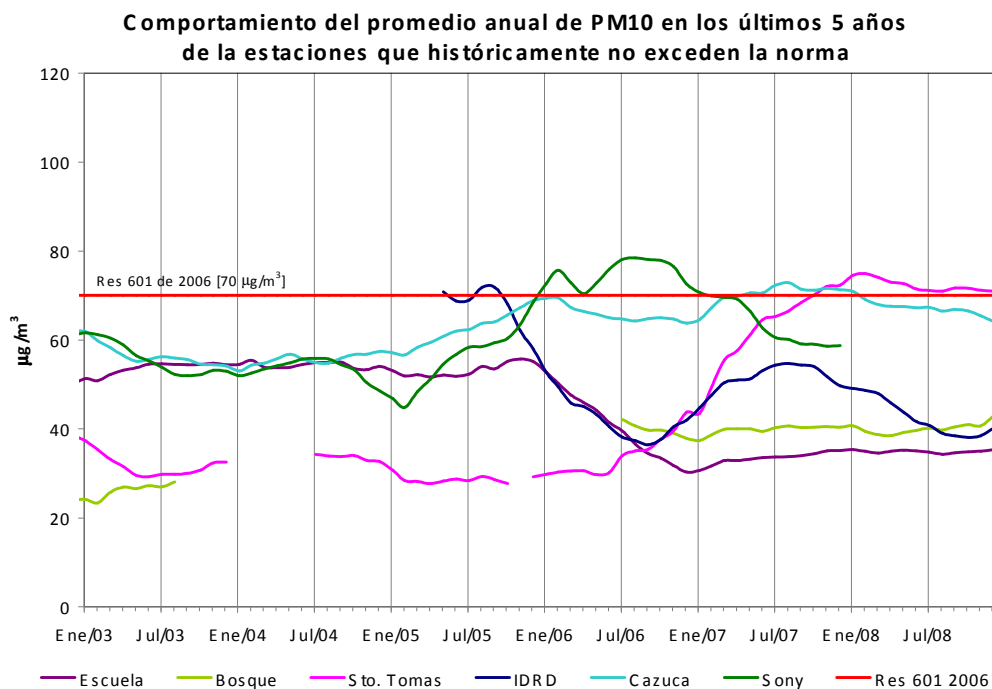


Figura 13. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en las estaciones que comúnmente no superan la norma anual.

En la Figura 12 se aprecia que la estación No. 11 Corpas reporta un descenso en la concentración desde julio de 2007 y a partir de enero de 2008 la disminución es tal que no vuelve a exceder la norma. Por su parte la estación No. 9 Kennedy ha mantenido sus promedios anuales entre 94 y 98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las otras cuatro estaciones mostradas en la figura, no reportan promedios para el año 2008 porque, como se mencionó anteriormente sus datos están en revisión.

Por su parte, en la Figura 13 se muestran las estaciones que comúnmente registran promedios anuales inferiores a la norma. Se observa que la estación No. 10 Santo Tomás ha presentado un incremento desde julio de 2006, hasta llegar a exceder la norma a partir de octubre de 2007. Las estaciones No. 1 Bosque y No. 8 Escuela han reportado muy poca variación en sus promedio anuales desde enero de 2007. Por su parte la estación No. 7 Cazucá, que durante el segundo semestre de 2007 había excedido la norma, a partir de febrero de 2008 registra promedios por debajo de la misma.

1.1.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PM2.5

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá cuenta actualmente con la estación No. 9 Kennedy para medir este contaminante. Se debe tener en cuenta que la normatividad no ha establecido límites para este contaminante pero como se cita en el Parágrafo 2 del Artículo 4o. de la Resolución 601 de 2006, se pueden tomar como valores guía los estándares de la EPA (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración diaria).

Máximos en 24 Horas

A partir de los registros de la estación que monitorea este contaminante, se obtuvieron 5335 medias móviles de 24 horas de concentración de PM2.5, que tienen un 61% de representatividad temporal. De los promedios hallados, ninguno superó el valor guía establecido por la EPA y más del 60% de éstos valores estuvieron por debajo de 32.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que corresponde al 50% del estándar. El 30% de las mediciones estuvo entre el 50% y el 75% y los datos restantes entre el 75% y el 99.9% del valor guía.

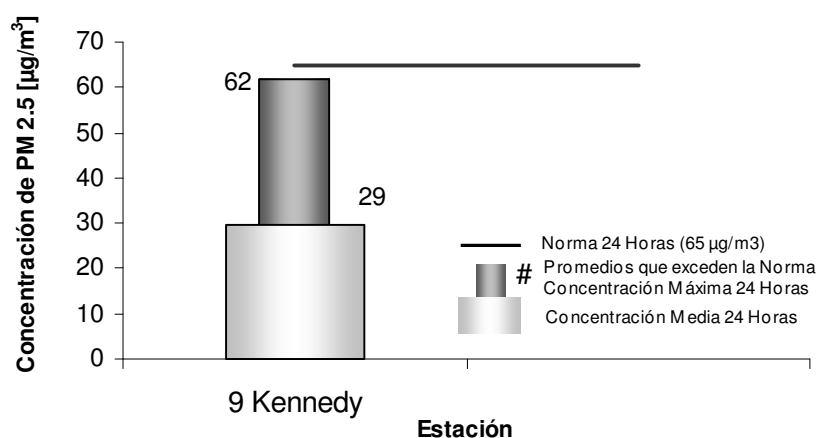


Figura 14. Concentraciones de PM2.5 para 24 horas durante el 2008.

Por otro lado, la máxima concentración para 24 horas registrada por la RMCAB durante el periodo de tiempo reportado fue de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se presentó el sábado 20 de septiembre de 2008 a las 04:00 horas. En la Figura 14 se muestra la concentración máxima para promedios 24 horas de PM2.5 y la concentración media para 24 horas que está por debajo del valor guía dado por la Resolución 601 de 2006.

Promedio Anual de PM2.5

Durante el año 2008 se calcularon 366 promedios anuales de PM2.5 con una representatividad de 72%. El promedio de estos valores fue de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el valor guía establecido ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en un 100%, como se observa en la Figura 15.

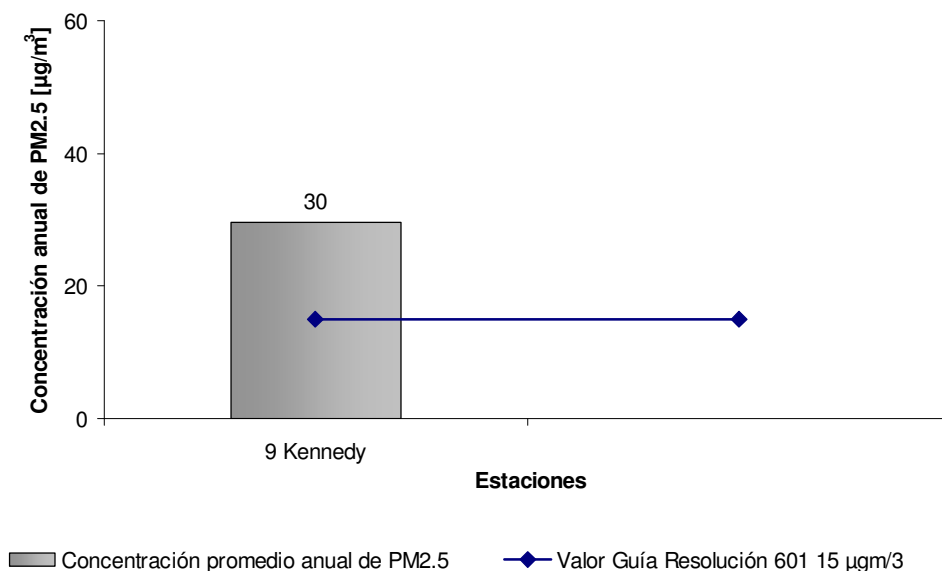


Figura 15. Concentración promedio anual de PM2.5

1.1.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PST

Para medir la concentración de partículas suspendidas totales (PST) la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá contó con dos analizadores ubicados en las estaciones No. 7 Cazucá y No. 3 Sony.

Máximos en 24 Horas

En la estación No. 7 Cazucá se recolectaron 7269 promedios de 24 horas y no se presentaron excedencias a la norma ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que para la estación No 3 Sony se reportaron 7520 promedios, de los cuales el 3.5% excedió la norma. En general, sólo el 1.8% del total de promedios de 24 horas recolectados para PST excedió la norma y el 50% de éstos estuvo por debajo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (la mitad del valor de la norma).

En la Figura 16 se resume lo expuesto anteriormente y se identifican los valores máximos del promedio 24 horas de PST registrados en ambas estaciones; para Cazucá fue de 283 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para Sony de 578 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ocurriendo el día sábado 01 de marzo a las 15:00 y el miércoles 31 de diciembre de 2008 a las 00 horas, respectivamente.

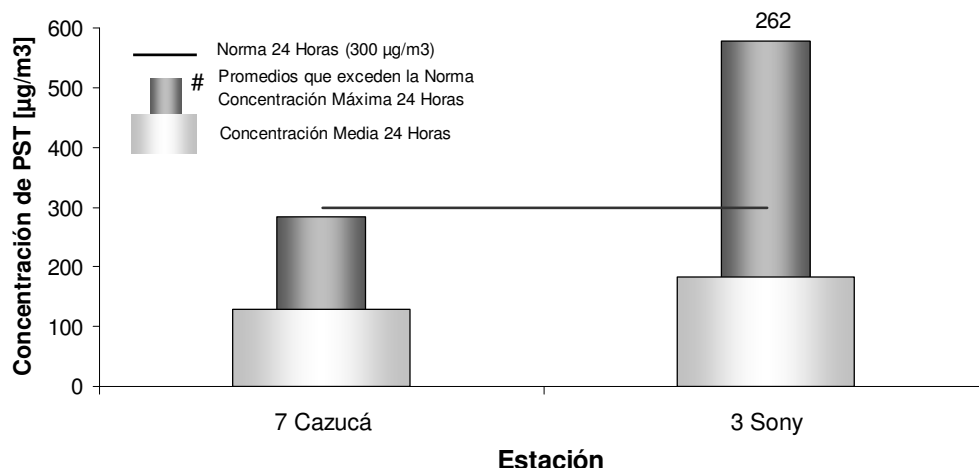


Figura 16. Concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año 2008.

En las siguientes figuras se resume el comportamiento de los promedios diarios de PST del 2008 comparados con los promedios diarios multianuales por estación y por mes del año. La dispersión de los datos de concentración de PST en la estación Cazucá (Figura 17) es menor en el año 2008 a la reportada multianual, así como también la mediana se ubica en un valor de concentración casi 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menos. Además, se aprecia un menor número de datos atípicos y los bigotes se extienden a concentraciones menores que las presentadas en el multianual. Por el contrario, para la estación Sony, la dispersión aumenta ligeramente durante el año 2008, al igual que la ubicación de la mediana; también se observa un valor extremo en cerca de 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite superior se encuentra a una mayor concentración de PST.

En la Figura 18, la tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST mes a mes muestran que para el año 2008, el comportamiento de éste contaminante varía con respecto al comportamiento multianual en alguno meses del año, resaltando los de enero y febrero pues la dispersión de los datos es menor, así como los valores de la mediana y los límites superiores. Por el contrario, a partir del mes de mayo la dispersión aumenta para el año 2008 y la posición de la mediana varía ubicándose unos meses por encima y otros por debajo de la multianual. El mes de diciembre presenta la mayor dispersión, aunque la mediana es menor a la multianual; además, se registra un dato atípico por encima de 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el límite superior se encuentra por encima del mayor multianual a más de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No se presentan datos atípicos ni extremos para ningún otro mes del año 2008.

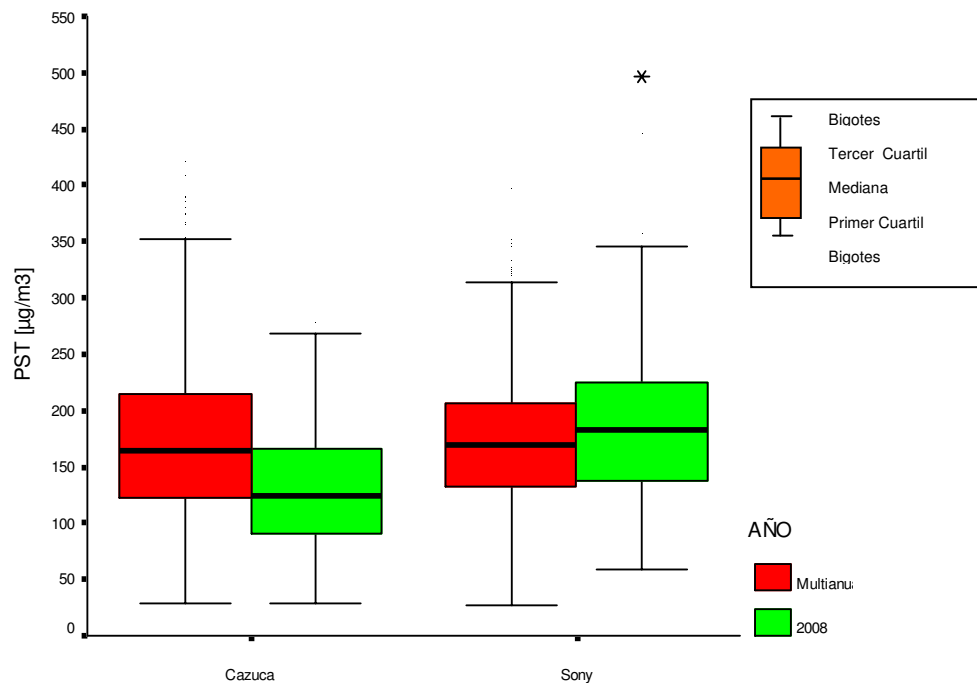


Figura 17. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por estación.

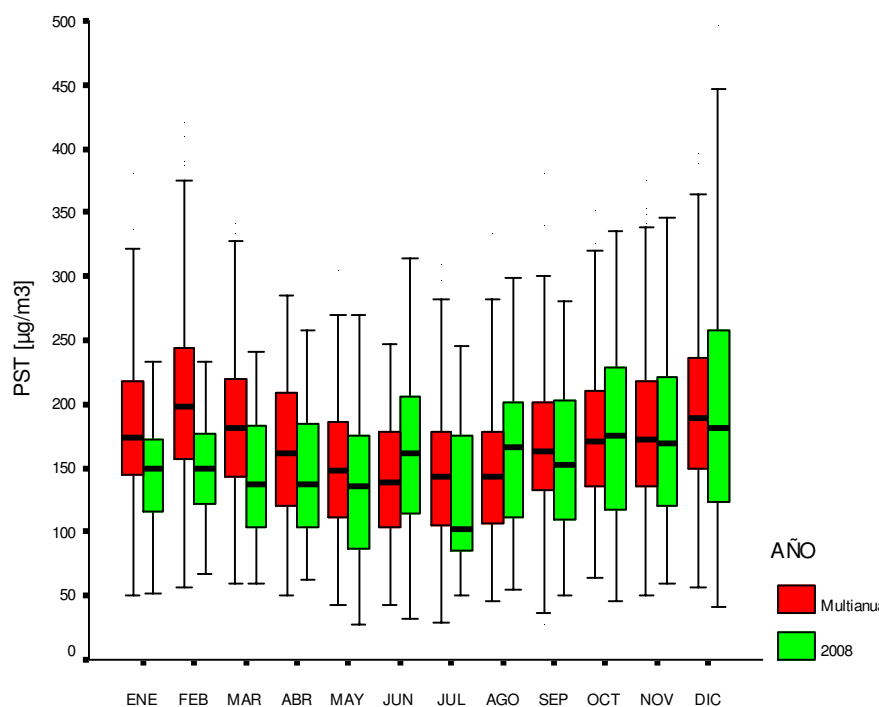


Figura 18. Tendencia de los promedios diarios de concentraciones de PST por mes del año.

Promedio Anual de PST

Se debe recordar que éste valor es el promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días. Para el análisis de los promedios anuales de PST se cuenta con la Figura 19 en la cual se aprecia el comportamiento de la concentración promedio anual mes a mes, tanto en la estación de Cazucá como en la de Sony. La estación de Cazucá presenta una disminución progresiva a lo largo del año, hasta reportar una reducción de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PST; por su parte la estación de Sony no reportó una variación significativa de la concentración de PST durante el año, encontrándose un ligero aumento en los últimos tres meses del año. Pese a lo anterior, se debe tener en cuenta que en las dos estaciones se excedió el límite máximo establecido por la Resolución 601 de 2006 de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

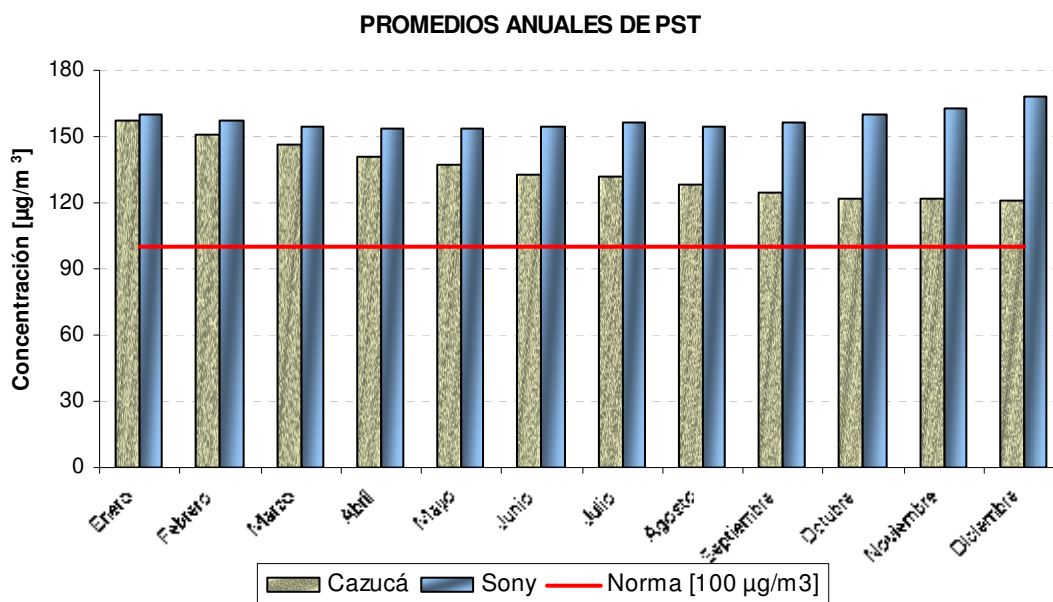


Figura 19. Comportamiento de la concentración promedio anual a lo largo del año en cada una de las estaciones que monitorearon PST.

Como resumen del comportamiento de la concentración de PST durante el año 2008 se presenta la Figura 20, en la cual se aprecia claramente el incumplimiento de la Resolución 601 de 2006; en Cazucá se excede la norma un 59% y en Sony un 73%.

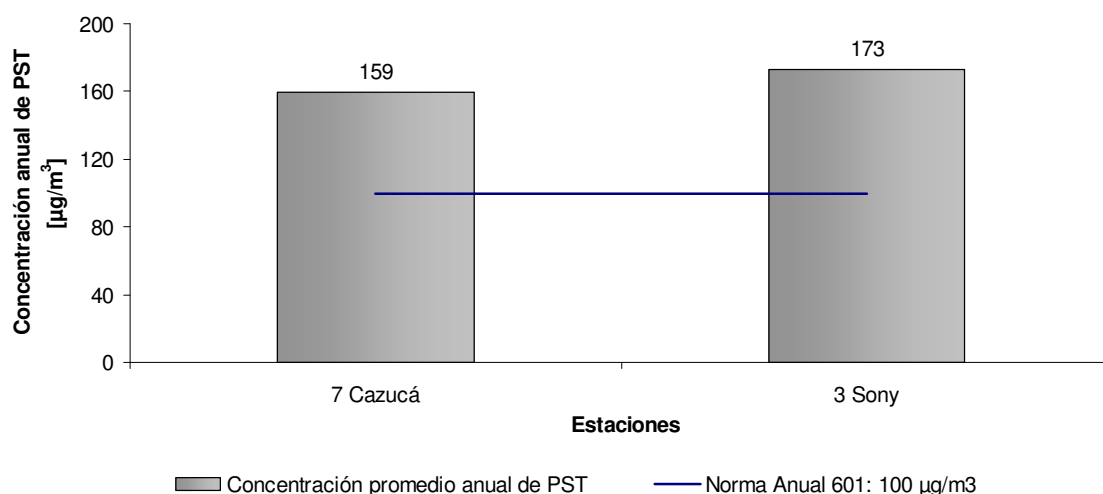


Figura 20. Máxima concentración promedio anual de PST por estación durante el 2008.

Al analizar el comportamiento de los promedios diarios de PST en todas las estaciones que monitorean este parámetro, resumido en la diagrama de cajas de la Figura 21 puede verse que en el año 2008 la dispersión de los datos aumentó ligeramente en comparación a los dos años precedentes, registrándose datos extremos; sin embargo, la mediana no sobrepasa los 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 75% de los datos se encuentran por debajo de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el año 2006 se registraron las mayores concentraciones de este contaminante, y a partir de este año han tendido a disminuir.

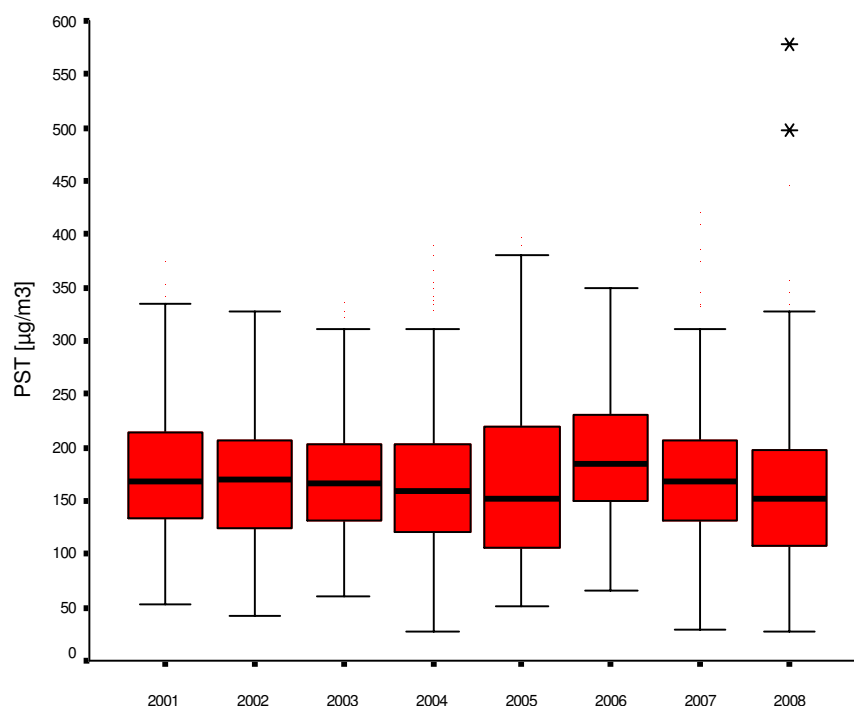


Figura 21. Concentraciones de PST de toda la RMCAB promedios diarios

1.2 GASES CONTAMINANTES

La RMCAB, además de medir el material particulado durante el año 2008, realizó el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO_2 , contaminante primario, es un gas incoloro y de olor picante e irritante en concentraciones superiores a 3 ppm. Es producto principalmente de 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_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3) 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_3 es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

1.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE SO_2

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 9 analizadores de dióxido de azufre (SO_2) y un equipo DOAS, ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. De éstos equipos, tres fueron reemplazados por equipos nuevos e instalados en el mes de mayo en las estaciones No. 6 Carrefour, No. 11 Corpas y No. 9 Kennedy, por el proceso de puesta a punto de estos equipos la representatividad de éstas estaciones es baja. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006.

Máximos en 3 horas

Durante el año 2008 se obtuvieron cincuenta y seis mil noventa y cinco (56095) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 64% de los promedios posibles en el año. En la Tabla 4 se muestran los valores máximos de SO_2 obtenidos para promedios de 3 horas

por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. Por otro lado, en la Figura 22 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible para 3 horas en la Resolución 601/06 (287 ppb) no fue excedido en ninguna oportunidad. La estación No. 13 Puente Aranda registró el valor más alto de la Red, aunque la media más alta fue reportada por la estación No. 3 Sony. Al igual que el año anterior, el sector sur es el más afectado por este contaminante, junto con la localidad de Fontibón.

Tabla 4. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 3 horas durante el año 2008.

Estación	Promedio Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 3H
11 Corpas	24	Jueves 27 Noviembre 2008 11:00
6 Carrefour	17	Martes 13 Mayo 2008 21:00
14 Fontibón	68	Domingo 27 Abril 2008 02:00
5 IDRD	41	Lunes 10 Marzo 2008 09:00
2 MAVDT	13	Lunes 10 Marzo 2008 08:00
13 Puente Aranda	213	Miércoles 02 Enero 2008 23:00
9 Kennedy	49	Sábado 21 Junio 2008 05:00
7 Cazucá	83	Sábado 29 Marzo 2008 02:00
3 Sony	58	Jueves 23 Octubre 2008 22:00
4 Tunal	63	Jueves 03 Julio 2008 19:00

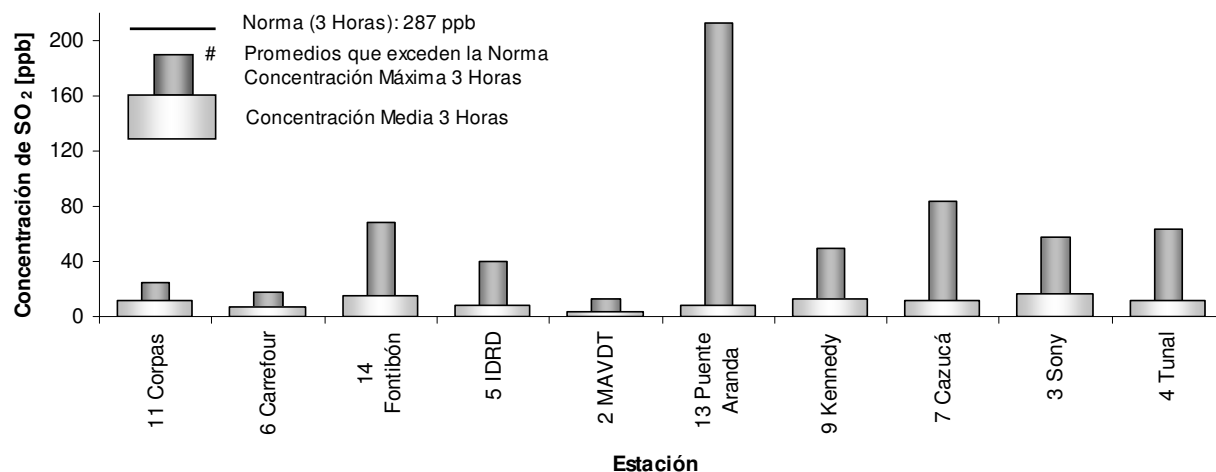


Figura 22. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el año 2008.

Máximos en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO₂, se contó con cincuenta y cinco mil novecientos ochenta y cinco (55985) promedios, cuya representatividad temporal es del 64%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la Resolución 601/2006 para 24 horas (96ppb). Los mayores promedios de cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 5, junto con la fecha de ocurrencia del evento.

La Figura 23 representa de manera gráfica las concentraciones máximas y medias de SO₂ en cada una de las estaciones que miden éste contaminante. Al igual que en los máximos de tres horas, la estación de Puente Aranda presenta la mayor concentración promedio 24 horas.

Tabla 5. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de SO₂ para 24 horas durante el año 2008

Estación	Promedio Máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24H
11 Corpas	15	Jueves 11 Diciembre 2008 02:00
6 Carrefour	15	Jueves 24 Abril 2008 14:00
14 Fontibón	39	Domingo 09 Marzo 2008 08:00
5 IDRD	20	Sábado 05 Abril 2008 03:00
2 MAVDT	7	Viernes 14 Marzo 2008 13:00
13 Puente Aranda	75	Jueves 03 Enero 2008 12:00
9 Kennedy	26	Jueves 11 Diciembre 2008 19:00
7 Cazucá	32	Sábado 29 Marzo 2008 04:00
3 Sony	36	Lunes 08 Septiembre 2008 23:00
4 Tunal	42	Viernes 04 Julio 2008 12:00

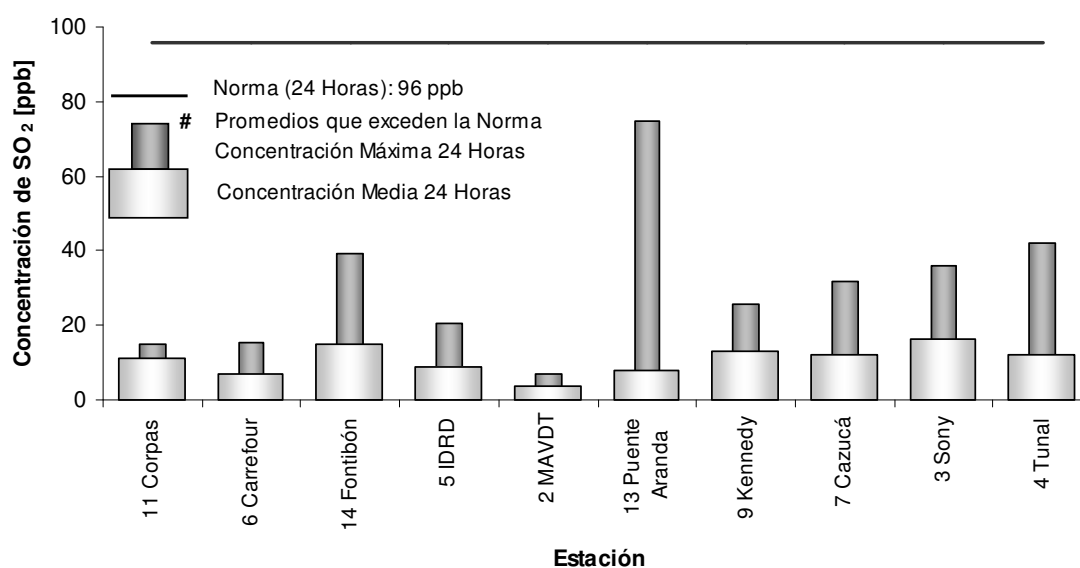


Figura 23. Concentración máxima de SO₂ para 24 horas por estación durante el año 2008.

En las Figura 24, Figura 25 y Figura 26 se presentan las tendencias de los valores diarios para SO₂, del año 2008 comparado con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB. En la primera figura se observa que las estaciones No. 1 Bosque y No. 10 Santo Tomás no reportaron datos durante el 2008. Por su parte, las estaciones No. 4 Tunal, No. 5 IDRD, No. 9 Kennedy y No. 14 Fontibón presentan una mayor dispersión que la multianual; a excepción de la estación No. 4 Tunal, no se registraron datos extremos en estas estaciones y los valores entre los que se encuentra el diagrama de caja y la mediana son superiores en el año analizado. Las demás estaciones registraron una menor dispersión y, tan sólo en la estación No. 13 Puente Aranda, se registraron datos extremos hasta un valor cercano a 70 ppb.

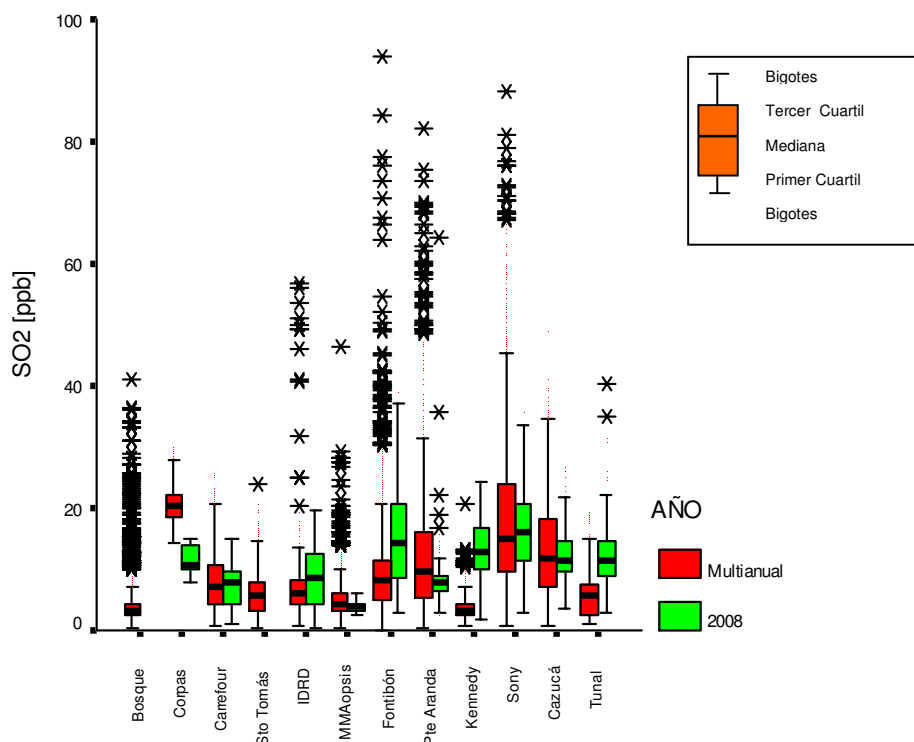


Figura 24. Tendencia de las concentraciones de SO₂ de la RMCAB por estación.

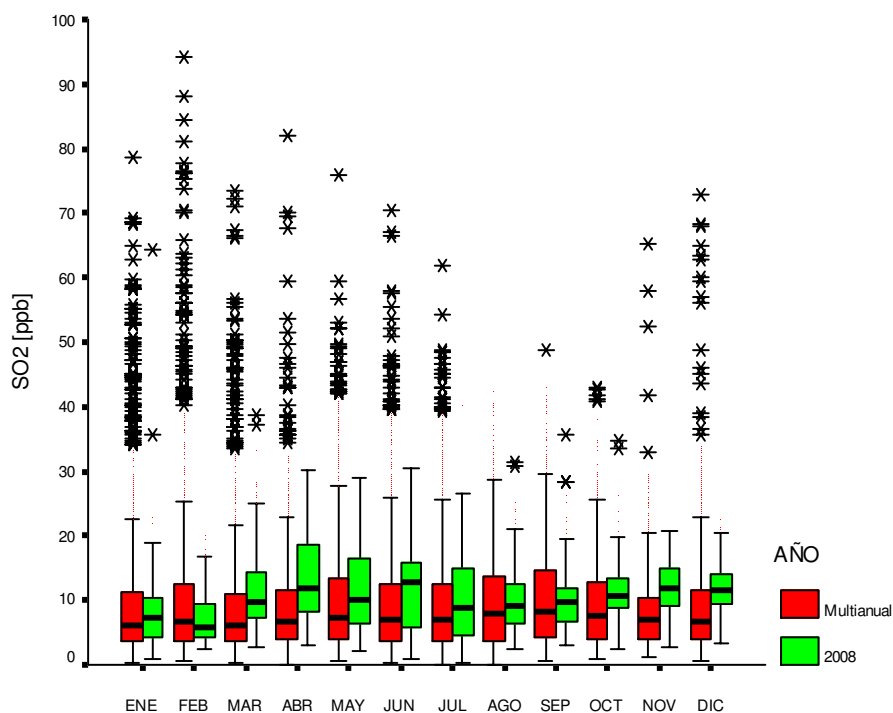


Figura 25. Tendencia de las concentraciones de SO₂ de la RMCAB por mes del año

Para las tendencias mensuales (Figura 25), se aprecia un ligero aumento de la dispersión de los datos en los meses de abril a julio, así como de los valores de concentración en los que fluctúan las cajas. En cuanto a la mediana, ésta se ubicó en concentraciones mayores de SO_2 , a excepción del mes de febrero. Se registraron datos extremos en cinco de los doce meses del año y datos atípicos en dos más.

En cuanto a las tendencias semanales (Figura 26), la dispersión para el año 2008 es similar a la multianual, aunque se visualiza un desplazamiento de las cajas hacia valores mayores de concentración, por lo que la mediana se ubicó por encima de la multianual.

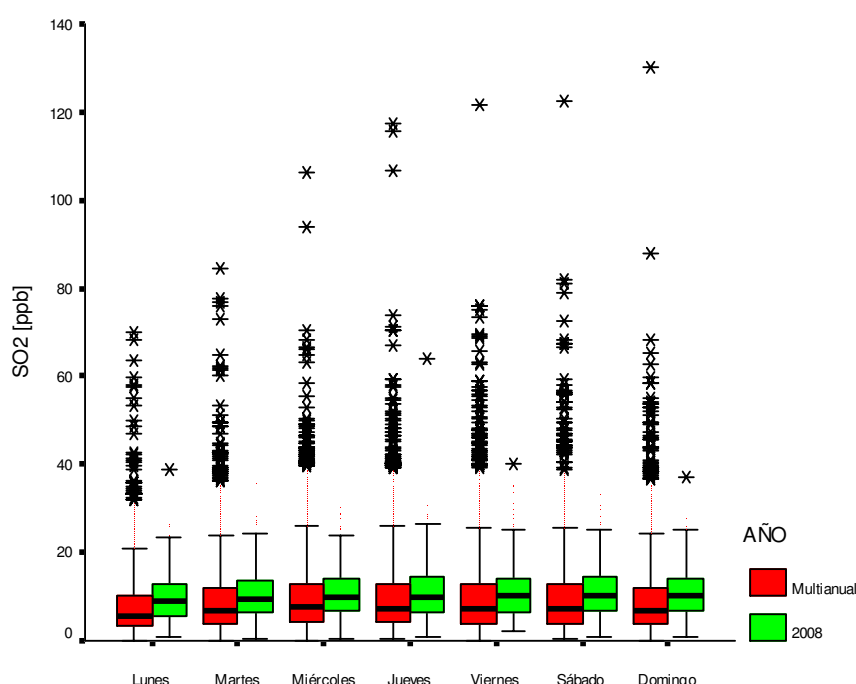


Figura 26. Tendencia de las concentraciones de SO_2 de la RMCAB por día de la semana

Máximos anuales

Durante el año 2008 se obtuvieron tres mil ochocientos sesenta y un (3861) datos de promedios anuales de la concentración de SO_2 , ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (31ppb). Estos datos tienen una representatividad de 73%, afectada por la representatividad de las estaciones No. 11 Corpas y No. 10 Santo Tomás, pues éstas estaciones iniciaron a monitorear este contaminante a mediados del año.

En la

Figura 27 se muestran los máximos promedios anuales del 2008 para cada una de las estaciones, destacándose la No. 7 Cazucá y No. 3 Sony, que pertenecen al sector suroccidental, con los mayores promedios. Como se ha mencionado anteriormente, éste sector es el más afectado por la presencia de este contaminante.

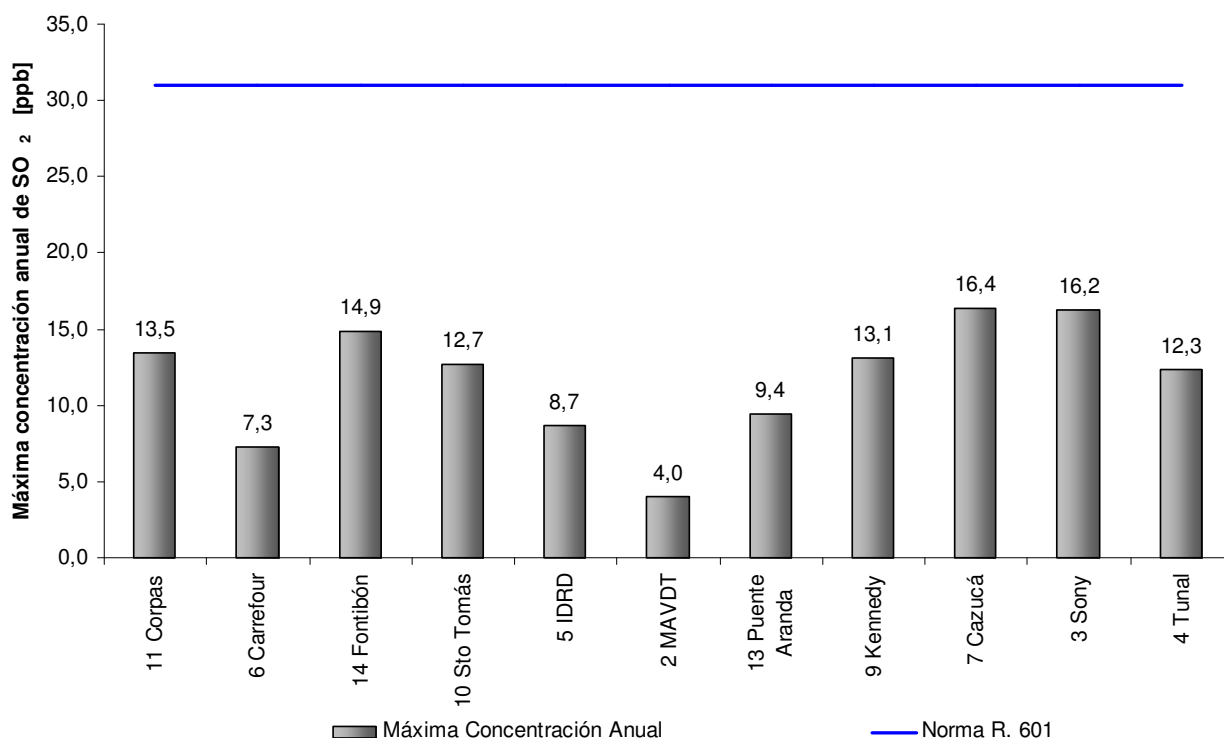


Figura 27. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante el año 2008.

En la Tabla 6 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales de los años 1998 hasta 2008, correspondientes a las estaciones que miden SO₂, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. En las estaciones No. 7 Cazucá y No. 2 MAVDT se mantienen los mismos valores del año precedente, mientras que en las demás estaciones presentadas la concentración del SO₂ aumentó.

Tabla 6. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

No.	NOMBRE	Concentración en [µg/m ³]										
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
6	Carrefour			8	9	8	3	19		5	6	7
14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11
10	Sto. Tomás	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9
5	IDRD						18	6	9	6	6	7
2	MAVDT	5	7	6	4	4			6	4	4	4
13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9
9	Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3	3	8
7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14	14
3	Sony	13	13	11	17	14	9		17	12	11	14

En la Figura 28 se muestra la tendencia de los promedios diarios de concentración de SO₂, encontrando que para el año 2008 aumentó la dispersión con relación a los dos años anteriores y el

valor de la mediana es el más alto de los tres años recientes, aunque este se mantiene por debajo de los 15 ppb. En general, la tendencia de este contaminante es a reportar valores bastante inferiores a la norma.

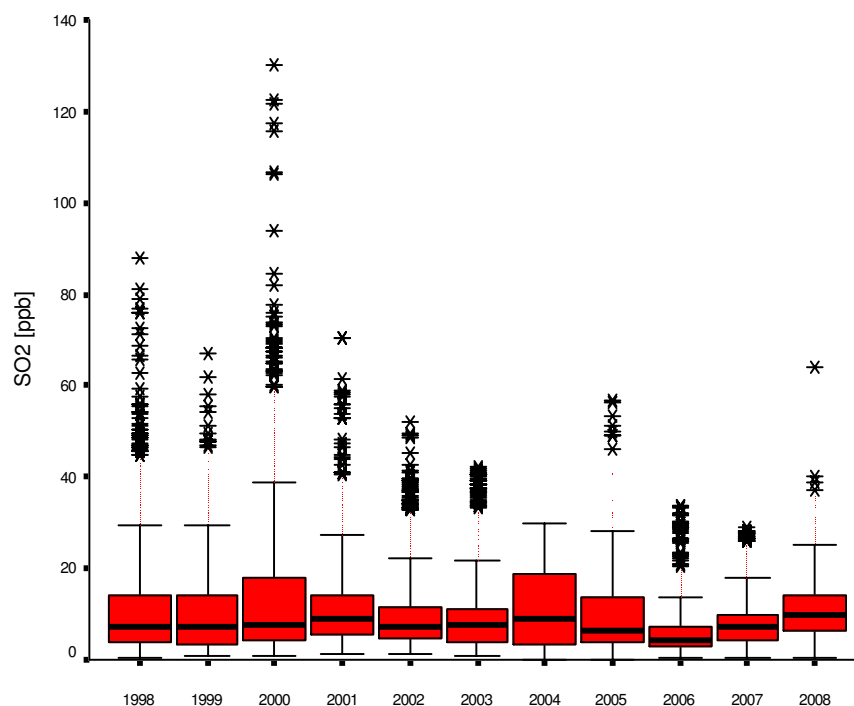


Figura 28. Tendencia histórica del SO₂ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NO₂

En el año 2008 se calcularon promedios horarios, de 24 horas y anuales de concentración de NO₂ para las estaciones configuradas en la Tabla 1. Durante el año 2008 se adquirieron cinco analizadores nuevos instalados en las estaciones No. 3 Sony, No. 4 Tunal, No. 8 Escuela, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón.

Máximos en 1 hora

En este año se obtuvieron 43881 datos de promedios horarios, con una representatividad del 62% afectada por la representatividad de las estaciones en las cuales se instalaron nuevos equipos. Las estaciones No. 6 Carrefour, No. 5 IDRD y No. 4 Tunal reportaron valores de concentración superiores a la norma (106 ppb Res. 601 2006), como se observa en la Figura 29. Además, en esta gráfica se pueden apreciar los valores de concentración máxima horaria presentada en cada una de las estaciones y las medias; estas últimas no superaron el 30% de la norma. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 7.

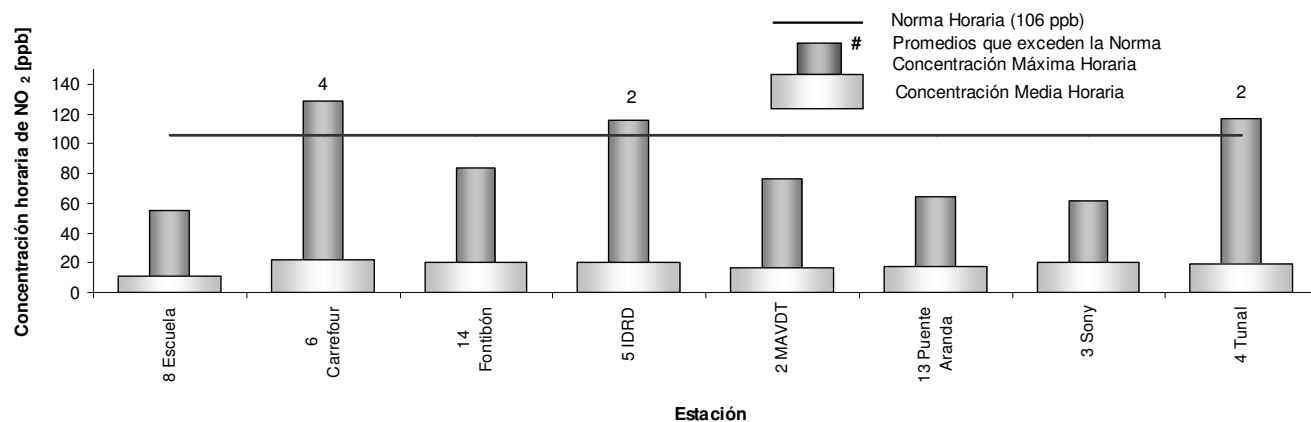


Figura 29. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el año 2008.

Tabla 7. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios horarios de NO₂ durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
8 Escuela	56	Jueves 11 Diciembre 2008 16:00
6 Carrefour	129	Miércoles 12 Marzo 2008 23:00
14 Fontibón	83	Miércoles 05 Noviembre 2008 09:00
5 IDRD	116	Viernes 07 Noviembre 2008 09:00
2 MAVDT	76	Martes 22 Abril 2008 10:00
13 Puente Aranda	64	Viernes 19 Septiembre 2008 11:00
3 Sony	61	Martes 12 Agosto 2008 10:00
4 Tunal	117	Viernes 24 Octubre 2008 09:00

Máximos en 24 horas

Para el año 2008 se pudieron calcular 43194 datos de promedios 24 horas de NO₂, que corresponden a una representatividad del 61%, afectada, como se dijo anteriormente, por la reciente instalación de equipos nuevos. De estos promedios, ninguno superó la norma establecida para NO₂ en medias móviles de 24 horas (80 ppb) como se observa en la Figura 30; además se observa que las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour y No. 14 Fontibón presentan las mayores concentraciones medias del año, las cuales se encuentran por debajo del 38% del valor de la norma. En la Tabla 8 se reportan éstos promedios 24h por estación y el día en que ocurrieron.

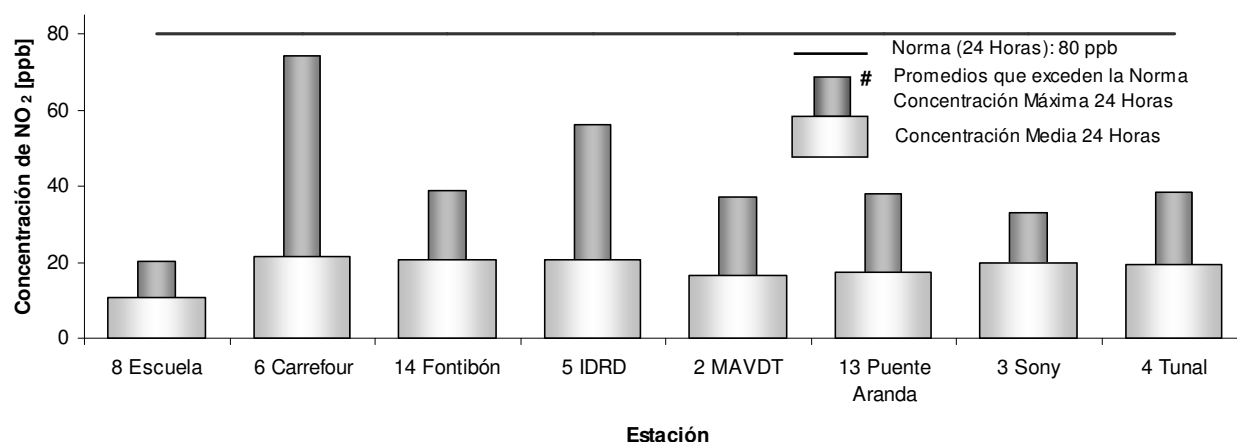


Figura 30. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el año 2008.

Tabla 8. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de NO₂ para 24 horas durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 24 h
8 Escuela	20	Sábado 23 Agosto 2008 15:00
6 Carrefour	74	Jueves 13 Marzo 2008 12:00
14 Fontibón	39	Domingo 26 Octubre 2008 14:00
5 IDRD	56	Jueves 04 Septiembre 2008 20:00
2 MAVDT	37	Sábado 24 Mayo 2008 10:00
13 Puente Aranda	38	Sábado 20 Septiembre 2008 04:00
3 Sony	33	Viernes 23 Mayo 2008 21:00
4 Tunal	38	Sábado 25 Octubre 2008 23:00

En las figuras 31, 32 y 33 se presentan las tendencias de los valores diarios para NO₂, en el año 2008 comparadas con la tendencia multianual. En la primera figura, las estaciones No. 4 Tunal y No. 8 Escuela no presentan datos multianuales, mientras que las estaciones No. 1 Bosque, No. 7 Cazucá, No. 11 Corpas y No. 10 Santo Tomás no registraron datos o éstos fueron insuficientes para generar el diagrama del año 2008. Las estaciones No. 2 MAVDT, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón presentaron una menor dispersión durante el año 2008; los límites superiores fueron menores también, así como el valor de la mediana en la dos primeras estaciones, y no presentaron datos extremos. Por su parte, la estación No. 14 Fontibón presentó la mediana en un mayor valor de concentración y aumentó ligeramente el límite superior. Las demás estaciones aumentaron la dispersión; se destacan las estaciones No. 6 Carrefour pues presenta valores extremos y No. 5 IDRD porque su mediana supera las 20 ppb de concentración y su límite superior alcanza el mayor valor de la serie.

En la Figura 32 se puede observar que todos los meses del año 2008 presentan la mediana por encima de la del periodo multianual. La dispersión aumenta para los meses de mayo y diciembre y se presentan datos extremos en los meses de julio a septiembre. Por otro lado, se observa un comportamiento bimodal durante el año, en el que se destacan los meses de febrero y diciembre como los de mayores valores de concentración.

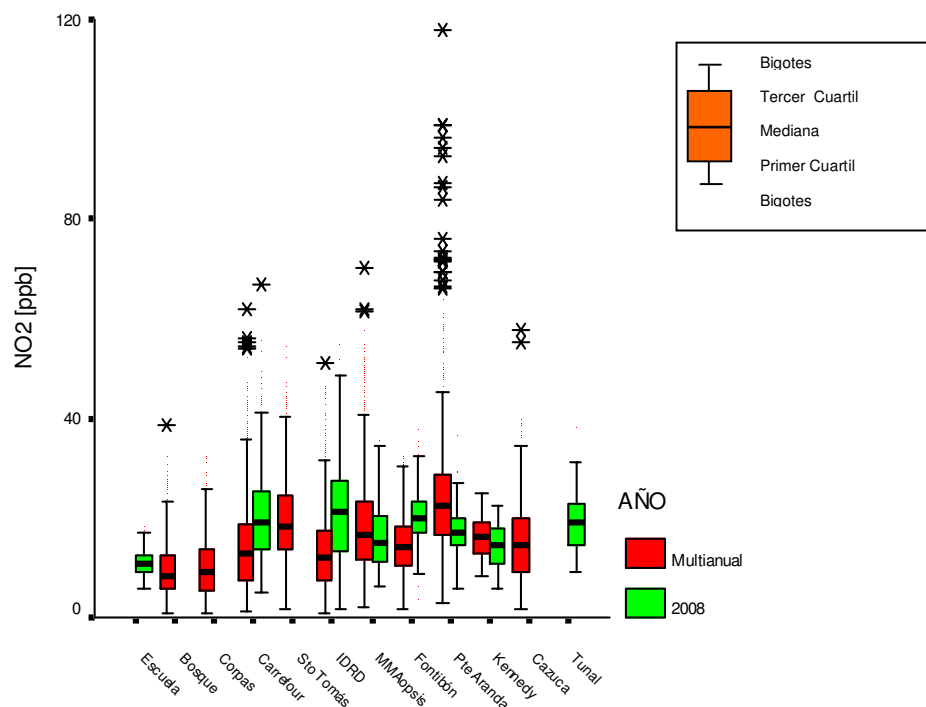


Figura 31. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por estación

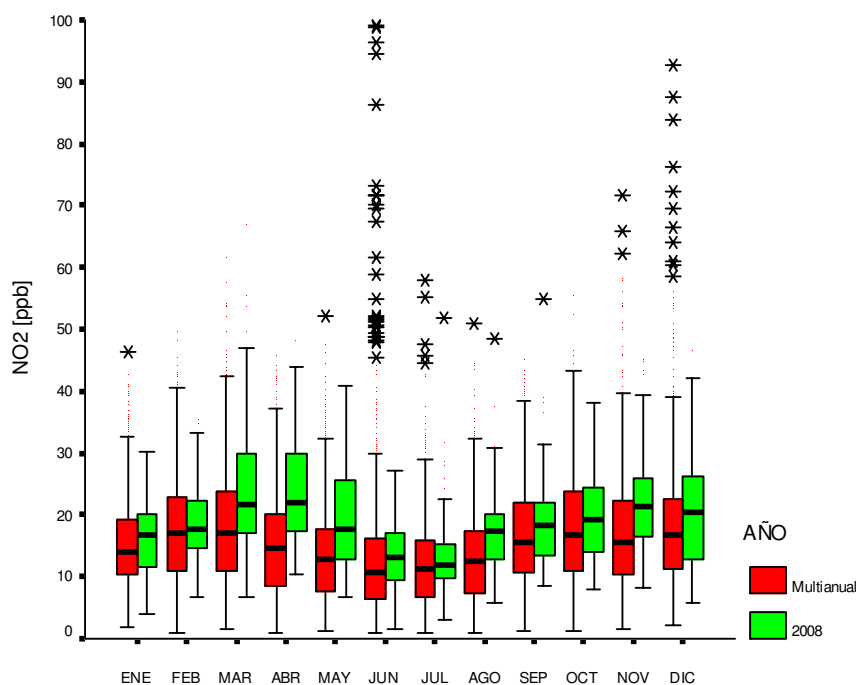


Figura 32. Tendencia de las concentraciones de NO₂ en la RMCAB por mes del año

En la Figura 33, analizando las tendencias de concentraciones por día de la semana, se observa una dispersión menor en el año 2008 con respecto a la multianual. Sin embargo, la mediana se ubicó por encima de la multianual para todos los días de la semana en al año 2008, presentándose datos extremos los días de martes a viernes.

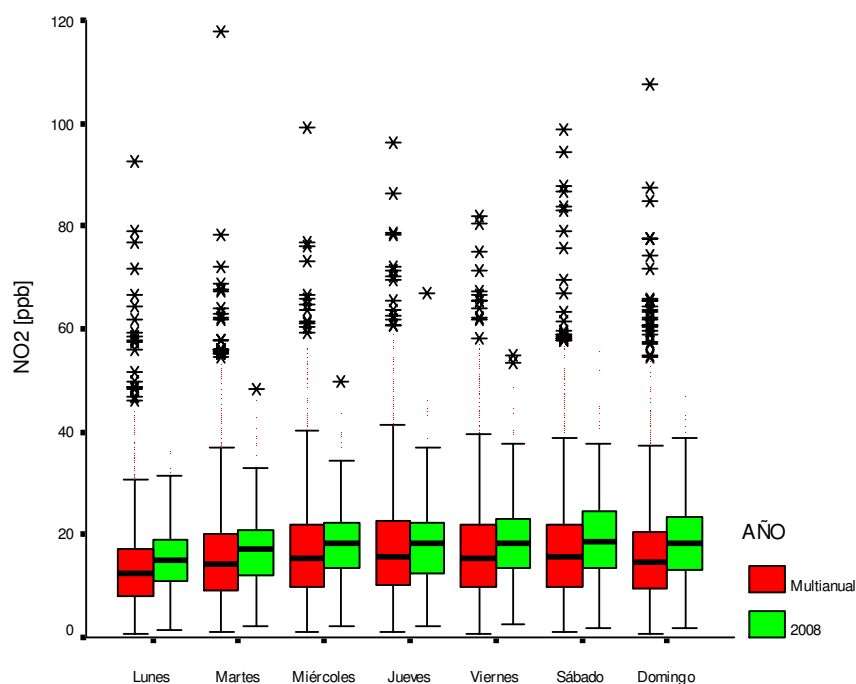


Figura 33. Tendencia de las concentraciones de NO_2 en la RMCAB por día de la semana

Promedio Anual de NO_2

Para el 2008 se calcularon 2485 datos de promedios anuales de NO_2 , de los cuales ninguno superó la norma anual establecida en 53 ppb y el 98% de los datos se mantuvieron por debajo del 50% de la norma. Sólo las estaciones No. 5 IDRD, No. 2 MAVDT y No. 13 Puente Aranda presentaron porcentajes de representatividad superiores al 75%, pues las otras en general, empezaron a monitorear este contaminante en el segundo semestre del año 2008.

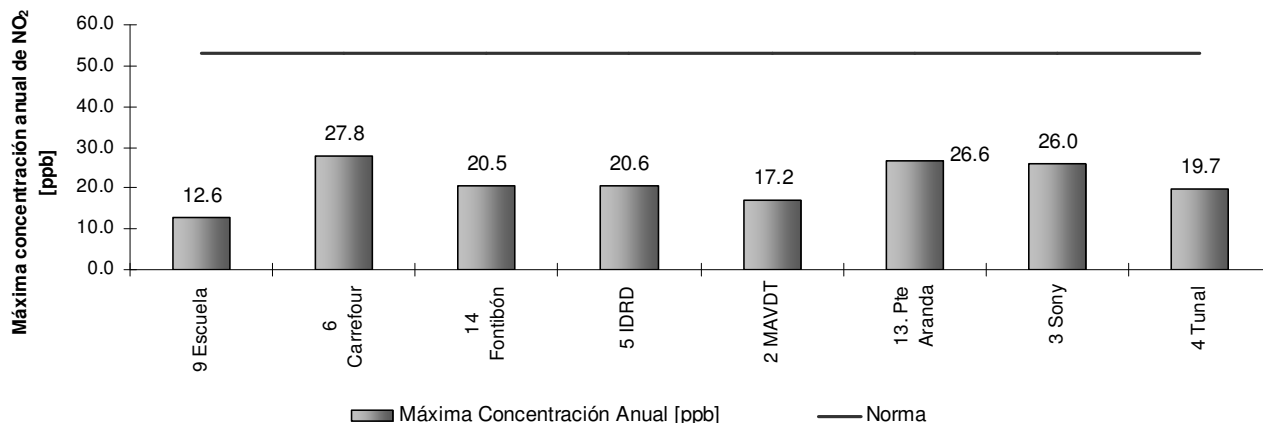


Figura 34. Máxima concentración promedio anual de NO_2 por estación durante el año 2008.

En la Figura 35 se aprecia la tendencia de los promedios diarios desde el año 1998 hasta el 2008. Éste último año presenta una menor dispersión comparada con el año inmediatamente anterior y una mediana ubicada ligeramente por encima de la precedente; además, su dispersión es similar a la presentada en el año 2006 aunque en el presente año se registraron mayores valores de concentración en los cuartiles y en el límite superior. En el año 2008 el límite máximo se mantuvo por debajo de las 40 ppb, y se registraron valores extremos que superaron las 50 ppb.

En general, la tendencia de los promedios diarios año a año, presenta tres periodos; el primero de 1998 a 2000 caracterizado por un comportamiento estable en el que la mediana se mantiene y la dispersión varía poco, seguido del periodo comprendido entre los años 2001 y 2005 en el que hay una disminución en la concentración diaria y luego un aumento, por lo que éste periodo presenta las mayores y menores dispersiones, así como los valores más altos y más bajos de concentración. El último periodo, desde el 2006 hasta el año 2008, exhibe un aumento paulatino de la mediana.

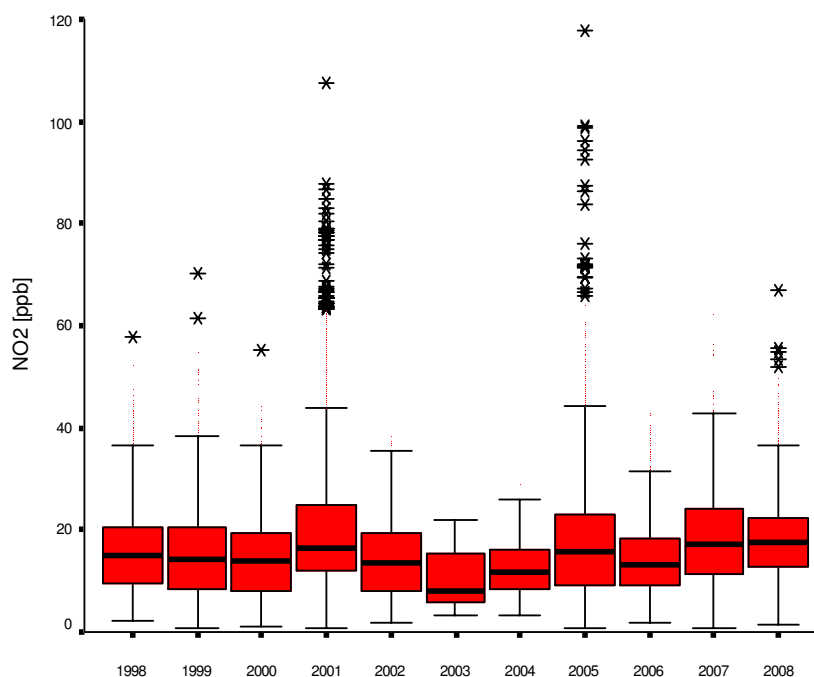


Figura 35. Tendencia histórica de NO_2 en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO

En el año 2008 fueron reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO por las estaciones indicadas en la Tabla 1. Se instalaron equipos nuevos en las estaciones No. 3 Sony y No. 13 Puente Aranda; la primera de ellas reportó una representatividad baja, junto con las estaciones No. 7 Cazucá y No. 9 Kennedy, por lo cual no se tuvieron en cuenta para analizar el comportamiento de éste contaminante.

Máximos en 1 hora

Se obtuvieron 29926 datos de promedios horarios de CO equivalentes al 85% de representatividad. Ninguno superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006) y todos los promedios se registraron por debajo del 50% de la norma. Esto se evidencia en la Figura 36 dónde además se observa que la estación No. 14 Fontibón registró lo menores valores de concentración de CO. En la Tabla 9 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; la estación No. 6 Carrefour presenta el mayor valor de estos promedios, el cual equivale a 19% de la norma. Todos los máximos se registraron en el mes de diciembre....

Tabla 9. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de CO durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 hora
6 Carrefour	6.8	Viernes 12 Diciembre 2008 22:00
14 Fontibón	3.7	Viernes 12 Diciembre 2008 21:00
5 IDRD	5.7	Viernes 12 Diciembre 2008 22:00
13 Puente Aranda	5.5	Viernes 12 Diciembre 2008 21:00

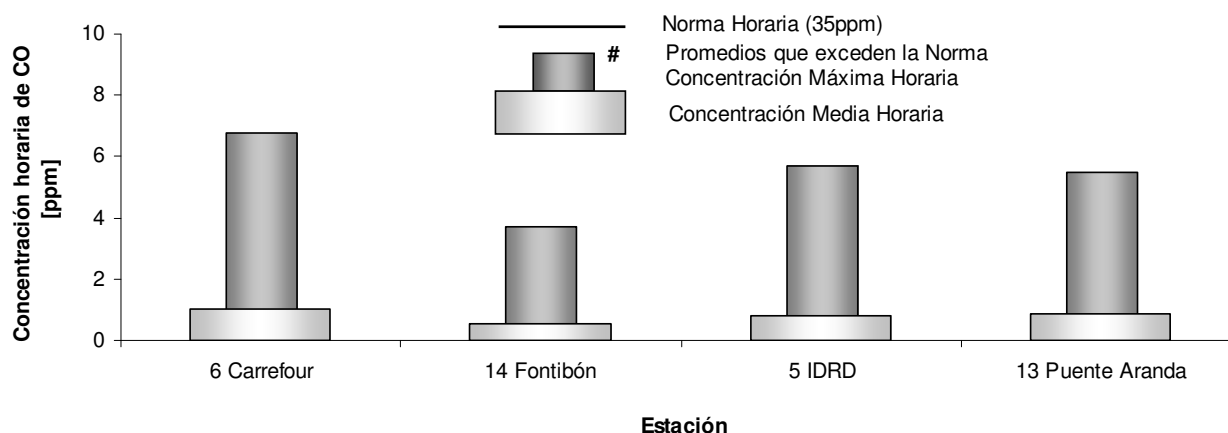


Figura 36. Concentraciones máximas horarias de CO durante el año 2008.

Máximos en 8 horas

Para el año 2008 se calcularon 29859 promedios 8 horas de CO, equivalentes al 85% de todos los datos que se podrían calcular si no se presentaran fallas en la recolección de la información. Durante este año no se presentaron excedencias a la norma (8,8 ppm Res 601 2006). La estación No. 14 Fontibón registró las menores concentraciones 8 horas, mientras que la No. 6 Carrefour las mayores. La Tabla 10 presenta el periodo en que ocurrieron los máximos datos de este parámetro y en la Figura 37 se visualiza la información aquí descrita.

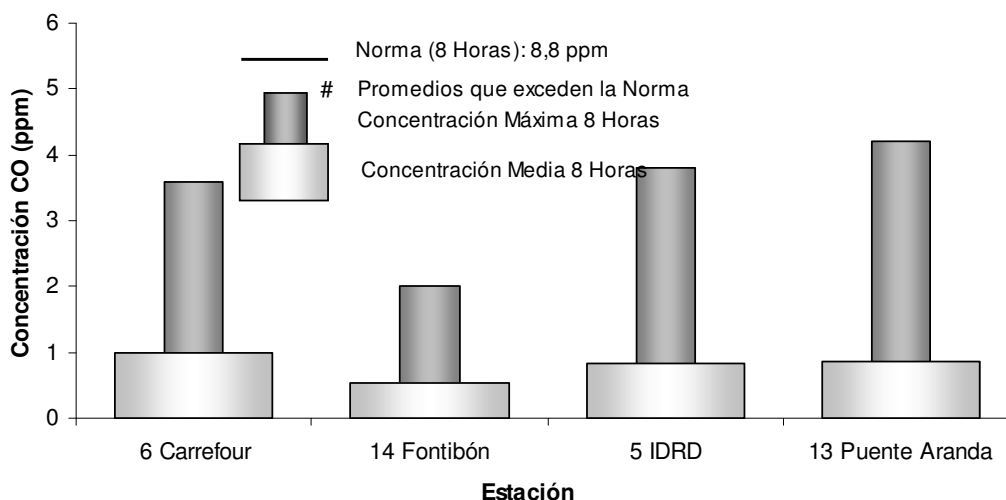


Figura 37. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el año 2008.

Tabla 10. Día y hora de ocurrencia de los máximos promedios 8 horas de CO durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppm]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 8 horas
6 Carrefour	3.6	Domingo 09 Noviembre 2008 01:00
14 Fontibón	2.0	Viernes 20 Junio 2008 22:00
5 IDRD	3.8	Domingo 09 Noviembre 2008 02:00
13 Puente Aranda	4.2	Sábado 13 Diciembre 2008 02:00

Por otra parte, las Figura 38, 39 y 40 presentan la tendencia de las concentraciones de CO del año 2008 comparadas con la tendencia histórica o multianual en la RMCAB. En la primera figura se observa que la estación No. 11 Corpas no reporta datos para el año 2008 y que la caja multianual presenta los mayores valores extremos de la serie presentada. La dispersión de los datos disminuye en el año 2008, en especial en las estaciones No. 3 Sony y No. 14 Fontibón; para la estación No 5 IDRD la disminución es pequeña y la mediana presenta un valor mayor. Por su parte, la estación No. 7 Cazucá es la única que presenta una mayor dispersión de los datos, aunque no se aleja mucho de la tendencia multianual. Cabe resaltar que en la demás estaciones, los valores del límite superior no sobrepasan las 2 ppm mientras que en la multianual llegan cerca a 7 ppm, por lo que las concentraciones de CO durante el año 2008 se redujeron notablemente.

En cuanto a la Figura 39, las dispersiones disminuyeron notablemente para todos los meses del año 2008 en relación con las multianuales; el mes de julio sigue presentando los menores valores de concentración de contaminantes. En los meses de enero, abril, mayo y junio de 2008 se registraron datos extremos, mientras que en el multianual en enero, octubre y noviembre.

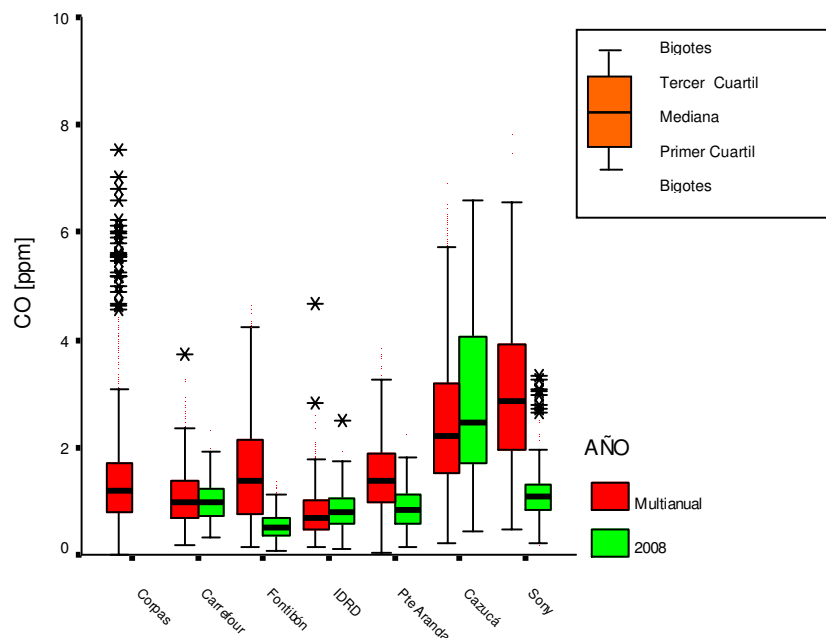


Figura 38. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por estación.

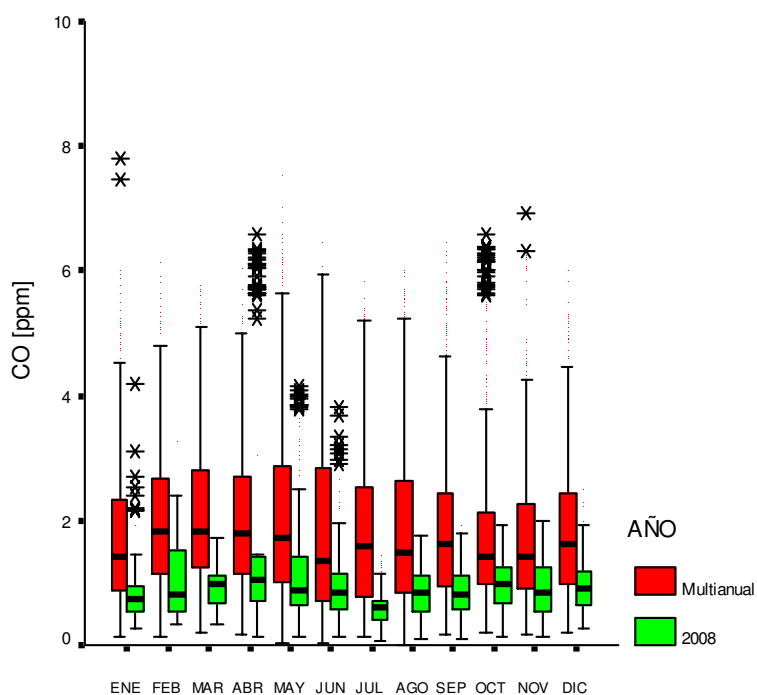


Figura 39. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por mes del año

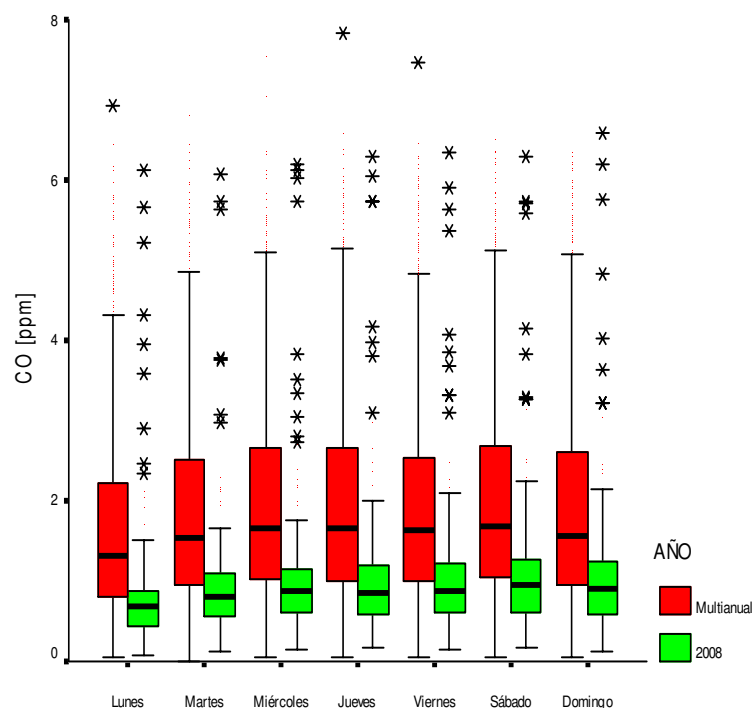


Figura 40. Tendencia de las concentraciones de CO en la RMCAB por día de la semana.

La tendencia de los promedios horarios durante los días de la semana se observa en la Figura 40; el lunes reporta la menor dispersión, mientras que el día sábado exhibe la mayor; además, éste día la mediana se ubica por encima de la de los demás días. En general, la dispersión tiende a mantenerse igual de martes a viernes, encontrándose variación en los límites superiores, los cuales aumentan paulatinamente hasta sobrepasar las 2 ppm a partir del día viernes.

Con relación a la tendencia anual (Figura 41), puede notarse que la dispersión del año 2008 es la menor de toda la serie presentada, así como el valor de la mediana. La tendencia durante los últimos cinco años ha sido a disminuir, aunque desde el año 2006 se han registrado varios datos extremos. Los años 1998, 1999, 2004 y 2005 presentaron las mayores dispersiones de la serie, pero a partir del año 2005 se evidencia una disminución de la concentración del CO en la ciudad.

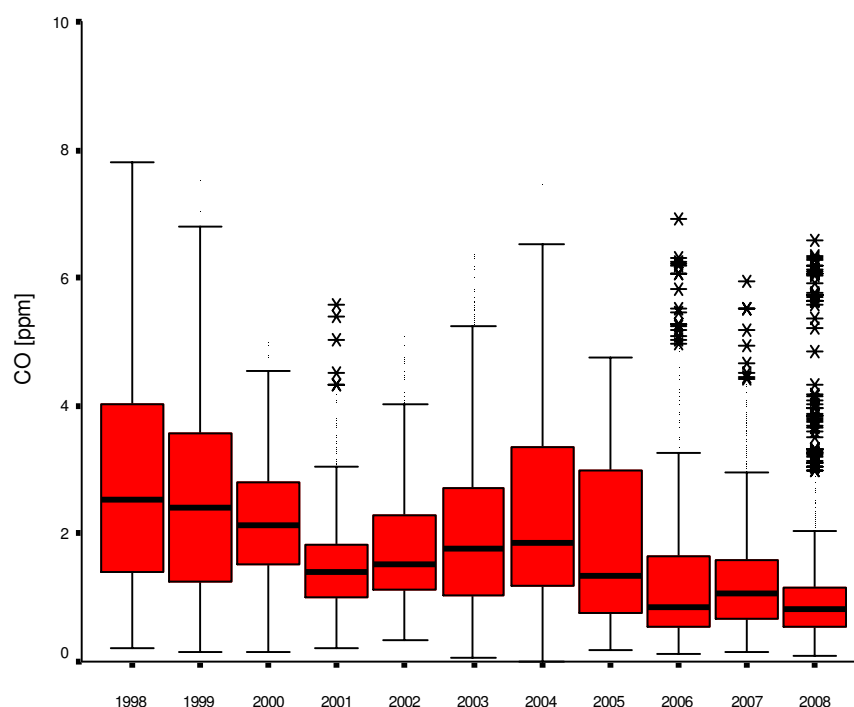


Figura 41. Tendencia histórica de CO en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.2.4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE O₃

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2008, ubicados según se reporta en la Tabla 1. En este año se instalaron siete (7) nuevos equipos en las estaciones No. 1 Bosque, No. 3 Sony, No. 5 IDRD, No. 8 Escuela, No. 10 Santo Tomás, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, por lo que la representatividad de sus datos puede ser baja; aquellas cuya representatividad supera el 50% fueron tenidas en cuenta para el análisis de este contaminante. Otras estaciones como No. 4 Tunal y No. 7 Cazucá también presentaron baja representatividad pero por fallas en los analizadores, por lo que su información también fue descartada para el análisis de este contaminante.

Máximos en 1 hora

Durante el año 2008 se calcularon 47614 promedios de 1 hora de O₃, los cuales tienen una representatividad del 68%. Los promedios máximos obtenidos en cada una de las estaciones se presentan en la Tabla 11, junto con el día y hora en que ocurrieron. A excepción de la estación No. 13 Puente Aranda, todas las estaciones presentaron promedios máximos por encima de la norma pero éstos tan solo corresponden a 0.6% del total calculado. La concentración media horaria y el número de promedios que excedieron la norma en cada estación se presentan en la Figura 42.

Tabla 11. Día y hora de ocurrencia de los promedios máximos horarios de O₃ durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppb]	Día y hora de ocurrencia del promedio máximo para 1 h
8 Escuela	79	Martes 30 Diciembre 2008 13:00
11 Corpas	72	Martes 11 Noviembre 2008 13:00
6 Carrefour	89	Martes 30 Diciembre 2008 12:00
14 Fontibón	145	Sábado 16 Febrero 2008 16:00
5 IDRD	94	Jueves 27 Marzo 2008 13:00
2 MAVDT OPSIS	73	Sábado 01 Marzo 2008 13:00
13 Puente Aranda	52	Viernes 03 Octubre 2008 13:00
3 Sony	105	Sábado 01 Marzo 2008 12:00

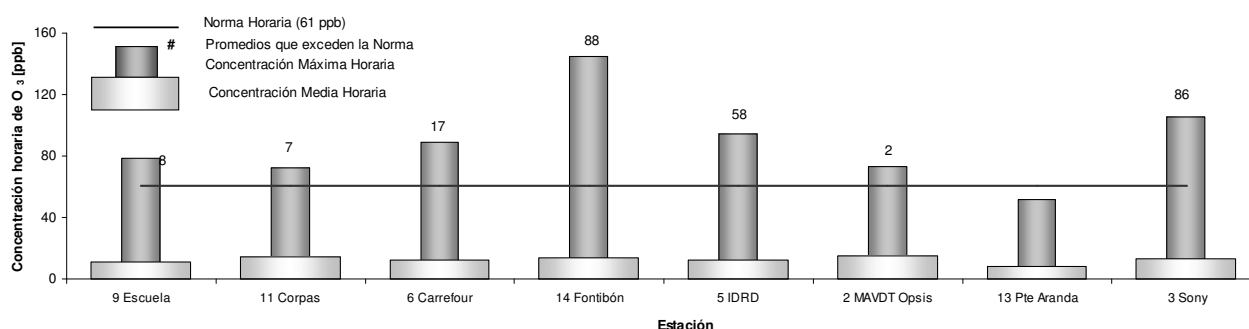


Figura 42. Concentración máxima horaria de O₃ por estación durante el año 2008.

Máximos en 8 horas

Para reportar la concentración de O₃ para un tiempo de exposición de 8 horas se tienen 47517 promedios que equivalen al 68% del número máximo de datos que podrían calcularse en las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año. Tan sólo se obtuvo el 1% de los datos por encima de la norma (41 ppb Res. 601 2006). Éstas excedencias y la fecha en que ocurrieron se presentan en la Tabla 12; cabe resaltar que los meses de diciembre y marzo presentan el mayor número de máximos.

Tabla 12. Periodo de ocurrencia de los promedios máximos de O₃ para 8 horas durante el año 2008.

Número y nombre de la Estación	Promedio máximo [ppb]	Periodo de ocurrencia del máximo promedio 8 h
8 Escuela	48	Martes 30 Diciembre 2008 18:00
11 Corpas	52	Jueves 11 Diciembre 2008 18:00
6 Carrefour	51	Martes 30 Diciembre 2008 17:00
14 Fontibón	96	Martes 04 Marzo 2008 18:00
5 IDRD	67	Martes 01 Enero 2008 17:00
2 MAVDT OPSIS	51	Sábado 01 Marzo 2008 19:00
13 Puente Aranda	40	Sábado 04 Octubre 2008 18:00
3 Sony	78	Sábado 01 Marzo 2008 17:00

Acorde a la Figura 43, dónde se muestran las concentraciones máximas y medias de O₃ para 8 horas, la estación No. 13 Pte Aranda es la única que no registró excedencias a la norma establecida en 41 ppb.

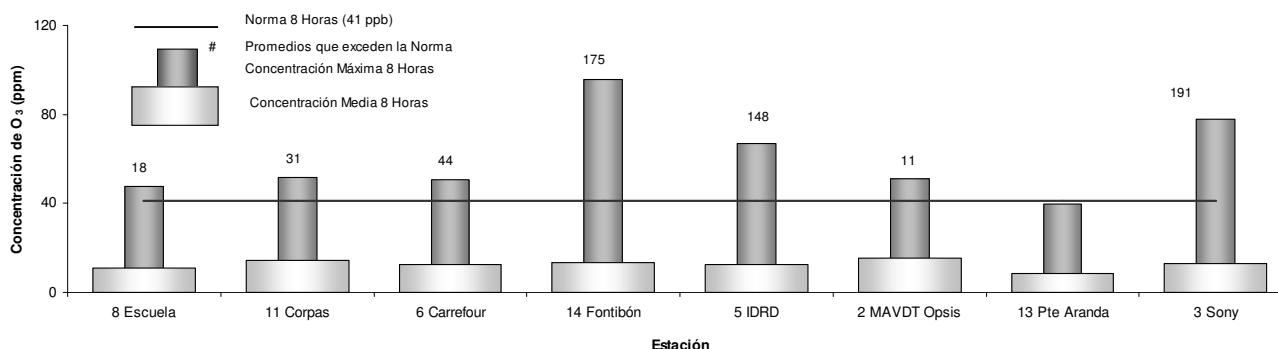


Figura 43. Concentración máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el año 2008

La tendencia de las concentraciones de O₃ del año 2008 comparadas con la tendencia multianual, se presenta en las Figuras 44, 45 y 46. Analizando inicialmente la Figura 44, se encuentra que las estaciones No. 1 Bosque, No. 4 Tunal, No. 8 Escuela y No. 10 Santo Tomás, empezaron a monitorear el O₃ este año, por lo que no se puede establecer una comparación con la serie multianual. Por su parte, las estaciones No. 6 Carrefour y No. 5 IDRD presentan un aumento en la dispersión de los datos para el año 2008, encontrándose mayores valores de concentración por los límites superiores del diagrama. Las demás estaciones disminuyeron la dispersión con relación a la serie multianual.

En la Figura 45 se observa un comportamiento bimodal de la concentración del ozono durante el año, encontrándose las mayores concentraciones los meses de marzo y octubre. La dispersión de los datos disminuyó y a partir del mes de junio la mediana de las cajas del 2008 se ubicó siempre por debajo de la multianual, por lo que es posible concluir que se presentaron concentraciones más bajas de O₃ durante el año 2008.

En cuanto a la Figura 46, se puede apreciar que de nuevo la dispersión disminuye para el año 2008 con relación a la multianual, variando muy poco de lunes a domingo; además, la mediana también se ubica en concentraciones menores. Los mayores promedios horarios se presentaron el primero y último día de la semana, pues en éstos días los límites superiores sobresalen.

Finalmente, la Figura 47 muestra la tendencia histórica de éste contaminante a lo largo de los años que la RMCAB ha monitoreado este contaminante, dónde se puede apreciar una mayor dispersión en el año 2008 con respecto a los dos años inmediatamente anteriores. Sin embargo, la mediana se ubicó por debajo de la correspondiente al año 2007, así como el tercer cuartil por lo que se registraron más datos a menores concentraciones en el 2008 comparado con el 2007.

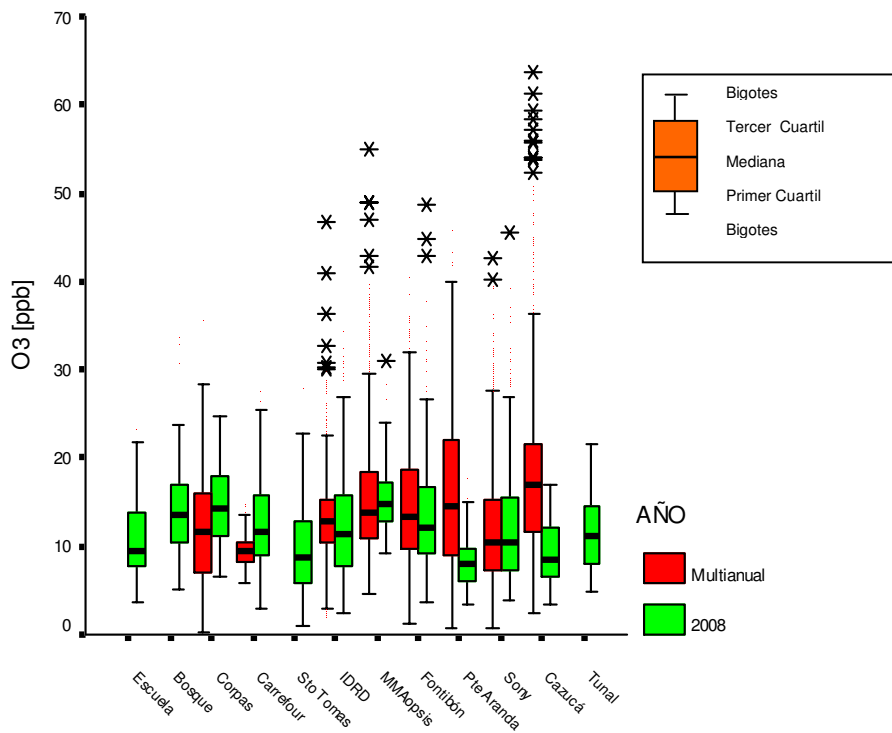


Figura 44. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por estación

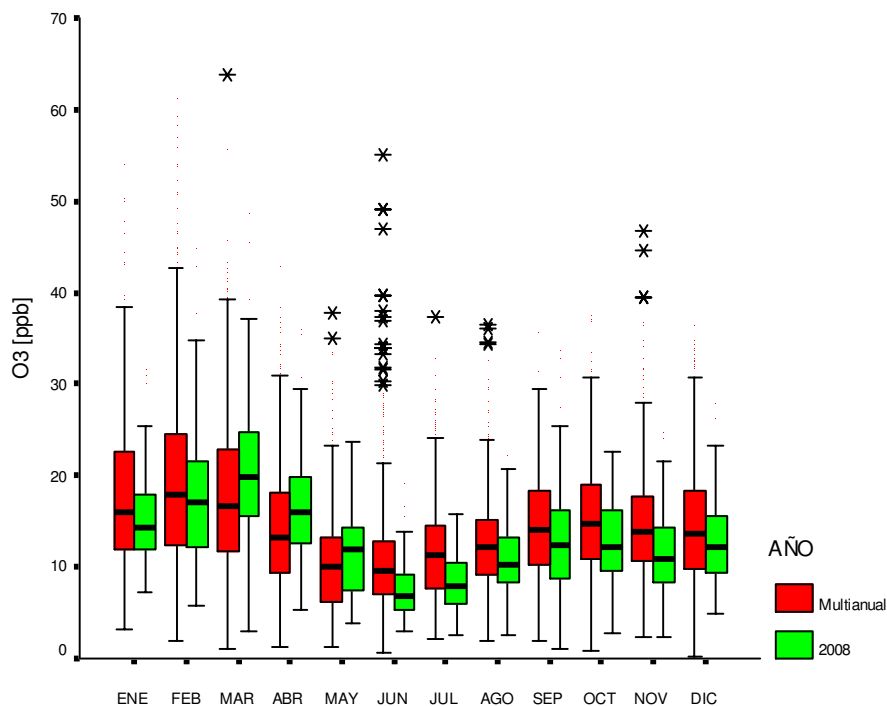


Figura 45. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por mes del año

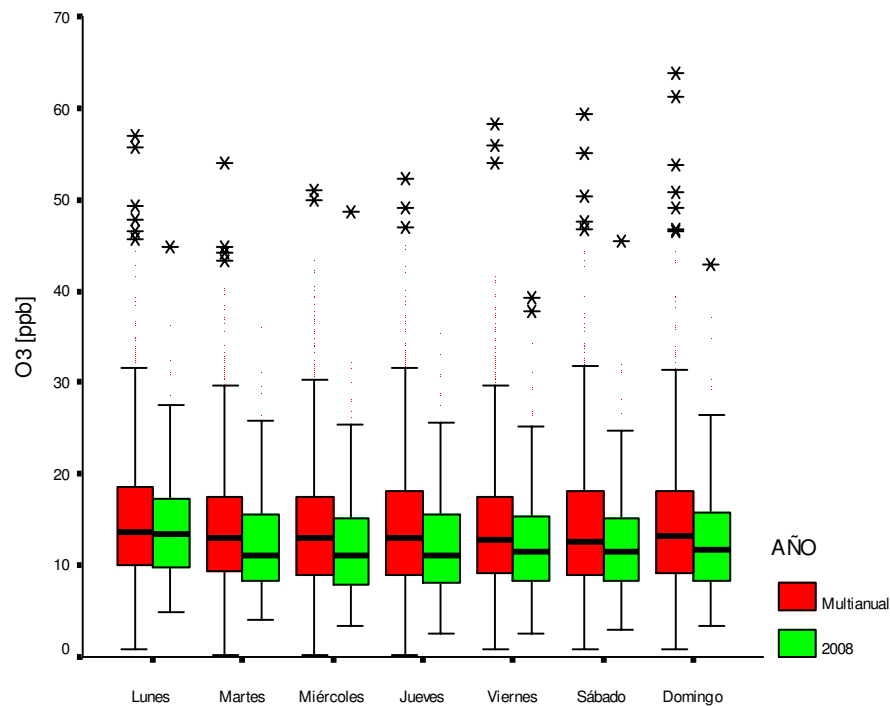


Figura 46. Tendencia de las concentraciones diarias de O₃ en la RMCAB por día de la semana

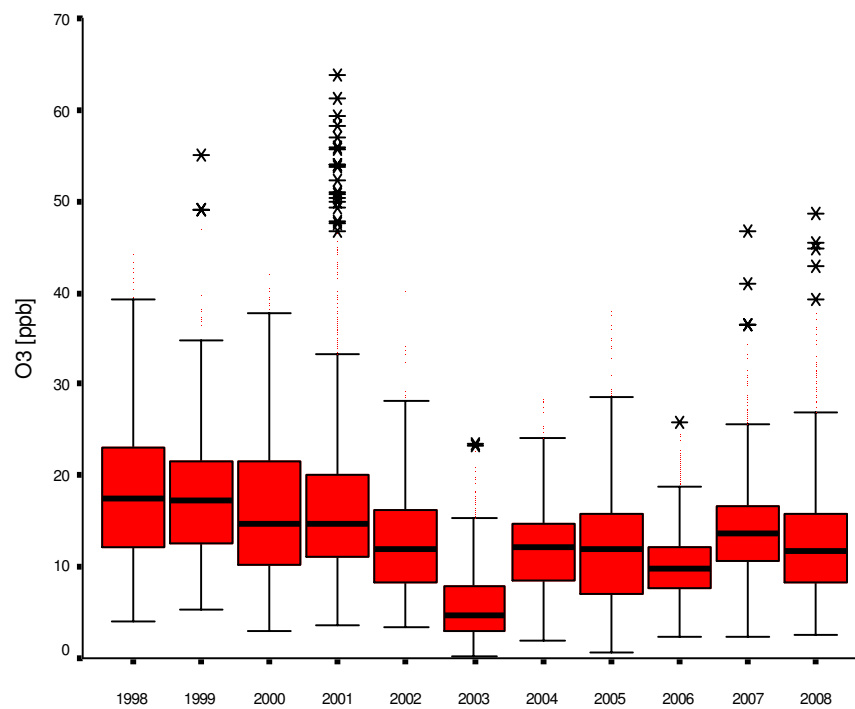


Figura 47. Tendencia histórica de O₃ en toda la RMCAB a través de promedios diarios.

1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la

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

Una síntesis similar se realiza para los promedios anuales de PM10 en la Tabla 14. En las columnas once y doce, se presentan el número mínimo y máximo de promedios diarios validos utilizados para el cálculo de los promedios anuales.

En la tabla 15 se muestra el resultado del análisis de los promedios 24h de PST. En la columna 9 se presenta el máximo promedio 24h de PST presentado en el año. En la columna 6 se presenta el porcentaje de datos que exceden la norma anual de PST; así mismo, en la columna 10 se presenta la relación entre el promedio 24h máximo y su correspondiente norma para cada estación y finalmente en la columna 4 se muestra la representatividad temporal del promedio anual de PST; para cada uno de los contaminantes se presentan tablas similares.

