# 1 INTRODUCCIÓN

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:

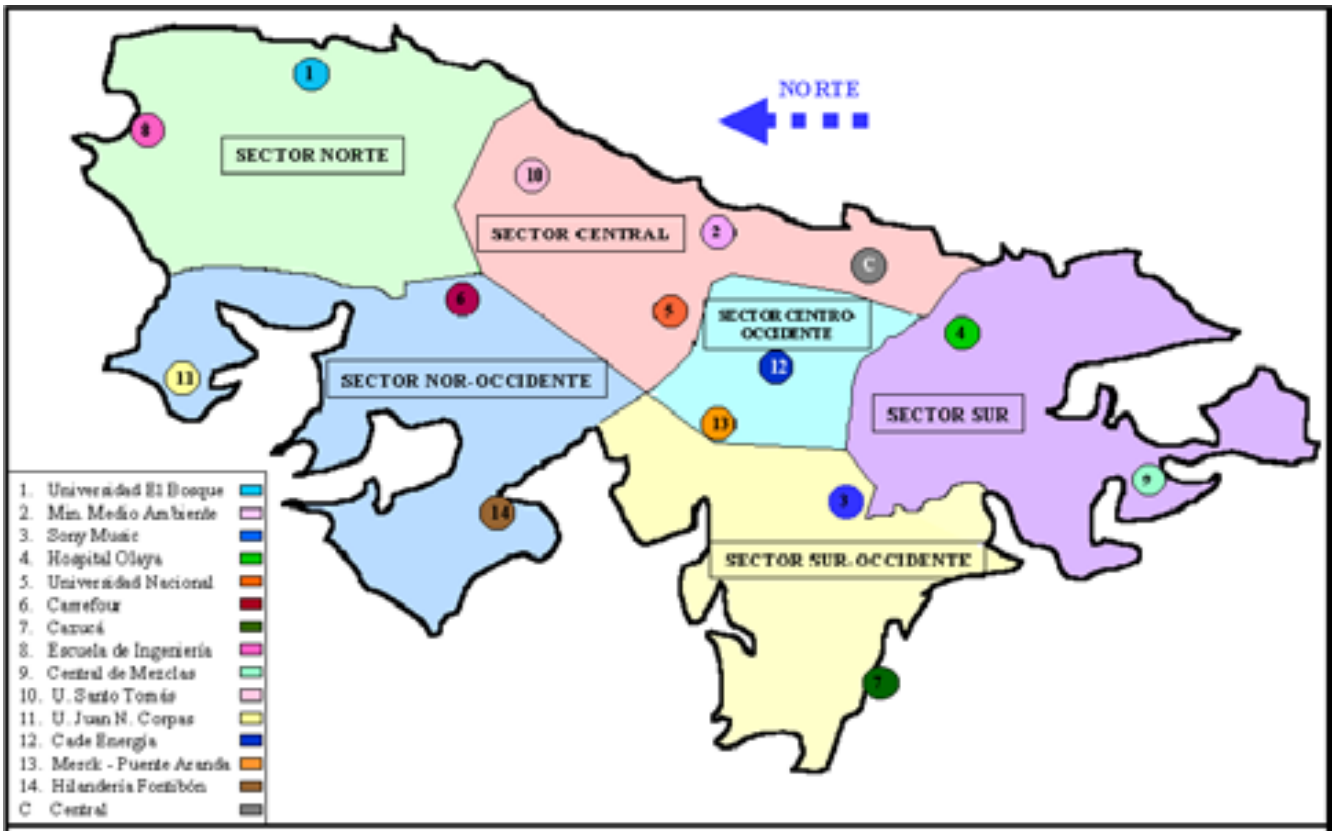
**TABLA 2.1 NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE**

| CONTAMINANTE | PERÍODO | NORMA | UNIDAD | FUENTE | COMENTARIOS |
|---|---|---|---|---|---|
| PARTÍCULAS, $PM_{10}$ | Anual | 65 | $\mu g/m^3$ | Res.391/01 DAMA | Promedio aritmético de las concentraciones medias diarias en 365 días |
| | 24 horas | 170 | $\mu g/m^3$ | Res.391/01 DAMA | Concentración promedio horaria en 24 horas |
| PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES, PST | Anual | 95 | $\mu g/m^3$ | Res.391/01 DAMA | Promedio geométrico de las concentraciones medias diarias en 365 días |
| | 24 horas | 340 | $\mu g/m^3$ | 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 |

# 3 CONFIGURACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

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 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 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.




MAPA 3.1 RED DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTA

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES

APCYTEL LTDA

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

RPCYTEL - SIRE

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

| ESTACION / CONTAMINANTE | No.1 U.BOSQUE | No. 2 MMA | No. 3 SONY | No. 4 H. OLAYA | No. 5 U. NACIONAL | No. 6 CARREFOUR-80 | No. 7 CAZUCA | No. 8 ESC.INGENIERIA | No. 9 C.MEZCLAS | No. 10 U.STO. TOMAS | No. 11 U. CORPAS | No. 12 CADE E. | No. 13 MERCK | No.14 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 (msnm) | 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 Bolivar | Suba | Ciudad Bolivar | Chapinero | Suba | Puente Aranda | Puente Aranda | Fontibón |
| DIRECCION | Trans 9 #133-95 | Calle 37 #8-40 | Auto Sur #61-40 | Carrera 10° | Inst Estudios | Calle 81 #68-50 | Calle 14 #6-54 | Autopista Norte | Autopista a Llano | Cra 9 #72-90 | 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 | 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 | | | | | | | | | | |
| FORMALDEHIDO | | X | | X | | | | | | | | | | |
| PRECIPITACION | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| DIRECCION VIEN. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| VELOCIDAD VIEN. | 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 VIEN | | | | | | | | X | X | | | | | |

Información General de cada Estación

Sensores de Calidad del Aire, según método, así

Absorción Espectrométrica Diferencial Optica

Muestreo Puntual Permanente

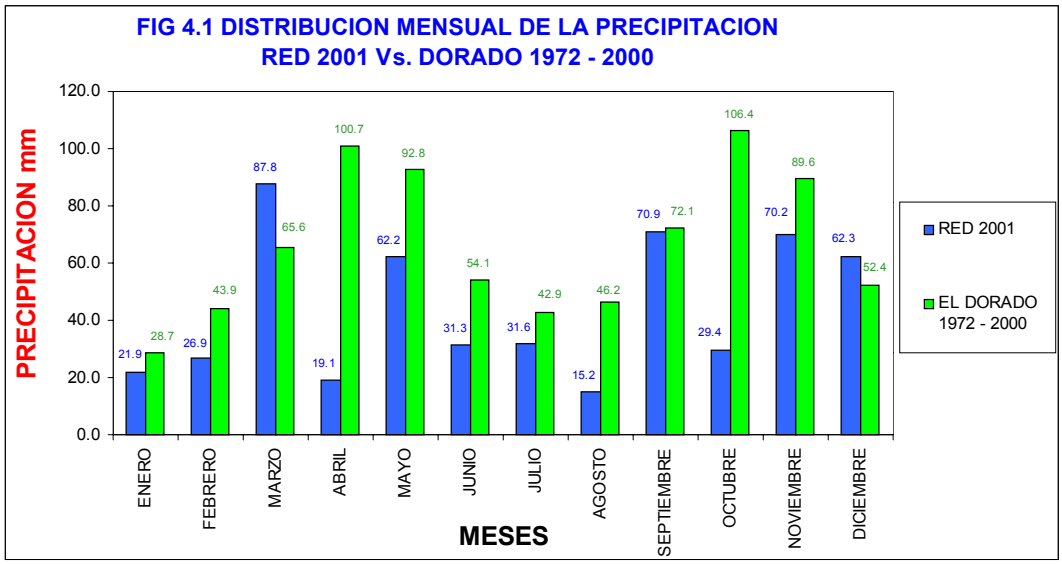
Sensores Meteorológicos

# 4 COMPORTAMIENTO METEOROLOGICO

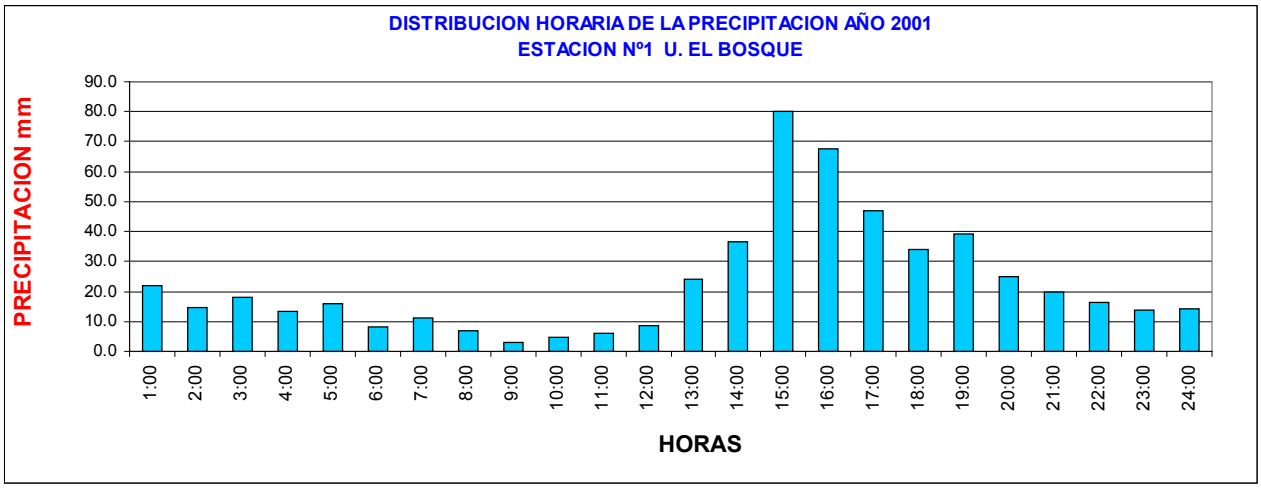
A continuación se presenta un breve análisis meteorológico realizado a partir de la información producida por las estaciones que conforman la red de calidad del aire de propiedad del DAMA. La información analizada corresponde al año 2001. Como referencia para la precipitación se ha tomado la serie histórica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

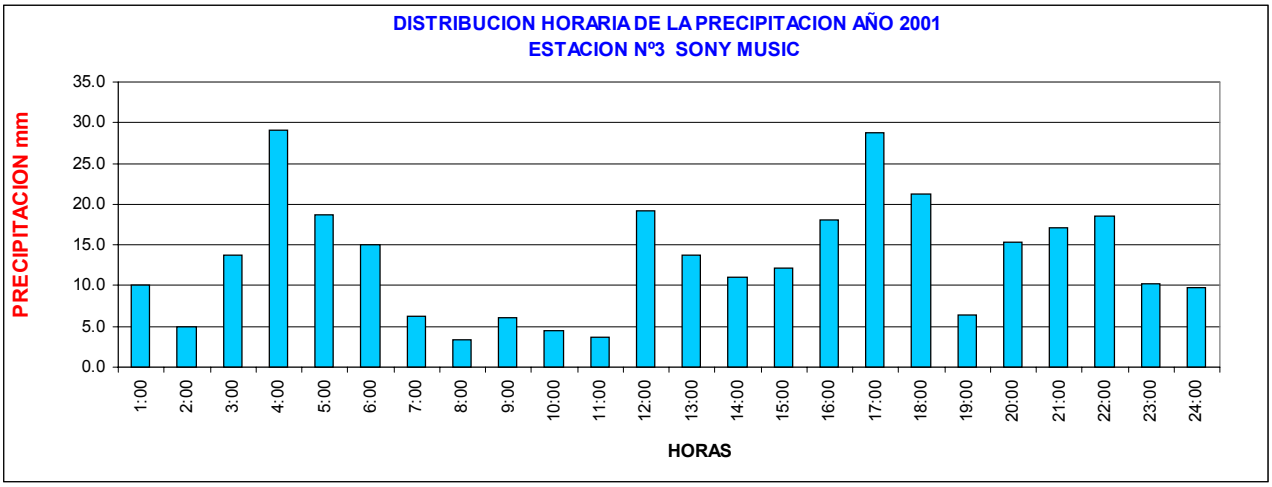
**PRECIPITACION:** La distribución anual de la precipitación en la ciudad (Histórico), presenta un comportamiento Bimodal con máximos en los meses de abril y octubre y mínimos en enero y julio. Para el año 2001 la precipitación media de la Red del DAMA representó el 64% de la precipitación media multi-anual 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%.

