



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA
METEOROLOGÍA
Y ESTUDIOS AMBIENTALES

Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

CARLOS COSTA POSADA
Director General

JUAN MANUEL RUSSY ESCOBAR
Secretario General

CONSEJO DIRECTIVO

JUAN FRANCISCO LOZANO RAMÍREZ
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo
Territorial

CLAUDIA PATRICIA MORA PINEDA
Viceministra de Ambiente

ANDRÉS ARIEL GALLEGO HENAO
Ministro de Transporte

GIAMPIERO RENZONI ROJAS
Coordinador Grupo Política Ambiental - DNP

ERNESTO ROJAS MORALES
Director Departamento Administrativo
Nacional de Estadística, DANE

ÓSCAR JOSÉ MESA SÁNCHEZ
Representante del Consejo Nacional de Ciencia
y Tecnología

LUIS ALFONSO ESCOBAR TRUJILLO
Director General Corantioquia –
Representante de las CAR

DIRECTIVAS

ERNESTO RANGEL MANTILLA
Subdirector de Meteorología

HÉBERT GONZALO RIVERA
Subdirector de Hidrología

FERNANDO SALAZAR HOLGUÍN
Subdirector de Ecosistemas e Información
Ambiental

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN
Subdirector de Estudios Ambientales

HUMBERTO GONZÁLEZ MARENTES
Jefe Oficina Servicio de Pronóstico y Alertas

JORGE FERNANDO BEJARANO LOBO
Jefe de la Oficina de Informática

JAIRO BERNAL SÁNCHEZ
Jefe Oficina Asesora de Planeación

MARTHA LILIANA GONZÁLEZ MARTÍNEZ
Jefe Oficina Asesora Jurídica

ÁLVARO HERNÁN PRADA ARTUNDUAGA
Jefe de la Oficina de Control Interno

LIGIA CONSUELO ACOSTA NIÑO
Asesora de Comunicaciones

AUTORES

Carlos Costa Posada
Gabriel de Jesús Saldarriaga Orozco
Ricardo Lozano Picón
Rodrigo Suárez Castaño

EDITORES

Carlos Costa Posada
Gabriel de Jesús Saldarriaga Orozco
Ricardo Lozano Picón
Rodrigo Suárez Castaño

FOTOGRAFÍAS DE LA CARÁTULA

Astrid Molina, Corpoboyacá
Edwin Márquez Blandón, Codechocó
Rodrigo Suárez Castaño, IDEAM
Edwin García, CAR
Rodrigo Suárez Castaño, IDEAM

DISEÑO DE CARÁTULA

Asesoría de Comunicaciones IDEAM

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN

Imprenta Nacional
Carrera 66 No. 24-09
Bogotá, D. C.

© Diciembre de 2007, Colombia

Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire

ISBN 978-958-8067-22-3

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

ADVERTENCIA

Esta edición tiene en su origen un carácter colectivo y contó con el aporte de numerosos investigadores y entidades públicas y privadas a nivel nacional. El IDEAM actúa en su condición de editor general, pero los juicios e ideas no son de su entera responsabilidad. Se puede citar parcialmente invocando la fuente y previa autorización del IDEAM.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM agradece de manera especial a las siguientes entidades que contribuyeron al logro de esta publicación, por el apoyo e información:

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá - Corpoboyacá
- Corporación Autónoma Regional de Caldas - Corpocaldas
- Corporación Autónoma Regional del Cesar - Corpocesar
- Corporación Autónoma Regional de Chivor - Corpochivor
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - Corponor
- Corporación Autónoma Regional de La Guajira - Corpoguajira
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda - Carder
- Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM
- Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena - Corpamag
- Corporación Autónoma Regional del Quindío - CRQ
- Corporación Autónoma Regional del Tolima - Cortolima
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC
- Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó - Codechocó
- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare - Cornare
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge - Corpomojana
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Coralina
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena - Cormacarena
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá - Corpourabá
- Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB
- Corporación Regional de los Valles del Sinú y San Jorge - CVS
- Departamento Administrativo de Ambiente de Barranquilla - DAMAB
- Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente Santa Marta - DADMA
- Departamento Administrativo para la Gestión del Medio Ambiente - DAGMA
- Establecimiento Público Ambiental de Cartagena - EPA
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá - SDA
- Secretaría Distrital de Salud de Bogotá - SDS
- Universidad del Valle y demás entidades que aportaron información para el presente informe.

Agradecemos a David Mintz del grupo de Inventario de Emisiones y Análisis de la Oficina de Estándares y Planeación de la Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

COLABORADORES

IDEAM

Adriana Pedraza Galeano, Henry Benavides, Marcela Millán, Margarita Gutiérrez, Martha Duarte de Sandoval, Martha Duque Solano, Omar Jaramillo, Sandra Janeth Pérez, Xiomara Sanclemente

INSTITUCIONES

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
César Buitrago, Alexander Valencia

Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA-
Gloria Estela Ramírez, Andrea Marín,
María Edilia Arboleda

Corporación Autónoma Regional de Boyacá -Corpoboyacá-
Astrid Molina, Adriana Cortázar, Mauricio Andrés Rojas

Corporación Autónoma Regional de Caldas -Corpocaldas-
Mauricio Vega

Corporación Autónoma Regional del Cesar -Corpocesar-
Wilson Pérez

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-
Edwin García

Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental -Corponor-
Santos Omar Monsalve

Corporación Autónoma Regional de La Guajira -Corpoguajira-
Javier Calderón

Corporación Autónoma Regional de Risaralda -Carder-
Hugo Hincapié

Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS-
Paola Andrea Chaparro

Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena -CAM-
Jesús Fernando Perdomo

Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-
Lourdes Jimena Trujillo, Carlos Castillo

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -Corantioquia-
Patricia Ossa

Corporación Autónoma Regional del Magdalena -Corpamag-
Carlos Alfonso de Silvestri

Corporación Autónoma Regional del Quindío -CRQ-
Pamela Ospina

Corporación Autónoma Regional del Tolima -Cortolima-
Gustavo Kairuz

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC-
Germán Restrepo, Chistian Campo

Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó -Codechocó-
Edwin Márquez Blandón

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare -Cornare-
Nora Luz Ospina, Aura Elena Gómez

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -Coralina-
Opal Bent

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá -Corpourabá-
Carolina Arango, Adriana Acevedo

Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB-
Juan Carlos Castro

Corporación Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge -CVS-
Vanessa Ortega

Departamento Administrativo de Ambiente de Barranquilla -DAMAB-
Germán Celi

Departamento Administrativo para la Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-
Janneth Alegría, Leonardo Aponte

Establecimiento Público Ambiental de Cartagena -EPA-
Alvaro Monterroza García

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá -SDA
René Cuestas

Secretaría Distrital de Salud de Bogotá -SDS
Luis Jorge Hernández

Universidad del Valle
Juliana Cancino,
Paola Filigrana, Paola Ruiz

CONTENIDO

- PRÓLOGO 27
- INTRODUCCIÓN..... 29
- RESUMEN PARA TOMADORES DE DECISIONES 31
- 1. ASPECTOS GENERALES 37
 - 1.1. Metodología seguida para la Elaboración del Informe Nacional sobre Calidad del Aire 39
 - 1.1.1. Análisis técnicos 39
 - 1.2. Entorno Socioeconómico 42
 - 1.2.1. Producto Interno Bruto (PIB) 42
 - 1.2.2. Energía..... 44
 - 1.2.3. Población 45
 - 1.2.4. Industria y transporte y calidad de Combustibles 46
 - 1.3. Normatividad de Calidad del Aire 47
 - 1.4. Monitoreo de Calidad del Aire en Colombia 49
 - 1.4.1. Generalidades..... 49
 - 1.4.2. Redes de monitoreo de calidad del aire en Colombia..... 50
 - 1.4.3. Calidad de los datos..... 54
 - 1.5. Descripción de Contaminantes..... 54
 - 1.5.1. Óxidos de azufre..... 54
 - 1.5.2. Óxidos de nitrógeno 54
 - 1.5.3. Ozono troposférico 54
 - 1.5.4. Monóxido de carbono..... 55
 - 1.5.5. Material particulado (PST y PM10) 55
- 2. CALIDAD DEL AIRE EN DIFERENTES REGIONES DEL PAÍS..... 57
 - 2.1. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 59

2.2.	Área Metropolitana de Bucaramanga - Santander	60
2.2.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	60
2.2.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	60
2.2.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	61
2.2.1.3.	Ozono – O ₃	63
2.2.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	64
2.2.1.5.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	64
2.2.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas	65
2.2.3.	Control y Seguimiento.....	66
2.3.	Área Metropolitana del Valle de Aburrá – Antioquia	67
2.3.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	68
2.3.1.1.	Dióxido de Azufre – SO ₂	68
2.3.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	69
2.3.1.3.	Ozono – O ₃	70
2.3.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	72
2.3.1.5.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	72
2.3.1.6.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	74
2.3.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas	75
2.3.3.	Modelación de la Calidad del Aire	76
2.3.4.	Control y Seguimiento.....	76
2.4.	Barrancabermeja - Santander	77
2.4.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	77
2.4.1.1.	Dióxido de Azufre – SO ₂	77
2.4.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	78
2.4.1.3.	Ozono – O ₃	78
2.4.1.4.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	79
2.4.1.5.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	79
2.5.	Barranquilla - Atlántico.....	80
2.6.	Bogotá Distrito Capital	80
2.6.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	83
2.6.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	83

2.6.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	85
2.6.1.3.	Ozono – O ₃	87
2.6.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	89
2.6.1.5.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	90
2.6.1.6.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	91
2.6.2.	Modelación de la Calidad del Aire	93
2.6.3.	Control y Seguimiento.....	93
2.6.3.1.	Programa de Fuentes Móviles.....	93
2.6.3.2.	Programa de Fuentes Fijas	93
2.6.3.3.	Iniciativa de Aire Limpio.....	94
2.6.3.4.	Promoción de Combustibles Más Limpios	94
2.7.	Cúcuta - Norte de Santander.....	94
2.7.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	94
2.7.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	94
2.7.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	95
2.8.	Manizales - Caldas	96
2.8.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	97
2.8.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	97
2.8.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	98
2.8.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas	99
2.8.3.	Control y Seguimiento.....	99
2.9.	Montería - Córdoba	100
2.10.	Municipios de Antioquia Jurisdicción de Corantioquia.....	100
2.10.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	101
2.10.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas	101
2.10.3.	Modelación de la Calidad del Aire	102
2.10.4.	Control y Seguimiento.....	102
2.11.	Municipios de Antioquia Jurisdicción de Cornare	103
2.11.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire	104
2.11.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	104
2.11.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	105

2.11.1.3.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	106
2.11.2.	Control y Seguimiento.....	107
2.12.	Municipios de Boyacá.....	107
2.12.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	107
2.12.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	107
2.12.1.2.	Ozono – O ₃	108
2.12.1.3.	Monóxido de Carbono – CO.....	110
2.12.1.4.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	110
2.12.2.	Modelación de la Calidad del Aire.....	111
2.12.3.	Control y Seguimiento.....	111
2.13.	Municipios de Cundinamarca.....	111
2.13.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	112
2.13.1.1.	Dióxido de Azufre – SO ₂	112
2.13.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	113
2.13.1.3.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	114
2.13.1.4.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	115
2.13.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas.....	116
2.14.	Municipios de La Guajira y Zona Minera del Cerrejón.....	117
2.14.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	118
2.14.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	118
2.14.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	119
2.15.	Municipios de Magdalena.....	120
2.15.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	121
2.15.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	121
2.15.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	122
2.16.	Municipios de Risaralda.....	123
2.16.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	123
2.16.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	123
2.16.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	124
2.16.1.3.	Ozono – O ₃	124
2.16.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	125

2.16.1.5.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	125
2.17.	Municipios del Cauca.....	127
2.17.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	128
2.17.1.1.	Dióxido de Azufre – SO ₂	128
2.17.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	129
2.17.1.3.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	130
2.17.1.4.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	131
2.17.2.	Control y Seguimiento.....	132
2.18.	Municipios del Quindío	132
2.18.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	132
2.18.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	132
2.18.2.	Control y Seguimiento.....	133
2.19.	Municipios del Tolima	133
2.19.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	134
2.19.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	134
2.19.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	135
2.20.	Municipios del Urabá Antioqueño Jurisdicción de Corpourabá.....	136
2.21.	Neiva - Huila	136
2.22.	Quibdó – Chocó.....	137
2.23.	Santiago de Cali – Valle del Cauca.....	137
2.23.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	138
2.23.1.1	Dióxido de Azufre - SO ₂	138
2.23.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	139
2.23.1.3.	Ozono – O ₃	140
2.23.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	141
2.23.1.5.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	141
2.23.2.	Inventario de Emisiones Atmosféricas	142
2.23.3.	Modelación de la Calidad del Aire	143
2.23.4.	Control y Seguimiento.....	143
2.24.	Valledupar y Zona Minera del Cesar.....	143
2.24.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	144

2.24.1.1.	Partículas Suspendidas Totales – PST.....	142
2.24.1.2.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	146
2.25.	Yumbo y Palmira – Valle del Cauca.....	147
2.25.1.	Estado y Cambio en la Calidad del Aire.....	147
2.25.1.1.	Dióxido de Azufre - SO ₂	147
2.25.1.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	148
2.25.1.3.	Ozono – O ₃	149
2.25.1.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	150
2.25.1.5.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	151
2.25.1.6.	Plomo – Pb.....	152
2.25.2.	Control y Seguimiento.....	153
3.	ESTADO Y CAMBIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA.....	155
3.1.	Dióxido de Azufre – SO ₂	157
3.1.1.	Comportamiento.....	157
3.1.2.	Análisis de Tendencias.....	159
3.2.	Dióxido de Nitrógeno – NO ₂	160
3.2.1.	Comportamiento.....	160
3.2.2.	Análisis de Tendencias.....	162
3.3.	Ozono Troposférico – O ₃	163
3.3.1.	Comportamiento.....	163
3.3.2.	Análisis de Tendencias.....	165
3.4.	Monóxido de Carbono – CO.....	166
3.4.1.	Comportamiento.....	166
3.4.2.	Análisis de Tendencias.....	168
3.5.	Material Particulado - PST.....	169
3.5.1.	Comportamiento.....	169
3.5.2.	Análisis de Tendencias.....	171
3.6.	Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10.....	172
3.6.1.	Comportamiento.....	172
3.6.2.	Análisis de Tendencias.....	174

4.	CALIDAD DEL AIRE Y SALUD	177
4.1.	Experiencias actuales de monitoreo del impacto en salud por contaminación del aire.	179
4.1.1.	Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	179
4.1.2.	Bogotá Distrito Capital	180
4.1.2.1.	Metodología.....	180
4.1.2.2.	Resultados.....	182
4.1.3.	Santiago de Cali – Valle del Cauca.....	184
4.1.3.1.	Definición y alcance.....	184
4.1.3.2.	Eventos que vigilan.....	184
4.1.3.3.	Objetivos del sistema	184
4.1.3.4.	Medición de la exposición	184
4.1.3.5.	Fuentes de recolección de los datos	184
4.1.3.6.	Recolección de los datos	184
4.1.4.	Área Metropolitana de Bucaramanga – Santander	184
4.1.4.1.	Objetivos Específicos.....	185
4.1.4.2.	Metodología.....	185
4.2.	Estudios realizados en Colombia que relacionan calidad del aire con salud	185
4.2.1.	Bogotá Distrito Capital	186
4.2.2.	Santiago de Cali	188
5.	ESTADO Y CAMBIO DEL AGUA LLUVIA EN COLOMBIA.....	189
5.1.	Generalidades.....	191
5.2.	Lluvia ácida y contaminación atmosférica.....	192
5.3.	Monitoreo del agua lluvia en Colombia	192
5.4.	Comportamiento del agua lluvia en Colombia.....	194
5.4.1.	Barranquilla	194
5.4.2.	Barrancabermeja.....	195
5.4.3.	Bogotá Distrito Capital	196
5.4.4.	Cali	196
5.4.5.	Ibagué.....	197
5.4.6.	Medellín	198
5.4.7.	Neiva.....	198

6.	ACCIONES NACIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	201
6.1.	Fortalecimiento del programa de monitoreo y seguimiento de calidad del aire a nivel nacional, regional y local a través del desarrollo de un protocolo de monitoreo y seguimiento.....	203
6.2.	Articulación de la información de los sectores de ambiente, energía, transporte y salud.....	203
6.3.	Diseño de propuestas para incluir medidas de prevención y control de la contaminación del aire en las políticas y regulaciones de competencia de los Ministerios de Transporte y de Minas y Energía.	204
6.4.	Revisión de las regulaciones relativas a la definición de los instrumentos que afectan los precios de los energéticos y su importación.....	204
6.5.	Identificación de las necesidades de información, debilidades y requerimientos técnicos para el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica asociada con la contaminación del aire.....	204
6.6.	Revisión de la legislación y estrategias sobre ordenamiento territorial, desarrollo urbano y movilidad de las ciudades.....	204
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	207
7.1.	Conclusiones.....	209
7.1.1.	Aspectos Generales	209
7.1.2.	Calidad del Aire en Diferentes Regiones del País	209
7.1.2.1.	Inventarios de Emisiones Atmosféricas.....	211
7.1.2.2.	Modelación de la Calidad del Aire	211
7.1.3.	Estado y Cambio de la Calidad del Aire en Colombia	211
7.1.4.	Calidad del aire y salud	212
7.1.5.	Estado y cambio del agua lluvia en Colombia	213
7.1.6.	Acciones Nacionales para el Mejoramiento de la Calidad del Aire	213
7.2.	Recomendaciones.....	213
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	215
ANEXO	219
LISTA DE MAPAS		
Mapa 1.1	Redes de monitoreo de calidad del aire con estaciones automáticas,	152
Mapa 1.2	Redes de monitoreo de calidad del aire con estaciones manuales, IDEAM 2007	153
Mapa 3.1.	Comportamiento de SO ₂ en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007	158
Mapa 3.2.	Comportamiento de NO ₂ en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007.....	161
Mapa 3.3	Comportamiento de O ₃ horario en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007	164
Mapa 3.4	Comportamiento de CO en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007.....	167
Mapa 3.5	Comportamiento de PST en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007	170
Mapa 3.6	Comportamiento de PM10 en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Descripción de los diagramas de caja	40
Figura 1.2.	Gráfica de tendencias	41
Figura 1.3.	Gráfica Comportamiento de Contaminantes a Nivel Nacional	41
Figura 1.4.	Variación porcentual del Producto Interno Bruto	43
Figura 1.5.	Participación en el Producto Interno Bruto a precios constantes de 1994 por ramas de actividad económica	44
Figura 1.6.	Estructura Energética Nacional para el año 2006 sin incluir no energéticos	44
Figura 1.7.	Distribución de la flota vehicular en Colombia - Modelos 1970 en adelante	46
Figura 1.8.	Contenido de azufre en el diésel de América Latina	47
Figura 2.1.	Concentración promedio de SO ₂ (3 horas) en las estaciones de la red de la CDMB	61
Figura 2.2.	Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB	61
Figura 2.3.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de la CDMB	61
Figura 2.4.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de la CDMB.....	62
Figura 2.5.	Concentración promedio de NO ₂ (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB.....	62
Figura 2.6.	Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB	62
Figura 2.7.	Concentración promedio de O ₃ (8 horas) en las estaciones de la red de la CDMB	63
Figura 2.8.	Concentración promedio de O ₃ (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB	63
Figura 2.9.	Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la CDMB.....	63
Figura 2.10.	Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones de la red de la CDMB.....	64
Figura 2.11.	Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB	64
Figura 2.12.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CDMB.....	65
Figura 2.13.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB.....	65
Figura 2.14.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red del AMVA.....	68
Figura 2.15.	Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA.....	69
Figura 2.16.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red del AMVA.....	69
Figura 2.17.	Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA.....	70
Figura 2.18.	Concentración promedio anual de O ₃ en la estación Guayabal de la red del AMVA	70
Figura 2.19.	Concentración promedio de O ₃ (8 Horas) en las estaciones de la red del AMVA.....	71
Figura 2.20.	Concentración promedio de O ₃ (1 Hora) en las estaciones de la red del AMVA.....	71
Figura 2.21.	Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de AMVA	71

Figura 2.22.	Concentración promedio anual de CO en las estaciones de la red del AMVA	72
Figura 2.23.	Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones de la red del AMVA	72
Figura 2.24.	Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red del AMVA.....	72
Figura 2.25.	Concentración promedio anual de PST (1993 – 1997) en las estaciones de la red del AMVA.....	73
Figura 2.26.	Concentración promedio anual de PST (2001 – 2006) en las estaciones de la red del AMVA.....	73
Figura 2.27.	Concentración promedio de PST (Diario) en las estaciones de la red del AMVA.....	74
Figura 2.28.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red del AMVA	74
Figura 2.29.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA	75
Figura 2.30.	Concentración promedio de SO ₂ en Barrancabermeja.....	77
Figura 2.31.	Concentración promedio de NO ₂ en Barrancabermeja.....	78
Figura 2.32.	Concentración máxima diaria de O ₃ en Barrancabermeja.....	78
Figura 2.33.	Concentración promedio de PST en Barrancabermeja.....	79
Figura 2.34.	Concentración promedio de PM10 en Barrancabermeja	79
Figura 2.35.	Localización de las estaciones y los equipos de calidad del aire de la RMCAB	79
Figura 2.36.	Equipos meteorológicos instalados en cada una de las estaciones de la RMCAB	82
Figura 2.37.	Concentración promedio de SO ₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de la SDA.....	83
Figura 2.38.	Concentración promedio de SO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA	84
Figura 2.39.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de la SDA.....	84
Figura 2.40.	Concentración promedio de SO ₂ medida con la estación móvil del IDEAM.....	85
Figura 2.41.	Concentración promedio de NO ₂ (Horario) en las estaciones de la red de la SDA	85
Figura 2.42.	Concentración promedio de NO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA	86
Figura 2.43.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de la SDA.....	86
Figura 2.44.	Concentración promedio de NO ₂ en las estaciones de la red de la SDA	87
Figura 2.45.	Concentraciones promedio de O ₃ (Horario) en las estaciones de la red de la SDA.....	87
Figura 2.46.	Concentraciones promedio de O ₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de la SDA.....	88
Figura 2.47.	Concentración promedio de ocho (8) horas de O ₃ en los puntos de monitoreo realizados por el IDEAM.	88
Figura 2.48.	Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la SDA.....	89
Figura 2.49.	Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de la SDA.....	89
Figura 2.50.	Concentraciones promedio de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de la SDA.....	90
Figura 2.51.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la SDA.....	90

Figura 2.52.	Concentración promedio de PST (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA	91
Figura 2.53.	Concentraciones promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA.....	91
Figura 2.54.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la SDA.....	92
Figura 2.55.	Concentración promedio de PM10 durante el tiempo de monitoreo en cada locación	92
Figura 2.56.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corponor.....	95
Figura 2.57.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corponor.....	95
Figura 2.58.	Concentración promedio anual de PM10 en la estación Corponor	96
Figura 2.59.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corponor	96
Figura 2.60.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corpocaldas	97
Figura 2.61.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corpocaldas.....	98
Figura 2.62.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpocaldas	98
Figura 2.63.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corpocaldas.....	99
Figura 2.64.	Porcentajes de emisión de cada tipo de fuente para cada contaminante.....	102
Figura 2.65.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de Cornare.....	104
Figura 2.66.	Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare.....	104
Figura 2.67.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de Cornare.....	105
Figura 2.68.	Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare	105
Figura 2.69.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Cornare.....	106
Figura 2.70.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare.....	106
Figura 2.71.	Concentración promedio de SO ₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	108
Figura 2.72.	Concentración promedio de SO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	108
Figura 2.73.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	108
Figura 2.74.	Concentración promedio de O ₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	109
Figura 2.75.	Concentración promedio de O ₃ (Horario) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	109
Figura 2.76.	Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	109
Figura 2.77.	Concentración promedio de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	110
Figura 2.78.	Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	110
Figura 2.79.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpoboyacá	110
Figura 2.80.	Concentración promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá.....	111
Figura 2.81.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de la CAR.....	112

Figura 2.82.	Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR.....	113
Figura 2.83.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de la CAR.....	113
Figura 2.84.	Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR.....	114
Figura 2.85.	Concentración Promedio Anual PST en las estaciones de la red de la CAR	1140
Figura 2.86.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR	115
Figura 2.87.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CAR.....	115
Figura 2.88.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR.....	116
Figura 2.89.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de las redes de La Guajira	118
Figura 2.90.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de las redes de La Guajira	119
Figura 2.91.	Concentración promedio anual PM10 en las estaciones de las redes de La Guajira.....	119
Figura 2.92.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de las redes de La Guajira.....	120
Figura 2.93.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corpamag.....	121
Figura 2.94.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corpamag.....	121
Figura 2.95.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpamag.....	122
Figura 2.96.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corpamag.....	122
Figura 2.97.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de Carder.....	124
Figura 2.98.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de Carder.....	124
Figura 2.99.	Concentración promedio anual de O ₃ en las estaciones de la red de Carder.....	125
Figura 2.100.	Concentración promedio anual de CO en las estaciones de la red de Carder	125
Figura 2.101.	Concentración promedio anual de PM10 en la ciudad de Pereira.....	126
Figura 2.102.	Concentración promedio anual de PM10 en el municipio de Dosquebradas	126
Figura 2.103.	Concentración promedio anual de PM10 en los municipios de La Virginia y Santa Rosa.....	127
Figura 2.104.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Carder.....	127
Figura 2.105.	Concentración promedio anual SO ₂ en las estaciones de la red de la CRC.....	128
Figura 2.106.	Concentración promedio de SO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC.....	129
Figura 2.107.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de la CRC.....	129
Figura 2.108.	Concentración promedio de NO ₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC.....	130
Figura 2.109.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la CRC.....	130
Figura 2.110.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC.....	131
Figura 2.111.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CRC	131
Figura 2.112.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC.....	132

Figura 2.113.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la CRQ	132
Figura 2.114.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CRQ	133
Figura 2.115.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Cortolima	134
Figura 2.116.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Cortolima	135
Figura 2.117.	Concentración promedio anual de PM10 para las estaciones de la red de Cortolima.....	135
Figura 2.118.	Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Cortolima.....	136
Figura 2.119.	Concentración promedio de SO ₂ (3 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA.....	138
Figura 2.120.	Concentración promedio de SO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA.....	138
Figura 2.121.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red del DAGMA	138
Figura 2.122.	Concentración promedio de NO ₂ (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA.....	139
Figura 2.123.	Concentración promedio de NO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA.....	139
Figura 2.124.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red del DAGMA	139
Figura 2.125.	Concentración promedio de O ₃ (8 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA	140
Figura 2.126.	Concentración promedio de O ₃ (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA.....	140
Figura 2.127.	Comparación del promedio anual de ocho horas, contra el promedio de ocho horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red del DAGMA	140
Figura 2.128.	Concentración de CO (8 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA	141
Figura 2.129.	Concentración de CO (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA	141
Figura 2.130.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red del DAGMA.....	141
Figura 2.131.	Concentración de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA	142
Figura 2.132.	Concentración promedio anual de PST para el 2006 en Corpocesar.....	144
Figura 2.133.	Concentración promedio anual de PST en las estaciones de Drummond Ltd.	145
Figura 2.134.	Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la Drummond Ltd.....	145
Figura 2.135.	Media móvil anual de PST para la estación La Loma.....	146
Figura 2.136.	Media móvil anual de PST para la estación Boquerón.....	146
Figura 2.137.	Concentración promedio anual de PM10 para el 2006 en la campaña de monitoreo de Corpocesar.	147
Figura 2.138.	Concentración de SO ₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de la CVC	148
Figura 2.139.	Concentración de SO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC.....	148
Figura 2.140.	Concentración promedio anual de SO ₂ en las estaciones de la red de la CVC.....	148
Figura 2.141.	Concentración de NO ₂ (Horario) en las estaciones de la red de la CVC.....	149
Figura 2.142.	Concentración de NO ₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC.....	149

Figura 2.143.	Concentración promedio anual de NO ₂ en las estaciones de la red de la CVC.....	149
Figura 2.144.	Concentración de O ₃ (Horario) en las estaciones de la red de la CVC.....	150
Figura 2.145.	Concentración de O ₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de la CVC.....	150
Figura 2.146.	Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la CVC.....	150
Figura 2.147.	Concentración de CO (Horario) en las estaciones de la red de la CVC.....	151
Figura 2.148.	Concentración de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de la CVC	151
Figura 2.149.	Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CVC	151
Figura 2.150.	Concentración promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC.....	152
Figura 2.151.	Concentración promedio anual de PM10 en ACOPI	152
Figura 2.152.	Concentración promedio anual de Plomo (Pb) en ACOPI.....	153
Figura 3.1.	Comportamiento de las concentraciones de SO ₂ a nivel nacional, IDEAM 2007	158
Figura 3.2.	Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de SO ₂ , IDEAM 2007	160
Figura 3.3.	Comportamiento de las concentraciones de NO ₂ a nivel nacional, IDEAM 2007.....	161
Figura 3.4.	Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de NO ₂ , IDEAM 2007	163
Figura 3.5.	Comportamiento de las concentraciones de O ₃ ocho (8) horas a nivel nacional.....	163
Figura 3.6.	Comportamiento de las concentraciones de O ₃ horarias a nivel nacional.....	163
Figura 3.7.	Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de O ₃ , IDEAM 2007	166
Figura 3.8.	Comportamiento de las concentraciones de CO ocho (8) horas a nivel nacional.....	166
Figura 3.9.	Comportamiento de las concentraciones de CO horarias a nivel nacional.....	166
Figura 3.10.	Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de CO, IDEAM 2007.....	169
Figura 3.11.	Comportamiento de las concentraciones de PST a nivel nacional, IDEAM 2007	169
Figura 3.12.	Comportamiento nacional del promedio móvil anual y de los percentiles 25 y 75 de PST, IDEAM 2007	172
Figura 3.13.	Comportamiento de las concentraciones de PM10 a nivel nacional, IDEAM 2007	175
Figura 3.14.	Comportamiento nacional del promedio móvil anual y de los percentiles 25 y 75 de PM10, IDEAM 2007	175
Figura 4.1.	Comportamiento Promedio Anual PM10 vs. Casos Notificados Salas ERA. Enero - Septiembre del año 2006. Hospital del Sur.....	183
Figura 4.2.	Comportamiento PM10 vs. Casos Notificados Salas ERA. Hospital del Sur. Septiembre de 2006. Localidades de Kennedy y Puente Aranda.....	183
Figura 5.1.	Fuentes y receptores de la lluvia ácida.....	191
Figura 5.2	Colector utilizado en El Jardín Meteorológico del Laboratorio de Calidad Ambiental (Bogotá), IDEAM 2007	194

Figura 5.3.	Conductividad y pH de la lluvia en Barranquilla, 2001-2006.....	195
Figura 5.4.	Conductividad y pH de la lluvia en Barrancabermeja 2001-2003.	195
Figura 5.5.	Conductividad y pH de la lluvia en Bogotá, 2001-2006.....	196
Figura 5.6.	Conductividad y pH de la lluvia en Cali, 2001-2006.	197
Figura 5.7.	Conductividad y pH de la lluvia en Ibagué, 2001-2006.	197
Figura 5.8.	Conductividad y pH de la lluvia en Medellín, 2004-2006.....	198
Figura 5.9.	Conductividad y pH de la lluvia en Neiva, 2001-2006.	198

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1.	Año Base para el cálculo del comportamiento de contaminantes criterio en Colombia a nivel regional	42
Tabla 1.2.	Producto Interno Bruto Total y por habitante a precios constantes de 1994	43
Tabla 1.3.	Población en Colombia Censo -2005	45
Tabla 1.4.	Población y NBI para los Censos de 1973, 1985, 1993 y 2005.....	45
Tabla 1.5.	Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	48
Tabla 1.6.	Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia.....	49
Tabla 1.7.	Redes de Monitoreo de Calidad del Aire en Colombia	50
Tabla 2.1.	Mediciones de calidad del aire en la Isla de San Andrés	59
Tabla 2.2.	Niveles de concentración de contaminantes en la Planta de Generación de Energía de la Isla de San Andrés	60
Tabla 2.3.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de la CDMB	60
Tabla 2.4.	Clasificación porcentual de seguimiento a actividades	66
Tabla 2.5.	Clasificación de la industria manufacturera en la CDMB.....	66
Tabla 2.6.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire del AMVA.....	67
Tabla 2.7.	Emisión de contaminantes al aire del AMVA en toneladas por año.	75
Tabla 2.8.	Puntos de monitoreo en la campaña realizada en Barrancabermeja (CAS)	77
Tabla 2.9.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire del DAMAB.....	80
Tabla 2.10.	Promedios diarios de la estación Agrecon el día 6 de agosto de 2005.....	80
Tabla 2.11.	Concentración promedio mensual (enero a marzo) en el 2006.....	80
Tabla 2.12.	Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo	81
Tabla 2.13.	Objetivos que cumplen las estaciones de la RMCAB.....	82
Tabla 2.14.	Lugar, localidad y periodo de monitoreo de la estación móvil del IDEAM	83
Tabla 2.15.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Corponor.....	94

Tabla 2.16.	Estaciones de monitoreo de red de calidad del aire de Corpocaldas	97
Tabla 2.17.	Inventario de emisiones de Corpocaldas para el 2005	99
Tabla 2.18.	Inventario de emisiones de la CVS para el 2005	100
Tabla 2.19.	Inventario de emisiones de Corantioquia para el 2004	101
Tabla 2.20.	Operativos realizados a las fuentes móviles año 2003- 2006.....	103
Tabla 2.21.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de Cornare	103
Tabla 2.22.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de Corpoboyacá.....	107
Tabla 2.23.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de la CAR	112
Tabla 2.24.	Inventario de emisiones para el año 2005 en la jurisdicción de la CAR.....	116
Tabla 2.25.	Principales diez (10) actividades industriales generadoras de material particulado (PST y PM10) en la jurisdicción de la CAR.....	117
Tabla 2.26.	Estaciones de monitoreo de la redes de calidad del aire de La Guajira.....	117
Tabla 2.27.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Corpamag.....	120
Tabla 2.28.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Carder	123
Tabla 2.29.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de la CRC.....	128
Tabla 2.30.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Cortolima	134
Tabla 2.31.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire del DAGMA.....	137
Tabla 2.32.	Inventario de emisiones del DAGMA para los años 2002 a 2005	142
Tabla 2.33.	Aporte de carga contaminante por sector productivo.....	143
Tabla 2.34.	Puntos de monitoreo de la campaña en la zona minera del Cesar	144
Tabla 2.35.	Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de la CVC.....	147
Tabla 3.1.	Concentraciones promedio más altas de SO ₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	159
Tabla 3.2.	Concentraciones promedio más bajas de SO ₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	159
Tabla 3.3.	Concentraciones promedio más altas de NO ₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	162
Tabla 3.4.	Concentraciones promedio más bajas de NO ₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	162
Tabla 3.5.	Concentraciones promedio más altas de O ₃ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	165
Tabla 3.6.	Concentraciones promedio más bajas de O ₃ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	165
Tabla 3.7.	Concentraciones promedio más altas de CO para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	168

Tabla 3.8.	Concentraciones promedio más bajas de CO para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	168
Tabla 3.9.	Concentraciones promedio más altas de PST para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	171
Tabla 3.10.	Concentraciones promedio más bajas de PST para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	171
Tabla 3.11.	Concentraciones promedio más altas de PM10 para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	174
Tabla 3.12.	Concentraciones promedio más bajas de PM10 para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006.....	174
Tabla 4.1.	Causa y código CIE contemplados para mortalidad diaria.....	181
Tabla 4.2.	Causa y código CIE contemplados para ingresos hospitalarios urgentes diarios.....	181
Tabla 4.3.	Causa y código CIE contemplados para consulta externa y de urgencias.....	182
Tabla 4.4.	Resumen de los Efectos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en mortalidad.....	187
Tabla 4.5.	Resumen de los Efectos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en morbilidad.....	187
Tabla 4.6.	Resumen de los Costos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en morbilidad.....	188
Tabla 5.1.	Clasificación del agua lluvia de acuerdo con el pH.	191
Tabla 5.2.	Estaciones del IDEAM que monitorean lluvia ácida.....	193
Tabla 6.1.	Principales actividades a realizarse con recursos del crédito IDS.....	205

PRÓLOGO

La contaminación del aire en los corredores industriales y en las principales ciudades del país es uno de los problemas ambientales y sociales sobre cuya importancia existe una amplia conciencia en Colombia, y es el generador de los mayores costos sociales después de la contaminación del agua y de los desastres naturales. Estos costos han sido estimados en 1,5 billones de pesos anuales y están relacionados con efectos sobre la salud pública, mortalidad y morbilidad, siendo por lo general los grupos sociales pobres los más expuestos a la contaminación del aire y los más afectados por ella.

De acuerdo con el CONPES 3343 de 2005 “Lineamientos para la Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire”, en el ámbito urbano se concentran las principales fuentes de emisión por contaminación del aire. Se calcula que en el 2002, el 34% de la emisión total nacional contaminante se generó en 8 ciudades y de acuerdo con proyecciones del DANE, para el mismo año, el 45% de la población colombiana urbana habitaba en estos lugares.

Con el análisis de la información disponible se ha identificado que el Material Particulado supera los niveles permisibles en diferentes ciudades del país, por lo que su prevención y control debe ser prioritaria.

El presente documento titulado “Informe sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire”, se constituye en el primer documento de este tipo que se realiza en el país, el cual permitirá mejorar el proceso de toma de decisiones sectoriales, ambientales y sociales para prevenir y controlar la emisión de este tipo de contaminantes.

Su objetivo es consolidar información aislada que anteriormente no podía ser evaluada de manera integral, y establecer una línea base de los distintos contaminantes atmosféricos que afectan el ambiente y la salud de los colombianos, con el fin de iniciar un proceso sistemático y continuo de seguimiento a la gestión y desempeño de todos los agentes tanto públicos como privados que intervienen en el control ambiental.

La información presentada en este documento proviene de las redes de calidad del aire operadas por entidades públicas y privadas, así como de estudios realizados por las autoridades ambientales y de salud.

Por lo anterior, este informe se convierte en un documento de consulta obligatoria, contribuyendo de manera efectiva en el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos y en el aprovechamiento de nuestros recursos de manera sostenible y responsable.

JUAN LOZANO RAMÍREZ
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

INTRODUCCIÓN

El presente informe sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, más que un exhaustivo y detallado documento, es un compendio del conocimiento institucional en el tema de contaminación del aire del país.

Este informe de (8) ocho capítulos, se convierte en el principal esfuerzo del IDEAM en recopilar y analizar la información relacionada con calidad del aire en Colombia, desde el momento en que cada una de las autoridades ambientales comenzó su proceso de monitoreo hasta el 31 de diciembre del año 2006.

El Capítulo 1, presenta las características y circunstancias del país como el comportamiento de los indicadores económicos, que permitirán al lector identificar cómo ha sido su crecimiento a nivel poblacional, energético, industrial y vehicular en los últimos años, y cómo ha sido la evolución de la normatividad colombiana a nivel de prevención y control de calidad del aire. Así mismo el lector encontrará los resultados del monitoreo en Colombia, sus redes, la calidad de esta información y una breve descripción de los contaminantes, en especial, de los denominados criterio.

El Capítulo 2, presenta un recorrido sobre la calidad del aire en más de 20 regiones del país, incluidas los principales centros urbanos e industriales, y las zonas de interés particular como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, el Cerrejón y la zona minera del Cesar. Para cada región, y en la medida de lo posible, se obtuvo información de los procesos de monitoreo, estado, dinámica, inventarios de emisiones, modelación, y control y seguimiento de la calidad del aire.

Este capítulo contó con la participación de más de (30) treinta entidades involucradas en temas de contaminación de este recurso; entidades cuya función es la protección de la salud y entidades de orden académico como la Universidad del Valle. El proceso de elaboración fue conjunto, de tal manera que los resultados que se presentan corresponden

al análisis y revisión de la información entregada por cada autoridad ambiental; proceso que facilitó la elaboración del informe y permitió tener una visión más clara y objetiva de los resultados

El Capítulo 3, corresponde al estado y dinámica de la calidad del aire en Colombia., el cual analiza el comportamiento histórico de un determinado contaminante en el país. Igualmente se podrá identificar las tendencias de los contaminantes por medio de variables estadísticas como los percentiles 75 y 25, así como la media móvil. Es importante resaltar que en este análisis no se hace una relación directa con el crecimiento económico del país, a pesar que éste incida directamente en la calidad del recurso. Tampoco se hace un análisis de los resultados obtenidos por medidas de carácter preventivo como el pico y placa, o los Sistemas Integrados de Transporte Masivo, entre otros.

En cuanto a la relación existente entre calidad del aire y salud, el Capítulo 4 presenta las experiencias actuales de monitoreo de su impacto, así como, los estudios realizados en Colombia que relacionan estas variables.

El Capítulo 5 analiza la lluvia ácida como una causa de la contaminación del aire y se presenta el estado y cambio del agua lluvia en Colombia. Es importante mencionar que esta información corresponde solamente a la capturada por el IDEAM a través de sus estaciones que monitorean la lluvia ácida en el país, sin tener en cuenta las investigaciones que puedan estar adelantando otras entidades del orden regional.

En el Capítulo 6 el lector encontrará una reseña sobre las acciones nacionales para el mejoramiento de la calidad del aire. Acciones que deben ser abordadas de manera coordinada entre los diferentes sectores con el objetivo de construir la política nacional para la prevención y el control de la contaminación del aire, debido a que es uno de los problemas ambientales de mayor preocupación para los colombianos, y el generador de mayores costos sociales, después de la contaminación del agua y de los desastres naturales.

Y finalmente, el Capítulo 7 presenta las conclusiones y recomendaciones del Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del

Aire, el cual esperamos sea de gran aporte para las mejores decisiones a nivel sectorial, ambiental y social del país.

CARLOS COSTA POSADA
Director General, Ideam

RESUMEN PARA TOMADORES DE DECISIONES

El crecimiento en el Producto Interno Bruto (PIB) colombiano de los últimos 15 años ha sido del 35%. La industria manufacturera, el sector agrícola y el financiero son los sectores que más aportan al PIB y las regiones con un mayor aporte son Bogotá, Antioquia y el Valle del Cauca, con una participación cercana al 40% del PIB nacional.

Tanto el sector industrial como el de transporte han mostrado un incremento en los últimos años; en el sector industrial, las exportaciones han aumentado en un 77% entre 2002 y 2006, específicamente para el sector automotor y de motocicletas, el año 2006 ha sido el de mayores ventas. Para el caso del sector transporte, el indicador de toneladas transportadas por año se ha incrementado a partir del 2000.

El anterior desempeño trae beneficios para la economía colombiana, pero a su vez puede traer consecuencias en el ambiente, para lo cual el gobierno nacional está desarrollando diferentes estrategias para prevenir y mejorar la calidad del aire. En este sentido, ha venido trabajando en disminuir los contenidos de azufre de los combustibles fósiles, a través de reglamentaciones sobre combustibles limpios, mejoramiento de las características de los combustibles e inversión en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena para la obtención de mejores combustibles, entre otras estrategias.

Adicionalmente, el MAVDT está validando el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire elaborado por el IDEAM; elaborando el protocolo de inventarios de emisiones; realizando un diagnóstico del estado actual de algunas redes de monitoreo de calidad del aire, con el fin de fortalecerlas, por medio de la entrega de equipos a las autoridades ambientales regionales. Así mismo, se encuentra en proceso de implementación el software para la transferencia de información y generación del reporte unificado nacional de redes y análisis de datos (SISAIRE).

El monitoreo de la calidad del aire a nivel regional se ha convertido en una de las principales herramientas para realizar el seguimiento continuo de los factores que intervienen sobre

este recurso. Para ello, el país cuenta con 20 redes de monitoreo de calidad del aire (manuales y automáticas), localizadas en los principales centros urbanos del país (Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín y Santa Marta), en corredores industriales (Valle de Sogamoso y Yumbo y Palmira), en las zonas mineras del Cerrejón y el Cesar, así como en algunos municipios de los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Magdalena, Risaralda, Cauca, Quindío, Tolima y otras ciudades como Cúcuta, Manizales y Neiva.

En las principales ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Santa Marta, en centros de actividad industrial como el Valle de Aburrá, Yumbo y Palmira, el Valle de Sogamoso y zonas mineras como el Cerrejón se presentan cambios significativos en la calidad del aire que han merecido la atención del gobierno nacional.

En general, en la mayoría de redes de monitoreo, el material particulado (PM10 y PST) es el contaminante que más supera los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad, tanto anual como diario. El ozono también alcanza concentraciones críticas, en especial en las mediciones de las redes de zonas urbanas. Los óxidos de nitrógeno y de azufre en la mayoría de las redes se mantienen dentro de los límites permisibles con excepción de algunas mediciones específicas, donde las concentraciones son bastante elevadas, fenómeno que se atribuye a eventos puntuales que pudiesen ocurrir cerca de la estación de monitoreo. Para el caso del CO, la mayoría de las concentraciones se mantienen dentro de los límites permisibles, pero al igual que el ozono sus concentraciones más altas se presentan dentro de los centros urbanos, algunas llegan a superar los límites máximos permisibles.

En algunas zonas del país que no cuentan con red de calidad del aire, pero han realizado campañas de monitoreo como por ejemplo la Isla de San Andrés, la ciudad de Neiva y el complejo de Barrancabermeja, las concentraciones de los diferentes contaminantes monitoreados se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos. Por el contrario, Corpocezar realizó una campaña de monitoreo durante

el año 2006 en la zona minera del departamento del Cesar y obtuvo como resultado concentraciones por encima de los niveles máximos permisibles.

Entre las grandes ciudades, Bogotá presenta las concentraciones más elevadas de material particulado que alcanzan promedios anuales de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PST y $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10; la zona occidental y sur de la ciudad son las más afectadas por este tipo de contaminación, mientras que en el norte las concentraciones son menores. Dentro de las zonas más afectadas están Puente Aranda (reconocida zona industrial de la ciudad), Fontibón y Cazucá. De las doce (12) estaciones que monitorean PM10, ocho (8) registran promedios superiores a la norma anual durante el periodo de análisis (1997 a 2006); mientras que dos (2) de las tres (3) estaciones que miden PST, superan la norma anual durante todos los años del periodo de análisis que comprende desde el 2001 al 2006.

Los otros contaminantes analizados en Bogotá, los óxidos de nitrógeno y de azufre, presentan concentraciones anuales dentro del límite máximo permisible. En ambos casos las concentraciones promedio para los últimos años se han mantenido estables. Para ozono y monóxido de carbono es más preocupante ya que los límites permisibles son superados ampliamente, en particular las concentraciones de O_3 que llegan a alcanzar concentraciones de 150 ppb en las horas de mayor radiación solar.

El área metropolitana de Bucaramanga presentó excedencias de PM10 y Ozono, siendo este último el contaminante que más excedió los límites permisibles durante los años 2001, 2002 y 2003, especialmente el límite de ocho (8) horas. Las concentraciones de PM10 exceden el límite anual en las estaciones Centro y Chimitá en los años 2004, 2005 y 2006 con concentraciones entre 70 a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Valle de Aburrá y Medellín el problema de contaminación atmosférica también se encuentra centrado en material particulado, donde las concentraciones de PST han superado históricamente los límites establecidos, en especial en las estaciones de Itagüi y Universidad Nacional. Para el caso del PM10, aunque el límite anual no es superado, las concentraciones anuales se encuentran por encima de $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en algunas ocasiones muy cerca del nivel máximo permisible anual ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En ozono algunas estaciones presentan eventos con altas concentraciones.

La ciudad de Santiago de Cali no presenta excedencias para SO_2 y NO_2 , pero sí para ozono, material particulado y monóxido de carbono. El monóxido de carbono solo presentó valores elevados durante el 2005, superando el límite de ocho (8) horas, mientras que PM10 excedió el límite anual solo en la estación CVC con un promedio de $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el

2006. En relación con el ozono, tanto el nivel horario máximo permisible como el de ocho (8) horas fueron superados durante todos los años analizados (2003 - 2006).

En la zona industrial de los municipios de Yumbo y Palmira la situación de SO_2 y NO_2 difiere a lo que se presenta en el resto del país, dado que para ambos casos el límite anual es superado en el 2002 y para SO_2 en el 2003. Tanto para ozono como para monóxido de carbono los límites horarios y de ocho (8) horas son superados, siendo importante resaltar el ozono, que en el 2004 registró máximos horarios y de ocho (8) horas superiores a 220 ppb, y 140 ppb respectivamente. Los límites anuales de PM10 no son superados, sin embargo, la concentración máxima diaria en el 2004 alcanzó valores de $285 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para casos puntuales, como la zona de ACOPI, se registraron promedios superiores a los niveles máximos permisibles para PM10 en cuatro (4) de los cinco (5) lugares de monitoreo, durante los años 2005 y 2006. Además, también se presenta una considerable excedencia en las concentraciones atmosféricas de plomo durante los dos años de monitoreo (2005 y 2006) con concentraciones de $1,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el monitoreo realizado en los municipios del Magdalena, el cual incluye la ciudad de Santa Marta, las concentraciones diarias de PST superan los niveles máximos permisibles en varias ocasiones, en especial durante el 2003. Además en el 2006 se registra el promedio diario más alto con $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación ubicada en Carbogranales. Para PM10 la situación es contraria, puesto que las concentraciones anuales no superan los $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, salvo la estación Carbogranales en el 2006, la cual registró una concentración muy cerca del límite máximo permisible.

Aunque la ciudad de Barranquilla cuenta con una red de calidad del aire, no se obtuvo la información suficiente que permitiera realizar un análisis de las concentraciones diarias o anuales de los contaminantes. Sin embargo, es importante resaltar que para PM10 se registran concentraciones mensuales superiores a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, las cuales son considerablemente altas, si se tiene en cuenta que el nivel máximo permisible anual es $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la zona minera del Cerrejón, cuatro (4) de las quince (15) estaciones que monitorean PST han registrado excedencias de los niveles máximos permisibles anuales. Para el caso de PM10, el límite anual solo se excede un año, alcanzando los $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la zona minera del Cesar la situación es similar, donde las concentraciones anuales de PST son superadas en tres (3) ocasiones, dos (2) de ellas en el 2006. Cabe resaltar que el promedio móvil anual de este contaminante muestra un incremento importante comparado con las concentraciones de 1995 con las de 2006, donde los niveles máximos permisibles anuales comienzan a ser superados constantemente,

situación que llevó al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a declarar la zona como área fuente de contaminación.

Para el Valle de Sogamoso es importante destacar que ni el monóxido de carbono ni el SO_2 representan un problema de contaminación atmosférica por sus bajas concentraciones, mientras que el ozono y el PM_{10} sí lo son. En ozono los límites permisibles horarios y de ocho (8) horas son superados durante los tres (3) años analizados (2004 a 2006), con concentraciones máximas que alcanzan los 93 ppb. Ahora bien, en el caso del PM_{10} aunque el límite anual no es superado, todas las concentraciones se encuentran por encima de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, el límite diario sí es superado en los tres (3) años llegando a valores de $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dentro de la jurisdicción de la CAR, en los municipios de Cundinamarca, ninguna de las estaciones presenta excedencias para NO_2 , mientras que para SO_2 en los municipios de Nemocón y Cagua el límite anual es excedido en el 2005 con concentraciones de 36 ppb y 51 ppb. Los principales problemas de contaminación del aire en la jurisdicción de la CAR son por PM_{10} y PST, donde se presentan excedencias de la norma anual en ambos casos. En el caso de PST, cinco (5) de las nueve (9) estaciones superan el nivel máximo permisible anual, además de algunas que superan el nivel diario con concentraciones por encima de los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la estación del municipio de Nemocón la que registra el mayor número de excedencias. Situación similar se presentó para el caso de PM_{10} donde estas mismas estaciones (Nemocón y Cagua) y la de Soacha superaron los niveles máximos permisibles anuales. La estación de Nemocón registra excedencias para los cinco (5) años de análisis (2002 al 2006) todas por encima de los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De manera general en las ciudades de Cúcuta, Manizales, Pereira, Armenia e Ibagué no se presentan excedencias considerables ni constantes de PST ni PM_{10} . Sin embargo, en Cúcuta se excede el límite anual de PST dos (2) veces en la estación Barrio Panamericano en los años 2000 y 2001. En Manizales aunque las concentraciones de PST en su mayoría están sobre los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, solo se excede la norma en (2) dos años (1997 y 1998). En jurisdicción de la CRC, incluido Popayán, las concentraciones de NO_2 y SO_2 son muy bajas, mientras que para PM_{10} y PST estas superan los niveles máximos permisibles anuales, en particular para los años 2004 y 2005, alcanzando concentraciones de $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PST y $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} . La red de Cortolima registra excedencias de la norma anual de PST, cabe notar que dichas excedencias se presentan en el 2000, 2001 y 2003. En el caso de los municipios de Risaralda, incluyendo Pereira, ninguno de los contaminantes monitoreados (SO_2 , NO_2 , O_3 , CO y PM_{10}) superan los límites establecidos para cada uno.

Otra herramienta con que cuentan las autoridades ambientales es el desarrollo de inventarios de emisiones atmosféricas, que les permiten identificar cuáles son las principales fuentes de emisión y así desarrollar sus programas, planes y proyectos de reducción de la contaminación. De acuerdo con lo anterior, varias regiones del país cuentan con una base de datos con información tanto de fuentes móviles como de fuentes fijas y biogénicas, o se encuentran en el proceso de elaboración y actualización. Entre estas regiones están el Valle de Aburrá, Bogotá, Manizales y Santiago de Cali y algunos municipios de Antioquia y Cundinamarca. De acuerdo con los resultados de los inventarios de emisiones, en términos generales las principales fuentes biogénicas son las de emisión de contaminantes al aire, seguidas de las fuentes móviles. Así mismo, los resultados muestran que las fuentes fijas o puntuales son las que más aportan contaminación por material particulado.

Los resultados anteriores permiten conocer cómo se encuentra la calidad del aire en las diferentes regiones de nuestro país; sin embargo, estos resultados cobran mayor importancia si permiten desarrollar un análisis conjunto, identificando y estableciendo cómo es el comportamiento y tendencias de los contaminantes a nivel nacional.

En general, los diferentes contaminantes en Colombia han variado a través del tiempo, mostrando tendencias muy diferentes para cada contaminante; en este sentido, la tendencia nacional para NO_2 , O_3 y CO es a disminuir sus concentraciones, mientras que las concentraciones de PST tienden a aumentar. De modo particular el SO_2 y el NO_2 son los contaminantes que tienen las concentraciones más bajas con respecto a los niveles máximos permisibles anuales. Tomando como base la concentración nacional del 2003, en el caso del SO_2 las concentraciones han aumentado en un 40%, pasando de 4,44 a 12,39 ppb, mientras que el NO_2 ha presentado una reducción del 19%, pasando de 15,08 a 12,15 ppb.

En relación con las tendencias y para el caso específico del SO_2 , durante el año 2003 se presenta un incremento importante de las concentraciones debido a las altas tasas que se registraron en la ciudad de Cali y las zonas de Yumbo y Palmira. Cabe resaltar además que a partir de comienzos del 2006 este contaminante presenta un aumento en su concentración, que aunque no es muy evidente es perceptible. De manera más puntual las ciudades de Cali, Medellín y Bogotá registran una disminución en las concentraciones a partir del 2003, mientras que en Bucaramanga, así como en algunos municipios de Cundinamarca, las concentraciones han aumentado. Para el NO_2 en muchos de los lugares de monitoreo no se muestra aumento o disminución considerable, con excepción de Cundinamarca y Bucaramanga que muestran incrementos importantes, mientras que en Yumbo y Palmira, Medellín y Bogotá presentan disminución en las concentraciones.

Con respecto al ozono, a nivel nacional las concentraciones horarias y de ocho (8) horas superan los límites establecidos para estos periodos en la mayoría de los años analizados (2003 al 2006); en general, las concentraciones han aumentado 13% para los promedios de 8 horas y 26% para los horarios. En las diferentes zonas de monitoreo, Bogotá y Bucaramanga tienen los resultados más variables en el tiempo, aunque con reducciones considerables. En el Valle de Sogamoso y la zona industrial de Yumbo y Palmira las concentraciones han aumentado.

Por su parte la tendencia que muestran las concentraciones de ozono desde 1998 revelan que estas han disminuido gradualmente, especialmente de 1998 a 2002, a partir de este año las concentraciones se han mantenido relativamente constantes. Las estaciones de la red de la ciudad de Cali registran el promedio más alto y más bajo entre 2003 a 2006. Por otro lado, las redes de Corpoboyacá y de la CVC registran también promedios altos para este mismo periodo de tiempo, situación contraria a las estaciones de la red de la SDA que registran las concentraciones más bajas.

La tendencia de las concentraciones nacionales de CO es a la disminución, 70% para los registros horarios y 71% para los registros de 8 horas. Bogotá y el Valle de Aburrá registran disminuciones superiores al 50%, mientras que en el Valle de Sogamoso y en la zona metropolitana de Bucaramanga las concentraciones han aumentado. En cuanto a las tendencias nacionales, comparando los registros de 1998 con los de 2006, estos han disminuido en 1,5 ppm, cabe anotar que entre 2003 y 2004 se presenta un fuerte aumento en las concentraciones.

Las estaciones con el promedio más bajo de CO (periodo 2003 a 2006) se encuentran localizadas en las redes del Valle de Sogamoso, en Bucaramanga y Santiago de Cali, con concentraciones alrededor de 1 ppm, mientras que Bogotá, en especial en la zona suroccidental (Fontibón con 35,87 ppm), registra el promedio más alto para este mismo periodo de tiempo.

Las concentraciones de PST han aumentado en un 5,1% mostrando una tendencia al alza. Las concentraciones nacionales en el 2006 estuvieron cerca del nivel máximo permisible anual. El caso de PM10 es contrario, dado que las concentraciones nacionales disminuyeron un 11%, y las concentraciones se han mantenido por debajo de los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que están acordes a las recomendaciones internacionales. Sin embargo, es importante recalcar que las concentraciones de PM10 han aumentado en algunas ciudades principales.

Para la mayoría de las zonas del país donde se monitorea PST, las concentraciones han aumentado, siendo las zonas mineras

del Cerrejón en La Guajira y la del Cesar las que presentan el mayor aumento, con un 50% y 62%, respectivamente. Cabe destacar que aunque la región del Cerrejón registra los aumentos en concentraciones más altos, las concentraciones registradas por sus estaciones se encuentran entre las más bajas (42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Por otra parte, las redes de Corpocaldas, CRC, CAR y Cortolima presentan descensos alrededor del 20%. A pesar de que la red de la CAR, de manera general, muestra descensos en sus concentraciones, junto con la red de la SDA, estas cuentan con las estaciones que registran los promedios multianuales más altos (149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Por su parte, Bucaramanga y la zona industrial de Yumbo y Palmira son las que registran el mayor incremento en las concentraciones de PM10, 56% y 57%, respectivamente. En las demás regiones del país, aunque las concentraciones varían con el tiempo, se han mantenido estables en comparación con los primeros registros de cada red. El mayor descenso se registra en el Valle de Sogamoso (37%). Entre las estaciones con las mayores concentraciones se encuentran las ubicadas en el suroccidente de la ciudad de Bogotá, además de algunas del Valle de Aburrá y la CAR. Por otro lado, las que registran las concentraciones más bajas son las ubicadas en el Cerrejón y las de jurisdicción de Corpamag y Carder.

El control y seguimiento de la calidad del aire cobra mayor importancia por los efectos que tienen algunos contaminantes sobre la salud de las personas. En este sentido, diferentes estudios a nivel nacional han sido realizados para identificar la relación entre contaminación del aire y efectos sobre la salud, especialmente con enfermedades respiratorias agudas (ERA).

Las actividades conjuntas entre las autoridades ambientales y las de salud, para el seguimiento y control de la afectación en la salud de la población por contaminación del aire, están siendo realizadas en las principales ciudades del país, dentro de las cuales se destacan Bogotá, Bucaramanga y Santiago de Cali, lo cual permite conocer la morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias agudas (ERA). En el caso específico de Bogotá, los resultados han mostrado que existe una relación entre los picos de concentración y los casos notificados en salas ERA.

Diferentes estudios e investigaciones a nivel nacional han identificado la existencia de una relación directa entre contaminación del aire y enfermedades respiratorias agudas, lo cual permite tomar acciones conducentes a una reducción en las tasas de mortalidad y morbilidad, así como también la disminución en las admisiones hospitalarias y en el número de consultas, cuando se disminuye la contaminación del aire.

Otro de los efectos de la contaminación del aire es la lluvia ácida, comportamiento que ha sido monitoreado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y cuyos resultados muestran que en términos generales se puede establecer que la acidificación en la precipitación a nivel nacional predomina en la mayoría de las ciudades monitoreadas; sin embargo, no se cuenta con la información suficiente para identificar los factores que intervienen en el mencionado comportamiento, haciéndose necesario realizar estudios específicos que relacionen factores locales con la acidificación del agua lluvia, para tomar las acciones necesarias que contribuyan a la corrección de este comportamiento. Adicionalmente, está la necesidad de fortalecer el sistema de monitoreo de la química de la precipitación, pues en la mayoría de los casos los resultados no presentan el grado de confiabilidad deseado ya sea por los procedimientos, equipos utilizados o por la ubicación de las estaciones.

Las tendencias de la lluvia ácida en Colombia en general son hacia la acidez, excepto en ciudades como Barranquilla, Ibagué y Neiva, en donde los valores de pH se encuentran por encima del valor normal con tendencia a ser neutros. Así mismo, es importante resaltar que la ubicación y condiciones geográficas se constituyen en factores determinantes en la neutralización de la acidificación atmosférica, como por ejemplo, la influencia que tiene la brisa marina sobre Barranquilla, el clima seco para Neiva y la baja influencia de emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno para Neiva e Ibagué.

Ciudades como Cali y Medellín presentan características de lluvia ácida, es decir, con tendencias a la acidificación. Por otra parte, Bogotá presenta un comportamiento específico, ya que los valores de pH más bajos corresponden a los regímenes de precipitación más altos durante el año. En cuanto a Barrancabermeja, presenta una tendencia a la acidificación irregular, lo que indica se debe tener en cuenta en futuros análisis y monitoreos de la acidificación de la lluvia.



Foto: CARDER

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME NACIONAL SOBRE CALIDAD DEL AIRE

Este informe fue elaborado con base en la información existente relacionada con la tendencia del comportamiento de los diferentes contaminantes de la calidad del aire en las principales regiones y ciudades del país.

Inicialmente se contó con la participación de las diferentes corporaciones autónomas regionales que proporcionaron la información registrada por las redes de calidad del aire, así como información de los inventarios de emisiones, modelación de la calidad del aire y de gestión y control de la contaminación atmosférica.

Adicionalmente, con la información entregada por las autoridades ambientales, previamente organizada, se realizó el capítulo de Estado y Cambio de la Calidad del Aire en Colombia.

Por otro lado, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) participaron en la elaboración de los respectivos apartes del capítulo de contaminación del aire y salud para Medellín y Bucaramanga. Para este capítulo adicionalmente se contó con la participación de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y de la Universidad del Valle, para los apartes correspondientes a Bogotá Distrito Capital y Santiago de Cali, respectivamente.

La información entregada por las diferentes autoridades ambientales, en relación con las mediciones de calidad del aire de las redes de monitoreo, fue comparada con la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Vivienda y Desarrollo Territorial. A continuación se describen los análisis técnicos realizados tanto para el capítulo de Estado y Cambio de la Calidad del Aire por Región, como para el de Estado y Cambio de la Calidad del Aire en Colombia.

1.1.1. Análisis técnicos

El Informe Nacional sobre Calidad del Aire y, en especial, los capítulos de contaminación del aire, fueron realizados utilizando análisis estadísticos de la información reportada en las

estaciones de monitoreo de las diferentes redes del país, para cada parámetro de estudio estos análisis incluyeron promedios aritméticos para CO, SO₂, NO₂, PM10 y O₃, y geométricos para PST.

Para el desarrollo de los análisis se tuvo en cuenta la Resolución 601 de 2006 (ver Tabla 1.5), en el sentido de identificar los periodos de reglamentación, es decir, para la norma de PM10 se realizaron análisis para la norma anual y diaria, para el NO₂ la anual, diaria y horaria, y así sucesivamente para los demás contaminantes.

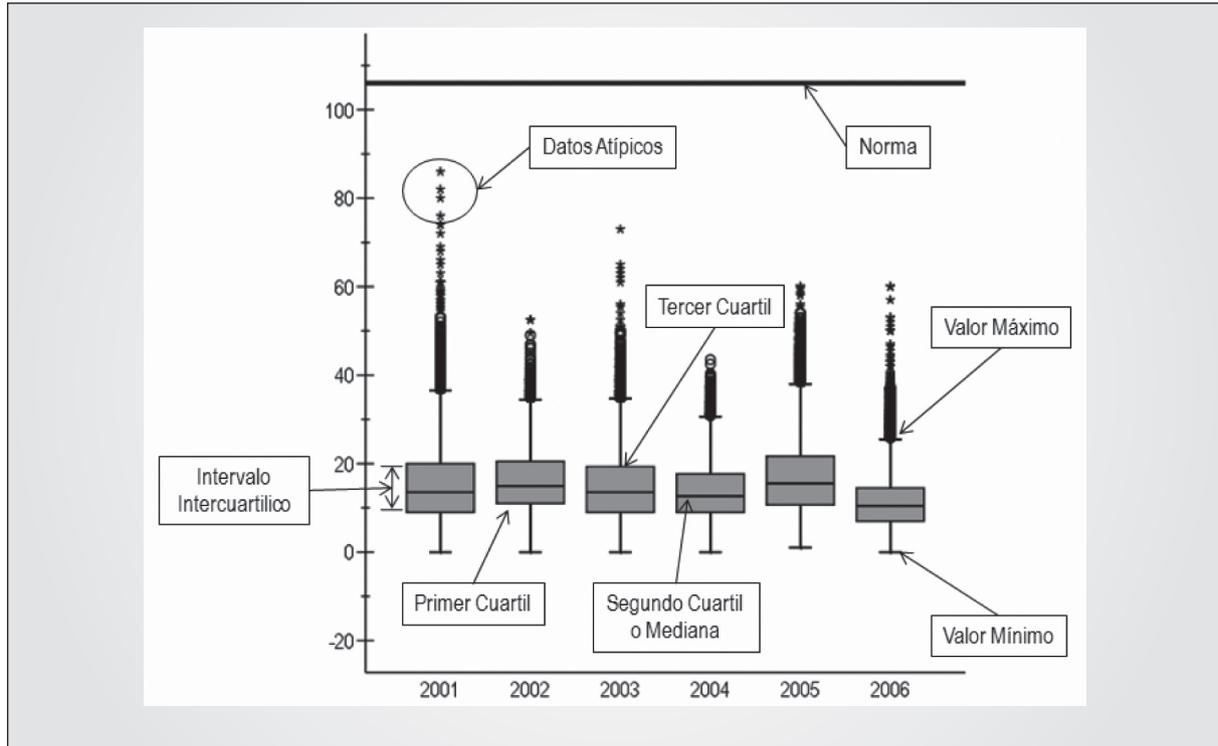
Los resultados de los análisis se presentan en forma gráfica mediante diagramas de caja¹, gráficos de barras donde se resumen los promedios anuales de los diferentes contaminantes, y gráficas representadas por líneas, donde se muestran las tendencias de los diferentes contaminantes a nivel nacional para un periodo de tiempo. Adicionalmente, en el anexo del informe se presentan otras medidas estadísticas como los valores extremos tanto máximos como mínimos, los percentiles, la desviación estándar, la varianza, entre otras variables estadísticas.

A manera de ejemplo, en la Figura 1.1 se presenta la descripción de los diagramas de caja, en la cual se presentan en el primer, segundo y tercer cuartil, los valores atípicos, los valores máximos y mínimos, entre otros.

Para la presentación de los resultados de los promedios anuales, las gráficas de barras resumen los valores promedios para cada año de medición agrupados por estación de monitoreo. Esto tiene como fin observar en ellas los cambios de concentraciones promedio a través del tiempo y entender el comportamiento de cada contaminante a nivel local, comparándolos

¹ El diagrama de caja es una representación gráfica de varias estadísticas: 1) el primer cuartil (valor por debajo del cual está el 25% de los datos), representado por el borde inferior de la caja; 2) la mediana como medida de tendencia central, correspondiente al segundo cuartil (valor por debajo del cual está el 50% de los datos), representada por la línea horizontal dentro de la caja; 3) el tercer cuartil (valor por debajo del cual está el 75% de los datos), representado por el borde superior de la caja; 4) el intervalo intercuartílico como medida de la dispersión, definido como la diferencia entre el tercer y primer cuartil, representado por la altura de la caja.

Figura 1.1. Descripción de los diagramas de caja



Fuente: IDEAM, 2005

con la norma anual; para aquellos contaminantes que están reglamentados para este periodo de tiempo. Para el ozono y específicamente en las redes de monitoreo automáticas se realizó una comparación entre las concentraciones promedio de ocho (8) horas y las concentraciones de ocho (8) horas comprendidas entre las 9:00 a.m. y las 5:00 p.m., para así identificar las horas de mayores concentraciones. Adicionalmente, para este mismo contaminante y para redes automáticas se realizó un análisis para identificar el periodo con mayores concentraciones, el cual es comentado en el texto del comportamiento de ozono de cada región.

Para el caso de O_3 en las redes automáticas fueron realizadas gráficas que comparan el promedio anual de ocho (8) horas contra el promedio comprendido entre las 9 am y las 5 pm, con el fin de resaltar que las mayores concentraciones de O_3 se presentan durante las horas de mayor radiación solar. Igualmente se identificó el periodo de ocho (8) horas con la mayor concentración de O_3 para cada una de las redes.

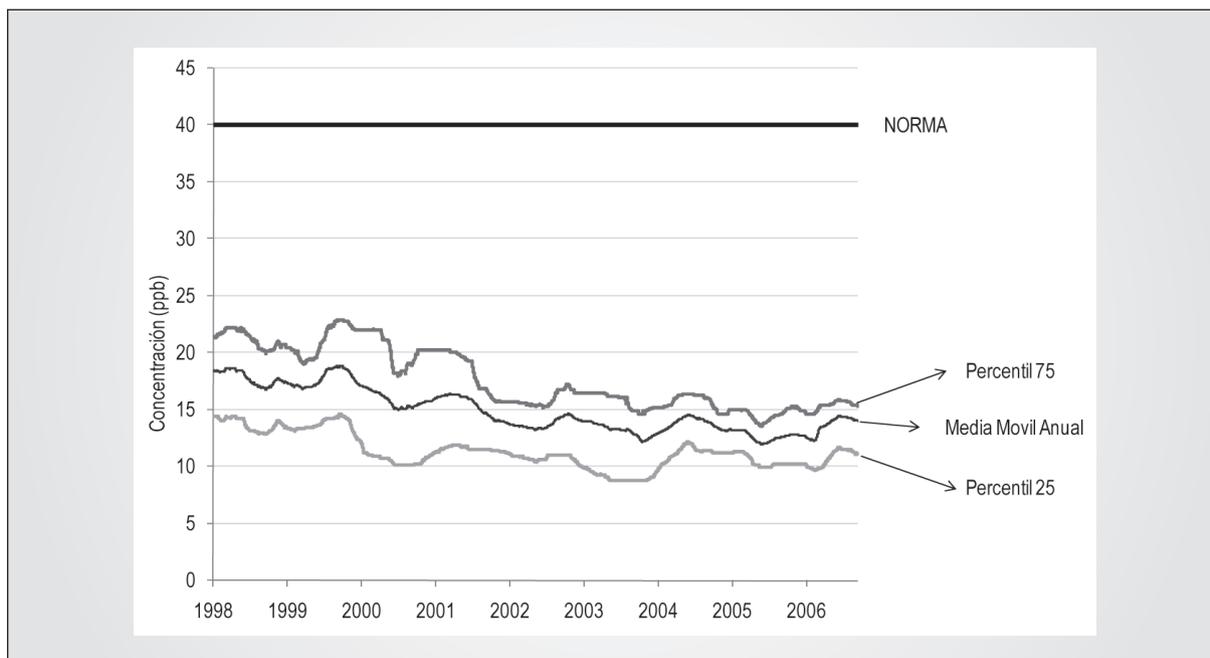
Para la elaboración del capítulo de Estado y Cambio de la Calidad del Aire en Colombia, los análisis se presentan como un promedio diario general de las concentraciones de cada contaminante medido por las diferentes redes (automáticas y manuales) del país. Para el caso de las redes automáticas se obtuvo un promedio diario a partir de todas las concentraciones medidas en un día (0 a 24 horas).

En relación con las estaciones manuales fue tomado el dato correspondiente el día en que se inició la medición. Posteriormente fue calculado un promedio diario nacional con los resultados de las estaciones automáticas y manuales. A partir de aquí se calculó una media móvil anual junto con los percentiles 25 y 75 del promedio diario nacional, esto con el fin de observar la variación de las concentraciones, como las tendencias de estas. La Figura 1.2 muestra el esquema básico de la gráfica y se define el significado de cada línea.

El promedio se calcula según la normatividad y los periodos de tiempo definidos en ella para cada contaminante; para el caso de CO y O_3 fueron realizados los análisis para los datos horarios. La línea que marca el percentil 75 significa que el 75% de los datos registrados a nivel nacional se encuentran por debajo de esa línea, mientras que la línea que marca el percentil 25 muestra que el 25% de los datos registrados a nivel nacional se encuentran por debajo de esa línea.

Para identificar las estaciones de monitoreo que registran las concentraciones más altas para cada uno de los contaminantes se promediaron los registros obtenidos entre el 2003 y 2006 para cada una de ellas, obteniendo un único promedio multianual (2003 – 2006) por estación. Con estos promedios se realizó una clasificación de las 10 estaciones con los promedios más altos y las 10 estaciones con los promedios más

Figura 1.2. Gráfica de tendencias



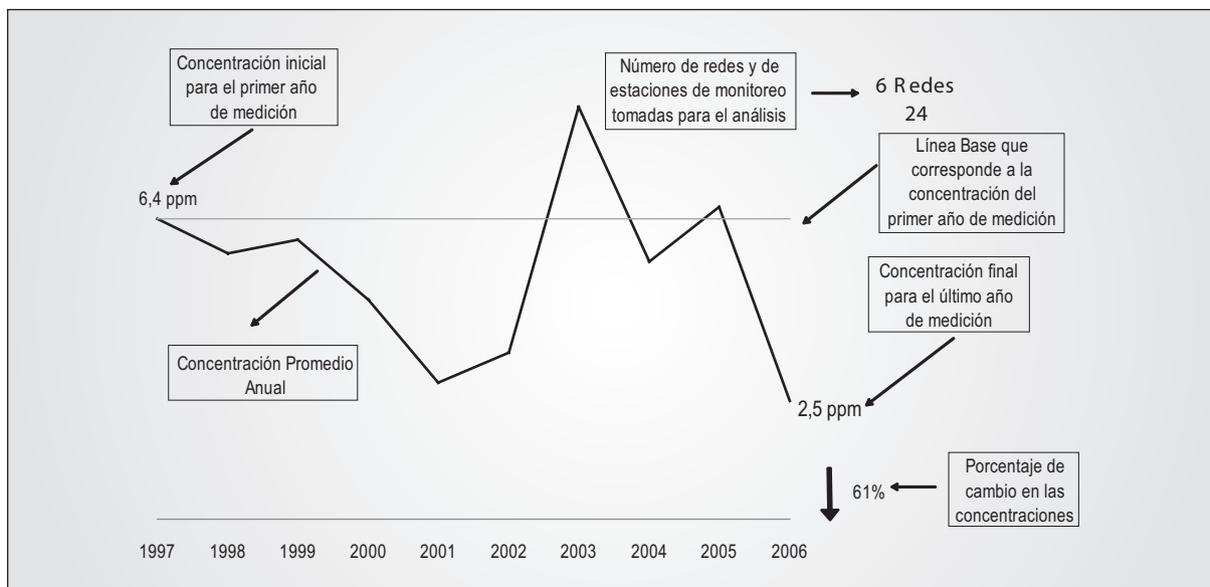
Fuente: IDEAM, 2007

bajos. Así se identificaron las estaciones y las redes que registran las más altas y las más bajas concentraciones a nivel nacional para cada contaminante criterio (NO_2 , SO_2 , CO , PM_{10} , PST , O_3).

Además, con el fin de observar el comportamiento de los diferentes contaminantes se realizó una gráfica esquemática que permite ver la evolución de las concentraciones de los

diferentes contaminantes a nivel nacional con referencia a la concentración promedio del primer año de medición de dicho contaminante (ver Fuente: IDEAM, 2007. Figura 1.3). Para este análisis se tomó el primer año como aquel donde la mayoría de redes tenidas en cuenta (al menos el 80% de acuerdo con la EPA) tuvieran datos para el contaminante a analizar, el 2003 para NO_2 , SO_2 , O_3 y CO ; y el 2001 para PST y PM_{10} .

Figura 1.3. Gráfica comportamiento de contaminantes a nivel nacional



Fuente: IDEAM, 2007

Finalmente para los cálculos del comportamiento de los contaminantes criterio en Colombia a nivel regional fue realizado el mismo procedimiento explicado anteriormente para cada

una de las redes de monitoreo, exceptuando el establecimiento del año base, el cual depende del año de inicio de monitoreo de cada contaminante por la respectiva autoridad ambiental (ver Tabla 1.1)

Tabla 1.1. Año base para el cálculo del comportamiento de contaminantes criterio en Colombia a nivel regional

Red de Monitoreo	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	PST	PM10
AMVA	2003	2003	2005	2005	2001	2002
CAR	2004	2004	-	-	2002	2002
Carder	-	-	-	-	-	2002
CDMB	2001	2001	2001	2001	-	2001
Cornare	2001	2001	-	-	-	1998
Corpoboyacá	-	-	2004	2005	-	2004
Corpamag	-	-	-	-	2001	2002
Corpocaldas	-	-	-	-	1997	1997
Corpogujira - Cerrejón	-	-	-	-	1995	-
Corponor	-	-	-	-	1999	1999
Cortolima	-	-	-	-	2000	2000
CRC	2004	-	-	-	2004	2004
CRQ	-	-	-	-	2003	-
CVC	2004	2002	2002	-	-	2002
DAGMA	2003	2003	-	2003	-	2003
Drummond	-	-	-	-	1994	-
SDA	1997	1997	1997	1997	2001	1997

Fuente: IDEAM, 2007

1.2. ENTORNO SOCIOECONÓMICO

Según lo expresado por el Banco de la República a inicios del 2007, Colombia en los últimos cuatro (4) años ha presentado una recuperación en la economía, reflejada en el fortalecimiento de diversos indicadores económicos, tales como bajas tasas de interés, aumento de la inversión extranjera, aumento del consumo interno, mayor confianza de los inversionistas y mejora en términos de seguridad nacional².

Esta recuperación ha generado que indicadores como consumo de energía, crecimiento industrial y de transporte traigan efectos sobre la calidad del aire de nuestro país.

1.2.1. Producto Interno Bruto (PIB)

De acuerdo a la información suministrada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), desde principios de la década de los noventa al 2005, el PIB ha registrado de manera global un aumento superior al 35%, alcanzando en el 2006 los 113.352 millones de dólares a precios constantes de 1994 (ver Tabla 1.2).

² Carlos Gustavo Cano, Codirector del Banco de La República. Reflexión personal sobre el estado de la economía y la moneda. 2007.

Tabla 1.2. Producto Interno Bruto Total y por habitante a precios constantes de 1994

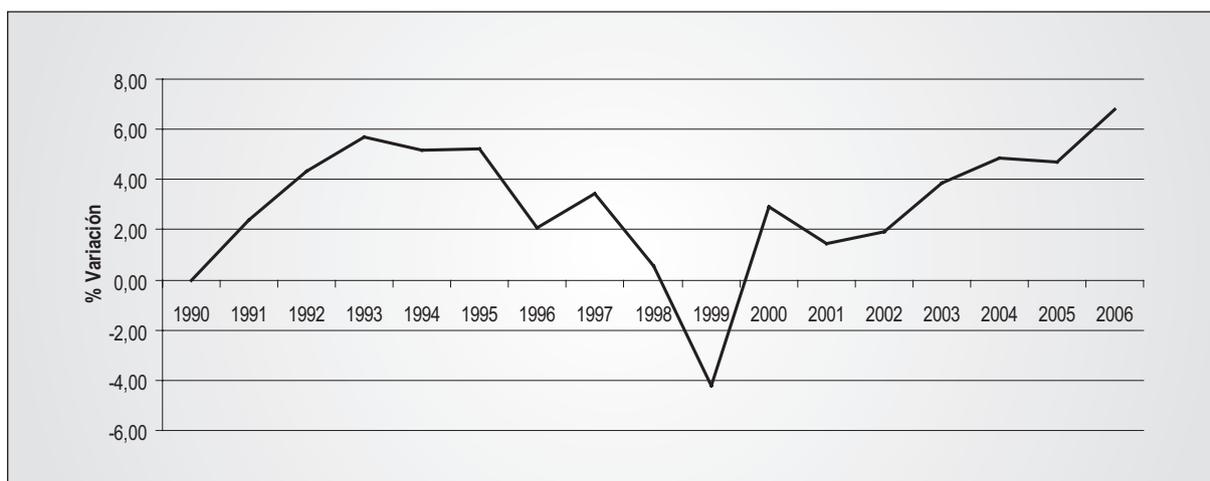
Año	Total	Por habitante
	Millones de Dólares	Dólares
1990	68.808	1.968
1991	70.440	1.974
1992	73.506	2.019
1993	77.704	2.093
1994	81.703	2.159
1995	85.954	2.230
1996	87.721	2.232
1997	90.730	2.265
1998	91.247	2.235
1999	87.411	2.102
2000	89.968	2.126
2001	91.292	2.120
2002	93.057	2.123
2003	96.647	2.168
2004	101.351	2.236
2005	106.136	2.305
2006	113.352	2.423

Fuente: DANE, 2007

En la Figura 1.4 se presenta la variación porcentual del producto interno bruto, donde se puede resaltar que a partir del

2000 siempre ha sido positiva, que alcanza su máximo en el 2006 con un 6,8%.

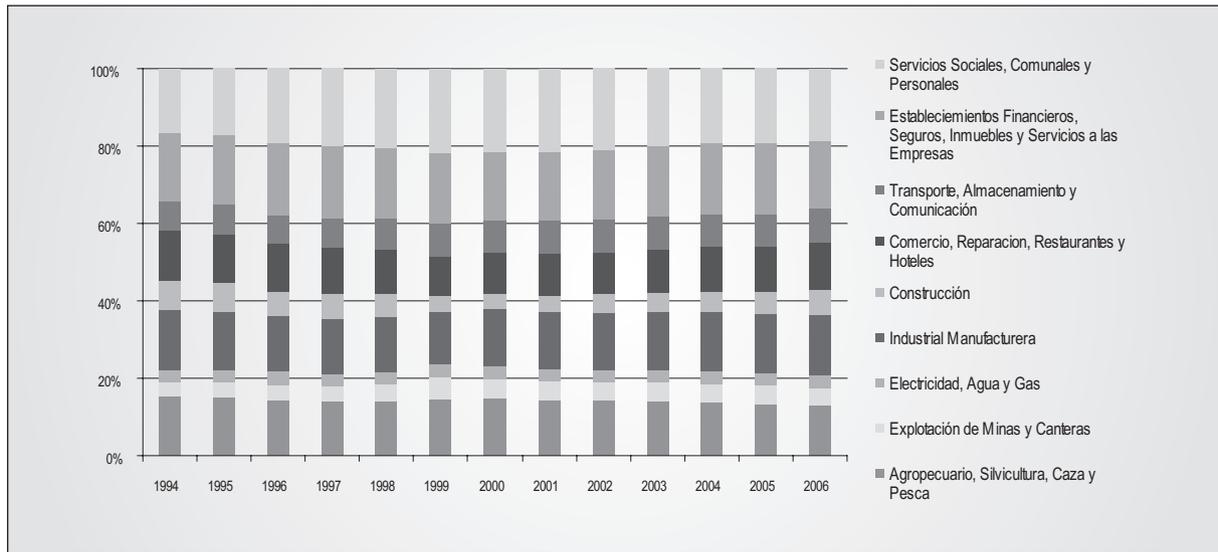
Figura 1.4. Variación porcentual del producto interno bruto



Fuente: DANE, 2007

Las ramas de la actividad económica que más aportan al PIB son la industria manufacturera; el sector agropecuario; el sector de establecimientos financieros, seguros, inmuebles y

servicio a las empresas; y el sector de servicios sociales, comunales y personales (ver Figura 1.5).

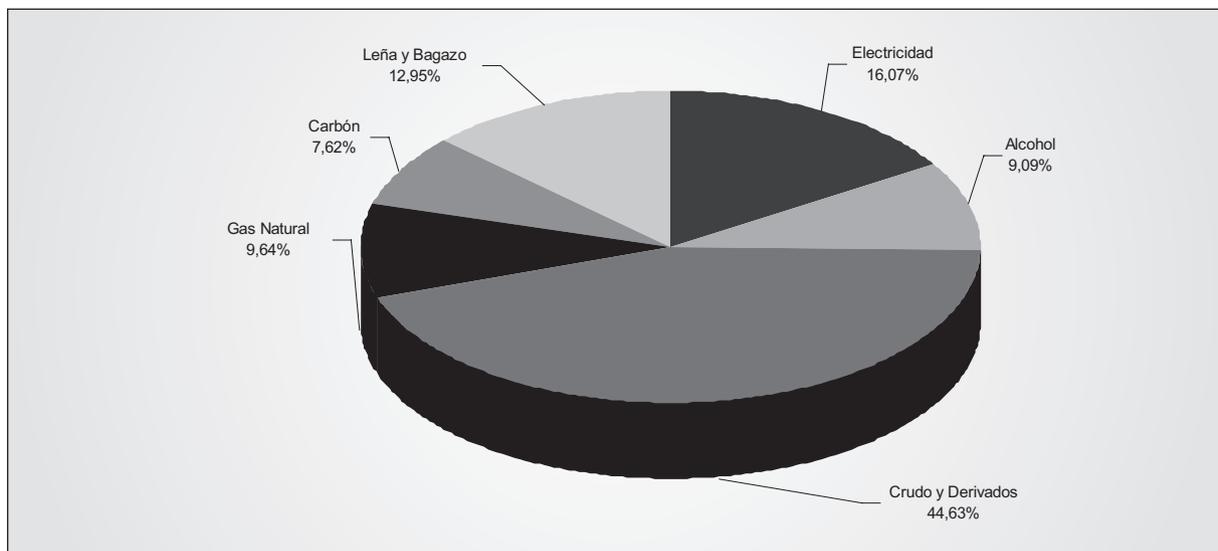
Figura 1.5. Participación en el Producto Interno Bruto a precios constantes de 1994 por ramas de actividad económica

Fuente: DANE, 2007

De acuerdo con las últimas estadísticas del DANE, históricamente tres (3) departamentos han aportado más del 48% del PIB del país desde 1990 hasta el 2005: el Distrito Capital de Bogotá, con un promedio³ de 22,64% del PIB nacional, Antioquia con un 15,26% en promedio y el Valle del Cauca con 11,78% del PIB Nacional; los siguientes departamentos en aportar al PIB son Santander (6,39%), Atlántico (4,59%) y Bolívar (3,92%); en total estos 6 departamentos aportaron el 63,89% del PIB nacional para el año 2005.

1.2.2. Energía

La estructura energética nacional está principalmente dividida en derivados del petróleo, energía eléctrica, gas natural y carbón. En la Figura 1.6 se muestra la participación de cada uno de los energéticos en el país para el año 2006, sin incluir los productos de la refinación de petróleo, que son utilizados como materia prima para otros procesos industriales diferentes a la obtención de energía, denominados no energéticos.

Figura 1.6. Estructura energética nacional para el año 2006 sin incluir no energéticos

Fuente: UPME, 2007

³ Promedio para aporte al PIB, a precios constantes de 1994, en el periodo 1990 – 2005. Datos DANE

Los derivados del petróleo son desde hace más de tres (3) décadas la principal fuente energética consumida en el país (UPME, 2007). Por otra parte, desde los años noventa se ha incrementado el uso de gas natural y gas licuado del petróleo (GLP) y se ha disminuido de manera significativa el consumo de leña en el país. Respecto a los energéticos secundarios, la gasolina motor es el energético más consumido, seguido del diésel oil y la energía eléctrica. Estos últimos han tenido un crecimiento sostenido especialmente desde los últimos años de la década del noventa.

En relación con la producción de energéticos en el país, el petróleo y sus derivados han sufrido una leve disminución en

la participación nacional, mientras que el carbón a partir del año 1999 ha tenido un leve incremento.

En general, la tendencia de producción energética en el país ha tenido un aumento sostenido, pasando de 200.000 Teracalorías producidas en la década de los ochenta a 900.000 Teracalorías en el 2006.

1.2.3. Población

El Censo - 2005 mostró que en Colombia habitan 42.1 millones de personas, de los que 31.5 millones habitan en las cabeceras municipales, igualmente los resultados muestran que hay un mayor número de mujeres que hombres (Ver Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Población en Colombia Censo 2005

CARACTERÍSTICA	POBLACIÓN CENSO 2005
Población Total	42.090.502
Cabecera	31.566.276
Resto	10.524.226
Hombres	20.668.157
Mujeres	21.422.345

Fuente: DANE, 2007

La población colombiana se encuentra concentrada principalmente en Bogotá (16,1%), Antioquia (13,47%) y Valle del Cauca (9,64%). En relación con el índice de crecimiento poblacional frente al Censo-1993, Cundinamarca ha sido el departamento con el mayor índice, con un aumento del 18,83%, seguido por Antioquia (15,28%). Por otro lado, los departamentos de Cauca, Caldas, Boyacá y el Archipiélago de San Andrés y Providencia presentan descensos en el número de habitantes.

Respecto a la evaluación social realizada en este Censo, el 27,6% de la población del país presenta Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), menor que en el Censo de 1993 que fue el 35,8% de la población. El departamento del Chocó presenta el mayor número de población con NBI (79,1%), seguido por Vichada (66,7%) y La Guajira (65,2%). En la Tabla 1.4 se presentan los resultados de los diferentes indicadores de las NBI en los censos realizados, mostrando que en general la población con NBI ha disminuido en el tiempo.

Tabla 1.4. Población y NBI para los Censos de 1973, 1985, 1993 y 2005

NBI - POBLACION	CENSO			
	1973	1985	1993	2005
Población	22.862.118	30.062.198	37.635.094	42.090.502
Personas con NBI	70,5%	43,2%	35,8%	27,6%
Dos o más NBI	44,9%	21,4%	14,9%	10,6%
Vivienda Inadecuada	31,2%	12,9%	11,6%	10,4%
Servicios Públicos Inadecuados	30,3%	20,9%	10,5%	7,4%
Hacinamiento Crítico	34,3%	19,0%	15,4%	11,0%
Inasistencia Escolar	31,0%	11,2%	8,0%	3,6%
Alta Dependencia Económica	29,0%	13,3%	12,8%	11,2%

Fuente: DANE, 2007

1.2.4. Industria y transporte y calidad de Combustibles

Industria

Según el Banco de la República la producción industrial (sin trilla de café) registró un crecimiento de 8,32% durante el primer semestre de 2006 y de 13,61% entre julio de 2005 y julio de 2006. El crecimiento industrial se ve reflejado en las exportaciones del país que han incrementado los montos de ventas en el exterior, es así como las exportaciones han aumentando alrededor de un 77% en el año 2006 respecto a las del año 2002.

Transporte

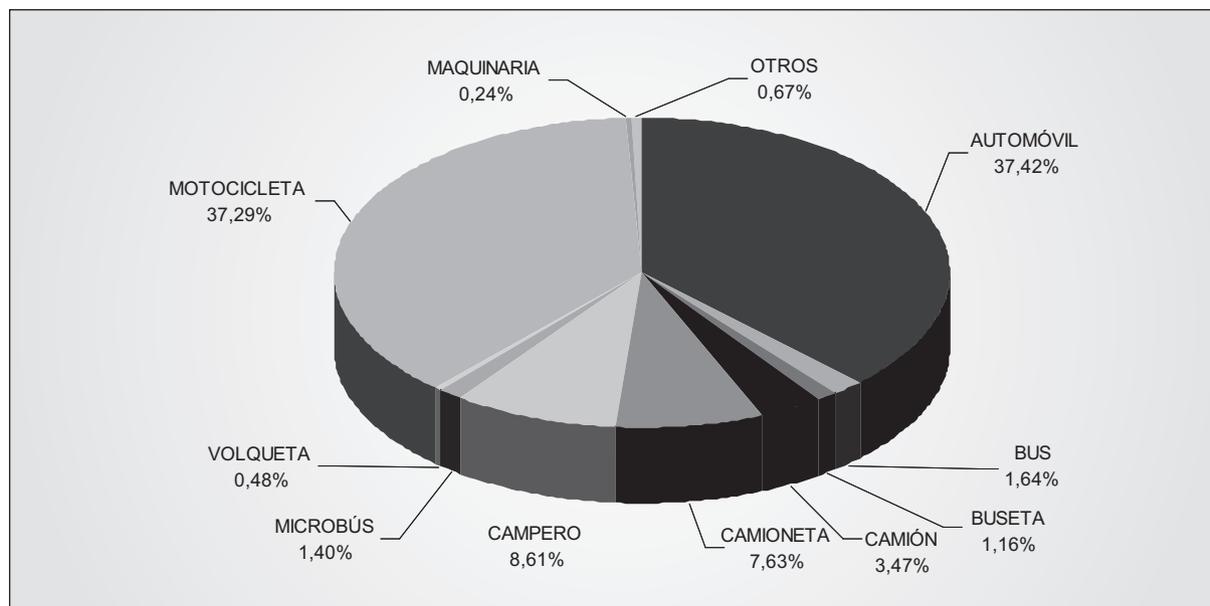
Según el Ministerio de Transporte, este sector no ha sufrido mayores variaciones en su composición del PIB durante los últimos años, siendo el de mayor importancia el transporte por carretera con un aporte del 75% del PIB del sector.