Tabla 13. Consolidado de los promedios de 24 horas para partículas menores a 10 micras (PM10)

Información de los registros de concentración de PM10 para un periodo de 24 horas [Norma: 150 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Media
Norte	8 Escuela	7685	87%	0	0%	6	0	81	0.54	36
	1 Bosque	5834	66%	0	0%	346	13	117	0.78	44
	Subtotal	13519	77%	0	0%	352	13			
Noroccidente	11 Corpas	6480	74%	0	0%	720	131	133	0.89	52
	Subtotal	13519	77%	0	0%	352	13			
Centro	10 Sto Tomás	6908	79%	0	0%	2440	24	125	0.83	71
	5 IDRD	8163	93%	0	0%	536	3	114	0.76	41
	Subtotal	15071	86%	0	0%	2976	27			
Suroccidente	9 Kennedy	7818	89%	242	3%	3560	2016	180	1.20	96
	7 Cazucá	7137	81%	0	0%	1825	220	146	0.97	64
	Subtotal	14955	85%	242	2%	5385	2236			
TOTALES		50025	80%	242	0,48%	6558	5282			58

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

Información de los promedios anuales de concentración de PM10 [Norma: 70 µg/m3]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	8 Escuela	366	80%	0	0%	82	0	36	0.5	264	320
	1 Bosque	366	77%	0	0%	366	0	44	0.6	239	326
	Subtotal	732	79%	0	0%	448	0				
Noroccidente	11 Corpas	366	65%	3	1%	366	3	71	1,0	207	269
	Subtotal	366	65%	3	1%	366	3				
	10 St Tomás	366	86%	366	100%	0	0	76	1.1	281	348
Centro	5 IDRD	366	87%	0	0%	366	0	50	0.7	298	337
	Subtotal	732	87%	366	50%	366	0				
	9 Kennedy	366	88%	366	100%	0	0	99	1.4	307	339
Suroccidente	7 Cazucá	366	88%	37	10%	0	329	71	1.0	297	344
	Subtotal	732	88%	403	55%	0	329				
TOTALES		2562	80%	772	30%	2278	772				

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

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m3]	Max/ Norma	Media
Suroccidente	7 Cazucá	8169	93%	263	3%	3227	1383	441	1.47	172
Sur	3 Sony	7777	89%	1	0%	3997	930	303	1.01	169
TOTALES		15946	91%	264	2%	7224	2313			170

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

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m3]											
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Suroccidente	7 Cazucá	365	57%	365	100%	0	0	177	1.8	75	343
Sur	3 Sony	365	74%	365	100%	0	0	173	1.7	202	341
TOTALES		730	66%	730	100%	0	0				

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

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 3 horas [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	7886	90%	0	0%	0	1	42	0.15	7
	14 Fontibón	8605	98%	0	0%	0	0	41	0.14	8
Centro	10 Sto. Tomás	8181	93%	0	0%	0	0	20	0.07	7
	5 IDRD	7028	80%	0	0%	0	1	83	0.29	6
	2 MAVDT	8157	93%	0	0%	0	1	16	0.06	4
Centroccidente	13 Pte Aranda	8621	98%	0	0%	0	0	54	0.19	8
Suroccidente	9 Kennedy	7499	86%	0	0%	0	1	41	0.14	4
	7 Cazucá	7423	85%	0	0%	0	1	36	0.12	16
Sur	3 Sony	6153	70%	0	0%	0	1	44	0.15	12
	4 Tunal	8164	93%	0	0%	0	1	22	0.08	6
TOTALES		77717	81%	0	0%	0	7			

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

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de datos	Recuperación de datos [%]	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No de datos exceden 50% norma	No de datos exceden 75% norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	6 Carrefour	7677	88%	0	0%	0	0	19	0.20	7
	14 Fontibón	8588	98%	0	0%	0	0	14	0.14	8
Centro	10 Sto. Tomás	8159	93%	0	0%	0	0	14	0.15	6
	5 IDRD	6756	77%	0	0%	0	0	19	0.19	6
	2 MAVDT	8154	93%	0	0%	0	0	8	0.09	4
Centroccidente	13 Pte Aranda	8567	98%	0	0%	0	0	22	0.23	8
Suroccidente	9 Kennedy	7316	84%	0	0%	0	0	21	0.22	4
	7 Cazucá	7351	84%	0	0%	0	0	29	0.30	16
Sur	3 Sony	6086	69%	0	0%	0	0	28	0.29	12
	4 Tunal	8087	92%	0	0%	0	0	17	0.18	5
TOTALES		76741	80%	0	0%	0	0			

Tabla 19. Consolidado de los promedios anuales de SO₂

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]												
Zona	Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Concentración Anual	Max/Normal	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Norte	1 Bosque	274	26%	0	0%	0	0	4	0.1	4	0	247
Noroccidente	6 Carrefour	365	78%	0	0%	0	0	8	0.2	6	204	340
	14 Fontibón	365	92%	0	0%	0	0	8	0.3	7	305	363
Centro	10 Sto Tomás	365	85%	0	0%	0	0	7	0.2	5	282	357
	5 IDRD	365	85%	0	0%	0	0	6	0.2	6	281	338
	2 MAVDT	365	91%	0	0%	0	0	4	0.1	4	298	347
Centroccidente	13 Pte Aranda	365	82%	0	0%	0	0	8	0.3	5	161	361
Suroccidente	9 Kennedy	365	78%	0	0%	0	0	4	0.1	3	233	316
	7 Cazucá	365	83%	0	0%	0	0	18	0.6	14	285	332
Sur	3 Sony	365	82%	0	0%	0	0	12	0.4	11	258	337
	4 Tunal	365	69%	0	0%	0	0	6	0.2	5	118	352
TOTALES		3924	77%	0	0%	0	0					

Tabla 20. Consolidado de los promedios horarios de NO₂

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 170 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. de datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	5612	64%	0	0%	0	0	41	0.39	8
	6 Carrefour	6099	70%	2	0%	185	2	110	1.04	21
	14 Fontibón	6992	80%	0	0%	30	0	79	0.75	19
Centro	5 IDRD	6967	80%	0	0%	22	0	76	0.72	13
	2 MAVDT	8189	93%	0	0%	101	0	89	0.84	17
Centroccidente	13 Pte Aranda	8197	94%	0	0%	142	0	97	0.92	27
TOTALES		42850	49%	2	0%	482	2			

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

Información de los registros de concentración de NO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. Datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. de datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	5129	59%	0	0%	0	0	19	0.24	8
	6 Carrefour	6066	69%	0	0%	418	6	62	0.78	21
	14 Fontibón	6904	79%	0	0%	0	0	33	0.41	19
Centro	5 IDRD	6729	77%	0	0%	2	0	41	0.51	13
	2 MAVDT	8159	93%	0	0%	0	0	38	0.48	17
Centroccidente	13 Pte Aranda	8162	93%	0	0%	34	0	42	0.53	27
TOTALES		41930	68%	0	0%	454	6			

Tabla 22. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 53 ppb]												
Zona	Número y nombre de la estación	No de promedios anuales calculados	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Máxima Concentración Anual [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]	No. Mínimo de promedios diarios utilizados	No. Máximo de promedios diarios utilizados
Noroccidente	11 Corpas	365	55%	0	0%	0	0	13	0.2	8.0	145	263
	6 Carrefour	365	73%	0	0%	0	0	21	0.4	15.9	236	282
	14 Fontibón	365	72%	0	0%	0	0	20	0.4	19.1	108	342
Centro	5 IDRD	365	78%	0	0%	0	0	16	0.3	14.0	269	310
	2 MAVDT	365	91%	0	0%	0	0	17	0.3	15.0	301	349
Centroccidente	13. Pte Aranda	365	50%	0	0%	0	0	27	0.5	25.5	47	344
TOTALES		2190	70%	0	0%	0	0					

Tabla 23. Consolidado de los promedios horarios de CO

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3613	41%	0	0%	0	0	9.8	0.28	1.4
	6 Carrefour	7889	90%	0	0%	0	0	6.3	0.18	1.0
	14 Fontibón	6488	74%	0	0%	0	0	6.7	0.19	0.6
Centro	5 IDRD	7655	87%	0	0%	0	0	13.2	0.38	0.8
Suroccidente	7 Cazucá	4300	49%	0	0%	0	0	11.8	0.34	2.0
Sur	3 Sony	7751	88%	0	0%	0	0	9.7	0.28	1.9
TOTALES		38490	63%	0	0%	0	0			

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

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 8.8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	11 Corpas	3444	39.3%	0	0%	0	0	5.6	0.64	1.4
	6 Carrefour	7868	89.8%	0	0%	0	0	4.3	0.49	1.0
	14 Fontibón	6405	73.1%	0	0%	0	0	2.8	0.32	0.6
Centro	5 IDRD	7590	86.6%	0	0%	0	0	10.2	1.16	0.9
Suroccidente	7 Cazucá	4150	47.4%	0	0%	0	0	7.8	0.89	2.0
Sur	3 Sony	7722	88.2%	0	0%	0	0	6.5	0.74	2.0
TOTALES		37965	61.9%	0	0%					

Tabla 25. Consolidado de los promedios horarios de O₃

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	14 Fontibón	6640	75.8%	11	0.2%	336	68	101	1.66	13.2
Centro	5 IDRD	7196	82.1%	100	1.4%	793	231	148	2.43	15.7
	2 MAVDT	8051	91.9%	2	0.0%	157	17	71	1.16	13.6
Sur	3 Sony	8403	95.9%	83	1.0%	572	194	118	1.93	14.7
TOTALES		30290	86.4%	196	0.6%	1858	510			

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

Información de los registros de concentración de O ₃ para un periodo de 8 horas [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	14 Fontibón	6630	76%	38	0.6%	756	207	63	1.54	13.2
Centro	5 IDRD	7055	81%	242	3.4%	1234	568	85	2.07	15.7
	2 MAVDT	8032	92%	2	0.0%	735	49	42	1.02	13.6
Sur	3 Sony	8392	96%	174	2.1%	1140	444	71	1.73	14.7
TOTALES		30109	86%	456	1.5%	3865	1268			

2. METEOROLOGÍA

En este capítulo se presenta el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2008. La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) monitoreó variables climáticas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa, cuyos sensores se localizan en las estaciones tal y como aparece registrado en la Tabla 27.

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

ESTACION	Variables Meteorológicas				
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA
No. 1 Bosque	X	X	X		
No. 2 MAVDT					
No. 3 Sony	X	X	X		
No. 4 Tunal	X	X			X
No. 5 I.D.R.D.	X	X	X		X
No. 6 Carrefour	X	X	X		X
No. 7 Cazucá	X	X	X		
No. 8 Escuela	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X		X
No. 10 Santo Tomás	X				
No. 11 Corpas	X	X	X		
No. 13 Puente Aranda	X	X	X		
No. 14 Fontibón	X	X	X		
No. 15 Usme	X	X	X	X	X
No. 16 Vitelma	X	X	X	X	X

2.1 PRECIPITACIÓN

La precipitación es el término con el cual se denomina cualquier y todas las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo, hielo granulado, nieve, granizo menudo y bolillas de nieve.

Durante el año 2008 la precipitación en la ciudad se registró en catorce (14) estaciones de la RMCAB que cuentan con pluviómetros, según se reporta en la Tabla 27. Los datos recolectados en cada una de las estaciones permitieron establecer el comportamiento de éste parámetro en la ciudad. No se tiene registros por fallas en los equipos de las estaciones No. 3 Sony (en los meses de julio y agosto), No. 10 Santo Tomás (en abril) y en la No. 11 Universidad Corpas (en mayo). Además, se tienen pocos datos en los meses de julio y diciembre en la estación No. 14 Fontibón y en julio también, en la No. 11 Universidad Corpas, datos que se tuvieron en cuenta para el análisis de la precipitación. Es de resaltar que la estación No. 13 Puente Aranda tiene registro los cinco primeros meses del año, por lo tanto se considera como Fuera de Servicio.

En la Figura 48 se puede observar que para el presente año la precipitación en la ciudad presentó un valor similar a los años 2002 y 2006 y el comportamiento de los últimos cinco años presentan poca variación en su intensidad. Los años de menor intensidad fueron 2001 y 2003 en los once (11) años que se presentan. Por otro lado, si se agrupan las estaciones que tienen 10 años, se origina la Figura 49 en la cual se aprecia que el año 2008 es el tercer año de mayor precipitación sobre la ciudad y el 2003 el de menor valor de precipitación; desde ese año en adelante el valor de las precipitaciones acumuladas generalmente registra un ascenso. Es de resaltar que durante todo el año 2008, en el territorio Colombiano, se presentó el Fenómeno de la Niña². Los años de menor precipitación se registran en el fenómeno inverso de la niña el cual es el Fenómeno de del Niño.

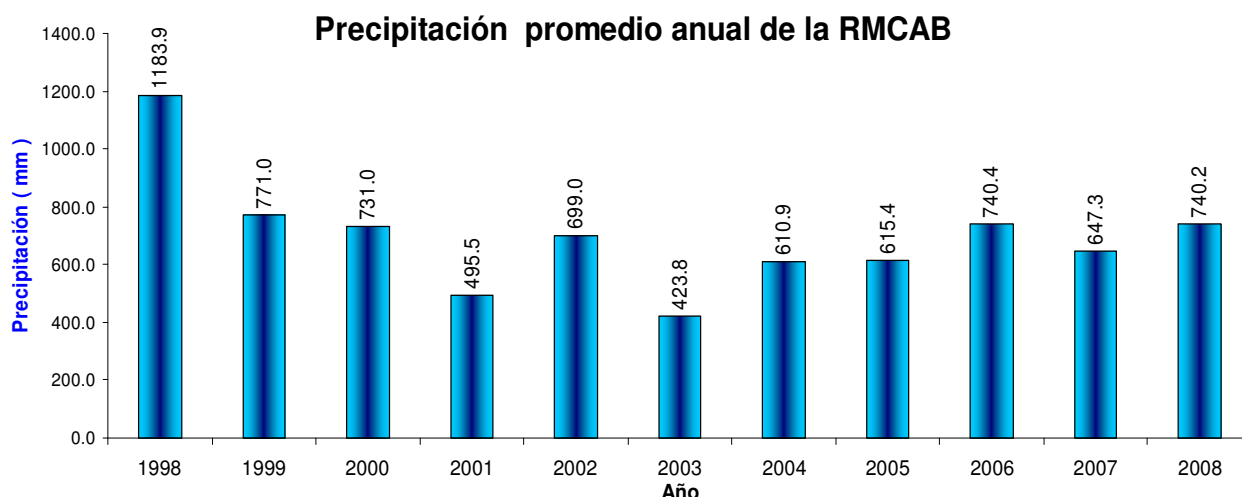


Figura 48. Promedios de la RMCAB para los años 1998 al 2008

² **Fenómeno de la Niña** : Se le llama así por que presenta condiciones contrarias al fenómeno del Niño, pero también es conocido como "El Viejo" o "El Anti-niño". Suele ir acompañado del descenso de las temperaturas y provoca fuertes sequías en las zonas costeras del Pacífico y el aumento en las precipitaciones.

En la Figura 49 se observa el comportamiento de la precipitación en las diferentes estaciones de la RMCAB desde el año 2000. Se concluye que las estaciones ubicadas en el oriente y centro de la ciudad son las que registran las mayores precipitaciones; las que se ubican en el sur y occidente presentan las menores precipitaciones. También se puede observar que solamente las estaciones No. 10 U. Santo Tomás y la No. 14 Fontibón muestran una disminución de las precipitaciones para el año 2008 en comparación al año 2007.

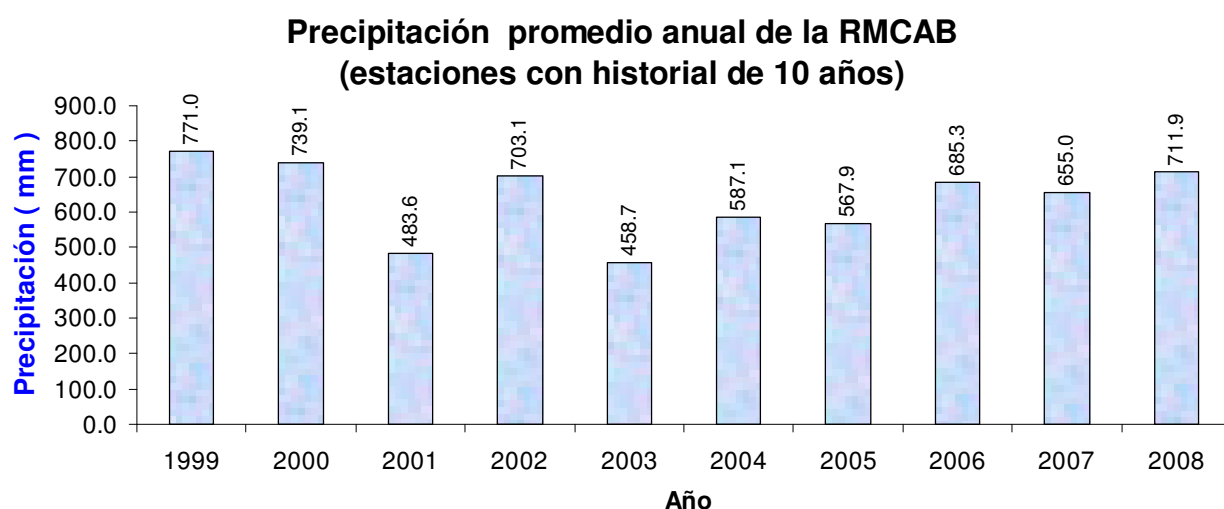


Figura 49. Promedios de precipitación anual registrados por la RMCAB entre los años 1999 al 2008

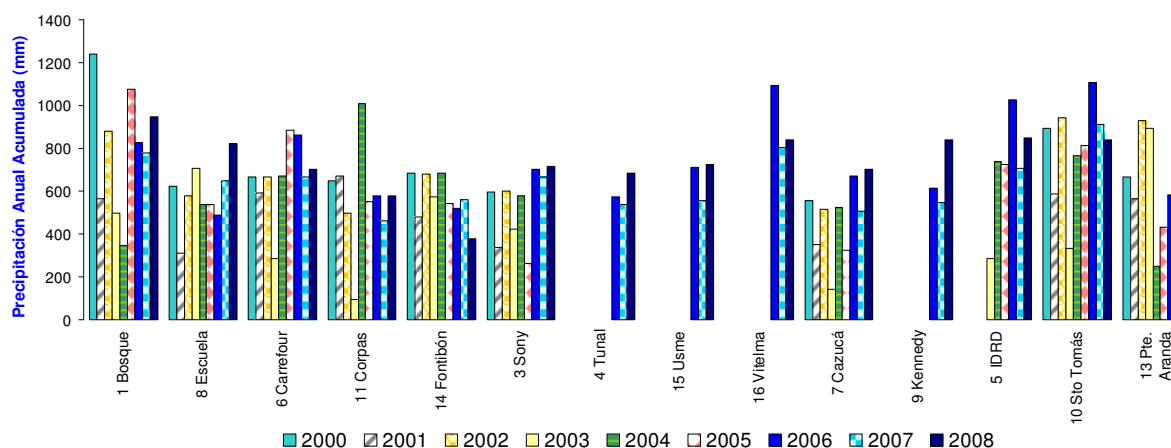


Figura 50. Promedios de precipitación anual por estación entre los años 1999 al 2008

La Tabla 28, presenta los datos históricos de precipitación anual acumulada en cada una de las estaciones de la RMCAB desde el año 1998, así como la comparación de precipitación acumulada del año 2008 con respecto al histórico y el índice de precipitación de aquellas que permiten calcularlo.

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

Número y nombre de la Estación	Precipitación Anual Acumulada											Índice de Precipitación [%] **
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
1 Bosque	1307.3	1181.3	1241.9	564.1	878.0	499.0	346.5	1077.4	825.7	779.2	946.5	108.7
8 Escuela	1917.1	1035.7	620.1	310.9	576.2	708.7	538.5	536.2	490.2	647.2	820.6	111.1
6 Carrefour			665.7	590.4	665.9	284.2	673.1	884.5	860.6	668.6	701.6	105.9
11 Corpas	1208.8	911.6	648.9	671.9	497.4	95.3	1006.8	551.0	577.6	460.9	578.9	87.2
14 Fontibón		268.3	686.4	478.2	681.8	573.8	683.0	544.0	519.2	557.9	380.0	68.4
3 Sony	733.6	752.6	595.6	337.0	600.1	424.4	579.0	261.3	703.0	668.7	715.7	126.5
4 Tunal									571.5	537.5	686.1	114.0
15 Usme									711.7	556.4	723.1	88.6
16 Vitelma									1095.1	804.2	841.7	150.7
7 Cazucá	645.9	403.4	554.5	350.8	516.1	143.1	523.8	325.1	672.9	505.8	700.6	144.3
9 Kennedy									613.2	547.5	838.8	121.8
5 IDRD						283.4	738.7	725.5	1028.0	707.0	848.3	94.8
10 Sto Tomás	1290.6	1225.7	891.9	586.9	940.8	331.5	764.6	813.1	1105.7	913.0	840.7	60.9
13 Pte. Aranda		383.8	667.8	563.6	929.7	891.3	247.6	430.1	581.6	700.1		

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

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

De acuerdo a éste, la intensidad de las lluvias sobre la ciudad presentó porcentajes que van desde 61 hasta 151%, mostrando que las estaciones 10 Santo Tomás, No. 11 Universidad Corpas, la No. 14 Fontibón y la No. 15 Usme, presentaron lluvias ligeramente por debajo de lo normal, pues sus índices son los más bajos de la RMCAB; sin embargo, cabe resaltar que dichas estaciones presentan por lo menos un mes sin datos por analizador fuera de servicio.

Las estaciones No. 1 Bosque, No. 6 Carrefour y la No. 5 IDRD de acuerdo a su índice reportaron lluvias normales para el año, mientras que las estaciones No. 3 Sony, No. 4 Tunal, No. 9 Kennedy y la No. 8 Escuela presentaron lluvias ligeramente por encima de lo normal (periodo lluvioso). La estaciones No. 7 Cazucá y la No. 16 Vitelman muestra lluvias moderadamente por encima de lo normal (periodo muy lluvioso)

Por otro lado, en la Tabla 29 se puede observar el número de días de lluvia por estación durante los años comprendidos entre 1998 y 2008, en donde se determina que la No. 8 Escuela es la de mayor número de días con lluvias y además, la Tabla 30 muestra precipitación diaria acumulada máxima presentada en cada uno de estos años. La estación No. 10 Santo Tomás, presentó el valor máximo diario para el año 2008, el cual fue de 63.2 mm que se considera como lluvia *muy fuerte*. El menor valor máximo diario de la RMCAB fue de 24.1 mm, registrado en la estación No. 11 Universidad Corpas y considerado como lluvia *fuerte*. En la Tabla 31 se observan los diferentes días en donde se registraron los máximos diarios de precipitación en las estaciones de la RMCAB; seis diferentes meses del año registraron máximos, siendo mayo y marzo los más comunes.

Tabla 29. Días de lluvia por año y estación de 1998 a 2008.

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

Tabla 30. Precipitación máxima diaria por estación de 1998 a 2008.

Número y nombre de la Estación	Precipitación Máxima Diaria										
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 Bosque	60.3	53.2	71.1	29.0	40.1	35.1	37.1	119.6	50.4	34.9	43.4
8 Escuela	116.6	59.4	35.0	36.8	26.1	36.1	30.9	23.6	24.7	33.4	38.5
6 Carrefour			60.8	24.6	30.9	25.4	26.9	38.0	32.9	42.8	31.5
11 Corpas	46.4	44.4	25.8	175.0	59.1	20.8	173.2	31.9	29.9	19.8	24.1
14 Fontibón		35.8	30.6	63.9	29.0	26.8	42.4	29.6	84.4	38.9	39.1
3 Sony	44.8	35.3	36.6	19.8	28.1	24.9	30.6	22.0	33.5	31.1	57.2
4 Tunal									36.1	19.5	56.3
15 Usme									27.1	29.5	28.3
16 Vitelma									50.0	36.3	34.4
7 Cazucá	40.8	25.2	23.2	28.5	28.4	21.7	24.8	16.7	31.8	30.6	24.8
9 Kennedy									25.4	31.7	40.0
5 IDRD						23.6	29.0	43.8	42.0	54.1	33.8
10 Sto Tomás	56.8	54.2	54.1	26.7	30.7	32.5	49.1	45.7	55.9	55.7	63.2
13 Pte. Aranda		27.2	42.4	56.4	56.6	29.4	15.0	12.0	27.0	41.2	

Tabla 31. Máximos diarios de precipitaciones y día en que ocurrieron durante el año 2008

Estación	Máximo Acumulado Diario	
	[mm]	Día
8 Escuela	38.5	Domingo 09 Marzo
1 Bosque	43.4	Sábado 22 Noviembre
11 Corpas	24.1	Lunes 03 Noviembre
6 Carrefour	31.5	Jueves 04 Diciembre
14 Fontibón	39.1	Viernes 14 Marzo
10 Sto Tomás	63.2	Sábado 24 Mayo
5 IDRD	33.8	Sábado 24 Mayo
9 Kennedy	40.0	Jueves 21 Febrero
7 Cazucá	24.8	Jueves 22 Mayo
3 Sony	57.2	Viernes 14 Marzo
4 Tunal	56.3	Jueves 21 Febrero
16 Vitelma	34.4	Sábado 24 Mayo
15 Usme	28.3	Sábado 24 Mayo

En la Tabla 32 se detalla la precipitación acumulada para cada mes del año 2008 por estación, el promedio mensual de la precipitación acumulada según las mediciones de la RMCAB y el promedio mensual multianual según la estación del Aeropuerto El Dorado del IDEAM. El mes más lluvioso según los datos de la Red fue noviembre, mientras que el menos lluvioso correspondió a enero. Según la escala de precipitación, las precipitaciones mensuales estuvieron entre ligeras y fuertes.

La distribución anual de la precipitación en Bogotá, presentó para el año 2008, un comportamiento trimodal según los datos reportados por la RMCAB, tal como se muestra en la Figura 51; los valores máximos de precipitación se presentaron en marzo, mayo y noviembre, mientras que los mínimos se presentaron en enero, abril y septiembre. Por su parte, los datos multianuales, correspondientes a los años 1972 a 2004, reportados por la estación Aeropuerto El Dorado de propiedad del IDEAM³, representan un comportamiento bimodal.

Tabla 32. Acumulados mensuales de precipitación por estación para el año 2008

Zona	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte	1 Bosque	44.1	86.2	59.6	51.5	93.6	41.3	62.4	36.5	62.4	100.7	215.9	92.3
	8 Escuela	28.3	44.2	171.7	45.3	104.7	20.5	42.4	57.6	26.1	81.6	140.7	57.5
Noroccidente	6 Carrefour	24.7	54.6	77.5	42.6	50.6	46.9	49.7	43.0	19.3	89.8	111.4	91.5
	11 Corpas	8.5	71.0	19.2	67.6		25.9	9.1	67.2	53.2	80.1	121.9	55.2
	14 Fontibón	24.0	62.0	79.8	8.7	68.1	28.5	7.2	14.9	14.9	25.7	45.7	0.5
Sur	3 Sony	17.5	106.0	171.4	33.7	100.4	69.2			16.8	29.3	108.0	63.4
	4 Tunal	4.5	102.7	160.5	29.8	79.7	65.0	23.5	34.8	18.2	25.2	76.9	65.3
	15 Usme	4.1	38.6	48.0	90.2	140.0	64.9	59.1	74.4	44.9	47.1	73.5	38.3
	16 Vitelma	15.5	41.5	93.7	98.3	172.6	67.9	89.7	76.7	48.0	56.2	56.2	25.4
Suroccidente	7 Cazucá	18.0	41.4	57.7	65.5	105.5	99.3	62.6	41.8	31.3	58.6	77.5	41.4
	9 Kennedy	4.1	88.2	141.5	62.5	98.4	26.6	58.7	30.5	27.9	76.9	128.3	95.2
Centro	5 IDRD	34.7	58.5	16.3	68.7	120.0	56.8	47.9	52.0	16.6	90.6	151.3	134.9
	10 Sto Tomás	50.1	81.4	14.7		124.3	74.2	68.6	73.6	31.2	16.7	189.4	116.5
Centroccidente	13 Pte. Aranda	44.8	91.5	169.6	29.2	30.4							
Promedio mensual RMCAB		23.1	23.1	69.1	91.5	53.4	99.1	52.8	48.4	50.3	31.6	59.9	115.1
Promedio mensual multianual IDEAM		28.9	28.9	43.5	67.0	100.7	91.9	54.7	42.7	45.2	70.1	101.3	88.5

El acumulado mensual de precipitación de cada estación durante el primer semestre de 2008 para cada una de las estaciones de la RMCAB se presenta en la Figura 52. Los meses de marzo y mayo presentan las mayores precipitaciones, mientras que, los meses de enero, abril y junio se observa una reducción en las precipitaciones. Este comportamiento no coincide con el promedio multianual de Bogotá de acuerdo a los registros que tiene el IDEAM, en donde se observa que hay un pico entre los meses de abril y mayo. En este primer semestre, las estaciones No. 3 Sony, No. 16 Vitelma y No. 4 Tunal presentan los valores máximos, las cuales se encuentran en el sur de la ciudad, las de menor serán No. 11 Corpas y la No. 14 Fontibón, al noroccidente de la ciudad.

Para el segundo semestre del año se presenta la Figura 53; el mes de diciembre registró las mayores precipitaciones, y el mes de septiembre registró las menores. El comportamiento se acopla al promedio multianual de Bogotá de acuerdo a los registros que tiene el IDEAM de la precipitación en Bogotá. Las estaciones No. 1 Bosque, No. 10 U. Santo Tomás y No. 5 IDRD registraron las mayores precipitaciones para el periodo, en los sectores centro y norte de la ciudad, mientras que No. 14 Fontibón, No. 3 Sony y la No. 4 Tunal, registraron las menores, sector sur y occidente de la ciudad.

³ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Sistema de Información Nacional Ambiental.

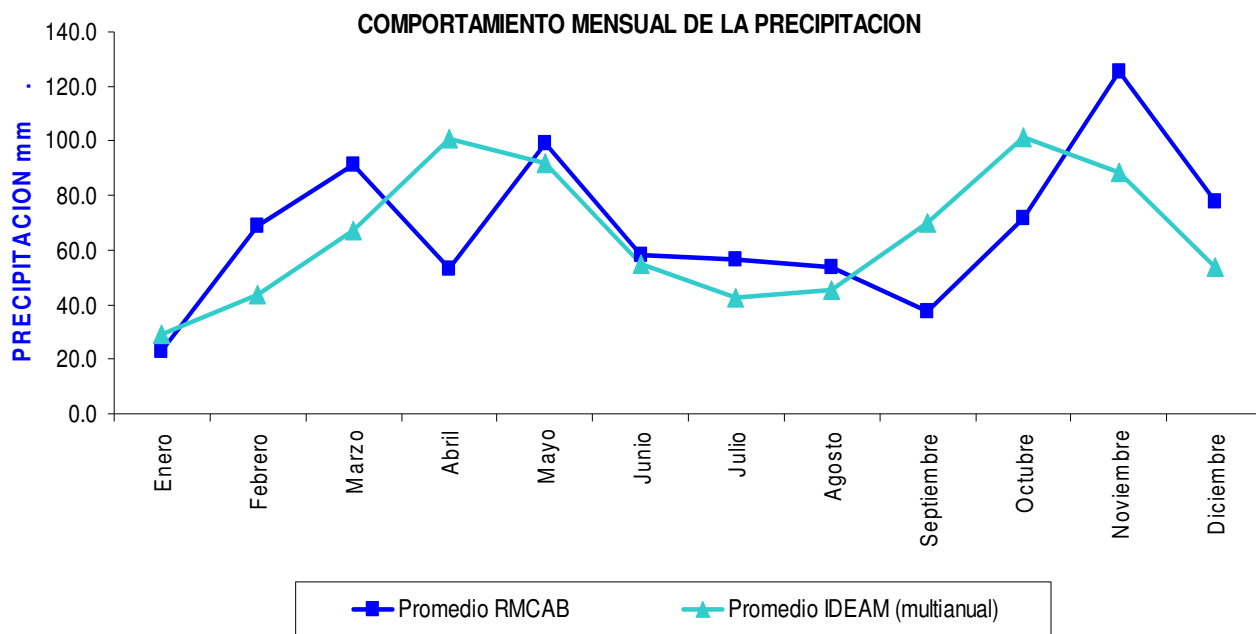


Figura 51. Comportamiento mensual de la precipitación

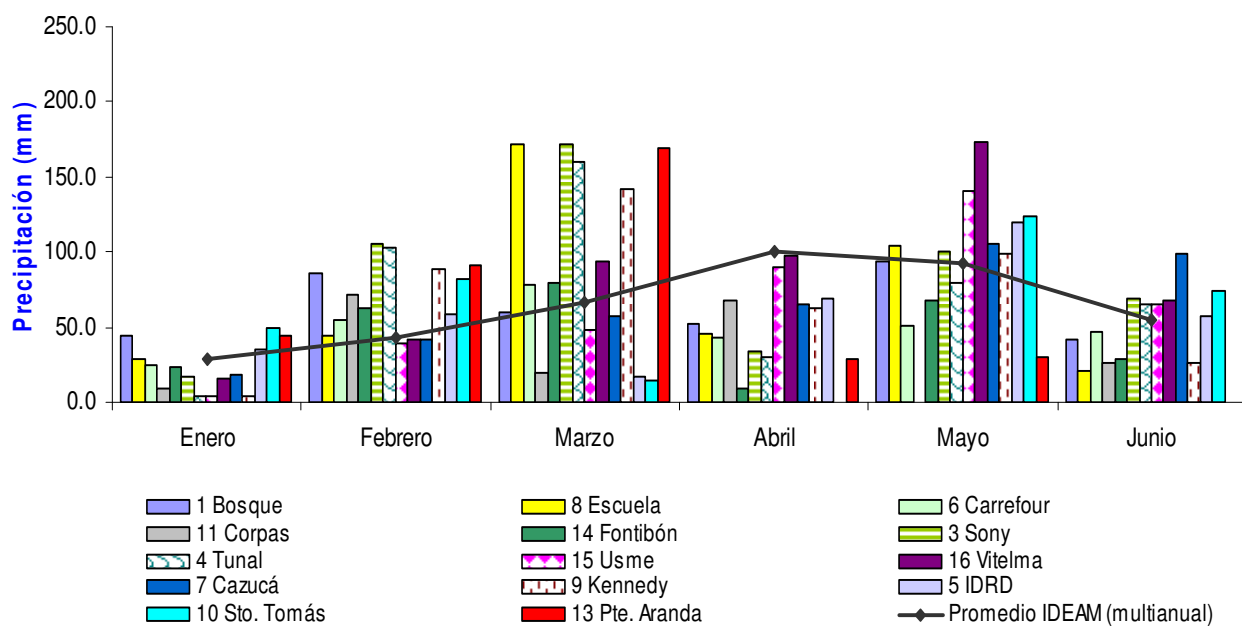


Figura 52. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2008

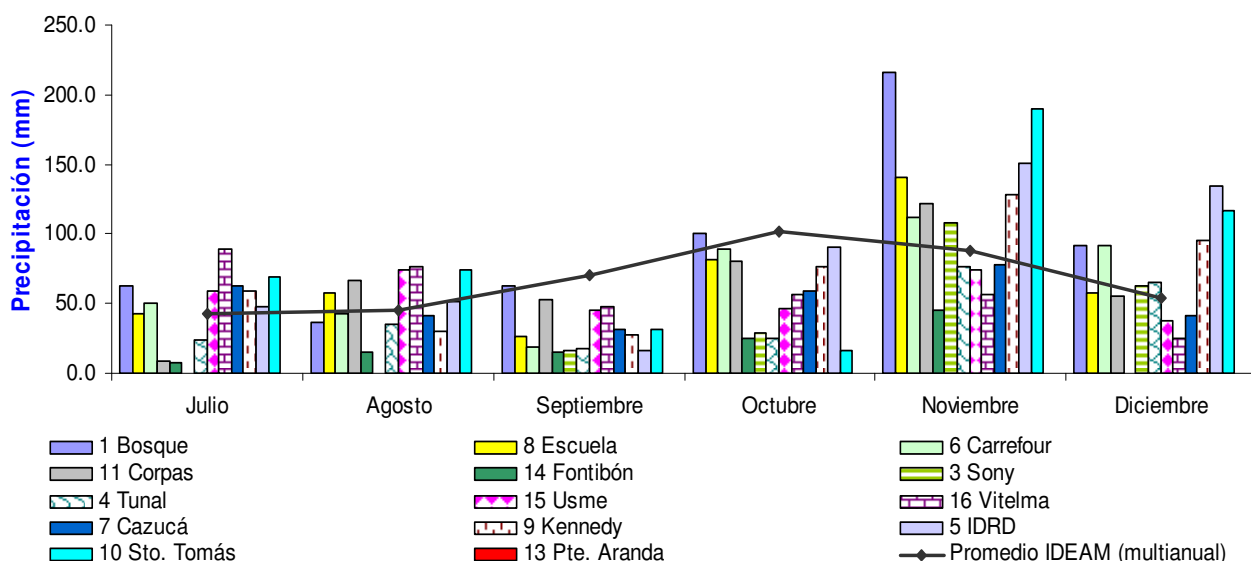


Figura 53. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2008

La Figura 54 muestra el mapa de distribución de la precipitación acumulada para el año 2008. Como se puede observar, las intensidades de las lluvias son mayores hacia los cerros orientales, disminuyendo hacia el centro y occidente, determinando que la zona centroccidente y noroccidente registraron los menores valores. Se resalta que el sur de la ciudad generalmente presenta valores mínimos, pero para el presente año se presentaron medios. La zona monitoreada por la estación No. 1 Universidad El Bosque registró el acumulado mayor de toda la ciudad. Los menores valores están en la estaciones No. 14 Fontibón y la No. 11 Corpas. Se debe destacar que las precipitaciones de este año se vieron afectadas por el Fenómeno de la niña, lo que determinó que el acumulado de este año fuera mayor al presentado en el año 2007, a excepción de No. 10 Santo Tomás y No. 14 Fontibón, esta última presentó dos meses sin datos.

2.2 VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y de intensidad suave y leve en las tardes; esta tendencia se conserva para el año 2008. Las estaciones No. 6 Carrefour y No. 11 Corpas presentaron un comportamiento atípico debido a que en horas de la tarde la velocidad promedio registra un valor cercano a 0.3 m/s, menor al registrado en horas de la mañana de acuerdo con las velocidades predominantes.

Como se muestra en la Figura 55, para un día normal, en la mayoría de las estaciones en las horas de la mañana los vientos son de calma y ventolina hasta pasadas las 9 horas, cuando comienzan a aumentar; entre las 14 y las 16 horas se alcanzan las mayores intensidades de viento llegando a vientos suaves y leves, dependiendo de la estación; posteriormente empieza un descenso de sus velocidades volviendo en horas de la noche a ventolina y calma.

**PRECIPITACION ACUMULADA
(mm) - ANUAL DE 2008**

- Localidades
- Perimetro Urbano
- Estaciones RMCAB

380 - 461
461 - 542
542 - 623
623 - 704
704 - 785
785 - 866
866 - 946

**ELABORADO POR
LA RMCAB**

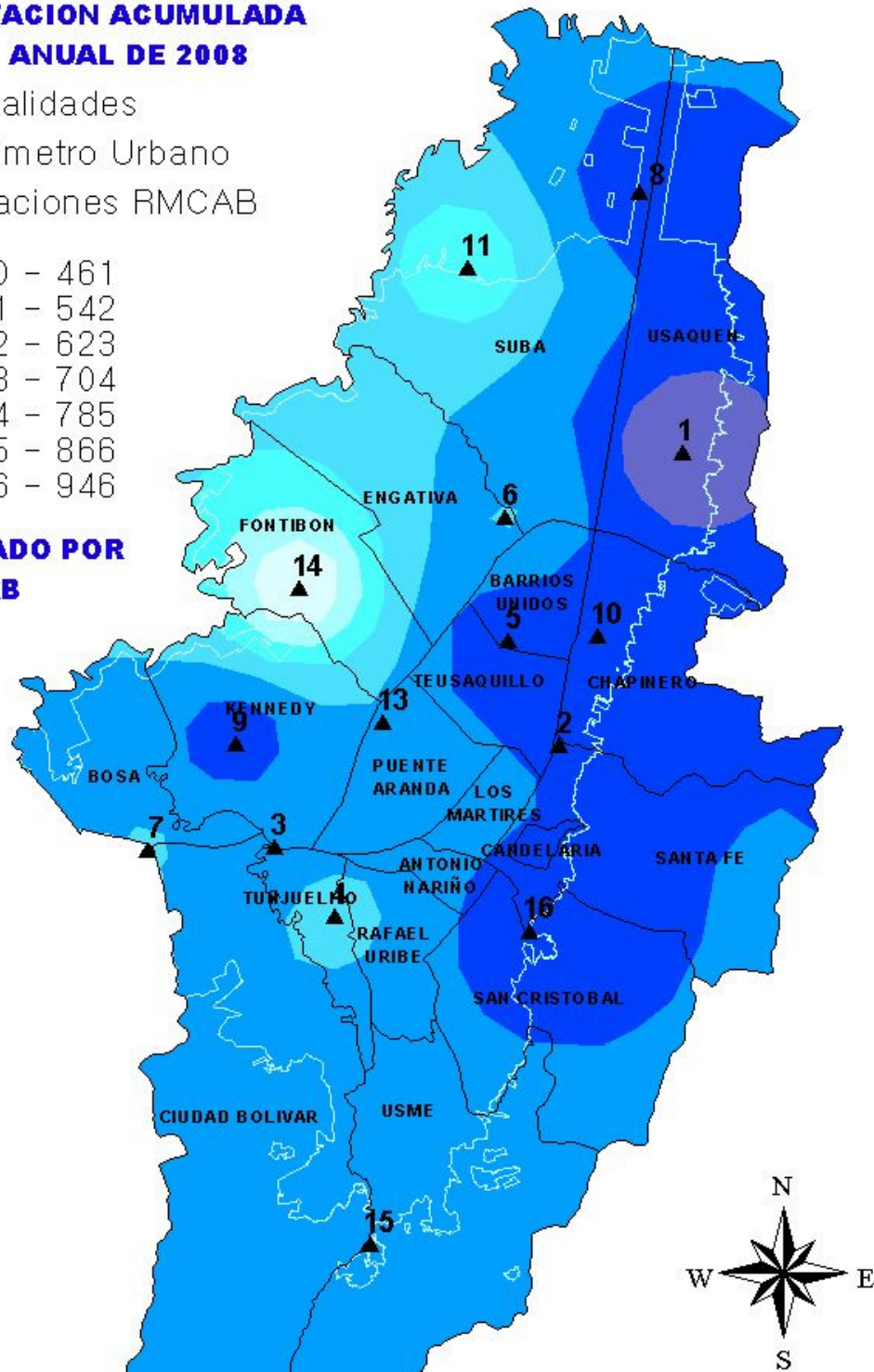


Figura 54. Mapa de precipitación para el año 2008.

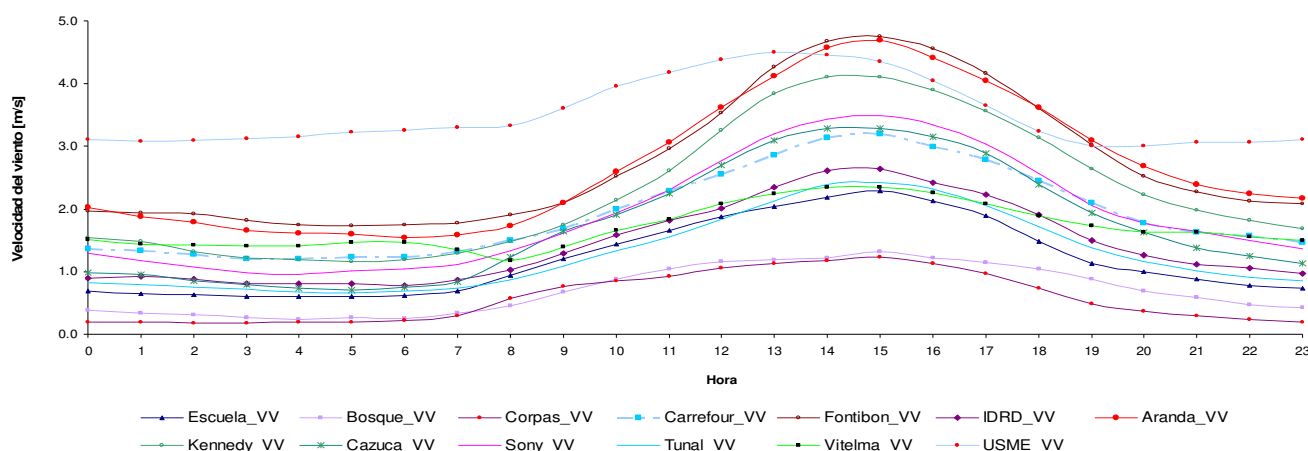


Figura 55. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

Las estaciones No. 1 Universidad El Bosque y No. 11 Universidad Corpas registraron las velocidades promedio horarias más bajas en comparación con las demás estaciones de la RMCAB en niveles de calmas y ventolinas, mientras que la estación No. 16 Usme registró vientos leves, con las mayores velocidades de la red.

Durante el año 2008 se registró una máxima horaria de velocidad del viento de 11.2 m/s el viernes 14 marzo a las 13:00, el cual se considera como *Muy Fuerte*, según la escala de Beaufort⁴, este dato se presentó en la estación No. 7 Cazucá, con una dirección oeste-noroeste; las demás velocidades máximas horarias se registraron entre 3.8 y 9.2 m/s, comprendidas entre viento *leve* y *regular*. El resumen de la intensidad media de los vientos así como sus máximos se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33. Velocidad Promedio, máxima y media del viento por estación en el año 2008.

Estación	Predominancia		Velocidad Máxima Horario		
	Velocidad Media [m/s]	Dirección Predominante [Grados]	[m/s]	Dirección [grados]	Fecha/hora
8 Escuela	0.3	122	6.4	294	Martes 01 Enero 16:00
1 Bosque	0.4	121	3.8	125	Viernes 27 Junio 19:00
11 Corpas	0.2	63	5.7	46	Martes 12 Febrero 18:00
6 Carrefour	0.3	83	6.4	0	Viernes 09 Mayo 12:00
14 Fontibón	0.8	314	9.2	282	Lunes 28 Enero 14:00
5 IDRD	0.2	280	5.3	270	Jueves 27 Noviembre 15:00
13 Pte Aranda	0.7	259	8.4	160	Domingo 29 Junio 14:00
9 Kennedy	0.7	230	7.0	174	Viernes 27 Junio 16:00
7 Cazucá	0.6	261	11.2	310	Viernes 14 Marzo 13:00
3 Sony	0.7	208	7.2	163	Viernes 15 Febrero 20:00
4 Tunal	0.5	222	5.4	260	Lunes 29 Diciembre 15:00
16 Vitelma	1.2	127	6.8	100	Miércoles 08 Octubre 14:00
15 Usme	2.6	191	8.1	160	Miércoles 09 Julio 13:00

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

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

Como se puede determinar en la Tabla 34, las velocidades máximas por estación en los diferentes años, se registraron en diferentes zonas de la ciudad, mostrando que la cuarta de los ocho años se registraron en la Estación No. 14 Fontibón, los demás años en la No. 7 Cazucá y No. 15 Usme, ambas al sur de la ciudad.

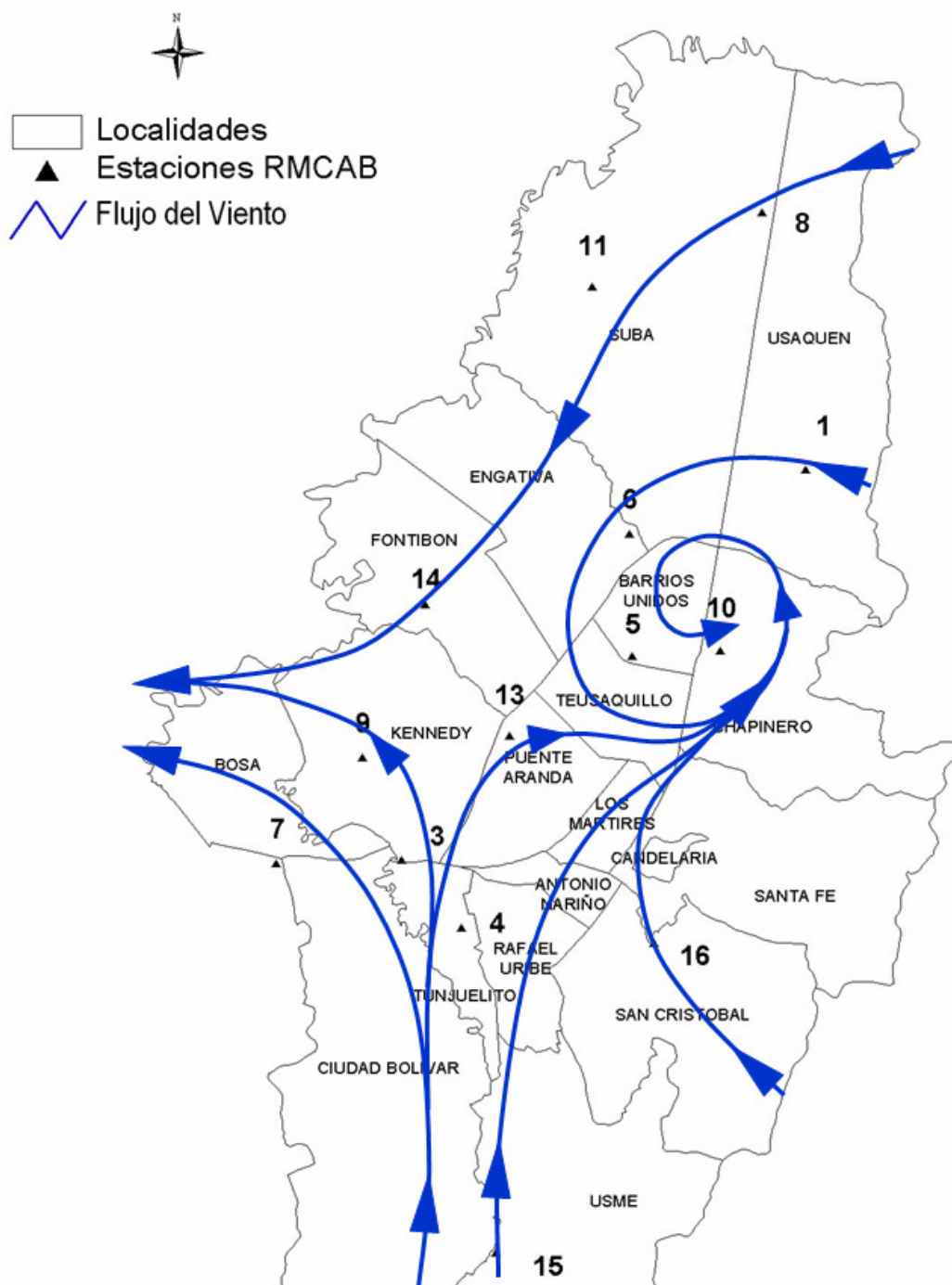
Tabla 34. Velocidad Promedio por estación y año.

Estación	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1 Bosque	0.99	0.98	1.18	1.53	1.65	2.32	1.79	0.66
8 Escuela	0.62	0.60	0.48	0.54	0.50	0.49	0.48	1.19
5 IDRD	0.65	0.63		0.76	1.88	0.77	1.09	1.41
10 Sto. Tomás	0.39	0.42	0.54	0.64	1.50	1.11	1.25	
3 Sony	1.26	1.22	2.08	1.39	1.16	1.63	1.79	1.92
7 Cazucá	2.15	2.26	2.87	2.74	2.40	2.51	2.61	1.74
9 Kennedy					1.14	1.43	1.49	2.24
15 Usme					2.80	2.57	2.61	3.46
16 Vitelma					2.31	1.61	1.48	1.68
4 Tunal						1.61	2.03	1.23
6 Carrefour	1.72	1.60		1.65	1.52	1.37	1.26	1.88
11 Corpas	1.45	1.29		1.65	1.65	1.29	1.43	0.59
14 Fontibón	2.80	2.81	2.78	2.70	2.74	2.83	3.29	2.72
13 Merck	2.38	2.35	2.51	2.73	2.77	2.71	2.68	2.66
Promedio	1.44	1.42	1.78	1.63	1.85	1.73	1.81	1.80
Máximo Anual	2.80	2.81	2.87	2.74	2.80	2.83	3.29	3.46

A continuación se presentan los mapas en los cuales se grafica el flujo de los vientos que se deriva del producto vectorial entre las velocidades y direcciones. En la Figura 56 se presentan los vientos resultantes para el periodo comprendido entre las 6 y las 11 horas y en la Figura 57 los vientos resultantes entre las 12 y las 18 horas. Entre las 19:00 y las 5:00 del día siguiente se registran vientos de calma por lo cual no se consideran.

Para el año 2008 durante las horas de la mañana, se observaron cuatro flujos de vientos; el primero proveniente del sur de la ciudad con dirección occidente hacia las localidades de Kennedy y Bosa, uniéndose con el segundo flujo proveniente del nororiente de la ciudad con dirección suroccidente. El tercer flujo es el que viene de los cerros orientales tanto del sur como del norte en dirección del occidente, pero en el sector central de la ciudad estos se unen con el cuarto flujo proveniente del sur y confluyen en las localidades de Barrios Unidos, Teusaquillo y Chapinero, debido posiblemente a un sistema de baja presión que se presentó en la zona.

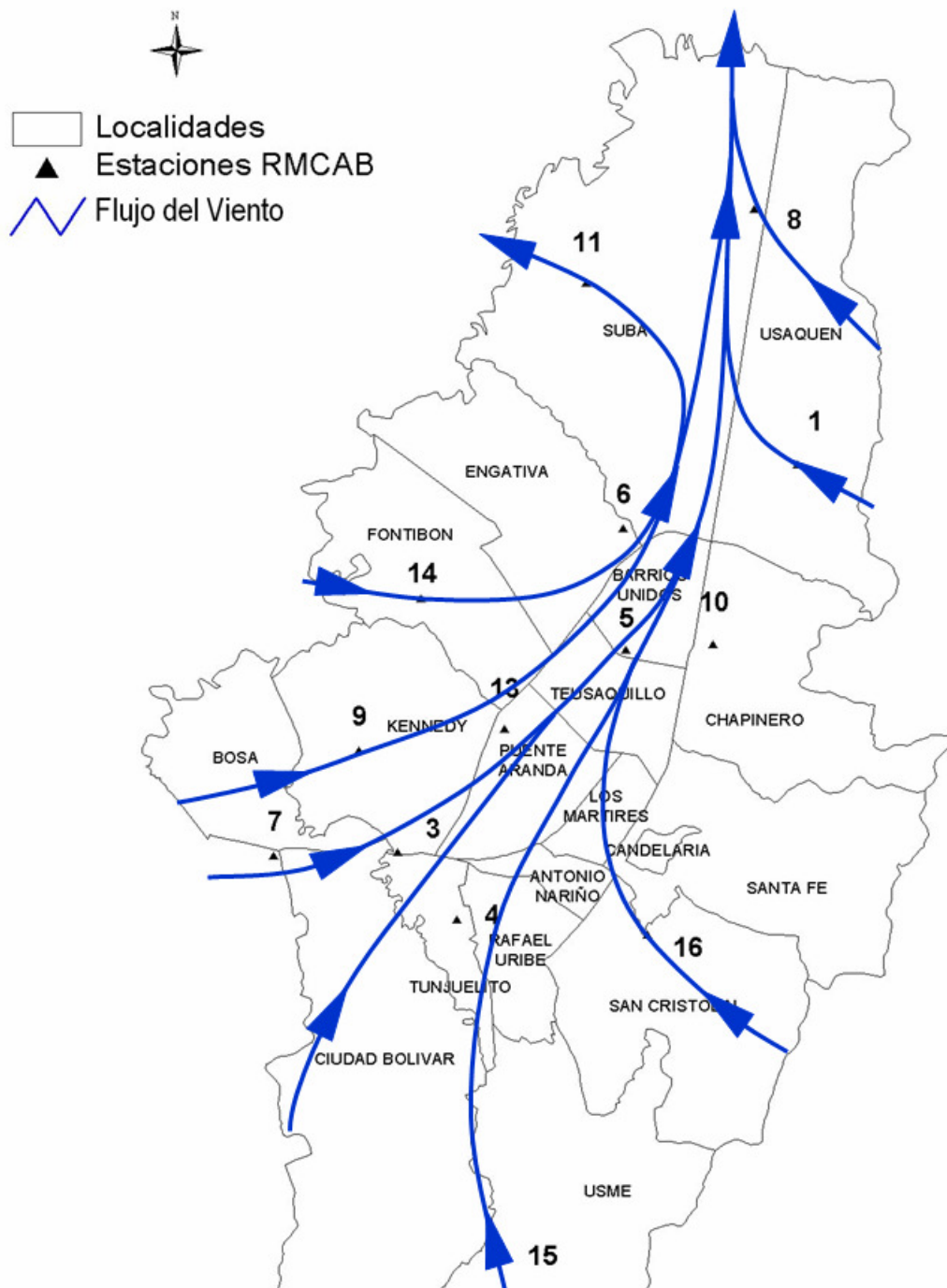
En las horas de la tarde, se presentaron dos flujos de vientos, el primero proveniente del suroriente y el segundo del suroccidente con dirección norte. Por el efecto de los cerros de Suba se presenta un desvío que marca un flujo semicircular entre las localidades de Fontibón y Suba que no sigue la trayectoria sur norte.



Viento Resultante en las horas de la mañana

Año 2008 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 56. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2008 entre las 6:00 y las 11:00.



Viento Resultante en las horas de la tarde

Anual 2008 - Elaborado por la RED DE AIRE

Figura 57. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2008 entre las 12:00 y las 18:00.

El Anexo 3 presenta las rosas de vientos de las estaciones, en las que se muestra el porcentaje de calmas en el centro de la rosa, es decir, el porcentaje de vientos cuya magnitud es menor a 0.5 m/s. Estos cálculos se han realizado utilizando la información de vientos que registran las estaciones de monitoreo cada diez minutos.

2.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL

La temperatura superficial se refiere principalmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. Durante el año 2008 se contó con trece (13) estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, según se reporta en la Tabla 27. Es de aclarar que en las estaciones No. 1 Bosque y No. 4 Tunal este sensor presenta un porcentaje de datos bajos, pero los registros se tendrán presentes para el análisis anual.

Las temperaturas mínimas y máximas, así como los promedios anuales y el porcentaje de datos obtenido por cada estación se presentan en la Tabla 35. El promedio anual máximo de temperatura superficial para el año 2008 se registró en la estación No. 4 Tunal con un valor de 14.2 °C mientras que el menor se generó en la No. 16 Vitelma con 11.5 °C; para la RMCAB se determina un promedio anual de 13.4 °C, el cual es similar al histórico que tiene el IDEAM⁵, que es de 13.5 °C.

Tabla 35. Temperaturas presentadas en el año 2008

Estación	Altura del Sensor [m]	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Prom. Anual	% Anual
		° C	Fecha	° C	Fecha		
1 Bosque	10,0	21,9	Domingo 28 Diciembre 14:00	4,5	Domingo 11 Mayo 06:00	12,1	72%
8 Escuela	2,0	24,2	Miércoles 30 Abril 13:00	3,8	Martes 18 Marzo 06:00	13,9	81%
11 Corpas	2,0	22,0	Viernes 02 Mayo 15:00	2,2	Lunes 28 Abril 05:00	13,6	89%
6 Carrefour	10,0	23,4	Viernes 15 Febrero 15:00	1,2	Sábado 02 Febrero 06:00	13,3	97%
14 Fontibón	20,0	22,5	Martes 29 Abril 13:00	6,3	Lunes 04 Febrero 07:00	14,1	84%
5 IDRD	2,0	24,5	Miércoles 26 Marzo 14:00	-1,5	Martes 01 Enero 06:00	13,9	100%
13 Pte. Aranda	26,1	22,4	Martes 29 Abril 14:00	7,2	Lunes 04 Febrero 06:00	14,0	97%
7 Cazucá	2,0	21,6	Jueves 18 Septiembre 13:00	2,1	Martes 01 Enero 06:00	13,0	94%
9 Kennedy	2,0	21,2	Viernes 13 Junio 15:00	5,2	Martes 18 Marzo 07:00	13,6	77%
3 Sony	2,0	22,8	Miércoles 26 Marzo 14:00	2,1	Martes 22 Enero 07:00	14,0	96%
4 Tunal	12,0	20,6	Viernes 17 Octubre 14:00	7,2	Miércoles 17 Diciembre 06:00	14,2	49%
16 Vitelma	2,0	20,3	Martes 29 Enero 14:00	2,9	Sábado 02 Febrero 06:00	11,5	86%
15 Usme	2,0	23,0	Sábado 29 Marzo 12:00	1,7	Miércoles 17 Diciembre 04:00	13,4	92%

Observando los valores máximos horarios se puede determinar que el mayor se registró en la estación No. 5 IDRD con 24.5 °C, presentándose el miércoles 26 de Marzo a las 14 horas, mientras que la menor de las máximas temperaturas se generó en estación No. 16 Vitelma el martes 29 de Enero a las 14 horas y fue de 20.3 °C, mostrando una diferencia entre ellas cercana a 4 °C, lo cual puede determinar la presencia de microclimas en la ciudad. Se observa que en general los máximos

⁵ Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM. Registros de 1972 a 2003.

registros se generaron en el primer semestre, pues solo tres estaciones los registraron posteriormente, dos de ellas presentando bajo porcentaje de datos.

En cuanto a los datos horarios mínimos, se determina que en la estación No. 5 IDRD se registraron valores inferiores a 0 °C (-1.5°C), lo que determina la presencia de heladas⁶. Las demás estaciones presentan valores entre 1.2 °C y 7.2 °C. Además, once (11) de las trece estaciones de la RMCAB registraron sus temperaturas mínimas en el primer semestre, las otras en el mes de diciembre, todas entre las 4 y las 7 de la mañana.

El comportamiento promedio horario de la temperatura en un día típico se describe en la Figura 58, en donde se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 4 y las 7 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 7:00 y las 12:00, hora en la cual se alcanzan los máximos valores hasta las 13:00. Posteriormente desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día. +

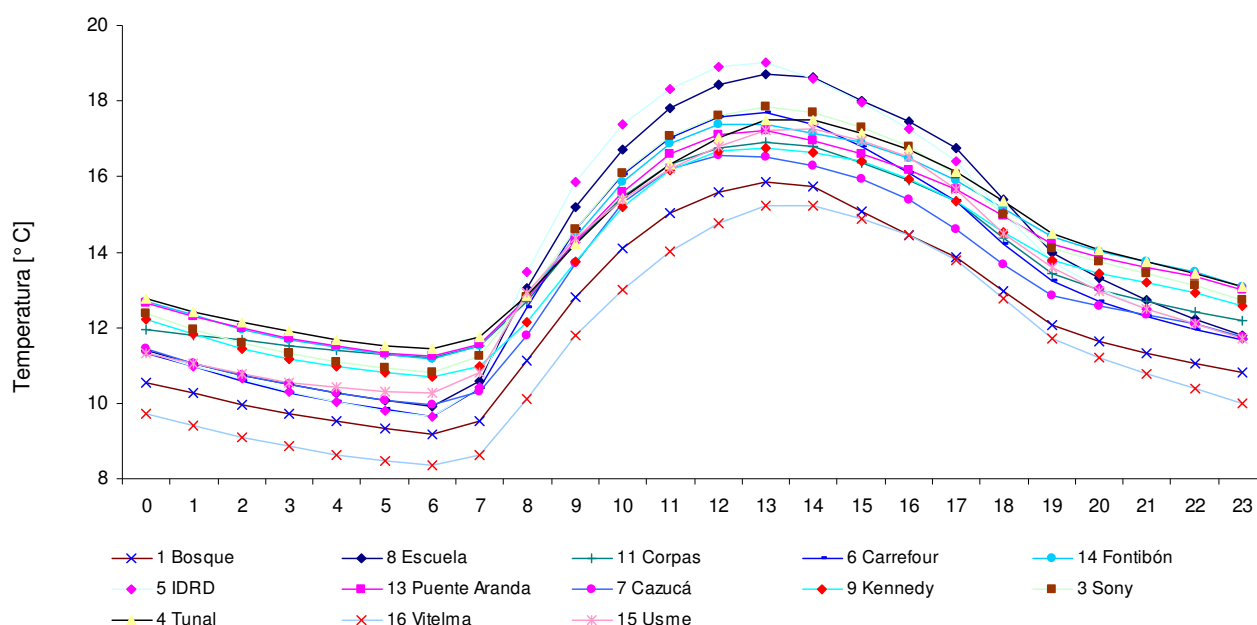


Figura 58. Promedios horarios de temperatura superficial

Al observar la temperatura media mensual (Figura 59) que registra mensuales de la RMCAB para el año 2008, se determina que durante los primeros cinco meses del año, estos fueron inferiores a los históricos del IDEAM y de la misma RMCAB, alcanzando una diferencia de 1.5°C, para los demás meses los registros fueron mayores, con una diferencia mayor de 1 °C.

Adicionalmente se puede observar que los promedios de mensuales para el año, fueron menores en los meses de enero y febrero, mostrando también que a partir del mes de junio hasta diciembre, se registraron las mayores y la variación entre ellos fue similar o mínima.

⁶ Heladas: En términos meteorológicos, es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0 °C a un nivel de 1.5 a 2 m sobre el nivel del suelo, es decir, al nivel reglamentario en que se instalan las casetas de medición meteorológica. Desde el punto de vista agrometeorológico podría definirse una helada como la temperatura baja a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño. Definición IDEAM

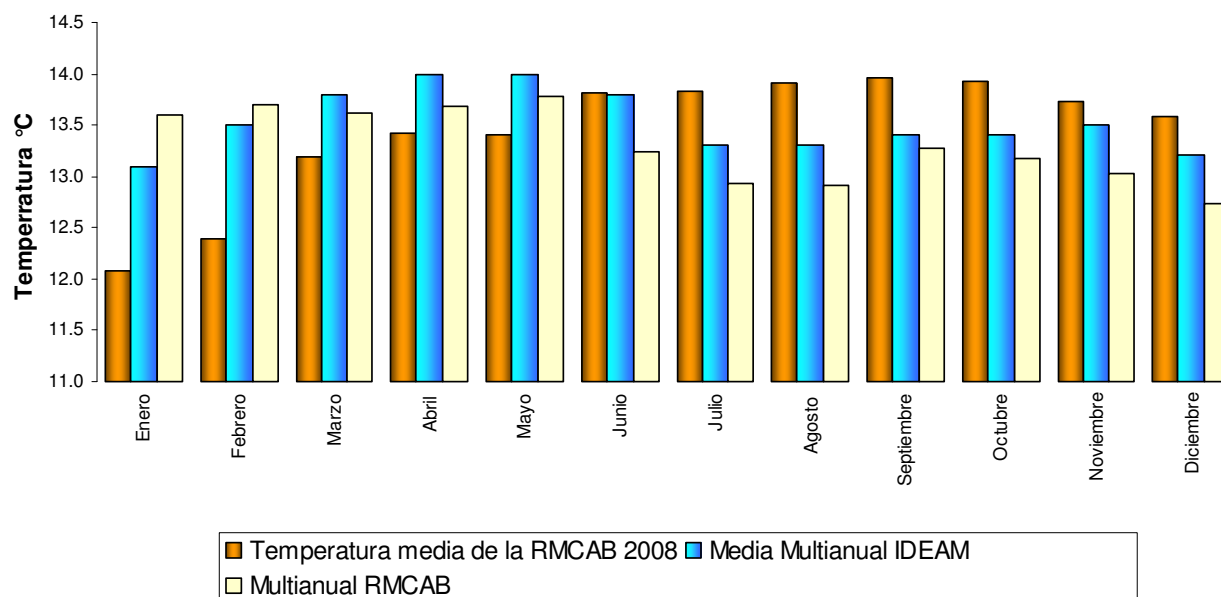


Figura 59. Temperatura media registrada en la RMCAB vs. Temperatura media multianual IDEAM y RMCAB

El promedio de la temperatura superficial por meses tomada en cada estación durante el 2008 se presenta en la Tabla 36 junto con la media multianual del IDEAM.

Tabla 36. Temperatura media mensual por Estación

ESTACIONES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
Bosque			10.5	10.9	10.6	10.5	10.0	11.3	13.9	14.1	14.2	14.0	12.0
Escuela			14.0	14.3	14.2	13.7	13.3	13.5	13.3	14.3	14.5	14.2	13.9
Corpas	13.1	13.2	13.7	12.7	15.1	13.8	13.4	13.5	13.6	13.7	14.0	13.8	13.6
Carrefour	11.9	12.1	13.6	13.7	13.6	13.6	13.3	13.4	13.5	13.6	13.8	13.6	13.3
Fontibón	13.4	13.6	14.1	14.6	14.3	14.4	14.2	14.1	14.3	13.9	14.3	14.0	14.1
IDRD	11.8	12.4	14.2	14.5	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2	14.1	14.4	14.2	13.9
Puente Aranda	14.2	13.4	13.9	14.1	14.2	14.1	13.8	14.1	14.1	14.1	14.2	14.0	14.0
Cazuca	10.4	10.8	10.6	10.8	10.8	12.8	14.9	14.9	15.1	15.0	15.2	14.8	13.0
Kennedy			12.4	12.1	12.2	14.3	14.2	14.3	14.2	14.1	14.2	13.8	13.6
Sony	9.8	10.8	14.9	15.0	14.9	14.7	14.5	14.7	14.7	14.7	14.9	14.6	14.0
Tunal					13.9	14.3	14.1	14.2	14.1	14.6	14.4	14.0	14.2
Vitelma	11.4	11.6	11.1	11.6	11.5	11.5	11.1	11.5	11.4	11.4	11.0	12.9	11.5
USME	13.4	14.2	14.5	14.9	14.5	14.2	13.7	13.4	13.6	13.4	10.8	9.9	13.4
Bosque			10.5	10.9	10.6	10.5	10.0	11.3	13.9	14.1	14.2	14.0	12.0
Escuela			14.0	14.3	14.2	13.7	13.3	13.5	13.3	14.3	14.5	14.2	13.9
Media Multianual IDEAM	13,1	13,5	13,8	14,0	14,0	13,8	13,3	13,3	13,4	13,4	13,5	13,2	13,5
Prom RMCAB	12.2	12.4	13.1	13.3	13.4	13.6	13.5	13.6	13.8	13.9	13.8	13.7	13.4

En cuanto al comportamiento promedio por hora de la temperatura, durante el año 2008, el fenómeno de inversión térmica fue leve en comparación con el de los años anteriores; se registró entre las 22 horas y pasada la media noche, como se muestra en la Figura 60. Se debe recordar que este fenómeno se presenta cuando los gradientes de temperatura con la altura son positivos, por lo que la temperatura del aire cerca de la superficie es menor a la medida a mayor altura, condición que impide el movimiento ascendente del aire, dificultando así la dispersión de los contaminantes y ocasionando un aumento de la concentración de los mismos en la atmósfera.

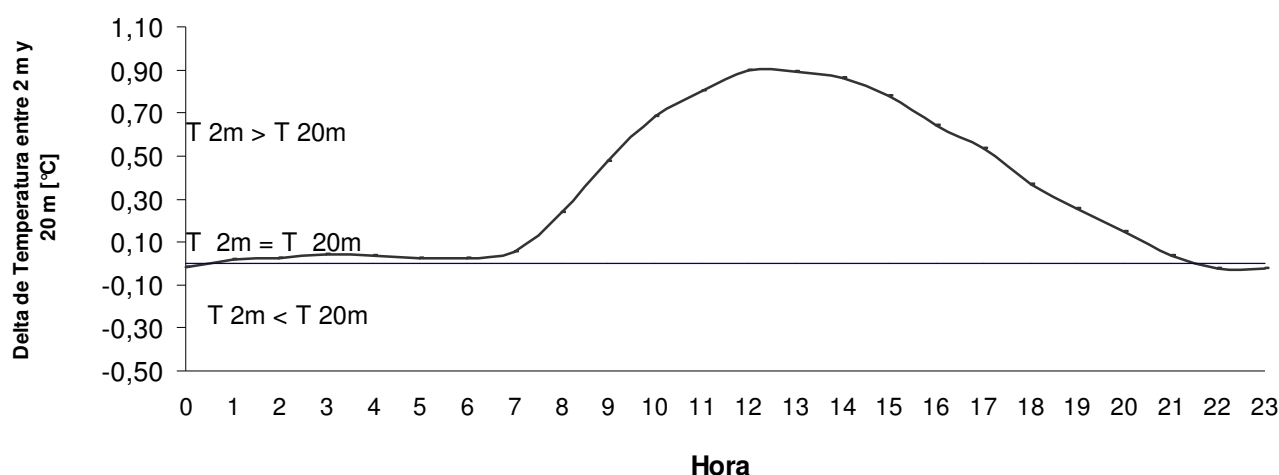


Figura 60. Diferencia de la temperatura a 20 y 2 metros de altura

En el año 2008 la estación No. 8 Escuela registró un menor número de horas de inversión térmica en comparación con el año anterior (2251 vs. 3456), alcanzando una máxima de 2.9 °C, lo cual demuestra que para el 2008 el fenómeno de la inversión térmica fue mucho menor que el registrado en el año inmediatamente anterior.

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

Tabla 37. Inversiones presentadas para la RMCAB

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

2.4 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que llega a la Tierra está expresada por la magnitud irradiancia, que mide la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación⁷:

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

En la RMCAB se contó con cuatro puntos de monitoreo de radiación global ubicados en las estaciones indicadas en la Tabla 27, las cuales registraron datos entre las 5:00 y las 19:00 horas con el objeto de hallar los acumulados diarios, máximos horarios, máximos diarios y promedios de radiación solar, los cuales se presentan en la Figura 61.

Se observa que los valores registrados por la estación No. 16 Vitelma, son los menores en lo relacionado con el promedio diario y el máximo acumulado diario, en comparación con los registrados de las otras tres estaciones de la RMCAB.

La estación No. 8 Escuela presentó el máximo acumulado diario y el máximo horario el día 29 de febrero con 8406 W-h/m² y 1356 W-h/m², respectivamente. En cuanto a los registros de promedios diarios, el mayor se presentó en la estación No. 15 Usme el día miércoles 26 de marzo y fue de 705 W-h/m². En la Tabla 38, se muestra el resumen de los datos obtenidos en las cuatro estaciones mes a mes para el año 2008.

⁷ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

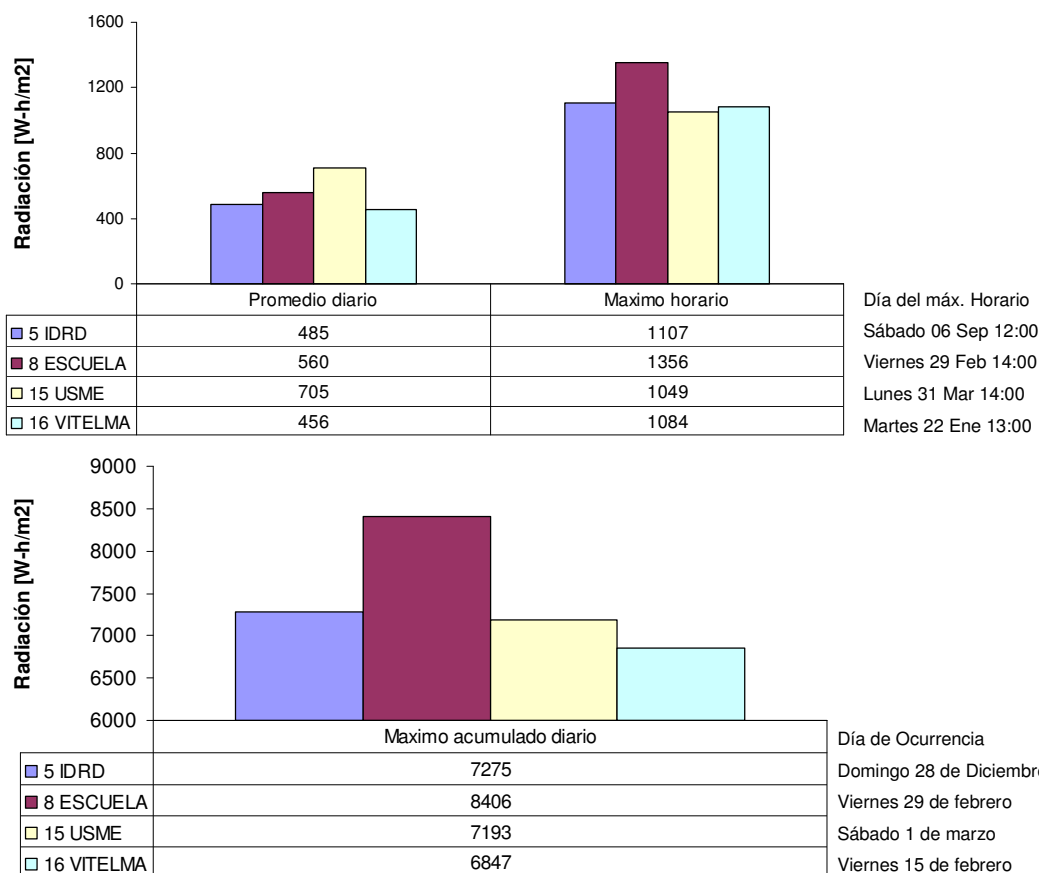


Figura 61. Radiación solar durante el año 2008.

Tabla 38. Promedios mensuales y máximos horarios de radiación solar año 2008

Promedio Mes					Máximos Horarios				Máximo Acumulado Diario			
Mes	Prom IDRD	Prom Escuela	Prom Usme	Prom Vitelma	Máx IDRD	Máx Escuela	Máx Usme	Máx Vitelma	Acum IDRD	Acum Escuela	Acum Usme	Acum Vitelma
Ene	302	351	304	264	572	875	993	1084	1209	7335	993	6273
Feb	305	357	312	250	1087	1356	1032	1005	7099	8406	1032	6847
Mar	296	315	317	229	1076	1355	1049	1018	6639	8057	1049	6213
Abr	246	271	250	200	1059	1117	974	1059	6170	7103	974	6138
May	221	247	223	208	873	1089	878	996	4704	5384	878	5699
Jun	239	304	233	231	1039	1114	909	938	5870	6707	909	5968
Jul	260	299	247	239	956	1209	1043	1007	5819	6830	1043	5456
Ago	251	301	247	229	1100	1196	1005	997	5740	6156	1005	5337
Sep	260	292	263	255	1107	1225	1027	1066	7019	8171	1027	5886
Oct	238	309	252	208	995	1225	967	1062	5669	6747	967	5992
Nov		275	253	186		1282	962	919		6515	962	4238
Dic	333	339	294	216	1061	1158	958	896	7275	7459	958	4855
Promedio	268	305	266	226	993	1183	983	1004	5747	7073	983	5742
Máximos	333	357	317	264	1107	1356	1049	1084	7275	8406	1049	6847

En la Figura 62 se puede visualizar que este parámetro meteorológico registró los mayores valores promedio mensuales en los meses de enero, febrero y diciembre; los demás meses se mantuvieron similares en las diferentes estaciones que miden este parámetro. Se destaca la estación No 8 Escuela con los mayores valores en todos los meses y la estación No. 16 Vitelma con las menores concentraciones de la RMCAB.

Para el periodo horario se puede observar que la mayor intensidad de radiación solar fue entre las 11:00 y las 14:00 horas para la estación No. 5 IDRD, entre las 10:00 y las 15:00 horas, en la No. 8 Escuela; en la No. 15 Usme entre las 12:00 y las 14:00 horas y para la No. 16 Vitelma está entre las 11:00 y las 13:00 horas, todas ellas superiores a 1000 W-h/m². La Tabla 39 indica los promedios horarios de radiación en W-h/m² junto con los máximos ocurridos cada hora.

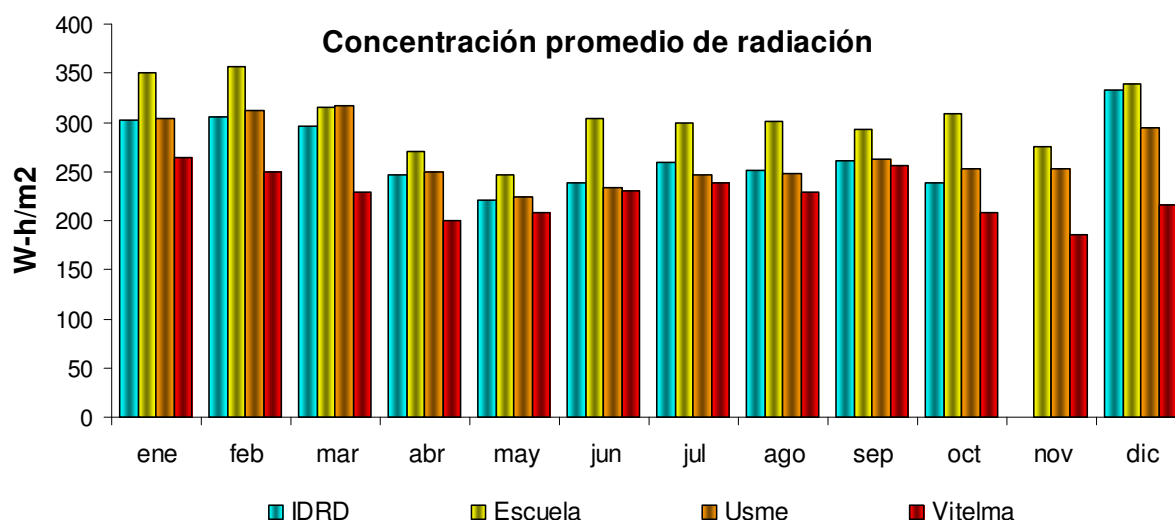


Figura 62. Promedios mensuales de Radiación solar para el año 2008

Tabla 39. Promedios y máximos horarios de radiación en 2008

Hora	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Prom IDRD W-h/m ²	1	2	55	199	355	473	514	526	518	457	377	270	156	42	1
Prom Escuela W-h/m ²	1	2	48	206	407	569	641	631	599	531	419	305	176	42	1
Prom Usme W-h/m ²	0	0	49	187	340	458	526	555	548	481	398	288	133	21	0
Prom Vitelma W-h/m ²	0	1	34	150	273	378	463	495	503	418	334	243	134	30	0
Máx IDRD W-h/m ²	42	44	138	472	646	898	1043	1107	1087	1075	877	667	402	152	16
Máx Escuela W-h/m ²	72	107	208	512	846	1086	1219	1330	1355	1356	1127	873	640	292	62
Máx Usme W-h/m ²	0	9	172	460	654	824	967	1032	1043	1049	831	676	339	71	1
Máx Vitelma W-h/m ²	0	9	110	385	635	839	1001	1062	1084	943	863	589	356	106	2

En la Figura 63 se observa la radiación máxima y media en cada hora. La radiación solar se incrementa de manera casi lineal desde las 6:00 hasta las 11:00, posteriormente empieza un rango

de datos máximos hasta las 14 horas, para empezar un rápido descenso que se termina cuando el sol se oculta después de las 18 horas.

Se determina que la radiación máxima presentada en la estación No. 8 Escuela fue la de mayor intensidad en comparación con la de las otras estaciones de la RMCAB. La No. 15 Usme registra los datos menores de las radiaciones máximas. Para los promedios horarios durante el día se observa que las 4 estaciones tienen un comportamiento similar entre ellas, encontrando los menores promedios horarios en la estación No. 16 Vitelma.

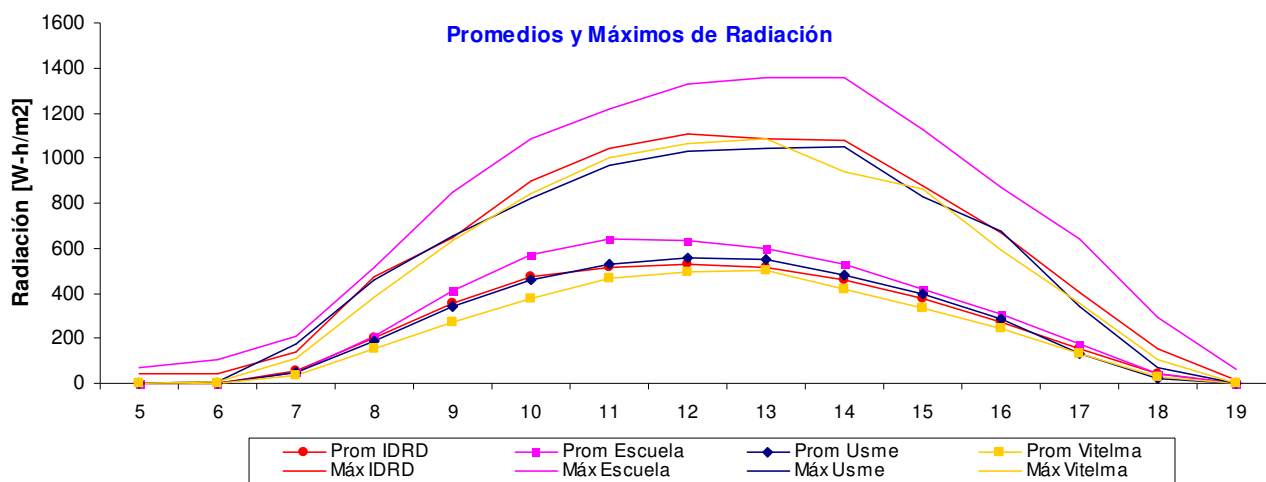


Figura 63. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2008.

2.5 PRESION BAROMETRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local.

Para el presente año se registraron datos de presión barométrica en las estaciones indicadas en la Tabla 27. La Figura 64 muestra la presión barométrica máxima y promedio anual para cada una de las estaciones que monitorea este parámetro. El mayor valor fue tomado en Carrefour con 564.8 mmHg (753.0 hPa) y presentó el máximo de 567.2 mmHg (756.2 hPa) el cual se registró el jueves 11 Septiembre a las 10 horas. Los valores de las tres estaciones son similares entre ellas y tienen relación con la altitud a la cual se encuentra cada una de ellas.

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

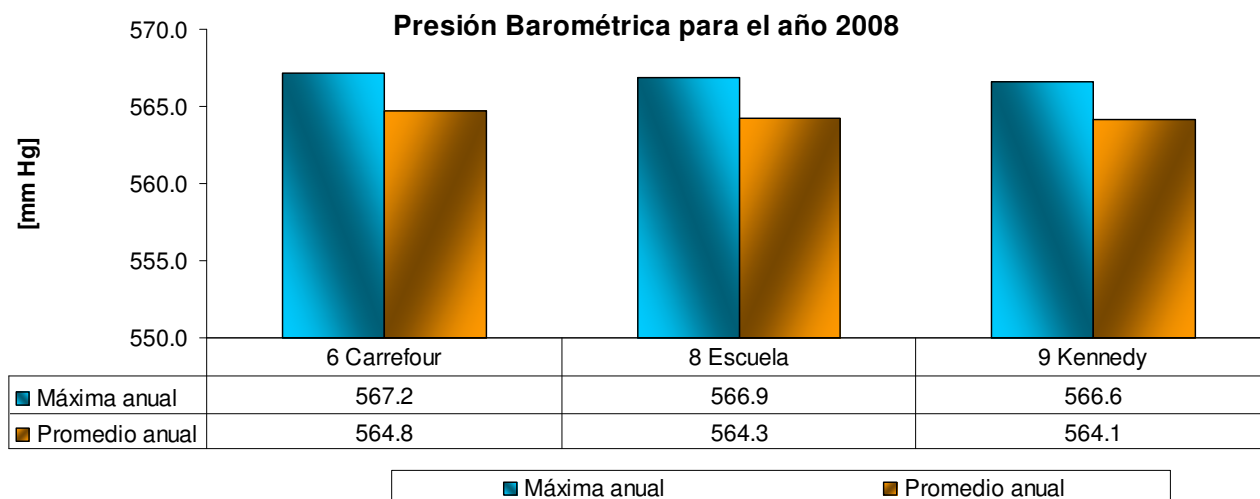


Figura 64. Presión Barométrica para el año 2008.

Tabla 40. Máximos horarios y promedios horarios de radiación durante el año de 2008

Hora	Estación No. 6 Carrefour				Estación No. 8 Escuela				Estación No. 9 Kennedy			
	Datos	Prom	Máx	Mín	Datos	Prom	Máx	Mín	Datos	Prom	Máx	Mín
0	163	565.5	567.0	563.7	212	565.0	566.7	563.0	193	564.8	566.6	562.9
1	164	565.1	566.5	563.4	212	564.6	566.2	562.7	192	564.5	566.1	562.7
2	164	564.8	566.0	563.0	212	564.3	565.7	562.3	192	564.1	565.5	562.3
3	164	564.5	565.8	562.6	212	564.0	565.6	562.0	192	563.8	565.3	562.0
4	164	564.4	565.7	562.4	212	563.9	565.4	561.9	192	563.8	565.2	561.9
5	164	564.5	565.9	562.7	212	564.0	565.6	562.3	192	563.9	565.4	562.2
6	164	564.8	566.2	563.0	212	564.3	566.0	562.7	192	564.1	565.8	562.5
7	163	565.1	566.6	563.6	210	564.7	566.4	563.0	192	564.5	566.2	562.8
8	162	565.5	566.9	564.1	212	565.1	566.7	563.3	191	564.9	566.5	563.1
9	161	565.8	567.0	564.4	212	565.3	566.9	563.5	191	565.1	566.6	563.4
10	162	565.8	567.2	564.3	211	565.3	566.8	563.5	191	565.1	566.6	563.4
11	163	565.6	566.9	563.9	211	565.0	566.6	563.2	189	564.9	566.2	563.1
12	162	565.1	566.4	563.2	211	564.6	566.1	562.6	192	564.5	565.8	562.5
13	163	564.6	565.9	562.6	211	564.1	565.7	561.9	193	564.0	565.4	561.9
14	164	564.0	565.6	562.0	212	563.5	565.4	561.5	196	563.4	565.1	561.3
15	160	563.5	565.4	561.6	211	563.0	565.1	561.1	198	563.0	564.8	561.1
16	162	563.3	565.1	561.6	213	562.8	564.8	561.1	197	562.6	564.5	548.1
17	164	563.4	565.1	561.6	213	562.9	564.9	561.1	196	562.7	564.6	558.4
18	163	563.7	565.4	562.0	213	563.2	565.2	561.5	195	563.0	564.9	561.5
19	163	564.1	565.7	562.5	213	563.7	565.4	562.1	194	563.5	565.1	562.0
20	162	564.7	565.9	563.1	212	564.2	565.7	562.5	192	564.0	565.4	562.5
21	162	565.2	566.4	563.8	212	564.7	566.1	563.0	193	564.5	565.9	562.9
22	164	565.5	566.9	564.0	212	565.0	566.5	563.2	193	564.9	566.2	563.1
23	164	565.6	566.9	563.9	213	565.1	566.7	563.2	193	565.0	566.4	563.0

2.6 HUMEDAD RELATIVA

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

Para el presente año, se tienen registros en las estaciones indicadas en la Tabla 27. Acorde a la información registrada, se puede determinar que el comportamiento de las estaciones No. 8 Escuela (norte de la ciudad), No. 15 Usme y No. 16 Vitelma (sur de la ciudad), presentan un valor promedio anual similar (80%), mientras que la No. 6 Carrefour registra el promedio anual mínimo (67.8%). En la Figura 65 se muestra lo anterior, así como los valores para cada una de ellas.

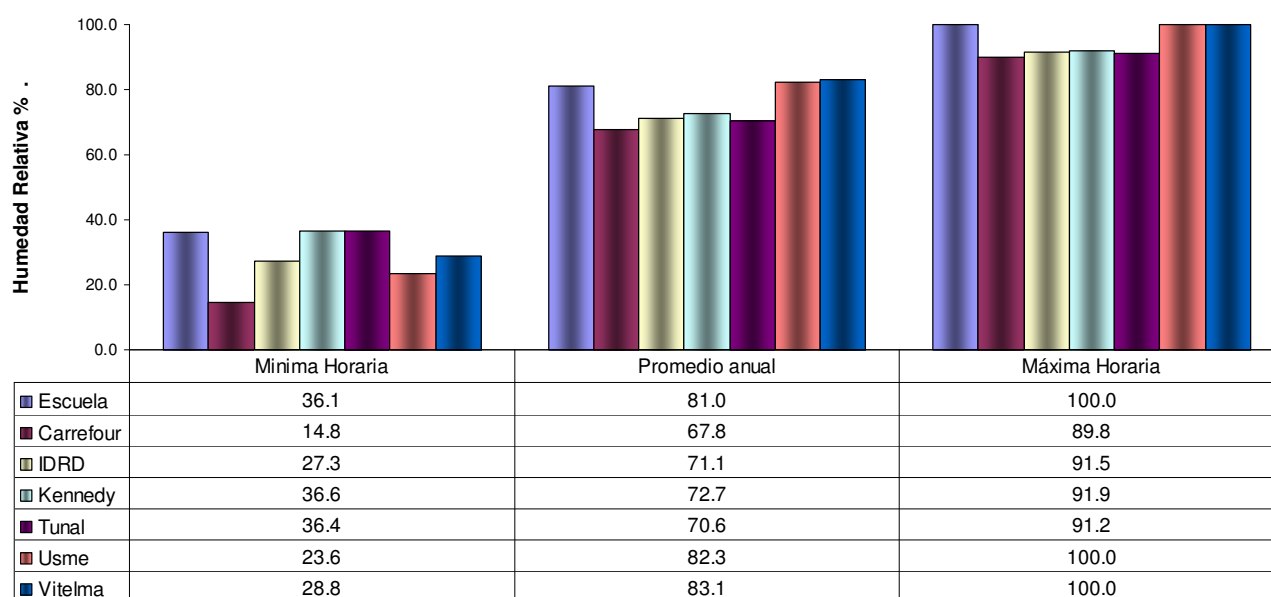
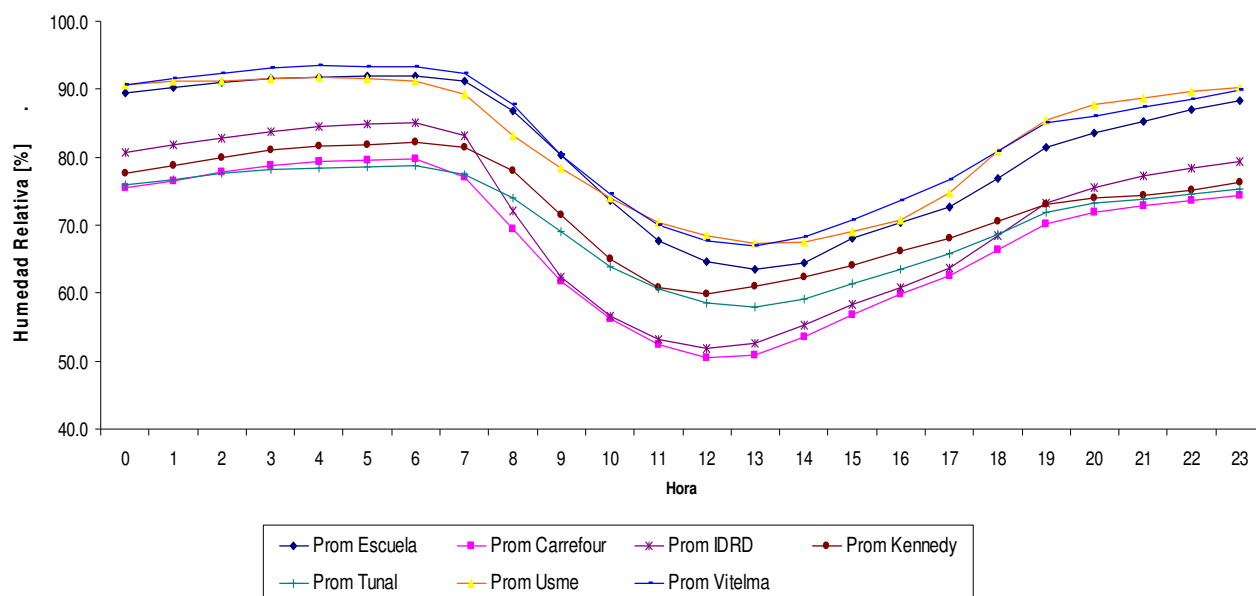


Figura 65. Comportamiento de la humedad relativa para el 2008

El comportamiento diario de la Humedad Relativa en las diferentes estaciones, muestra una reducción a partir de las 08:00 horas, hora en la cual se incrementa la temperatura superficial; luego, alrededor de las 17:00 horas comienza a aumentar progresivamente, justo cuando la temperatura superficial comienza a descender, alcanzando los mínimos porcentajes entre las 12 a las 14 horas, indicando como sucede en el promedio anual que las estaciones con mayor promedio horario son No. 8 Escuela, la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, y las de menor son No. 5 IDRD y la No. 6 Carrefour, como lo muestra la Figura 66.



En la Tabla 41 se presentan los promedios mensuales en las diferentes estaciones y la Figura 67 se visualiza el comportamiento de ellos, para el año 2008, determinando que marzo, abril, noviembre y diciembre fueron los meses de mayor humedad en la ciudad.

Tabla 41. Promedios mensuales de Humedad Relativa para el año 2008

Mes	Escuela	Carrefour	IDRD	Kennedy	Tunal	USME	Vitelma
Enero		65.7				79.5	79.8
Febrero		66.0				80.7	80.8
Marzo	87.5	67.1	71.0			78.7	83.0
Abril	88.7	69.0	71.9			82.9	84.3
Mayo	87.8	69.7	72.1	68.8	70.8	85.3	85.1
Junio	78.8	67.3	70.6	73.2	71.9	86.9	84.3
Julio	77.4	66.0	68.2	70.1	69.2	83.9	84.3
Agosto	76.9	67.9	69.8	71.3	69.2	82.3	82.5
Septiembre	76.8	65.8	67.7	70.3	68.0	81.1	81.4
Octubre	76.4	68.4	71.5	73.3	67.0	80.3	84.1
Noviembre	81.1	72.8	75.8	76.8	74.8	84.1	89.2
Diciembre	77.7	69.1	72.3	73.9	70.9	80.4	84.5

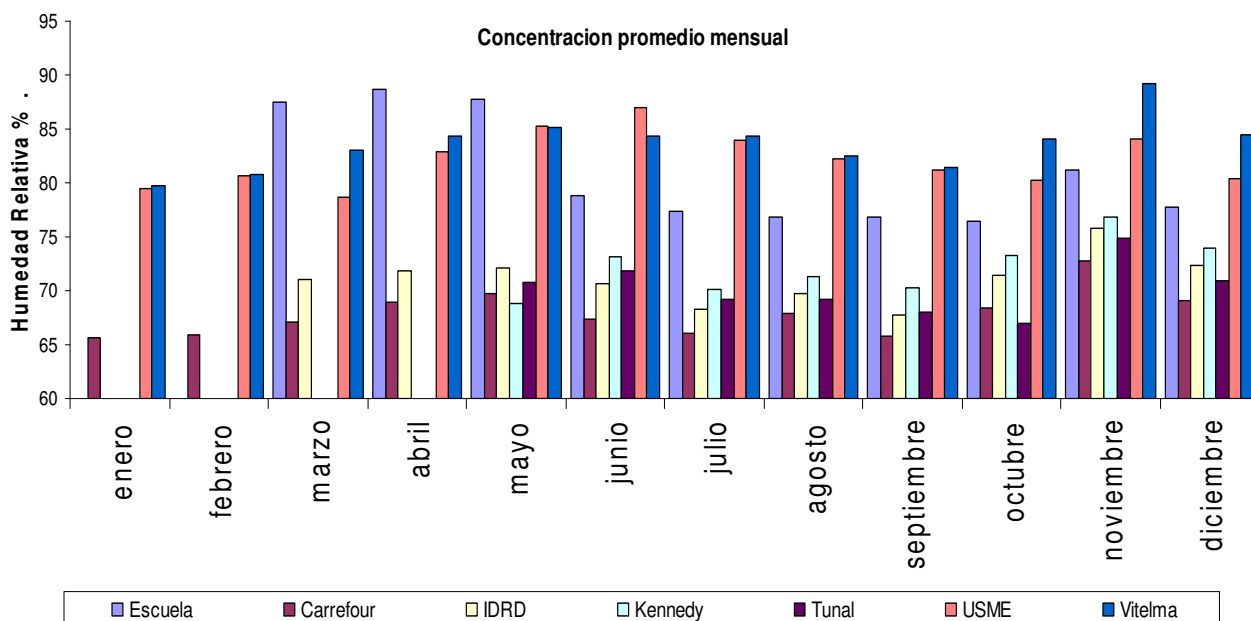


Figura 67. Comportamiento diario de la humedad relativa para el año 2008.

3. CONTAMINANTES Y SU RELACIÓN CON VIENTOS

3.1 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PM10

Las rosas de contaminación para PM10 ilustran la manera como se detecta el flujo de partículas menores a 10 micras según los vientos en cada estación. La concentración es expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

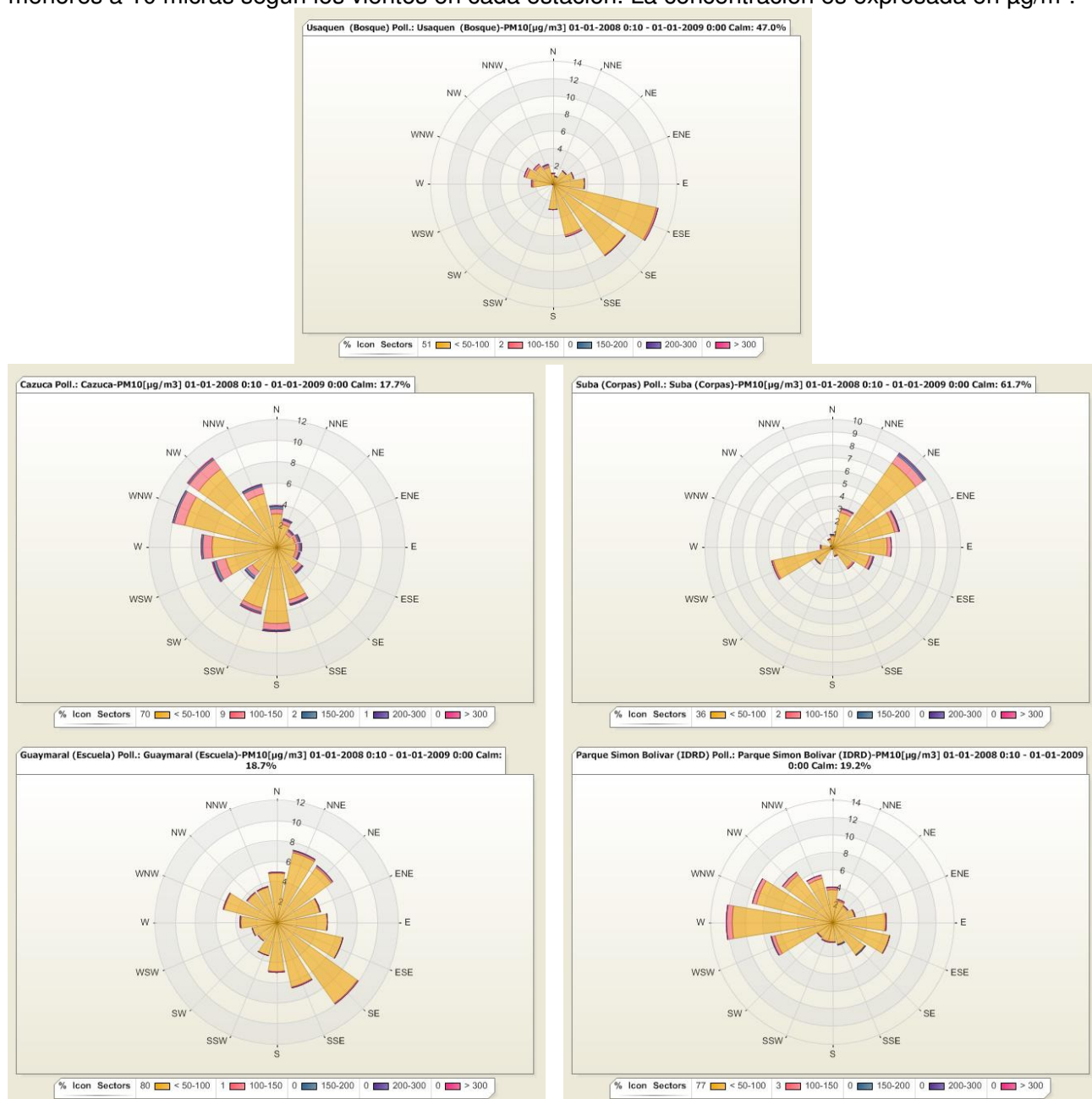


Figura 68. Rosas de Contaminación PM10, estaciones Bosque, Cazucá, Corpas, Escuela e IDRD.