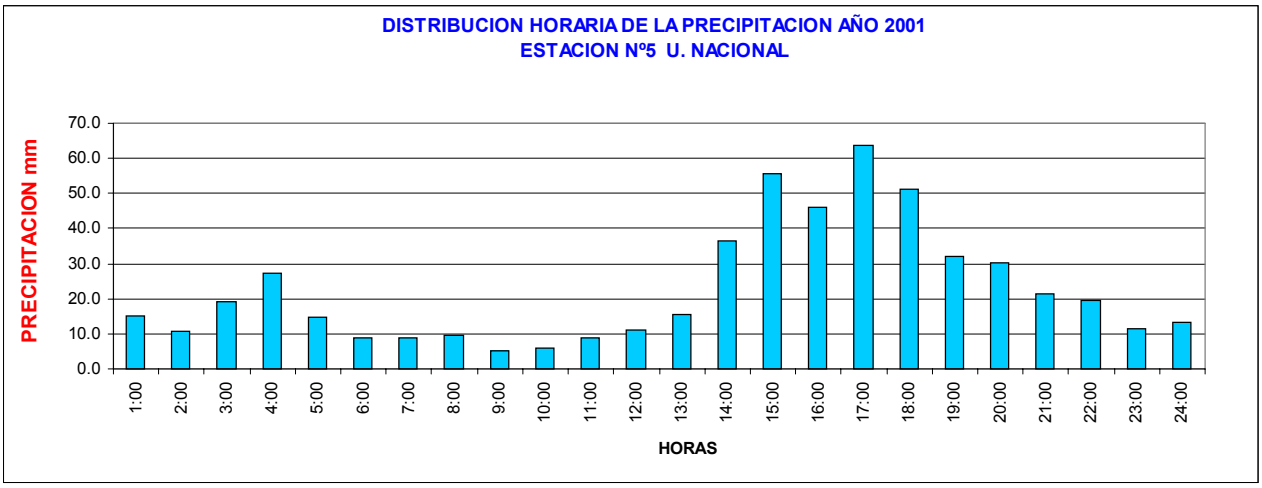
En la figura N° 4.1 se compara el comportamiento de la precipitación promedio de la red del DAMA con los promedios de la serie histórica de la estación Aeropuerto El Dorado. La figura Nº 4.2 representa la distribución horaria de la precipitación en tres estaciones de la Red: Universidad El Bosque (norte de la ciudad), Universidad Nacional (centro de la ciudad) y Sony Music (Sur-occidente de la ciudad). El mapa Nº 4.1 representa las isoyetas para el presente año.



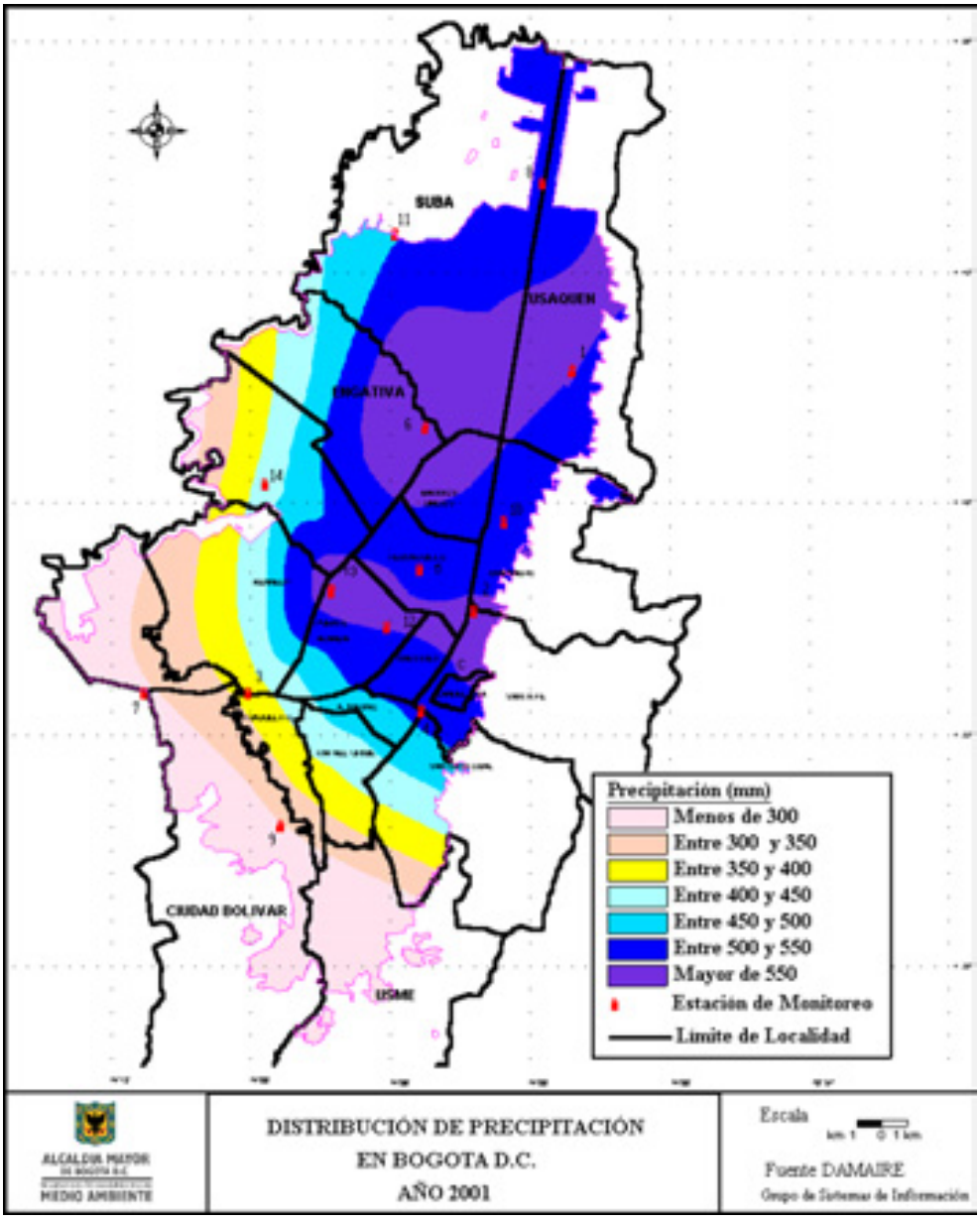
## FIG. Nº 4.2 DISTRIBUCION HORARIA DE LA PRECIPITACION PARA EL AÑO 2001 EN LAS ESTACIONES U. EL BOSQUE, SONY Y U. NACIONAL



**MAPA 4.1 ISOYETAS AÑO 2001**



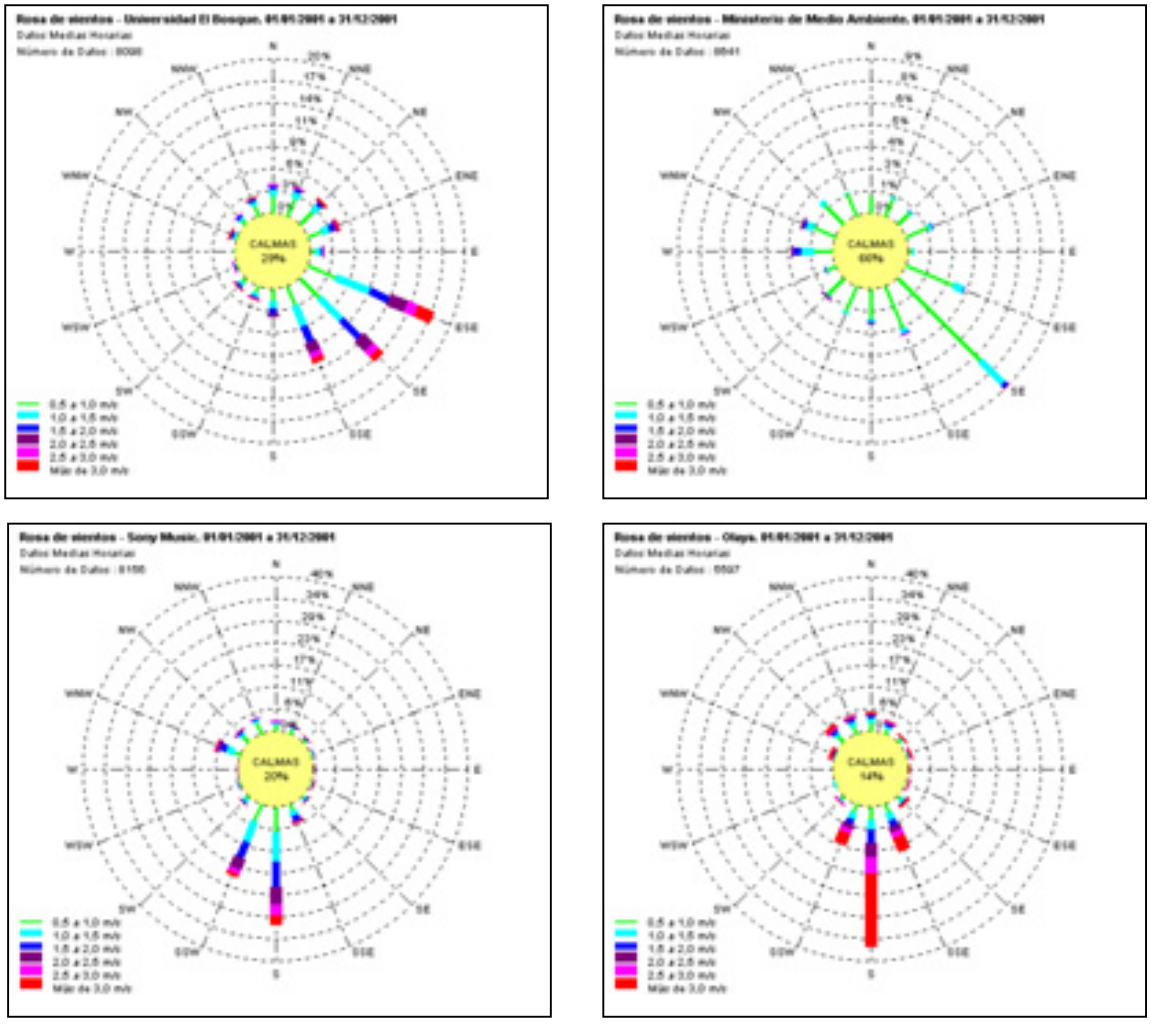

Las precipitaciones horarias sobre el área de la ciudad se presentan principalmente en las horas de la tarde y noche, con escasas precipitaciones en las horas de la mañana (7 – 12 horas), período en que generalmente se presentan las máximas concentraciones de los contaminantes.