Uno de los principales indicadores del crecimiento del sector transporte es el número de toneladas movilizadas por año, las cuales tuvieron un descenso en el periodo 1996 – 2000. Sin embargo, a partir del año 2000 se incrementó el transporte de carga en el país por encima de 100.000 toneladas movilizadas por año⁴ llegando a superar los históricos nacionales desde inicios de la década del noventa.

El parque automotor del país (incluyendo motocicletas) en marzo de 2007 era de 4.677.451 automóviles de todos los tipos a nivel nacional, mientras que en febrero de 2006 el total nacional era de 4.016.462⁵, lo que presenta un crecimiento del 16% en trece (13) meses.

En la Figura 1.7 se presenta la distribución del parque automotor registrado en el país, la cual incluye los automotores modelo 1970 en adelante⁶. Se observa que los vehículos y las motocicletas conforman más del 70% del total del parque automotor, 37,42% para automóviles y 37,29% para las motocicletas.

Figura 1.7. Distribución de la flota vehicular en Colombia - Modelos 1970 en adelante



Fuente: Ministerio de Transporte. Estadísticas, 2007

Calidad de combustibles

Los combustibles utilizados en el país son principalmente combustibles fósiles (carbón, gas natural, crudo y sus derivados). La calidad de dichos combustibles está directamente ligada con las emisiones que estos producen cuando son utilizados en los diferentes procesos de combustión.

Específicamente, la calidad de combustibles como la gasolina y el diésel está determinada por su contenido de azufre. En

Colombia el contenido de azufre de dichos combustibles se encuentra en 1.000 ppm para la gasolina y 4.500 ppm para el diésel⁷. En la Figura 1.8 se muestra el contenido

⁴ Datos obtenidos del documento Caracterización del Transporte en Colombia, Diagnóstico y Proyectos de Transporte e Infraestructura. Ministerio de Transporte, 2005.

⁵ Ministerio de Transporte.

⁶ Estadísticas a marzo de 2007, Ministerio de Transporte.

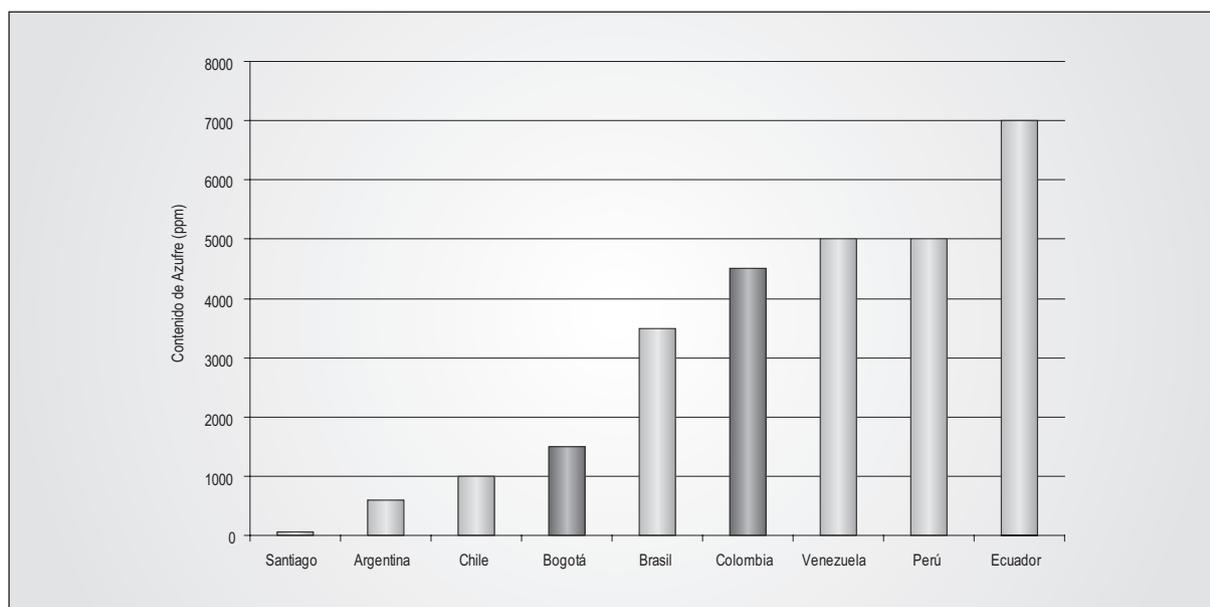
⁷ Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe, ARPEL.

de azufre para el diésel en diferentes ciudades y países de América Latina, posicionando a Colombia entre los cuatro (4) países con más alto contenido de azufre en el diésel, después de Ecuador, Perú y Venezuela. Cabe notar que en Bogotá el contenido de azufre permitido para este com-

bustible es de 1.000 ppm; 3.500 ppm menos que en el resto del país.

En cuanto a la calidad del carbón, las principales explotaciones carboníferas reportan contenidos de azufre menores al 0,85% y contenido de cenizas de 11%⁸.

Figura 1.8. Contenido de azufre en el diésel de América Latina.



Fuente: Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe ARPEL, 2007

Para mejorar la calidad de los combustibles en el país se han venido emitiendo desde el 2006 una serie de normas, dentro de las cuales se encuentra la Resolución 1180 de 2006 del Ministerio de Minas y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial donde se fijan las obligaciones sobre los contenidos de azufre en las gasolinas y el ACPM, que para diciembre de 2010 deben estar en 300 y 500 ppm, respectivamente, en todo el país.

De igual manera, el Congreso de la República expidió la Ley 1083 de 2006, por medio de la cual se establecen algunas normas sobre la planeación urbana sostenible, definiendo en su Artículo 1 que los sistemas de transporte público deben funcionar con combustibles limpios y en su Artículo 5 que a partir del año 2010 todas las habilitaciones que se le otorguen a las empresas de prestación de servicio público deben funcionar con dichos combustibles. Posterior a la expedición de esta Ley, los Ministerios de Minas y Energía, de la Protección Social, y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expedieron la Resolución 180158 de 2007, donde se definen los combustibles limpios⁹, y se determina el diésel con contenido de azufre de máximo 50 ppm como combustible limpio.

1.3. NORMATIVIDAD DE CALIDAD DEL AIRE

La historia de la normatividad ambiental relacionada con calidad del aire se remonta a 1973 cuando se expidió la Ley 23, cuyo propósito fue “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”; adicionalmente, dicha ley concedió facultades al gobierno nacional para la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el presidente por medio del Decreto 2811 de 1974.

Posteriormente, en 1979 el Congreso de la República expidió la Ley 09 de 1979, conocida como el Código Sanitario Nacional, en la cual se promulgaron medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, dándole la facultad al Mi-

⁸ Características y Usos del Carbón. Cerrejón, 2007.

⁹ “Se consideran combustibles limpios aquellos que al ser usados en sistemas de combustión, como motores vehiculares, generan emisiones de contaminantes menores a los límites máximos que establezca la autoridad competente”.

nisterio de Salud para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica. Fue así como, en enero de 1982 el Ministerio de Salud Pública expidió el Decreto 02, por medio del cual se reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto – Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

La Constitución Nacional de 1991 estableció una serie de deberes y derechos a los ciudadanos, dentro de los cuales se destacan los relacionados con el medio ambiente sano. El Capítulo 3, de los derechos colectivos y del ambiente, establece en los artículos 79 y 80 que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo”, y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en dicho mandato, en 1993 se sancionó la Ley 99, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), y se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo que comprende el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir

u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones comprenden la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos, funciones que hasta ese momento en el tema de aire estaban en cabeza del Ministerio de Salud Pública, hoy Ministerio de la Protección Social.

En 1995 el Ministerio de Medio Ambiente estableció la norma marco para el componente aire a través del Decreto 948. Este Decreto contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, en donde se consagran las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención y control, las competencias para la fijación de normas y los instrumentos y los medios de control y vigilancia.

Para la implementación de decreto se han expedido decretos modificatorios y resoluciones, que contienen normas específicas nacionales y locales para emisiones de fuentes móviles, fijas, calidad de combustibles y otras disposiciones.

Es así como en abril de 2006 los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y de la Protección Social promulgaron el Decreto 979, por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.

Adicionalmente, para esta misma fecha, se publicó la Resolución 601 “Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia”, la cual tiene dentro de su articulado los límites máximos permisibles para PST, PM10, SO₂, NO₂, O₃ y CO (Ver Tabla 1.5), los cuales están vigentes hoy.

Tabla 1.5. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,031 (80)	Anual
		0,096 (250)	24 horas
		0,287 (750)	3 horas
NO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,053 (100)	Anual
		0,08 (150)	24 horas
		0,106 (200)	1 hora

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
O ₃	ppm (µg/m ³)	0,041 (80)	8 horas
		0,061 (120)	1 hora
CO	ppm (mg/m ³)	8,8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota: mg/m³ ó µg/m³ a condiciones de 298,15 ° K y 101,325 K Pa. (25 °C y 760mm Hg)

Fuente: Resolución 601/06 MAVDT.

Para el caso de PM10 se estableció que existiría una gradualidad en el límite máximo, estableciéndose para el año 2009 en 60 µg/m³ y para el 2011 en 50 µg/m³.

Adicionalmente, la Resolución 601 establece los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con

efectos cancerígenos y los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia (ver Tabla 1.6), de que trata el Artículo 10 del Decreto 948 de 1995.

Tabla 1.6. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	UNIDADES	PREVENCIÓN	ALERTA	EMERGENCIA
PST	24 horas	µg/m ³	375	625	875
PM10	24 horas	µg/m ³	300	400	500
SO ₂	24 horas	ppm (µg/m ³)	0,191 (500)	0,382 (1.000)	0,612 (1.600)
NO ₂	1 hora	ppm (µg/m ³)	0,212 (400)	0,425 (800)	1,064 (2.000)
O ₃	1 hora	ppm (µg/m ³)	0,178 (350)	0,356 (700)	0,509 (1.000)
CO	8 horas	ppm (mg/m ³)	14,9 (17)	29,7 (34)	40,2 (46)

Fuente: Resolución 601/06 MAVDT.

El Decreto 979 de 2006 ha sido el marco reglamentario que ha permitido a autoridades ambientales como la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial reglamentar sobre áreas fuente de contaminación en Fontibón, Kennedy y Puente Aranda y la zona de explotación minera del centro del departamento del Cesar, respectivamente.

1.4. MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

1.4.1. Generalidades

En Colombia el monitoreo de calidad del aire se realiza principalmente por redes de monitoreo dispuestas para este propósito, además de algunos estudios específicos y campañas

de medición que tienen algún propósito particular. Las redes de monitoreo de calidad de aire existentes se caracterizan por ser específicas para zonas determinadas por las Corporaciones Autónomas Regionales, autoridades ambientales urbanas y zonas de importancia industrial.

Una red de monitoreo está compuesta por una serie de estaciones, que de forma sistemática toman registros de contaminación ambiental y de variables meteorológicas de una zona en particular, de acuerdo con los objetivos de diseño de la misma.

A nivel nacional han existido dos (2) redes importantes de monitoreo de calidad del aire, la red PANAIRE y la Red Nacional de Vigilancia de Calidad del Aire, las cuales fueron operadas y administradas por el Ministerio de Salud, desde la década de los sesenta, hasta la década de los ochenta.

La red PANAIRE fue el primer intento por monitorear la calidad del aire en el país. En el año 1967 el Ministerio de Salud se vinculó a la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire, iniciativa de la Organización Panamericana de Salud en la que se crearon redes de monitoreo en toda Latinoamérica. Está red ubicada también contaba con la participación de ciudades como Buenos Aires, Caracas, Ciudad de México, Montevideo, Sao Paulo, entre otras¹⁰.

Posteriormente en 1983, después de la expedición de normativa referente a la contaminación atmosférica en el país (Decreto 02 de 1982), se creó la Red Nacional de Vigilancia de la Calidad del Aire.

1.4.2. Redes de monitoreo de calidad del aire en Colombia

En el país existen 20 redes de monitoreo de calidad del aire, de las cuales 18 pertenecen a redes de autoridades ambientales regionales de Bucaramanga, Medellín, Barranquilla, Bogotá, Cúcuta, Manizales, Sogamoso, Santa Marta, Ibagué, Cali, en-

tre otras y dos son de carácter privado (Cerrejón y Drummond Ltda.). Adicionalmente, otras autoridades ambientales regionales como la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar) y Ecopetrol han realizado campañas de monitoreo para establecer la calidad del aire en su región y en la zona de influencia de su actividad. Por otro lado, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cuenta con una estación móvil de monitoreo de calidad del aire, con la cual ha realizado estudios en diferentes zonas del país.

Las redes de monitoreo se pueden clasificar en automáticas, manuales y mixtas, con estaciones fijas o móviles. La mayoría de las redes de monitoreo de Colombia son manuales, solamente 7 de las 20 redes son automáticas. En la Tabla 1.7 se presentan las diferentes redes de monitoreo de calidad del aire, los estudios o campañas realizados en algunas zonas, las fechas de monitoreo (fecha inicial y fecha final¹¹), los parámetros (calidad del aire¹² y meteorología) medidos por cada red, estación o campaña y el número de puntos de monitoreo en que cada red realiza mediciones.

Tabla 1.7. Redes de Monitoreo de Calidad del Aire en Colombia

RED DE MONITOREO O JURISDICCIÓN	TIPO DE RED	MONITOREO		Número de Puntos de Monitoreo						
		Fecha Inicial ¹	Fecha Final ²	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	PM10	PST	Meteorología
CDMB	Automática	Enero 2001	Diciembre 2006	2	2	3	3	4		4
AMVA	Manual ³	Enero 2001	Diciembre 2006	10	10	1	2	3	16	
CAS BARRANCA ECOPETROL	Campaña de Monitoreo	Noviembre de 2006		7	7	7		7	7	
DAMAB	Automática	Enero 2004	Diciembre 2006	3	3	3	3	3		2
SDA	Automática ⁴	Septiembre 1997	Diciembre 2006	12	10	8	7	12	3	15
IDEAM	Automática	Junio 2006	Diciembre 2006	1	1	1		1		
CORPONOR	Manual	Noviembre 1999	Mayo 2003					1	5	
CORPOCALDAS	Manual	Julio 1997	Diciembre 2006					1	3	
CORANTIOQUIA	Automática	Junio 2006	Diciembre 2006		1	1		1		1
CORNARE	Manual	Noviembre 2002	Diciembre 2006	3	3			3		
CORPOBOYACÁ	Automática	Enero 2004	Diciembre 2006	3		3	3	3 ⁵		
CAR	Manual	Enero 2002	Diciembre 2006	11	11			12	9	
CORPOGUAJIRA	Manual	Octubre 1995	Diciembre 2006					4	2	

¹⁰ La OPS y el Estado Colombiano: Cien años de historia.

¹¹ El Informe Nacional sobre Calidad del Aire, cuenta con información hasta el 31 de diciembre de 2006.

¹² Contaminantes criterio de acuerdo con la Resolución 601 del MAVDT.

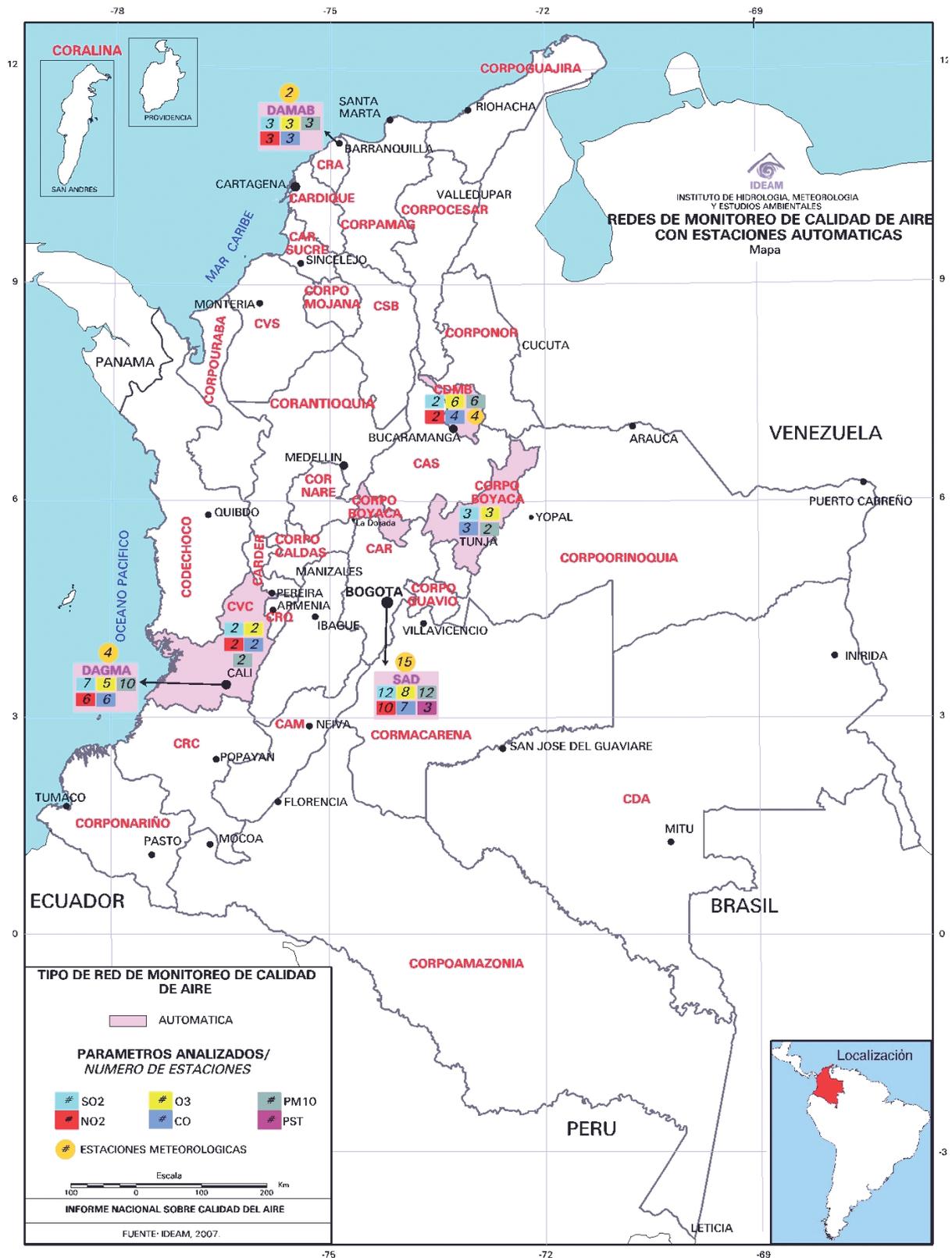
RED DE MONITOREO O JURISDICCIÓN	TIPO DE RED	MONITOREO		Número de Puntos de Monitoreo						
		Fecha Inicial ¹	Fecha Final ²	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	PM10	PST	Meteorología
CERREJÓN	Manual	Noviembre 1995	Diciembre 2006					6	10	
CORPAMAG	Manual	Julio 1999	Diciembre 2006					3	12	
CARDER	Manual	Enero 2002	Diciembre 2006	7	7	3	5	17		
CRC	Manual	Enero 2004	Diciembre 2006	6	6			6	6	
CRQ ⁶	Manual	Enero 2003	Diciembre 2006					1	3	
CORTOLIMA	Manual	Enero 2000	Diciembre 2006					3	7	
CAM	Campaña de Monitoreo	14 y 15 de Julio 2004		1	1				1	
DAGMA	Automática	Abril 2003	Diciembre 2006	7	6	5	6	9		4
CORPOCESAR	Campaña de Monitoreo	Campaña en el 2006						10	11	
DRUMMOND	Manual	Septiembre 2004	Diciembre 2006						4	
CVC	Automática	Julio 2002	Diciembre 2004	2	2	2	2	2		2
TOTAL⁷				75	70	37	31	112	99	28

Fuente: IDEAM, 2007

Cabe destacar que solo seis (6) redes monitorean parámetros meteorológicos (CDMB, Barranquilla, SDA, Corantioquia, DAGMA y CVC), los cuales son de vital importancia para comprender el comportamiento de los diferentes contaminantes en la atmósfera. En el Mapa 1.1 se presentan las redes

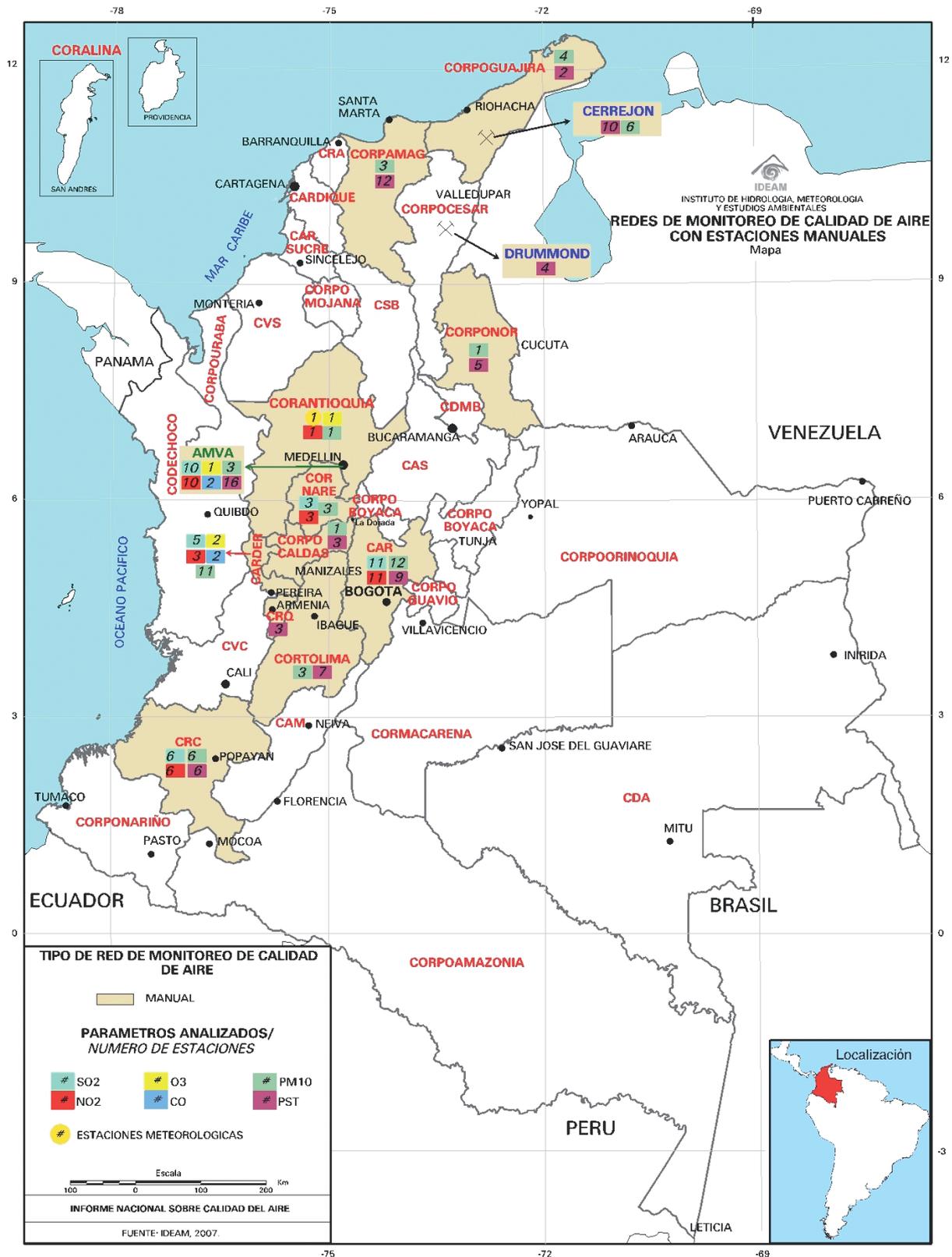
de monitoreo de calidad del aire automáticas, con los parámetros que mide cada red, el número de parámetros que corresponde a su vez con el número de puntos de monitoreo que fueron tenidos para la elaboración del presente informe. En el Mapa 1.2 se presentan las redes de monitoreo de calidad del aire manuales.

Mapa 1.1 Redes de monitoreo de calidad del aire con estaciones automáticas, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

Mapa 1.2 Redes de monitoreo de calidad del aire con estaciones manuales, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

1.4.3. Calidad de los datos

La calidad de los datos proporcionados por las diferentes redes de monitoreo de calidad del aire depende de la red de donde provenga. Sin embargo, existe una tendencia de las autoridades ambientales a implementar programas de control de la calidad de la información. En este sentido, es importante mencionar el trabajo que realizan las redes de Bogotá y Bucaramanga, para proporcionar y generar información con un alto grado de certeza.

Para la realización de este análisis, se contó con información para la mayoría de las redes de monitores hasta diciembre 31 de 2006 (ver Tabla 1.7).

Durante el proceso de recopilación, organización y análisis de la información, se encontraron algunos problemas en la calidad de los datos, los cuales en su mayoría fueron corregidos conjuntamente con la autoridad ambiental regional encargada de generar la información.

1.5. DESCRIPCIÓN DE CONTAMINANTES

Dentro de los principales contaminantes están los óxidos de azufre (SO_x), los óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3) y material particulado (PST y PM10). Estos contaminantes han sido definidos como contaminantes criterio, al ser identificados como comunes en la atmósfera además de ser perjudiciales para la salud.

A continuación se explica el origen, fuentes de emisión, efectos en la salud y la atmósfera de los contaminantes criterio como se encuentran definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

1.5.1. Óxidos de azufre²⁰

Los óxidos de azufre se presentan comúnmente en la forma de SO_2 , y son considerados como uno de los principales precursores de la lluvia ácida a través de la formación de ácido sulfhídrico y sulfúrico en la atmósfera, considerado uno de los contaminantes primarios.

Estos gases se generan durante la combustión de diferentes combustibles con contenido de azufre como el petróleo y el carbón, así como en diferentes procesos metalúrgicos. De manera natural el SO_2 es emitido por volcanes.

El SO_2 es un gas incoloro, con un olor fuerte e irritante, en altas concentraciones puede ser perjudicial para la salud afectando las vías respiratorias especialmente en personas asmáticas.

1.5.2. Óxidos de nitrógeno²¹

Los óxidos de nitrógeno son contaminantes atmosféricos de gran importancia ya que se consideran como los contaminantes más emitidos a la atmósfera por actividades antropogénicas. Entre estas actividades se encuentran los procesos de combustión a altas temperaturas como las que ocurren en los motores de los automóviles así como en las plantas de energía. Entre los óxidos de nitrógeno los más significativos son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). La mayoría de las emisiones de estos gases se presentan en la forma de NO, pero al entrar en contacto con el oxígeno (O_2) en la atmósfera se oxida rápidamente para formar NO_2 .

El NO_2 es un gas altamente reactivo, de color rojizo con un fuerte olor. En la atmósfera reacciona con el agua formando ácido nítrico (HNO_3) y ácido nitroso (HNO) fomentando la creación de la lluvia ácida. También es precursor de la formación de ozono (O_3) troposférico ya que reacciona con la luz reduciendo su estado de oxidación y liberando átomos de oxígeno que posteriormente reaccionan con el O_2 . Además es un componente del smog fotoquímico.

El NO_2 es producido de manera natural dentro de ciclos biológicos en la tierra además de ser liberado durante tormentas eléctricas. Sus efectos en la salud están asociados con problemas respiratorios.

1.5.3 Ozono troposférico²²

El Ozono (O_3) se encuentra de manera natural en la estratósfera a una altura entre 12 y 14 km, protegiendo la superficie terrestre de los rayos ultravioleta del sol; sin embargo, el ozono troposférico, aquel que se encuentra sobre la superficie de la tierra, es un importante contaminante secundario formado principalmente por reacciones de los óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y rayos solares, su presencia es importante durante las horas del día en especial cuando los rayos solares incidentes son más fuertes.

Entre las fuentes contaminantes de los precursores de ozono se encuentran los procesos industriales, procesos de combustión, los solventes químicos así como emisiones biogénicas de fuentes naturales. El ozono es el principal componente del smog, además de ser considerado como un gas altamente irritante por su alto poder oxidante. También causa problemas respiratorios, además de afectar la vegetación y algunos ecosistemas.

²⁰ Environmental Protection Agency (EPA) Air Quality Index. A guide to Air Quality And Your Health.

²¹ Ibid

²² EPA. The Ozone Report. Measuring Progress Through 2003. Abril 2004.

1.5.4 Monóxido de carbono²³

El monóxido de carbono (CO) se produce en las reacciones de combustión cuando no se presenta la oxidación completa del carbón. Se caracteriza por ser un gas incoloro e inodoro, producido de manera natural por volcanes, lagos y durante el metabolismo de algunos organismos. Entre las principales fuentes antropogénicas están las emisiones de vehículos, así como diferentes procesos industriales de combustión.

A bajas concentraciones el CO no es perjudicial para la salud, pero a altas concentraciones el CO puede llegar a causar la muerte por su mayor afinidad con la hemoglobina que el O₂.

1.5.5 Material particulado (PST y PM10)²⁴

El material particulado se considera como la mezcla tanto de partículas sólidas como líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera. Estas partículas son emitidas o formadas en el aire y se encuentran clasificadas según su tamaño. Algu-

nas de estas partículas son grandes y pueden ser vistas mientras que otras son pequeñas y solo pueden ser vistas utilizando un microscopio. Se denominan como partículas suspendidas totales (PST), las que abarcan todo el material suspendido.

En general, el material particulado (PM) primario tiene como fuente actividades tanto naturales como antropogénicas. Entre las antropogénicas se encuentran los hornos de combustión, procesos metalúrgicos y los vehículos. En las naturales se encuentran los incendios forestales, el polen y la resuspensión de polvo por el viento. Dentro de las PST, se encuentra el material particulado menor a 10 micras (PM10), y la sección fina de este que corresponde al material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5). El PM secundario se forma a partir de la interacción de compuestos orgánicos volátiles, SO₂ y NO₂, el cual conforma casi toda la sección fina del PST.

El principal problema asociado al material particulado es su impacto sobre la salud al afectar las vías respiratorias principalmente en los niños y ancianos.

²³ Consejo Nacional del Ambiente. Perú. Calidad del Aire. www.conam.gob.pe/aire/abc/contaminantes.html

²⁴ EPA. The Particle Pollution Report. Current Understanding of Air Quality and Emissions Through 2003. Diciembre 2004.



Foto: ALEXANDER VALENCIA CRUZ

2. CALIDAD DEL AIRE EN DIFERENTES REGIONES DEL PAÍS

2. CALIDAD DEL AIRE EN DIFERENTES REGIONES DEL PAÍS

Con el fin de evaluar el estado de la calidad del aire en diferentes regiones del país se presenta el análisis de la información reportada por las autoridades ambientales hasta el 31 de diciembre de 2006, relacionada con contaminación, control y seguimiento de la calidad del aire.

El análisis de la información comprende las ciudades de: Bogotá, Santiago de Cali, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla y Santa Marta. Así mismo, se presenta al análisis de la información de importantes sectores industriales como el Valle de Sogamoso, el Valle del Cauca (Yumbo y Palmira), el Cerrejón, la zona minera del Cesar y Barrancabermeja, entre otras. Adicionalmente, se presenta el estado de la calidad del aire de otras regiones del país como el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, algunos municipios de Antioquia, Cundinamarca, Magdalena, Risaralda, Cauca, Quindío, Tolima y del Urabá Antioqueño, y ciudades como Cúcuta, Manizales, Montería, Neiva y Quibdó.

La información reportada por las diferentes autoridades ambientales se comparó con la normatividad nacional vigente

de calidad del aire, específicamente con la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial “Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia”.

2.1. ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina), autoridad ambiental de la región, no cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire; sin embargo, realiza un seguimiento de la calidad del aire de su jurisdicción a través de campañas, específicamente en la Isla de San Andrés, en donde se concentra la mayor actividad que puede generar contaminación en el aire. En este sentido, la Tabla 2.1 presenta los resultados de las campañas de medición de calidad del aire.

Tabla 2.1. Mediciones de calidad del aire en la Isla de San Andrés

PARÁMETRO	2001	2004	
PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	84,70	70,43	50
NO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4,74	6,98	1,40
SO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6,94	6,57	17,80

Fuente: Coralina, Modificado IDEAM, 2007

De acuerdo con los estudios preliminares efectuados sobre la calidad del aire en la Isla de San Andrés, se pudo determinar que la fuente de mayor emisión a la atmósfera es la Planta de Generación de Energía. Allí se han monitoreado

los alrededores desde el año 2000 (ver Tabla 2.2). De las concentraciones reportadas, ninguna excede los niveles máximos permisibles anuales para cada uno de estos contaminantes.

Tabla 2.2. Niveles de concentración de contaminantes en la Planta de Generación de Energía de la Isla de San Andrés

AÑO	MATERIAL PARTICULADO (PST)			DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)			DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)		
	ESCUELA M.A	ESCUELA B.H	CÁRCEL	ESCUELA M.A	ESCUELA B.H	CÁRCEL	ESCUELA M.A	ESCUELA B.H	CÁRCEL
2000	21,2	26,1	25,2	10,7	14,6	22,5	1,7	1,5	1,2
2001	48,6	59,9	57,7	7,5	10,2	15,9	9,3	3,3	6,7
2002	70,1	66,4	63,4	19,7	21,2	19,5	5,4	4,4	5,4
2003	51,0	59,7	58,3	14,7	24,3	35,1	6,0	9,7	6,3
2004	46,2	41,2	50,0	17,8	9,3	5,1	0,9	0,9	1,4

Fuente: Coralina, 2007

2.2. ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA - SANTANDER

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), como autoridad ambiental de la región, cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire la cual se encuentra en funcionamiento desde enero de 2001. Actualmente cuenta con nueve (9) estaciones de las cuales siete (7) fueron tomadas en cuenta para los análisis.

Las estaciones miden los principales contaminantes atmosféricos; PM10, SO₂, NO₂, CO, O₃, cuatro (4) de ellas miden variables meteorológicas; velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, presión barométrica, radiación solar, humedad relativa y precipitación (ver Tabla 2.3). Las estaciones se encuentran ubicadas dentro del área metropolitana de Bucaramanga en los sitios donde la CDMB consideró, existe mayor afectación por contaminación atmosférica de la ciudad.

Tabla 2.3. Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de la CDMB

ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Centro	Calle 34 con Carrera 15	PM10, SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ y meteorología
Ciudadela	Colegio Aurelio Martínez Mutis	CO y O ₃
Floridablanca	Sede Telebucaramanga S.A.	PM10 y CO
Chimitá	Zona Industrial de Girón	PM10, SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ y meteorología
PTAR	PTAR - CDMB	Meteorología
UIS	Edificio Ing. Química UIS	Meteorología
Norte	Hospital Local del Norte	PM10

Fuente: CDMB, 2007

La red de monitoreo ha alcanzado un porcentaje de captura de datos superior al 90%, permitiendo de esta forma el conocimiento confiable y oportuno de la contaminación del aire en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Adicionalmente, la red ha venido apoyando el monitoreo de la construcción del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bucaramanga "Metrolínea" (SITM). En este sentido, la estación Chimitá ha sido utilizada para el monitoreo en lugares estratégicos y definidos como en desvíos y vías temporales, según lo establecido en el Plan de Manejo de Tráfico.

2.2.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.2.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Los valores de SO₂ registrados en las estaciones Centro y Chimitá están por debajo de los niveles máximos permisibles anuales de 24 horas y de tres (3) horas. En las Figuras 2.1 y 2.2 se resume el comportamiento de las concentraciones para estas dos normas, donde se observa que los valores máximos más altos se obtuvieron durante el año 2003, además que en general la mediana de las concentraciones viene incrementándose año a año.

Figura 2.1. Concentración promedio de SO₂ (3 horas) en las estaciones de la red de la CDMB

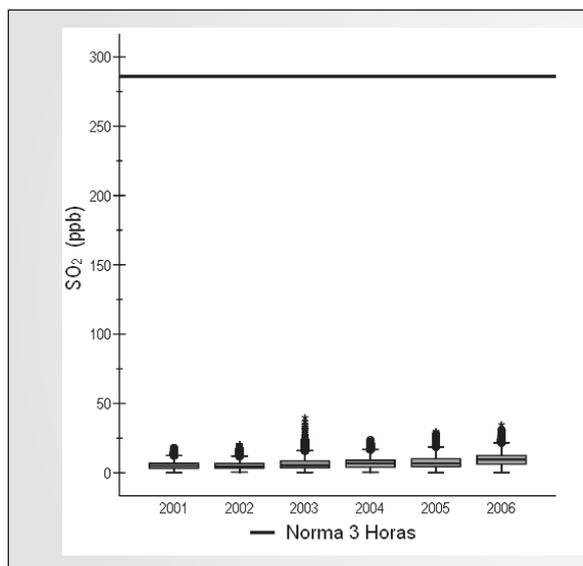
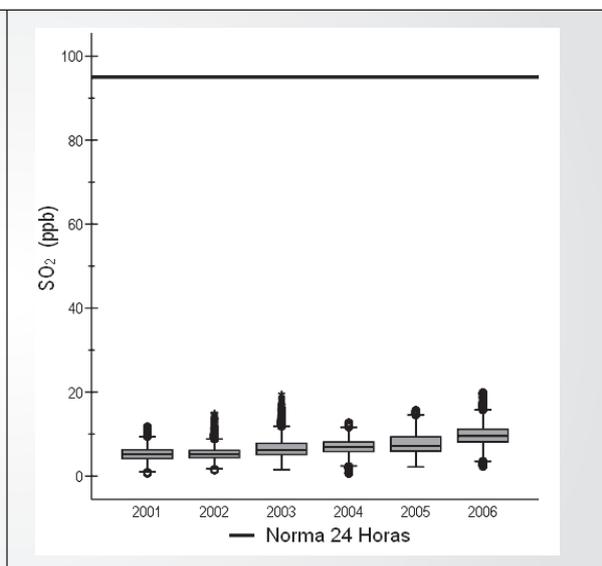


Figura 2.2. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB

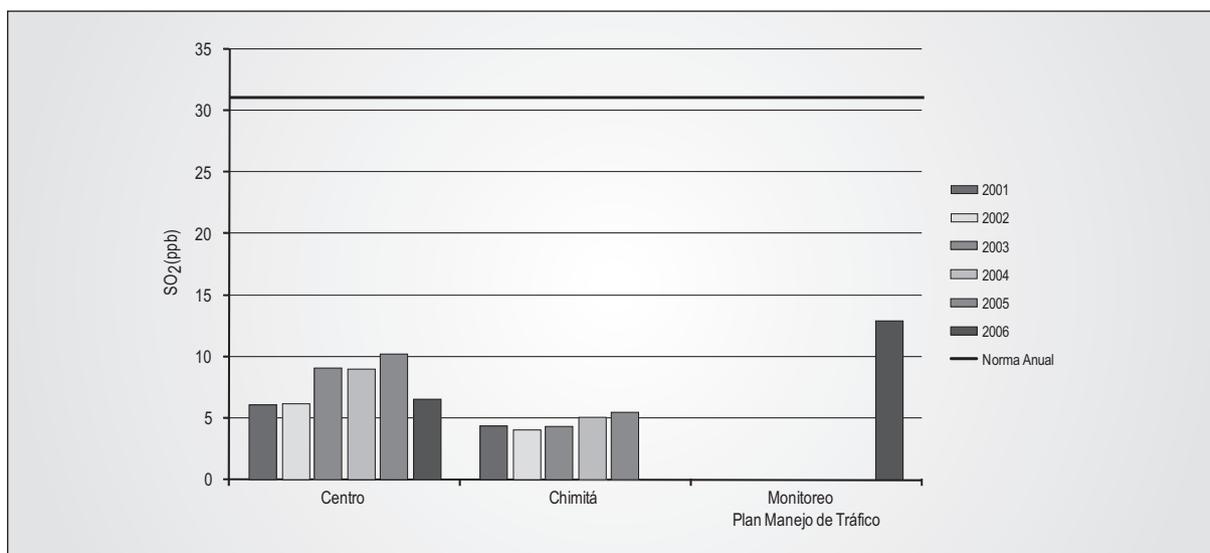


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.3 se presenta el comportamiento anual de SO₂, en donde se puede observar para la estación Chimitá un comportamiento estable; en el mes de abril del año 2006 la estación fue trasladada en primer lugar a la calle 45 con

carrera 14ª y posteriormente en agosto del mismo año, a la carrera 33 con calle 101 del municipio de Bucaramanga, donde se presentaron valores de SO₂ significativamente más altos.

Figura 2.3. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2007

Por otra parte, la estación Centro presenta una disminución para este mismo año en comparación con el año inmediatamente anterior, debido al cierre del paso de vehículos por la Carrera 15, como consecuencia de la construcción de las obras del Sistema Integrado de Transporte Masivo - SITM.

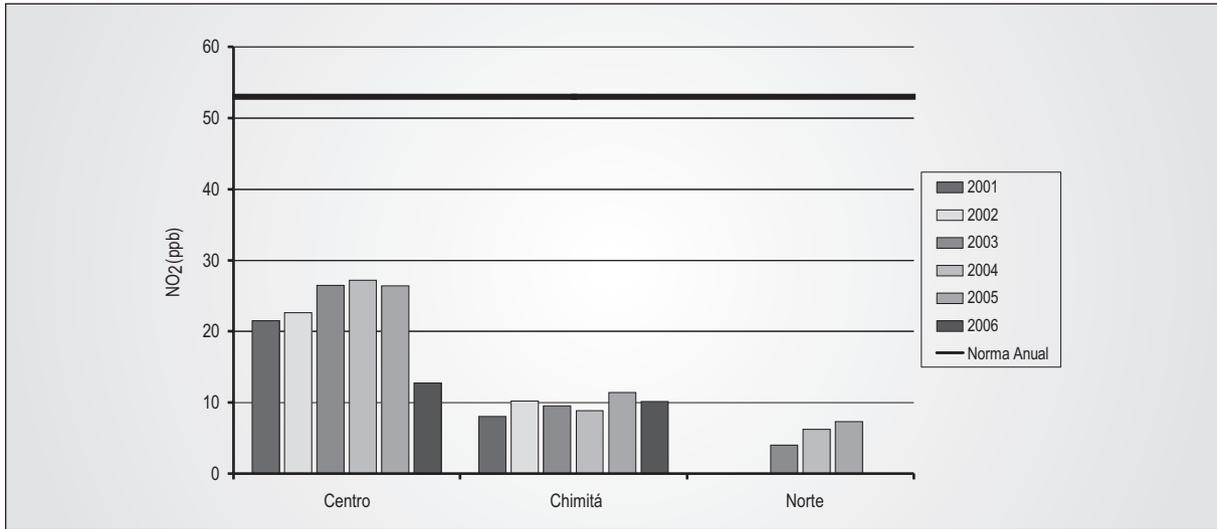
2.2.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

Las concentraciones de NO₂ registradas por la red de monitoreo varían considerablemente de un punto de monitoreo a otro. En la Figura 2.4 se observa que la estación Centro

registra las concentraciones más altas, en comparación con las otras dos estaciones (Chimitá y Norte), a su vez registra un descenso en la concentración para el 2006 comparado con los otros años, debido a que la vía principal de circulación de vehículos en el centro de Bucaramanga fue cerrada por

un tiempo significativo para realizar la construcción del SITM. Por otra parte, la estación Chimitá tiene un comportamiento similar a través de los años, mientras que los promedios de la estación Norte han ido en aumento durante todo el periodo de medición (2001 – 2006).

Figura 2.4. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de la CDMB

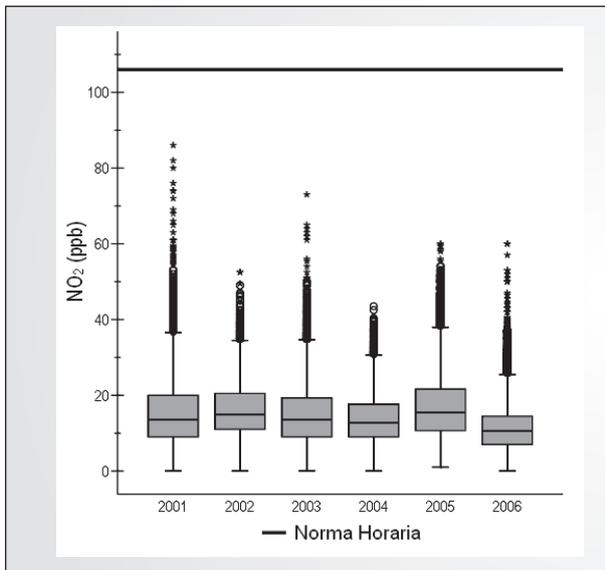


Fuente: IDEAM, 2007

En cuanto a los registros de 24 horas y horarios no superan los niveles máximos permisibles. Sin embargo, las medianas varían considerablemente de un año a otro, como se puede observar en las Figuras 2.5 y 2.6 donde el resumen general

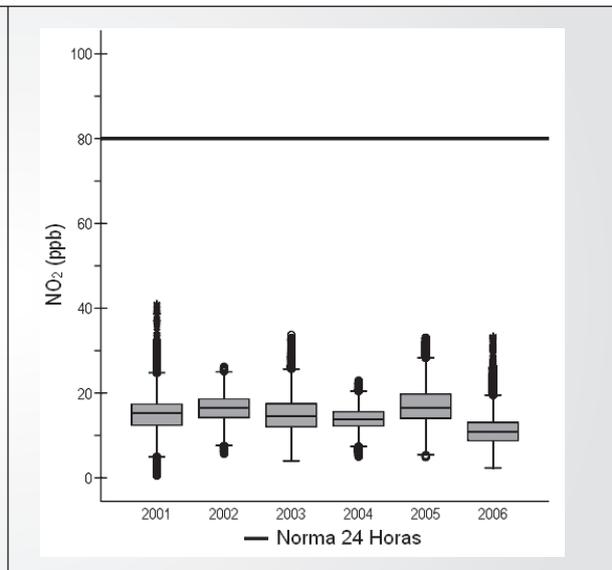
de las concentraciones registradas por red muestran que para el caso de los promedios de 24 horas existen algunos valores atípicamente bajos.

Figura 2.5. Concentración promedio de NO₂ (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.6. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB



2.2.1.3. Ozono – O₃

Las concentraciones promedio de ozono de 8 y 24 horas registradas en las estaciones Centro, Chimitá y Ciudadela superan en repetidas ocasiones los niveles máximos permisibles

establecidos para este contaminante. En general para toda la red, los años en los que se registraron las excedencias de estas normas fueron el 2001, 2002 y 2003 como se observa en las Figuras 2.7 y 2.8, siendo más los casos de excedencia para el nivel de ocho (8) horas.

Figura 2.7. Concentración promedio de O₃ (8 horas) en las estaciones de la red de la CDMB

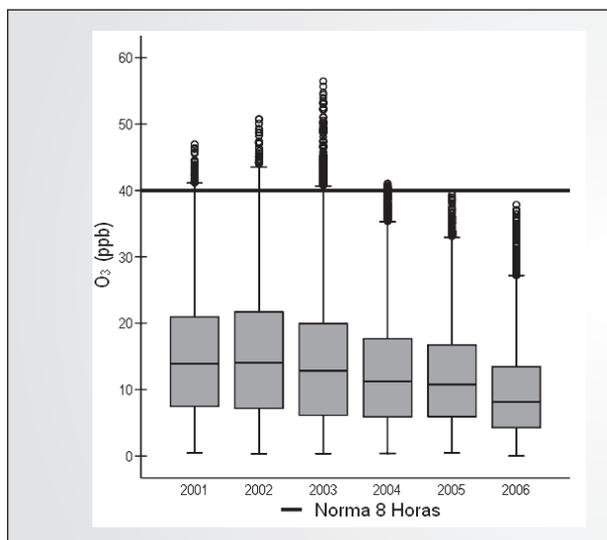
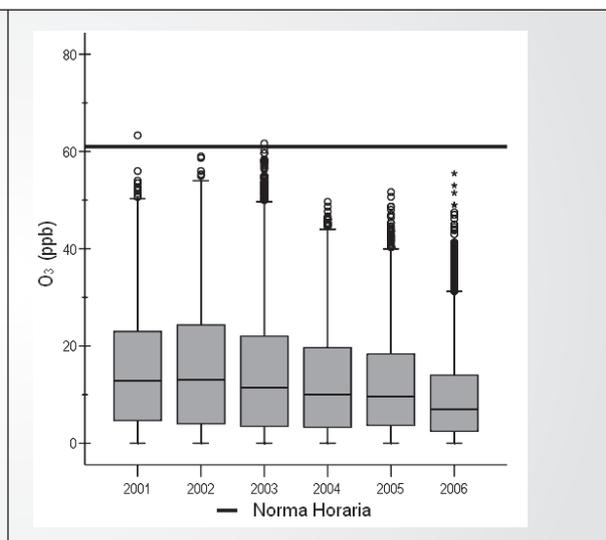


Figura 2.8. Concentración promedio de O₃ (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB

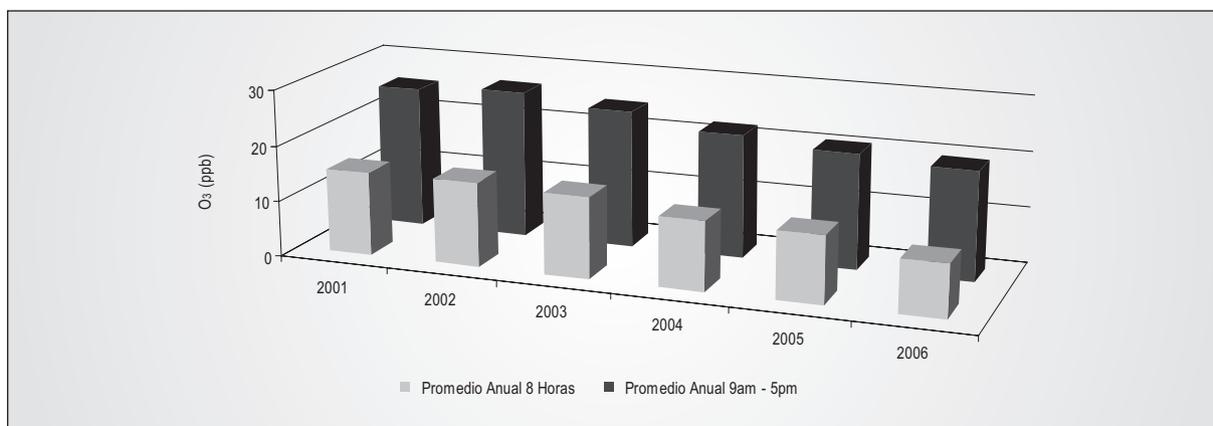


Fuente: IDEAM, 2007

A pesar de este comportamiento, ya en casos más particulares las concentraciones de O₃ a partir del 2003 descienden en la estación Centro y especialmente en la estación Chimitá. La estación Ciudadela tiene promedios considerablemente más altos que las otras dos estaciones, pero en general el comportamiento de las concentraciones de O₃ en las tres (3) estaciones ha sido similar a lo largo del tiempo.

En la Figura 2.9 se muestran las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las correspondientes a las ocho (8) horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m.; es claro que teniendo en cuenta solo las concentraciones de las horas del día con mayor radiación solar estas son más altas y se observa claramente que las concentraciones han venido descendiendo desde el 2002. Los promedios más altos de ocho (8) horas se registran durante el periodo de las 8 a.m. a las 4 p.m. con concentraciones superiores a los 23 ppb.

Figura 2.9. Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2007

2.2.1.4. Monóxido de Carbono – CO

Las concentraciones registradas de CO se encuentran por debajo de los niveles máximos establecidos para este contaminante, ni para el caso de exposición horaria, ni

de ocho (8) horas las concentraciones exceden los niveles. Las medianas se mantienen similares a través del tiempo como se observa en las Figuras 2.10 y 2.11, donde se resume el comportamiento de la red para los años de funcionamiento.

Figura 2.10. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones de la red de la CDMB

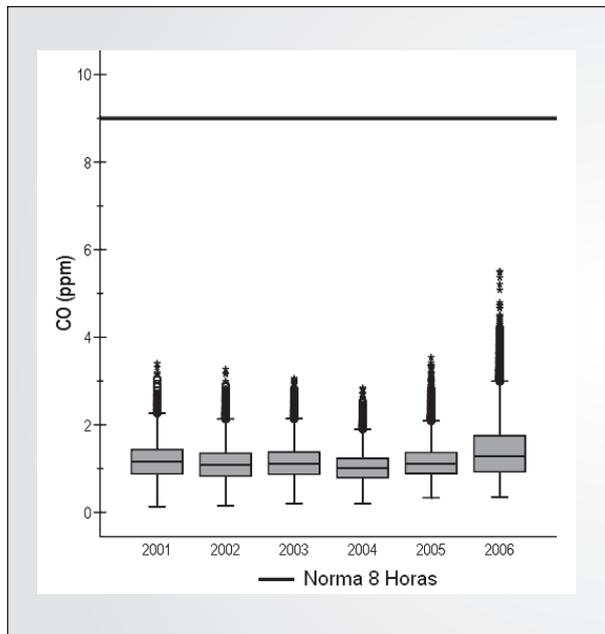
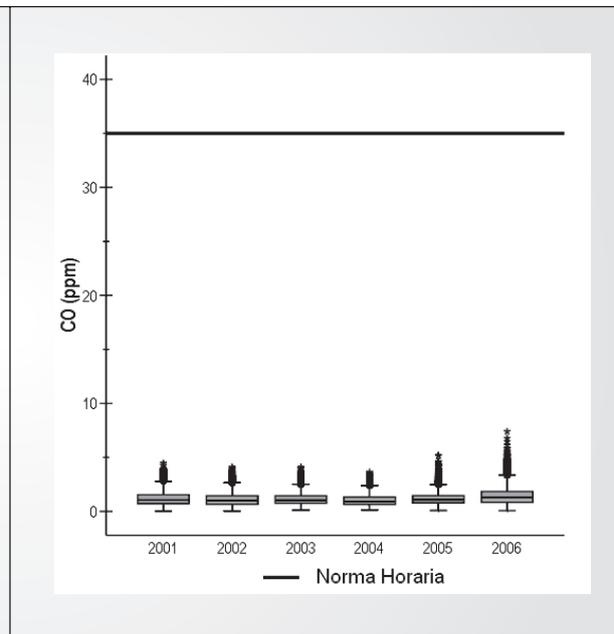


Figura 2.11. Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2007

De las cuatro (4) estaciones que monitorean CO, las estaciones Centro y Florida registran un descenso en las concentraciones, mientras que la estación Ciudadela mantiene un comportamiento similar a través del tiempo. En el 2006 la estación Chimitá fue trasladada a nivel de piso, a zonas de alta dinámica urbana donde se presenta un flujo vehicular superior al que circula en la zona industrial, registró entonces durante ese año concentraciones mucho más altas en comparación con los años anteriores.

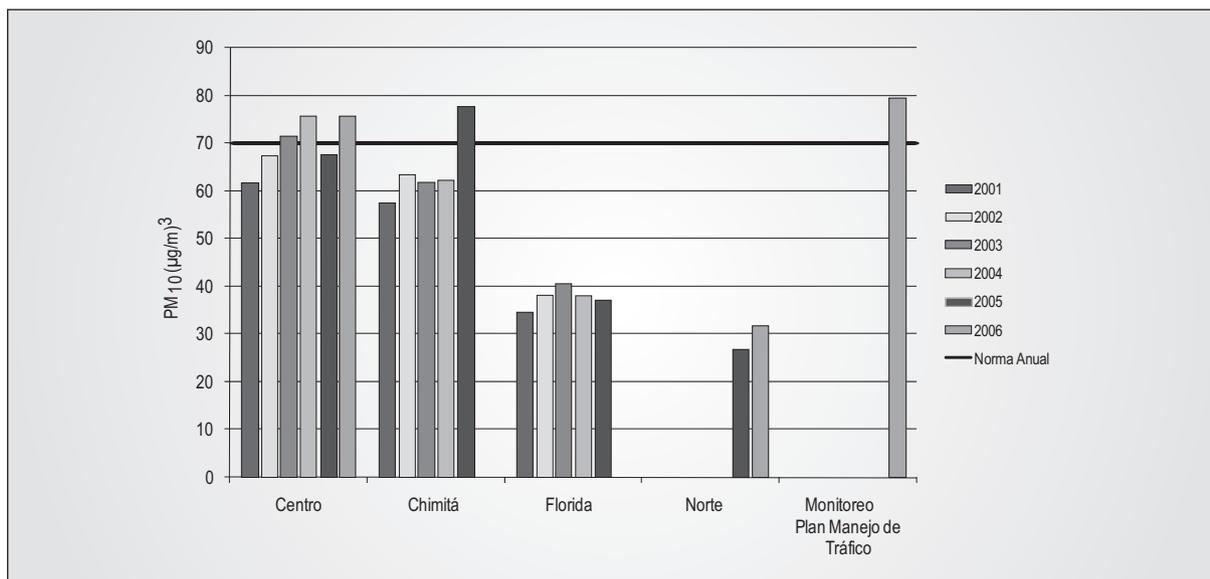
2.2.1.5. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Algunas de las concentraciones de PM10 registradas por la red de monitoreo se encuentran por encima de los niveles máxi-

mos permisibles anuales y para el caso específico de la estación Chimitá, en unas pocas oportunidades, las concentraciones han estado por encima de los niveles máximos permisibles de una hora. En la Figura 2.12 se observa que las mayores concentraciones se registran en las estaciones Centro y Chimitá en donde los promedios anuales de varios años se encuentran por encima del nivel máximo permisible anual ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que en las estaciones Florida y Norte las concentraciones registradas a lo largo del tiempo son más bajas.

Es importante reiterar que el dato registrado en el año 2006 en la estación Chimitá es el producto del monitoreo en dos sitios que corresponden a los desvíos vehiculares debido a la construcción de las obras del SITM.

Figura 2.12. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CDMB

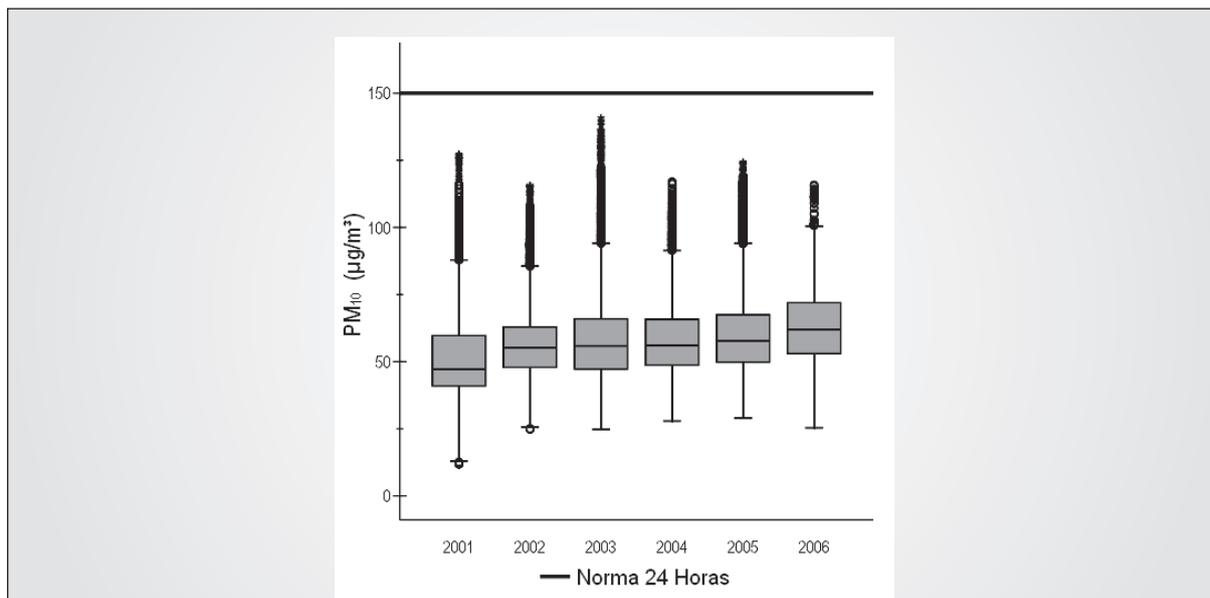


Fuente: IDEAM, 2007

En general para toda la ciudad el nivel máximo permisible horario no es superado aunque algunos valores extremos se en-

cuentran muy cerca en especial durante el año del 2003 donde superan los $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como se observa en la Figura 2.13.

Figura 2.13. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2007

2.2.2. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Desde mayo de 2006 la CDMB ha concentrado sus esfuerzos en aplicar el “Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Modulo de Uso de Recursos – Sector Manufacturero del Sistema de Información Ambiental”, liderado por el IDEAM, el cual le permitirá a la corporación tener

información confiable y oportuna para la elaboración del inventario de emisiones atmosféricas. Actualmente, la corporación se encuentra en la fase de validación de la información entregada por las diferentes empresas y se espera que a finales de 2007 se obtengan los primeros resultados de este proyecto.

2.2.3. Control y Seguimiento

En el marco del desarrollo de la función de control de la contaminación atmosférica generada por las fuentes fijas y móviles, el grupo de seguimiento y monitoreo ambiental de la CDMB viene adelantando una serie de actividades, que buscan disminuir las concentraciones de contaminantes sobre el recurso aire.

Es así como en relación con el control y seguimiento a fuentes fijas, la corporación está realizando un seguimiento del sector productivo que más afecta el recurso aire realizando visitas técnicas e informes con las medidas de control a implementar por parte de cada una de las empresas y verificando la correcta ejecución en los términos establecidos. En la Tabla 2.4 se presenta la clasificación porcentual de seguimiento a actividades.

Tabla 2.4. Clasificación porcentual de seguimiento a actividades

ACTIVIDAD	TOTAL	%
Industrias Manufactureras	527	73,19%
Hoteles y restaurantes	55	7,64%
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas	43	5,97%
Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales	43	5,97%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	36	5,00%
Suministro de electricidad, gas y agua	6	0,83%
Servicios sociales y de salud	5	0,69%
Construcción	2	0,28%
Educación	2	0,28%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	1	0,14%
TOTAL	720	100%

Fuente: CDMB, 2007

De acuerdo con lo establecido en la Tabla 2.4 se observa que el principal sector al cual se le hace seguimiento es la industria

manufacturera con un porcentaje del 73,19%, el cual a su vez se puede clasificar según lo presentado en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Clasificación de la industria manufacturera en la CDMB

INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	TOTAL	%
Fabricación de muebles; Industrias manufactureras NCP	169	32,13%
Elaboración de productos alimenticios y de bebidas	118	22,43%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	58	11,03%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	38	7,22%
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	33	6,27%
Curtido y preparado de cueros; Fabricación de calzado	24	4,56%
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera	23	4,37%
Fabricación de sustancias y productos químicos	15	2,85%
Fabricación de productos de tabaco	10	1,90%
Fabricación de productos textiles	8	1,52%
Fabricación de vehículos automotores, remolques	7	1,33%
Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos NCP	6	1,14%
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	5	0,95%
Actividades de edición, impresión y de reproducción de grabaciones	4	0,76%

INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	TOTAL	%
Fabricación de productos de caucho y de plástico	3	0,57%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	2	0,38%
Reciclaje	2	0,38%
Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones	1	0,19%
TOTAL	526	100%

Fuente: CDMB, 2007

Las actividades de fabricación de muebles y la elaboración de productos alimenticios y de bebidas son los dos (2) sectores de mayor presencia en la jurisdicción con un porcentaje de 32,13 y 22,43, respectivamente.

Frente al control y seguimiento a fuentes móviles se han realizado operativos de control a la contaminación ambiental generada por las fuentes móviles que circulan en el Área Metropolitana Bucaramanga, en conjunto con funcionarios de la Secretaría de Salud, Policía Nacional y Dirección de Tránsito y Transporte, fue así como durante el año 2006 fueron verificados más de 40.000 vehículos. Igualmente, se ha venido adelantando la realización de visitas de inspección a los centros de diagnóstico para verificar y controlar que las actividades allí desarrolladas se efectúen de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente.

2.3. ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ – ANTIOQUIA

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) tiene jurisdicción en los municipios de Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Girardota, La Estrella, Itagüí, Sabaneta y Medellín, municipios donde se ha presentado un incremento de la actividad industrial, que ha traído aumento de los niveles de contaminación del aire.

Durante 1993 y 1997 la red estaba compuesta por doce (12) estaciones manuales que medían material particulado (PST). Actualmente, la red está compuesta por diecisiete (17) estaciones, que conjuntamente monitorean PST, PM10, SO₂, NO₂, CO y O₃. En la Tabla 2.6 se presentan las estaciones que conforman la red de monitoreo y los diferentes parámetros que miden cada una de las estaciones en el AMVA.

Tabla 2.6. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire del AMVA

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Barbosa – BAR	PST
Girardota Liceo – GILI	PST, SO ₂ , NO ₂
Copacabana – COPA	PST
Bello – BELL	PST, SO ₂ , NO ₂
Universidad Nacional – UNAL	PST, SO ₂ , NO ₂
Universidad de Antioquia – UDEA	PST, SO ₂ , NO ₂
Edificio Miguel de Aguinaga – AGUI	PST, SO ₂ , NO ₂ , PM10
Corantioquia – CORA	PST, PM10
Universidad Pontificia Bolivariana - UPB	PST, SO ₂ , NO ₂
Universidad de Medellín – IDEM	PST, SO ₂ , NO ₂
Politécnico Colombiano – JIC POLI	PST, SO ₂ , NO ₂
Guayabal – GUA	PST, SO ₂ , NO ₂ , PM10, CO, O ₃
Itagüí – ITAG	PST, SO ₂ , NO ₂
Estrella – ESTR	PST
Sabaneta – SABA	PST
Caldas – CAL	PST
AMVA	CO

Fuente: AMVA, 2007

Por otra parte, la red de monitoreo de calidad del aire, como parte del Plan de Gestión para el Mejoramiento de la Calidad del Aire del AMVA, ha establecido los siguientes objetivos:

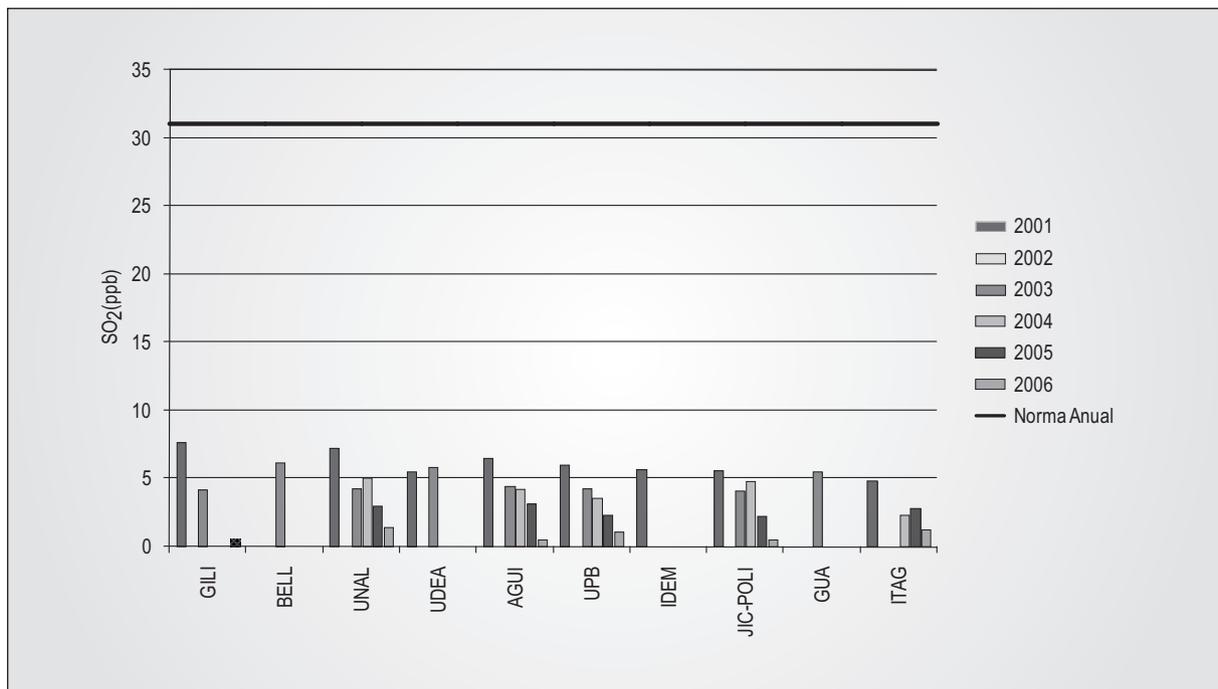
- Proteger y mejorar el recurso aire en la región para evitar el deterioro de la salud pública y propender por un bienestar comunitario.
 - Fijar metas de reducción para el control de la emisión de contaminantes en las fuentes para el mejoramiento de la calidad el aire de una región.
 - Continuar con los programas y las investigaciones regionales para lograr la prevención y el control de la contaminación
 - Promover y participar en el desarrollo y funcionamiento de programas a nivel nacional para la prevención y control de la contaminación
 - Determinar los niveles de exposición de la población a los contaminantes y evaluar el impacto de la contaminación sobre la salud.
- Desarrollar y validar herramientas de administración (Sistemas de información geográfica y modelos de predicción, entre otras).
 - Evaluar el impacto de fuentes puntuales o de área.
 - Evaluar tendencias para identificar problemas futuros o progreso con relación a objetivos de gestión y control.

2.3.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.3.1.1. Dióxido de Azufre – SO₂

Los promedios anuales de SO₂ no registran concentraciones superiores a los 8 ppb, resultados que se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles anuales; que para este contaminante es de 31 ppb. En la Figura 2.14 se observa que las concentraciones registradas en todas las estaciones, han venido descendiendo desde el año 2001, siendo especialmente importantes los descensos de las concentraciones en la UPB, UNAL y Politécnico Colombiano.

Figura 2.14. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red del AMVA

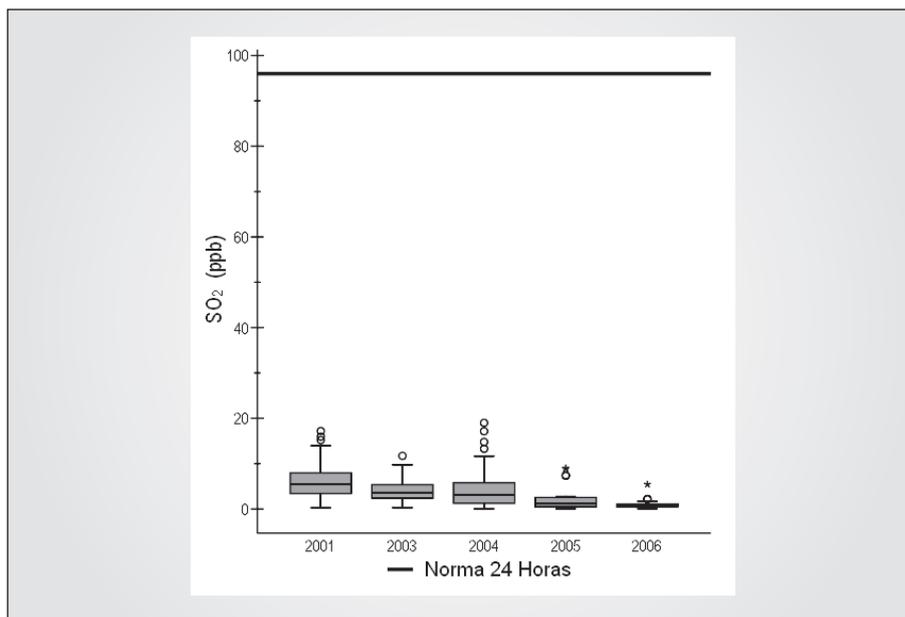


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas de SO₂ tampoco superan la norma diaria para este contaminante, las máximas concentraciones se encuentran alrededor de los 20 ppb y se registran

en el año 2004 como se observa en la Figura 2.15, además la mediana de estas concentraciones ha venido en descenso desde el 2003.

Figura 2.15. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA

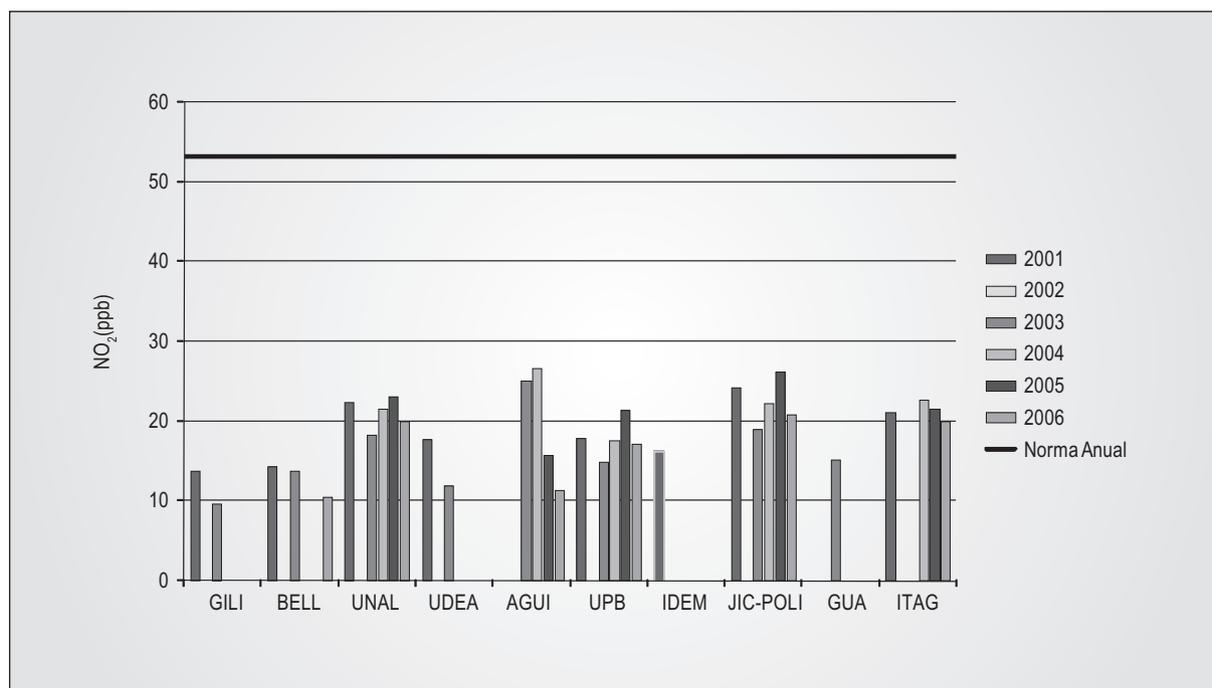


2.3.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

En la Figura 2.16 se observa que no hay ningún comportamiento particular de las concentraciones de NO₂; sin embargo, en todas las estaciones las concentraciones para el 2006

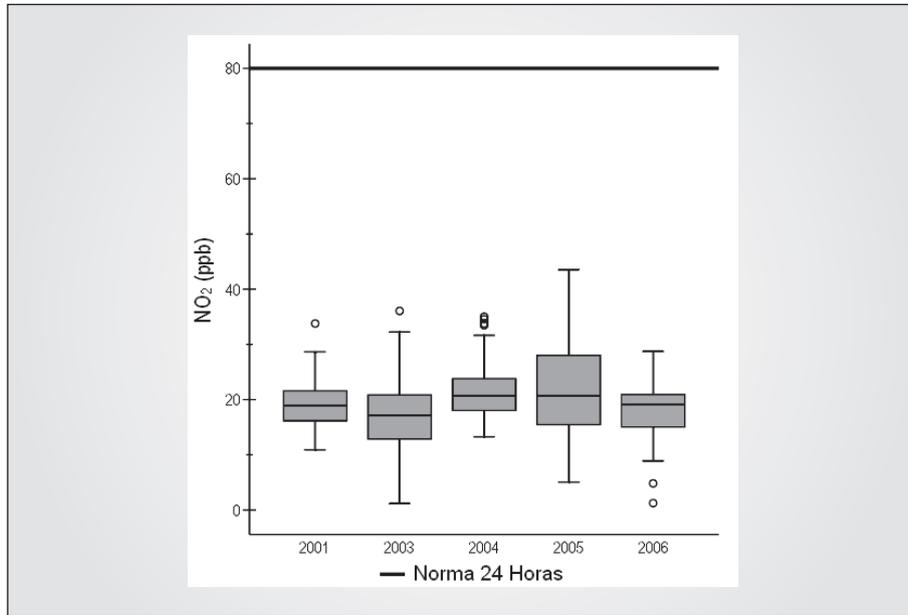
han sido las más bajas reportadas, excepto para UNAL, UPB y Politécnico Colombiano en el 2003. A pesar de esto las concentraciones promedio anuales se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles y no se registra ninguna excedencia del nivel máximo permisible para 24 horas.

Figura 2.16. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red del AMVA



En relación con las concentraciones de 24 horas de NO_2 , el nivel máximo permisible no es superado y la mediana se mantiene constante en el tiempo como se observa en la Figura 2.17.

Figura 2.17. Concentración promedio de NO_2 (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA



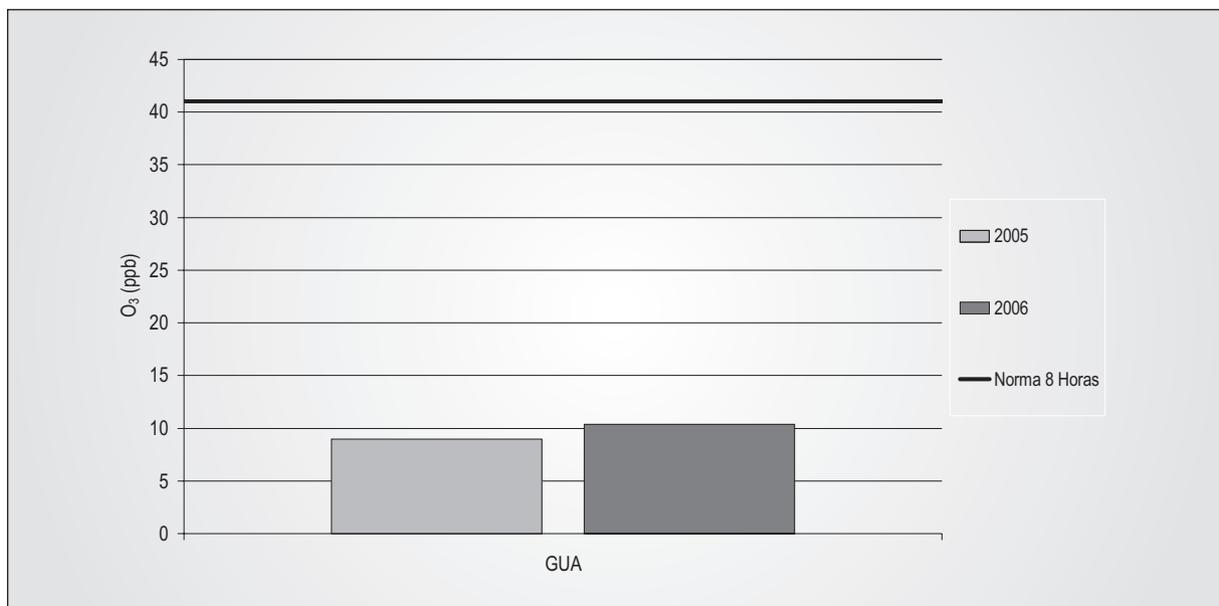
Fuente: IDEAM, 2007

2.3.1.3. Ozono – O_3

La estación Guayabal es la única estación que actualmente monitorea ozono, el cual es registrado en promedios de 12 horas (6:00 a.m. – 6:00 p.m.). Las concentraciones registradas

se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles; sin embargo, las concentraciones para el 2006 han tenido un aumento en relación con los promedios registrados en el 2005 (ver Figura 2.18).

Figura 2.18. Concentración promedio anual de O_3 en la estación Guayabal de la red del AMVA



Fuente: IDEAM, 2007

En las Figuras 2.19 y 2.20 se observa que en el caso del nivel máximo permisible horario de ozono se registraron 5 excepciones, todas alrededor de las horas del medio día con un valor máximo de 83,63 ppb. Para el caso del promedio móvil

de ocho (8) horas, los resultados muestran que solo se excede una vez, con un valor de 43,98 ppb. Por otro lado, se puede observar que la mediana ha venido aumentando en el tiempo.

Figura 2.19. Concentración promedio de O₃ (8 Horas) en las estaciones de la red del AMVA

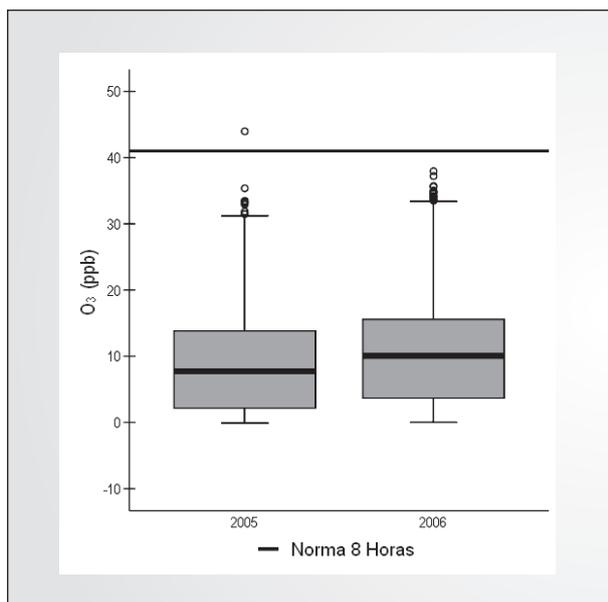
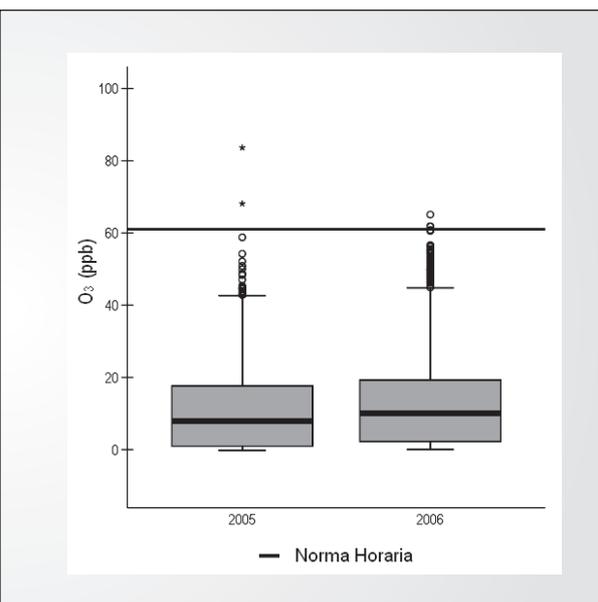


Figura 2.20. Concentración promedio de O₃ (1 Hora) en las estaciones de la red del AMVA

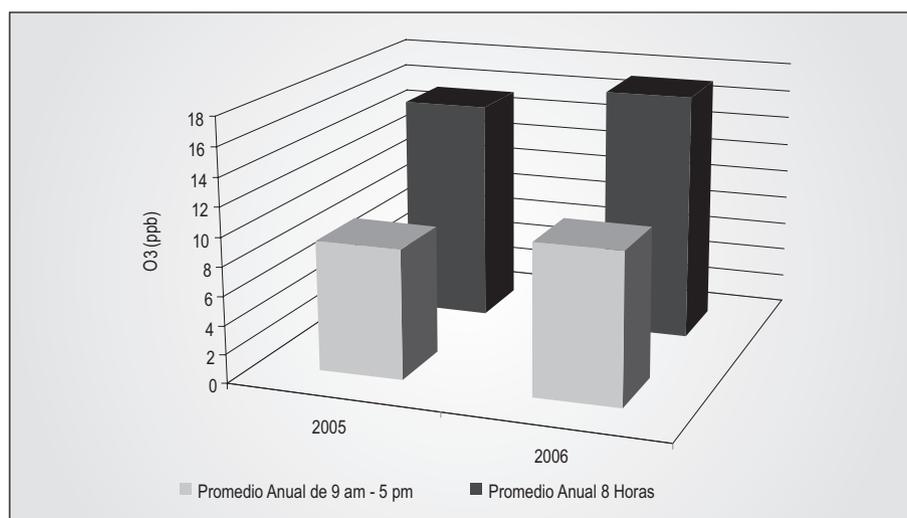


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.21 se observan las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las correspondientes a las ocho (8) horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m.; las concentraciones promedio anuales son muy similares para los

dos años de medición. Los más altos promedios de ocho (8) horas se registran durante el periodo comprendido entre las 8 a.m. y las 4 p.m. con concentraciones superiores a los 17 ppb.

Figura 2.21. Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a 5 p.m.) en las estaciones de la red de AMVA



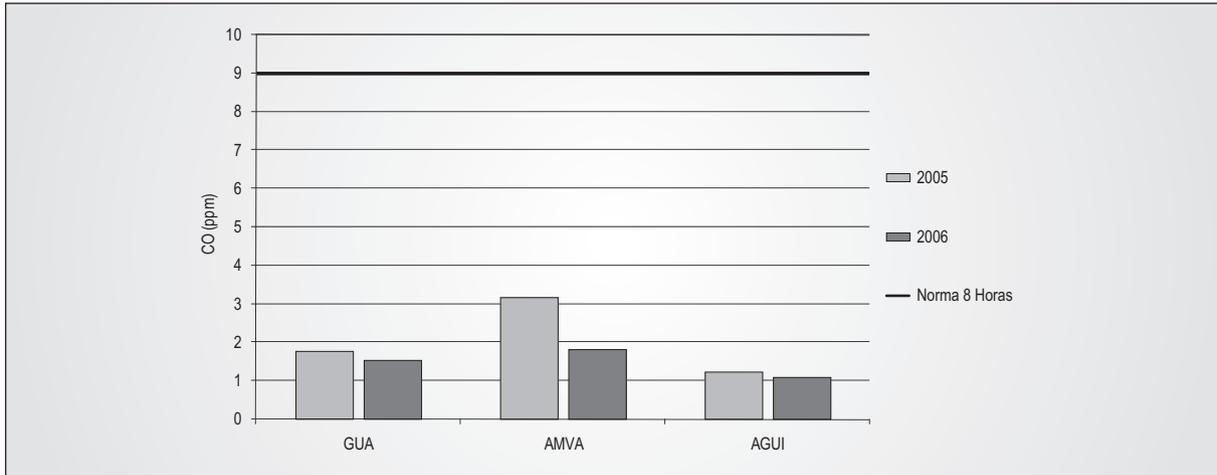
Fuente: IDEAM, 2007

2.3.1.4. Monóxido de Carbono – CO

Las concentraciones de CO se encuentran dentro de los niveles máximos permisibles establecidos tanto horarios como de

ocho (8) horas. En la Figura 2.22 se observa que para los dos (2) años medidos las concentraciones del 2006 disminuyeron en comparación con las del 2005.

Figura 2.22. Concentración promedio anual de CO en las estaciones de la red del AMVA

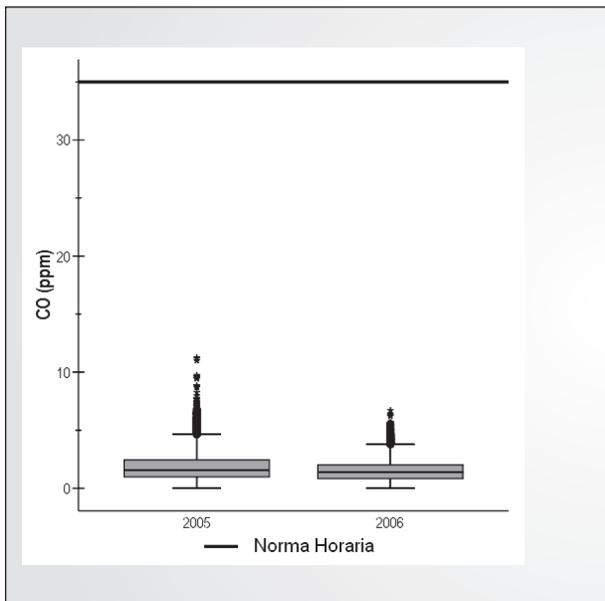


Fuente: IDEAM, 2007

En las Figuras 2.23 y 2.24 se observan las concentraciones de 8 horas y horarias respectivamente para CO. En el caso de las concentraciones de ocho (8) horas se observa

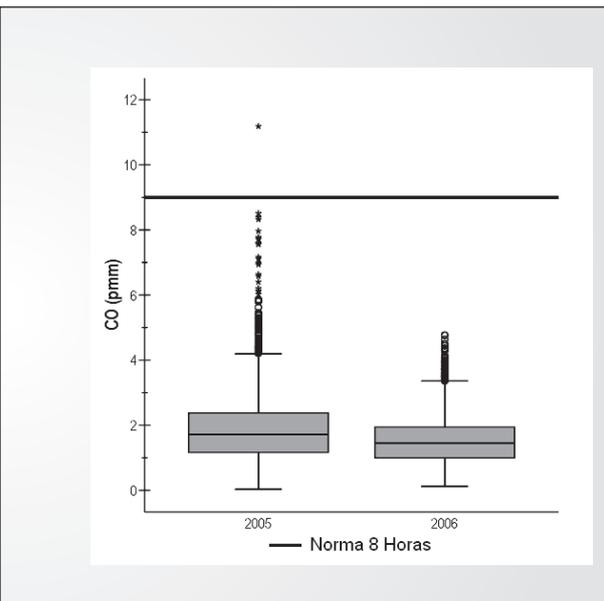
una disminución de la mediana con el transcurso del tiempo, mientras que para las horarias, el comportamiento es estable.

Figura 2.23. Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones de la red del AMVA



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.24. Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red del AMVA



2.3.1.5. Partículas Suspendedas Totales – PST

Los promedios anuales del PST medidos en el Valle de Aburrá muestran que del total de las estaciones (23) que miden

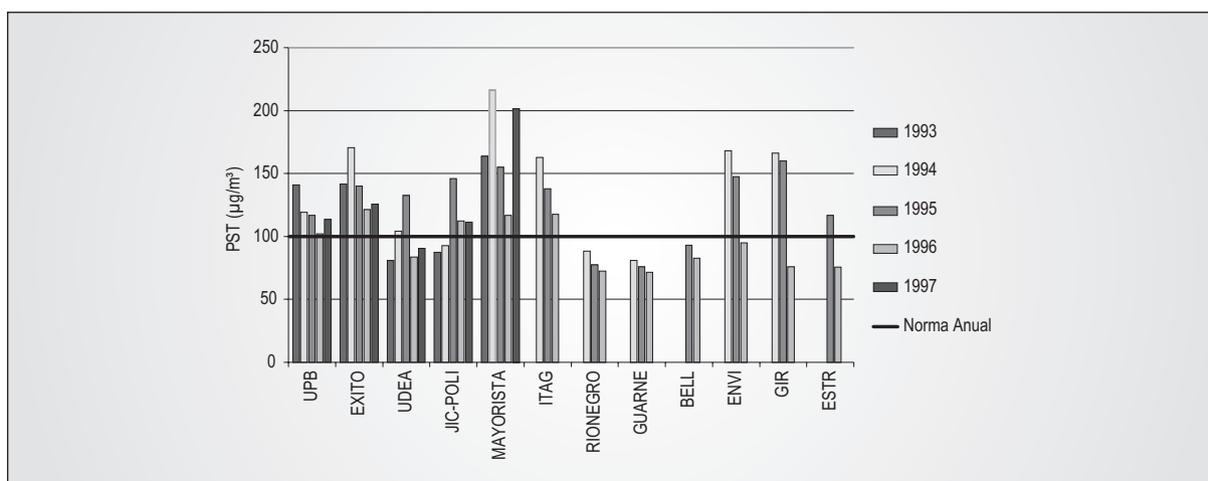
o han medido PST, 12 superan en varias ocasiones el nivel máximo permisible anual de este contaminante. El monitoreo de este contaminante se inició en 1993 por un periodo

de cinco (5) años hasta 1997 y posteriormente se reinició en el 2001.