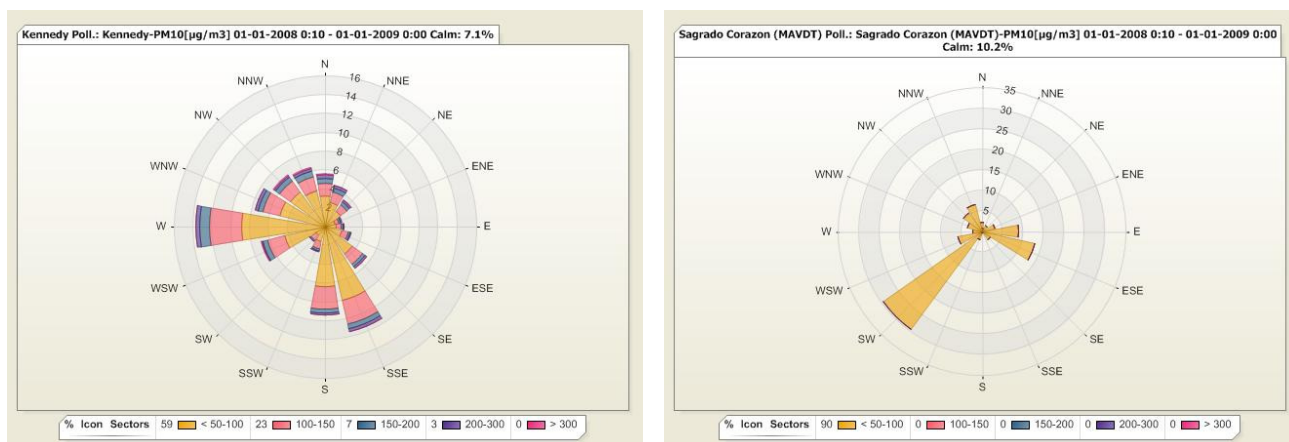


Figura 69. Rosas de Contaminación de PM10 para la estación Kennedy y MAVDT

3.2 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE PST

La movilidad de las partículas suspendidas totales (PST) debido al viento se puede visualizar por medio de las rosas de contaminación, presentadas a continuación:

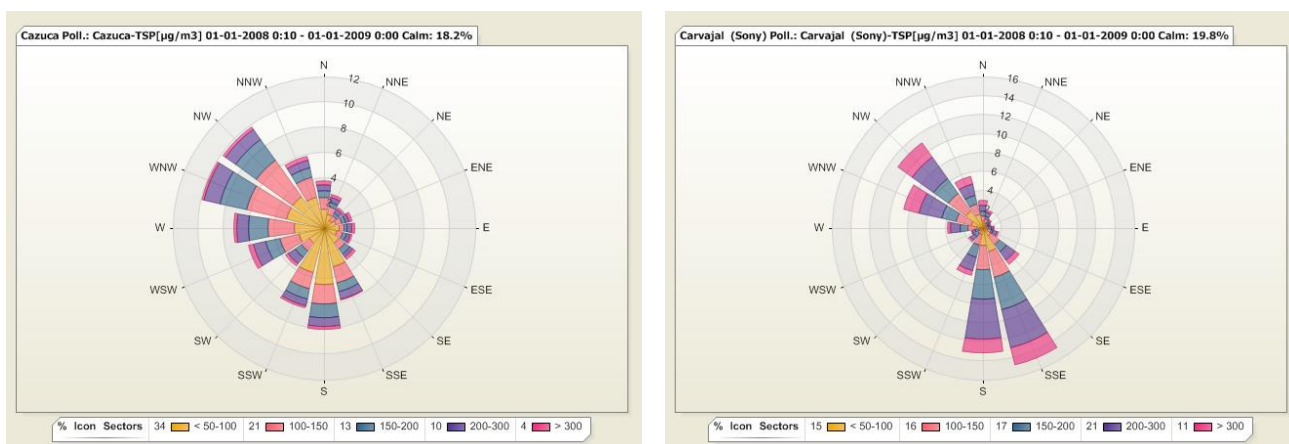


Figura 70. Rosas de Contaminación de PST para las estaciones Cazucá y Sony.

3.3 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE SO₂

Con los datos de las estaciones que monitorearon este contaminante durante el año 2008 se generaron las rosas de contaminación de SO₂ presentadas a continuación.

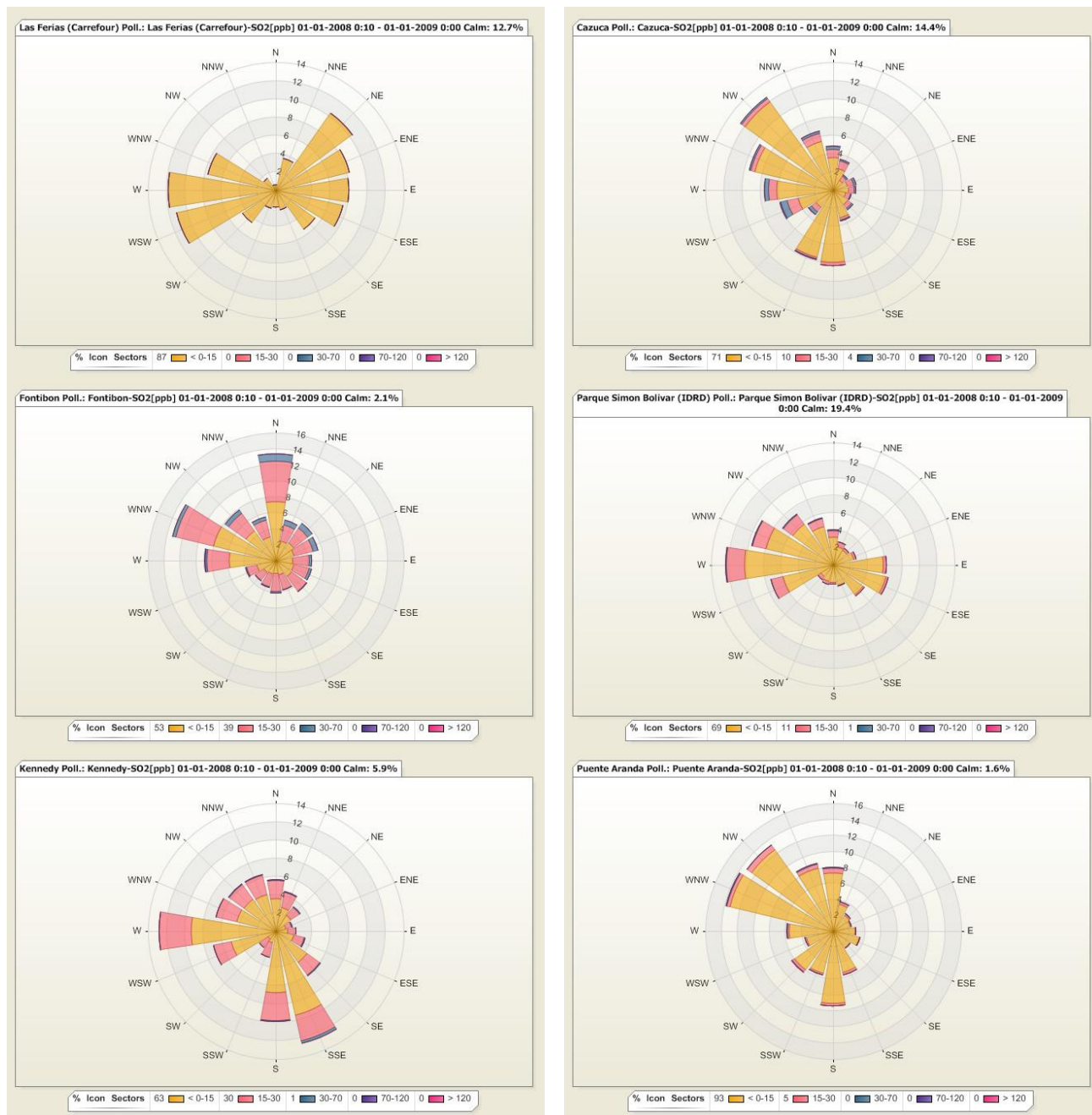


Figura 71. Rosa de Contaminación de SO₂ para las estaciones Carrefour, Cazuca, Fontibón, IDRD, Kennedy y Puente Aranda.

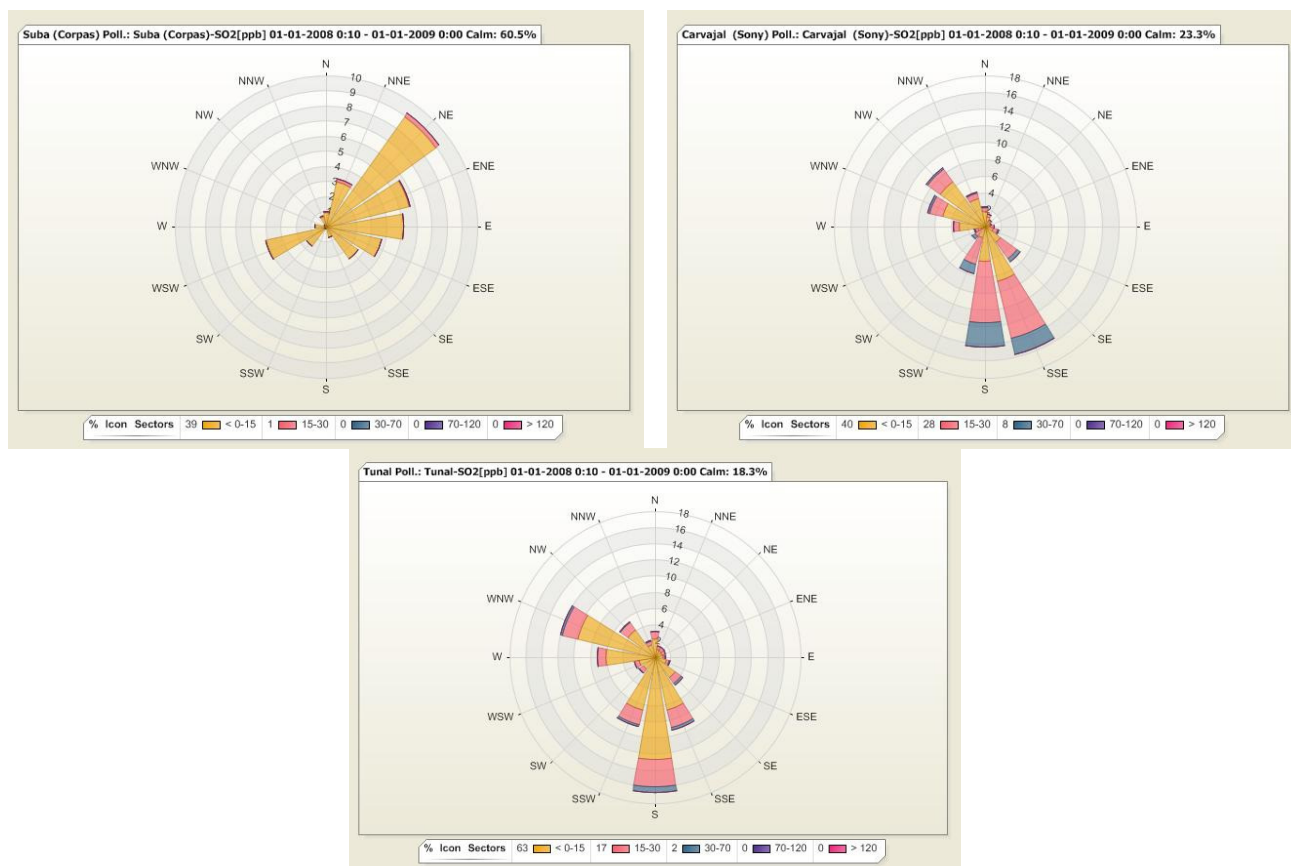


Figura 72. Rosa de Contaminación de SO₂ para las estaciones Corpas, Sony y Tunal

3.4 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE NO₂

Las rosas de contaminación de NO₂ de las estaciones No. 11 Corpas, No. 14 Fontibón y No. 5 IDRD se presentan a continuación:

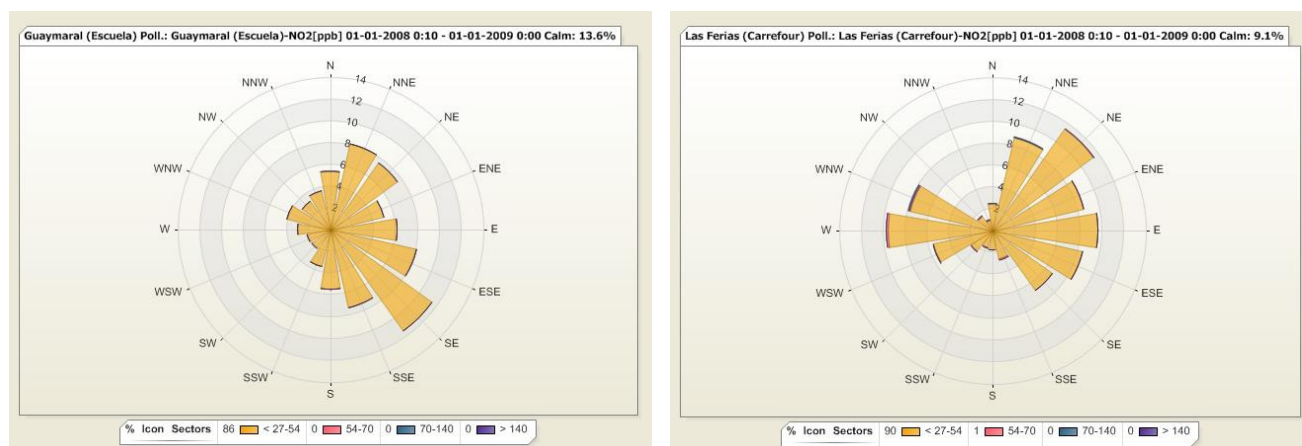


Figura 73. Rosa de Contaminación de NO₂ para las estaciones Escuela y Carrefour.



Figura 74. Rosa de Contaminación de NO₂ para las estaciones Fontibon, IDRD, Puente Aranda, Sony y Tunal.

3.5 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE CO

Los registros de CO de las estaciones No. 5 IDRD, No. 6 Carrefour, No. 14 Fontibón, No. 7 Cazucá, y No. 3 Sony permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 79.

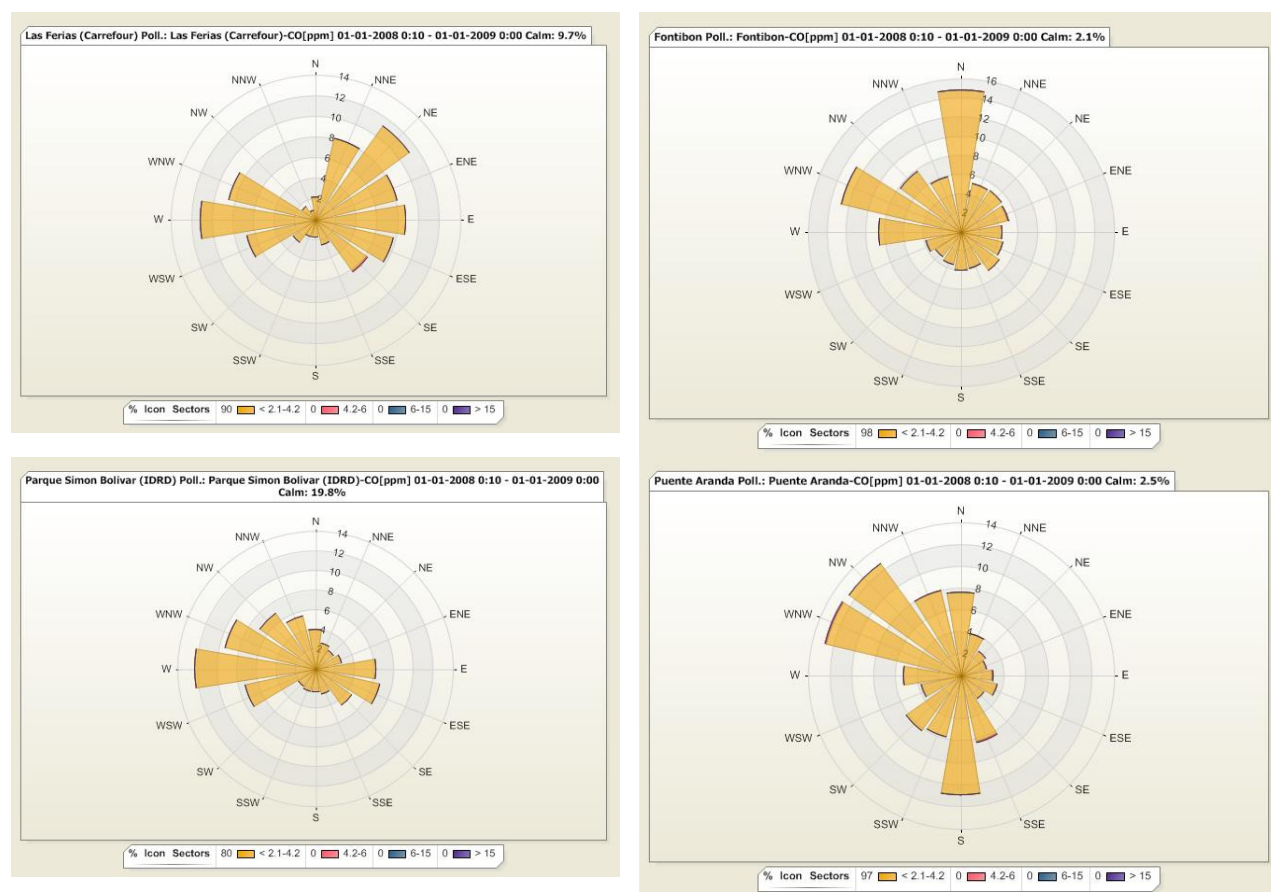


Figura 75. Rosa de Contaminación de CO para estaciones Carrefour, Fontibón, IDRD, y Puente Aranda.

3.6 ROSAS DE CONTAMINACIÓN DE O₃

Los registros de O₃ de las estaciones No. 5 IDRD, No. 3 Sony y No. 14 Fontibón, permitieron calcular las rosas de contaminación presentadas en la Figura 77.

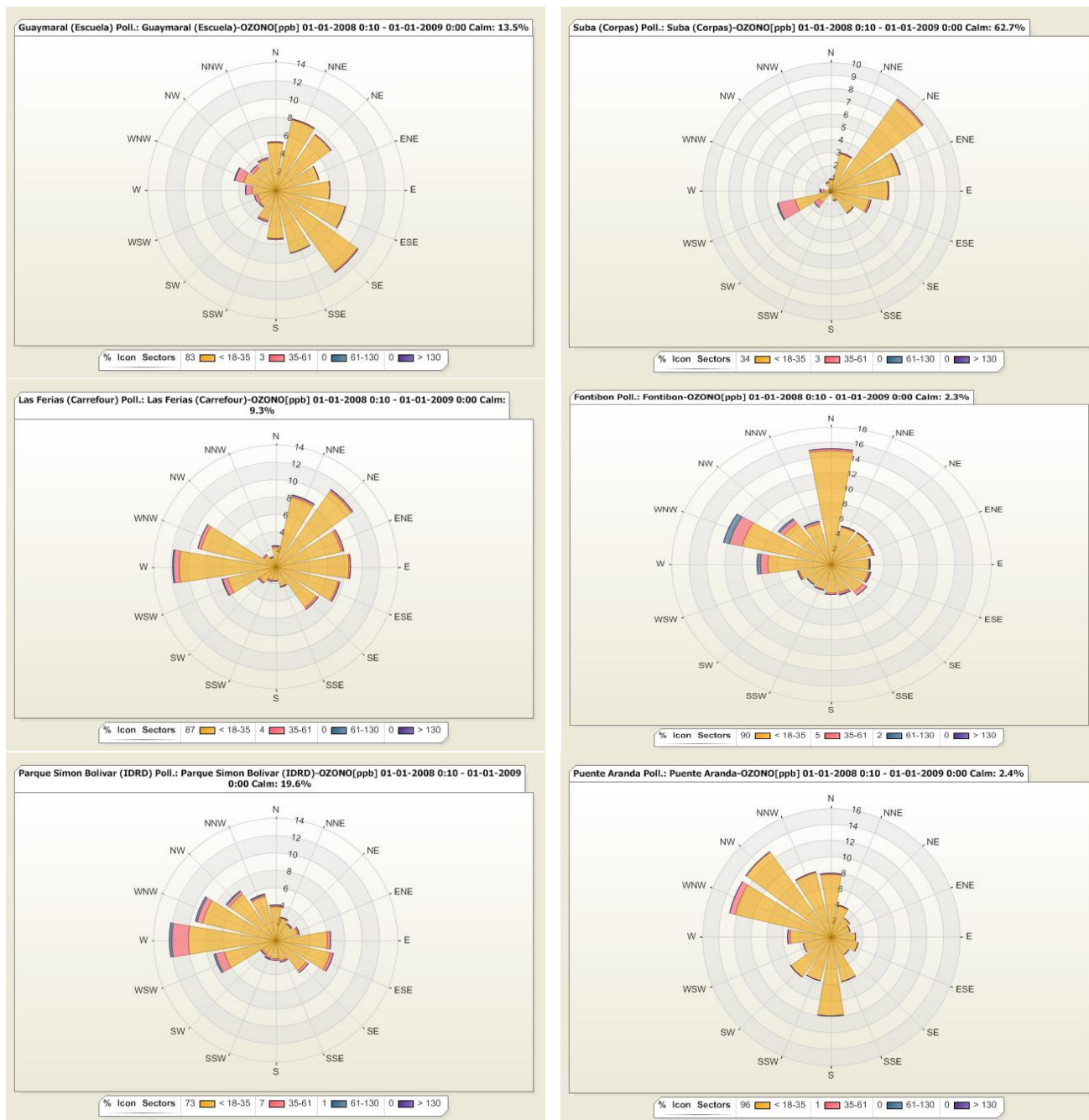


Figura 76. Rosas de contaminación de O₃ para las estaciones Escuela, Corpas, Carrefour, Fontibón, IDRD, Puente Aranda.

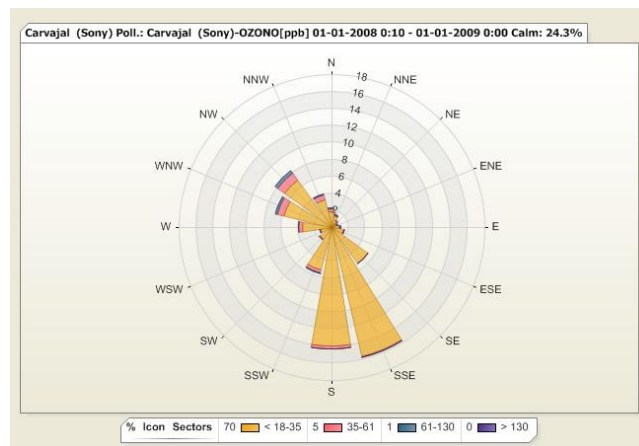


Figura 77. Rosa de contaminación de O₃ para la estación Sony.

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 adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales o de una combinación de estas.

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

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m³) se aplicará la siguiente ecuación:
Se adoptan las convenciones siguientes para efecto de la aplicación de la ecuación establecida en la presente definición:

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

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

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

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

24.466 = Volumen de una kmol en m³/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

G = Promedio geométrico

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

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

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

Rango crítico: Véase Rango de tolerancia

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

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

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

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

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

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

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

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

Unidades: Las unidades más utilizadas son:

- Nm^3/h : Metros cúbicos por hora en condiciones Normales.
- mg / Nm^3 : Miligramos por metro cúbico en condiciones Normales.
- mg/m^3 : Miligramos por metro cúbico.
- $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 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).

ANEXO No. 1 LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB

La RMCAB está conformada por quince estaciones automáticas que 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 presenta el mapa de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, las características de las zonas de influencia de las estaciones y la relación de los sensores instalados en cada una de las mismas. Es importante resaltar que de éstas, la estación No. 2 MAVDT esta basada en tecnología OPSIS; además, existen dos estaciones que son: la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas.

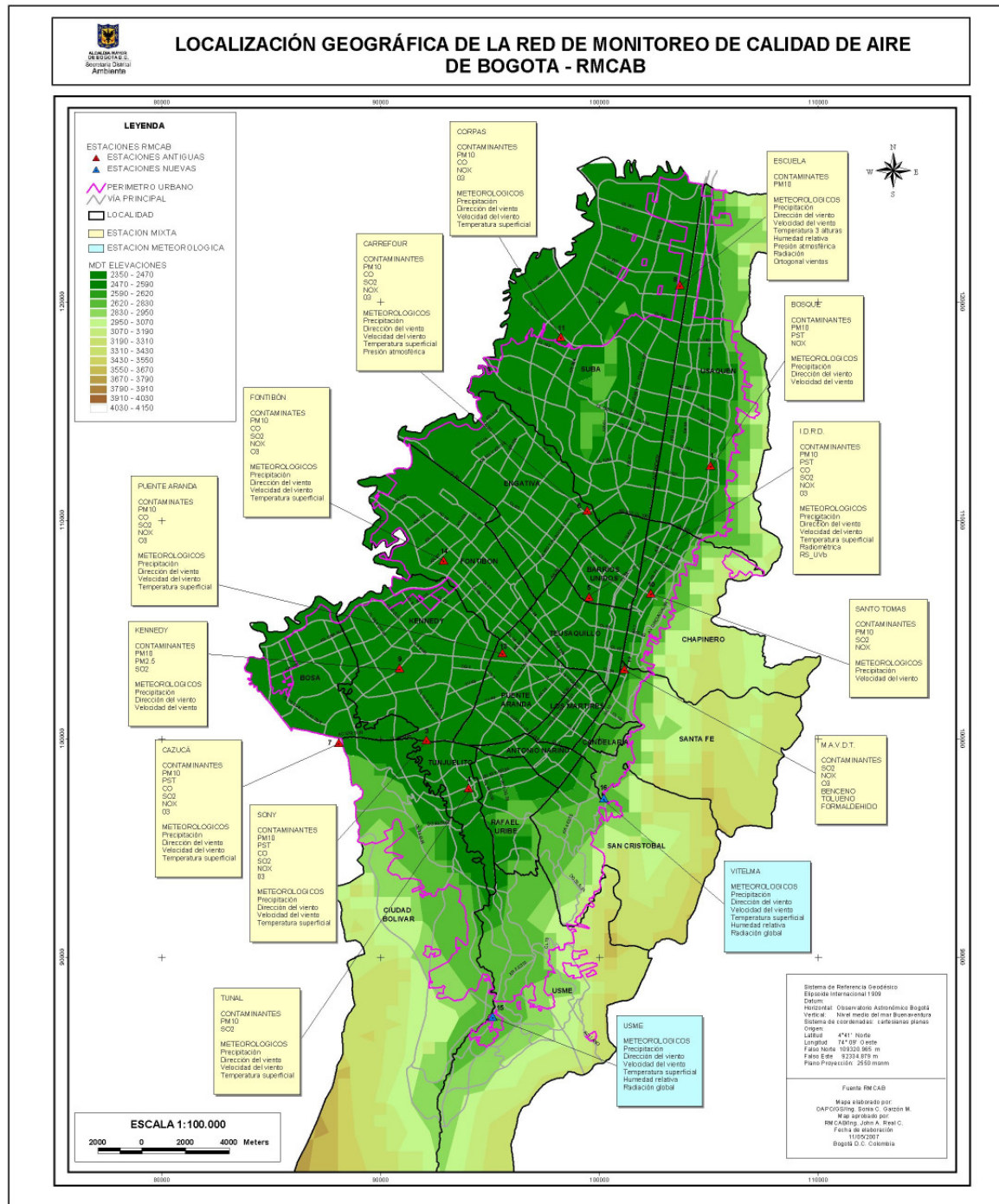


Figura 78 Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

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

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	8. Escuela 1. Bosque	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	11. Corpas 6. Carrefour 14. Fontibón	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	10. Sto. Tomás 5. IDRD 2. MAVDT	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centroccidente	13. Puente Aranda	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Suroccidente	9. Kennedy 7. Cazucá	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	3. Sony 4. INEM Tunal 16. Vitelma 15. Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial

Tabla 43 Estaciones y Equipos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

ESTACION		No. 1 Bosque	No. 2 MAVDT	No. 3 Sony	No. 4 Tunal	No. 5 I.D.R. D.	No. 6 Carrefou r	No. 7 Cazucá	No. 8 Escuel a	No. 9 Kennedy	No. 10 Sto. Tomás	No. 11 Corpas	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma
Ubicación	Latitud	04°42'44.3 "	04°37'39 .8"	04°35'55.5 "	04°34'34.7"	04°39'3 0,5"	04°41'37.0 "	04°35'57.1 "	04°47'13 .0"	04°37' 29,9"	04°39'34.0"	04°45'54 .4"	04°38'04 .8"	04°40'23.1 "	04°28,87 8'	04°34,53 6'
	Longitud	74°02'06.6 "	74°04'14 .1"	74°09'07.5 "	74°07'51.5"	74°05'2 .3"	74°05'09.5 "	74°11'17.4 "	74°02'52 .0"	74°09'40,7 "	74°03'35.0"	74°05'48 .4"	74°07'15 .0"	74°08'42.2 "	74°07,58 1'	74°04,40 2'
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541	2.584	2.577	2.563	2.546	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576	2.759	2.789
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Ciudad Bolívar	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8-40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	CL 14 No. 6-54 Entrada 1 Cazucá	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40-55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10-95	CR 95 No. 24-49	Carrete ra a Usme No. 16 - 71	Calle 9 Sur con 9 Este
Contaminantes	PM10	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	PST			X				X								
	CO			X		X	X	X				X		X		
	SO2		X	X	X	X	X	X		X	X		X	X		
	NOX		X			X	X					X	X	X		
	O3		X	X		X								X		
Meteorológicos	PRECIPITACIÓN	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	DIRECCIÓN DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	VELOCIDAD DEL VIENTO	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	TEMPERATURA SUPERFICIAL	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	TEMPERATURA 3 ALTURAS								X							
	HUMEDAD RELATIVA						X								X	X
	PRESIÓN ATMOSFÉRICA						X		X							
	RADIACION ORTOGONAL VIENTOS					X			X						X	X

ANEXO No. 2 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

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

Tabla 44 Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM ₁₀	Anual	70	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2.5}	Anual	15	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	65	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO No. 3 ROSAS DE VIENTO

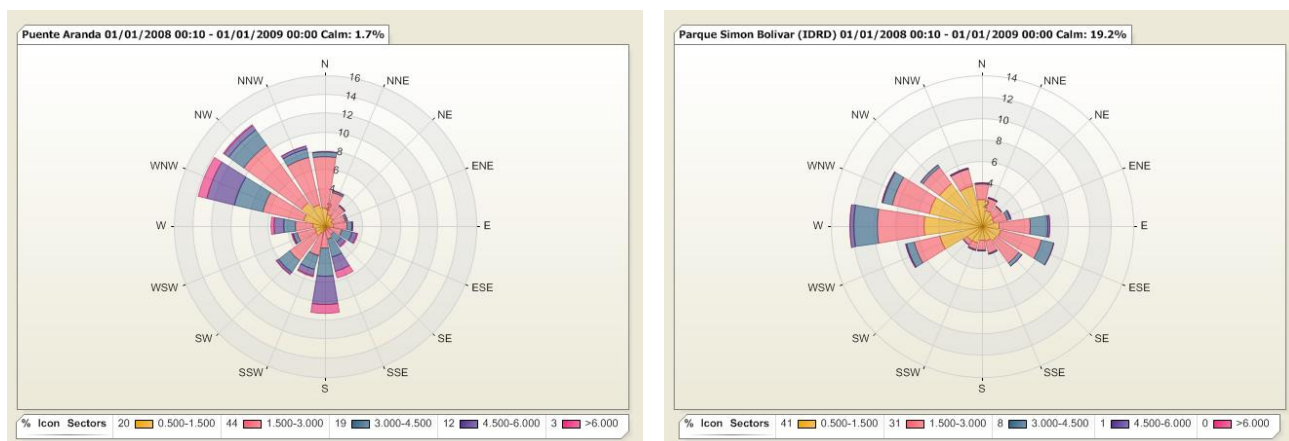


Figura 79 Rosa de Vientos para las estaciones No. 13 Puente Aranda y No. 5 IDRD

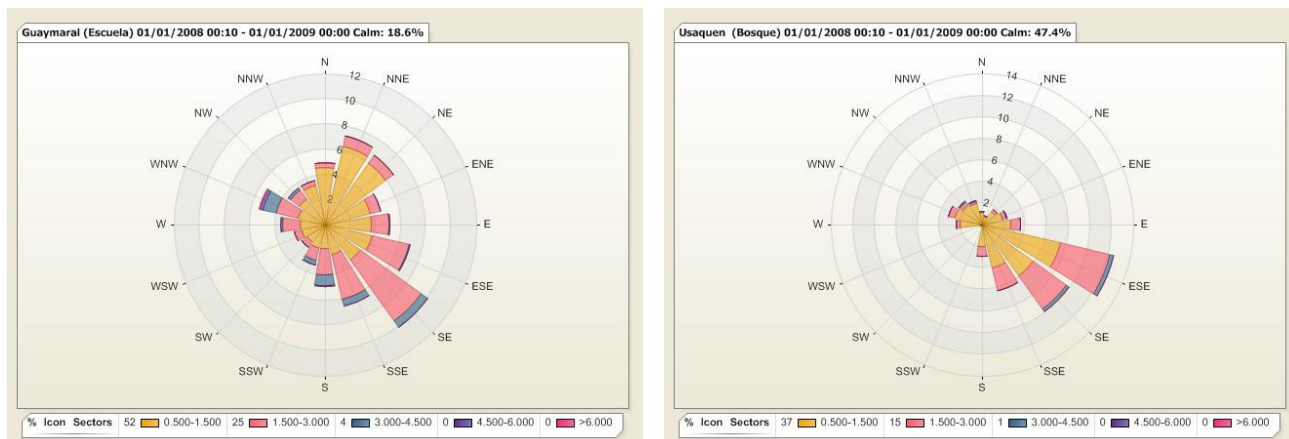


Figura 80 Rosa de Vientos para las estaciones No. 8 Escuela y No. 1 Bosque

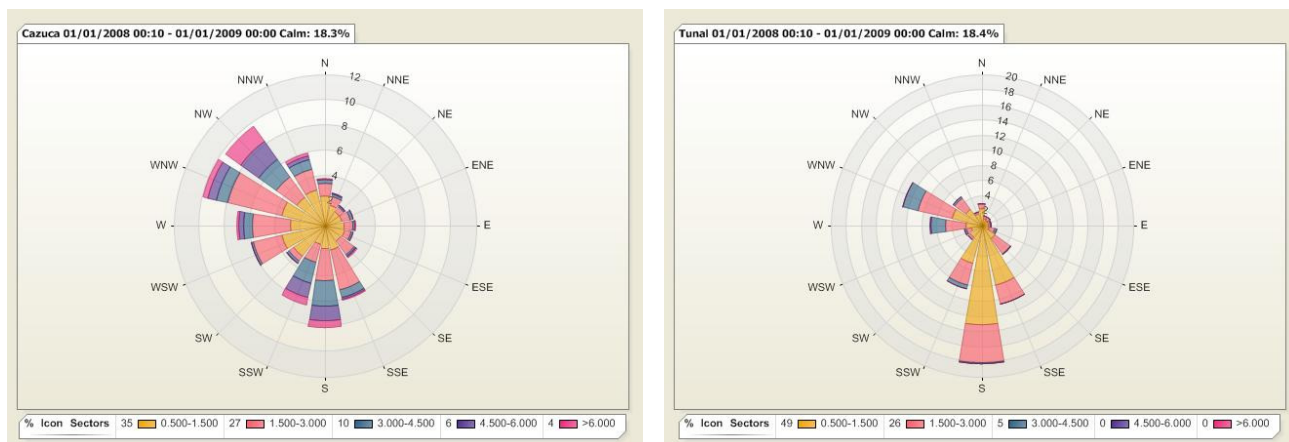


Figura 81 Rosa de Vientos para las estaciones No. 7 Cazucá y No. 4 Tunal

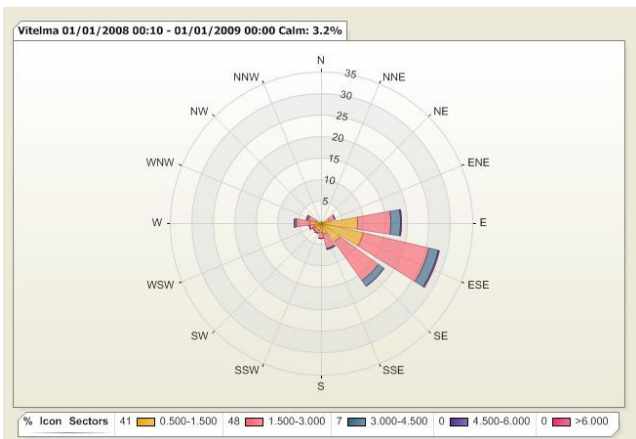
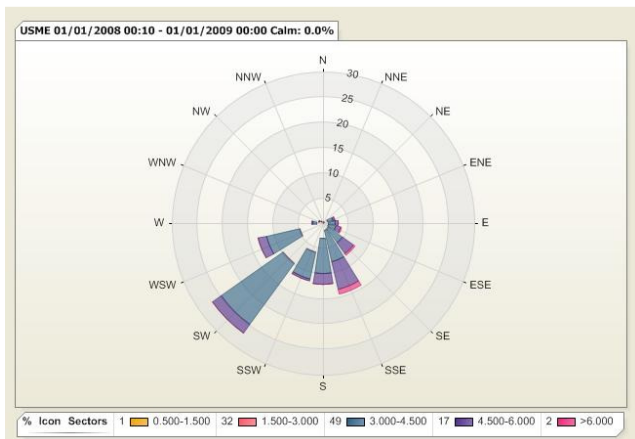


Figura 82 Rosa de Vientos para las estaciones No. 15 Usme y No. 16 Vitelma

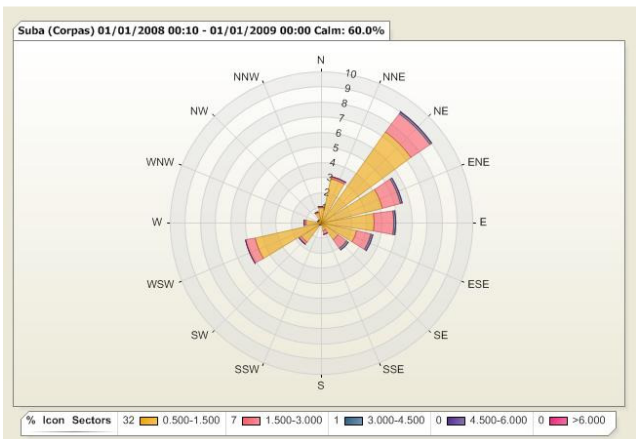
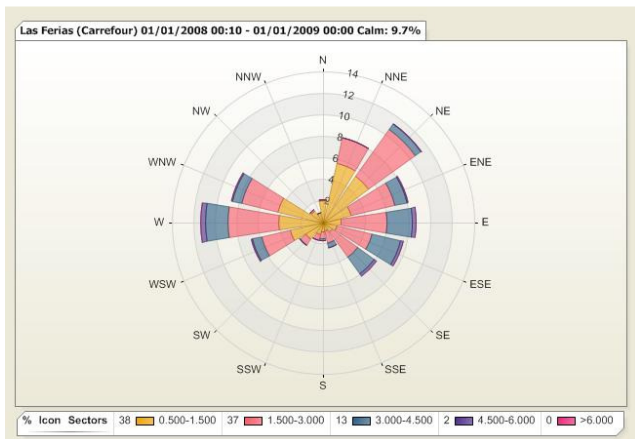


Figura 83 Rosa de Vientos para las estaciones No. 6 Carrefour y No. 11 Corpas

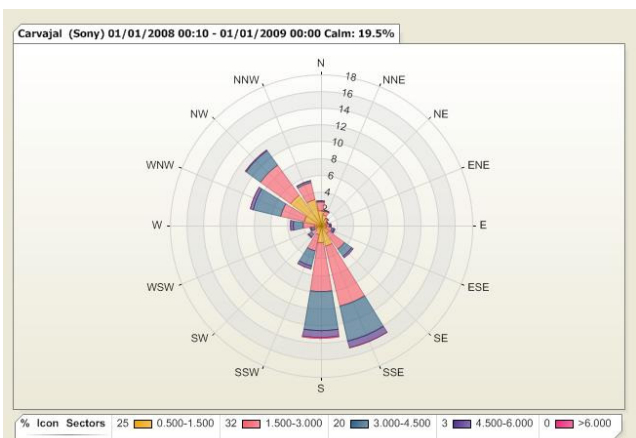
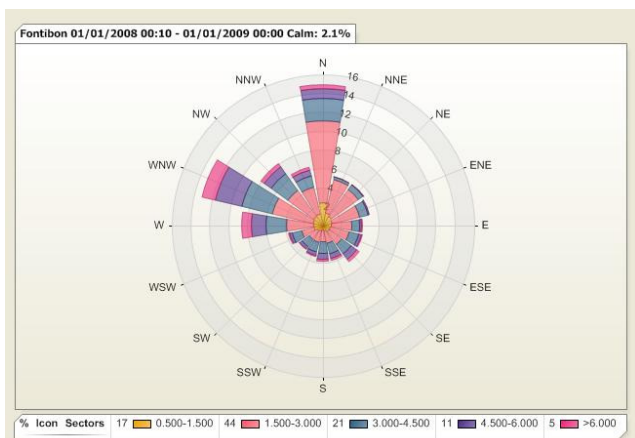


Figura 84 Rosa de Vientos para las estaciones No. 14 Fontibón y No. 3 Sony

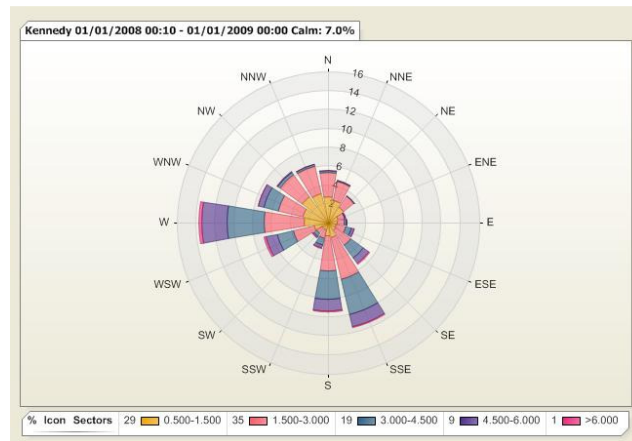


Figura 85 Rosa de Vientos para la estación No. 9 Kennedy

ANEXO No. 4 ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 45 Escala de precipitación

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

Tabla 46 Escala de velocidad del viento – Beaufort

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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2009

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá
RMCAB

Bogotá, D.C. 2010



Samuel Moreno Rojas
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Juan Antonio Nieto Escalante
Secretaría Distrital de Ambiente

Samir José Abisambra Vesga
Subsecretaría Distrital de Ambiente

Edgar Fernando Erazo Camacho
Director Control Ambiental

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

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

**Mayra Alejandra Lancheros Barragán
Tammy Goretty Trujillo Escobar
Paola Andrea Bulla Portuguez
Andrea Niño Penagos
Freddy Abel Vargas Cardozo
Luis Elkin Guzmán Ramos
John Alexander Real Castillo**
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

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

Secretaría Distrital de Ambiente
-SDA.-

© Marzo de 2010, Colombia
Informe Anual de la Red de Calidad De Aire
de Bogotá D.C. Año 2009.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

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

INFORME ANUAL

2009

Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2009

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

2009

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

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

ÍNDICE DE TABLAS

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

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM_{10} DURANTE EL AÑO 2009.	3
FIGURA 2. EPISODIO DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN 2009, PROMEDIO 24 HORAS.	3
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN LA CIUDAD DURANTE EL AÑO 2009.....	4
FIGURA 4. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA MAÑANA – 2009.....	5
FIGURA 5. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE LA TARDE – 2009.	5
FIGURA 6. FLUJO DE VIENTOS PROMEDIO DURANTE NOCHE – 2009.....	5
FIGURA 7. CONCENTRACIONES DE PM_{10} PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	9
FIGURA 8. INTERPOLACIÓN DE LOS PROMEDIOS MÁXIMOS 24 HORAS DE PM_{10} DURANTE EL AÑO 2009.....	11
FIGURA 9. INTERPOLACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS PROMEDIOS 24 HORAS DE PM_{10} DURANTE EL AÑO 2009.	12
FIGURA 10. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM_{10} PROMEDIO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON 2008, 2007, 2006 Y 2005.	13
FIGURA 11. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM_{10} 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	14
FIGURA 12. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM_{10} 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON.....	15
FIGURA 13. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE LAS ESTACIONES QUE EXCEDIERON LA NORMA EN EL 2008.....	16
FIGURA 14. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE PM_{10} POR ESTACIÓN DURANTE EL 2008.	16
FIGURA 15. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PM_{10} 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	18
FIGURA 16. CONCENTRACIONES DE $PM_{2.5}$ PARA 24 HORAS DURANTE EL 2009.	19
FIGURA 17. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE $PM_{2.5}$	19
FIGURA 18. CONCENTRACIONES DE PST PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	20
FIGURA 19. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	21
FIGURA 20. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA PST 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	21
FIGURA 21. COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL A LO LARGO DEL AÑO EN LA ESTACIÓN DE CARVAJAL PST.	22
FIGURA 19. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO_2 PARA 3 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	24
FIGURA 23. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE SO_2 PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	25
FIGURA 24. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO_2 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	26
FIGURA 25. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO_2 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	27
FIGURA 26. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO_2 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	27
FIGURA 27. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE SO_2 POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	28
FIGURA 25. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA SO_2 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	29
FIGURA 29. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO_2 PARA 1 HORA POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	30
FIGURA 30. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE NO_2 PARA 24 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.....	31
FIGURA 31. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO_2 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	32
FIGURA 32. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO_2 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	33
FIGURA 33. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO_2 24 HORAS POR DÍAS DE LA SEMANA COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	33
FIGURA 34. MÁXIMA CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE NO_2 POR ESTACIÓN DURANTE 2009.....	34
FIGURA 35. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA NO_2 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	34
FIGURA 36. CONCENTRACIONES MÁXIMAS Y MEDIAS HORARIAS DE CO DURANTE EL AÑO 2009.....	35
FIGURA 37. CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE CO PARA 8 HORAS POR ESTACIÓN DURANTE EL AÑO 2009.	36
FIGURA 38. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR ESTACIONES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	37
FIGURA 39. GRÁFICO DE BOX-PLOT PARA CO 24 HORAS POR MESES COMPARANDO EL AÑO 2009 CON AÑOS ANTERIORES.....	37

Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2009

RESUMEN

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de la ciudad dados por la Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). La RMCAB cuenta con 16 estaciones (incluidas una estación móvil y dos meteorológicas), ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PST), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO, O_3) y los parámetros meteorológicos de precipitaciones, vientos, temperatura, radiación solar y humedad relativa.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM_{10} , las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O_3), pues en algunas oportunidades sus concentraciones promedio superan los límites máximos permisibles por la norma (Resolución 601 de 2006). También se resalta el material particulado de diámetro menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), que se mide en cinco estaciones, pero que para el presente documento sólo se reportará para la estación de Kennedy; Para este último parámetro no existe norma pero se sugiere como valores límites los reportados por la EPA.

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

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

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

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

Por otro lado, el PST contó con un analizador ubicado en la estación No. 3 Carvajal (Sector Suroccidental), el cual superó la norma anual en $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para los promedios de 24 horas, sólo el 0.1% del total de registros obtenidos excedió la norma.

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

En cuanto a los gases contaminantes, se resalta que el SO_2 nunca excedió los límites permisibles para los promedios horarios, 24 horas, ni anuales. Las estaciones No. 3 Carvajal y No. 4 Tunal, que pertenecen a los sectores suroccidental y sur respectivamente, exhiben los mayores promedios.

El monitoreo del NO_2 permitió establecer el comportamiento de éste contaminante en la ciudad, encontrándose que en la Estación Parque Simón Bolívar se registraron cinco datos de promedios horarios por encima de la norma, con un promedio máximo de 128 ppb frente a 106 ppb de la norma. Los promedios de 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad.

Los registros de concentraciones de CO permiten determinar que éste contaminante se encuentra en bajas concentraciones en la ciudad, pues los datos no superan los valores de la norma horaria, sin embargo dos datos de promedios octohorarios de la estación No. 5 Parque Simón Bolívar alcanzan un valor de 9.6 ppm, registros superiores a la norma que establecida en 8.8 ppm.

Finalmente, el reporte de concentraciones de O_3 , presenta concentraciones que superan los límites máximos establecidos en la norma, tanto para el promedio horario como el promedio de 8 horas, en casi todas las estaciones que monitorearon este contaminante.

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

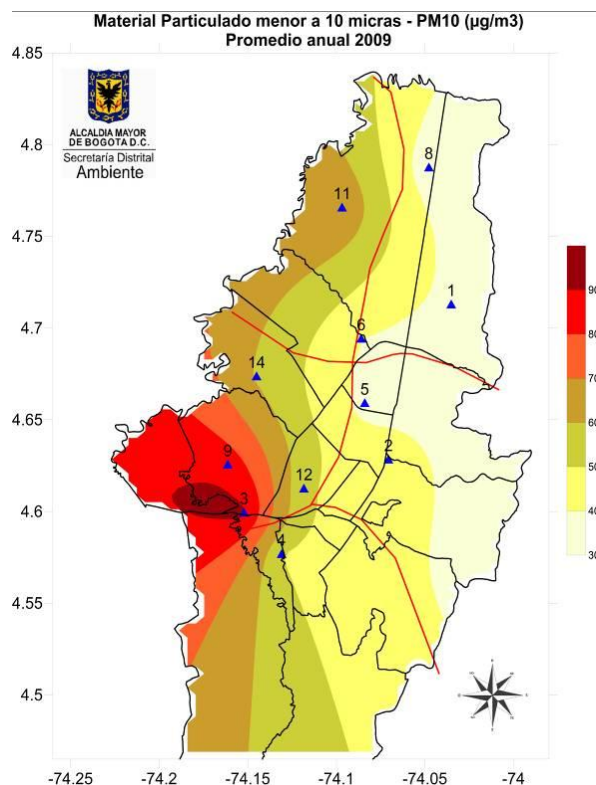


Figura 1. Distribución de la concentración de PM₁₀ durante el año 2009.

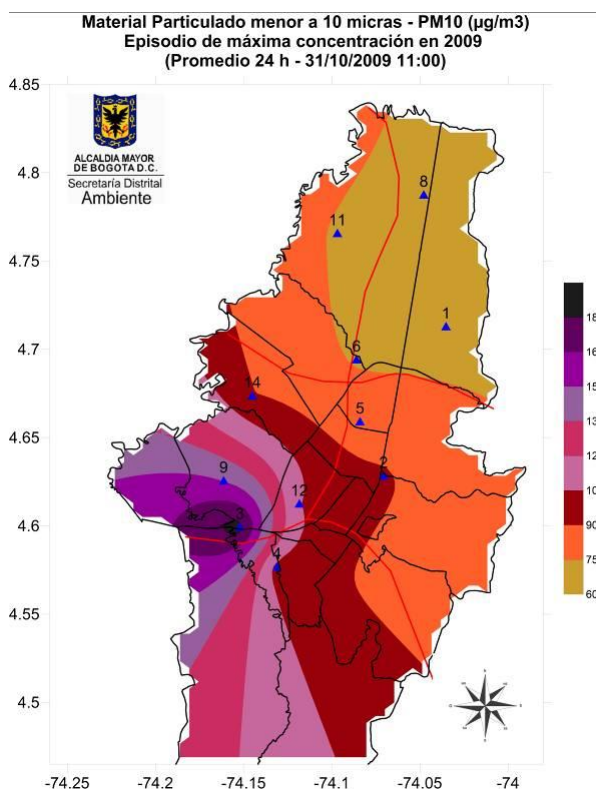


Figura 2. Episodio de máxima concentración 2009, promedio 24 horas.

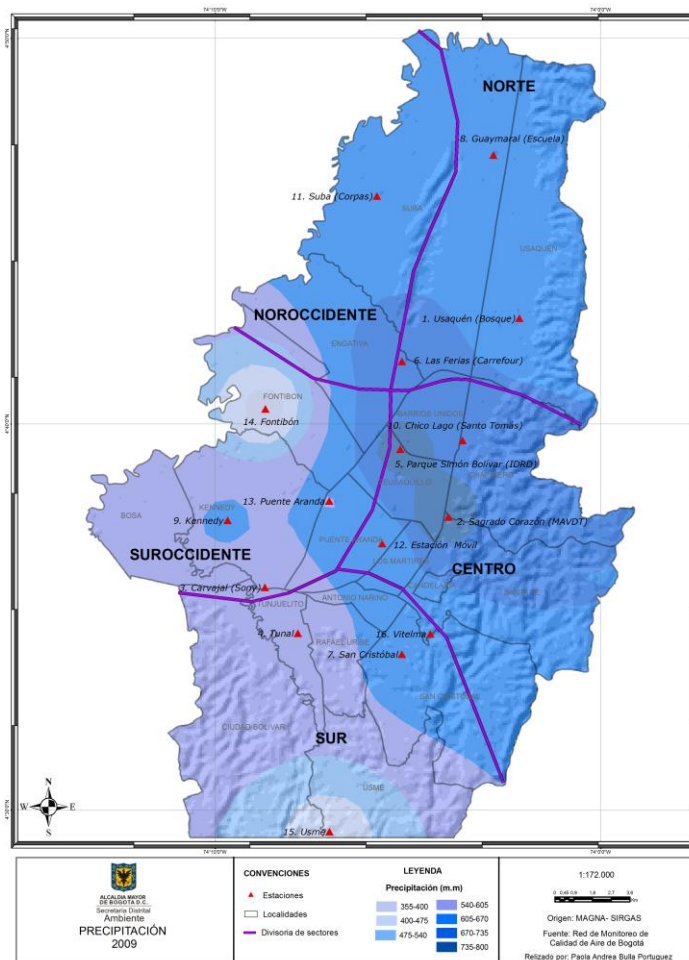


Figura 3. Distribución de las lluvias en la ciudad durante el año 2009

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

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

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

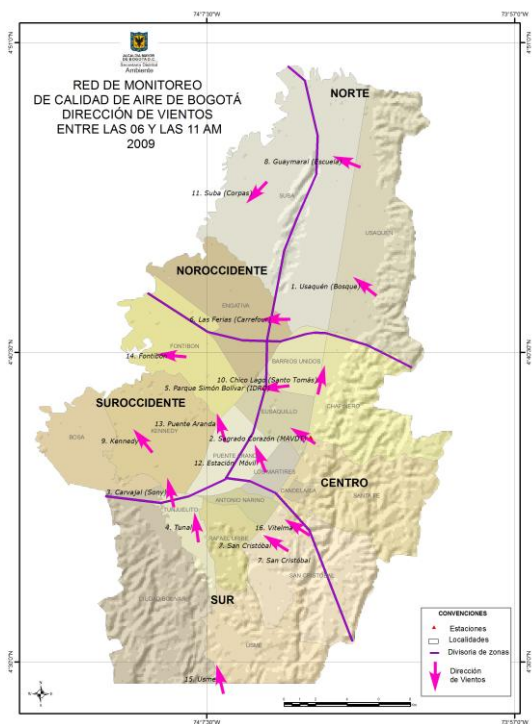


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la mañana – 2009.

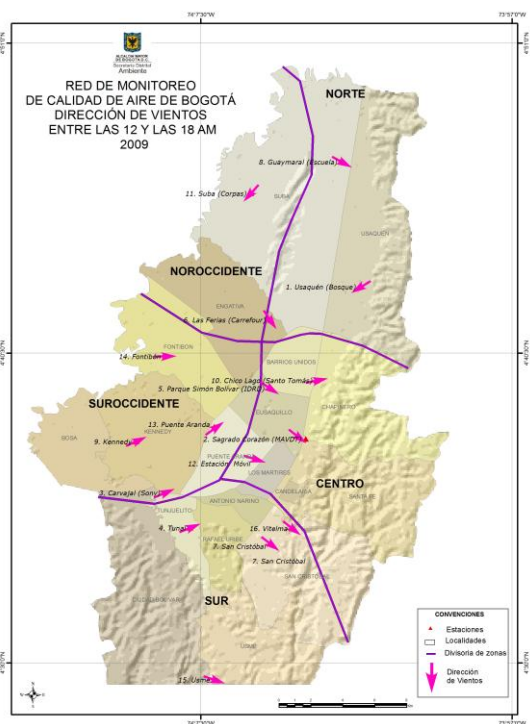


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la tarde – 2009.

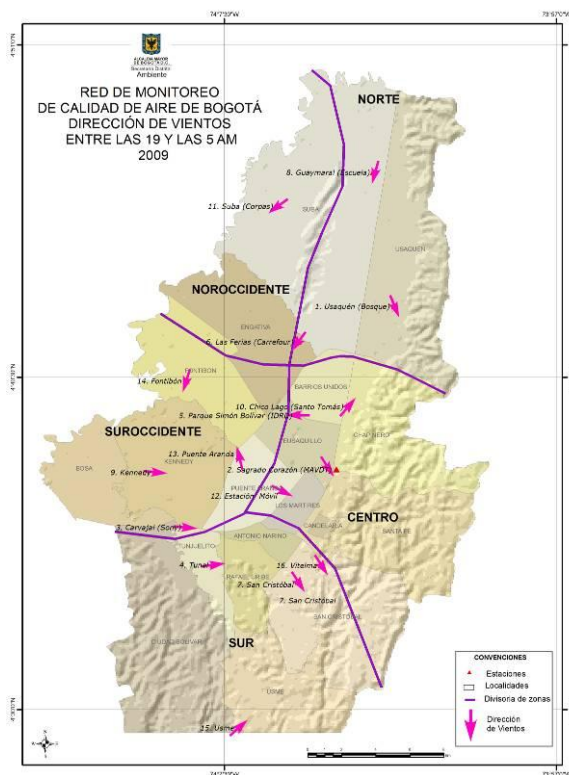


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante noche – 2009

INTRODUCCIÓN

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

La RMCAB empezó una etapa de modernización durante el año 2008, que involucró el cambio de software de manejo de datos, el reemplazo de los equipos que tenían más de 10 años de funcionamiento, la instalación de nuevos equipos para ampliar el monitoreo de los contaminantes en los diferentes sitios de la ciudad y la adquisición de una unidad móvil que comenzó a operar en el mes de noviembre en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud y para la cual no se reportarán datos en el presente informe, pues los datos no son representativos para el año. Por lo anterior, en el 2008 la RMCAB sumó 15 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM_{10} , PST, $PM_{2.5}$), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO, O_3) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

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

El glosario con la terminología utilizada se ubica después del capítulo tres y posteriormente se encuentran los anexos que incluyen información sobre las características de la configuración de la RMCAB y la localización geográfica de las estaciones de monitoreo, así como las características de las zonas 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, las rosas de vientos y las escalas utilizadas para estudiar los diferentes parámetros meteorológicos.

1. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en dos secciones, la primera de las cuales contiene el análisis del material particulado que incluye el PM₁₀, el PST y el PM_{2.5}, y la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃. Para esto, la RMCAB durante el año 2009 contó con 15 estaciones ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorearon las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}, PST) y de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las quince estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

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

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes						
			PM ₁₀	PST	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
No. 1 Usaquéen (Bosque)	Usaquéen	Norte	X		X				X
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT)	Santa Fe	Centro	X					X	X
No. 3 Carvajal (Sony)	Kennedy	Suroccidente	X	X		X	X	X	X
No. 4 Tunal	Tunjuelito	Sur	X		X	X	X	X	X
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D.)	Barrios Unidos	Centro	X		X	X	X	X	X
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	Engativá	Norte	X		X	X	X	X	X
No. 7 San Cristóbal ²	San Cristóbal	Sur	X			X	X	X	X
No. 8 Guaymaral (Escuela)	Suba	Norte	X				X		X
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X	X	X	
No. 10 Chico Lago (Santo Tomás)	Chapinero	Centro	X		X	X		X	X
No. 11 Suba (Corpas)	Suba	Noroccidente	X			X	X		X
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Suroccidente	X			X	X	X	X
No. 14 Fontibón	Fontibón	Suroccidente	X			X	X	X	X

¹ (Corregida 21 de mayo de 2010)

² La estación San Cristóbal se encuentra en periodo de instalación

1.1. MATERIAL PARTICULADO

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

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

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, establece los niveles máximos permisibles para PST y PM₁₀. Estos son de 100 µg/m³ concentración anual y de 300 µg/m³ para el período de 24 horas en el caso de PST, y de 60 µg/m³ y 150 µg/m³, concentración anual y 24 horas respectivamente para PM₁₀. Para el caso de PM_{2.5} no se han establecido límites en la normatividad, por lo que se pueden tomar los valores establecidos por la EPA de 15 µg/m³ como concentración anual y de 35 µg/m³ para 24 horas.

1.1.1. Comportamiento de la Concentración de PM₁₀

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 ocho equipos de PM_{10} marca Dasibi por marca Met One (tecnología de cuantificación por atenuación beta), en el marco del proceso de modernización de la RMCAB; éstos equipos reemplazaron los existentes en las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 4 Tunal, No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 6 Las Ferias (Carrefour), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 9 Kennedy, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón.

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

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

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

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM₁₀ durante el año 2009 pudo establecerse mediante la recolección de datos de medias móviles de 24 horas, en once estaciones que reportaron una representatividad temporal³ de 75%. Esta representatividad se vio afectada inicialmente por el cambio de los monitores de material particulado que ha alterado los históricos de las series de las estaciones 10 Chico Lago y 14 Puente Aranda.

Del total de datos registrados, tan solo el 0.24% superó el valor de la norma para 24 horas establecido en 150 µg/m³, porcentaje equivalente a 190 datos registrados así 83 en la Estación No 3 Carvajal, 24 en la Estación No 4 Tunal, 13 en la estación No. 9 Kennedy y 70 en la Estación No 11 Suba. En la

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

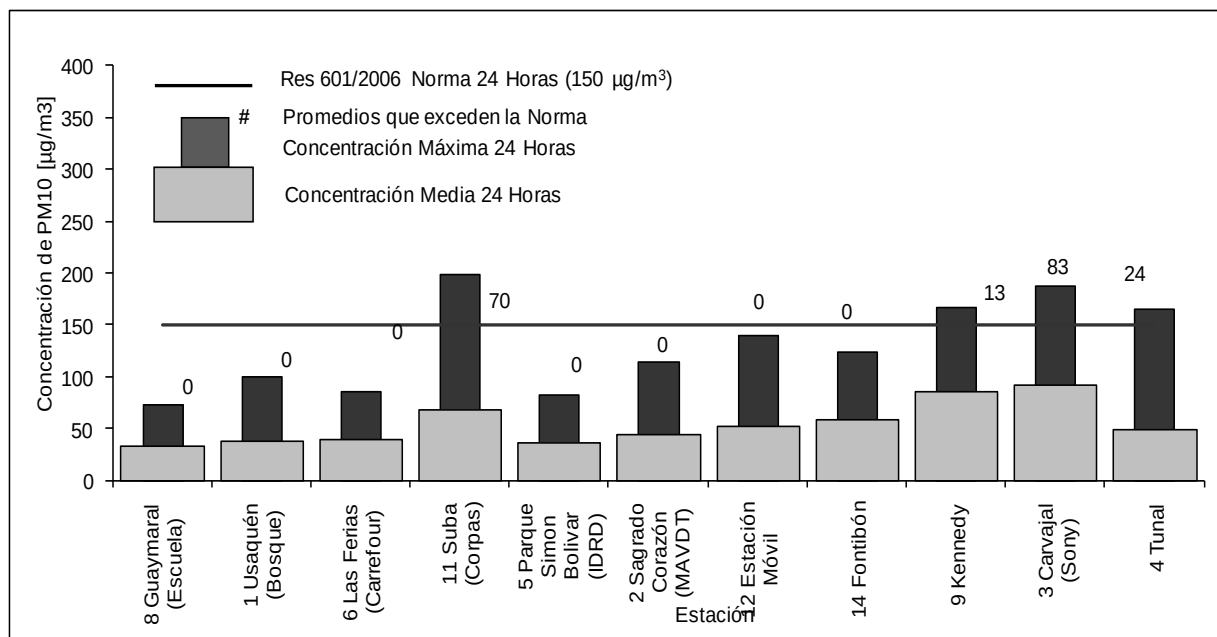


Figura 7. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el año 2009.

³ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo, multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo y se define como estándar aceptable un 75%.

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

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

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

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

Figura 8, donde se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM₁₀, como promedio de 24h, que se presentó en la ciudad durante el 2009 en este caso el 31 de octubre a las 11:00 a.m. Se debe tener presente que las estaciones No.15 Usme y No.16 Vitelma no tienen muestreadores de partículas y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones.

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

Figura 8 y

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

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

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

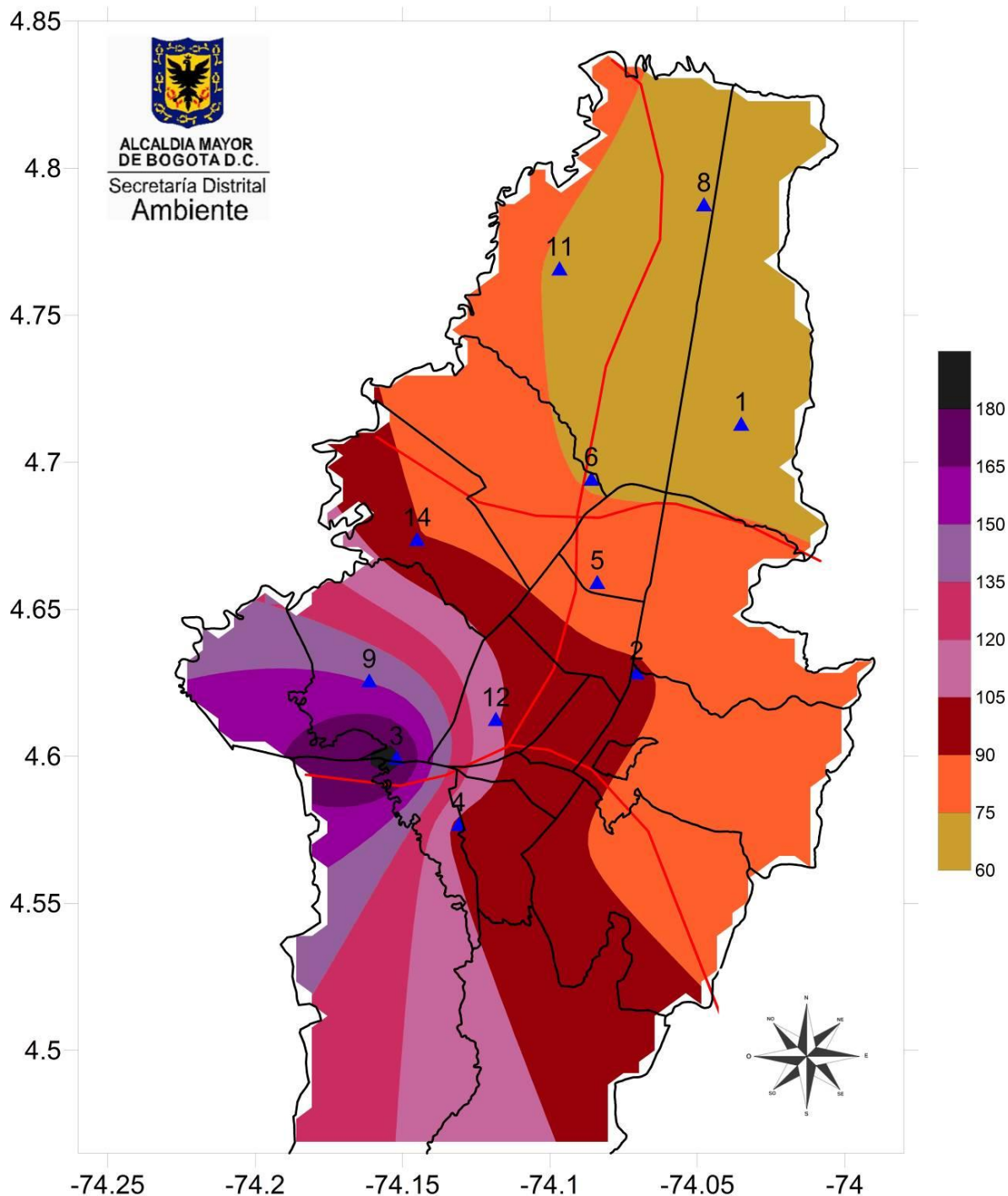


Figura 8. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM_{10} durante el año 2009.

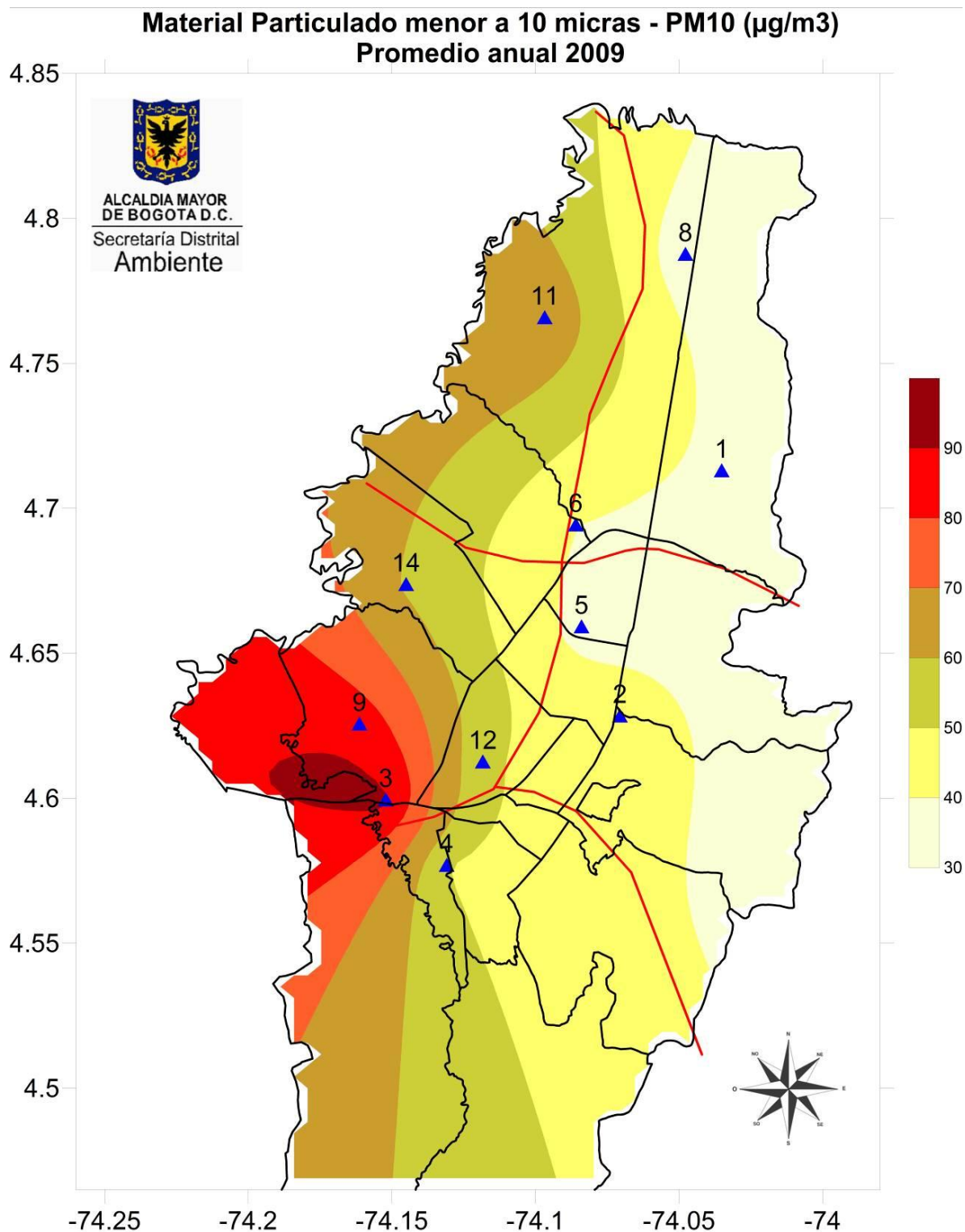


Figura 9. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el año 2009.

Por otro lado, para identificar el comportamiento que tienen los contaminantes, se hace un análisis exploratorio de los datos, una forma sencilla para observar si los valores que toman las variables son muy diferentes (outliers), simetría, localización y como se distribuyen los datos, es con un gráfico de Box-Plot o diagrama de cajas. En este tipo de gráfico se puede visualizar la tendencia de la concentración de PM_{10} basados en la mediana, los cuartiles y los valores extremos:

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

En la Figura 10, Figura 11 y Figura 12 se utiliza esta herramienta. Para generar las bases de datos se tomó como criterio el porcentaje de datos por años; en el 2005 como mínimo se debe reportar el 50% de los datos para cada estación, en los años restantes se tomó como base el 70%⁴.

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

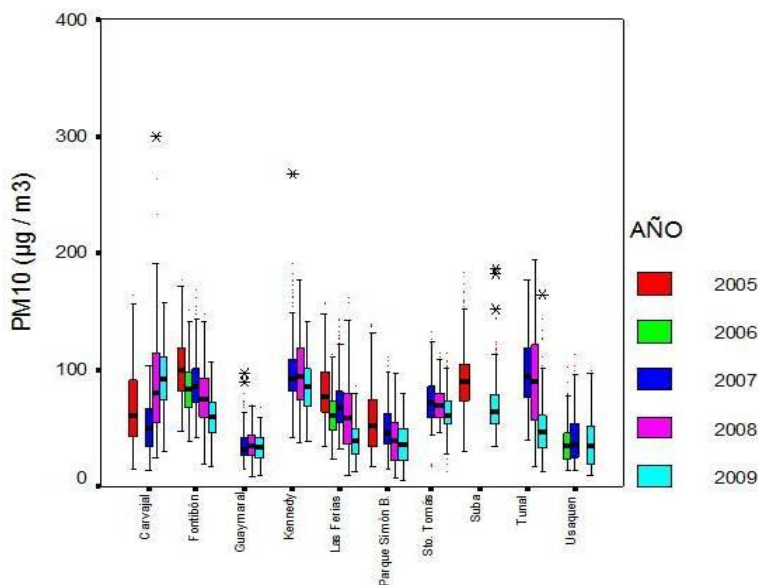


Figura 10. Gráfico de Box-Plot para PM_{10} promedio 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con 2008, 2007, 2006 y 2005.

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

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

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

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

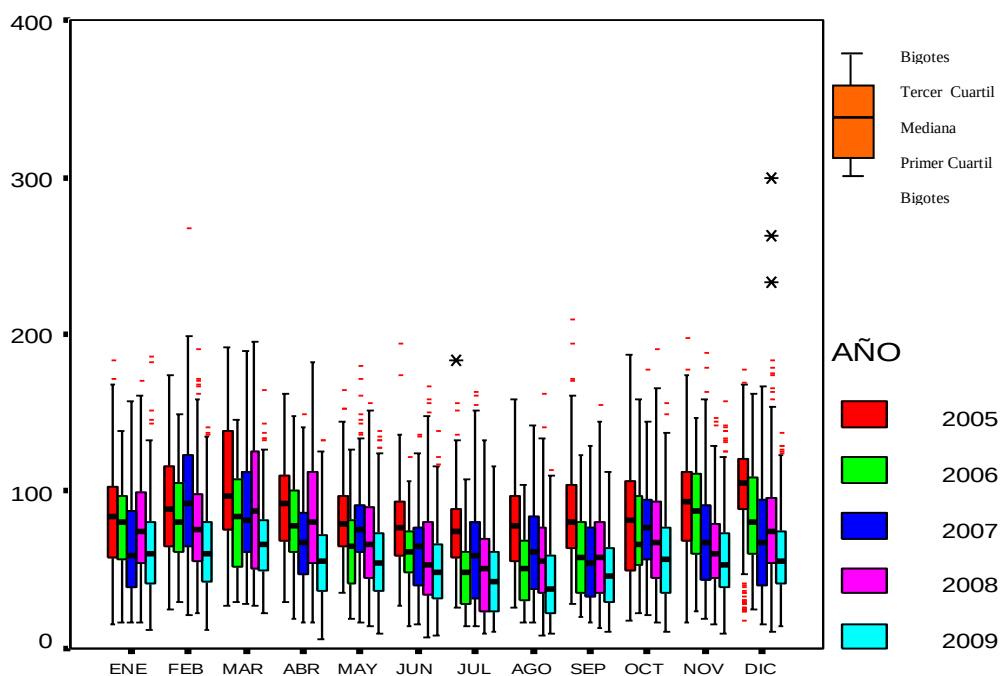


Figura 11. Gráfico de Box-Plot para PM_{10} 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

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

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

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

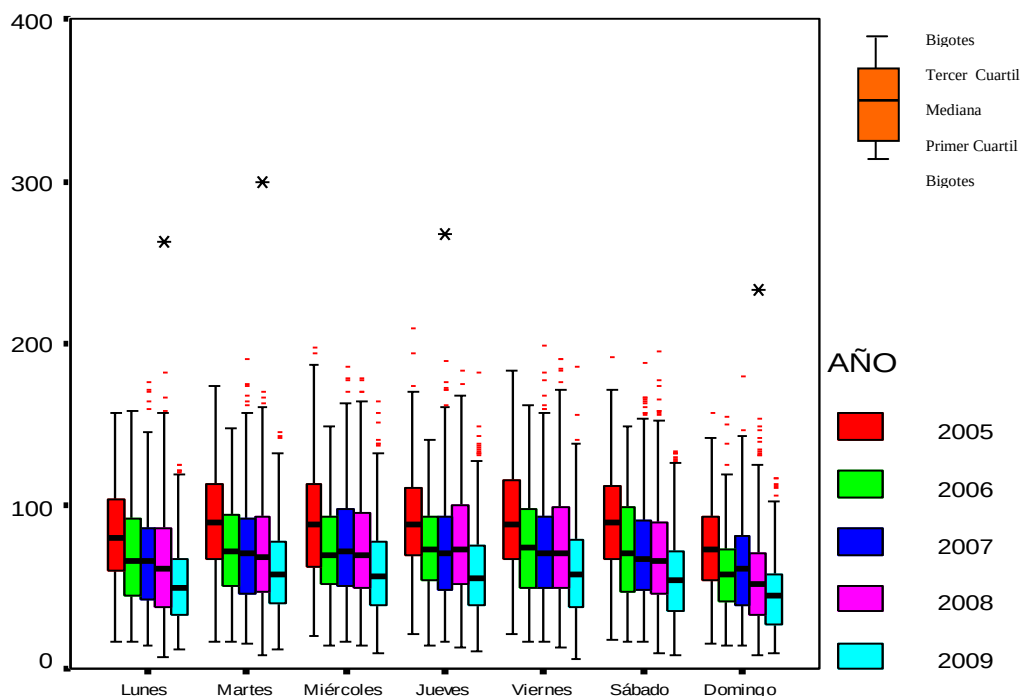


Figura 12. Gráfico de Box-Plot para PM_{10} 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

Promedios Anuales de PM_{10}

El promedio anual se calcula para cada día utilizando los promedios diarios de los 365 días anteriores, así el promedio anual del 1 de enero de 2009 se calcula como el promedio de los datos diarios entre el 2 de enero de 2008 y el 1 de enero de 2009, y el promedio anual calculado el 31 de diciembre de 2009 se toma como el promedio de los datos diarios entre el 1 de enero de 2009 y el 31 de diciembre de 2009.

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

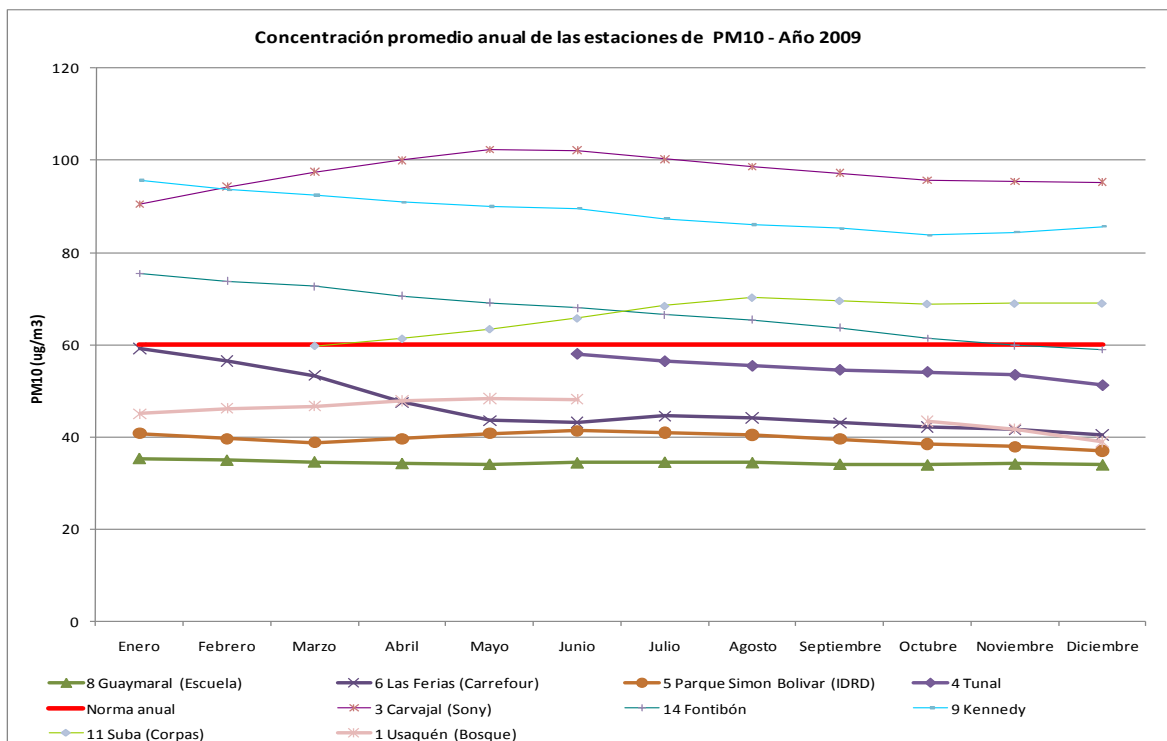


Figura 13. Concentración promedio anual de las estaciones que excedieron la norma en el 2008

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

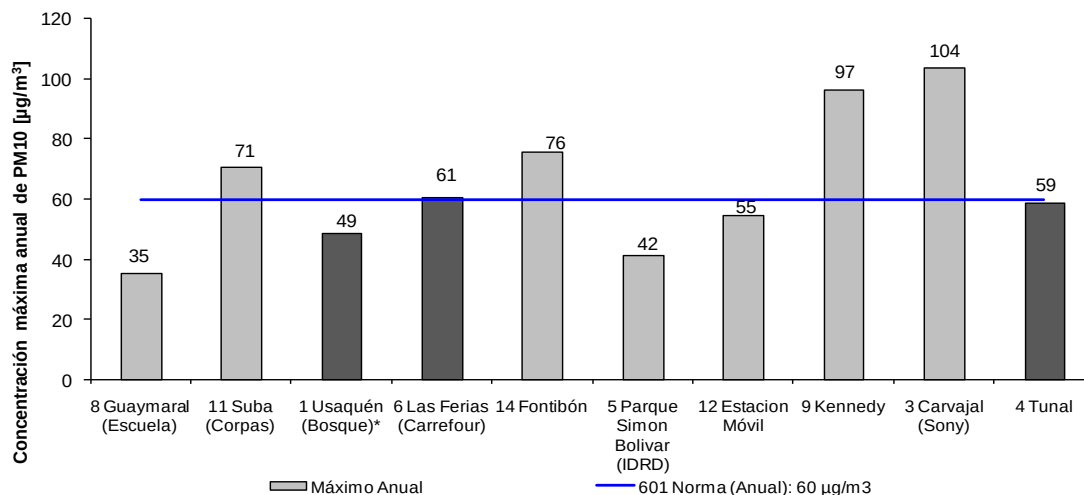


Figura 14. Máxima concentración promedio anual de PM₁₀ por estación durante el 2008.

En la Tabla 3 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1998 y el 2009, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año. Se debe tener en cuenta que los datos de 2005 a mayo de 2008 de las estaciones Las Ferias, Fontibón, Carvajal, Tunal se hicieron con equipos que al correlacionarlos con los actuales muestran un promedio horario de concentración distinto, aumentando la concentración en la estación de Carvajal desde mayo de 2008 y disminuyendo en las estaciones de Las Ferias, Fontibón, Tunal. De los equipos cambiados solamente la estación de Parque Simón Bolívar conservó la tendencia que traía con anterioridad

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

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

* Datos en revisión por cambio en la serie histórica.

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

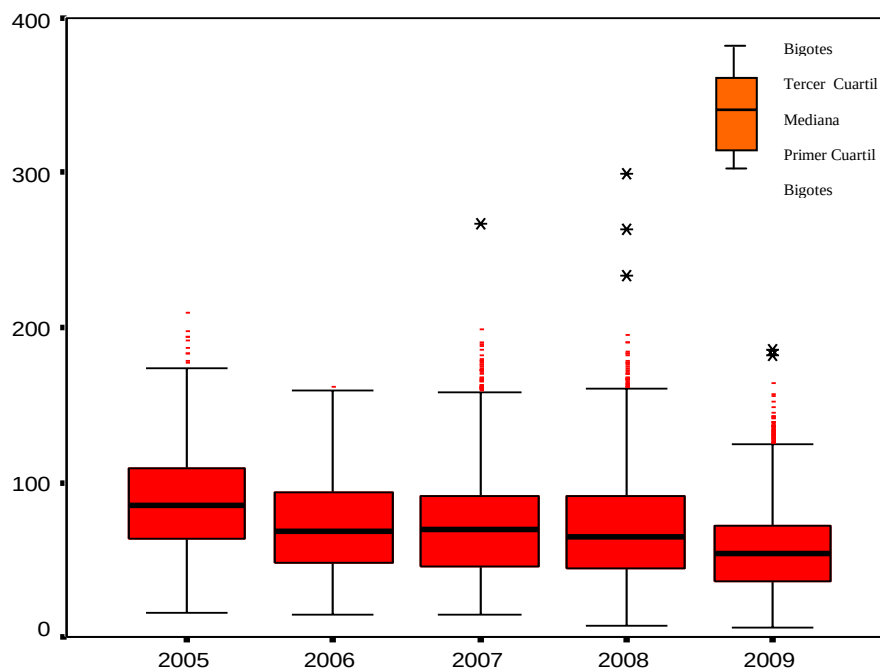


Figura 15. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

1.1.2. Comportamiento de la Concentración de PM_{2.5}

La RMCAB Bogotá cuenta actualmente con 5 estaciones en que se hace medición de este contaminante, a la fecha se publica la estación No. 9 Kennedy, atendiendo que los equipos instalados en las estaciones de Usaqué, Las Ferias, Parque Simón Bolívar y Tunal se encuentran en proceso de estabilización. Se debe tener en cuenta que la normatividad no ha establecido límites para este contaminante pero como se cita en el Parágrafo 2 del Artículo 4o. de la Resolución 601 de 2006, se pueden tomar como valores guía los estándares de la EPA ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración diaria).

Máximos en 24 Horas

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

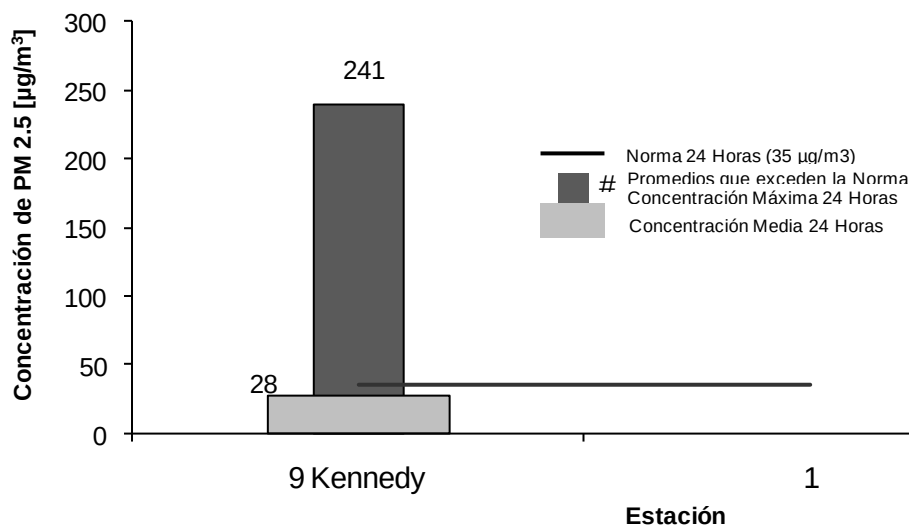


Figura 16. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas durante el 2009.

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

Promedio Anual de PM_{2.5}

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

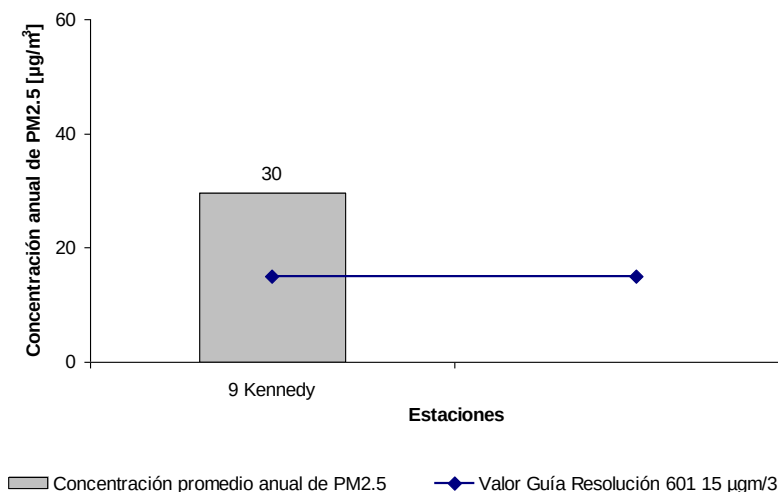


Figura 17. Concentración promedio anual de PM_{2.5}

1.1.3. Comportamiento de la Concentración de PST

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

Máximos en 24 Horas

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

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

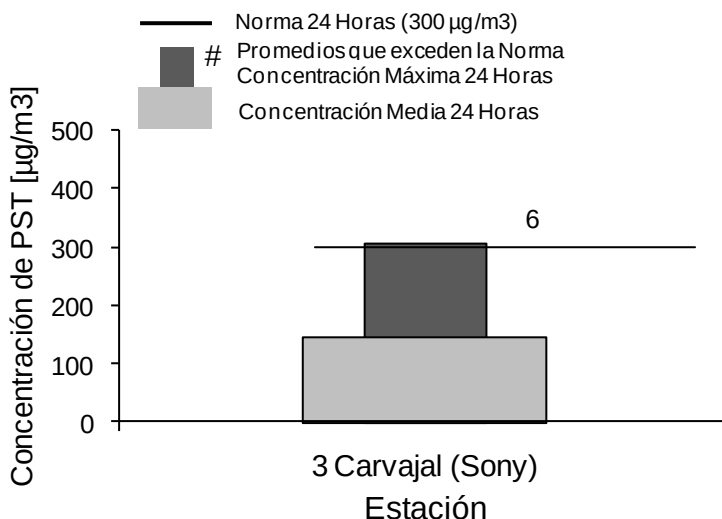


Figura 18. Concentraciones de PST para 24 horas por estación durante el año 2009.

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

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

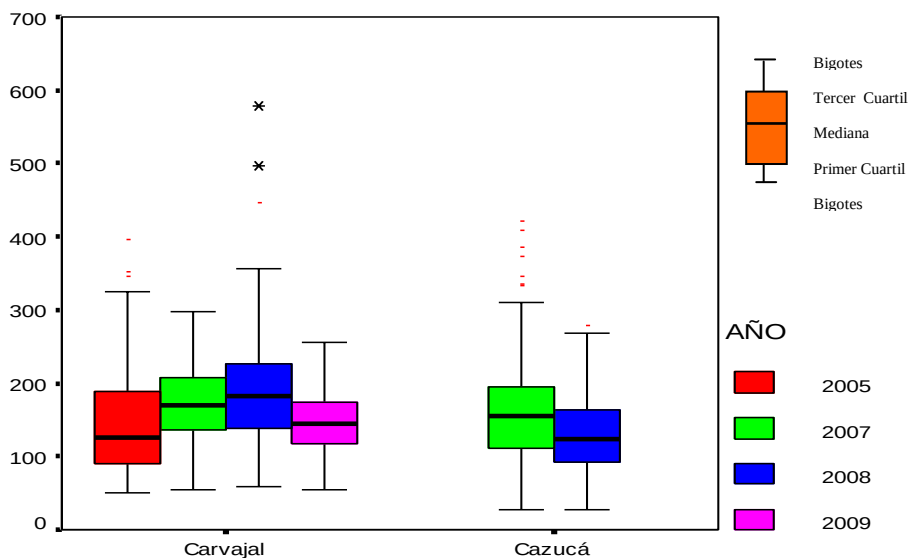


Figura 19. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

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

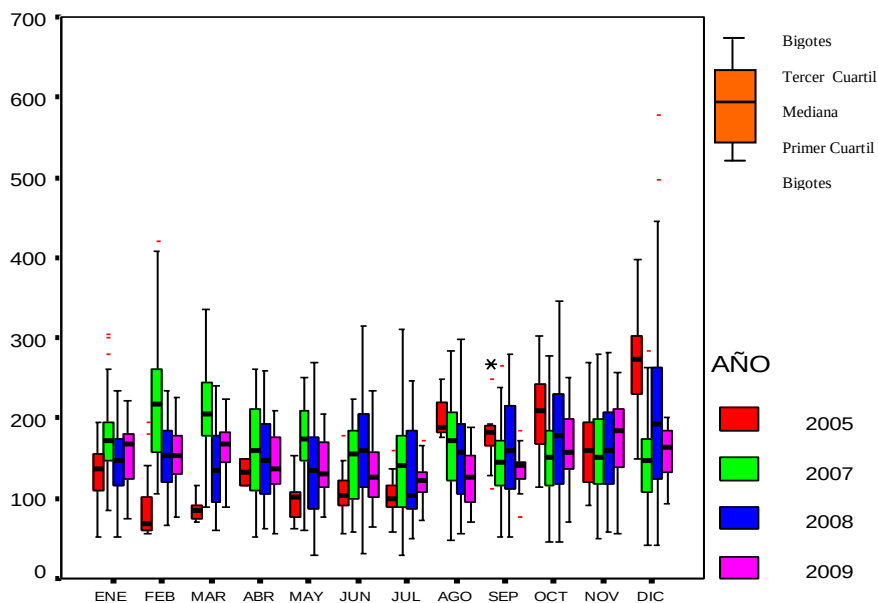


Figura 20. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

Promedio Anual de PST

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

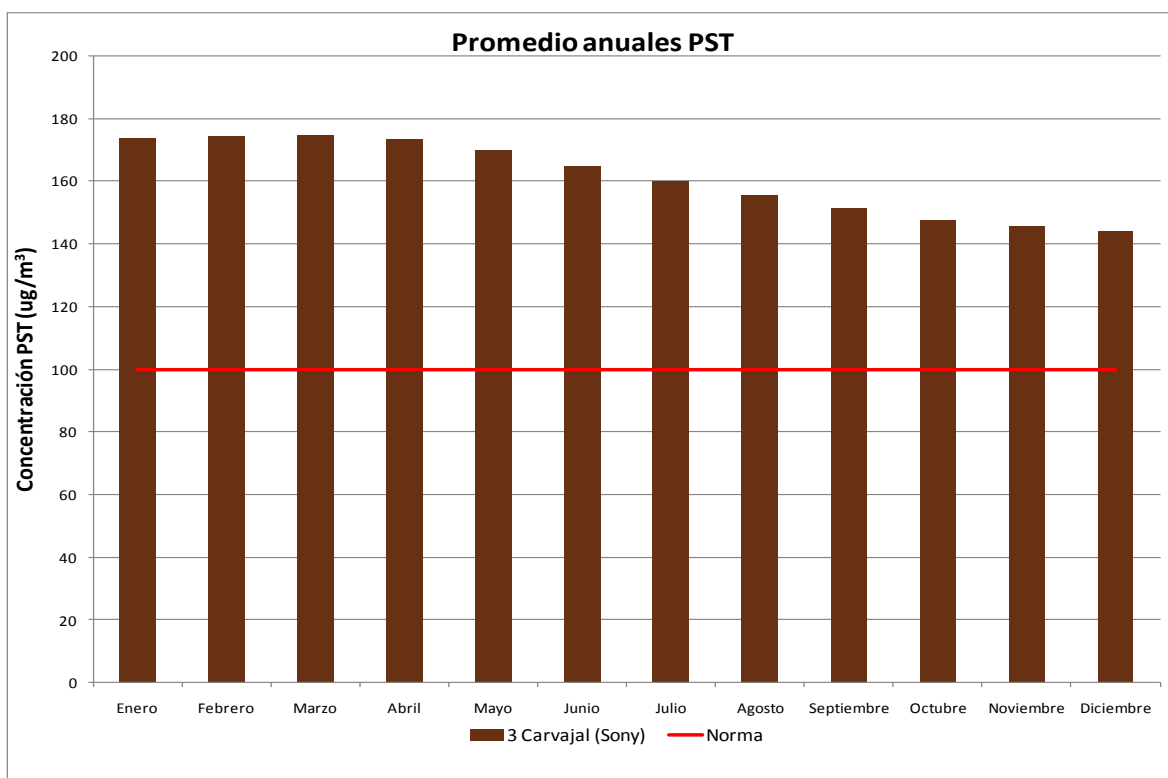


Figura 21. Comportamiento de la concentración promedio anual a lo largo del año en la estación de Carvajal PST.

1.2. GASES CONTAMINANTES

La RMCAB, además de medir el material particulado realiza el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO_2 , 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_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3) 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_3 es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

1.2.1. Comportamiento de la Concentración de SO_2

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 9 analizadores de dióxido de azufre (SO_2), ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. De éstos equipos, tres fueron reemplazados por equipos nuevos e instalados en el mes de mayo del 2008 en las estaciones No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 11 Suba (Corpas) y No. 14 Fontibón, por el proceso de puesta a punto de estos equipos la representatividad de éstas estaciones es baja. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006.

Máximos en 3 horas

Durante el año 2009 se obtuvieron cincuenta y seis mil novecientos setenta y dos (56972) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 72.3% de los promedios posibles en el año. En la Tabla 4 se muestran los valores máximos de SO_2 obtenidos para promedios de 3 horas por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que garantizaban más de un 70% de representatividad de los datos. Por otro lado, en la Figura 22 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible en la Resolución 601/06 (287 ppb) no fue

excedido en ninguna oportunidad. El valor más alto de la Red y la media más alta fueron registradas por la estación No. 3 Carvajal (Sony), al igual que el año anterior.

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

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

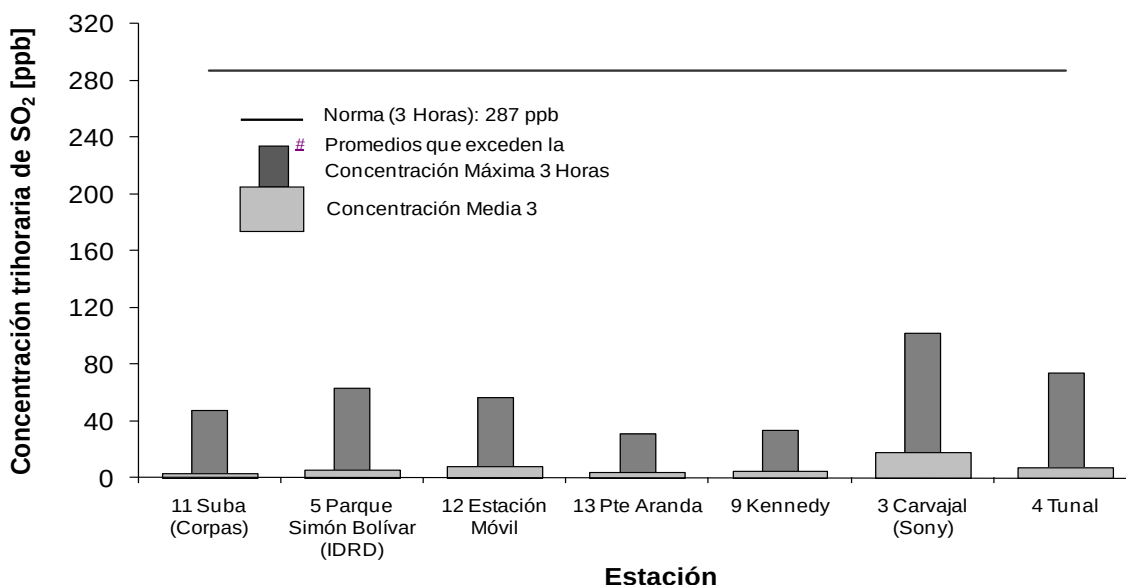


Figura 22. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el año 2009.