**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

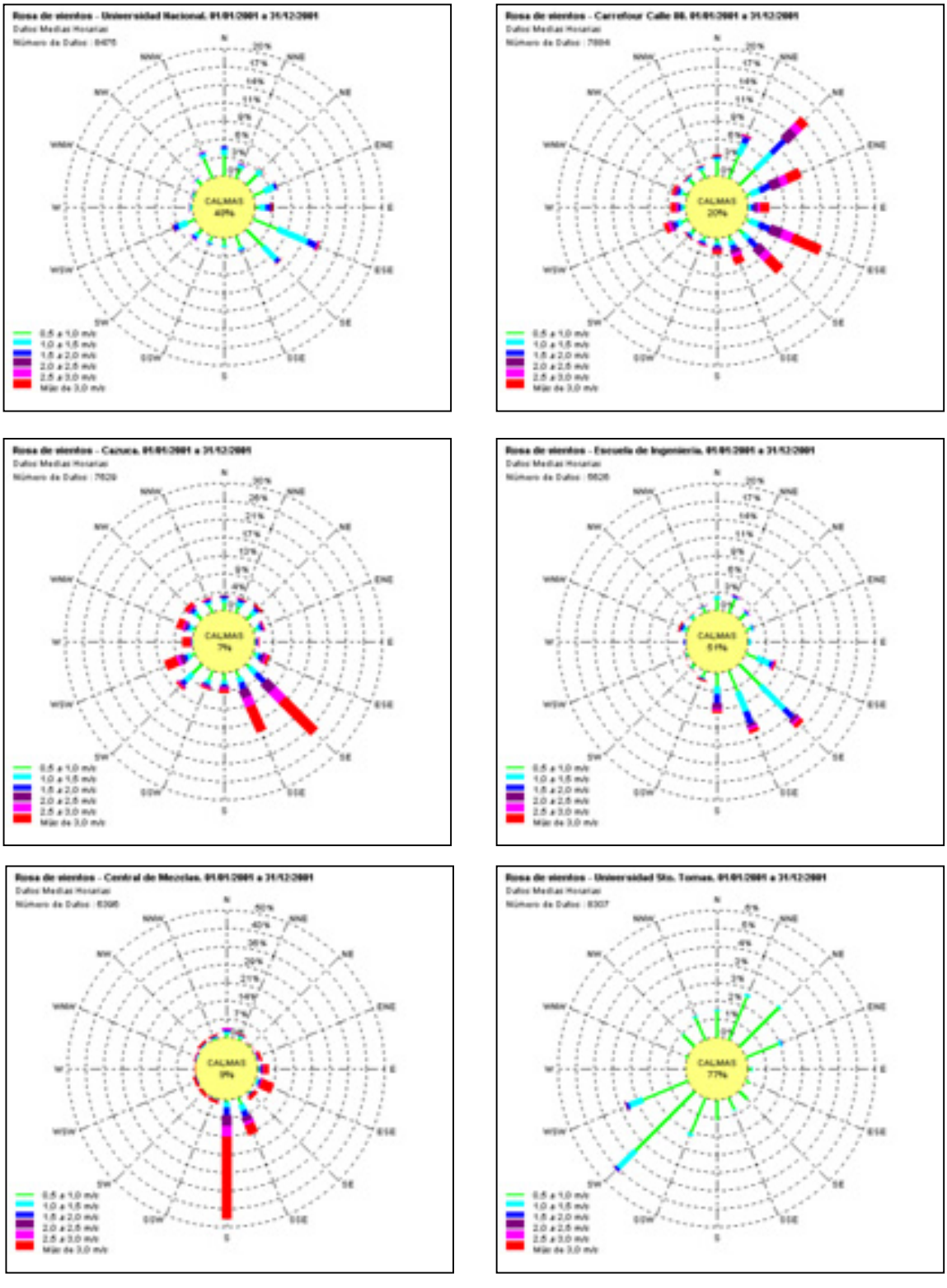
puede apreciar un punto de confluencia centrado entre las estaciones Carrefour Calle 80, U Nacional, Merck y Fontibón, coincidente con un máximo de temperatura y un valor alto de precipitaciones. En las estaciones MMA y Universidad Santo Tomás se registraron el mayor número de calmas (velocidades inferiores 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 trancepto norte-sur de la ciudad.

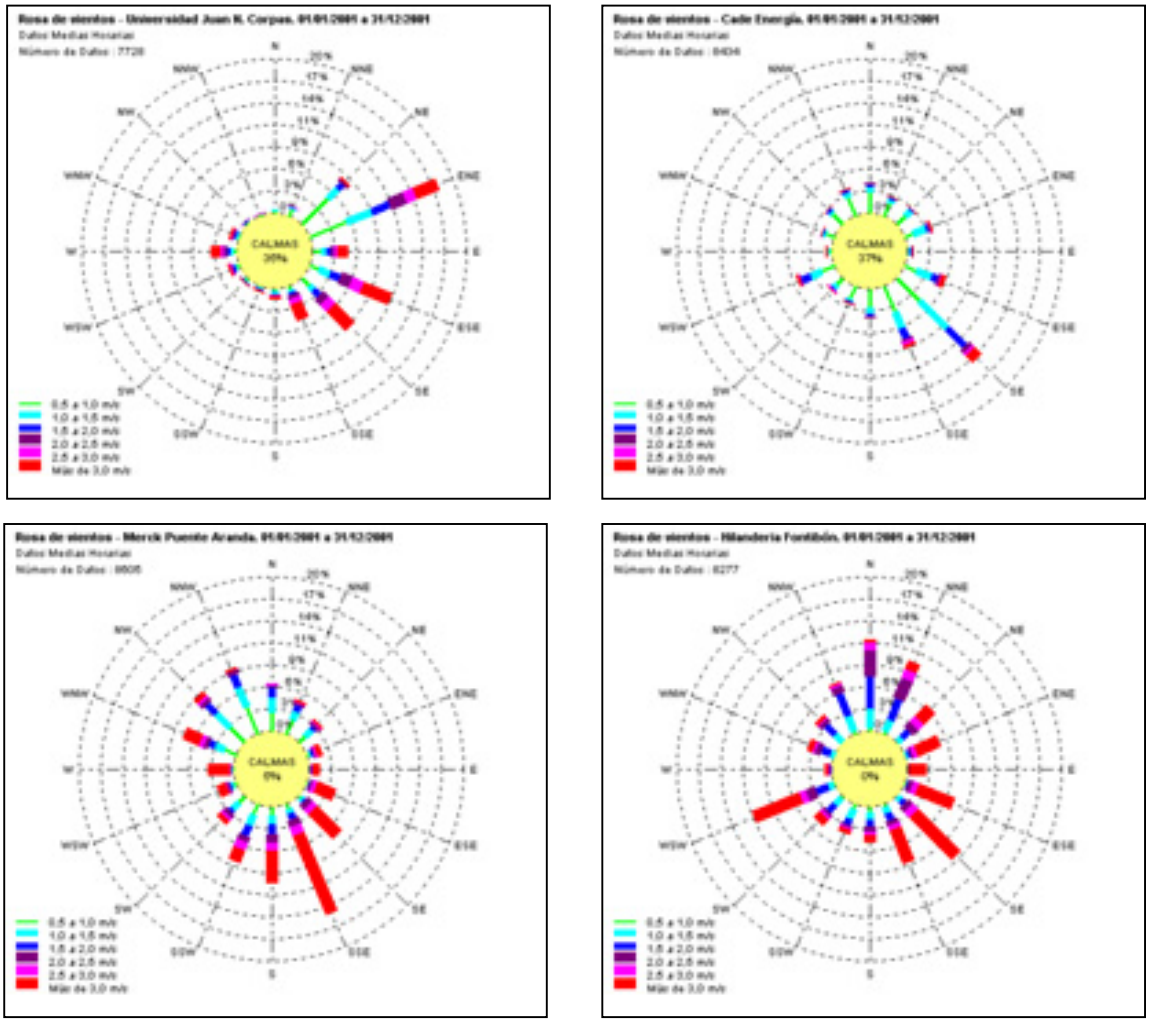
**FIG. 4.3 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 1, 2, 3 Y 4**



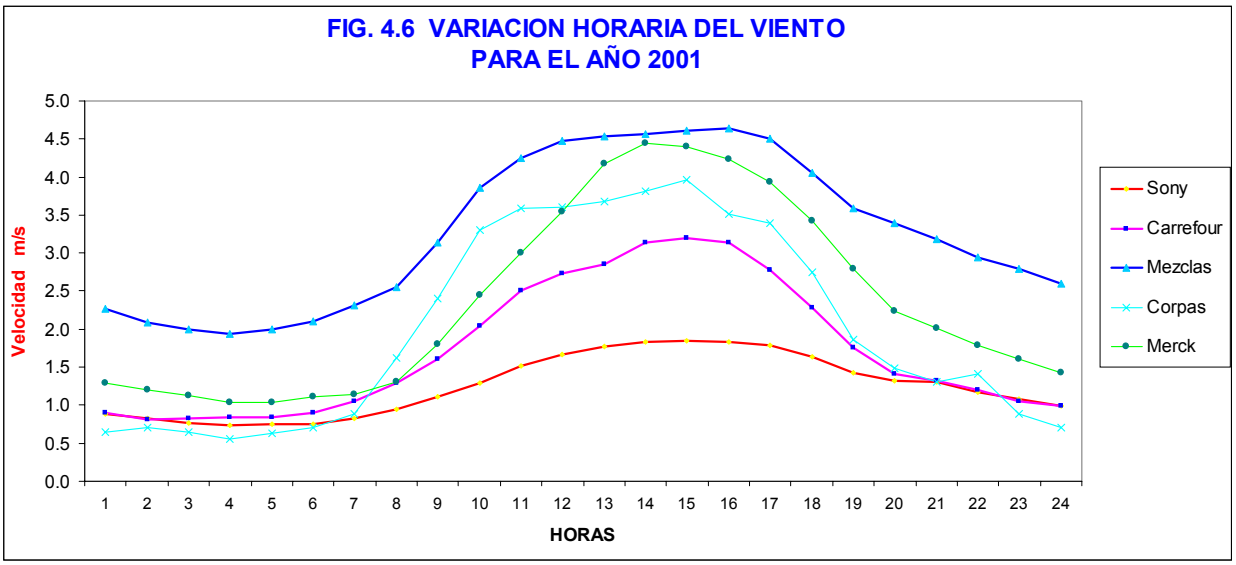
## FIG. 4.4 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 5, 6, 7, 8, 9 Y 10