Los promedios anuales de 1993 a 1997 muestran que desde entonces el nivel es superado en varias estaciones como se observa en la Figura 2.25. Respecto al periodo de monitoreo

comprendido entre 1993 a 1997, el año en que más estaciones superan el nivel máximo permisible fue 1994; donde 7 de las 12 estaciones superaban el nivel máximo permisible anual²⁵, siendo la estación Mayorista la de mayor concentración ($216 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 2.25. Concentración promedio anual de PST (1993 – 1997) en las estaciones de la red del AMVA

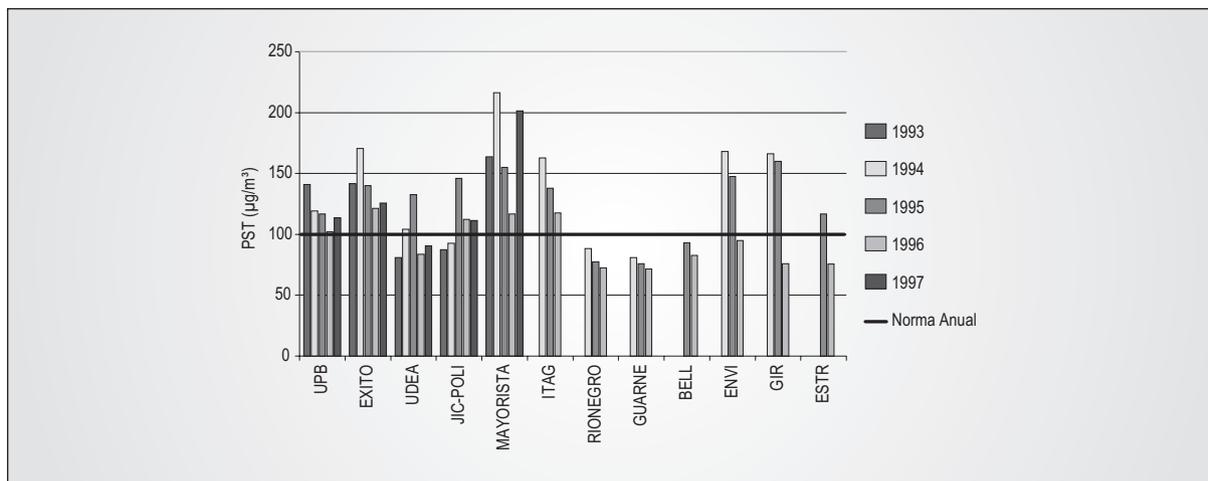


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.26 se observan los promedios anuales para los años 2001 al 2006, donde se puede resaltar que las estaciones UNAL, AGUI, JIC-POLI e ITAG registran valores por encima del nivel máximo permisible, siendo UNAL la estación con mayores concentraciones, que para todos los años supera los niveles máximos permisibles y registra el promedio más alto en el 2003 ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En la mayoría de las estaciones

que cuentan con datos para el 2003 se presentan las concentraciones más altas, con excepción de las estaciones Barbosa y Girardota. Los promedios anuales para el año 2006 superan el nivel máximo permisible en 4 estaciones; siendo el de la UNAL el mayor ($131 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Así mismo, otras 3 estaciones se encuentran muy cerca de superar el nivel máximo permisible.

Figura 2.26. Concentración promedio anual de PST (2001 – 2006) en las estaciones de la red del AMVA



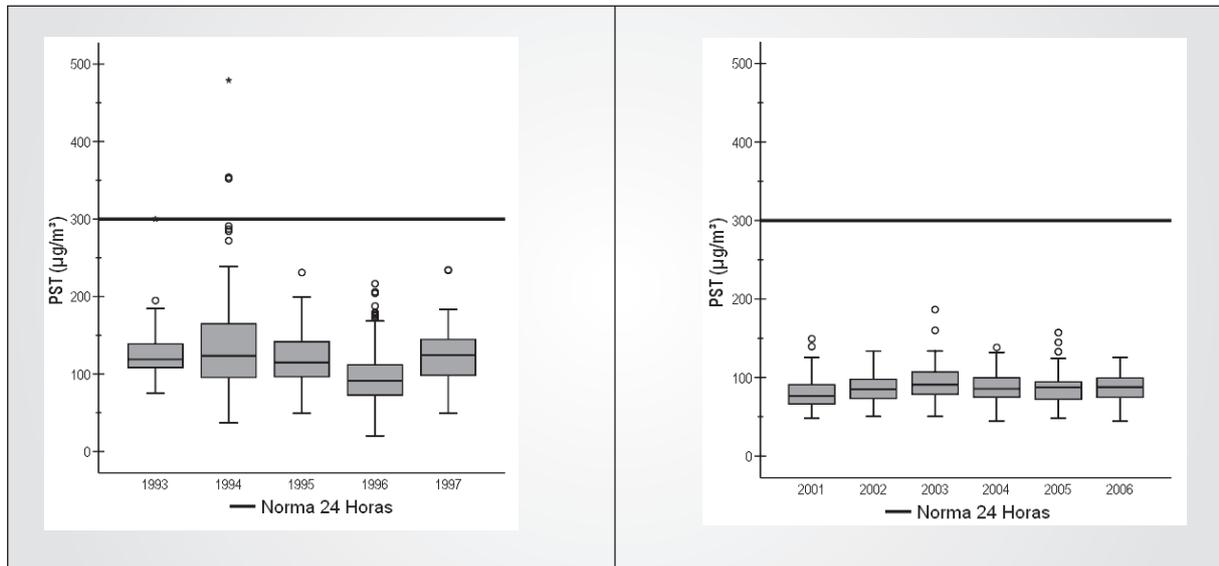
Fuente: IDEAM, 2007

²⁵ Respecto a la Resolución 601 de 2006 del MAVDT.

Los promedios diarios de PST registrados por la red del AMVA, en general, se mantuvieron por debajo del nivel máximo permisible, excepto para dos (2) casos en 1994 donde se llegó a registrar una concentración de $479 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como se observa en la Figura 2.27. En los primeros años de medición (1993 a 1997) las concentraciones y, especí-

ficamente, la mediana presenta una mayor variación si se compara con las concentraciones registradas durante los años 2001 al 2006, además, durante estos primeros años de monitoreo la mediana se mantuvo por encima de los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que a partir del 2001 la mediana está por debajo.

Figura 2.27. Concentración promedio de PST (Diario) en las estaciones de la red del AMVA



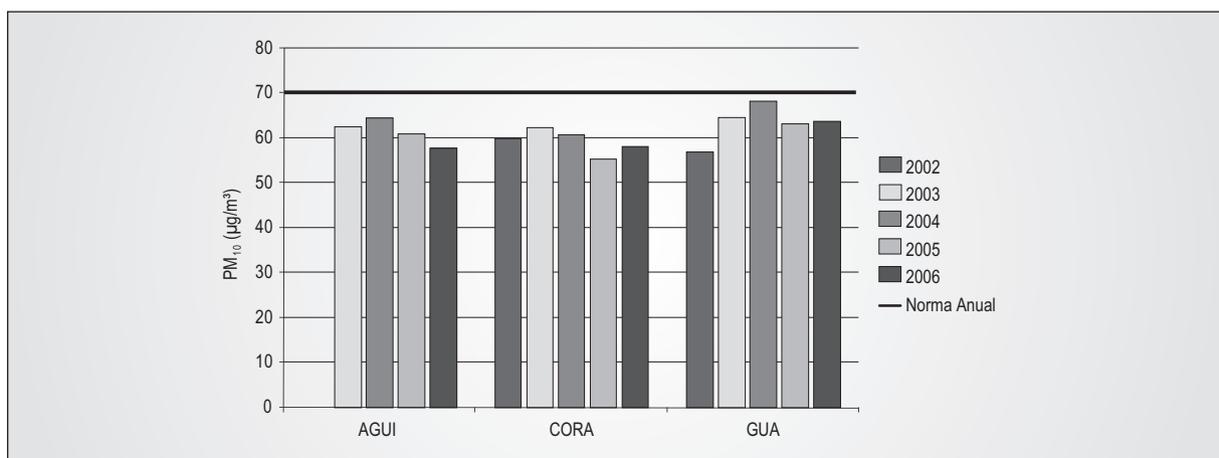
Fuente: IDEAM, 2007

2.3.1.6. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones promedio de PM10 registradas por la red del AMVA se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles para este contaminante como se observa en la Figura 2.28. Sin embargo, todos los promedios de las estaciones se encuentran por encima de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en algunos

casos como en la estación Guayabal (GUA), el año 2004 está muy cerca de incumplir el nivel máximo permisible ($68 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En las estaciones Miguel de Aguinaga (AGUI), Corantioquia (CORA) y Guayabal (GUA) a partir del 2004 se observa un descenso de la concentración, aunque para las estaciones CORA y GUA los datos de 2006 son mayores en comparación con los del 2005.

Figura 2.28. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red del AMVA

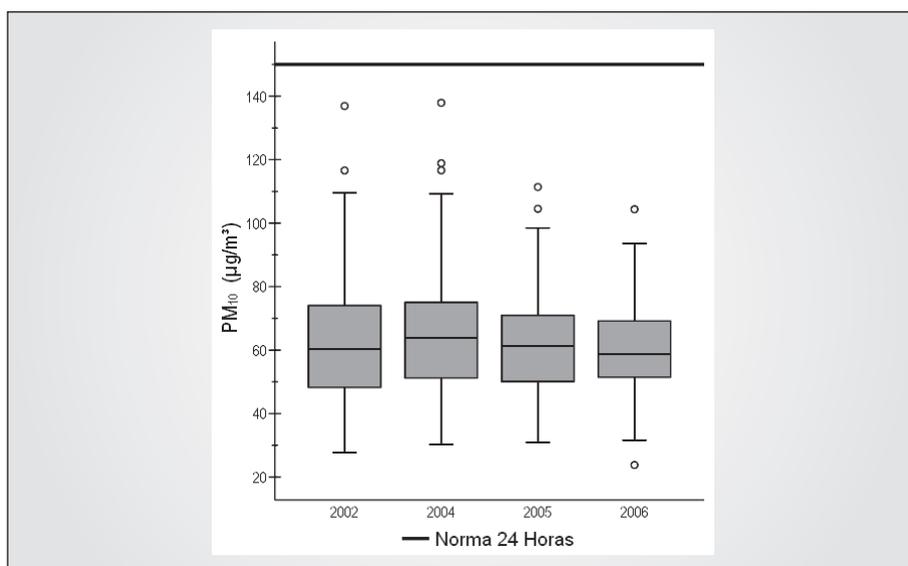


Fuente: IDEAM, 2007

En relación con las concentraciones de 24 horas de PM10, estas se encuentran dentro del nivel máximo permisible establecido actualmente para este contaminante. Los resulta-

dos de los monitoreos de PM10 muestran que la mediana se mantiene relativamente constante en el tiempo, con valores cercanos a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ver Figura 2.29).

Figura 2.29. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red del AMVA



Fuente: IDEAM, 2007

2.3.2 Inventario de Emisiones Atmosféricas

El AMVA ha estimado la emisión de contaminantes por medio de inventarios de emisiones para fuentes fijas, fuentes móviles

y fuentes biogénicas, los cuales han sido realizados para los años 1999, 2003 y 2005 (ver Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Emisión de contaminantes al aire del AMVA en toneladas por año.

AÑO	1999			2003			2005		
	FIJAS	BIOGÉNICAS	MÓVILES	FIJAS	BIOGÉNICAS	MÓVILES	FIJAS	BIOGÉNICAS	MÓVILES
TSP	33.731			35.569		-	31.490		
PM10			492				2.126		989
SO ₂	18.840		472	20.696		-	21.363		920
CO	9.282		52.447	9.838		102.868	2.508		104.117
NO _x	5.925		8.031	4.986		1.894	3.372		14.780
COV	1.251	6.004	12.437	1.324	7.292	11.206	4.979	6.021	27.627
NO		342			342			319	
Compuestos Inorgánicos							4.163		
Total	69.029	6.346	73.879	72.413	7.634	115.968	70.001	6.340	148.433

Fuente: AMVA, UPB, modificado IDEAM, 2007

Los resultados de la Tabla 2.7 muestran una disminución de las emisiones de las fuentes fijas para el 2005, mientras que las fuentes móviles presentan un incremento superior al 100%, en relación con los resultados de 1999. De acuerdo con las estimaciones realizadas por el AMVA y otros estudios, el porcentaje de la participación de las fuentes móviles ha ido en incremento del 49 al 66% entre 1999 y 2005.

2.3.3. Modelación de la Calidad del Aire

El AMVA y la Universidad Pontificia Bolivariana han realizado el proyecto Sistema de Información Metropolitano de la Calidad del Aire, el cual consiste en presentar los resultados de la modelación meteorológica y de calidad del aire, por medio de un portal en Internet (www.metropol.gov.co), en el cual los usuarios realizan consultas de los datos en cualquier lugar del Valle de Aburrá y a cualquier hora del día.

Para lograr este objetivo, ha sido necesario desarrollar diferentes etapas anteriores, dentro de las cuales se encuentra la aplicación del Modelo de Pronóstico Meteorológico Regional (Atmospheric Modeling System)²⁶, el cual ha permitido realizar proyecciones del estado del tiempo en el Valle de Aburrá, reportando datos meteorológicos que son posteriormente usados para realizar el pronóstico de la calidad del aire para contaminantes gaseosos y material particulado a través del modelo Comprehensive Air Quality Model with Extensión (CAMx, Environ).

Este portal es una herramienta para el AMVA aplicable en la toma de decisiones referentes a la organización del territorio, el desarrollo del programa de reducción de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá, definición de políticas y normas ambientales, aplicación de normas de emisión para zonas afectadas por la contaminación y zonificación del Valle de Aburrá con lo cual se identificarán los sitios de mayor concentración de contaminantes.

2.3.4. Control y Seguimiento

El programa de protección y control de la calidad del aire del AMVA, diseñado inicialmente en 1998 por las universidades de Antioquia, Pontificia Bolivariana y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y posteriormente desarrollado y ajustado por el AMVA, ha sido la base del adelanto de diversas investigaciones y trabajos de consultoría por parte de la entidad, entre las que se encuentran el monitoreo de la calidad del aire, el desarrollo de inventarios y modelos matemáticos, entre otros, los cuales le han permitido a la entidad obtener herramientas para la toma de decisiones, elaborar propuestas para la concertación de programas de reducción, identificación de zonas críticas y elaborar planes de descontaminación atmosférica.

Las principales estrategias diseñadas por el AMVA son:

- Desarrollo del pacto por la calidad del aire, por medio del cual las autoridades territoriales y ambientales acordarán

el desarrollo de una agenda interinstitucional para la elaboración e implementación de un programa regional de reducción de la contaminación atmosférica con el fin de mejorar la calidad del aire.

- Creación de programas localizados de reducción de la contaminación atmosférica, así como estructurar el programa de reducción de la contaminación y las medidas de contingencia a que haya lugar con los sectores productivos, de la construcción y de transporte.
- Identificación de metas de reducción de contaminación para el programa. Estas metas están basadas en:
 - Estándares de calidad del aire fijando como meta los periodos definidos por la Normatividad Colombiana.
 - Implementar el programa de aseguramiento y control de la calidad del muestreo y análisis de la calidad del aire.
 - Desarrollo e implementación de índices de la calidad del aire.
 - Desarrollo de programas para la captura de información para evaluar el impacto de las medidas tomadas e implementadas por el plan de Reducción de la Contaminación en el Valle de Aburrá.
- Planear el uso eficiente de la energía y el desarrollo sostenible con énfasis en los programas de transporte más limpio y producción más limpia, basados en modelaciones matemáticas de planificación como el modelo de Energía-Ambiental-Economía.

Por medio del inventario de emisiones realizado por el AMVA se pudo identificar que las fuentes móviles son el principal problema de contaminación del aire de la jurisdicción, por lo cual se está elaborando el Plan Maestro de Movilidad, el cual permitirá identificar los requerimientos de movilidad hasta el año 2020, que responda a la visión que se tiene para la región del AMVA; establecer políticas, acciones, programas, proyectos e inversiones en infraestructura de transporte, espacio público y sus equipamientos colectivos, que garanticen el flujo y la movilidad en el territorio de las personas y los bienes, para mejorar la calidad de vida y aumentar la competitividad de la región, así como también diseñar estrategias para una movilidad sostenible incentivando el transporte público sobre el individual.

Adicionalmente, el AMVA se encuentra trabajando en las siguientes estrategias:

- Protección de los parques y zonas verdes como fuentes generadoras de aire limpio, reforestación y restauración ecológica.

²⁶ Desarrollado en la Universidad Estatal de Colorado y en la División ASTER de la Misión Research Corporation (MRC).

- Incorporación de la calidad del aire en los planes de ordenamiento territorial.
- Desarrollo de incentivos económicos para la reducción de emisiones.
- Ejecución de programas y proyectos como el fondo de racionalización, el plan maestro de movilidad y el plan maestro de zonas verdes urbanas.
- Realización de operativos en vía pública para verificar las emisiones vehiculares, y control y seguimiento a las fuentes fijas industriales.

2.4. BARRANCABERMEJA - SANTANDER

La Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) no cuenta con una red propia para el monitoreo de la calidad del

aire de la ciudad ni de su jurisdicción. Sin embargo, dentro de su jurisdicción se encuentra la Gerencia del Complejo de Barrancabermeja, donde está instalada una red de monitoreo de calidad del aire operada por Ecopetrol, la cual registra concentraciones de PM10, PST, SO₂, CO, NO₂, O₃, entre otros contaminantes.

Por otro lado, Ecopetrol contrató la realización de una campaña de monitoreo de la calidad del aire del 24 de octubre al 7 de noviembre de 2006, con el objetivo de determinar la influencia de las actividades industriales sobre la población cercana a la refinería. Para el cumplimiento de este objetivo fueron medidas de manera semiautomática concentraciones de PM10, PST, SO₂, NO₂ y O₃ (ver Tabla 2.8) en siete (7) puntos de Barrancabermeja.

Tabla 2.8. Puntos de monitoreo en la campaña realizada en Barrancabermeja (CAS)

ESTACIÓN	PARÁMETROS
Aguas de Barranca	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Universidad La Paz	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Colegio Santa Teresa	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Colegio El Castillo	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Colegio Las Bethlemitas	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Policlínica	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)
Seminario San Pedro Claver	PM10, PST, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , Metales (Vanadio)

Fuente: CAS, 2007

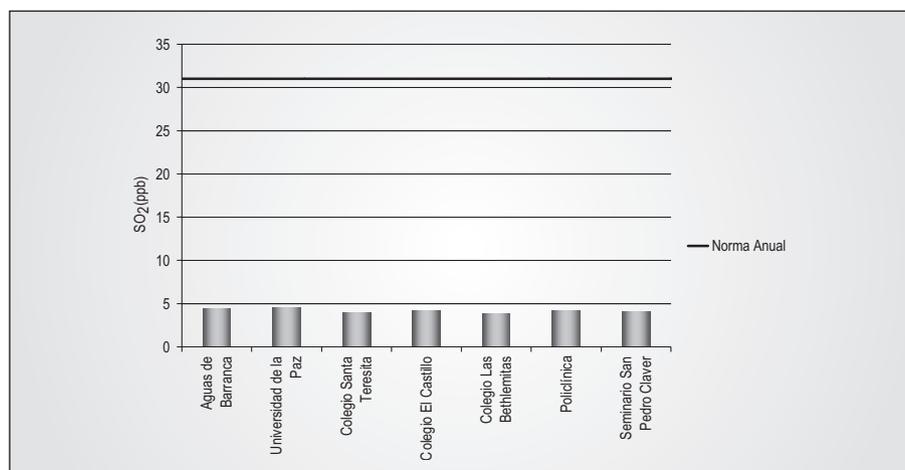
2.4.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.4.1.1. Dióxido de Azufre – SO₂

Los resultados de las mediciones de SO₂ para los diez (10) días de monitoreo se encuentran por debajo de los niveles máximos

permisibles establecidos por la normatividad nacional vigente, registraron promedios inferiores a 5 ppb como se puede observar en la Figura 2.30. Además, los máximos de 24 horas no superaron los 8 ppb. Estas concentraciones se encuentran por debajo de los niveles establecidos para este contaminante.

Figura 2.30. Concentración promedio de SO₂ en Barrancabermeja



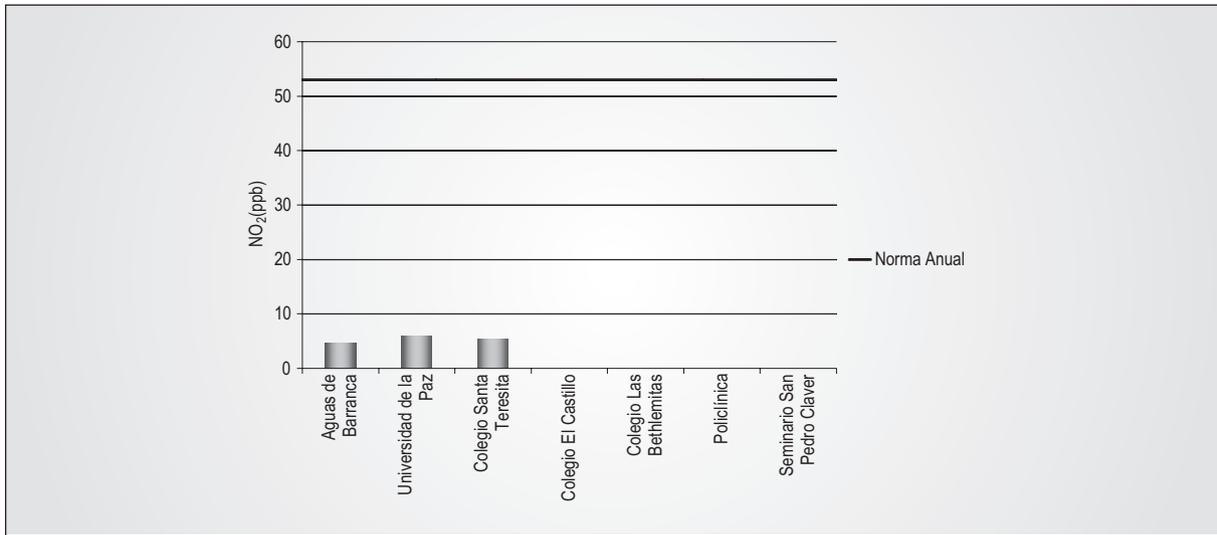
Fuente: IDEAM, 2007

2.4.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

Como se puede observar en la Figura 2.31, las concentraciones de NO₂ son similares en tres (3) de los siete (7) lugares de monitoreo. En las estaciones Colegio El Castillo, Colegio Las Bethlemitas, Policlínica y Seminario San Pedro Claver las concentraciones registradas no superaron el límite de detección

estando por debajo de los 4,61 ppb. El valor medio máximo registrado fue de 5,83 ppb en la estación localizada en la Universidad La Paz, que a su vez junto con la estación del Colegio Santa Teresita registraron los valores diarios más altos. En general tanto las concentraciones de 24 horas como las anuales se encuentran por debajo de los niveles establecidos en la normatividad nacional vigente.

Figura 2.31. Concentración promedio de NO₂ en Barrancabermeja



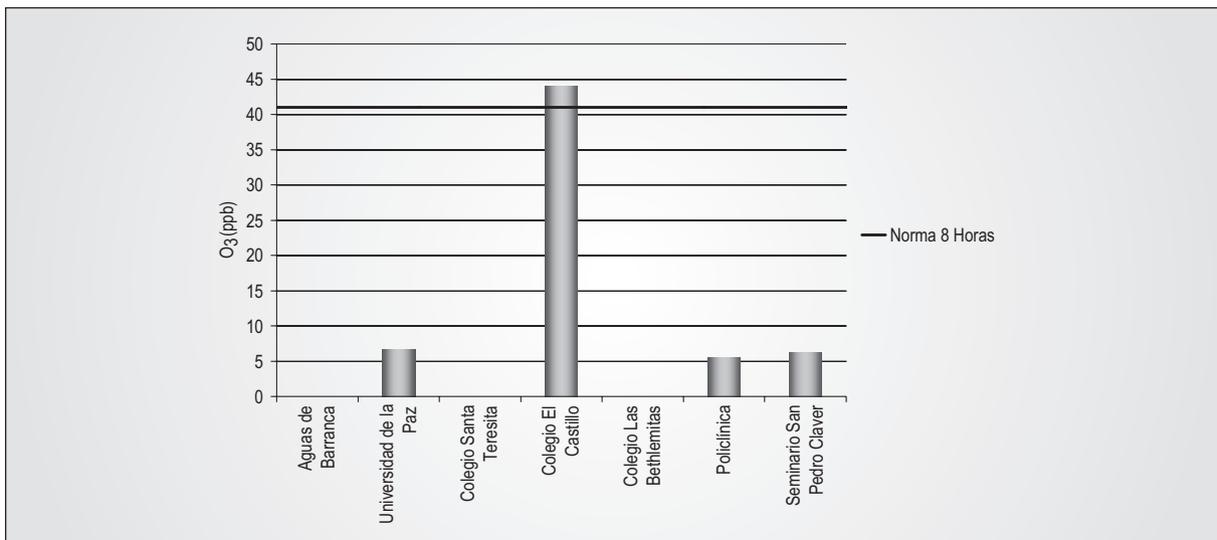
Fuente: IDEAM, 2007

2.4.1.3 Ozono – O₃

Durante la campaña de monitoreo, las concentraciones de O₃ de 24 horas no superaron el nivel máximo permisible establecido para tiempos de exposición de ocho (8) horas, con excepción del Colegio el Castillo donde se registró durante

uno de los días de monitoreo una concentración de 44 ppb como se observa en la Figura 2.32. En los puntos de monitoreo de Aguas de Barranca, Colegio Santa Teresita y Colegio Las Bethlemitas las concentraciones no alcanzaron los límites de detección, estando por debajo de los 4,42 ppb.

Figura 2.32. Concentración máxima diaria de O₃ en Barrancabermeja



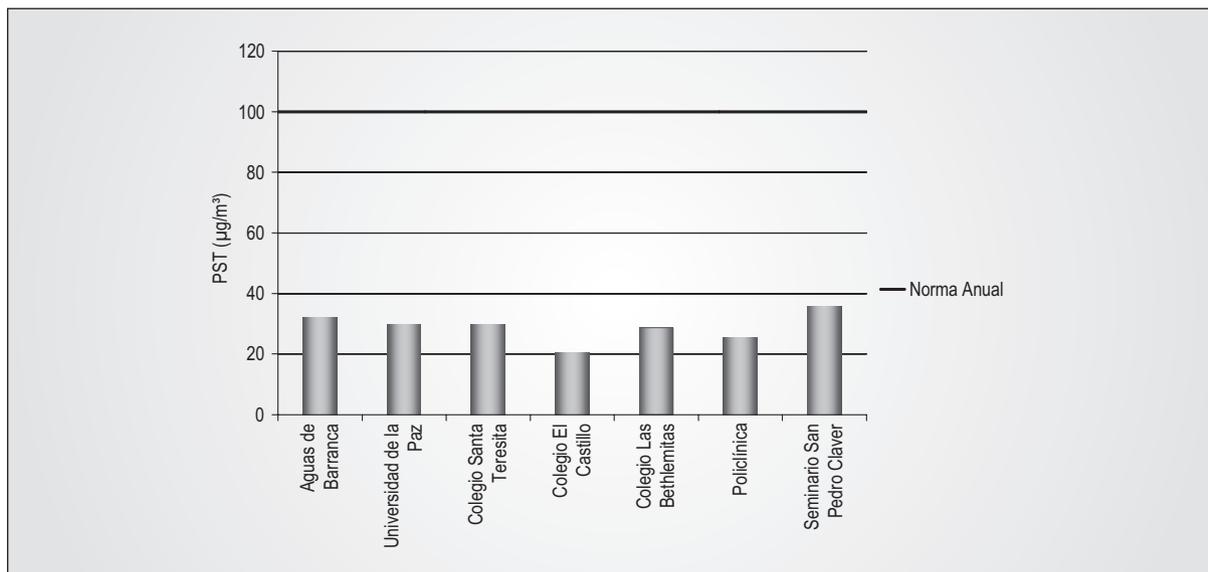
Fuente: IDEAM, 2007

2.4.1.4. Partículas Suspensas Totales – PST

En la Figura 2.33 se observa que el nivel máximo permisible anual de PST no es superado durante el periodo de monitoreo, con un comportamiento similar en todos los puntos de

medición, sin superar los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación localizada en el Seminario San Pedro Claver es la que registra la concentración promedio más alta ($35,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que la más baja es la del Colegio El Castillo ($20,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 2.33. Concentración promedio de PST en Barrancabermeja



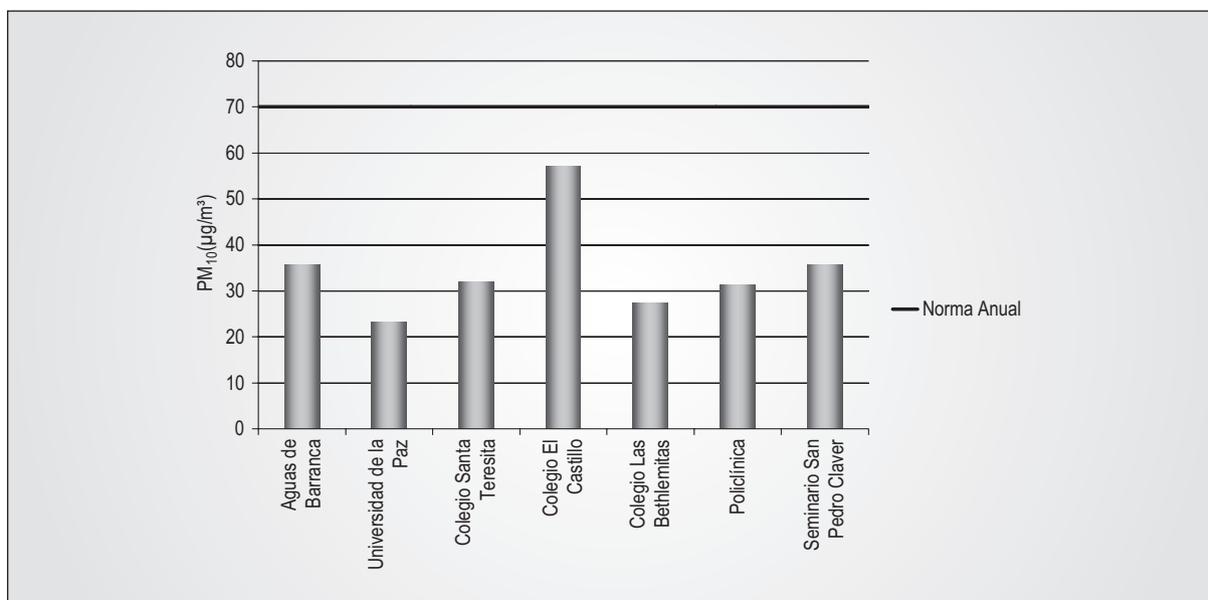
Fuente: IDEAM, 2007

2.4.1.5 Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones de PM10, registradas durante los 10 días de monitoreo no superan el nivel máximo permisible anual, ni el de 24 horas. La mayoría de los puntos de monitoreo pre-

sentaron concentraciones promedio que se encontraron entre 23 y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como se observa en la Figura 2.34. La estación localizada en el Colegio El Castillo fue la única que registró un promedio superior a estos valores ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 2.34. Concentración promedio de PM10 en Barrancabermeja



Fuente: IDEAM, 2007

2.5. BARRANQUILLA - ATLÁNTICO

El Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB) inició la operación de la red de monitoreo de calidad del aire en el 2004. Esta red cuenta

con 5 estaciones de monitoreo automático, de las cuales tres (3) miden parámetros de contaminación del aire (NO_2 , SO_2 , PM_{10} , CO y O_3) y dos (2) miden parámetros meteorológicos (precipitación, temperatura, brillo solar, presión barométrica), como se presenta en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire del DAMAB

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Agrecon	PM_{10} , SO_2 , CO , O_3 , NO_2
Biblioteca	PM_{10} , SO_2 , CO , O_3 , NO_2 , Meteorología
Policía	PM_{10} , SO_2 , CO , O_3 , NO_2
Centro Médico	Meteorología
Zona Franca	Meteorología

Fuente: DAMAB, 2007

En la Tabla 2.10 se encuentran los promedios diarios registrados el 6 de agosto de 2005 por la estación Agrecon donde se puede observar que las concentraciones de los contaminantes allí mencionados están por debajo de los niveles máximos

permisibles, tanto los valores máximos horarios, como los promedios diarios para ese día específico. A pesar de esto cabe mencionar que allí no se encuentran valores para PM_{10} ya que no fue medido durante ese día.

Tabla 2.10. Promedios diarios de la estación Agrecon el día 6 de agosto de 2005

CONTAMINANTE	NO_2 (PPB)	CO (PPM)	SO_2 (PPB)	O_3 (PPB)
Promedio Día	3,57	0,88	1,12	14,62
Valor Máximo Horario	6,80	1,12	2,09	30,07
Valor Mínimo Horario	1,89	0,78	0,98	3,71

Fuente: DAMAB, 2007

Para el año 2006, se cuenta con información promedio de los meses de enero, febrero y marzo, la cual se presenta en la Tabla 2.11. De acuerdo con la información del DAMAB, el único contaminante que presenta concentraciones altas es el

PM_{10} , superando el nivel máximo permisible de 24 horas, con concentraciones superiores a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que los otros contaminantes se encuentran dentro de los niveles permisibles al presentar valores de concentración bajos.

Tabla 2.11. Concentración promedio mensual (enero a marzo) en el 2006

CONTAMINANTE	NO_2 (PPB)	CO (PPM)	SO_2 (PPB)	O_3 (PPB)	PM_{10} ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)
Enero	8,91	3,03	4,21	16,41	173,00
Febrero	8,07	0,17	0,92	19,63	169,40
Marzo	-	2,62	1,76	10,94	162,40

Fuente: DAMAB, 2007

2.6. BOGOTÁ DISTRITO CAPITAL

La Secretaría Distrital de Ambiente²⁷ (SDA), como autoridad ambiental de Bogotá, cuenta con la red de monitoreo de calidad del aire (RMCAB), conformada por trece (13) estaciones automáticas para la medición de contaminantes criterio (PM_{10} ,

PST , SO_2 , NO_x , CO y O_3). La cual obtiene datos diez-minutales de cada uno de los contaminantes mencionados. Adicionalmente, las estaciones están dotadas con sensores meteorológicos (dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, radiación y presión), que permiten analizar la información de calidad del aire con la meteorología de la región.

En particular, la estación localizada en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) está dotada con un equipo OPSIS DOAS, que permite medir NO_2 , SO_2 , O_3 , BTX y formaldehídos, y se considera como una estación experimental, orientada a realizar estudios específicos sobre estos contaminantes.

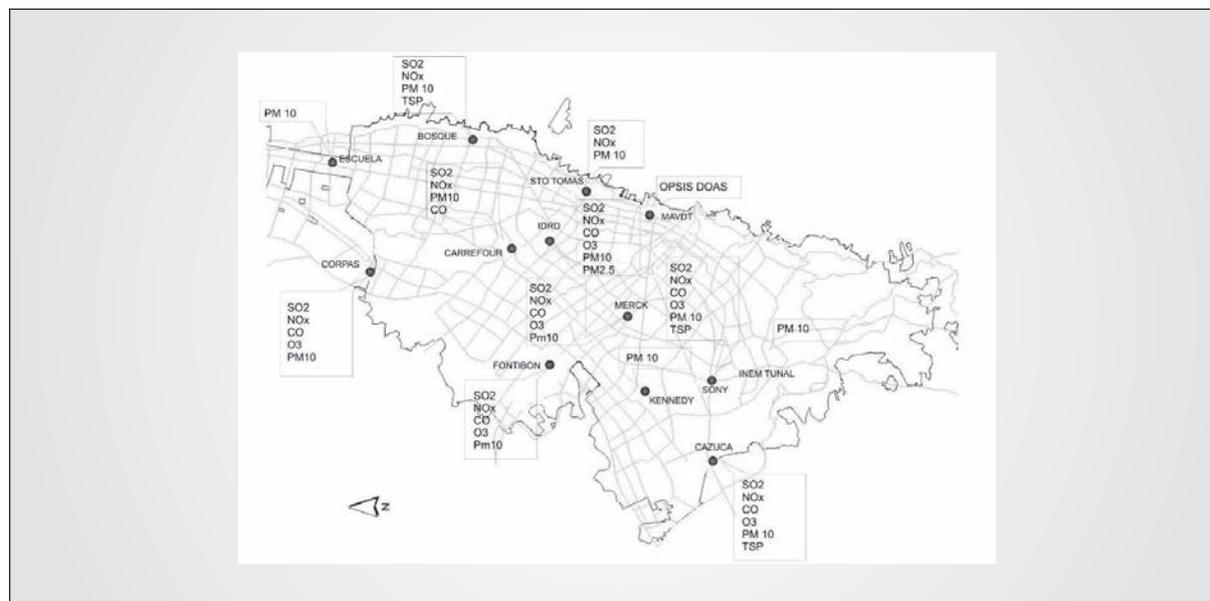
En la Tabla 2.12 se presentan las características de las zonas de influencia de las estaciones. En la Figura 2.35 se muestra el mapa de localización de las estaciones que conforman la RMCAB y los equipos analizadores de calidad del aire con que cuenta cada una de estas estaciones y en la Figura 2.36 los sensores meteorológicos instalados en cada estación.

Tabla 2.12. Características de los sectores donde se encuentran ubicadas las estaciones de monitoreo

SECTOR	ESTACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Norte	1. Bosque (Transv. 9 # 133-95, Usaquén) 8. Escuela (Autopista Norte Km 13, Suba)	Zona residencial de baja densidad poblacional y alto tráfico vehicular
Noroccidente	6. Carrefour (Calle 81 # 68-50, Engativá) 11. Corpas (Clínica Corpas, Av. Corpas Km 13, Suba)	Alto tráfico vehicular y uso residencial y comercial
Sur	14. Fontibón (Cra. 95 #24-49, Fontibón) 3. Sony (Autosur #61-40, Kennedy)	Alto tráfico vehicular, uso residencial, comercial
Suroccidente	4. INEM TUNAL (Cra. 24 #49-86 Sur, Tunjuelito) 7. Cazucá (Calle 14 #6-54, Ciudad Bolívar)	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial
Centro	9. Kennedy (Cra. 86 #40-55 Sur, Kennedy) 2. MAVDT ²⁸ (Calle 37 #8-40, Santa Fe)	Alto tráfico vehicular y uso residencial, comercial e institucional
Centroccidente	5. IDR ²⁹ (Calle 63 #47-06, Barrios Unidos) 10. Santo Tomás (Cra. 9 #72-90, Chapinero)	Zona industrial con alto tráfico vehicular y uso residencial

Fuente: SDA- IDEAM. Adaptado y actualizado de los Informes mensuales de calidad del aire de Bogotá, 2002

Figura 2.35. Localización de las estaciones y los equipos de calidad del aire de la RMCAB³⁰



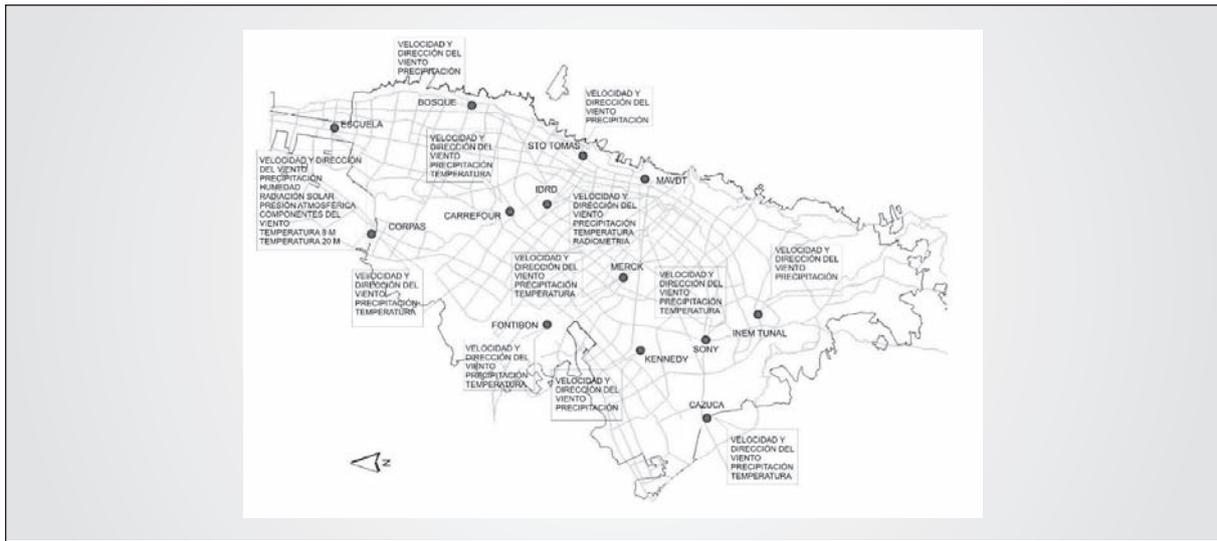
Fuente: IDEAM. Adaptado y actualizado de la Auditoría a la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá, 2002.

²⁷ A partir del 1 de enero de 2007 la SDA tomó las funciones del Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA)

²⁸ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

²⁹ Instituto Distrital para la Recreación y el Deporte

Figura 2.36. Equipos meteorológicos instalados en cada una de las estaciones de la RMCAB



Fuente: IDEAM. Adaptado y actualizado de la Auditoría a la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá, 2002.

Los objetivos planteados para la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá son:

- Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de aire en la ciudad de Bogotá.
- Identificar el progreso o detrimento de la calidad del aire en las zonas de alta densidad poblacional de la ciudad de Bogotá.
- Dar bases para la planeación, desarrollo y evaluación de estrategias de control de la contaminación en la ciudad de Bogotá.
- Implementar en el largo plazo procedimientos de pronóstico de episodios de contaminación en la ciudad de Bogotá, que permitan además activar estrategias de control para prevenirlos.

gotá, que permitan además activar estrategias de control para prevenirlos.

- Proveen datos que permitan alimentar y utilizar efectivamente el modelo fotoquímico desarrollado para la ciudad de Bogotá.
- Validar la información generada por el modelo fotoquímico de calidad de aire desarrollado para la ciudad de Bogotá.

Con base en lo anterior, en la Tabla 2.13 se enumera cada uno de los objetivos generales de la RMCAB y se identifican las estaciones que por sus condiciones de ubicación e infraestructura permiten su cumplimiento.

Tabla 2.13. Objetivos que cumplen las estaciones de la RMCAB

OBJETIVO DE LA RMCAB	1. BOSQUE	2. MAVDT	3. SONY	4. INEM TUNAL	5. IDRD	6. CARREFOUR	7. CAZUCÁ	8. ESCUELA	9. KENNEDY	10. STO. TOMÁS	11. CORPAS	13. PTE. ARANDA	14. FONTIBÓN
Evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire en la ciudad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Identificar el progreso o detrimento de la calidad del aire en las zonas de alta densidad poblacional de la ciudad	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X
Dar bases para la planeación, desarrollo y evaluación de estrategias de control de la contaminación en la ciudad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Implementar en el largo plazo procedimientos de pronóstico de episodios de contaminación, que permitan además activar estrategias de control para prevenirlos	X			X	X	X	X	X	X		X	X	X
Proveen datos que permitan alimentar y utilizar efectivamente el modelo fotoquímico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Validar la información generada por el modelo fotoquímico de calidad de aire	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: IDEAM – SDA. Adaptado de la auditoría a la red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2002.

Adicional a las estaciones con que cuenta la SDA y que conforman la RMCAB, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cuenta con una estación móvil de monitoreo de calidad del aire, la cual mide de manera automática concentraciones de PM₁₀, NO₂, SO₂ y O₃.

La estación del IDEAM ha monitoreado la calidad del aire en diferentes regiones del país. Durante el 2006 la estación

estuvo ubicada en tres (3) localidades de Bogotá, Puente Aranda (Centro de innovación y Desarrollo Tecnológico de la Universidad de los Andes CITEC), Engativá (Colegios Jhon F. Kennedy y La Palestina) y Usaquén (Colegio IED de Torca). En la Tabla 2.14 se presenta el lugar de monitoreo de la estación móvil, así como la localidad y el periodo de monitoreo en cada localidad.

Tabla 2.14. Lugar, localidad y periodo de monitoreo de la estación móvil del IDEAM

LUGAR DE MONITOREO	LOCALIDAD	FECHAS DE MONITOREO	
		INICIO	FIN
CITEC	Puente Aranda	4 de junio 2006	2 de septiembre 2006
J F Kennedy	Engativá	3 de septiembre 2006	19 de septiembre 2006
Torca	Usaquén	20 de septiembre 2006	23 de septiembre 2006
Palestina	Engativá	19 de octubre 2006	30 de noviembre 2006

Fuente: IDEAM, 2007

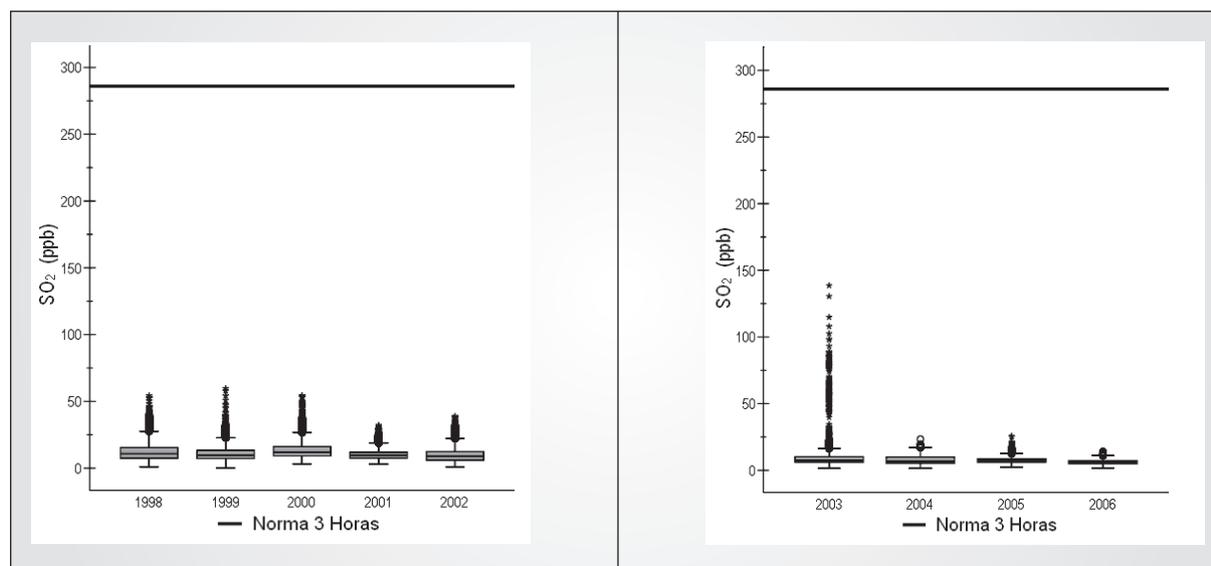
2.6.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.6.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

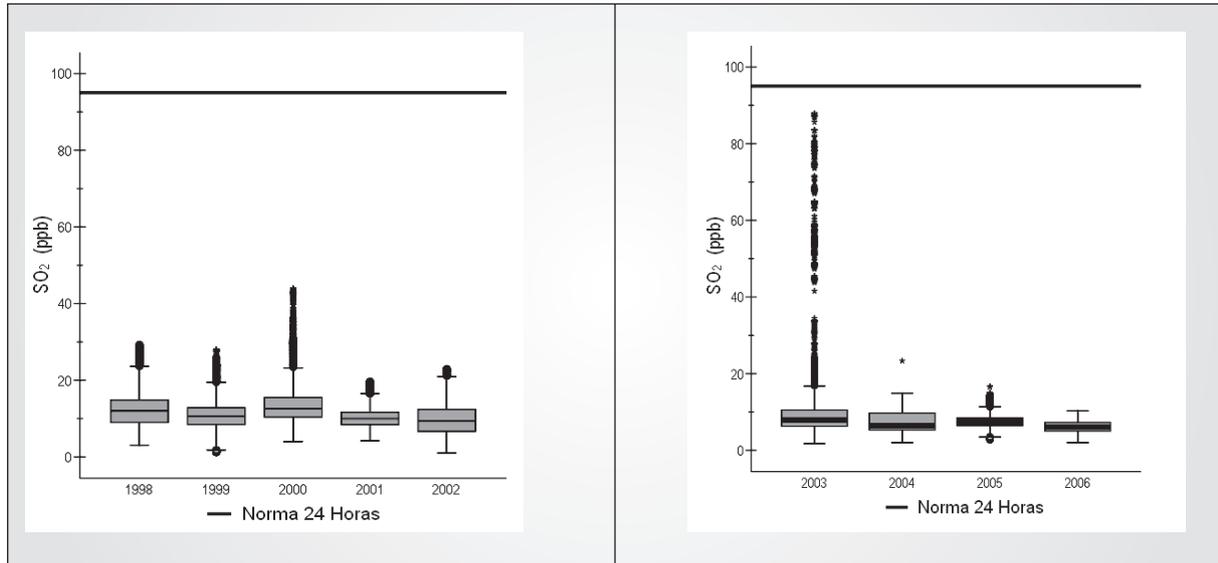
En general, la RMCAB no registra concentraciones elevadas de SO₂. En su gran mayoría estas concentraciones se encuen-

tran por debajo de los niveles máximos permisibles anuales (31 ppb), lo mismo ocurre para los niveles máximos permisibles de una y tres (3) horas. En las Figuras 2.37 y 2.38 se resume el comportamiento de las concentraciones medidas por la RMCAB.

Figura 2.37. Concentración promedio de SO₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de la SDA



Fuente: IDEAM, 2007

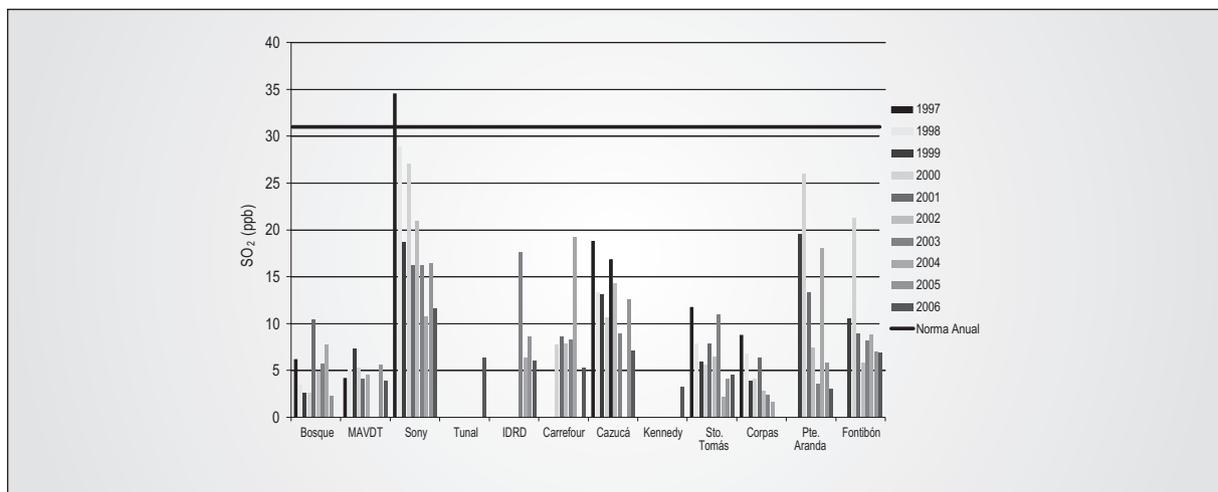
Figura 2.38. Concentración promedio de SO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA

Fuente: IDEAM, 2007

De acuerdo con los resultados de las Figuras 2.37 y 2.38 se observa que en el año 2003 se registraron concentraciones considerablemente elevadas en comparación a los demás años, tanto para los promedios de 3 horas, como para los de 24 horas; particularmente estas concentraciones fueron registradas en la estación Sony. Para el caso de los promedios de tres (3) horas se pueden observar valores muy similares, todos por debajo de 25 ppb, mientras que los resultados de las con-

centraciones de 24 horas varían más entre los diferentes años; registrando el valor de la mediana más alta en el 2000.

En la Figura 2.39 se presenta el comportamiento anual de SO₂ en Bogotá, observándose que en general las concentraciones son bajas especialmente en las estaciones Bosque, MAVDT, Santo Tomás y Corpas, durante todos los años de monitoreo, mientras que las estación Puente Aranda, Fontibón, Cazucá y Sony muestran resultados más elevados.

Figura 2.39. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de la SDA

Fuente: IDEAM, 2007

En particular la estación Carrefour registra un aumento considerable de 16 ppb en el 2004 en comparación con el año inmediatamente anterior, concentración que vuelve a disminuir para el 2006. La única excedencia se presenta en el año

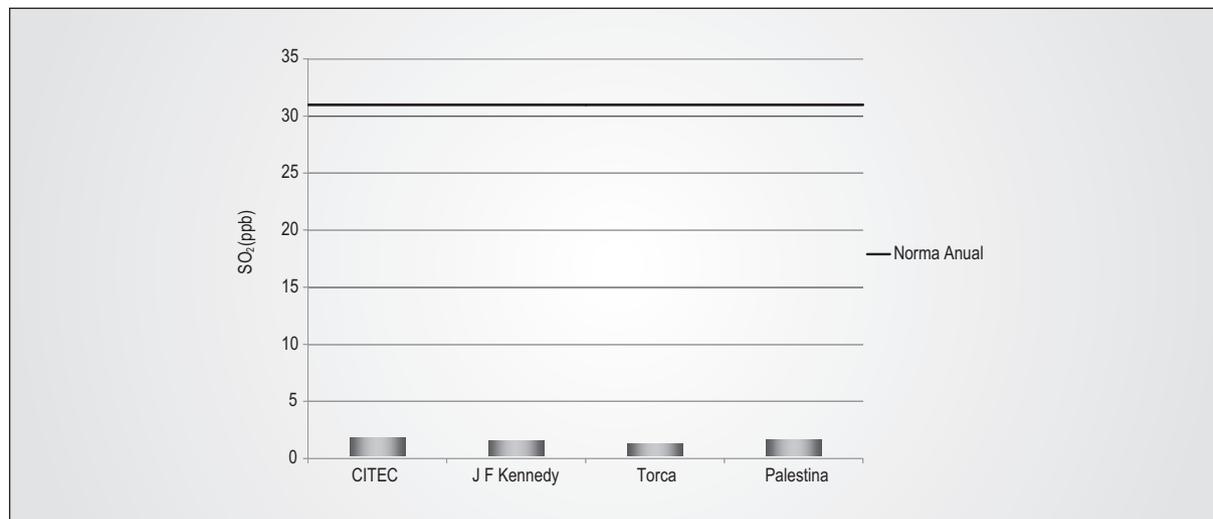
1997 es en la estación Sony con un promedio de 34,56 ppb, aunque cabe resaltar que este año se inició la operación de la red, por lo que se cuenta con información solo a partir de septiembre.

En relación con las mediciones realizadas por la estación móvil del IDEAM, los promedios de SO_2 de cada uno de los puntos de monitoreo se encuentran por debajo del nivel anual, como se observa en la Figura 2.40, sin superar concentraciones de 2 ppb en ninguno de los 4 casos, registrando concentraciones máximas horarias de 2,3 ppb en el punto de monitoreo Palestina en la localidad de Engativá.

2.6.1.2 Dióxido de Nitrógeno – NO_2

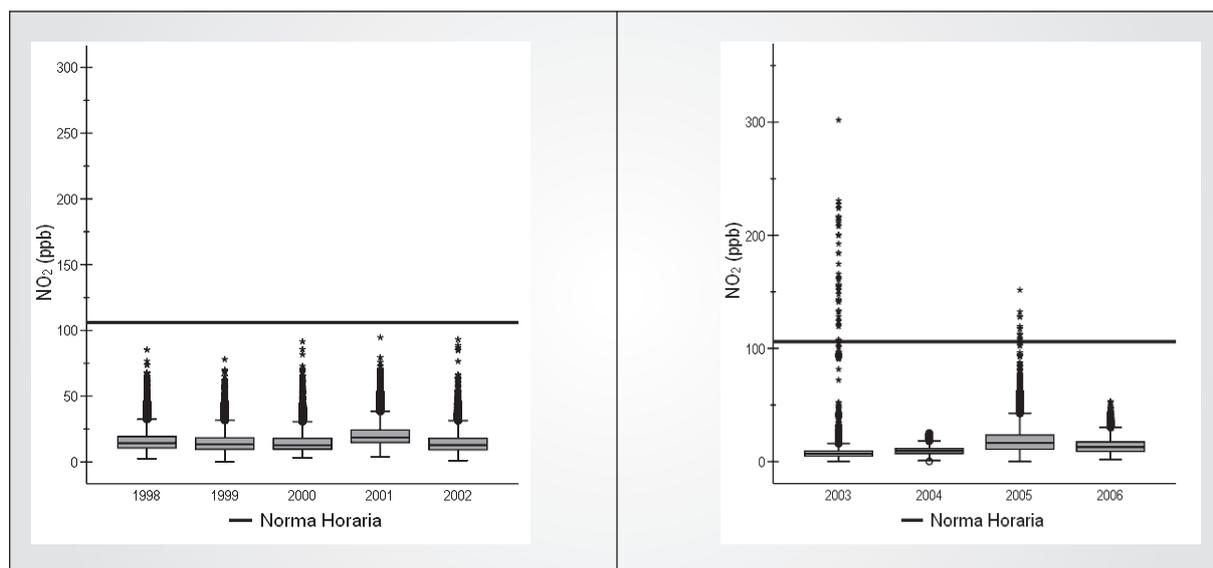
En las Figuras 2.41 y 2.42 se presenta el comportamiento de las concentraciones horarias y de 24 horas, respectivamente.

Figura 2.40. Concentración promedio de SO_2 medida con la estación móvil del IDEAM



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.41. Concentración promedio de NO_2 (Horario) en las estaciones de la red de la SDA

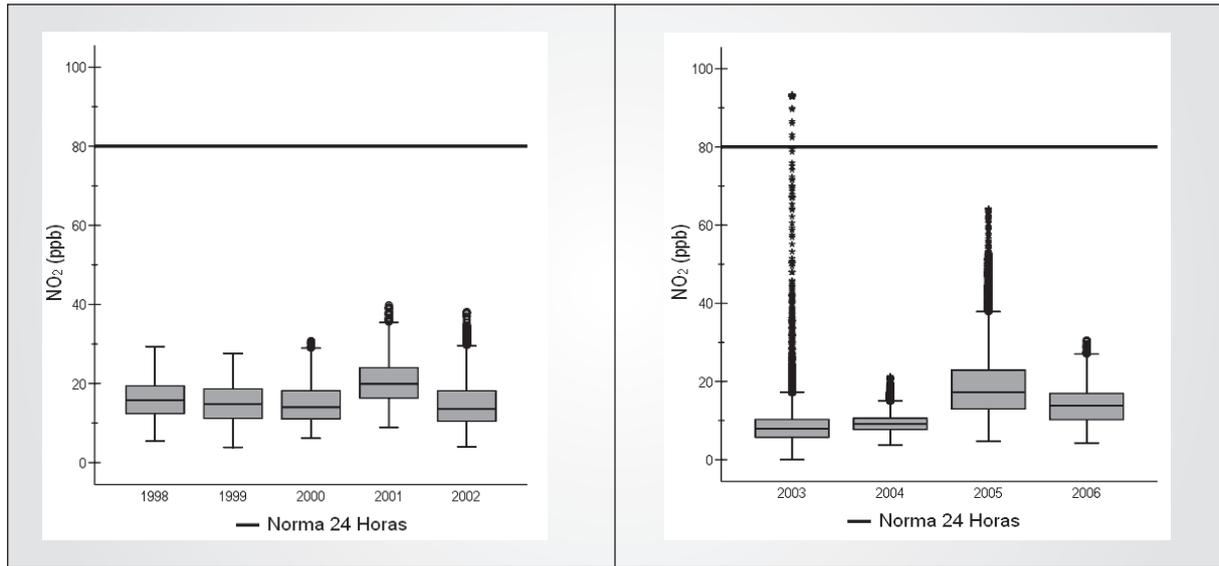


Fuente: IDEAM, 2007

Para el caso del nivel horario, este es superado en los años 2003 y 2005, registrando en el 2003 una concentración superior a los 300 ppb. Adicionalmente, se puede observar que

para todos los años se presenta una serie de casos extremos, pues aunque la mediana se mantiene alrededor de los 20 ppb, hay registros que superan concentraciones de 80 ppb.

Figura 2.42. Concentración promedio de NO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA



Fuente: IDEAM, 2007

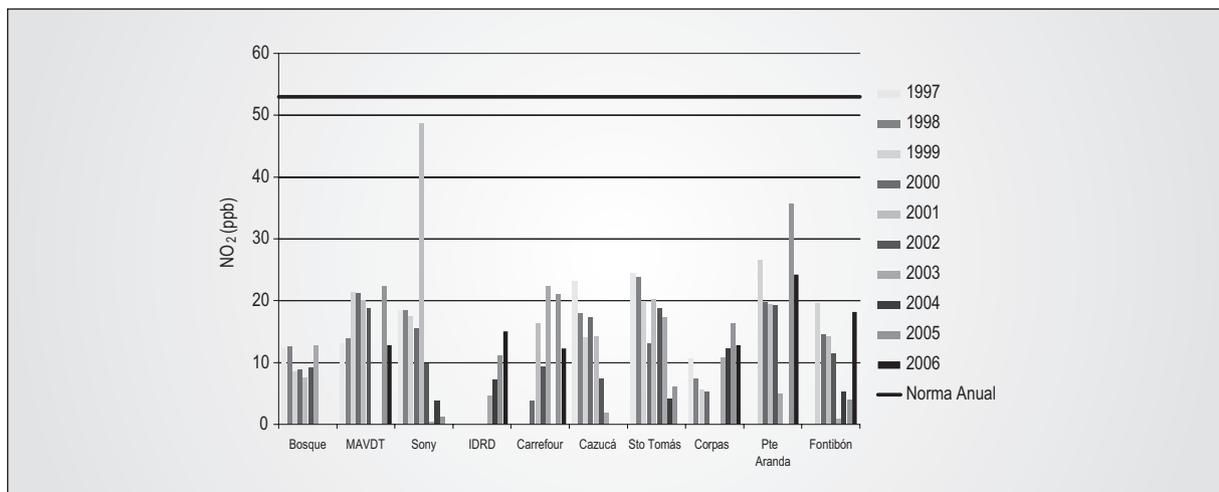
En relación con las concentraciones de 24 horas, el nivel permisible es superado solamente en el año 2003 con una concentración máxima de 93,32 ppb. Al contrario de lo que ocurre con los registros diarios, en la mayoría de los años el rango de los registros es menor, solo presenta datos extremos en el 2003 y 2005. En ambos casos, se observa que las medianas de los años 2001 y 2005 son superiores a las de los otros años.

En la Figura 2.43 se presentan las concentraciones promedio anuales de NO₂ para Bogotá en los últimos años, donde la única estación que registra un promedio cercano al nivel

máximo permisible es la estación Sony en el 2001, con una concentración de 48,79 ppb. Adicionalmente, se puede observar que el nivel máximo permisible no es superado en ninguna ocasión y en la mayoría de los casos, las concentraciones se encuentran por debajo del 50% de dicho nivel.

De las estaciones que registran información de este contaminante para el 2006, todas presentan concentraciones por encima de los 10 ppb; sin embargo, las estaciones MAVDT, Sony, Cazucá y Santo Tomás muestran un descenso en sus concentraciones promedio anuales durante los últimos años en comparación a los años anteriores registrados por cada una.

Figura 2.43. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de la SDA

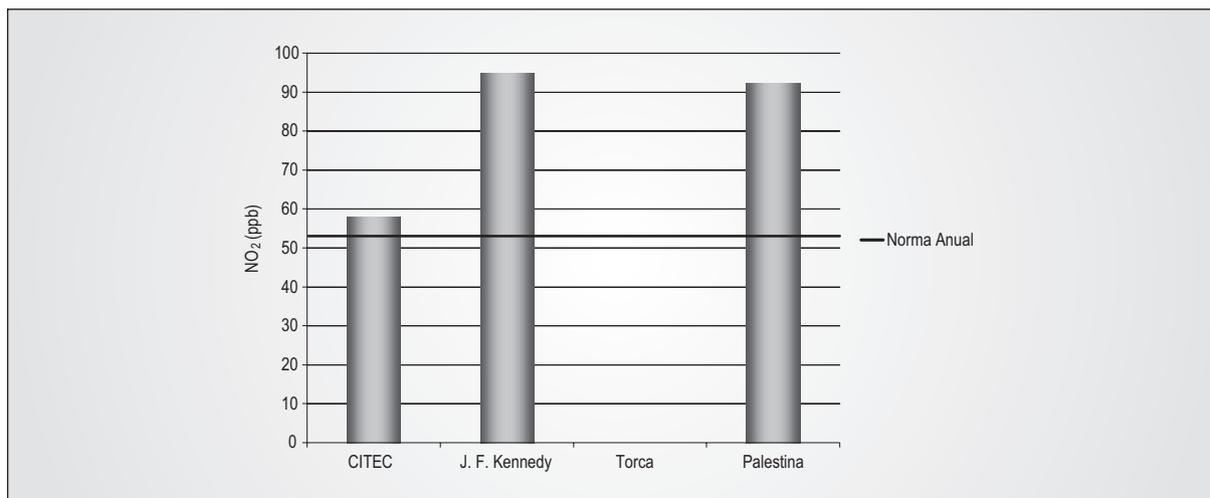


Fuente: IDEAM, 2007

Por otro lado, en relación con los monitoreos realizados por la estación móvil del IDEAM, en cuatro diferentes puntos de Bogotá, se puede observar que los resultados de NO_2 en el punto de monitoreo Torca³¹ muestran que el promedio calculado fue inferior a 3 ppb, mientras que en los otros tres (3)

puntos de monitoreo restantes el promedio calculado supera el nivel anual, en especial en el colegio Jhon F. Kennedy y Palestina (Localidad de Engativá). En el caso del CITEC el nivel anual también es superado, mas no tan ampliamente como en los otros puntos de monitoreo (ver Figura 2.44).

Figura 2.44. Concentración promedio de NO_2 en las estaciones de la red de la SDA



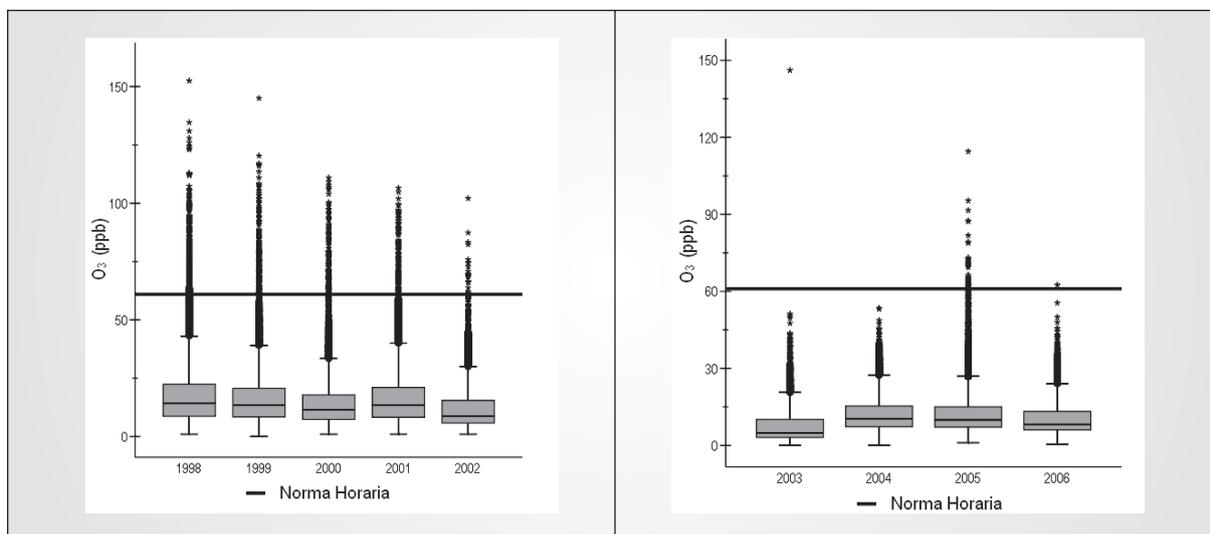
Fuente: IDEAM, 2007

2.6.1.3 Ozono – O_3

Las concentraciones promedio de O_3 de 8 y 24 horas registradas en la RCMA B superan en repetidas veces los niveles máximos permisibles. En la Figura 2.45 se muestra el resumen año a año de los registros horarios de O_3 , y se puede obser-

var que desde 1998 los datos extremos vienen descendiendo progresivamente hasta el 2002; sin embargo, la mediana se mantiene entre los 10 y 20 ppb. A partir del 2003 hasta el 2005 se observa un incremento en los valores registrados, descendiendo en el 2006, aunque la mediana se mantiene sin superar los 20 ppb.

Figura 2.45. Concentraciones promedio de O_3 (Horario) en las estaciones de la red de la SDA



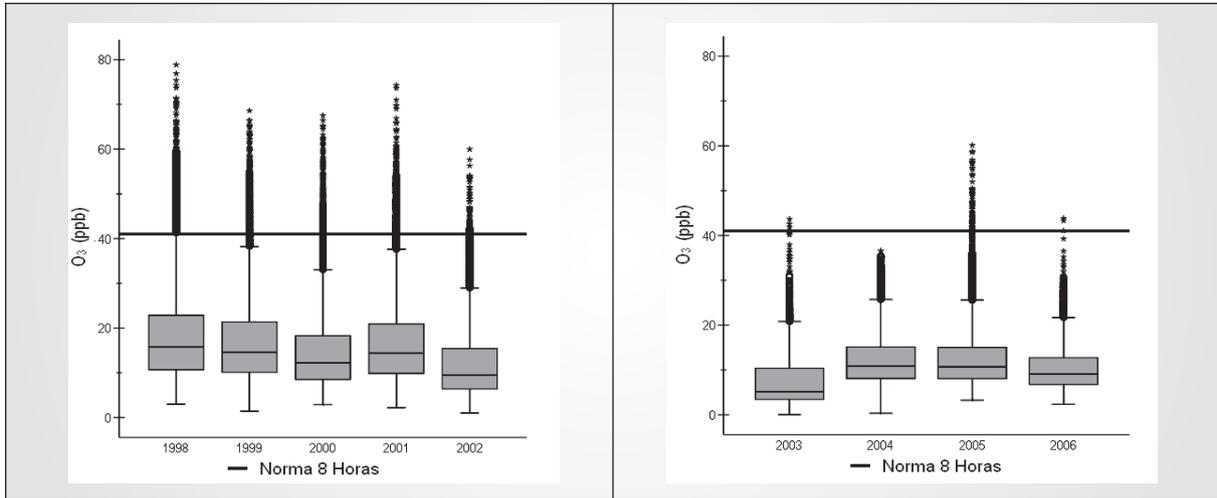
Fuente: IDEAM, 2007

³¹ Los registros en esta estación fueron pocos por razones de logística, especialmente por fallas eléctricas en la alimentación de la estación.

En la Figura 2.46 se presentan las concentraciones promedio (8 horas), las cuales superan el nivel permisible en todos los años

excepto en el 2004. Las concentraciones del 2006 son considerablemente más bajas que las de los años anteriores al 2001.

Figura 2.46. Concentraciones promedio de O₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de la SDA

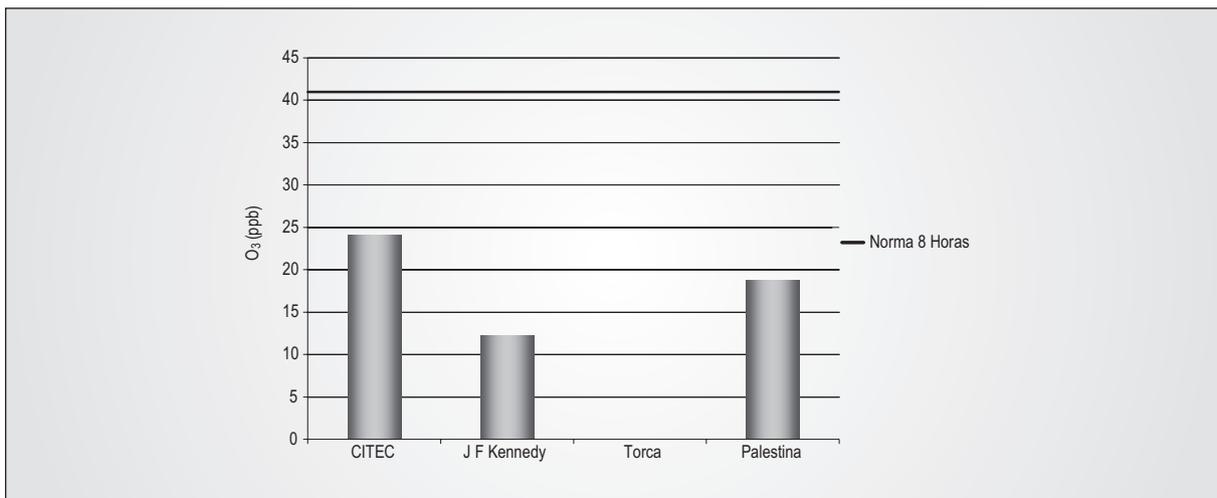


Fuente: IDEAM, 2007

De forma más particular, las concentraciones de O₃ en cada una de las estaciones de la red varían considerablemente, siendo la estación de Puente Aranda la que registró las concentraciones más altas, seguida por Fontibón, Sony y Cazucá. De todas formas, en cada una de las estaciones se presenta un descenso en la concentración promedio de O₃.

Respecto a las mediciones realizadas por la estación móvil del IDEAM para O₃, el nivel para exposición de ocho (8) horas no es superado en ninguno de los 3 puntos de monitoreo que cuentan con información (ver Figura 2.47). El promedio más alto se registró en CITEC con 24,07 ppb mientras que el más bajo se registró en J. F. Kennedy con 12,28 ppb.

Figura 2.47. Concentración promedio de ocho (8) horas de O₃ en los puntos de monitoreo realizados por el IDEAM

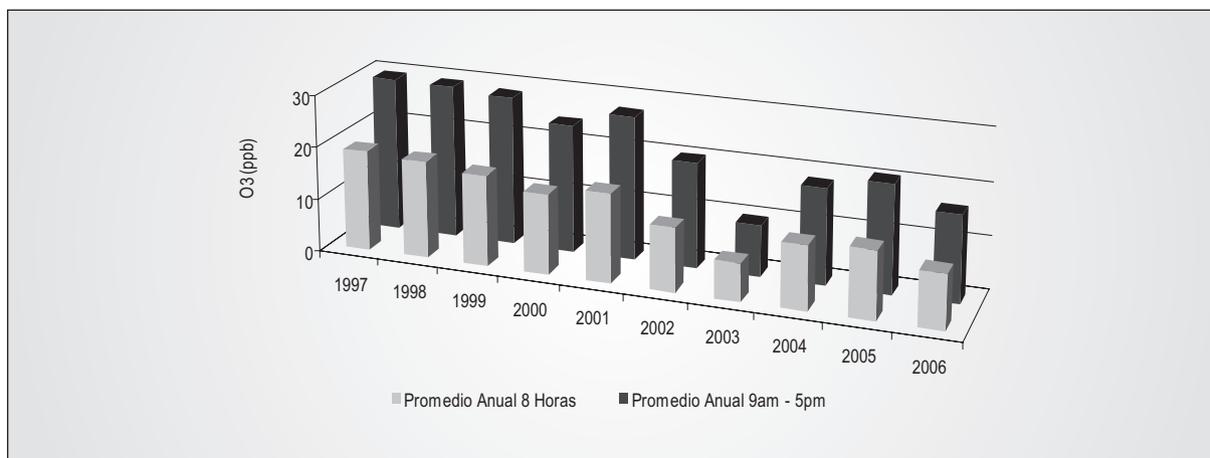


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.48 se observan las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las correspondientes a las ocho (8) horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m.; donde se puede observar que durante 1997, 1998 y 1999 las concentraciones se mantuvieron constantes. Para el 2003

hubo una reducción considerable en comparación con las concentraciones de los demás años. Los más altos promedios de ocho (8) horas se registran durante el periodo de las 8 a.m. y las 4 p.m. con concentraciones superiores a los 27 ppb.

Figura 2.48. Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la SDA



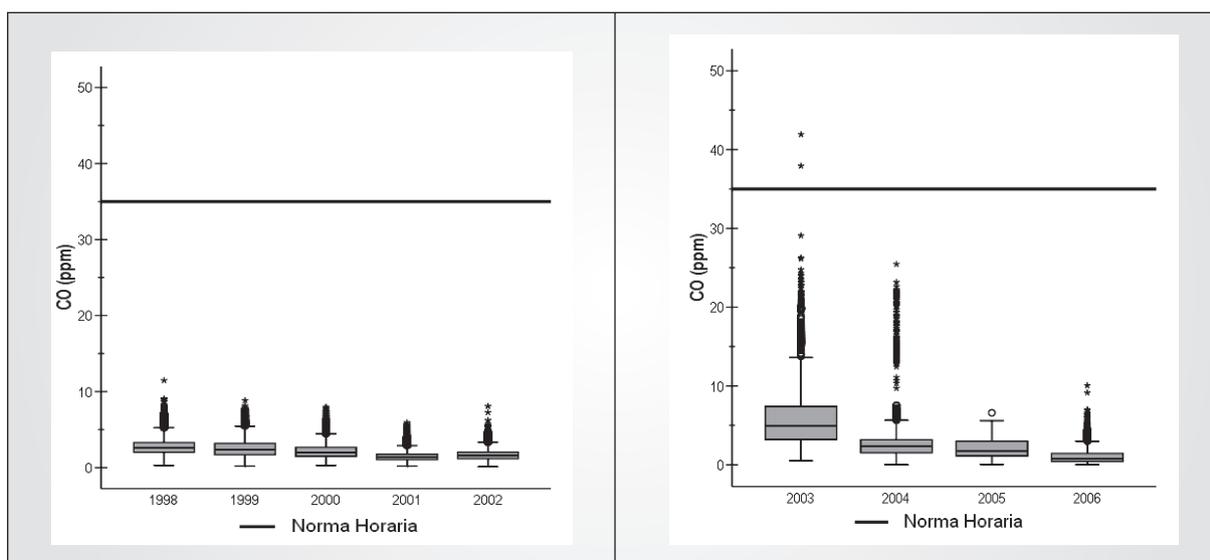
Fuente: IDEAM, 2007

2.6.1.4 Monóxido de Carbono – CO

Las estaciones de la RMCAB que registran las concentraciones más altas son Fontibón, Sony y Cazucá. En la Figura 2.49 se presentan las concentraciones horarias de la RMCAB, donde se observa que el nivel máximo permisible horario es excedido únicamente en el año 2003, y en este mismo año la

mediana es mayor a la de los demás años, las cuales se encuentran alrededor de las 2 ppm. Entre los años 1998 y 2002 el comportamiento de CO es bastante constante, en el 2003 las concentraciones se incrementan considerablemente, para posteriormente en el 2004 disminuir y continuar de esa manera año tras año.

Figura 2.49. Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de la SDA

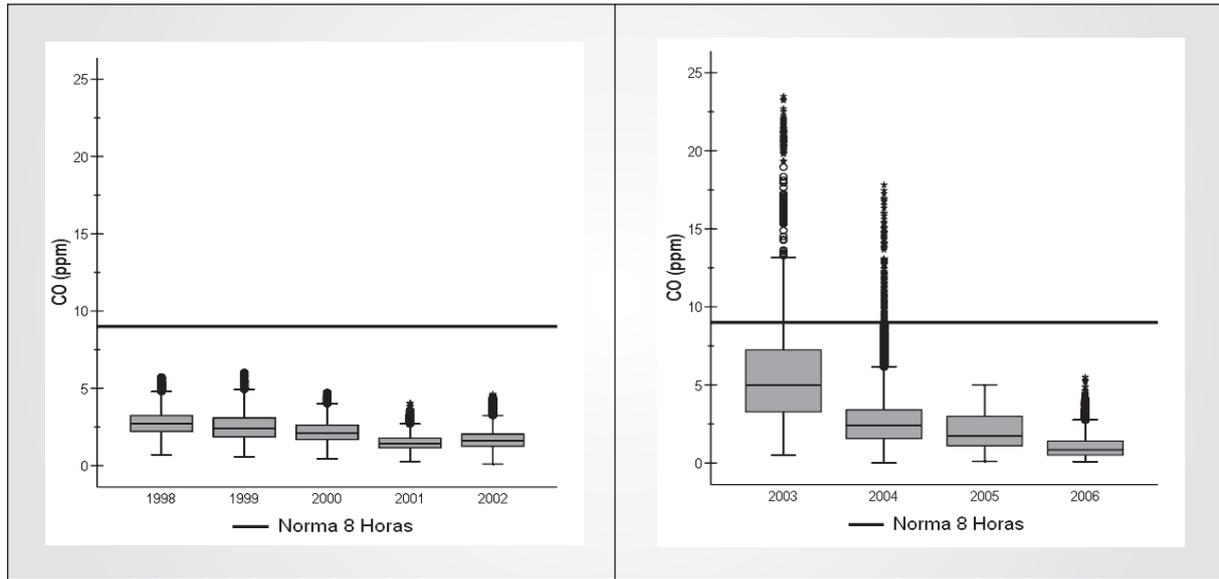


Fuente: IDEAM, 2007

Para el caso de las concentraciones de ocho horas, el nivel máximo permisible es superado en el 2003 y 2004, con concentraciones que llegan a duplicar el nivel permisible como se observa en la Figura 2.50. Durante el periodo de 1998 a 2001

las medianas descienden, para posteriormente aumentar en los años 2002 y 2003, para finalmente bajar a partir de ese año hasta el 2006.

Figura 2.50. Concentraciones promedio de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de la SDA



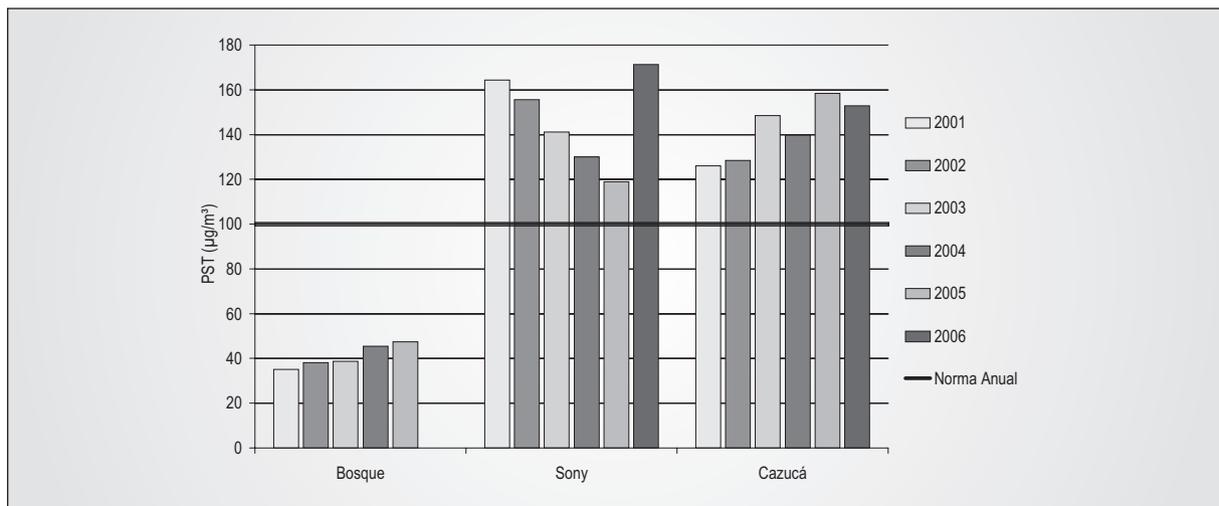
Fuente: IDEAM, 2007

2.6.1.5. Partículas Suspendidas Totales – PST

Las concentraciones de PST monitoreadas en las 3 estaciones que miden este parámetro en la red, muestran que para el caso de las estaciones de Sony y Cazucá la norma es excedi-

da durante todos los años de monitoreo, llegando a registrar promedios superiores a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (año 2001 y 2006 en la estación Sony). Contrario a esto, la estación Bosque, registra concentraciones promedio bajas que no superan los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como se puede observar en la Figura 2.51.

Figura 2.51. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la SDA



Fuente: IDEAM, 2007

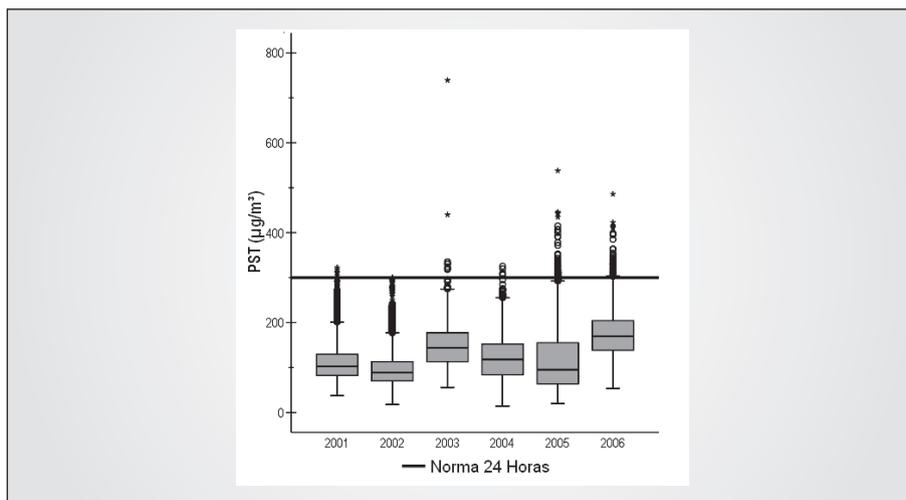
La estación Sony registró un descenso en sus concentraciones promedio partiendo de $164,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2001 llegando a $118,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2005; sin embargo, en el 2006 la concentración aumentó registrando el promedio máximo con $171,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, la estación Cazucá en general presenta

un aumento en sus concentraciones promedio si se comparan las concentraciones registradas en el 2001, con las registradas en los 2 últimos años (2005 y 2006). Este comportamiento también se da en la estación Bosque donde año tras año el promedio ha venido en aumento.

En la Figura 2.52 se resume el comportamiento de las concentraciones de 24 horas de PST para las estaciones de la RMCAB, donde se puede observar que en todos los años existen concentraciones que superan el nivel permisible, que registran un

caso extremo en el 2003 de $739 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Adicionalmente, las medianas de las concentraciones varían considerablemente entre los diferentes años de medición, siendo la del 2006 la que presenta un mayor valor.

Figura 2.52. Concentración promedio de PST (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA



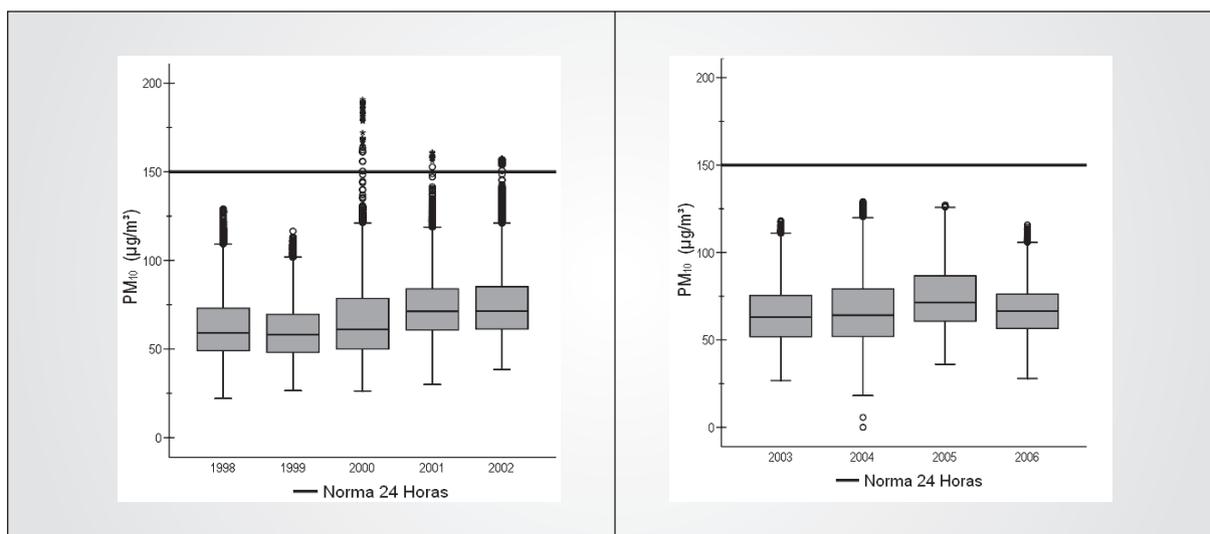
Fuente: IDEAM, 2007

2.6.1.6. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

En cuanto a las concentraciones de PM10 (24 horas), el nivel máximo permisible es superado en el 2000, 2001 y 2002

como se observa en la Figura 2.53. Sin embargo, a pesar de que en los demás años el nivel no es superado, se observa un continuo incremento en el valor de la mediana desde 1998 hasta el 2005.

Figura 2.53. Concentraciones promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de la SDA



Fuente: IDEAM, 2007

La norma anual para PM10 fue superada en la mayoría de la estaciones; de las doce (12) estaciones que miden PM10, ocho (8) registran promedios superiores a la norma anual. En la mayoría de los casos las estaciones registran un descenso

hasta el año 2003, a partir del cual las concentraciones aumentan nuevamente como se observa en la Figura 2.54. Las estaciones de Puente Aranda y Fontibón son las que registran los promedios más altos y en los dos (2) casos superan la norma

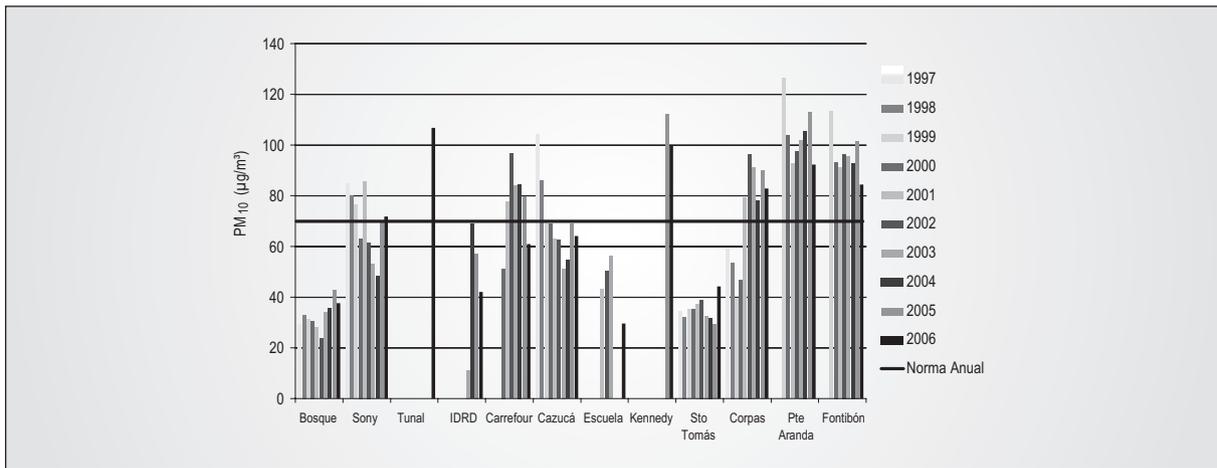
ma todos los años. Contrario a esto, las concentraciones de las estaciones Bosque y Santo Tomás son las más bajas, aunque la estación Bosque presenta un ascenso en los promedios a partir del 2002.

Durante los últimos años, la concentración promedio anual de las estaciones Sony, IDRDR, Cazucá y Carrefour ha venido descendiendo; sin embargo, en la estación Sony para los años 2005 y 2006 se observa un aumento de la concentra-

ción, que igual no es más alta que las registradas en los años anteriores al 2002.

Por otra parte, la estación Corpas presenta un aumento en las concentraciones a partir del 2002, que superan, las concentraciones promedio anuales y el nivel permisible. En los casos de las estaciones Tunal y Kennedy, que tan solo cuentan con datos para el 2005 y 2006, las dos (2) exceden los niveles máximos permisibles.