Máximos en 24 horas

Para el estudio de la concentración promedio horaria en 24 horas de SO₂, se contó con cincuenta y siete mil trescientos veinte (57320) promedios, cuya representatividad temporal es del 72.7%. Todos los promedios obtenidos estuvieron por debajo del nivel máximo permisible establecido en la Resolución 601/2006 (96ppb). Los mayores promedios de cada una de las estaciones se reportan en la Tabla 5, junto con la fecha de ocurrencia del evento.

Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que garantizaban más de un 70% de representatividad de los datos, la Figura 23 muestra de manera gráfica las

concentraciones máximas y medias de SO₂ en cada una de éstas estaciones. Al igual que en los máximos de tres horas, la estación de Carvajal (Sony) presenta la mayor concentración promedio 24 horas.

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

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

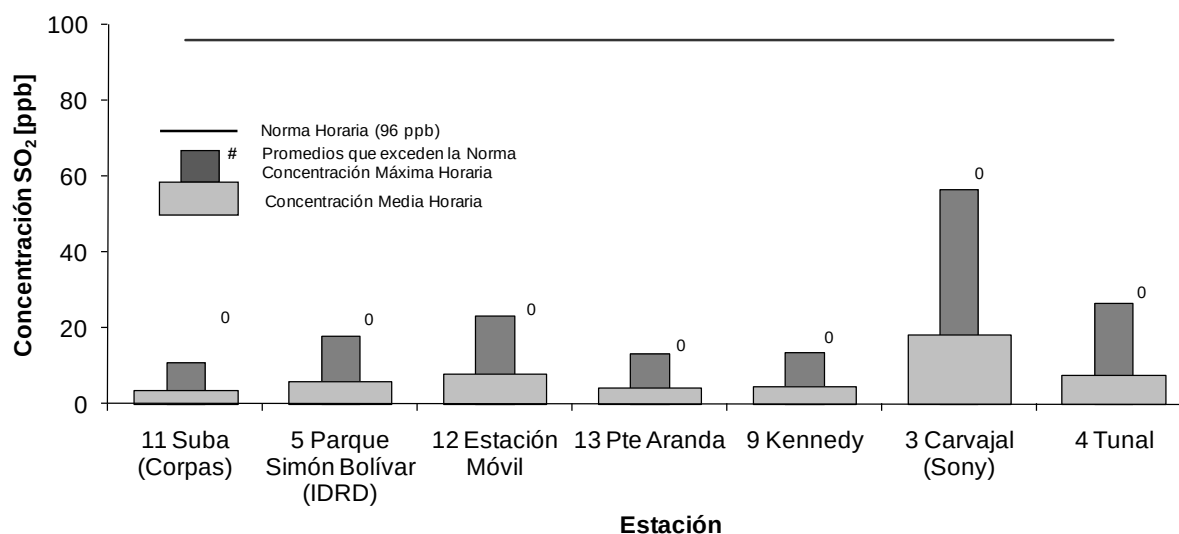


Figura 23. Concentración máxima de SO₂ para 24 horas por estación durante el año 2009.

Las estaciones que miden SO_2 en la ciudad son las que se muestran en la Figura 24, además las estaciones de Chico Lago, Las Ferias, Fontibón, Suba, que para este análisis no se reportan en el 2009 porque están por debajo del 70% de representatividad de los datos. Al observar la Figura 24 se muestra gran variabilidad entre y dentro de las estaciones al transcurrir los años con los cuales son comparados, siendo Carvajal la de mayor dispersión en los datos e incremento de su mediana; Kennedy reporta incremento en su mediana con respecto al año anterior pero la dispersión de los datos es baja, para las demás estaciones donde se puede comparar con el 2009 presenta disminución en la mediana; en los *outliers* se nota una disminución significativa ya que para el último año son muy pocos los datos atípicos registrados.

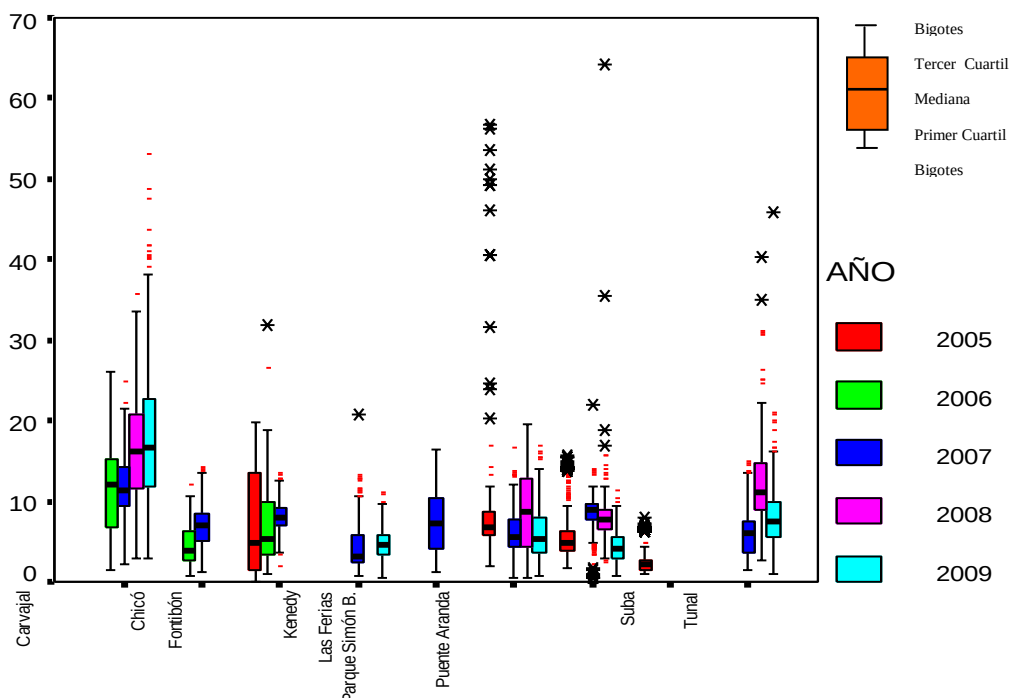


Figura 24. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

La Figura 25 muestra que la variabilidad presentada en los meses del año es alta ya que la posición de las cajas se encuentra a distintas alturas en los diferentes años; la concentración de SO_2 del 2009 con respecto al año anterior tiene un comportamiento regular es decir en casi todos los meses se presentó una disminución considerable, salvo en enero y febrero donde la mediana es levemente menor; para el último año los que presentan mayor dispersión en sus datos son mayo, julio y junio escritos en orden descendente, para los demás meses su dispersión es menor. Se sigue presentando para este último año una característica significativa que es los datos atípicos y outliers extremos son predominantes.

En cuanto a las tendencias semanales la Figura 26 muestra, dentro de cada día de la semana, la variabilidad que se presenta en los diferentes años, siendo el 2005 el de menor concentración de SO_2 , pero, como se evidencia en la Figura 24 esto se debe a las pocas estaciones que se registran en dicho año, y de ahí presentándose un incremento paulatino año a año hasta llegar al 2008, el cual es sin duda el de mayor concentración; para el 2009 se registra una disminución considerable, ya que las medianas son menores con respecto al año inmediatamente anterior. El día donde se presenta mayor disminución es el sábado, los demás días presentan un comportamiento similar, salvo los viernes que presenta un ligero aumento en la mediana y dispersión en los datos. Algo característico o contradictorio es que siendo este año el de menor concentración, también muestra una cantidad considerable de outliers y outliers extremos.

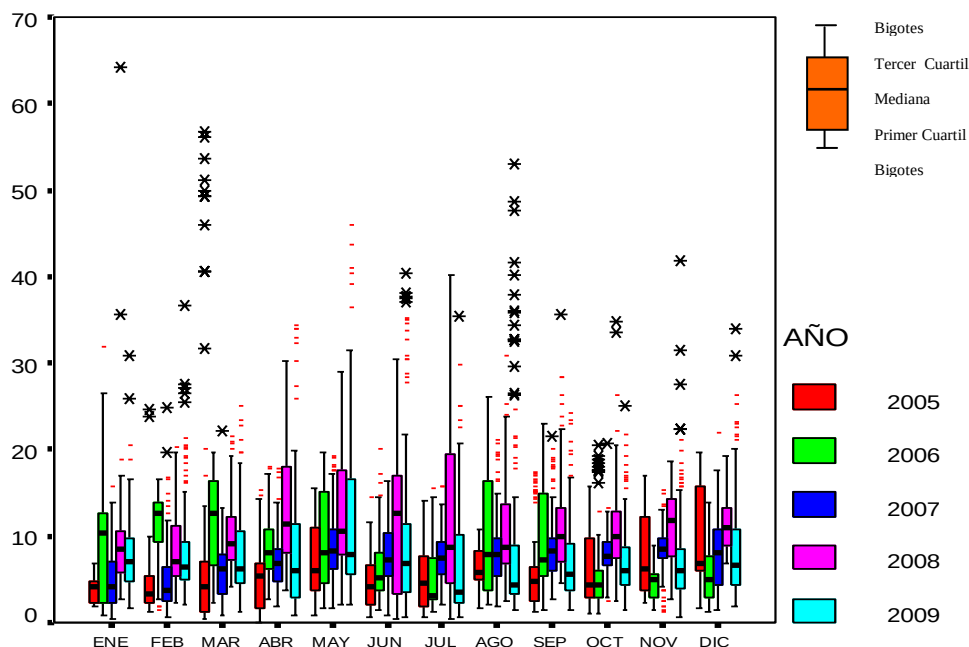


Figura 25. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

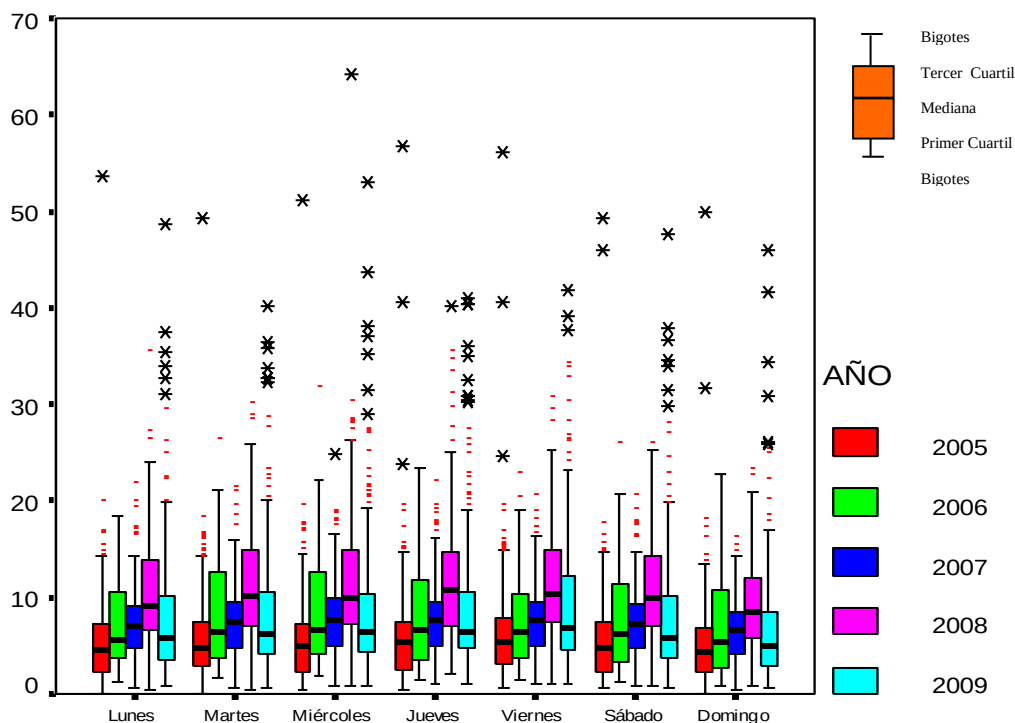


Figura 26. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

Máximos anuales

Durante el año 2009 se obtuvieron dos mil setenta y cuatro (2074) datos de promedios anuales de la concentración de SO₂, ninguno de los cuales superó lo establecido en la Resolución 601 del 2006 (31ppb). Estos datos tienen una representatividad de 81%.

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

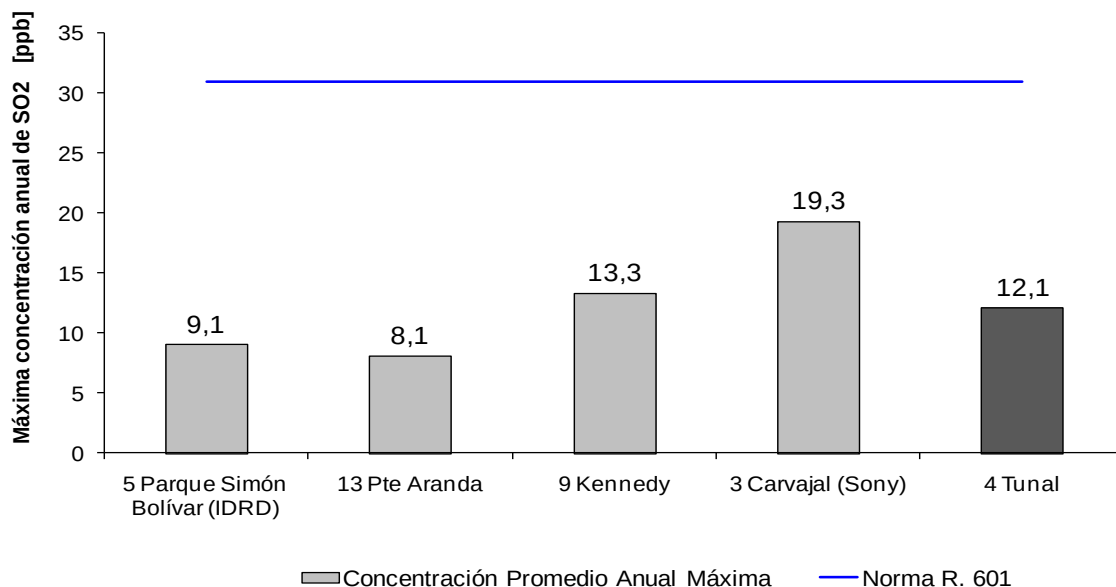


Figura 27. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante el año 2009.

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

Tabla 6. Concentraciones promedio anuales de SO₂ calculadas el 31 de Diciembre de cada año.

No.	NOMBRE	Concentración en [ppb]											
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
11	Suba (Corpas)												4
6	Las Ferias (Carrefour)			8	9	8	3	19	5		6	7	
14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11	
10	Chico Lago (Sto Tomás)	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9	
5	Parque S.B. (IDRD)						18	6	9	6	6	7	6
2	Sagrado Corazón (MAVDT)	5	7	6	4	4	6			4	4	4	
13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9	4

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

En la Figura 28 se muestra la tendencia de los promedios diarios de concentración de SO_2 en los diferentes años ha tenido una tendencia creciente hasta el 2008, para el 2009 se redujo la concentración de este contaminante con base al año inmediatamente anterior y los datos que se registran están mucho más concentrados alrededor de la mediana como se observa en la grafica; donde se presenta un notable incremento es con los datos atípicos pero sobre todos los outliers extremos.

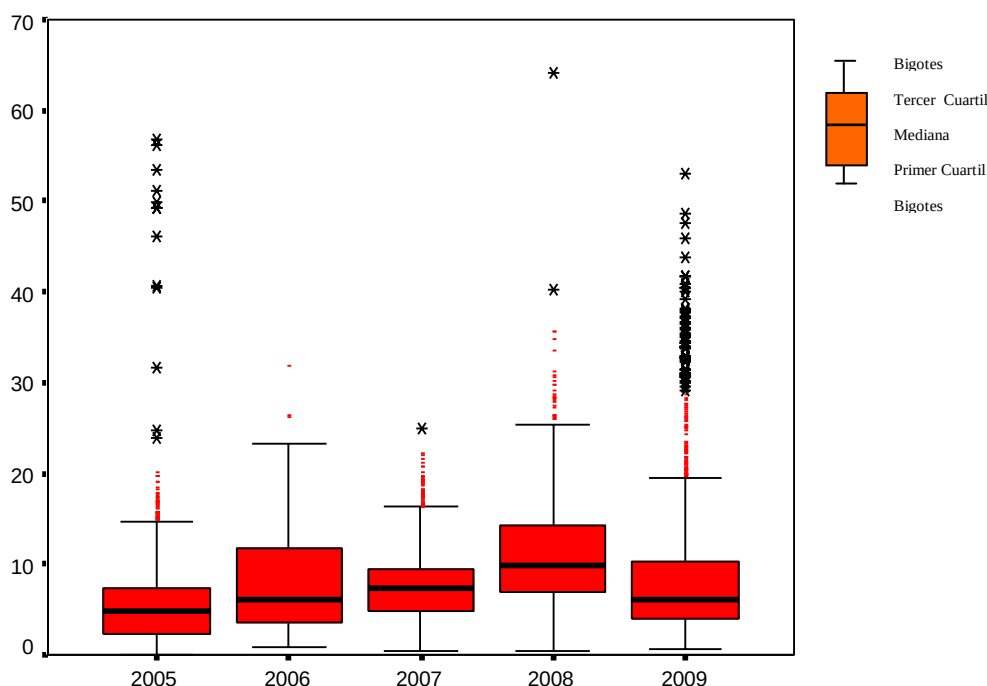


Figura 28. Gráfico de Box-Plot para SO_2 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

1.2.2. Comportamiento de la Concentración de NO_2

En el año 2009 se calcularon promedios horarios, de 24 horas y anuales de concentración de NO_2 para las estaciones configuradas en la Tabla 1. Durante el año 2008 se adquirieron cinco analizadores nuevos instalados en las estaciones No. 3 Carvajal (Sony), No. 4 Tunal, No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón.

Máximos en 1 hora

En este año se obtuvieron 56023 datos de promedios horarios, con una representatividad del 71% afectada por la representatividad de las estaciones de Suba, Las Ferias y Tunal. La estación No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD) reportó valores de concentración superiores a la norma (106 ppb Res. 601 2006), como se observa en la Figura 29. Además, en esta gráfica se pueden apreciar los valores de concentración máxima horaria presentada en cada una de las estaciones y las medias; estas últimas no superaron el 25% de la norma. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 7.

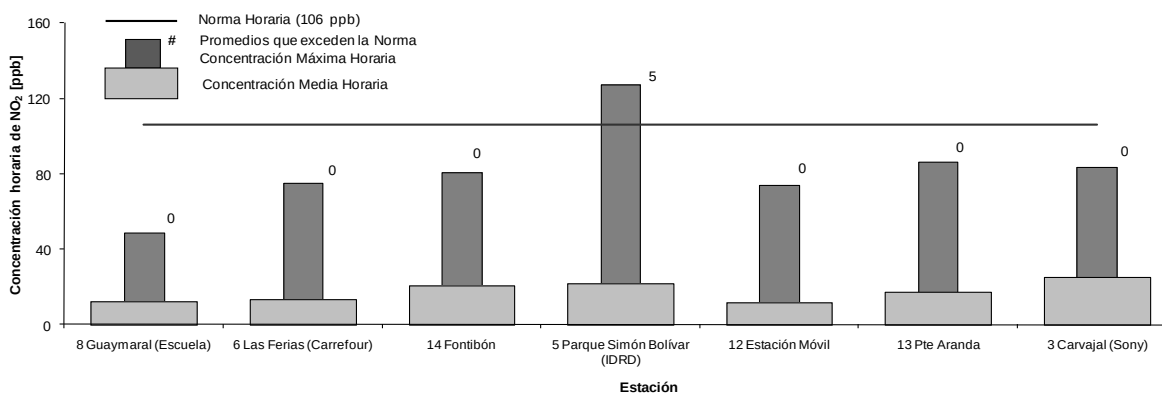


Figura 29. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el año 2009.

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

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

Máximos en 24 horas

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

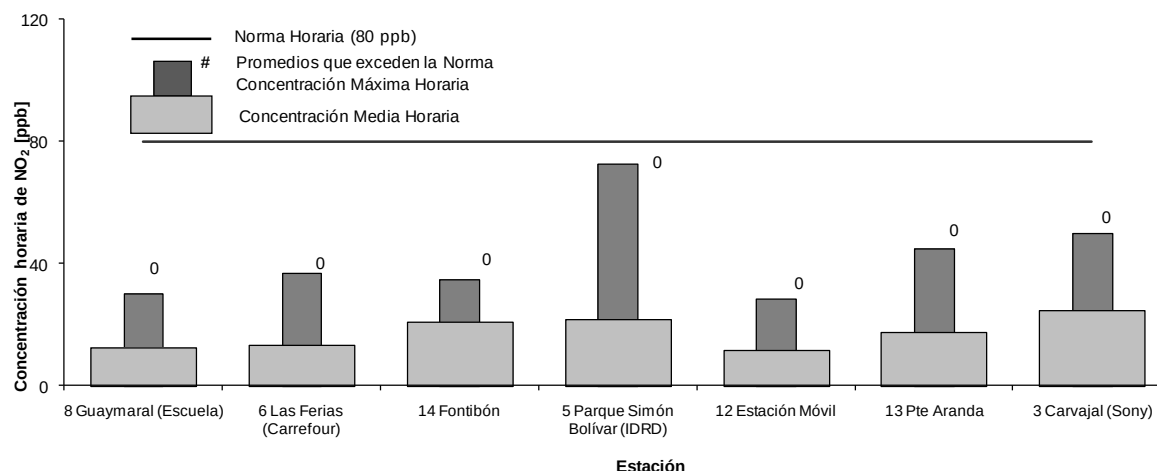


Figura 30. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el año 2009.

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

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

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

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

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

Comparando entre años no se puede hablar de tendencia ya que para los primeros cuatro meses la tendencia en los años 2005 a 2007 es de crecimiento, pero a partir de mayo no se registra comportamiento definido; realizando la comparación para los dos últimos años, en el 2009 casi siempre esta la mediana por debajo salvo en agosto y octubre, lo que varia es la diferencia entre dichas medianas como se muestra en la gráfica y la dispersión de los datos, junio y julio son los meses de menor concentración de NO_2 para este último año. En los datos atípicos se presenta una disminución salvo en Abril donde hay un outliers extremo.

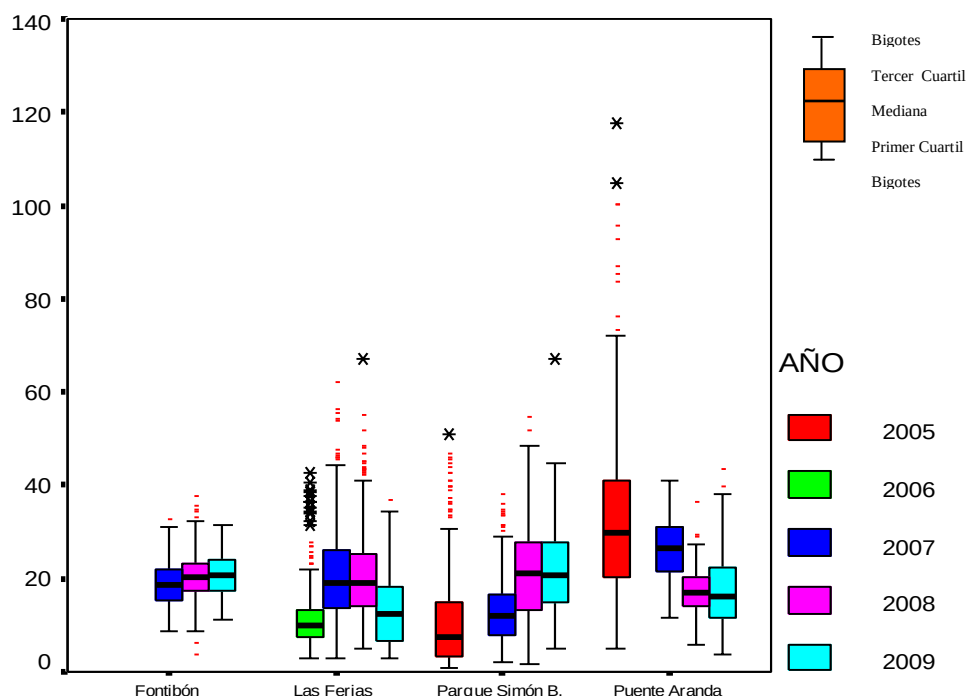


Figura 31. Gráfico de Box-Plot para NO_2 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

En la Figura 33, La variabilidad que se presenta entre los años para cada día de la semana es poca a partir del 2007 esto se muestra en la ubicación de la mediana en cada año ya que sus cambios son pequeños, en los años 2005 y 2006 se refleja un cambio notorio tanto en variabilidad como en dispersión ya que en esos años se tiene la mayor y menor respectivamente. Comparando la dispersión del 2009 con el año anterior se tiene un leve incremento en todos los días, por el contrario la mediana esta siempre por debajo. Los días que presenta la menor concentración de NO_2 en el 2009 son el sábado y domingo en los otros días el comportamiento es similar.

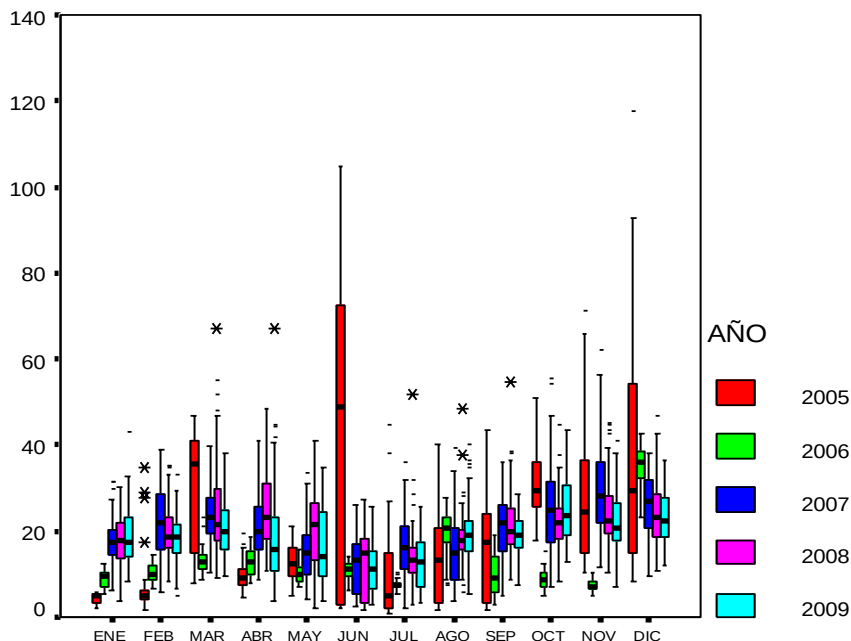


Figura 32. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

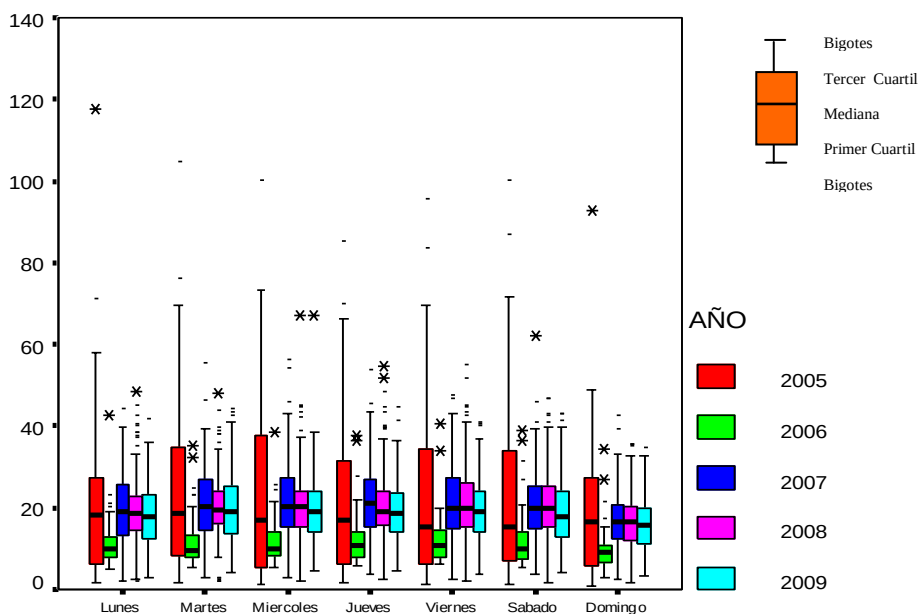


Figura 33. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

Promedio Anual de NO₂

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

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

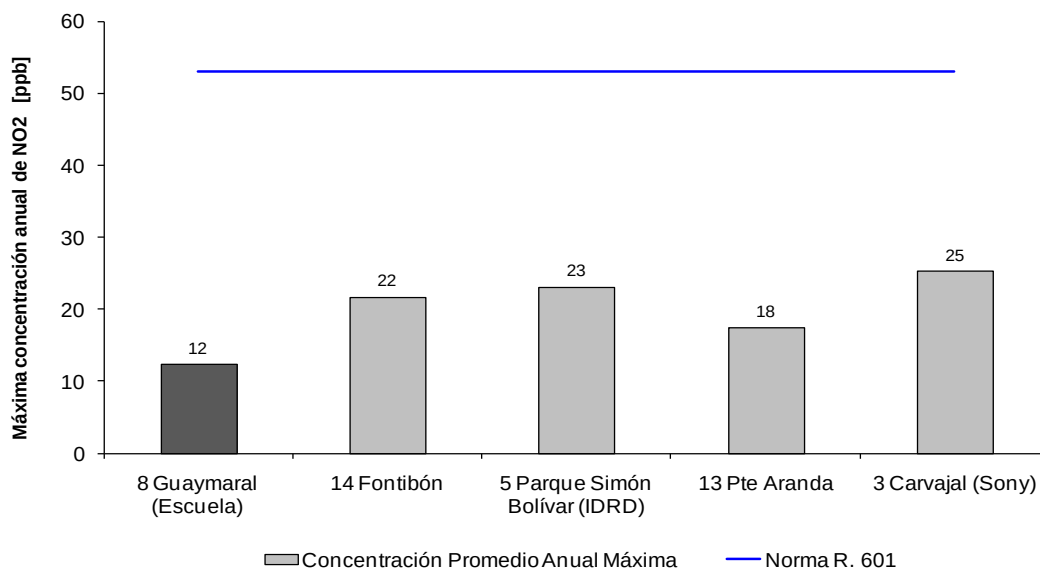


Figura 34. Máxima concentración promedio anual de NO₂ por estación durante 2009.

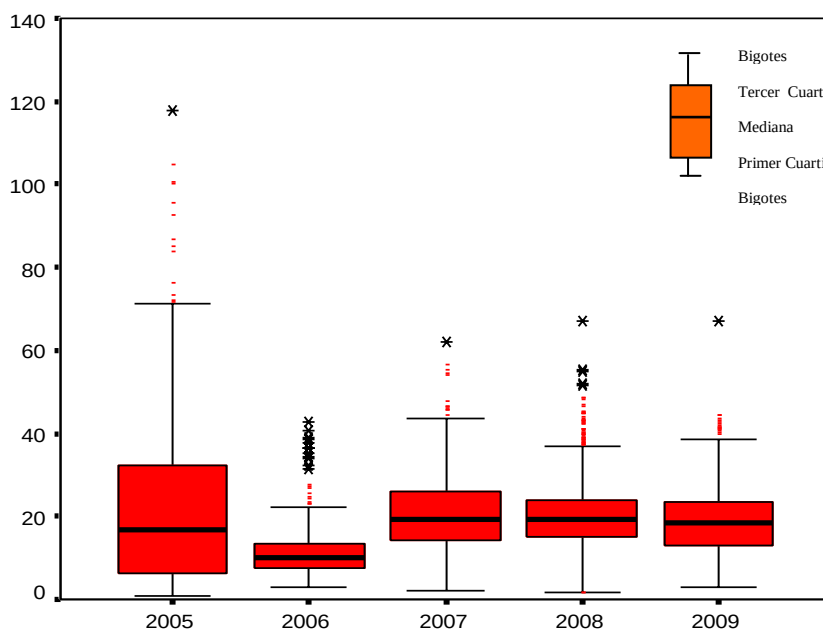


Figura 35. Gráfico de Box-Plot para NO₂ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

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

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

1.2.3. Comportamiento de la Concentración de CO

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

Máximos en 1 hora

Se obtuvieron cuarenta y seis mil quinientos cuarenta y ocho (46548) datos de promedios horarios de CO equivalentes al 89% de representatividad. Ninguno superó lo establecido en la legislación nacional (35 ppm Res. 601 2006) y todos los promedios se registraron por debajo del 50% de la norma. Esto se evidencia en la Figura 36 dónde además se observa que la estación No. 14 Fontibón registró lo menores valores de concentración de CO. En la Tabla 9 se presenta el día y hora en que ocurrieron los máximos promedios horarios por estación; la estación No. 5 Parque Simón bolívar presenta el mayor valor de estos promedios, el cual equivale a 46% de la norma.

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

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

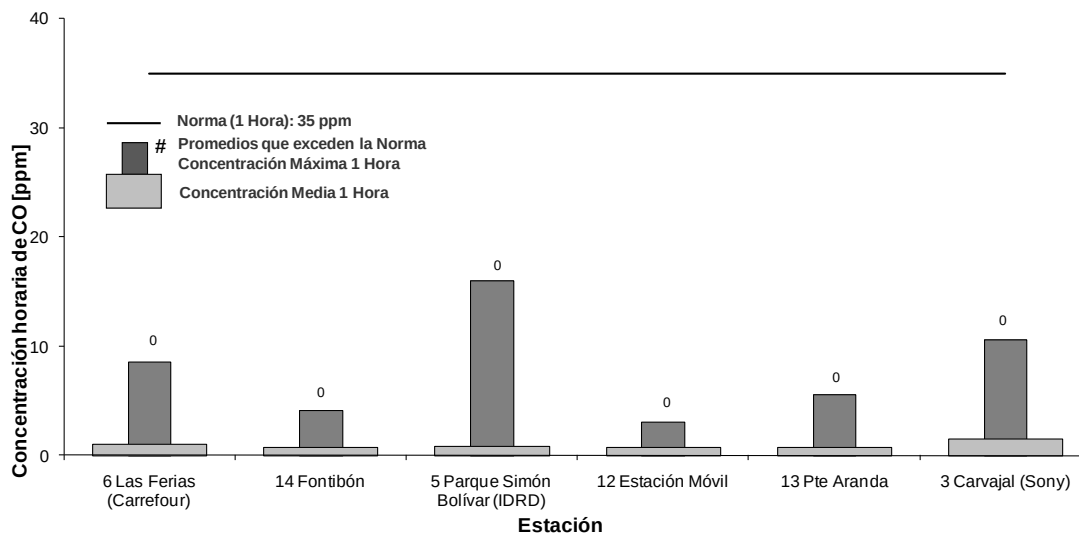


Figura 36. Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el año 2009.

Máximos en 8 horas

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

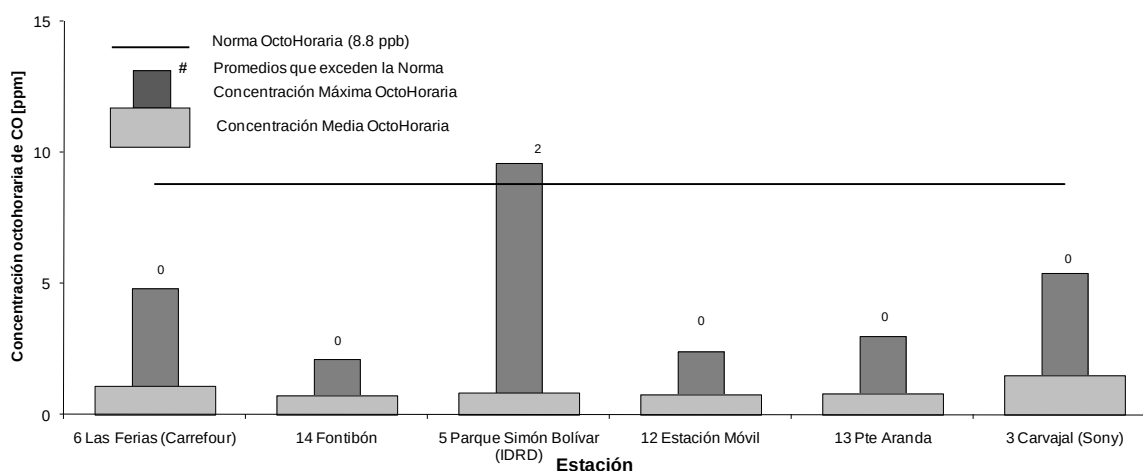


Figura 37. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el año 2009.

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

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

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

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

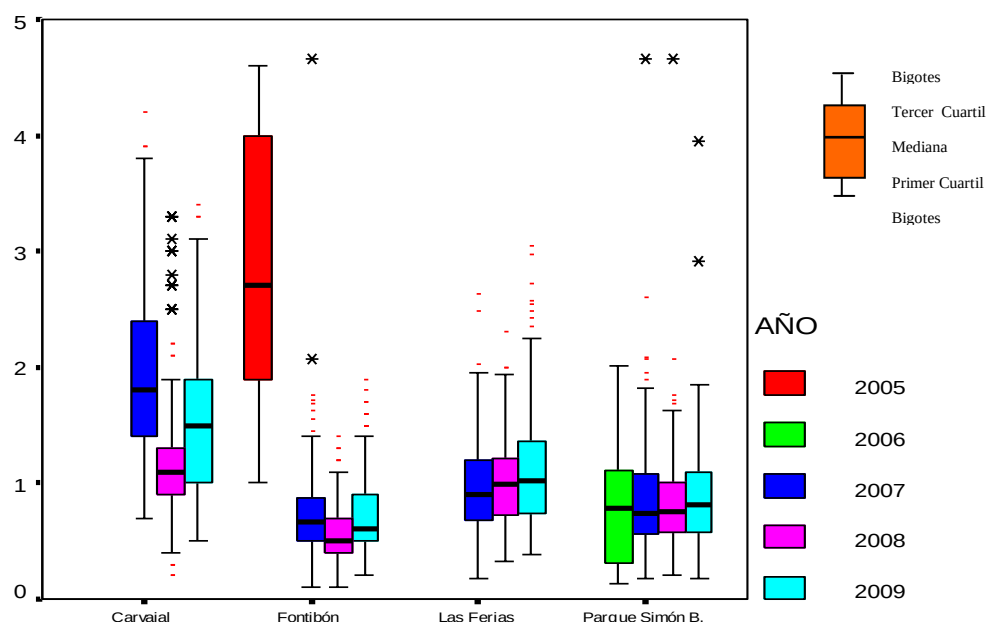


Figura 38. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

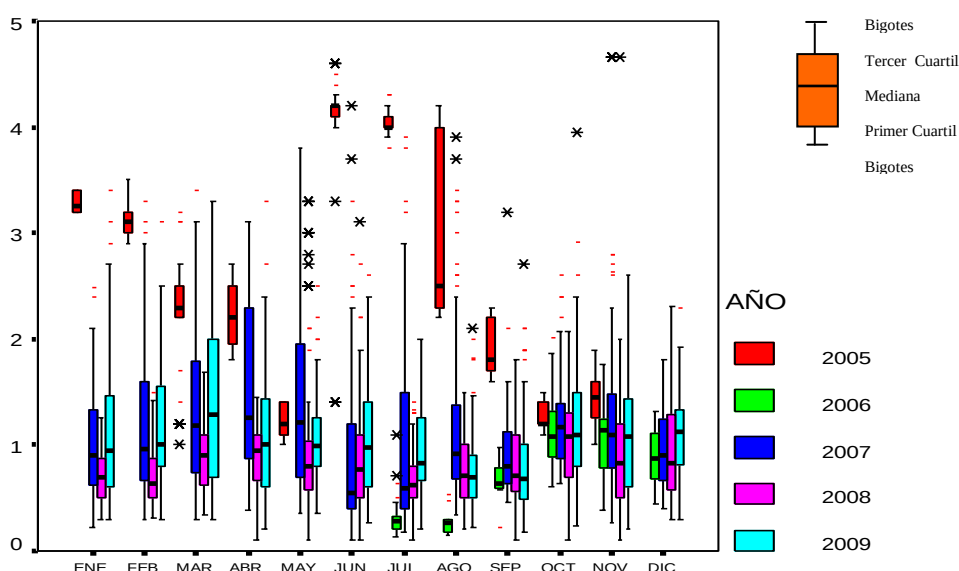
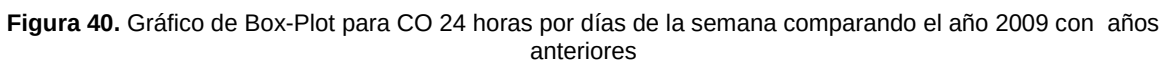


Figura 39. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores



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

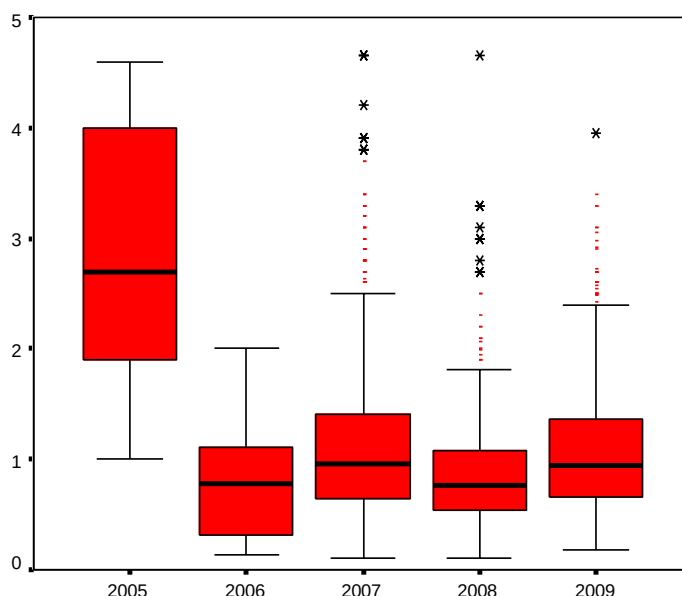


Figura 41. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

1.2.4. Comportamiento de la Concentración de O₃

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2009, ubicados según se reporta en la Tabla 1. En 2008 se instalaron siete (7) nuevos equipos en las estaciones No. 1 Usaquén (Bosque), No. 3 Carvajal (Sony), No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, por lo que la representatividad de sus datos puede ser baja; aquellas cuya representatividad supera el 60% fueron tenidas en cuenta para el análisis de este contaminante.

Máximos en 1 hora

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

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

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

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

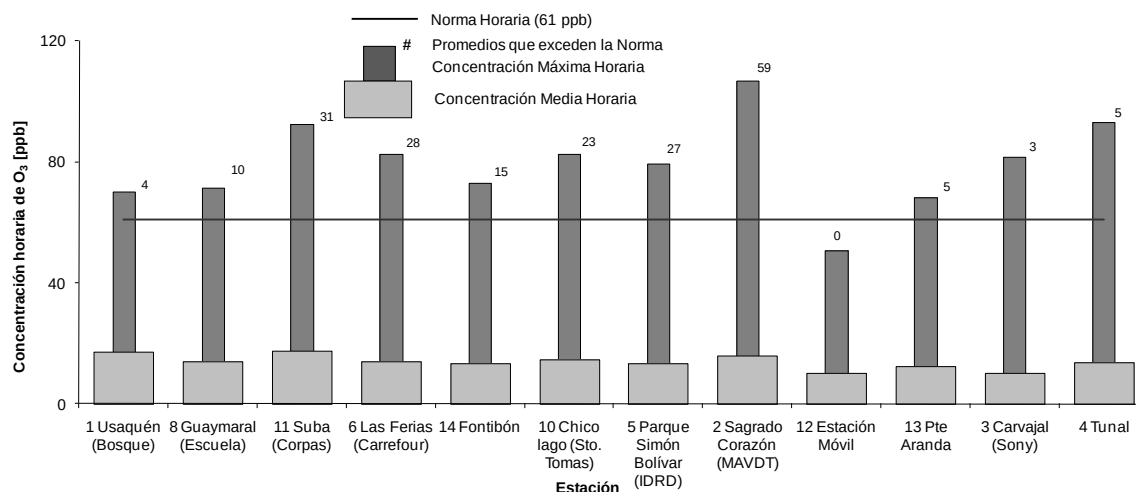


Figura 42. Concentración media y máxima horaria de O₃ por estación durante el año 2009.

Máximos en 8 horas

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

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

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

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

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

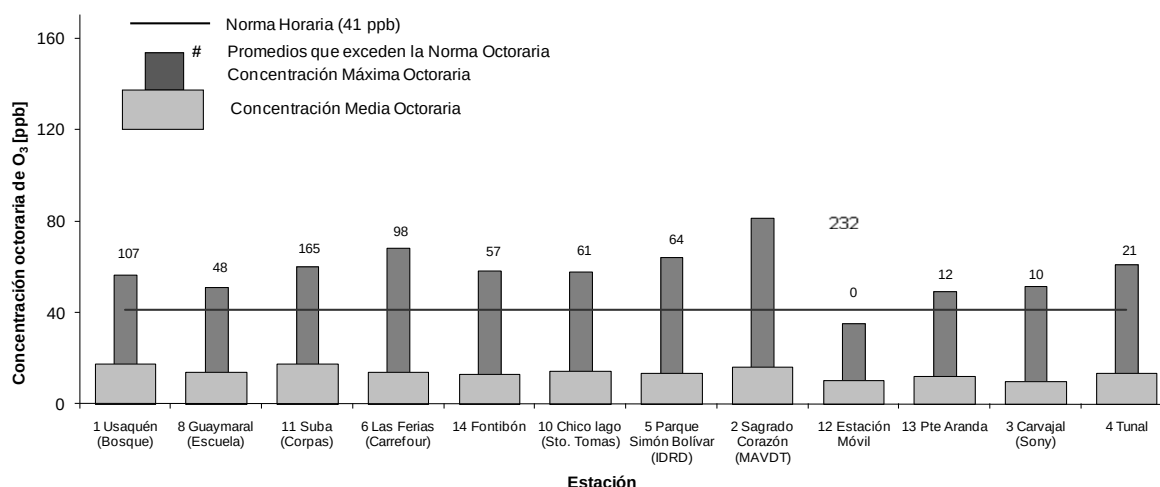


Figura 43. Concentración máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el año 2009

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

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

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

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

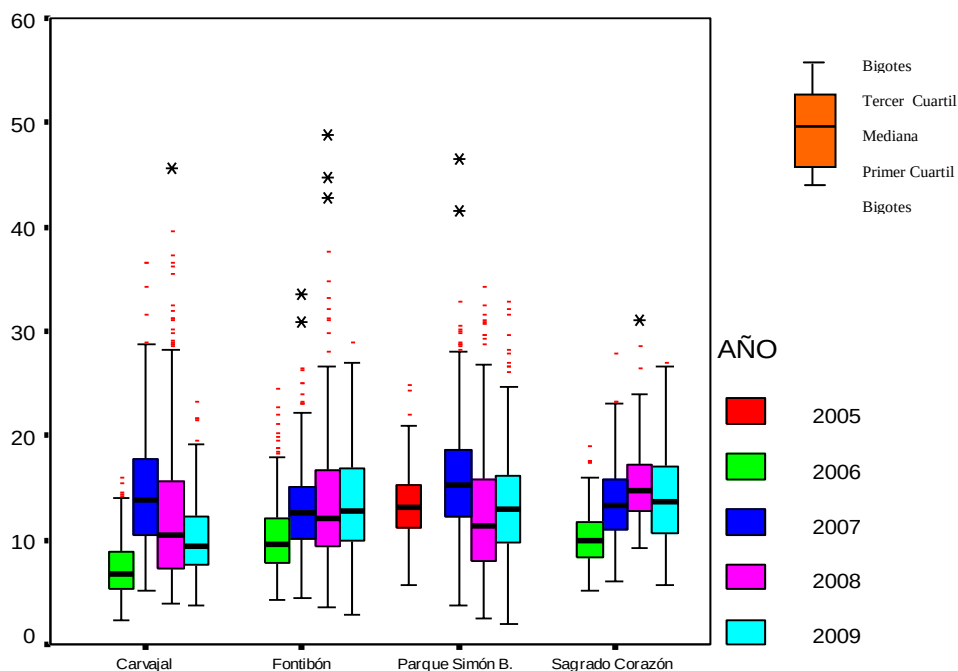


Figura 44. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por estaciones comparando el año 2009 con años anteriores

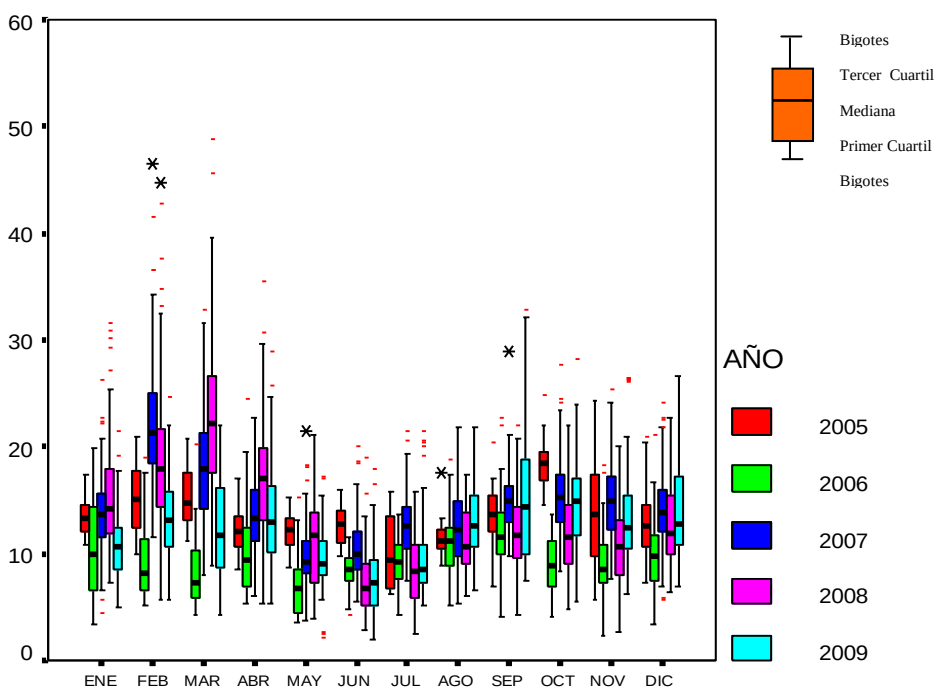


Figura 45. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por meses comparando el año 2009 con años anteriores

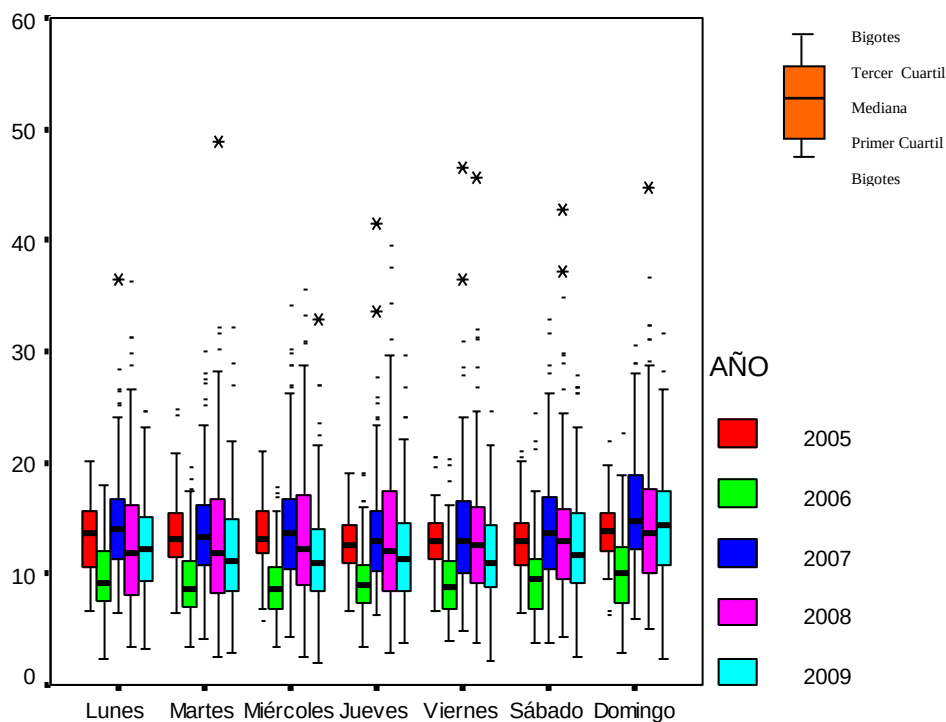


Figura 46. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por días de la semana comparando el año 2009 con años anteriores

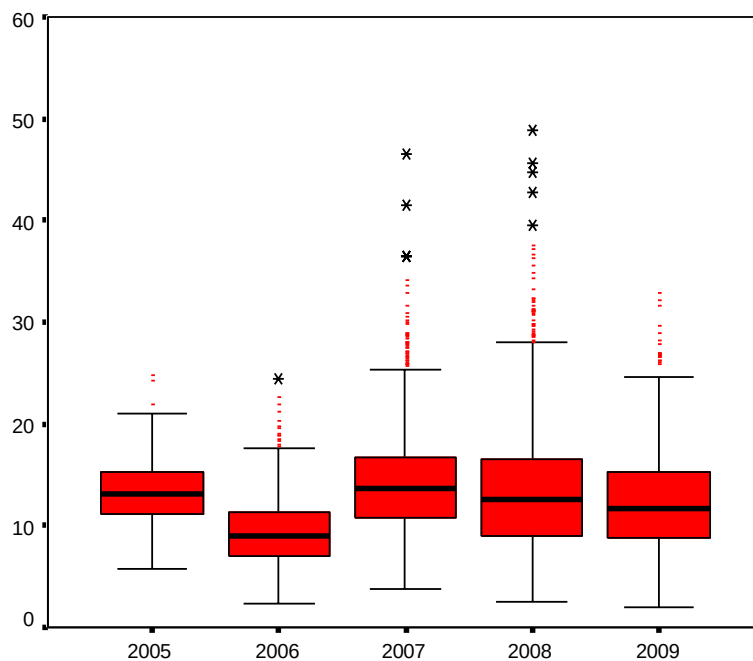


Figura 47. Gráfico de Box-Plot para O₃ 24 horas por estaciones el año 2009 con años anteriores

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

1.3. SÍNTESIS DE RESULTADOS

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

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

En la tabla 15 se muestra el resultado del análisis de los promedios 24h de PST. En la columna 9 se presenta el máximo promedio 24h de PST presentado en el año. En la columna 6 se presenta el porcentaje de datos que exceden la norma anual de PST; así mismo, en la columna 10 se presenta la relación entre el promedio 24h máximo y su correspondiente norma para cada estación y finalmente en la columna 4 se muestra la representatividad temporal del promedio anual de PST; para cada uno de los contaminantes se presentan tablas similares.

Tabla 13. Consolidado de los promedios de 24 horas para partículas menores a 10 micras (PM₁₀)

Información de los registros de concentración de PM ₁₀ para un periodo de 24 horas [Norma: 150 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Media
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	7854	90%	0	0.0%	0	0	73	0.49	34
	1 Usaquén (Bosque)	6569	75%	0	0.0%	349	0	101	0.67	38
	6 Las Ferias (Carrefour)	8330	95%	0	0.0%	85	0	86	0.57	40
	Subtotal	14423	82%	0	0.0%	349	0			37
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	7154	82%	70	1.0%	1698	283	200	1.33	69
	Subtotal	7154	82%	70	1.0%	1698	283			69
Centro	10 Chico Lago (Sto Tomás)	8046	92%	0	0.0%	1609	44	130	0.87	64
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8267	94%	0	0.0%	89	0	83	0.55	37
	2 Sagrado Corazón	6537	75%	0	0.0%	529	12	115	0.77	45
	12 Móvil	7790	89%	0	0.0%	1255	35	141	0.94	52
	Subtotal	22850	87%	0	0.0%	2227	56			49
Suroccidente	14 Fontibón	7785	89%	0	0.0%	1406	10	125	0.83	59
	9 Kennedy	7349	84%	13	0.2%	3742	991	168	1.12	86
	3 Carvajal (Sony)	8474	97%	83	1.0%	4429	1731	188	1.25	92
	Subtotal	32026	91%	96	0.3%	11312	2748			73
Sur	4 Tunal	8291	95%	24	0.3%	790	115	166	1.11	50
	Subtotal	8291	95%	24	0.3%	790	115			50
TOTALES		84744	89%	190	0.2%	16376	3202			56

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

Información de los promedios anuales de concentración de PM ₁₀ [Norma: 60 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Media
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	365	100%	0	0%	365	0	35	0.6	34.4
	1 Usaquén (Bosque)	296	81%	0	0%	116	180	49	0.8	46.5
	6 Las Ferias (Carrefour)	365	100%	7	2%	246	112	61	1.0	46.5
	Subtotal	1026	94%	7	1%	727	292			42.5
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	325	89%	293	90%	0	32	71	1.2	66.0
	Subtotal	325	89%	293	90%	0	32			66.0
Centro	12 Estación Móvil	185	51%	0	0%	0	185	55	0.9	53.5
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0%	365	0	42	0.7	39.6
	Subtotal	550	75%	0	0%	365	185			53.4
Suroccidente	14 Fontibón	365	100%	311	85%	0	54	76	1.3	36.5
	9 Kennedy	365	100%	365	100%	0	0	97	1.6	97.4
	3 Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	104	1.7	97.4
	Subtotal	1095	100%	1041	95%	0	54			87.3
Sur	4 Tunal	213	58%	0	0%	0	213	59	1.0	54.7
	Subtotal	213	58%	0	0%	0	213			54.7
TOTALES		3209	88%	1341	42%	1092	776			60.9

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

Información de los registros de concentración de PST para un periodo de 24 horas [Norma: 300 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [µg/m3]	Max/ Norma	Media
Suroccidente	3 Carvajal (Sony)	8453	96%	6	0.1%	3475	259	307	1.02	146
TOTALES		8453	96%	6	0.1%	3475	259	307	1.02	146

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

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Media
Suroccidente	3 Carvajal (Sony)	365	100%	365	100.0%	0	0	176	0.59	161
TOTALES		365	1	365	1	0	0	176	0.59	161

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

Información de los registros de concentración de SO ₂ para un periodo de 3 horas [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	6130	70%	0	0	0	0	47.71	0.2	3.7
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7434	85%	0	0	0	0	63.75	0.2	6.0
	12 Estación Móvil	7160	82%	0	0	0	0	57.25	0.2	7.9
	13 Pte Aranda	6005	69%	0	0	0	0	31.7	0.1	4.3
Suroccidente	9 Kennedy	7440	85%	0	0	0	0	33.9	0.1	4.8
	3 Carvajal (Sony)	7829	89%	0	0	0	0	102.04	0.4	18.3
Sur	4 Tunal	6307	72%	0	0	0	0	74.01	0.3	7.8
TOTAL		42175	80.2%	0	0.0%	0	0			7.5

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

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

Tabla 19. Consolidado de los promedios anuales de SO₂

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]										
Zona	Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Concentración Anual	Max/Norma	Media [ppb]
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	365	100%	0	0	0	0	9.1	0.3	8.2
Suroccidente	13 Pte Aranda	301	82%	0	0	0	0	8.1	0.3	5.9
	9 Kennedy	365	100%	0	0	0	0	13.3	0.4	8.7
	3 Carvajal (Sony)	365	100%	0	0	365	0	19.3	0.6	18.0
Sur	4 Tunal	365	100%	0	0	0	0	12.1	0.4	9.9
TOTALES		1761	96%	0	0%	365	0			

Tabla 20. Consolidado de los promedios horarios de NO₂

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 106 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	6323	72%	0	0	0	0	49	0.5	12
	6 Las Ferias (Carrefour)	5633	64%	0	0	10	0	75	0.7	13
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	6835	78%	5	0	222	27	128	1.2	22
	12 Estación Móvil	5685	65%	0	0	5	0	74	0.7	12
Suroccidente	14 Fontibón	6667	76%	0	0	14	1	81	0.8	21
	13 Pte Aranda	7926	90%	0	0	70	3	86	0.8	18
	3 Carvajal (Sony)	8033	92%	0	0	61	2	84	0.8	25
Sur	4 Tunal	4993	57%	0	0	62	7	101	0.9	25
TOTALES		52095	74.3%	5	0.0%	444	40			18

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

Información de los registros de concentración de NO ₂ para un periodo de 24 horas [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. Datos que exceden la norma	% datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Noroccidente	8 Guaymaral (Escuela)	6151	70%	0	0	0	0	30	0.4	12
	6 Las Ferias (Carrefour)	5564	64%	0	0	0	0	37	0.5	13
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	6786	77%	0	0	281	18	73	0.9	22
	12 Estación Móvil	5598	64%	0	0	0	0	29	0.4	12
Suroccidente	13 Pte Aranda	7893	90%	0	0	35	0	45	0.6	18
	14 Fontibón	6561	75%	0	0	0	0	35	0.4	21
	3 Carvajal (Sony)	8010	91%	0	0	107	0	50	0.6	25
TOTALES		46563	75.9%	0	0.0%	423	18			18

Tabla 22. Consolidado de los promedios de NO₂ anuales

Información de los promedios anuales de concentración de NO ₂ [Norma: 31 ppb]										
Zona	Estación	No. de datos	Representatividad Temporal	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Máxima Conc. Anual	Max/Norm	Media [ppb]
Norte	8 Guaymaral (Escuela)	333	91%	0	0%	0	0	12	0.2	10.9
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	276	76%	0	0%	276	0	23	0.4	21.9
	13 Pte Aranda	365	100%	0	0%	214	0	18	0.3	15.6
Suroccidente	14 Fontibón	365	100%	0	0%	365	0	22	0.4	21.3
	3 Carvajal (Sony)	282	77%	0	0%	65	217	25	0.5	24.2
TOTALES		1621	89%	0	0%	920	217			18.8

Tabla 23. Consolidado de los promedios horarios de CO

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	6 Las Ferias (Carrefour)	8222	94%	0	0.0	0.0	0.0	8.6	0.2	1.1
Centro	14 Fontibón	6485	74%	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.1	0.7
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8245	94%	0	0.0	0.0	0.0	16.1	0.5	0.8
Surocidente	12 Estación Móvil	7453	85%	0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.1	0.8
	13 Pte Aranda	8042	92%	0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.2	0.8
	3 Carvajal (Sony)	8101	92%	0	0.0	0.0	0.0	10.6	0.3	1.5
TOTALES		46548	88.6%	0	0.0%	0	0			1.0

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

Información de los registros de concentración de CO para un periodo de 8 horas [Norma: 8.8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	6 Las Ferias (Carrefour)	8215.0	94%	0	0.0	9.0	0.0	4.8	0.5	1.1
Centro	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	8201.0	94%	2	0.0	5.0	4.0	9.6	1.1	0.9
	12 Estación Móvil	7449.0	85%	0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.3	0.7
Surocidente	14 Fontibón	6447.0	74%	0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.2	0.7
	13 Pte Aranda	7806.0	89%	0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.3	0.8
	3 Carvajal (Sony)	8109.0	93%	0	0.0	29.0	0.0	5.4	0.6	1.5
TOTALES		46227	88.0%	2	0.0%	43	4			1.0

Tabla 25. Consolidado de los promedios horarios de O₃

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	1 Usaquén (Bosque)	7641	87%	4	0.1%	900	95	70.2	1.2	17.4
	8 Guaymaral (Escuela)	8094	92%	10	0.1%	436	90	71.6	1.2	14.0
	6 Las Ferias (Carrefour)	7727	88%	28	0.4%	516	119	82.7	1.4	14.0
Noroccidente	11 Suba (Corpas)	8086	92%	31	0.4%	919	167	92.5	1.5	17.6
Centro	10 Chico lago (Sto. Tomas)	8265	94%	23	0.3%	591	118	82.8	1.4	14.6
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7636	87%	27	0.4%	539	108	79.6	1.3	13.3
	2 Sagrado Corazón (MAVDT)	7375	84%	59	0.8%	774	185	106.8	1.8	16.0
	12 Estación Móvil	6021	69%	0	0.0%	112	3	50.6	0.8	10.3
	14 Fontibón	7321	84%	15	0.2%	530	98	73.1	1.2	13.3
Suroccidente	13 Pte Aranda	8118	93%	5	0.1%	312	47	68.2	1.1	12.3
	3 Carvajal (Sony)	8398	96%	3	0.0%	201	43	81.8	1.3	10.1
Sur	4 Tunal	6658	76%	5	0.1%	311	39	93.3	1.5	13.6
TOTALES		91340	86.9%	210	0.2%	6141	1112			13.9

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

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la estación	No. de datos	Representatividad Temporal de los datos [%]	No. de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74.9% de la norma	No. datos entre el 75% y el 99.9% de la norma	Promedio Máximo [ppb]	Max/ Norma	Media [ppb]
Norte	1 Usaqué (Bosque)	7587	87%	107	1.4%	1702	603	56.4	1.4	17.4
	8 Guaymaral (Escuela)	8089	92%	48	0.6%	1254	257	51.0	1.2	14.0
	11 Suba (Corpas)	8080	92%	165	2.0%	1874	636	60.0	1.5	17.6
Noroccidente	6 Las Ferias (Carrefour)	7527	86%	98	1.3%	1067	313	68.1	1.7	14.1
Centro	14 Fontibón	7344	84%	57	0.8%	1033	333	58.4	1.4	13.3
	10 Chico lago (Sto. Tomas)	8285	95%	61	0.7%	1508	382	57.7	1.4	14.7
	5 Parque Simón Bolívar (IDRD)	7608	87%	64	0.8%	1208	356	64.1	1.6	13.3
	2 Sagrado Corazón (MAVDT)	7330	84%	232	3.2%	1506	502	81.4	2.0	16.1
	12 Estación Móvil	6019	69%	0	0.0%	338	15	35.3	0.9	10.3
Suroccidente	13 Pte Aranda	8149	93%	12	0.1%	813	162	49.1	1.2	12.3
	3 Carvajal (Sony)	8419	96%	10	0.1%	510	87	51.5	1.3	10.1
Sur	4 Tunal	6616	76%	21	0.3%	919	148	61.1	1.5	13.6
TOTALES		91053	86.6%	875	1.0%	13732	3794			13.9

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

ESTACION	VARIABLES METEOROLÓGICAS					
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA	PRESION
No. 1 Usaquén (Bosque)	X	X	X			
No. 2 Sagrado Corazón (MAVDT)	X	X	X			
No. 3 Carvajal (Sony)	X	X	X			
No. 4 Tunal	X	X	X	X	X	
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D.)	X	X	X	X	X	
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	X	X	X		X	X
No. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X	X	X	X
No. 10 Chico Lago (Santo Tomás)	X	X				
No. 11 Suba (Corpas)	X	X	X			
No.12 Movil	X	X	X			X
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			
No. 15 Usme	X	X	X	X	X	
No. 16 Vitelma	X		X	X	X	

2.1. PRECIPITACIÓN

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

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

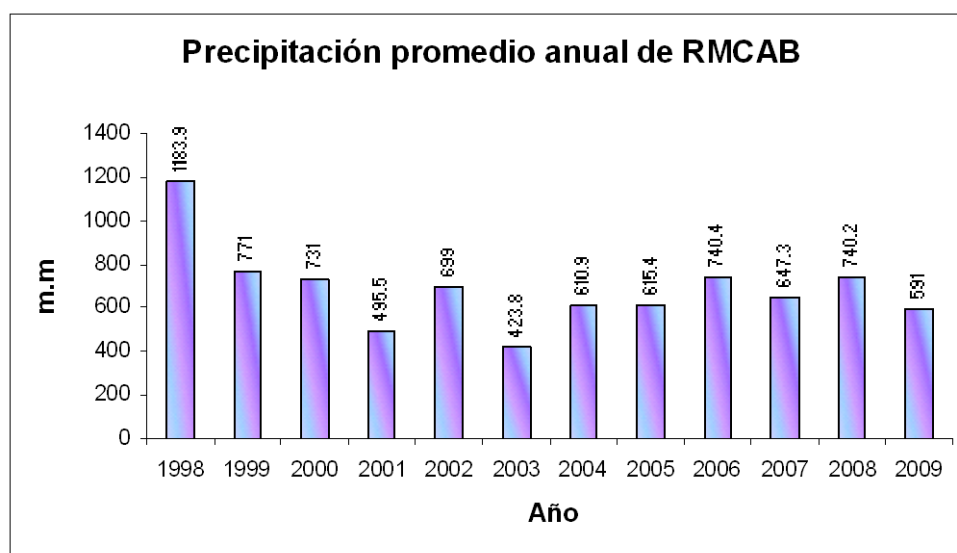


Figura 48. Promedios de la RMCAB para los años 1998 al 2009

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

⁵ Artículo Lluvias y Nodas. IDEAM

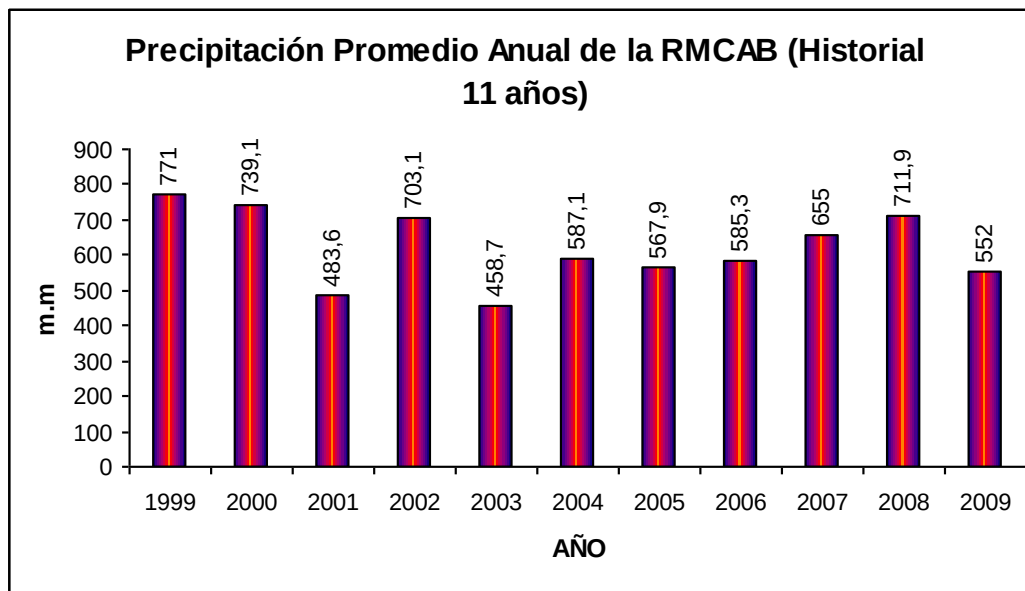


Figura 49. Promedios de precipitación anual registrados por la RMCAB entre los años 1999 al 2009

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

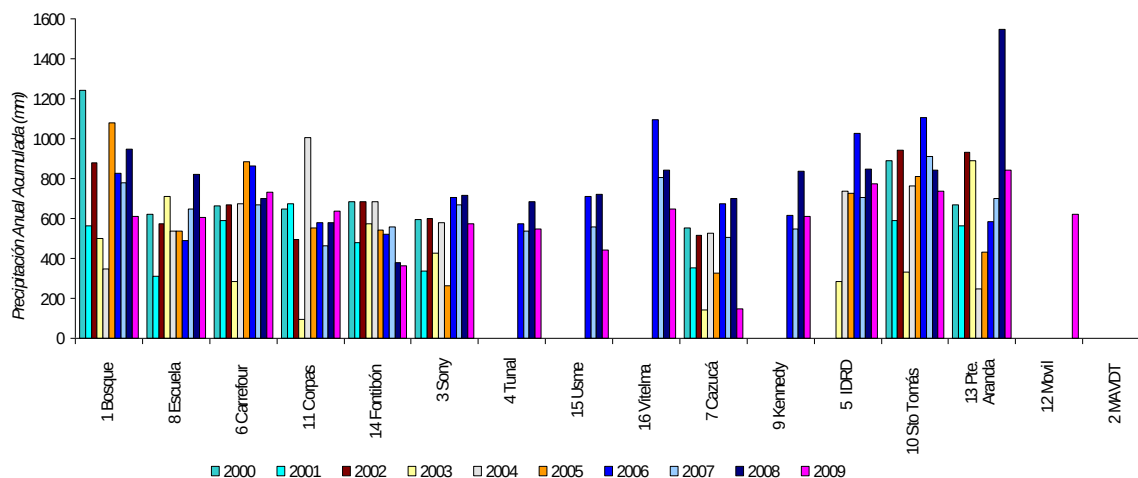


Figura 50. Promedios de precipitación anual por estación entre los años 1999 al 2009

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

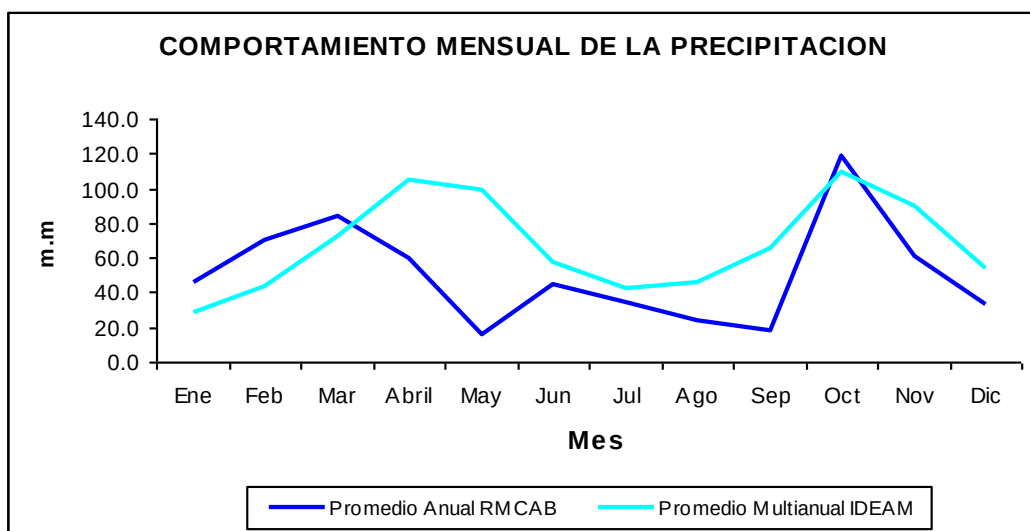


Figura 51. Comportamiento mensual de la precipitación

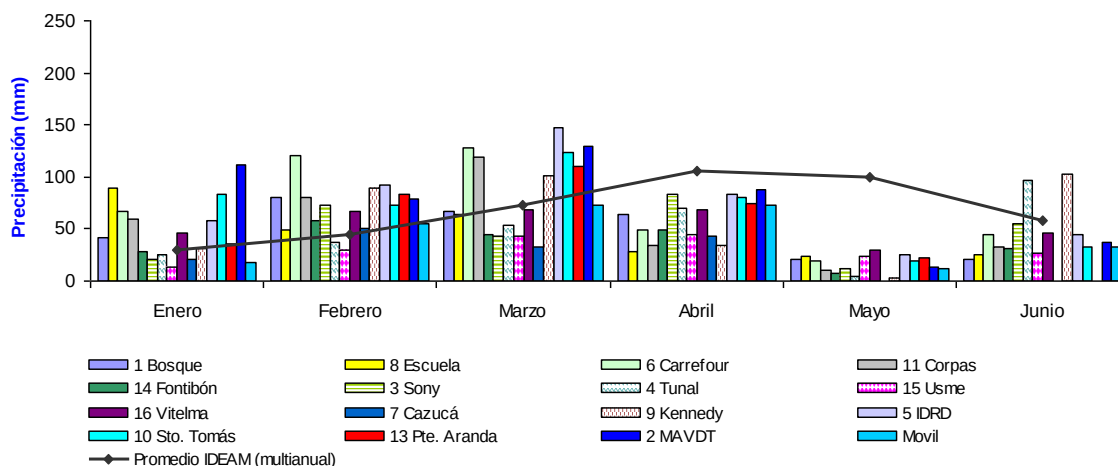


Figura 52. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Primer Semestre de 2009

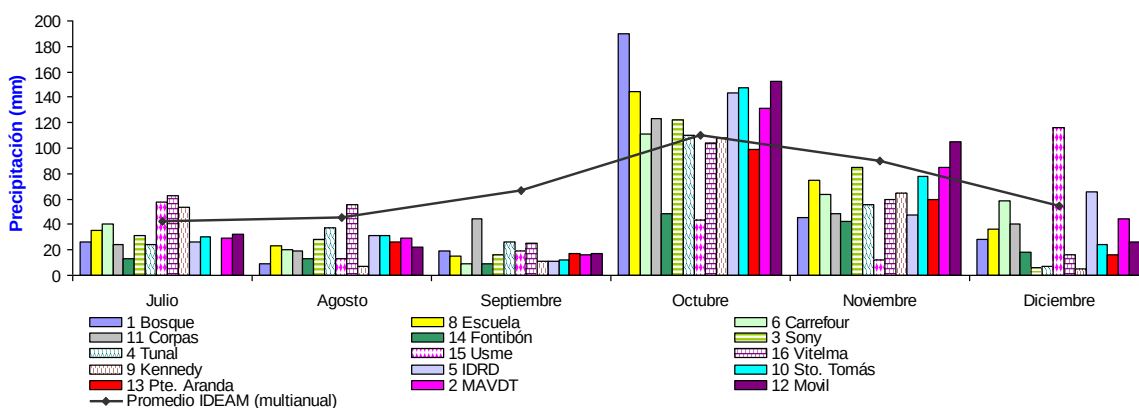


Figura 53. Precipitación Acumulada Mensual por Estación – Segundo Semestre de 2009

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

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

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

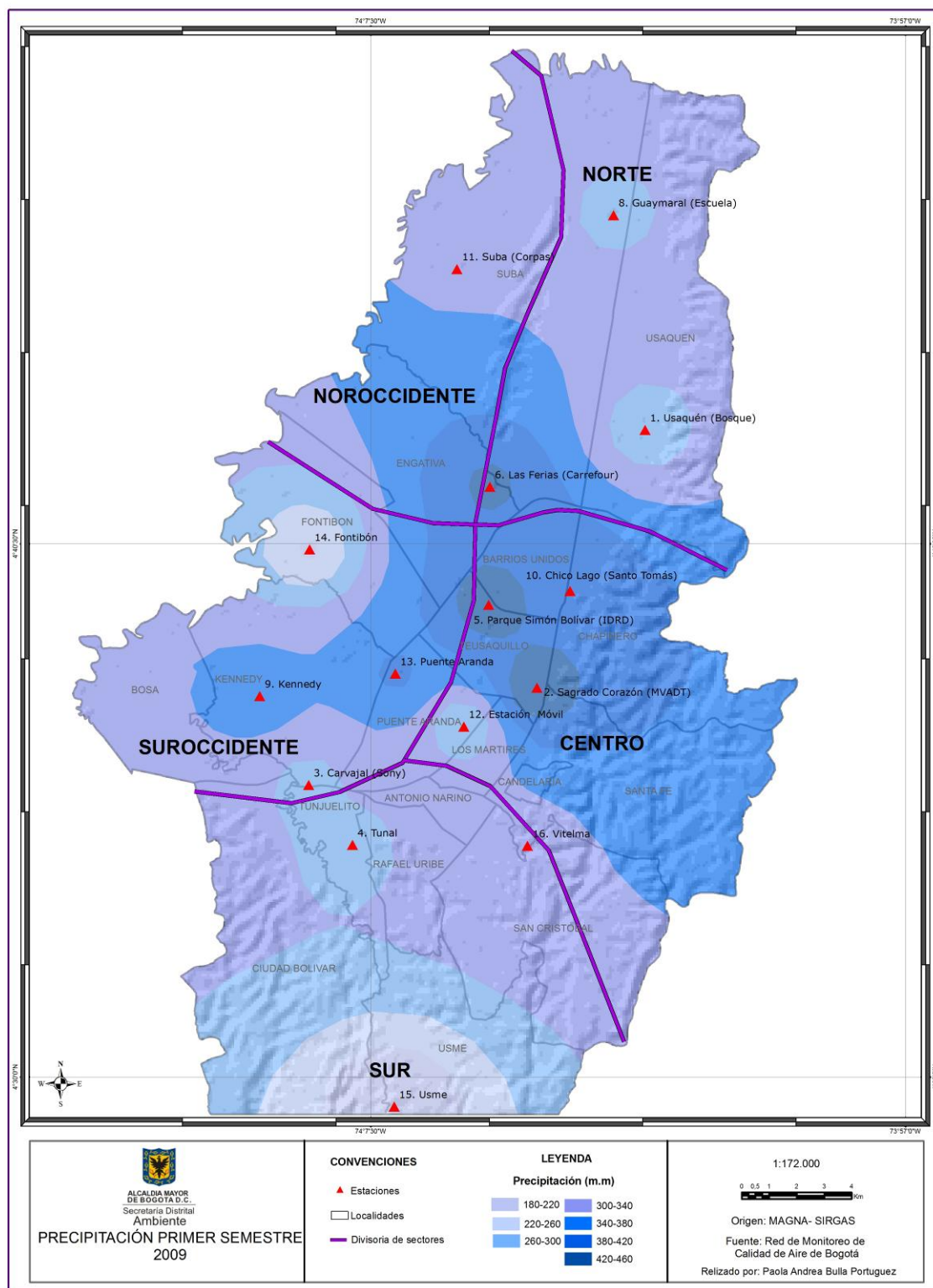


Figura 54. Mapa de precipitación acumulada para el primer semestre del 2009.

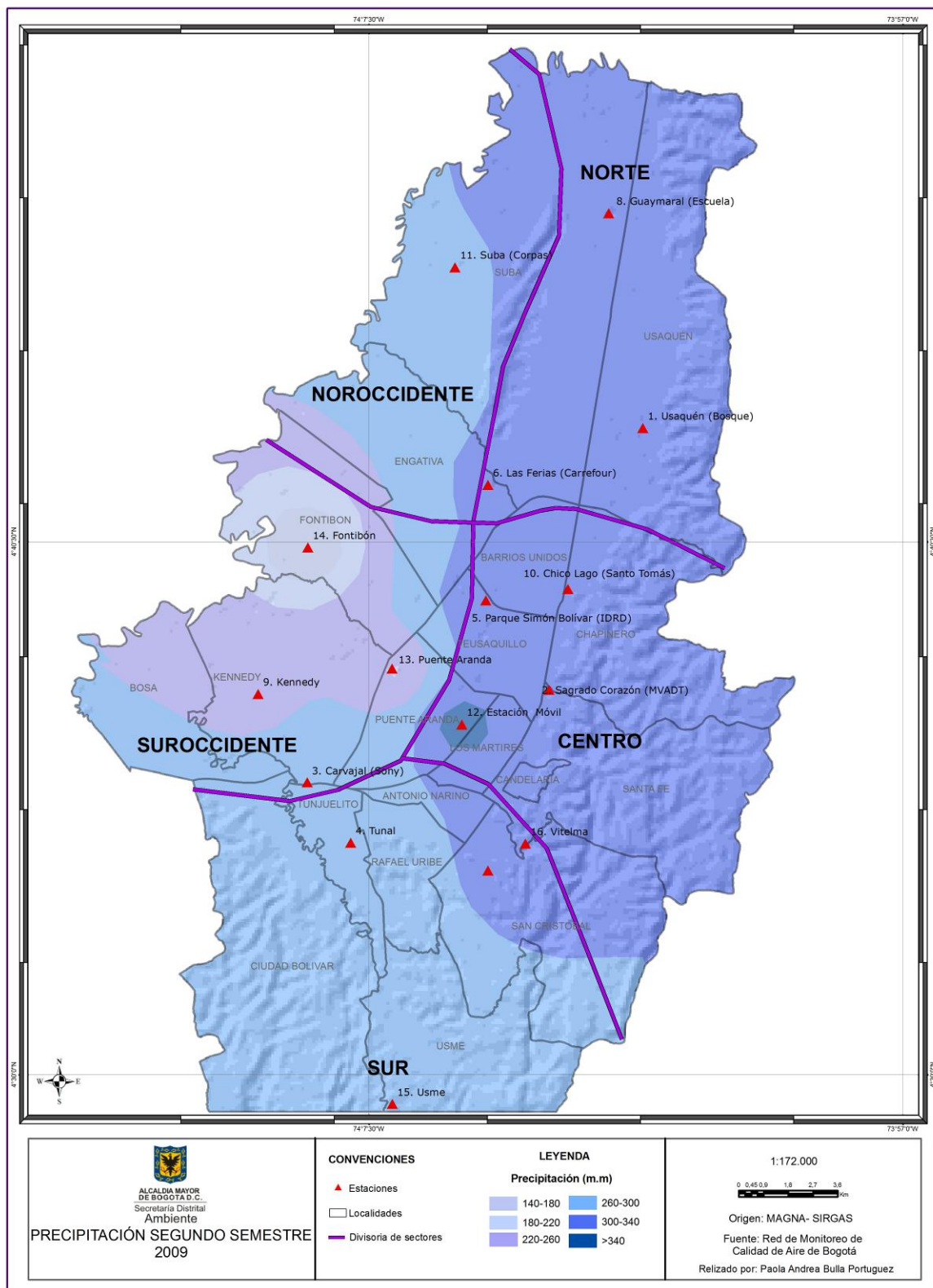


Figura 55. Mapa de precipitación acumulada para el segundo semestre del 2009.

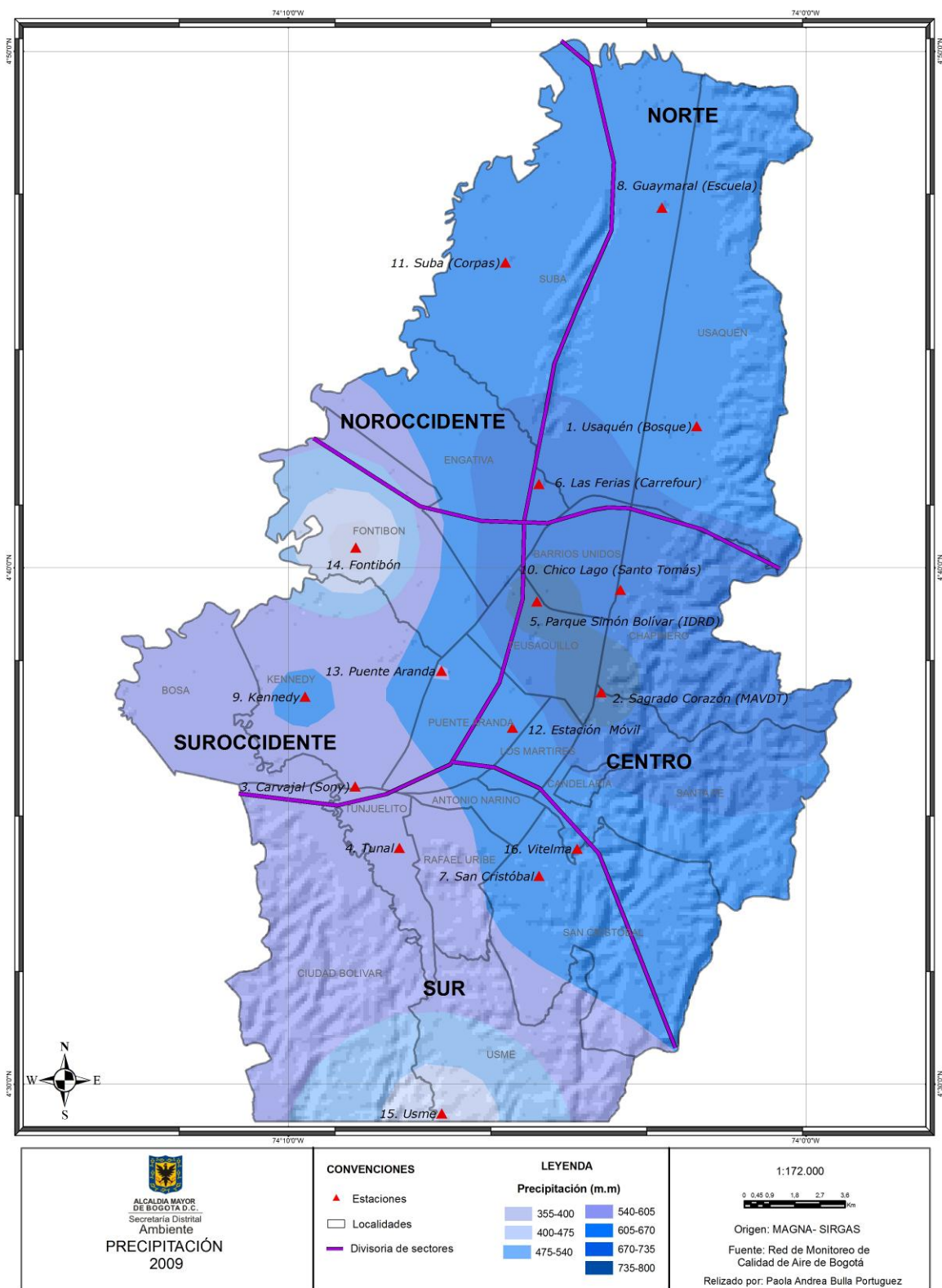


Figura 56. Mapa de precipitación acumulada para el año 2009.

2.2. VIENTOS

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y de intensidad suave y leve en las tardes; esta tendencia se conserva para el año 2009. Durante el año 2009 la dirección y velocidad del viento en la ciudad se registró en trece (13) estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 27.

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

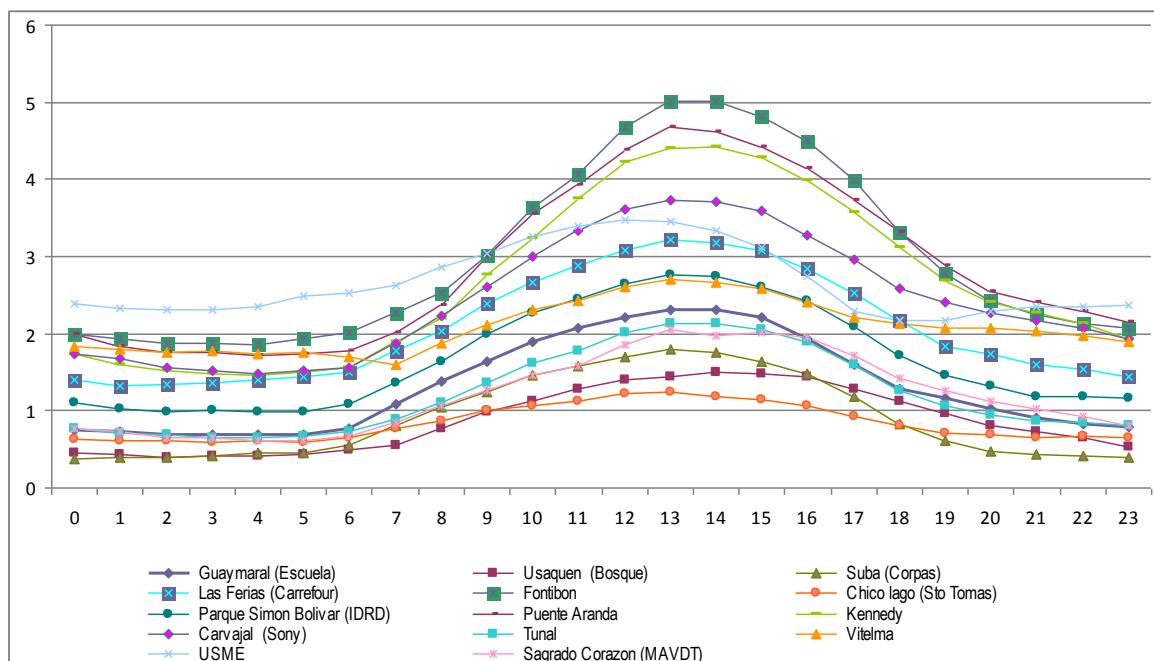


Figura 57. Comportamiento típico de la velocidad del viento por estación, según la media horaria

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

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

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

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

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

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

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

Tabla 34. Velocidad Promedio por estación y año.

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

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

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

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

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

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

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

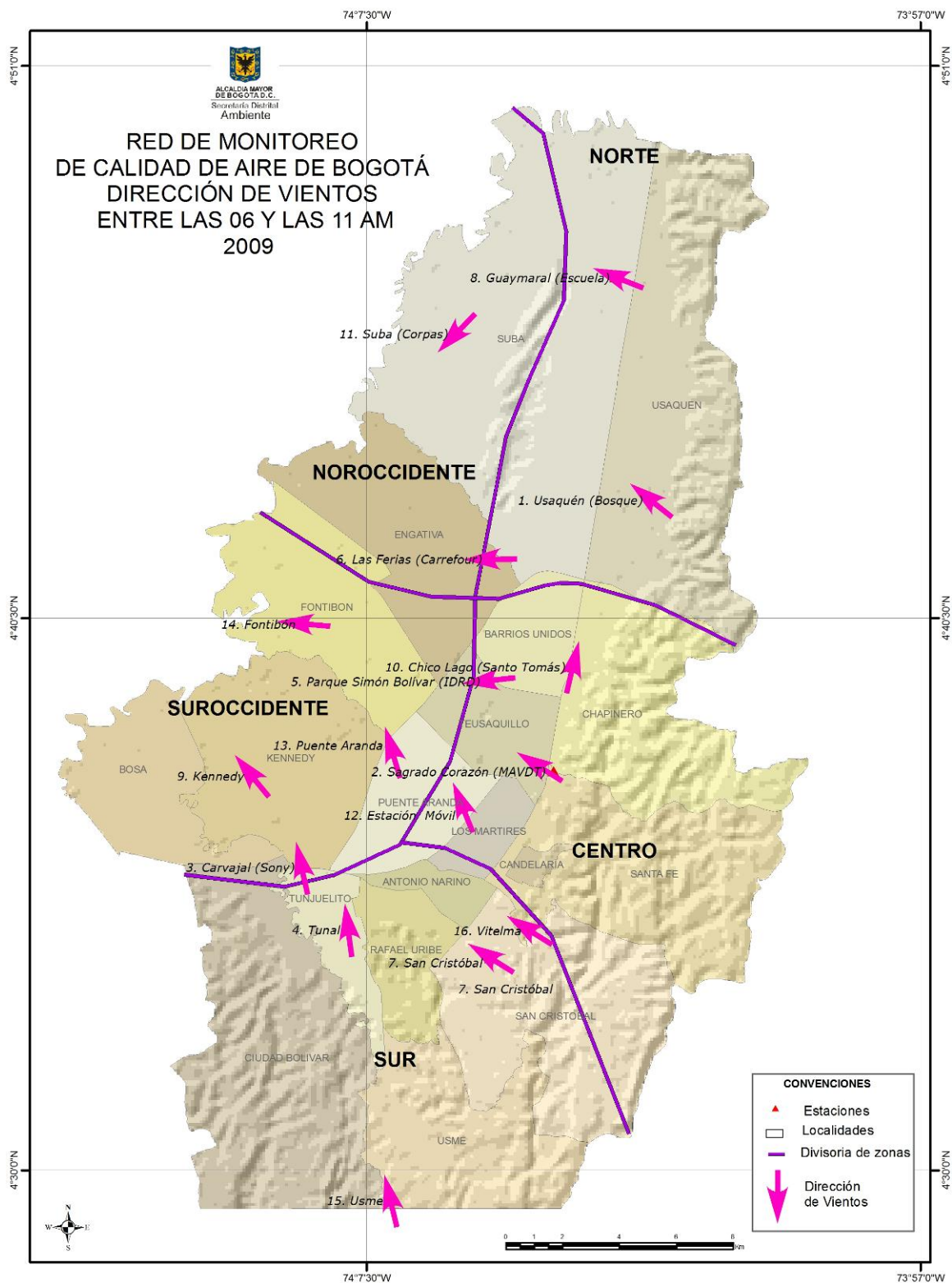


Figura 58. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 6:00 y las 11:00 horas

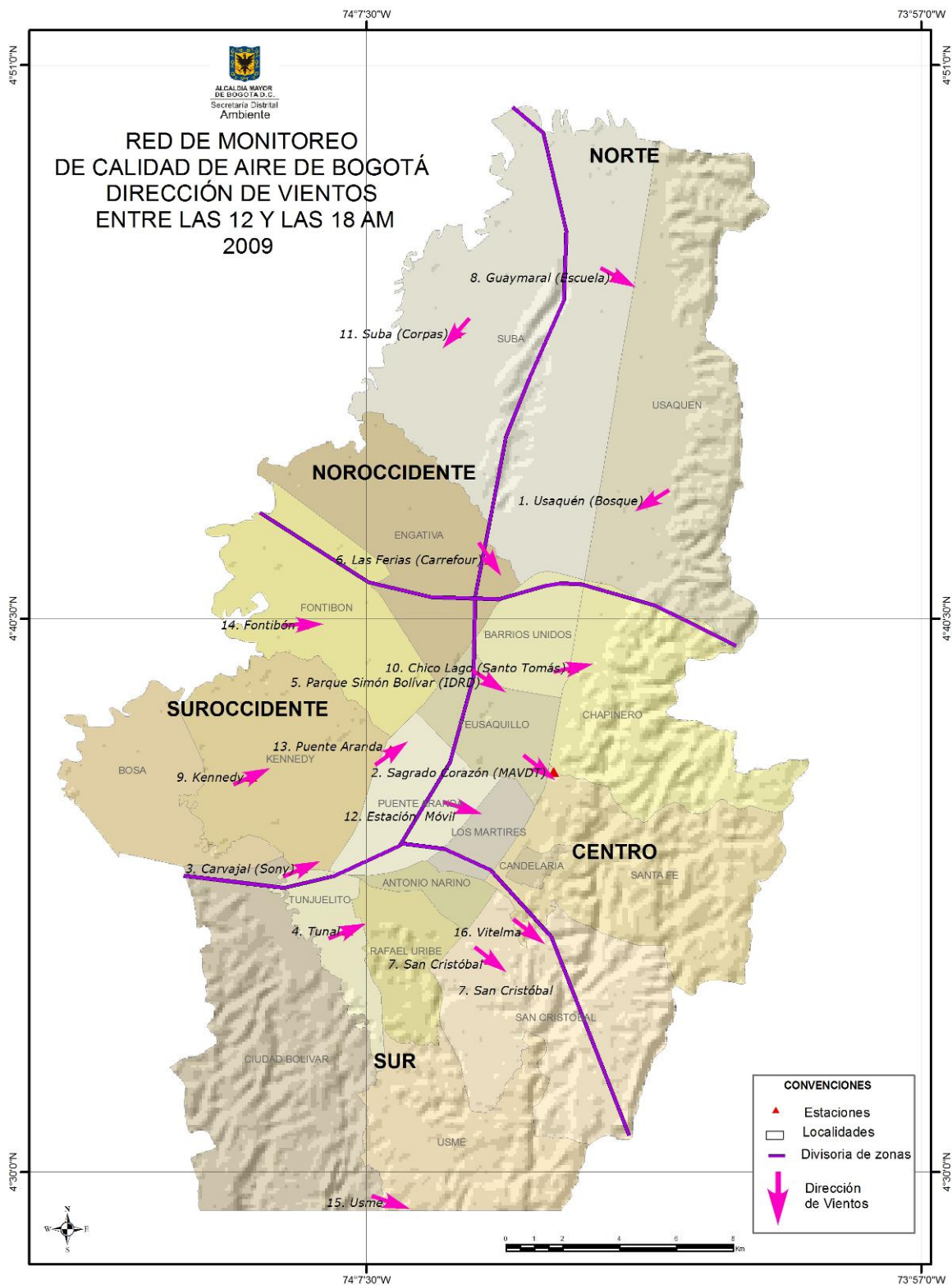


Figura 59. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 12:00 y las 18:00 horas.