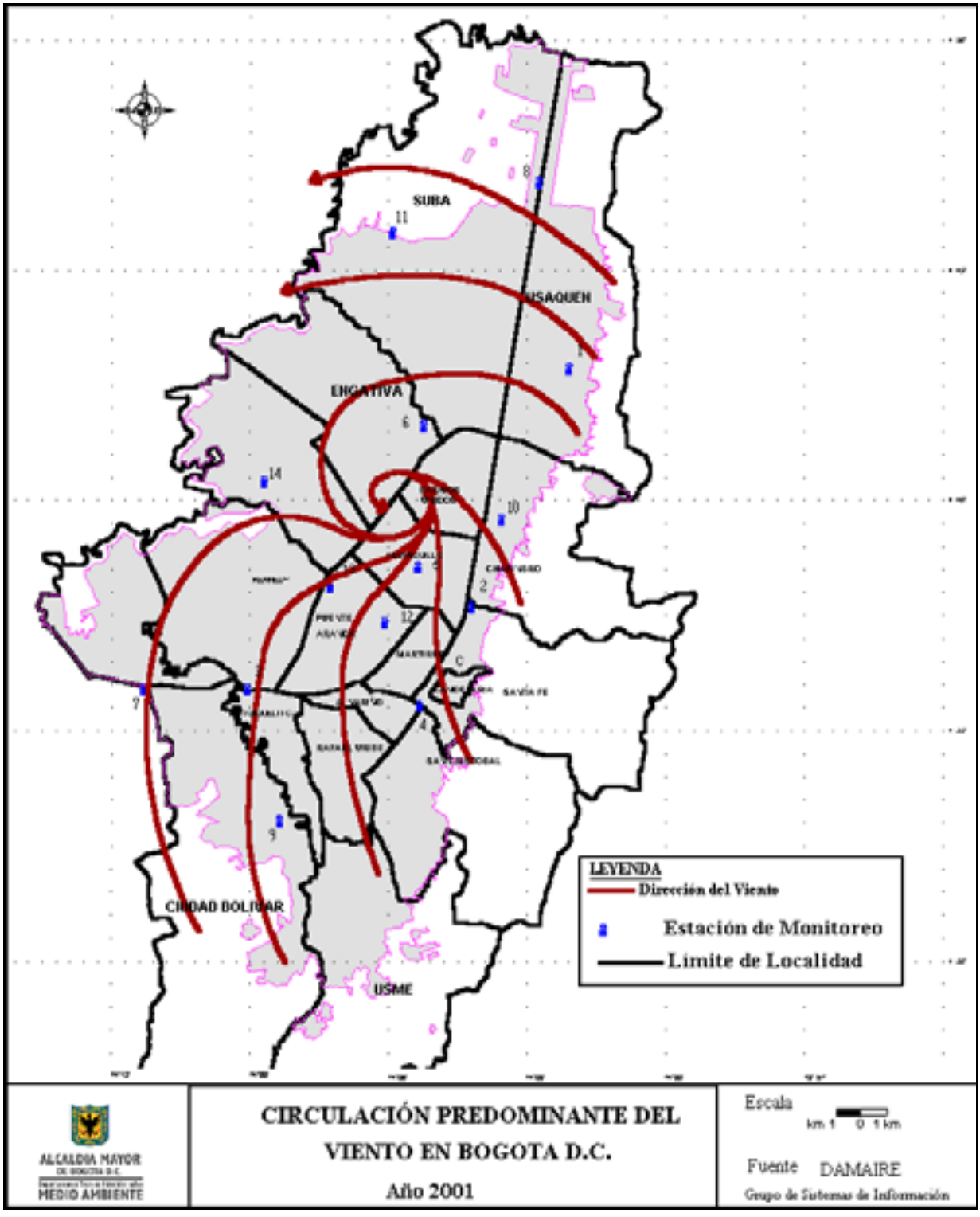
## FIG. 4.5 ROSAS DE VIENTO ESTACIONES No. 11, 12, 13 Y 14



## FIG. 4.6 VARIACION HORARIA DEL VIENTO PARA EL AÑO 2001



**MAPA 4.2 CIRCULACION PREDOMINANTE DEL VIENTO**



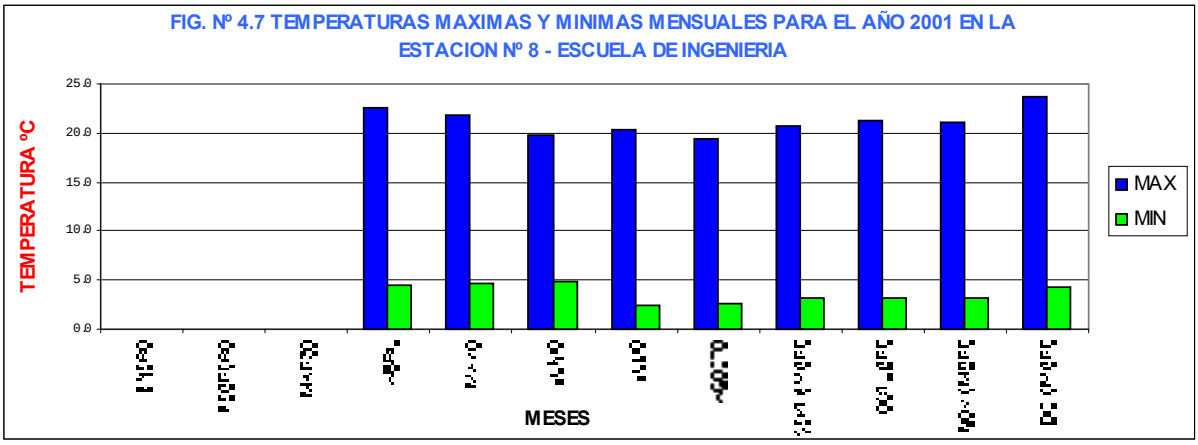
En la tabla N° 4.1 se presentan los promedios mensuales, el promedio anual y los máximos anuales en cada una de las estaciones de la Red y la fecha en que estos máximos ocurrieron.

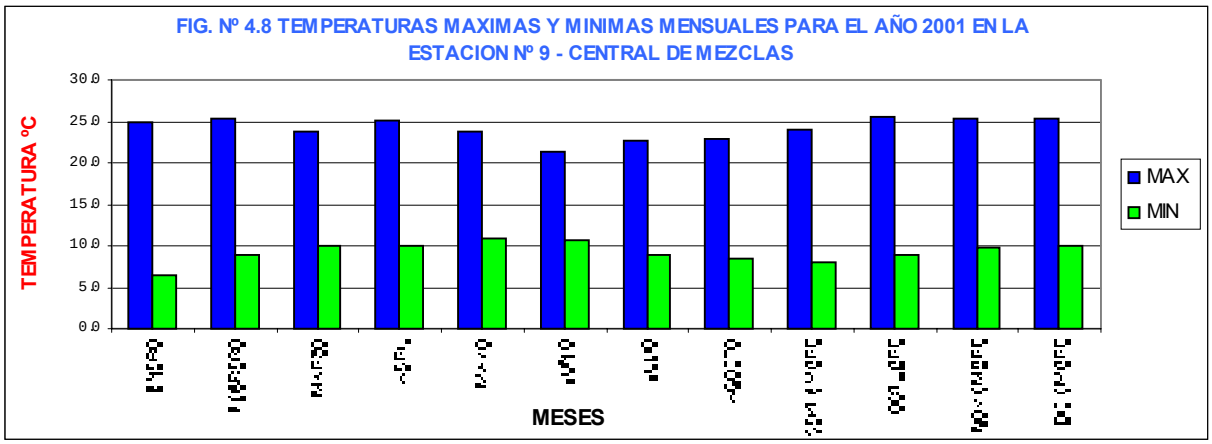
**TABLA Nº 4.1 - VELOCIDAD DEL VIENTO AÑO 2001**

| VIENTOS | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | PROMEDIO ANUAL | MAXIMO ANUAL | MAXIMO 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. OLAYA | 1.8 | 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 |
| CAZUCA | 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 | 09-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 | 09-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 ºC, especialmente en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre, y la mínima absoluta registrada fue de –3.2 ºC 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

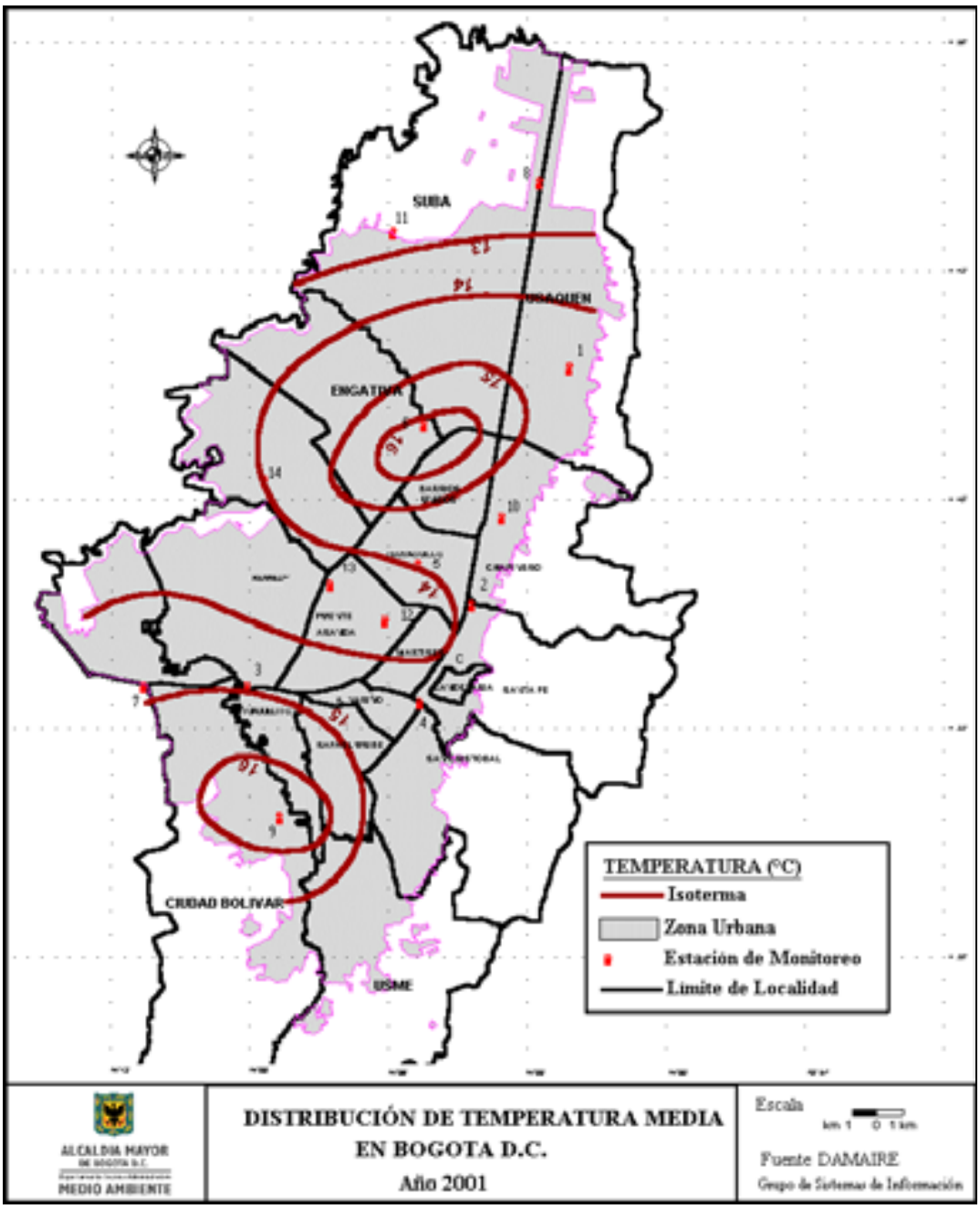
| Tº 2m | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CORPAS | 9.7 | 10.6 | F.S | 13.2 | 13.8 | 13.1 | 13.2 | 13.1 | 13.3 | F.S. | 13.8 | 14.1 |
| MEZCLAS | 15.7 | 16.1 | 16.3 | 16.8 | 16.6 | 15.5 | 15.7 | 15.5 | 15.9 | 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 períodos 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 Nº 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.