Figura 2.54. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la SDA

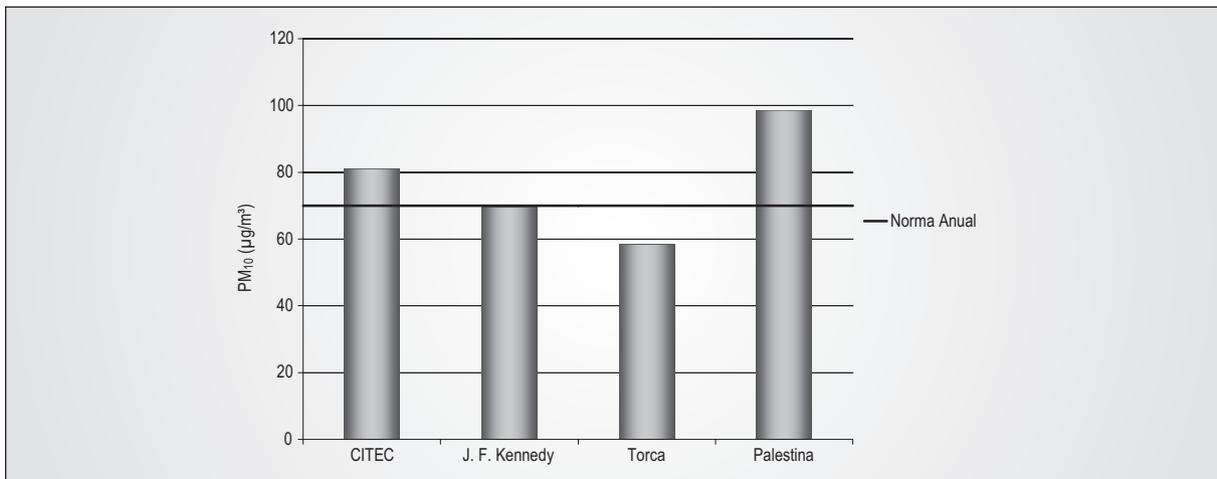


Fuente: IDEAM, 2007

Por otro lado, en relación con las mediciones realizadas por la estación móvil del IDEAM, los promedios de PM10 superan la norma en dos (2) de los cuatro (4) lugares de monitoreo, CITEC y Palestina, siendo este último el que registró el promedio más alto con una concentración de 98,58 µg/m³ (ver

Figura 2.55). El punto de monitoreo J. F. Kennedy aunque no superó el nivel máximo permisible estuvo muy cerca de hacerlo, con una concentración de 69,62 µg/m³. En el único lugar de monitoreo que el promedio estuvo por debajo de la norma fue en Torca (58,47 µg/m³).

Figura 2.55. Concentración promedio de PM10 durante el tiempo de monitoreo en cada locación



Fuente: IDEAM, 2007

2.6.2 Modelación de la Calidad del Aire

Bogotá cuenta con un Modelo de Calidad del Aire - MCAB³² que permite proyectar los posibles impactos generados por las fuentes contaminantes, al integrar la información de los inventarios de emisiones de la ciudad (fuentes móviles, fijas, aéreas y biogénicas), con las condiciones meteorológicas prevalcientes en un determinado episodio crítico de contaminación y los efectos de generación y dispersión de contaminantes. Así mismo, permite diseñar escenarios y proyectar los resultados que dichas medidas o estrategias tendrían en la calidad del aire de la ciudad, lo que permite así escoger, antes de su ejecución, las mejores alternativas (de mayor impacto) y dirigir los esfuerzos y recursos del Distrito de manera óptima y adecuada.

2.6.3 Control y Seguimiento

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) ha desarrollado una serie de medidas encaminadas a obtener el mejoramiento de la calidad del aire, que se pueden dividir en directas e indirectas.

Las medidas directamente relacionadas con el mejoramiento de la calidad del aire de la ciudad, a su vez se dividen en cuatro (4) grandes actividades: los programas de fuentes móviles y fijas, la iniciativa de aire limpio y la promoción de combustibles más limpios, medidas que se explican a continuación. Adicionalmente, la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, cuenta con otras medidas relacionadas indirectamente con el mejoramiento de la calidad del aire, como la creación y expansión de ciclorrutas, el pico y placa para el transporte público y privado, el Sistema de Transporte Masivo, Transmilenio y los proyectos de producción más limpia. Adicionalmente la SDA está participando en la mesa de Calidad del Aire de Bogotá – Región (ver Capítulo 6).

2.6.3.1. Programa de Fuentes Móviles

Existe una serie de medidas de divulgación y concientización de la población, así como jornadas especiales entre las cuales se pueden resaltar las jornadas “Sin mi carro en Bogotá”, por medio de las cuales se prohíbe el tránsito de vehículos privados en la ciudad de Bogotá, durante un día del año, entre las 6:00 a.m. y las 7:00 p.m. Dicha jornada se inició por primera vez el 24 de febrero del año 2000 y busca crear conciencia en la ciudadanía sobre las necesidades de cambio de mentalidad en lo referente al transporte masivo, así como disminuir durante un día las emisiones por fuentes móviles al ambiente.

Otra campaña implementada por la SDA en conjunto con la Federación Nacional de Comerciantes – FENALCO es la campaña “Sincronízate con la vida, Sincronízate con Bogotá”³³,

por medio de la cual se han ejecutado campañas de control de gases vehiculares con los Centros de Diagnóstico Reconocidos. En la campaña del 2002 participaron 120 Centros de Diagnóstico Reconocidos y contó con el apoyo de la empresa privada relacionada con el sector. La campaña “Sincronízate con Bogotá” estaba dirigida a los propietarios de vehículos particulares o públicos, con el objetivo de cumplir con la normatividad del Distrito y obtener el certificado de emisión de gases.

En el mismo sentido, el 14 de octubre de 2005 se lanzó la campaña “Bogotá Respira”, por medio de la cual se pretende sensibilizar a la ciudadanía sobre la necesidad de generar acciones encaminadas al mejoramiento de la calidad del aire y la reducción de los índices de enfermedades respiratorias.

Por último, pero no menos importante, es el programa ACERCAR TRANSPORTE, el cual nace dentro del marco del Convenio de Cooperación No. 007 de marzo de 2003 entre el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA); hoy Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Cámara de Comercio de Bogotá. Dicho programa pretende apoyar la reducción de la contaminación generada por el sector transporte, principalmente en relación con el transporte público, a partir de mecanismos de operación sostenible y autocontrol enfocados hacia la prevención.

Durante el primer año del convenio se plantearon actividades de sensibilización, capacitación, diagnóstico, asistencia técnica, orientación jurídica, así como acciones complementarias, las cuales dieron como resultado la capacitación ambiental de 1.193 conductores de buses, busetas y colectivos y 7.555 conductores de taxi, el apoyo en la capacitación técnica de 350 mecánicos en sincronización de motores a GNV³⁴, la evaluación ambiental del 32% de las empresas de pasajeros y la asistencia técnica del 15%.

2.6.3.2. Programa de Fuentes Fijas

En lo referente al programa de fuentes fijas, se han realizado auditorías de campo a las industrias por medio de los muestreos isocinéticos, a través de las cuales se efectúa una revisión in situ de las emisiones reales de diversas industrias a fin de contrastar estos resultados con la información presentada por las mismas a la autoridad ambiental.

³² El Modelo de Calidad del Aire de Bogotá – MCAB fue desarrollado en virtud del Convenio No. 118 de 2000, DAMA – UNIANDES, cuyo propósito general consistió en el “Diseño e Implementación de un Modelo de Calidad del Aire para Bogotá”. Para el apoyo científico la Universidad de los Andes a su vez realizó un convenio con la École Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL. Actualmente, el proyecto se encuentra en una fase de transferencia y asimilación de resultados por parte del DAMA.

³³ <http://www.saludcapital.gov.co/seccsalud/noticias/enmascarados.html>

³⁴ Gas Natural Vehicular

Por otra parte, es necesario mencionar la estructuración de la norma de calidad del aire por medio de la Resolución 1208 de septiembre 5 de 2003 del DAMA, la cual modifica la Resolución 391 de 2001. Esta resolución reglamenta las normas de emisión para fuentes fijas, y determina los parámetros a monitorear por tipo de proceso productivo, así como posibles mecanismos de vigilancia y control para el cumplimiento de las normas de emisión para fuentes fijas.

2.6.3.3. Iniciativa de Aire Limpio

A partir del 21 de junio de 2002, Bogotá hace parte de la Iniciativa de Aire Limpio para ciudades de América Latina – IAL, cuya misión es el mejoramiento de la calidad del aire en ciudades de esta región, para proteger la salud de sus habitantes y mitigar la contaminación global, aunando esfuerzos entre las autoridades competentes de cada ciudad, los sectores público y privado, las organizaciones no gubernamentales, los organismos internacionales y las agencias de cooperación internacional. Este programa es liderado por el Banco Mundial, apoyado por organismos y bancos de desarrollo como Environment Canada, Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), US Environmental Protection Agency (EPA) y Banco Interamericano de Desarrollo, entre otros, y forman parte las ciudades de Santiago de Chile, México, Lima, Río de Janeiro, Sao Paulo y Bogotá. Con este programa se busca fortalecer el Programa de Prevención y Control de la Contaminación

Atmosférica en Bogotá, basada en la participación de todos los actores, proteger la salud de los habitantes, intercambiar experiencias y conocimientos entre los participantes³⁵.

2.6.3.4. Promoción de Combustibles Más Limpios

Así mismo, Bogotá cuenta con planes de implementación de combustibles de mejor calidad, entre los cuales se puede resaltar que hoy en Bogotá se distribuye Diésel de mejor calidad, con menos contenido de azufre (3.000 ppm en todo el país vs. 1.000 ppm para la ciudad de Bogotá), y la promoción del uso de Gas Natural y Gas Natural Vehicular como combustible alternativo. En este sentido, la ciudad está entregando incentivos a los dueños de taxis que deseen cambiarse a este tipo de combustible, obteniendo hasta la fecha más de 60.000 vehículos trabajando con Gas Natural Vehicular.

2.7. CÚCUTA - NORTE DE SANTANDER

La Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor), dentro de su jurisdicción, cuenta con una red de monitoreo de calidad de aire compuesta por 5 estaciones ubicadas en la ciudad de Cúcuta (ver Tabla 2.15). Estas estaciones miden de manera semiautomática las concentraciones de material particulado (PM10 y PST). La red hace parte del control de calidad ambiental de la corporación y cuenta con datos desde el año 1999 hasta el 2003.

Tabla 2.15. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Corponor

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Barrio Panamericano	PST
Corponor	PST, PM10
E. Prado Norte	PST
SENA	PST
UFPS	PST

Fuente: Corponor, 2007

2.7.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.7.1.1. Partículas Suspendidas Totales – PST

Las concentraciones de PST obtenidas por la red muestran que en una de las cinco (5) estaciones que mide este contaminante sobrepasó el nivel máximo permisible anual y a la vez es la estación que registró la única excedencia de la norma diaria, evento que sucedió en el año 2001.

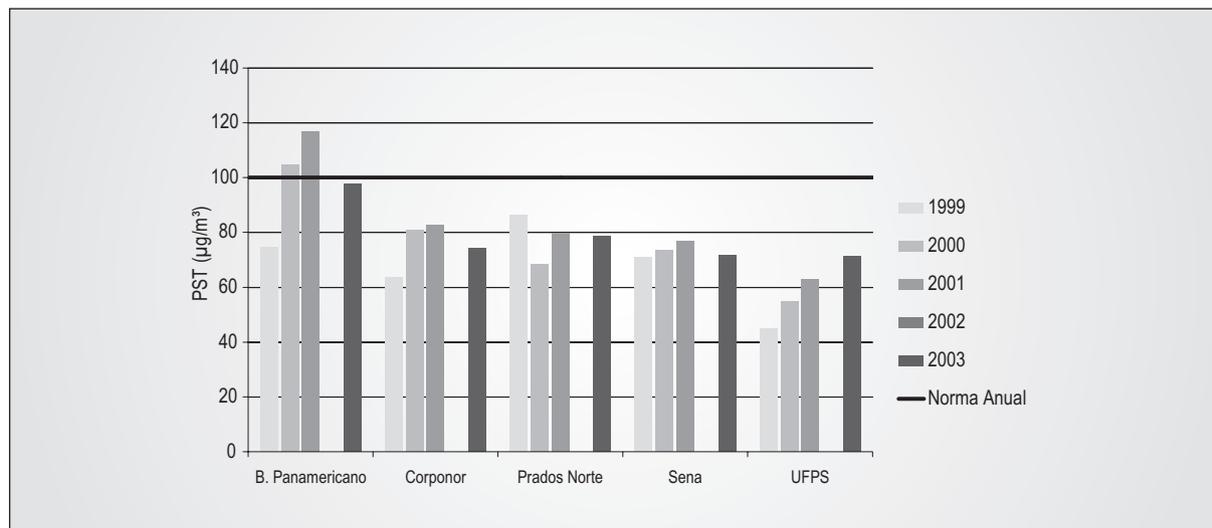
En la Figura 2.56 se observa que la estación Barrio Panamericano excede la norma anual para los años 2000 y 2001 con concentraciones promedio de 104,90 y 116,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,

respectivamente. En cuanto a las demás estaciones, las concentraciones promedio anuales se encuentran por debajo del nivel máximo permisible anual.

Las estaciones Corponor, E. Prado Norte y Sena presentan una disminución en los promedios para el 2003 con respecto al año anterior medido que corresponde al 2001. No obstante, en la estación UFPS se ha presentado un incremento constante en el periodo evaluado (1999 – 2003).

³⁵ <http://www.dama.gov.co/ial/ial.htm>

Figura 2.56. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corponor

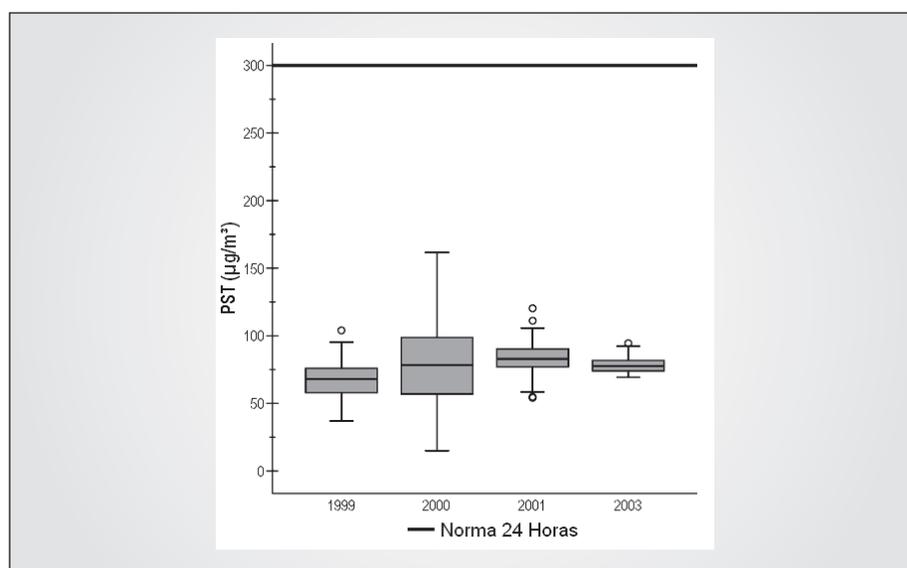


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.57 se observa que en el 2000 se registran las mayores concentraciones de 24 horas alcanzando un máximo de 161,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En relación con la mediana de 1999

al 2001 se observa un incremento en estas, para luego en el 2003 registrar un leve descenso.

Figura 2.57. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corponor



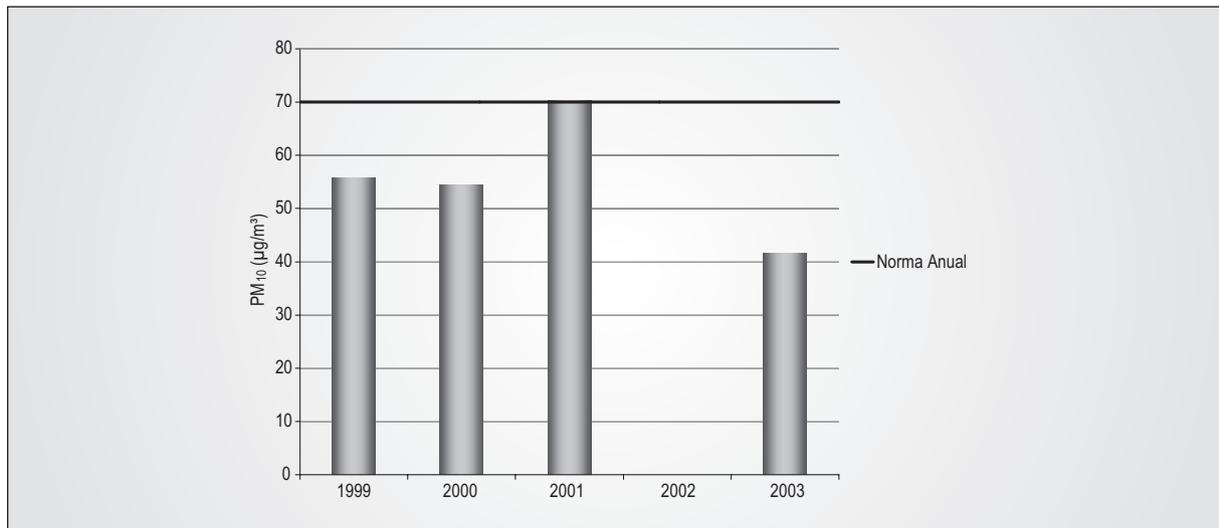
Fuente: IDEAM, 2007

2.7.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

La única estación que mide PM10 es Corponor, la cual se encuentra localizada en el edificio de la Corporación. Esta estación registró excedencias del nivel máximo permisible de 24 horas en dos (2) ocasiones durante el periodo evaluado.

En la Figura 2.58 se observa que el 2001 fue el único año que excedió la norma anual (70,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los promedios para los demás años se encuentran por debajo del nivel anual, siendo el 2003 el año con el promedio más bajo de los 4 años con registros.

Figura 2.58. Concentración promedio anual de PM10 en la estación Corponor

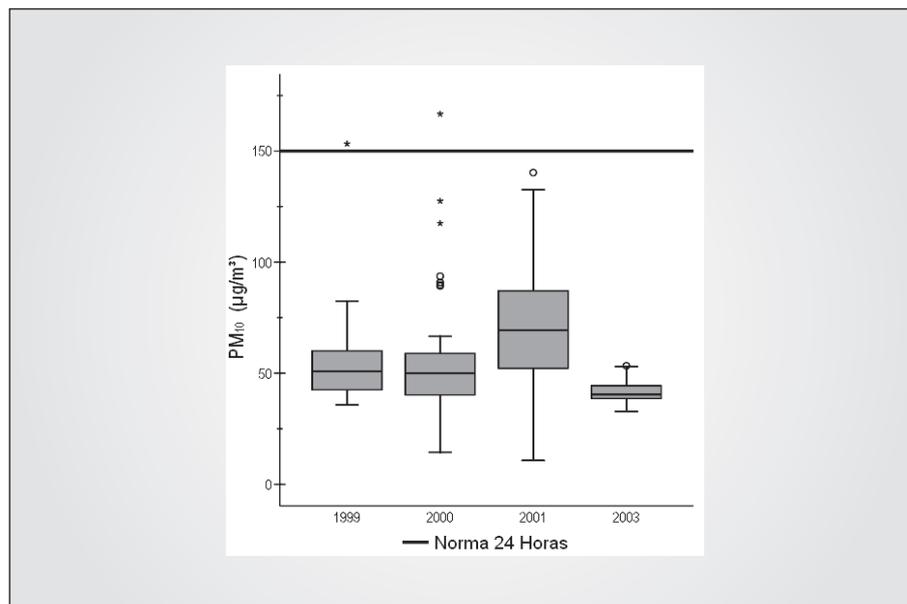


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.59 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM10 registradas por la red para el periodo comprendido entre 1999 a 2003. Los resultados muestran que en los años 1999 y 2000 el nivel es superado con concentraciones de

153,30 y 166,73 µg/m³, respectivamente. Cabe resaltar que para el último año de mediciones (2003) las concentraciones disminuyeron considerablemente en comparación a los otros años de medición.

Figura 2.59. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corponor



Fuente: IDEAM, 2007

2.8 MANIZALES - CALDAS

La Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas), cuenta con una red de monitoreo manual de calidad de aire,

la cual opera desde 1997. Dicha red está compuesta por 3 estaciones ubicadas en zonas residenciales, industriales y de alto flujo vehicular dentro de la ciudad de Manizales, que monitorean PM10 y PST (ver Tabla 2.16).

Tabla 2.16. Estaciones de monitoreo de red de calidad del aire de Corpocaldas

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Gobernación – Liceo Isabel	PST, PM10
Altos de Milán – Invermec	PST
Maltería	PST

Fuente: Corpocaldas, 2007

En el año 2000 fue trasladada la estación localizada en la Gobernación, al Colegio Liceo Isabel La Católica, y en el año 2003 la estación de Altos de Milán se reubicó en la empresa Invermec, con lo cual hoy se cuenta con información de cinco (5) puntos de monitoreo, pero solamente uno con información desde 1997.

2.8.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.8.1.1. Partículas Suspendidas Totales – PST

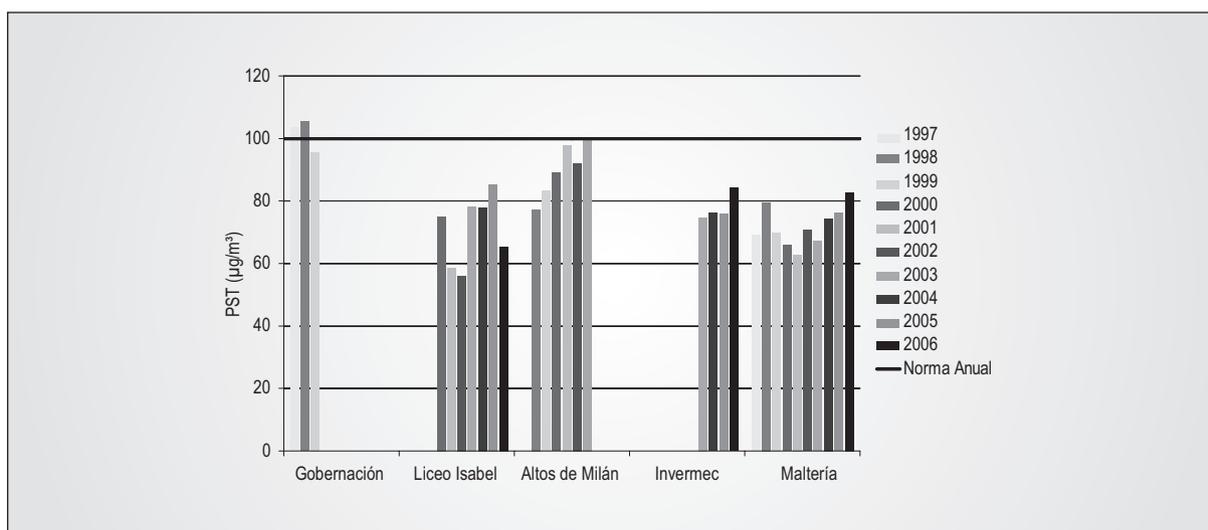
Las concentraciones de PST medidas en la estación Gobernación exceden el nivel máximo permisible anual en dos (2) de los tres (3) años de medición (1997 y 1998), mientras que las concentraciones medidas en el Liceo Isabel muestran promedios por debajo de dicho nivel, registrando su

promedio más alto en el 2005 con $85,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver Figura 2.60).

En el caso del punto de medición Altos de Milán, las concentraciones promedio presentan un incremento desde 1997 a 2001, registrando una caída en el promedio anual para el 2002; no obstante, en el 2003 el promedio anual estuvo cercano al nivel máximo permisible anual, con un promedio de $99,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la estación Invermec las concentraciones promedio anuales a partir del 2003 aumentan, registrando el valor más alto en el 2006. Por otra parte, la estación Maltería muestra dos (2) promedios anuales por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1998 y 2006. A partir de 1998 se observa un descenso en las concentraciones promedio hasta el 2001 donde comienza un incremento, excepto en el 2003; donde los promedios descienden, para nuevamente aumentar hasta el 2006.

Figura 2.60. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corpocaldas

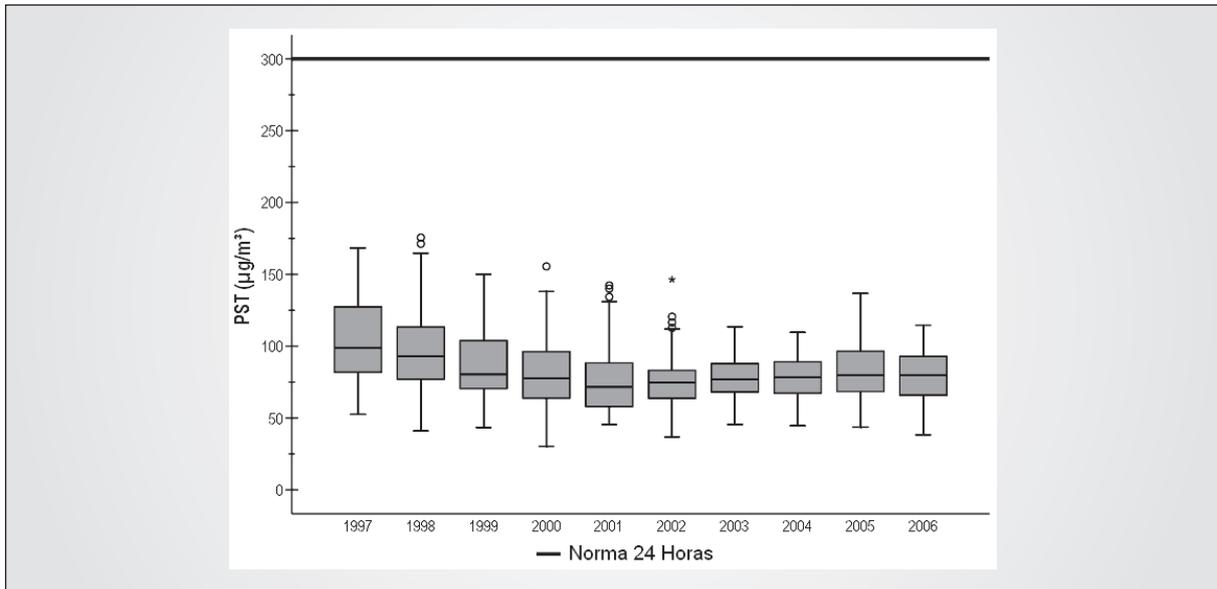


Fuente: IDEAM, 2007

En general la red de Corpocaldas no registra excedencias de los niveles máximos permisibles diarios de PST (Ver Figura 2.61), las concentraciones de 24 horas en su gran mayoría se encuentran por debajo de los $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De 1997 al 2001 se

observa un descenso en la mediana de las concentraciones, a partir de este año (2001) la mediana permanece relativamente constante.

Figura 2.61. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corpocaldas



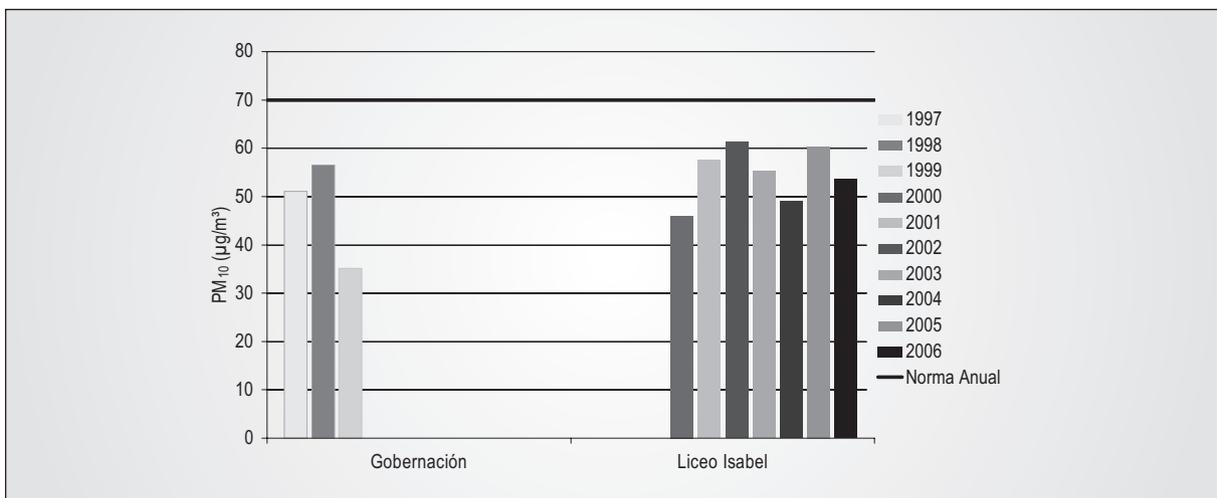
Fuente: IDEAM, 2007

2.8.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

El PM10 ha sido monitoreado en dos (2) puntos, en la Gobernación desde 1997 a 1999 y en el Liceo Isabel desde 2000 a 2006. En promedio, las concentraciones registradas en la Gobernación fueron más bajas en comparación a las registradas en la nueva localización. A pesar de esto los promedios anuales no exceden el nivel máximo permisible anual.

En la Figura 2.62 se observa que en la estación Liceo Isabel durante los tres (3) primeros años de monitoreo (2000 – 2002) hubo un incremento considerable en las concentraciones, y a partir del 2003 se presenta una disminución de las mismas, registrando de nuevo un ascenso para el 2005. Sin embargo, la concentración promedio del 2006 es menor que la del año inmediatamente anterior.

Figura 2.62. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpocaldas

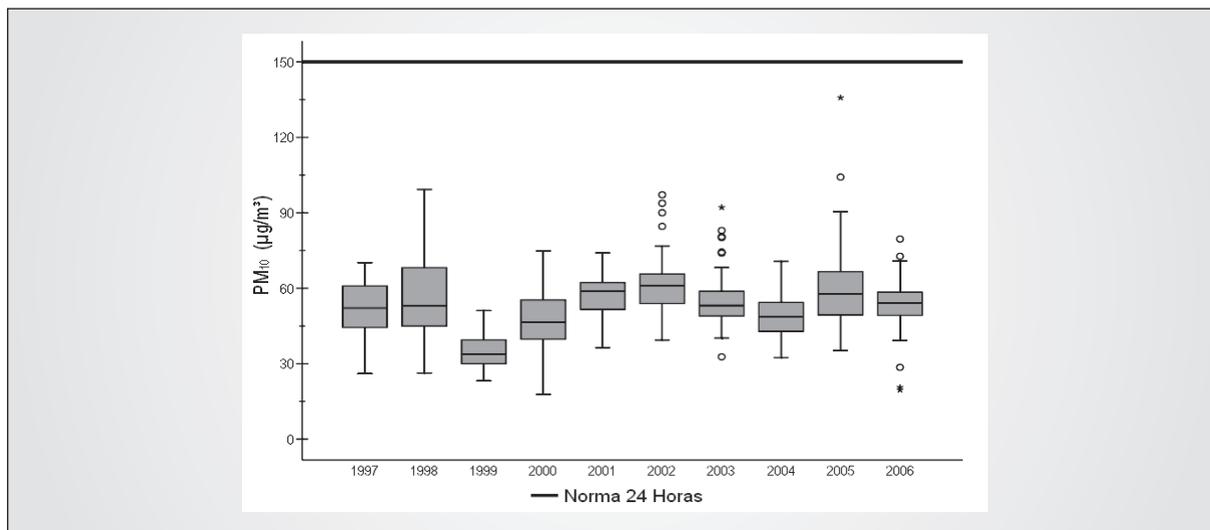


Fuente: IDEAM, 2007

En relación con las concentraciones de 24 horas no superan los niveles máximos permisibles, en general estas varían considerablemente de año a año independiente de la localización

de la estación. En los años 2002 y 2006 se presentan las mayores medianas (Ver Figura 2.63).

Figura 2.63. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corpocaldas



Fuente: IDEAM, 2007

2.8.2. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Corpocaldas adelantó para el 2005 un inventario de emisiones, el cual fue realizado a partir de las mediciones directas realizadas a las fuentes fijas de la jurisdicción, teniendo en cuenta los municipios, que por sus características industriales,

representaban mayor impacto. En total fueron monitoreadas 19 industrias, de las cuales diez (10) fueron en Manizales, dos (2) en los municipios de Villamaría, Chinchiná y Anserma, y una en los municipios de Aguadas, Belalcázar y Supía. En la Tabla 2.17 se presenta el resultado del inventario de emisiones del departamento por contaminantes y municipio.

Tabla 2.17. Inventario de emisiones de Corpocaldas para el 2005

MUNICIPIO	KG PM/AÑO	KG CO/AÑO	KG CO ₂ /AÑO	KG NO _x /AÑO	KG SO ₂ /AÑO
Manizales	80.441,27	14.130,58	9.306.320,94	29.863,46	127.730,74
Villamaría	107,41	81,87	180.936,44		
Chinchiná	9.251,62	42,62	28.147.195,5	29.197	7.672,64
Aguadas	75.269,38	3.394,56	7.876.177,92	9.434,88	14.374,46
Anserma	29.462,16	1.123,2	2.969.366,4	2.970,24	4.792,32
Belalcázar	2.678		1.152.031,27	707,2	6.968
Supía	10.088				
Emisión ton./año	207.297,84	18.772,83	49.632.028,5	72.172,77	161.538,16

Fuente: Corpocaldas, 2007

Los resultados de la Tabla 2.17 muestran que Manizales es la ciudad que mayor aporte de carga contaminante emite a la atmósfera de material particulado (MP), monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxidos de azufre. Para el caso de CO₂ el mayor aporte es realizado por la ciudad de Chinchiná.

2.8.3. Control y Seguimiento

Dentro de las actividades de control y seguimiento que realiza la Corporación se encuentran las visitas periódicas a las fuentes fijas de emisión, como también los operativos de verificación de emisiones de vehículos en circulación.

Dentro de los principales resultados de los operativos realizados en el 2006 en Manizales, se puede resaltar que cerca del 45% de los vehículos a gasolina fueron reprobados y 25% de los vehículos a diésel; resultados que permiten identificar que en la ciudad los aportes del parque automotor son importantes, aspecto que se evidencia en los resultados obtenidos por la red de monitoreo de la calidad del aire.

2.9. MONTERÍA - CÓRDOBA

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Sinú y San Jorge (CVS), preocupada por monitorear la calidad del aire de la región e identificar las principales fuentes de contamina-

ción, se encuentra realizando el diseño de la red de monitoreo de calidad del aire.

Dentro de una de las principales fuentes de información para la elaboración del diseño de la red de monitoreo de la calidad del aire, se encuentra el inventario de emisiones que adelantó la Corporación en el 2005.

El inventario de emisiones tuvo en cuenta diferentes contaminantes (PST, PM10, SO₂, NO_x, CO, COV's y CH₄) en los municipios de Montería, Cereté, Ciénaga de Oro, Sahún, Chinú, San Andrés de Sotavento, Purísima, Tierralta, Valencia, Montelíbano, Puerto Libertados, Planeta Rica, San Antero y Loricá. En la Tabla 2.18 se presentan los principales resultados del inventario de emisiones.

Tabla 2.18. Inventario de emisiones de la CVS para el 2005

FUENTE	PST (t/AÑO)	PM10 (t/AÑO)	SO ₂ (t/AÑO)	NO _x (t/AÑO)	CO (t/AÑO)	COV (t/AÑO)	CH ₄ (t/AÑO)
Fijas	3.269,9	922,5	97,3	58,2	282,0	1.315,4	
Área	670.695,8	10.922,9	336,5	9.391,8	69.587,5	2.768.642,1	135.998,9
Móviles	32,8	32,8	1,9	1.377,6	40.892,3	3.248,7	525,3
Total	673.998,5	11.878,2	435,7	10.827,6	110.761,8	2.773.206,2	136.524,2

Fuente: CVS, 2007

De los resultados de la Tabla 2.18 se puede resaltar que el mayor aporte de emisiones es de COV's (74,6%), seguido por PST (18,13%), los cuales son emitidos por las fuentes de área, el tercer contaminante con mayor emisión es el metano con un 3,67%.

La actividad de mayor aporte de emisiones en las fuentes de área es la vegetación y suelos y para el caso de las fuentes fijas; específicamente para PST, es el desmote de algodón el que tiene una mayor participación, seguido de la molienda de maíz.

En relación con las fuentes móviles es importante resaltar que las motos son las que generan un mayor aporte para NO_x, COV's y CH₄, mientras que los buses y busetas son los que aportan más emisiones de material particulado (PST y PM10).

2.10. MUNICIPIOS DE ANTIOQUIA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA

La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) desde el año 2003 ha dedicado sus esfuerzos a construir la línea base atmosférica, con el objetivo de conocer y realizar el diagnóstico de la calidad del aire en la jurisdic-

ción. Para ello se han identificado los principales problemas de contaminación atmosférica y se han definido las estrategias y alternativas de solución a los problemas identificados. Así mismo, se han desarrollado herramientas que apoyan la toma de decisiones y direccionan el control, monitoreo y seguimiento a las fuentes contaminantes identificadas.

Con el proceso de construcción de la línea base atmosférica en la jurisdicción de Corantioquia, mediante el monitoreo de la calidad del aire, por medio de equipos automáticos, semiautomáticos y muestreadores pasivos, se ha implementado una red de medición en 36 puntos estratégicos. Para cada uno de los puntos que conforman la red se monitoreó diariamente durante un periodo de quince (15) días: partículas suspendidas totales (PST), partículas respirables (PM10), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono (O₃). Esta campaña de monitoreo de la calidad atmosférica estuvo acompañada de la medición de las variables meteorológicas: dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar y presión barométrica.

Los resultados obtenidos de PM10 muestran que las más altas concentraciones se registran en las estaciones de Envigado, Bello, La Estrella, Medellín, Girardota, La Sierra y Segovia

municipios que se caracterizan por la actividad industrial en sus alrededores y la cercanía a vías de importante flujo vehicular. Si bien, ninguna de las estaciones excede el nivel máximo permisible de 24 horas para PM10 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estas estaciones registraron valores por encima del nivel anual ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lo que indica la posibilidad que en estos sitios se estén superando los niveles máximos permisibles si se realiza un seguimiento anual.

De la medición horaria de ozono (O_3) en La Estrella, Girardota, Barbosa, Girardota-Barbosa, Itagüí, Envigado, Sabaneta, Bello, Medellín y Caldas se presentaron eventos de altas concentraciones de este contaminante. La evaluación del contaminante ozono en la zona rural del Valle de Aburrá reportó concentraciones promedio iguales o superiores a los niveles máximos permisibles horarios, como es el caso de Envigado y Medellín.

El promedio aritmético de las concentraciones de dióxido de azufre (SO_2), para los seis (6) meses de monitoreo en cada estación con método pasivo, fue inferior a los niveles máximos permisibles anuales y de 24 horas.

El promedio aritmético de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) para los seis (6) meses de monitoreo en cada estación con método pasivo, es muy bajo, teniendo en cuenta los niveles máximos permisibles establecidos en la norma colombiana anual de calidad del aire ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Actualmente, la corporación cuenta con una estación de monitoreo automática llamada "Estación de Monitoreo de la Calidad del Aire Fundadores" localizada en el municipio de Envigado.

La estación Fundadores cuenta con datos desde junio del 2006, y mide concentraciones atmosféricas de NO , NO_2 , O_3 y PM10, además de algunas variables meteorológicas como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión y precipitación.

2.10.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

De acuerdo con las concentraciones de los parámetros que actualmente está midiendo la estación Fundadores, el único contaminante que presentó excedencia sobre los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006 del MAVDT es PM10. El O_3 presenta algunos episodios de excedencia de la concentración horaria en las horas de mayor radiación solar (12:00 a las 3:00 p.m.); sin embargo, no son tan constantes como el caso de PM10 que se presentan indistintamente en el transcurso del día.

Las concentraciones de NO_2 se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles, registrando los valores más altos de concentración en horas de la mañana.

2.10.2. Inventario de Emisiones Atmosféricas

La corporación realizó un inventario de emisiones que incluyó cuatro (4) tipos de fuentes: puntuales, de área, móviles y biogénicas y fue realizado para PST, PM10, SO_2 , NO_x , CO y COV's. En la Tabla 2.19 se presenta el resultado del inventario de emisiones, en carga y porcentaje para los contaminantes estudiados, y en la Figura 2.64 se presentan los porcentajes de emisión de cada tipo de fuente para cada contaminante.

Tabla 2.19. Inventario de emisiones de Corantioquia para el 2004

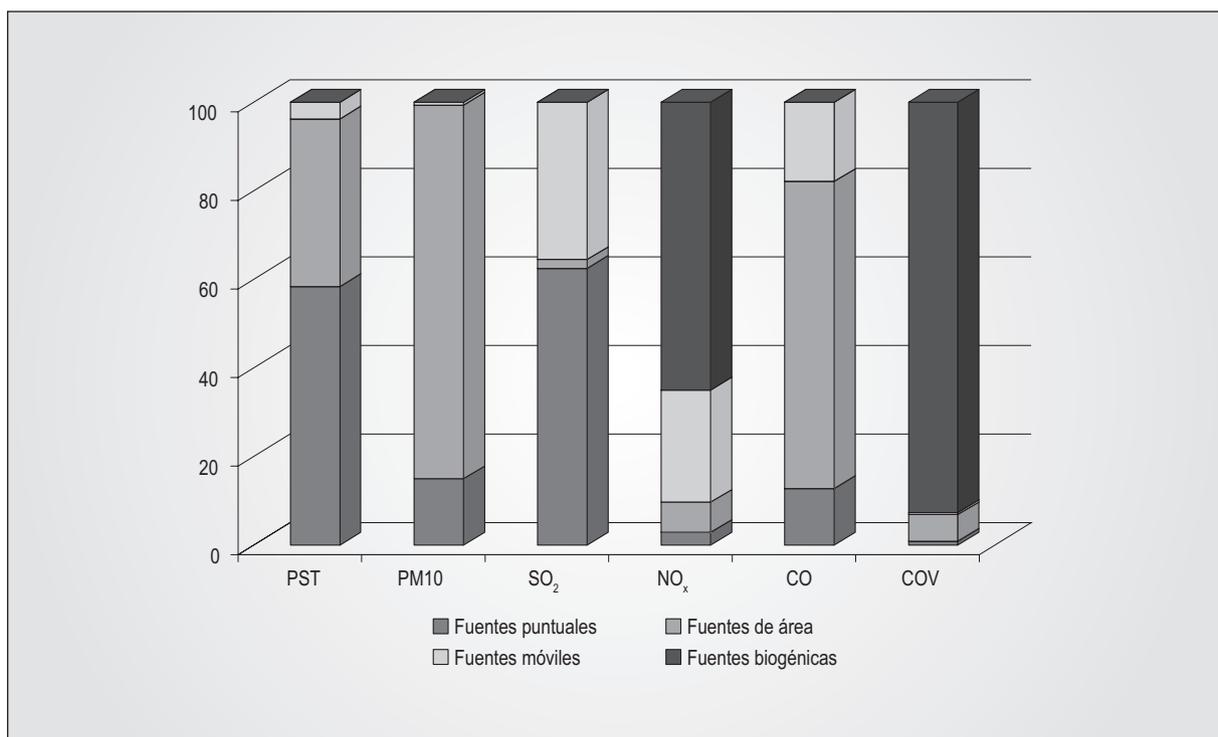
TIPO DE FUENTE	PST		PM10		SO_2		NO_x		CO		COV	
	t/AÑO	%	t/AÑO	%	t/AÑO	%	t/AÑO	%	t/AÑO	%	t/AÑO	%
Fuentes puntuales	5.713	58,4	502	15	1.056	62,5	671	2,9	9.514	12,8	3.566	0,9
Fuentes de área	3.702	37,8	2.822	84,3	33	2	1.552	6,8	51.624	69,3	23.909	6
Fuentes móviles	369	3,8	24	0,7	601	35,5	5.785	25,3	13.306	17,9	2.168	0,5
Fuentes biogénicas	0	0	0	0	0	0	14.837	64,9	0	0	371.631	92,6
Total inventario	9.784	100	3.348	100	1.690	100	2.244	100	74.444	100	401.274	100

Fuente: Corantioquia, 2007

El total de las emisiones de la jurisdicción de Corantioquia muestra que los contaminantes más abundantes en peso son los compuestos orgánicos volátiles (COV), presentando una emisión aproximada de 401.274 toneladas al año, generadas principalmente por fuentes biogénicas, a las que les corresponde el 92,6% de la emisión; le sigue en orden de importancia el monóxido de carbono con aproximadamente 74.444 toneladas al año, siendo las fuentes de área las que aportan en mayor magnitud a esta emisión (69,3%).

Como se puede observar en la Figura 2.64, las fuentes puntuales hacen su mayor aporte en las emisiones de PST y SO₂ con un 59% y un 63% de aporte, respectivamente. Las emisiones de PST por fuentes puntuales son en su gran mayoría dadas durante la fabricación de productos de arcilla y cerámicas no refractarias de uso estructural; de igual forma la emisión de SO₂ en su mayoría es atribuida a la elaboración de productos lácteos.

Figura 2.64. Porcentajes de emisión de cada tipo de fuente para cada contaminante



Fuente: IDEAM, 2007

Las fuentes de área son las mayores generadoras de CO (69,3%), cuya actividad de mayor generación corresponde a fuentes móviles. Por otra parte, las fuentes biogénicas son las principales responsables de las emisiones de NO_x (65%), encontrándose que los pastos es el tipo de cobertura del suelo que más emite.

2.10.3. Modelación de la Calidad del Aire

Mediante la aplicación del sistema de modelación atmosférica regional (RAMS) se avanzó en el estudio conceptual, numérico y computacional del RAMS y la adaptación de este

a las características físicas e hidrometeorológicas particulares de la jurisdicción de Corantioquia, con el fin de suministrar a la Corporación el conocimiento amplio de una herramienta computacional para la toma de decisiones.

2.10.4. Control y Seguimiento

Con el fin de realizar un control y seguimiento de las emisiones a la atmósfera efectuadas por los vehículos que circulan por las vías, la jurisdicción cuenta con dos (2) estaciones móviles de monitoreo. En la Tabla 2.20 se presentan los resultados de los operativos realizados a las fuentes móviles entre 2003 y 2006.

Tabla 2.20. Operativos realizados a las fuentes móviles año 2003- 2006

AÑO	Nº DE VEHÍCULOS QUE CUM- PLEN LA NORMA	Nº DE VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN LA NORMA	TOTAL GENERAL	% CUMPLIMIENTO NORMA
2003	486	710	1.196	41
2004	268	245	513	52
2005	591	573	1.164	51
2006	253	304	557	45
Total General	1.598	1.832	3.430	47

Fuente: Corantioquia, 2007

En el 2006 Corantioquia realizó el muestreo a dieciséis (16) chimeneas de hornos incineradores de residuos, a veinticuatro (24) chimeneas de fuentes fijas asentadas en la jurisdicción, como herramienta para la toma de decisiones en las acciones de vigilancia y control.

2.11. MUNICIPIOS DE ANTIOQUIA JURISDICCIÓN DE CORNARE

La Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare) cuenta desde 1997 con cinco (5) estaciones de monitoreo de calidad del aire, las cuales fueron una donación del Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Estas estaciones están dotadas con equipos para medir PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃ y CO de las cuales en la actualidad están instaladas tres (3) estaciones fijas que están funcionando y generando información de PM₁₀, SO₂ y NO₂ a partir de 1998 (ver Tabla 2.21).

Los sitios donde se encuentran ubicadas estas estaciones de monitoreo fueron seleccionados por ser los más críticos, dada la presencia de un alto flujo vehicular, la concentración de usuarios generadores de emisiones y la presencia de poblaciones aledañas. En este sentido, se implementaron puntos de medición en el hospital del municipio de Guarne, en el sector de Belén y en la Zona Franca Industrial del municipio de Rionegro (ver Tabla 2.21).

Adicionalmente, la Corporación se encuentra levantando la línea base de contaminación del aire, mediante la medición de algunos contaminantes en diferentes municipios, hasta la fecha se ha monitoreado calidad del aire en los Municipios del Carmen, San Luis y San Rafael.

Actualmente, la corporación se encuentra revisando el Protocolo del Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire elaborado por el IDEAM, con el fin de determinar la necesidad o no de aumentar los puntos de medición en la jurisdicción y de acuerdo a los resultados de las mediciones de línea base que viene realizando en los diferentes municipios de la jurisdicción.

Tabla 2.21. Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de Cornare

ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN/SECTOR	PARÁMETROS MEDIDOS
Sancela	Municipio de Rionegro	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂
Zona Franca	Municipio de Rionegro	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂
Hospital Guarne	Municipio de Guarne	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂

Fuente: Cornare, 2007

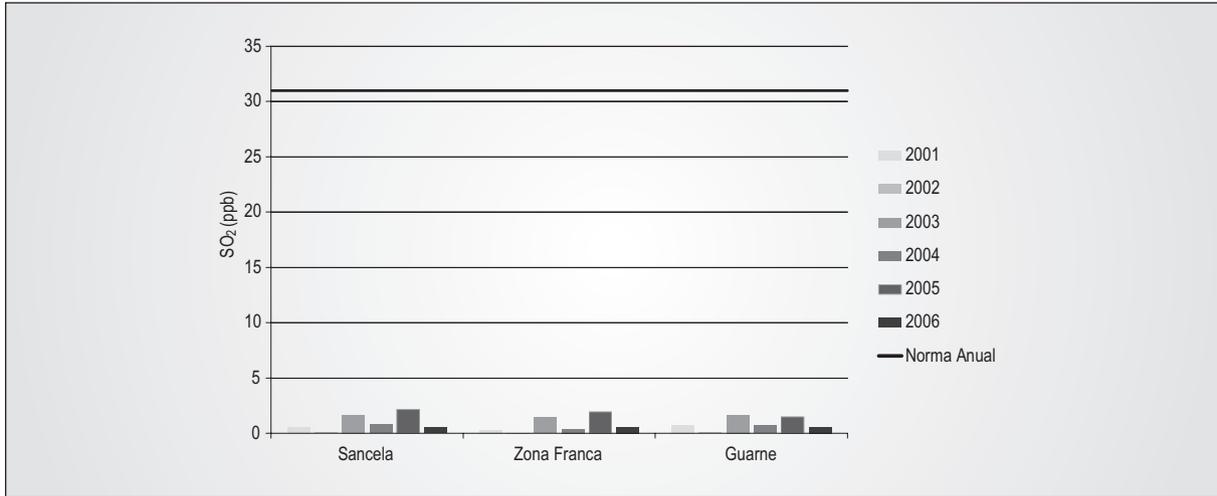
2.11.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.11.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Las concentraciones anuales promedio de SO₂ se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en

la Resolución 601 de 2006 del MAVDT. En la Figura 2.65 se puede observar que las tres (3) estaciones registran resultados variados en el tiempo y de estación en estación. En los años 2003 y 2005 se registraron las concentraciones más elevadas, mientras que para los otros años la concentración promedio estuvo alrededor de 1 ppb.

Figura 2.65. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de Cornare

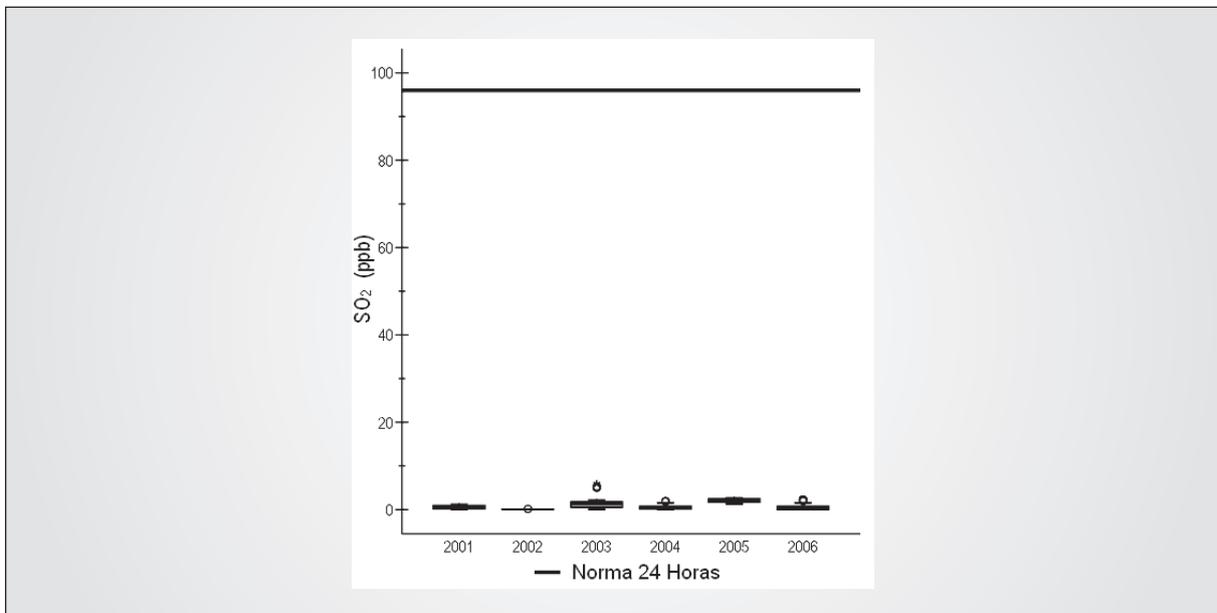


Fuente: IDEAM, 2007

Ahora bien, las concentraciones de 24 horas se encuentran también alejadas del nivel permisible establecido para este contaminante (96 ppb). En la Figura 2.66 se observan las

concentraciones de 24 horas de SO₂, donde la concentración más alta es de 5,95 ppb la cual se registró en el 2003.

Figura 2.66. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare



Fuente: IDEAM, 2007

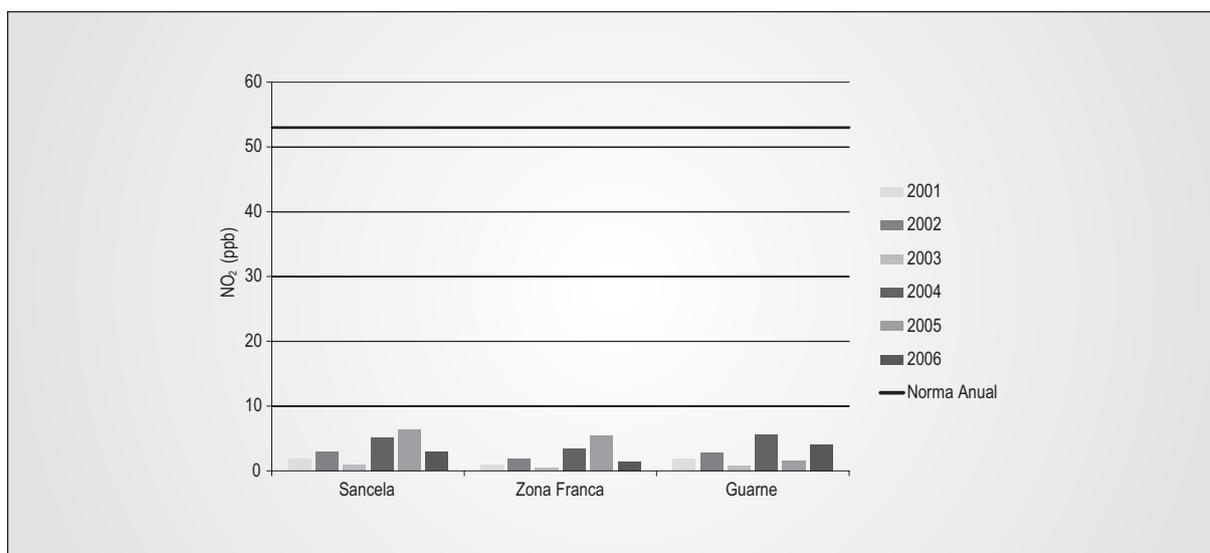
2.11.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

Al igual que para el caso del SO₂, las concentraciones de NO₂ son bajas respecto a los niveles máximos permisibles; sin llegar a sobrepasar los 6,5 ppb para el promedio anual. En la Figura 2.67 se observa que las concentraciones registradas por las tres (3) estaciones tuvieron una tendencia a aumentar durante el periodo comprendido entre 2001 y 2005, y para

el 2006 se observa una fuerte disminución de las concentraciones en Sancela y Zona Franca, mientras que en la estación Hospital Guarne se presentó un aumento de las mismas con respecto al 2005.

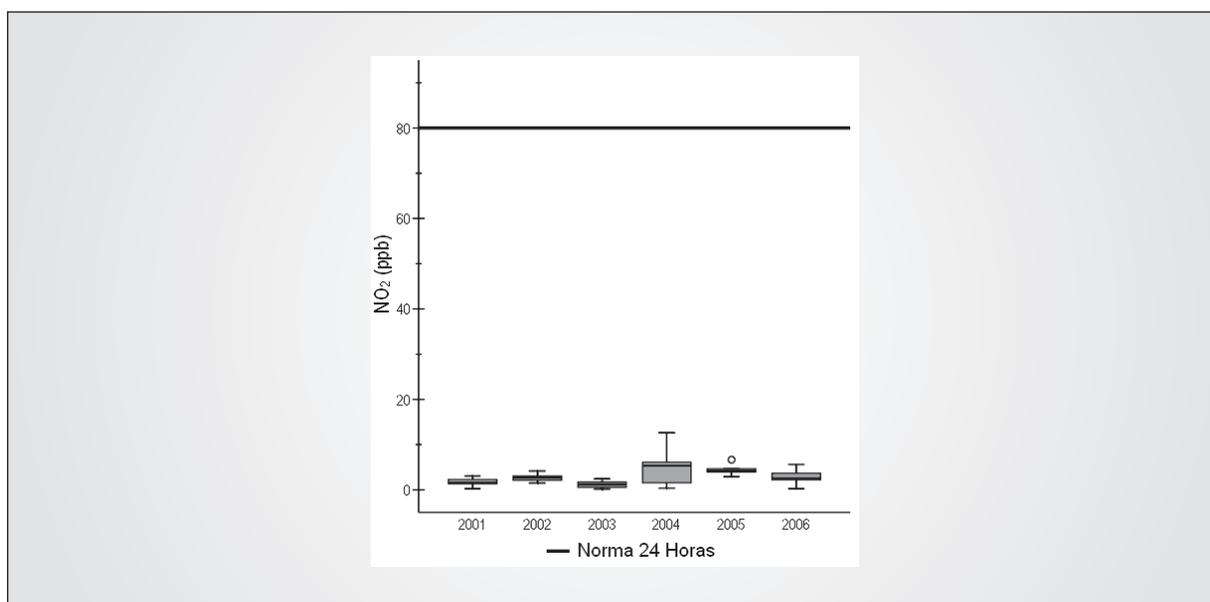
En relación con las concentraciones de 24 horas de NO₂ para el periodo comprendido entre 2001 a 2006, el nivel máximo permisible no es superado (Ver Figura 2.68).

Figura 2.67. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de Cornare



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.68. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare



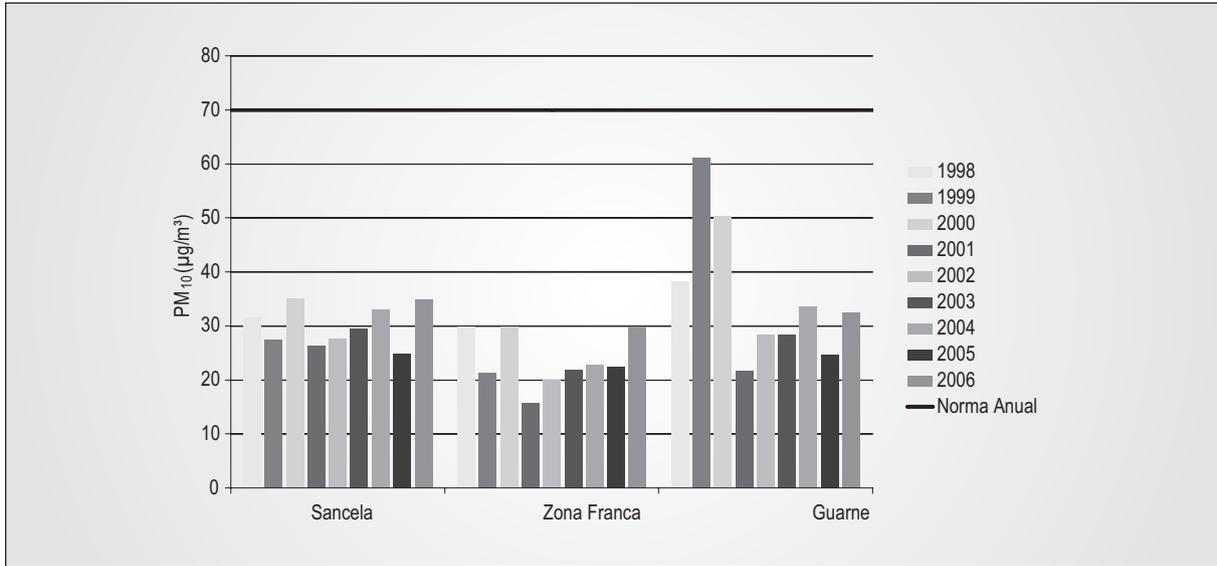
Fuente: IDEAM, 2007

2.11.1.3. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Los resultados de las concentraciones promedio anuales no presentan valores por encima de los niveles máximos permisibles, para ninguno de los años monitoreados. En la Figura 2.69 se observan los promedios anuales para las tres (3) estaciones.

La estación Hospital Guarne registró el promedio más alto en el año 1999 con una concentración promedio de $61,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En las estaciones Sancela y Zona Franca los promedios nunca han estado por encima de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, los resultados a partir del 2002 muestran una tendencia al aumento de las concentraciones.

Figura 2.69. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Cornare

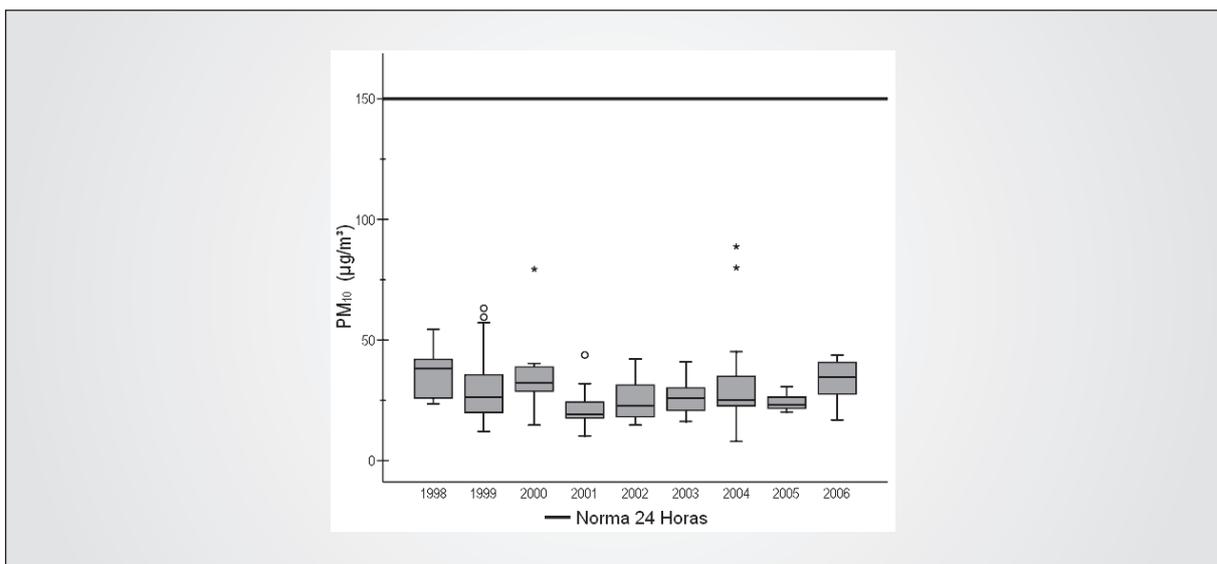


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas registradas por la red de Cornare no sobrepasan el nivel máximo permisible como se observa en la Figura 2.70. En relación con las medianas, tanto

el primer año como el último año de medición (1998 y 2006), presentan las medianas más altas, los resultados no muestran un comportamiento o una tendencia claramente definida.

Figura 2.70. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Cornare



Fuente: IDEAM, 2007

2.11.2. Control y Seguimiento

Cornare en la gestión ambiental del recurso aire ha tenido como finalidad hacer control, seguimiento, monitoreo y obtención de información confiable y continua sobre la calidad del aire en la jurisdicción, con el objetivo de contar con información que permita proyectar e implementar políticas que protejan la calidad de este recurso en zonas donde aún es buena y se controle la contaminación donde se presenta tendencia a aumentar, toda esta información sirve de base para generar las políticas de gestión ambiental de la jurisdicción tendientes a reducir los impactos sobre la salud humana y el ambiente.

En la jurisdicción de Cornare se tienen 82 industrias que poseen fuentes fijas y que en conjunto tienen 230 fuentes fijas, de las cuales el 98% de las empresas cumplen con los estándares establecidos de emisión para fuentes fijas (Decreto 02 de 1982). Estas industrias están representadas en su mayoría por los sectores de alimentos, textil, inmunizadoras de madera, floricultivos y prestadoras de servicios (hotelero, cremación e incineración). Lo anterior sin contar con los hornos paneleros que funcionan en los municipios de San Rafael, Alejandría, Cocorná y San Roque.

En los dos (2) últimos años, los sectores industriales por motivos económicos han mostrado una tendencia al cambio del combustible líquido por el combustible sólido (carbón), a su vez han tecnificado los procesos en cuanto al diseño, tipo de alimentación, e instalación de equipos de control para material particulado, entre otros.

De acuerdo con los certificados de calidad de los combustibles que reportan las empresas, todas cumplen con las normas de calidad del combustible, en cuanto al contenido de azufre en los combustibles líquidos y sólidos (carbón).

2.12. MUNICIPIOS DE BOYACÁ

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) opera una red de calidad del aire en el Valle de Sogamoso instalada en el año 2001. La red como se conoce hoy en día está conformada por cuatro (4) estaciones de monitoreo automático distribuidas en el Valle, las cuales miden concentraciones de PM₁₀, O₃, CO y SO₂ (ver Tabla 2.22). El Valle de Sogamoso está conformado por los municipios de Sogamoso, Nobsa, Tibasosa, Pesca e Iza, dentro del cual se encuentran ubicadas grandes empresas del corredor industrial de Chicamocha.

Tabla 2.22. Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de Corpoboyacá

ESTACIÓN	MUNICIPIO	PARÁMETROS MEDIDOS
El Recreo	Sogamoso	PM ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃
Aeropuerto	Sogamoso	O ₃
Club Bavaria	Tibasosa	PM ₁₀ , SO ₂ , CO, O ₃
Nazareth	Nobsa	PM ₁₀ , SO ₂ , CO

Fuente: Corpoboyacá, 2007

2.12.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.12.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Las concentraciones de SO₂ registradas por la red no superan los niveles máximos permisibles en ninguna de las estaciones que miden este contaminante. En la Figura 2.71 y Figura 2.72

se resume el comportamiento del SO₂ en toda la red, donde se observa que los niveles máximos permisibles no son superados para las concentraciones de 3 horas, ni de 24 horas. Así mismo, las medianas para cada año son cada vez menores; sin embargo, el número de datos extremos aumenta, registrándose valores en el 2004 de 190 y 74,7 ppb para 3 horas y 24 horas, respectivamente.

Figura 2.71. Concentración promedio de SO₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá

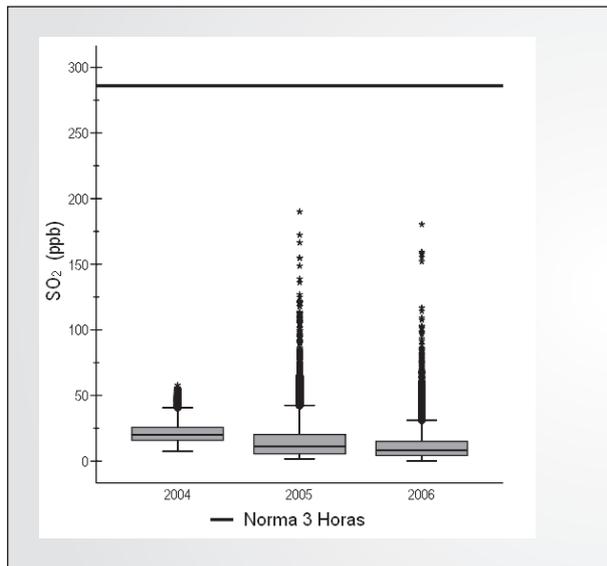
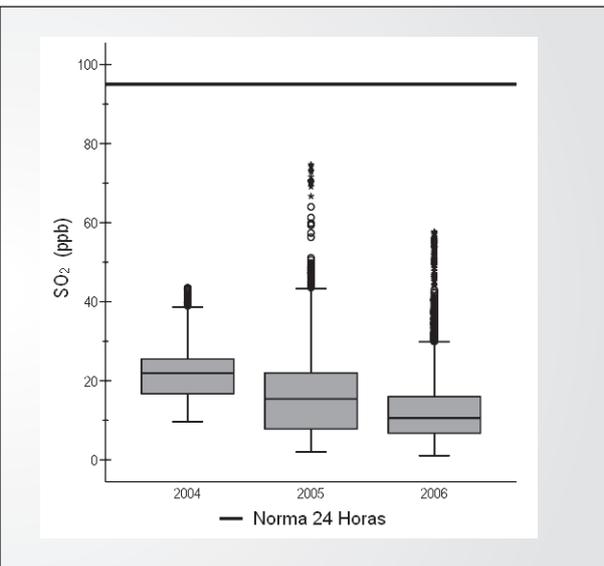


Figura 2.72. Concentración promedio de SO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá



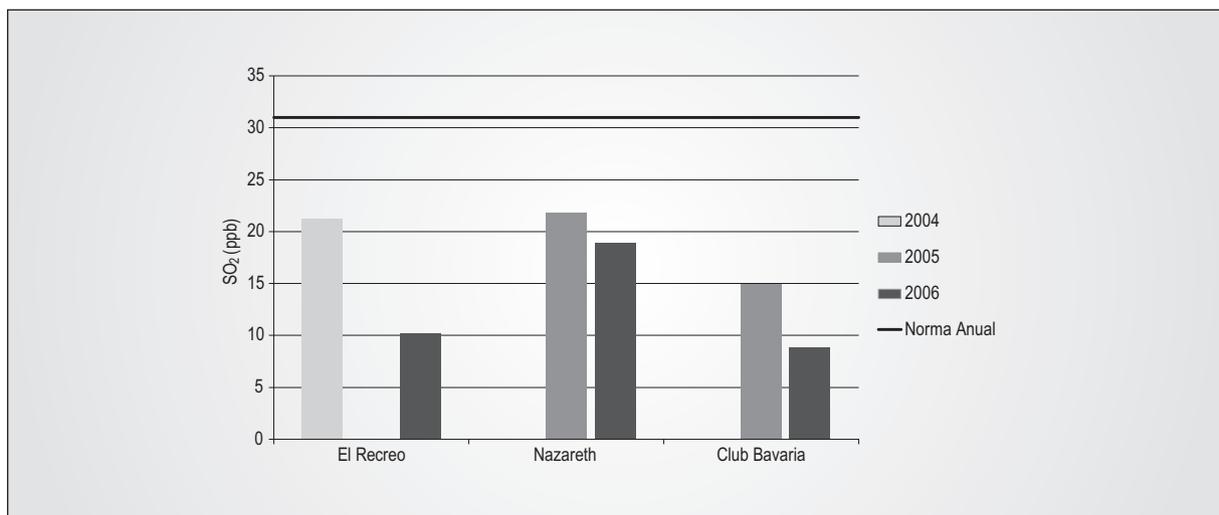
Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.73 se observan los promedios anuales para cada una de las estaciones de monitoreo, donde el nivel máximo permisible anual no es superado en ninguna ocasión.

La estación que registró el promedio más alto fue Nazareth en el año 2005 con una concentración de 21,81 ppb, seguida

de la estación El Recreo en el año 2004 con una concentración de 21,24 ppb. En general, para las tres (3) estaciones las concentraciones promedio del 2006 fueron menores que las registradas en años anteriores, siendo la estación Nazareth la que registró el promedio más alto para ese año, con una concentración de 18,94 ppb.

Figura 2.73. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de Corpoboyacá



Fuente: IDEAM, 2007

2.12.1.2. Ozono – O₃

Las concentraciones promedio horarias y de ocho (8) horas de O₃ se encuentran por encima de los niveles máximos permi-

sibles como se observa en las Figuras 2.74 y 2.75, donde en repetidas ocasiones dichos niveles son superados para los tres (3) años de medición. En cuanto a las medianas, para los dos (2) casos, son similares las correspondientes a los años 2004 y

2005, a pesar de que en el 2005 se registran los valores más altos de concentración y en el 2004 se registran concentraciones más bajas, llegando a superar el nivel horario solo una

vez. En cuanto al 2006, la mediana es ligeramente más alta, pero el valor máximo registrado no supera el del año inmediatamente anterior.

Figura 2.74. Concentración promedio de O₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá

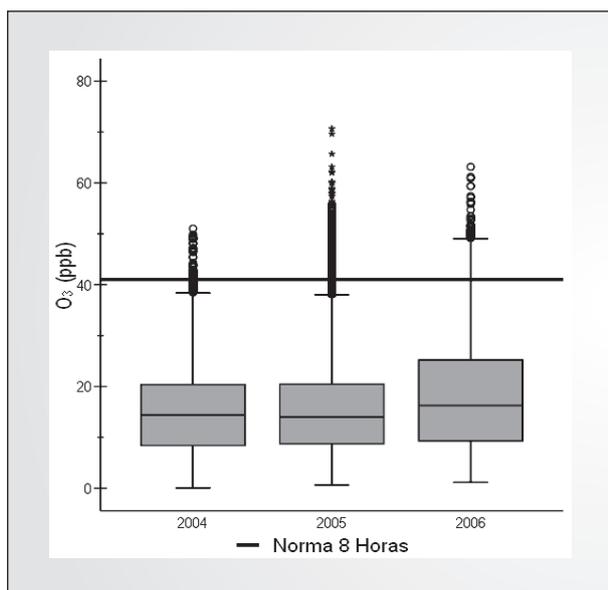
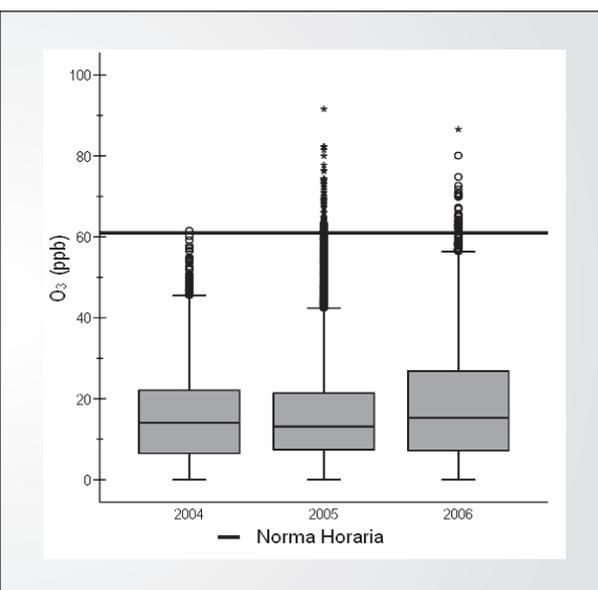


Figura 2.75. Concentración promedio de O₃ (Horario) en las estaciones de la red de Corpoboyacá

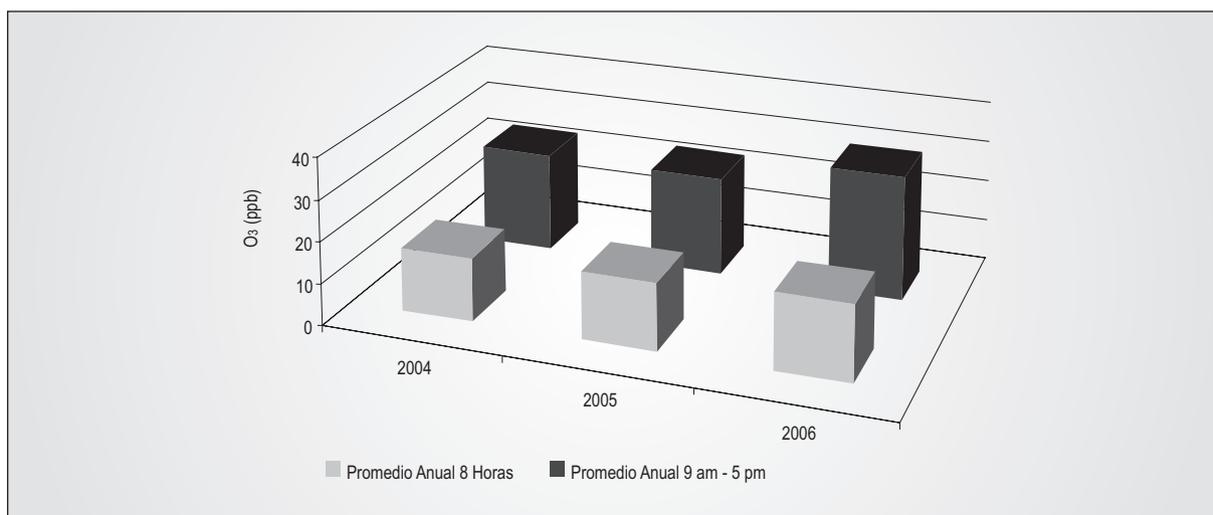


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.76 se observan las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las correspondientes a las ocho (8) horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m.; se puede observar claramente que las concentraciones de ozono para el año 2006 son superiores a las registradas para el 2004 y

2005, años en los cuales la concentración se mantuvo estable. Los promedios más altos de ocho (8) horas se registran durante el periodo de las 9 a.m. y las 5 p.m. con concentraciones superiores a los 26 ppb.

Figura 2.76. Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red de Corpoboyacá



Fuente: IDEAM, 2007

2.12.1.3. Monóxido de Carbono – CO

Las concentraciones de CO registradas por la red de calidad del aire en el Valle de Sogamoso son bajas, pues no exceden los 3 ppm en ninguna de las tres (3) estaciones en las que es monitoreado (ver Figuras 2.77 y 2.78).

Para los dos (2) años con los que se cuenta con información, el 2006 es en el que se registran concentraciones considerablemente más altas que las registradas en el 2005, pues la concentración máxima horaria registrada en 2005 fue de 2,12 ppm en la estación El Recreo, mientras que en el 2006 fue de 4,17 en la estación Nazareth.

Figura 2.77. Concentración promedio de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá

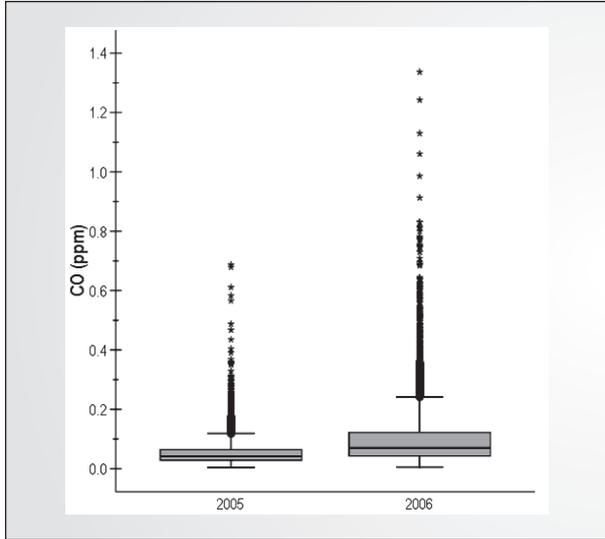
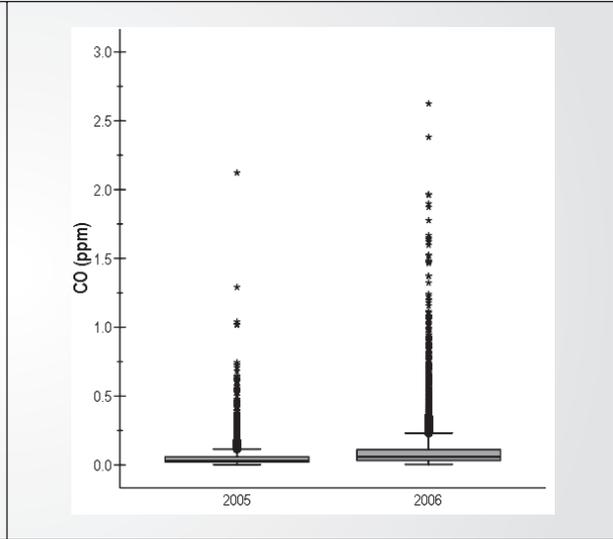


Figura 2.78. Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones de la red de Corpoboyacá



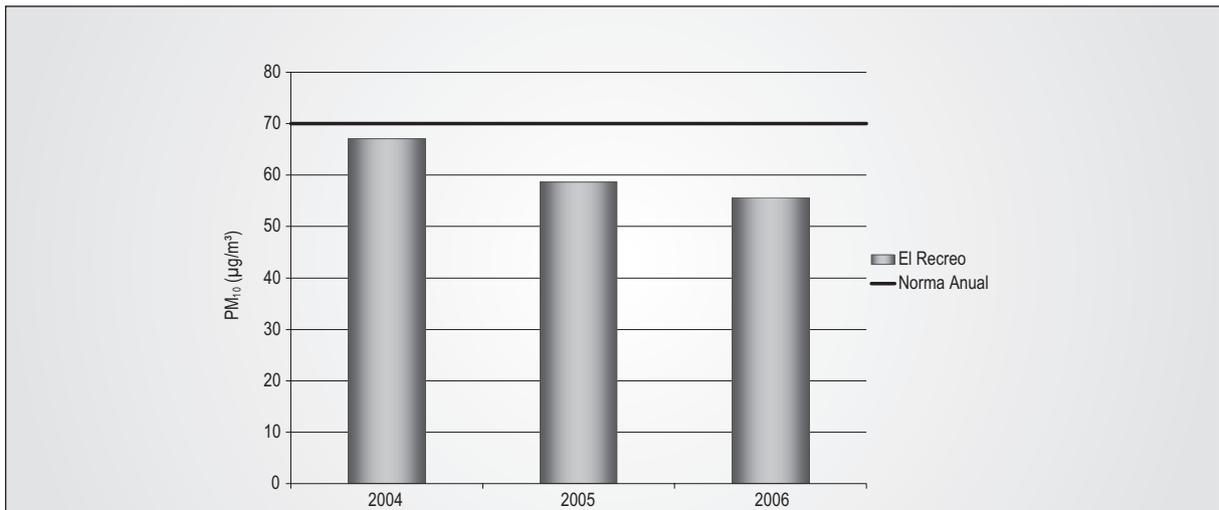
Fuente: IDEAM, 2007

2.12.1.4. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

En general las concentraciones anuales de PM10 se encuentran debajo del nivel máximo permisible. En la Figura 2.79 se observa el promedio anual para la única estación que mide

PM10; el año que presentó el promedio más alto fue el 2004 con una concentración de 67,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir de este año las concentraciones descienden gradualmente hasta alcanzar una concentración promedio en el 2006 de 55,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.79. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpoboyacá

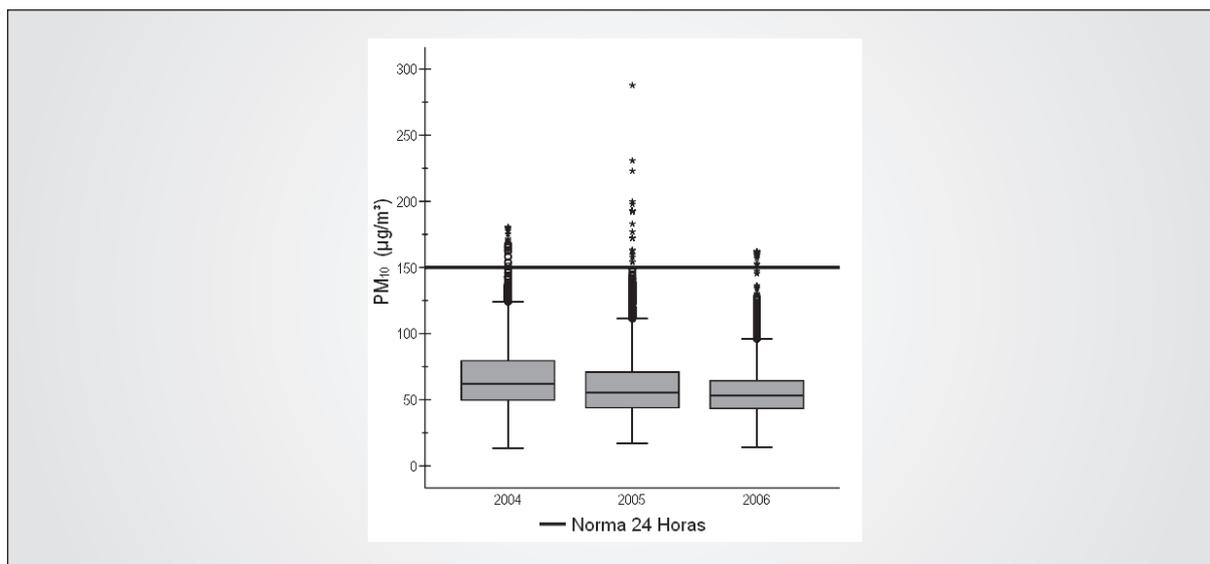


Fuente: IDEAM, 2007

En cuanto a los promedios de 24 horas, el nivel máximo permisible es superado en los tres (3) años de monitoreo, registrando los valores más altos en el 2005, alcanzando concen-

traciones cercanas a los $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver Figura 2.80); a pesar de esto, las medianas han ido disminuyendo con el transcurso del tiempo.

Figura 2.80. Concentración promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de Corpoboyacá



Fuente: IDEAM, 2007

2.12.2. Modelación de la Calidad del Aire

La Corporación se encuentra adelantando estudios para la aplicación de un modelo de dispersión Gaussiano, que permita el análisis en conjunto de información sobre datos de las fuentes (puntuales, de área, de volumen y móviles), meteorológicos y de los receptores. Con el modelo se calcularán las concentraciones de 24 horas y anuales de los contaminantes PM10, SO_2 , NO_x , COV's y CO, mostrando la distribución geográfica y los puntos de mayor concentración.

La corrida del modelo, la cual se realizará bajo 4 diferentes escenarios, permitirá obtener:

- Planos de concentración de contaminantes en el Valle de Sogamoso tales como MP, NO_2 , SO_2 y CO.
- Contaminante que reporta la mayor concentración a nivel horario y promedio diario, identificando el sector que más aporte realiza.
- Las zonas más impactadas o de mayor concentración de contaminantes en el Valle de Sogamoso.
- Sector industrial o actividad productiva que más aporta contaminación sobre el Valle de Sogamoso.
- Identificación de áreas fuente de contaminación.
- Parámetros para rediseño u optimización de la red de monitoreo de calidad del aire.

2.12.3. Control y Seguimiento

La Corporación viene desarrollando dentro de su actividad misional actividades de control y seguimiento a las fuentes fijas y móviles establecidas dentro de la jurisdicción. Para tal fin se realiza la verificación del estado de las emisiones de las diferentes industrias a través de la validación de los muestreos isocinéticos, monitoreos de calidad de aire, monitoreo de ruido y operativos con la unidad móvil, para determinar el cumplimiento de las normas en vehículos y la tenencia del certificado de gases. Adicionalmente, se evalúan los estudios reportados por los industriales, requeridos dentro del otorgamiento de los diferentes permisos de emisión para determinar el cumplimiento de las normas actuales vigentes.

2.13. MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) tiene jurisdicción sobre noventa y ocho (98) municipios del departamento de Cundinamarca, seis (6) de Boyacá, y sobre la zona rural de la ciudad de Bogotá, para lo cual, la CAR ha dividido su jurisdicción en catorce (14) provincias, razones por las cuales cuenta con una de las redes de monitoreo de calidad del aire más grandes del país.

La red de monitoreo de calidad del aire viene funcionando desde el 2002 y cuenta con 12 estaciones de monitoreo ma-

nual distribuidas principalmente en la sabana de Bogotá y una en la provincia del Magdalena (Girardot), dado que es en estas zonas donde se concentra la mayor actividad industrial

de su jurisdicción. En la Tabla 2.23 se presentan las estaciones que conforman la red y los parámetros que mide.

Tabla 2.23. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de la CAR

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Cota	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Girardot	NO ₂ , PM10, SO ₂
Soacha Almacafé	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Soacha Hospital	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Sibaté	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Mosquera	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
La Calera	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Tocancipá	NO ₂ , PM10, SO ₂
Nemocón	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Zipaquirá	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Ráquira	PM10, PST
Cogua	NO ₂ , PM10, SO ₂

Fuente: CAR, 2007

2.13.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

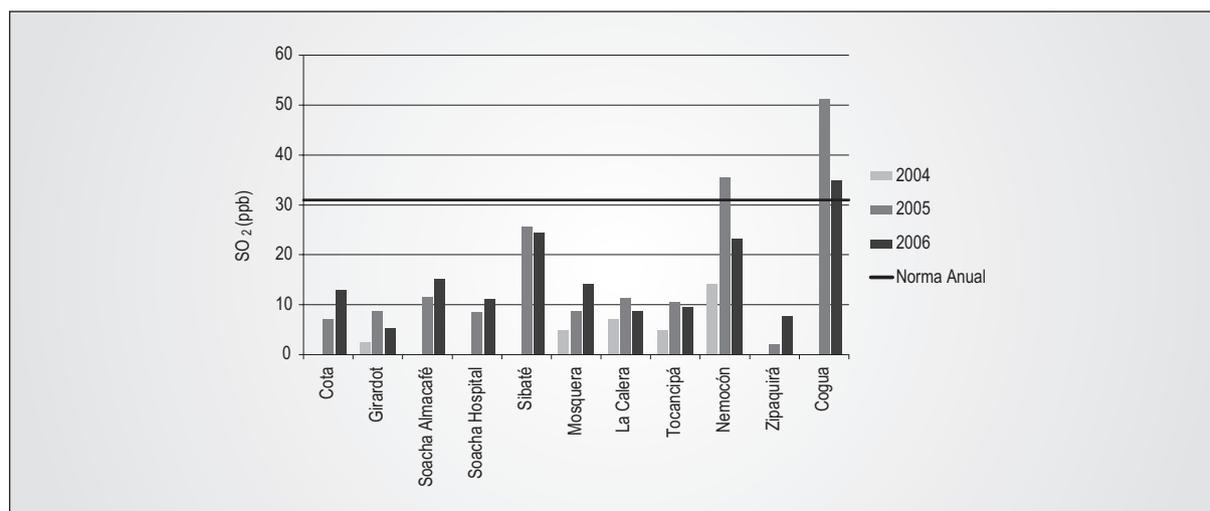
2.13.1.1. Dióxido de Azufre – SO₂

La red de monitoreo de calidad del aire registra excedencias de los niveles máximos permisibles de 24 horas y anuales para SO₂. Para el caso de los niveles de 24 horas las estaciones de Mosquera, Nemocón y Cogua registran excedencias para el año 2006. En la Figura 2.81 se observa que, en el caso del nivel máximo permisible anual, las estaciones Nemocón

y Cogua son las que registran promedios por encima de este nivel para los años 2005 y 2006, la estación Cogua registró el máximo promedio con 51,27 ppb.

Con respecto a las otras estaciones, no se registran promedios por encima de los 15 ppb; sin embargo, la estación Sibaté en comparación con las demás muestra promedios más altos. En general, en 5 de las 11 estaciones las concentraciones de 2006 aumentaron en comparación con las del 2005.

Figura 2.81. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de la CAR



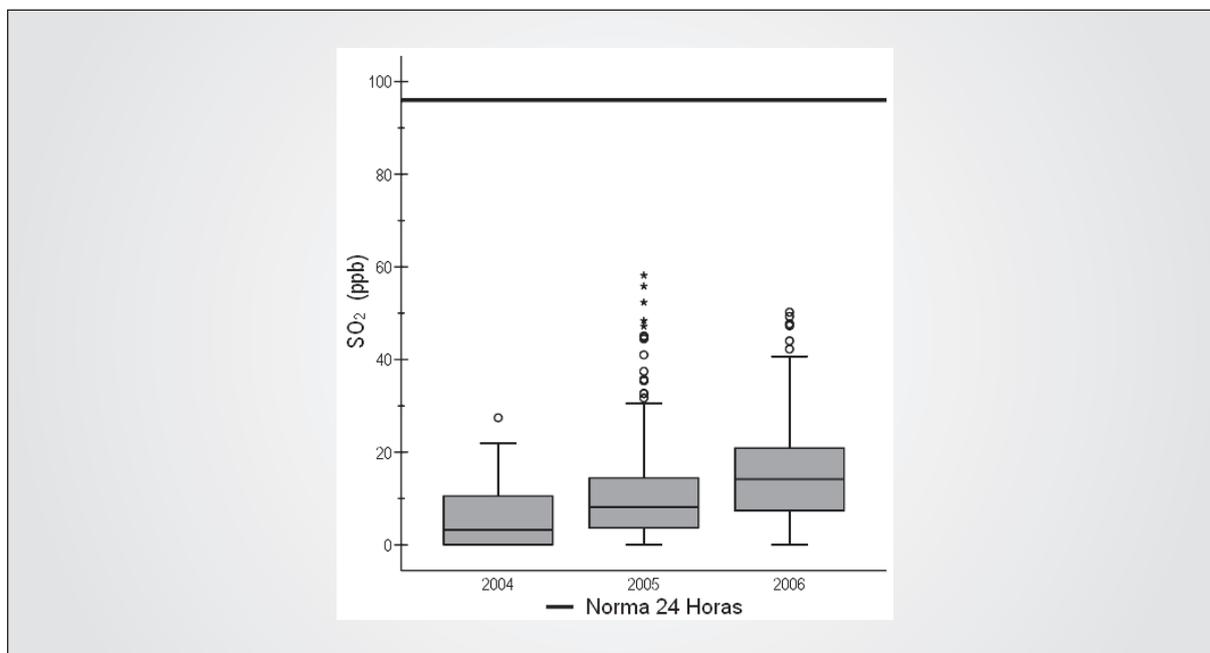
Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.82 se presentan las concentraciones de 24 horas de SO₂ para toda la red de la CAR, se observa que el nivel permisible no es superado; sin embargo, las medianas muestran que las concentraciones han ido en aumento año tras año.