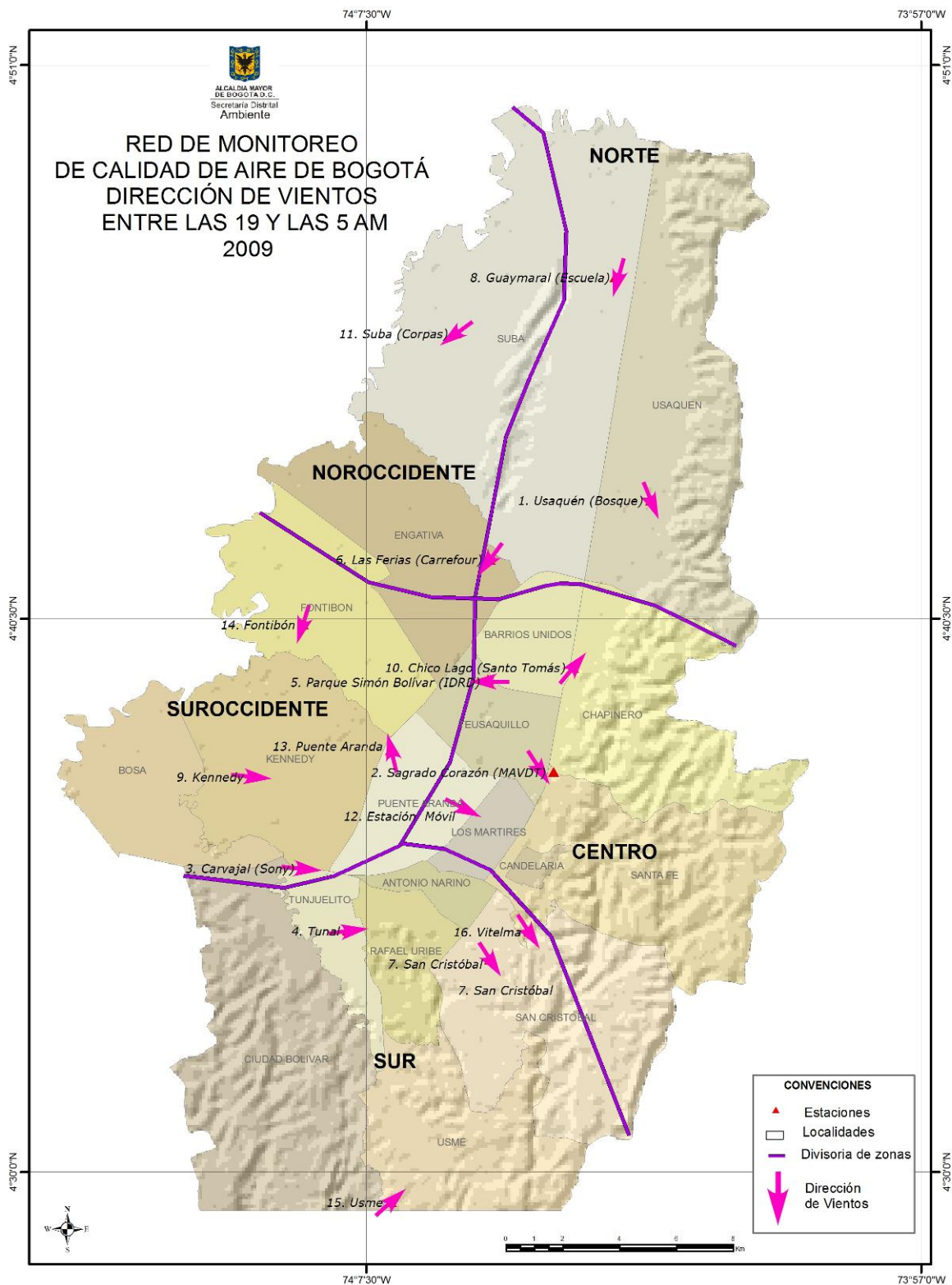


Figura 60. Dirección del viento en Bogotá durante el año 2009 entre las 19:00 y las 05:00.

2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL

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

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

Tabla 35. Temperaturas presentadas en el año 2009

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

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

⁸ Registros de La estación del Aeropuerto el Dorado. IDEAM

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

El comportamiento promedio horario de la temperatura en un día típico se describe en la Figura 61, en donde se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 2 y las 5 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 6:00 y las 12:00, hora en la cual se alcanzan los máximos valores hasta las 13:00. Posteriormente desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día.

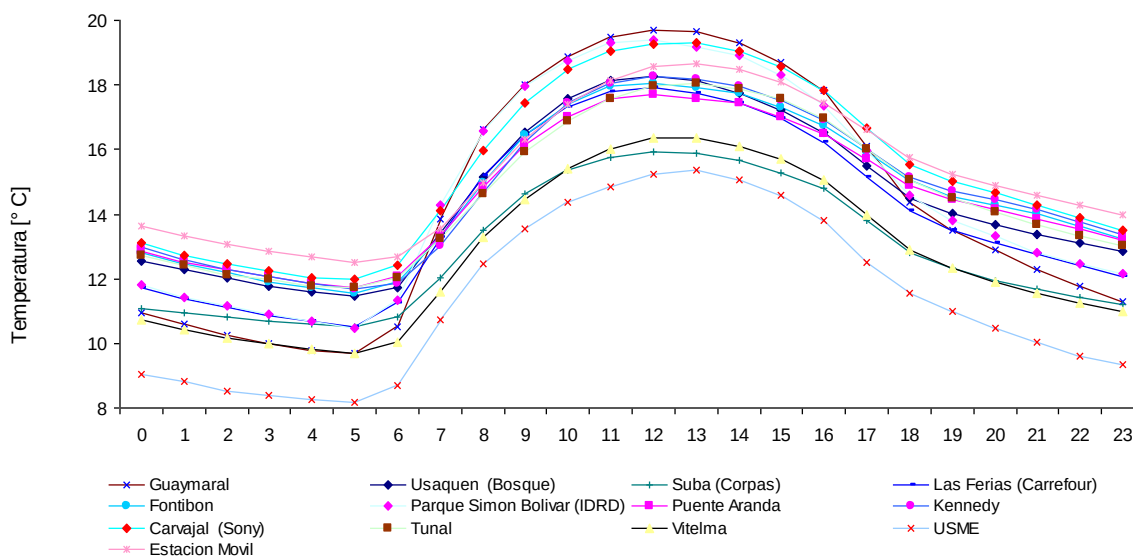


Figura 61. Promedios horarios de temperatura superficial.

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

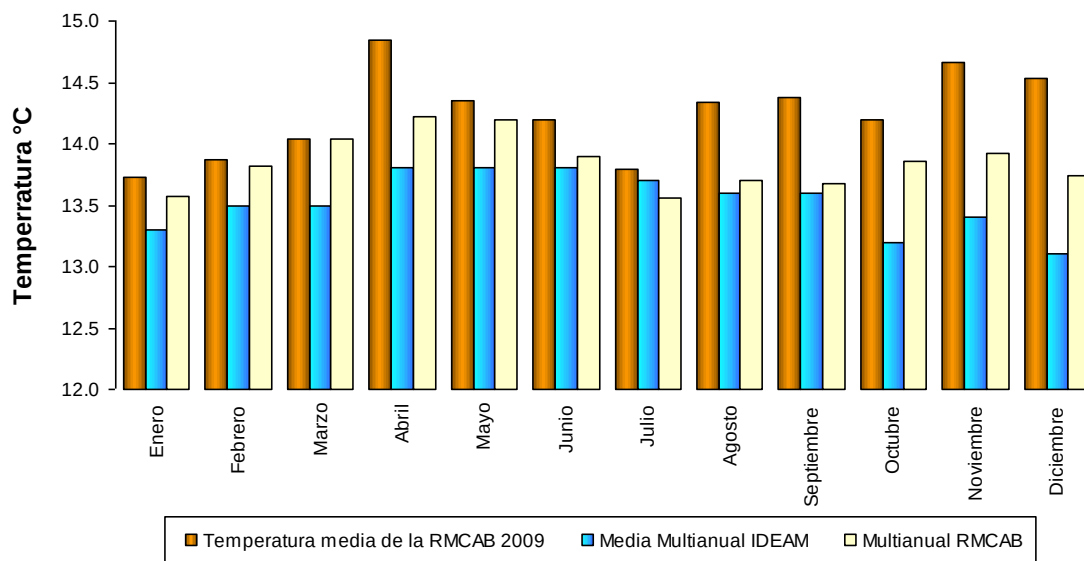


Figura 62. Temperatura media registrada en la RMCAB vs. Temperatura media multianual IDEAM y RMCAB.

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

Tabla 36. Temperatura media mensual por Estación

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

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

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

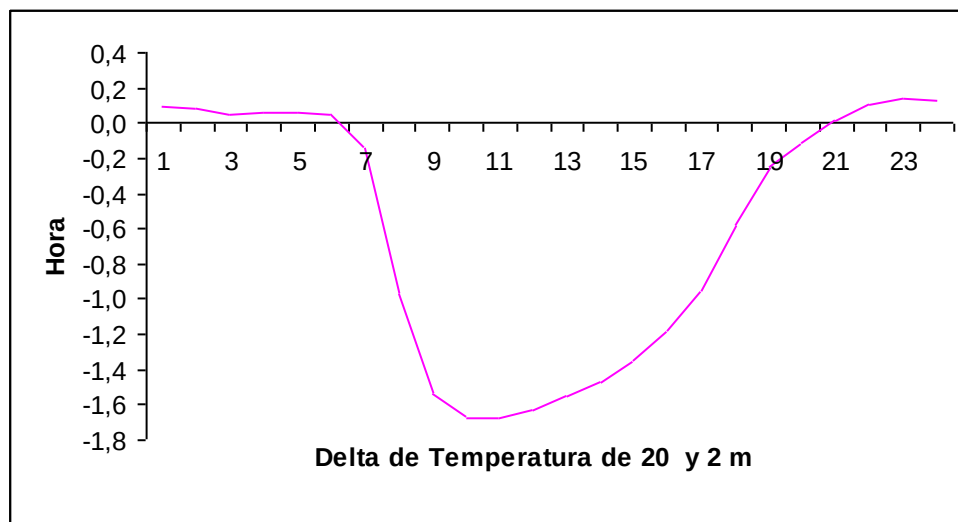


Figura 63. Diferencia de la temperatura a 20 y 2 metros de altura.

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

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

Tabla 37. Inversiones presentadas para la RMCAB

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

2.4. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar que llega a la Tierra está expresada por la magnitud irradiancia, que mide la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación⁹:

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

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

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

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

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

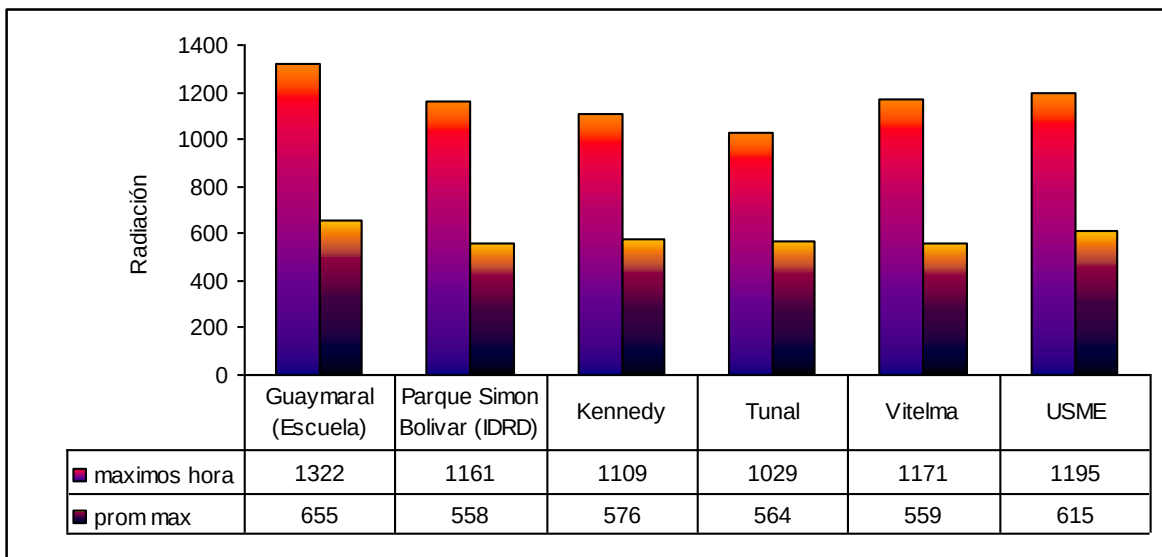


Figura 64. Radiación solar durante el año 2009.

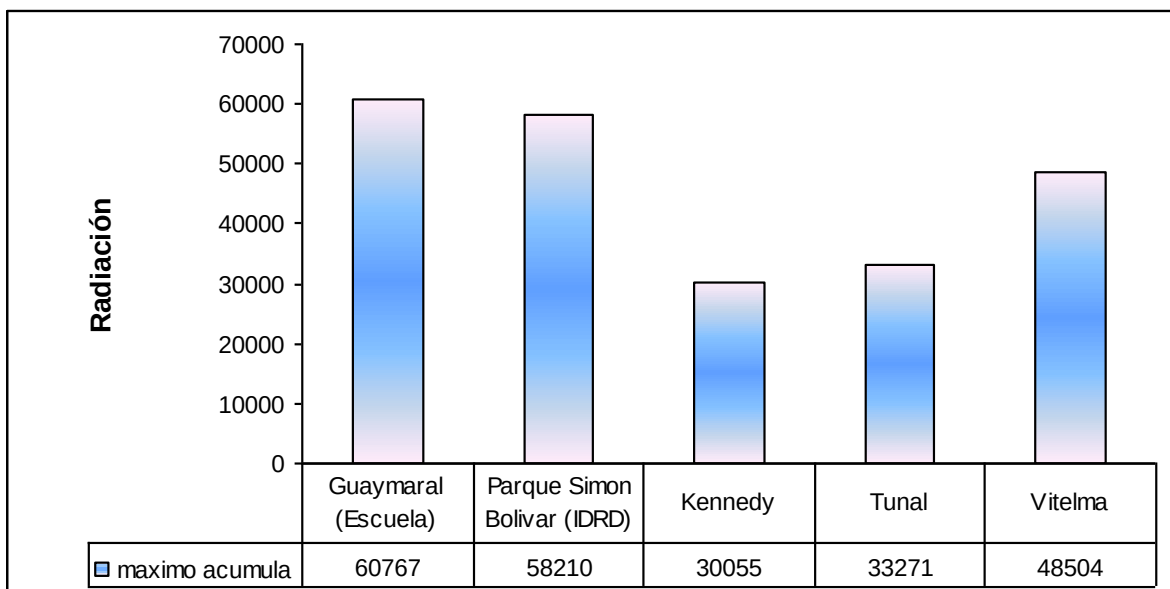


Figura 65. Radiación solar durante el año 2009.

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

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

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

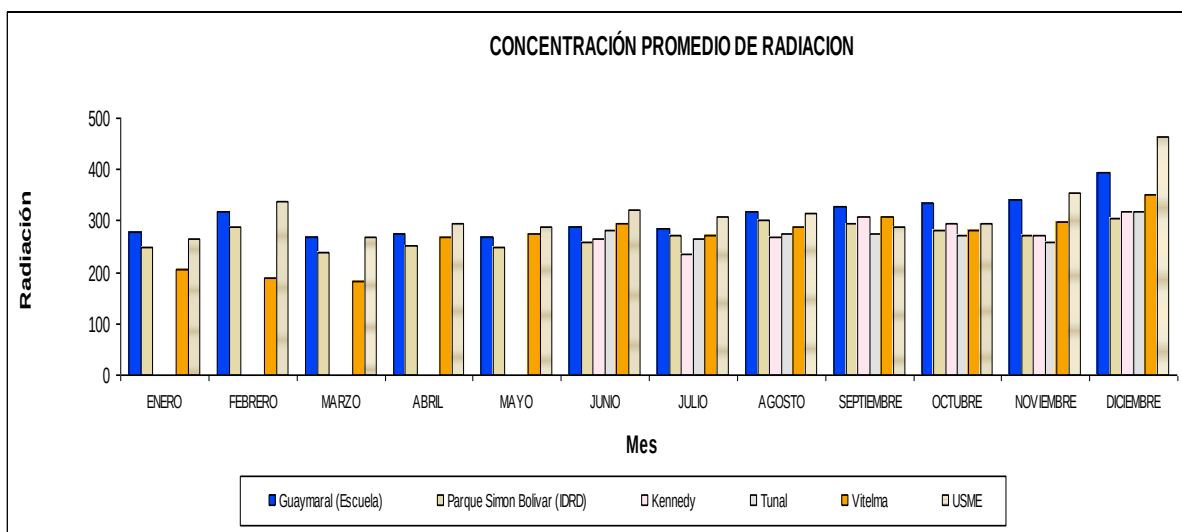


Figura 66. Promedios mensuales de Radiación solar para el año 2009.

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

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

Tabla 39. Promedios y máximos horarios de radiación en 2009

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

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

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

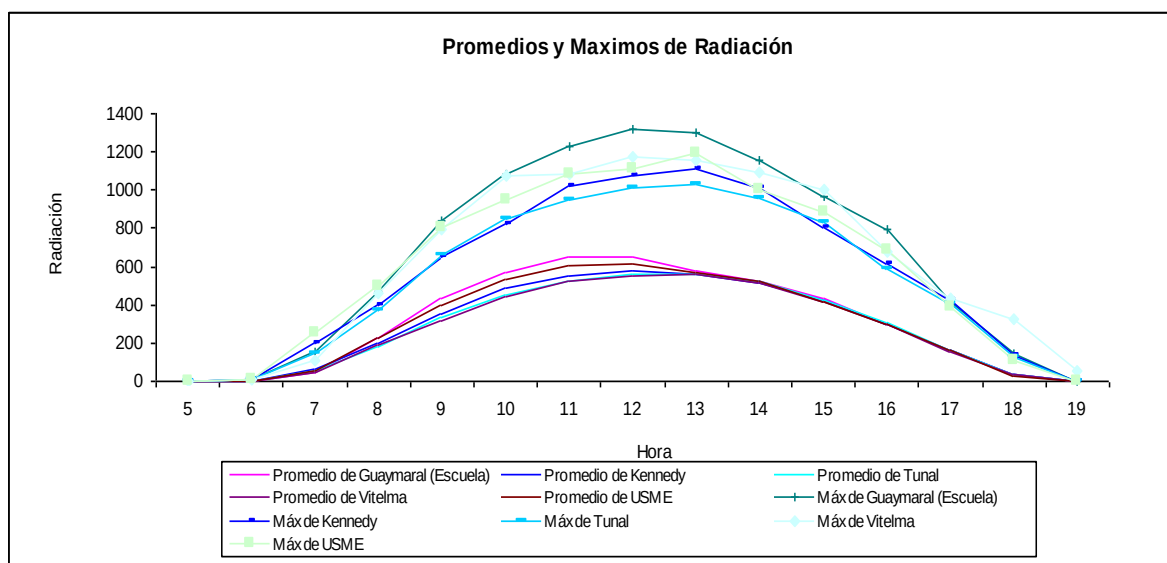


Figura 67. Máximos y promedios de radiación solar por hora para el año de 2009.

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

2.5. PRESIÓN BAROMÉTRICA

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la

altitud. Por ejemplo, la presión atmosférica es mayor a nivel del mar que en la cima de una montaña. Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local.

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

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

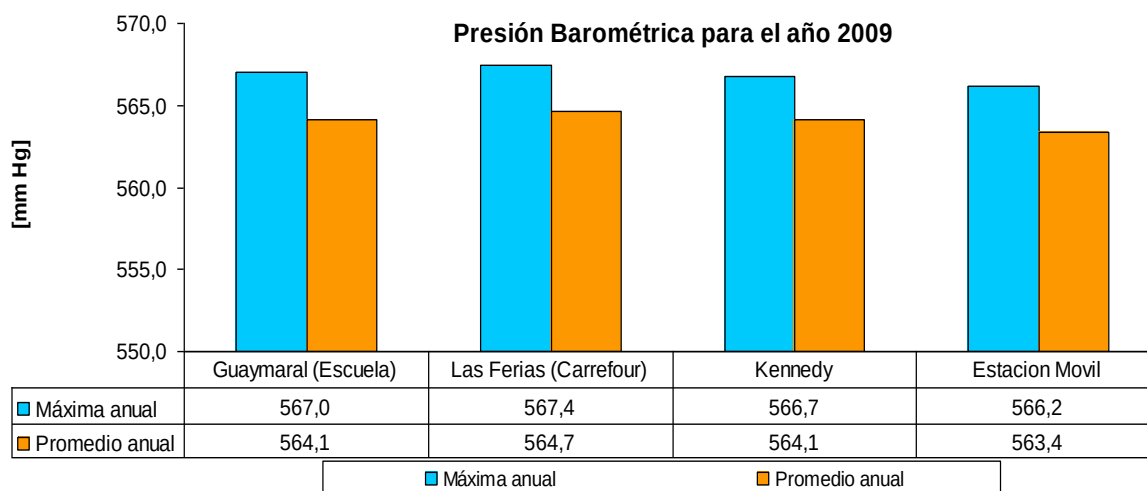


Figura 68. Presión Barométrica para el año 2009.

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

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

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

2.6. HUMEDAD RELATIVA

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

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

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

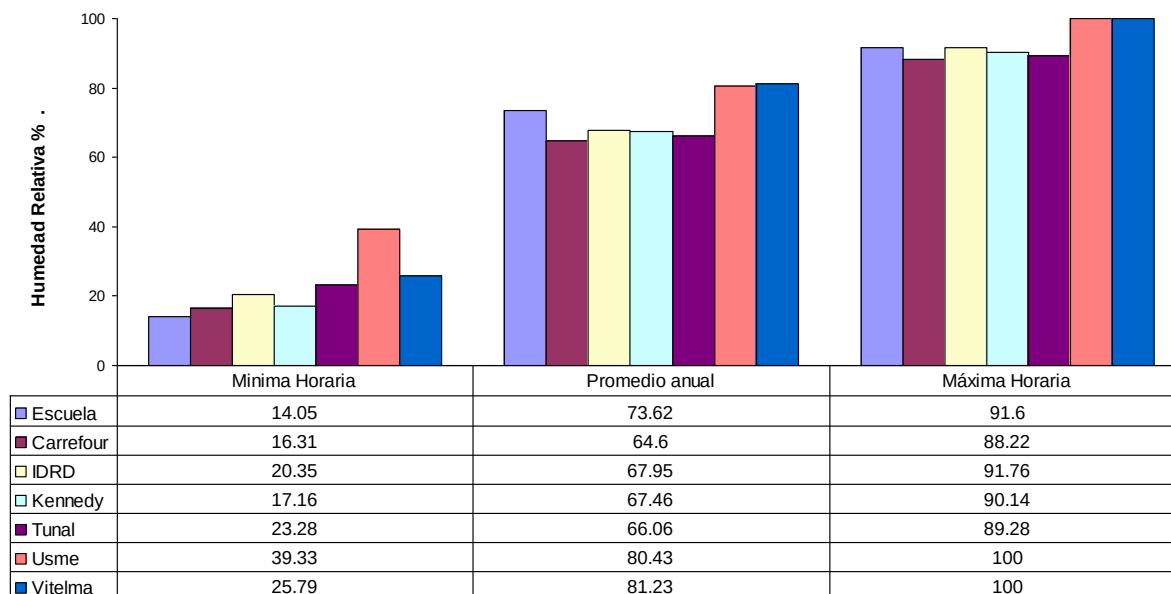


Figura 69. Comportamiento de la humedad relativa para el 2009

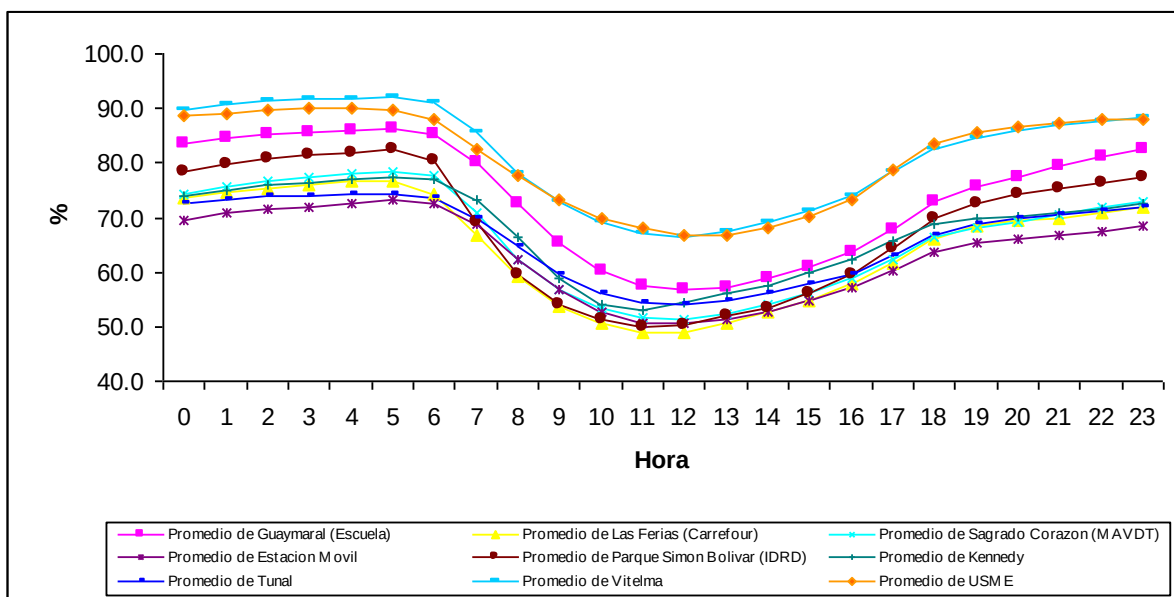


Figura 70. Comportamiento diario de la humedad relativa.

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

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

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

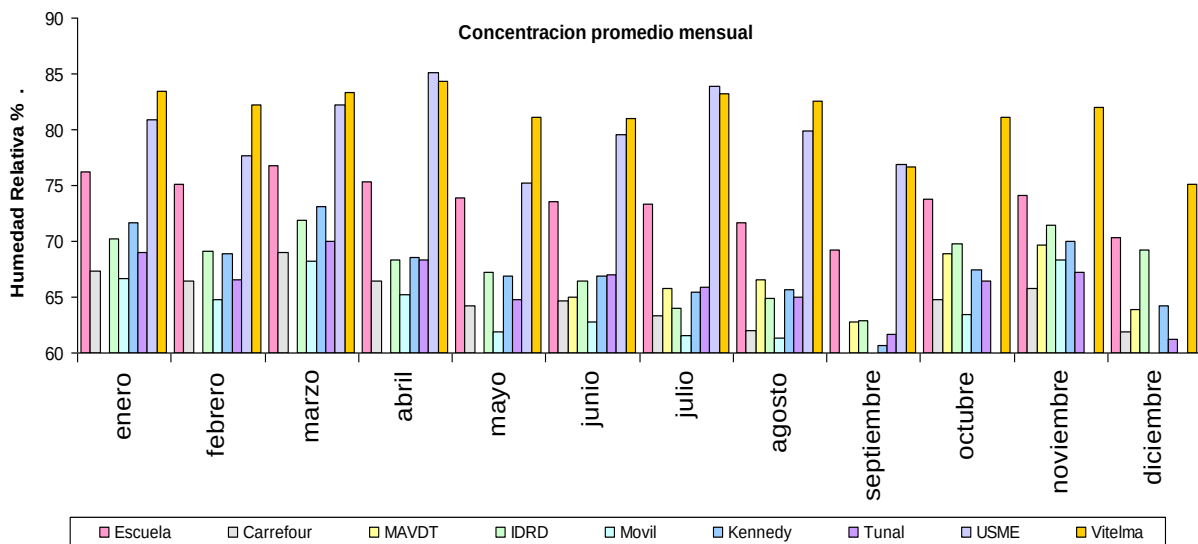


Figura 71. Comportamiento diario de la humedad relativa para el año 2009.

GLOSARIO

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

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

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

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

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

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

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

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

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

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

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m3) se aplicará la siguiente ecuación:

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

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

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

C[ppm] = Concentración por unidad de volumen de aire en partes por millón.

PM[kg/kmol] = Peso molecular del agente contaminante conocido en kilogramos por kmol.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Método de Referencia: Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, señalado en la presente resolución, que debe utilizarse para determinar

la concentración de una sustancia contaminante en el aire ambiente y deberán realizarse bajo los estrictos parámetros técnicos.

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

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

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

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

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

G = Promedio geométrico

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

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

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

Rango crítico: Véase Rango de tolerancia

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

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

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

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

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

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

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

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

Unidades: Las unidades más utilizadas son:

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

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

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

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

ANEXOS

ANEXO 1. LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB

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

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

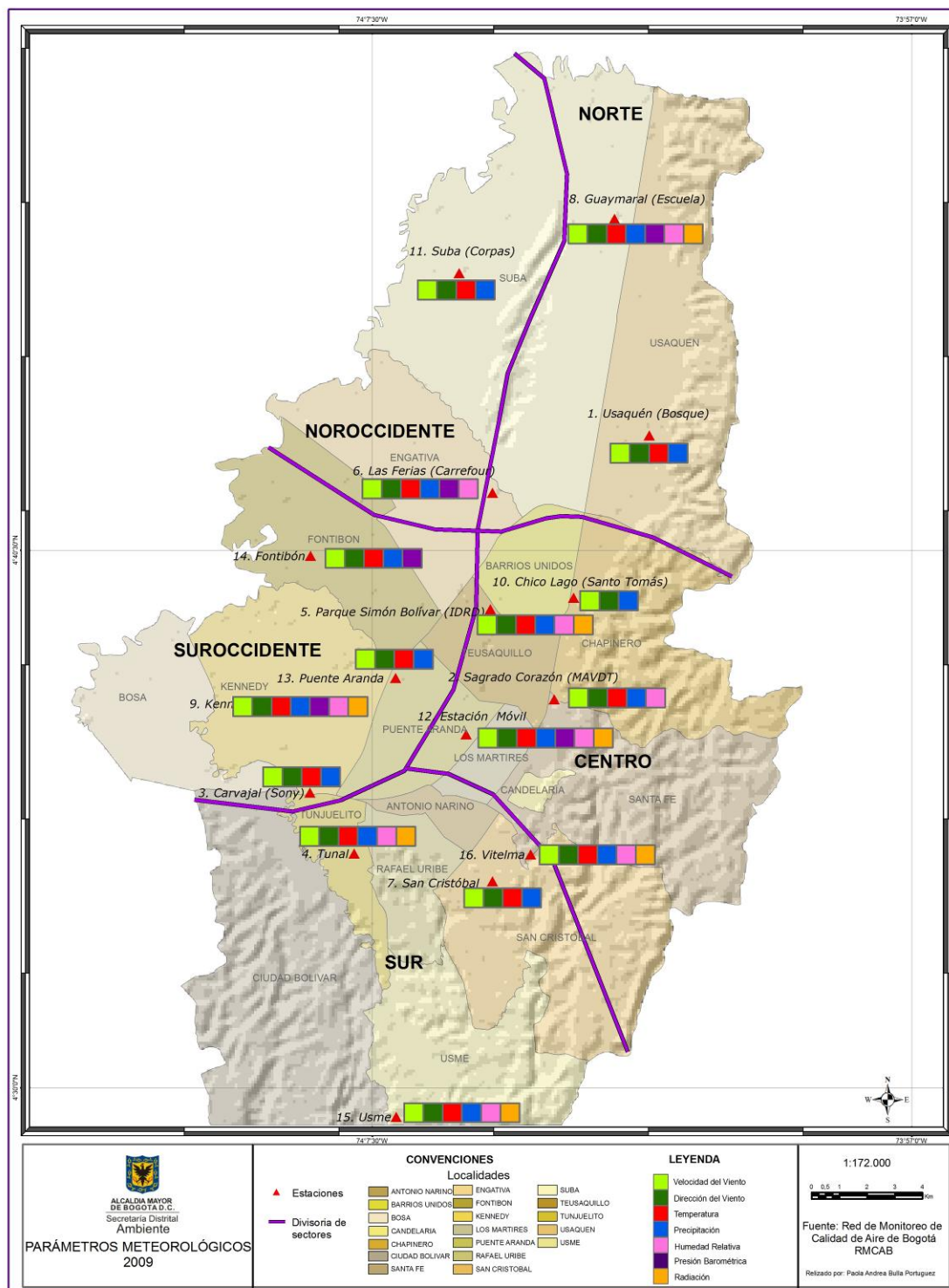


Figura 72. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

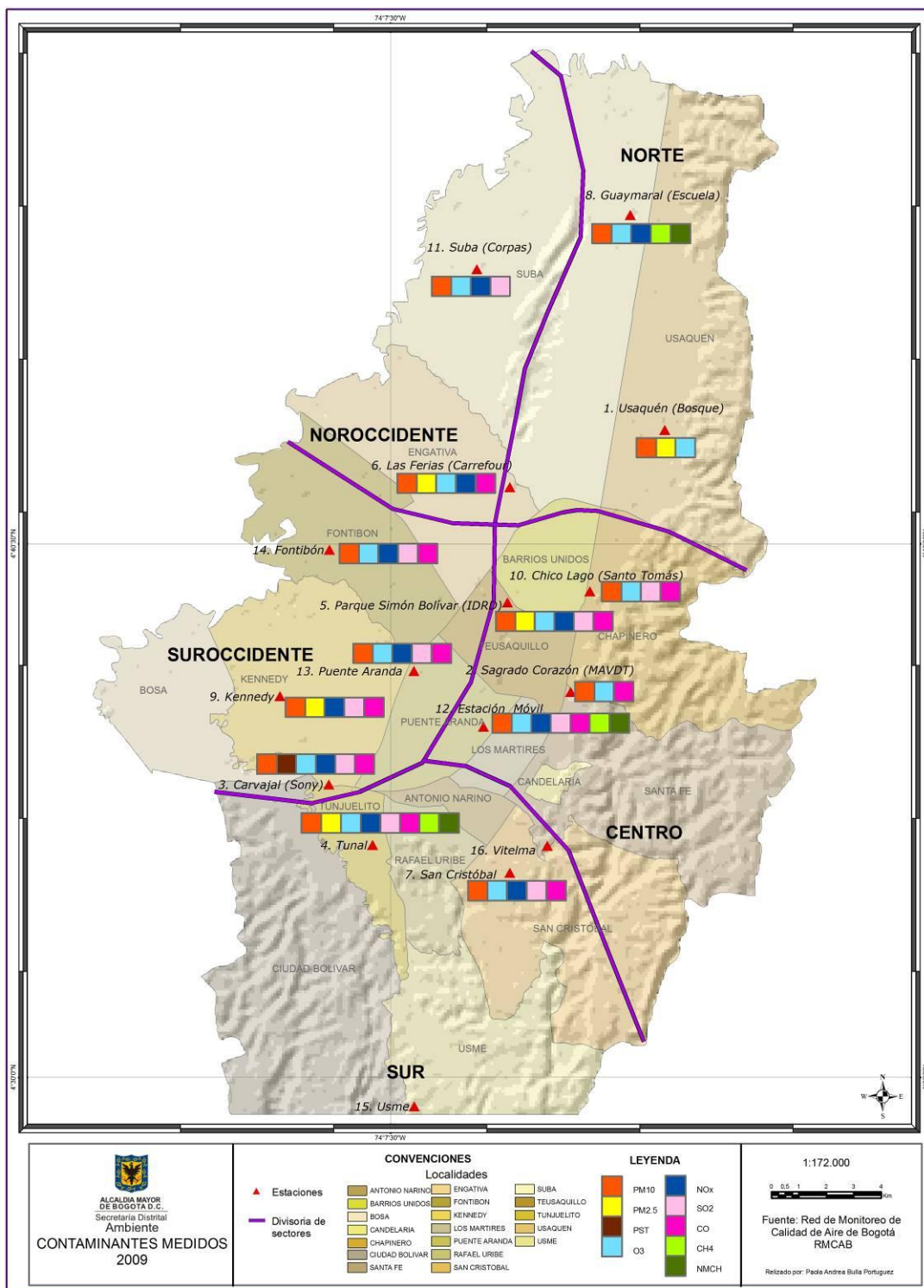


Figura 73. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

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

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. – RMCAB

Tabla 43. Estaciones y Equipos de la RMCAB de Bogotá¹⁰

ESTACION		No. 1 Usaquén	No. 2 Sagrado Corazón	No. 3 Carvajal	No. 4 Tunal	No. 5 Parque Simón Bolívar	No. 6 Las Ferias	No. 8 Guaymaral	No. 9 Kennedy	No. 10 Chico Lago	No. 11 Suba	No. 13 Puente Aranda	No. 14 Fontibón	No. 15 Usme	No. 16 Vitelma
Ubicación	Latitud	04°42'44.3"	04°37'39.8"	04°35'55.5"	04°34'34.7"	04°39'30,5"	04°41'37.0"	04°47'13.0"	04°37' 29,9"	04°39'34.0"	04°45'54.4"	04°38'04.8"	04°40'23.1"	04°28,878'	04°34,536'
	Longitud	74°02'06.6"	74°04'14.1"	74°09'07.5"	74°07'51.5"	74°05'2.3"	74°05'09.5"	74°02'52.0"	74°09'40,7"	74°03'35.0"	74°05'48.4"	74°07'15.0"	74°08'42.2"	74°07,581'	74°04,402'
	Altitud (msnm)	2.574	2.597	2.541	2.584	2.577	2.563	2.575	2.569	2.600	2.569	2.581	2.576	2.759	2.789
	Localidad	Usaquén	Santa Fe	Kennedy	Tunjuelito	Barrios Unidos	Engativá	Suba	Kennedy	Chapinero	Suba	Puente Aranda	Fontibón	Usme	San Cristóbal
	Dirección	Tv 9 No. 133-95	CL 37 No. 8-40	Auto. Sur No. 61-40	Carrera 24 N° 49-86 sur	CL 63 No. 47-06	CL 81 No. 68-50	Auto. Norte KM 13	Carrera 86 No 40-55 sur	CR 9 No. 72-90	Clínica Corpas Av. Corpas KM. 13	CR 65 No. 10-95	CR 95 No. 24-49	Carretera a Usme No. 16 - 71	Calle 9 Sur con 9 Este
Contaminantes	PM ₁₀	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	PST			X											
	CO			X		X	X				X		X		
	SO ₂		X	X	X	X	X		X	X		X	X		
	NO _x		X			X	X				X	X	X		
	O ₃		X	X		X							X		
Meteorológicos	Precipitación	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Dirección del viento	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Velocidad del viento	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Temperatura superficial	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Temperatura 3 alturas							X							
	Humedad relativa						X							X	X
	Presión atmosférica						X	X							
	Radiación					X		X						X	X
	Ortogonal vientos							X							

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

ANEXO 2. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

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

Tabla 44. Normas de Calidad del Aire

CONTAMINANTE	PERÍODO	NORMA	UNIDAD DE MEDIDA	COMENTARIOS
PARTÍCULAS. PM ₁₀	Anual	60	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	150	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES. PST	Anual	100	µg/m ³	Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	300	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas
ÓXIDOS DE AZUFRE. SO ₂	Anual	31	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	96	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	3 horas	287	ppb	Concentración promedio horaria en 3 horas
ÓXIDOS DE NITRÓGENO. NO ₂	Anual	53	ppb	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días
	24 horas	80	ppb	Concentración promedio horaria en 24 horas
	1 hora	106	ppb	Concentración promedio horaria
MONÓXIDO DE CARBONO. CO	8 horas	8.8	ppm	Concentración promedio horaria en 8 horas
	1 hora	35	ppm	Concentración promedio horaria
OXIDANTES FOTOQUÍMICOS. O ₃	1 hora	61	ppb	Concentración promedio horaria
	8 horas	41	ppb	Concentración promedio en 8 horas
PARTÍCULAS PM _{2.5}	Anual	65	µg/m ³	Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días (valor guía)
	24 horas	15	µg/m ³	Concentración promedio horaria en 24 horas (valor guía)

ANEXO 3. ROSAS DE VIENTO

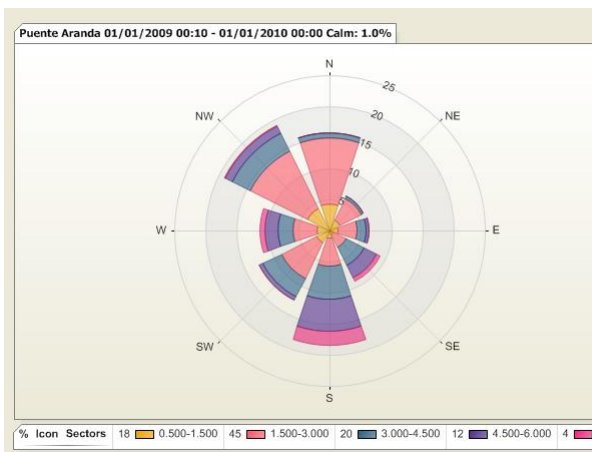


Figura 74. Rosa de Vientos para la estación No. 13
Puente Aranda

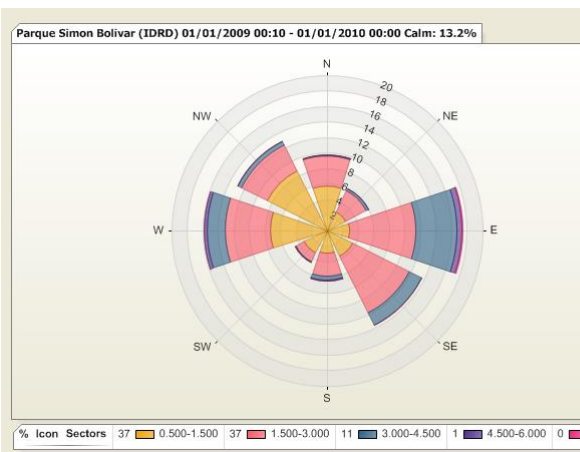


Figura 75. Rosa de Vientos para la estación No. 5
Parque Simón Bolívar (IDRD)

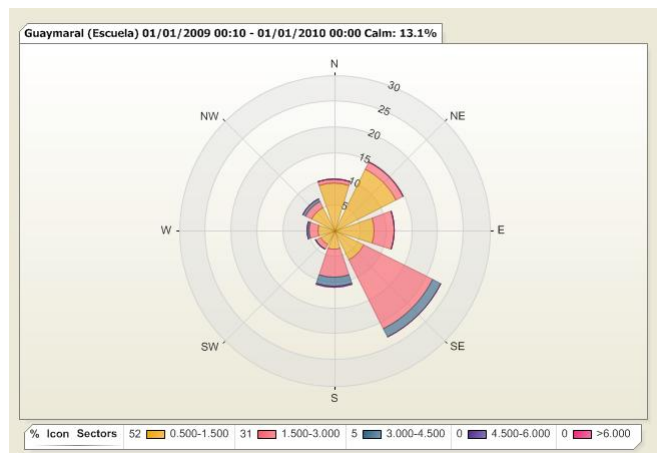


Figura 76. Rosa de Vientos para la estación No. 8
Guaymaral (Escuela)

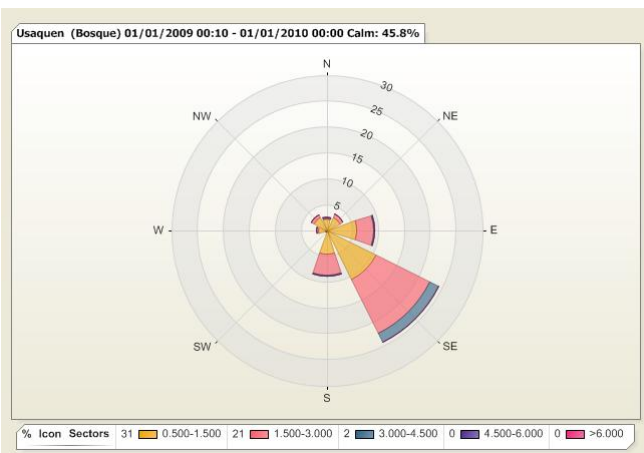


Figura 77. Rosa de Vientos para la estación No. 1 Usaquén (Bosque)

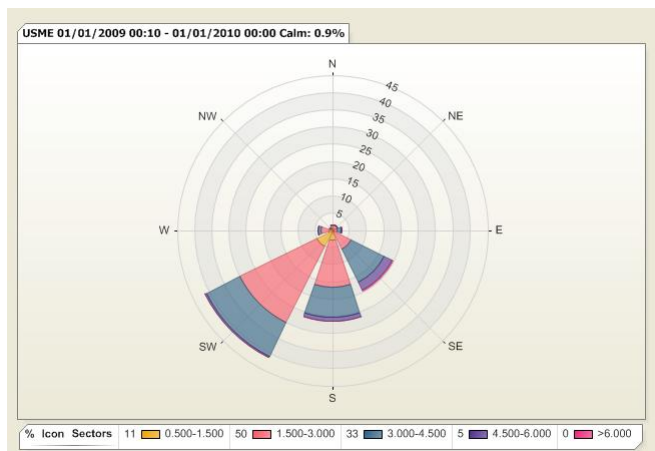


Figura 78. Rosa de Vientos para la estación No. 15 Usme

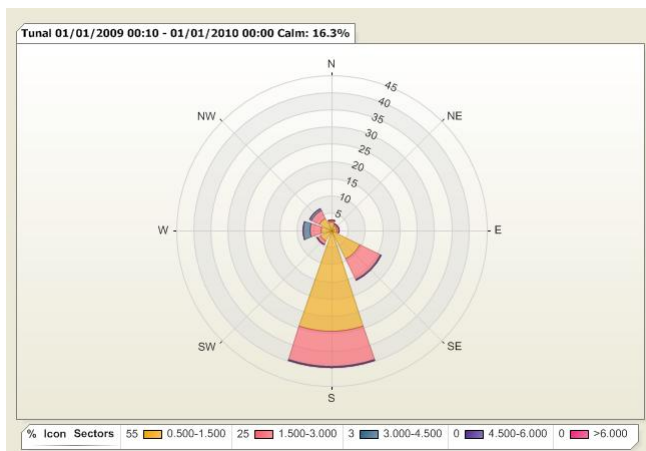


Figura 79. Rosa de Vientos para la estación No. 4 Tunal

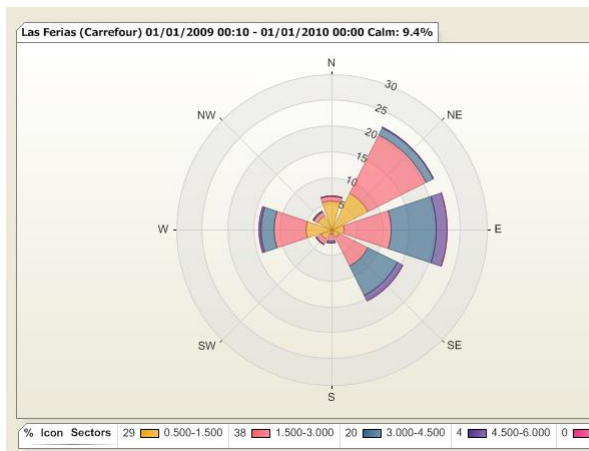


Figura 80. Rosa de Vientos para la estación No. 6 Las Ferias (Carrefour)

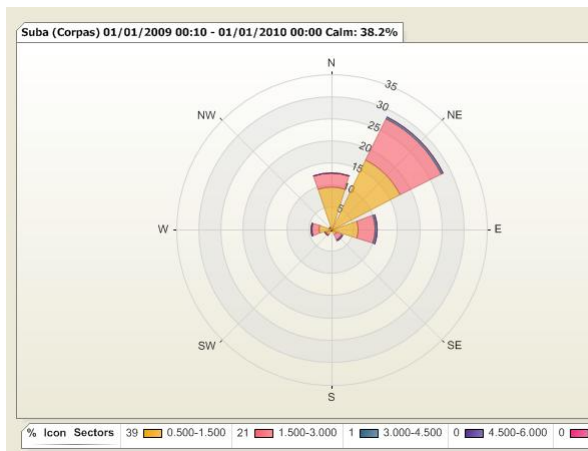


Figura 81. Rosa de Vientos para la estación No. 11 Suba (Corpas)

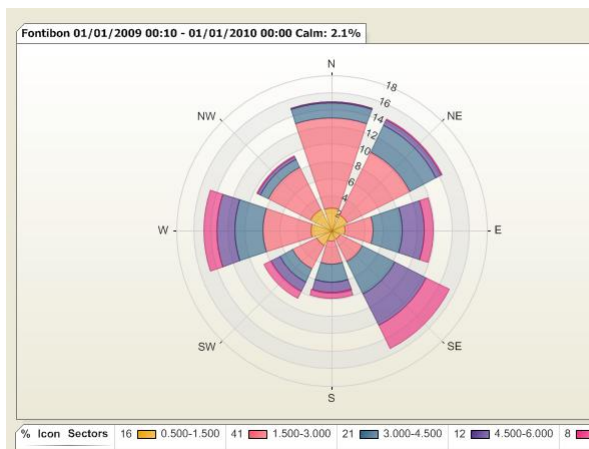


Figura 82. Rosa de Vientos para la estación No. 14 Fontibón

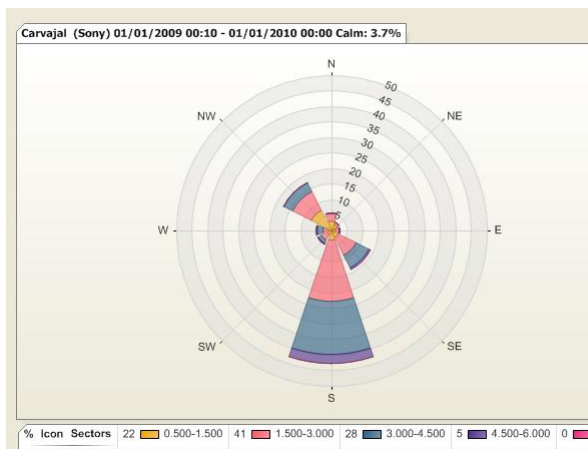
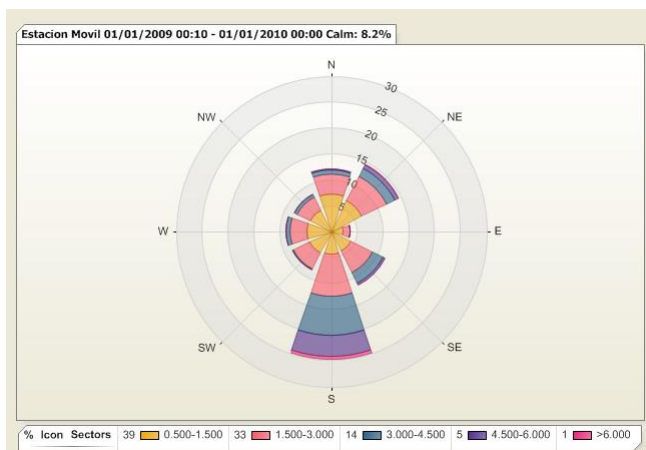
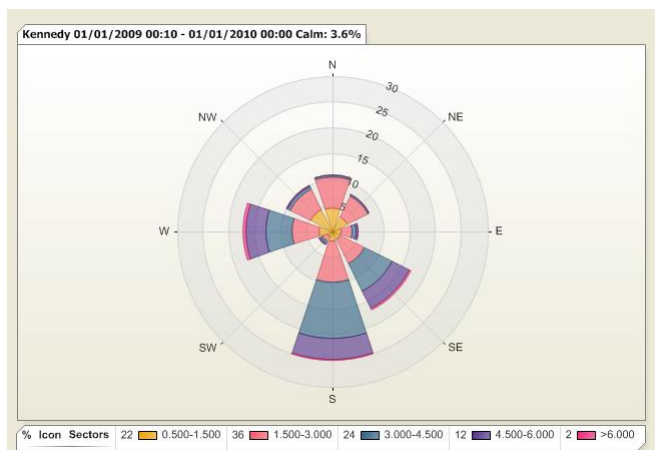
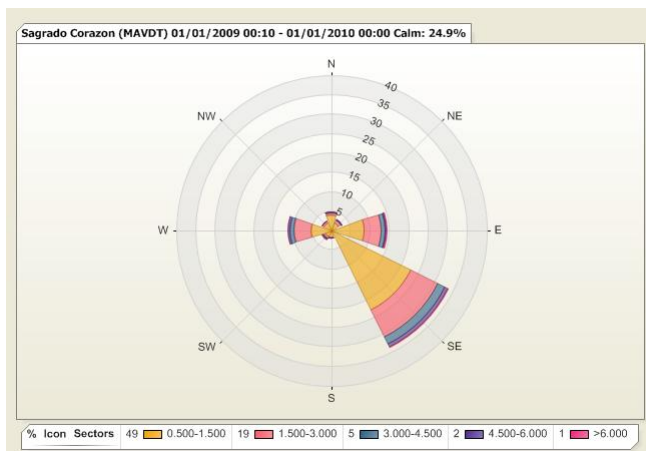
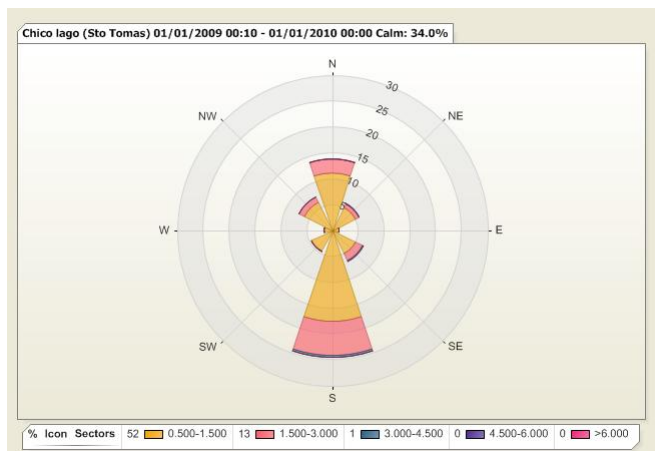


Figura 83. Rosa de Vientos para la estación No. 3 Carvajal (Sony)



ANEXO 4. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla 45. Escala de precipitación

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

Tabla 46. Escala de velocidad del viento – Beaufort

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



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Secretaría Distrital
Ambiente

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ

AÑO 2010

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá
RMCAB

Bogotá, D.C. 2011

Samuel Moreno Rojas

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Juan Antonio Nieto Escalante

Secretaría Distrital de Ambiente

Samir José Abisambra Vesga

Subsecretaría Distrital de Ambiente

Germán Darío Álvarez Lucero

Director Control Ambiental

Orlando Quiroga Ramírez

Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Ernesto Romero Tobón

Coordinador de la RMCAB

Mayra Alejandra Lancheros Barragán

Tammy Goretty Trujillo Escobar

Andrea Niño Penagos

Nicolás Cuadros Rubio

Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Henry Ospino Dávila

Darío Alejandro Gomez Flechas

José Luis López Parra

Norbey Alirio Barahona González

Grupo de Operación de la RMCAB

Secretaría Distrital de Ambiente

-SDA.-

© Marzo de 2011, Colombia

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

Impreso en Colombia – Printed in Colombia



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

INFORME ANUAL 2010

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ 2010

TABLA DE CONTENIDO

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

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

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

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

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

ÍNDICE DE TABLAS

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

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

RESUMEN

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) a través de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) evalúa el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de la ciudad dados por la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y la Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)¹. La RMCAB cuenta con 16 estaciones (incluidas una estación móvil y dos meteorológicas), ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad que monitorean las concentraciones de material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PST), de gases contaminantes (SO_2 , NO_2 , CO , O_3) y los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de viento, temperatura, radiación solar y humedad relativa. De éstas estaciones 2 interrumpieron el registro, la estación de Chico Lago por demolición del edificio de la Universidad Santo Tomás, a partir del 14 de octubre de 2010 y Sagrado Corazón por modificación de la terraza a partir del 6 de julio de 2010 la cual será nuevamente emplazada en el sitio en el 2011.

Dentro de los contaminantes monitoreados cabe resaltar el material particulado de diámetro menor a 10 micras conocido como PM_{10} , las partículas suspendidas totales (PST) y el ozono (O_3), pues en algunas oportunidades sus concentraciones promedio superan los límites máximos permisibles por la norma (Resolución 601 de 2006). También se resalta el material particulado de diámetro menor a 2.5 micras ($PM_{2.5}$), que se mide en cinco estaciones, pero que para el presente documento sólo se reportará para la estación de Kennedy.

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

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

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

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

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

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

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

El monitoreo del NO₂ permitió establecer que en las estaciones de Parque Simón Bolívar, Puente Aranda, Kennedy y Carvajal se reportan las mayores concentraciones promedio, en 6 oportunidades se estuvo por encima de los límites para el contaminante en promedios horarios. Los promedios de 24 horas y anuales no superaron la norma en ninguna oportunidad.

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

Finalmente, el reporte de concentraciones de O₃, presenta concentraciones que superan los límites máximos establecidos en la norma, tanto para el promedio horario como el promedio de 8 horas, en todas las estaciones que monitorearon este contaminante, exceptuando en la estación Móvil, es importante resaltar que los límites nacionales establecidos exceden los aceptados por agencias ambientales internacionales, si se tienen en cuenta el previsto por la EPA para 8 horas el número de excedencias baja de 1996 a 242, lo cual se referirá por estación en el capítulo correspondiente.

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

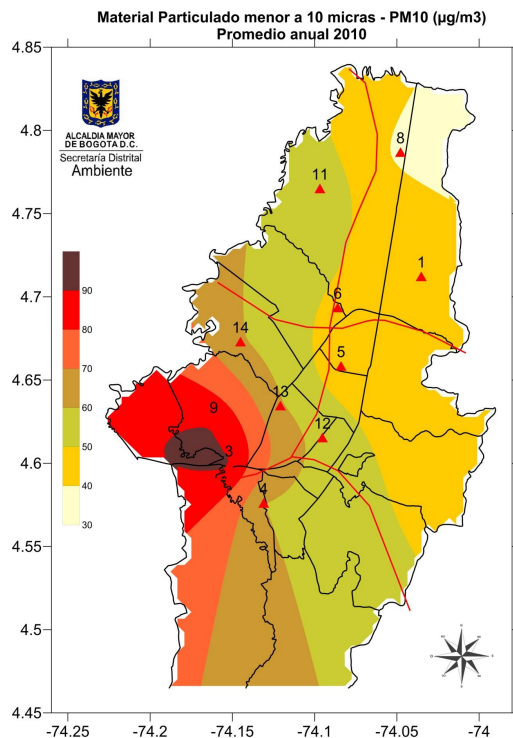


Figura 1 Distribución de la concentración promedio de PM₁₀ durante el 2010

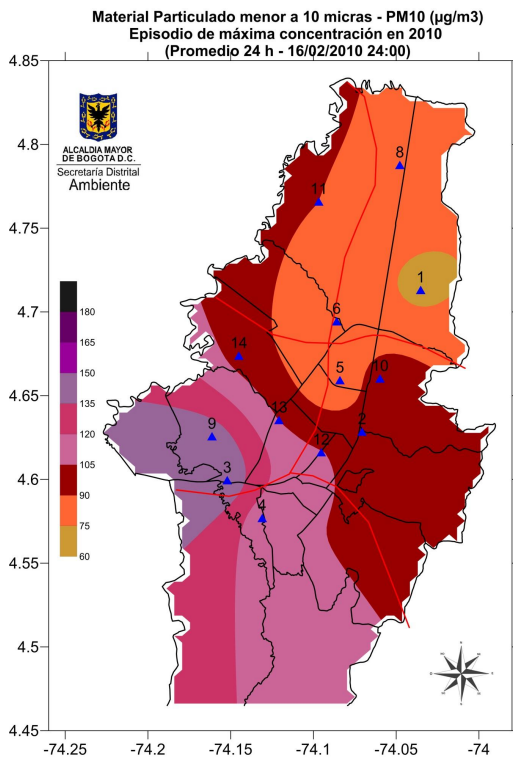


Figura 2 Episodio de máxima concentración PM₁₀ durante el año 2010. Promedio diario

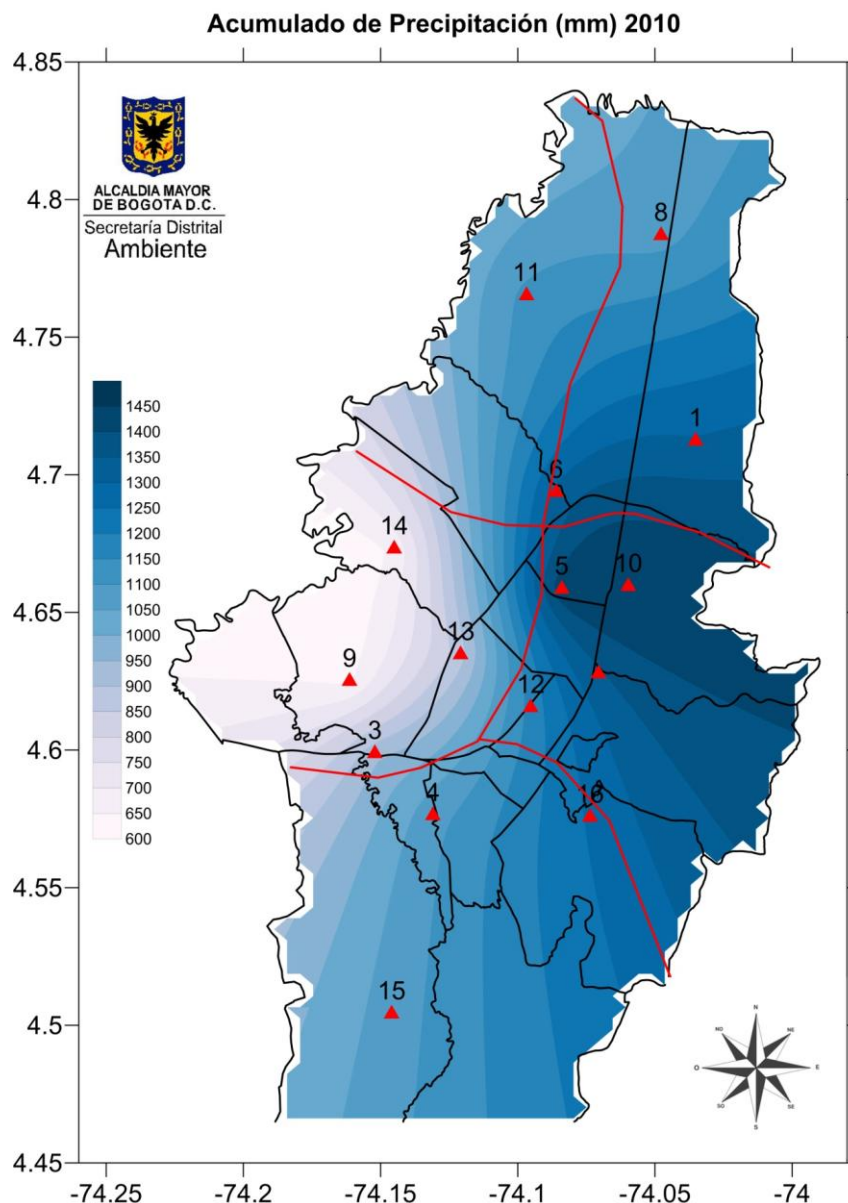


Figura 3 Distribución de las lluvias en la ciudad año 2010

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

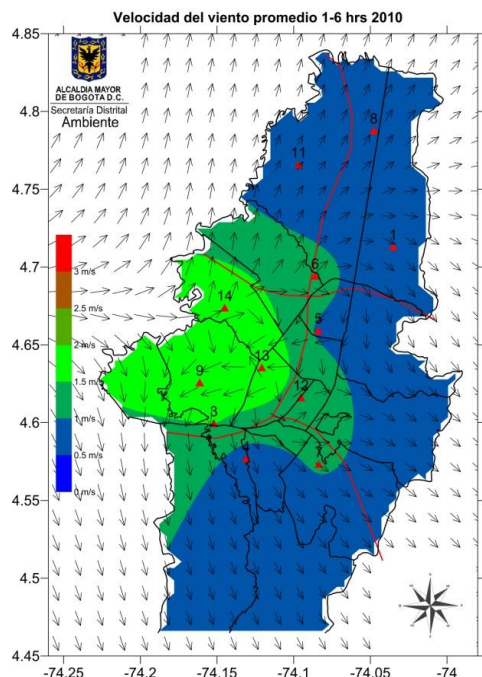


Figura 4. Flujo de vientos promedio durante la madrugada –2010.

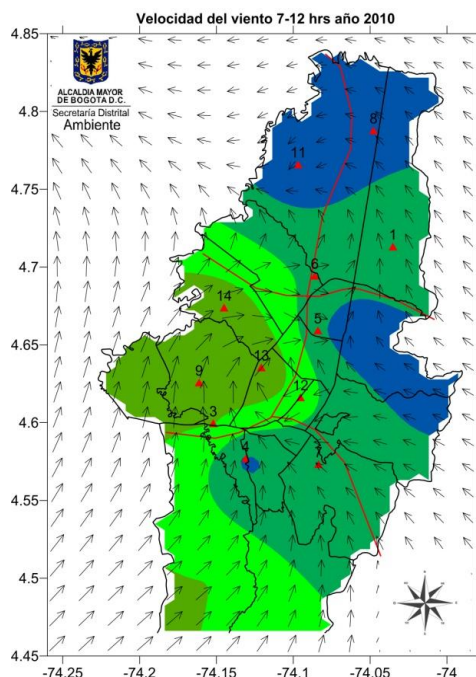


Figura 5. Flujo de vientos promedio durante la mañana –2010.

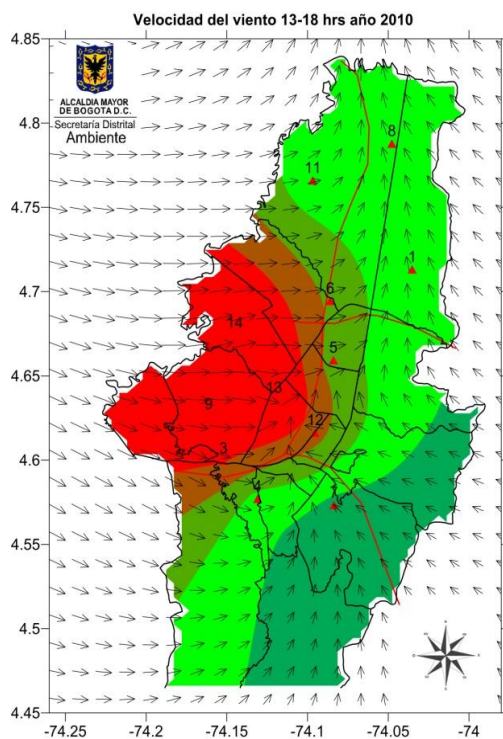


Figura 6. Flujo de vientos promedio durante la tarde –2010.

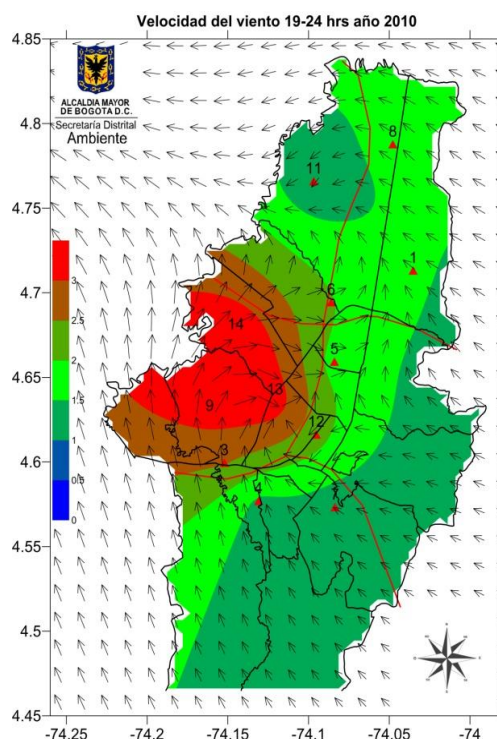


Figura 7. Flujo de vientos promedio durante la noche –2010.

INTRODUCCIÓN

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

La RMCAB desde 2008 modernizó su estructura, que involucró el cambio de software de manejo de datos, el reemplazo de los equipos que tenían más de 10 años de funcionamiento, la instalación de nuevos equipos para ampliar el monitoreo de los contaminantes en los diferentes sitios de la ciudad y la adquisición de una unidad móvil que comenzó a operar en el mes de noviembre de 2008 en las instalaciones de la Secretaría Distrital de Salud y para la cual se reportarán datos en el presente informe. Para el 2010 la RMCAB sumó 15 estaciones fijas de monitoreo y una estación móvil, ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, dotadas con equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PST, PM_{2.5}), de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) y de los parámetros meteorológicos de precipitación, velocidad y dirección de vientos, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica.

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

Para tener una idea del comportamiento que tienen los contaminantes, se hace un análisis exploratorio de los datos, una forma sencilla para observar si los valores que toman las variables son muy diferentes (medianas, *outliers*), tienen simetría, localización y como se distribuyen los datos, es con un gráfico de *Box-Plot*. En cada contaminante se presentarán tres distintos *Box-Plot* los cuales muestran el comportamiento entre los años 2005 al 2010 y días de la semana, meses y por último estaciones.

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

Debido a que los años no tienen las mismas actuaciones y es importante saber sus caracterizaciones a continuación se plasmará el análisis para cada uno de los contaminantes

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

1. CALIDAD DEL AIRE

El presente capítulo se dividirá en tres secciones: la primera contiene el análisis del material particulado que incluye el PM₁₀, el PST y el PM_{2.5}, la segunda los gases contaminantes, el SO₂, el NO₂, el CO y el O₃ y la tercera el comportamiento del índice de calidad del aire. Para esto, la RMCAB durante el año 2010 contó con 15 estaciones que monitorearon las concentraciones de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}, PST) y de gases contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃) permitiendo establecer la calidad del aire en el Distrito Capital. En la Tabla 1 se presentan las catorce estaciones y los contaminantes que se monitorearon en cada una de ellas, junto con la asignación de sectores según su ubicación.

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

ESTACIÓN	LOCALIDAD	SECTOR	Contaminantes						
			PM ₁₀	PST	PM _{2.5}	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
No. 1 Usaqué (Bosque)	Usaqué	Norte	X		X				X
No. 2 Sagrado Corazón	Santa Fe	Centro	X					X	X
No. 3 Carvajal (Sony)	Kennedy	Suroccidente	X	X		X	X	X	X
No. 4 Tunal	Tunjuelito	Sur	X		X	X	X	X	X
No. 5 Parque Simón Bolívar	Barrios Unidos	Centro	X		X	X	X	X	X
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	Engativá	Norte	X		X	X	X	X	X
No. 7 San Cristóbal ³	San Cristóbal	Sur	X			X	X	X	X
No. 8 Guaymaral (Escuela)	Suba	Norte	X				X		X
No. 9 Kennedy	Kennedy	Suroccidente	X		X	X	X	X	
No. 10 Chico Lago (Santo)	Chapinero	Centro	X			X		X	X
No. 12 Estación Móvil	Puente Aranda	Centro	X			X	X	X	X
No. 11 Suba (Corpas)	Suba	Noroccidente	X			X	X		X
No. 13 Puente Aranda	Puente Aranda	Suroccidente	X			X	X	X	X
No. 14 Fontibón	Fontibón	Suroccidente	X			X	X	X	X

² Estación en desmonte temporal a solicitud del MAVDT.

³ La estación San Cristóbal se encuentra en periodo de prueba

1.1. Material Particulado - MP o PM (*particulate matter*)

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

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

La Resolución 601 del 4 de Abril de 2006, establece los niveles máximos permisibles para PST y PM₁₀. Estos son de 100 µg/m³ concentración anual y de 300 µg/m³ para el período de 24 horas en el caso de PST, y de 60 µg/m³ y 150 µg/m³, concentración anual y 24 horas respectivamente para PM₁₀. Para el caso de PM_{2.5} se han establecido límites en la Resolución 610 de 2010, por lo que se pueden tomar como referencia los valores de 25 µg/m³ como concentración anual y de 50 µg/m³ para 24 horas. La Resolución SDA 1208 de 2003 establece 50 µg/m³ concentración anual para PM₁₀, por ser más estricta el informe se referirá para este periodo a este nivel. A partir de 2011 el periodo de 24 horas para PM₁₀ se controlará con 100 µg/m³

1.1.1. Comportamiento de la Concentración de PM10

La RMCAB contó con trece (13) estaciones para medir la concentración de PM₁₀, como se observa en la Tabla 1. Durante el año 2008 se cambiaron ocho equipos de PM10 marca **DASIBI** por marca **MET ONE** (tecnología de cuantificación por atenuación beta), en el marco del proceso de modernización de la RMCAB; éstos equipos reemplazaron los existentes en las estaciones No. 8 Guaymaral, No. 5 Parque Simón Bolívar, No. 3 Carvajal, No. 4 Tunal, No. 6 Las Ferias, No. 9 Kennedy, No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón. El cambio de tecnología hizo que para el segundo semestre de 2008 se registraran niveles de concentración de PM₁₀ diferentes a los reportados en el primer semestre del año, por lo que se realizaron estudios de intercomparación entre equipos.

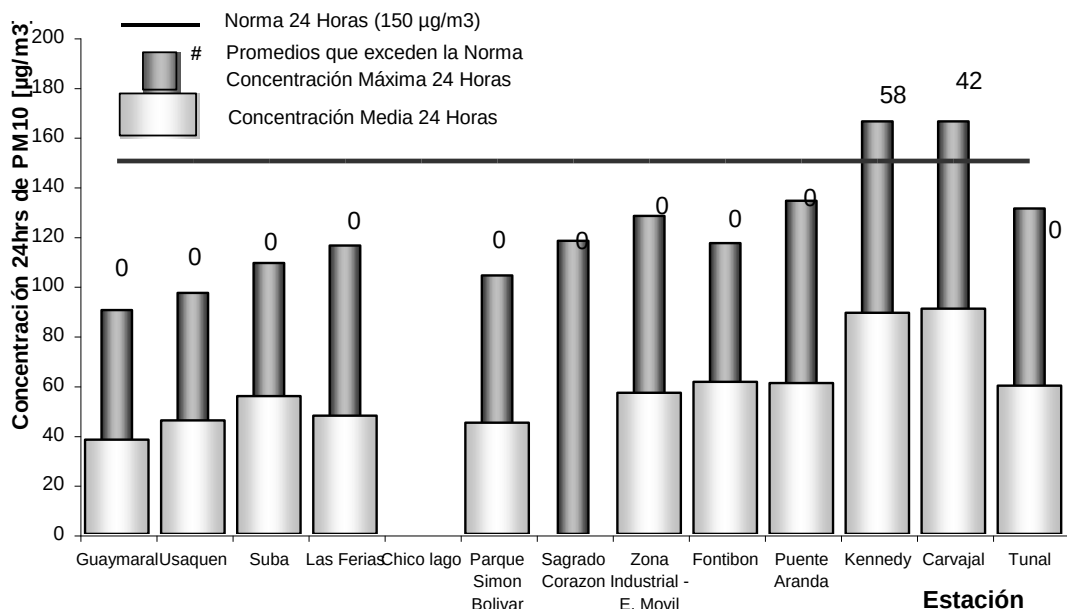
En cuanto a la serie de la estación No 10 Chicó Lago se encuentran en revisión y no será reportada en el presente informe.

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

Máximos en 24 Horas

El comportamiento de la concentración de PM_{10} se establece mediante la recolección de datos de medias móviles de 24 horas. Durante el 2010 se reportó una representatividad temporal⁴ para el año mayor o igual al 75% en 11 (once) estaciones (quedaron por fuera Chicó Lago que se encuentra en análisis y Sagrado Corazón cuyo porcentaje de recuperación de datos fue del 44%).

Del total de datos registrados, tan solo el 0.11% superó el valor de la norma para 24 horas establecido en $150 \mu g/m^3$, porcentaje equivalente a 32 datos presentados en las Estaciones de Carvajal (42) y Kennedy (58). Las concentraciones medias, máximas y la cantidad de datos que superaron la norma sobre promedios corridos de 24 horas se presentan



8

⁴ El porcentaje de representatividad temporal se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo multiplicado por cien. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. Se define como aceptable un 75%.

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

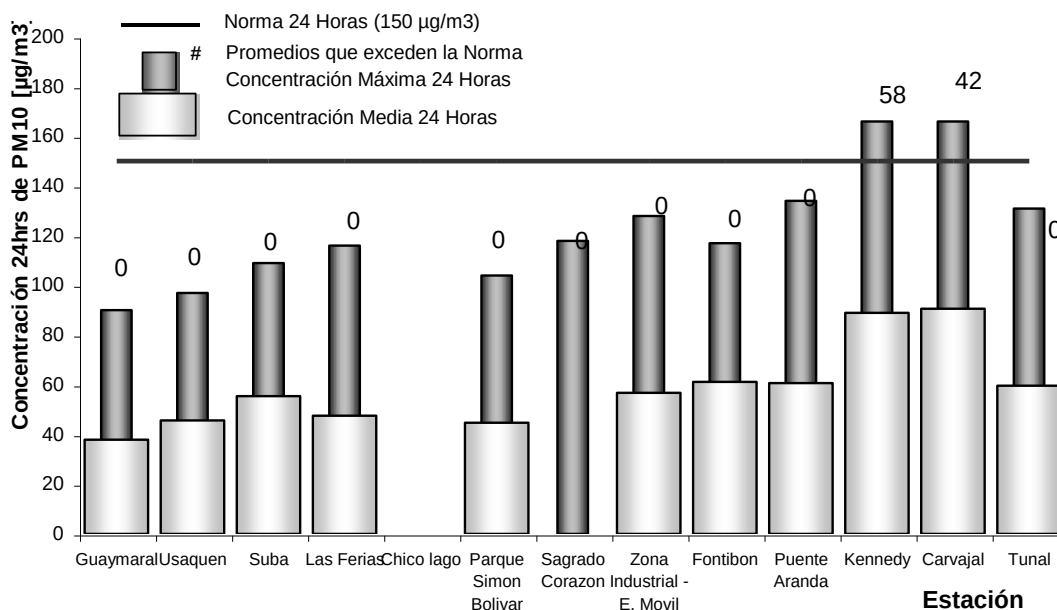


Figura 8. Concentraciones de PM₁₀ para 24 horas por estación durante el 2010

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

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

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

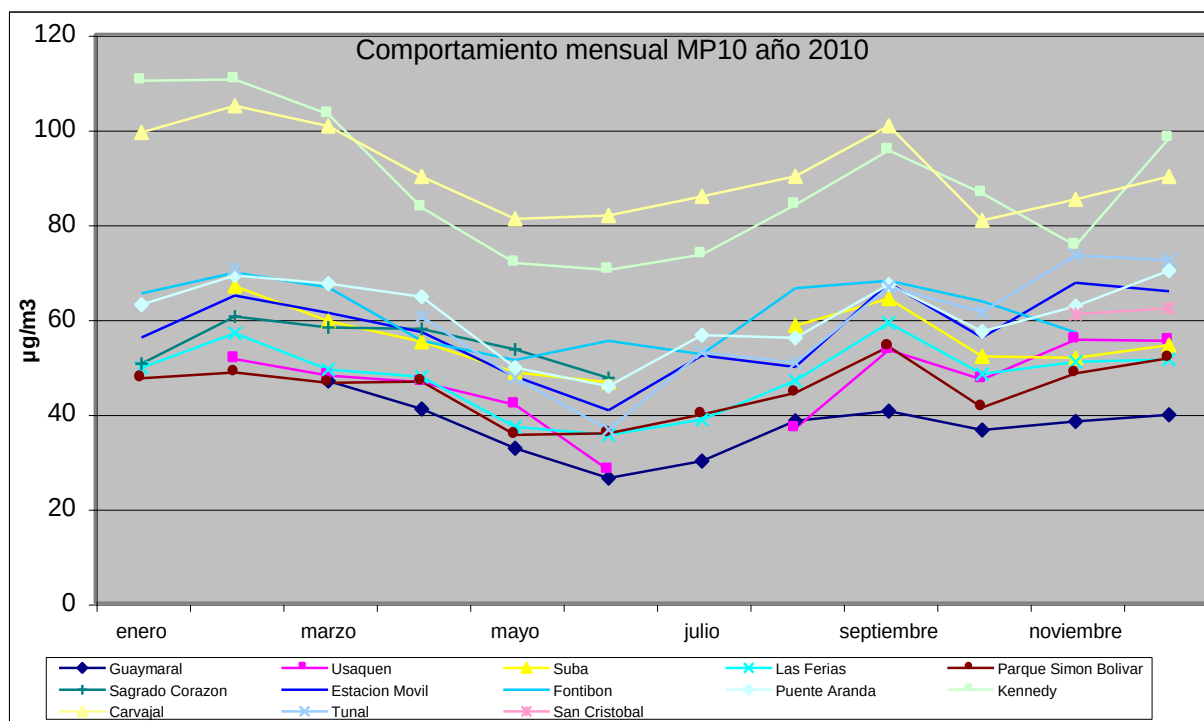


Figura 9. Promedios mensuales por estación 2010

La distribución de la concentración de este contaminante en la ciudad de Bogotá puede visualizarse en la Figura 10, dónde se muestra un mapa resultado de la interpolación del episodio de mayor concentración de PM_{10} , como promedio diario, que se presentó en la ciudad durante el 2010. Se debe tener presente que las estaciones No.15 Usme y No.16 Vitelma no tienen muestreadores de partículas y la representación de estas zonas son el resultado de la interpolación de los datos máximos de otras estaciones.

En cuanto al mapa de concentraciones medias, el comportamiento del PM_{10} es similar al descrito anteriormente; las localidades menos afectadas por material particulado son Usaquén, Teusaquillo, Chapinero y parte de Suba, mientras que las más afectadas son las del sur occidente de la ciudad (Figura 11).

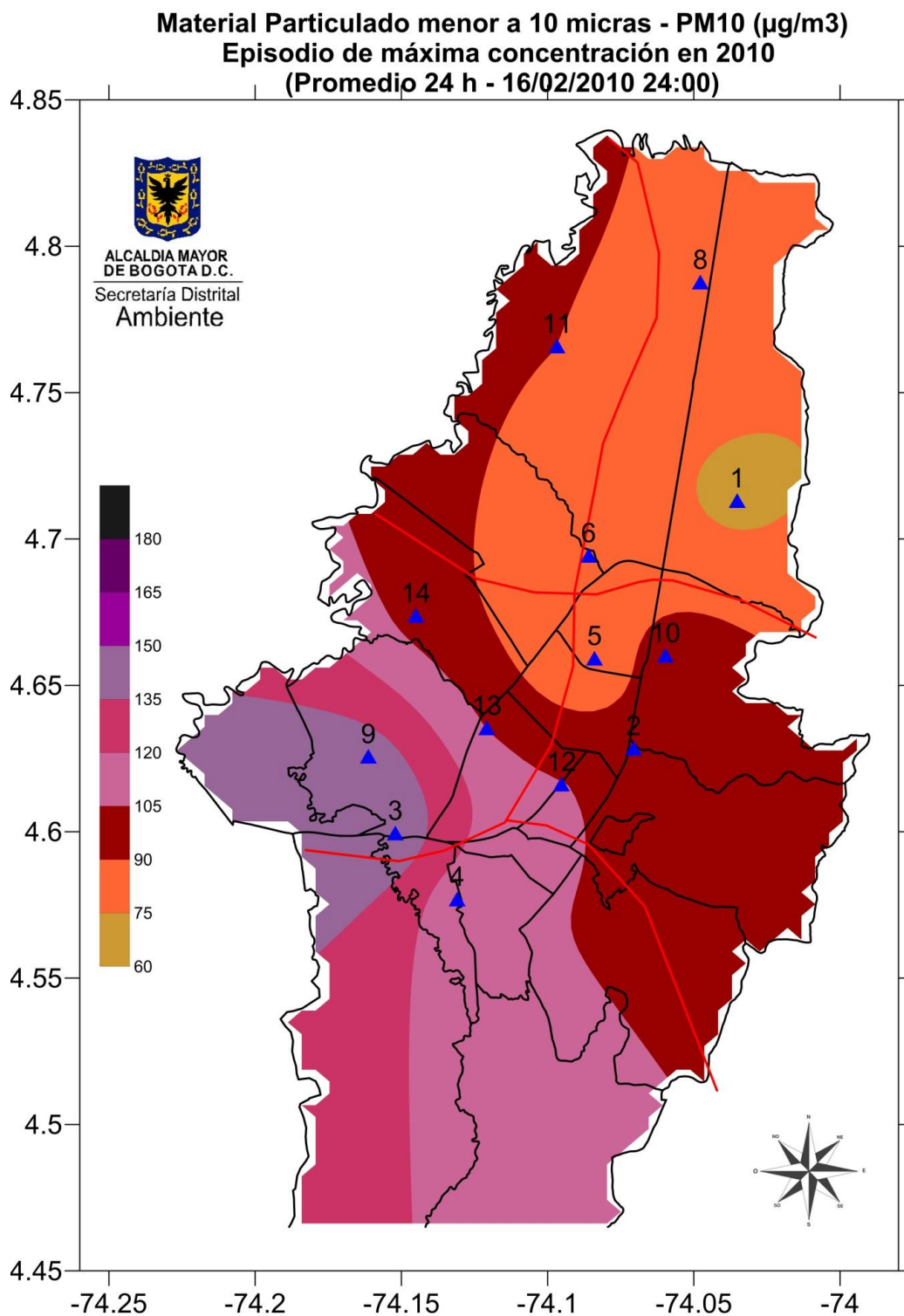


Figura 10. Interpolación de los promedios máximos 24 horas de PM₁₀ durante el 2010

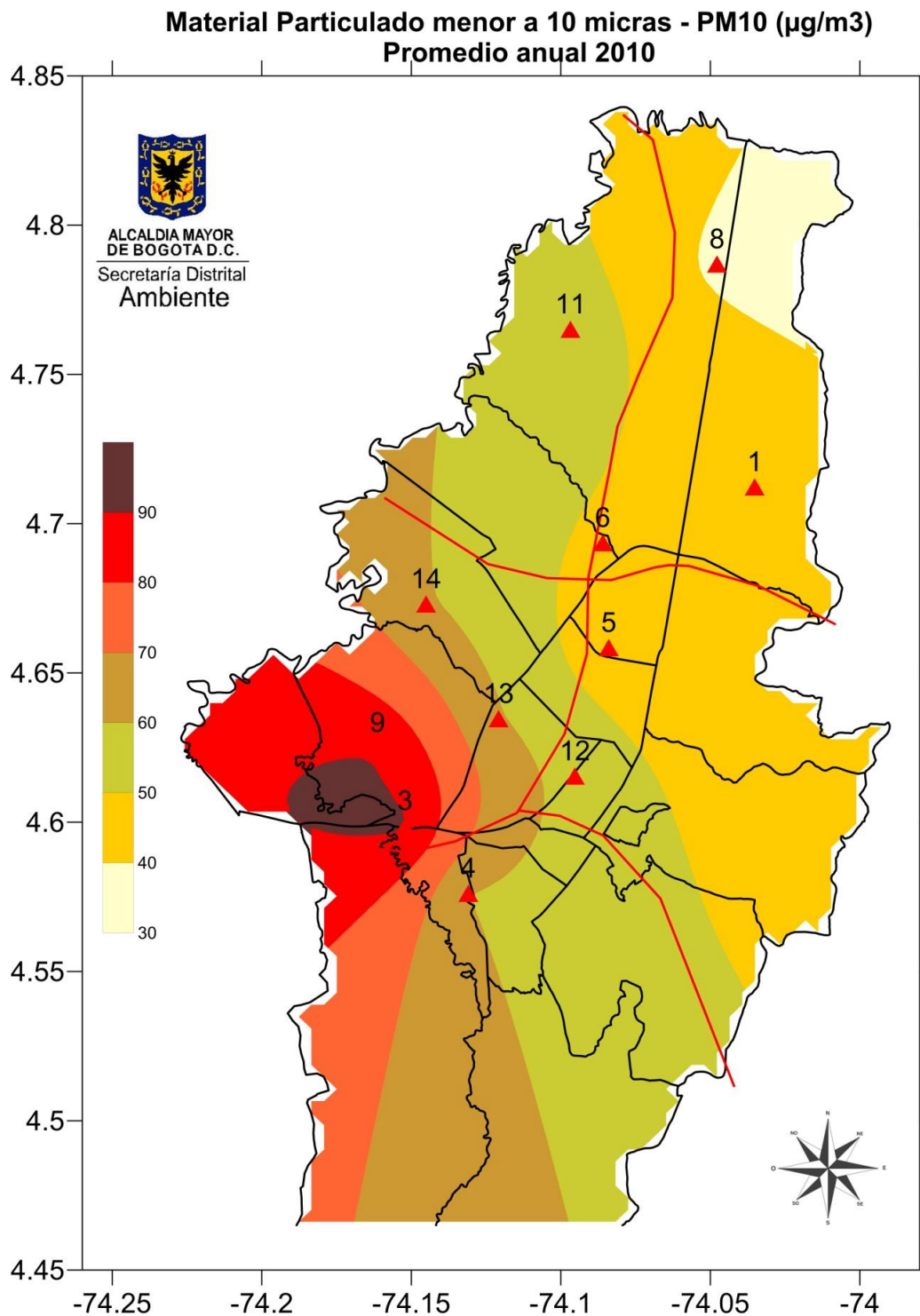


Figura 11. Interpolación de las medias de los promedios 24 horas de PM10 durante el 2010.

Comportamiento histórico de promedios por fracciones temporales de PM10

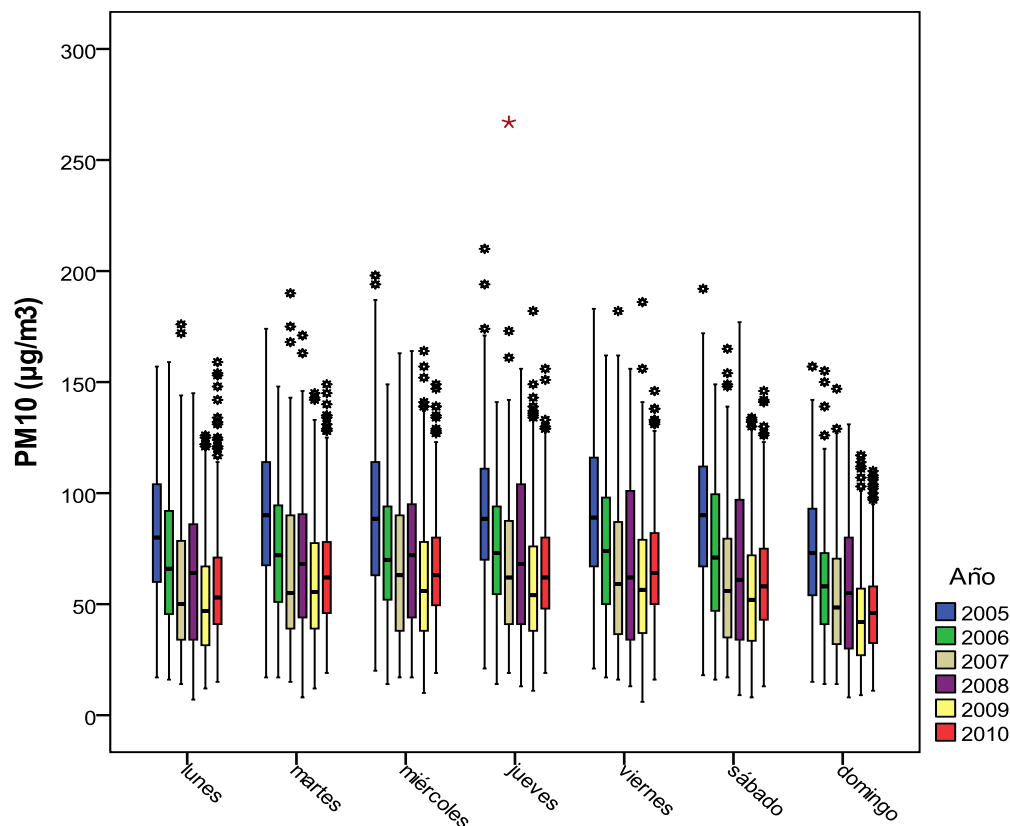


Figura 12 Gráfico de *Box-Plot* para PM_{10} 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

El comportamiento para el contaminante PM10 en los días de la semana para el último año mantiene el registro usual de años anteriores el cual tiene una tendencia de incremento al iniciar la semana hasta el día miércoles, el jueves se mantiene y el viernes es el día que muestra un mayor registro, descendiendo el fin de semana y siendo el domingo el de menor registro; gráficamente este comportamiento se puede representar con una leve figura cóncava. Aunque la concentración del contaminante mantuvo niveles equiparables con respecto al año anterior la dispersión de los datos es menor con respecto al 2009; el lunes es el día que mayor registra datos atípicos y el viernes el de menor.

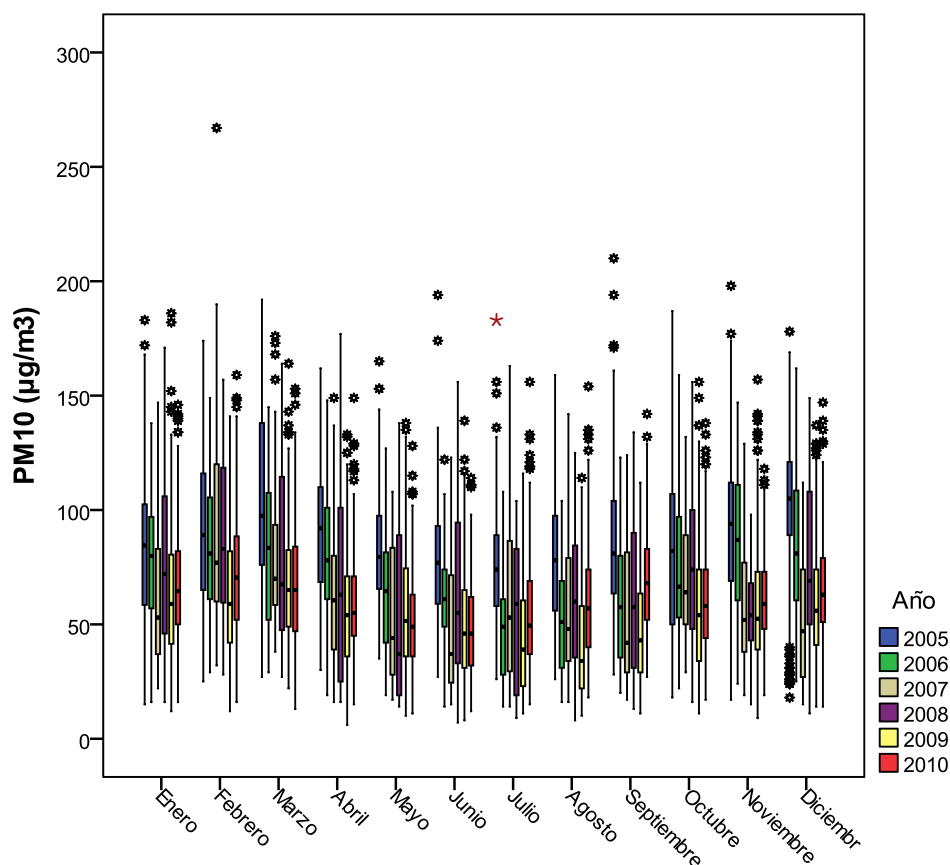


Figura 13. Gráfico de Box-Plot para PM₁₀ 24 horas por meses comparando año 2010 con años anteriores.

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

Promedios Anuales de PM₁₀

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

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

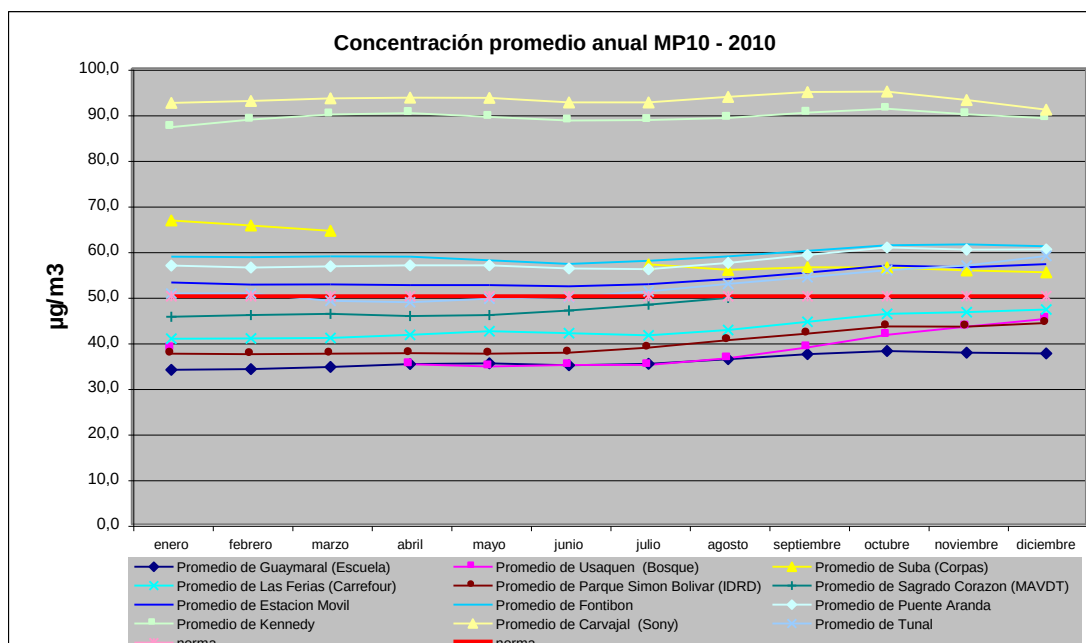


Figura 14. Promedios anuales, por estación, año 2010.

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

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

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

ESTACION	Representatividad Temporal	Promedio Anual	Máximo Anual Norma 1208 (Anual): 50 µg/m³
Zona Industrial – E. Móvil	100%	54	57
Fontibón	100%	59	62
Puente Aranda	100%	59	62
Kennedy	100%	89	91
Carvajal	100%	93	95
Tunal	100%	52	60

El promedio de las concentraciones anuales de PM_{10} encontradas en las estaciones de la RMCAB para el 2010 se presentan en la Figura 15. La estación No. 3 Carvajal reportó el máximo promedio, seguida de la estación No. 9 Kennedy. Con el nivel de control en 50 las estaciones de Suba, Móvil, Fontibón, Puente Aranda y Tunal exceden este nivel.

En la Tabla 4 se presentan los valores de las concentraciones promedio anuales entre 1999 y el 2010, para cada una de las estaciones, calculadas el 31 de Diciembre de cada año se incluyen todas las estaciones, para los años 2007 a 2010 se exceptúan los datos de la estación de Chico Lago que se encuentra en estudio; los cortes en las figuras corresponden a periodos de tiempo donde, por problemas operacionales, no se puede calcular el promedio anual por falta de representatividad; también se muestra el valor dado por la Resolución 1208 de 2003 de la SDA como norma para promedios anuales.