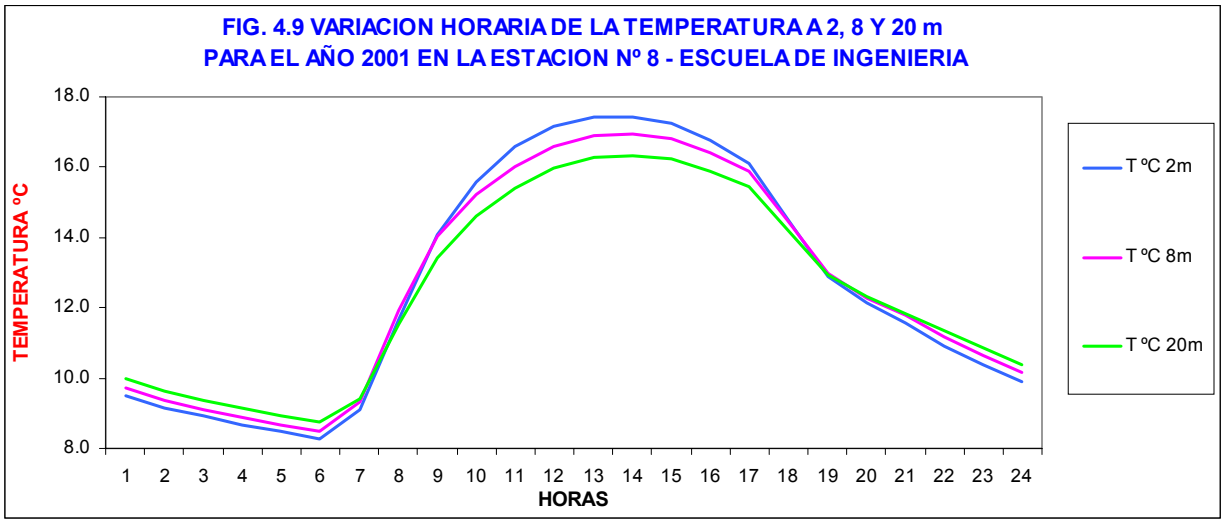
**TABLA N° 4.3 HORAS CON INVERSIONES TERMICAS DESDE SUPERFICIE PARA EL AÑO 2001 - ESTACION Nº 8 - ESCUELA DE INGENIERIA**

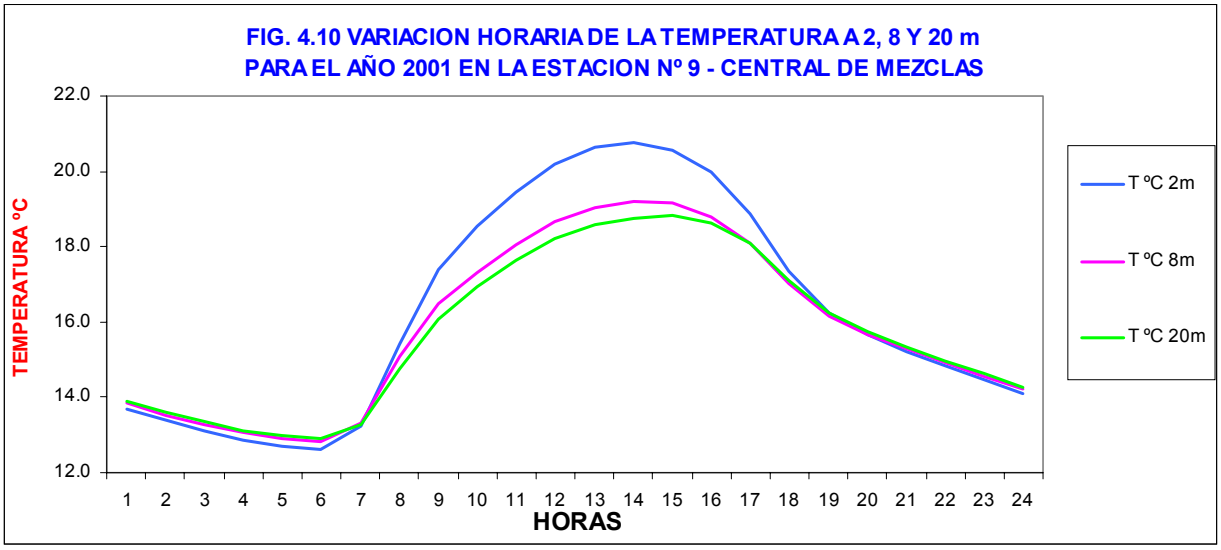
| | *Nº DATOS* | *Nº INVERSIONES* |
|---|---|---|
| ENERO | D | |
| FEBRERO | D | |
| MARZO | D | |
| ABRIL | 622 | 235 |
| MAYO | 667 | 237 |
| JUNIO | 565 | 223 |
| JULIO | 687 | 305 |
| AGOSTO | 470 | 174 |
| SEPTIEMBRE | 492 | 184 |
| OCTUBRE | 535 | 190 |
| NOVIEMBRE | 718 | 282 |
| DICIEMBRE | 549 | 195 |
| ***TOTAL*** | **5305** | **2025** |

**TABLA N° 4.4 HORAS CON INVERSIONES TERMICAS DESDE SUPERFICIE PARA EL AÑO 2001 - ESTACION Nº 9 - CENTRAL DE MEZCLAS**

| | *Nº DATOS* | *Nº 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 Nº 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.

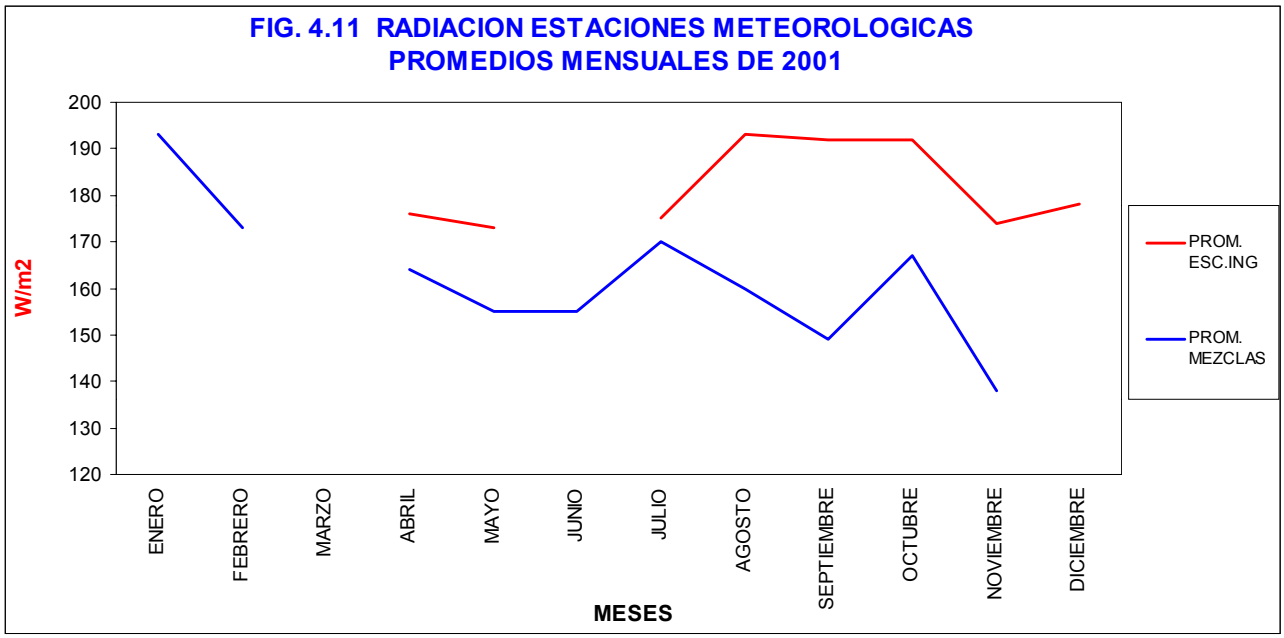


FIG. 4.11 RADIACION ESTACIONES METEOROLOGICAS
PROMEDIOS MENSUALES DE 2001
W/m2
200
190
180
170
160
150
140
130
120
ENERO
FEBRERO
MARZO
ABRIL
MAYO
JUNIO
JULIO
AGOSTO
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
NOVIEMBRE
DICIEMBRE
MESES
PROM. ESC.ING
PROM. MEZCLAS

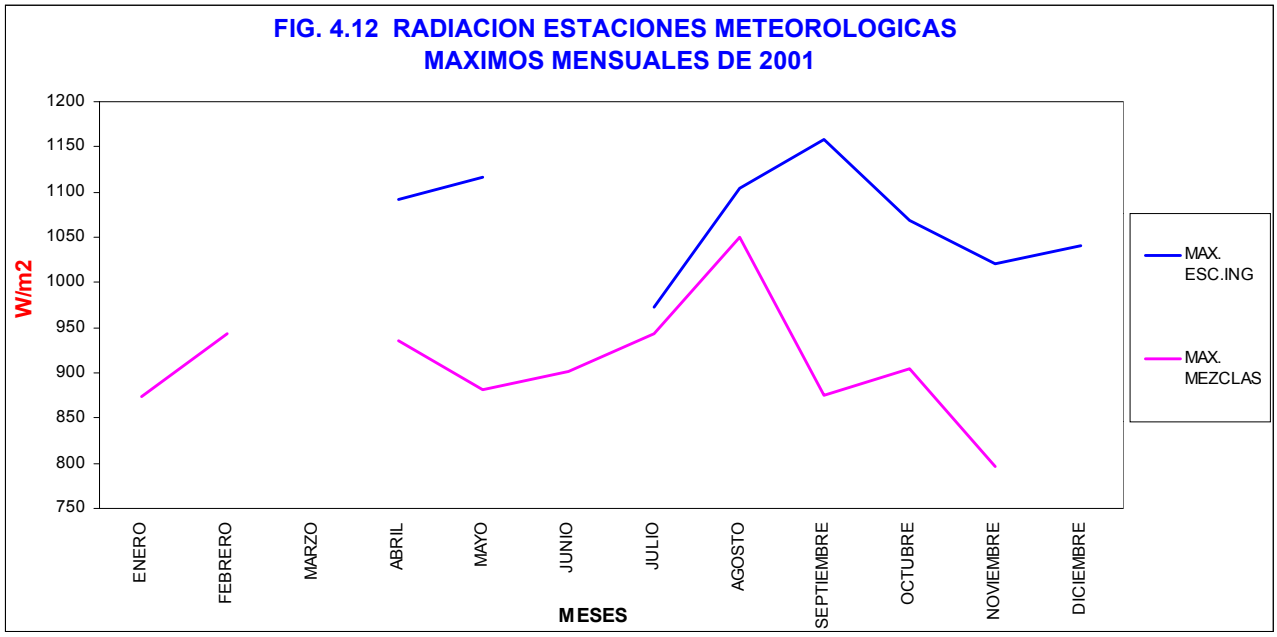


FIG. 4.12 RADIACION ESTACIONES METEOROLOGICAS
MAXIMOS MENSUALES DE 2001
W/m2
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850
800
750
ENERO
FEBRERO
MARZO
ABRIL
MAYO
JUNIO
JULIO
AGOSTO
SEPTIEMBRE
OCTUBRE
NOVIEMBRE
DICIEMBRE
MESES
MAX. ESC.ING
MAX. MEZCLAS

# 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 $x_1, \mathrm{K}, x_n$ 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

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

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

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

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 ($PM_{10}$, $NO_2$, $O_3$) 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 Frecencia, 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 $\mu g/m^3$** | 170 $\mu g/m^3$-24h |
| $SO_2$ | Centro-occidente<br>Sur-occidente | Cade<br>Sony | 105,7 ppb<br>71,1 ppb | 546 ppb-3h<br>141 ppb-24h |
| $NO_2$ | Centro<br>Sur-occidente | U. Nacional<br>Sony | **179 ppb**<br>111,7 ppb | 168 ppb-1h<br>121 ppb-24h |
| CO | Centro<br>Centro | MMA<br>MMA | 14,7 ppm<br>10,7 ppm | 39 ppm-1h<br>11ppm-8h |
| $O_3$ | Centro<br>Sur-occidente | MMA<br>Cazucá | **196 ppb**<br>**110,4 ppb** | 83 ppb-1h<br>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.