2.13.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

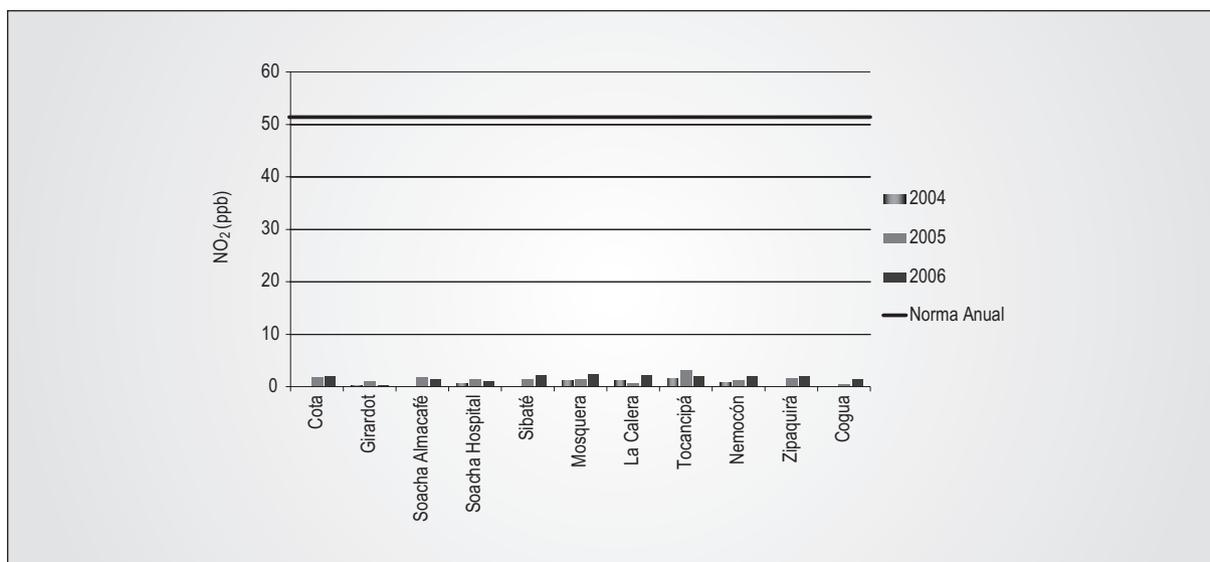
Las concentraciones de NO₂ se encuentran por debajo del nivel máximo permisible anual y de 24 horas en todas las estaciones de la red de monitoreo (ver Figura 2.83).

Figura 2.82. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.83. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de la CAR

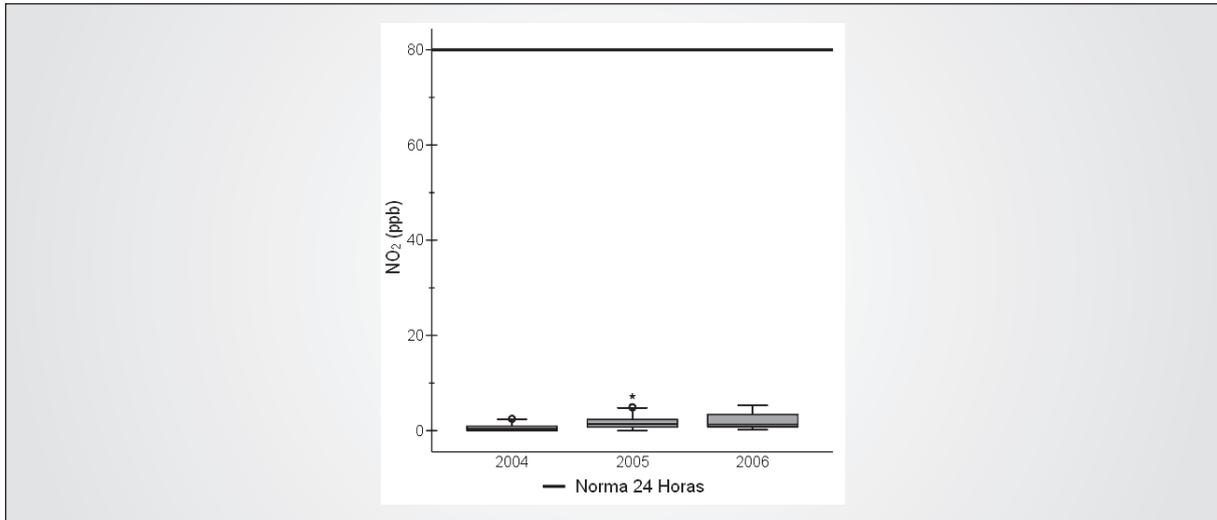


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.84 se muestra el promedio de las concentraciones de 24 horas de NO_2 , donde se observa que el nivel máximo

permisible no es superado, aunque cabe resaltar que las concentraciones registradas han venido aumentando con el tiempo.

Figura 2.84. Concentración promedio de NO_2 (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR



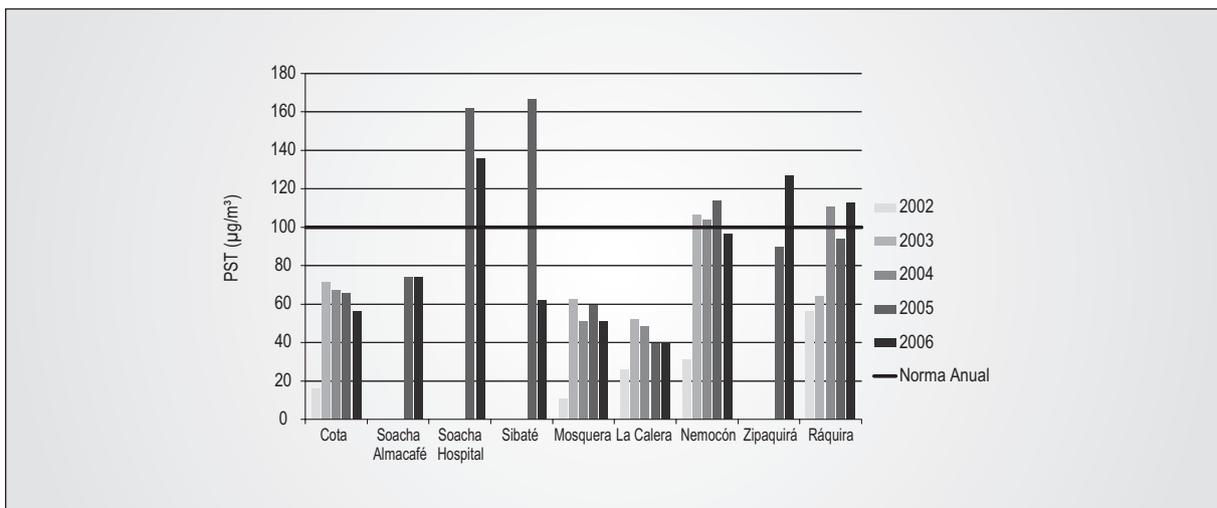
Fuente: IDEAM, 2007

2.13.1.3. Partículas Suspendidas Totales – PST

Los promedios anuales de PST medidos muestran que de las nueve (9) estaciones que miden este contaminante, cinco (5) superan los niveles máximos permisibles. Así mismo, también cinco (5) de ellas registraron valores por encima de los niveles máximos permisibles de 24 horas, con concentraciones por encima de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la Figura 2.85 se observa que las estaciones de Soacha Hospital y Sibaté registraron los promedios más altos. Al igual, que los promedios de las estaciones de Zipaquirá, Ráquira y Nemocón exceden los niveles máximos permisibles anuales esta última es la única que muestra un descenso del promedio en el 2006 con respecto al del año anterior. En las demás estaciones para el 2006 el promedio bajó o se mantuvo estable con respecto al del 2005. Las estaciones de Mosquera, La Calera y Cota muestran que a partir del 2003 los promedios han disminuido.

Figura 2.85. Concentración Promedio Anual PST en las estaciones de la red de la CAR

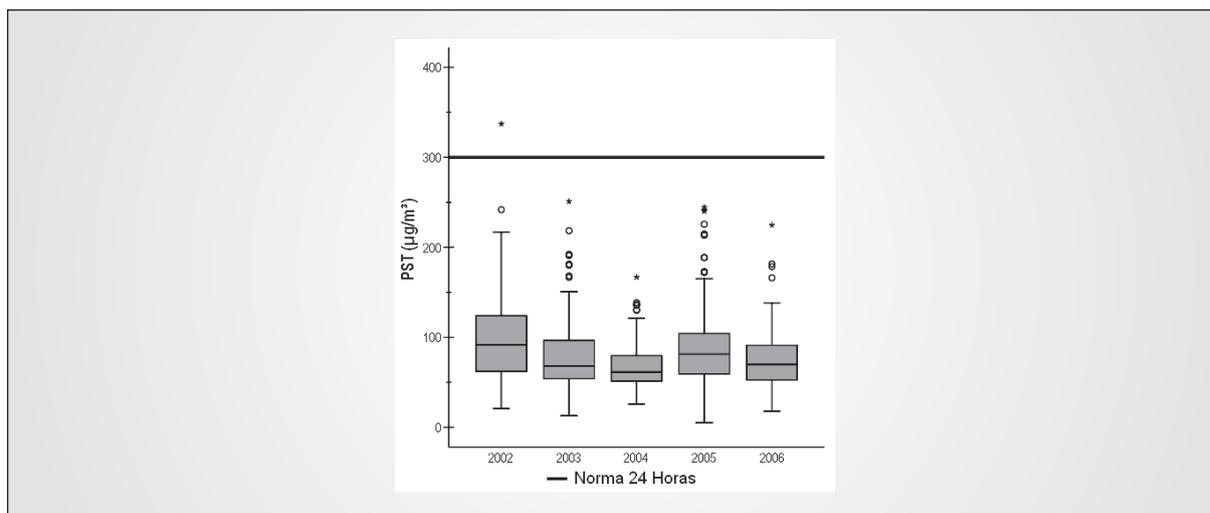


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas de PST no superaron el nivel máximo permisible, con excepción de una vez en el año 2002 ($337,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En relación con las medianas se puede obser-

var que estas disminuyeron durante el periodo comprendido entre 2002 y 2004, aumentaron en el 2005 y disminuyeron en el último año de monitoreo (Ver Figura 2.86).

Figura 2.86. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR



Fuente: IDEAM, 2007

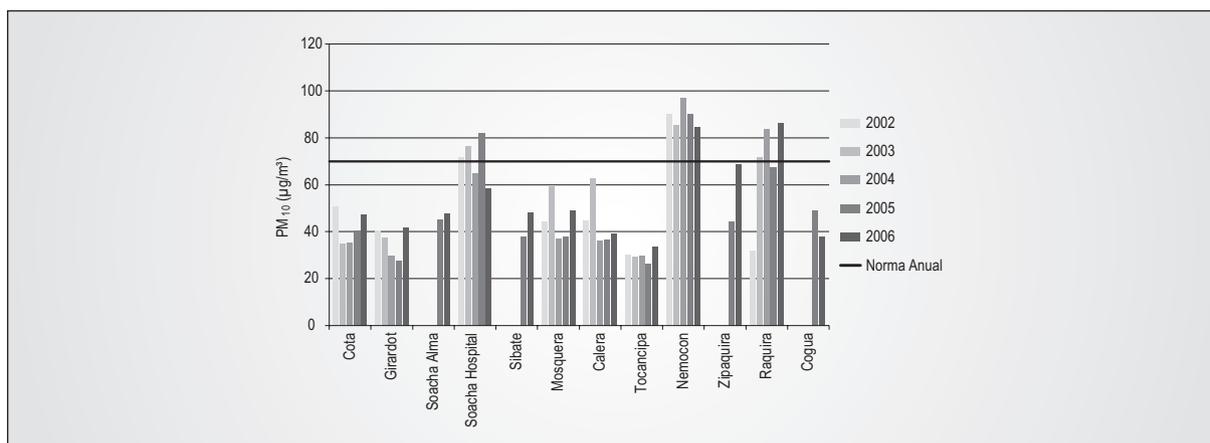
2.13.1.4. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10³⁶

Las concentraciones de PM10 registradas por la red, en algunos casos exceden los niveles máximos permisibles de 24 horas (6 estaciones) y anuales (3 estaciones). La estación Nemocon es la más crítica registra valores por encima del nivel de 24 horas, así como del anual, inclusive excede estos niveles durante todos los 5 años de monitoreo como se puede observar en la Figura

2.87. Así mismo, las estaciones Soacha Hospital y Ráquira exceden los niveles máximos permisibles anuales.

En términos generales, los promedios anuales de PM10 varían bastante de una estación a otra y de un año a otro. Las estaciones Soacha Hospital, Nemocon y Cogua registraron descensos en las concentraciones de 2006, mientras que las otras estaciones incrementaron sus concentraciones.

Figura 2.87. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CAR



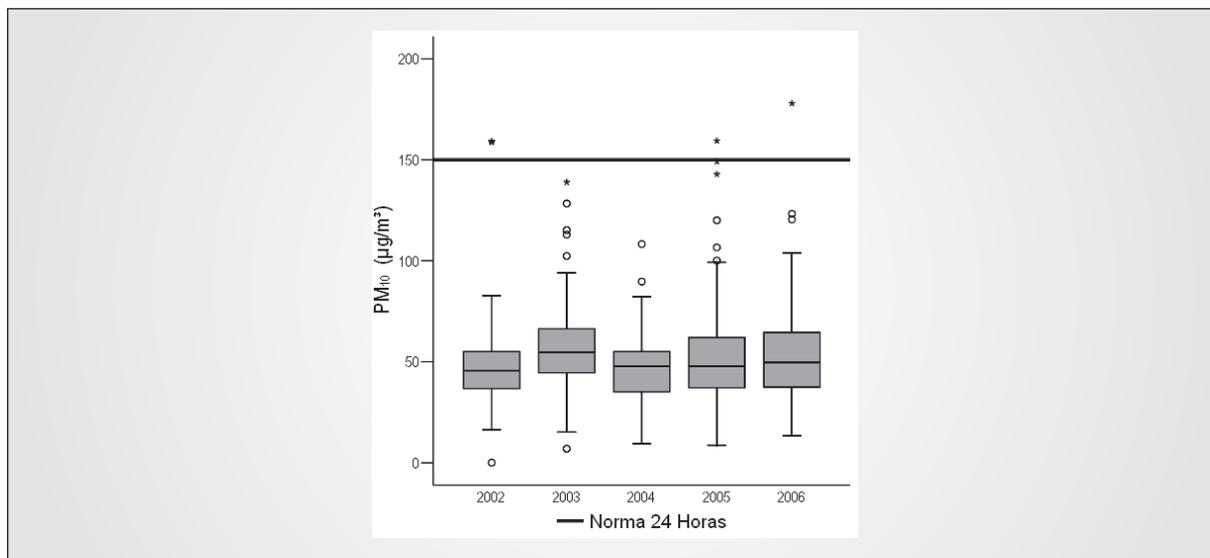
Fuente: IDEAM, 2007

³⁶ De acuerdo con la información entregada por la CAR, algunos de los registros de PM10, como por ejemplo los de la estación Calera, son más altos que los de PST.

En el caso del nivel máximo permisible diario, este fue excedido en 3 ocasiones (2002, 2005 y 2006), siendo el 2006 el año que registró la concentración más alta (177,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En cuanto a la mediana de las concentraciones, se observa

un comportamiento estable durante el periodo de monitoreo, siendo importante resaltar que con el tiempo se han presentado concentraciones más alejadas de la mediana (Ver Figura 2.88).

Figura 2.88. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CAR



Fuente: IDEAM, 2007

2.13.2. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Para el desarrollo del inventario de emisiones fueron tenidas en cuenta las fuentes fijas asentadas en diez (10) de las catorce (14) provincias, que en la mayoría de los casos corresponden a corredores industriales de Soacha - Sibaté; Madrid - Mosquera; Tocancipá - Sopó; Zipaquirá - Cajicá; Zipaquirá - Cogua - Nemocón; Ráquira y las provinciales de Funza y Gualivá), las otras cuatro (4) por sus características y número

de fuentes fijas no fueron tenidas en cuenta; sin embargo, la Corporación está desarrollando el inventario en el área de jurisdicción de estas provincias. El inventario de emisiones (fuentes puntuales y de área) fue realizado para los principales contaminantes presentes en la zona (CO , PST, PM10, NO_x , SO_x , COV's, CO_2 , N_2O y CH_4). En la Tabla 2.24 se presentan los resultados del inventario de emisiones totales para el año 2005 en la jurisdicción de la CAR.

Tabla 2.24. Inventario de emisiones para el año 2005 en la jurisdicción de la CAR

CONTAMINANTE	FUENTE PUNTUAL	%	FUENTE DE ÁREA	%	TOTAL POR CONTAMINANTE	%
PST	10.021,50	83,4	1.992,40	16,6	12.013,80	100
PM10	1.396,6	100	0	0	1.396,60	100
SO_2	6.896,90	99,96	2,8	0,04	6.899,70	100
NO_x	2.497	76,2	777,7	23,8	3.274,40	100
CO	781,7	100	0	0	781,7	100
COV	73,1	28,2	185,8	71,8	259	100
CO_2	477.633,90	100	0	0	477.633,90	100
N_2O	6,5	100	0	0	6,5	100
CH_4	8,8	0	41.542,40	100	41.551,30	100
Total por fuente	499.315,80	91,8	44.501,30	8,18	543.817,20	100

Fuente: CAR, modificado IDEAM, 2007

Teniendo en cuenta las fuentes consideradas, los resultados del inventario de emisiones en la zona de estudio muestran que el contaminante de mayor aporte es el dióxido de carbono por las fuentes puntuales (477.633,95 toneladas), lo que corresponde al 88% de las emisiones totales. El segundo contaminante con mayor presencia es el metano con 41.551

toneladas, cuyas fuentes generadoras son las fuentes de área. En orden de magnitud siguen las emisiones de material particulado total (PST), seguido de dióxido de azufre (SO₂). En la Tabla 2.25 se presentan las diez (10) principales actividades industriales generadoras de material particulado (PST y PM10) en la jurisdicción de la CAR.

Tabla 2.25. Principales diez (10) actividades industriales generadoras de material particulado (PST y PM10) en la jurisdicción de la CAR

ACTIVIDAD INDUSTRIAL	PST (t/AÑO)	PM10 (t/AÑO)	SO ₂ (t/AÑO)	NO _x (t/AÑO)	CO (t/AÑO)	COV (t/AÑO)
Fabricación de productos de arcilla para la construcción, ladrillos, baldosas y tejas	7.164,82	508,54	666,13	248,57	73,27	0
Fabricación de vidrio y de productos de vidrio	807,53	186,73	2.097,41	705,44	13,87	14,28
Fabricación de asfaltos y sus mezclas para pavimentación, techado y construcción	309,33	365,61	89,65	45,99	44,33	12,45
Fabricación de productos de cerámica no refractaria, para uso no estructural	289,77	0	209,22	12	0	0
Fabricación de sal refinada	256,76	146,78	1.117,99	413,76	13,37	1,6
Fabricación de productos de hornos de coque	224,53	0,06	1.237,64	23,91	13,87	0
Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	184,66	30,42	89,9	31,78	11,62	0
Elaboración de alimentos preparados para animales	147,08	67,56	217,88	79,65	2,73	0,34
Producción de malta	134,38	21,27	178,79	40,3	1,94	0,23
Elaboración de productos lácteos	107,47	22,97	174,81	78,04	328,94	35,85

Fuente: CAR, modificado IDEAM, 2007

2.14. MUNICIPIOS DE LA GUAJIRA Y ZONA MINERA DEL CERREJÓN

La Corporación Autónoma Regional de la Guajira (Corpoguajira) cuenta con una red compuesta por seis (6) estaciones semiautomáticas de monitoreo de calidad del aire, ubicadas en las poblaciones que se encuentran en la periferia de las

minas de carbón y una estación meteorológica en el Aeropuerto. De las estaciones de calidad del aire cuatro (4) corresponden a PM10 y dos (2) a PST. Adicionalmente, en la región se encuentra la red de monitoreo de la zona carbonífera del Cerrejón, que cuenta con trece (13) estaciones de monitoreo. En la Tabla 2.26 se presentan las estaciones de monitoreo de la región y los parámetros que mide cada una de ellas.

Tabla 2.26. Estaciones de monitoreo de la redes de calidad del aire de La Guajira

RED DE MONITOREO	ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Corpoguajira	Fonseca	PST
	Hato Nuevo	PM10
	Patilla	PST
	Roche	PM10
	Barrancas	PM10
	Chancleta	PM10

RED DE MONITOREO	ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Zona Carbonífera del Cerrejón	Albania	PST
	Barrancas	PST, PM10
	Carretalito	PST, PM10
	Chancleta	PST
	Ciudadela	PST, PM10
	El Carmen	PM10
	Fonseca	PST
	Papayal	PST
	Patilla	PM10
	Provincial	PST
	Remedios	PST
	Sol y Sombra	PST
	Vivienda	PM10

Fuente: Corpoguajira, 2007

2.14.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

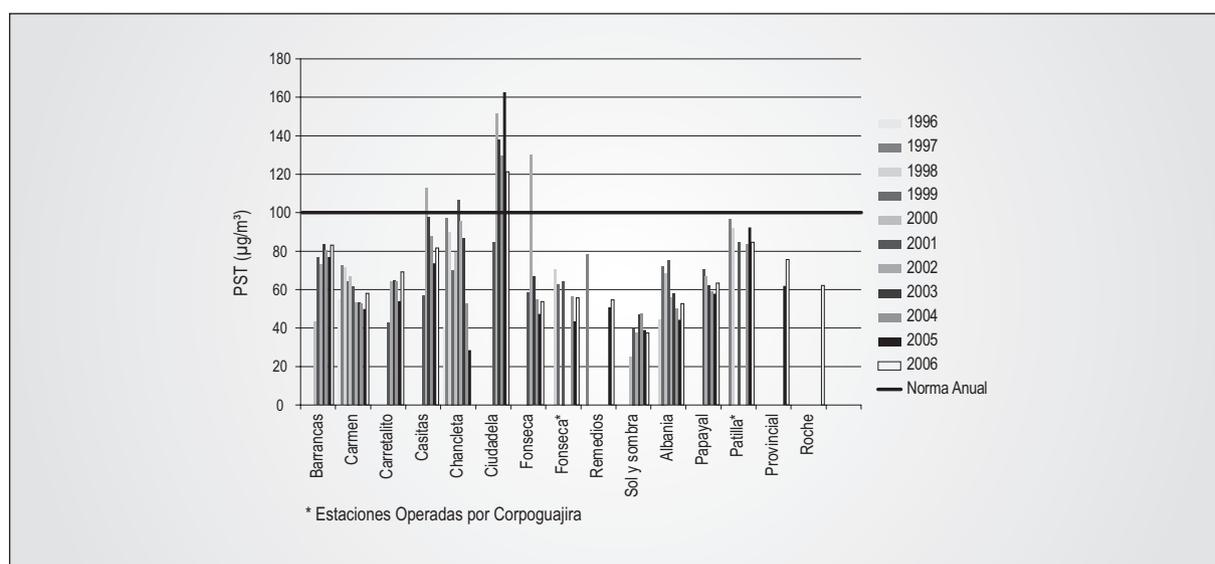
2.14.1.1. Partículas Suspendedas Totales – PST

En la Figura 2.89 se observa que la estación que registra las concentraciones más elevadas es Ciudadela; estación operada por el Cerrejón, sobrepasando los niveles máximos permisibles tanto anuales como de 24 horas. Adicionalmente, las estaciones Casitas, Chancleta, Ciudadela y Fonseca registran promedios anuales por encima de los niveles máximos permisibles.

La estación Patilla, aunque no ha superado los niveles máximos permisibles anuales, tiene concentraciones que han estado a lo largo del tiempo por encima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las estaciones Carmen, Casitas, Fonseca, Fonseca³⁷, Sol y Sombra, Albania y Papayal muestran un descenso en las concentraciones promedio para el 2006 en relación con las concentraciones de años anteriores.

Figura 2.89. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de las redes de La Guajira



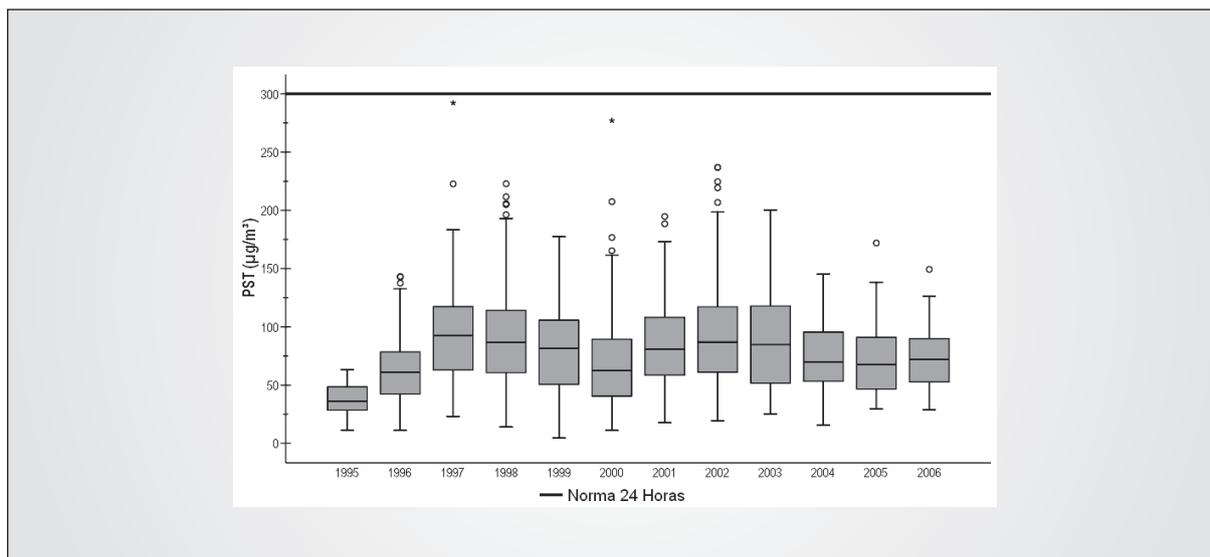
Fuente: IDEAM, 2007

³⁷ Estación operada por Corpoguajira

Las concentraciones de PST en las redes de la Guajira no superan el nivel máximo permisible de 24 horas como se muestra en la Figura 2.90, tan solo en 1997 se registró una concentración cercana al nivel ($292,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Con respecto

al primer año de monitoreo (1995), las concentraciones han aumentado, es importante destacar que la mediana de la concentración se encuentra cercana a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.90. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de las redes de La Guajira



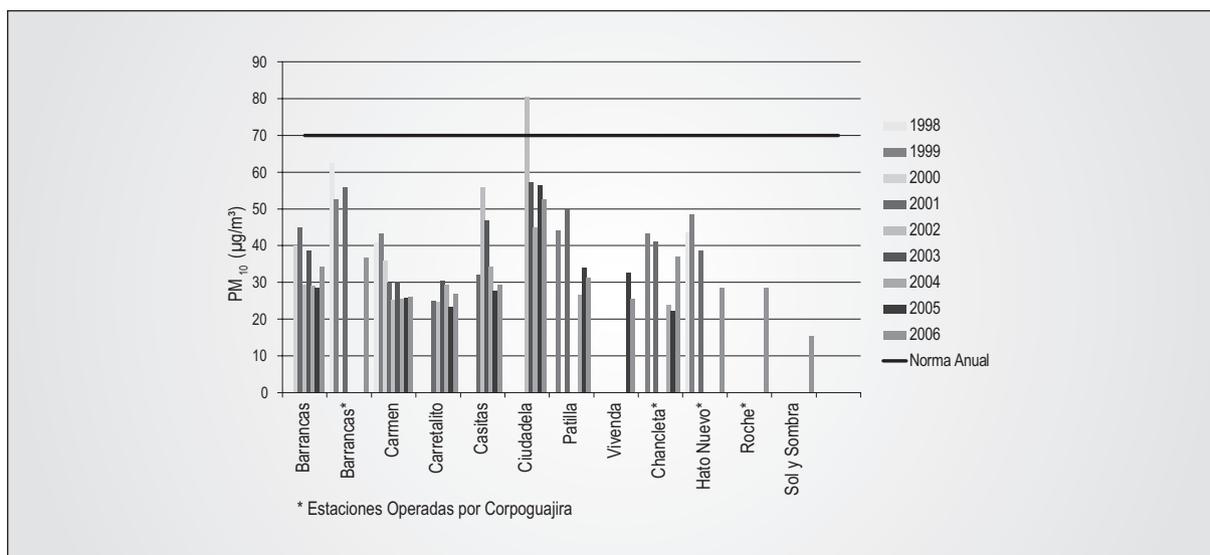
Fuente: IDEAM, 2007

2.14.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones de PM10 registradas sobrepasan el promedio anual en el 2002 en la estación Ciudadela (ver Figura 2.91). Las concentraciones medidas para el 2005 y 2006 son

menores que los valores de los primeros años de monitoreo (1999, 2000, 2001). A diferencia de las demás estaciones, la estación Carretalito registra un comportamiento similar a lo largo del tiempo, mientras que las concentraciones de las otras estaciones tienen variaciones importantes año a año.

Figura 2.91. Concentración promedio anual PM10 en las estaciones de las redes de La Guajira

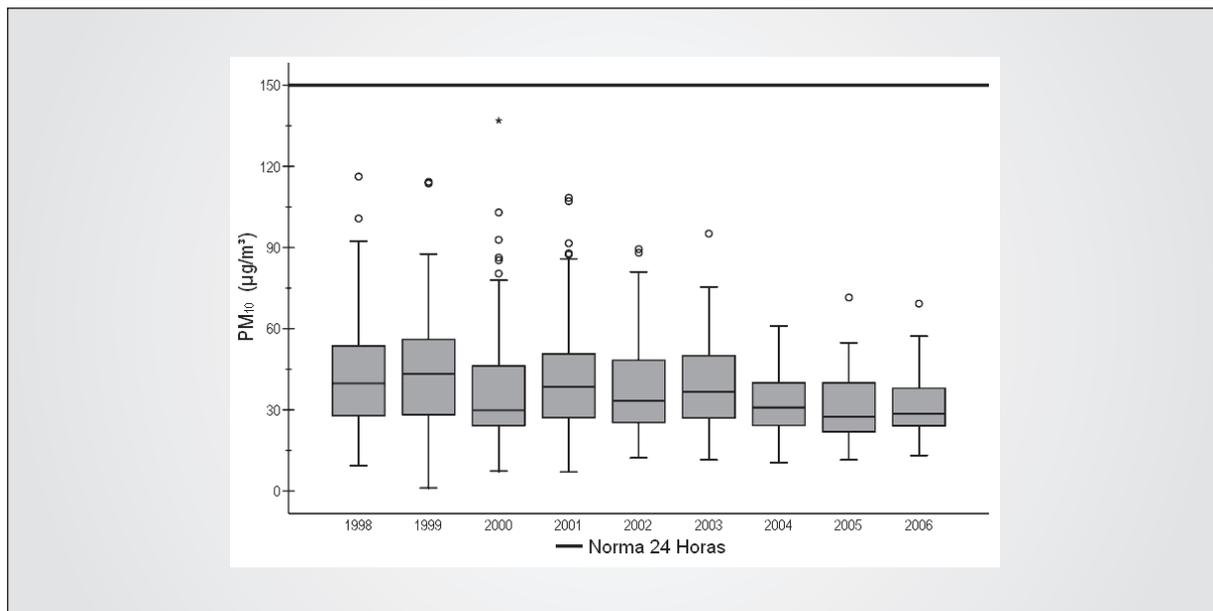


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.92 se presentan las concentraciones de 24 horas de PM10 en las estaciones de las redes de la Guajira, donde se observa que el nivel máximo permisible no es superado. Para todos los años la mediana de las concentraciones

se mantiene entre los 30 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con una tendencia a la baja con el transcurrir del tiempo. El año que registra la concentración promedio diaria más alta es el 2000 con 136,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.92. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de las redes de La Guajira



Fuente: IDEAM, 2007

2.15. MUNICIPIOS DE MAGDALENA

Dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag) opera una red de calidad del aire que cuenta con doce (12) estaciones de monitoreo ma-

nual, que funcionan desde 1999 y registran concentraciones de PM10 y PST (ver Tabla 2.27). La necesidad de la creación de esta red surgió a partir de las actividades de transporte de carbón en la zona y la operación del puerto de Santa Marta.

Tabla 2.27. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Corpamag

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Invemar	PST
Batallón	PST, PM10
Centro Ejecutivo	PST
Cajamag	PST
Aeropuerto (Aero)	PST
Carbogranales (Carbo)	PST, PM10
Alcatraces (Alca)	PST, PM10
Papare	PST
Don Jaca	PST
Ciénaga	PST
La Bonga	PST
La Lucha	PST

Fuente: Corpamag, 2007

2.15.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

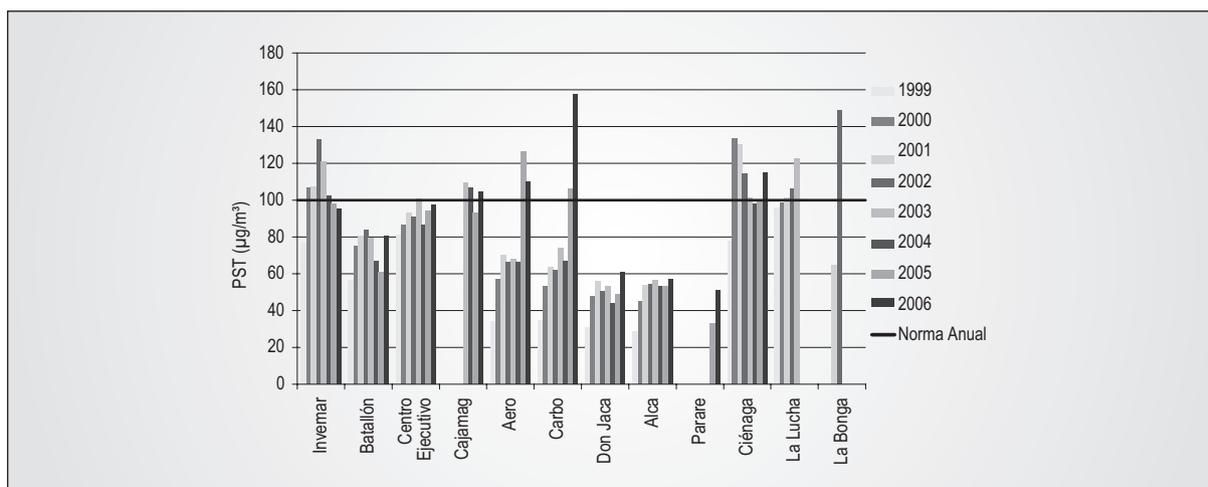
2.15.1.1. Partículas Suspendidas Totales – PST

Las concentraciones de PST son medidas por 12 estaciones de monitoreo, de las cuales 7 han registrado concentraciones por encima de los niveles máximos permisibles anuales y 5 por encima de los de 24 horas. En la Figura 2.93 se observa que históricamente el promedio anual más alto lo registra la estación Carbogranales (Carbo), siendo importante resaltar los promedios medidos para el 2006 ($157 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Las estaciones Ciénaga y La Lucha presentan constantemente en los 8 años de medición promedios anuales por encima del nivel máximo permisible, de acuerdo con la Resolución 601 de 2006 del MAVDT, a diferencia de las estaciones Don Jaca, Alcatrazes, Parare y Batallón que han registrado históricamente promedios anuales por debajo del nivel permisible.

Las estaciones Aeropuerto (Aero) y Carbogranales (Carbo) registraron concentraciones similares para los años 1999 al 2004, mientras que en los años 2005 y 2006 se presentó un incremento considerable de los promedios anuales registrados.

Figura 2.93. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Corpamag

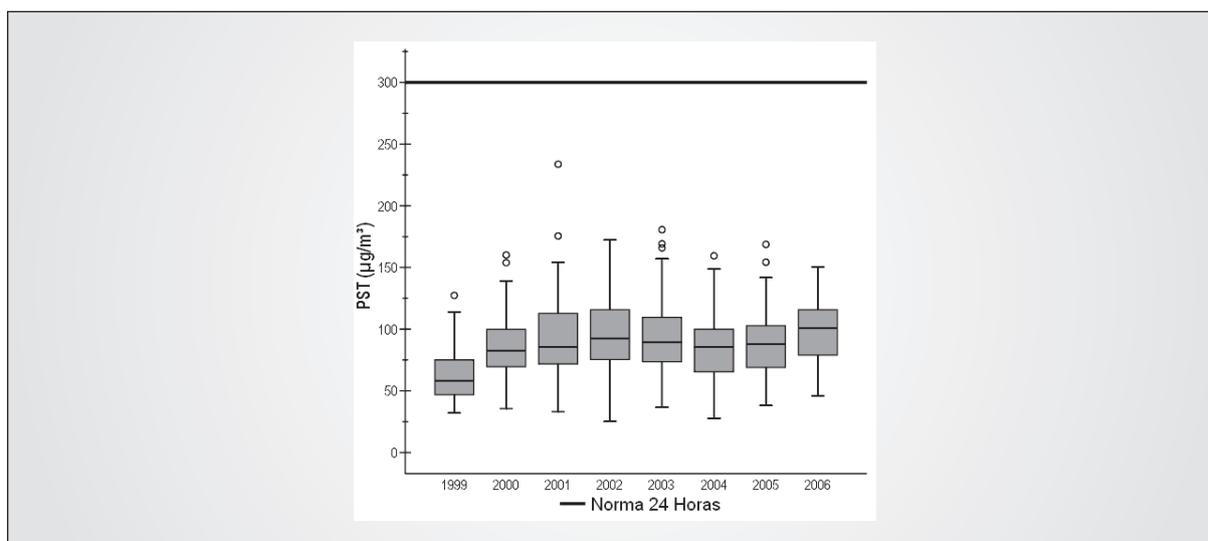


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas en las estaciones de Corpamag no superan el nivel máximo permisible para PST como se observa en la Figura 2.94; sin embargo, es importante resaltar

que la mediana de las concentraciones muestran un aumento año tras año, registrando la mediana más alta en el 2006 cercana a los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.94. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Corpamag



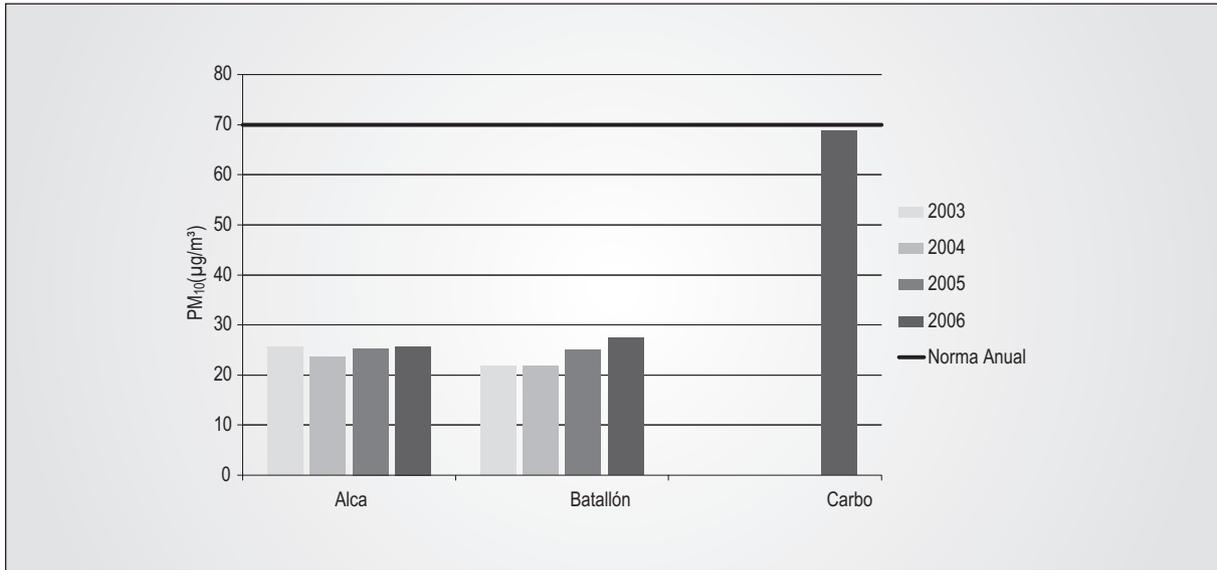
Fuente: IDEAM, 2007

2.15.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las mediciones PM10 registradas en las tres (3) estaciones que miden dicho contaminante no sobrepasan los niveles máximos permisibles de 24 horas, ni anuales. En la Figura 2.95 se observa que el promedio más alto lo registra la es-

tación Carbogranales (Carbo) para el año 2006 ($69 \mu\text{g}/\text{m}^3$), estando muy cerca del nivel máximo permisible anual. En las estaciones Alcatraces (Alca) y Batallón se observa que las concentraciones van en aumento a partir del año 2004, las dos (2) registran su promedio más alto en el año 2006.

Figura 2.95. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de Corpamag

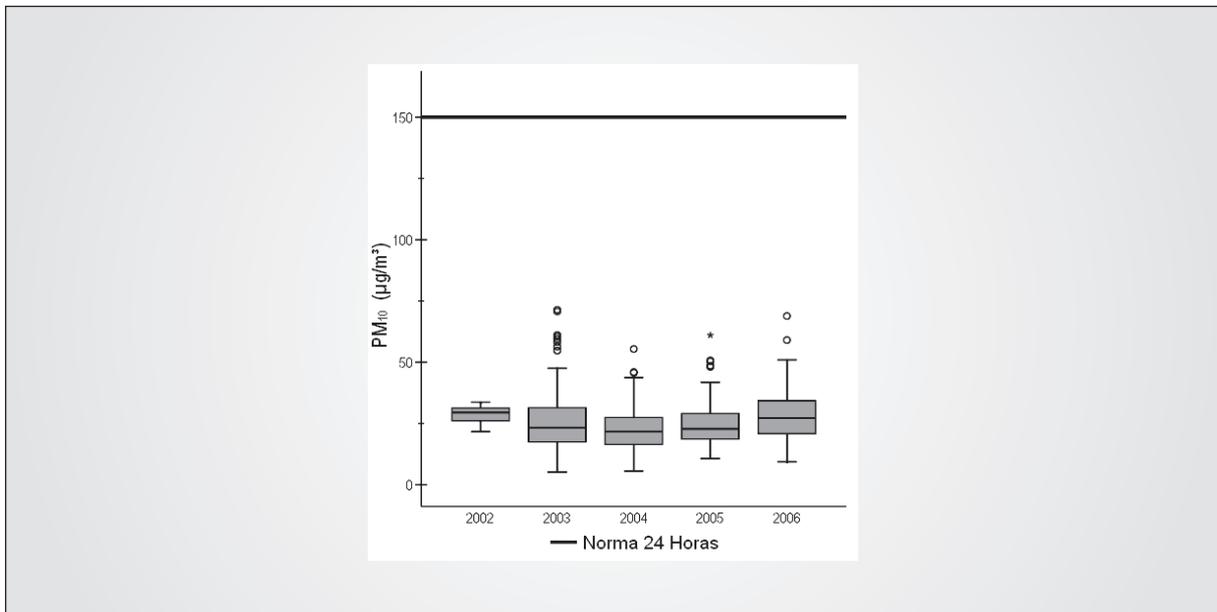


Fuente: IDEAM, 2007

En relación con las concentraciones de 24 horas de PM10 registradas por la red, estas no superan el nivel máximo permisible ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones medianas para todos los

años se han mantenido constantes, con los valores más altos en los años 2002 y 2006 (Ver Figura 2.96).

Figura 2.96. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Corpamag



Fuente: IDEAM, 2007

2.16. MUNICIPIOS DE RISARALDA

La Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder) opera una red de monitoreo dentro de su jurisdicción, realizando monitoreos en la ciudad de Pereira y en los municipios de Dosquebradas, La Virginia y Santa Rosa. La

red inició su operación en 1999 tomando mediciones en Pereira, a partir del 2000 en Dosquebradas y La Virginia, y en Santa Rosa en el 2006. Entre los contaminantes monitoreados están PM10, NO₂, SO₂, CO y O₃; estos dos (2) últimos solo son monitoreados en la ciudad de Pereira (ver Tabla 2.28).

Tabla 2.28. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Carder

ESTACIÓN		PARÁMETROS MEDIDOS
Pereira	Hospital	PM10, NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃
	ISS	PM10, CO, O ₃
	Turín	PM10
	Libaré	PM10, CO, O ₃
	UTP	PM10
	Viaducto	PM10, CO, O ₃
	Aeropuerto	PM10, NO ₂ , SO ₂
	Belmonte	PM10, NO ₂ , SO ₂
	Av. Simón Bolívar	CO
	Av. Cuba Calle 69	NO ₂ , SO ₂
	Romelia	NO ₂ , SO ₂
Dosquebradas	La Rosa	PM10, NO ₂ , SO ₂
	La Pradera	PM10
	Macarena	PM10
	Postobón	PM10, NO ₂ , SO ₂
	GNC	PM10
	Cardisel	PM10
La Virginia	Balboa	PM10
	Cairo	PM10
Santa Rosa	Santa Rosa	PM10

Fuente: Carder, 2007

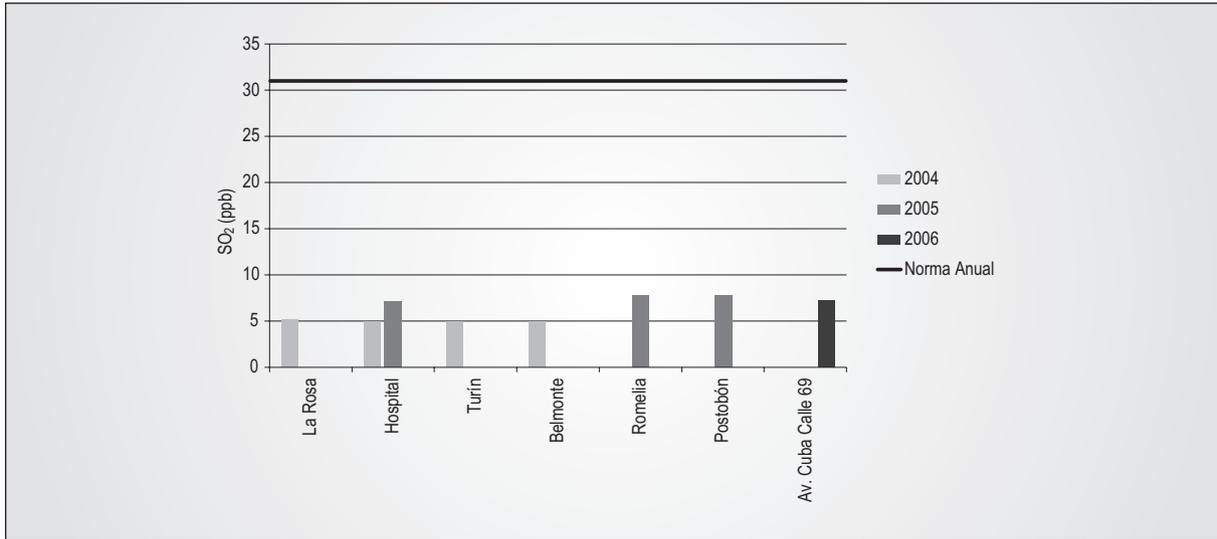
2.16.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.16.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Las concentraciones de SO₂ no superan los niveles máximos permisibles anuales al registrar concentraciones por debajo a

los 10 ppb, como se observa en la Figura 2.97. De las estaciones que cuentan con información para el 2004 (La Rosa, Hospital, Turín y Belmonte) todas registraron concentraciones cercanas a los 5 ppb, mientras que en el 2005 las tres (3) estaciones que cuentan con información registraron concentraciones alrededor de 7 ppb.

Figura 2.97. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de Carder



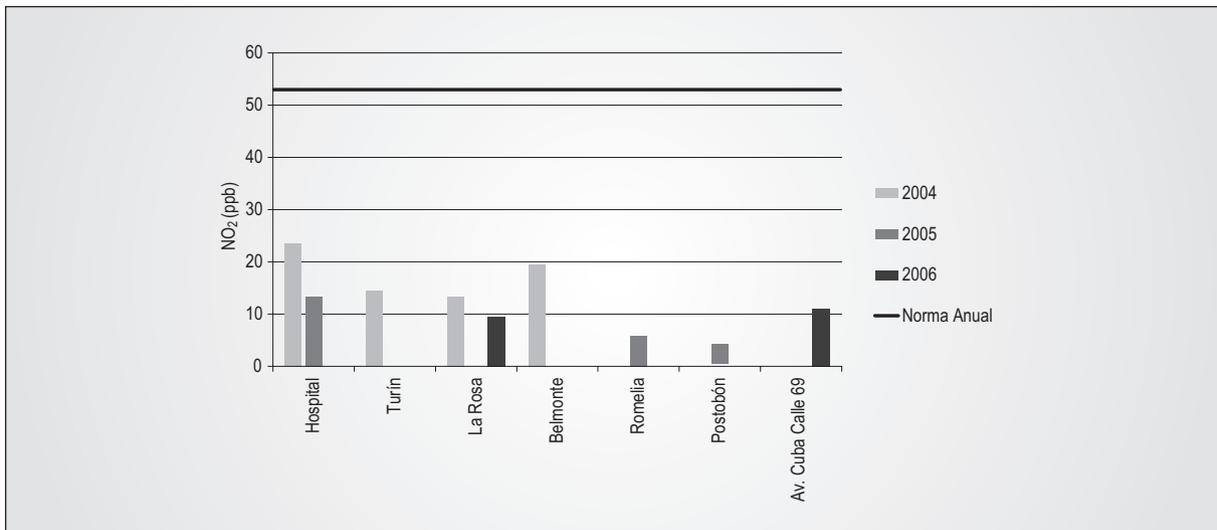
Fuente: IDEAM, 2007

2.16.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

En general, las concentraciones promedio anuales de NO₂ no superan los niveles máximos permisibles, dado que la con-

centración más alta registrada es 26,56 ppb correspondiente al año 2004 en la estación Hospital en la ciudad de Pereira (ver Figura 2.98).

Figura 2.98. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de Carder



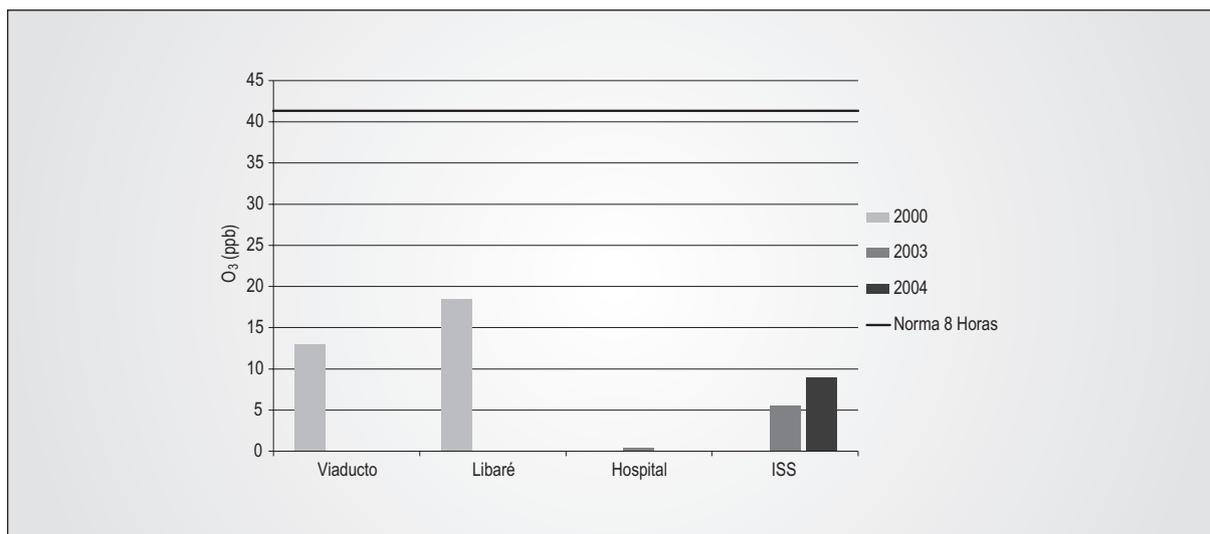
Fuente: IDEAM, 2007

2.16.1.3. Ozono – O₃

El monitoreo de O₃ se realiza cada ocho (8) horas de manera automática por las estaciones. De los registros promedio para los años que cuentan con información (2000, 2003 y 2004),

en ninguna ocasión se supera el nivel máximo permisible de ocho horas. La estación ISS muestra un incremento en la concentración del 2003 al 2004 con promedios de 5,5 y 9 ppb, respectivamente, como se observa en la Figura 2.99.

Figura 2.99. Concentración promedio anual de O₃ en las estaciones de la red de Carder



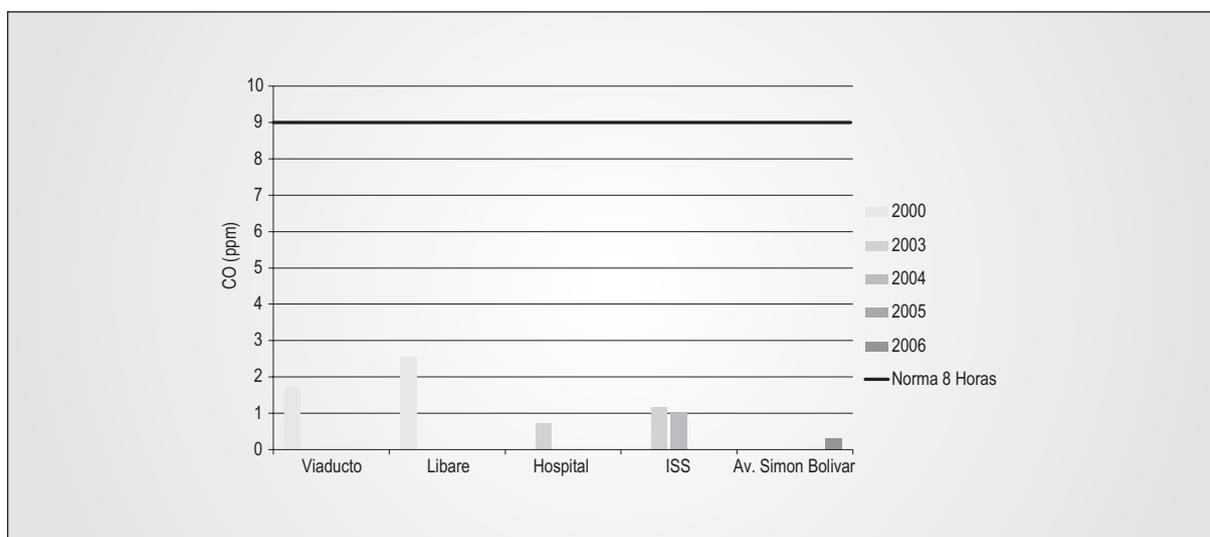
Fuente: IDEAM, 2007

2.16.1.4. Monóxido de Carbono – CO

El CO es monitoreado al igual que el O₃, y sus concentraciones promedio no superan el nivel máximo permisible para el promedio de ocho horas. En la Figura 2.100 se puede observar que el promedio más alto registrado fue durante el

año 2000 con una concentración de 2,57 ppm en la estación Libaré. Para el caso de la estación Hospital la concentración incrementó del 2003 al 2004 en 1,28 ppb, situación contraria a la estación ISS en donde la concentración disminuyó en 0,17 ppb para el mismo periodo de tiempo.

Figura 2.100. Concentración promedio anual de CO en las estaciones de la red de Carder



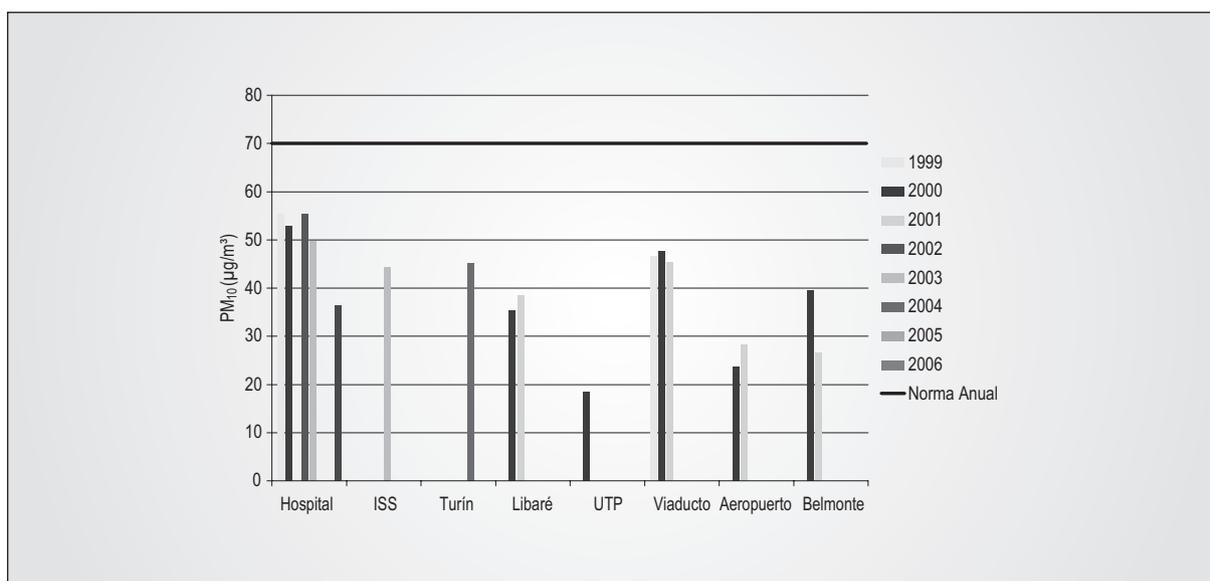
Fuente: IDEAM, 2007

2.16.1.5. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Los datos registrados para PM10 muestran que las concentraciones promedio anuales no exceden en ninguna ocasión el nivel máximo permisible anual, ni el de 24 horas, en ninguno de los municipios donde es monitoreado. En la Figura 2.101 se presentan los promedios para Pereira

donde la estación Hospital, en general, tiene los promedios más altos, aunque en el 2006 se observa un descenso en la concentración comparada con la de los años anteriores. Las demás estaciones registran concentraciones muy variables, que no superan los 50 µg/m³, siendo la estación UTP en el 2000 la que registró la concentración histórica más baja (18,43 µg/m³).

Figura 2.101. Concentración promedio anual de PM10 en la ciudad de Pereira

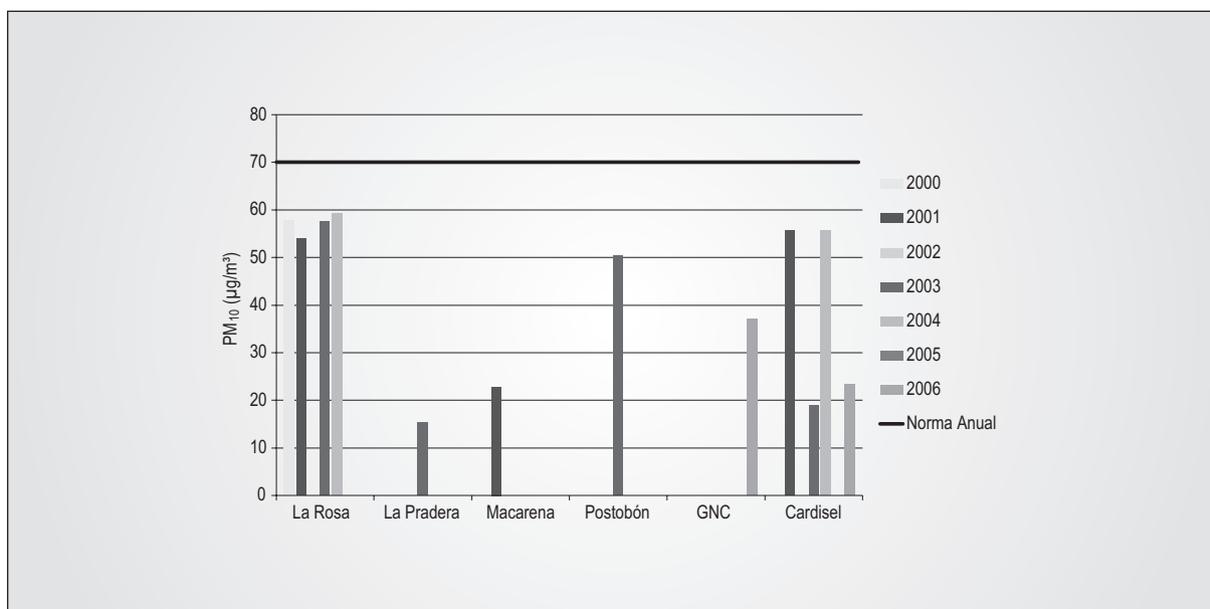


Fuente: IDEAM, 2007

En las Figuras 2.102 y 2.103 se presentan las concentraciones promedio anuales para los municipios de Dosquebradas, La Virginia y Santa Rosa, respectivamente. En el municipio de Dosquebradas se registran las concentraciones más elevadas de PM10 de toda la red, superando los 50

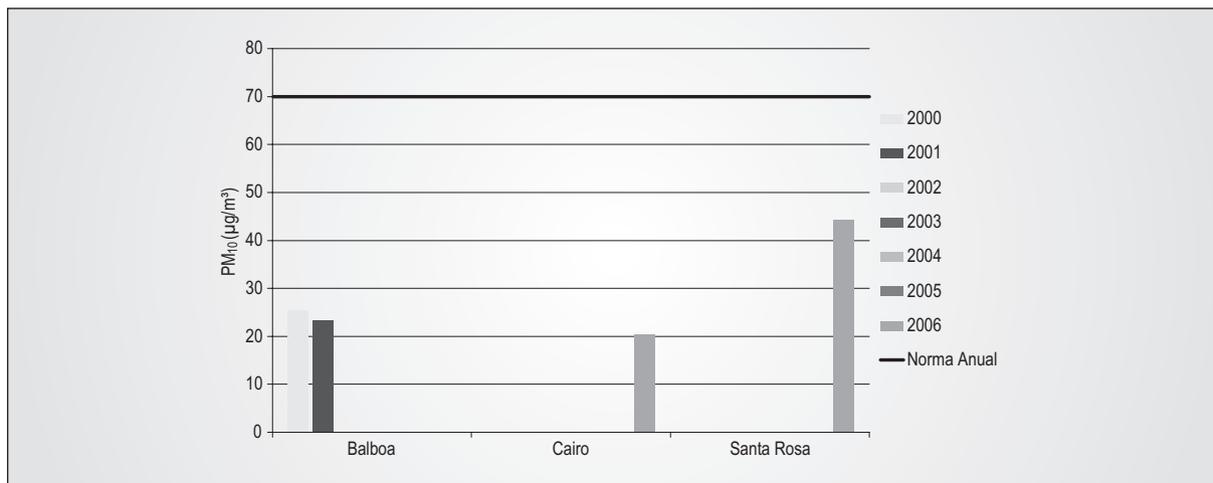
$\mu\text{g}/\text{m}^3$ en repetidas ocasiones. En los otros municipios las concentraciones son menores; en La Virginia se encuentran alrededor de los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y en Santa Rosa para el 2006 se registró una concentración promedio de $44,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.102. Concentración promedio anual de PM10 en el municipio de Dosquebradas



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.103. Concentración promedio anual de PM10 en los municipios de La Virginia y Santa Rosa

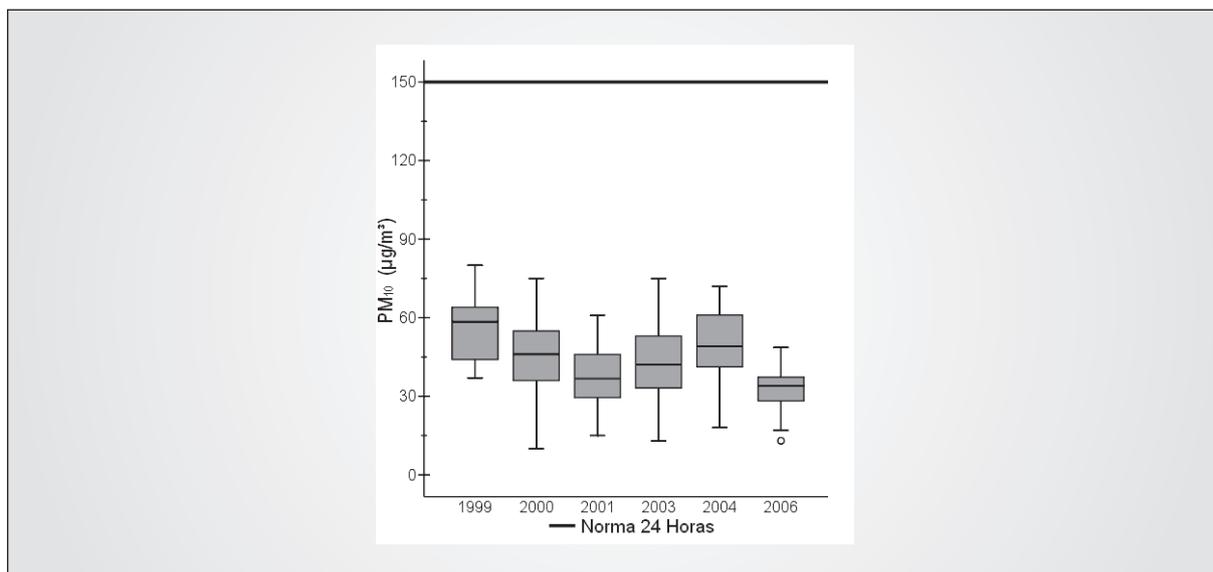


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas de PM10 no superan el nivel máximo permisible. En cuanto a las medianas de las concentraciones presentan un descenso a partir de 1999 hasta

el 2001 y en el año 2006 se presenta la mediana más baja, como se observa en la Figura 2.104.

Figura 2.104. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Carder



Fuente: IDEAM, 2007

2.17. MUNICIPIOS DEL CAUCA

La Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) viene realizando la medición de la calidad del aire desde el año 2002 en diferentes municipios de su jurisdicción (Popayán, Santander de Quilichao, Villarrica, Puerto Tejada, Caloto y Corinto) a través de equipos semiautomáticos, registrando concentraciones de SO₂, NO₂, PM10 y PST. Aunque las fre-

cuencias de la red de monitoreo de la CRC no cumplen con lo establecido en el Decreto 02 de 1982, las concentraciones se compararon con los niveles máximos permisibles anuales. Para el caso de las mediciones de Popayán estas han sido realizadas de manera continua desde el año 2004. En la Tabla 2.29 se presentan los parámetros que mide la estación en cada una de los puntos de monitoreo.

Tabla 2.29. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de la CRC

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Popayán	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Santander	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Villarica	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Puerto Tejada	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Caloto	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST
Corinto	NO ₂ , PM10, SO ₂ , PST

Fuente: CRC, 2007

2.17.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

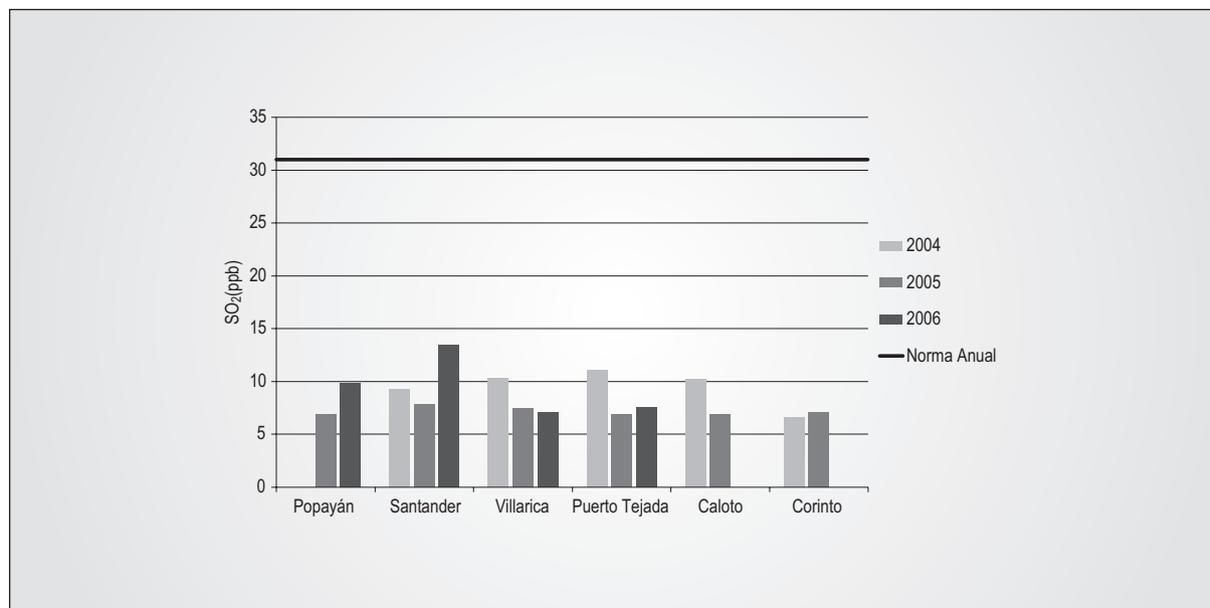
2.17.1.1. Dióxido de Azufre – SO₂

Las concentraciones de SO₂ se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles de 24 horas y anuales. En la Figura 2.105 se observa que en el año 2004 se registraron algunas de las concentraciones más altas, no obstante las mediciones

registradas en las estaciones de Popayán, Santander y Puerto Tejada muestran un incremento en las concentraciones para el 2006.

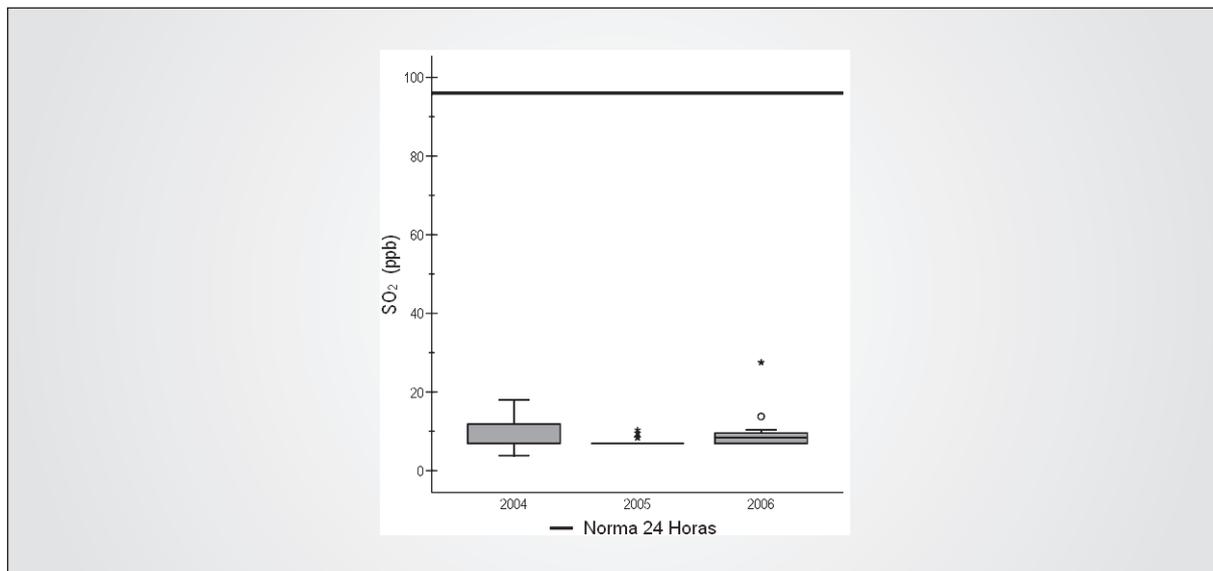
Las concentraciones de 24 horas de la red no superan el nivel diario máximo establecido, manteniéndose en su mayoría por debajo de los 20 ppb (Ver Figura 2.106).

Figura 2.105. Concentración promedio anual SO₂ en las estaciones de la red de la CRC



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.106. Concentración promedio de SO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC



Fuente: IDEAM, 2007

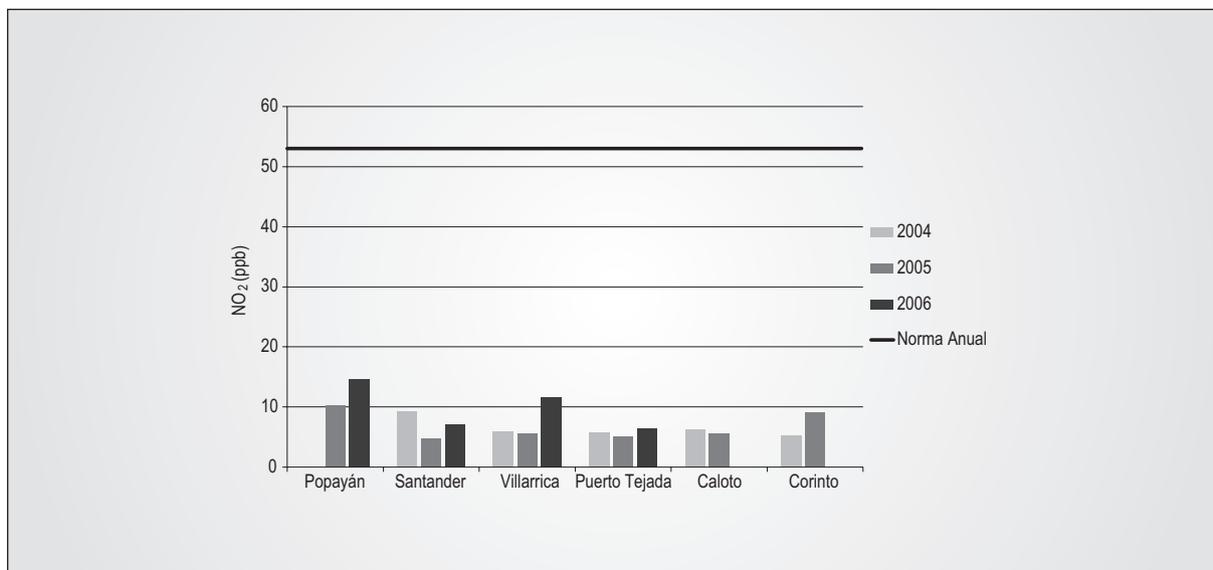
2.17.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

Las concentraciones de NO₂ se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles tanto anuales como de 24 horas. En la Figura 2.107 se puede observar que los promedios anuales no superan los 15 ppb. La estación Popayán es la que registra las concentraciones más altas, siendo impor-

tante resaltar que para las cuatro (4) estaciones que cuentan con datos para el 2006 este promedio es superior al del año anterior.

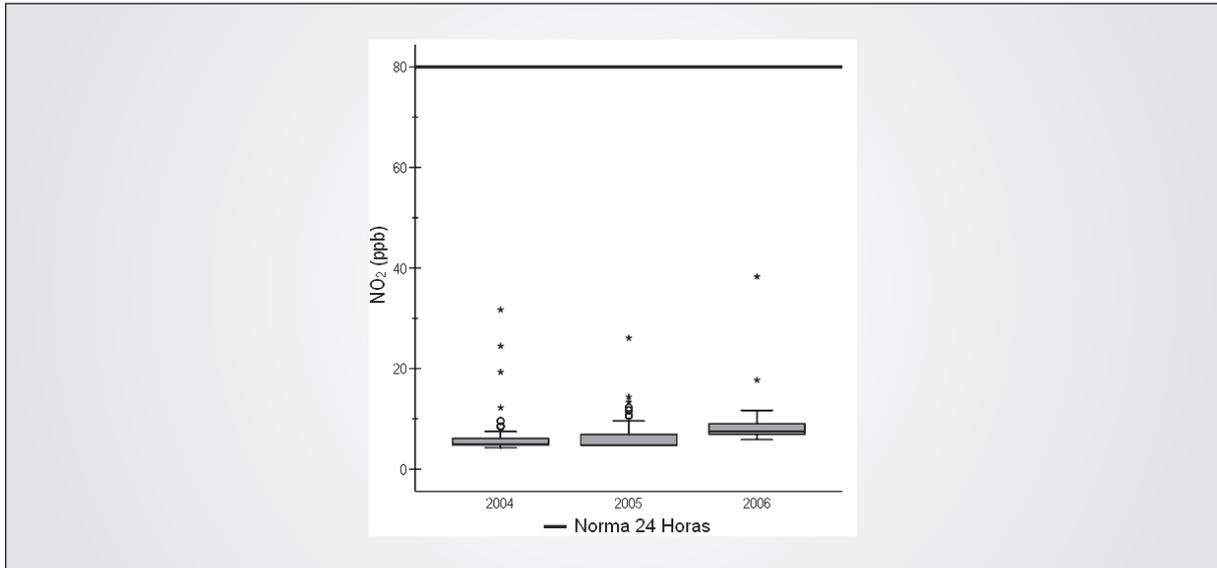
En la Figura 2.108 se observa que las concentraciones de 24 horas de NO₂ no superan el nivel máximo permisible, aunque las medianas han venido en aumento año tras año.

Figura 2.107. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de la CRC



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.108. Concentración promedio de NO₂ (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC



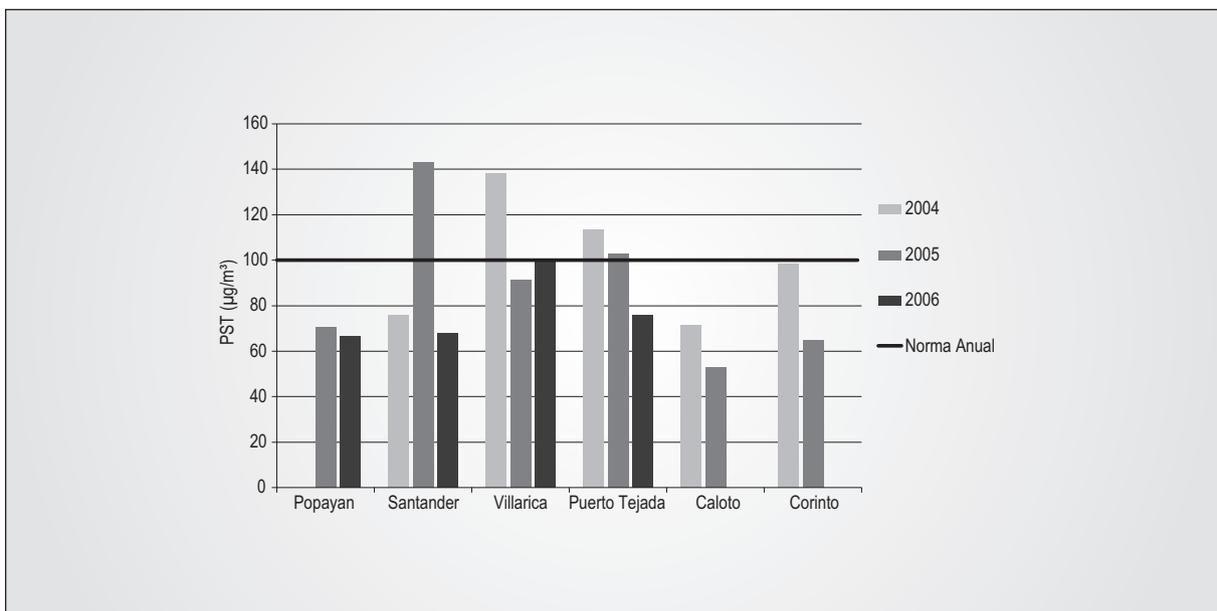
Fuente: IDEAM, 2007

2.17.1.3. Partículas Suspendedas Totales – PST

En la Figura 2.109 se observa que las estaciones Santander, Villarrica y Puerto Tejada exceden el nivel máximo permisible anual. En general, las concentraciones varían considerable-

mente en las diferentes estaciones para los diferentes años, registrándose el promedio más alto en el año 2005 en la estación Santander (142,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguido por el registrado en el 2004 por la estación Villarrica con promedio de 138,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 2.109. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la CRC

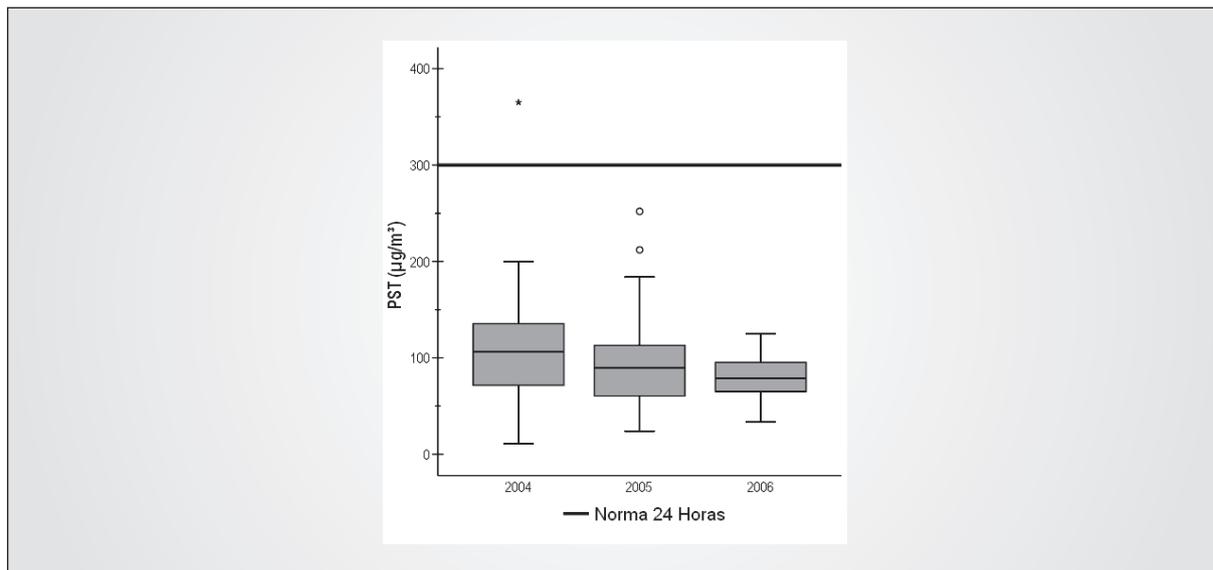


Fuente: IDEAM, 2007

Respecto a las concentraciones de 24 horas de PST, solo se presenta una excedencia en el año 2004 con una concentración de 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como se observa en la Figura 2.110.

En relación con las medianas, estas han descendido con el transcurrir del tiempo.

Figura 2.110. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC



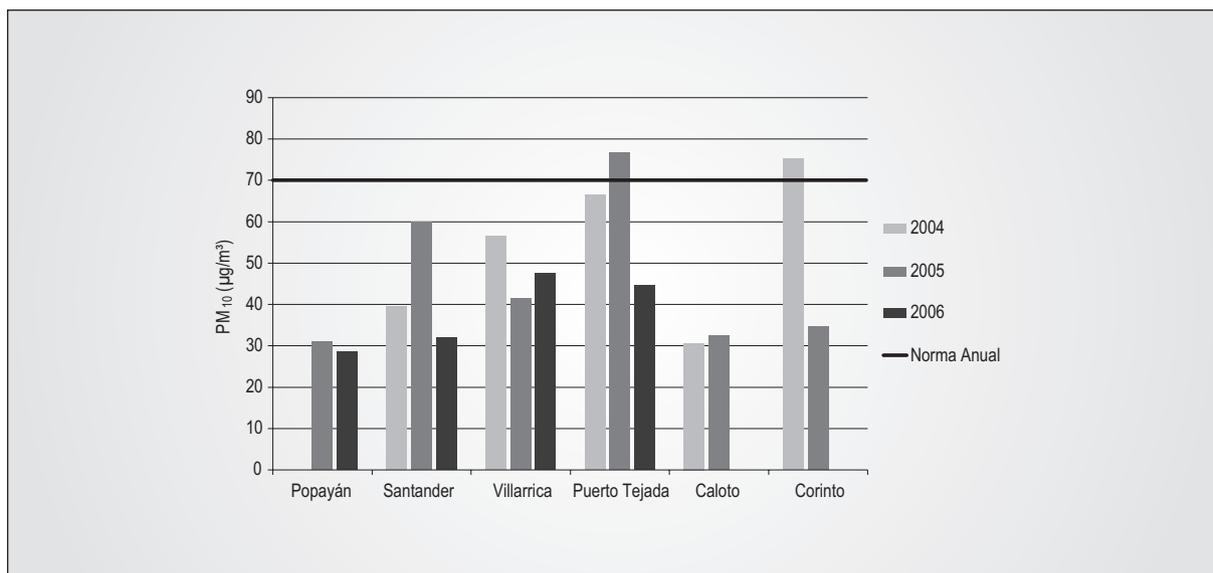
Fuente: IDEAM, 2007

2.17.1.4. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones de PM10 exceden los niveles máximos permisibles anuales en dos (2) estaciones (Puerto Tejada y Corinto) para los años 2004 y 2005, respectivamente, como se observa en la Figura 2.111.

Los promedios anuales para el 2006, en tres (3) de los seis (6) puntos de monitoreo disminuyeron con respecto al 2005. Las estaciones Popayán y Caloto tienen promedios similares entre ellas, mientras que las otras estaciones por el contrario muestran variaciones importantes entre los diferentes años.

Figura 2.111. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CRC

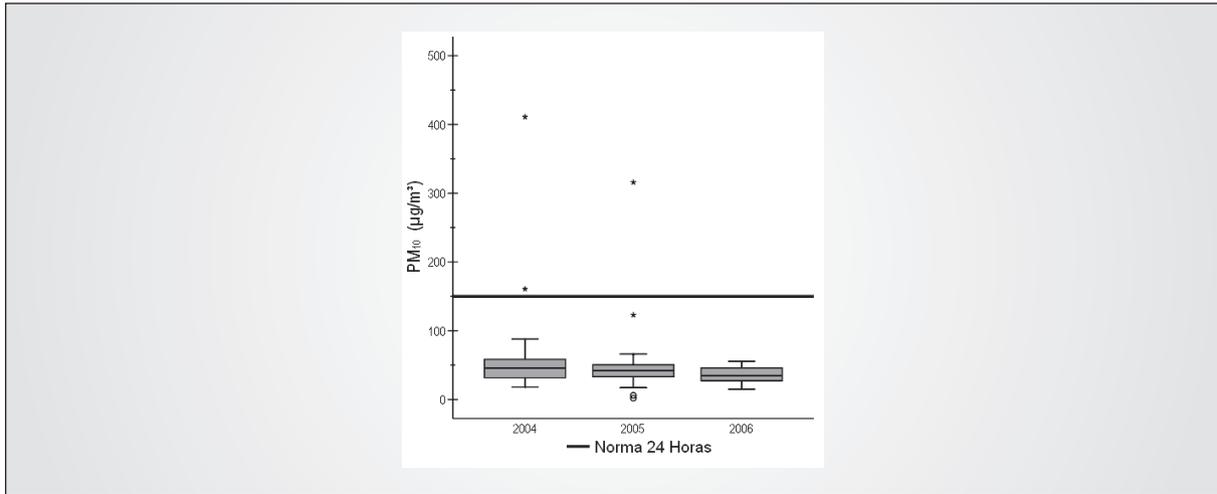


Fuente: IDEAM, 2007

En cuanto a las concentraciones de 24 horas en la red, el nivel diario establecido para PM10 es superado en tres (3) ocasiones, dos (2) en el 2004 y una (1) en el 2006. En cuanto

a las medianas estas se mantuvieron constantes en el tiempo (Ver Figura 2.112).

Figura 2.112. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de la CRC



Fuente: IDEAM, 2007

2.17.2. Control y Seguimiento

La CRC como autoridad ambiental de la región ha realizado el control de las emisiones por fuentes fijas de mayor importancia, teniendo en cuenta el tipo de descarga, combustible y actividad industrial. En este sentido, desde el 2004 ha venido realizando el control y seguimiento a veintiún (21) fuentes fijas de emisión, en especial de los sectores de producción de azúcar, industrias farmacéuticas, así como también a los incineradores de los Hospitales San José de Popayán, Santander de Quilichao y Silvia.

2.18. MUNICIPIOS DEL QUINDÍO

La Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) tiene una red de monitoreo de calidad del aire compuesta por cuatro (4) estaciones ubicadas en diferentes zonas de la región.

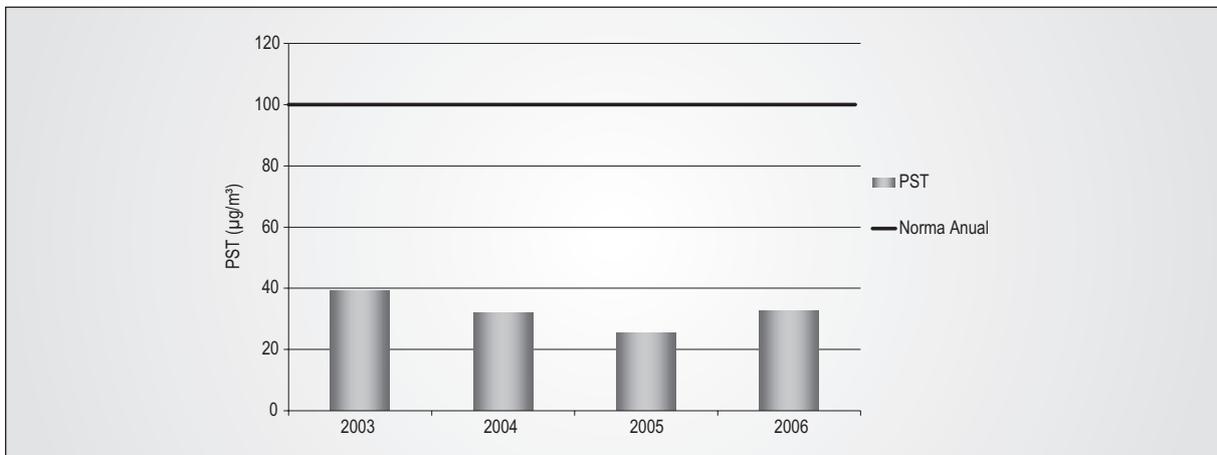
Dos (2) de estas estaciones están equipadas con muestreadores de PST, una estación cuenta con muestreadores de PST y $PM_{2.5}$ y una estación cuenta con un muestreador de PM_{10} ; el cual actualmente no se encuentra en operación. Adicionalmente, la red cuenta con un analizador manual de tres (3) gases y un muestreador de PST, los cuales se encuentran fuera de operación.

2.18.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.18.1.1. Partículas Suspendedas Totales – PST

Los registros para PST tomados por la estación de la CRQ muestran que las concentraciones promedio anuales están por debajo del nivel máximo permisible para este contaminante. Como se puede observar en la Figura 2.113 del 2003 al 2005 hubo un descenso en las concentraciones las cuales para el año 2006 volvieron a incrementarse.

Figura 2.113. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de la CRQ

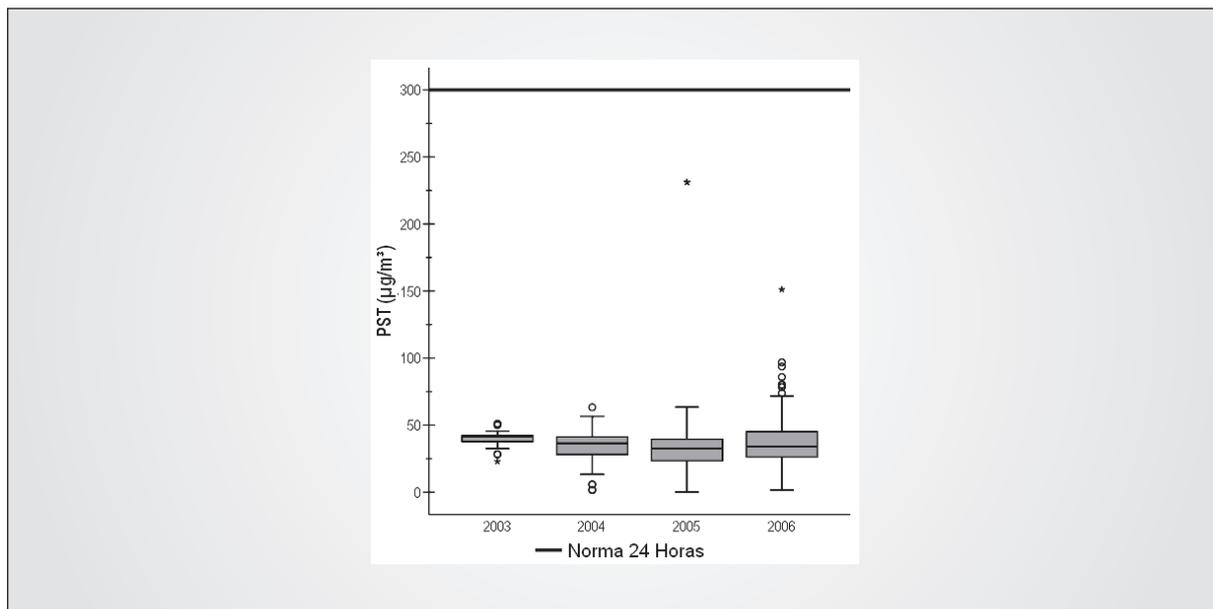


Fuente: IDEAM, 2007

Con respecto a las concentraciones de 24 horas de PST, se observa en la Figura 2.114 que el nivel máximo permisible no es superado. Adicionalmente, las medianas se mantienen

constantes durante los cuatro (4) años analizados, siendo el 2003 el que registra la más alta.