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

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

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

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

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

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

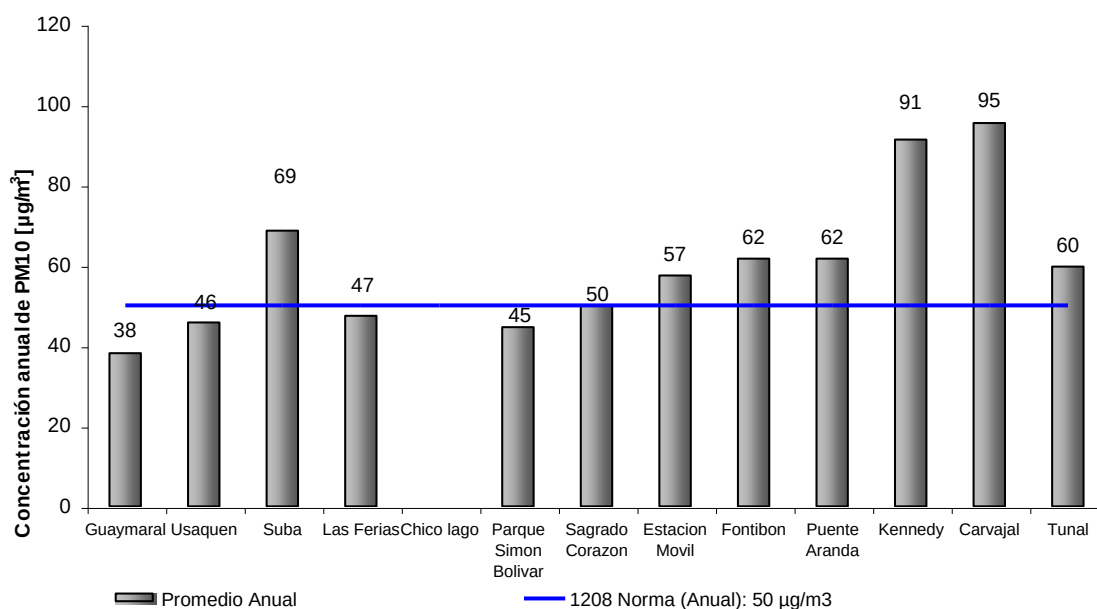


Figura 15. Máxima concentración promedio anual de PM₁₀ por estación durante el 2010

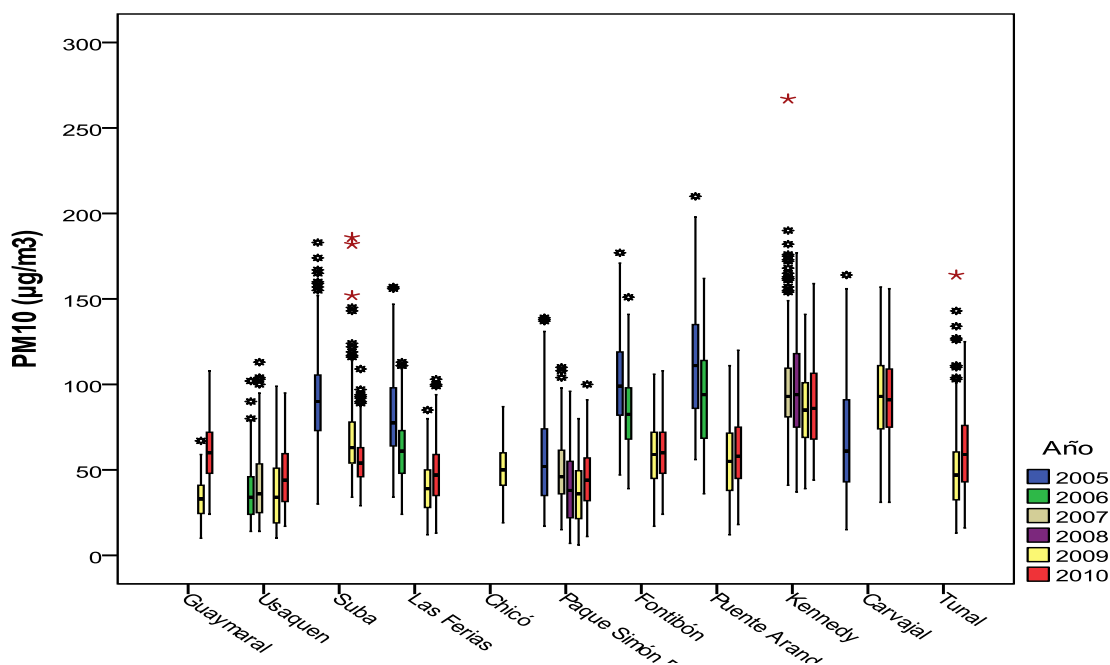


Figura 16. Gráfico de *Box-Plot* para PM10 24 horas por estaciones comparando 2010 con años anteriores

En el contaminante PM10 no se tienen en cuenta los datos en las estaciones Tunal, Carvajal, Puente Aranda, Fontibón Guaymaral y Las Ferias para los años 2007 y 2008, adicionalmente Chico no entra en el análisis en los años 2007 - 2009 por que las series están siendo analizadas técnicamente por variación con el cambio de equipos; por esto se va a realizar comparaciones de los dos últimos años entre las estaciones; para el año 2010 las estaciones que registran menor concentración son Usaquén y Parque Simón Bolívar con mediana de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ cada una, las de mayor son Carvajal y Kennedy con 91 y $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; el contaminante en el último año tuvo un comportamiento similar con respecto al 2009 en la mayoría de las estaciones, para Carvajal presenta un leve descenso y en Suba adicionalmente sus *outliers* descendieron, en el 2010 no se registran *outliers* extremos

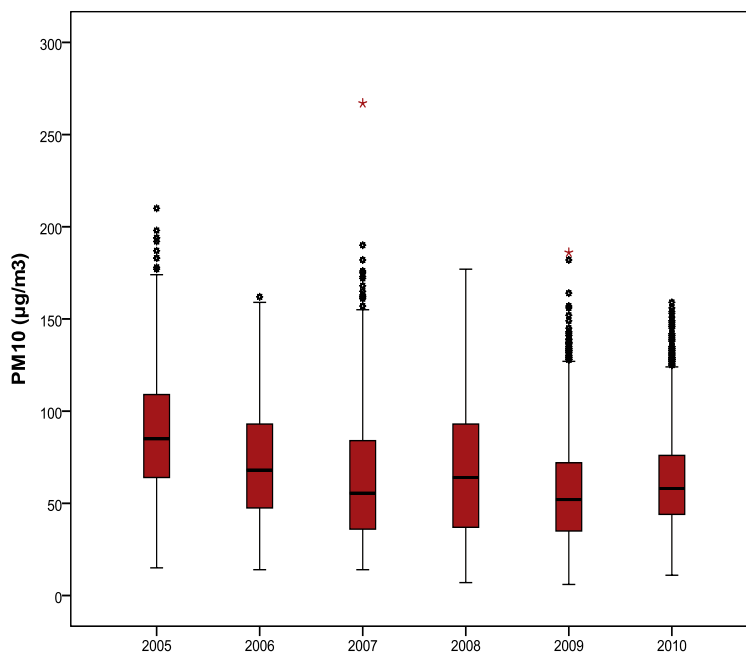


Figura 17. Gráfico de *Box-Plot* para PM10 24 horas por años.

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

1.1.2.Comportamiento de la Concentración de PM2.5

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

Máximos en 24 Horas

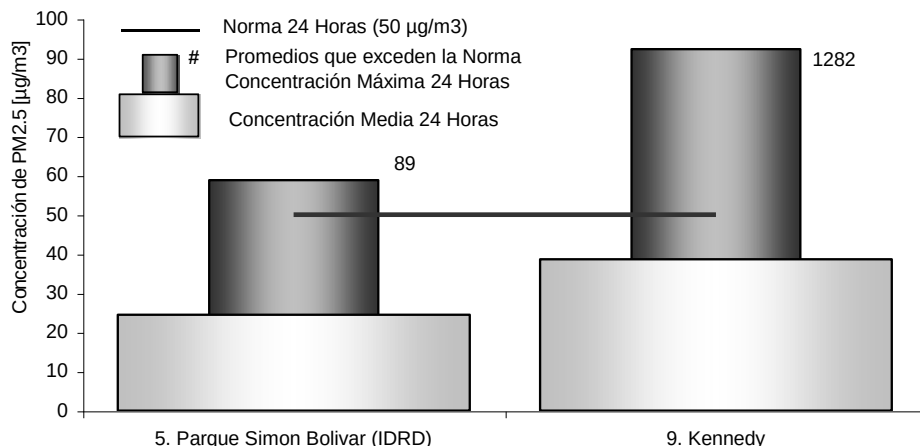


Figura 18. Concentraciones de PM_{2.5} para 24 horas durante el 2010

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

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

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

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

⁷ A pesar que en conjunto para el 2009 no se tiene en conjunto una representatividad mayor o igual al 75%, esta circunstancia se presenta fundamentalmente por déficit de datos en los meses de octubre a diciembre, periodo en que se realizaron ínter comparaciones por el canal del PM_{2.5}, no obstante se realizan comparaciones entre años, haciendo esta salvedad.

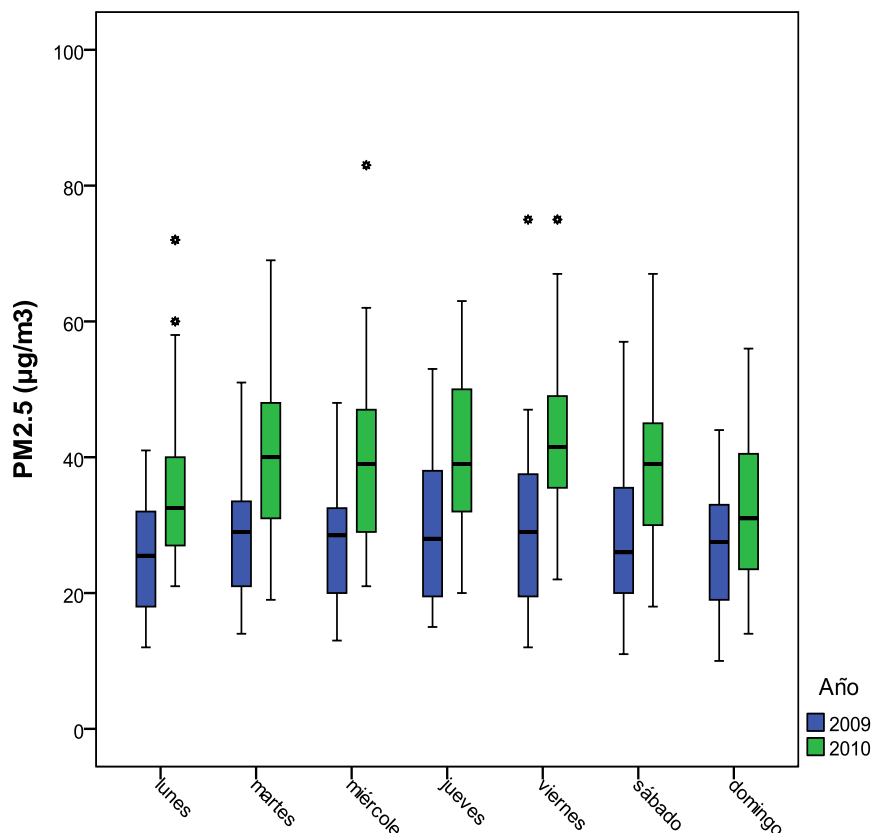


Figura 19. Gráfico de *Box-Plot* para PM2.5 por días de la semana (sobre base 24 horas) comparando año 2010.

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

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

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

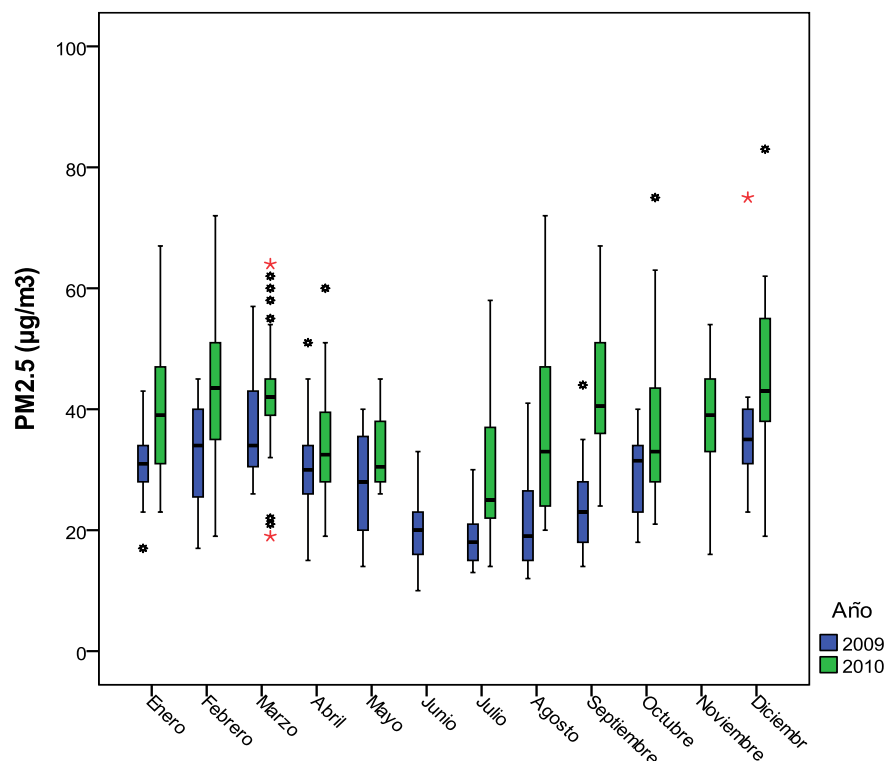


Figura 20. Gráfico de *Box-Plot* para PM10 por meses (desde base 24 horas) comparando Año 2010.

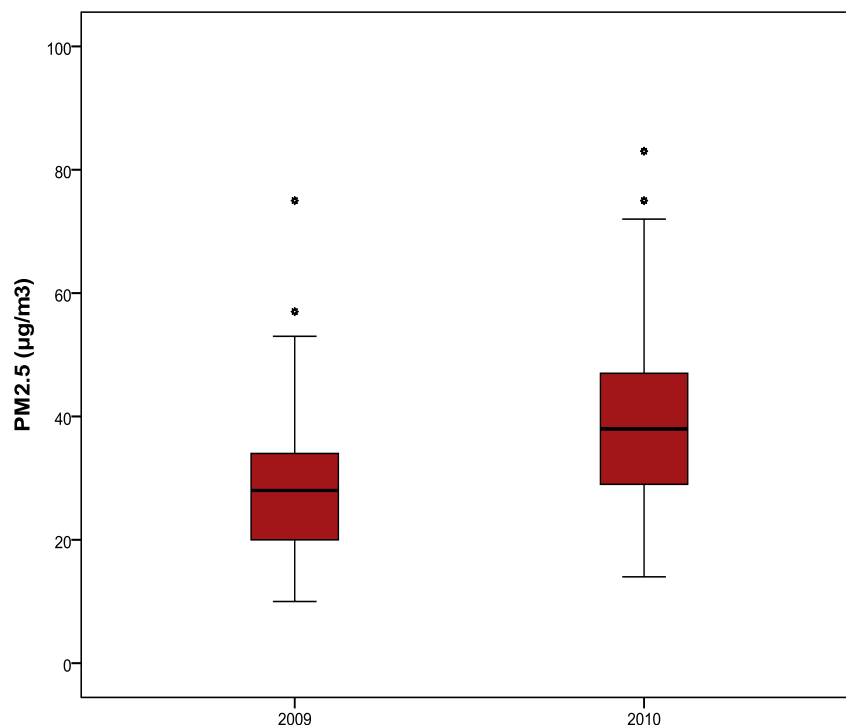
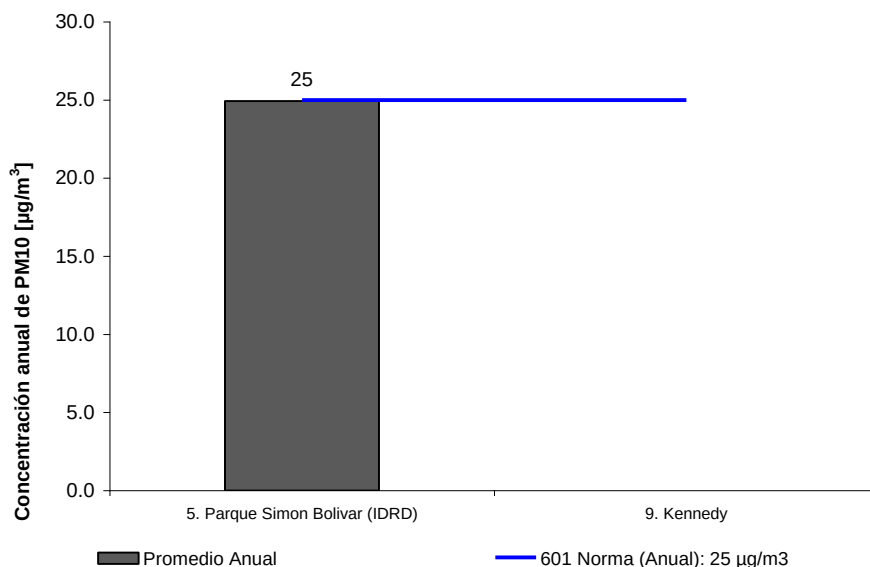
Promedios Anuales de PM_{2.5}

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

Tabla 6. Resumen de datos PM_{2.5} promedios anuales por estación para el 2010

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

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



El contaminante $PM_{2.5}$ en la estación de Kennedy (ver Figura 22) para el año 2010 presenta simetría con respecto a su mediana que es de $38 \mu g/m^3$, dispersión baja es decir la mayoría de datos se encuentra alrededor de la mediana, presenta pocos datos

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

1.1.3.Comportamiento de la Concentración de PST

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

Máximos en 24 Horas

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

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

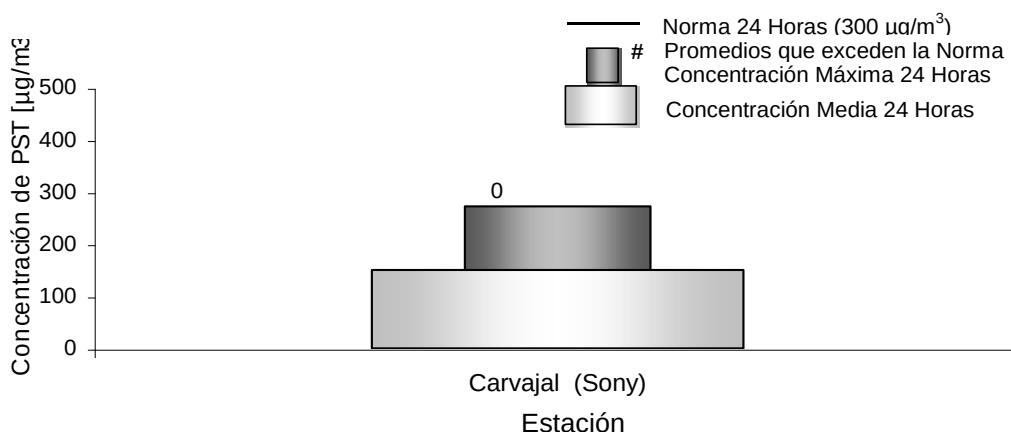


Figura 23. Concentraciones de PST para 24 horas durante el año 2010

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

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

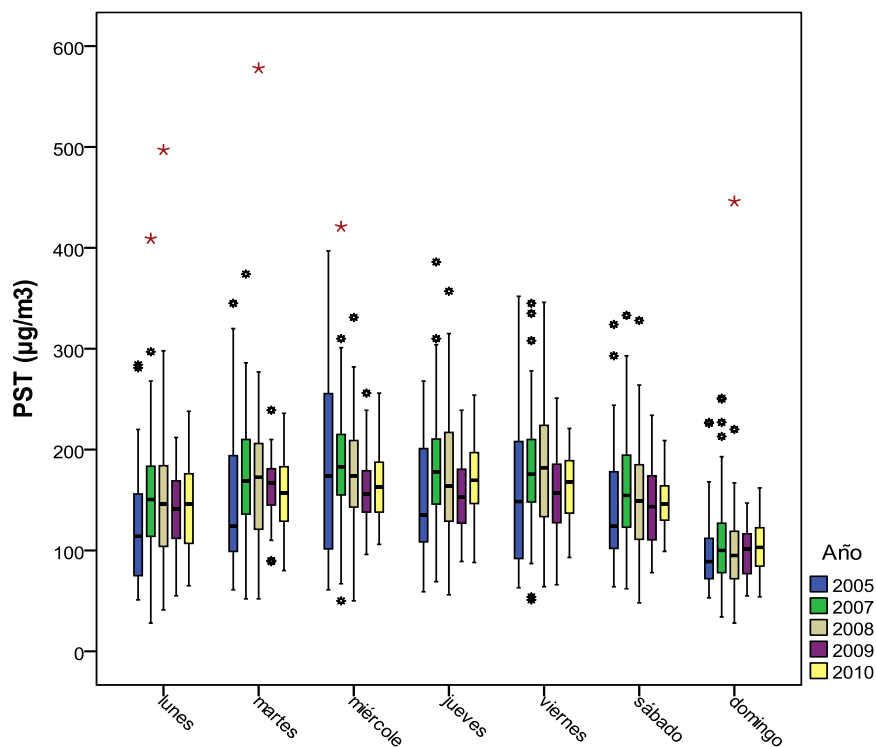


Figura 24. Gráfico de *Box-Plot* para PST por días de la semana (desde base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores

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

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

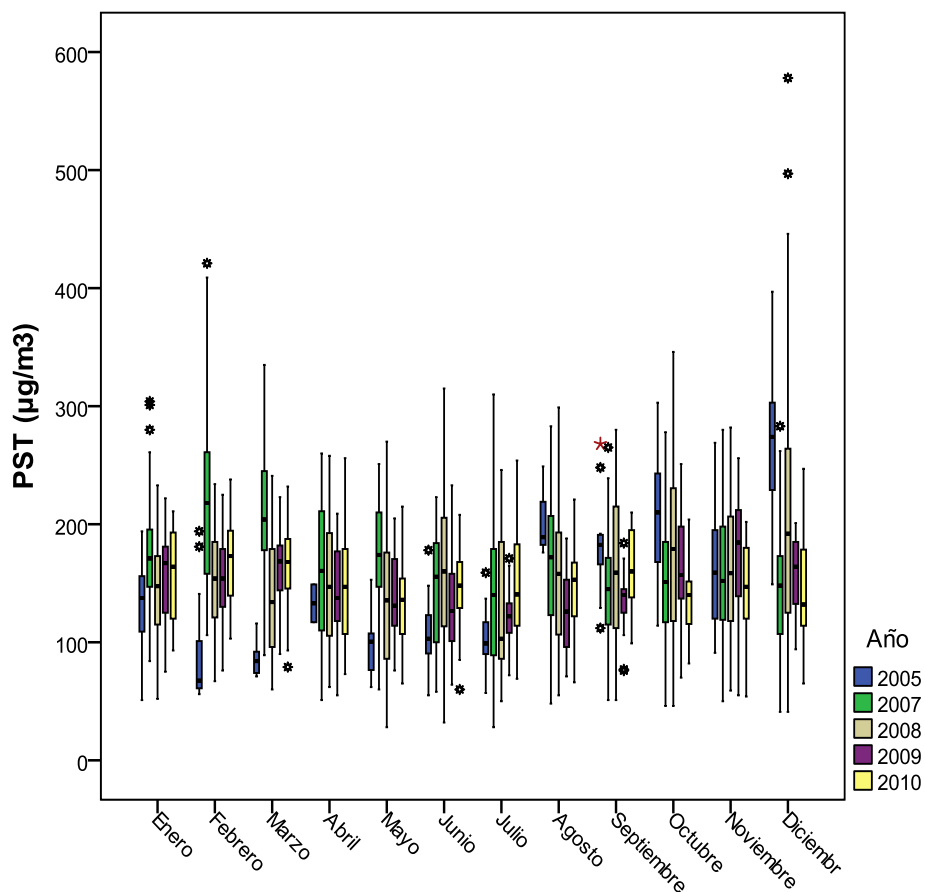


Figura 25. Gráfico de Box-Plot para PST por meses (desde base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores

Promedio Anual de PST

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

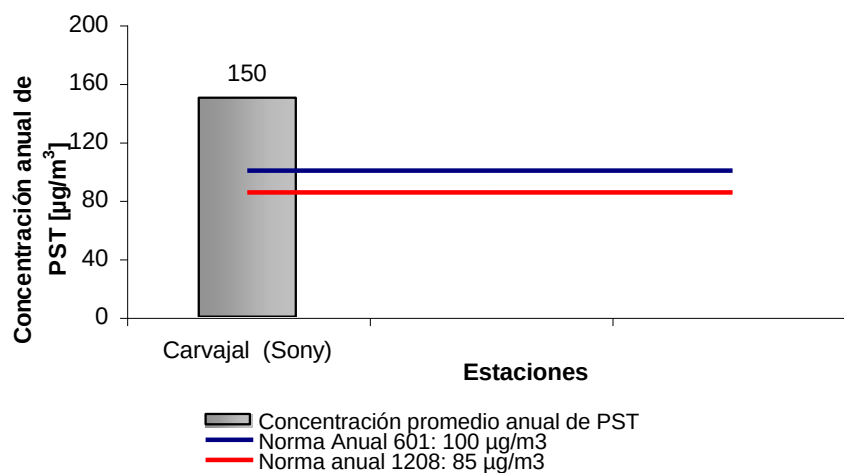


Figura 26. Concentración promedio anual de PST en el 2010 en la estación de Carvajal.

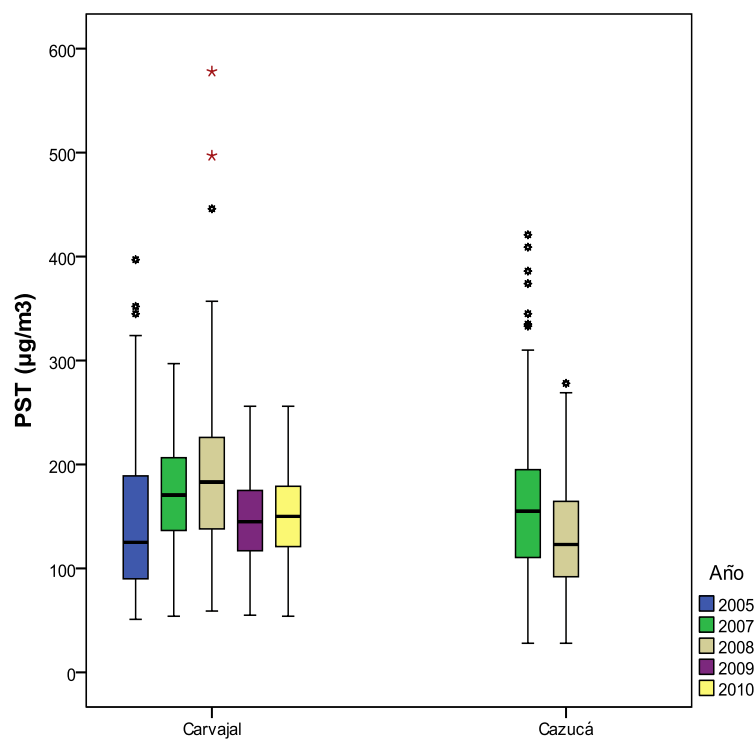


Figura 27. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por estaciones comparando año 2010 con años anteriores

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

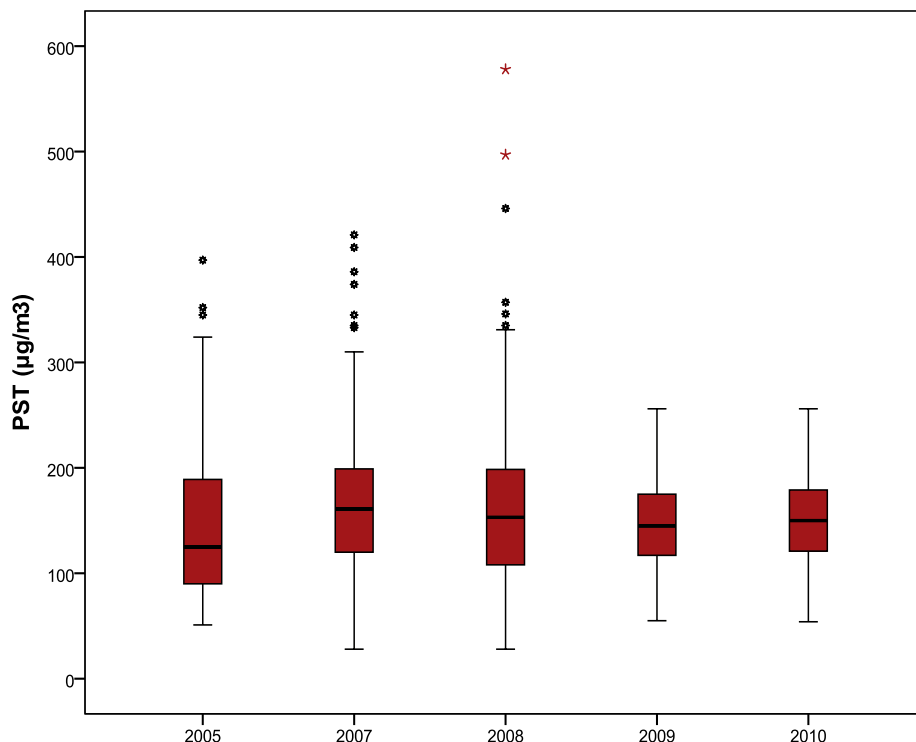


Figura 28. Gráfico de Box-Plot para PST 24 horas por años

1.2. Gases Contaminantes

La RMCAB, además de medir el material particulado realiza el monitoreo de otros contaminantes tanto primarios como secundarios presentes en el aire. Éstos son el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3), gases producto principalmente del uso de combustibles fósiles y de reacciones fotoquímicas ocurridas en la atmósfera.

El SO_2 , 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_2 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_2 participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono (O_3) 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_3 es un gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. Es un oxidante fuerte, muy fácil de producir pero a la vez muy fácil de destruir; es el compuesto más representativo de los compuestos fotoquímicos. Sus efectos en el sistema respiratorio son de cuidado ya que es un gas altamente oxidante e irritante.

1.2.1. Comportamiento de la Concentración de SO₂

Para analizar este contaminante, la RMCAB contó con 10 analizadores de dióxido de azufre (SO₂), ubicados según configuración mostrada en la Tabla 1. De estos equipos, tres se han visto afectados por reparación durante el 2010, éstos son los que corresponden a Carvajal, Chico Lago (estación clausurada desde el 14 de octubre de 2010) y Tunal. Por el proceso de puesta a punto de los anteriores equipos y el inicio de registro en mayo de 2010 de la estación Las Ferias, la representatividad de estas estaciones para el año es baja. Los datos obtenidos en cada una de las estaciones permitieron calcular concentraciones promedio anuales, horarias de 24 horas y de 3 horas con el fin de compararlas con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006.

SO₂ en 3 horas

Durante el periodo analizado se obtuvieron 60916 (sesenta mil novecientos diez y seis) datos de concentraciones promedio horarias en 3 horas, que representan el 67% de los promedios posibles en el periodo. En la Tabla 7 se muestran los valores promedio y máximos de SO₂ obtenidos para promedios de 3 horas por estación, así como los días en los cuales se presentó este máximo. Para las representaciones gráficas se escogieron las estaciones que garantizaban más de un 75% de representatividad de los datos, en la Figura 29 se visualizan las concentraciones máximas y medias de cada una de las estaciones. El valor límite máximo permisible en la Resolución 601/06 (287 ppb) no fue excedido en ninguna oportunidad. El valor más alto de la Red registradas por la estación No. 3 Carvajal (Sony) y la media más alta se presentó en la Zona Industrial – E. Móvil

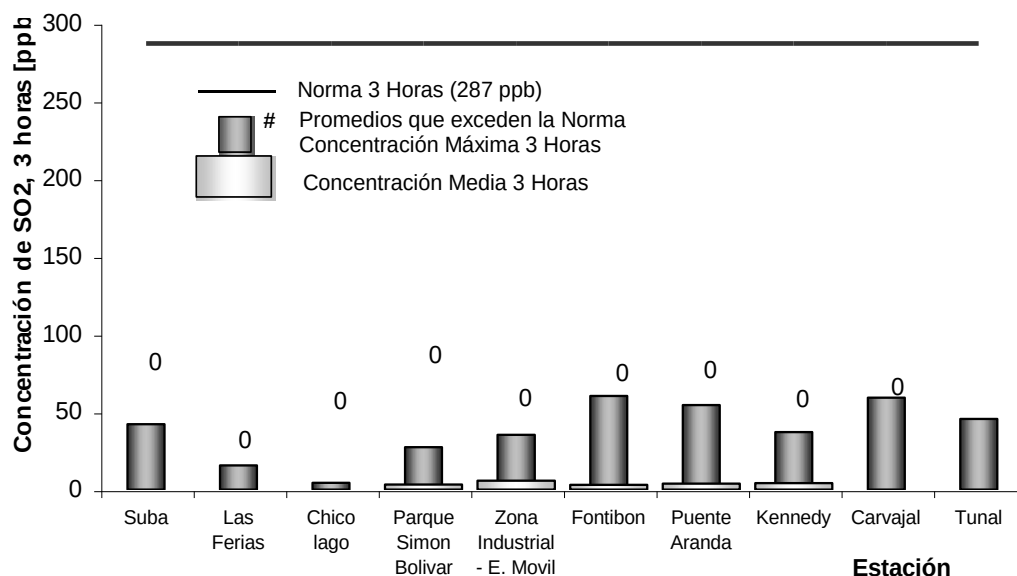


Figura 29. Concentración máxima de SO₂ para 3 horas por estación durante el 2010

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

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

SO₂ en 24 horas

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

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

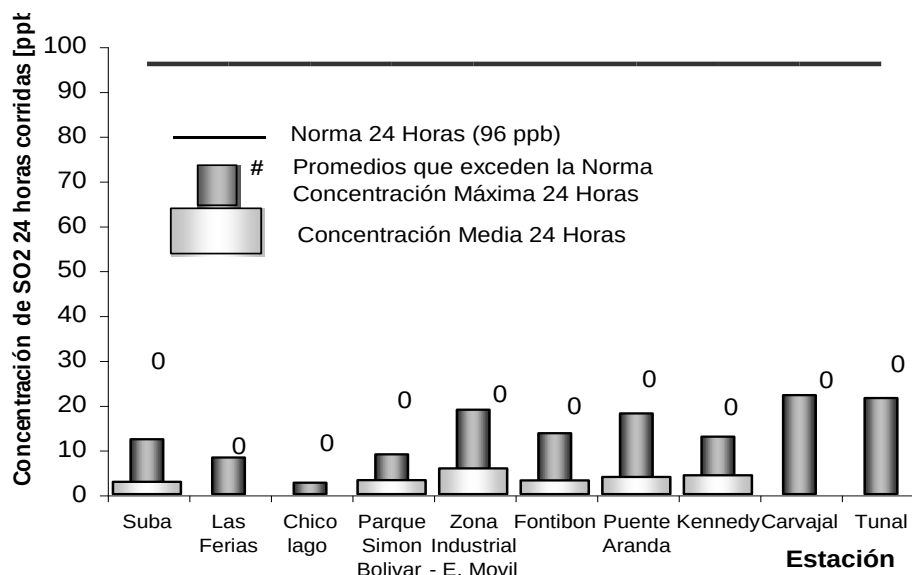


Figura 30. Concentración de SO₂ para 24 horas por estación durante el 2010

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

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

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

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

Revisado el histórico de datos se aprecia un cambio en los niveles de concentración desde 2009, que coincide con la modernización mediante la instalación de nuevos equipos marca THERMO en las estaciones Suba, Chico Lago, Fontibón y Puente Aranda, hacia el mes de mayo de 2009, por eso en los gráficos históricos se aprecia una mayor dispersión de los datos para 2009, por que involucra dos niveles distintos. La serie se expone en su totalidad, pero se advierte que se encuentra en estudio, para identificar si los niveles de concentración son correctos, en lo que sigue se omitirán entonces referencias distintas a las tendencias inscritas en cada serie y que puedan ser relacionadas con el 2010.

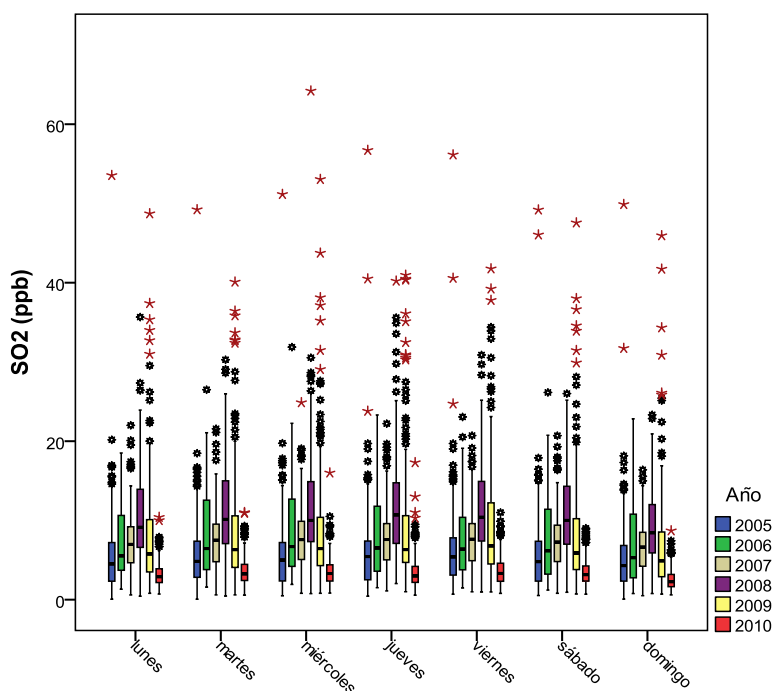


Figura 31. Gráfico de *Box-Plot* para SO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando el año 2010 con años anteriores

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

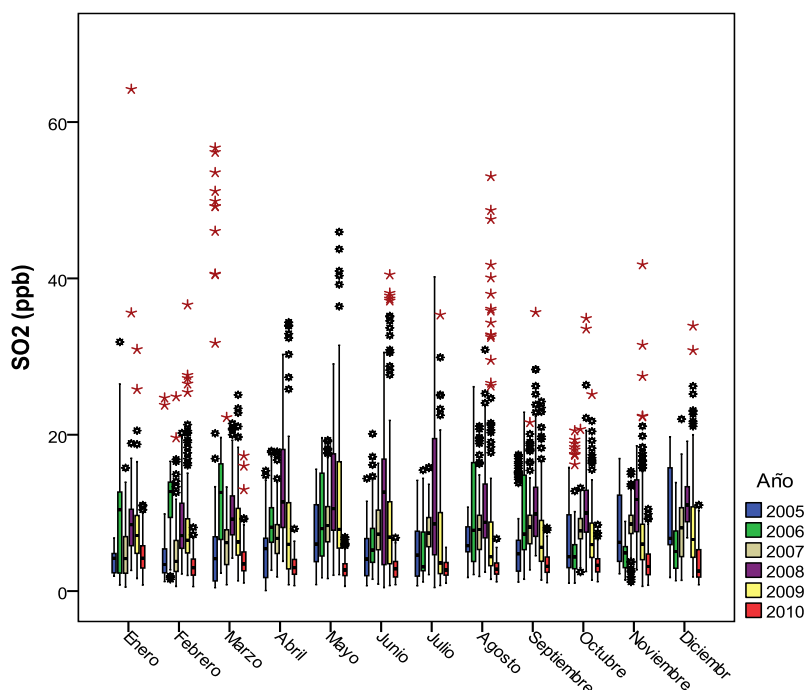


Figura 32. Gráfico de Box-Plot para SO₂ 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores

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

SO₂ anuales

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

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

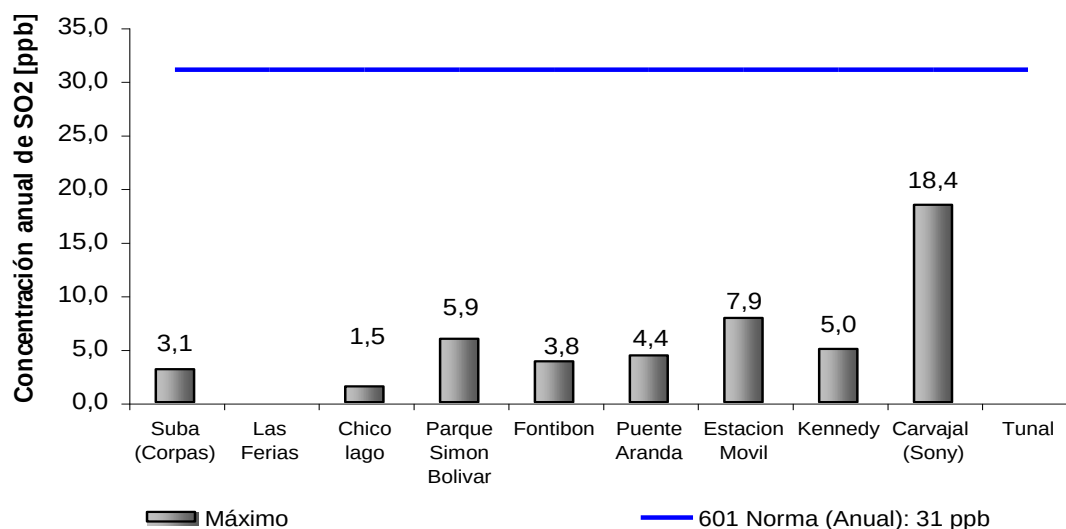


Figura 33. Máxima concentración promedio anual de SO₂ por estación durante el 2010.

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

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

No	NOMBRE	Concentración en [ppb]												
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
11	Suba (Corpas)												4	3
6	Las Ferias			8	9	8	3	19	5		6	7		
10	Chico Lago	8	6	6	8	6	6	2	4	5	5	9		
5	Parque S.B.						18	6	9	6	6	7	6	3
2	Sagrado Corazón	5	7	6	4	4	6			4	4	4		
12	Zona Industrial- E Móvil													6
14	Fontibón		10	21	9	6	8	9	7	7	7	11		3
13	Pte. Aranda	28	25	28	25	13	11	17	6		5	9	4	4
9	Kennedy		20	26	13	7	3	18	6	3	3	8	5	4
3	Carvajal (Sony)	13	13	11	17	14	9	17		12	11	14	18	
7	Cazucá	29	19	27	16	21	15	11	17	7	14	14		
4	Tunal												8	

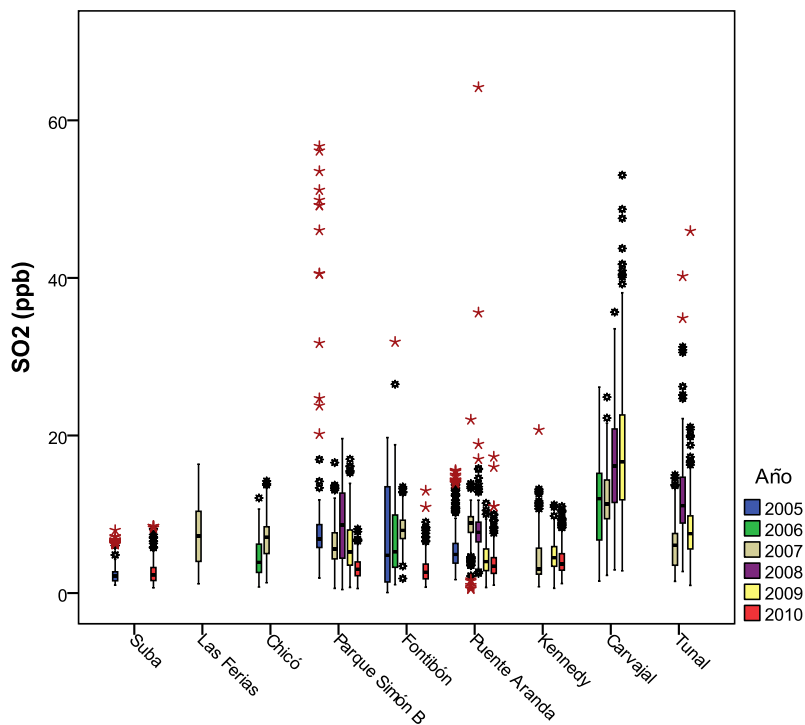


Figura 34. Gráfico de *Box-Plot* para SO2 24 horas por estaciones comparando año 2010 con años anteriores

El comportamiento general del contaminante se vuelve a ratificar en las graficas de las estaciones (Figura 34) donde su mediana y dispersión son muy bajas con respecto años anteriores; para el año 2010 cinco estaciones registraron el porcentaje de datos mayor a 75% de los datos por ellos entraron en el informe, siendo la estación de Kennedy la que registra un leve nivel de superioridad en 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 SO₂ para el 2010 muestra un comportamiento excepcional (ver Figura 35), que sugiere que tienen incidencia la influencia de la modernización de equipos a mediados de 2009 y la insuficiencia de datos de la estación de Carvajal, que normalmente aporta los datos altos de la serie, con lo cual se muestra en relación con años anteriores, una mediana y dispersión de los datos bajas. La situación descrita tiene efectos en el año 2009 donde se aprecia una gran presencia de datos atípicos y *outliers* extremos que hayan explicación en parte, en el cambio reseñado que obró a mediados de ese año. La relación en la serie histórica se reevaluará una vez se verifique la situación de los datos históricos.

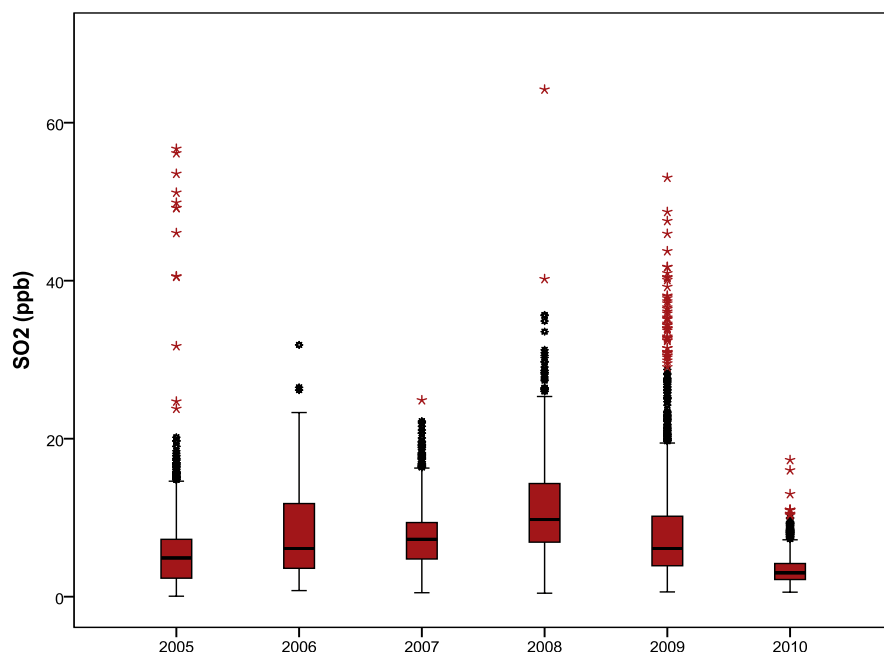


Figura 35, Gráfico de Box-Plot para SO2 24 horas por años.

1.2.2. Comportamiento de la Concentración de NO2

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

NO₂ 1 hora

Durante el periodo analizado se obtuvieron 68373 (sesenta y ocho mil trescientos setenta y tres) datos de promedios horarios, con una representatividad del 77% afectada especialmente por la representatividad de las estaciones de Guyamaral, Zona Industrial – E. Móvil y Fontibón que se sometieron a mantenimiento correctivo y Kennedy que inicia en el mes de marzo. Se registraron 6 promedios horarios superiores a la norma (106 ppb Resolución 601 2006), como se observa en la figura 36. Además, en esta gráfica se pueden apreciar los valores de concentración máxima horaria presentada en cada una de las estaciones y las medias; estas últimas no superaron el 25% de la norma. Los días en que ocurrieron los máximos promedios horarios en cada estación se presentan en la Tabla 10.

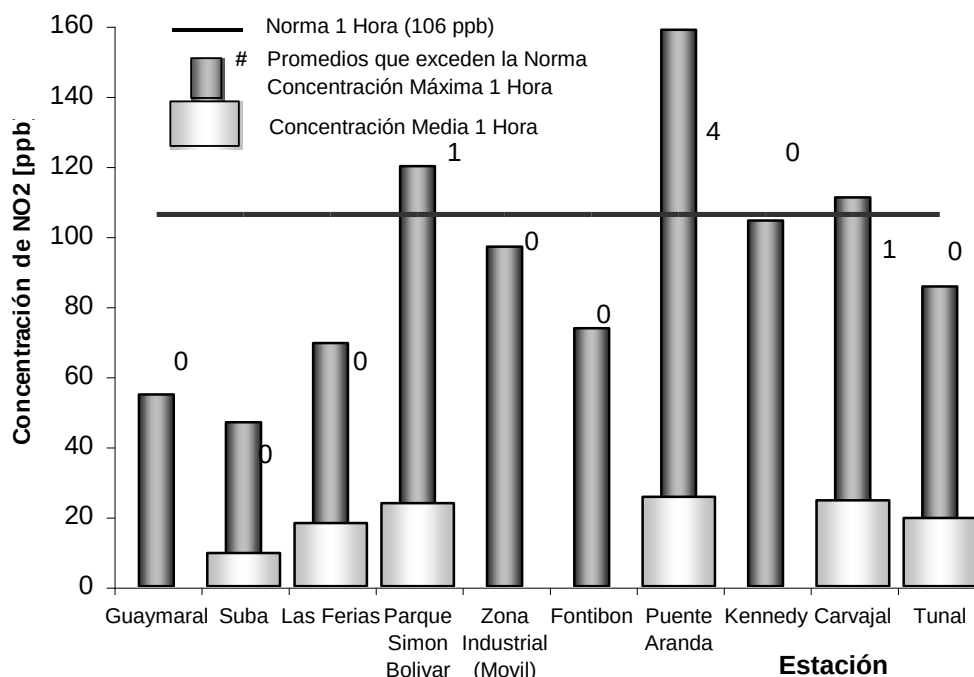


Figura 36. Concentración máxima de NO₂ para 1 hora por estación durante el 2010.

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

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

NO₂ en 24 horas

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

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

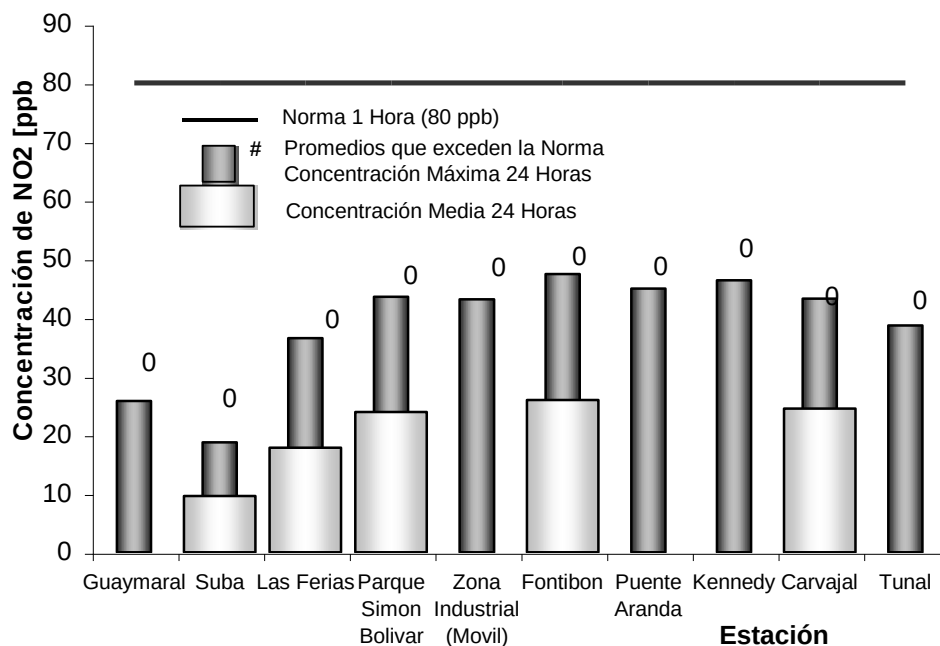


Figura 37. Concentración máxima de NO₂ para 24 horas por estación durante el 2010

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

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

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

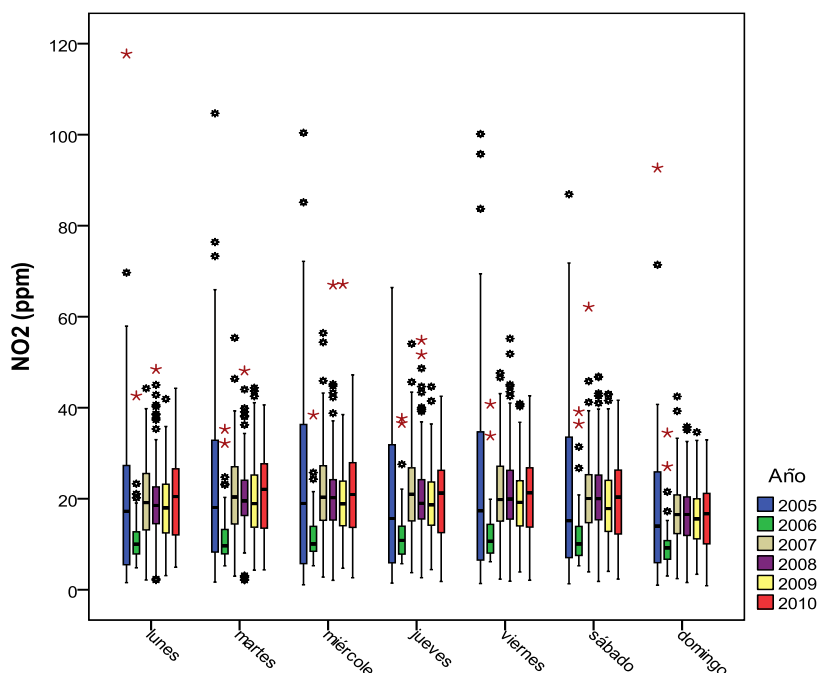


Figura 38, Gráfico de Box-Plot para NO₂ por días de la semana (base 24 horas) comparando año 2010 con años anteriores.

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

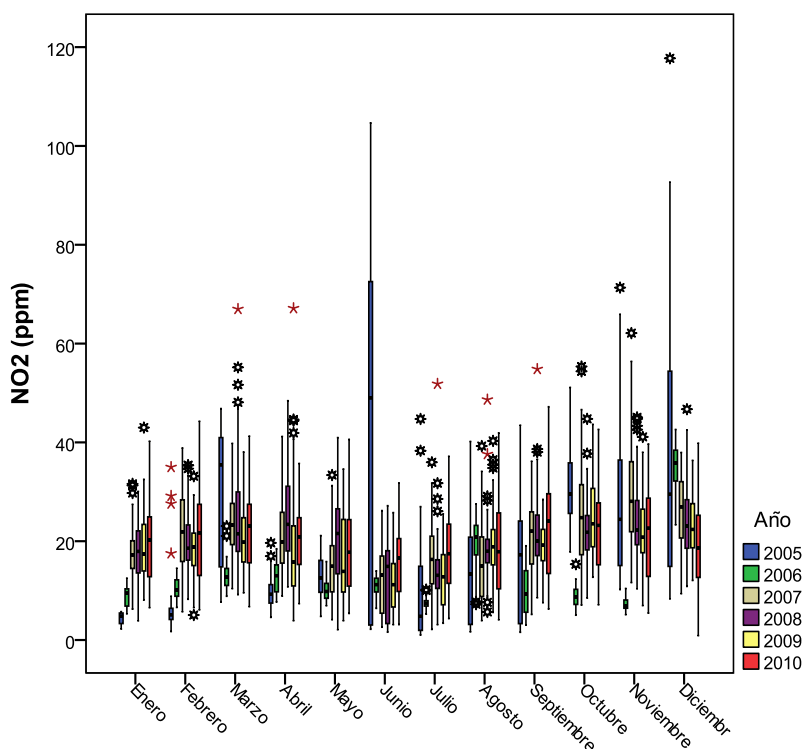


Figura 39. Gráfico de *Box-Plot* para NO₂ 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores.

Promedio Anual de NO₂

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

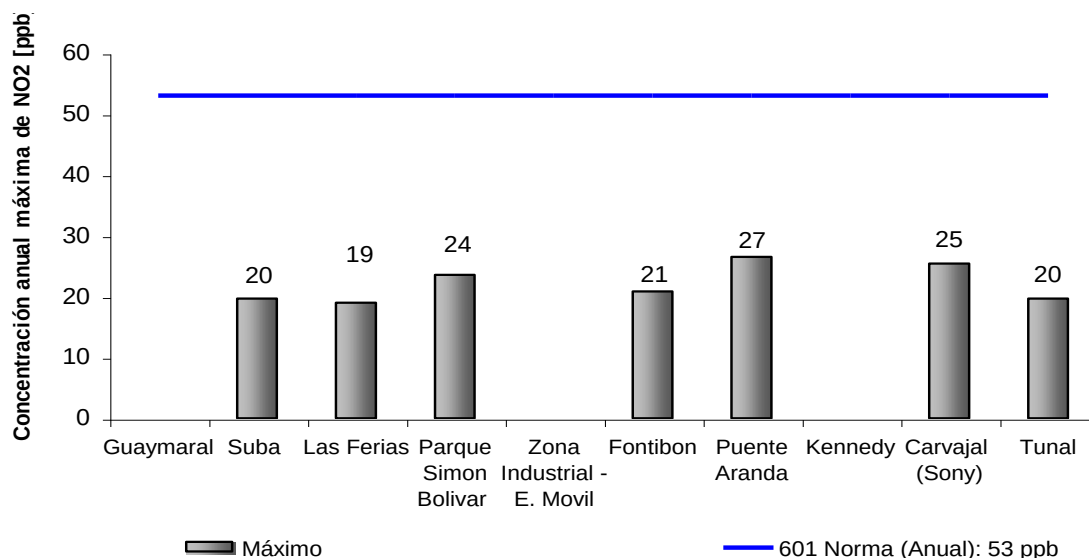


Figura 40. Concentración promedio anual de NO₂ por estación durante el 2010

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

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

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

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

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

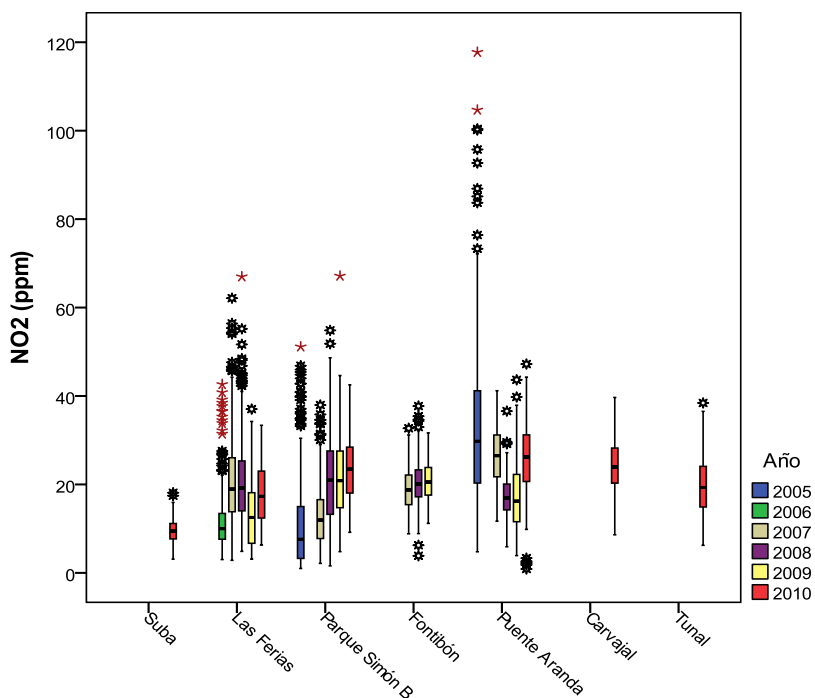


Figura 41. Gráfico de *Box-Plot* para NO₂ por estaciones comparando año 2010 con años anteriores (base 24 horas).

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

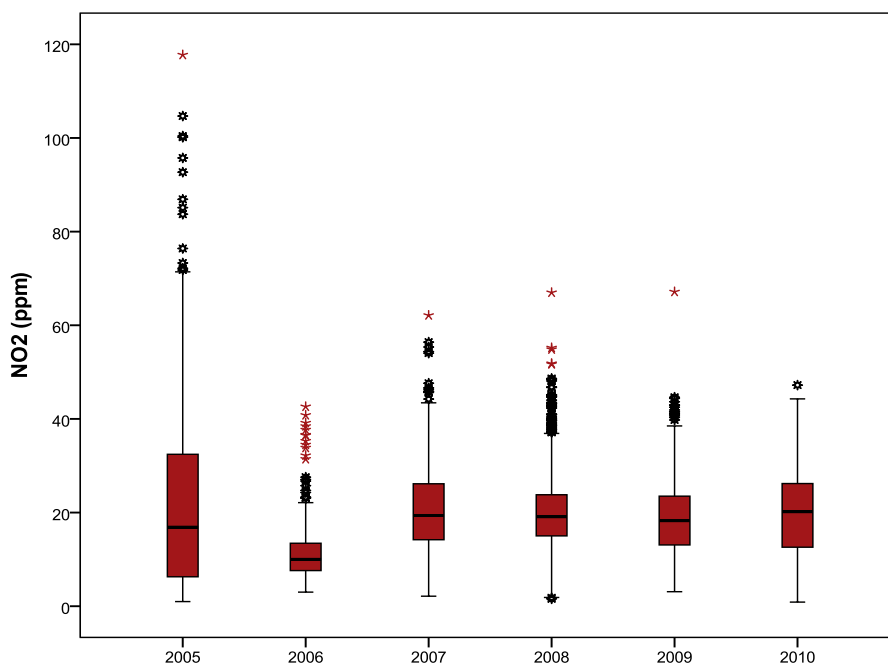


Figura 42. Gráfico de *Box-Plot* para NO₂ 24 horas por años.

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

1.2.3.Comportamiento de la Concentración de CO

En el 2010 fueron reportaron datos de promedios horarios y 8 horas de CO por las estaciones indicadas en la Tabla 1. El registro del contaminante en las Estaciones de Chicó Lago y Sagrado Corazón se suspendió por remodelación de la sede y en la estación de San Cristóbal se inicia a registrar desde el mes de noviembre y entra en observación operativa. El índice de captura de datos para este contaminante fue del 85% respecto a los que se podrían obtener si no se presentaran fallas en la recolección de la información

CO 1 hora

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

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

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

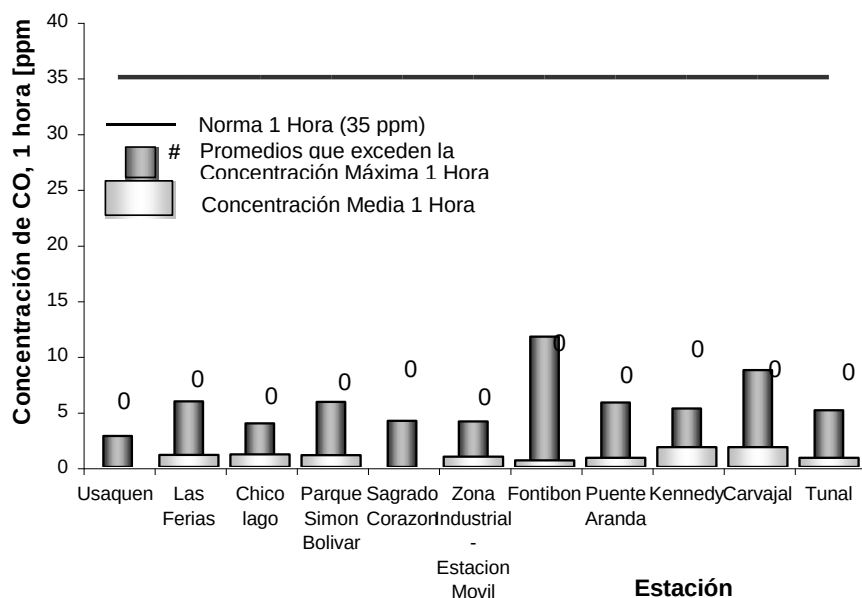


Figura 43. Concentraciones máximas y medias horarias de CO durante el 2010

CO 8 horas

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

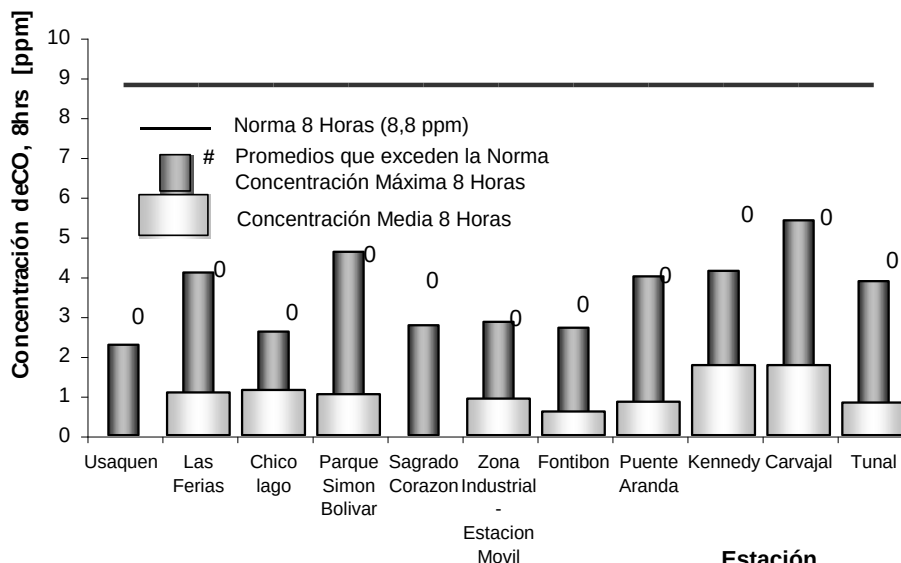


Figura 44. Concentración máxima de CO para 8 horas por estación durante el 2010.

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

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

Análisis de tendencia

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

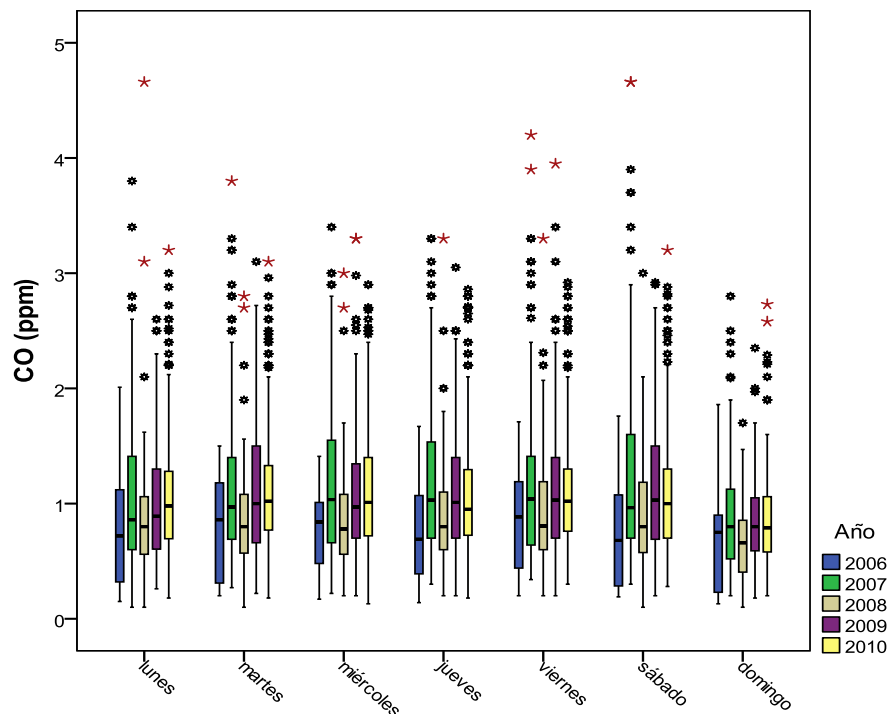


Figura 45. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

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

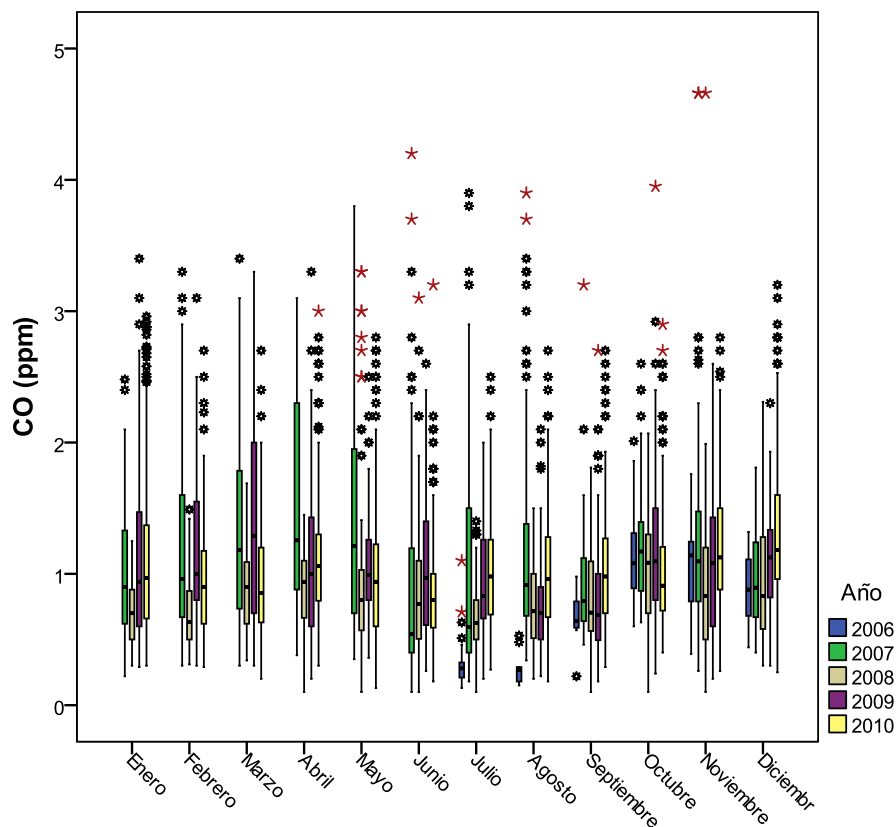


Figura 46. Gráfico de Box-Plot para CO 24 horas por meses comparando Año 2010 con años anteriores

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

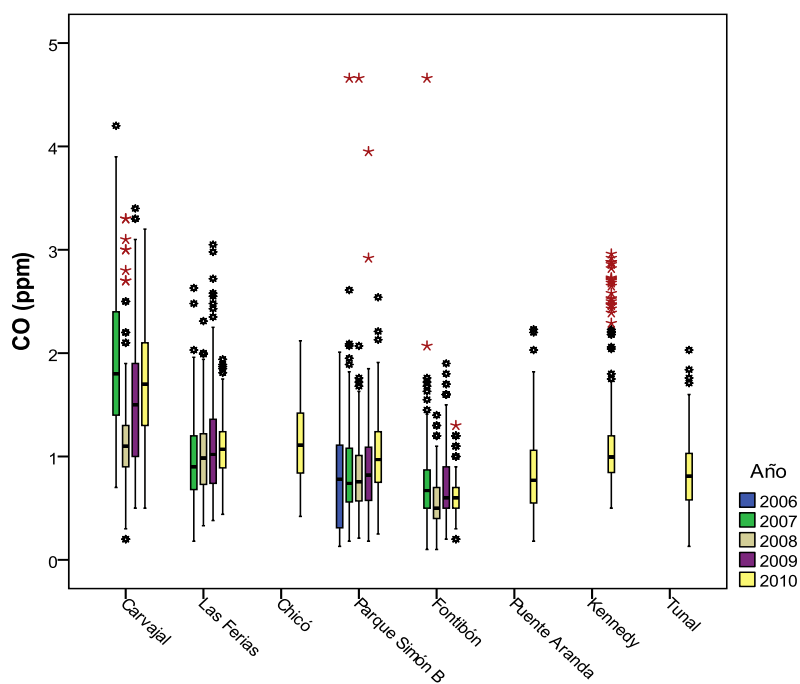


Figura 47. Gráfico de *Box-Plot* para CO 24 horas por estaciones comparando Año 2010 con años anteriores

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

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

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

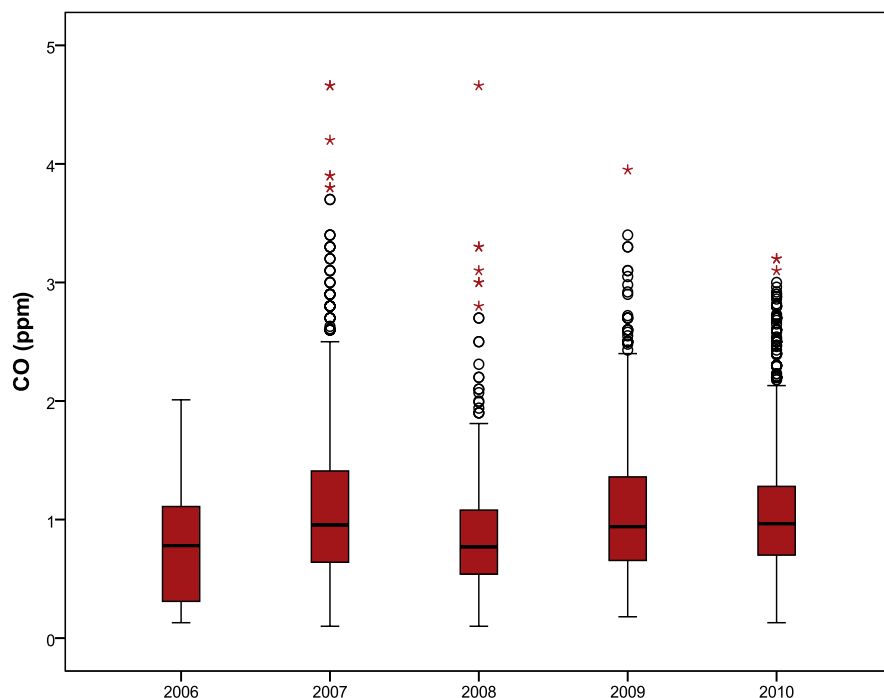


Figura 48. Gráfico de *Box-Plot* para CO 24 horas por años

1.2.4.Comportamiento de la Concentración de O3

La RMCAB contó con doce (12) equipos para monitorear el ozono durante el 2010. Ubicados según se reporta en la Tabla 1. En 2008 se instalaron siete (7) nuevos equipos en las estaciones No. 1 Usaqué (Bosque), No. 3 Carvajal (Sony), No. 5 Parque Simón Bolívar (IDRD), No. 8 Guaymaral (Escuela), No. 10 Chico Lago (Santo Tomás), No. 13 Puente Aranda y No. 14 Fontibón, por lo que respecto a estas estaciones no se cuentan con muchos datos históricos.

Máximos en 1 hora

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

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

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

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

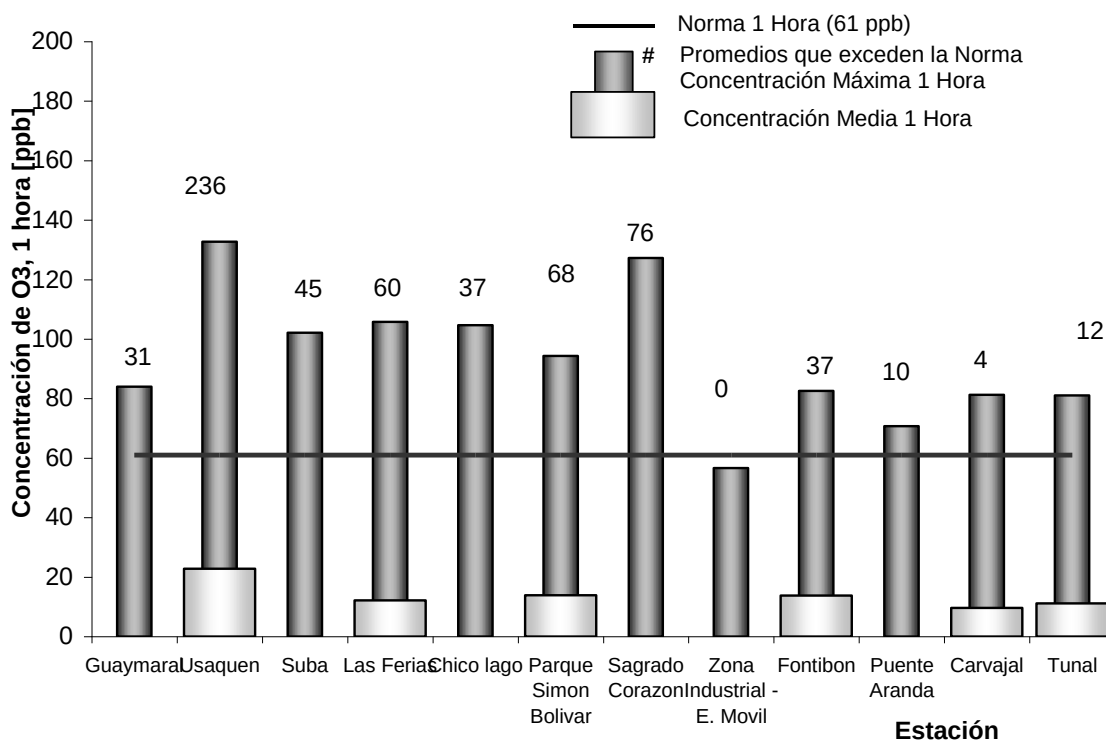


Figura 49. Concentración media y máxima horaria de O₃ por estación durante el 2010.

Máximos en 8 horas

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

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

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

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

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

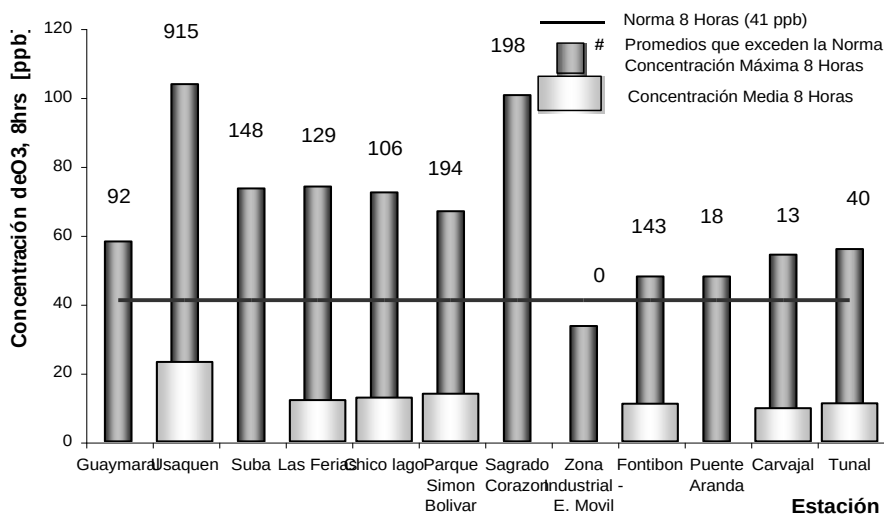


Figura 50. Concentración máxima de O₃ para 8 horas por estación durante el 2010

En la Figura 51 y la Figura 52 se observa espacialmente como afecta este contaminante a la ciudad, se aprecia como las concentraciones altas del contaminante primordialmente se asocian a las estaciones de pie de montaña, Sagrado Corazón y Usaqué, y en alguna medida Suba.

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

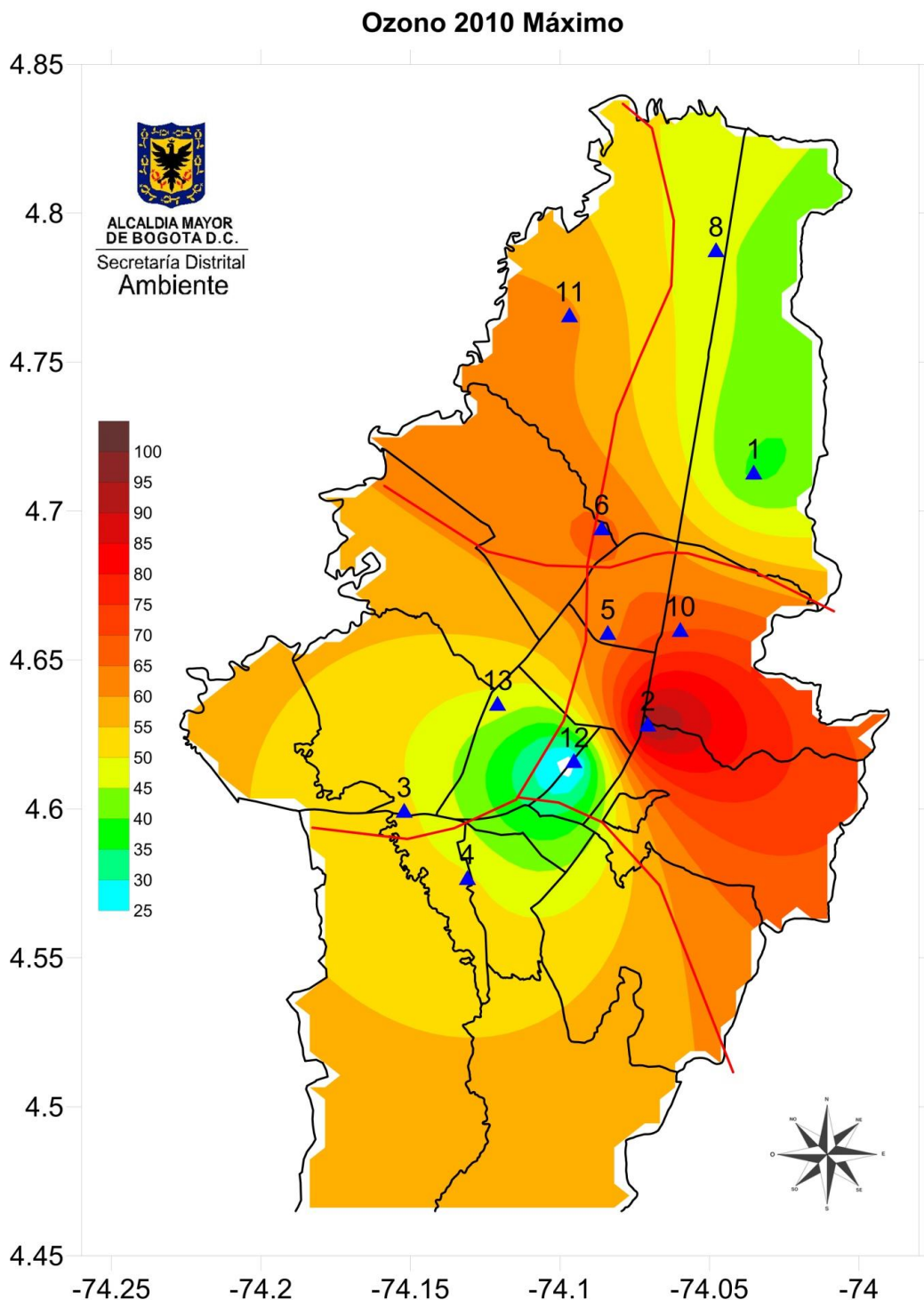
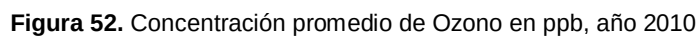


Figura 51. Episodio de contaminación de O₃, en ppb, promedio 8 horas, 2010



Comportamiento histórico del O3

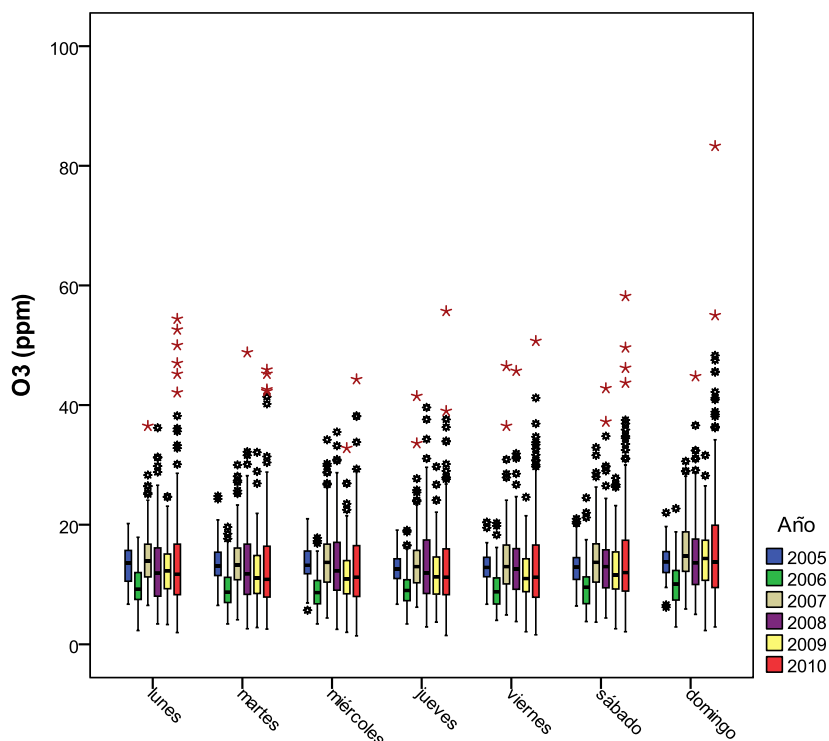


Figura 53. Gráfico de *Box-Plot* para O3 24 horas por días de la semana comparando año 2010 con años anteriores

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

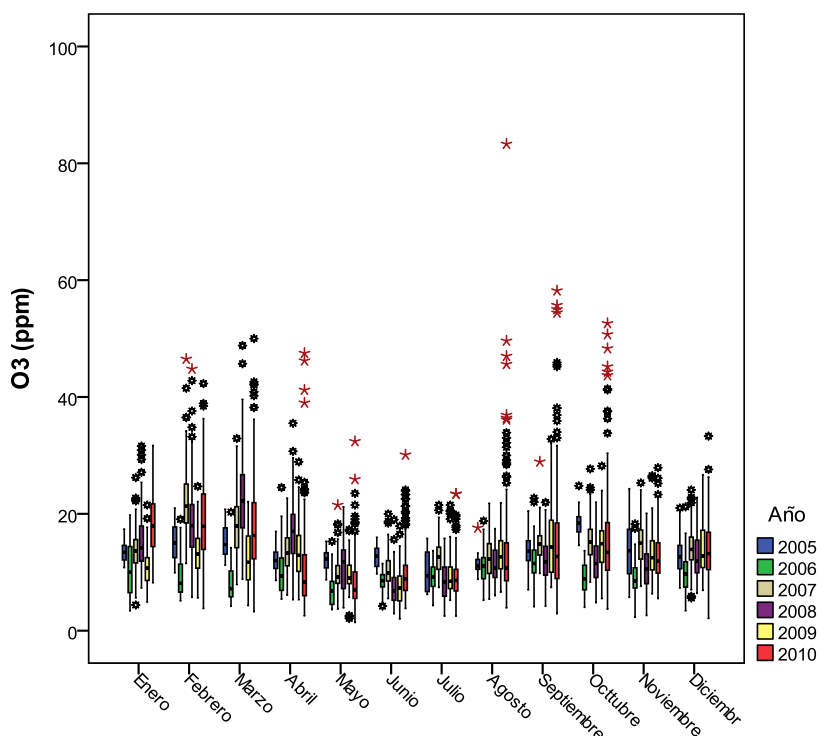


Figura 54. Gráfico de Box-Plot para O3 promedio mensual (desde base diaria) comparando año 2010 con años anteriores.

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

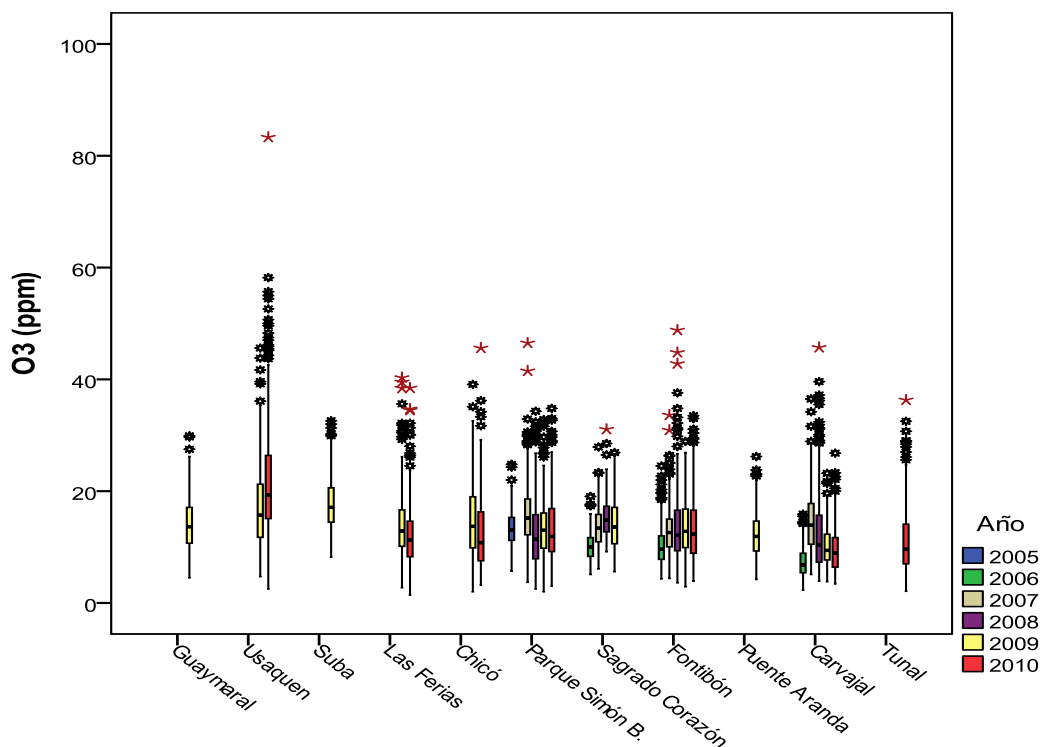


Figura 55. Gráfico de Box-Plot para O3 promedios anuales (desde base diario) por estaciones comparando 2010 con años anteriores.

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

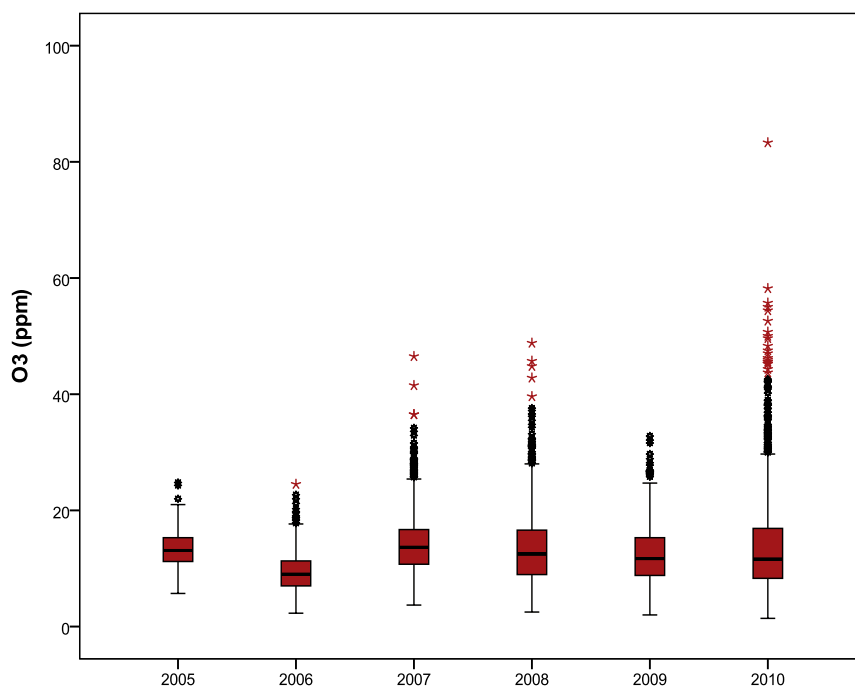


Figura 56. Gráfico de *Box-Plot* para O3 promedio aritmético de las estaciones (desde base diaria).

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

1.3. Síntesis de Resultados

En la Tabla 18 se resumen los resultados de los promedios de 24 horas para PM₁₀. En la primera columna se especifica la zona geográfica donde se encuentra cada estación, en la segunda aparece el nombre de cada estación y en la tercera columna se informa el número de promedios obtenidos con los datos recolectados en el año de operación que se está reportando. La cuarta columna indica el porcentaje de representatividad temporal, que se establece como la cantidad de promedios obtenidos en el periodo reportado, ya sea un mes o un año, sobre la cantidad de promedios posibles en el mismo periodo. Este indicador muestra la cantidad de tiempo del periodo reportado que ha sido cubierto por el monitoreo. La quinta columna informa el número de promedios que estuvieron por encima de la norma y en la sexta se encuentra el porcentaje de estas excedencias sobre el total de los datos obtenidos para cada estación. La séptima y octava columna informan el número de promedios que están por encima del 50% y del 75% del valor de la norma respectivamente. En la novena columna se muestra el máximo promedio hallado y en la décima el cociente del máximo sobre el valor de la norma. Finalmente, en la última

columna se presenta el valor promedio de las ponderaciones de PM_{10} para 24 horas durante el año.

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

En la Tabla 19 se muestra el resultado del análisis de los promedios 24h de PST. En la columna 9 se presenta el máximo promedio 24h de PST presentado en el año. En la columna 6 se presenta el porcentaje de datos que exceden la norma anual de PST; así mismo, en la columna 10 se presenta la relación entre el promedio 24h máximo y su correspondiente norma para cada estación y finalmente en la columna 4 se muestra la representatividad temporal del promedio anual de PST; para cada uno de los contaminantes se presentan tablas similares.

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

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

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

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

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

Información de los promedios 24 horas corridas de concentración de PM2.5 [Norma: 50 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios diarios	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Centro	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	8521	97%	89	1%	3264	600	59	2.4	25
sur occidente	9. Kennedy	7346	84%	1282	17%	4004	2292	92	3.7	39
TOTALES		15867	91%	1371	9%	7268	2892	76		32

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

Información de los promedios anuales de concentración de PM2.5 [Norma: 25 µg/m ³]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Centro	5. Parque Simon Bolívar (IDRD)	365	100%	1	0%	50	314	25	1.0	22
sur occidente	9. Kennedy	37	10%	37	100%	0	0	39	1.6	
TOTALES		402	55%	38	50%	50	314	32		

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

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

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

Información de los promedios anuales de concentración de PST [Norma: 100 µg/m3]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No. de Promedios Anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
sur occidente	3. Carvajal (Sony)	365	100%	365	100%	0	0	150	1,5	144
TOTALES		365	100%	365	100%	0	0			

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

Información de los promedios trihorarios de concentración de SO ₂ [Norma: 287 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Promedio
Noroccidente	11. Suba	6276	72%	0	0%	0	0	42	0,1	3
	6. Las Ferias	5397	62%	0	0%	0	0	15	0,1	2
	Subtotal	11673	67%	0	0%	0	0	37		2
Centro	10. Chico lago	5478	63%	0	0%	0	0	4	0,0	1
	12. Zona Industrial - E. Movil	6733	77%	0	0%	0	0	35	0,1	6
	5. Parque Simon Bolívar	6984	80%	0	0%	0	0	27	0,1	3
	Subtotal	19195	73%	0	0%	0	0	22		3
sur occidente	14. Fontibón	7099	81%	0	0%	0	0	60	0,2	3
	13. Puente Aranda	7957	91%	0	0%	0	0	54	0,2	4
	9. Kennedy	6966	80%	0	0%	0	0	37	0,1	4
	3. Carvajal	2920	33%	0	0%	0	0	59	0,2	8
	Subtotal	24942	71%	0	0%	0	0	53		5
Sur	4. Tunal	5106	58%	0	0%	0	0	45	0,2	5
	Subtotal	5106	58%	0	0%	0	0	45		5
TOTALES		60916	67%	0	0%	0	0			

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

Información de los promedios 24 horas corridas de concentración de SO ₂ [Norma: 96 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Promedio
Noroccidente	11. Suba	6573	75%	0	0%	0	0	12	0,1	3
	6. Las Ferias	5561	63%	0	0%	0	0	8	0,1	2
	Subtotal	12134	69%	0	0%	0	0	13		2
Centro	10. Chico lago	5565	64%	0	0%	0	0	3	0,0	1
	5. Parque Simon Bolívar	7259	83%	0	0%	0	0	9	0,1	3
	12. Zona Industrial - E. Movil	6734	77%	0	0%	0	0	19	0,2	6
	Subtotal	19558	74%	0	0%	0	0	10		3
sur occidente	14. Fontibón	7064	81%	0	0%	0	0	14		3
	13. Puente Aranda	8185	93%	0	0%	0	0	18	0,2	4
	9. Kennedy	7212	82%	0	0%	0	0	13	0,1	4
	3. Carvajal (Sony)	2898	33%	0	0%	0	0	22	0,2	8
	Subtotal	25359	72%	0	0%	0	0	17		5
Sur	4. Tunal	5152	59%	0	0%	0	0	21	0,2	5
	Subtotal	5152	59%	0	0%	0	0	21		5
TOTALES		62203	69%	0	0%	0	0			

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. – RMCAB

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

Información de los promedios anuales de concentración de SO ₂ [Norma: 31 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Promedio
Noroccidente	11. Suba	217	59%	0	0%	0	0	3	0,1	3
	6. Las Ferias	0	0%							
	Subtotal	217	30%	0	0%	0	0	5		3
Centro	10. Chico lago	185	51%	0	0%	0	0	1	0,0	1
	5. Parque Simon Bolívar	365	100%	0	0%	0	0	6	0,2	4
	12. Zona Industrial - E. Movil	80	22%	0	0%	0	0	8		7
	Subtotal	630	58%	0	0%	0	0	5		4
sur occidente	14. Fontibón	293	80%	0	0%	0	0	4	0,1	4
	13. Puente Aranda	351	96%	0	0%	0	0	4	0,1	4
	9. Kennedy	365	100%	0	0%	0	0	5	0,2	4
	3. Carvajal	197	54%	0	0%	142	0	18	0,6	16
	Subtotal	1206	83%	0	0%	142	0	8		7
Sur	4. Tunal	0	0%							
	Subtotal	0	0%							
TOTALES		2053	42%	0	0%	142	0			

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

Información de los promedios horarios de concentración de NO ₂ [Norma: 106 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	1. Guaymaral	5969	68%	0	0%	1	0	55	0,5	12
	Subtotal	5969	68%	0	0%	1	0	55		12
Noroccidente	11. Suba	8466	97%	0	0%	0	0	47	0,4	9
	6. Las Ferias	7205	82%	0	0%	5	0	69	0,7	18
	Subtotal	15671	89%	0	0%	5	0	58		14
Centro	5. Parque Simon Bolívar	8127	93%	1	0%	155	6	120	1,1	24
	12. Zona Industrial - Estacion Movil	4937	56%	0	0%	136	12	97	0,9	23
	Subtotal	13064	75%	1	0%	291	18	108		23
sur occidente	14. Fontibón	5534	63%	0	0%	34	0	74	0,7	20
	13. Puente Aranda	7871	90%	4	0%	220	21	159	1,5	26
	9. Kennedy	6017	69%	0	0%	124	7	104	1,0	25
	3. Carvajal	7357	84%	1	0%	81	3	111	1,0	25
	Subtotal	26779	76%	5	0%	459	31	112		24
Sur	4. Tunal	6890	79%	0	0%	64	4	86	0,8	19
	Subtotal	6890	79%	0	0%	64	4	86		19
TOTALES			68373	77%	6	0%	815	53		

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

Información de los promedios 24 horas corridas de concentración de NO ₂ [Norma: 80 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	5552	63%	0	0%	0	0	26	0,3	12
	Subtotal	5552	63%	0	0%	0	0	26		12
Noroccidente	11. Suba (Corpas)	7559	86%	0	0%	0	0	19	0,2	10
	6. Las Ferias	6894	79%	0	0%	0	0	36	0,5	18
	Subtotal	14453	82%	0	0%	0	0	28		14
Centro	5. Parque Simon Bolívar	7940	91%	0	0%	76	0	44	0,5	24
	12. Zona Industrial - Estacion Movil	4683	53%	0	0%	79	0	43	0,5	23
	Subtotal	12623	72%	0	0%	155	0	43		23
sur occidente	14. Fontibón	5033	57%	0	0%	7	0	45	0,6	20
	13. Puente Aranda	7667	88%	0	0%	288	0	47	0,6	26
	9. Kennedy	5703	65%	0	0%	70	0	46	0,6	24
	3. Carvajal	7141	82%	0	0%	43	0	43	0,5	24
	Subtotal	25544	73%	0	0%	408	0	45		24
Sur	4. Tunal	6548	75%	0	0%	0	0	39	0,5	20
	Subtotal	6548	75%	0	0%	0	0	39		20
TOTALES		64720	73%	0	0%	408	0			

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

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. – RMCAB

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

Información de los promedios horarios de concentración de CO [Norma: 35 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/ Norma	Promedio
Norte	1. Usaquen	2769	32%	0	0%	0	0	3	0,1	1
	Subtotal	2769	32%	0	0%	0	0	12		1
Noroccidente	6. Las Ferias	7477	85%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	Subtotal	7477	85%	0	0%	0	0	6		1
Centro	10. Chico lago	6580	75%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	5. Parque Simon Bolívar	8153	93%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	2. Sagrado Corazón	3817	44%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	7201	82%	0	0%	0	0	4	0,1	1
	Subtotal	25751	73%	0	0%	0	0	4		1
Sur occidente	14. Fontibón	7075	81%	0	0%	0	0	12	0,3	1
	13. Puente Aranda	8046	92%	0	0%	0	0	6	0,2	1
	9. Kennedy	8327	95%	0	0%	0	0	5	0,2	1
	3. Carvajal	8206	94%	0	0%	0	0	9	0,2	2
	Subtotal	31654	90%	0	0%	0	0	8		1
Sur	4. Tunal	8106	93%	0	0%	0	0	5	0,1	1
	7. San Cristóbal	1167	13%	0	0%	0	0	3	0,1	1
	Subtotal	9273	53%	0	0%	0	0	4		1
TOTALES		76924	67%	0	0%	0	0			

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

Información de los promedios 8 horas de concentración de CO [Norma: 8,8 ppm]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	1. Usaquén	2755	31%	0	0%	0	0	2	0,3	1
	Subtotal	2755	31%	0	0%	0	0	3		1
Noroccidente	6. Las Ferias	7329	84%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	Subtotal	7329	84%	0	0%	0	0	4		1
Centro	10. Chico lago	6587	75%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	5. Parque Simon Bolívar	7945	91%	0	0%	3	0	5	0,5	1
	2. Sagrado Corazón	3777	43%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	6927	79%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	Subtotal	25236	72%	0	0%	3	0	3		1
Sur occidente	14. Fontibón	6772	77%	0	0%	0	0	3	0,3	1
	13. Puente Aranda	7825	89%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	9. Kennedy	8355	95%	0	0%	0	0	4	0,5	1
	3. Carvajal	8219	94%	0	0%	19	0	5	0,6	2
	Subtotal	31171	89%	0	0%	19	0	4		1
Sur	4. Tunal	7848	90%	0	0%	0	0	4	0,4	1
	7. San Cristóbal	1165	13%	0	0%	0	0	2	0,2	1
	Subtotal	9013	51%	0	0%	0	0	3		1
TOTALES		75504	66%	0	0%	22	0			

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

Información de los promedios horarios de concentración de O ₃ [Norma: 61 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	5305	61%	31	1%	745	665	84	1,4	12
	1. Usaquén	7376	84%	236	3%	1496	2447	133	2,2	23
	Subtotal	12681	61%	31	1%	745	665	127		12
Noroccidente	11. Suba	3964	45%	45	1%	653	770	102	1,7	16
	6. Las Ferias	7811	89%	60	1%	1030	1021	106	1,7	12
	Subtotal	11775	67%	105	1%	1683	1791	57		14
Centro	10. Chico lago	6509	74%	37	1%	1001	664	105	0,0	13
	5. Parque Simon Bolívar	7248	83%	68	1%	1007	1234	94	1,5	14
	2. Sagrado Corazón	3301	38%	76	2%	517	779	127	2,1	18
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	5229	60%	0	0%	495	173	57	0,9	8
	Subtotal	22287	64%	181	1%	3020	2850	96		13
Sur occidente	14. Fontibón	6913	79%	37	1%	971	1024	83	1,4	14
	13. Puente Aranda	3993	46%	10	3%	467	338	71	1,2	11
	3. Carvajal (Sony)	7220	82%	4	3%	621	382	81	1,3	10
	Subtotal	18126	69%	51	2%	2059	1744	78		11
Sur	4. Tunal	6623	76%	12	3%	789	503	81	1,3	11
	Subtotal	6623	76%	12	3%	789	503	81		11
TOTALES		71492	67%	380	0,5%	8296	7553			

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. – RMCAB

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

Información de los promedios 8 horas de concentración de O ₃ [Norma: 41 ppb]										
Zona	Número y nombre de la Estación	No de promedios anuales	Representatividad Temporal	No de datos que exceden la norma	% de datos que exceden la norma	No. de datos entre el 50% y el 74,9% norma	No. datos entre el 75% y el 99,9% de la norma	Promedio Máximo	Max/Norma	Promedio
Norte	8. Guaymaral	5126	59%	92	2%	636	231	58	1,4	12
	1. Usaquéen	7310	83%	915	13%	1852	920	104	2,5	23
	Subtotal	12436	71%	1007	7%	2488	1151	101		18
Noroccidente	11. Suba	3936	45%	148	4%	713	282	73	1,8	16
	6. Las Ferias	7841	90%	129	2%	943	334	74	1,8	12
	Subtotal	11777	67%	277	3%	1656	616	34		14
Centro	10. Chico lago	6583	75%	106	2%	734	224	72	1,8	13
	5. Parque Simon	7294	83%	194	3%	1094	415	67	1,6	14
	2. Sagrado Corazón	3243	37%	198	6%	682	320	101	2,5	18
	12. Zona Industrial - Estación Móvil	5200	59%	0	0%	204	12	34	0,8	8
	Subtotal	22320	64%	498	3%	2714	971	68		13
Sur occidente	14. Fontibón	6917	79%	143	2%	949	332	65	1,6	14
	13. Puente Aranda	3948	45%	18	13%	348	111	48	1,2	11
	3. Carvajal (Sony)	7269	83%	13	13%	420	98	54	1,3	10
	Subtotal	18134	69%	174	9%	1717	541	56		11
Sur	4. Tunal	6594	75%	40	13%	553	170	56	1,4	11
	Subtotal	6594	75%	40	13%	553	170	56		10
TOTALES		71261	69%	1996	2,8%	9128	3449			

2. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AIRE

Este capítulo presenta los Índices de Calidad del Aire (ICA) para el año 2010, la RMCAB de manera continua, los 365 días del año con un retardo aproximado de una hora en su página Web¹⁰ publica el ICA para cada uno de las estaciones que la conforma; el ICA que establece que tan saludable o no se encuentra el aire del Distrito Capital. El ICA se elabora con la información obtenida de calidad del aire de la ciudad.