**$PM_{10}$:** 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.

**$SO_2$:** La distribución de frecuencias de las concentraciones de $SO_2$, 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.

**$NO_2$:** 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.

**$O_3$:** 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 SÍNTESIS DE RESULTADOS ANUAL - RED AIRE DAMA - AÑO DE 2001

**PARTICULAS PM-10 - 24 HORAS ( µg/m3 )**

| ESTACION | Nº 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 | 98 | 0.58 | < AL AÑO |
| | **10830** | **0** | **0.00** | **31** | **0.29** | | | |
| CARREFOUR | 7644 | 28 | 0.37 | 2676 | 35.01 | 190 | 1.12 | 78 |
| CORPAS | 8171 | 31 | 0.38 | 3125 | 38.25 | 215 | 1.26 | 81 |
| FONTIBON | 8166 | 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.I. |
| C. MEZCLAS | 3962 | 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 | 7589 | 3 | 0.04 | 1527 | 20.12 | 172 | 1.01 | 67 |
| | **15688** | **163** | **1.04** | **4659** | **29.70** | | | |
| MMA | 8612 | 0 | 0.00 | 218 | 2.56 | 122 | 0.72 | 49 |
| NACIONAL | 5714 | 0 | 0.00 | 534 | 9.35 | 160 | 0.94 | < AL AÑO |
| U. TOMAS | 7737 | 0 | 0.00 | 105 | 1.36 | 132 | 0.78 | 37 |
| | **21963** | **0** | **0.00** | **857** | **3.90** | | | |
| CADE | 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** | **98612** | **510** | **0.52** | **21638** | **21.94** | | | |

**PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES - 24 HORAS ( µg/m3 )**

| ESTACION | Nº 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 | 1295 | 24.76 | 362 | 1.06 | <AL AÑO |
| | **9952** | **24** | **0.24** | **3571** | **35.88** | | | |
| CADE | 5613 | 0 | 0.00 | 510 | 9.09 | 251 | 0.74 | <AL AÑO |
| | **5613** | **0** | **0.00** | **510** | **9.09** | | | |
| **TOTAL** | **19520** | **24** | **0.12** | **4081** | **20.91** | | | |

**NOTA**

| | |
|---|---|
| **N.EXC** | NUMERO DE DATOS QUE EXCEDEN LA NORMA |
| **% EXC** | PORCENTAJE DE DATOS QUE EXCEDEN LA NORMA |
| **N.EXC>0.5** | NUMERO DE DATOS QUE EXCEDEN EL 50% DE LA NORMA |
| **% EXC>0.5** | PORCENTAJE DE DATOS QUE EXCEDEN EL 50% DE LA NORMA |
| **MAXIMO** | MAXIMA CONCENTRACION |
| **C/NORMA** | RELACION ENTRE LA CONCENTRACION MAXIMA Y LA NORMA |
| **F.S.** | FUERA DE SERVICIO |
| **D.I.** | DATOS INSUFICIENTES |
| **< AL AÑO** | LA ESTACION **NO** TIENE UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO |

**SO2 - 3 HORAS ( ppb )**

| ESTACION | Nº 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 | 10 |
| | **3769** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | | |
| CARREFOUR | 6239 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 34 | 0.06 | 5 |
| CORPAS | 4697 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 31 | 0.06 | 6 |
| FONTIBON | 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.I. |
| | **5044** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | | |
| SONY | 6663 | 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 | 8099 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 69 | 0.13 | 9 |
| U. TOMAS | 8061 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 50 | 0.09 | 8 |
| | **24569** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | | |
| CADE | 8366 | 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 | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >0.5 | %EXC.>0.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BOSQUE | 3817 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 42 | 0.30 |
| | **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 |
| FONTIBON | 8539 | 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 | 8292 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 13 | 0.09 |
| NACIONAL | 8334 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 26 | 0.18 |
| U. TOMAS | 8089 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 26 | 0.18 |
| | **24714** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| CADE | 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** | **83647** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |

**NO2 - 1 HORA ( ppb )**

| ESTACION | Nº 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.I. |
| 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. |
| FONTIBON | 7537 | 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.I. |
| C. MEZCLAS | 5063 | 0 | 0.00 | 2 | 0.04 | 118 | 0.70 | <AL AÑO |
| | **10200** | **0** | **0.00** | **12** | **0.12** | | | |
| SONY | 6211 | 0 | 0.00 | 336 | 5.59 | 139 | 0.82 | 49 |
| CAZUCA | 3052 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 84 | 0.50 | D.I. |
| | **9263** | **0** | **0.00** | **336** | **3.71** | | | |
| MMA | 8192 | 1 | 0.01 | 110 | 1.34 | 175 | 1.04 | 20 |
| 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** | | | |
| CADE | 8134 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 74 | 0.44 | 9 |
| MERCK | 6234 | 0 | 0.00 | 10 | 0.16 | 120 | 0.71 | 19 |
| | **14368** | **0** | **0.00** | **10** | **0.07** | | | |
| **TOTAL** | **80743** | **4** | **0.00** | **591** | **0.73** | | | |

**NO2 - 24 HORAS ( ppb)**

| ESTACION | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >0.5 | %EXC.>0.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BOSQUE | 4830 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 21 | 0.17 |
| ESC. ING. | 5031 | 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 | 0.40 |
| CORPAS | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. | F.S. |
| FONTIBON | 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 | 5096 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 27 | 0.22 |
| | **10408** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| SONY | 6085 | 0 | 0.00 | 1138 | 18.70 | 112 | 0.93 |
| CAZUCA | 3052 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 36 | 0.30 |
| | **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** | | |
| CADE | 8174 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 26 | 0.21 |
| MERCK | 6338 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 38 | 0.31 |
| | **14512** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| **TOTAL** | **81523** | **0** | **0.00** | **1178** | **1.44** | | |

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

CO - 1 HORA ( ppm )

| ESTACION | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >8.5 | %EXC >8.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CORPAS | 3993 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 4.5 | 0.12 |
| FONTIBON | 8167 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 6.4 | 0.16 |
| | **12160** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| OLAYA | 1434 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 9.2 | 0.24 |
| | **1434** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| SONY | 3999 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 8.4 | 0.22 |
| CAZUCA | 6353 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 7.4 | 0.19 |
| | **10352** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| MMA | 4611 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 14.7 | 0.38 |
| | **4611** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| MERCK | 7795 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 9.2 | 0.24 |
| | **7795** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| **TOTAL** | **36352** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |

CO - 8 HORAS ( ppm )

| ESTACION | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >8.5 | %EXC >8.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CORPAS | 3991 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 3.0 | 0.27 |
| FONTIBON | 8168 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 4.2 | 0.38 |
| | **12159** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| OLAYA | 1439 | 0 | 0.00 | 5 | 0.35 | 6.1 | 0.55 |
| | **1439** | **0** | **0.00** | **5** | **0.35** | | |
| SONY | 4004 | 0 | 0.00 | 29 | 0.72 | 6.7 | 0.61 |
| CAZUCA | 6374 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 5.5 | 0.50 |
| | **10378** | **0** | **0.00** | **29** | **0.28** | | |
| MMA | 4586 | 0 | 0.00 | 380 | 8.29 | 10.8 | 0.98 |
| | **4586** | **0** | **0.00** | **380** | **8.29** | | |
| MERCK | 7816 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 4.4 | 0.40 |
| | **7816** | **0** | **0.00** | **0** | **0.00** | | |
| TOTAL | **36378** | **0** | **0.00** | **414** | **1.14** | | |

O3 - 1 HORA ( ppb )

| ESTACION | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >8.5 | %EXC >8.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CORPAS | 5385 | 1 | 0.02 | 87 | 1.63 | 84 | 1.01 |
| FONTIBON | 4844 | 12 | 0.25 | 221 | 4.56 | 131 | 1.58 |
| | **10169** | **13** | **0.13** | **308** | **3.02** | | |
| OLAYA | 4533 | 0 | 0.00 | 20 | 0.44 | 64 | 0.77 |
| | **4533** | **0** | **0.00** | **20** | **0.44** | | |
| SONY | 5814 | 22 | 0.38 | 146 | 2.51 | 107 | 1.29 |
| CAZUCA | 6198 | 91 | 1.47 | 720 | 11.62 | 166 | 2.00 |
| | **12012** | **113** | **0.94** | **866** | **7.21** | | |
| MMA | 7402 | 59 | 0.80 | 354 | 4.78 | 141 | 1.70 |
| NACIONAL | 8222 | 46 | 0.56 | 391 | 4.63 | 158 | 1.90 |
| | **15624** | **105** | **0.67** | **735** | **4.70** | | |
| MERCK | 7566 | 50 | 0.66 | 496 | 6.55 | 194 | 2.34 |
| | **7566** | **50** | **0.66** | **496** | **6.55** | | |
| **TOTAL** | **49913** | **291** | **0.58** | **2424** | **4.86** | | |

O3 - 8 HORAS ( ppb )

| ESTACION | Nº DATOS | N.EXC | % EXC | N.EXC >8.5 | %EXC >8.5 | MAXIMO | C/NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CORPAS | 5332 | 0 | 0.00 | 204 | 3.82 | 60 | 0.92 |
| FONTIBON | 4840 | 5 | 0.10 | 348 | 7.19 | 72 | 1.11 |
| | **10177** | **5** | **0.05** | **552** | **5.42** | | |
| OLAYA | 4569 | 0 | 0.00 | 18 | 0.39 | 40 | 0.62 |
| | **4569** | **0** | **0.00** | **18** | **0.39** | | |
| SONY | 5839 | 1 | 0.02 | 216 | 3.69 | 65 | 1.00 |
| CAZUCA | 6212 | 197 | 3.17 | 1013 | 16.31 | 110 | 1.69 |
| | **12040** | **198** | **1.64** | **1229** | **10.20** | | |
| MMA | 7573 | 16 | 0.21 | 555 | 7.33 | 86 | 1.32 |
| NACIONAL | 8227 | 28 | 0.34 | 569 | 6.92 | 89 | 1.37 |
| | **15800** | **44** | **0.28** | **1124** | **7.11** | | |
| MERCK | 7566 | 44 | 0.58 | 746 | 9.87 | 91 | 1.40 |
| | **7566** | **44** | **0.58** | **746** | **9.87** | | |
| **TOTAL** | **50141** | **291** | **0.58** | **3669** | **7.32** | | |

**$PM_{10}$:** 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.

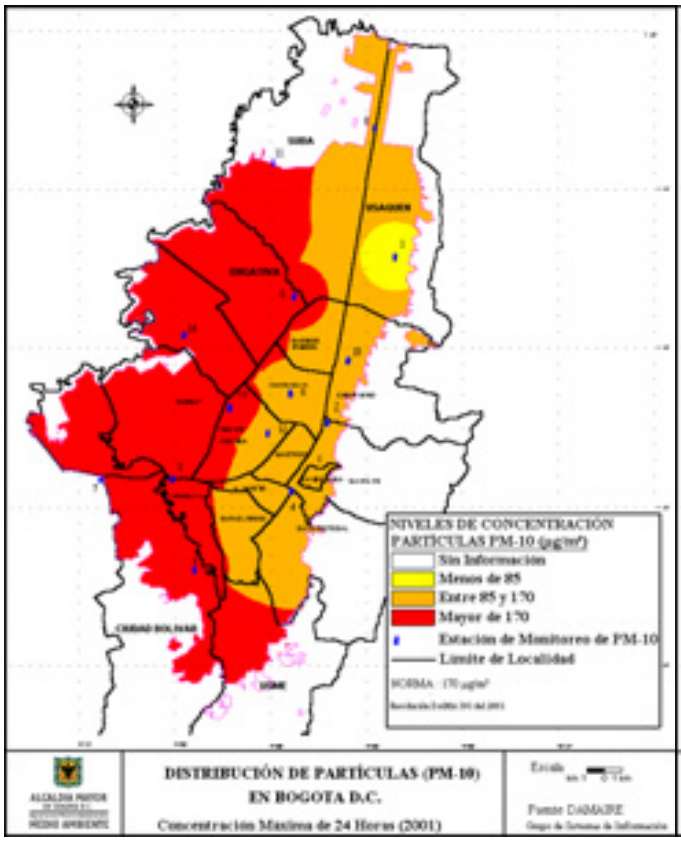
En relación con la excedencia del 50% de la norma, la situación es bien diferente. El total de datos que excedieron el valor citado fue de 21638, que representan el 21,9% de los registros obtenidos durante el año. Universidad El Bosque fue la única estación de la red en donde no se excedió el 50% de 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).