Figura 2.114. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de la CRQ



Fuente: IDEAM, 2007

2.18.2. Control y Seguimiento

En la jurisdicción de la Corporación se encuentran diferentes fuentes fijas de contaminación, siendo las trilladoras de café las que por su actividad, ubicación y número representan uno de los generadores más representativos desde el punto de vista de la generación de material particulado, para lo cual se ha venido adelantando el monitoreo de PST cuando las trilladoras se encuentran en operación.

En relación con el control y seguimiento a las emisiones generadas por fuentes móviles, la Corporación ha realizado operativos en calle desde el 2004, dando como resultado que la cantidad de vehículos que aprueban la medición es mayor con respecto a los que no cumplen con la norma de emisión de gases.

2.19. MUNICIPIOS DEL TOLIMA

La Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima), ejerciendo sus funciones de autoridad ambiental de la región, cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire desde el año 2000 cuando inició su operación. Las estaciones de monitoreo son manuales y miden concentraciones de PM10 y PST en la ciudad de Ibagué y en algunos municipios de la jurisdicción de la Corporación.

Con el objeto de tener un mayor conocimiento de las concentraciones de los contaminantes en el aire, Cortolima ha realizado monitoreos en diferentes zonas de su jurisdicción, lo que ha requerido el traslado de algunas estaciones³⁸. Para el 2006, la red contaba con nueve (9) estaciones de monitoreo, de las cuales cuatro (4) están ubicadas en la ciudad de Ibagué y las otras cinco (5) en los municipios de Lérida, Espinal, y San Luis. En la Tabla 2.30 se presenta la red de monitoreo de calidad del aire que actualmente está en operación en la jurisdicción de Cortolima.

³⁸ PST (Hospital Reina Sofía, Hospital Santa Bárbara, Viñedo, Olivos, Precoas); PST y PM₁₀ (Esmeralda, Santa Bárbara, Payandé e IBAL)

Tabla 2.30. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de Cortolima

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Payandé	PST
Cortolima	PST
Salado	PST
Hospital Reina Sofía	PM10
Colegio	PM10
ITFIP	PST
Hospital San Rafael	PST
Corregiduría	PST, PM10
La Garita	PST

Fuente: Cortolima, 2007

2.19.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.19.1.1. Partículas Suspensas Totales – PST

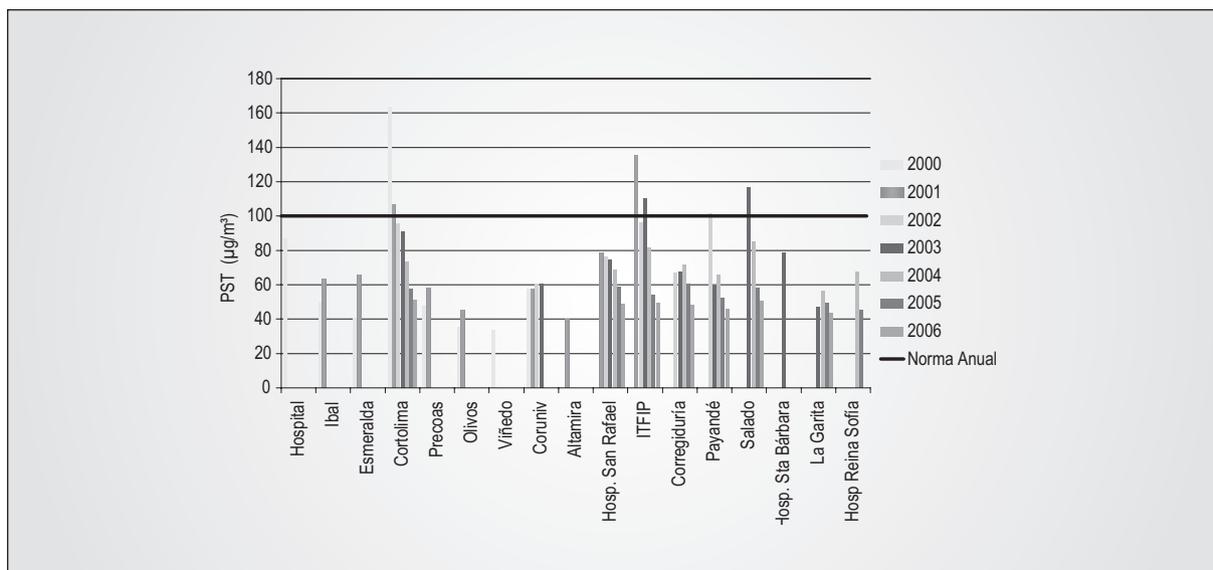
Las concentraciones de PST registradas por la red muestran que el nivel máximo permisible diario es superado en varias ocasiones, en especial en los meses de diciembre y enero de los años 2001 y 2002 en las estaciones de Cortolima e ITFIP.

En la Figura 2.115 se observa que el nivel máximo permisible anual es superado en seis (6) ocasiones, siendo de especial

importancia la concentración en la estación Cortolima, la cual registra un promedio anual en el 2000 superior a $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así como también la estación ITFIP en el 2001 con una concentración de $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Es de destacar que en las estaciones Hospital San Rafael, Salado, Corregiduría, Cortolima, Payandé e ITFIP las concentraciones han disminuido con el transcurso del tiempo. Así mismo, para el 2006 las concentraciones promedio anuales de todas las estaciones obtuvieron las concentraciones históricas más bajas.

Figura 2.115. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de la red de Cortolima

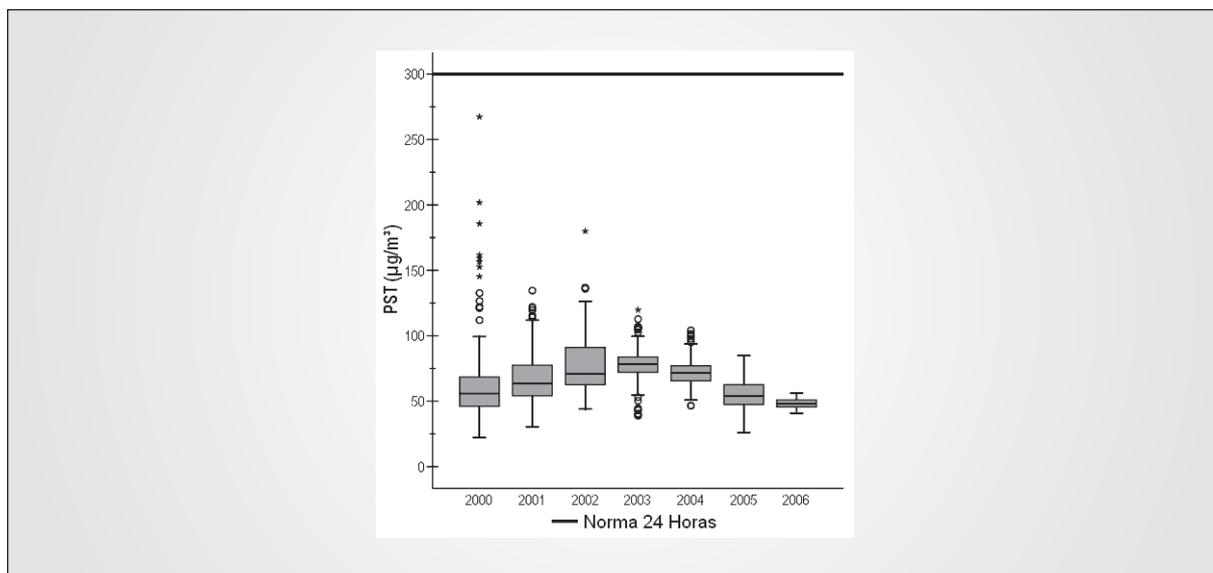


Fuente: IDEAM, 2007

En cuanto a las concentraciones de 24 horas de la red, el nivel permisible diario para PST no es superado no obstante las concentraciones medianas presentan un incremento con-

siderable desde el 2000 hasta el 2003, año a partir del cual estas disminuyen de nuevo alcanzando en el 2006 su valor más bajo (Ver Figura 2.116).

Figura 2.116. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la red de Cortolima



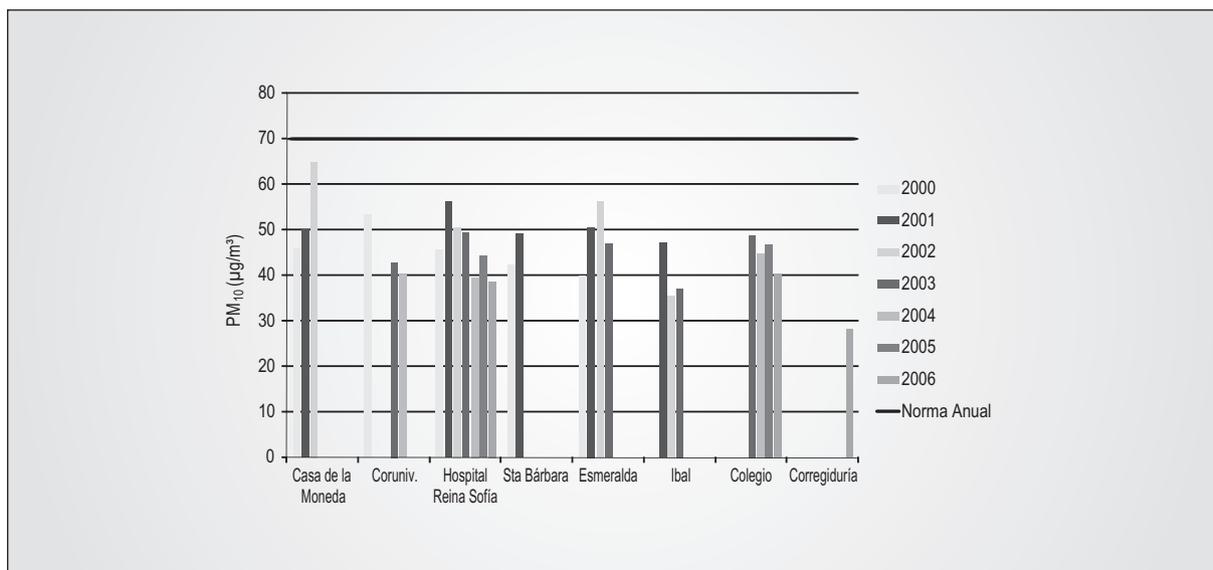
Fuente: IDEAM, 2007

2.19.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones de PM10 no superan los niveles máximos permisibles de 24 horas, ni anuales establecidos por la normatividad nacional vigente. En la Figura 2.117 se observa que la concentración máxima promedio anual registrada fue

medida en la estación Casa de la Moneda (Ibagué) en el año 2002 con una concentración de 65 µg/m³. En las estaciones Colegio y Hospital, que cuentan con información a partir del 2003, se destaca que las concentraciones promedio del 2006 son menores que las de los años anteriores, estando alrededor de los 40 µg/m³.

Figura 2.117. Concentración promedio anual de PM10 para las estaciones de la red de Cortolima

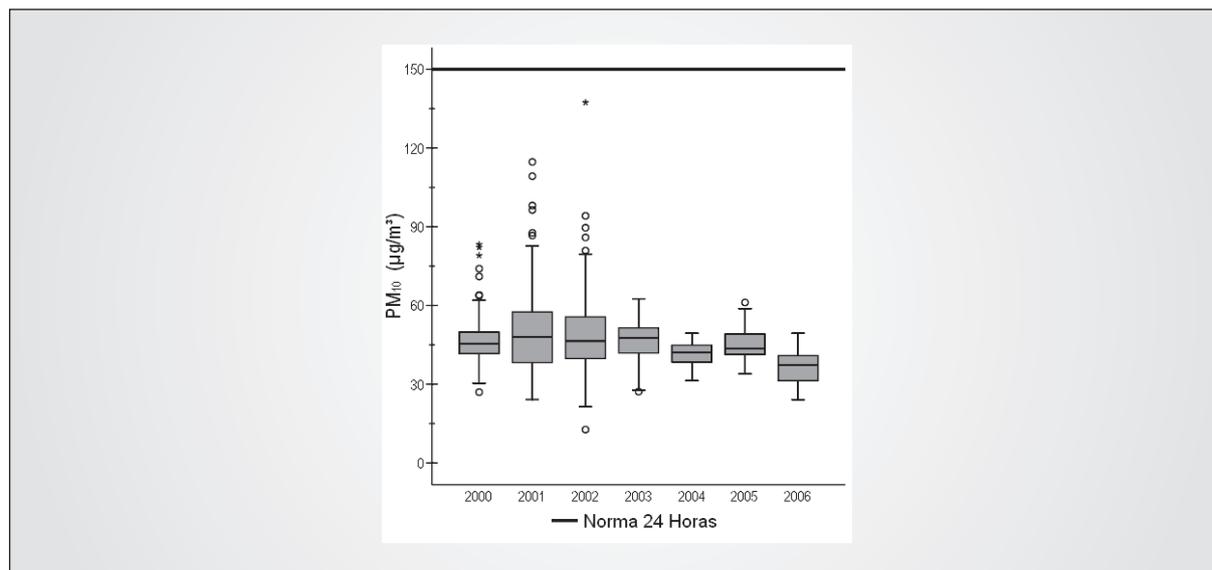


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de 24 horas no superan el nivel máximo permisible. Durante todos los años la mediana de las concentraciones se mantiene constante, con excepción del 2006

donde se presenta la más baja de los siete (7) años analizados (Ver Figura 2.118).

Figura 2.118. Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones de la red de Cortolima



Fuente: IDEAM, 2007

2.20. MUNICIPIOS DEL URABÁ ANTIOQUEÑO JURISDICCIÓN DE CORPOURABÁ

La Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá (Corpourabá) no cuenta con equipos de monitoreo de calidad del aire, debido a la baja incidencia de sectores industriales en su jurisdicción; sin embargo, por el tipo de actividades agroindustriales que se realizan, especialmente las plantaciones de plátano, la Corporación se encuentra realizando diferentes acciones tendientes al seguimiento de las actividades que puedan generar efectos adversos sobre la población.

En este sentido, entre el 5 y el 21 de octubre de 2006, fue realizado un estudio en diez (10) centros poblados de la jurisdicción, para conocer las concentraciones en el aire de los plaguicidas Mancozeb y Clorotalonil, utilizados en las plantaciones de plátano de la región, dando como resultado para todas las muestras tomadas, que las concentraciones se encontraban por debajo de los niveles de detección (<LD)³⁹.

Por otro lado, Corpourabá realiza el seguimiento y control a las fuentes móviles que circulan por su jurisdicción, así como también a los centros de diagnóstico para identificar que cumplan con la normatividad vigente.

2.21. NEIVA – HUILA

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) a pesar de no contar con una red de monitoreo de calidad del aire realizó una campaña de monitoreo con el fin de evaluar el estado de la calidad del aire de la ciudad de Neiva.

El monitoreo tenía como objetivo principal medir y comparar las concentraciones en el aire, entre un día de actividad normal de la ciudad y un día sin carro, fue así como la campaña se llevó a cabo los días 14 y 15 de julio de 2004 en tres (3) puntos diferentes de muestreo sobre las principales vías de Neiva, midiendo PST, NO₂ y SO₂.

Dentro de los principales resultados obtenidos de la campaña de monitoreo, se destaca que los tres (3) contaminantes cumplieron con niveles máximos permisibles, establecidos por la Resolución 601 de 2006 del MAVDT. Las mediciones de PST no superaron los niveles máximos permisibles de 24 horas ya que fueron 207,06 y 221,09 µg/m³ para el día sin carro y el día corriente, respectivamente.

³⁹ Muestreo de plaguicidas Mancozeb y Clorotalonil en aire en 10 centros poblados del Urabá Antioqueño, Jurisdicción de Corpourabá, 2006.

De igual forma para el caso de NO₂ y SO₂ los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles de 24 horas. Cabe destacar que las mediciones del día sin carro de los diferentes contaminantes disminuyeron comparadas con las concentraciones de los contaminantes en el día corriente.

2.22. QUIBDÓ – CHOCÓ

La Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (Codechocó) no cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire; sin embargo, como autoridad ambiental ha realizado el control y seguimiento a las fuentes móviles de la región, las cuales han sido identificadas como el principal problema de contaminación del aire.

Para las actividades de control y seguimiento de las fuentes móviles, Codechocó ha trabajado conjuntamente con el apoyo del SENA, de las autoridades de tránsito municipal y departamental, de la Policía Nacional y de la Servitécnica Frenos Quibdó.

En desarrollo de sus funciones, han sido realizadas cinco (5) jornadas de emisiones de gases por fuentes móviles, en donde han sido monitoreados 454 vehículos, de los cuales un 35,7% corresponde a motores a diésel y un 64,3% a motores a gasolina.

Dentro de los principales resultados, es importante resaltar que existe un mayor porcentaje de incumplimiento de la normatividad ambiental vigente, de los vehículos que funcionan a gasolina, respecto a los que funcionan con diésel. Por otro lado, los resultados de las campañas de monitoreo muestran que existe un alto porcentaje de los certificados de gases que se encuentran vencidos.

2.23. SANTIAGO DE CALI – VALLE DEL CAUCA

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), como autoridad ambiental de la ciudad de

Santiago de Cali, cuenta con una red de monitoreo de calidad del aire, la cual inició operación a mediados de 1999; sin embargo, el primer año correspondió a una etapa de pruebas y ajustes al sistema; en el año 2000 salió de operación durante un periodo aproximado de dos (2) años y se puso a punto de nuevo en abril de 2003.

La red está compuesta por nueve (9) estaciones de monitoreo de calidad del aire, de las cuales ocho (8) corresponden a estaciones fijas y una (1) a la estación móvil (ver Tabla 2.31). Los principales parámetros que son monitoreados por las estaciones corresponden a PM10, SO₂, CO, NO_x y O₃. A su vez, la red también cuenta con sensores meteorológicos de temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento, radiación solar y presión barométrica, los cuales se encuentran en las estaciones Centro de Diagnóstico Automotor del Valle (CDAV), Escuela República de Argentina (ERA), Hospital Universitario del Valle y CVC Pance.

La red fue diseñada utilizando los criterios para la ubicación de estaciones recomendados por la EPA, con el propósito de cumplir los siguientes objetivos:

- Establecer bases científicas para políticas de desarrollo.
- Revisar la congruencia de las normas y criterios legales.
- Estimar efectos en la población y ambiente.
- Proporcionar información científica de fuentes y riesgos de contaminación.
- Evaluar tendencias y áreas críticas.
- Verificar los efectos de medidas de control de la contaminación atmosférica.
- Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes.
- Identificar el impacto de nuevas fuentes.
- Obtener datos para enfocar acciones legales.

Tabla 2.31. Estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire del DAGMA

ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN/SECTOR	PARÁMETROS MEDIDOS
Centro de Diagnóstico Automotor del Valle – CDAV	Norte	PM10, SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ y meteorología
Marco Fidel Suárez – BA	Nororienté	PM10, SO ₂ , NO _x , CO
Hospital Universitario del Valle – HUV	Suroccidente	PM10, SO ₂ , CO, y meteorología
Polideportivo el Diamante – PDD	Oriente	PM10, SO ₂ , NO _x , O ₃
CVC Pance – CVC	Zona Rural (Sur)	PM10, O ₃ y meteorología
Escuela República Argentina – ERA	Centro	PM10, SO ₂ , NO _x , CO, y meteorología
Universidad del Valle – UV	Sur	PM10, SO ₂ , O ₃
Calle 15	Monitoreo en Vía	PM10, NO _x , CO
Unidad Móvil		PM10, SO ₂ , NO _x , CO, O ₃

Fuente: DAGMA, 2007

2.23.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.23.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Las concentraciones de SO₂ registradas por la red no superan los niveles máximos permisibles en ninguna de las estaciones que miden este contaminante. En las Figuras 2.119 y 2.120 se resume el comportamiento del SO₂ en toda la red para

el periodo comprendido entre 2003 y 2006. Los resultados muestran que para el caso de las concentraciones de tres (3) horas las medianas tienen una tendencia similar en el tiempo; sin embargo, algunas concentraciones en el 2004 y 2005 registran valores que alcanzan las 100 ppb. Los resultados de las concentraciones para el 2005 muestran valores cercanos al valor nivel máximo permisible.

Figura 2.119. Concentración promedio de SO₂ (3 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA

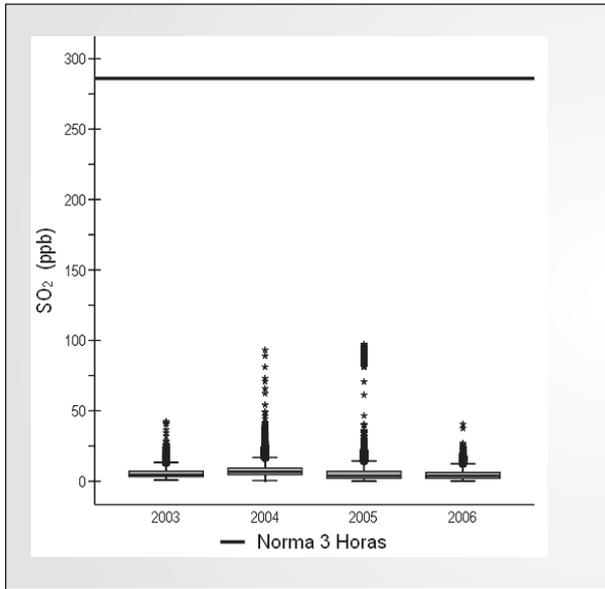
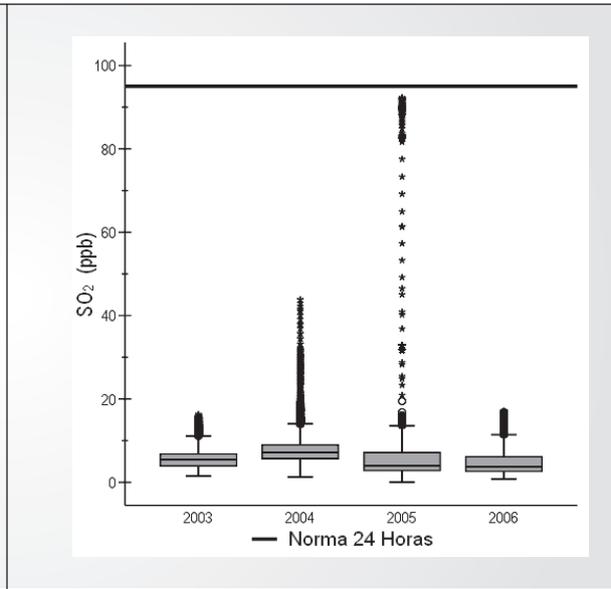


Figura 2.120. Concentración promedio de SO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA

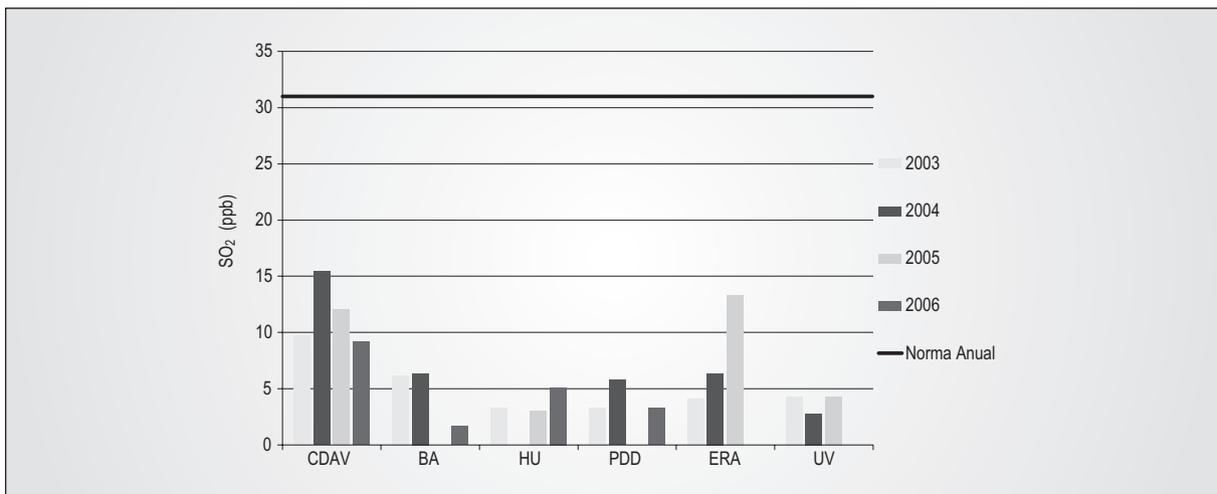


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.121 se observa que la estación que ha registrado las concentraciones más altas es la CDAV, mientras que la estación ERA ha presentado un incremento de las concentra-

ciones con el tiempo. Respecto a los promedios anuales se puede observar que son muy variables en el tiempo para los diferentes puntos de monitoreo.

Figura 2.121. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

2.23.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

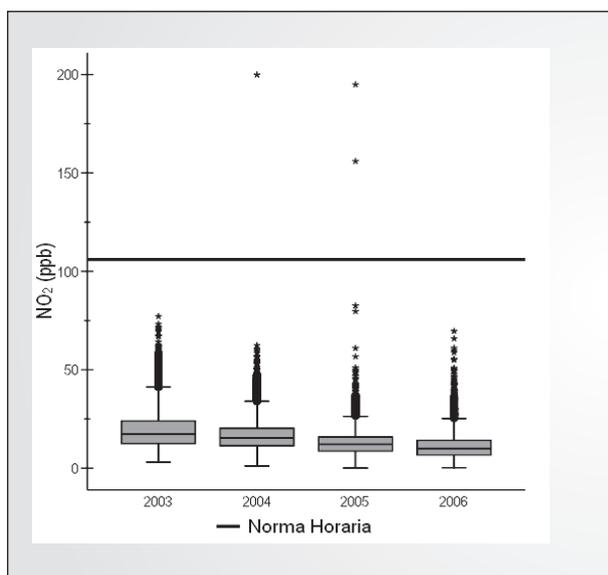
En general las concentraciones de NO₂ registradas se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles anuales, aunque su comportamiento ha sido variable en diferentes puntos de la ciudad, así como también a través de los años. En particular, las estaciones CDAV, ERA y Calle 15 registran episodios de excedencias del nivel máximo permisible horario (106 ppb), llegando a registrar concentraciones cercanas a las 500 ppb.

El resumen de las concentraciones de toda la red para el caso del nivel máximo permisible horario muestra que en tres (3)

casos se excede el mismo; uno en el año 2004 y dos (2) en el año 2005, como se observa en la Figura 2.122. Igualmente sucede para el nivel máximo permisible de 24 horas, el cual es excedido durante estos mismos años (ver Figura 2.123). Por otro lado, se observa que las medianas han disminuido con el transcurrir del tiempo.

En la Figura 2.124 se presentan las concentraciones promedio anuales para NO₂ para cada estación, siendo la estación Calle 15 la que registra los mayores promedios.

Figura 2.122. Concentración promedio de NO₂ (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.123. Concentración promedio de NO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA

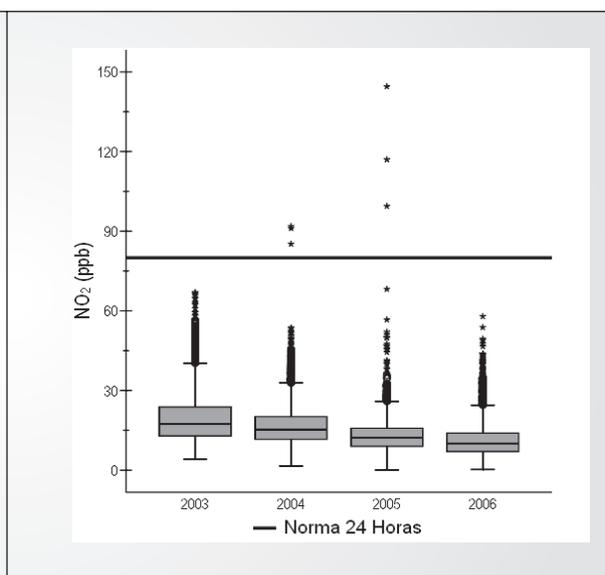
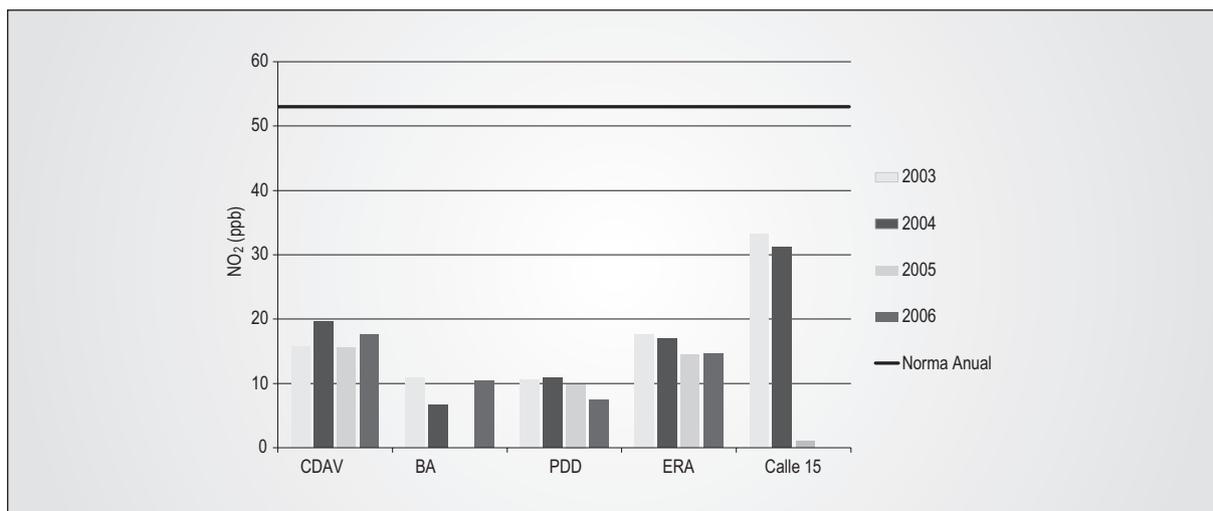


Figura 2.124. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

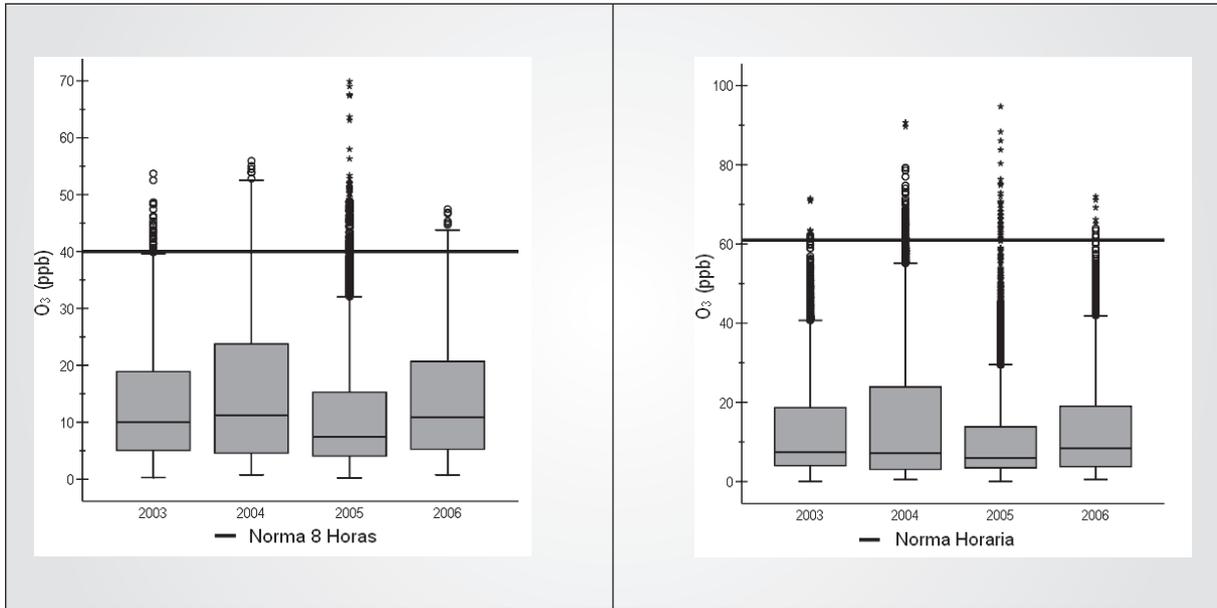
2.23.1.3. Ozono – O₃

Los niveles máximos permisibles para una y ocho horas de O₃ son superados en repetidas ocasiones como se observa en

las Figura, 2.125 y 2.126. Para el año 2005 las medianas para una y ocho horas son las más bajas, pero a su vez este es el año que presenta los casos más extremos y la mayor dispersión de las concentraciones.

Figura 2.125. Concentración promedio de O₃ (8 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA

Figura 2.126. Concentración promedio de O₃ (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA

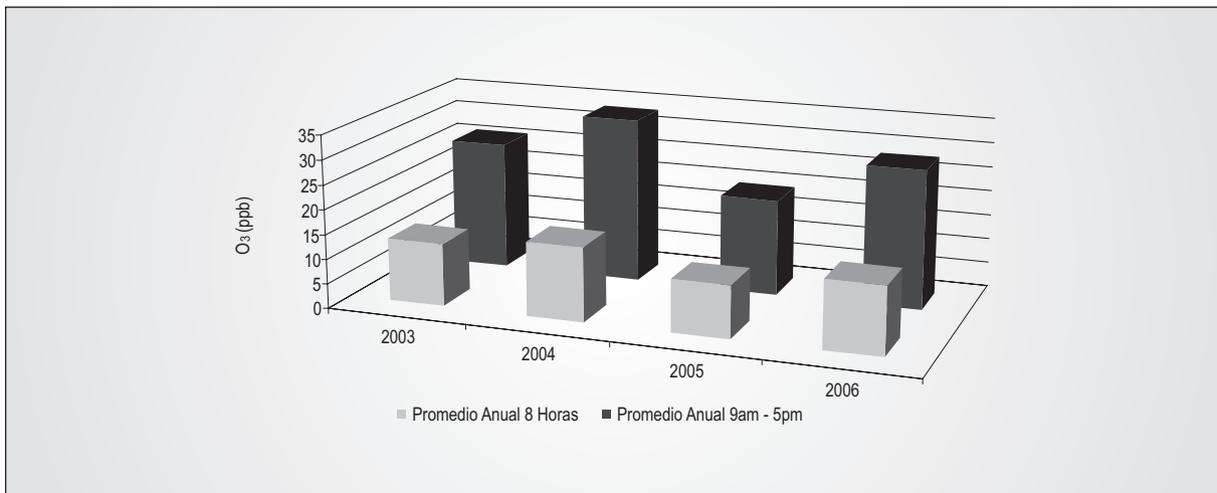


Fuente: IDEAM, 2007

Por otro lado, en la Figura 2.127 se presentan las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las concentraciones promedio de ocho horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m., donde se observa que para algunos años las concen-

traciones entre las 9 y 5 a.m. son el doble de las concentraciones de ocho horas. Los promedios más altos de ocho (8) horas se registran durante el periodo de las 9 a.m. y las 5 p.m. con concentraciones superiores a 35 ppb.

Figura 2.127. Comparación del promedio anual de ocho horas, contra el promedio de ocho horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

2.23.1.4. Monóxido de Carbono – CO

En las Figuras 2.128 y 2.129 se observa el resumen anual del comportamiento de este contaminante para las concentraciones de ocho y una hora, donde para el año 2005 se registran

las concentraciones más altas. A pesar de este comportamiento particular durante el 2005, las medianas en ambos casos se mantienen constantes durante los 4 años de monitoreo.

Figura 2.128. Concentración de CO (8 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA

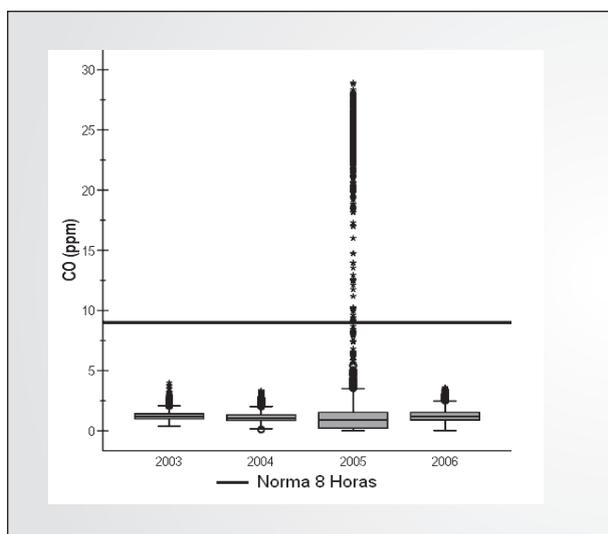
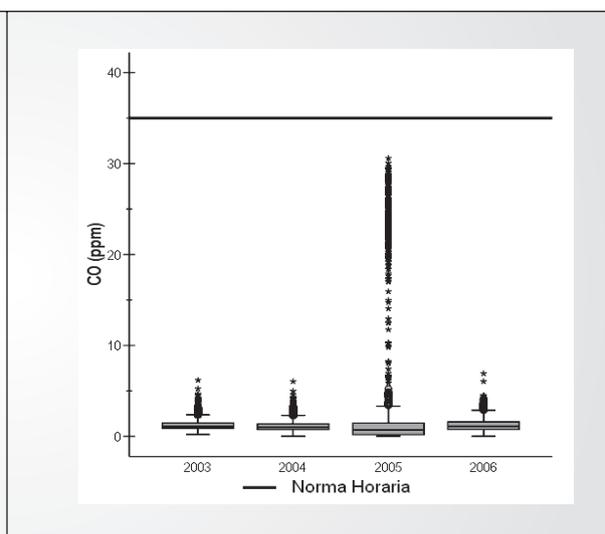


Figura 2.129. Concentración de CO (1 hora) en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

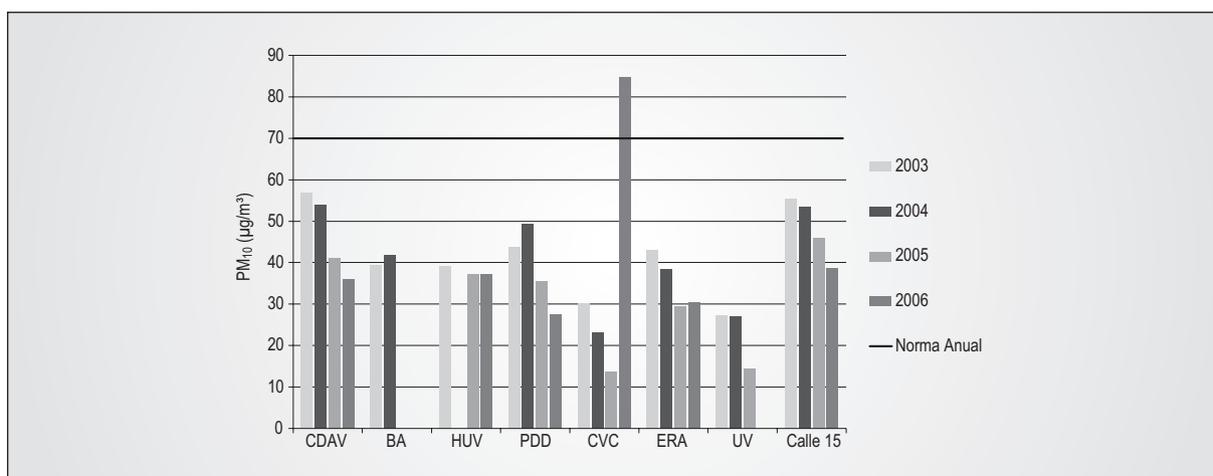
Ahora bien, la estación que registró las concentraciones más altas durante el 2005 fue la estación ERA, con un promedio anual de 10,28 ppm mientras que las demás estaciones registraron promedios por debajo de los 1,5 ppm.

En general, las concentraciones se encuentran por debajo de las normas establecidas, excepto para el año 2006 en la estación CVC (ver Figura 2.130) que registró un promedio de 84,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando la norma anual de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En las estaciones CDAV, PDD, ERA, UV y Calle 15 los promedios anuales van en descenso a partir del 2004.

2.23.1.5. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

El PM10 es el contaminante más monitoreado por la red, ya que todas las estaciones que la conforman lo miden.

Figura 2.130. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red del DAGMA

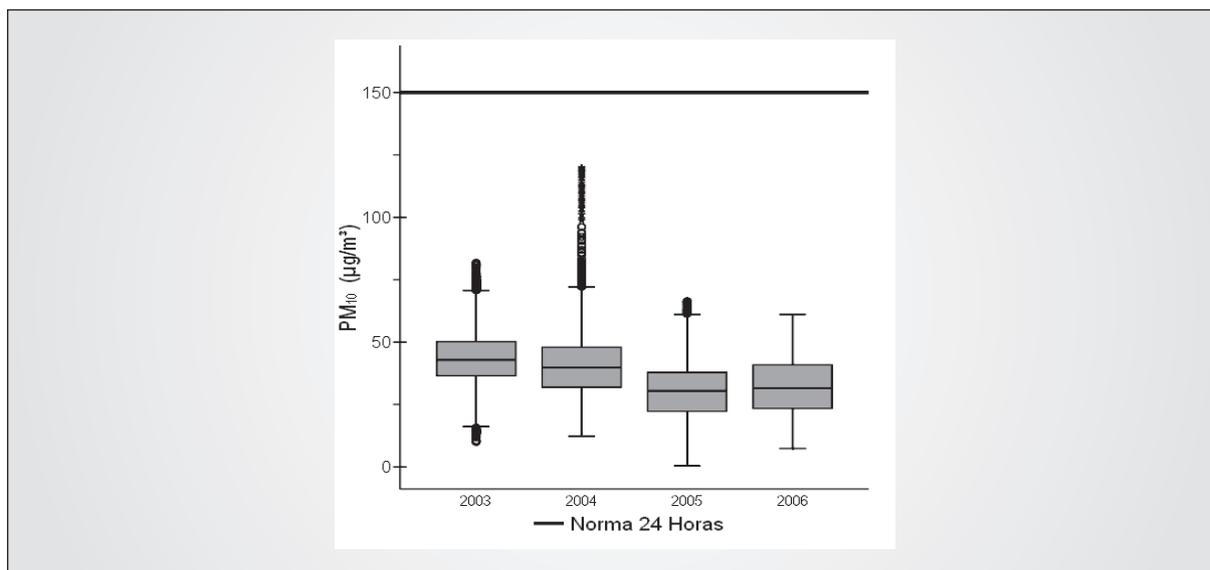


Fuente: IDEAM, 2007

En términos generales la red no registra valores por encima del nivel máximo permisible de 24 horas, siendo el año más crítico el 2004 donde algunas concentraciones están por encima de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como se puede observar en la Figura 2.131.

Las medianas de los años 2005 y 2006 son muy similares entre sí; sin embargo, estas son más bajas que las de los años anteriores, siendo la del 2003 la más alta.

Figura 2.131. Concentración de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red del DAGMA



Fuente: IDEAM, 2007

2.23.2. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Para el período 2004-2005 se tiene un consolidado de 258 empresas que reportaron información acerca de sus procesos a través de la Declaración Ambiental, de las cuales 85 declararon información sobre emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas de emisión de contaminantes de diferente tipo como calderas, hornos de fundición y crematorios, duc-

tos de extracción o succión y plantas de generación de energía eléctrica.

La Tabla 2.32 muestra los consolidados de las cargas contaminantes emitidas a la atmósfera en cada uno de los períodos en que se ha venido elaborando y actualizando el inventario de emisiones atmosféricas por fuentes fijas de Santiago de Cali.

Tabla 2.32. Inventario de emisiones del DAGMA para los años 2002 a 2005

PERIODO	EMISORES	TONELADAS / AÑO		
		PARTÍCULAS	SO ₂	NO _x
2002-2003	92 Emisores en 45 Empresas	588,9	102,2	107,5
2003-2004	134 Emisores en 78 Empresas	167,7	243,8	180,1
2004-2005	155 Emisores en 85 Empresas	563,7	210,6	155,8

Fuente: DAGMA, 2007

Como se puede observar en la Tabla 2.32, en el último período 155 fuentes fijas están emitiendo a la atmósfera, dentro del perímetro urbano de la ciudad, 563,7 toneladas de material particulado, 210,6 toneladas de dióxidos de azufre y 155,8 toneladas de óxidos de nitrógeno.

En la Tabla 2.33 se presenta la carga contaminante y el porcentaje generado por los sectores productivos y de servicios durante el periodo 2004-2005.

Tabla 2.33. Aporte de carga contaminante por sector productivo

SECTOR PRODUCTIVO	CARGAS CONTAMINANTES (TONELADA/AÑO)					
	PARTÍCULAS	% PARTÍCULAS	SO _x	%SO _x	NO _x	%NO _x
Alimentos y Bebidas	505,6	89,7	127,8	60,7	97,3	62,4
Fibras y Textiles	24,6	4,4	48,1	22,8	19,1	12,3
Jabones y Detergentes	16,1	2,9	0,0	0,0	4,2	2,7
Metalmecánica y Metalúrgica	0,2	0,0	0,1	0,0	6,2	4,0
Pulpa y Papel	12,0	2,1	32,8	15,6	20,0	12,8
Químicos y Farmacéutica	2,7	0,5	0,4	0,2	4,4	2,8
Salud	1,6	0,3	1,1	0,5	3,3	2,1
Servicios	0,9	0,2	0,5	0,2	1,3	0,9
Totales	563,7	100,0	210,6	100,0	155,8	100,0

Fuente: DAGMA, 2007

2.23.3. Modelación de la Calidad del Aire

Para estudiar la formación de oxidantes fotoquímicos, en la ciudad de Santiago de Cali, Yumbo y Palmira ha sido utilizado el modelo de simulación de calidad del aire CIT (California Institute of Technology and Carnegie Institute of Technology), el cual fue corrido en el 2004. Este modelo emplea como sus principales entradas de información las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, radiación solar, radiación ultravioleta, magnitud y dirección de los vientos), topografía, usos del suelo, concentraciones de calidad del aire y emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles. El área seleccionada para la modelación correspondió a 45 kilómetros cuadrados.

Los resultados de la modelación mostraron que se superaba el nivel máximo permisible de ozono (170 mg/m³)⁴⁰, específicamente en las horas de mayor radiación solar entre las 9:00 a.m. y las 5:00 p.m., abarcando en forma aproximada el 24% del área estudiada.

2.23.4. Control y Seguimiento

En desarrollo de las funciones de control y seguimiento de la contaminación atmosférica, el Grupo Control y Seguimiento Empresarial y el Grupo de Fuentes Móviles han desarrollado una serie de actividades con el objeto de realizar un diagnóstico de la calidad del aire, a través de programas de monitoreo, evaluación de la calidad del aire, control a las fuentes de emisión fijas y móviles, así como también por medio del seguimiento de las declaraciones ambientales.

En este sentido, el DAGMA ha venido adelantando el inventario de emisiones a través del grupo de control y seguimiento empresarial, mediante el requerimiento a diferentes industrias de la elaboración de un documento denominado "Declaración Ambiental". En este documento se hace una descripción de los procesos productivos de cada empresa, sus materias primas y la identificación y cuantificación de los subproduc-

tos del proceso productivo, de las aguas residuales, residuos sólidos y emisiones atmosféricas.

Por otro lado, para la elaboración del inventario de emisiones por fuentes móviles, el DAGMA ha diseñado formatos unificados de información técnica y una base de datos, para ser utilizados por parte de los centros de diagnóstico automotor. Adicionalmente, se cuenta con el inventario consolidado del parque automotor matriculado en la ciudad.

Con el objetivo de fortalecer la gestión ambiental de la calidad del aire, el DAGMA se encuentra desarrollando un trabajo conjunto con la Universidad del Valle y la Secretaría de Salud Municipal, en donde se está actualizando el inventario de emisiones de las diferentes fuentes (fijas, móviles y de área) de contaminación atmosférica de la ciudad de Santiago de Cali, la determinación y ajuste a condiciones locales de un modelo para la evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos, el diseño e implementación de una base de datos para la administración de los resultados de monitoreo de la calidad del aire, la capacitación de los profesionales del DAGMA que desarrollan los procesos de evaluación y control de la contaminación atmosférica y la realización de las investigaciones epidemiológicas para determinar los efectos de la calidad del aire en la salud de los grupos más vulnerables de Santiago de Cali.

2.24. VALLEDUPAR Y ZONA MINERA DEL CESAR

Teniendo en cuenta el tipo de actividad industrial que se realiza en el departamento del Cesar, especialmente la gran minería, el monitoreo de la calidad del aire ha sido desde hace varios años una prioridad. En este sentido, la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar) ha desarrollado una serie de estudios sobre contaminación del aire, siendo

⁴⁰ Concentración establecida en el Decreto 02 de 1982, y modificada por la Resolución 601 de 2006.

quizás uno de los más importantes y recientes el “Diagnóstico de la Calidad del Aire en Zonas Urbanas y Mineras del Departamento del Cesar y Diseño de Redes de Monitoreo”, el cual dentro de sus principales objetivos contemplaba el diseño de una red de monitoreo de calidad del aire que respondiera a

las necesidades de la región, para lo cual fue necesario realizar una campaña de monitoreo durante el 2006. En la Tabla 2.34 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo para dicha campaña, para la cual fueron utilizadas trece (13) estaciones de monitoreo de PM10 y PST.

Tabla 2.34. Puntos de monitoreo de la campaña en la zona minera del Cesar

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Boquerón	PST, PM10
Bosconia	PST, PM10
El Hatillo	PST
La Aurora	PM10
La Dilia	PST, PM10
La Jagua Centro	PST, PM10
La Jagua Minas	PST
La Loma - Centro	PST, PM10
La Loma - Drummond	PM10
La Victoria	PST
Paraíso	PST, PM10
Plan Bonito Norte	PST, PM10
Plan Bonito Sur	PST, PM10

Fuente: Corpocesar, 2007

Adicionalmente, desde 1994 la zona cuenta con monitoreos de PST manuales que son realizados por la empresa minera Drummond Ltd. como requerimiento de la licencia ambiental de explotación de carbón, en cuatro puntos de monitoreo (La Loma, Boquerón, La Aurora y La Palmita) que se encuentran localizadas en poblaciones cercanas a las minas y que buscan ver la afectación sobre la salud de la población.

2.24.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

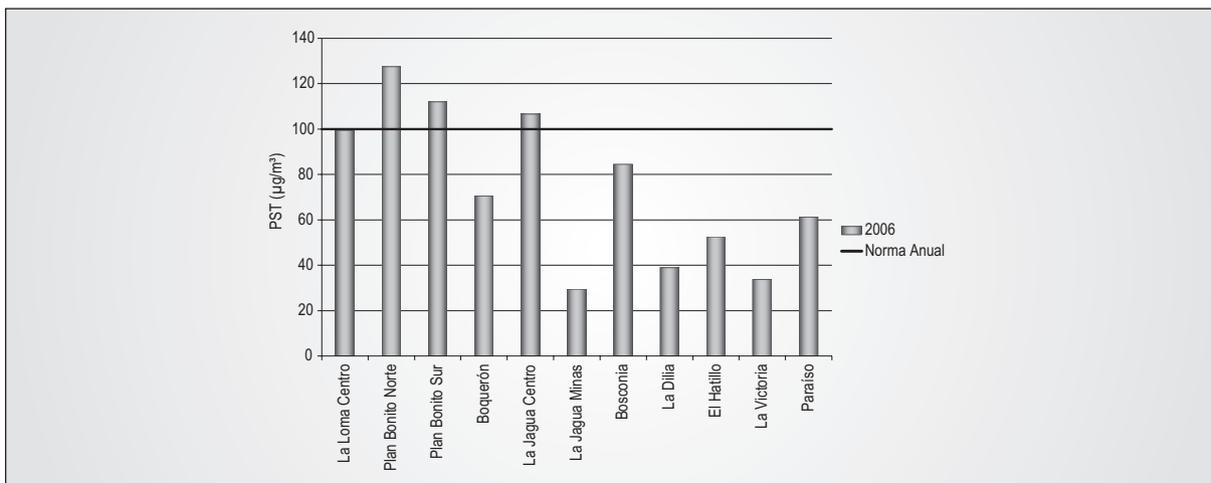
2.24.1.1. Partículas Suspendidas Totales – PST

De acuerdo con la campaña de monitoreo realizada por Corpocesar en el 2006, en la cual se realizaron mediciones de

marzo a noviembre, el nivel de 24 horas es superado en 11 ocasiones, 6 en la estación La Loma Norte y 5 en La Jagua Centro.

En la Figura 2.132 se observa que las concentraciones promedio anuales superan los niveles máximos permisibles anuales en 3 puntos de medición de los 11 instalados para el monitoreo de PST. Las concentraciones promedio varían de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mostrando una amplia variación entre las concentraciones en los diferentes puntos de medición.

Figura 2.132. Concentración promedio anual de PST para el 2006 en Corpocesar

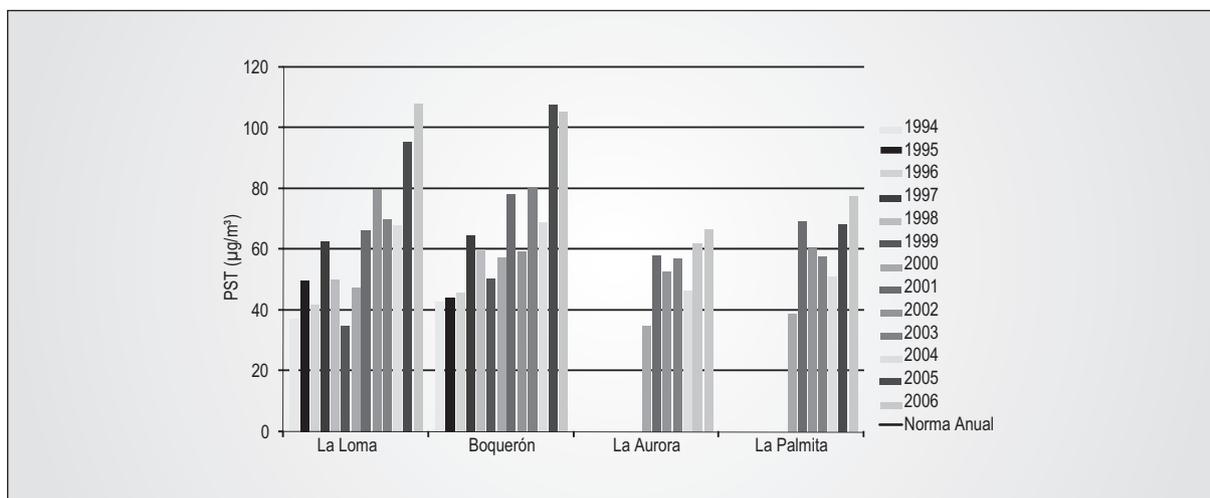


Fuente: IDEAM, 2007

Las concentraciones de PST registradas por las estaciones Drummond Ltd., muestran que en algunas ocasiones tanto el nivel anual como el de 24 horas son excedidos. En cuanto al nivel de 24 horas las estaciones La Loma, Boquerón y La Aurora registran excedencias llegando a medir concentraciones superiores a los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En relación con las concentraciones anuales, en la Figura 2.133 se observa que el nivel máximo permisible se ha excedido 3 veces; en el año 2006,

en las estaciones La Loma y Boquerón y en el 2005 en Boquerón. En general para las 4 estaciones, las concentraciones promedio de los años 2005 y 2006 son superiores a las de los otros años registrados, llegando a doblar las concentraciones promedio de los primeros años registrados por cada una de ellas. Adicionalmente, se puede observar que las concentraciones promedio anual, tienen una tendencia a aumentar en las cuatro (4) estaciones.

Figura 2.133. Concentración promedio anual de PST en las estaciones de Drummond Ltd.

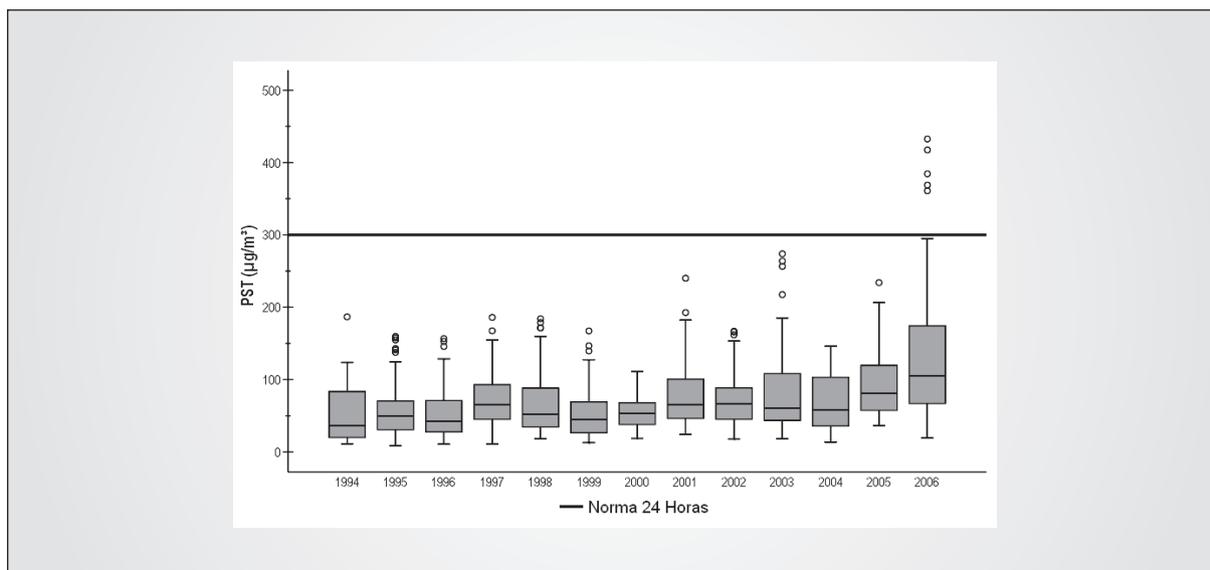


Fuente: IDEAM, 2007

Respecto a las concentraciones de 24 horas de PST para las estaciones de Drummond, se destaca que estas han incrementado con el tiempo, llegando en el 2006 a presentar varias excedencias del nivel máximo permisible, alcanzando

concentraciones de $432,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, es importante destacar que la mediana de las concentraciones está por encima de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 75% de los datos por encima de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ver Figura 2.134).

Figura 2.134. Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones de la Drummond Ltd.

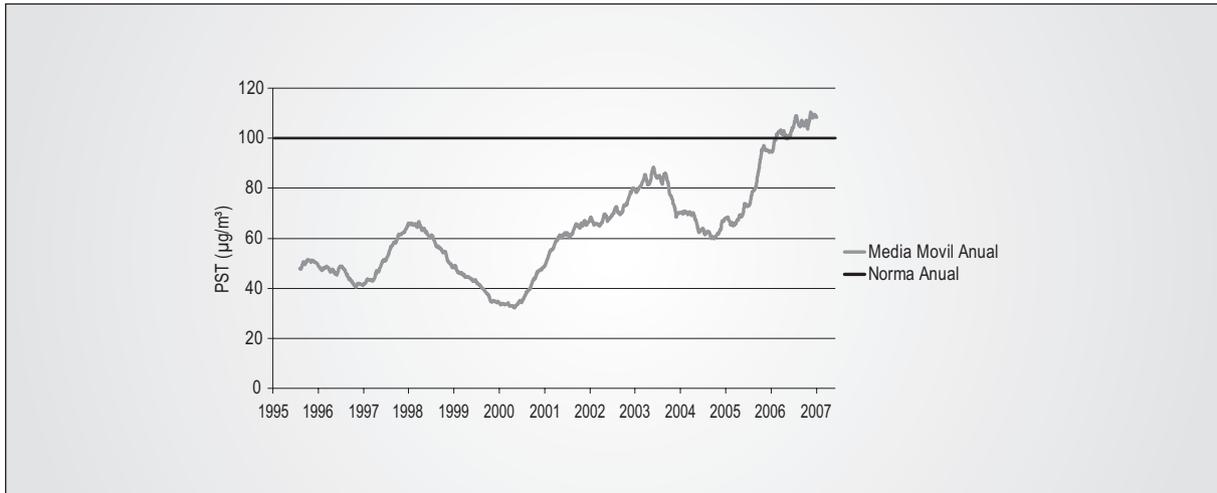


Fuente: IDEAM, 2007

Para el caso de las mediciones de PST es importante resaltar las excedencias de la norma anual registradas en las estaciones La Loma y El Boquerón⁴¹. En este sentido, a partir de las mediciones remitidas por la empresa Drummond Ltd. al MAVDT, fue declarada la zona de explotación minera de carbón

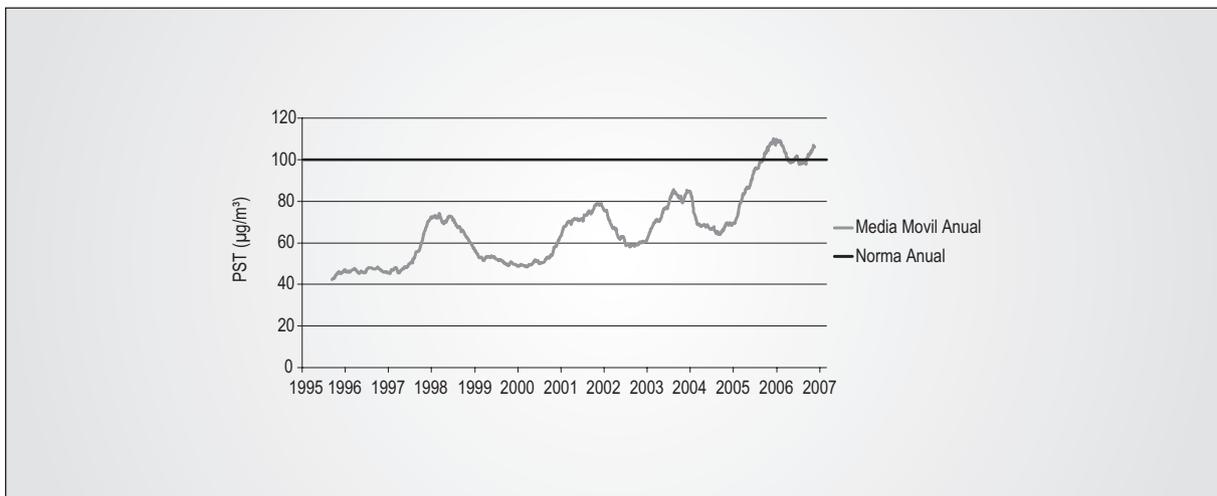
del centro del departamento del Cesar como área fuente de contaminación. En las Figuras 2.135 y 2.136 se presentan los resultados del comportamiento de las concentraciones de las estaciones La Loma y Boquerón respectivamente.

Figura 2.135. Media móvil anual de PST para la estación La Loma



Fuente: IDEAM, 2007

Figura 2.136. Media móvil anual de PST para la estación Boquerón



Fuente: IDEAM, 2007

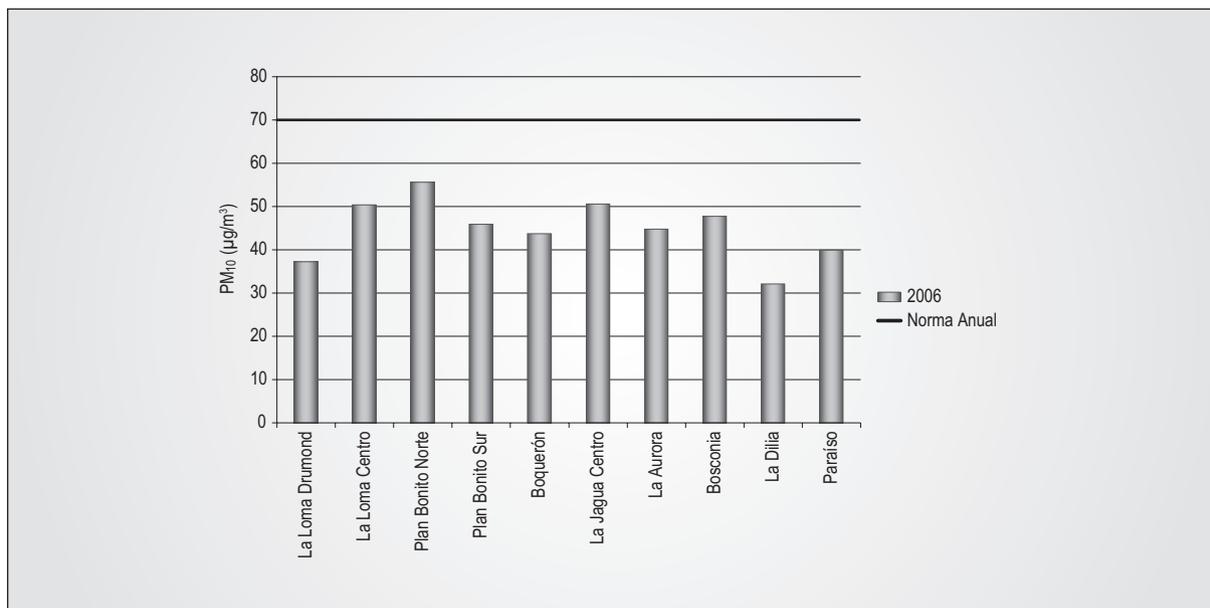
2.24.1.2. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones de PM10 fueron monitoreadas durante el 2006 en la campaña de medición realizada por Corpoce-sar. De estas mediciones se puede destacar que el nivel anual no fue excedido en ninguno de los puntos de monitoreo; sin embargo, el nivel de 24 horas fue excedido en 4 ocasiones en la estación Plan Bonito Norte y en una ocasión en la estación Plan Bonito Sur.

En la Figura 2.137 se observa que la concentración promedio más alta fue la registrada por Plan Bonito Norte con una concentración de 55,57 µg/m³ y la más baja en la estación La Dilia con una concentración de 32,13 µg/m³, pero en ningún caso se superó la norma anual en los puntos de monitoreo.

⁴¹ Las cuales fueron establecidas en el Decreto 979 de 2006 del MAVDT.

Figura 2.137. Concentración promedio anual de PM10 para el 2006 en la campaña de monitoreo de Corpocesar



Fuente: IDEAM, 2007

2.25. YUMBO Y PALMIRA – VALLE DEL CAUCA

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) monitorea la calidad del aire en los municipios de Yumbo y Palmira, en los cuales se desarrolla un gran número de actividades industriales. La red de monitoreo cuenta con dos (2)

estaciones fijas localizadas en dichos municipios, las cuales de manera automática realizan monitoreos de PM10, SO₂, NO₂, CO y O₃, así como de algunas variables meteorológicas como velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, radiación solar, humedad relativa y precipitación (ver Tabla 2.35).

Tabla 2.35. Estaciones de monitoreo de la red de calidad de aire de la CVC

ESTACIÓN	PARÁMETROS MEDIDOS
Palmira	PM10, SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ y meteorología
Yumbo	PM10, SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ y meteorología

Fuente: CVC, 2007

Adicionalmente, en la zona de ACOPI en el Municipio de Yumbo se está monitoreando manualmente en cinco (5) puntos PM10 y Plomo.

2.25.1. Estado y Cambio en la Calidad del Aire

2.25.1.1. Dióxido de Azufre - SO₂

Los registros de SO₂ medidos por la red, muestran que las concentraciones registradas por la estación Yumbo

difieren bastante de las concentraciones de la estación Palmira. En general, la red registra excedencias para el año 2004 en el caso del nivel máximo permisible para 3 horas, mientras que para el nivel de 24 horas se registran excedencias en los tres (3) años de medición, como se puede observar en las Figuras 2.138 y 2.139. Cabe mencionar que el 2003 tan solo cuenta con un total de 34 datos horarios.

Figura 2.138. Concentración de SO₂ (3 Horas) en las estaciones de la red de la CVC

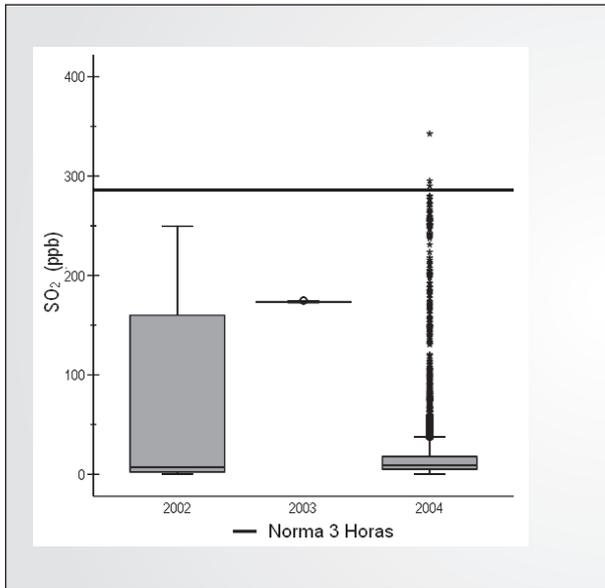
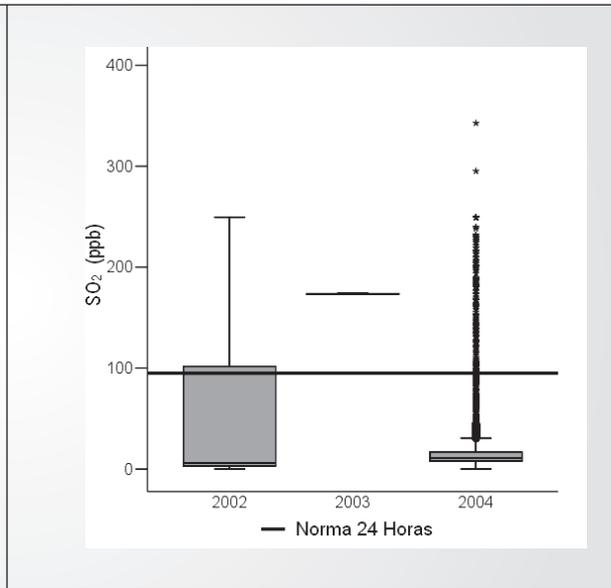


Figura 2.139. Concentración de SO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC

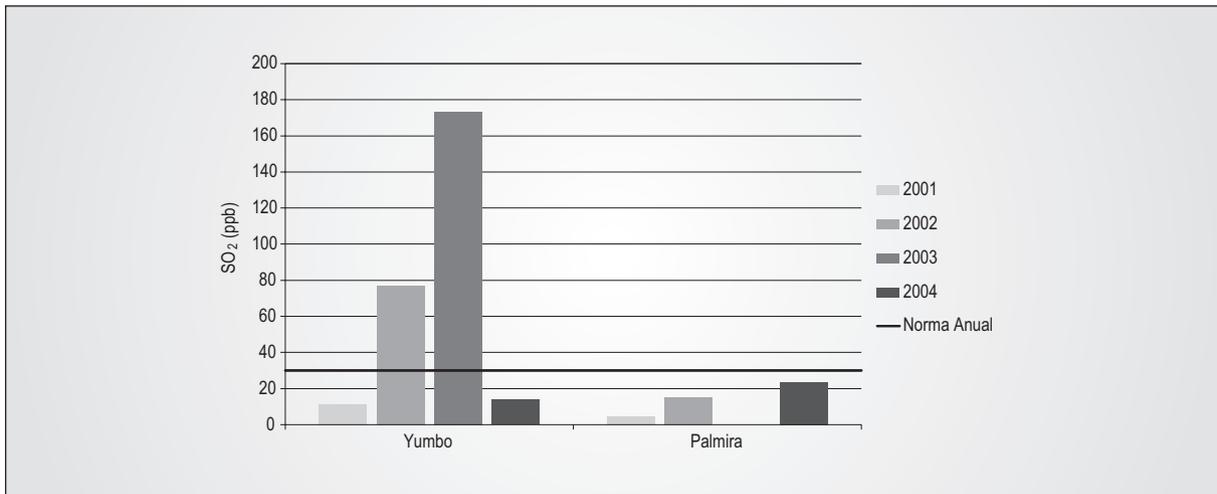


Fuente: IDEAM, 2007

De manera particular, la estación Yumbo registró las concentraciones anuales de SO₂ más elevadas como se observa en la Figura 2.140. Adicionalmente, para los años 2002 y 2003 las concentraciones exceden el nivel máximo permisible anual,

registrando en el 2003 un promedio de 173 ppb, mientras que la estación Palmira registra promedios anuales por debajo de este nivel.

Figura 2.140. Concentración promedio anual de SO₂ en las estaciones de la red de la CVC



Fuente: IDEAM, 2007

2.25.1.2. Dióxido de Nitrógeno – NO₂

Las concentraciones de NO₂ superan los niveles máximos permisibles de una y 24 horas para este contaminante en las dos (2) estaciones, especialmente en Palmira, que registró una concentración horaria de 490,12 ppb, considerablemente

alta si se tiene en cuenta que el nivel máximo horario es de 106 ppb (Ver Figura 2.141).

Para el caso del nivel máximo permisible de 24 horas la situación es similar, las concentraciones de SO₂ exceden los niveles máximos permisibles, no obstante en el 2004 no se excede el nivel como se observa en la Figura 2.142.

Figura 2.141. Concentración de NO₂ (Horario) en las estaciones de la red de la CVC

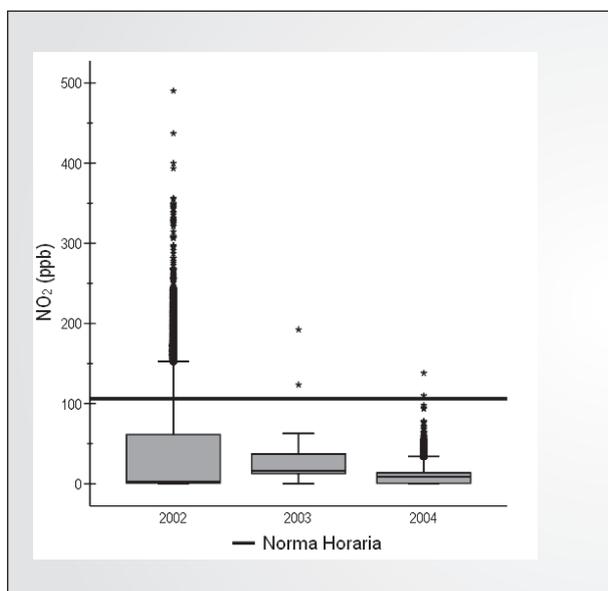
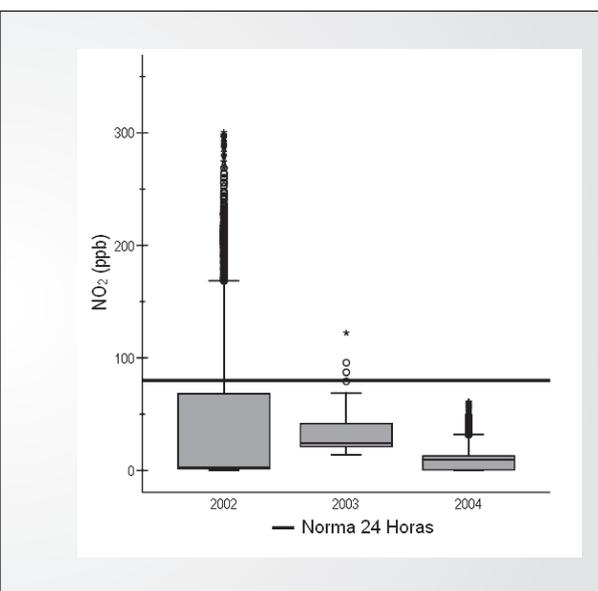


Figura 2.142. Concentración de NO₂ (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC

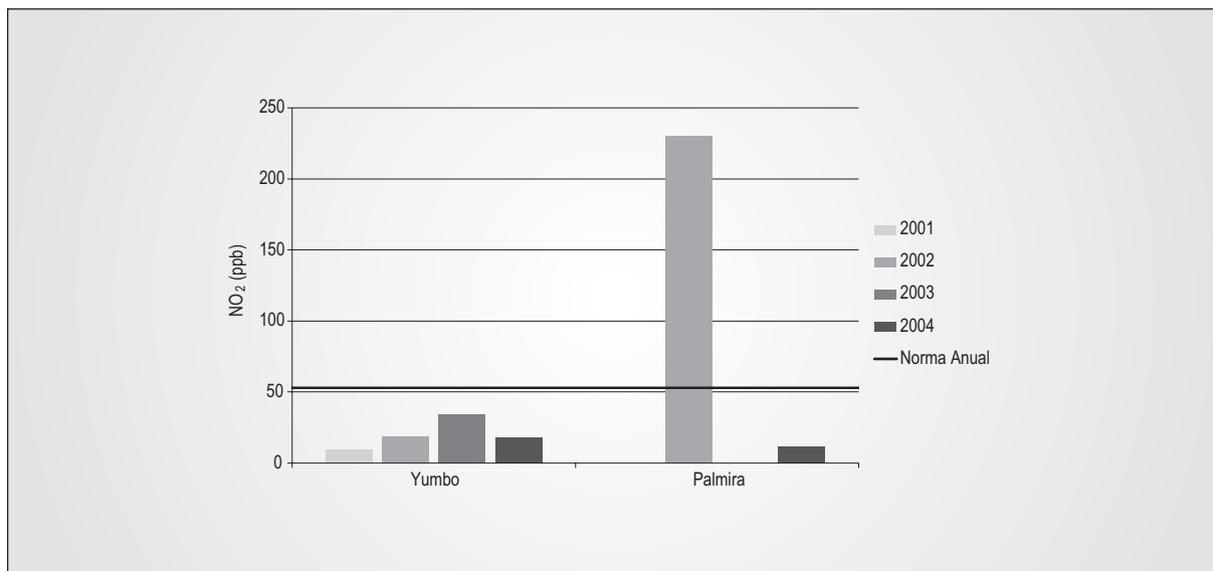


Fuente: IDEAM, 2007

Para el caso del nivel anual, la estación Palmira en el año 2002 superó dicho nivel con un promedio de 230,37 ppb (ver Figura 2.143). La estación Yumbo registró medias anuales

por debajo de los niveles máximos permisibles, con concentraciones similares en el 2002 y 2004, pero considerablemente más altas en el 2003.

Figura 2.143. Concentración promedio anual de NO₂ en las estaciones de la red de la CVC



Fuente: IDEAM, 2007

2.25.1.3. Ozono – O₃

En general las concentraciones horarias como las de ocho (8) horas exceden el nivel máximo permisible, siendo el año 2004 el que más excedencias presenta para ambos casos (Ver

Figuras 2.144 y 2.145). De modo particular, la estación Palmira registró concentraciones horarias de O₃ superiores a los 200 ppb, mientras que la estación Yumbo registró concentraciones que llegan a los 100 ppb.

Figura 2.144. Concentración de O₃ (Horario) en las estaciones de la red de la CVC

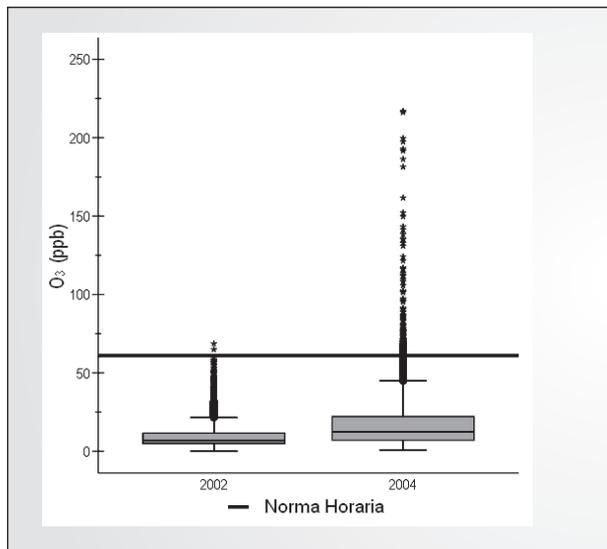
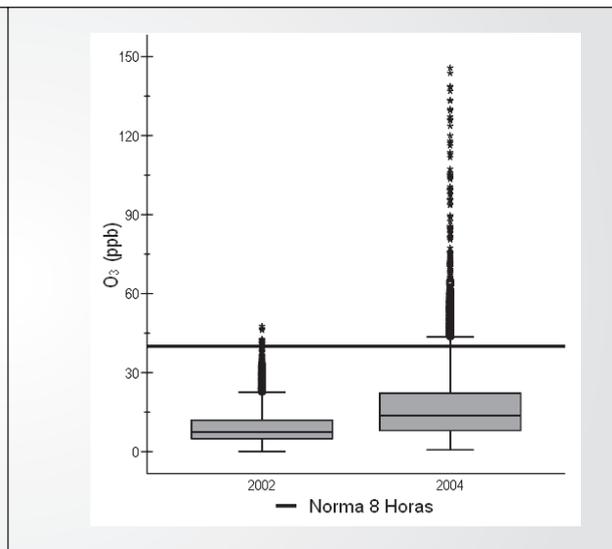


Figura 2.145. Concentración de O₃ (8 Horas) en las estaciones de la red de la CVC

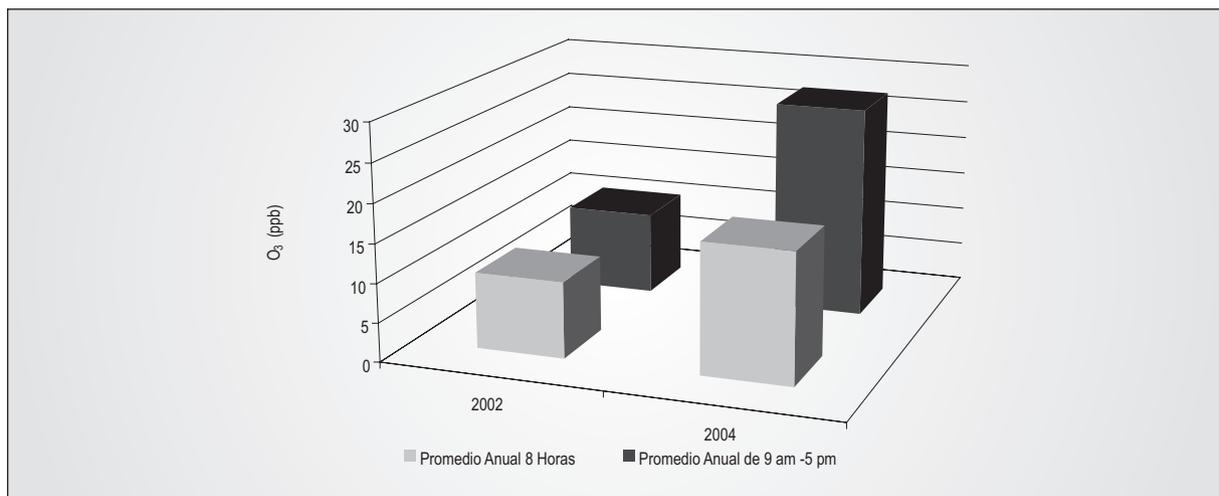


Fuente: IDEAM, 2007

En la Figura 2.146 se observan las concentraciones promedio anuales de ocho horas y las correspondientes a las ocho (8) horas comprendidas entre las 9 a.m. y las 5 p.m.; las concentraciones del 2004 son superiores a las registradas en el 2002.

Los promedios más altos de ocho (8) horas se registran durante el periodo de las 9 a.m. y las 5 p.m. con concentraciones superiores a los 23 ppb.

Figura 2.146. Comparación del promedio anual de ocho (8) horas, contra promedio ocho (8) horas (9 a.m. a 5 p.m.) en las estaciones de la red de la CVC



Fuente: IDEAM, 2007

2.25.1.4. Monóxido de Carbono – CO

En el año 2002, las concentraciones se mantuvieron por debajo del nivel máximo permisible de 24 y ocho (8) horas, a diferencia del 2004, que registró excedencias de la norma de ocho (8) horas la cual fue superada siete (7) veces, llegando

a concentraciones de 12,57 ppm como se observa en las Figuras 2.147 y 2.148. En particular estas concentraciones altas fueron registradas por la estación Yumbo con valores horarios sobre los 40 ppm durante un episodio específico que ocurrió en el mes de julio del 2004.

Figura 2.147. Concentración de CO (Horario) en las estaciones de la red de la CVC

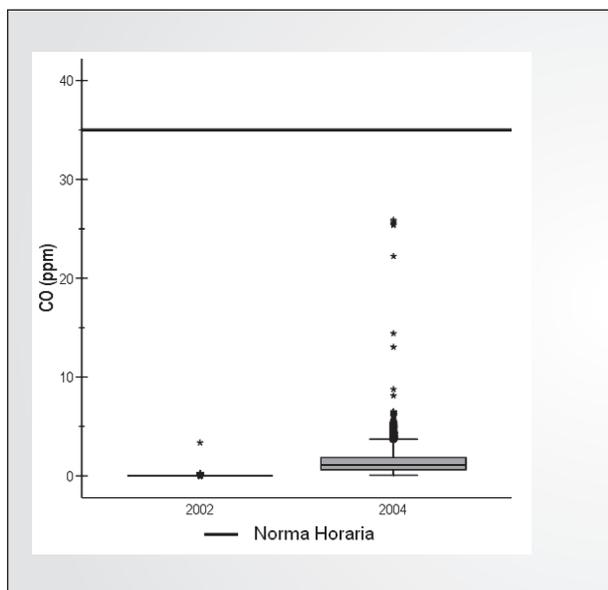
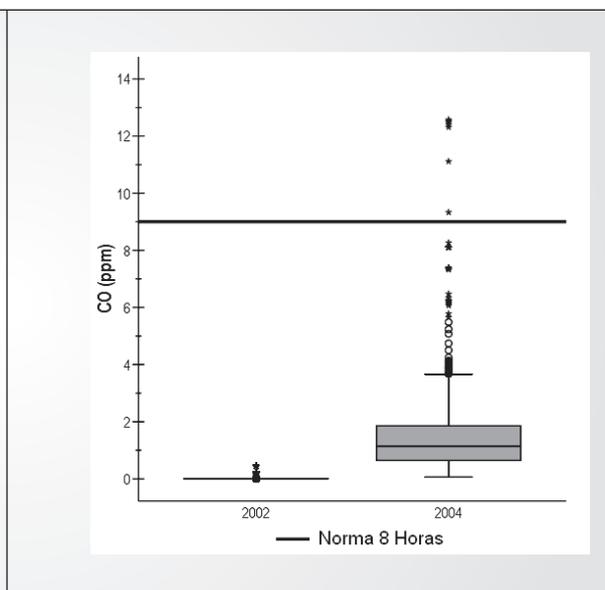


Figura 2.148. Concentración de CO (8 Horas) en las estaciones de la red de la CVC



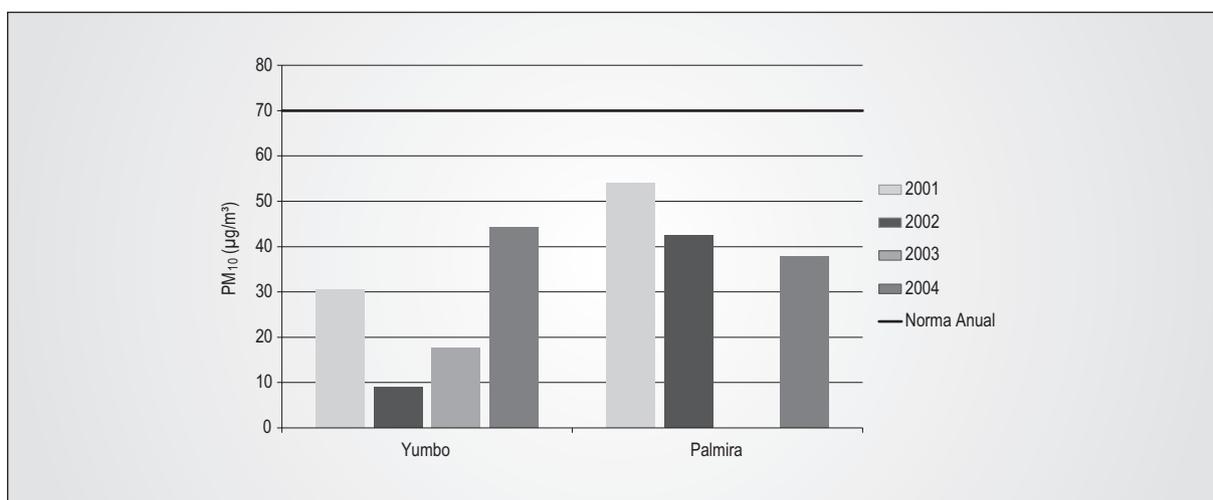
Fuente: IDEAM, 2007

2.25.1.5. Material Particulado Menor a 10 Micras - PM10

Las concentraciones anuales de PM10 se encuentran por debajo del nivel máximo permisible como se observa en la Figura 2.149, en ninguno de los casos las concentraciones superan los 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación Yumbo registró año tras año

un incremento en las concentraciones promedio a partir de 2002, especialmente alto en el 2004. En el caso de la estación Palmira, los dos (2) años que cuentan con información muestran que la concentración promedio del 2004 es menor que la del 2002.

Figura 2.149. Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones de la red de la CVC

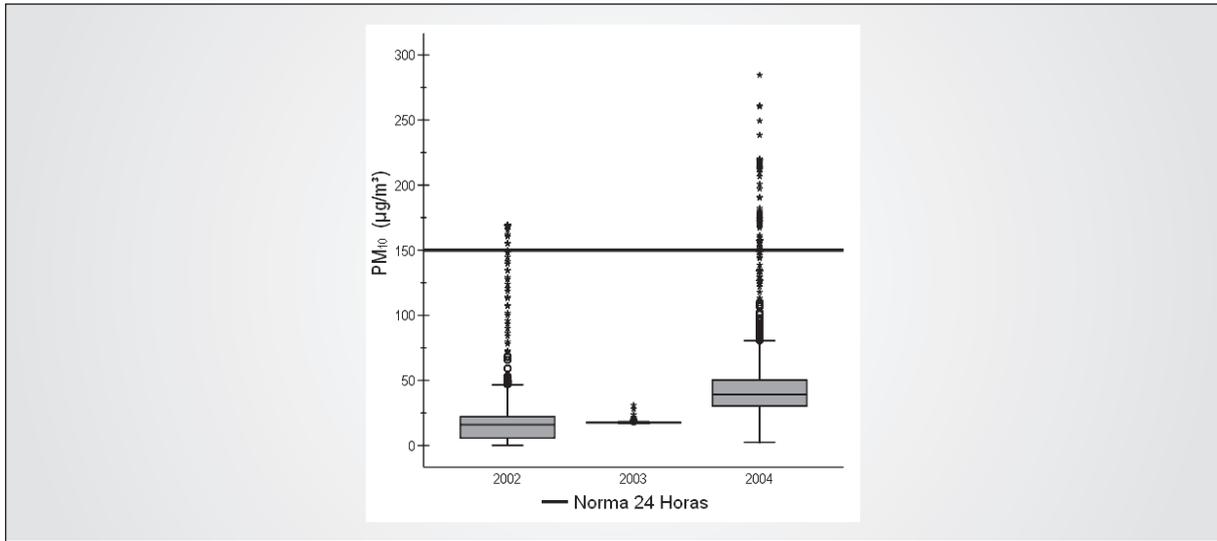


Fuente: IDEAM, 2007

No obstante, aunque el nivel máximo permisible anual no es superado, en el caso del nivel de 24 horas este es excedido varias veces. En la Figura 2.150 se presentan las concentra-

ciones de PM10 registradas por la red, en los años 2002 y 2004 el nivel es excedido (104 veces) y registran un máximo promedio diario de 284,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2004.