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

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

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

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

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

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

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. – RMCAB

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

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

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

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

2.2. Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM_{10}

En Figura 57 y Figura 58 se representan los datos diarios para 2010 de PM_{10} 24h con relación a los puntos de corte del ICA para las estaciones de Guaymaral (Escuela), Usaquén (Bosque), Suba (Corpas), Las Ferias (Carrefour), Chico Lago (Santo Tomás), Parque Simón Bolívar (IDRD), Sagrado Corazón (MAVDT), Zona Industrial - E. Móvil, Fontibón, Puente Aranda, Kennedy, Carvajal (Sony), Tunal y San Cristóbal.

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

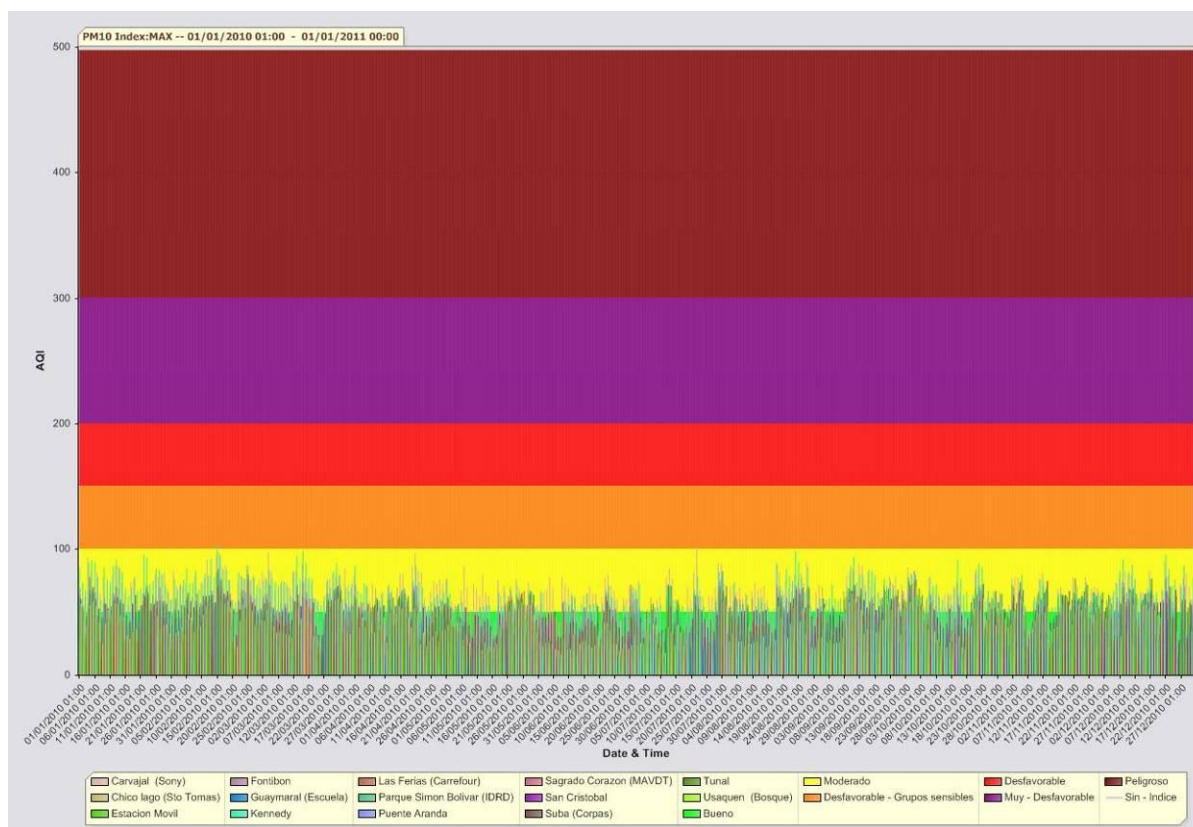


Figura 57. ICA para PM₁₀ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

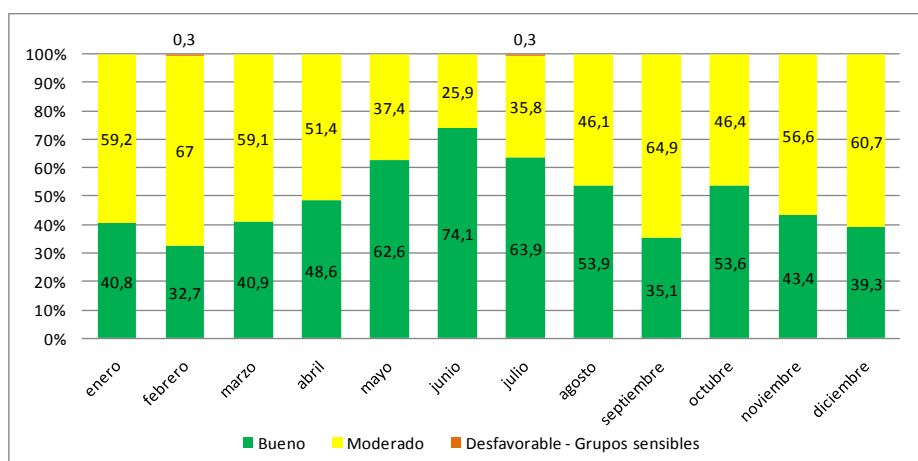


Figura 58. ICA de PM₁₀ del año 2010, porcentaje por categoría, todas las estaciones. Fuente RMCAB,

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

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



MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM_{10}) 2010
CLASIFICACIÓN ICA PARA LA ESTACIÓN CARVAJAL (SONY)

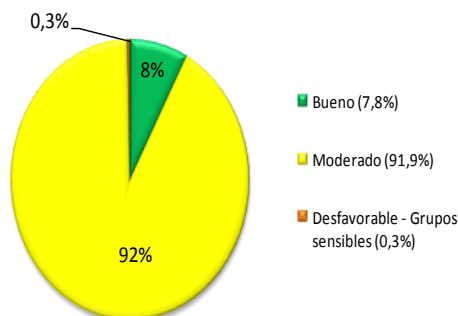
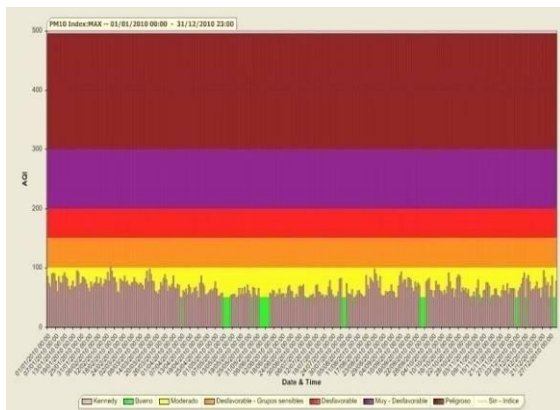


Figura 59. ICA y su clasificación para PM_{10} del año 2010 en la estación de Carvajal (Sony). Fuente RMCAB



MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS (PM_{10})
2010 CLASIFICACIÓN ICA PARA LA ESTACIÓN KENNEDY

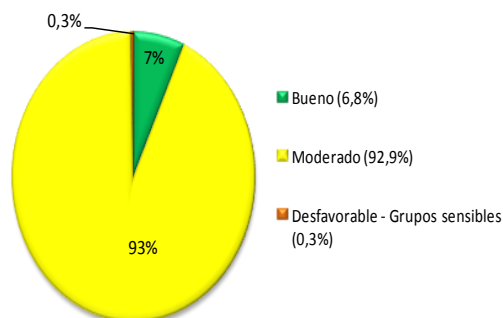


Figura 60. ICA y su clasificación para PM₁₀ del año 2010 en la estación de Kennedy. Fuente RMCAB

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

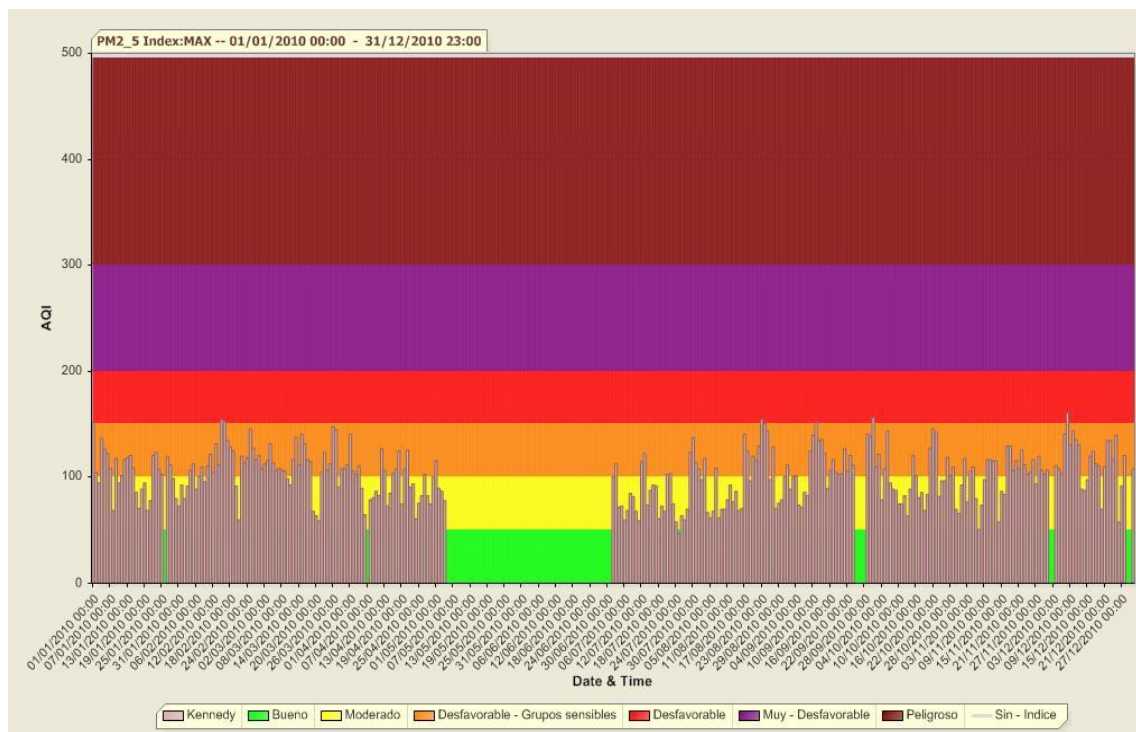


Figura 61. ICA para PM_{2.5} del año 2010, estación Kennedy. Fuente RMCAB

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

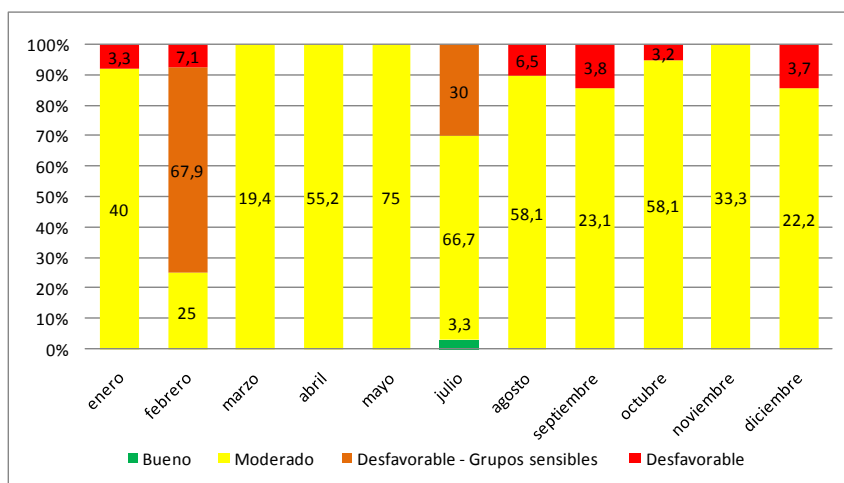


Figura 62. Clasificación ICA Kennedy para PM_{2.5} del año 2010. Fuente RMCAB¹²

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

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

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

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

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

¹³ Ibíd

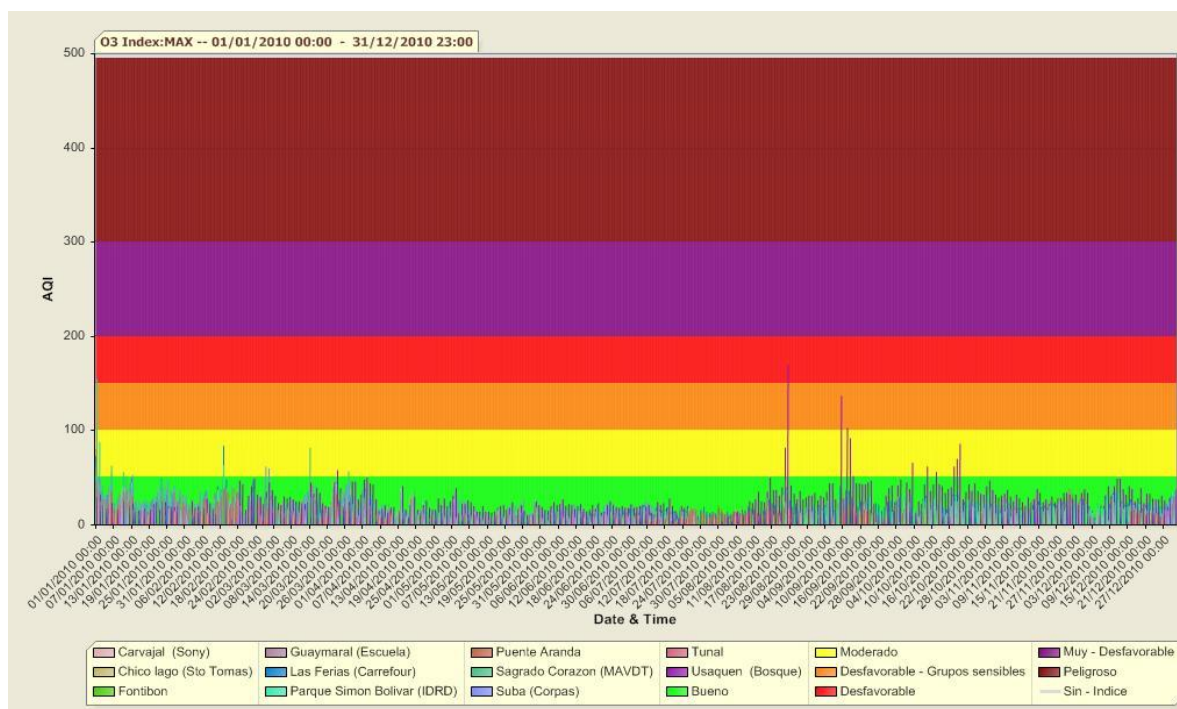


Figura 63. ICA para O₃ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

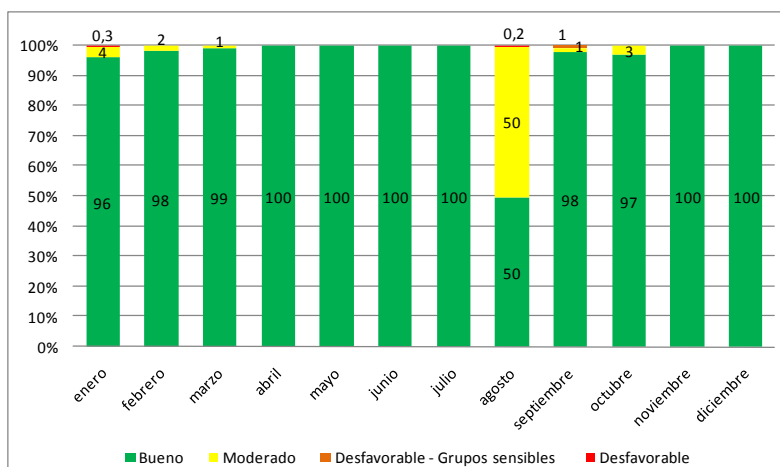


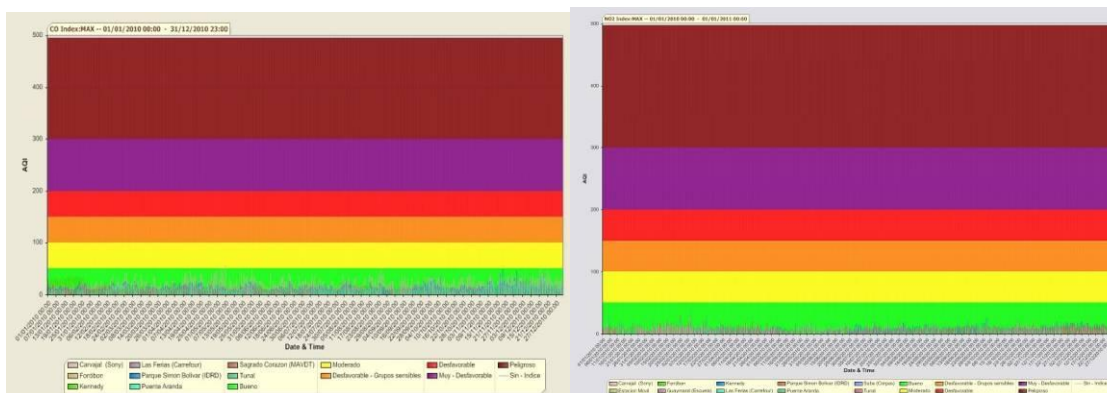
Figura 64. Clasificación ICA para O₃ del año 2010. Fuente RMCAB

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

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

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

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



a.) Monóxido de Carbono (CO)

b.) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

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

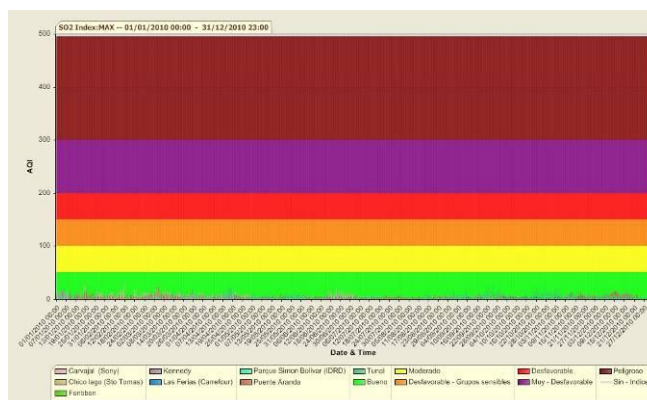


Figura 66. ICA para SO₂ del año 2010, por estación. Fuente RMCAB

Como se aprecia en la Figura 65 y Figura 66, el ICA para el CO, NO₂ y SO₂ durante el 2010 se mantuvo en la clasificación *Bueno*; sin embargo se presentaron 2 casos en la estación de Carvajal para los días 7 de mayo y 16 de diciembre de 2010 en los cuales el CO presentó clasificación *Moderado*. Lo que pone a la vista la poca afectación de estos tres contaminantes en la salud pública del Distrito.

3. METEOROLOGÍA

Este capítulo presenta el estudio de las variaciones de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Bogotá durante el año 2010. Tal y como aparece registrado en la Tabla 35, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) a través de los sensores localizados en sus estaciones, realiza el monitoreo de variables meteorológicas como la precipitación, velocidad y dirección del viento, temperatura superficial, radiación solar y humedad relativa.

Tabla 35. Estaciones de la RMCAB y variables climatológicas monitoreadas en cada una de ellas. Fuente RMCAB

ESTACION	VARIABLES METEOROLÓGICAS					
	PRECIPITACIÓN	VEL. Y DIR. DEL VIENTO	TEMPERATURA	RADIACION	HUMEDAD RELATIVA	PRESION
No. 1 Usaquén (Bosque)	X	X	X			
No. 3 Carvajal (Sony)	X	X	X			
No. 4 Tunal	X	X	X	X	X	
No. 5 Parque Simón Bolívar (I.D.R.D)	X	X	X	X	X	
No. 6 Las Ferias (Carrefour)	X	X	X		X	X
No. 7 San Cristóbal		X	X			
No. 8 Guaymaral (Escuela)	X	X	X	X	X	X
No. 9 Kennedy	X	X	X	X	X	X
No. 10 Chicó Lago (Santo Tomás)	X	X				
No. 11 Suba (Corpas)	X	X	X			
No.12 Estación Móvil	X	X	X	X	X	X
No. 13 Puente Aranda	X	X	X			
No. 14 Fontibón	X	X	X			X
No. 15 Usme	X	X	X	X	X	
No. 16 Vitelma	X		X	X	X	

Generalidades climatológicas de Bogotá:

Bogotá se encuentra ubicada en la región andina de Colombia y está determinada por una distribución temporal de lluvias, dominada por las características climatológicas de la cuenca del Río Bogotá – Sabana de Bogotá. Al estar encerrada por dos ramales de la cordillera Oriental presenta escasa pluviosidad y sus lluvias son generadas especialmente por un tipo de circulación Valle – montaña que se caracteriza por vientos ascendentes durante el día y descendentes durante la noche. La distribución típica de lluvias es caracterizada por dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas bien definidas siendo la temporada seca de inicio de año y la lluviosa de finales de año las más definidas y prolongadas¹⁴.

3.1. Precipitación

La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro, conformado de partículas acuosas de forma sólida o líquida que caen de las nubes y llegan al suelo. Existen varios tipos de precipitación dependiendo de la cantidad o forma en que caen las partículas, el diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm, (1 mm de precipitación es la lámina que alcanzaría un litro de agua sobre una superficie de un metro cuadrado, sin que se evapore o percole), y caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. Dependiendo del tamaño de las gotas que lleguen al suelo y de cómo caigan existen distintos tipos de precipitación líquida: llovizna (gotas pequeñas que caen uniformemente), chubasco (gotas de mayor tamaño y que caen de forma violenta e intensa), etc.

El comportamiento de la precipitación en Bogotá durante el año 2010 se afectó debido a los efectos del fenómeno ENOS (el niño oscilación del sur) dado que al iniciar el año se presentó un periodo seco (El Niño) y a mediados del año se pasa a un periodo lluvioso (La Niña), el cual incrementó de manera histórica la precipitación en la ciudad.

¹⁴ La precipitación en Colombia. Hurtado 1998

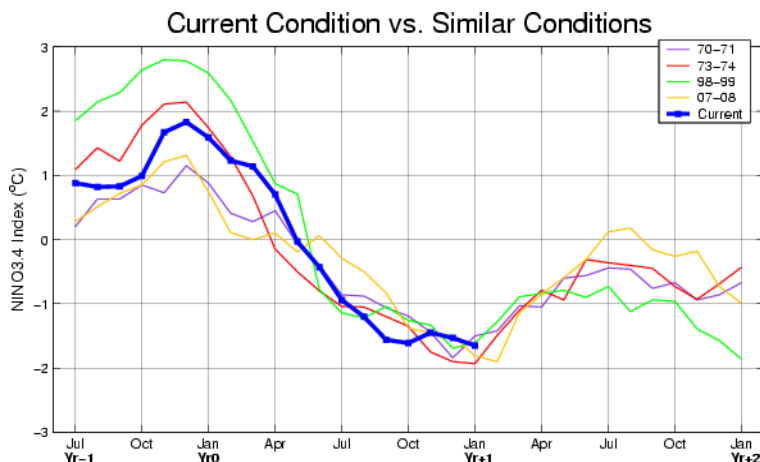


Figura 67. Condiciones actuales y condiciones similares del Índice del NINO región 3.4. Fuente IRI

Se pronostica que este fenómeno estará presente hasta el trimestre mayo junio julio de 2011 como se observa en la Figura 67 según datos de *The International Research Institute for Climate and Society* (IRI) ² aunque desde principio de este año. La presencia de este evento y la finalización del Niño que permaneció durante el I trimestre de 2010 se refleja en las diferencias de acumulado de precipitación del promedio 1997-2009 observadas en la Figura 68, la cual muestra estas cifras en mm discriminados mensualmente y su comparación con los acumulados medidos por la RMCAB para cada uno de los meses del año 2010.

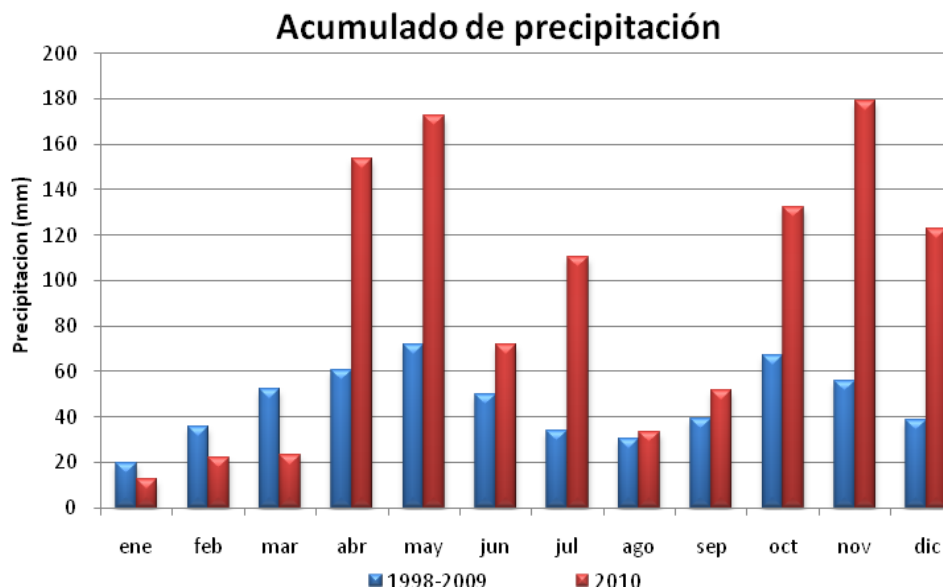


Figura 68 Acumulado promedio de precipitación de la RMCAB del periodo 1998-2009 comparada con el promedio de los de 2010. Fuente RMCAB

Se puede observar el incremento de la precipitación desde el mes de abril comparado con el promedio 1998-2009, descrita en porcentaje (Tabla 36). Este aumento obedece al fenómeno de la Niña, como se mencionó anteriormente.

Tabla 36. Variación porcentual de la precipitación para el 2010 comparada con el periodo 1998 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-35%	-38%	-56%	153%	140%	45%	225%	10%	32%	97%	209%	219%

La Figura 69 muestra que en efecto, el acumulado de precipitación fue el mayor registrado por la red históricamente, con un acumulado promedio de 1085 mm promedio de las estaciones de la ciudad. También se evidencia que el menor acumulado de precipitación en años anteriores se presentó en 2001, con un valor de 393 mm, seguido de 2003 con 462 mm y 2009 con 469 mm. Los días de lluvia en Bogotá registraron un promedio de 3.6 mm diarios, mientras que en periodos como el de 2003, el promedio de lluvia por día de precipitación fue de 1.5 mm.

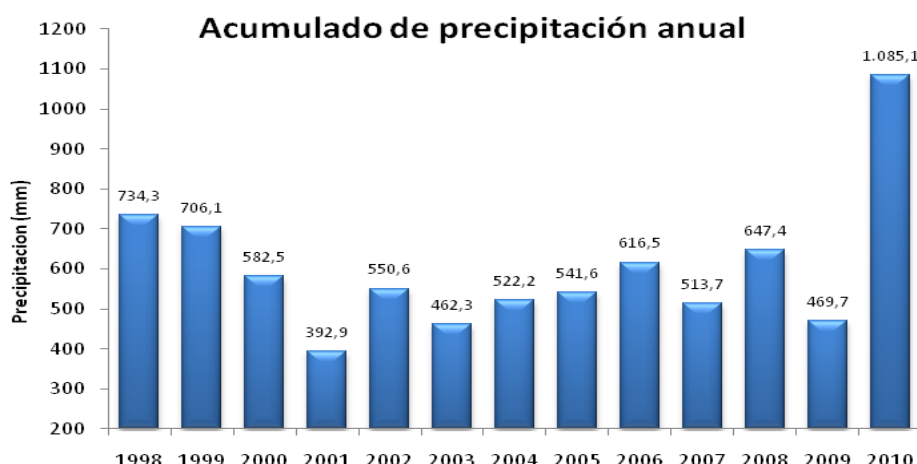


Figura 69. Acumulado de precipitación promedio de las estaciones de la RMCA en el Año 2010 para el periodo 1998 a 2010. Fuente RMCAB

Con respecto a los valores promedio de días de precipitación tomados en el periodo 1997-2009, el aumento de días de precipitación es evidente a partir del mes de abril. La Tabla 37 presenta el porcentaje de variación de los días de precipitación.

Comparado con los años anteriores, el Año 2010 presentó el tercer mayor número de días de precipitación en Bogotá con un total de 297 días, como se puede apreciar en la Figura 71. Esto indica una gran cantidad de precipitación en cada día de lluvia y también se explica por el hecho de que en los primeros meses las temperaturas del Pacífico presentaban anomalías de temperatura cálidas que inhibieron las lluvias en los primeros 3 meses.

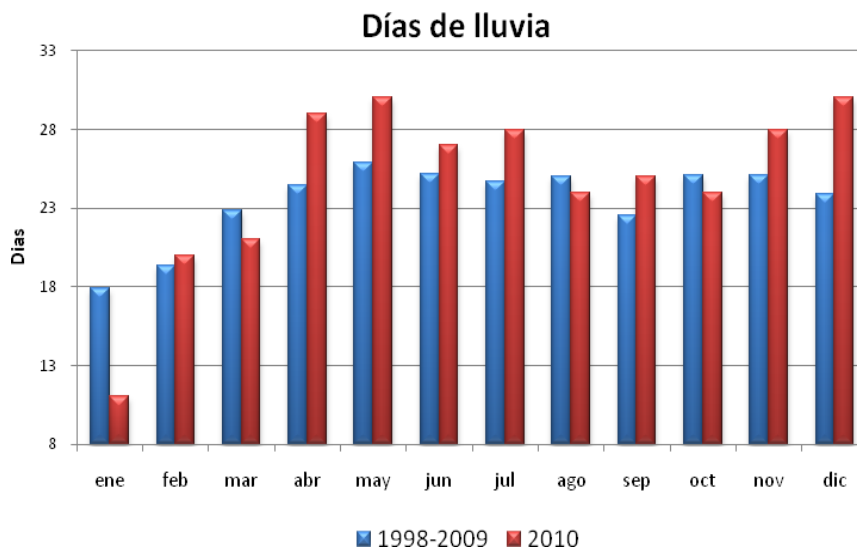


Figura 70. Días de precipitación de la RMCAB del periodo 1998-2009 comparada con el promedio para el año de 2010. Fuente RMCAB

Tabla 37. Variación porcentual de los días de precipitación para el 2010 comparada con el periodo 1998 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-39%	3%	-8%	19%	16%	7%	14%	-4%	11%	-4%	12%	25%

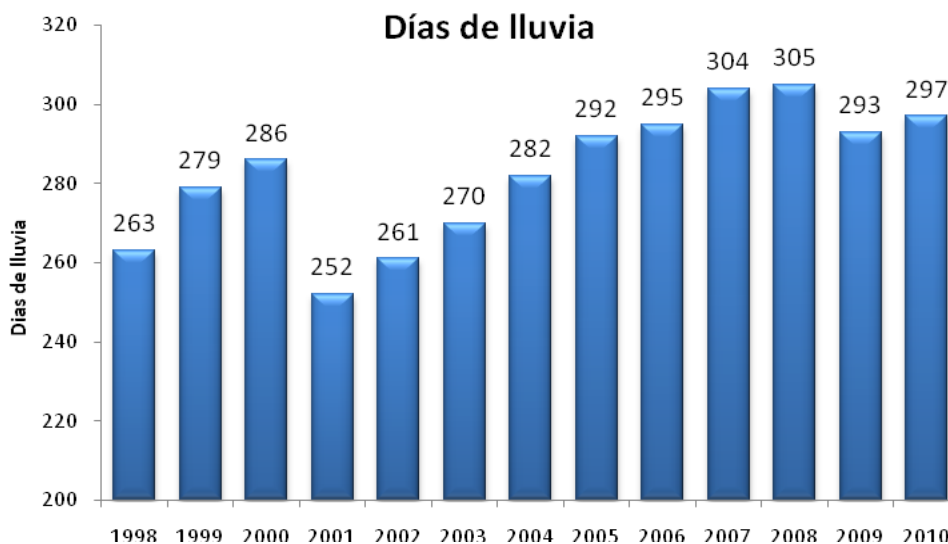


Figura 71. Promedio de los días de precipitación de las estaciones de la RMCA para el periodo 1998 al 2010. Fuente RMCAB

En la Figura 72 se observan los acumulados de precipitación registrado por las estaciones de la RMCAB en el periodo 1997-2010. Junto con la Tabla 38, se puede apreciar que el Año 2010 se midieron entre lluvias moderadamente por encima de lo normal como es el

caso de Zona Industrial - Estación Móvil y Kennedy y muy por encima de lo normal**, como es el caso de Guaymaral, Usaquén, suba, las Ferias, Chicó (dejó de funcionar en octubre) Carvajal, Tunal y Parque Simón Bolívar

Acumulado 2010 estaciones RMCAB

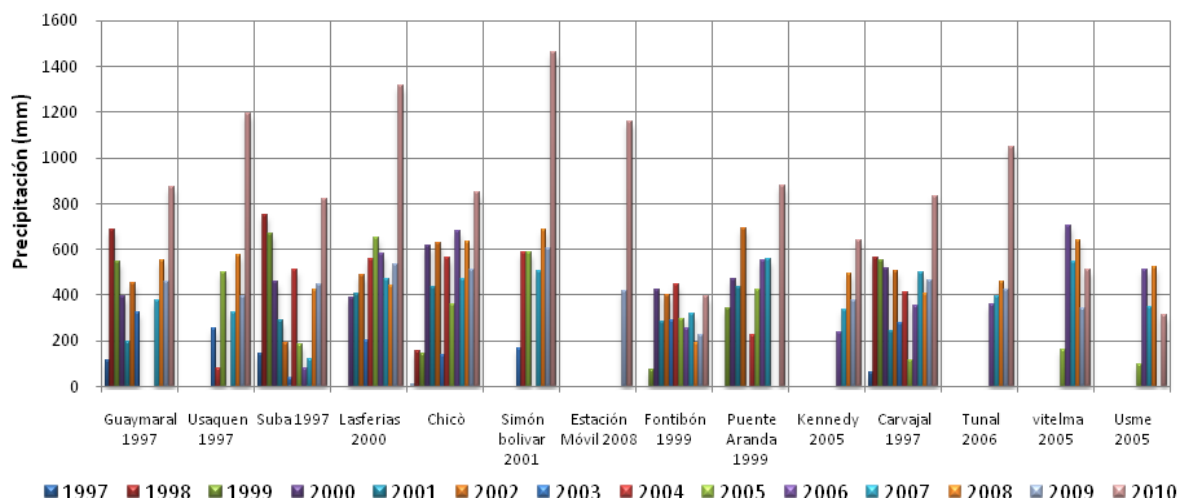


Figura 72. Acumulado de precipitación para las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

Tabla 38. Acumulados de precipitación de las estaciones de la RMCAB en el Año 2010 para el periodo 1998-2010. Fuente RMCAB.

Estación	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Índice de Precipitación (%)
Guaymaral	687.9	543.9	394.0	193.7	452.5	324.9				378.3	548.4	459.4	874.2	194%
Usaquén						252.9	77.6	500.0		326.2	574.6	393.5	1193.6	252%
Suba	752.0	666.1	457.8	286.3	188.4	34.8	512.7	180.9	80.3	117.6	425.3	445.1	820.0	225%
Las ferias			386.8	402.9	487.4	199.1	555.3	649.5	579.9	470.1	438.9	536.3	1316.3	240%
Chicó	152.8	142.1	617.7	434.5	629.2	134.5	564.1	359.5	680.2	466.8	634.1	511.1	850.4	193%
Simón Bolívar						164.8	583.2	584.0		502.0	683.0	601.7	1220.4	197%
Zona Industrial - Estación Móvil												418.7	1158.2	147%
Fontibón		72.8	420.8	282.4	399.4	288.6	448.6	296.4	252.5	319.2	189.8	225.9	395.1	132%
Puente Aranda		343.4	466.5	435.0	689.4	0.0	222.6	425.4	550.0	558.0			876.7	192%
Kennedy									237.7	335.8	494.6	374.8	640.9	154%
Carvajal	565.1	548.7	513.3	243.3	506.3	278.4	409.5	116.1	350.5	496.1	405.8	465.6	832.7	201%
Tunal									356.0	396.2	456.9	425.4	1046.4	195%
Vitelma								157.7	704.5	545.4	638.7	338.6	512.5	106%
Usme								94.6	511.7	349.0	522.0		310.4	87%

** El índice de precipitación se interpreta de la siguiente manera:

0-30 % lluvias muy por debajo de lo normal (periodo extremadamente seco)

31-60 % lluvias moderadamente por debajo de lo normal (periodo muy seco)

61-90 % lluvias ligeramente por debajo de lo normal (periodo seco)

91-99 %	lluvias ligeramente por debajo de
91-110 %	lluvias normales para el periodo

111-140 %	lluvias ligeramente por encima de lo normal (periodo lluvioso)
141-170 %	lluvias moderadamente por encima de lo normal (periodo muy lluvioso)
Mayor de 170 %	lluvias muy por encima de lo normal (periodo extremadamente lluvioso)

Dadas las condiciones particulares de las localidades de Bogotá tales como ubicación geográfica, niveles de contaminación entre otros, existen variaciones no solo en el acumulado de precipitaciones sino en el número de días en que llueve. La Tabla 39 muestra que la estación del Parque Simón Bolívar, ubicada en la localidad de Barrios Unidos, detectó lluvias en 244 oportunidades con un promedio de 5 mm por día de lluvia, la estación de Guaymaral con un total de 216 días de precipitación con un valor de 4.0 mm por día de lluvia, Suba y Puente Aranda 212 y 213 días cada uno con 3.8 y 4.1 mm por día de lluvia respectivamente. Las estaciones de Usaquén y Chicó Lago registraron 202 y 152 días de precipitación con 5.9 y 5.6 mm por día de precipitación, Carvajal, Kennedy y Fontibón 181, 189 y 179 días con 3.4, 3.5, y 2.2 mm por día de precipitación y la estación de Tunal con 193 días y 5.4 mm por día de precipitación.

Para el año 2010, noviembre presentó el mayor número de acumulado precipitación en la mayoría de estaciones de la RMCAB de acuerdo con lo observado en la Figura 73 y la Figura 78. La Zona Industrial - Estación Móvil presentó el mayor acumulado para noviembre seguido de Parque Simón Bolívar. La estación que presentó mayor número de días de precipitación fue la de Guaymaral en diciembre seguida por la estación de Suba. En octubre el mayor número de días se presentó en Parque Simón Bolívar y Usaquén. Para el mes de noviembre, Estación Móvil y Parque Simón Bolívar presentaron el mayor número de días de precipitación.

Tabla 39. Días de lluvia de las estaciones de la RMCAB para el periodo 1998-2010 Fuente RMCAB

Estación	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guaymaral 1997	186	172	147	93	174	181				202	217	202	216
Usaquén 1997	175	185	184	120	164	139	89	155	143	160	168	140	202
Suba 1997	221	222	199	173	138	25	189	132	144	150	175	160	212
Las ferias 2000			153	133	128	62	149	187	161	146	175	161	218
Chicó	177	192	165	149	157	63	167	136	182	182	148	145	152
Simón bolívar 2001						55	186	183		168	198	208	244
Zona Industrial - Estación Móvil 2008												144	206
Fontibón 1999		45	165	122	128	137	141	136	113	145	127	128	179
Puente Aranda 1999		73	112	138	147	0	124	209	216	199			213
Kennedy 2005								18	146	140	162	130	181
Carvajal	158	188	194	116	154	131	154	94	153	159	131	149	189
Tunal 2006									121	146	158	146	193
Vitelma 2005								47	217	199	206	165	162
Usme 2005								40	196	176	207	80	112

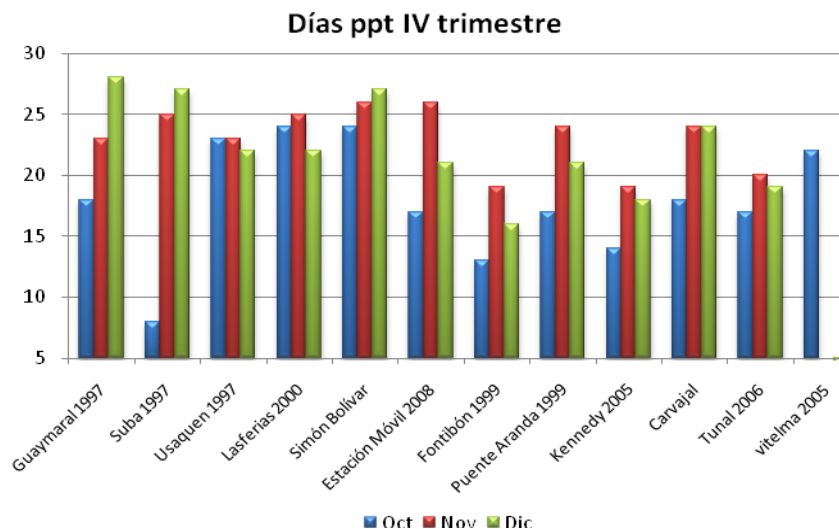


Figura 73 Acumulado de precipitación de cada estación en el último trimestre. Fuente. RMCAB

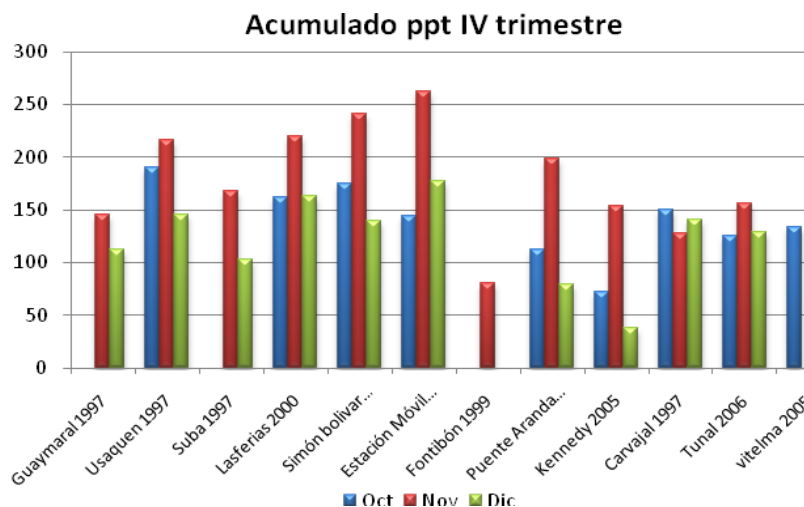


Figura 74. Días de precipitación de cada estación en el último trimestre. Fuente. RMCAB

La Figura 75 presenta los acumulados horarios de precipitación para el 2010 y su comparación con el acumulado promedio de 1997-2009 de las estaciones de la RMCAB. En horas de la mañana fue relativamente inusual la presencia de precipitación en la ciudad, mientras que en horas de la tarde, las precipitaciones fueron altas debido al calentamiento diurno.

Acumulado de precipitación horaria

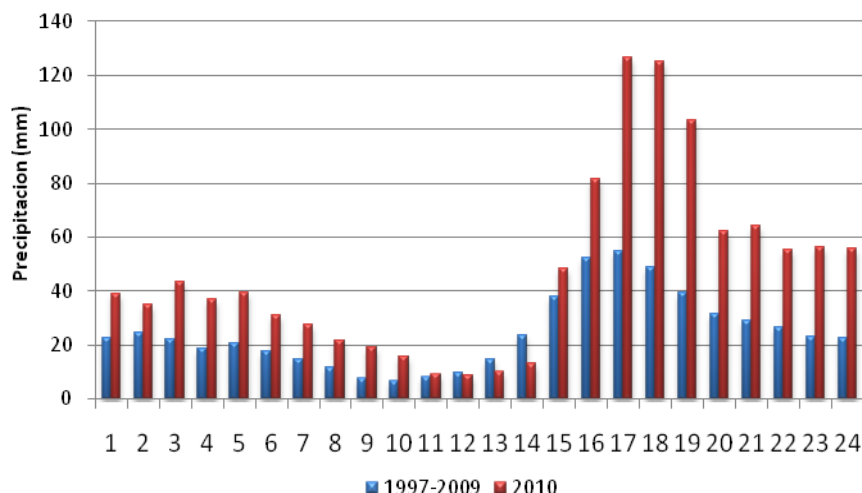


Figura 75. Acumulados horarios de precipitación para el 2010 y su comparación con el promedio 1997-2009

El mapa de la Figura 76 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los acumulados de precipitación para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isoyeta está separada 50 mm una de la otra. En ella se puede observar los dos sectores con menos precipitación de la capital, la estación de Fontibón que abarca el suroeste de la localidad de su mismo nombre y la estación de Kennedy que comprende el norte de Bosa y el noroccidente de Kennedy. Los mayores acumulados se encuentran en el sector sur de Barrios Unidos y norte de Teusaquillo, representados por la estación de Parque Simón Bolívar y en la localidad de Chapinero

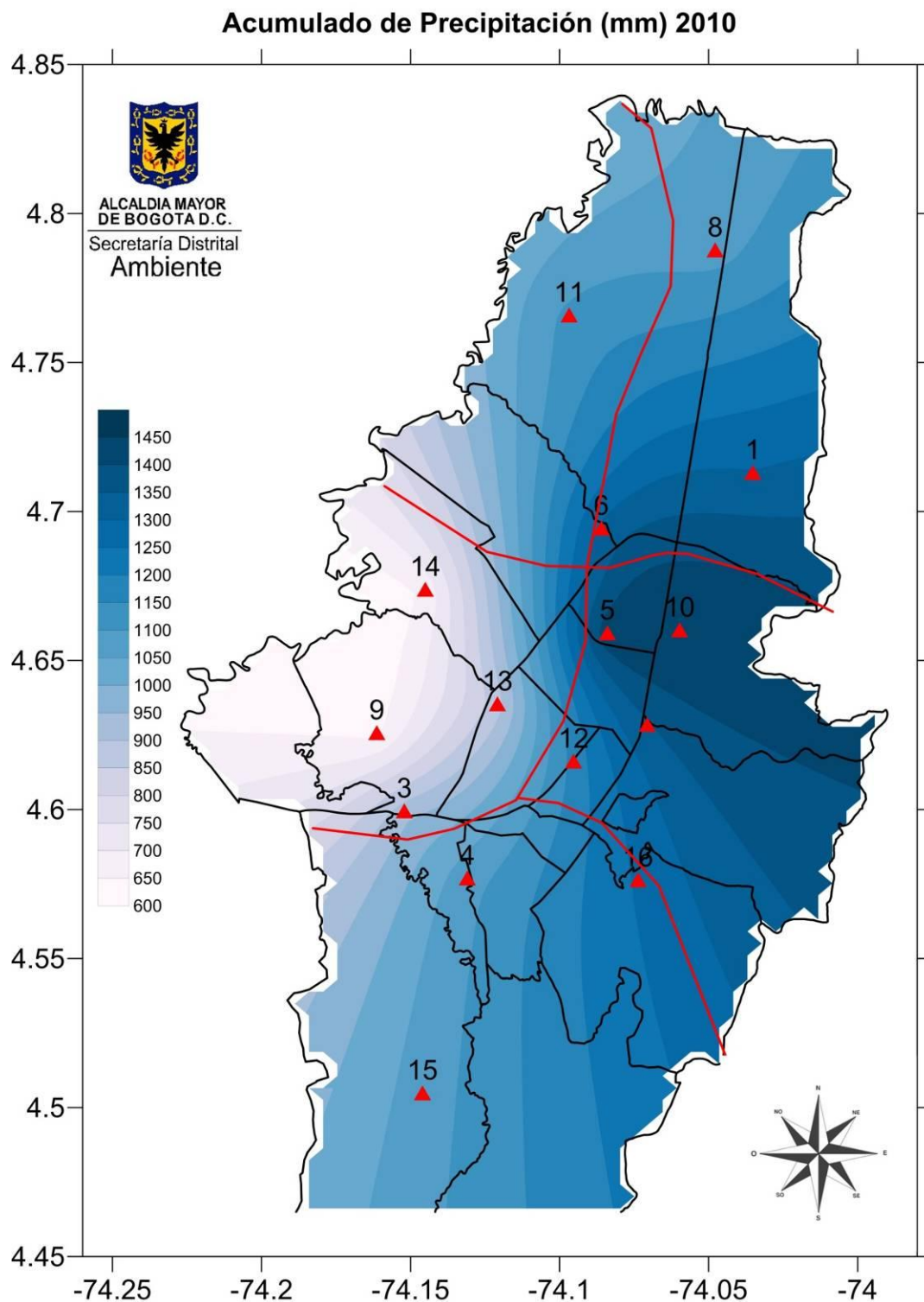


Figura 76. Mapa de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para el Año 2010 de 2010. Fuente RMCAB

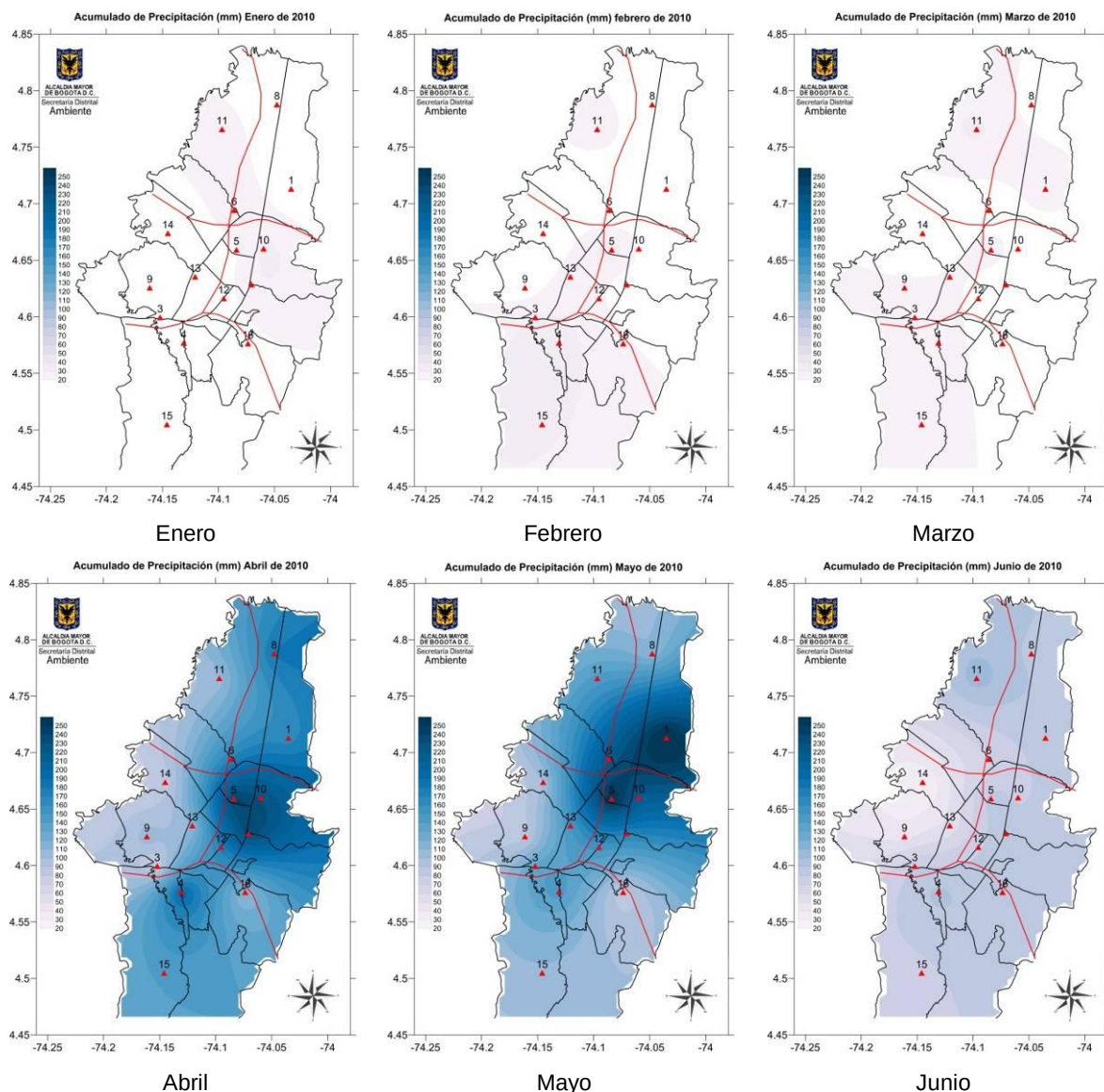


Figura 77. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para el primer semestre de 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 77 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del primer semestre del Año 2010 en los cuales se observa la evolución de la precipitación. En abril y mayo se concentraron los acumulados de precipitación en el occidente de chapinero, sur de barrios unidos y norte de teusaquillo, mientras que al occidente de la ciudad se presentaron los menores acumulados. El mes de enero presentó el acumulado de la precipitación mas bajo viéndose precipitaciones al centro-oriente de la ciudad. En el mes de febrero y marzo se presenta un aumento del acumulado de precipitación con cierta homogeneidad en la mayoría de las localidades.

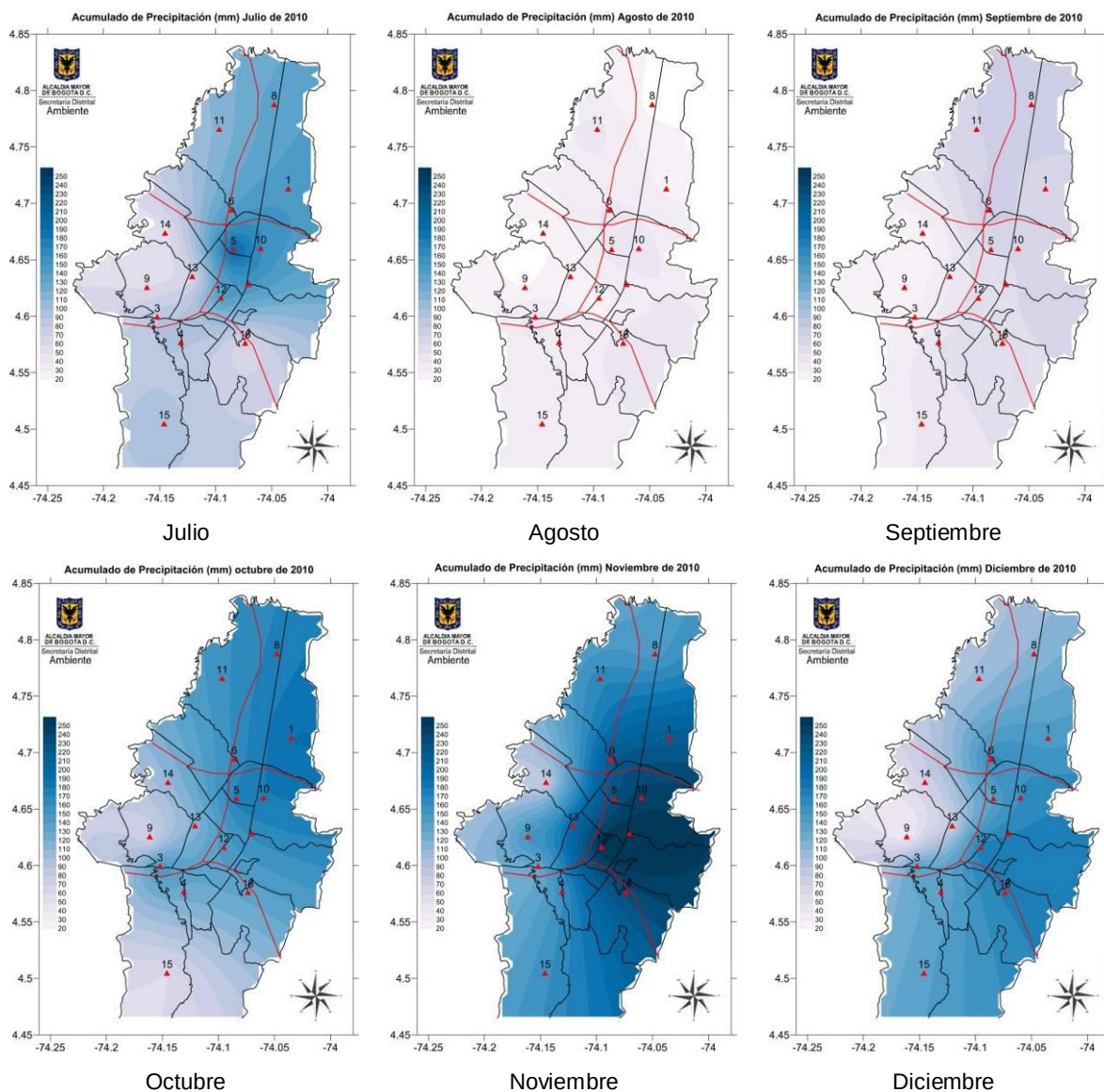


Figura 78. Mapas de acumulado de precipitación de las estaciones de la RMCAB para segundo semestre de 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 78 presentan la precipitación sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del segundo semestre del Año 2010 en los cuales se observa que la precipitación en julio se concentró en el occidente de chapinero, sur de Barrios Unidos y norte de Teusaquillo, mientras que al occidente de la ciudad se presentaron los menores valores, aún así es un mes atípico debido a que se esperaba menor acumulado de precipitación. El mes de agosto y septiembre se presenta una disminución del acumulado de precipitación con cierta homogeneidad en la mayoría de las localidades exceptuando las que están al occidente de la capital. Para el último trimestre el acumulado mayor, inclusive del año, se presentó en el mes de noviembre con cifras que alcanzaron los 250 mm.

3.2. Vientos

El comportamiento de los vientos en Colombia responde a los vientos alisios del noreste y sudeste, los cuales confluyen en la región intertropical formando una zona de baja presión llamada zona de confluencia intertropical (ZCIT), que al desplazarse sobre el territorio provoca las temporadas de lluvia en el país. De vez en cuando la circulación de los vientos alisios se ve trastornada por anomalías en el balance de energía provocando serios disturbios en la distribución espacial y temporal de las lluvias, tal es el caso del fenómeno del Niño. Otro aspecto que influye depende de las condiciones orográficas, las diferencias horizontales de temperatura en una montaña producen alteraciones locales del viento que genéricamente se llaman brisas. La brisa terrestre, llamada circulación valle-montaña, montaña-valle, se debe a diferencias de temperatura entre las montañas y el aire libre que las rodea, en la mañana se presenta un brisa soplando junto al suelo desde los valles y llanuras hacia las laderas que están recibiendo el Sol (solana), remontándolas. De noche desciende una brisa desde las montañas a los valles y llanuras.

En la ciudad de Bogotá, el comportamiento de los vientos se caracteriza por ser de calmas en las mañanas y de intensidad suave y leve en las tardes; esta tendencia se conserva en el año en estudio. Durante dicho periodo, la dirección y velocidad del viento en la ciudad se registró en catorce estaciones de la RMCAB, según se reporta en la Tabla 35. La Tabla 40 resume el comportamiento de la velocidad del viento para el año 2010 en cada uno de los meses y para 4 horarios distintos, y la Tabla 41 presenta los valores de velocidad máxima en 2010. Fontibón y Puente Aranda son las estaciones en que se presentó la mayor velocidad de viento en el trimestre seguido de Kennedy. La predominancia de los vientos en general varía según la estación como se observa en la Figura 80. Rosa de los vientos de las estaciones de la RMCAB.

Tabla 40. Velocidades de viento mensuales promedio entre las 1-6, 7-12, 13-18 y 19-24 horas de 2010

Hora	13-18
Año	2010

Valores	Mes													2010
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Guaymaral	2,1	2,1	2,3	1,6	1,7	1,8	1,4	1,9				1,3	1,9	
Usaquen	1,5	1,6	1,5	1,3	1,4	2,0	1,6	2,6	1,8	1,8	1,4	1,6	1,7	
Suba	1,8	1,7	1,8	1,4	1,5	1,7	1,1	1,6	1,3	1,4	2,0	2,3	1,7	
Lasferias	2,8	3,0	3,0	2,1	2,5	2,4	2,2	2,4	2,2	2,4	1,9	2,2	2,4	
Chicó	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2			1,1	
Simón bolívar	2,6	2,5	2,5	2,1	2,3	2,1	2,1	2,2	2,1	2,3	2,0	2,1	2,2	
Estación Móvil	2,8	3,0	3,0	2,3	2,5	3,1	2,7	3,5	2,6	3,0	2,1	2,2	2,7	
Fontibón	4,4	4,4	4,3	3,7	3,8	3,9	3,6	4,3	4,1	4,3	3,8	3,9	4,0	
Puente Aranda	4,0	4,1	4,0	3,4	3,6	4,0	3,6	4,2	3,7	4,1	3,2	3,3	3,8	
Kennedy	3,8	3,9	3,8	3,4	3,5	3,5	3,5	3,7	3,7	3,9	3,2	3,1	3,6	
Carvajal	3,3	3,4	3,3	2,9	3,0	3,2	3,0	3,3	3,0	3,1	2,4	2,4	3,0	
Tunal	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,8	1,7	1,8	
vitelma								4,8			1,9		2,2	
San Cristóbal	1,6	1,5	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,7	1,2	1,2	0,9	1,0	1,3	

	Hora	19-24												
	Año	2010												
	Mes													
Valores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2010	
Guaymaral	2,1	2,1	1,9	1,6	1,3	1,5	1,5	1,6				1,1	1,7	
Usaquen	1,6	1,7	1,4	1,0	1,3	1,9	1,2	2,6	1,7	1,7	1,0	1,3	1,5	
Suba	1,3	1,3	1,2	0,9	1,0	1,2	0,8	1,1	0,7	0,8	1,2	1,5	1,1	
Lasferias	2,6	2,5	2,4	1,8	2,0	2,2	1,9	2,1	1,8	1,9	1,5	2,0	2,1	
Chicò	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9			0,9	
Simón bolivar	2,2	2,2	2,1	1,6	1,6	1,9	1,7	1,8	1,5	1,6	1,3	1,7	1,8	
Estación Móvil	2,6	2,5	2,4	1,8	2,1	2,4	2,2	3,0	2,0	2,3	1,5	1,8	2,2	
Fontibón	4,3	4,0	3,7	3,2	3,1	3,7	3,2	3,7	3,3	3,3	2,8	3,1	3,5	
Puente Aranda	4,0	3,8	3,6	2,9	3,0	3,5	3,1	3,8	3,0	3,1	2,5	2,9	3,3	
Kennedy	3,8	3,6	3,6	2,7	3,0	3,1	3,0	3,4	2,9	2,9	2,3	2,8	3,1	
Carvajal	3,1	3,0	2,9	2,2	2,5	2,8	2,5	2,8	2,3	2,3	1,7	2,0	2,5	
Tunal	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,5	1,4	
vitelma								4,7			1,8		2,2	
San Cristóbal	1,6	1,5	1,5	1,1	1,2	1,4	1,1	1,5	1,2	1,2	0,9	1,0	1,2	

Tabla 41. valores máximos absolutos de velocidad del viento para las estaciones de la RMCAB.

Velocidad	Máxima												
Año	2010												
Valores	Mes												2010
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral	4,7	4,4	5,2	4,2	4,0	4,7	3,7	4,4				3,7	5,2
Usaquen	4,8	5,2	3,9	3,8	4,0	5,9	3,8	6,4	6,6	4,7	4,1	4,1	6,6
Suba	3,3	3,9	3,7	3,3	3,5	3,0	2,5	3,3	2,6	3,0	3,7	5,6	5,6
Lasferias	5,6	5,1	5,2	5,2	5,9	4,6	4,4	4,6	4,6	5,8	5,4	5,3	5,9
Chicò	2,7	2,4	3,1	2,7	3,2	2,8	2,6	3,0	2,1	2,9			3,2
Simón bolívar	5,2	4,8	5,6	4,8	5,4	4,4	4,2	4,1	5,1	5,0	4,9	5,0	5,6
Estación Móvil	6,3	6,6	5,8	6,0	5,8	6,1	7,3	6,8	6,1	6,3	4,3	5,5	7,3
Fontibón	8,4	9,2	8,5	7,7	8,2	7,9	7,2	8,7	8,2	8,1	8,2	7,9	9,2
Puente Aranda	7,5	8,6	7,5	7,0	6,8	6,7	7,8	8,1	7,1	7,3	6,4	6,6	8,6
Kennedy	6,6	6,9	6,7	6,9	6,3	6,8	5,8	6,5	6,7	6,8	6,2	6,5	6,9
Carvajal	5,3	5,9	5,4	5,0	5,9	5,5	5,7	6,2	5,0	5,0	4,5	5,1	6,2
Tunal	4,4	4,5	4,7	3,7	4,4	3,9	3,3	3,8	4,4	4,2	3,9	4,2	4,7
vitelma								5,5	4,4		3,6		5,5
San Cristóbal	3,5	3,8	2,7	2,8	3,2	4,0	2,7	4,2	3,3	3,0	2,2	2,6	4,2

Velocidad	Mínima												
Año	2010												
Valores	Mes												2010
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Guaymaral	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2				0,1	0,1
Usaquen	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Suba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0
Lasferias	5,6	5,1	5,2	5,2	5,9	4,6	4,4	4,6	4,6	5,8	5,4	5,3	5,9
Chicò	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			0,2
Simón bolívar	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Estación Móvil	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Fontibón	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4
Puente Aranda	0,9	0,9	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,4
Kennedy	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
Carvajal	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Tunal	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
vitelma								3,0	4,3		0,1		0,1
San Cristóbal	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0

La Figura 79 muestra gráficas de las velocidades del viento en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la velocidad del viento. Todas las estaciones muestran el comportamiento típico de la velocidad del viento, en horas de la madrugada se observan velocidades muy pequeñas o incluso cero y las velocidades máximas se presentan cerca de las 2 pm. También se presenta una característica que puede relacionarse con la variabilidad propia de Bogotá y por eventos tales como el ENSO (El Niño Southern Oscillation) y de otras escalas, lo que representa la

disminución de la velocidad comparado con el primer semestre. La tendencia de la velocidad fue de disminuir levemente en los últimos meses del año.

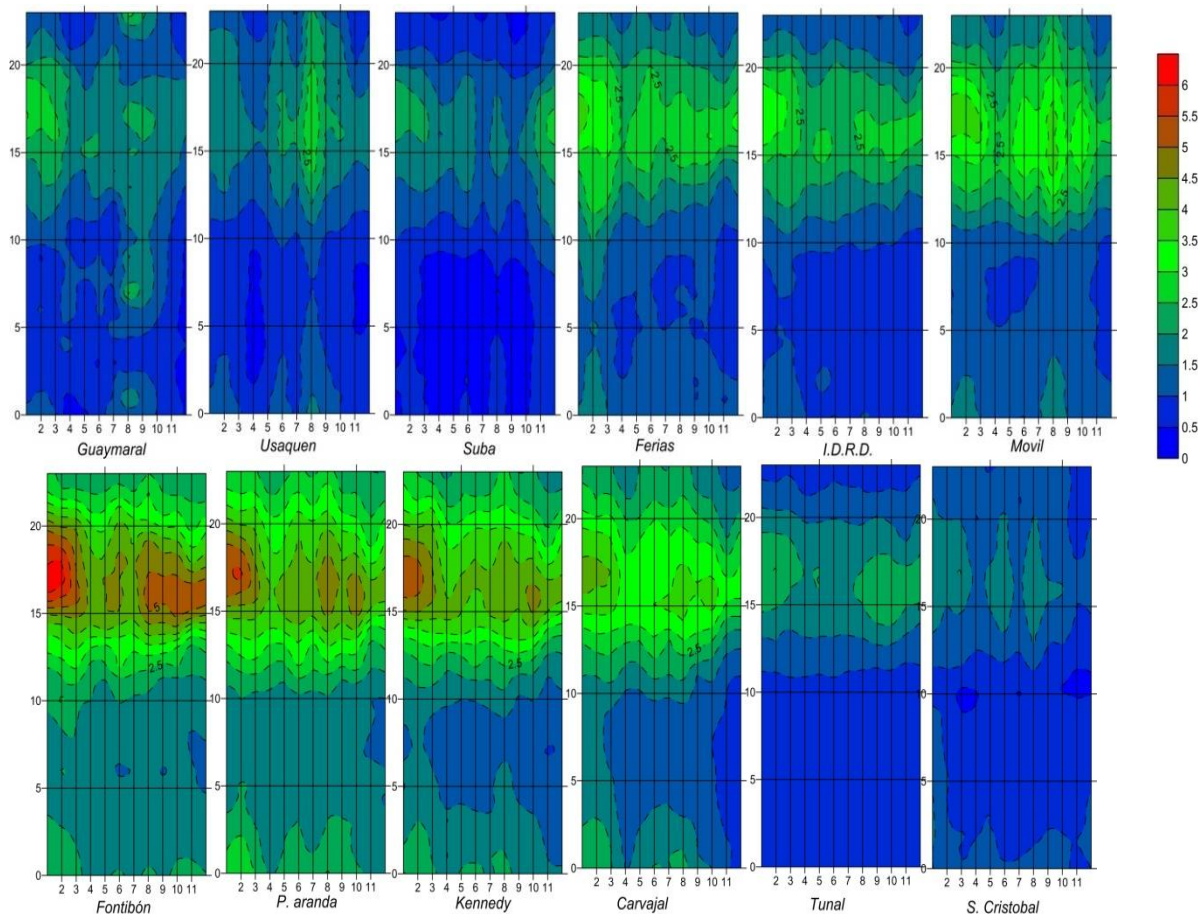
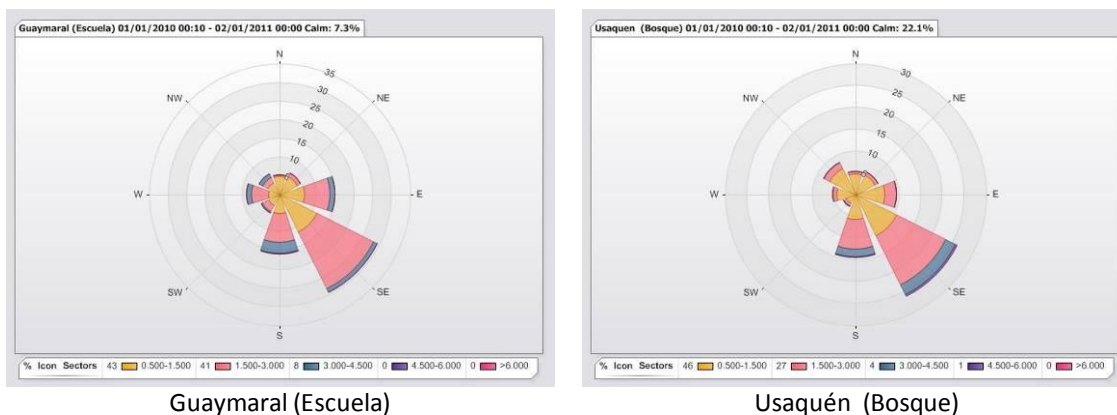
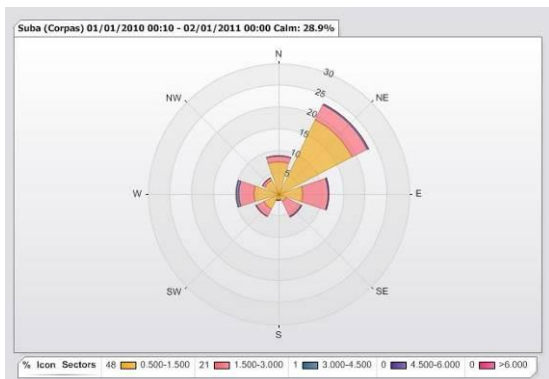


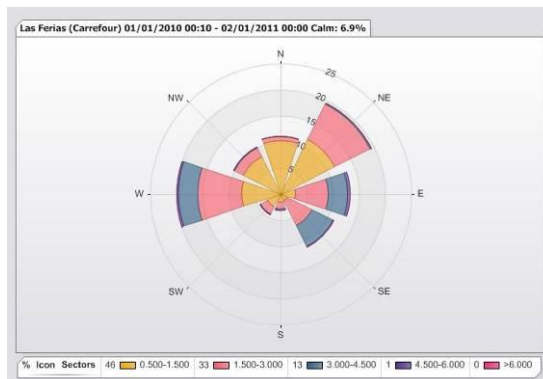
Figura 79. Velocidad del viento por estación, según la media horaria. Fuente RMCAB.

La Figura 80 esquematiza las rosas de viento para cada una de las estaciones del año de estudio, en escala horaria, se franjea hacia el sitio donde proviene el viento.

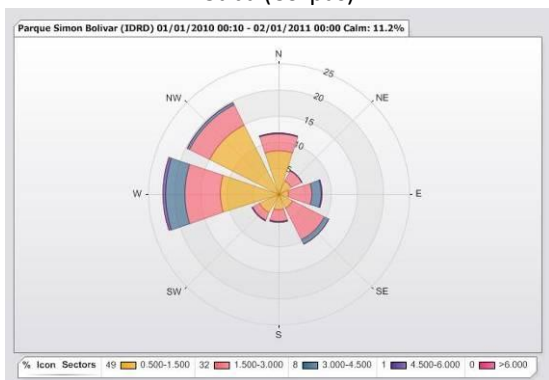




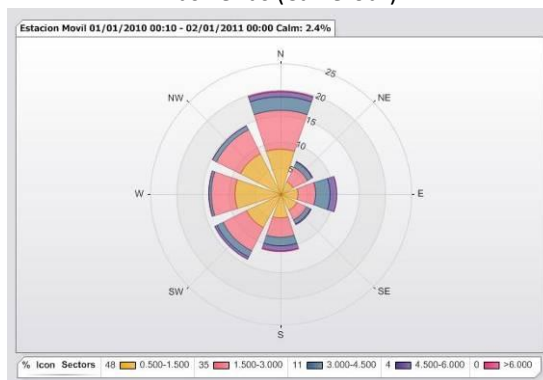
Suba (Corpas)



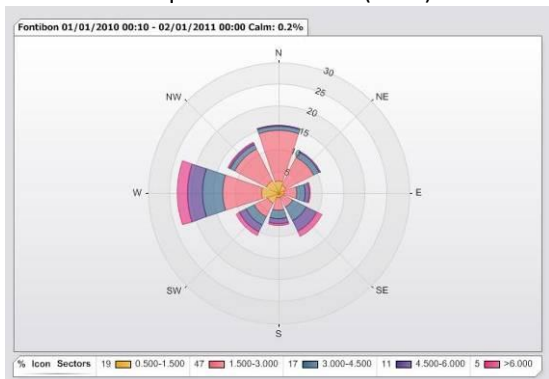
Las Ferias (Carrefour)



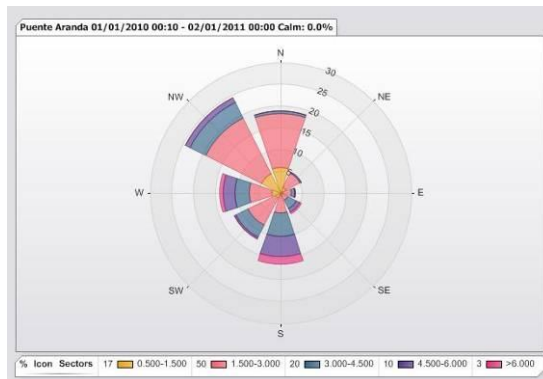
Parque Simón Bolívar (IDRD)



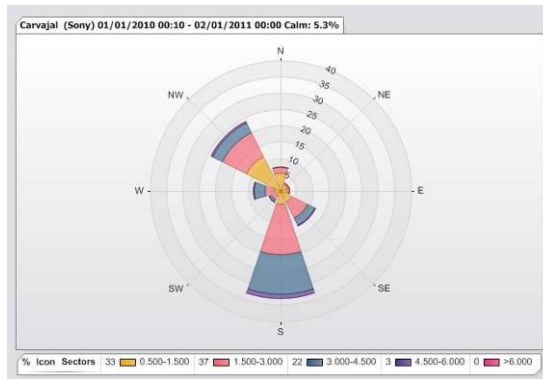
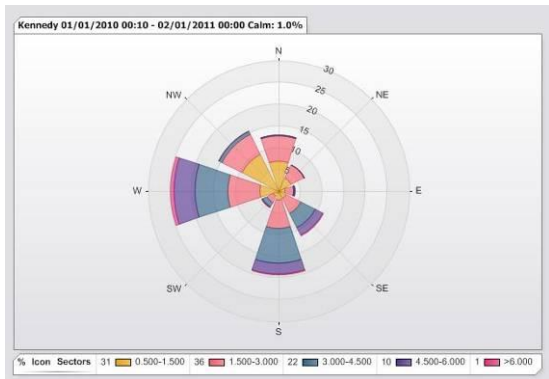
Zona Industrial - Estación Móvil



Fontibón



Puente Aranda



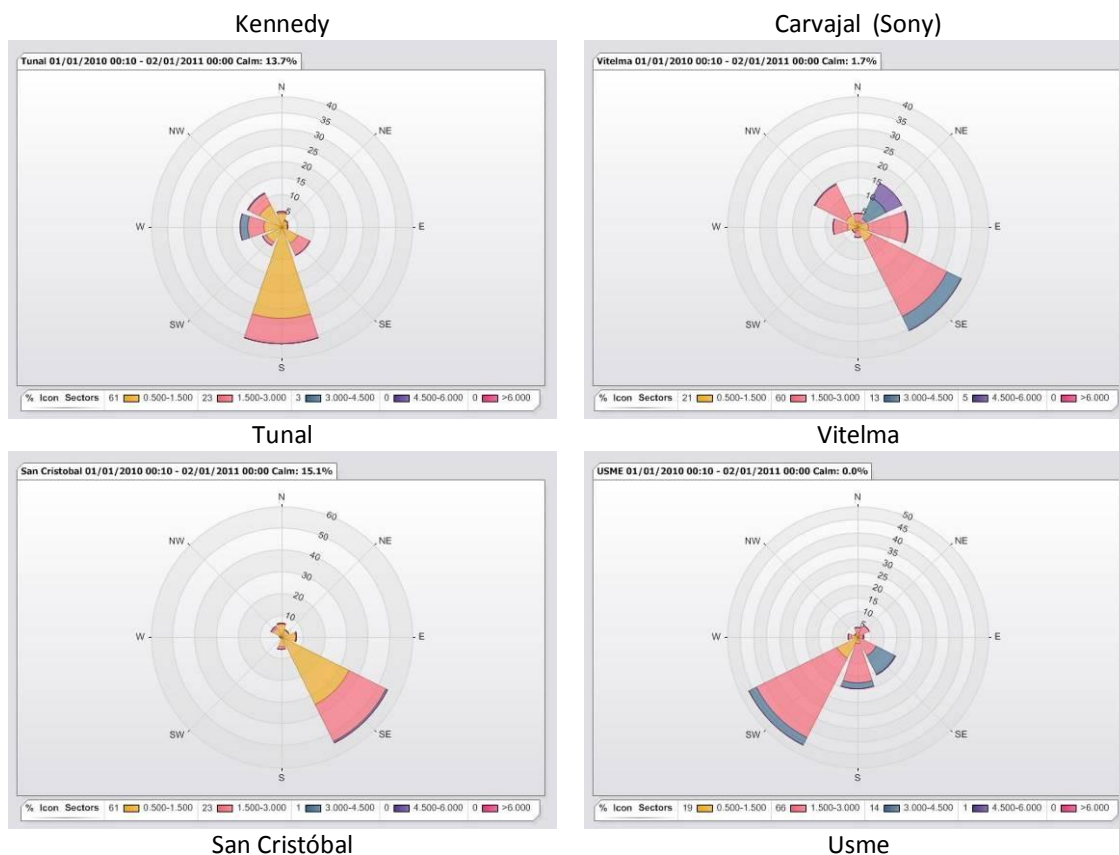


Figura 80. Rosa de los vientos de las estaciones de la RMCAB¹⁵.

El mapa de la Figura 81 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de velocidad del viento para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isotaca está separada 0,5 m/s una de la otra. En ella se puede observar el sector con menor magnitud de velocidad del viento; al sur de la ciudad. Los mayores valores de velocidad del viento se encontraron en el occidente de la ciudad, alcanzando velocidades de más de 2.5 m/s ubicado en parte de la localidad de Fontibón y norte de Kennedy. En general se observa un aumento en la velocidad del viento con magnitudes bajas desde el suroriente hacia el occidente de la ciudad, comportamiento que se presentó en cada uno de los meses del año 2010.

En la Figura 82 se encuentran los mapas de la ciudad en 4 diferentes escalas horarias, es evidentemente que la velocidad en horas de la tarde alcanza su máximo valor además de la variación de la dirección del viento como en el caso de la localidad de Engativá. Otras localidades como el sur de la ciudad muestran vientos predominantes de los llanos orientales exceptuando las horas de la mañana.

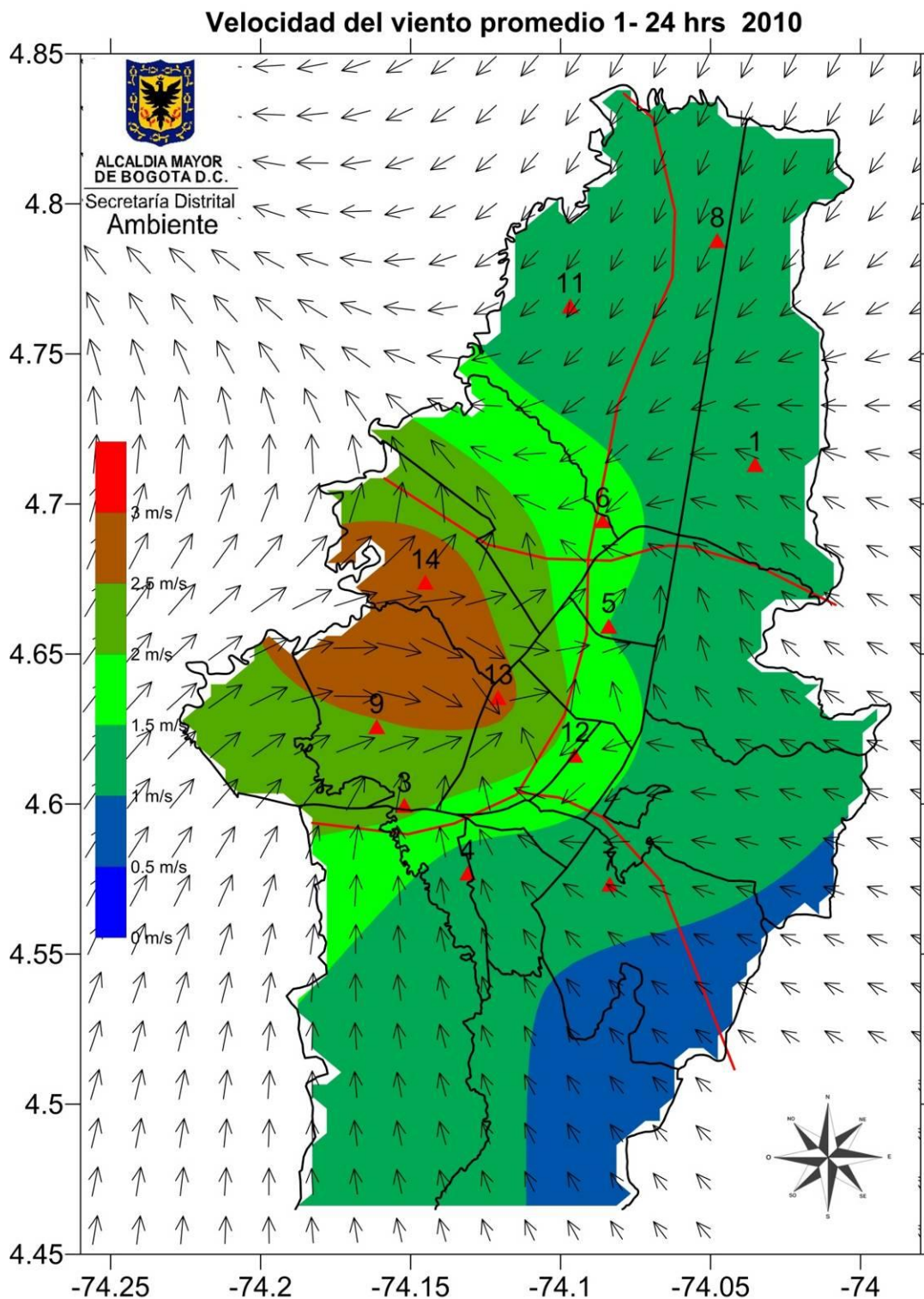


Figura 81. Velocidad y dirección del viento de Bogotá para el año 2010

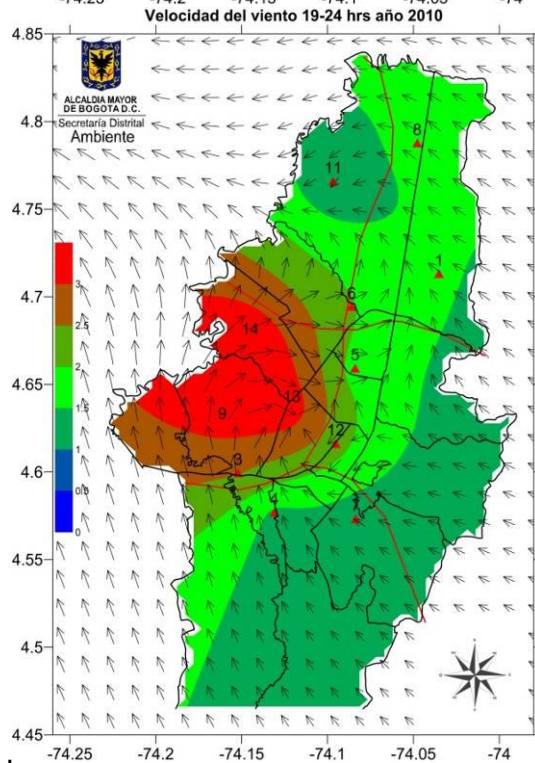
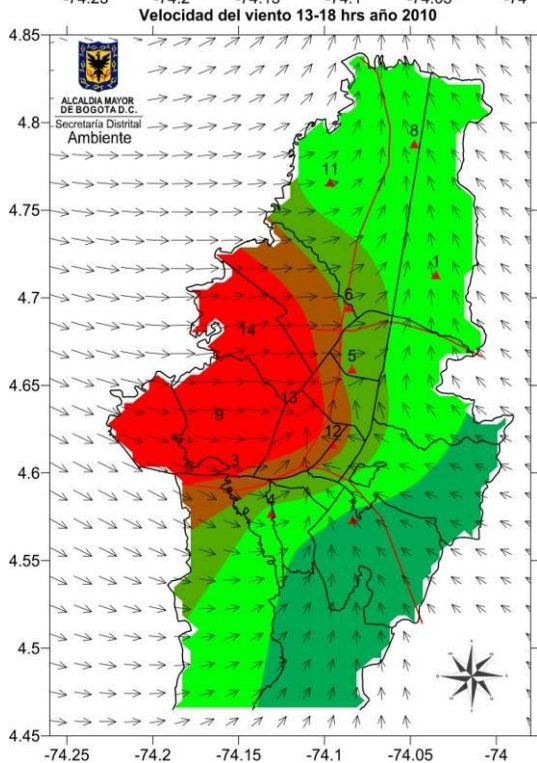
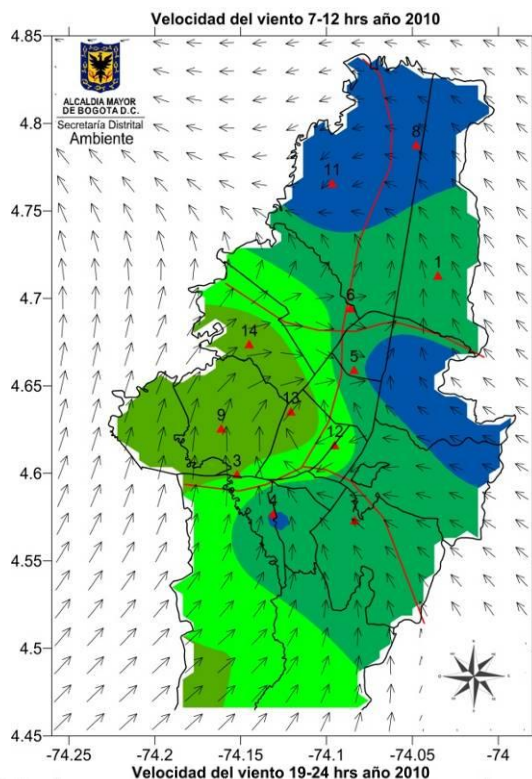
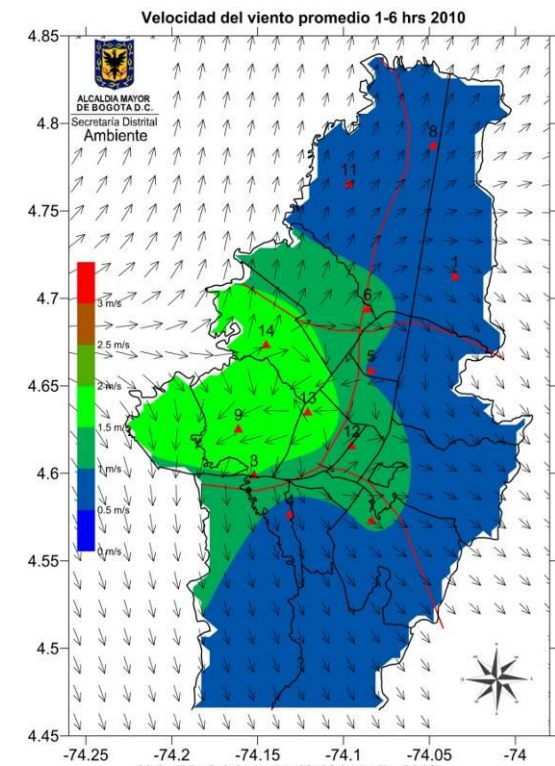


Figura 82. Promedio de velocidad y dirección del viento para distintas horas en el año 2010. Fuente RMCAB.

3.3. Temperatura Superficial

La temperatura superficial se refiere esencialmente a la temperatura del aire libre o temperatura ambiental cerca de la superficie de la tierra. Para el tercer trimestre de 2010 se contó con catorce estaciones de la RMCAB dotadas con sensores de temperatura, según se reporta en la Tabla 35. Para analizar el comportamiento de la temperatura superficial registrada por las estaciones de la RMCAB se presentan mapas y gráficas según la variación ya sea horaria o mensual en comparación con los promedios registrados desde el año 1997.

El comportamiento de la temperatura en la ciudad durante el Año 2010 se caracterizó por promedios altos en el primer semestre y normales en el segundo, comparándolos con los promedios para el periodo 1997-2009. Dichos valores promedios se pueden apreciar en la Figura 83 la cual muestra la temperatura superficial para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable discriminados mensualmente y su comparación con el promedio de temperatura en cada uno de los meses del año 2010.

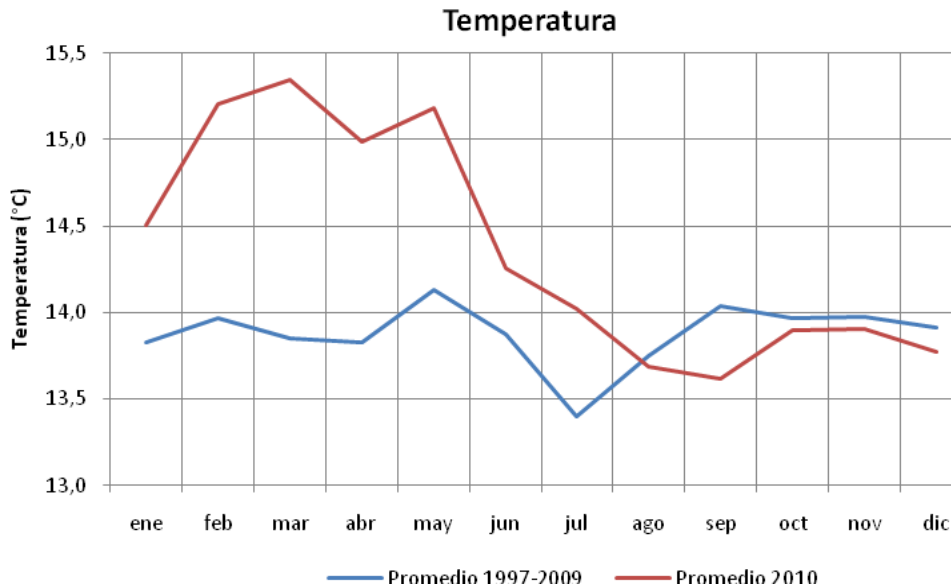


Figura 83. Gráfica de la temperatura promedio mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 1997-2009 y su comparación con el 2010. Fuente RMCAB

Con respecto a los promedios de temperatura mensuales medidos en el periodo 1997-2009 se pueden observar en la Tabla 42 la variación porcentual en cada uno de los meses. La Figura 84, muestra la evolución de la temperatura promedio en el periodo 1997-2010 para cada uno de los trimestres del año. Los años de mayor temperatura en Bogotá se registraron en 2005 y 1998.