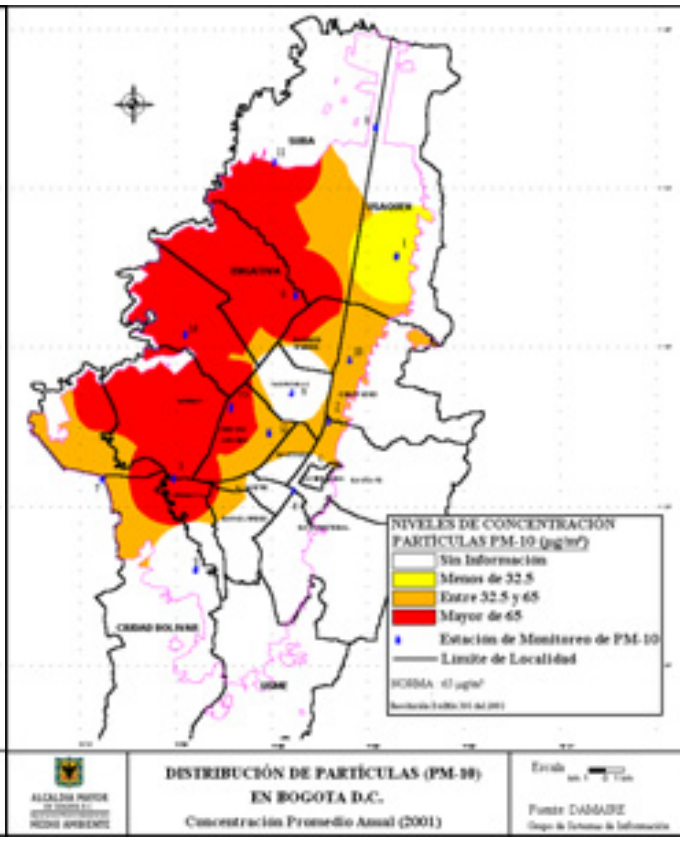
En el mapa 5.1 se puede observar la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para las partículas menores a 10 micras ($PM_{10}$), para el año 2001.

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.

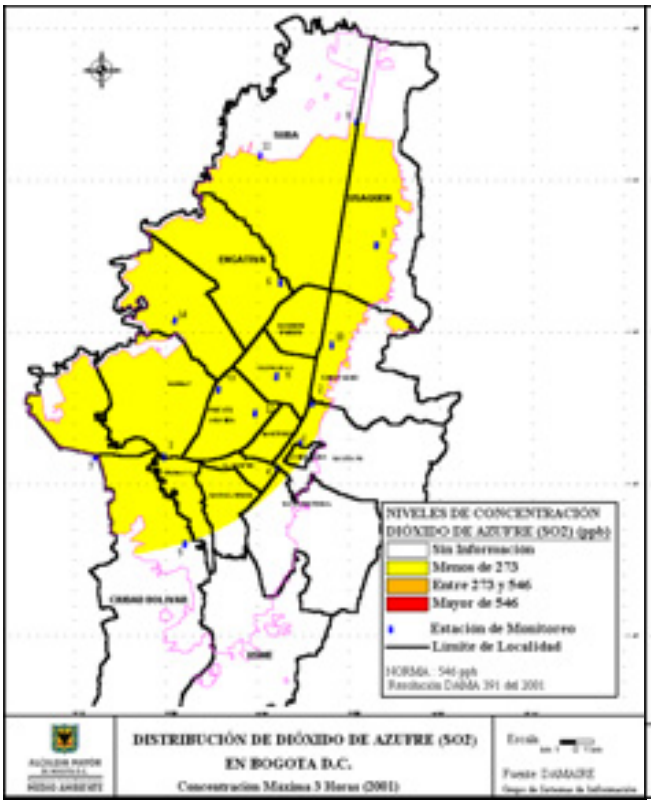
**$SO_2$:** En ninguno de las estaciones de la red se superó el 50% de la norma y, en consecuencia, tampoco se excedieron las normas para 3 y 24 horas, ni la norma anual.

El mapa 5.3 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 3 horas para dióxido de azufre ($SO_2$)

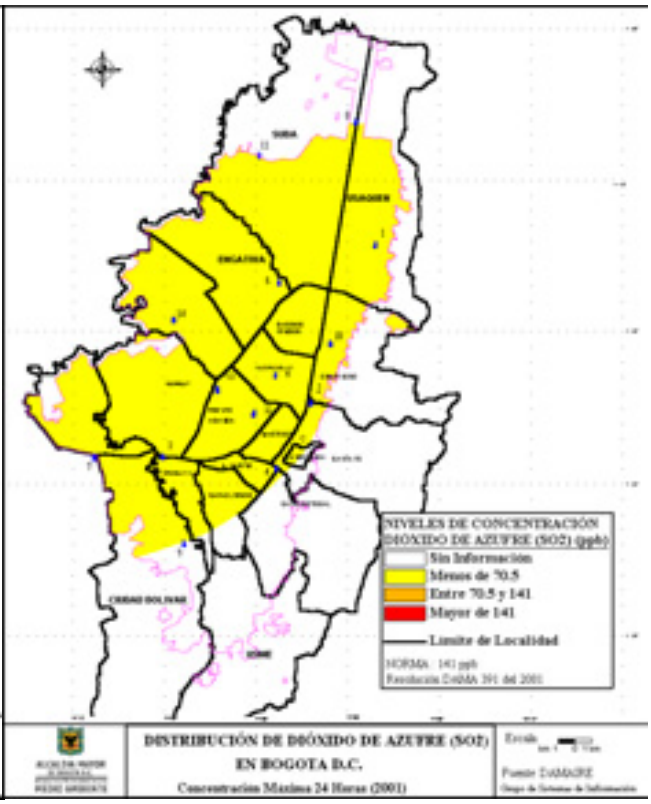
El mapa 5.4 representa la distribución espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para dióxido de azufre ($SO_2$)

En el mapa 5.5 se indica la variación espacial de la concentración de $SO_2$ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2001).

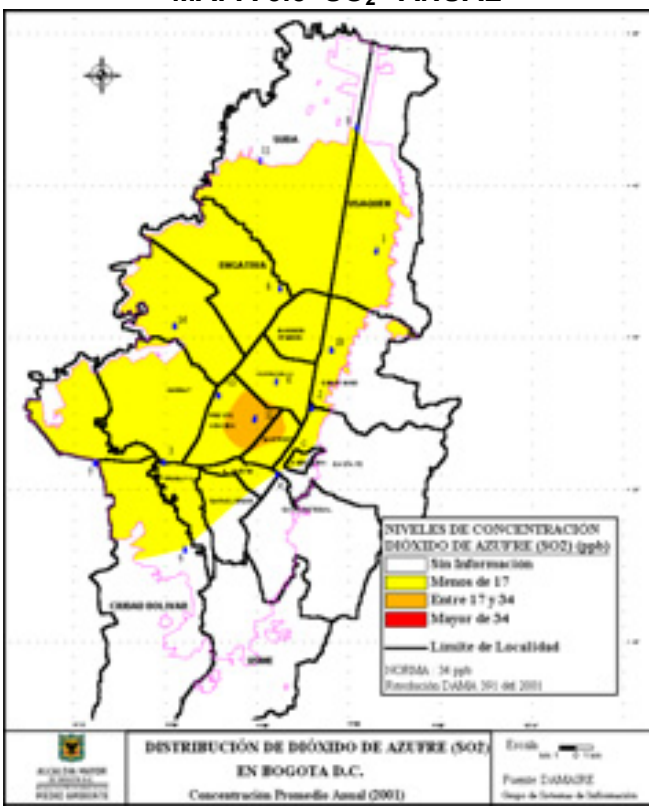
**MAPA 5.3 $SO_2$ - 3 HORAS**




**MAPA 5.4 $SO_2$ - 24 HORAS**




**MAPA 5.5 $SO_2$ - ANUAL**



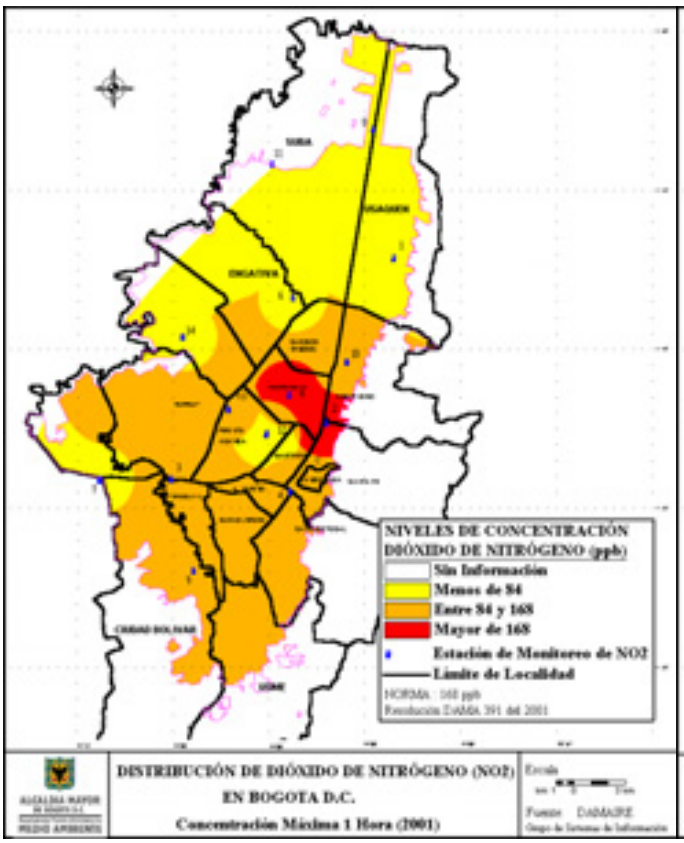
**$NO_2$:** La norma horaria de $NO_2$ se excedió tan sólo en 4 de los 80743 registros (0,005%). No obstante, el 0,73% de los datos superó el 50% de esta norma. Con respecto a la norma diaria el comportamiento fue similar: ningún dato la superó, pero el 1,44% de los mismos excedió el 50% de la norma. 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 ($NO_2$)

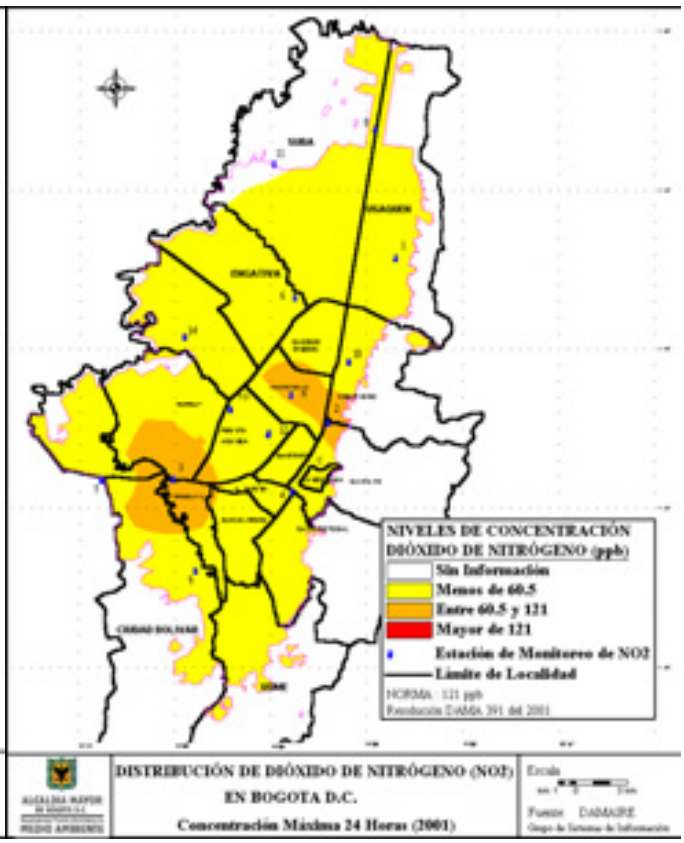
El mapa 5.7 es una representación espacial de las concentraciones máximas en 24 horas para dióxido de nitrógeno ($NO_2$)

En el mapa 5.7 se indica la variación espacial de la concentración de $NO_2$ con base en los valores promedio de las concentraciones medidas en todo el período de análisis (año 2001).