Figura 2.150. Concentración promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones de la red de la CVC

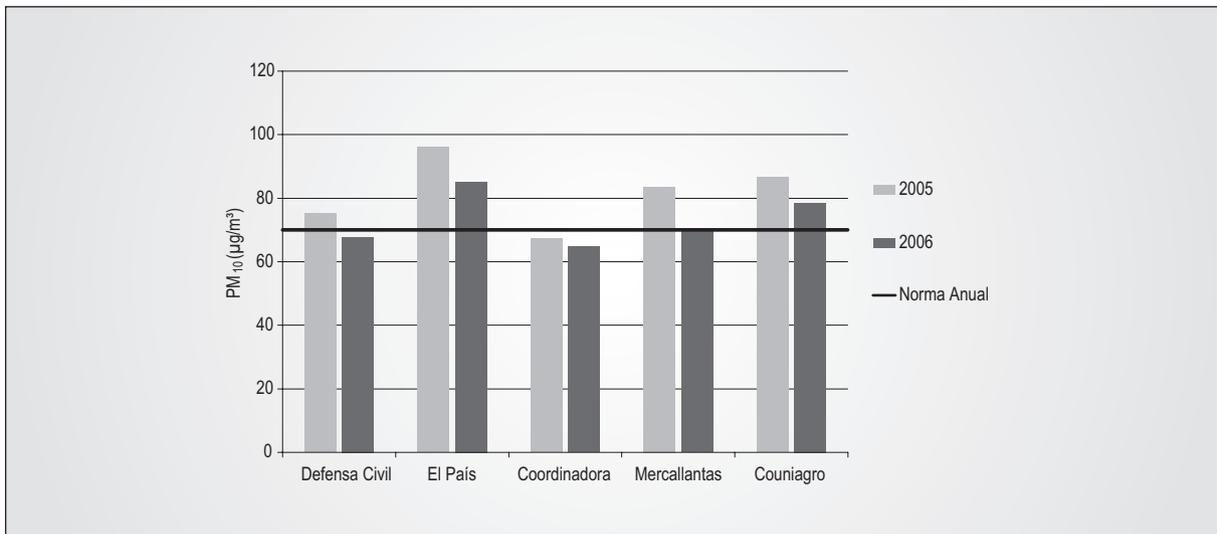


Fuente: IDEAM, 2007

Ahora bien, para la zona de ACOPI en el municipio de Yumbo durante los años 2005 y 2006 el nivel permisible de 24 horas es sobrepasado en casi todos los puntos de medición salvo en Coordinadora, como se observa en la Figura 2.151.

La concentración promedio más alta se presenta en el 2005 en El País, con $96,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cabe destacar que en las 5 locaciones de monitoreo el promedio del 2006 es más bajo que el de 2005.

Figura 2.151. Concentración promedio anual de PM10 en ACOPI



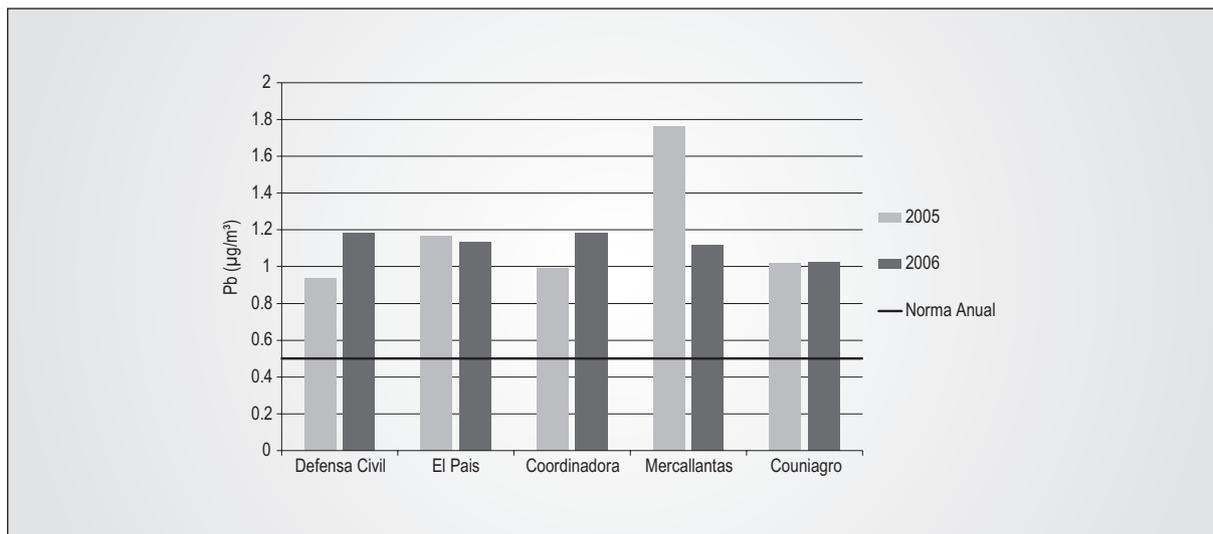
Fuente: IDEAM, 2007

2.25.1.6. Plomo – Pb

Dentro del municipio de Yumbo, en la zona de ACOPI se ha venido monitoreando las concentraciones de Plomo (Pb). En la Figura 2.152 están resumidas la concentraciones promedio anuales de las cinco (5) estaciones de la zona para los años 2005 y 2006, es claro que para ambos años en todos

los puntos de monitoreo el nivel máximo anual ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) es superado. La estación Mercallantas es la que registra la mayor concentración promedio en el año 2005 con un valor de $1,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que las estaciones El País y Couniagro registran promedios similares para ambos años. Las concentraciones promedio del año 2006 son similares en todas las estaciones con excepción de Mercallantas.

Figura 2.152. Concentración promedio anual de Plomo (Pb) en ACOPI



Fuente: IDEAM, 2007

En relación con la elaboración del inventario de emisiones atmosféricas y la modelación de la calidad del aire, la CVC próximamente iniciará estas actividades en las Direcciones Ambientales Regionales, Sur occidente y Sur oriente, en las cuales se encuentran concentradas la mayoría de las fuentes generadoras y con mayor problemática de calidad del aire.

2.25.2. Control y Seguimiento

En este tema la Corporación viene desarrollando actividades de medición de emisiones de fuentes fijas puntuales por medio de muestreos isocinéticos en las principales fuentes fijas generadoras de contaminantes o en empresas de interés especial por requerimientos de las Direcciones Ambientales Regionales. En el año 2005 se hicieron muestreos a 25 fuentes fijas y en el año 2006 a 40.



Foto: CÉSAR AUGUSTO BUITRAGO CÓMEZ

3. ESTADO Y CAMBIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

3. ESTADO Y CAMBIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN COLOMBIA

Con el objeto de analizar el comportamiento de los contaminantes criterio a través del tiempo y las posibles tendencias que estos presentan a nivel nacional, a continuación se presenta un resumen generalizado de estas concentraciones.

Para realizar este análisis se tuvo en cuenta la información capturada por las diferentes redes del país. Para el caso de las redes automáticas se obtuvo un único promedio diario a partir de las concentraciones horarias, que junto con las concentraciones diarias de las redes manuales se promediaron para obtener un valor diario nacional.

Adicionalmente, se destaca y compara el estado de calidad del aire que presentan las principales ciudades del país: Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga; así como la de los centros industriales del Valle de Aburrá, Yumbo y Palmira, el Cerrejón y el Valle de Sogamoso, teniendo en cuenta el comportamiento diario.

Los contaminantes que contaron con un mayor número de puntos de monitoreo y por consiguiente con la mayor cantidad de información fueron PM10 y PST, seguidos por SO₂ y NO₂, y finalmente CO y O₃.

3.1. DIÓXIDO DE AZUFRE – SO₂

Para este análisis fue utilizada la información de nueve (9) redes, de las cuales cinco (5) son automáticas, ubicadas en Bogotá, Yumbo y Palmira, Santiago de Cali, el Área Metropolitana de Bucaramanga y el Valle de Sogamoso (SDA, CVC, DAGMA, CDMB y Corpoboyacá), y cuatro (4) manuales, ubicadas en Cundinamarca, Antioquia y Cauca (CAR, Cornare, AMVA, CRC).

Para este contaminante, la red de monitoreo de la SDA cuenta con información desde 1997, mientras que la mayoría de las demás redes cuentan con información a partir del año 2003.

3.1.1. Comportamiento

De acuerdo con lo presentado en el Capítulo 2 las concentraciones de SO₂ en la mayoría de las regiones del país, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles.

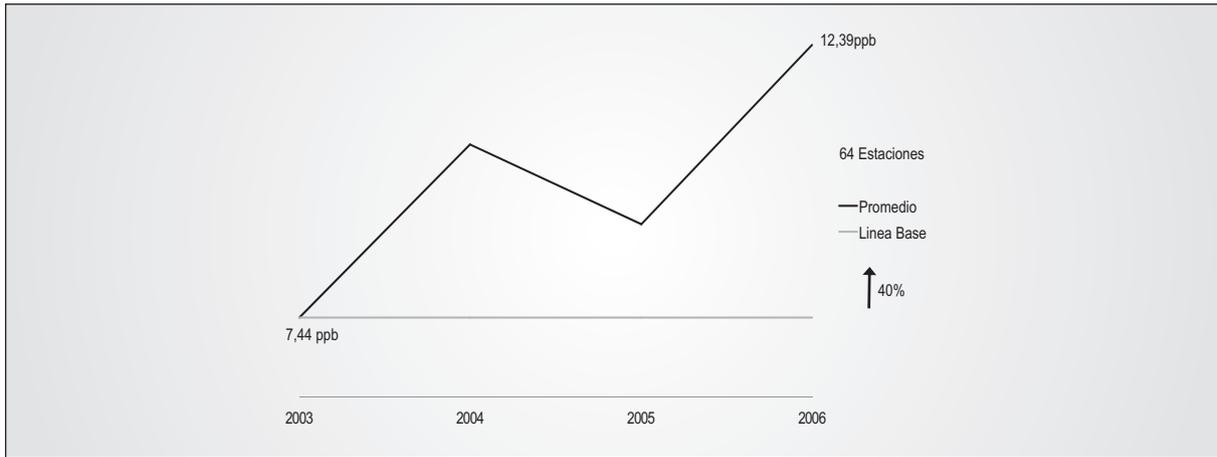
Para el caso del comportamiento nacional, se puede observar que entre 1997 y 2003 las concentraciones han variado considerablemente año tras año, siendo importante resaltar la concentración del año 2002 que registró el promedio más alto de todos los años (15,14 ppb), valor que está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 601 de 2006 del MAVDT. En la Figura 3.1 se muestra un resumen del promedio anual de las concentraciones entre 2003 y 2006 para 64 estaciones en el país, en donde se puede observar que estas han aumentado en un 40%; pasando de 7,44⁴² ppb a 12,39 ppb. Cabe destacar que en el 2005 se presentó un descenso en la concentración.

En el Mapa 3.1. se presenta el comportamiento de las concentraciones de SO₂ para cada una de las redes que monitorean dicho contaminante.

En Cali, el Valle de Aburrá y Bogotá las concentraciones han disminuido considerablemente a partir del 2004, siendo Bogotá y el Valle de Aburrá las que tienen el descenso más importante (56%), comparado con la concentración del primer año de medición. Las regiones que al contrario muestran un aumento en las concentraciones son el Área Metropolitana de Bucaramanga y algunos de los municipios de Cundinamarca, estos últimos con un aumento del 64%.

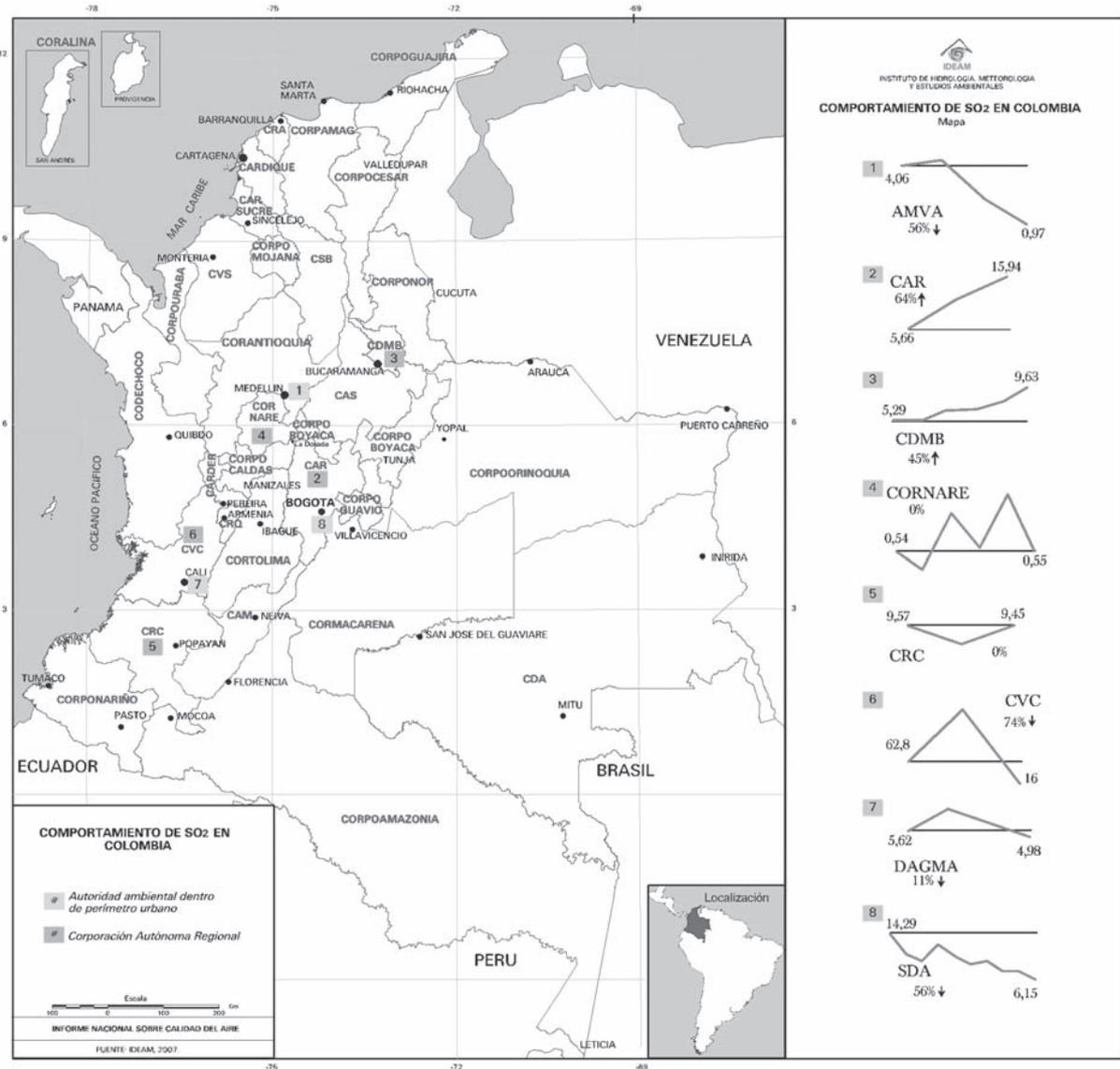
⁴² Tomando como línea base la concentración registrada en el 2003, año en el cual el número de estaciones era representativo de las estaciones que estaban midiendo a 31 de diciembre de 2006.

Figura 3.1. Comportamiento de las concentraciones de SO₂ a nivel nacional, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

Mapa 3.1. Comportamiento de SO₂ en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



En la Tabla 3.1 se presentan las 10 estaciones con los promedios más altos de SO₂ en el país durante el periodo comprendido entre 2003 y 2006. En primer lugar se encuentra la estación Palmira (CVC) con una concentración promedio multianual de 120,87 ppb considerablemente alta si se observa que la estación que le sigue es la estación Cogua (CAR) con un promedio de 43,06 ppb.

Las redes de las regiones de Yumbo y Palmira, el Valle de Sogamoso y los municipios de Cundinamarca son

las que registran las concentraciones más elevadas de SO₂.

Mientras que algunas de las estaciones ubicadas en la ciudad de Medellín son las que registran las concentraciones más bajas durante este mismo periodo de tiempo como se observa en la Tabla 3.2, estando en primer lugar con la concentración mas baja (1,07 ppb) la estación Zona Franca (Cornare). Entre estas 10 estaciones con las concentraciones más bajas también se encuentra la estación Corpas (2,02 ppb) y Kennedy (3,3 ppb) ubicadas en Bogotá.

Tabla 3.1. Concentraciones promedio más altas de SO₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
CVC	Palmira	120,87
CAR	Cogua	43,06
CAR	Sibaté	25,12
CAR	Nemocón	24,25
CVC	Yumbo	23,79
Corpoboyacá	Nazareth	20,38
Corpoboyacá	El Recreo	15,69
SDA	Sony	13,81
CAR	Soacha Alma	13,32
Corpoboyacá	Club Bavaria	11,90

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.2. Concentraciones promedio más bajas de SO₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
Cornare	Zona Franca	1,07
Cornare	Guarne	1,09
Cornare	Sancela	1,29
SDA	Corpas	2,02
AMVA	Itagüí	2,12
AMVA	Girardota Liceo	2,4
AMVA	Centro	2,63
AMVA	UPB	2,81
AMVA	Politécnico Colombiano	2,89
SDA	Kennedy	3,30

Fuente: IDEAM 2007

3.1.2. Análisis de Tendencias

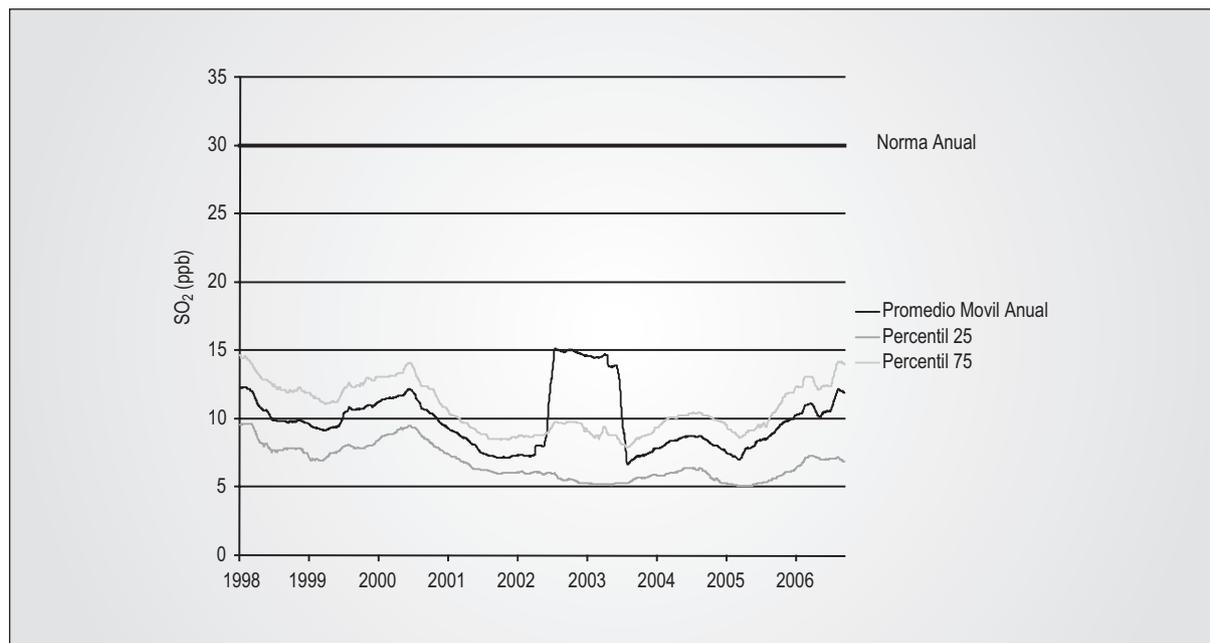
La concentración de SO₂ en el país ha venido aumentando a partir del año 2003, como se observa en la Figura 3.2, y de

manera más pronunciada a partir del 2005. Durante 1998 y 1999, las concentraciones descendieron, para posteriormente mostrar un aumento de las mismas hasta mediados del 2000. A partir de ese punto se observa una disminución de

las concentraciones hasta aproximadamente inicios del 2004. Durante el periodo comprendido entre el 2004 al 2006 se

observa un incremento sostenido alcanzando una concentración móvil anual superior a los 12 ppb.

Figura 3.2. Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de SO₂, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

Durante los años 2002 y 2003 se observa que el promedio está por encima del percentil 75 lo que indica que para esta época se registraron concentraciones altas de SO₂. En este sentido, es importante resaltar que estas elevadas concentraciones fueron medidas en la ciudad de Cali y en los municipios de Yumbo y Palmira. Cabe anotar, que el promedio móvil anual en ningún momento sobrepasa el límite anual permisible para este contaminante, manteniéndose siempre por debajo de los 15 ppb, al igual que el percentil 75, mientras que el 25% de los datos registran concentraciones por debajo de los 5 ppb.

3.2. DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO₂

Al igual que el SO₂, el NO₂ se monitorea en Colombia desde 1997. Actualmente, está siendo registrado por once (11) de las veinte (20) redes de monitoreo en el país, seis (6) automáticas y cinco (5) manuales. Para este análisis se tuvo información de 10 de las 11 redes, de las cuales 6 son automáticas ubicadas en Bogotá, Yumbo y Palmira, Santiago de Cali, el Área Metropolitana de Bucaramanga y el Valle de Sogamoso (SDA, CVC, DAGMA, CDMB y Corpoboyacá), y cuatro (4) manuales ubicadas en Cundinamarca, Antioquia y Popayán (CAR, Cornare, AMVA y CRC).

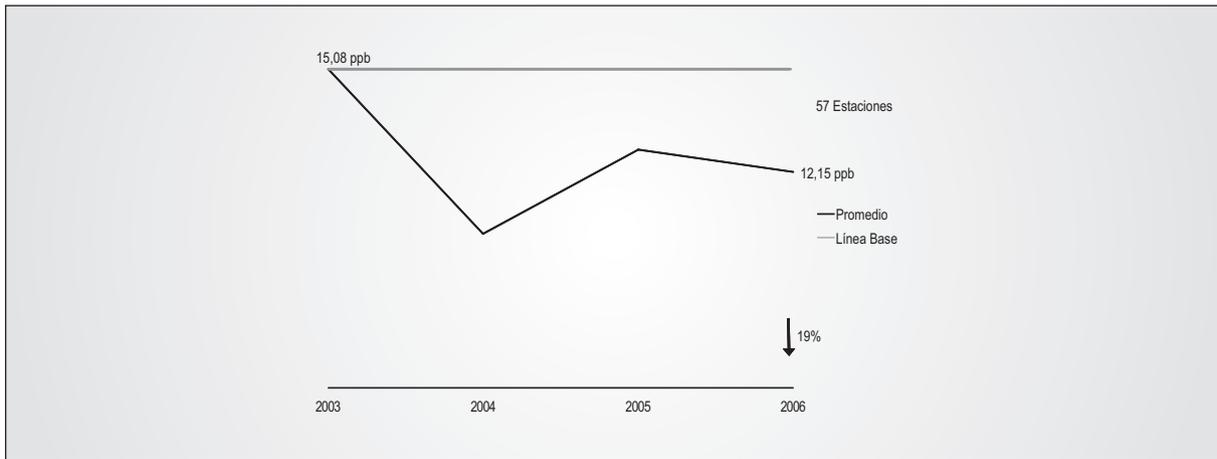
3.2.1. Comportamiento

De manera general, las concentraciones de NO₂ no superan los límites permisibles. En la Figura 3.3 se muestra el comportamiento que ha tenido este contaminante a partir de 2003 hasta el 2006. Se observa que en general las concentraciones de NO₂ han variado considerablemente año a año, pero que comparando las concentraciones registradas en 2003 con las de 2006, estas han disminuido en un 19%. Cabe anotar que en el 2002 se registró el promedio anual más alto de todos los años, mientras que en el 2004 se registró el más bajo. A pesar que en el periodo 2004 al 2005 se registró un aumento; para el 2006 la concentración descendió.

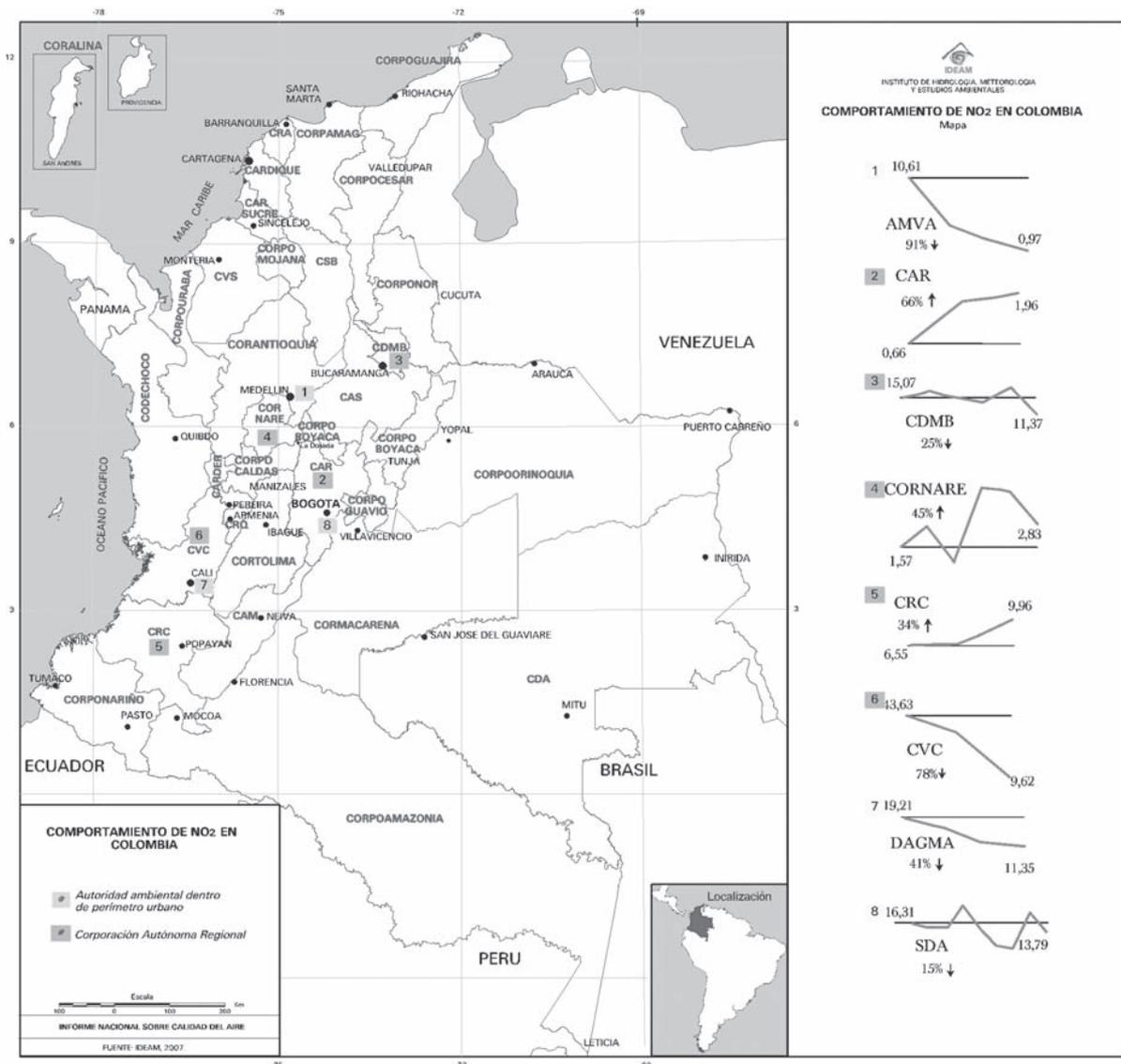
Las principales ciudades donde se monitorea NO₂ son Bogotá, Bucaramanga, Cali y Medellín. De estas 4 ciudades, Medellín y Cali son las que registran los descensos más considerables en las concentraciones, como se observa en el Mapa 3.2.

En los municipios de Cundinamarca y la región del Cauca hay un aumento en las concentraciones de NO₂ en comparación con el promedio anual del primer año de medición (línea base). Las redes de Cornare, CDMB y SDA no tienen un comportamiento marcado, teniendo en cuenta que el promedio anual varía año tras año.

Figura 3.3. Comportamiento de las concentraciones de NO₂ a nivel nacional, IDEAM 2007



Mapa 3.2. Comportamiento de NO₂ en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



De todas las estaciones que monitorean NO₂, las ubicadas en el Valle de Aburrá, Bogotá, Santiago de Cali y Bucaramanga son las que registran el promedio más alto durante el periodo 2003 – 2006, como se puede observar en la Tabla 3.3.

Para el caso del NO₂, las estaciones que registran las concentraciones más bajas están ubicadas en los municipios de

Cundinamarca, 8 de las 11 estaciones que monitorean este contaminante en la jurisdicción de la CAR, se encuentran entre las 10 estaciones con el menor promedio de NO₂ en el país para el periodo 2003 al 2006. Dentro de estas 10, se encuentran también las estaciones Sony y Cazucá de la red de la SDA ubicadas en Bogotá (ver Tabla 3.4).

Tabla 3.3. Concentraciones promedio más altas de NO₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
CVC	Yumbo	26,12
AMVA	Centro	25,00
CDMB	Centro	23,22
DAGMA	Calle 15	21,76
SDA	Puente Aranda	21,62
AMVA	Itagüi	21,34
AMVA	UNAL	20,70
AMVA	Politécnico Colombiano	20,05
SDA	Carrefour	18,53
AMVA	Edificio Miguel de Aguinaga	17,83

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.4. Concentraciones promedio más bajas de NO₂ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
CAR	Girardot	0,52
CAR	Cogua	0,94
CAR	Soacha Hospital	1,06
CAR	Nemocón	1,31
CAR	Calera	1,35
CAR	Soacha Alma	1,57
CAR	Mosquera	1,63
SDA	Sony	1,77
CAR	Sibaté	1,84
SDA	Cazucá	1,85

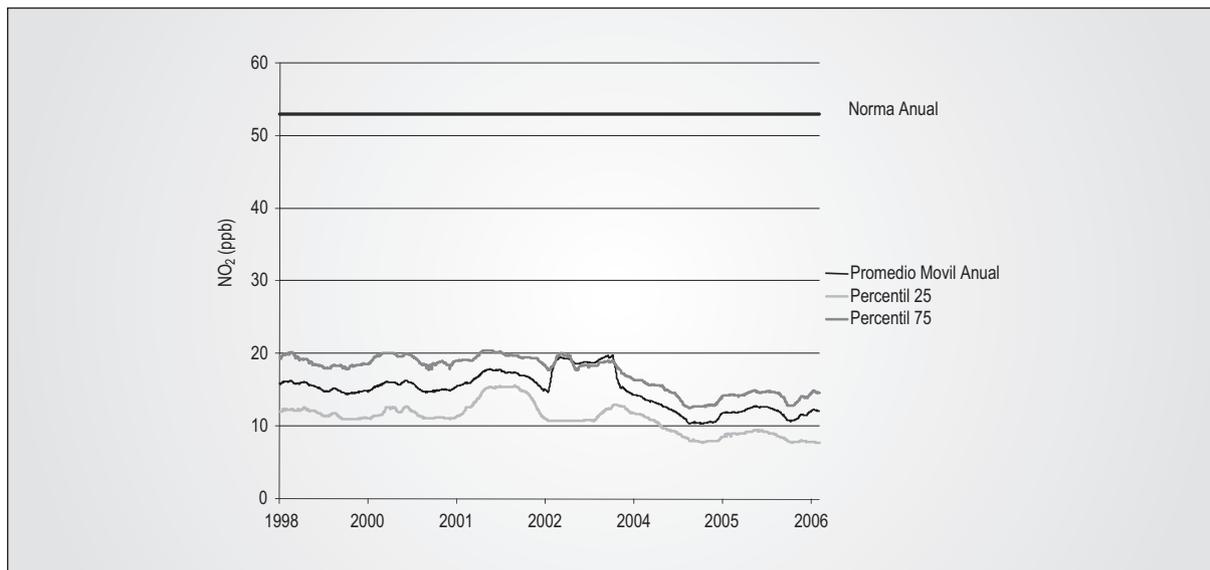
Fuente: IDEAM, 2007

3.2.2. Análisis de Tendencias

A nivel nacional las concentraciones de NO₂ se han mantenido relativamente constantes a través del tiempo. En la Figura 3.4 se observa que hasta el año 2002 las concentraciones se mantuvieron alrededor de los 15 ppb. Sin embargo, es des-

pues de este año que, aunque se registra un aumento en el promedio móvil de las concentraciones, llegan a ser iguales o superiores al percentil 75, para luego descender hasta alcanzar concentraciones de 10 ppb. Estas concentraciones se encuentran muy por debajo del límite máximo anual establecido para NO₂ (53 ppb).

Figura 3.4. Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de NO₂, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

Nuevamente como lo observado en SO₂, la causa de que la media móvil se encuentre por encima del percentil 75 se debe a concentraciones muy elevadas en algunos puntos de monitoreo del país.

3.3. OZONO TROPOSFÉRICO – O₃

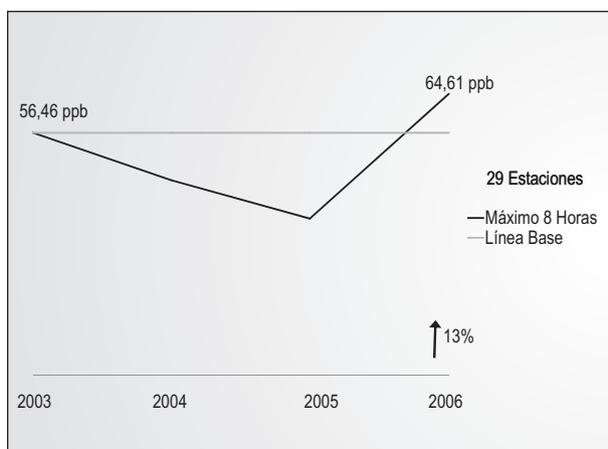
El monitoreo de O₃ se realiza solamente por redes automáticas. En total diez (10) redes del país monitorean este contaminante. Para el análisis se tuvieron en cuenta las redes de ubicadas en Bogotá (SDA), Santiago de Cali (DAGMA), Yumbo y Palmira (CVC), el Área Metropolitana de Bucaramanga (CDBM), algunos municipios de Antioquia (Cornare y Coran-

tioquia), el Valle de Aburrá (AMVA) y el Valle de Sogamoso (Corpoboyacá).

3.3.1. Comportamiento

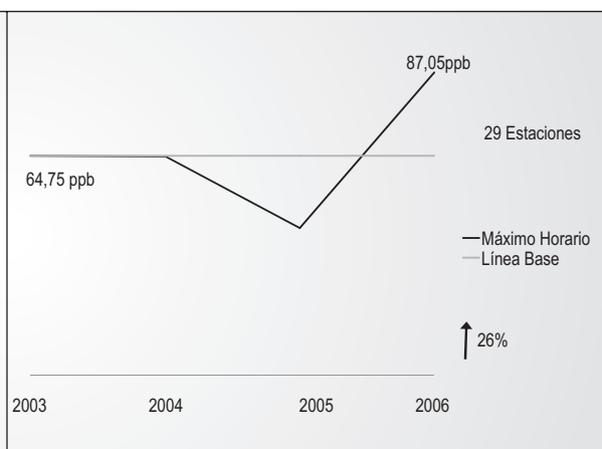
Las concentraciones de O₃ a nivel nacional se analizaron teniendo en cuenta los máximos registros anuales de ocho (8) horas y una (1) hora (ver Figuras 3.5 y 3.6; respectivamente). En general para el periodo 2003 al 2006 las concentraciones subieron un 13% y un 26% para los máximos de ocho (8) y una (1) hora, respectivamente, como resultado del aumento de las concentraciones en el periodo comprendido entre 2005 y 2006, resultados que están por encima de los niveles máximos permisibles.

Figura 3.5. Comportamiento de las concentraciones de O₃ ocho (8) horas a nivel nacional



Fuente: IDEAM, 2007

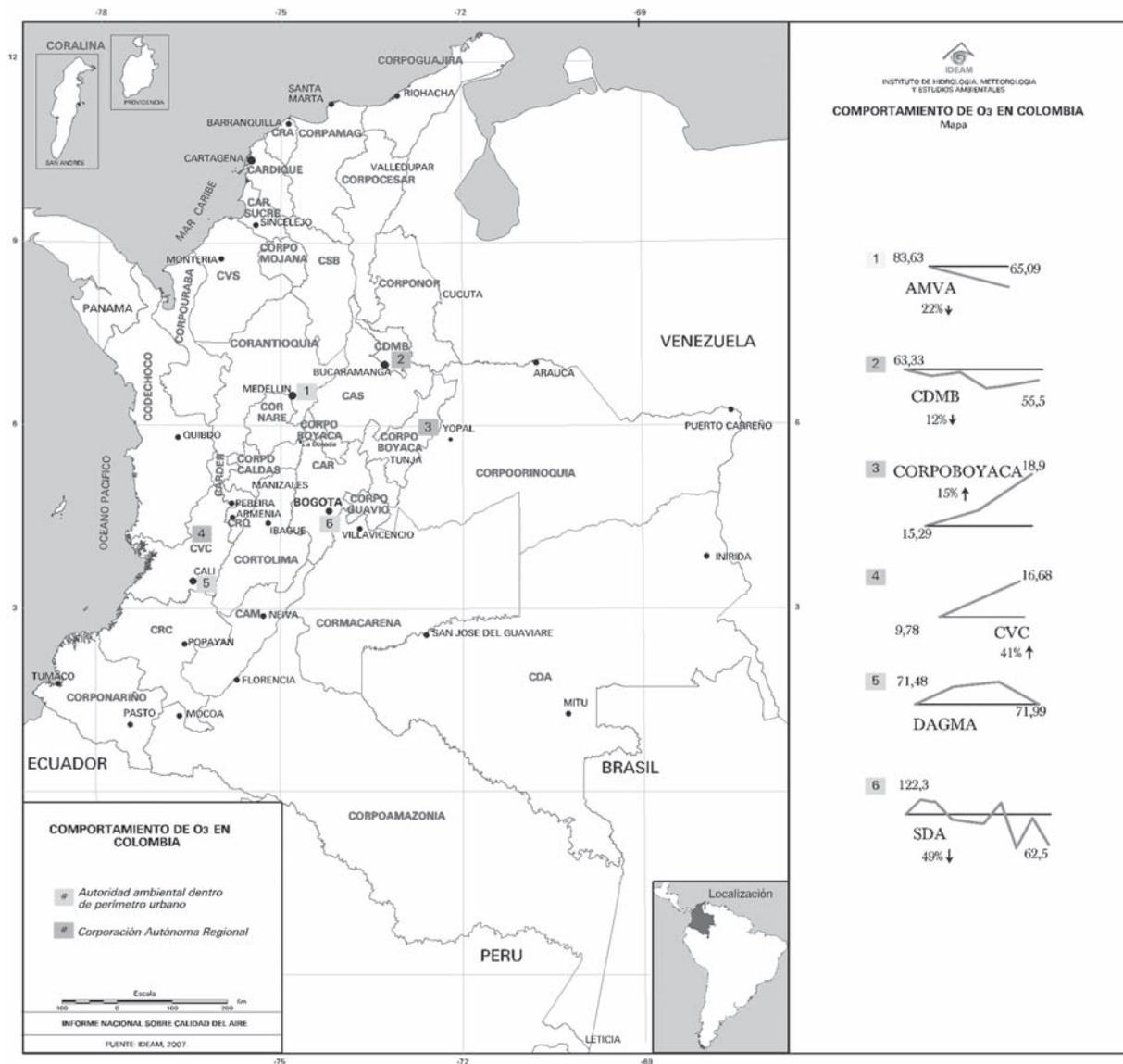
Figura 3.6. Comportamiento de las concentraciones de O₃ horarias a nivel nacional



En el Mapa 3.3 se observa que la ciudad que ha registrado las concentraciones más altas y variables de O₃ horario es Bogotá con 122,3 ppb; sin embargo el descenso en las concentraciones en esta ciudad es de 49%. En este mismo sentido,

Bucaramanga y Medellín registran un descenso en las concentraciones, situación contraria a lo que sucede en Yumbo, Palmira y el Valle de Sogamoso donde las concentraciones de O₃ van en aumento.

Mapa 3.3. Comportamiento de O₃ horario en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



En la Tabla 3.5 se presentan las diez (10) estaciones que registraron los promedios más altos de O₃ a nivel nacional para el periodo comprendido entre el 2003 a 2006, entre estas se encuentra la red de Santiago de Cali, de Yumbo y Palmira, del Valle de Sogamoso y del Área Metropolitana de Bucaramanga. Las concentraciones más elevadas las registra la estación CVC en Santiago de Cali con una concentración promedio de 18,88 ppb.

La concentración más baja la registra la estación Calle 15 de la red del DAGMA en Santiago de Cali. Dentro de las 10 estaciones con los promedios más bajos se encuentran algunas estaciones de la red del Área Metropolitana de Bucaramanga, del Valle de Aburrá y de Bogotá como se observa en la Tabla 3.6.

Tabla 3.5. Concentraciones promedio más altas de O₃ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
DAGMA	CVC	18,88
Corpoboyacá	El Recreo	18,7
CDMB	Ciudadela	17,52
DAGMA	PDD	16,74
CVC	Palmira	16,685
DAGMA	Universidad del Valle	15,62
Corpoboyacá	Club Bavaria	14,79
DAGMA	CDAV	14,76
CVC	Yumbo	14,67
Corpoboyacá	Aeropuerto	14,01

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.6. Concentraciones promedio más bajas de O₃ para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
DAGMA	Calle 15	2,99
SDA	Puente Aranda	4,68
SDA	Cazucá	5,87
SDA	Sony	7,59
AMVA	Guayabal	8,98
SDA	Carrefour	9,23
CDMB	Chimitá	10,37
SDA	Corpas	10,7
CDMB	Centro	11,01
SDA	IDRD	11,77

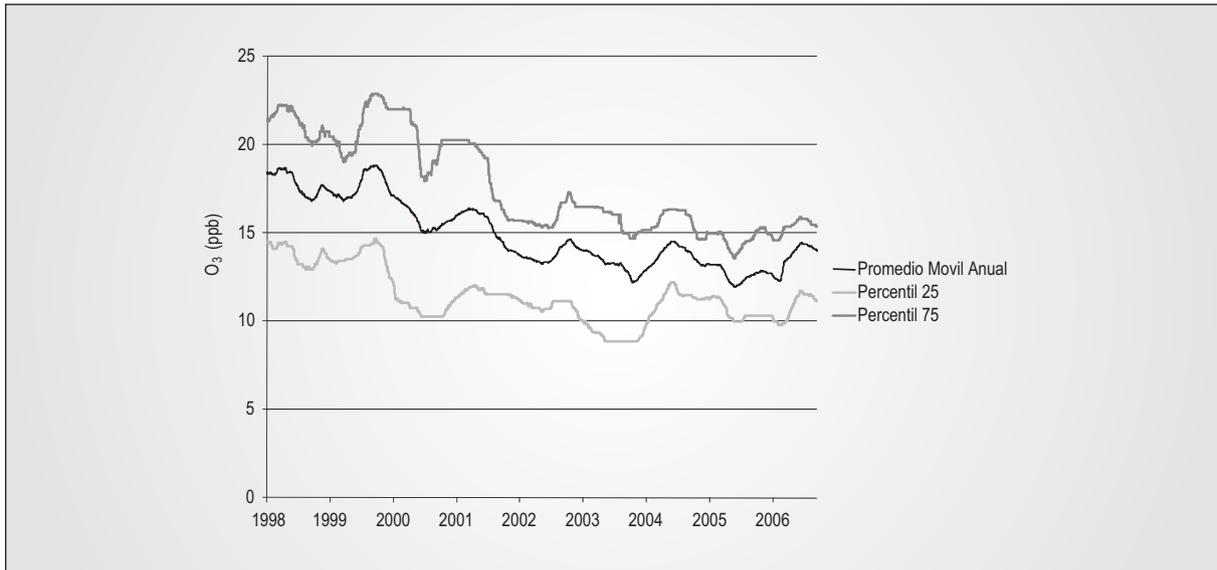
Fuente: IDEAM, 2007

3.3.2. Análisis de Tendencias

El O₃ muestra que a nivel nacional las concentraciones han venido descendiendo gradualmente con una marcada tendencia a través del tiempo (Figura 3.7). Desde 1998 hasta el 2002 el descenso en las concentraciones ha sido rápido

pasando de 18,34 a 14 ppb posterior a este año, aunque las concentraciones continúan disminuyendo, se mantienen oscilando entre los 12 y 13 ppb. Con respecto al nivel máximo permisible de ocho (8) horas se presentaron 906 excedencias equivalente al 1,1% de los datos, y para el caso de una (1) hora se presentaron 181 excedencias equivalente al 0,2%.

Figura 3.7. Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de O₃, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

3.4. MONÓXIDO DE CARBONO – CO

Para el análisis del comportamiento de CO se tuvieron en cuenta las redes ubicadas en Bogotá (SDA), Santiago de Cali (DAGMA), Yumbo y Palmira (CVC), el Área Metropolitana de Bucaramanga (CDMB), el Valle de Aburrá (AMVA) y el Valle de Sogamoso (Corpoboyacá).

3.4.1. Comportamiento

En las Figuras 3.8 y 3.9 se presentan las máximas concentraciones registradas de CO anuales de ocho (8) y una (1), hora

respectivamente. Se observa que en ambos casos se presentó una disminución considerable para el periodo en análisis (2003 – 2006); siendo del 70% para el horario y 71% para el caso de ocho (8) horas. En ninguno de los dos (2) casos los límites máximos establecidos para estos periodos de tiempo son excedidos, aunque en el caso de los máximos de ocho (8) horas la concentración registrada en el 2003 estuvo muy cercana al límite (9 ppm) con una concentración de 8,88 ppm. Los años que tuvieron las concentraciones más bajas fueron el 2001 con 4,39 ppm para el caso horario y el 2006 con 2,54 ppm para el caso de ocho (8) horas.

Figura 3.8. Comportamiento de las concentraciones de CO ocho (8) horas a nivel nacional

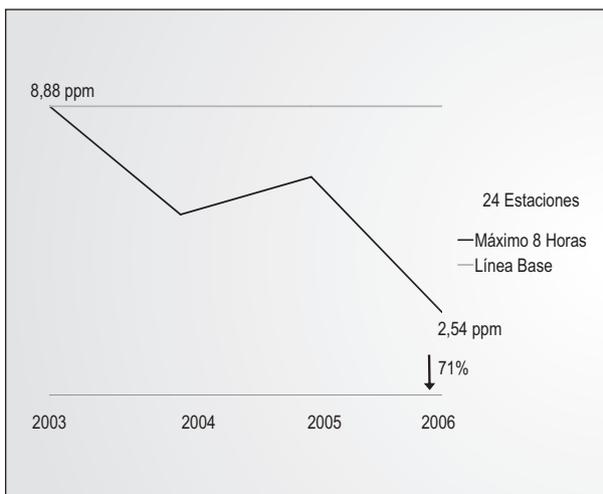
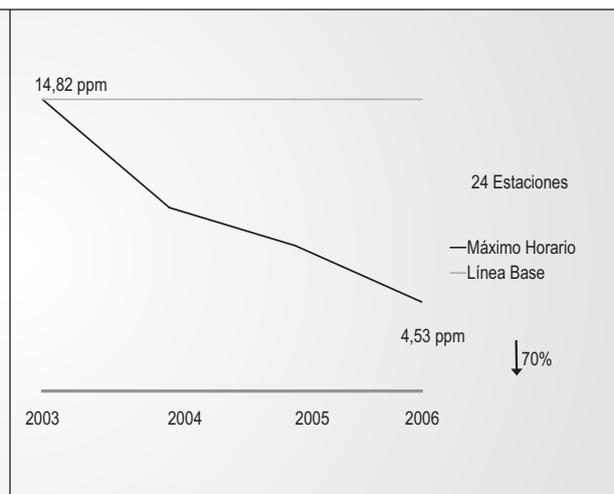


Figura 3.9. Comportamiento de las concentraciones de CO horarias a nivel nacional

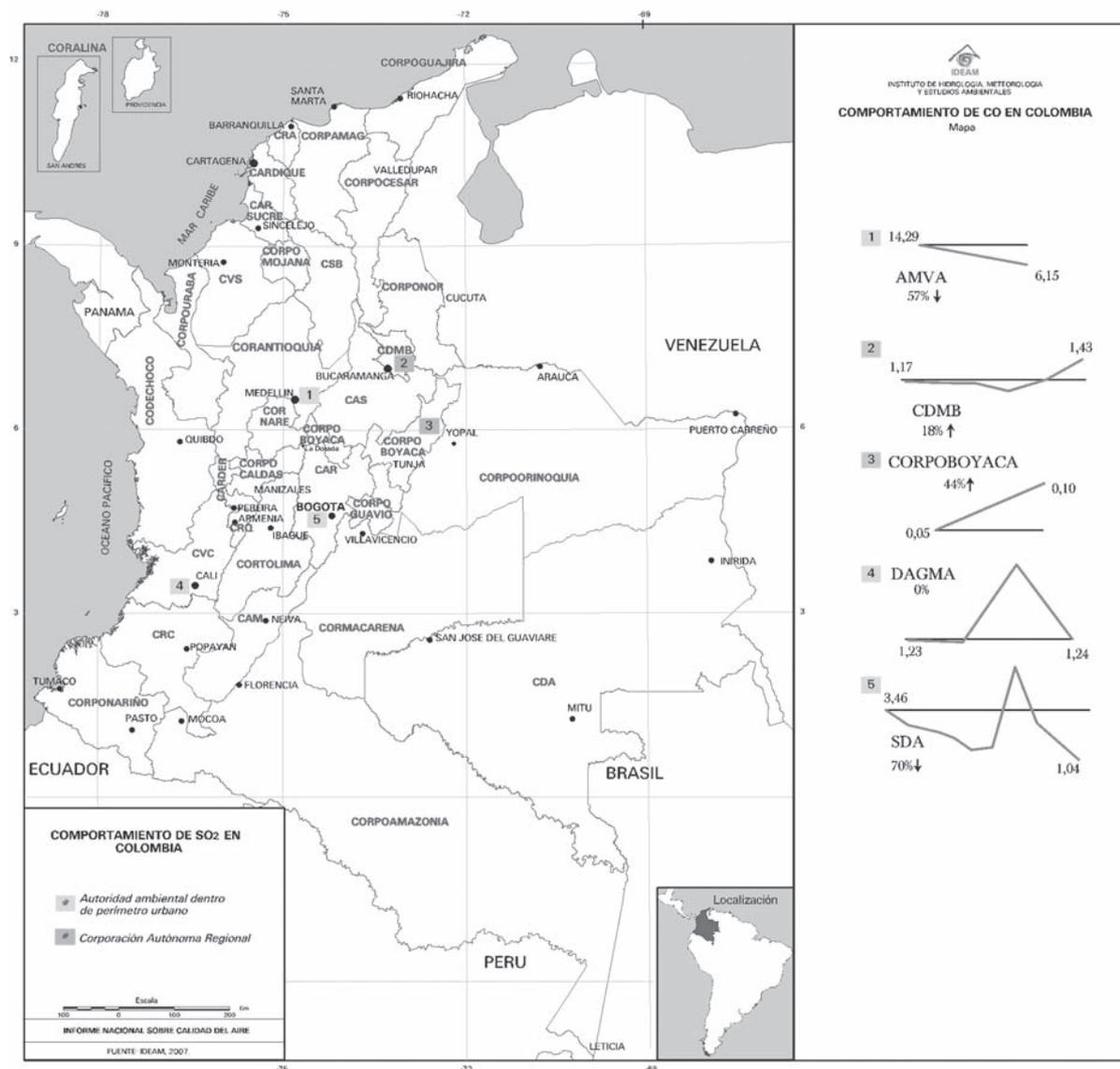


Fuente: IDEAM, 2007

Como se observa en el Mapa 3.4 y en la Tabla 3.7 Bogotá registra las concentraciones más elevadas de este contaminante. En el 2003 las concentraciones de Bogotá estaban alrededor de los 5 ppm mientras que las de Cali y Bucaramanga estaban cerca de 1 ppm. Por otro lado, las concentraciones de Bucaramanga se mantienen constantes a través del tiempo a diferencia de las concentraciones de Cali, las cuales aumen-

tan abruptamente en el 2005 alcanzando valores cercanos a los 4,5 ppm, volviendo a descender rápidamente para el 2006. Medellín solo cuenta con información para el 2005 y el 2006, mostrando concentraciones regulares en este periodo de tiempo, solo Bogotá y Medellín registran un descenso en las concentraciones de CO, mientras que Corpoboyacá y la CDMB registran un aumento.

Mapa 3.4. Comportamiento de CO en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



La estación de Fontibón para el periodo comprendido entre el 2003 y el 2006 registró un promedio de 35,87 ppm; los promedios más bajos se registraron en las estaciones Club Bavaria y El Recreo (Corpoboyacá) con tan solo 0,06 ppm. En las Tablas 3.7 y 3.8 se presentan las 10 estaciones que registraron los promedios más altos a nivel nacional entre 2003 y 2006 y las 10 estaciones que registraron los promedios más bajos para este mismo periodo de tiempo.

Entre las estaciones con los promedios más altos, las primeras 8 pertenecen a la red de la SDA en Bogotá, una a la red del DAGMA en Santiago de Cali y la otra se encuentra en el Valle de Aburrá. Para el caso de las estaciones con los promedios más bajos, se encuentran tres (3) estaciones que monitorean en el Valle de Sogamoso, 4 de la red de Santiago de Cali, 2 de Bucaramanga y una en Palmira.

Tabla 3.7. Concentraciones promedio más altas de CO para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
SDA	Fontibón	35,87
SDA	MAVDT	13,37
SDA	IDRD	11,77
SDA	Corpas	10,7
SDA	Carrefour	9,23
SDA	Sony	7,59
SDA	Cazucá	5,87
SDA	Puente Aranda	4,68
DAGMA	ERA	3,62
AMVA	AMVA	2,49

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.8. Concentraciones promedio más bajas de CO para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (ppb)
Corpoboyacá	El Recreo	0,06
Corpoboyacá	Club Bavaria	0,06
Corpoboyacá	Nazareth	0,12
CDMB	Florida	0,73
CVC	Palmira	0,79
CDMB	Ciudadela	0,85
DAGMA	PDD	0,99
DAGMA	Hospital Uni. del Valle	1
DAGMA	Marco Fidel Suárez	1,01
DAGMA	CDAV	1,03

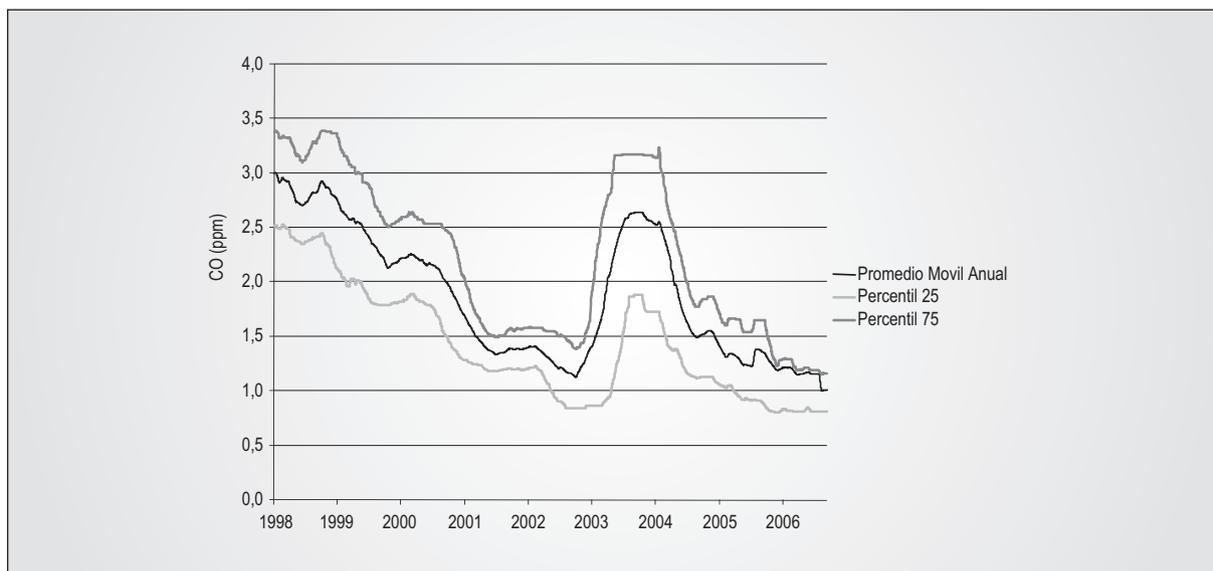
Fuente: IDEAM 2007

3.4.2. Análisis de Tendencias

En general, las concentraciones de CO en el país han disminuido considerablemente. En la Figura 3.10 se observa que desde 1998 hasta el 2003 las concentraciones han descen-

dido. A partir del 2003 se observa un aumento considerable, llegando a registrar concentraciones superiores a los 3 ppm en el 2004, en donde de nuevo comienza a descender alcanzando valores de 1,5 ppm en el 2006.

Figura 3.10. Comportamiento nacional del promedio y de los percentiles 25 y 75 de CO, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

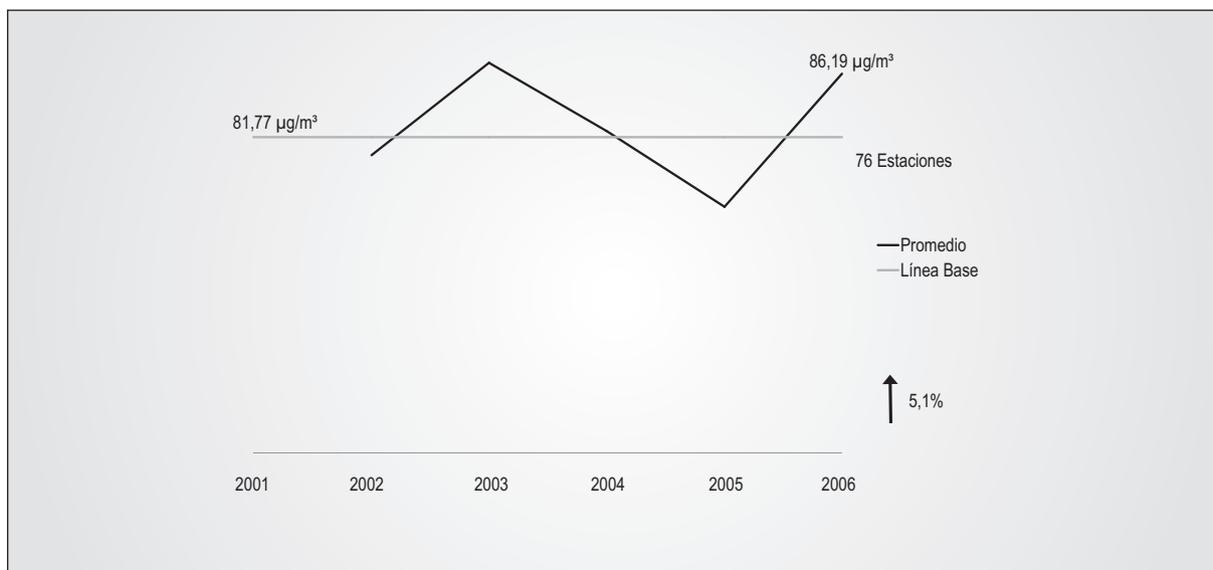
3.5. MATERIAL PARTICULADO - PST

Del total de las veinte (20) redes del país, el PST es monitoreado por doce (12) de estas. Para este análisis fue utilizada la información de Corpamag, Corpoguaajira, Cerrejón, Corponor, CAR, CRC, Corpocaldas, AMVA, Drummond, Cortolima y SDA.

3.5.1. Comportamiento

En la Figura 3.11 se presentan las concentraciones anuales de PST a nivel nacional, donde se puede observar que dichas concentraciones han aumentado desde el 2001, dado que para ese año la concentración era de $81,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el 2006 la concentración fue de $86,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que representa un 5,1% más que en el 2001. Estos resultados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figura 3.11. Comportamiento de las concentraciones de PST a nivel nacional, IDEAM 2007

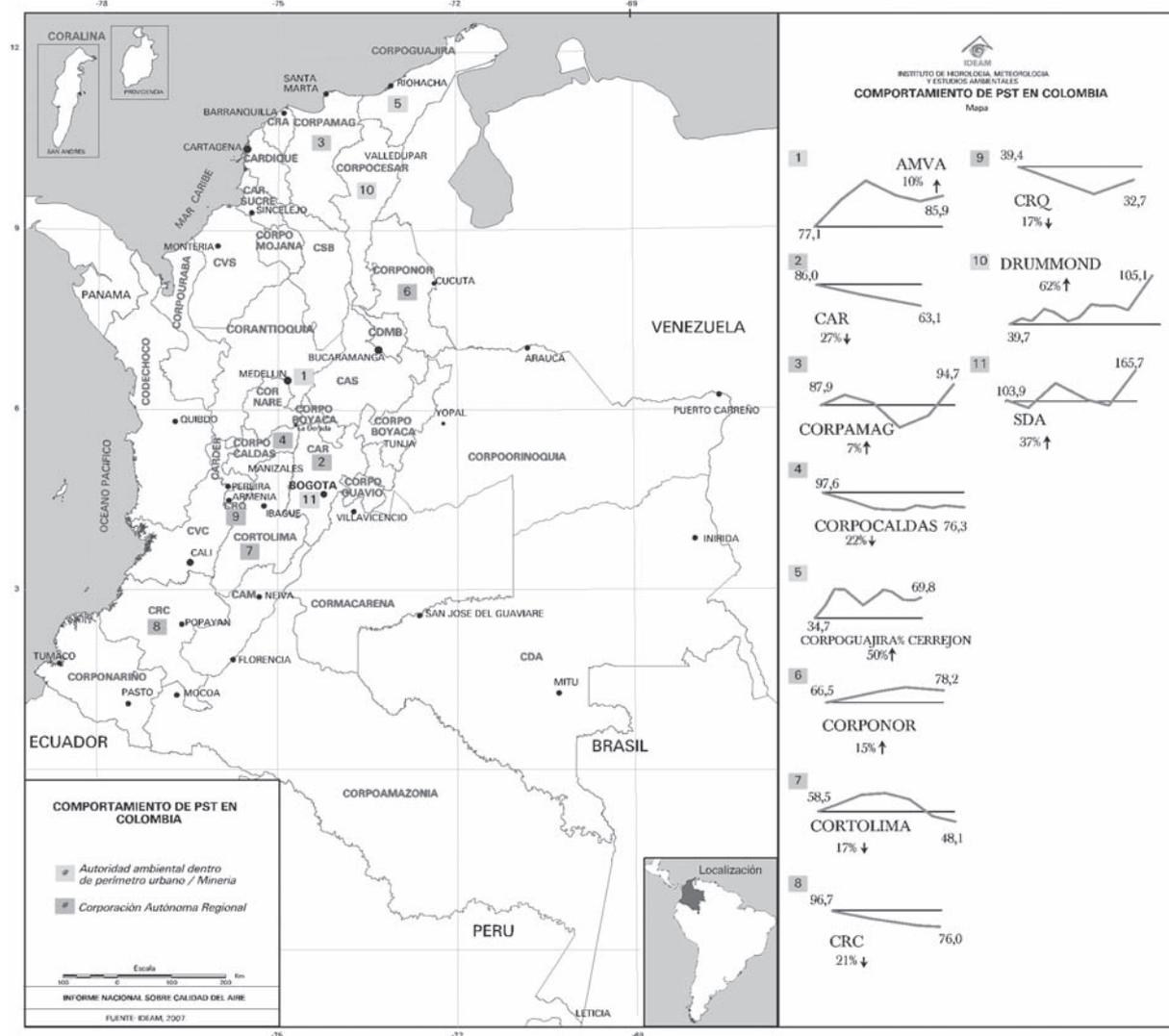


Fuente: IDEAM, 2007

En el Mapa 3.5 se observa que las concentraciones registradas por las diferentes redes en el país, en su mayoría muestran un aumento en las concentraciones de PST, en algunos casos sobrepasan el límite máximo anual como en el caso de Bogotá. Las redes de la CAR, la CRC, Corpocaldas, CRQ y Cortolima

muestran descensos en las concentraciones, mientras que la zona minera de La Guajira muestra un aumento del 50%. La zona que presenta el aumento más constante es la zona minera del Cesar, donde la red privada de Drummond registra un aumento del 62%.

Mapa 3.5. Comportamiento de PST en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



En la Tabla 3.9 se presentan las diez (10) estaciones que registraron las concentraciones más altas de PST a nivel nacional en el periodo comprendido entre 2003 a 2006; tres (3) son de la CAR, 2 son de la SDA, 2 del AMVA, y las tres (3) restantes pertenecen al Cerrejón, a Corpamag y CRC. La estación que registró el promedio más alto, con una concentración de 149,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, es la estación Cazucá ubicada al sur de la ciu-

dad de Bogotá. Cabe anotar que estas 10 estaciones superan el límite máximo anual permisible para este contaminante ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Las 10 estaciones con los promedios más bajos se encuentran en la CRQ ($39,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Cerrejón, Corpamag, SDA y Cortolima, como se observa en la Tabla 3.10.

Tabla 3.9. Concentraciones promedio más altas de PST para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (G/M ³)
SDA	Cazucá	149,79
CAR	Soacha Hospital	148,97
CAR	Sibaté	144,4
SDA	Sony	140,29
Corpogujaira/Cerrejón	Ciudadela	137,9
AMVA	UNAL	130,51
Corpamag	La Lucha	122,76
CRC	Villarrica	109,71
CAR	Zipaquirá	108,31
AMVA	Itagüi	107,82

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.10. Concentraciones promedio más bajas de PST para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN (G/M ³)
CRQ		39,41
Corpamag	Parare	42,1
Cerrejón	Sol y sombra	42,85
SDA	Bosque	43,83
Cortolima	La Garita	49,81
Cerrejón	Albania	51,21
Corpamag	Don Jaca	51,72
Cerrejón	Fonseca	51,86
Cerrejón	Remedios	52,74
Cerrejón	Carmen	53,6

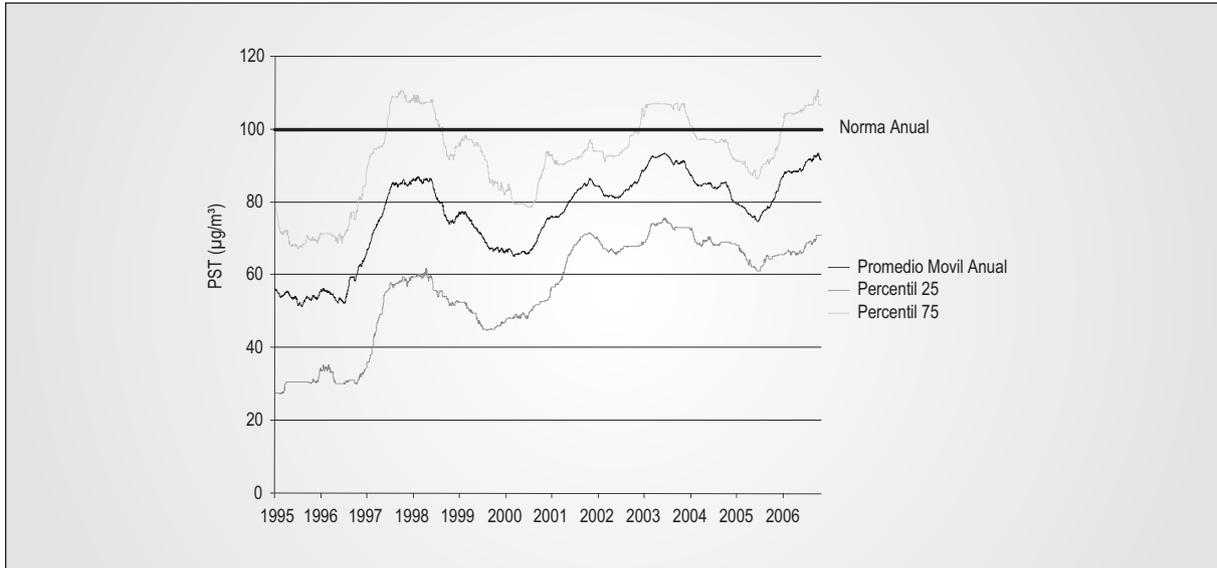
Fuente: IDEAM, 2007

3.5.2. Análisis de Tendencias

Las concentraciones de PST muestran una constante tendencia al aumento, que a nivel nacional ya están muy cerca de alcanzar el límite máximo permisible anual. En la Figura 3.12

se muestra este comportamiento, donde además se observa que el 75% de los datos marcados por la línea del percentil 75 durante los años 1997 y 2004, en varias ocasiones superan el nivel máximo permisible.

Figura 3.12. Comportamiento nacional del promedio móvil anual y de los percentiles 25 y 75 de PST, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007

3.6. MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS - PM10

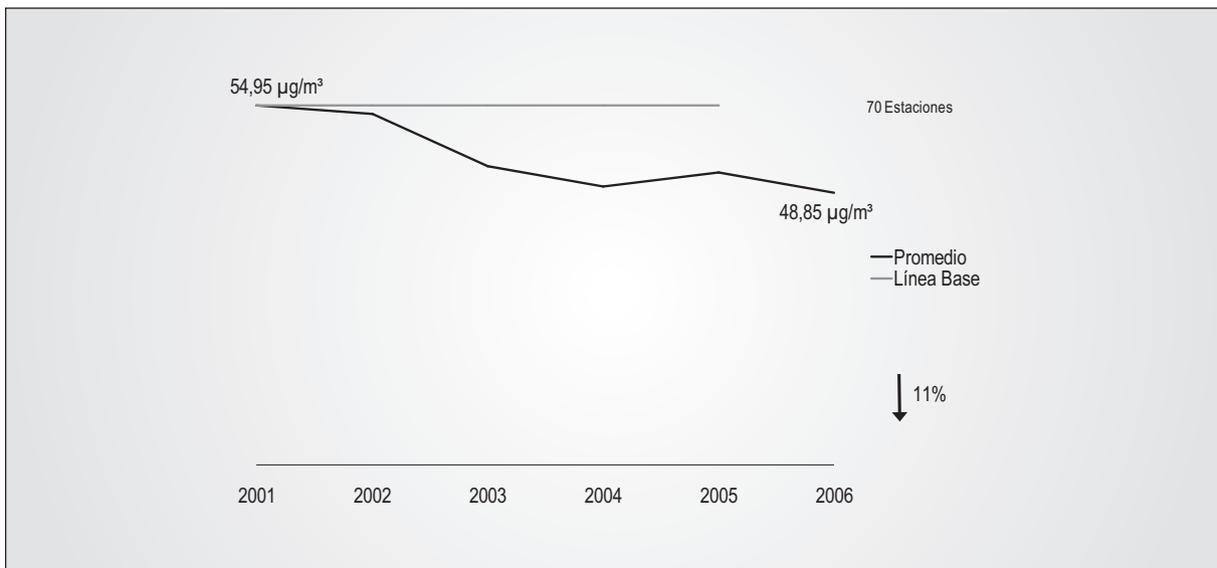
Diecinueve (19) de las veinte (20) redes de calidad del aire monitorean este contaminante, entre las cuales se encuentran las siete (7) redes de monitoreo automático. Para el análisis nacional del comportamiento de este contaminante se tuvieron en cuenta las siguientes redes: SDA, CVC, Cornare, Corpamag, DAGMA, Corpoguajira, Cerrejón, CDMB, Corpoboyacá, IDEAM, Corantioquia,

Corponor, CAR, CRC, Corpocaldas, AMVA, Carder y Cortolima.

3.6.1. Comportamiento

Las concentraciones de PM10 a nivel nacional han disminuido en un 11%, tomando como base la concentración promedio anual registrada en 2001. A partir de este año, las concentraciones han pasado de $54,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $48,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver Figura 3.13).

Figura 3.13. Comportamiento de las concentraciones de PM10 a nivel nacional, IDEAM 2007



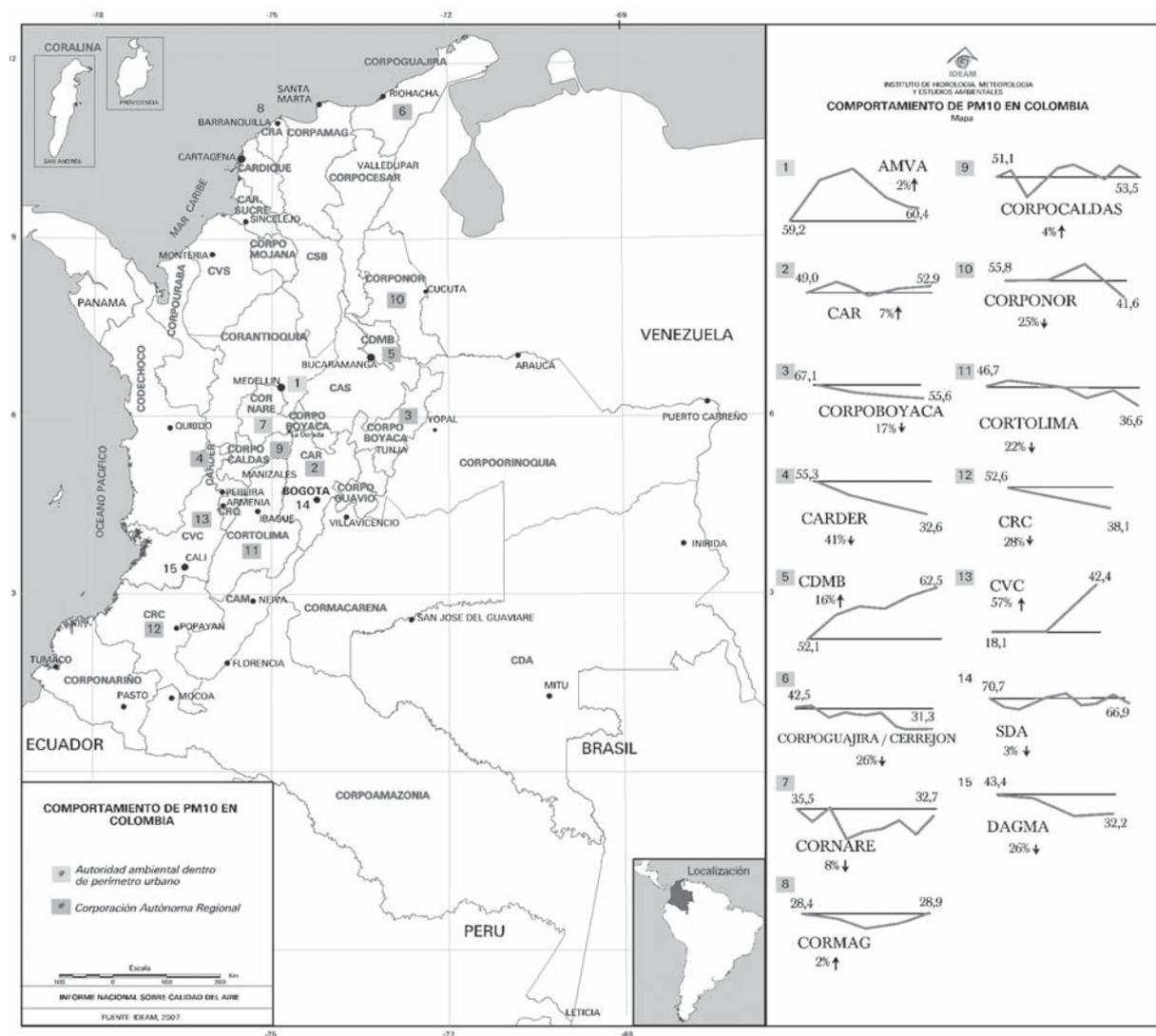
Fuente: IDEAM, 2007

En el Mapa 3.6 se resumen las concentraciones de PM10 para cada una de las redes de monitoreo que miden este contaminante. Allí se observa que en casi todos los casos, las concentraciones de PM10 se han mantenido constantes. La ciudad de Bogotá registra las concentraciones más altas de este contaminante, superando el límite anual máximo permisible ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Medellín es la ciudad que mantiene las concentraciones más constantes, aunque

en el 2004 se puede observar un leve descenso en las mismas.

Finalmente, Manizales y Cornare son las redes que presentan los mayores cambios en concentración, sin un comportamiento claro. Por otro lado, en Cali las concentraciones disminuyen en el 2004 estabilizándose durante el 2005. El mayor crecimiento de la concentración se presentó en la zona de Yumbo y Palmira.

Mapa 3.6. Comportamiento de PM10 en Colombia a nivel regional, IDEAM 2007



Como se observa en la Tabla 3.11 las concentraciones más altas de PM10 registradas a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006 se registraron en las estaciones Tunal, Kennedy y Puente Aranda pertenecientes a la red de Bogotá. Junto con Bogotá, el Valle de Aburrá y algunos municipios de Cundinamarca también registran concentraciones altas, las cuales superan el límite anual permisible.

Dentro de las diez (10) estaciones con las concentraciones promedio para los años 2003 a 2006 más bajas, se encuentra la estación Carder con una concentración de $20,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, así como dos (2) estaciones de Corpamag y cuatro (4) de la zona minera del Cerrejón.

Tabla 3.11. Concentraciones promedio más altas de PM10 para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SDA	Tunal	106,83
SDA	Kennedy	106,08
SDA	Puente Aranda	103,23
AMVA	Edificio Miguel de Aguinaga	102,51
AMVA	Guayabal	101,5
SDA	Fontibón	93,6
CAR	Nemocón	89,29
SDA	Corpas	85,57
CAR	Ráquira	77,32
SDA	Carrefour	77,24

Fuente: IDEAM, 2007

Tabla 3.12. Concentraciones promedio más bajas de PM10 para las estaciones de monitoreo a nivel nacional para el periodo 2003 – 2006

RED	ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Carder	Cairo	20,37
DAGMA	Universidad del Valle	22,99
Carder	Cardisel	23,33
Corpamag	Batallón	24
Cornare	Zona Franca	24,27
Corpamag	ALCA	25,08
Corpogujira/Cerrejón	Carmen	26,85
Corpogujira/Cerrejón	Carretalito	27,57
Corpogujira/Cerrejón	Chancleta	27,83
Corpogujira/Cerrejón	Vivienda	29,15

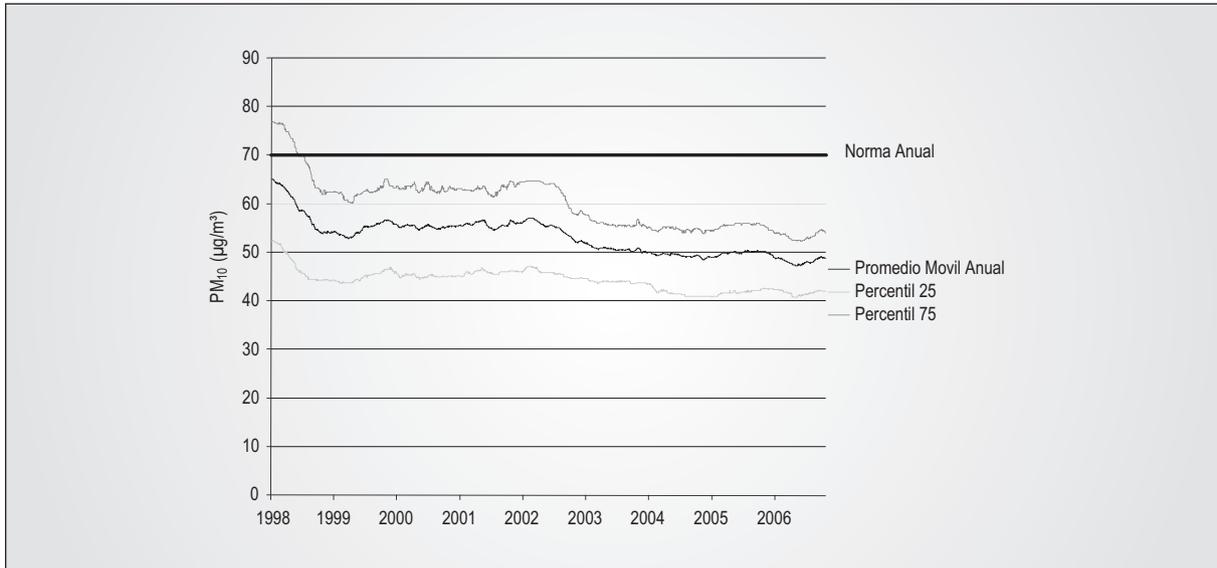
Fuente: IDEAM 2007

3.6.2. Análisis de Tendencias

A nivel nacional las concentraciones de PM10 muestran una tendencia a la disminución. Aunque durante el periodo 1999 a 2002 se presentó un comportamiento estable, es después

del 2003 que las concentraciones comienzan a descender como se observa en Figura 3.14. Cabe notar que en 1998 el 75% de los datos superaron el nivel máximo permisible anual.

Figura 3.14. Comportamiento nacional del promedio móvil anual y de los percentiles 25 y 75 de PM10, IDEAM 2007



Fuente: IDEAM, 2007



Foto: RODRIGO SUÁREZ CASTAÑO

4. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

4. CALIDAD DEL AIRE Y SALUD

Antes de 1993, año en que se sanciona la Ley 99 de 1993, las funciones de control y vigilancia de la calidad del aire estaban en cabeza del hoy Ministerio de la Protección Social, funciones que comprendían la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos.

Posteriormente, la Ley 715 de 2001 establece la orientación, regulación, supervisión y control del Sistema General de Seguridad Social en Salud y las acciones para la prevención de los riesgos ambientales que afectan la salud. Por lo anterior, las autoridades de salud y las ambientales deben concurrir para la prevención de los problemas de salud causados por el deterioro ambiental⁴³.

En este sentido, el documento Conpes 3344 “Lineamientos para la Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire” establece dentro de las acciones a realizar en el sector salud, que la recolección y reporte de datos y estadísticas sobre Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y su análisis conjunto con los datos sobre calidad del aire son la base para el diseño, evaluación y ajuste de políticas, regulaciones y estrategias eficientes y equitativas para el control de la contaminación del aire. Sin embargo, la información sobre IRA reportada por parte de las Instituciones Prestadoras de Servicios (IPS) al Instituto Nacional de Salud (INS) es incompleta, solo incluye mortalidad, no está sistematizada, no incluye datos para todos los departamentos, ni para todos los grupos etarios.

Estas carencias y las relativas a la información sobre calidad del aire hacen que en Colombia exista una amplia incertidumbre en torno a los beneficios sobre salud derivados de las intervenciones del gobierno en materia de prevención y control de la contaminación del aire.

Bajo este escenario, se presentan las experiencias actuales de monitoreo del impacto en salud por contaminación del aire, los proyectos regionales que se están adelantando en ese sentido y, finalmente, los estudios realizados en Colombia que relacionan calidad del aire con salud.

4.1. EXPERIENCIAS ACTUALES DE MONITOREO DEL IMPACTO EN SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Para el desarrollo de este capítulo se tuvo en cuenta las experiencias de Medellín, Bogotá, Bucaramanga y Santiago de Cali, debido a que estas han sido las ciudades que han venido realizando o van a realizar programas y proyectos para relacionar la contaminación del aire con la salud de la población.

4.1.1. Área Metropolitana del Valle de Aburrá⁴⁴

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá desarrolló un estudio relacionando contaminación del aire con afectaciones en la salud sobre la población de Medellín y de sus municipios adjuntos. A continuación se presentan algunos de los resultados más importantes de este estudio.

Las reducciones en otras variables espirométricas alcanzan valores que ascienden hasta 10 - 12%. Los resultados muestran que hay indicadores de flujo aéreo respiratorio más sensible que la clásica prueba de Tiffeneau o volumen espiratorio forzado de un segundo (VEF1). De hecho, las diferencias entre los grupos comparados son menores para el VEF1 que para otros indicadores.

Los datos revelan afectación mayor en los hombres en comparación con las mujeres, en respuesta a la posible mayor exposición que tienen los hombres durante las actividades laborales.

Los datos muestran en forma consistente una diferencia sistemática de síntomas neuropsicológicos, en perjuicio de quienes respiran el aire más contaminado de Medellín y su área metropolitana.

⁴³ Conpes 3344 del 15 de marzo de 2005

⁴⁴ Los datos procedentes de este estudio ecológico tienen las limitaciones propias de un diseño que no puede controlar todas las variables potencialmente confusoras.

En relación con la mortalidad es evidente que en Medellín y su área metropolitana algo está ocurriendo por enfermedades relacionadas con la contaminación del aire. Los datos de los últimos 25 años revelan un aumento del número de muertes por enfermedades respiratorias crónicas y por cáncer de pulmón, tanto en términos absolutos como en términos de tasas ajustadas por el número de habitantes.

Un aumento de la mortalidad del 80% asociado a un gradiente de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10, para Medellín quiere decir, que por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 que se emiten a la atmósfera se paga el precio de aumentar en más del 25% la mortalidad por cáncer de pulmón.

4.1.2. Bogotá Distrito Capital⁴⁵

La Secretaría Distrital de Salud está realizando seguimiento a los posibles efectos en salud, asociados a exposición de algunos contaminantes ambientales que pueden afectar el aire, particularmente, el material particulado⁴⁶.

La contaminación del aire por material particulado no es un factor causal directo de morbilidad o mortalidad respiratoria aguda, sino un factor asociado, que en combinación con otros factores como la desnutrición, la contaminación intradomiciliaria⁴⁷, las deficientes condiciones higiénicas, la falta de vacunación, entre otras, produce un aumento de enfermedades pulmonares. El efecto del material particulado sobre la salud humana, puede deberse a su tamaño, su composición química y su contenido microbiológico.

Actualmente, a través del Plan de Atención Básica de los hospitales del Sur y Fontibón, se viene ejecutando un proyecto de monitoreo y seguimiento del impacto en salud por la contaminación del aire en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón, el cual ha permitido ir consolidando una línea de base en morbilidad respiratoria y ha favorecido la movilización social alrededor del tema de la calidad del aire en estas tres (3) localidades.

Teniendo en cuenta que la Organización Panamericana de la Salud (OPS)⁴⁸ reconoce que no existe un modelo de vigilancia estándar para abordar los efectos en la salud por la contaminación del aire, la Secretaría Distrital de Salud desde hace un par de años viene realizando la construcción de esta metodología en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón con base en los lineamientos de la OPS/CEPIS⁴⁹ y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

A continuación se presenta la metodología del proyecto y los resultados obtenidos en el desarrollo del mismo.

4.1.2.1. Metodología

a. Componentes del proyecto

- Realizar el diagnóstico de la línea base para establecer la causa de contaminación del aire en exteriores y en interiores: definición de límites geográficos de área de interés, caracterización de emisiones, evaluación de la calidad de aire y evaluación del impacto de la contaminación del aire en la comunidad.
- Monitoreo de variables dependientes, independientes y de control.
- Participación en medidas intersectoriales para mejorar calidad del aire y prevenir su deterioro.
- Medidas para aplicar en los estados de alerta, según lineamiento Distrital.
- Movilización social alrededor del tema de calidad de aire y salud, realizado conjuntamente con los ámbitos escolar, familiar, laboral y comunitario.

b. Población bajo vigilancia

- Niños y Niñas menores de 12 años, en especial los menores de 5 años.
- Personas mayores de 60 años.
- Personas con enfermedad pulmonar o cardiovascular: bronquitis crónica, enfisema, asma bronquial y enfermedad arterial coronaria.

c. Vigilancia epidemiológica

- Vigilancia pasiva⁵⁰: a partir de los registros de morbi-mortalidad de casos residentes en las localidades monitoreadas.
- Vigilancia activa⁵¹: a partir del seguimiento de síntomas en diseños de cohorte.

⁴⁵ Secretaría Distrital de Salud, Grupo Técnico de Trabajo: Luis Jorge Hernández, Gustavo Aristizabal, Rolando Bayona, Jaime Barrera, Luis Camilo Blanco, Carolina García, Sandra Martínez, Ángela Arciniegas.

⁴⁶ La información de material particulado es suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente a partir de las mediciones obtenidas por la red de monitoreo de calidad del aire.

⁴⁷ La contaminación intradomiciliaria puede ser causada por tabaquismo, cocción con leña, entre otros.

⁴⁸ OPS, Desafíos Metodológicos de la Vigilancia de los Efectos en la Salud de la Contaminación del Aire Exterior. Septiembre de 2006.

⁴⁹ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Adscrito a la OPS.

⁵⁰ Es el seguimiento de la ocurrencia de eventos atendidos por consulta externa, urgencia y hospitalización.

⁵¹ Es el monitoreo sistemático de individuos para determinar la ocurrencia de eventos, lo cual se realiza mediante entrevistas personales estructuradas o cuestionarios autoadministrados.

d. Efectos en Salud Bajo Vigilancia

- Para la clasificación de los efectos en salud por contaminación atmosférica se está utilizando la Clasificación Internacional de Enfermedades – CIE 10.

e. Mortalidad Diaria

Para la mortalidad diaria se están contemplando todos los grupos de edad, utilizando como fuentes de información las estadísticas vitales – certificados de defunción. En la Tabla 4.1 se presenta la causa y el código CIE al que pertenece.

f. Ingresos Hospitalarios Urgentes Diarios (Para menores de 5 años y mayores de 60 años)

Para los ingresos hospitalarios urgentes diarios se están contemplando los grupos etarios menores de 5 años y mayores de 60 años. En la Tabla 4.2 se presenta la causa y el código CIE al que pertenece.

g. Consulta Externa y de Urgencias

Para consulta externa y de urgencias se están contemplando los grupos etáreos menores de 5 años y mayores de 60 años, utilizando como fuentes de información de morbilidad registros, RIPS de red adscrita y no adscrita. En la Tabla 4.3 se presenta la causa y el código CIE al que pertenece.

Tabla 4.1. Causa y código CIE contemplados para mortalidad diaria

CAUSA	CÓDIGO CIE
Todas las causas excluyendo las externas	V00-Y98; S00-T98
Todas las causas excluyendo las externas en mayores de 60 años	
Toda las causas del aparato circulatorio	I00-I99, G45, M31
Todas las causas cerebro-vasculares	I60-I69, G45.
Total Cardiacas	I20-I25; I30-I52
Enfermedades respiratorias	J00-J99

Fuente: Secretaría Distrital de Salud, 2007

Tabla 4.2. Causa y código CIE contemplados para ingresos hospitalarios urgentes diarios

CAUSA	CÓDIGO CIE
Enfermedades del Aparato Respiratorio	
Enfermedades Respiratorias	J00-J99
Asma	J45: J450-J459
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	J44: J440-J449
Enfermedades del Aparato Circulatorio	
Todas las causas del aparato circulatorio	I00-I99
Todas las causas cerebro-vasculares	I60-I69
Total Cardiacas	I30-I52
Total Isquémicas del corazón	I20-I25

Fuente: Secretaría Distrital de Salud, 2007

Tabla 4.3. Causa y código CIE contemplados para consulta externa y de urgencias

CAUSA	CÓDIGO CIE
Vías Áreas Superiores	J00-J06; J30-J39
Vías Áreas Inferiores	J10-J18; J20-J22; J40-J47; J60-J70; J80-J84; J85-J86; J90-J94; J95-J99

Fuente: Secretaría Distrital de Salud, 2007

h. Variables Independientes

Dentro de las variables independientes del proyecto se encuentran las siguientes:

- Material particulado: PM10 y PM_{2,5}
- Otros contaminantes: SO₂, NO₂, CO y O₃.
- Meteorología: Temperatura, velocidad y dirección del viento, pluviosidad, entre otros
- Otras Variables: días de la semana.

Se ha establecido que la información capturada por la red de calidad del aire es válida para un día, cuando al menos 18 de los 24 datos horarios son válidos; es decir, cuando se dispone al menos del 75% de los datos. Asimismo, para considerar una serie de datos completa como válida, el 75% de los días en dicha estación han debido ser considerados válidos.

En relación con la información faltante o valores perdidos se aplican técnicas para la imputación de valores en cada una de las estaciones seleccionadas por medio de modelos de regresión basados en los valores de las restantes estaciones con datos válidos para ese día.

i. Vigilancia Activa

Para el desarrollo del proyecto se realizarán al menos 2 cohortes al año con grupos de niños menores de 5 años, mediante la aplicación de diario de síntomas. Los instrumentos de caracterización inicial y de diario de síntomas serán los validados por la Secretaría Distrital de Salud, los hospitales y la Universidad de los Andes.

Se tiene previsto para finales del 2007 terminar de ensamblar y seguir las cohortes de mayor y menor exposición diseñadas en el año 2006. Los seguimientos de los diarios de síntomas serán de 4 a 8 semanas. Las cohortes son cerradas y se calcularán proporciones de incidencia.

El análisis de información se realizará mediante análisis gráfico de tendencias y de serie de tiempo utilizando el modelo Aditivo Generalizado (GAM), las ecuaciones estimadas generalizadas (GEE), y el análisis de regresión de Poisson. Así mismo, se conformó una cohorte expuesta y no expuesta para la determinación de riesgos relativos (RR) y riesgos atribuibles (RA).