Tabla 42. Variación Porcentual de la temperatura mensual promedio de Bogotá

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4.9%	8.8%	10.8%	8.4%	7.5%	2.7%	4.7%	0.4%	-3.0%	-0.5%	-0.5%	-1.0%

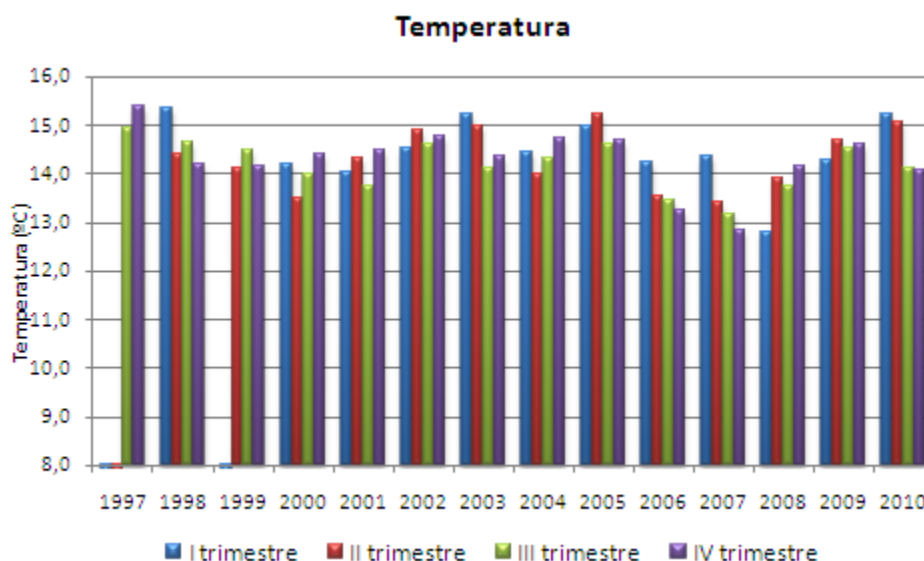


Figura 84, Gráfica de la temperatura promedio del trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2002- 2010. Fuente RMCAB

La Tabla 43 muestra esta evolución distribuido en las estaciones de la RMCAB

Tabla 43. Promedios de temperatura media de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2002-2010. Fuente RMCAB

Temperatura (°C)	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guaymaral 2m	15.2	15.9	15.3	13.1	12.9							13.9	14.4	14.8
Usaquén											12.4	12.0	14.5	15.0
Suba		12.0	11.5	11.6	13.2			12.1	14.2	13.3	13.3	13.7	13.0	13.3
Las ferias				15.4	15.8	15.7	15.9	15.3	15.4		13.8	13.4	14.0	14.1
Parque Simón Bolívar								15.8	15.9		14.3	14.1	14.7	14.9
Zona Industrial - Estación Móvil												14.6	15.3	15.2
Fontibón			13.4	13.6	13.9	14.1	14.2	13.9	14.2	14.0	13.9	14.2	14.7	14.6
Puente Aranda			14.1	14.0	14.5	14.6	14.6	14.5	14.7	14.5	14.5	14.0	14.6	14.5
Kennedy												13.5	14.7	14.7
Carvajal									12.6	12.0	11.5	14.8	15.4	15.5
Vitelma									10.7	12.2	11.7	11.5	12.6	12.9

San Cristóbal													13.5	13.4
Usme											12.7	12.4	13.8	12.2

El comportamiento horario de la temperatura varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la capa nubosa presente en la atmósfera entre otros, observándose los datos de temperatura máximos en horas de la tarde y los valores mínimos en horas de la madrugada. La Figura 85 muestra gráficas de las temperaturas superficiales en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, las ordenadas las horas y la escala de colores representa la magnitud de la temperatura. Se observa un período de disminución leve de la temperatura entre las 2 y las 5 de la mañana, un posterior aumento significativo entre las 6:00 y las 12:00, hora en la cual se alcanzan los máximos valores hasta las 14:00. A continuación desciende levemente hasta alcanzar temperaturas similares a las registradas en las primeras horas del día

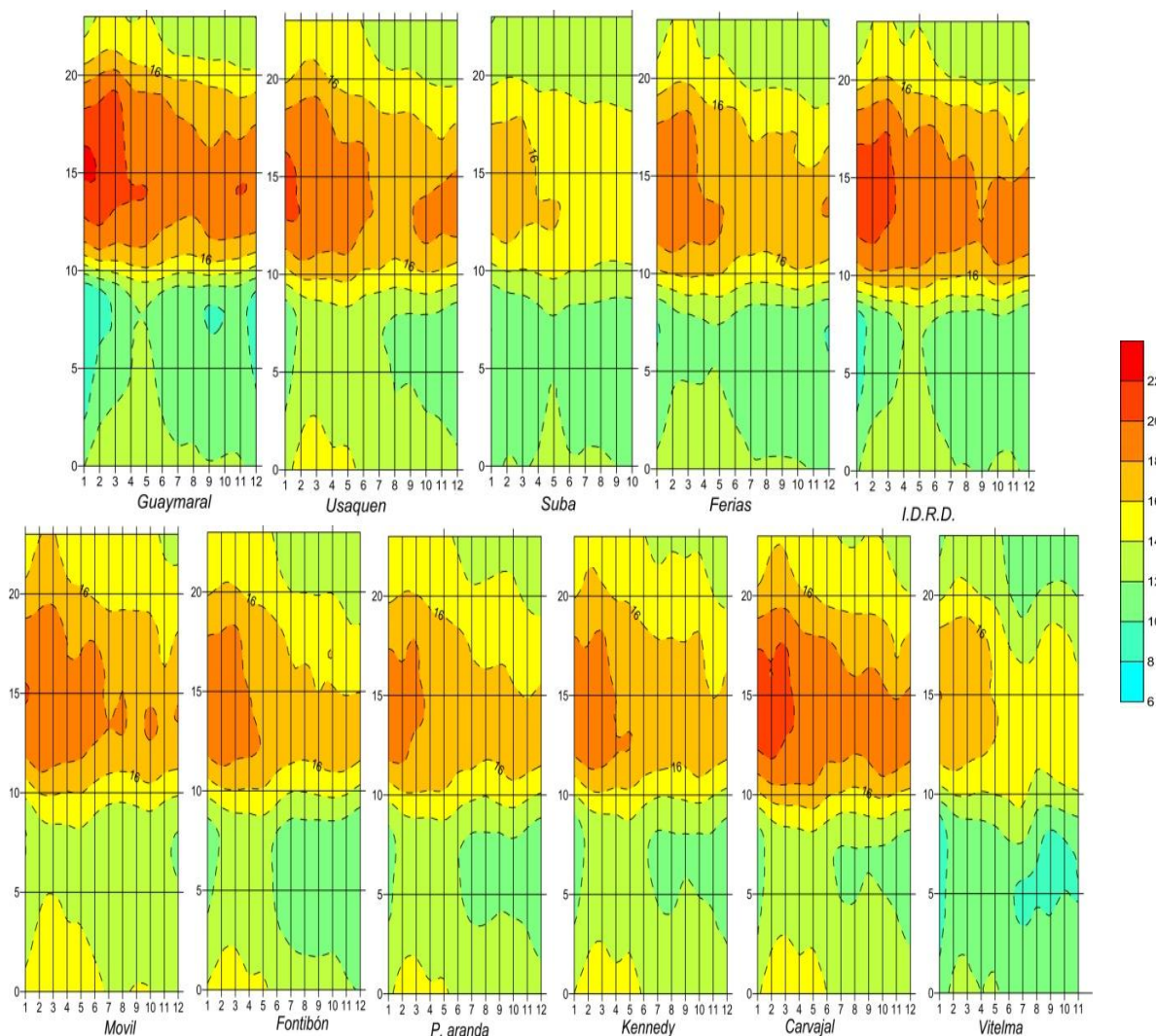


Figura 85. Gráfica de la temperatura para cada hora mensual de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

Adicionalmente la Tabla 44 y Tabla 45 presenta el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas relativas en cada estación del 2010. La estación del Parque Simón Bolívar presenta la segunda mayor amplitud térmica con 10,5°C después de la estación de Guaymaral con 11°C. Las menores diferencias entre temperaturas máximas y mínimas promedio diarias se presentaron en la estación de Suba con 5.8° C y la estación de San Cristóbal con 6.1° C.

Tabla 44. Temperaturas máximas registradas por la RMCAB en el año 2010 y su promedio. Fuente RMCAB

Temperatura Max (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Guaymaral 2m 1997	22.8	22.7	22.3	21.4	21.1	20.1	19.3	19.5	20.0	20.7	20.7	21.0	21.0
Usaquén 1997	21.2	20.6	20.8	20.3	20.1	19.3	18.9	18.7	19.0	19.4	19.4	19.9	19.8
Suba 1997	18.0	18.1	17.4	16.5	16.9	16.4	16.0	15.9	15.8	16.1			16.7
Las ferias 2000	20.5	19.9	20.1	19.6	19.6	18.7	18.0	18.1	18.2	19.0	18.7	19.1	19.1
Parque Simón Bolívar 2001	22.2	22.3	21.5	21.0	21.0	20.1	20.0	19.9	19.5	20.9	20.3	20.8	20.8
Zona Industrial - Estación Móvil 2008	20.8	20.7	20.7	19.7	19.8	19.5	18.9	18.6	18.6	19.1	18.4	19.0	19.5
Fontibón 1999	20.0	20.1	19.8	19.5	19.4	18.2	17.5	17.7	17.5	17.5	17.0	17.8	18.5
Puente Aranda 1999	19.7	19.5	19.2	18.9	18.8	17.9	17.7	17.4	17.6	18.1	17.7	18.0	18.4
Kennedy 2005	19.9	20.2	20.0	19.0	19.1	18.8	18.0	18.1	17.3	18.3	17.6	17.7	18.7
Carvajal 1997	21.8	21.7	21.6	21.1	20.8	20.1	19.7	19.5	19.2	20.3	19.9	20.2	20.5
Vitelma 2005	18.6	18.5	18.1	17.6	17.3	16.3	16.1	15.5	16.7	16.7	16.2		17.1
San Cristóbal 2009	18.3	18.3	17.3	17.0	17.3	16.7	16.3	16.1	16.7	16.8	16.5	16.6	17.0
Usme 2005					17.5	15.8	16.1	15.6	16.5	16.4	15.9		16.2

Tabla 45. Temperaturas mínimas registradas por la RMCAB en el año 2010 y su promedio. Fuente RMCAB

Temperatura Min (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Guaymaral 2m 1997	7.3	9.6	9.7	11.4	11.8	10.7	10.3	11.0	9.6	9.8	10.2	8.8	10.0
Usaquén 1997	10.2	12.6	12.5	12.8	13.0	12.2	11.9	11.6	11.4	11.1	11.1	10.1	11.7
Suba 1997	9.8	10.8	10.7	11.3	11.7	11.1	11.3	11.2	11.1	11.1			11.0
Las ferias 2000	9.2	11.6	11.3	11.6	11.6	10.9	10.6	10.4	10.5	10.4	10.4	9.5	10.7
Parque Simón Bolívar 2001	8.0	10.1	10.7	11.7	11.9	10.8	10.3	10.2	10.4	10.2	10.7	9.6	10.4
Zona Industrial - Estación Móvil 2008	11.6	13.2	13.7	13.4	13.5	12.8	12.2	12.8	12.5	12.3	12.1	11.5	12.6
Fontibón 1999	10.7	11.9	12.3	12.4	12.4	11.5	10.9	10.7	10.9	11.0	11.1	10.0	11.3
Puente Aranda 1999	10.8	12.3	12.4	12.5	12.5	11.8	11.3	11.3	11.5	11.3	11.3	10.4	11.6
Kennedy 2005	10.3	12.1	12.3	12.8	12.8	12.1	11.5	11.4	11.7	11.4	11.6	11.0	11.8
Carvajal 1997	10.6	12.5	12.7	12.8	12.9	12.1	11.8	11.6	11.9	11.5	11.5	10.7	11.9
vitelma 2005	8.2	10.4	10.2	10.7	11.0	9.8	9.5	9.6	9.2	9.3	9.9		9.8
San Cristóbal 2009	9.7	11.4	12.2	11.8	11.8	11.1	10.6	10.7	11.0	11.0	10.7	9.9	11.0
Usme 2005					10.5	9.4	9.1	9.0	8.9	9.1	9.5		9.4

Tabla 46: Amplitud térmica de las estaciones de la RMCAB.

Estación	Guaymaral 2m	Usaquén	Suba	Las ferias	Parque Simón Bolívar	Zona Industrial - Estación Móvil	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal	Vitelma	San Cristóbal	Usme
Amplitud	11	8.1	5.8	8.5	10.5	6.8	7.2	6.8	6.9	8.6	7.3	6.1	6.9

El promedio histórico muestra que la amplitud térmica en Bogotá no supera los 11°C. A continuación se presenta los valores de temperatura para cada trimestre de las estaciones RMCAB.

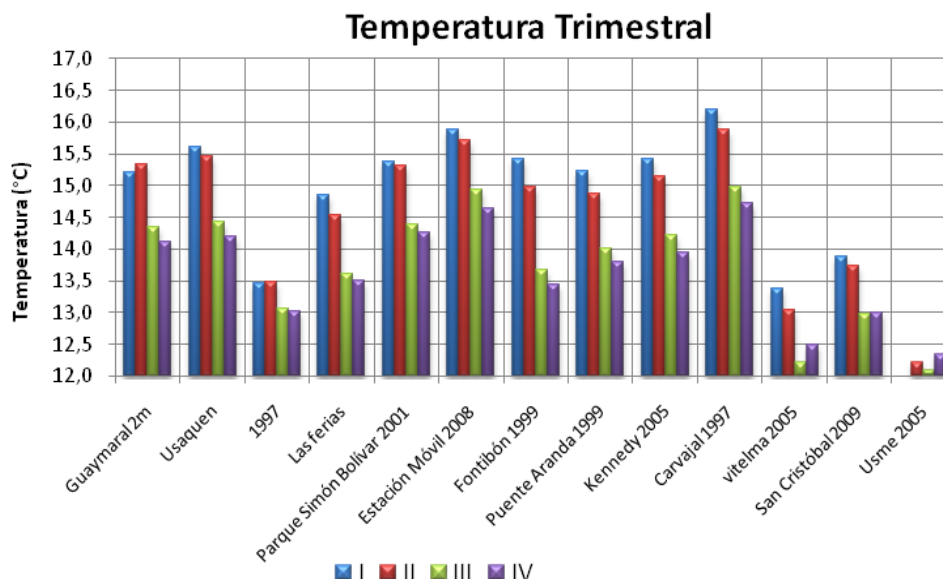


Figura 86. Gráfica de la temperatura promedio de los 4 trimestres para cada una de las estaciones de la RMCAB en el 2010. Fuente RMCAB.

El mapa de la Figura 87 muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de temperatura para el año 2010 sobre esta superficie. Cada isoterma está separada cada 0.5°C una de la otra. En ella se puede observar que los dos sectores con menor temperatura se encuentran al sur de la capital y un pequeño sector de la localidad de Suba. Los mayores promedios se encuentran cercanos a las fronteras de las localidades Puente Aranda, los Mártires Antonio Nariño y Tunjuelito, representados por la estación de Carvajal y en el oriente de la localidad de Usaquén, representada por su estación.

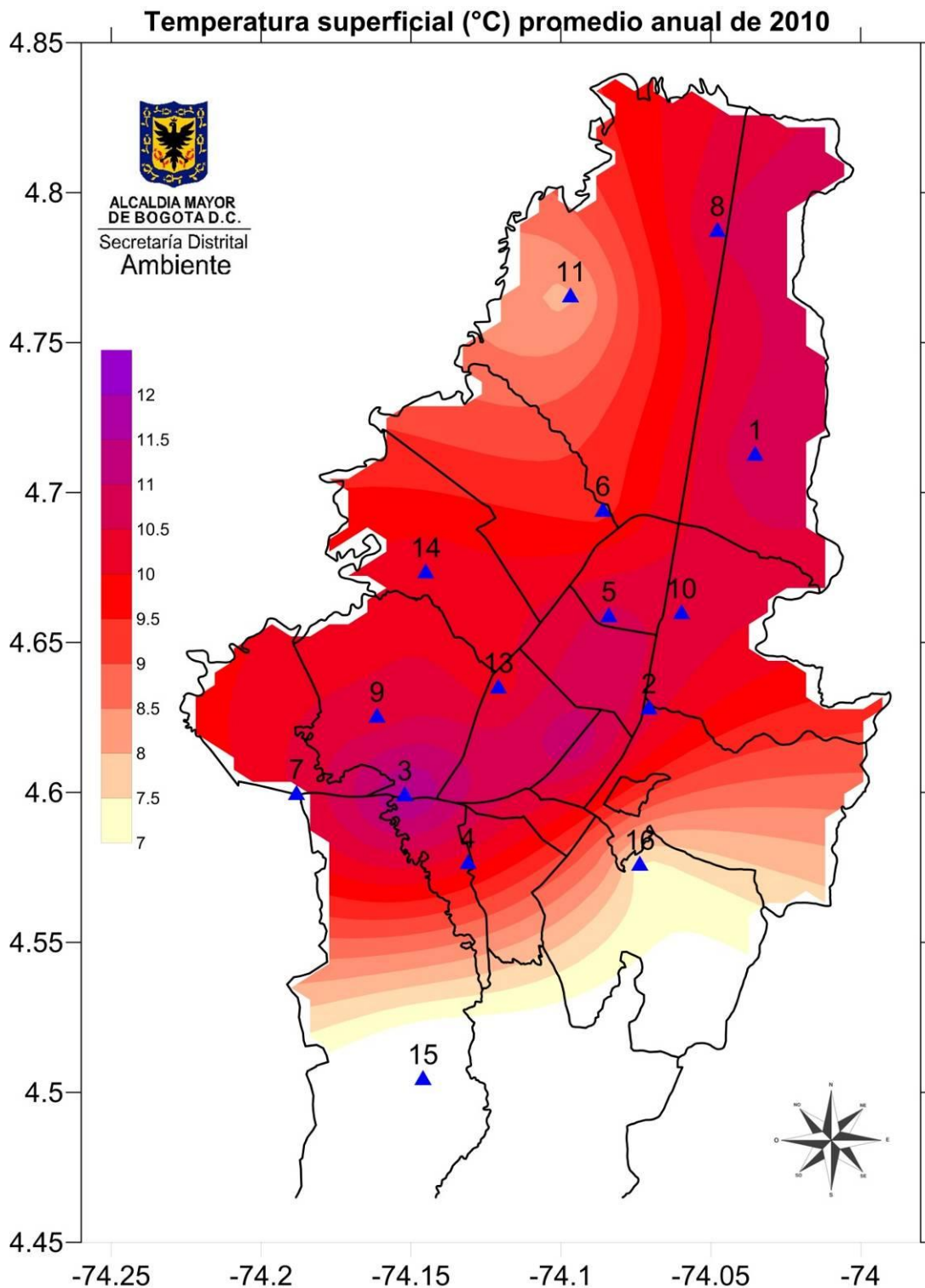
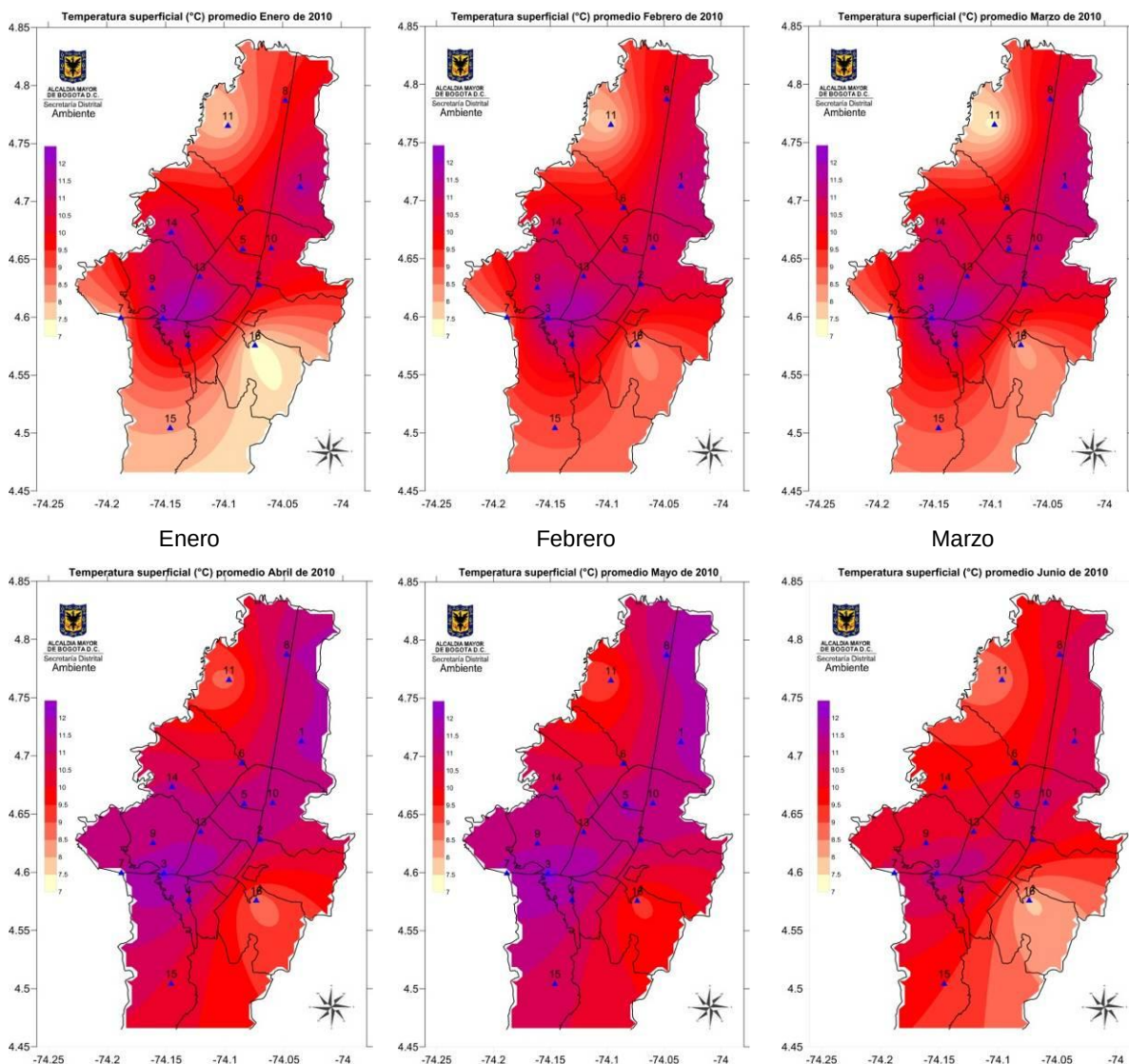


Figura 87. Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 88 presentan la temperatura sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del año 2010 en los cuales se observa la evolución mensual en las distintas localidades de Bogotá. El primer semestre se caracterizó por temperaturas altas y el último semestre por temperaturas más bajas.



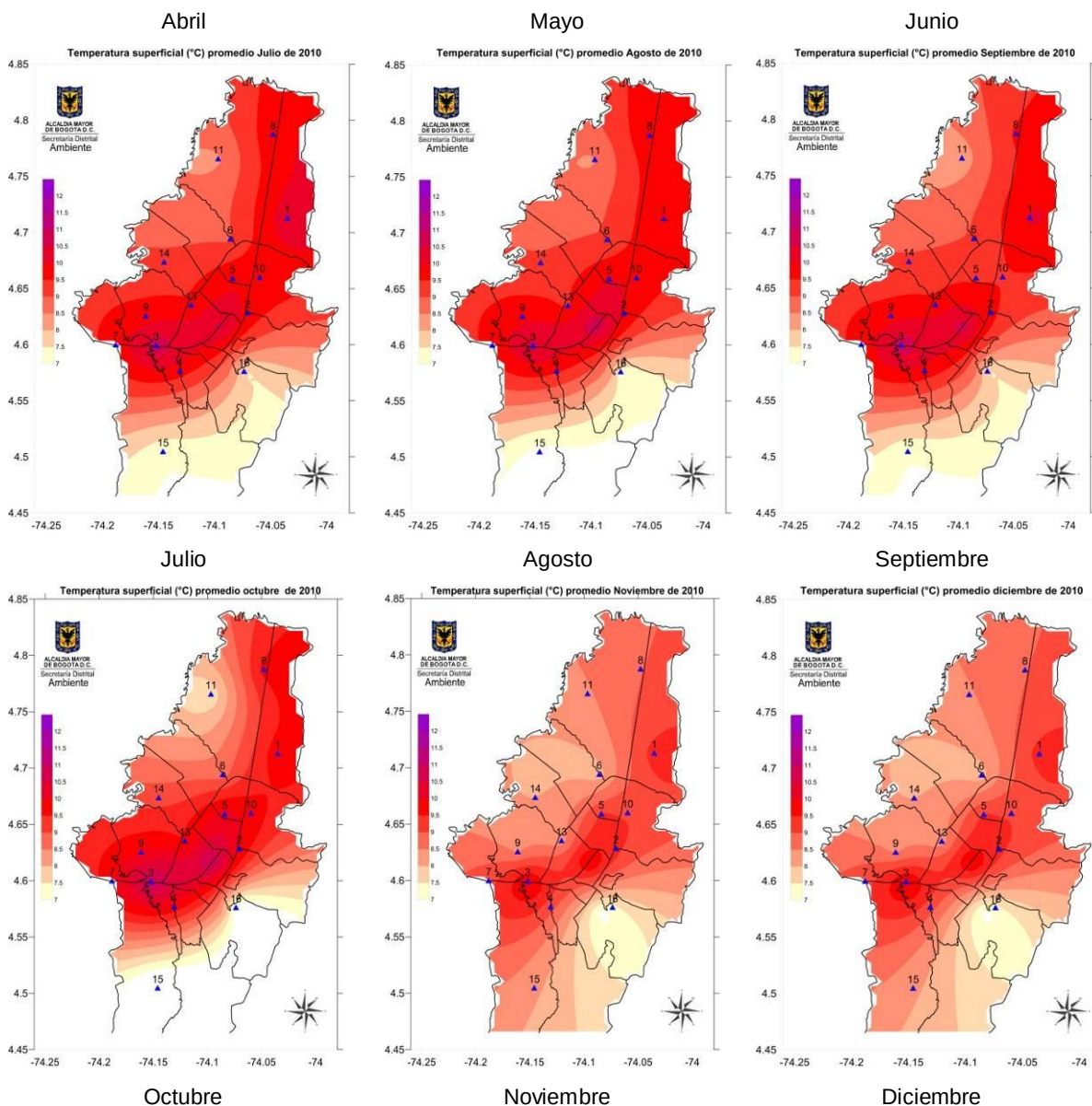


Figura 88. Temperatura promedio mensual para el año 2010.

De igual manera se presentan los mapas de temperatura máxima y mínima promedio del 2010 de las estaciones de la RMCAB. La Figura 89 muestra estas temperaturas las cuales se registran en horas de la tarde y en horas de la madrugada respectivamente y su seguimiento permite detectar zonas con susceptibilidad de heladas y/o alto consumo de energía, entre otros.

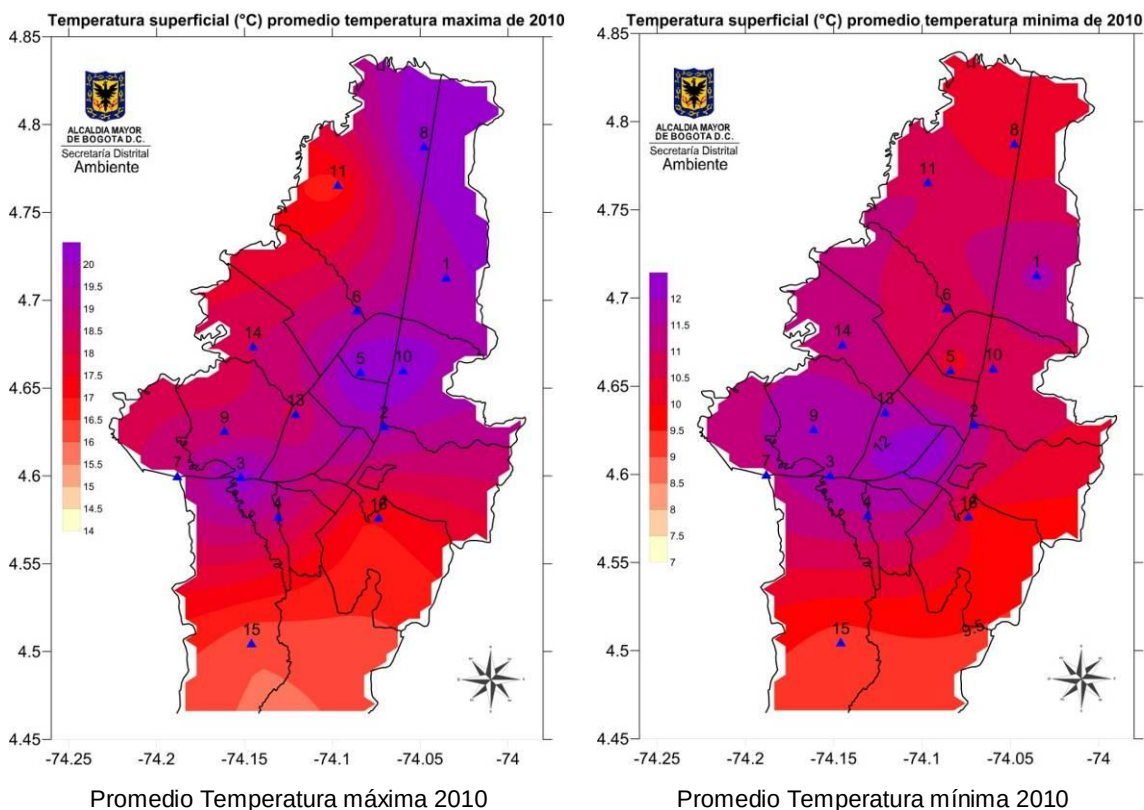


Figura 89. Temperatura máxima y mínima de las estaciones de la RMCAB.

La Figura 89 muestra que los valores mas altos de temperaturas para máximas y mínimas se observaron en el sector central de la ciudad,. El sector de Suba presentó las mayores temperaturas máximas con cerca de 20°C mientras que las temperaturas mínimas tuvieron su valor mas bajo al extremo norte y sur de la ciudad.

3.4. Radiación solar

La radiación solar que llega a la Tierra está expresada por la magnitud irradiancia, que mide la intensidad de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir cuatro tipos de radiación¹⁶:

- Radiación directa. Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

¹⁶ Definiciones http://www.solarpedia.es/index.php/Radiación_solar

- b. Radiación difusa. Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.
- c. Radiación reflejada: La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.
- d. Radiación global: es la suma de las tres radiaciones.

La radiación solar global se puede apreciar en la Figura xx, la cual muestra los valores promedio de 2006-2009 de radiación mensual para todas las estaciones de la RMCAB que miden esta variable (Tabla 35) y su comparación con el promedio de radiación global en cada uno de los meses del primer semestre de 2010. Las condiciones que actúan de manera general en la radiación global dependen de:

- La Distancia tierra-sol. Hay que tener en cuenta que a mediados del año la distancia tierra-sol es mayor (afelio) y por lo tanto llega menos radiación a la superficie de la tierra, mientras que, a principios del año, en el perihelio, la tierra está más cerca al sol, por lo que llega mayor radiación.
- La Nubosidad. En los meses en los que se registra menor radiación, se presenta la primera temporada de lluvias, la cual está asociada a un incremento generalizado de la nubosidad. (IDEAM)

Se puede observar en la Figura 90 que la tendencia de la radiación en los últimos meses del año 2010 fue de disminuir en su acumulado con respecto al periodo histórico de referencia, la Tabla 47 muestra la variación porcentual de la radiación con respecto al periodo de referencia

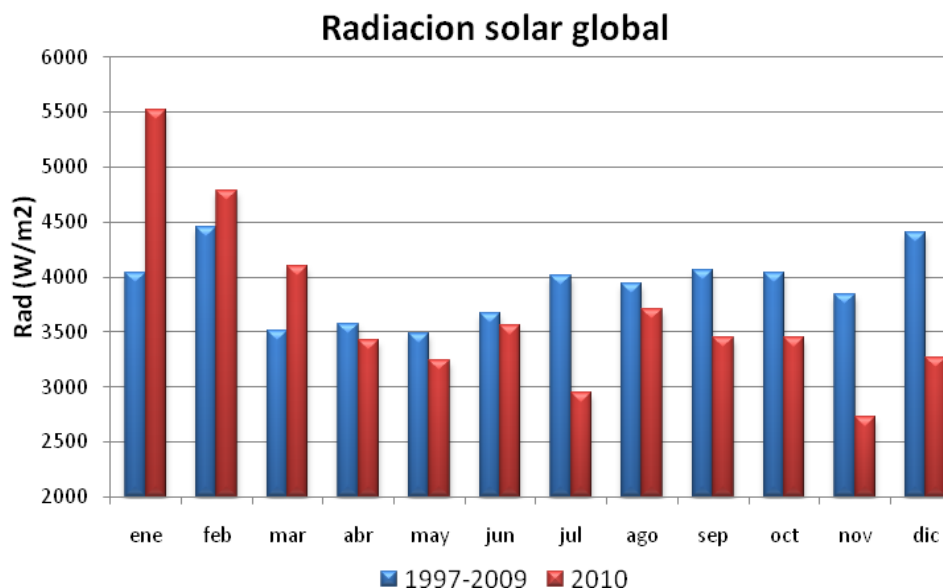


Figura 90. Gráfica de la radiación solar global mensual de las estaciones de la RMCAB en el periodo 2006-2009 y su comparación con el trimestre JAS de 2010. Fuente RMCAB

Tabla 47. Variación Porcentual de la la radiación solar global mensual promedio de Bogotá.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
36.7%	7.3%	16.6%	-3.9%	-7.0%	-3.1%	-26.6%	-5.9%	-15.2%	-14.6%	-29.0%	-25.8%

La Figura 91 muestra el comportamiento entre la radiación solar global horaria para el año 2010 y el promedio en el periodo 1997-2009. El comportamiento estuvo levemente menor de los valores esperados luego de las 10 de la mañana.

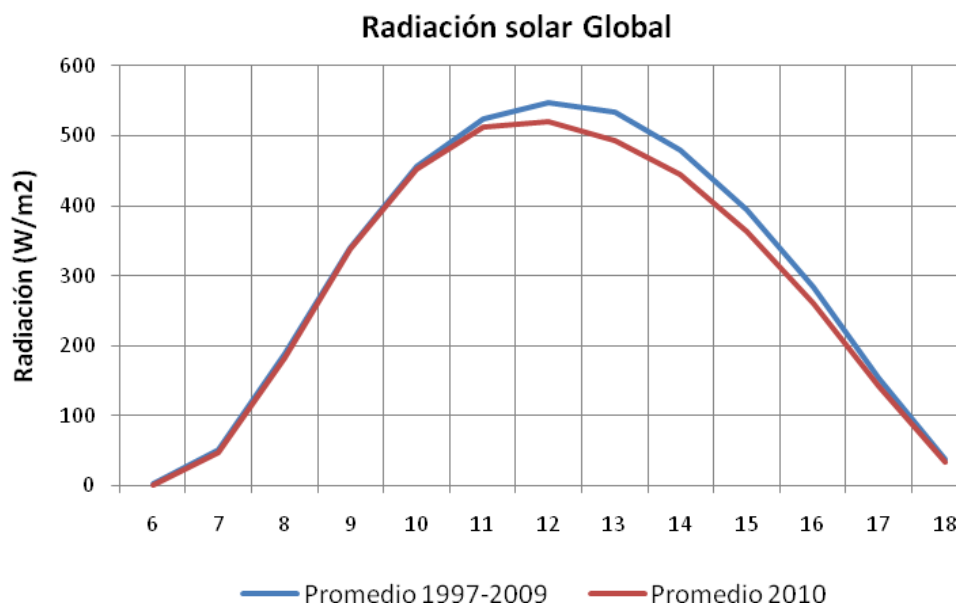


Figura 91. Gráfica de la radiación solar global horaria de las estaciones de la RMCAB en el año 2010 y el promedio 2002-2009. Fuente RMCAB

Las radiaciones globales registradas por cada una de las estaciones de la RMCAB que miden esta variable () mostraron un comportamiento similar a excepción de la estación de Guaymaral la cual registró valores más altos de radiación solar global en los primeros meses del año. Esto se observa en la Figura 92, la cual muestra gráficas de radiación en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas corresponden a los meses, las ordenadas a las horas y la escala de colores representa la magnitud de la radiación. Así, los promedios en la mayoría de estaciones fueron similares. Se puede observar que la radiación solar global ha disminuido en lo corrido de este año presentando su menor magnitud el mes de mayo, desde entonces se presenta un crecimiento de los valores sin alcanzar el mes más fuerte del año que corresponde a enero. Se observa un leve aumento de radiación en todas las estaciones entre julio y agosto en horas de la tarde en especial en la estación de Tunal.

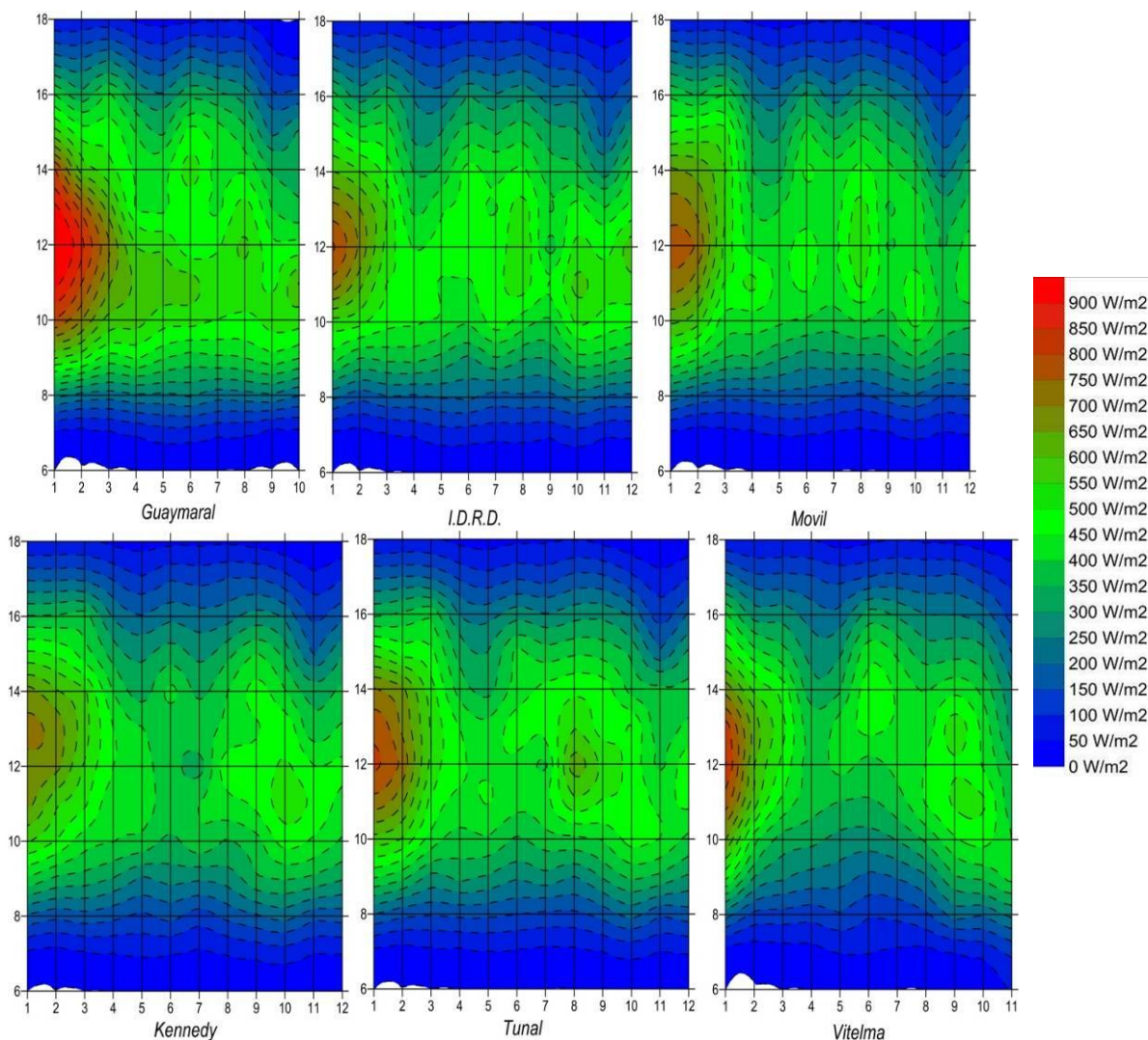


Figura 92. Gráfica de la radiación solar global para cada hora en el trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

3.5. Presión Atmosférica

El peso del aire de la atmósfera ejerce una presión sobre la superficie de la tierra. Esta presión es conocida como presión atmosférica. Generalmente, cuanto más aire hay sobre una zona más alta es la presión, esto significa que la presión atmosférica cambia con la altitud a razón, en las capas atmosféricas más bajas, de un (1) mm Hg cada 10 metros (ó un (1) mb ó hpa cada ocho (8) metros). Para compensar esta diferencia y facilitar la comparación entre localizaciones con diferentes altitudes, la presión atmosférica es normalmente ajustada a la equivalente al nivel del mar. Este ajuste es conocido como presión barométrica, es decir, la presión barométrica es la presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión

atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables como la situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas. Debido a la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental.

Los datos de presión atmosférica se registraron en las estaciones meteorológicas mostradas en la Tabla 35. La ciudad de Bogotá está situada en la sabana del mismo nombre, sobre el altiplano cundiboyacense (Cordillera Oriental de los Andes) y presenta mayor altitud en su parte oriental junto a los cerros, cuyo clima está influenciado por la convección producto del ascenso forzado de masas de aire, entre otros. Aunque el tiempo actúa de manera considerable en los valores de presión, en general se observan variaciones entre las estaciones debidas a la diferencia que hay entre la altitud y el fenómeno de marea barométrica que produce dos crestas y dos valles en el comportamiento diario. Las estaciones que miden la variable de presión presentaron un comportamiento regular según su ubicación, tal como se observa en la Figura 93 .

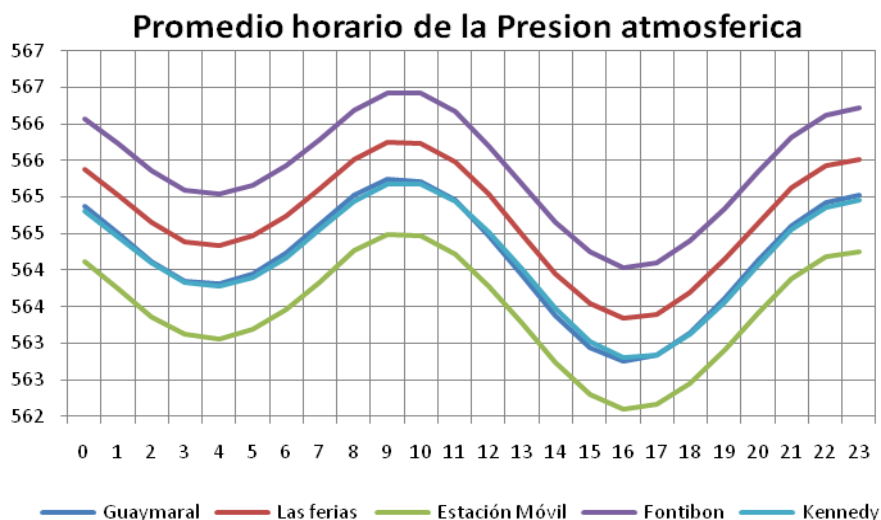


Figura 93. Gráfica de la Presión barométrica para cada hora en el trimestre JAS de las estaciones de la RMCAB para el año 2010. Fuente RMCAB

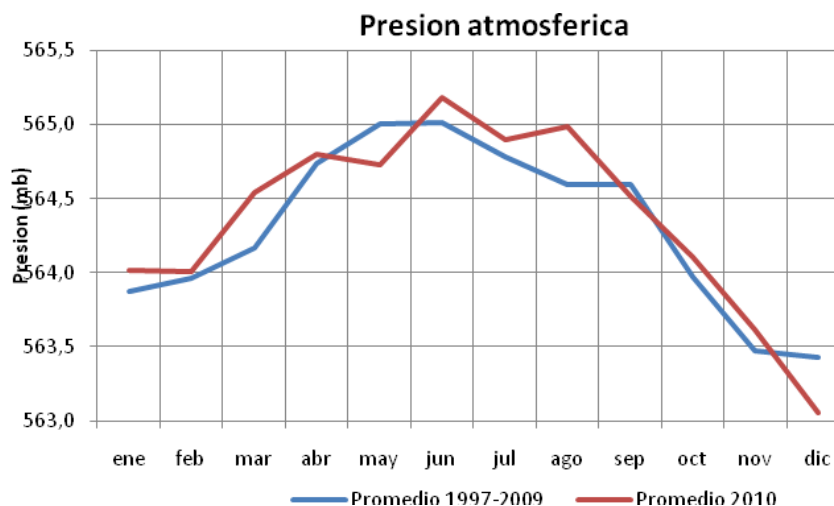


Figura 94. Presión atmosférica mensual de las estaciones de la RMCAB. Fuente RMCAB.

La Figura 94 muestra la presión atmosférica discriminada mensualmente, se observa la monomodalidad característica para la ciudad de Bogotá y que en general para el año 2010 la presión estuvo por encima del promedio histórico exceptuando los meses de mayo, septiembre y diciembre. El cuarto trimestre presenta el menor valor de presión con respecto a los trimestres anteriores de 2009, 2009 y 2010, como se observa en la Figura 95

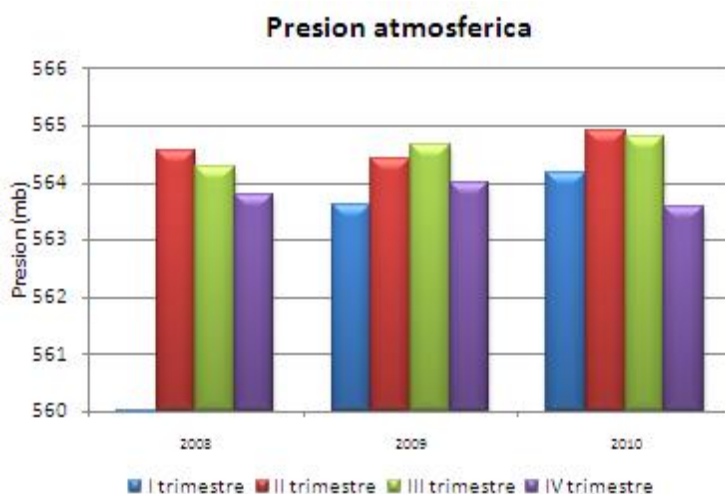


Figura 95. Comparación de la presión en los trimestres para cada estación de la RMCAB. Fuente RMCAB

3.6. Humedad Relativa

La humedad de una masa de aire no depende de la cantidad de agua por metro cúbico que contenga, eso es la humedad absoluta y obedece a la evaporación, sino de la capacidad del aire para absorber agua. Esta capacidad depende de la temperatura del aire, puesto que esta absorción de agua necesita energía calorífica. A esta capacidad se le llama humedad relativa y se mide en tantos por ciento. Para una misma humedad

absoluta, la humedad relativa aumenta cuando desciende la temperatura. Para el clima lo más interesante es la humedad relativa ya que una masa de aire saturada, o cercana a la saturación, es una masa de aire húmeda y por ejemplo, las plantas pueden aprovechar su agua; mientras que de una masa de aire seca no, aunque tenga mayor humedad absoluta.

La humedad relativa fue monitoreada por las estaciones meteorológicas como se describió en la Tabla 35. En la Figura 96 puede notarse que la humedad relativa en el año 2010 fue similar al promedio 1997-2009 después del segundo trimestre, considerando la relación de la temperatura con esta variable (Figura 83) tal como se mencionó anteriormente.

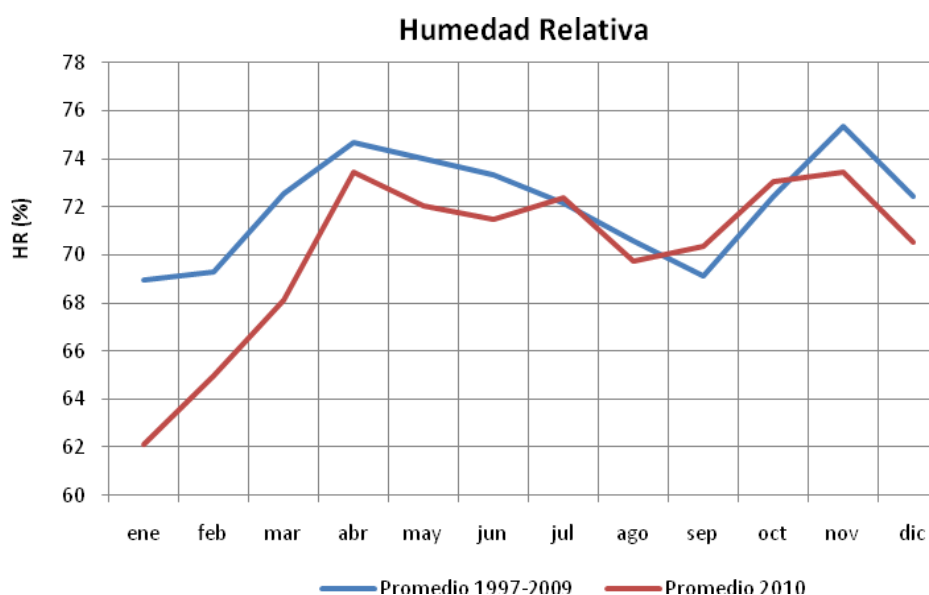


Figura 96. Humedad relativa mensual media del periodo 1997-2009 y su comparación con los meses del 2010. Fuente RMCAB

La disminución de humedad relativa el año 2010 con respecto al promedio en el periodo 1997-2009 se observa en Tabla 48. Como se puede observar en la Tabla 48, los promedios de humedad relativa están por encima del año 2009, y por debajo del 2008. Considerando que la media de humedad relativa de Bogotá es del 72% (IDEAM), se concluye que únicamente el primer trimestre del año estuvo por debajo del promedio, esto debido a que aparte del periodo seco característico del trimestre, el fenómeno del niño disminuyó de manera considerable la humedad al aumentar la temperatura.

Tabla 48. Porcentaje de variación de la humedad relativa con respecto a los promedios de los meses históricos

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
-9,9%	-6,2%	-6,1%	-1,7%	-2,7%	-2,5%	0,4%	-1,2%	1,8%	0,8%	-2,5%

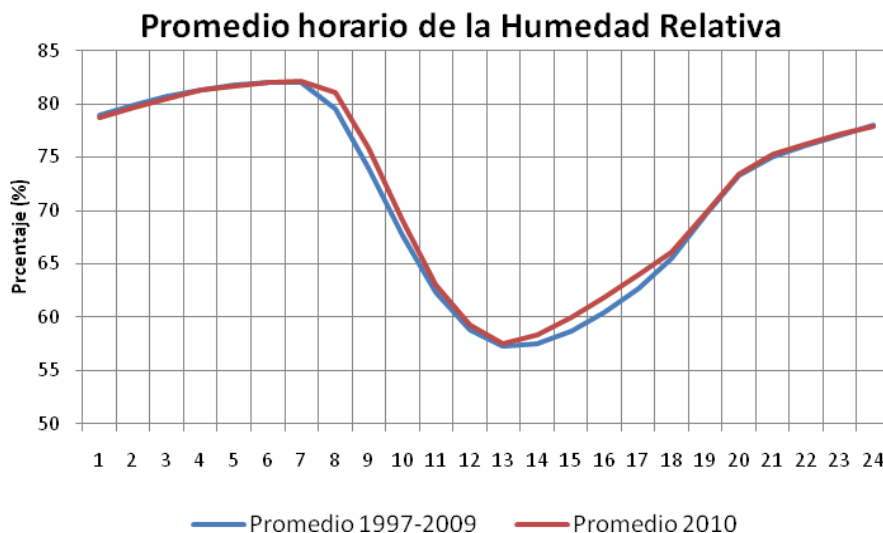


Figura 97. Promedio horario de la humedad en el periodo 1997-2010 y su comparación con el año 2010.

El comportamiento horario de la humedad relativa varía de acuerdo a la incidencia de la radiación solar y de la temperatura entre otros, evidenciándose los datos máximos en horas de la madrugada cuando se observa la mayor estabilidad atmosférica y los valores mínimos en horas de la tarde, cuando la temperatura es máxima. Esto se observa en la Figura 97, en donde se nota que la humedad horaria no fue significativamente distinto al promedio histórico.

La Figura 98 muestra gráficas de la humedad relativa en escala horaria para cada uno de los meses del año 2010, de tal manera que el eje de las abscisas muestra los meses, el eje de las ordenadas las horas y la escala de colores representan la magnitud de la humedad. Se observa un período de disminución de la humedad entre las 7 y las 18 horas, luego aumentan hasta alcanzar la humedad similar a la registrada en las primeras horas del día. El comportamiento de la humedad de 2010 estuvo levemente por debajo del promedio del histórico de la RMCAB, la diferencia entre la humedad es mayor en horas de la madrugada y se disminuye en horas de la tarde. La estación de Vitelma, por su ubicación en una zona rural presenta los porcentajes mayores de humedad seguido de la estación de Guaymaral y el Parque Simón Bolívar, en contraste con la Zona Industrial - Estación Móvil y Las Ferias que presentan magnitudes significativamente menores.

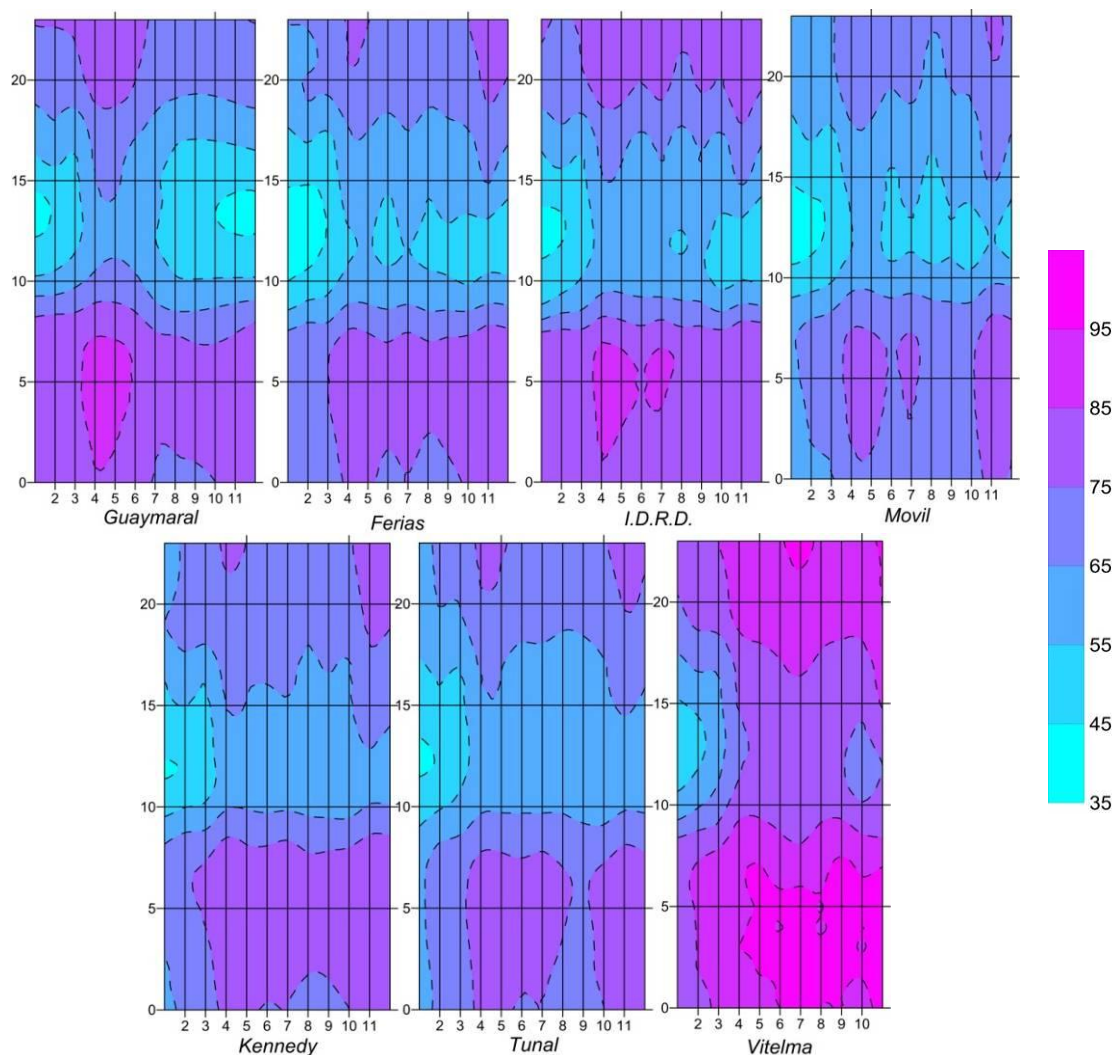


Figura 98. Gráfica de la humedad relativa para cada hora en año 2010 de las estaciones de la RMCAB.
Fuente RMCAB

Como se puede observar en la Figura 99 y Figura 100, la distribución espacial de la humedad relativa se comportó de acuerdo a las condiciones de temperatura y precipitación descritas anteriormente. Este mapa muestra la ciudad de Bogotá, la distribución de las estaciones geográficamente y la interpolación de los promedios de humedad relativa para el trimestre de JAS de 2010 sobre esta superficie. Cada isohuma está separada en 4% una de la otra. En ella se puede observar que el sector con menor humedad relativa de la capital se encuentra en la localidad de Puente Aranda sobre gran parte del sector oriental y central de la ciudad. Los mayores promedios se encuentran en las localidades de San Cristóbal y Santa Fe, y al sur de la ciudad.

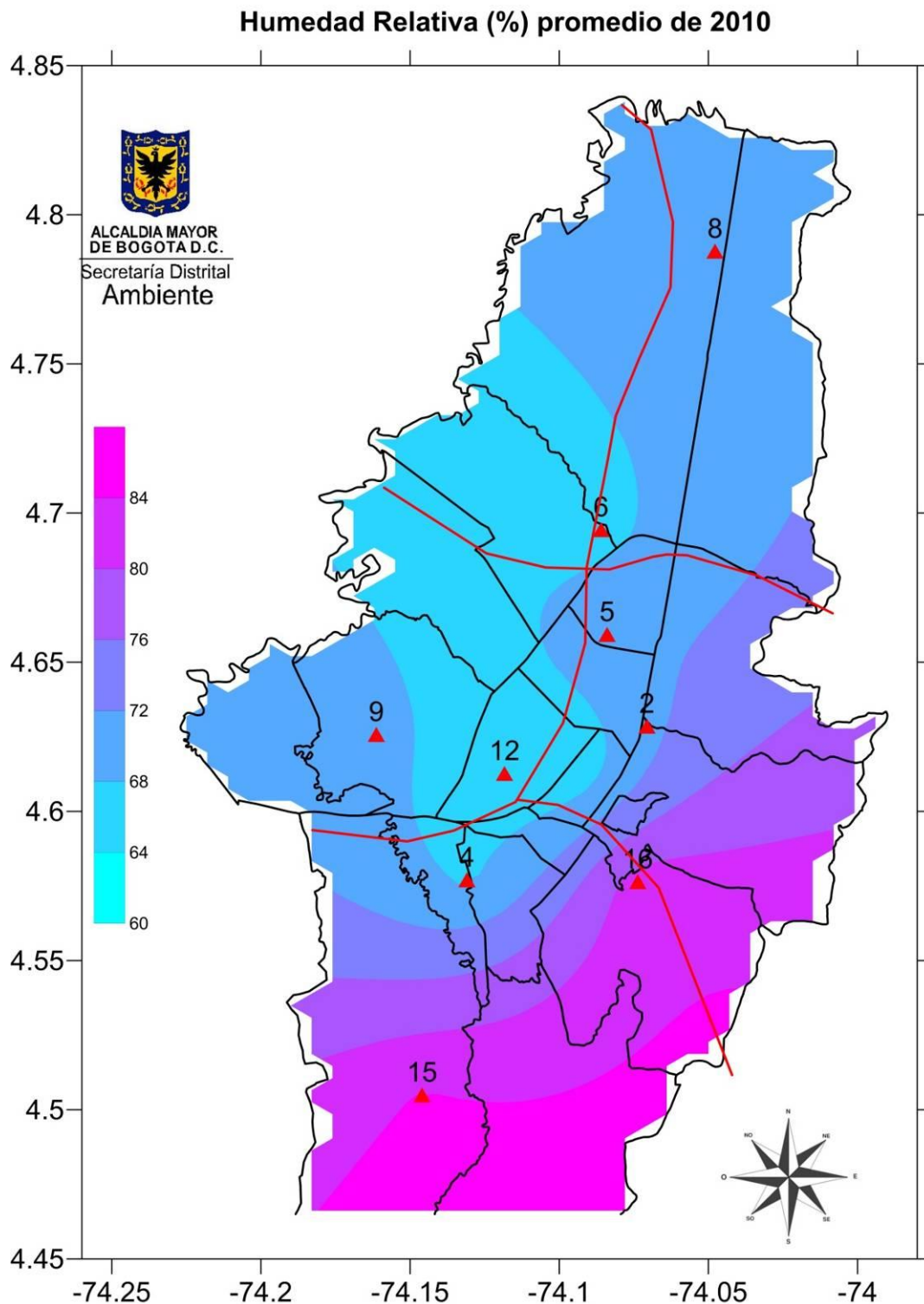
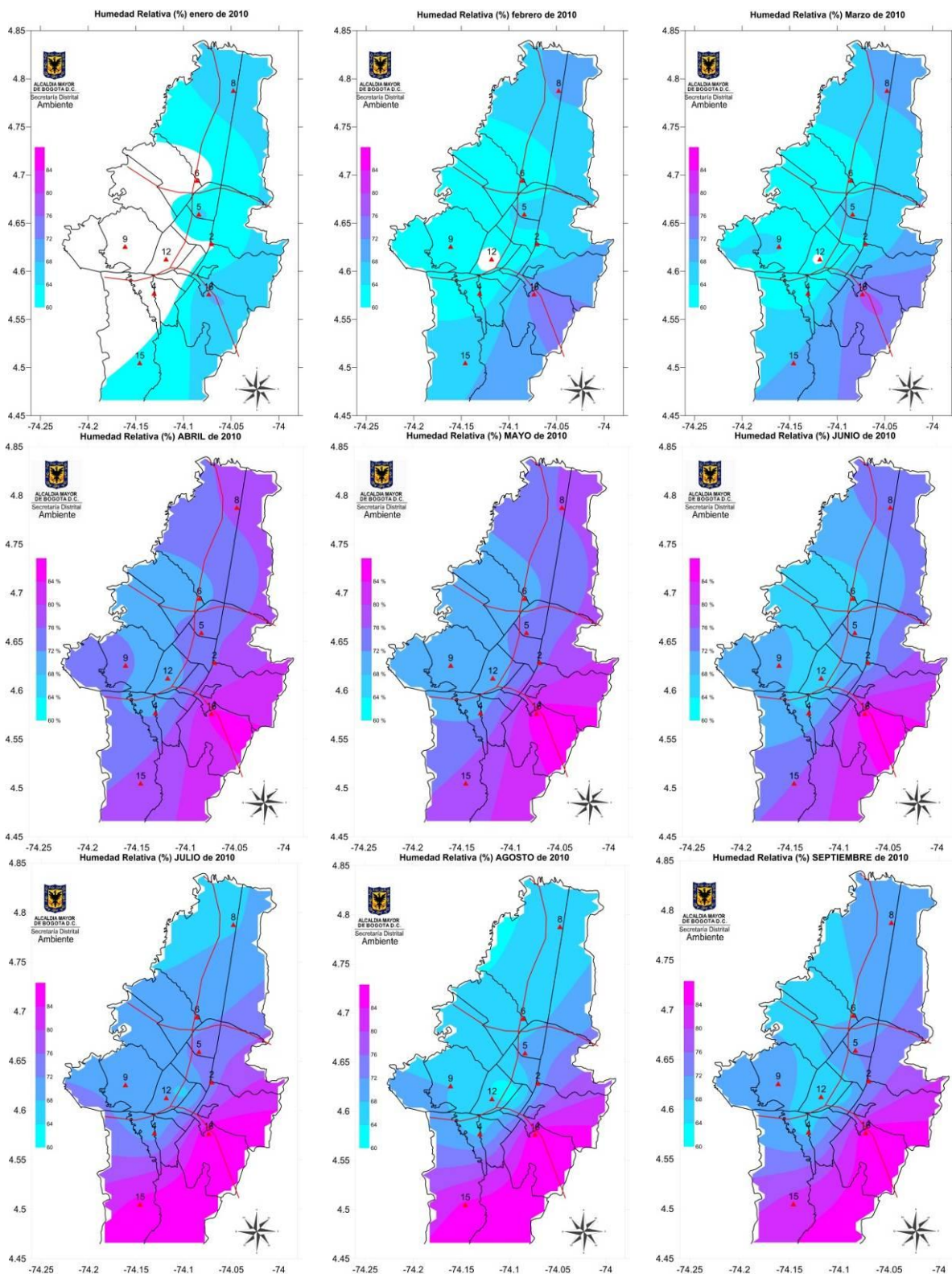


Figura 99. Mapa de humedad relativa de las estaciones de la RMCAB para año de 2010. Fuente RMCAB



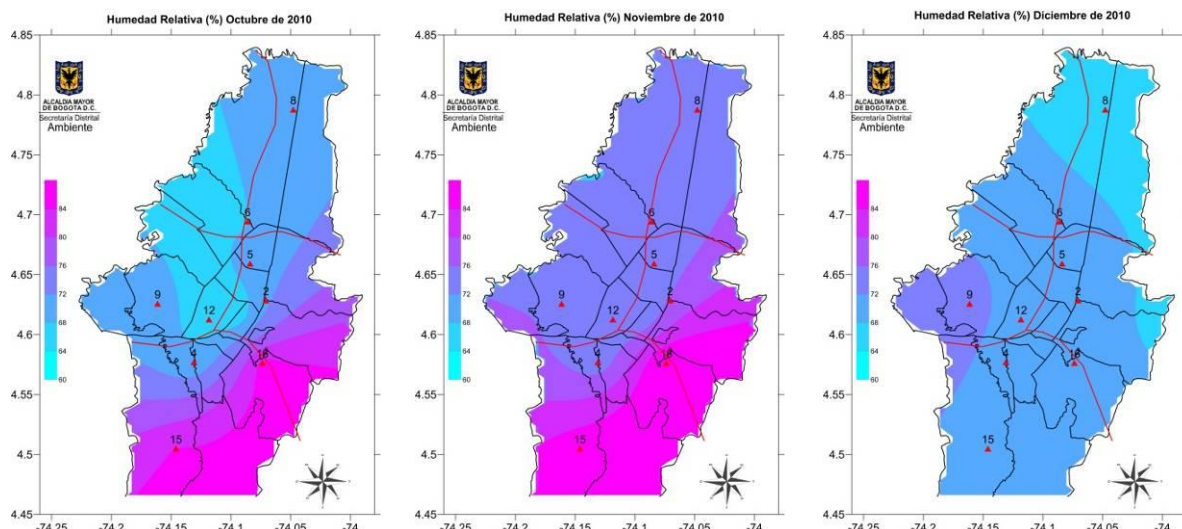


Figura 100. Mapas de humedad relativa media de las estaciones de la RMCAB para los meses de 2010.
 Fuente RMCAB

Los mapas de la Figura 100 presentan la humedad relativa sobre la ciudad de Bogotá en cada mes del año 2010 en los cuales se observa la evolución de esta variable. En julio las localidades de Suba, Puente Aranda, Engativá, Fontibón y parte de Kennedy se comportaron como el periodo más seco en contraste con la localidad de San Cristóbal con magnitudes altas. El mes de agosto disminuyó la humedad en toda la ciudad a excepción del sur, aumentando levemente en el mes de septiembre en el occidente de Bogotá.

4. Análisis compuesto para Variables meteorológicas y de contaminantes

La presente sección realiza un acercamiento entre las variables meteorológicas y de contaminantes utilizando los datos correspondientes a las estaciones de Parque Simón Bolívar y Kennedy serie horaria para las variables meteorológicas de temperatura (TEMP), humedad relativa (HR) y velocidad de viento (VV), para contaminantes NO₂, O₃, SO₂ y PM₁₀ en el horario de 6:00 a 20:00 en el año 2009. Se decidió no incluir los datos de 21:00 a 5:00 a.m., ya que las variables meteorológicas suelen ser mucho más bajas que los que se presentan durante el periodo analizado y pueden generar un grupo de temperaturas o velocidades de viento bajas que no siempre mostrará una relación con los contaminantes, además que las emisiones en ese horario cambian.

4.1. Tablas de contingencia y análisis de variables continuas

Las tablas de contingencia muestran el valor de la frecuencia con la que se presentan las combinaciones posibles entre variables categóricas. Como regla general las mediciones meteorológicas y de contaminantes se registran como variables continuas, sin embargo es posible crear variables categóricas ordinales creando grupos dentro de las variables registradas. Una forma común de crear grupos en análisis meteorológicos es utilizando terciles¹⁷, manejando estos grupos como variables categóricas (p. ej. Si durante un mes la menor temperatura presentada en una estación fue 6 C y la máxima 18, la división por terciles implica agrupar los datos en tres grupos de 6 C a 10 C, de 10 C a 14 C y de 14 C a 18 C, donde seguramente el número de datos agrupado en cada categoría van a ser diferentes).

Así, se generaron variables categóricas ordinales a partir de los terciles de cada una de las series cuyos límites se presentan en la Tabla 49 y Tabla 50

Tabla 49. Límites para los terciles de las variables estación Parque Simón Bolívar año 2009.

Percentiles	NO2	O3	SO2	NO2	PM10	TEMP	HR	VV
Mínimo	0,5	0,6	0,3	0,5	1,0	3,7	17,2	0,4
0,33	11,9	9,7	3,4	11,9	18,0	15,1	57,2	2,3
0,66	24,8	22,0	6,6	24,8	45,0	18,2	71,4	3,9
Máximo	137,0	81,3	39,5	137,0	221,0	24,2	90,1	7,7
Desviación	15,9	12,8	4,6	15,9	29,0	3,0	12,9	1,4

¹⁷ Dividir un grupo de datos continuo en tres intervalos iguales.

Promedio	21,7	17,4	6,0	21,7	37,5	16,6	63,7	3,2
----------	------	------	-----	------	------	------	------	-----

Tabla 50. Límites para los terciles de las variables estación Kennedy año 2009.

Percentiles	TEMP	HR	VV	SO2	PM10
Mínimo	6,8	16,9	0,4	0,1	26,0
0,33	14,9	57,0	2,5	2,5	68,5
0,66	17,2	70,4	4,0	4,3	97,0
Máximo	22,4	90,1	7,6	40,4	471,0
Desviación	2,4	12,6	1,4	3,9	42,4
Promedio	16,0	63,2	3,2	4,4	92,0

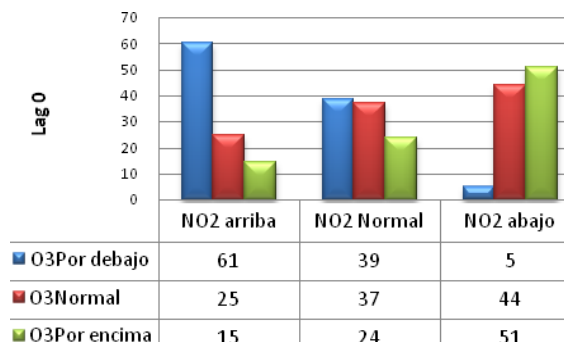
Los casos se determinan así:

Tabla 51. Etiqueta de los casos para cada variable categórica

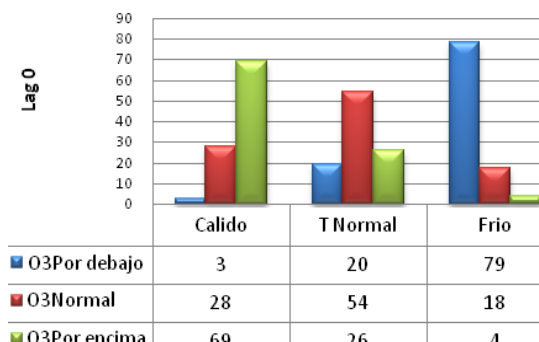
Variable Explicativa		Variable explicada	
3	Por debajo	-1	Por debajo
6	Normal	0	Normal
9	Por encima	1	Por encima

4.1.1. Resultados:

Se presentan a continuación cada uno de las probabilidades empíricas considerando las variables mencionadas anteriormente para la estación del Parque Simón Bolívar



(a) NO2 - O3



(b) Temperatura-O3

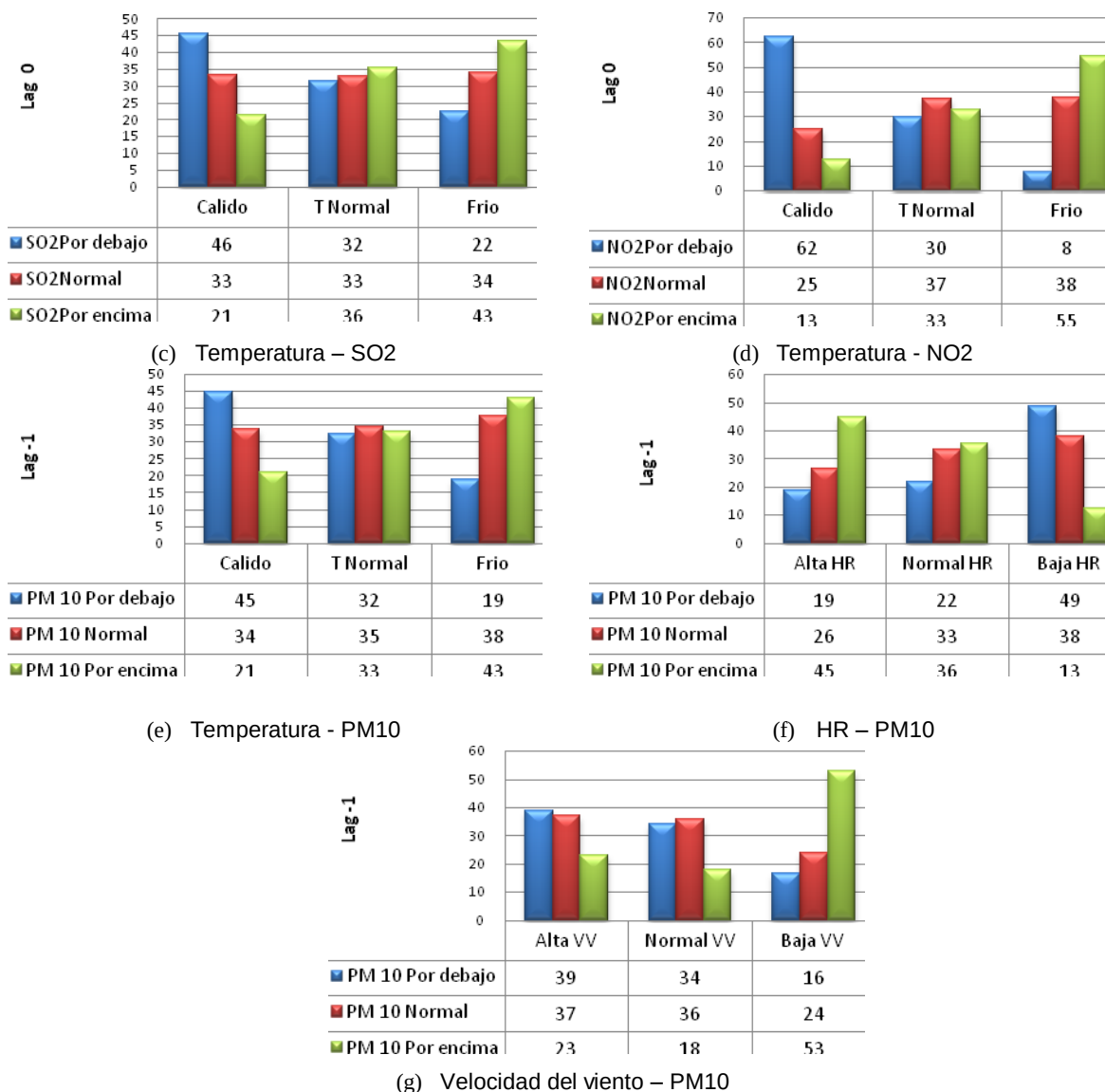


Figura 101. Resultados del análisis compuesto para la estación de Parque Simón Bolívar

Este análisis cuantitativo muestra que cuando las temperaturas son “cálidas” es más probable que las concentraciones de NO2 se ubiquen en rangos bajos, PM10 y SO2 se ubiquen en los grupos bajos y medios, mientras el ozono muestra concentraciones en rangos altos.

Cuando la humedad relativa se encuentra en grupos altos, el PM10 también se encuentra en esos niveles, en contraste a velocidades de viento clasificadas en el tercil bajo, el PM10 tiene alta probabilidad de ubicarse en niveles altos.

Para corroborar estadísticamente las relaciones entre variables meteorológicas y contaminantes, se tomaron los datos utilizados en la generación de las tablas de contingencias y se aplicaron pruebas Chi-cuadrado y correlaciones de Pearson, la primera

prueba la independencia entre variables y la segunda el grado de correlación y su proporcionalidad.

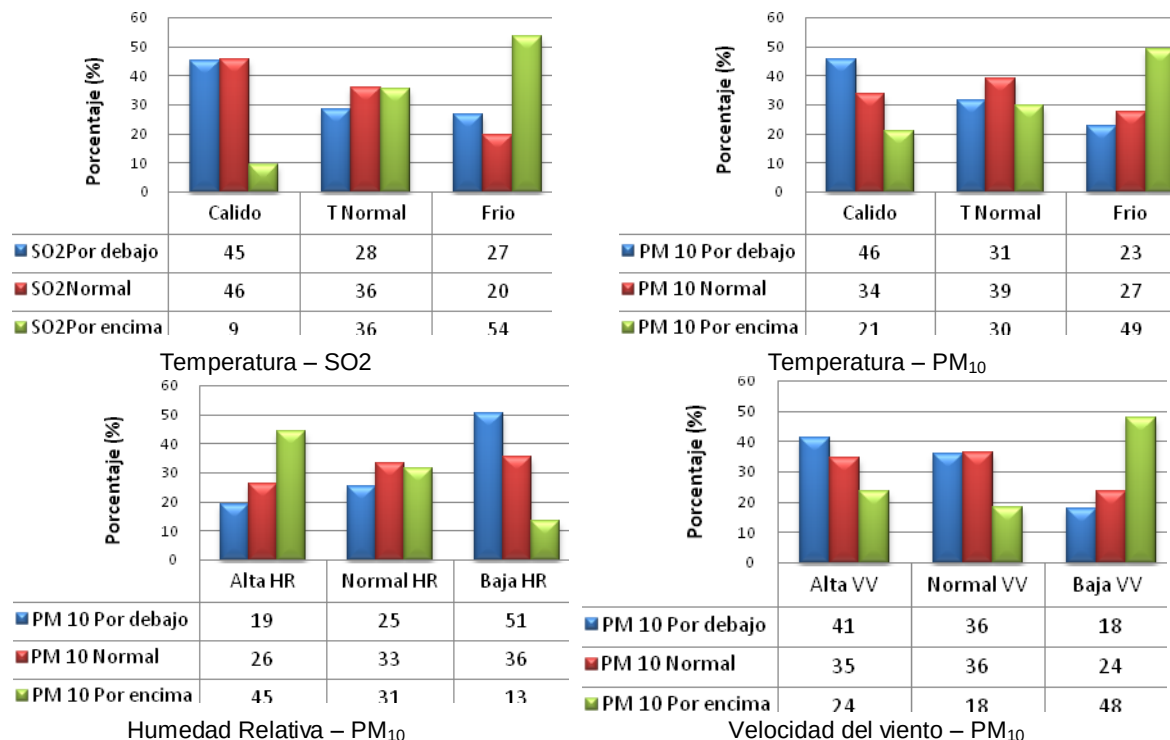


Figura 102. Resultados del análisis compuesto para la estación de Kennedy

La Figura 102 presenta las tablas de contingencia y gráficos de probabilidad empírica de ocurrencia para las variables descritas en la Tabla 50. Se observa que la temperatura explica el comportamiento del SO₂ y PM₁₀ con probabilidades altas y se observa la dependencia de cada una de las variables. Así, se observa que el 54% de las oportunidades en que la temperatura estuvo por debajo de 14.9 C, el SO₂ se encontró por encima de 4.3 ppb. Cuando la temperatura estuvo por encima de 17.2 C, el PM 10 tendió estar por debajo de 68.5 ppm, esto ocurrió en un 49% de los casos; si la humedad relativa estuvo por debajo de 57%, el PM₁₀ se encontró por encima de 97ppm en un 51% de los casos analizados y por último si la velocidad del viento disminuyó encontrándose por debajo de 2.5 m/s, el PM₁₀ aumento quedando por encima de 97 ppm en un 48% de los casos.

GLOSARIO

Aire: Es el fluido que forma la atmósfera de la tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica.

Aire cero: Es el aire sometido a un proceso de depuración por procedimientos artificiales. Se utiliza para diluir mezclas de concentración conocida de gases de referencia durante el proceso de calibración o para ajustar el cero a los equipos de monitoreo, la purificación del aire se realiza para eliminar contaminantes que alteren las concentraciones de las mezclas o la respuesta al cero de los equipos.

Agentes contaminantes convencionales: Se entiende por agentes contaminantes convencionales los *contaminantes primarios* (Monóxido de carbono, material particulado, óxidos de azufre e hidrocarburos) y *contaminantes secundarios* (ozono, Dióxido de nitrógeno).

Analizador: Equipo instrumental necesario para realizar en análisis del aire ambiente mediante el uso de las propiedades físicas y químicas y que da señales de salida cíclicas o puntuales.

Anemómetro: Instrumento utilizado para medir la velocidad del viento. Los dos tipos principales de anemómetros son los rotativos de cubeta y los de hélice.

Aseguramiento de la Calidad (AC): Sistema integrado de actividades administrativas entre las cuales se incluye la planificación, la implementación, la evaluación, la información y el mejoramiento de la calidad para asegurar que un proceso, producto o servicio sea del tipo y calidad necesaria y esperada por el cliente. [EPA].

Auditoria: Evaluación sistemática e independiente para determinar si las actividades relacionadas con el programa de calidad y sus resultados cumplen con las medidas planeadas, si esas medidas son adecuadas de acuerdo con los objetivos y si son implementadas en forma efectiva. [EPA].

Bandera: Registro generado por un equipo automático de monitoreo que permite identificar el estado del dato reportado.

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.

Bitácora: Libro en que se apuntan las actividades realizadas durante las visitas a las estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire.

Calibración: Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, sistema de medición o valores representados por una unidad de medida y los valores conocidos correspondientes a una medición.

Cilindro de gas patrón certificado: Es el recipiente que contiene un gas o mezcla de gases cuya composición ha sido medida y certificada por el fabricante.

Concentración de fondo: Fracción de la calidad del aire observado que no se puede relacionar directamente con las fuentes que se estudian.

Concentración de una sustancia en el aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones Normales para normas de calidad del aire y fuentes fijas: Las normas de emisión previstas en la presente Resolución están establecidas teniendo en cuenta las condiciones Normales a 298.15 K y 101.325 kPa.

Confiabilidad: Capacidad de un equipo o sistema de realizar su función de la manera prevista bajo condiciones indicadas.

Contaminación atmosférica: Es el fenómeno de acumulación de concentración de contaminantes en el aire.

Contaminantes: Son fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido gaseoso, causantes de efectos adverso en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales o de una combinación de estas.

Control de Calidad (CC): Sistema de actividades técnicas que mide los atributos y rendimiento de un proceso, producto o servicio con estándares definidos para verificar que ellos cumplan los requisitos establecidos por el cliente. Las técnicas y actividades operacionales usadas para cumplir con los requisitos de calidad. Sistema de actividades y chequeos para asegurar que los sistemas de medición sean mantenidos dentro de los límites prescritos a fin de proporcionar una protección contra las condiciones fuera de control y asegurar que los resultados sean de calidad aceptable. [EPA].

Datalogger: Dispositivo que sirve para almacenar información digital temporalmente.

Diagrama de caja (Box-Plot): Gráfica usada en análisis estadístico que permite tener una idea visual de la distribución de los datos, determinar si hay simetría, ver el grado de variabilidad existente y finalmente detectar datos atípicos.

Ecuación para la conversión de unidades: Para hacer la conversión de unidades de concentración de partes por millón (ppm) a microgramos por metro cúbico (g/m³) se aplicará la siguiente ecuación:

$$C[\mu\text{g}/\text{m}^3] = \frac{C[\text{ppm}] \times \text{PM}}{24.466} 10^3$$

Se adoptan las convenciones siguientes para efecto de la aplicación de la ecuación establecida en la presente definición:

$C[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ = Concentración dada en peso de un contaminante por unidad de volumen de aire en microgramos por metro cúbico.

$C[\text{ppm}]$ = Concentración por unidad de volumen de aire en partes por millón.

$\text{PM}[\text{kg}/\text{kmol}]$ = Peso molecular del agente contaminante conocido en kilogramos por kmol.

24.466 = Volumen de una kmol en m³/kmol a temperatura de 298.15 K y presión de 101.325 kPa

Episodio de contaminación: Es toda situación donde un contaminante alcanza niveles de concentración elevados en poco tiempo, de manera que puede afectar severamente la salud humana.

Equipo Para Calibración: Es el instrumento o conjunto de dispositivos que son patrón de referencia sobre el que se compara la operación de un equipo de medición.

Estabilidad atmosférica: Característica de la atmósfera que impide el movimiento vertical del aire.

Estación de monitoreo: Es el conjunto de equipos de medición de contaminantes atmosféricos primarios y/o de referencia y de medición meteorológica manuales o automáticos situados en posición estratégica dentro del diseño de una red.

Estándar de calidad del aire: Valores de concentración de contaminantes que han sido aprobados como límites a cumplir en una zona determinada.

Gas de calibración: Término comúnmente usado para describir cualquier gas (estándar primario o secundario) utilizado para calibrar.

Generador de aire cero: Dispositivo utilizado para generar aire cero.

Hidrometeoro: Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

Índice. Expresión numérica, de carácter adimensional. Obtenida de la fusión de varias variables ambientales mediante criterios de ponderación específicamente definidos.

Isohuma: Línea que une puntos con un mismo valor de humedad relativa sobre un plano.

Isotaca: Línea trazada en un mapa que une los puntos de igual velocidad del viento.

Isoterma: Es una línea trazada sobre un mapa con la que se unen puntos, donde la temperatura tiene el mismo valor.

Isoyeta: Es una línea trazada sobre un mapa con la que se unen puntos, donde se registra igual cantidad de precipitación.

Material particulado: Término general aplicado a partículas sólidas de dimensiones y origen diferentes, que generalmente permanecen suspendidas en un gas durante algún tiempo.

Media aritmética: Es la sumatoria de todos los datos a promediar. Dividida por el número total de datos.

Media Móvil: Se calcula del mismo modo que la media aritmética para un periodo de n datos, y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato y manteniendo siempre el número de datos correspondiente al periodo definido.

Método Equivalente: Es el procedimiento de medición y análisis señalado en la presente resolución, el cual puede producir resultados similares a los del método de referencia en la determinación de la concentración de una sustancia en el aire ambiente, y que es seleccionado para reemplazarlo.

Método de Referencia: Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, señalado en la presente resolución, que debe utilizarse para determinar la concentración de una sustancia contaminante en el aire ambiente y deberán realizarse bajo los estrictos parámetros técnicos.

Monitoreo: En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un período de tiempo.

Nivel Normal (Nivel I): Es aquel en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente o la salud humana.

Nivel de exposición: Concentración de un contaminante a la que está sometida la población en una zona determinada, en un momento determinado.

Nivel de Prevención (Nivel II): Es aquel que se presenta cuando las concentraciones de los contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente tales como irritación de las mucosas, alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias o efectos dañinos en las plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes.

Nivel de Alerta (Nivel III): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

Nivel de emergencia (Nivel IV): Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos.

Norma de calidad del aire o nivel de inmisión: Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias contaminantes o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio del Medio Ambiente, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

Norma anual: Establece la concentración máxima anual permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras diarias cuando se trata de contaminantes en estado gaseoso, o el promedio geométrico de los valores de las muestras diarias cuando se refieran a partículas suspendidas totales - PST.

Norma diaria: Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse solo una vez en un año.

Norma promedio horaria: Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas y 8 horas).

Obstáculo: Elemento que interfiere con la correcta toma de una muestra de aire que será analizada por un analizador automático de calidad del aire o con la correcta medición de un parámetro meteorológico.

Operaciones de puesta en marcha y parada: Toda operación realizada al poner una actividad, un elemento del equipo o un dispositivo en servicio o fuera de servicio, o ponerlo o sacarlo de un estado de reposo.

Precisión: Grado de concordancia existente entre los resultados independientes de un ensayo, obtenidos en condiciones estipuladas.

Promedio Geométrico: Es la raíz enésima del producto de todos los datos a promediar, Para su cálculo utilícese la siguiente ecuación:

$$G = (X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot \dots \cdot Xn)^{1/n}$$

Donde:

G = Promedio geométrico

X1, X2, X3,Xn = Todos los datos a promediar.

Protocolo: Plan escrito y detallado que permite realizar las actividades relacionadas con la operación de la red de manera organizada y repetida.

Protocolo de comunicación: Se trata de un conjunto de reglas que hace que la transmisión entre dos máquinas sea posible, bajo criterios de calidad, eficiencia y confiabilidad. Los protocolos se pueden clasificar como: orientados a bit, cuando ellos solos proveen la información necesaria para establecer y mantener activa una conexión; y orientado a byte cuando su estructura tiene conjuntos bits de control, datos e información de protocolo.

Rango crítico: Véase Rango de tolerancia

Rango de tolerancia: Nivel de concentración máxima de un contaminante, al cual se puede exponer una población por un periodo de tiempo dado, sin tener consecuencias nocivas para su salud.

Red automática de monitoreo de calidad del aire: Es el conjunto de instrumentos automáticos fijos de medición, utilizados para medir los contaminantes en el aire en forma simultánea y sistemática, con el fin de verificar la calidad del aire en una zona específica.

Repetibilidad: Grado de concordancia entre los resultados de pruebas independientes realizadas en una misma muestra en un período corto de tiempo por el mismo analista, usando el mismo método y equipamiento. [EPA].

Representatividad: Grado en que los datos caracterizan en forma exacta y precisa a una población, a las variaciones de un parámetro en el punto de muestreo, a las condiciones de un proceso o a las condiciones ambientales. [EPA].

Sensor: Dispositivo que detecta una determinada acción externa como temperatura, presión, entre otras y la transmite adecuadamente.

Sustancia: Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producido por la industria, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa.

Sustancias Peligrosas: Son aquellas que, aisladas o en combinación con otras, por sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al medio ambiente.

Toma-muestras: Conducto por el cual se transporta el gas a ser evaluado desde el aire ambiente hasta el equipo de medición.

Unidades: Las unidades más utilizadas son:

Nm³/h: Metros cúbicos por hora en condiciones Normales.

mg / Nm³: Miligramos por metro cúbico en condiciones Normales.

mg/m³: Miligramos por metro cúbico.

µg/m³: Microgramos por metro cúbico.

kg/h: Kilogramos por hora.

g/h: Gramos por hora.

ppm: Partes por millón.

Validación: Confirmación por medio de análisis y la provisión de evidencias objetivas de que se cumplen los requisitos particulares para el uso específico de un método. (Para calidad de aire, la validación incluye la revisión de cada aspecto del procedimiento de medición entre los cuales están la operación del método, Calibración de equipos y análisis de los datos).

ANEXOS

ANEXO 1. LOCALIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA RMCAB

La RMCAB está conformada por quince estaciones automáticas y una estación móvil, las cuales detectan en forma continua la concentración de los principales contaminantes en la ciudad y envían los datos a una central de datos en donde se evalúa la calidad de la información, se depura y se procesa. Posteriormente, se elaboran informes periódicos que incluyen el análisis de los datos y la verificación del cumplimiento de las normas de calidad del aire, para detectar las áreas o sectores que requieren atención prioritaria, en relación con los contaminantes que alcanzan concentraciones de interés.

A continuación se presentan los mapas de localización de las estaciones que conforman la RMCAB, señalando el primero los parámetros meteorológicos medidos en cada una de las estaciones y el segundo los parámetros contaminantes y las características de las zonas de influencia de las estaciones. Es importante resaltar que de éstas, existen dos estaciones que son: la No. 15 Usme y la No. 16 Vitelma, las cuales manejan únicamente las variables meteorológicas.

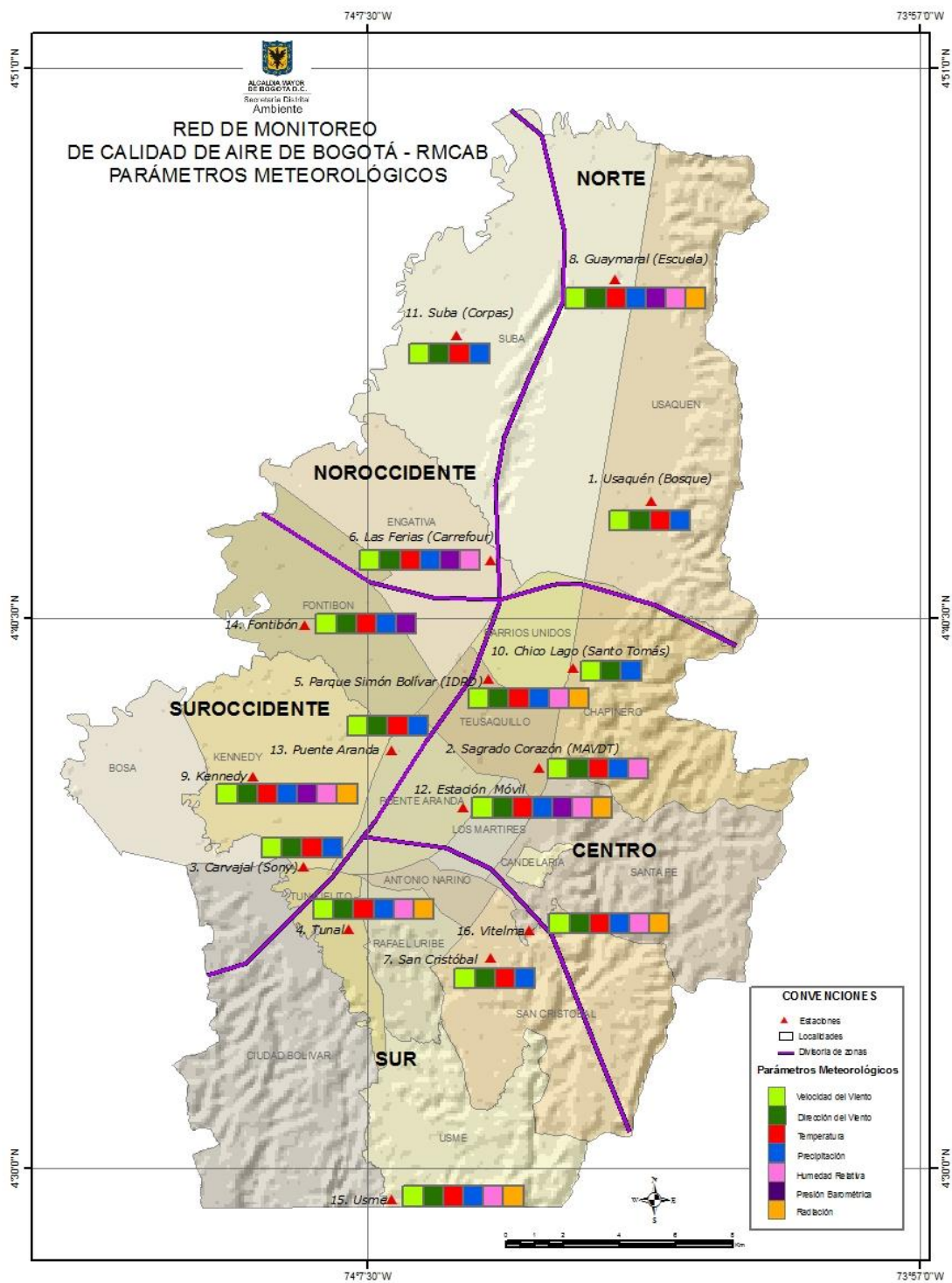


Figura 103. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB, sensores meteorológicos.

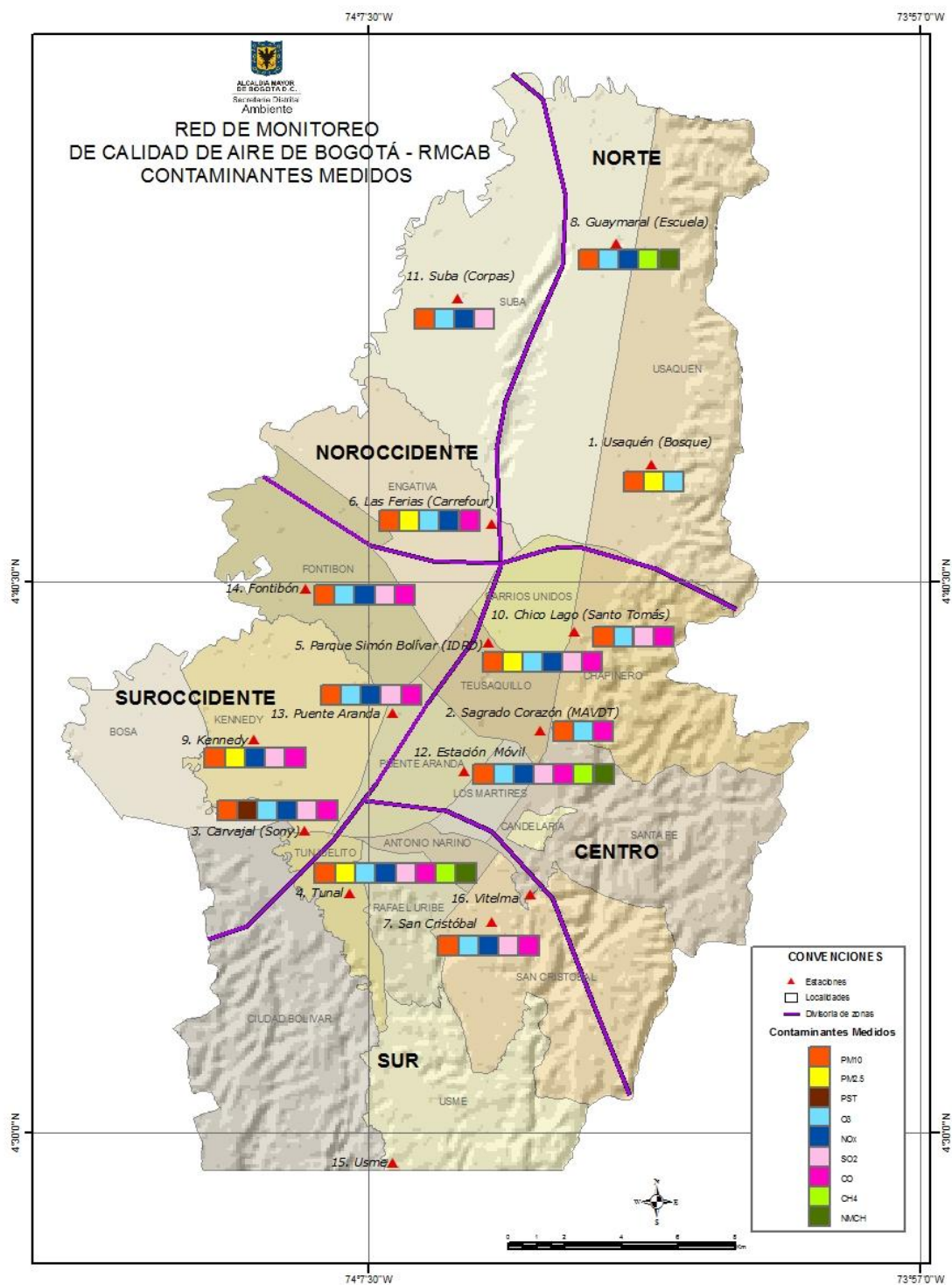


Figura 104. Ubicación geográfica de las estaciones de la RMCAB y analizadores de contaminantes

Tabla 52. Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

ZONIFICACIÓN DE LA RED DE CALIDAD DEL AIRE		
SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	Guaymaral (Escuela) Usaquén (Bosque)	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	Suba (Corpas) Las Ferias (Carrefour)	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Centro	Chico Lago (Santo Tomás) Parque Simón Bolívar (IDRD) Sagrado Corazón (MAVDT) Estación Móvil	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Suroccidente	Fontibón Puente Aranda Kennedy	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Sur	Carvajal (Sony) San Cristóbal Tunal Vitelma Usme	Alto tráfico vehicular, uso residencial. Comercial