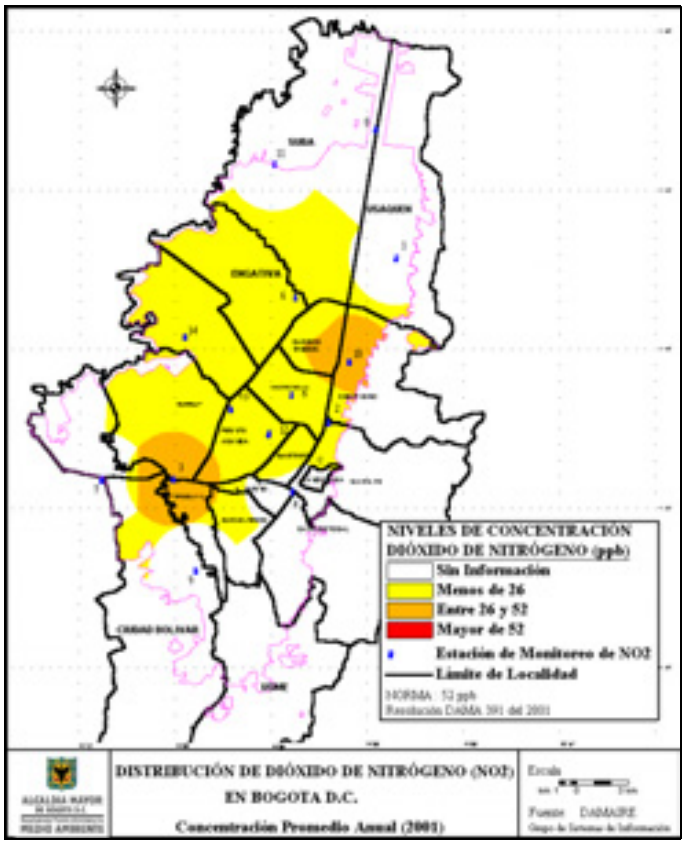
**MAPA 5.6 $NO_2$ - 1 HORA**




**MAPA 5.7 $NO_2$ – 24 HORAS**



**MAPA 5.8 $NO_2$ - ANUAL**



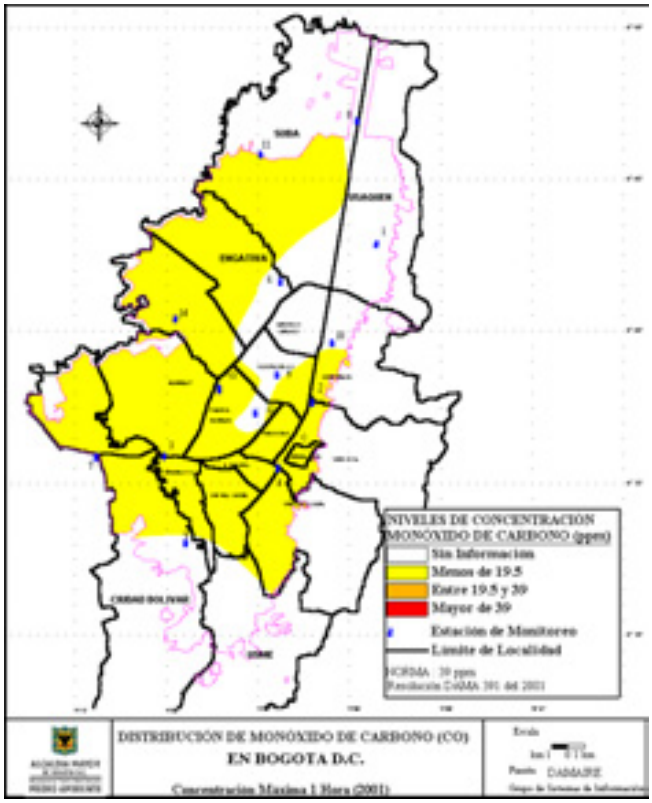

**CO:** En relación con este parámetro no se registró ningún dato que excediera la norma horaria, en la ciudad. La norma para ocho horas tampoco fue excedida en ningún sitio de la ciudad, aunque sí se presentó excedencia del 50% de la norma en un porcentaje de 1,14 con respecto al total de datos.

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)

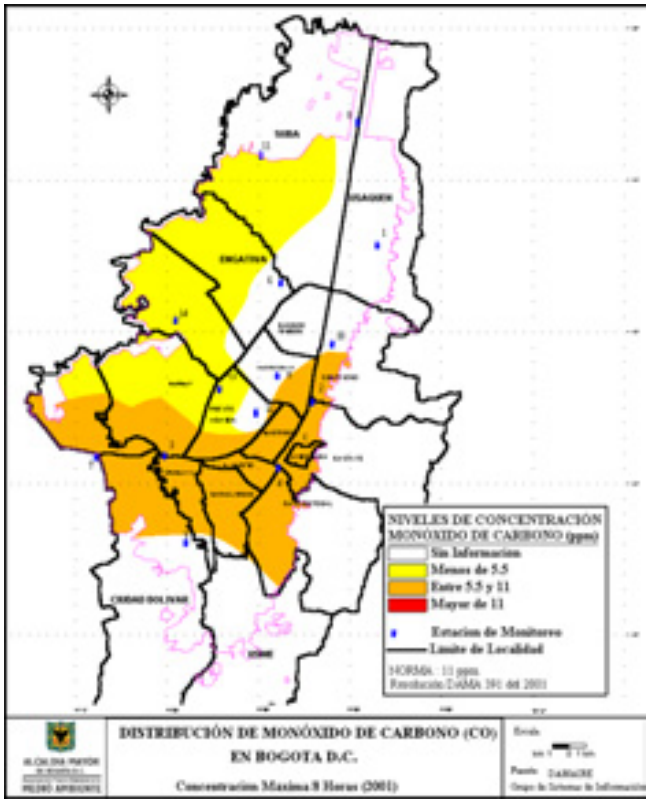
**$O_3$:** Los porcentajes de datos que excedieron las normas de ozono (horaria y para ocho horas) fueron muy similares: 0,56%. y 0,58%, respectivamente. En relación con la excedencia del 50% de las normas, este valor fue más alto para la norma de ocho horas (7,3%) que para la norma horaria (4,86%). 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 ($O_3$) y en el mapa 5.12 se muestra la distribución espacial de las concentraciones máximas en 8 horas para el ozono ($O_3$)

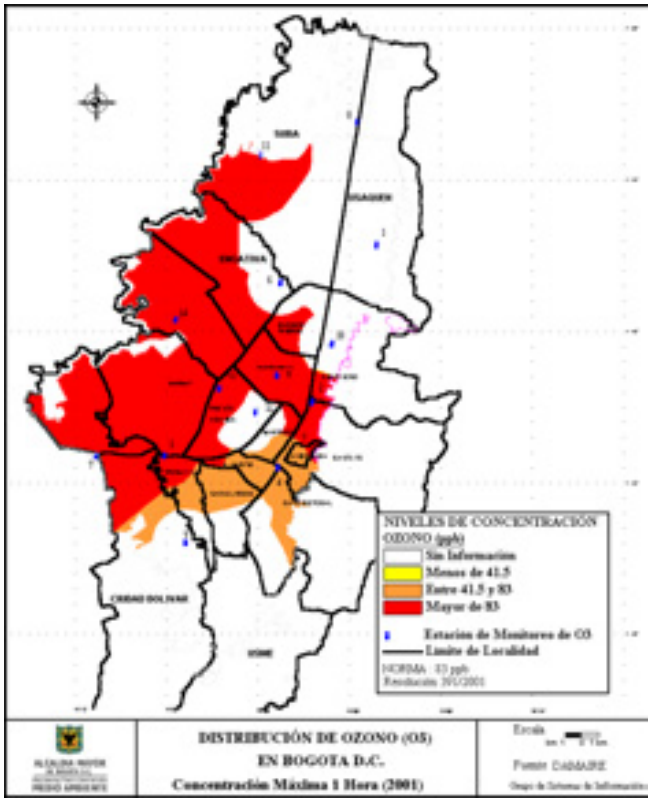
**MAPA 5.9 CO - 1 HORA**



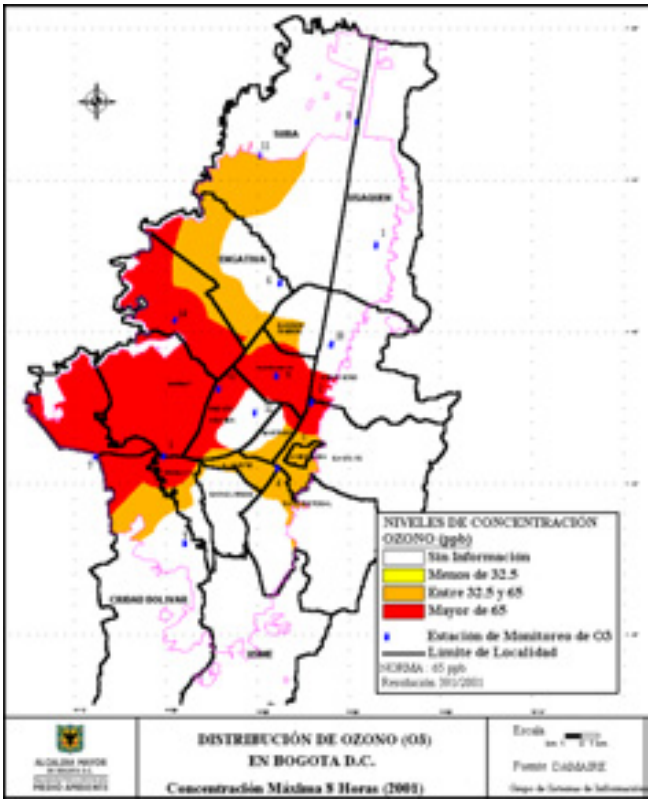

**MAPA 5.10 CO - 8 HORAS**




**MAPA 5.11 $O_3$ - 1 HORA**




**MAPA 5.12 $O_3$ - 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-$O_3$

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