4.1.2.2. Resultados

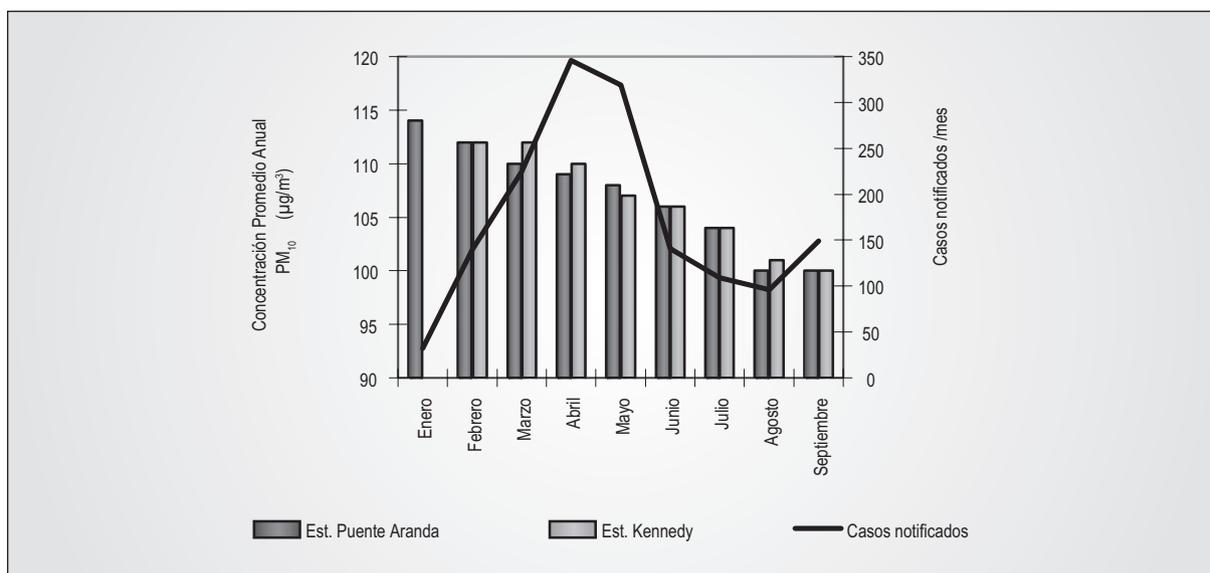
La concentración de PM10 en la localidad de Puente Aranda en el mes de agosto de 2006 se ubicó un día dentro del rango de 0 – 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Bueno), y veinticinco (25) días dentro del rango de 55 – 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Moderado).

En la estación de la localidad de Kennedy, veintiséis (26) días se encuentran dentro del rango de 55 – 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Moderado), y en los días restantes no se obtuvieron datos. Al igual que en meses anteriores, se excedió el valor de la norma anual de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecida en Resolución 601 de 2006, ya que para este mes los valores anuales (septiembre 2005 a septiembre 2006) de las dos (2) estaciones alcanzaron valores por encima de dicho límite.

De acuerdo con lo anterior, aunque no existe una exposición aguda al contaminante, sí se presenta un problema de exposición crónica en la población residente de las localidades, que sumado a otros factores como la época de lluvias, podrían estar relacionados con la ocurrencia de enfermedad respiratoria aguda en estos sectores.

En el caso específico del Hospital del Sur en relación con los casos en las salas ERA, y teniendo en cuenta que, a partir del mes de septiembre de 2006 se presenta un incremento en la enfermedad respiratoria aguda, como se puede observar en la Figura 4.1. En esta figura se presenta el comportamiento de la consulta en las salas ERA del Hospital del Sur durante los primeros nueve (9) meses del año. Se evidencia que para este mes, se presentó un aumento en el número de casos reportados (149 casos) en comparación con el mes anterior en el cual se notificaron 96 casos.

Figura 4.1. Comportamiento Promedio Anual PM10 vs. Casos Notificados Salas ERA. Enero - septiembre del 2006. Hospital del Sur.

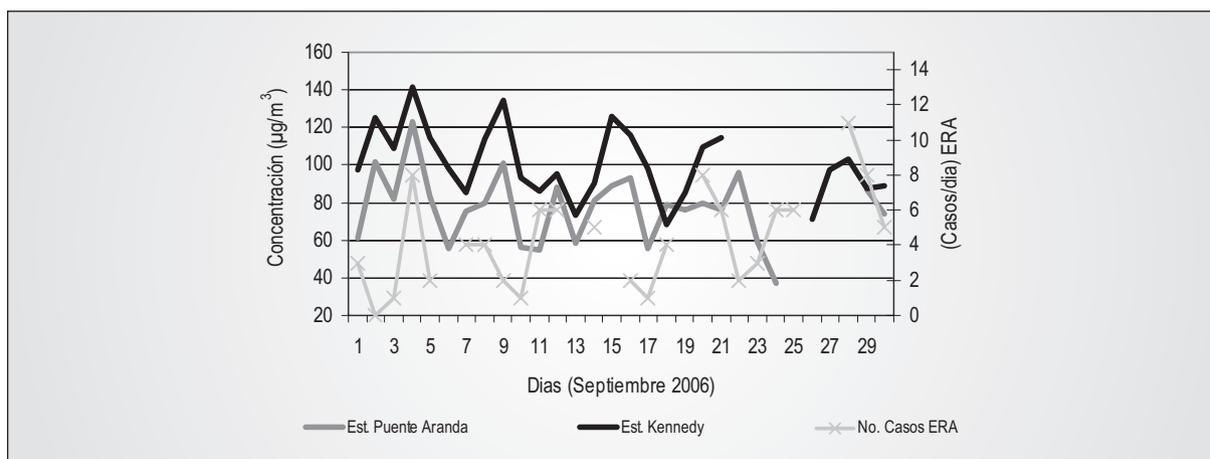


Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente – Hospital del Sur 2006

Identificada la relación existente entre pico epidemiológico y los casos notificados al mes en salas ERA durante el periodo comprendido entre enero y septiembre de 2006, se realizó el ejercicio de relacionar la concentración de PM10 con los

casos notificados. En este sentido en la Figura 4.2 se presenta el promedio diario de la concentración de PM10 en las estaciones de Puente Aranda y Kennedy y el número de casos notificados en las salas ERA.

Figura 4.2. Comportamiento PM10 vs. Casos Notificados Salas ERA. Hospital del Sur. Septiembre de 2006. Localidades de Kennedy y Puente Aranda.



Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente – Hospital del Sur 2006

La Figura 4.2 muestra que existe una relación entre los picos de concentración con los casos notificados en salas ERA, siendo importante resaltar que las concentraciones en la Estación Kennedy son mayores a las medidas en la estación Puente Aranda.

En relación con los casos notificados en las salas ERA, el 84% presentaron en la localidad de Kennedy (Cami Patio Bonito) y el 16% en la localidad de Puente Aranda (Cami Trinidad Galán y Alcalá Muzú).

4.1.3. Santiago de Cali – Valle del Cauca

Con el objeto de determinar la asociación entre la contaminación ambiental y la presencia de síntomas respiratorios en la población de Santiago de Cali, el DAGMA, la Universidad del Valle y la Secretaría de Salud de Cali, actualmente adelantan el diseño e implementación de un Sistema de Vigilancia Epidemiológica de los Efectos en la Salud Derivados de la Contaminación del Aire (SIVICAES). Los objetivos, la metodología y generalidades propuestas para la ejecución del proyecto son:

4.1.3.1. Definición y alcance

El SIVICAES es un sistema de vigilancia para monitorear los efectos en salud pública relacionados con la calidad del aire en la ciudad de Santiago de Cali.

4.1.3.2. Eventos que vigilan

La experiencia internacional recomienda que la vigilancia del impacto sobre la salud derivada de la contaminación atmosférica se oriente a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, de esta manera se propone vigilar los siguientes eventos:

- Consulta a servicios de urgencias y hospitalización por enfermedad respiratoria como: Asma, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), Infección Respiratoria Aguda (IRA), Neumonía y Bronquitis Aguda.
- Consulta a servicios de urgencias y hospitalización por enfermedad cardiovascular como: Infarto Agudo del Miocardio (IAM), Enfermedad Cerebrovascular (ECV) y Falla Cardíaca.
- Mortalidad por causa general, con exclusión de las muertes por causa externa o lesiones, para todos los grupos de edad.
- Mortalidad por enfermedad respiratoria y por enfermedad cardiovascular para todos los grupos de edad.

4.1.3.3. Objetivos del sistema

- Cuantificar el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población residente en la ciudad de Santiago de Cali.
- Vigilar la tendencia de los eventos en salud asociados a la contaminación atmosférica.

4.1.3.4. Medición de la exposición

Fueron seleccionados los siguientes contaminantes como indicadores de la calidad del aire:

- Dióxido de sulfuro (SO₂): Se recomienda usar el promedio de 24 horas.

- Dióxido de nitrógeno (NO₂): Valor máximo de 1 hora diaria.
- PM10: Promedio 24 horas
- Monóxido de carbono (CO): Máximo promedio de ocho (8) horas (basado en un promedio móvil de ocho (8) horas).
- Ozono (O₃): Máximo en ocho (8) horas (calculado como un promedio móvil de ocho (8) horas de 9 a.m. a 5 p.m.), y el valor máximo de 1 hora diaria.

Los periodos de medición mencionados anteriormente son recomendados para evaluar los efectos en la salud para periodos cortos de exposición.

4.1.3.5. Fuentes de recolección de los datos

Las principales fuentes de información para la vigilancia de los eventos son: las instituciones prestadoras de servicios de salud de la red pública y privada, de las comunas identificadas con mayores niveles de contaminación del aire, con base en los niveles históricos de calidad del aire obtenidos por la red de monitoreo del DAGMA.

La información es recolectada a través de fuentes secundarias, específicamente a partir de los RIPS (Registro Individual de Prestación de Servicios de Salud), que permiten una recolección unificada y estandarizada de todas las instituciones prestadoras de servicios de salud. La principal información que será capturada de los RIPS está relacionada con los datos de identificación del servicio de salud y del usuario, información del servicio prestado y del motivo que originó la prestación (diagnóstico), información de la consulta médica general o del especialista y/o de los servicios de urgencias y hospitalización.

4.1.3.6. Recolección de los datos

El sistema de vigilancia funciona de manera permanente, pero la información correspondiente a los eventos es recolectada en las instituciones mencionadas de manera mensual. Es decir, es un sistema de vigilancia permanente con recolección periódica.

Por otro lado, el sistema de vigilancia funciona inicialmente en las instituciones de salud, públicas y privadas, de las comunas seleccionadas, con el objetivo de relacionar la información correspondiente a la exposición a fuentes de contaminación ambiental y a los eventos objeto de vigilancia.

4.1.4. Área Metropolitana de Bucaramanga – Santander

Con el objeto de determinar la asociación entre la contaminación ambiental y la presencia de síntomas respiratorios en la

población pediátrica de Bucaramanga, la Secretaría de Salud de Santander, el Observatorio de Salud Pública, el Instituto Tecnológico Neumológico del Oriente, la Universidad Industrial de Santander y la CDMB adelantan el proyecto “La Contaminación Atmosférica y sus Efectos en la Salud, Bucaramanga 2007 - 2008”. Los objetivos y la metodología propuesta para la ejecución del proyecto son:

4.1.4.1. Objetivos Específicos

- Medir la incidencia de síntomas respiratorios agudos en niños menores de 7 años residentes alrededor de zonas con monitoreo de material particulado (PM10) y Ozono en Bucaramanga.
- Comparar la incidencia de síntomas respiratorios agudos percibidos (morbilidad respiratoria) en poblaciones de alta y baja polución (según monitoreos de PM10 y Ozono).
- Determinar la asociación entre la incidencia de morbilidad respiratoria aguda percibida en menores de 7 años con las variaciones mensuales de contaminación ambiental (PM10 y Ozono) teniendo en cuenta otros factores ambientales e individuales relacionados.

4.1.4.2. Metodología

Tipo de estudio: Observacional analítico de tipo cohorte prospectiva con el fin de estimar la incidencia de síntomas respiratorios agudos en los niños menores de 7 años, en tres (3) zonas con niveles de contaminación diferentes según mediciones previas de PM10 y Ozono. La observación se realizará iniciando en el 2007, por un periodo de 12 meses (un año), para que permita evaluar las variaciones de morbilidad aguda percibida en relación con los niveles de contaminación ambiental en los diferentes periodos estacionales del año (variaciones de temperatura y humedad).

Población y muestra: La población de referencia son los residentes de Bucaramanga. Se tomará como población de estudio las personas residentes cuatro (4) manzanas a la redonda de los sitios de monitoreo de PM10 y ozono, ubicados en tres (3) barrios de la ciudad (San Miguel, Concordia y La Joya) que de acuerdo con los registros previos de la CDMB presentan niveles de contaminación diferentes (mayor en San Miguel y La Concordia y menor en La Joya).

Se calculó un tamaño de muestra en el programa EpiInfo 6.04d teniendo en cuenta un error tipo 1 del 5%, poder del 80%, razón de expuestos y no expuestos de 1:1, prevalencia del factor de 18% en expuestos y 10% en no expuestos y un Riesgo Relativo esperado de 1,8 (OR 1,93), se obtuvo un número mínimo de 319 niños en cada nivel de exposición para un total de 638. Se tuvo en cuenta un 20% de pérdidas en

el seguimiento por lo cual se determinó una muestra total de 764 niños en las zonas de estudio.

Medición de contaminación ambiental: Se tomará como medidor trazador de contaminación ambiental la concentración de material particulado medido como PM10 y la concentración de ozono medida por las estaciones de monitoreo de la CDMB ubicadas en tres (3) barrios de la ciudad que se determinaron como opuestas en sus niveles de contaminación. Las mediciones de ozono serán de carácter automático y se obtendrán diariamente, mientras que las de PM10 son manuales y se registrarán cada tres (3) días durante los doce (12) meses de observación en cada estación de monitoreo.

Medición de morbilidad: La morbilidad aguda será medida por medio de encuestas estructuradas realizadas por terapistas respiratorias bajo la coordinación de neumólogos pediatras. Para la inclusión de niños en el estudio se tomará como centro del muestreo el lugar donde se encuentre instalado el medidor de material particulado. A partir de este sitio se definen cuatro (4) cuadrantes que se empiezan a “barrer” desde el punto del medidor hacia fuera buscando viviendas con niños menores de siete (7) años. De cada vivienda se escogerán todos los niños menores de 7 años hasta completar la muestra necesaria en cada cuadrante.

Se realizará una encuesta basal a los padres o cuidadores de los menores indagando todas las variables de estudio (características personales y de la vivienda) y, especialmente, la presencia de síntomas respiratorios presentados por los niños en el año y en el mes anterior. Los síntomas se clasificarán como síntomas de enfermedad respiratoria superior y síntomas de asma con el fin de realizar análisis por grupo de síntomas.

Seguimiento de morbilidad: Al Igual que el anterior, se medirá por medio de encuestas a los padres o cuidadores de los menores en forma mensual por 11 meses haciendo indagación de síntomas respiratorios presentados por los niños, durante el último mes. Esta información será registrada en forma telefónica por las encuestadoras entrenadas y se realizarán visitas domiciliarias en caso de no obtener respuesta o cuando sea necesario precisar los síntomas.

4.2. ESTUDIOS REALIZADOS EN COLOMBIA QUE RELACIONAN CALIDAD DEL AIRE CON SALUD

Los estudios realizados a nivel nacional que relacionen contaminación del aire con efectos a la salud, han sido hasta cierto punto estudios e investigaciones locales y no del orden nacional; sin embargo, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2004 adelantó un estudio el cual buscaba identificar los contaminantes y medir su concentración,

calcular el número de personas expuestas a la contaminación y su concentración y calcular los impactos de la exposición sobre la salud con base en valoraciones epidemiológicas. La principal conclusión de este trabajo fue que el costo anual promedio estimado para la contaminación del aire está alrededor de 1.500 billones de pesos, en donde cerca del 65% del costo está asociado con mortalidad y el 35% con mortalidad⁵².

A continuación se presentan los estudios realizados para las ciudades de Bogotá y Cali.

4.2.1. Bogotá Distrito Capital

La Universidad de los Andes a inicios de la década de los noventa en Bogotá analizó y construyó series estadísticas a partir de los resultados de los monitoreos realizados por la red de monitoreo de Bogotá entre 1987 y 1991, con el fin de establecer de acuerdo con estos registros, la presencia de contaminantes en el aire identificados como peligrosos (componentes sulfurosos, nitrogenados, partículas en suspensión, ozono y residuos de hidrocarburos) para la salud humana.

Fue así como se construyó un modelo para estimar los efectos sobre la salud de los bogotanos por la exposición a distintos niveles de contaminación del aire, el cual planteaba que las afecciones respiratorias en la ciudad dependen de factores como niveles de contaminación de un contaminante en particular, sexo del paciente, edad, seguridad médica y en algunos casos días de permanencia en la clínica u hospital.

Dentro de los principales resultados obtenidos se encontró que para las enfermedades respiratorias agudas una disminución del 1% en los niveles de partículas en suspensión implicaría una reducción del 0,05% en los niveles de hospitalización, lo que representaría una disminución aproximada de 284 casos por este tipo de enfermedades, que suponen una disminución de la contaminación del aire por partículas en suspensión del 40%; reducción que se requería para cumplir con los estándares internacionales de la época. Para el caso de las neumonías una disminución del 1% en los niveles de partículas en suspensión implicaría una disminución del 0,04% en la ocurrencia de enfermedad de este grupo y suponiendo una reducción igualmente del 40% equivaldría a disminuir en 632 casos de neumonías. Para el grupo de bronquitis, enfisema y asma la disminución del 40% en los niveles de partículas en suspensión supondría una disminución 269 casos de hospitalización por estas enfermedades⁵³.

Dos años después en 1995 un estudio realizado por la Universidad Javeriana en Bogotá, aplicando funciones dosis-respuesta, permitió concluir que el aumento del 1% en los

niveles de los contaminantes calculados implicaba que la tasa de morbilidad anual para niños menores de cinco (5) años aumentaba en un 3,3%⁵⁴.

En 1998 fue realizado un nuevo estudio para Bogotá, por la Universidad de Maryland, el cual buscaba en primer lugar demostrar el impacto que la contaminación del aire tiene sobre la incidencia de las Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA) en Bogotá y estimar una función dosis-respuesta que relacionara varios contaminantes con admisiones hospitalarias diarias. Los resultados mostraron que cuando se duplican las emisiones de PM10, el número de admisiones hospitalarias se incrementa en un 120%; para las mujeres en 132%; para la población entre 35 y 50 años en 141% y para la población entre 51 y 64 años en 217%. Cuando se duplica el NO₂, las admisiones hospitalarias se incrementan en 12%, siendo el grupo de edad más vulnerable el de niños entre 0 y 6 años con un incremento del 24,5%⁵⁵.

Un año después en Bogotá se realizó una investigación que buscaba encontrar una relación entre las concentraciones de partículas suspendidas de tamaño respirable (PM10), medidas en mg/m³, y la mortalidad por IRA por grupos etáricos para las 19 localidades de Bogotá, durante el periodo comprendido entre septiembre de 1997 y diciembre de 1998. Los resultados mostraron que existía una relación directa entre las partículas suspendidas de tamaño respirable y la mortalidad por IRA en las localidades de Bogotá, y que a medida que aumenta la concentración de partículas suspendidas, aumenta el valor esperado del número de muertes por IRA. En general, las localidades que muestran un mayor valor esperado del número de muertes por IRA son Engativá, Suba, Kennedy, Usaquén, Ciudad Bolívar y Bosa.

Ese mismo año la Universidad Javeriana adelantó una investigación con el objeto de relacionar la contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Bogotá. En la cual se pudo concluir que un aumento de 10 µg/m³ en la concentración de PM10 produce un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria en los niños menores de 14 años⁵⁶.

⁵² Bjorn Larsen Environmental Economist Consultant (2004), "Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment", Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

⁵³ Montealegre Murcia Libardo, (1993). "Afecciones respiratorias y contaminación del aire en Santafé de Bogotá, una aplicación de la regresión Lave-Seskin", Universidad de los Andes.

⁵⁴ Calixto, Diana Constanza y Alexandra Victoria Díaz (1997). "Valoración económica del impacto ambiental del aire sobre la salud de habitantes menores de 5 años en Bogotá, Universidad Javeriana.

⁵⁵ Lozano, Nancy (1998). "A concentration response approach for air pollution in Bogotá, Universidad de Maryland.

⁵⁶ Solarte Rodríguez, Iván (1999). "Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Santa fe de Bogotá", Universidad Javeriana.

Finalmente, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el 2005 realizó un estudio para determinar la población expuesta en las diferentes localidades de Bogotá a niveles de concentración por PM10, tanto para la exposición anual como diaria, teniendo en

cuenta la población proyectada para el 2004 y las mediciones realizadas por la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá⁵⁷. En la Tabla 4.4 se presenta el resumen de los efectos evitados por reducción de la concentración de PM10 en mortalidad.

Tabla 4.4. Resumen de los Efectos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en mortalidad

MORTALIDAD	NIVEL ⁵⁸	ESCENARIO 1 ⁵⁹	ESCENARIO 2 ⁶⁰	ESCENARIO 3 ⁶¹
Mortalidad prematura evitada población expuesta	Nivel alto	491	1.606	4.069
	Nivel medio	146	478	1.211
	Nivel bajo	126	413	1.046
Mortalidad evitada en niños menores de 5 años	Nivel alto	6	13	22
	Nivel medio	2	4	7
	Nivel bajo	2	3	6

Fuente: IDEAM, 2005

En la Tabla 4.5 se presenta el resumen de los efectos evitados por reducción de la concentración de PM10 en morbilidad

y en la Tabla 4.6 los costos asociados a la reducción de la contaminación.

Tabla 4.5. Resumen de los Efectos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en morbilidad

EFEECTO / MORBILIDAD	NIVEL ⁵⁸	ESCENARIO 1 ⁵⁹	ESCENARIO 2 ⁶⁰	ESCENARIO 3 ⁶¹
Estimación días de actividad restringida evitados	Nivel alto	1.187.761	2.648.583	4.429.547
	Nivel medio	838.420	1.869.588	3.126.739
	Nivel bajo	484.088	1.079.465	1.805.320
Estimación de síntomas respiratorios agudos evitados	Nivel alto	7.616.727	24.918.054	61.104.883
	Nivel medio	5.005.278	16.374.721	40.154.637
	Nivel bajo	2.393.829	7.831.389	19.204.392
Estimación de ataques de asma evitados	Nivel alto	6.555.071	18.948.121	31.689.244
	Nivel medio	1.942.243	12.451.622	20.824.360
	Nivel bajo	1.094.175	5.955.124	9.959.477

Fuente: IDEAM, 2005

⁵⁷ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM (2005). “Documento de Soporte Norma de Calidad del Aire”.

⁵⁸ Corresponde a la aplicación de diferentes funciones dosis-respuesta, Nivel alto: Pope y otros (1995), Nivel medio y bajo: Ostro y otros (1996).

⁵⁹ Consiste en reducir la concentración anual de PM10 de 80 a 70 µg/m³

⁶⁰ Consiste en reducir la concentración anual de PM10 de 80 a 60 µg/m³

⁶¹ Consiste en reducir la concentración anual de PM10 de 80 a 50 µg/m³

Tabla 4.6. Resumen de los Costos Evitados por Reducción de la Concentración de PM10 en morbilidad

VALORACIÓN TOTAL DE LOS CASOS DE MORBILIDAD	NIVEL	ESCENARIO 1 ⁵⁹	ESCENARIO 2 ⁶⁰	ESCENARIO 3 ⁶¹
Días de actividad restringida	Nivel alto	7.552	21.128	44.329
	Nivel medio	5.331	14.914	31.291
	Nivel bajo	3.078	8.611	18.067
Consultas por síntomas respiratorios agudos (del total de casos el 15% acude a consulta)	Nivel alto	43.415	178.188	548.186
	Nivel medio	28.530	117.095	360.237
	Nivel bajo	13.645	56.002	172.287
Hospitalizaciones por síntomas respiratorios agudos (del total de consultas el 30% requiere hospitalización)	Nivel alto	259.839	1.066.447	3.280.876
	Nivel medio	170.752	700.808	2.156.004
	Nivel bajo	81.664	335.169	1.031.133
Consultas por ataques de asma (del total de casos el 15% acude a consulta)	Nivel alto	49.050	135.497	284.292
	Nivel medio	14.533	89.041	186.820
	Nivel bajo	8.187	42.585	89.349
Hospitalizaciones por ataques de asma (del total de consultas el 30% requiere hospitalización)	Nivel alto	223.622	810.945	1.701.476
	Nivel medio	66.258	532.907	1.118.113
	Nivel bajo	37.327	254.868	534.750

Fuente: IDEAM, 2005

4.2.2. Santiago de Cali

En 1996 el Departamento de Gestión del Medio Ambiente y la Universidad del Valle mediante la aplicación de funciones dosis-respuesta estimaron el impacto de la contaminación del aire en la salud, considerando algunas restricciones.

En primer lugar, sólo se consideraron como enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica las infeccio-

nes respiratorias agudas, la bronquitis, el efisema y el asma; segundo, se tomó únicamente la población menor de quince (15) años reportada como enferma durante el periodo de estudio; y tercero, el estudio se aplicó en la zona industrial de Cali, ubicada en el sector norte de la zona urbana. La principal conclusión del estudio es que si se presenta un incremento del 10% en la contaminación por material particulado aumenta los casos de enfermedades respiratorias en un 7%⁶².

⁶² Ortiz Quevedo, Carlos H. Escobar Martínez, Jaime y Diego García Muñoz (1996). "Contaminación atmosférica y salud: Estimación de una función dosis-respuesta para Cali". Departamento de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y CIDSE Universidad del Valle.



Foto: PAOLA RUIZ

5. ESTADO Y CAMBIO DEL AGUA LLUVIA EN COLOMBIA

5.1 GENERALIDADES

La lluvia es considerada como una sustancia ácida, ya que en su estado natural tiene un pH alrededor de 5,6 unidades. La acidez natural del agua lluvia se genera por el equilibrio

existente con el bióxido de carbono (CO_2), formando el ácido carbónico (H_2CO_3) ácido débil. En la Tabla 5.1 se presenta la clasificación de la lluvia de acuerdo con el pH.

Tabla 5.1. Clasificación del agua lluvia de acuerdo con el pH

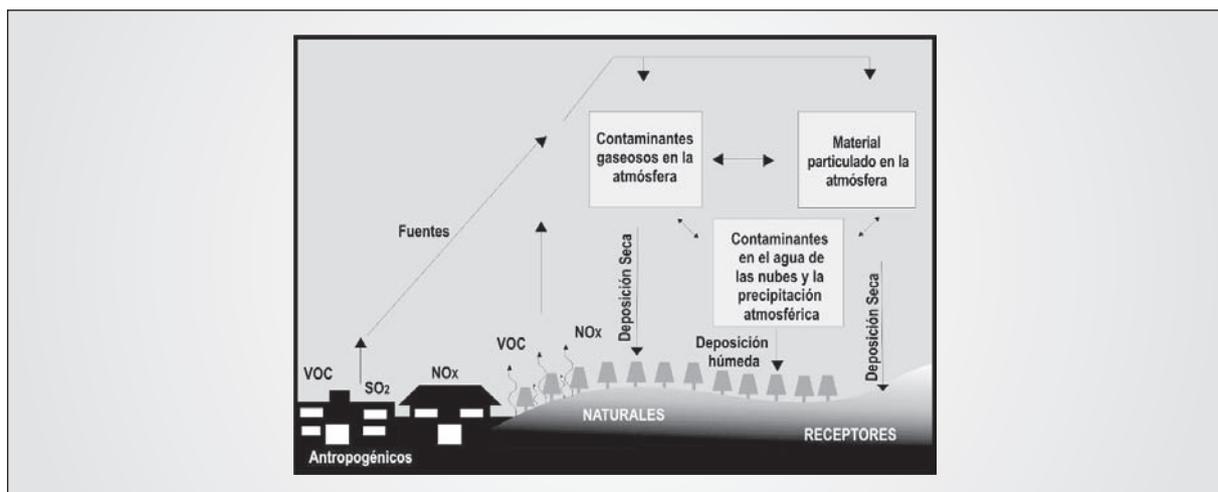
PH	CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA
pH > 5,6	Lluvia no ácida
4,7 < pH ≤ 5,6	Lluvia ligeramente ácida
4,3 < pH ≤ 4,7	Lluvia medianamente ácida
pH ≤ 4,3	Lluvia fuertemente ácida

Fuente: IDEAM, 2004

La lluvia aumenta su acidez cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmósfera y en su equilibrio, causando que el pH de la lluvia disminuya por debajo de 5,6 unidades de pH, mientras que la conductividad aumenta por la presencia de iones.

El proceso de precipitación de la lluvia ácida en el medio es denominado también depositación ácida. La depositación ácida puede ser de dos (2) tipos: seca o húmeda y depende de las formas precursoras (gaseosas o en aerosol) de las precipitaciones ácidas. La Figura 5.1 describe la manera en que los precursores gaseosos de la lluvia ácida son depositados en forma húmeda y seca.

Figura 5.1. Fuentes y receptores de la lluvia ácida



Fuente: IDEAM, 2007

El término lluvia ácida se refiere a uno de los fenómenos relacionados con el cambio global de la atmósfera, el cual se ha generado a partir de la interacción entre la emisión y formación de gases contaminantes, y la dinámica atmosférica. Este fenómeno se caracteriza principalmente por la formación de precipitaciones con un carácter de acidez (que incluyen la lluvia, la nieve y la depositación de partículas), las cuales causan efectos importantes sobre el ambiente.

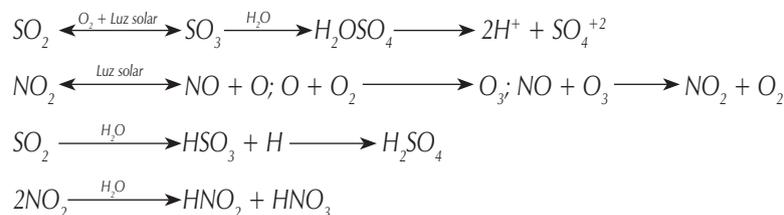
Los principales precursores de la lluvia ácida son (óxidos de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x)), compuestos químicos generados a través de dos (2) vías principales: fuentes antropogénicas, a partir de la quema de combustibles fósiles, y fuentes naturales, provenientes de las emisiones volcánicas y fuentes termales, entre otras.

La lluvia ácida genera algunos efectos sobre la salud humana (afecciones a los ojos, la piel y la pérdida del pelo), así como también afecta construcciones e infraestructura. El principal

agente corrosivo individual de los materiales de construcción es el dióxido de azufre y sus productos secundarios.

5.2. LLUVIA ÁCIDA Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Los procesos de combustión realizados en diferentes actividades económicas generan gases considerados como contaminantes primarios (óxidos de nitrógeno y de azufre). Estos compuestos son oxidados para convertirse en contaminantes secundarios (formas más reactivas con el agua), que son hidrolizadas para convertirse en ácidos fuertes como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico. Entre las demás formas precursoras del fenómeno participan compuestos de cloro, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles (COV), entre otros, generando ácidos de cloro, nitrógeno y carbono. A continuación se presentan las ecuaciones químicas correspondientes a las transformaciones químicas de los precursores de la lluvia ácida:



Entre los procesos involucrados con la transformación química de los precursores de la lluvia ácida se encuentran las reacciones de sus formas gaseosas y al nivel de gotas de vapor de agua. Estos procesos tienen lugar en la tropósfera y en las nubes, respectivamente, correspondiendo así mismo, a las dos (2) etapas de la depositación húmeda: fotoquímica y catalítica.

Para el caso de los óxidos de azufre, entre otros, estos actúan en algunos casos como núcleos de condensación, formando nubes, las cuales son transportadas a través de los vientos, trayendo consigo contaminantes transformados, para finalmente ser precipitados en lugares alejados de las fuentes emisoras.

En cuanto a las fuentes emisoras de los precursores de la lluvia ácida, sus características dependen del tipo de combustible, de la tecnología empleada y de las características en que se realiza la combustión (temperatura de combustión, relación aire-combustible, entre otras).

En Colombia, la disminución de contaminantes en fuentes fijas está generalmente enfocada en el desarrollo de programas que incentivan la utilización de tecnologías y combustibles limpios, que traen consigo beneficios económicos y ambien-

tales para las industrias. En cuanto a las fuentes móviles, se han promovido proyectos a nivel nacional, para incrementar la utilización de gas natural vehicular, el cual permite una reducción importante de emisiones de óxidos de azufre, aunque todavía los sistemas utilizados no representan una reducción importante de óxidos de nitrógeno.

5.3. MONITOREO DEL AGUA LLUVIA EN COLOMBIA

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), a través del Programa para la Vigilancia Global (GAW), por sus siglas en inglés de Global Atmospheric Watch, se ha encargado del seguimiento a escala global de los problemas relacionados con el cambio químico de la atmósfera terrestre, el cual incluye el monitoreo del agua lluvia, entre otros. En este sentido, se han instalado puntos de monitoreo en distintos lugares del planeta, con estrictos procedimientos de toma, manejo y análisis químico de las muestras recolectadas.

En Colombia, a pesar de que no se han evidenciado científicamente efectos importantes relacionados con la lluvia ácida sobre los ecosistemas, se han venido desarrollando activida-

des, por parte del IDEAM, relacionadas con el monitoreo del comportamiento químico del agua lluvia en diferentes ciudades del país.

Es así como el IDEAM, como representante de la OMM en Colombia, se ha encargado desde el año 1998 de operar el programa de monitoreo del agua lluvia en el país. A lo largo de la puesta en marcha del programa se han intentado seguir las consideraciones de la OMM, enfrentando limitaciones financieras y logísticas para conseguirlo. A pesar de estas limitaciones, el monitoreo del agua lluvia ha sido utilizado como un indicador de la incidencia de actividades antrópicas sobre la calidad del aire.

Dentro de los principales inconvenientes para el desarrollo óptimo del programa, se encuentra la ubicación de sitios y equipos adecuados para el monitoreo, teniendo en cuenta las difíciles condiciones del territorio, la topografía colombiana y los limitados recursos con los que se cuenta. En el programa de monitoreo se distinguen básicamente dos (2) tipos de operaciones, las de campo y las de laboratorio.

Actualmente, en el país existen 32 estaciones de monitoreo distribuidas entre los aeropuertos de distintas ciudades, las sedes de Áreas Operativas del IDEAM y otros puntos de interés. En la Tabla 5.2 se presentan las estaciones del IDEAM que reportan parámetros para la caracterización del agua lluvia.

Tabla 5.2. Estaciones del IDEAM que monitorean lluvia ácida

CIUDAD	SITIO DE MONITOREO
Armenia	Aeropuerto El Edén
Barrancabermeja	Aeropuerto Yarigués
Barranquilla	Sede IDEAM
Bogotá	Américas Laboratorio (Fontibón)
Bucaramanga	Sede IDEAM
Cali	Sede IDEAM
Carepa	Aeropuerto Los Cedros
Cúcuta	Aeropuerto Camilo Daza
Duitama	Sede IDEAM
Ibagué	Interlaken -Sede IDEAM
Ipiales	Aeropuerto San Luis
Lebrija	Aeropuerto Palonegro
Leticia	Aeropuerto Vásquez Cobo
Medellín	Aeropuerto Olaya Herrera
Neiva	Sede IDEAM -Aeropuerto Benito Salas
Palmira	Aeropuerto Bonilla Aragón
Pasto	Aeropuerto Antonio Nariño -Sede IDEAM
Pereira	Aeropuerto Matecaña
Puerto Carreño	Aeropuerto Puerto Carreño
Riohacha	Aeropuerto Almirante Padilla
Rionegro	Aeropuerto José María Córdova
Santa Marta	Sede IDEAM
Soledad	Aeropuerto E. Cortizos
Villavicencio	Apiay – Unillanos – Cantarrana – Aeropuerto Vanguardia

Fuente: IDEAM, 2007

Dentro de los parámetros propuestos por la OMM para la estandarización de los procesos de monitoreo de la química de la precipitación a nivel mundial, se encuentran: sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+), y magnesio

(Mg^{+2}), además de otros parámetros como metales pesados y compuestos orgánicos volátiles.

El programa de monitoreo de la lluvia ácida existente incluye la toma de datos de pH, conductividad en campo y la toma

de muestras para análisis iónico de nitratos y sulfatos. En la Figura 5.2 se presenta el colector de agua lluvia, utilizado en el jardín meteorológico del laboratorio de Calidad Ambien-

tal del IDEAM en Bogotá, punto de monitoreo que reúne las características técnicas autorizadas por la OMM para la recolección de muestras.

Figura 5.2. Colector utilizado en el Jardín Meteorológico del Laboratorio de Calidad Ambiental (Bogotá), IDEAM 2007



5.4. COMPORTAMIENTO DEL AGUA LLUVIA EN COLOMBIA

El comportamiento de las características químicas del agua lluvia se determina a partir del seguimiento del pH, conductividad, nitratos y sulfatos, producto del análisis químico de las muestras recolectadas en los sitios de monitoreo.

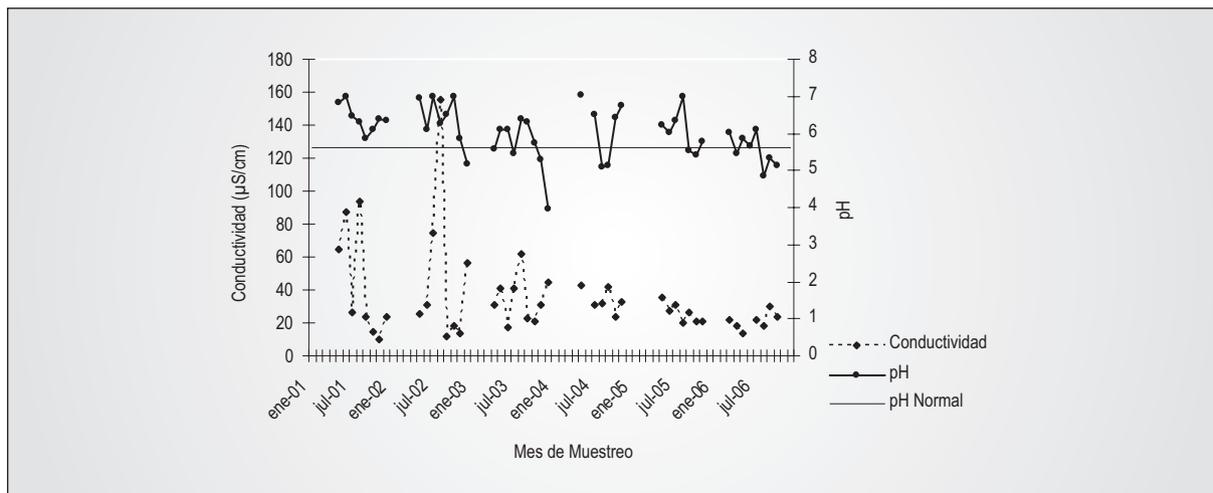
Los sitios analizados fueron seleccionados teniendo en cuenta la representatividad y confiabilidad de los datos. En este sentido, para las ciudades de Barranquilla, Barrancabermeja, Bogotá, Cali, Ibagué, Medellín y Neiva, se presentan gráficas correspondientes a pH y conductividad para el periodo comprendido entre 2001 y 2006.

5.4.1. Barranquilla

A pesar de las actividades económicas e industriales de la ciudad, las cuales aumentan la probabilidad de acidificación de la atmósfera, Barranquilla se encuentra influenciada por la brisa del mar Caribe, efecto que puede neutralizar cualquier proceso de acidificación en el medio. Además, posee características climáticas secas en los primeros meses del año (que se evidencian en registro de datos).

La correlación pH-conductividad (ver Figura 5.3), definitivamente determina la influencia que la brisa marina ejerce sobre la ciudad, ya que los valores de pH se mantienen generalmente por encima de 5,6 a lo largo del periodo.

Figura 5.3. Conductividad y pH de la lluvia en Barranquilla, 2001-2006.



Fuente: IDEAM, 2007

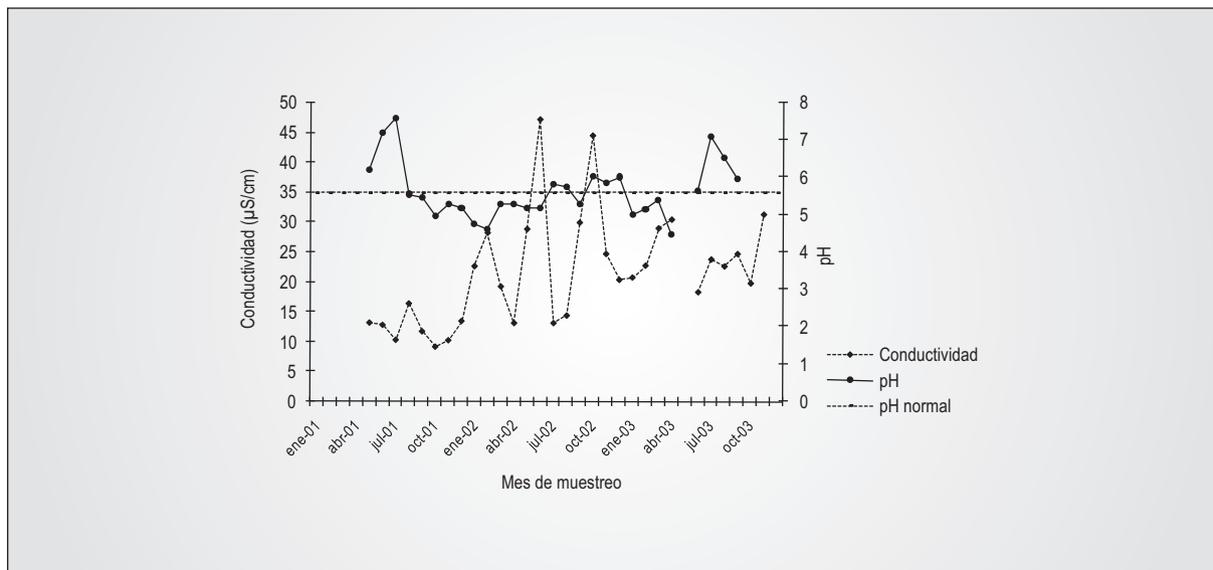
Particularmente, la conductividad presenta valores entre 20 y 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante el primer año de muestreo y de 20 a 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el 2002, valores que relacionados con el contenido de sulfatos y nitratos reiteran la presencia de iones de carácter ácido, que pudieron haber sido neutralizados (según los datos de pH) por efectos de la brisa marina. Sin embargo, se puede observar que a principios del 2004, los valores estuvieron cercanos a un pH de 4.

5.4.2. Barrancabermeja

La correlación pH-conductividad encontrada para la ciudad demuestra un comportamiento cercano al esperado,

con dos (2) picos anormales de la conductividad. Estos dos (2) valores son considerablemente importantes y se presentan entre marzo y noviembre de 2002 (ver Figura 5.4). Con un comportamiento fluctuante de la conductividad, unido al aumento paulatino durante el periodo de evaluación, este parámetro se ve reflejado de una manera directa con el pH, esto si se tiene en cuenta el comportamiento inverso entre el pH y la conductividad. De igual manera, se puede observar que los datos de pH tienden a la acidez.

Figura 5.4. Conductividad y pH de la lluvia en Barrancabermeja, 2001-2003.



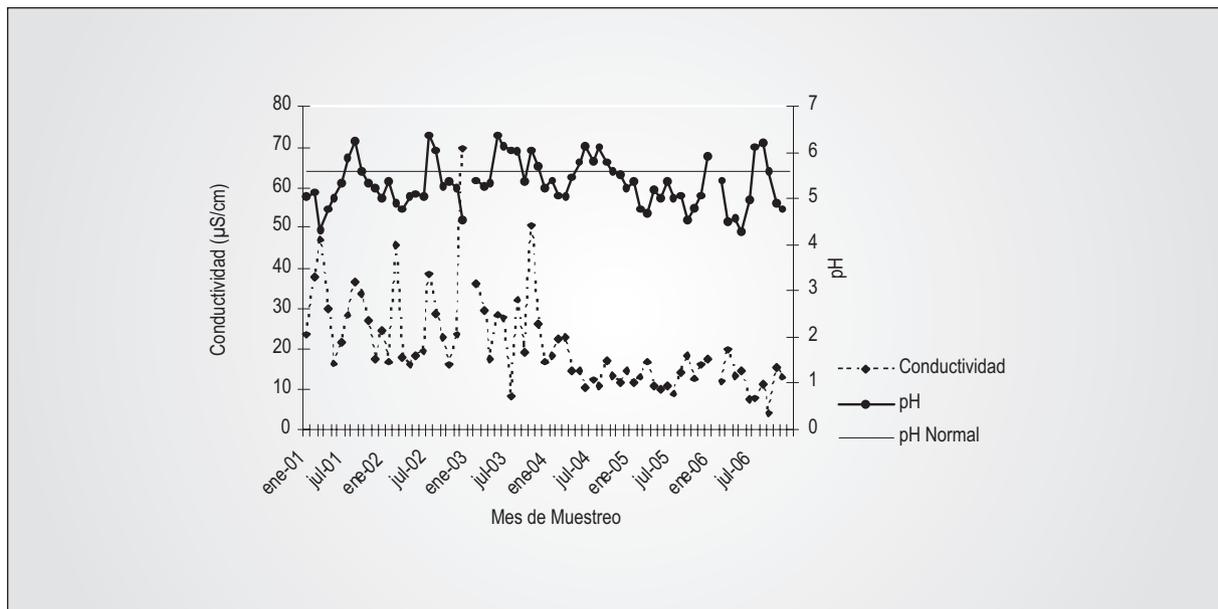
Fuente: IDEAM, 2007

El pH tiene un comportamiento relativamente fluctuante entre los rangos normales y de acidez de la lluvia, a excepción del primer y último periodo de muestreo, correspondientes a mayo y junio de 2001 y mayo y septiembre de 2003, con valores por encima de los valores intermedios. El comportamiento del pH no presenta aumentos considerables durante el periodo, aspecto contrario a la conductividad, que demuestra una tendencia al aumento relativamente constante durante la serie.

5.4.3. Bogotá Distrito Capital

La correlación entre el pH y la conductividad presenta una similitud con respecto a lo esperado, siendo la conductividad inversa al pH. La Figura 5.5 presenta esta correlación, que muestra un comportamiento bimodal. Por su parte el pH fluctúa alrededor del valor del pH normal de la lluvia (5,6). Este aspecto coincide con el comportamiento bimodal de la lluvia en Bogotá, dado que en los periodos de mayor precipitación se registran los mayores valores de conductividad; los cuales son parcialmente inversos al pH. Sin embargo, el pH se mantiene relativamente constante, caso contrario a lo ocurrido en la conductividad, la que presenta una disminución considerable.

Figura 5.5. Conductividad y pH de la lluvia en Bogotá, 2001-2006.



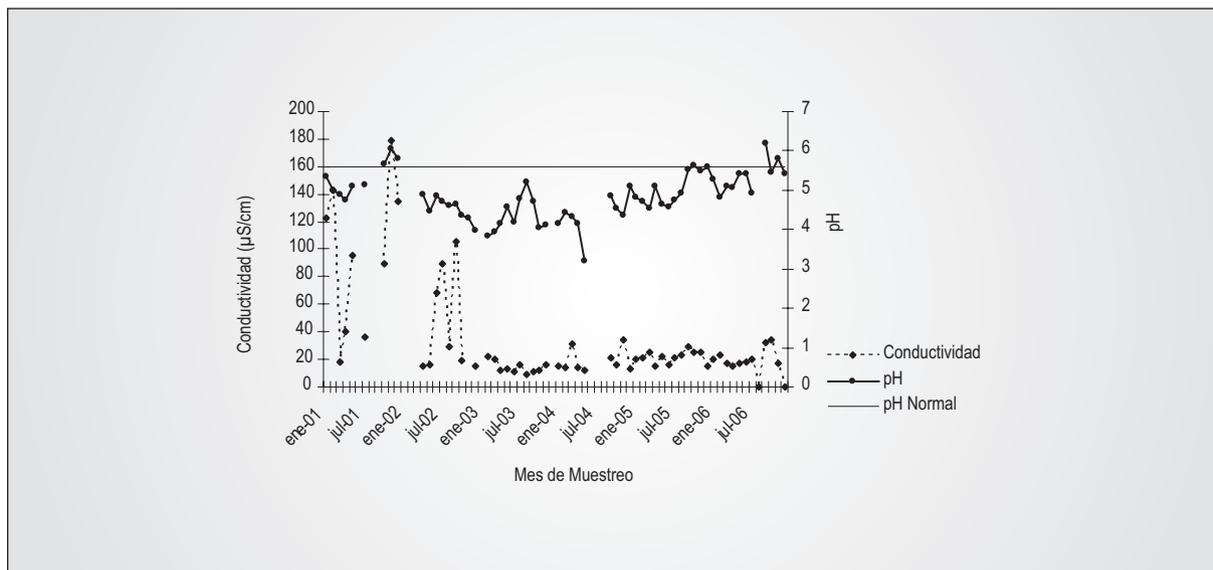
Fuente: IDEAM, 2007

El pH en Bogotá presenta un comportamiento que se mantiene relativamente constante en el tiempo, fluctuando entre valores normales y de acidez de la lluvia (2001 – 2004); sin embargo, se puede observar una tendencia de disminución del pH en los últimos años de monitoreo. Por otro lado, parece existir una notoria relación entre el régimen de precipitación para la ciudad y los valores más bajos de pH, lo que lleva a determinar que gran parte de los óxidos de azufre y nitrógeno son lavados durante las precipitaciones, disminuyendo así el pH.

5.4.4. Cali

Los valores de la conductividad en algunos meses de los dos (2) primeros años, presentan resultados por encima de los 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los cuales con el transcurrir del tiempo disminuyen y se estabilizan (ver Figura 5.6). En Cali, los valores de conductividad tienen una importante relación con los nitratos y sulfatos, pero principalmente con el aumento del contenido de sulfatos, que correlacionados con el pH evidencian su disminución.

Figura 5.6. Conductividad y pH de la lluvia en Cali, 2001-2006.



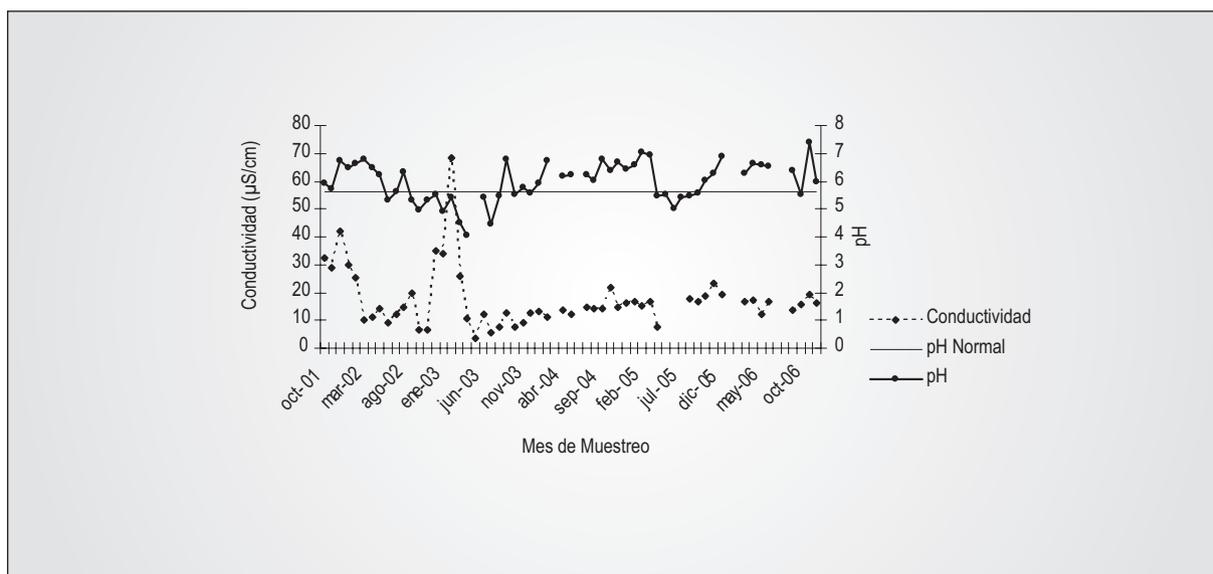
Fuente: IDEAM, 2007

5.4.5. Ibagué

En Ibagué la conductividad registra los mayores valores durante los primeros años de monitoreo, que superan los 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sin embargo, posteriormente se presenta una dismi-

nución considerable que empieza en mayo de 2003, con valores entre 10 y 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ver Figura 5.7). La conductividad parece entonces mantenerse constante después del periodo de paulatino aumento entre mayo y diciembre de 2003.

Figura 5.7. Conductividad y pH de la lluvia en Ibagué, 2001-2006.



Fuente: IDEAM, 2007

La correlación existente entre la conductividad y el pH demuestra un comportamiento constante a lo largo de la serie con datos de pH por encima del normal y un periodo de

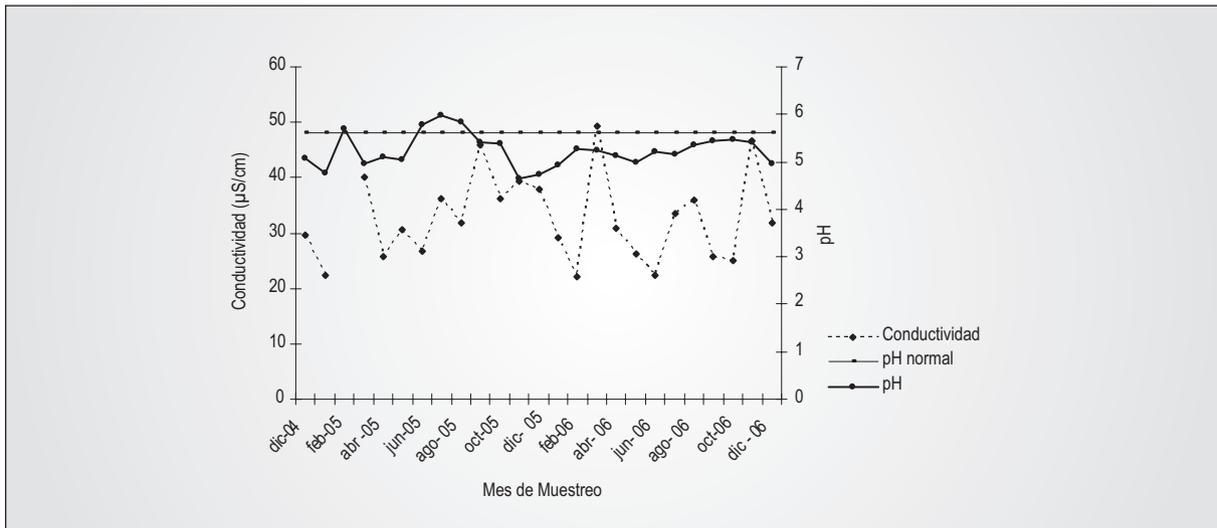
acidez de la lluvia durante el último semestre de 2002 y el primero de 2003, y durante 2005.

5.4.6. Medellín

El comportamiento del pH de la lluvia en Medellín (ver Figura 5.8) presenta valores generalmente por debajo de 5,6, con un solo periodo comprendido entre junio a septiembre de 2005,

en el que se presentan valores correspondientes al rango de normalidad. La conductividad presenta por su parte, valores por encima de 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, presentándose los valores más altos en los dos (2) periodos típicos de lluvia durante el año (abril - mayo y octubre - noviembre).

Figura 5.8. Conductividad y pH de la lluvia en Medellín, 2004-2006.



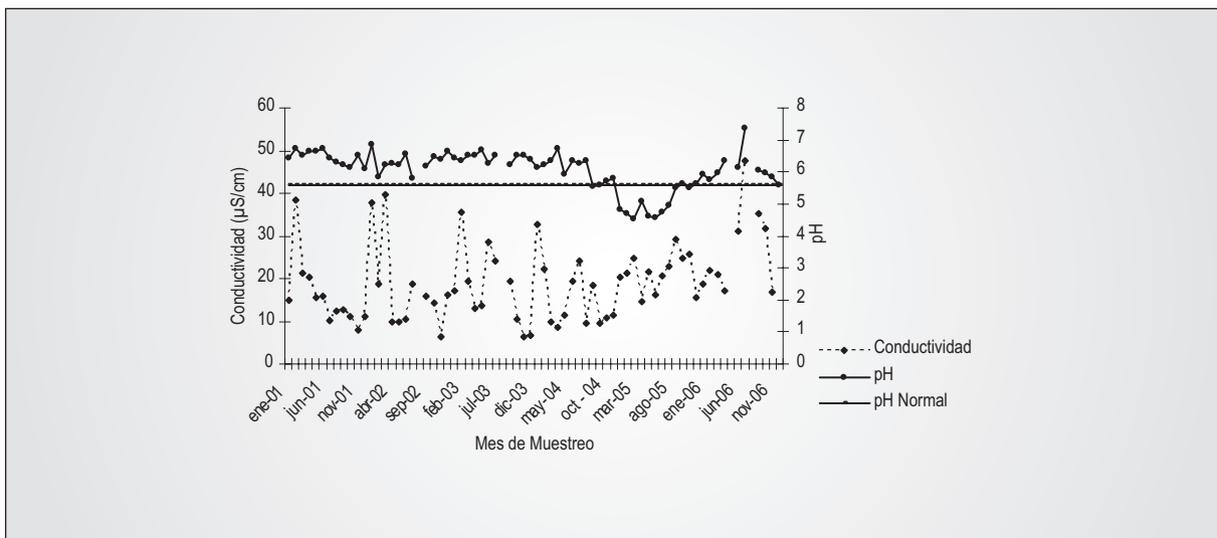
Fuente: IDEAM, 2007

5.4.7. Neiva

Los niveles de pH y conductividad parecen tener un comportamiento relativamente constante entre 2001 y octubre de 2004 (ver Figura 5.9). El periodo siguiente, que corresponde a octubre de 2004 y abril de 2006, es un periodo en donde

se nota una clara relación entre la disminución del pH y el aumento de la conductividad; el periodo final (mayo – diciembre 2006) muestra un comportamiento contrario, bien diferente al esperado, ya que el aumento de la conductividad no refleja una disminución del pH.

Figura 5.9. Conductividad y pH de la lluvia en Neiva, 2001-2006.



Fuente: IDEAM, 2007

Los niveles de pH por encima de 5,6 durante la mayor parte de la serie, unida a la baja probabilidad de influencia de óxidos de azufre y nitrógeno en Neiva, demuestran que en el sitio de muestreo (a excepción de un periodo) no fueron recolectadas muestras de lluvia ácida, por lo que se puede decir que la ciudad no está siendo afectada por el fenómeno. Sin embargo, los niveles de conductividad están por encima

de los $20 \mu\text{S}/\text{cm}$, con picos muy altos durante 2001 y mediados de 2004. Además, la reducción importante del pH y el aumento de la conductividad durante finales de 2004 y el primer semestre de 2005 muestran una mayor acidificación de la lluvia en este periodo, situación que conlleva a pensar en errores en los datos de los demás periodos o en una mayor influencia de la contaminación durante el mismo.



Foto: CESAR AUGUSTO BUITRAGO GÓMEZ

6. ACCIONES NACIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE

6. ACCIONES NACIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo con un estudio realizado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y relacionado en el Documento Conpes 3344 de 2005, la contaminación del aire es el problema ambiental de mayor preocupación para los colombianos y el generador de mayores costos sociales, después de la contaminación del agua y de los desastres naturales, que han sido estimados en 1,5 billones de pesos anuales y que están relacionados con efectos sobre la salud pública, mortalidad y morbilidad.

En este sentido, el documento Conpes 3344 “Lineamientos para la Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire” presenta las acciones que deben ser abordadas de manera coordinada, con el objetivo de construir la política nacional para la prevención y el control de la contaminación del aire. A continuación se explican algunas de estas acciones desarrolladas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

6.1. FORTALECIMIENTO DEL PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE CALIDAD DEL AIRE A NIVEL NACIONAL, REGIONAL Y LOCAL A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 6 de la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “este ministerio deberá adoptar a nivel nacional el Protocolo del Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire”.

Para el desarrollo de esta acción, el MAVDT se encuentra realizando el diagnóstico del estado actual de las principales redes de calidad del aire en el país, el cual busca conocer el estado actual de operación y mantenimiento, validar el protocolo elaborado por el IDEAM, e identificar la necesidad de complementar los equipos de monitoreo con que cuentan las redes de calidad del aire.

Por otro lado, este Ministerio se encuentra desarrollando el protocolo para elaborar inventarios de emisiones, el cual permitirá, contribuir a la elaboración de políticas costo – efectivas en materia de contaminación de aire y unificar los criterios y metodologías para el desarrollo de este tipo de estudios.

El MAVDT se encuentra adelantando desde el 2007 acciones encaminadas a determinar una guía de modelación de calidad del aire que permita, al igual que con los protocolos de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire y de elaboración de inventarios de emisiones, estandarizar la manera de modelar la calidad del aire, de tal forma que la información sea comparable a nivel nacional.

6.2. ARTICULACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS SECTORES DE AMBIENTE, ENERGÍA, TRANSPORTE Y SALUD

De acuerdo a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2006 - 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial deberá formular agendas ambientales interministeriales. En este sentido, el MAVDT actualmente se encuentra en el proceso de formulación y desarrollo de estas, las cuales le permitirán trabajar conjuntamente con los ministerios de Minas y Energía, Transporte y de la Protección Social, para desarrollar un plan de trabajo y avanzar en la articulación de la información de estos sectores.

Para el caso específico de la información de calidad del aire capturada por las diferentes redes de monitoreo del país, el IDEAM realizó un trabajo para definir variables, procedimientos de recolección, validación, procesamiento y salidas de información del Sistema de Información sobre Calidad del Aire (Sisaire). Actualmente, el MAVDT adelanta el proceso de contratación de la puesta en marcha de este, el cual permitirá a las autoridades ambientales ingresar la información de las redes de monitoreo de calidad del aire, y a la comunidad en general, comparar la calidad del aire a nivel local, regional y nacional, por medio de gráficas, índices e indicadores.

6.3. DISEÑO DE PROPUESTAS PARA INCLUIR MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LAS POLÍTICAS Y REGULACIONES DE COMPETENCIA DE LOS MINISTERIOS DE TRANSPORTE Y DE MINAS Y ENERGÍA

En este sentido, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía expedieron la Resolución 180158 de febrero de 2007, mediante la cual se determinan los combustibles limpios que deberán ser utilizados por los sistemas de transporte público de pasajeros a partir de enero de 2010, estableciendo para el diésel un contenido de azufre de 50 ppm.

Por otro lado, en agosto de 2007 se iniciaron unas pruebas con diez (10) buses articulados de Transmilenio utilizando mezclas de biocombustibles, específicamente de biodiésel, con porcentajes que varían entre 5 y 50%, los buses recorren cada uno cerca de cien (100) mil kilómetros por catorce (14) meses.

Otra acción a realizar es la elaboración de las Evaluaciones Ambientales Estratégicas contempladas en el Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010; que por un lado permitirán incluir medidas de prevención y control de la contaminación del aire en las políticas de los ministerios de Transporte y Minas y Energía y, por el otro, fortalecer la responsabilidad de la gestión ambiental en las etapas de planeación y desarrollo de los sectores económicos del país.

6.4. REVISIÓN DE LAS REGULACIONES RELATIVAS A LA DEFINICIÓN DE LOS INSTRUMENTOS QUE AFECTAN LOS PRECIOS DE LOS ENERGÉTICOS Y SU IMPORTACIÓN

El MAVDT en el año 2006 elaboró la Evaluación Ambiental Estratégica para Combustibles, con la participación de más de 30 entidades, que incluye los realizadores de política, los productores, los consumidores, los distribuidores, los fabricantes de tecnología y, en general, todos los afectados con el uso de combustibles. Esta evaluación permitirá diseñar una política integral para los combustibles que involucre de manera muy marcada el impacto ambiental que genera su uso.

6.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE INFORMACIÓN, DEBILIDADES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA ASOCIADA CON LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

El Plan Nacional de Desarrollo 2006 - 2010 establece que el MAVDT adelantará cinco (5) estudios pilotos para evaluar

los efectos de la contaminación del aire en la salud. En este sentido, el MAVDT está realizando un estudio piloto de salud en la localidad de Puente Aranda (Bogotá), para determinar la relación entre calidad del aire y salud de la población y establecer para el país los efectos de la contaminación atmosférica. De igual manera, se tiene planeado realizar este tipo de estudios en Bucaramanga, Valle del Cauca y Santa Marta, entre otras localidades.

Por otro lado, en el marco de la agenda ambiental con el Ministerio de la Protección Social y en desarrollo del Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010, el MAVDT elaborará la Política Nacional de Salud Ambiental, con base en el Plan Nacional de Salud Ambiental (PLANASA) 2000 - 2010, que promueva la equidad y la protección hacia los grupos más vulnerables con énfasis en los problemas ambientales que generan los mayores costos para la sociedad colombiana.

6.6. REVISIÓN DE LA LEGISLACIÓN Y ESTRATEGIAS SOBRE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, DESARROLLO URBANO Y MOVILIDAD DE LAS CIUDADES

El documento Conpes 3305 “Lineamientos de Política para Optimizar la Política de Desarrollo Urbano” propone unas estrategias para que las inversiones del Gobierno Nacional contribuyan a desarrollar un modelo de ciudad. Dentro de las estrategias planteadas se encuentran:

- Impulso a la renovación y redensificación urbana.
- Mejorar las condiciones de los asentamientos precarios.
- Promover mecanismos de generación, mejoramiento y sostenibilidad del espacio público.
- Mejorar la movilidad de las ciudades.
- Prevención y mitigación de riesgos ambientales urbanos.
- Mejorar la calidad de las áreas de expansión urbana.
- Ajuste institucional y normativo.

Adicionalmente, el documento Conpes establece dentro de sus recomendaciones solicitar al MAVDT, al DNP y al Ministerio de Transporte poner en marcha el Programa de Asistencia Técnica Mover Ciudad.

Por otro lado, el Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010 presenta la estrategia de "Ciudades Amables", donde se incluyen los lineamientos para el transporte urbano y la movilidad de las ciudades. Estos lineamientos están dirigidos básicamente a "estructurar ciudades competitivas, eficientes y equitativas, que permitan a los ciudadanos tener oportuni-

dades seguras de movilidad, bajo principios de economía y deberán corresponder con las necesidades de ordenamiento y planificación de su territorio". Para el desarrollo de esta estrategia el MAVDT se encuentra en el proceso de formulación de una agenda ambiental interministerial con el Ministerio de Transporte, para darle continuidad a las acciones que han adelantado los dos (2) ministerios e incluir lo relacionado con el Plan Nacional de Desarrollo.

Finalmente el MAVDT ha elaborado en el 2006 - 2007 las guías metodológicas relacionadas con:

- Incorporación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo al Ordenamiento Urbano.
- Diseño del Espacio Público Asociado a los Corredores de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo.

El MAVDT ha venido actualizando la normativa relacionada con las variables que afectan la calidad del aire de los principales centros urbanos y corredores industriales. En este sentido, en abril de 2006 se expidió el Decreto 979 y la Resolución 601, mediante los cuales se actualizan los estándares de calidad del aire en el país, de acuerdo a las recomendaciones internacionales.

De igual manera, se reglamentó la identificación de Áreas Fuente de Contaminación para que las autoridades ambientales regionales y locales puedan implementar planes de reducción de la contaminación y planes de contingencia en las áreas contaminadas, con la ayuda de autoridades de tránsito, de salud y de planeación, entre otras. En estas reglamentaciones también se incluyó lo relacionado con las acciones a tomar, concentraciones y tiempos de exposición para el establecimiento de los niveles de prevención, alerta y emergencia.

En cuanto a contaminación por ruido, en el 2006 el MAVDT expidió la Resolución 627 que determina los niveles máximos permisibles para emisión de ruido y ruido ambiental, los

procedimientos de medición y la obligatoriedad de realizar mapas de ruido.

Es importante resaltar que previo a las reglamentaciones anteriormente mencionadas, el IDEAM realizó los documentos de soporte de las mismas, que le dieron la MAVDT el suficiente soporte técnico, económico y jurídico para expedir dichas reglamentaciones.

Igualmente, el Ministerio ha venido complementando el trabajo adelantado por el IDEAM, en relación con las investigaciones y estudios para la elaboración de las reglamentaciones de emisiones por fuentes móviles y fuentes fijas que están próximas a ser publicadas. En este sentido, este Ministerio adelantó un estudio sobre las emisiones de motocicletas en diferentes regiones del país, lo que le permitió tener información acorde a nuestra realidad.

Para asegurar el coordinado diseño, implementación, seguimiento, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales en materia de calidad del aire, se creó la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire (CONAIRE), la cual fué protocolizada el pasado 20 de noviembre, como una instancia de carácter técnico. Su principal función es proponer al MAVDT para su adopción, las políticas y estrategias nacionales para prevenir y controlar la contaminación del aire. La CONAIRE cuenta con la participación de los Ministerios de Transporte, Minas y Energía, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y de la Protección Social, el IDEAM y el DNP.

Actualmente, el MAVDT tiene un crédito con la Banca Multilateral de recursos por más de 4.300 millones de pesos para fortalecer las redes de calidad del aire, los procesos de medición de la calidad del aire, la elaboración de inventarios de emisiones, la identificación de las principales fuentes de contaminación, los sistemas de información y los impactos de la calidad del aire en la salud de la población, entre otros. En la Tabla 6.1 se presentan las principales actividades a realizarse con los recursos del crédito IDS.

Tabla 6.1. Principales actividades a realizarse con recursos del crédito IDS

ACTIVIDADES
Diagnóstico de las redes existentes, validación y ajuste del protocolo de monitoreo y seguimiento y procesamiento de información meteorológica (con recomendaciones para adquisición de equipos)
Diseño de software para transferencia de información y generación del reporte unificado nacional de redes y análisis de datos
Caracterización de material particulado (105 muestras aprox.), procesamiento y análisis de la información
Elaboración del protocolo de inventario de emisiones e implementación de 7 ciudades (validación y ajuste del Protocolo)
Evaluación de la contaminación del aire en la salud en la localidad de Puente Aranda-Bogotá (IDEAM, DAMA, Secretaría de Salud de Bogotá, Universidad de los Andes, Universidad de la Salle)

ACTIVIDADES
Adquisición de equipos de calibración para la elaboración del diagnóstico y de muestreadores pasivos exteriores. Material particulado, Ozono, SO_x , NO_x , (150 unidades aprox.)
Compra de equipos $PM_{2.5}$ (9 unidades). Uno en cada sitio y dos (2) para el IDEAM para contramuestras para las 7 redes.
Compra de analizadores de gases y/o partículas automáticos (15 unidades), de equipo de PM_{10} (20 unidades) para las 7 redes y otra parte del país y de insumo para la operación de los equipos adquiridos
Adquisición de equipos para establecer las condiciones meteorológicas de dispersión de contaminantes (perfil vertical)
Adquisición de equipos para el monitoreo de calidad del aire y personales para ser usados en el proyecto denominado "Evaluación de la afectación de la salud por la contaminación del aire. Proyecto Piloto en las localidades de Puente Aranda y Kennedy"
Desarrollo de proyectos de reglamentación complementarios de residuos peligrosos y divulgación
Diseño y apoyo a seguimiento de 2 proyectos piloto de energías alternativas
Análisis EAE para salud ambiental más la propuesta de la política, incluyendo cinco (5) talleres regionales
Efecto de la política de Biocombustibles sobre la Biodiversidad
Análisis EAE para política de combustibles más la propuesta de la política, incluyendo cinco (5) talleres regionales
Curso Evaluación de la Región de América Latina y el Caribe en la implementación de indicadores de Desarrollo Sostenible (Temas Ambientales y Metas del Milenio)

Fuente: MAVDT, 2007

Por otro lado, el pasado 25 de julio de 2007 se estableció la Mesa de Calidad del Aire Bogotá – Región, cuyo objetivo es permitir el desarrollo conjunto de acciones integrales para tomar decisiones sobre emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas y móviles, con el fin de mejorar la calidad del aire en la Sabana de Bogotá. Los principales participantes de

la Mesa son el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C., (Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Movilidad y Secretaría de Salud), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR.



Foto: ALEXÁNDER VALENCIA CRUZ

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Aspectos Generales

En los últimos años Colombia ha mostrado un aumento en el Producto Interno Bruto (PIB) del 35%, los sectores que más aportan son: la industria manufacturera, el sector agrícola y el financiero. A su vez las regiones que más aportan son Bogotá, Antioquia y el Valle del Cauca, con una participación cercana al 40% del PIB nacional. Para el caso del sector industrial, las exportaciones han aumentado en un 77% entre 2002 y 2006, específicamente para el caso del sector automotor y de motocicletas, el año 2006 fue el de mayores ventas. Para el caso del sector transporte, el indicador de toneladas transportadas por año se ha incrementado a partir del 2000.

En este sentido, frente al aumento de estos indicadores económicos, el Gobierno Nacional ha venido desarrollando proyectos para disminuir los contenidos de azufre de los combustibles fósiles, a través de reglamentaciones sobre combustibles limpios, mejoramiento de las características de los combustibles e inversión en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena para la obtención de mejores combustibles, teniendo en cuenta que según la Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL), Colombia se encuentra entre los cuatro (4) países con más alto contenido de azufre en diésel.

El monitoreo de la calidad del aire a nivel regional se ha convertido en la principal herramienta para el seguimiento a la contaminación de este recurso. El país cuenta con 20 redes de monitoreo de calidad del aire (manuales y automáticas), localizadas en los principales centros urbanos del país (Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín y Santa Marta), en corredores industriales (Valle de Sogamoso y Yumbo y Palmira), en las zonas mineras del Cerrejón y el Cesar, así como en algunos municipios de Antioquia, Cundinamarca, Magdalena, Risaralda, Cauca, Quindío, Tolima y otras ciudades como Cúcuta, Manizales y Neiva.

7.1.2. Calidad del Aire en Diferentes Regiones del País

La calidad del aire para las diferentes regiones del país varía considerablemente según la ciudad o zona. Las ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga y Santa Marta, además de los centros de actividad industrial como el Valle de Aburrá, Yumbo y Palmira, el Cerrejón y el Valle de Sogamoso, entre otros, presentan cambios significativos en la calidad del aire.

En general, el material particulado (PM10 y PST) es el contaminante que más deteriora la calidad del aire al superar los límites máximos permisibles tanto anuales como diarios en la mayoría de redes de monitoreo que lo miden. Cabe mencionar que el ozono también alcanza concentraciones críticas en las redes que es monitoreado, en especial, en zonas urbanas. Los óxidos de nitrógeno y de azufre en la mayoría de las redes se mantienen dentro de los límites permisibles, con excepción de algunas mediciones específicas, donde las concentraciones son bastante elevadas, fenómeno que se atribuye a eventos puntuales que pudiesen ocurrir cerca de la estación de monitoreo. Para el caso del CO, la mayoría de las concentraciones se mantienen dentro de los límites permisibles, pero al igual que el O₃ sus concentraciones más altas se presentan dentro de los centros urbanos, algunas llegan a superar los límites máximos permisibles.

En algunas zonas del país donde se han realizado campañas de monitoreo como por ejemplo la Isla de San Andrés, la ciudad de Neiva y el complejo de Barrancabermeja, las concentraciones de los diferentes contaminantes monitoreados se encuentran muy por debajo de los límites permisibles establecidos. La única campaña de monitoreo que obtuvo como resultado concentraciones por encima de los niveles máximos permisibles fue la realizada por Corpocesar durante el 2006 en la zona minera del departamento del Cesar.

Dentro de las grandes ciudades, Bogotá presenta las concentraciones más elevadas de material particulado, alcanzan promedios anuales de 180 µg/m³ de PST y 130 µg/m³ de PM10.

La zona occidental y sur de la ciudad son las más afectadas por este tipo de contaminación mientras que en el norte las concentraciones son menores. Dentro de las zonas más afectadas están Puente Aranda (reconocida zona industrial de la ciudad), Fontibón y Cazucá. Para PM10 ocho (8) de las doce (12) estaciones que monitorean el contaminante registran promedios superiores a la norma anual durante el periodo de análisis (1997 a 2006), mientras que en el caso de PST dos (2) de las tres (3) estaciones superan la norma anual durante todos los años del periodo de análisis que comprende desde el 2001 al 2006.

Para los otros contaminantes analizados dentro de Bogotá los óxidos de nitrógeno y de azufre presentan concentraciones anuales dentro del límite máximo permisible. Para ambos casos las concentraciones promedio para los últimos años se han mantenido estables. El caso de O_3 y CO es prioritario ya que los límites permisibles son superados ampliamente, más que todo por las concentraciones de O_3 , llegan a alcanzar concentraciones de 150 ppb en las horas de mayor radiación solar.

El área metropolitana de Bucaramanga presentó excedencias de PM10 y Ozono, que es el contaminante que más excedió los límites permisibles durante los años 2001, 2002 y 2003, especialmente el límite de ocho (8) horas. En el caso de PM10 las concentraciones exceden el límite anual en las estaciones Centro y Chimitá en los años 2004, 2005 y 2006 con concentraciones dentro del rango de los 70 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Valle de Aburrá y Medellín la contaminación atmosférica es por material particulado, donde las concentraciones de PST han superado históricamente los límites establecidos en especial en las estaciones de Itagüi y Universidad Nacional. Para el caso del PM10 aunque el límite anual no es superado, las concentraciones anuales se encuentran por encima de 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en algunas ocasiones muy cerca del nivel máximo permisible anual (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el caso de O_3 algunas estaciones presentan eventos con altas concentraciones.

La ciudad de Santiago de Cali no presenta excedencias para SO_2 y NO_2 , pero si para los casos de O_3 , material particulado y CO. El CO solo presentó valores elevados durante el 2005, que superaron el límite de ocho (8) horas, mientras que el PM10 excedió el límite anual solo en la estación CVC con un promedio de 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2006. En relación con el O_3 , tanto el nivel máximo permisible horario como el de ocho (8) horas, fue superado durante todos los años analizados (2003 - 2006).

En la zona industrial de los municipios de Yumbo y Palmira la situación de SO_2 y NO_2 difiere a lo que se presenta en el resto

del país, dado que para ambos casos el límite anual es superado en el 2002 y en el 2003 para SO_2 . Tanto para O_3 como para CO los límites horarios y de ocho (8) horas son superados, siendo importante resaltar el O_3 , que en el 2004 registró máximos horarios y de ocho (8) horas superiores a 220 ppb y 140 ppb, respectivamente. Para el caso de PM10, los límites anuales no son superados; sin embargo, la concentración máxima diaria alcanzó valores de 285 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2004.

Para los casos puntuales de la zona de ACOPI durante los años 2005 y 2006 se registran promedios superiores a los niveles máximos permisibles para PM10 en 4 de los 5 lugares de monitoreo. Además también se presenta una considerable excedencia en las concentraciones atmosféricas de plomo durante los dos (2) años de monitoreo (2005 y 2006) con concentraciones de 1,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el monitoreo realizado en los municipios de Magdalena, el cual incluye la ciudad de Santa Marta, las concentraciones diarias de PST superan los niveles máximos permisibles en varias ocasiones, en especial durante el 2003. Además en el 2006 se registra el promedio diario más alto con 157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación ubicada en Carbogranales. Para el caso de PM10 la situación es contraria, puesto que las concentraciones anuales no superan los 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, salvo la estación Carbogranales en el 2006, la cual registró una concentración muy cerca del límite máximo permisible.

Aunque la ciudad de Barranquilla cuenta con una red de calidad del aire, no se obtuvo la información suficiente que permitiera realizar un análisis de las concentraciones diarias o anuales de los contaminantes. Sin embargo, es importante resaltar que para PM10 se registran concentraciones mensuales superiores a 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, las cuales son considerablemente altas, si se tiene en cuenta que el nivel máximo permisible anual es 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la zona minera del Cerrejón, 4 de las 15 estaciones que monitorean PST han registrado excedencias de los niveles máximos permisibles anuales. Para el PM10, el límite anual solo se excede un año, alcanzando los 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En el caso de la zona minera del Cesar la situación es similar, las concentraciones anuales de PST son superadas en tres (3) ocasiones, dos (2) de ellas en el 2006. Cabe resaltar que el promedio móvil anual de este contaminante muestra un incremento importante al comparar las concentraciones de 1995 con las de 2006 en las que los niveles máximos permisibles anuales comienzan a ser superados constantemente.

Para el Valle de Sogamoso es importante destacar que ni el CO ni el SO_2 representan un problema de contaminación atmosférica por sus bajas concentraciones, mientras que el O_3 y el PM10 sí lo son. En el caso del O_3 los límites permisibles

horarios y de ocho (8) horas son superados durante los 3 años analizados (2004 - 2006), con concentraciones máximas que alcanzan los 93 ppb. Ahora bien, en el caso del PM10 aunque el límite anual no es superado, todas las concentraciones se encuentran por encima de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a pesar de esto el límite diario sí es superado en los 3 años y llegan a valores de $275 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dentro de la jurisdicción de la CAR, en los municipios de Cundinamarca ninguna de las estaciones presenta excedencias para NO_2 , mientras que para SO_2 en los municipios de Nemocón y Cagua el límite anual es excedido en el 2005 con concentraciones de 36 ppb y 51 ppb. Los principales problemas de contaminación del aire en la jurisdicción de la CAR son por PM10 y PST, donde se presentan excedencias de la norma anual en ambos casos.

En el caso de PST en la jurisdicción de la CAR, cinco (5) de las nueve (9) estaciones superan el nivel máximo permisible anual, además algunas estaciones superan el nivel diario con concentraciones por encima de los $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la estación del municipio de Nemocón la que registra el mayor número de excedencias. Situación similar se presentó para el PM10, donde estas mismas estaciones (Nemocón y Cagua) y la de Soacha superaron los niveles máximos permisibles anuales. La estación de Nemocón registra excedencias para los 5 años de análisis (2002 al 2006) todas por encima de los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De manera general en las ciudades de Cúcuta, Manizales, Pereira, Armenia e Ibagué no se presentan excedencias considerables ni constantes de PST ni PM_{10} . Específicamente en Cúcuta se excede el límite anual de PST dos (2) veces en la estación Banco Panamericano en los años 2000 y 2001. En Manizales para PST aunque las concentraciones en su mayoría están sobre los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sólo se excede la norma de PST en dos (2) años (1997 y 1998).

En el caso de la CRC, incluido Popayán, las concentraciones de NO_2 y SO_2 son muy bajas, mientras que PM_{10} y PST superan los niveles máximos permisibles anuales, en particular para los años 2004 y 2005, alcanzando concentraciones de $143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PST y $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10. La red de Cortolima registra excedencias de la norma anual de PST, cabe notar que dichas excedencias se presentan en el 2000, 2001 y 2003. En el caso de los municipios de Risaralda incluyendo Pereira, ninguno de los contaminantes monitoreados (SO_2 , NO_2 , O_3 , CO y PM10) superan los límites establecidos para cada uno.

7.1.2.1. Inventarios de Emisiones Atmosféricas

En cuanto a los inventarios de emisiones atmosféricas varias regiones del país cuentan con una base de datos con información tanto de fuentes móviles como de fuentes fijas y

biogénicas, o se encuentran en el proceso de elaboración y actualización. Entre estas regiones se encuentra el Valle de Aburrá, Bogotá, Manizales y Santiago de Cali y algunos municipios de Antioquia y Cundinamarca. De acuerdo con los resultados de los inventarios de emisiones, en términos generales las biogénicas son las principales fuentes de emisión de contaminantes al aire, seguidas de las móviles. Así mismo, los resultados muestran que las fijas o puntuales son las que más aportan contaminación por material particulado.

7.1.2.2. Modelación de la Calidad del Aire

Las grandes ciudades y complejos industriales han venido desarrollando y utilizando modelos de calidad del aire, que junto con algunas variables meteorológicas y la inclusión de emisiones, buscan simular situaciones específicas como en Santiago de Cali la formación de oxidantes fotoquímicos (O_3), o pronosticar los niveles de contaminación como se hace en el Valle de Aburrá y se pretende hacer en el Valle de Sogamoso. En Bogotá el desarrollo del modelo se enfoca al estudio de episodios críticos de contaminación y meteorológicos que afecten significativamente la calidad del aire. Este tipo de herramientas está siendo utilizado no sólo para el entendimiento de la química y contaminación atmosférica específica de cada zona, sino para la toma de decisiones que permitan mejorar la calidad del aire en una determinada zona.

7.1.3. Estado y Cambio de la Calidad del Aire en Colombia

En general, los diferentes contaminantes en Colombia han variado a través del tiempo, mostrando tendencias muy diferentes para cada contaminante, en este sentido, la tendencia nacional para NO_2 , O_3 y CO es a disminuir sus concentraciones, mientras que las concentraciones de PST tienden a aumentar. De modo particular el SO_2 y el NO_2 son los contaminantes que tienen las concentraciones más bajas con respecto a los niveles máximos permisibles anuales. Tomando como base la concentración nacional del 2003, en el caso del SO_2 las concentraciones han aumentado en un 40%, pasan de 4,44 a 12,39 ppb, mientras que el NO_2 presenta una reducción del 19% que pasa de 15,08 a 12,15 ppb.

En relación con las tendencias y para el caso específico del SO_2 , durante el año 2003 se presenta un incremento importante de las concentraciones debido a las altas tasas que se registraron en la ciudad de Cali y las zonas de Yumbo y Palmira. Cabe resaltar además que a partir de comienzos del 2006 este contaminante presenta un aumento en su concentración que aunque no es muy evidente es perceptible.

De manera más puntual las ciudades de Cali, Medellín y Bogotá registran una disminución en las concentraciones del SO_2 a partir del 2003, mientras que en Bucaramanga así como en algunos municipios de Cundinamarca las concentraciones han aumentado. El NO_2 , en muchos de los lugares de monitoreo, no muestra aumento o disminución considerable, con excepción de Cundinamarca y Bucaramanga, que muestran incrementos importantes, mientras que en Yumbo y Palmira, Medellín y Bogotá muestran disminución en las concentraciones.

Con respecto al O_3 a nivel nacional las concentraciones horarias y 8 horarias superan los límites establecidos para estos periodos en la mayoría de los años analizados (2003 al 2006); en general las concentraciones han aumentado 13% para los promedios de ocho (8) horas y 26% para los horarios. En las diferentes zonas de monitoreo, Bogotá y Bucaramanga tienen los resultados más variables en el tiempo aunque con reducciones considerables. En el Valle de Sogamoso y la zona industrial de Yumbo y Palmira las concentraciones han aumentado.

Por su parte, la tendencia que muestran las concentraciones de O_3 desde 1998 revelan que estas han disminuido gradualmente especialmente de 1998 a 2002, a partir de donde las concentraciones se han mantenido relativamente constantes. Las estaciones de la red de la ciudad de Cali registran el promedio entre 2003 a 2006 más alto y más bajo. Por otro lado, las redes de Corpoboyacá y de la CVC registran también promedios altos para este mismo periodo de tiempo, situación contraria a las estaciones de la red de la SDA que registran las concentraciones más bajas.

La tendencia de las concentraciones nacionales de CO es a la disminución, 70% para los registros horarios y 71% para los registros de ocho (8) horas. De manera más puntual Bogotá y el Valle de Aburrá registran disminuciones considerables, superiores al 50%, mientras que en el Valle de Sogamoso y en la zona metropolitana de Bucaramanga las concentraciones han aumentado. En cuanto a las tendencias nacionales, comparando los registros de 1998 con los de 2006, han disminuido en 1,5 ppm, cabe anotar que en el 2003-2004 se presenta un fuerte aumento en las concentraciones.

En cuanto a las estaciones con el promedio más bajo de CO entre 2003 a 2006 se encuentran localizadas en las redes del Valle de Sogamoso, en Bucaramanga y Santiago de Cali, con concentraciones alrededor de 1 ppm, mientras que Bogotá, en especial en la zona suroccidental (Fontibón con 35,87 ppm), registra el promedio más alto para este mismo periodo de tiempo.

Las concentraciones de PST han aumentado en un 5,1% mostrando una tendencia al alza. Las concentraciones naciona-

les en el 2006 estuvieron cerca del nivel máximo permisible anual. El caso de PM10 es contrario, dado que las concentraciones nacionales disminuyeron un 11%, mostrando una tendencia a disminuir y las concentraciones se han mantenido por debajo de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentraciones que están acordes a las recomendaciones internacionales. Sin embargo, es importante recalcar que las concentraciones de PM10 en algunas ciudades principales han aumentado.

Para la mayoría de las zonas del país donde se monitorea PST las concentraciones han aumentado, siendo las zonas mineras del Cerrejón en la Guajira y la del Cesar las que presentan el mayor aumento, con un 50% y 62%, respectivamente. Por otra parte, las redes de Corpocaldas, CRC, CAR y Cortolima presentan descensos alrededor del 20%. A pesar de que la red de la CAR de manera general muestra descensos en sus concentraciones, junto con la red de la SDA cuentan con las estaciones que registran los promedios multianuales más altos ($149 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cabe destacar que aunque la región del Cerrejón registra los aumentos en concentraciones más altos, las concentraciones registradas por sus estaciones se encuentran entre las más bajas ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Por su parte, Bucaramanga y la zona industrial de Yumbo y Palmira son las que registran el mayor incremento en las concentraciones de PM10, 56% y 57%, respectivamente. En las demás regiones del país, aunque las concentraciones varían con el tiempo, se han mantenido estables en comparación con los primeros registros de cada red. El mayor descenso se registra en el Valle de Sogamoso (37%). Entre las estaciones con las mayores concentraciones se encuentran las ubicadas en el suroccidente de la ciudad de Bogotá, además de algunas del Valle de Aburrá y la CAR. Por otro lado, las que registran las concentraciones más bajas son las ubicadas en el Cerrejón y las de jurisdicción de Corpamag y Carder.

7.1.4. Calidad del aire y salud

Las actividades conjuntas entre las autoridades ambientales y las de salud, para el seguimiento y control de la afectación en la salud de la población por contaminación del aire, están siendo realizadas en las principales ciudades del país, dentro de las cuales se destacan Bogotá, Bucaramanga y Santiago de Cali, lo que permite conocer la morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias agudas (ERA). En el caso específico de Bogotá, los resultados han mostrado que existe una relación entre los picos de concentración y los casos notificados en salas ERA.

Diferentes estudios e investigaciones a nivel nacional han permitido identificar la existencia de una relación directa entre contaminación del aire y enfermedades respiratorias agudas, lo cual significa una reducción en las tasas de mortalidad y

morbilidad, así como también la disminución en las admisiones hospitalarias y en el número de consultas, cuando se disminuye la contaminación del aire.

7.1.5. Estado y cambio del agua lluvia en Colombia

En términos generales se puede establecer que la acidificación en la precipitación a nivel nacional predomina en la mayoría de las ciudades monitoreadas. Sin embargo, no se cuenta con la información suficiente para identificar los factores que intervienen en el mencionado comportamiento.

Las tendencias en general de la lluvia ácida en Colombia son hacia el aumento de la acidez, excepto en ciudades como Barranquilla, Ibagué y Neiva, en donde los valores de pH se encuentran por encima del valor normal con tendencia a ser neutros. Así mismo, es importante resaltar que la ubicación, condiciones geográficas y meteorológicas se constituyen en factores determinantes en la neutralización de la acidificación atmosférica, como la influencia que tiene la brisa marina sobre Barranquilla, el clima seco para Neiva y la baja influencia de emisiones de óxidos de azufre y de nitrógeno para Neiva e Ibagué.

Ciudades como Cali y Medellín presentan características de lluvia ácida con pocos valores por encima de lo normal, es decir, con tendencias a la acidificación. Por otra parte, Bogotá presenta un comportamiento específico, ya que los valores de pH más bajos corresponden a los regímenes de precipitación más altos durante el año. En cuanto a Barrancabermeja, la ciudad presenta una tendencia a la acidificación irregular, lo que indica que se debe tener en cuenta en futuros análisis y monitoreos de la acidificación de la lluvia.

7.1.6. Acciones Nacionales para el Mejoramiento de la Calidad del Aire

Diferentes acciones y en diferentes campos están siendo realizadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para tener una mayor certeza frente a la información de calidad del aire que es capturada por las redes de monitoreo del país.

En este sentido, el MAVDT está validando el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, elaborado por el IDEAM y elaborando el protocolo de inventarios de emisiones. Adicionalmente, se encuentra realizando un diagnóstico del estado actual de algunas redes de monitoreo de calidad del aire, con el fin de fortalecerlas por medio de la compra de equipos, los cuales serán posteriormente entregados a las autoridades ambientales regionales. Así mismo, se encuentra en el proceso de implementación con el IDEAM, de un sistema de información para la transferencia de infor-

mación y generación del reporte unificado nacional de redes y análisis de datos de calidad del aire.

Frente a las acciones relacionadas con la determinación de la relación entre contaminación del aire y efectos sobre la salud, se está realizando la evaluación de la contaminación del aire en la salud en la localidad de Puente Aranda, y se están estructurando para el 2008 este tipo de estudios para Bucaramanga, Valle del Cauca y Santa Marta. Adicionalmente, el Ministerio ha formulado una agenda ambiental interministerial con el Ministerio de la Protección Social, en la cual se elaborará la Política de Salud Ambiental, entre otras acciones.

7.2. RECOMENDACIONES

El presente informe es el resultado de las autoridades ambientales, institutos de investigaciones, universidades, entre otras entidades, que han estado preocupadas por la contaminación del aire, sus procesos, su estado y cambio, así como del seguimiento continuo de la misma.

Todas estas entidades han permitido tener un conocimiento más claro sobre los procesos que actualmente están ocurriendo en la atmósfera, específicamente aquellos relacionados con la calidad del aire. En este sentido, los planes, programas y proyectos que actualmente están desarrollando dichas entidades permitirán continuar con este proceso de conocimiento y de identificación de los problemas, así como también de las soluciones.

Por lo anterior es importante continuar con los procesos de generar, recopilar, analizar y modelar información que ha permitido este conocimiento. Un claro ejemplo de este importante proceso es este documento, así como también los documentos de soporte de las normas de calidad del aire y emisión de ruido y de los documentos soporte de los proyectos normativos de emisión de contaminantes por fuentes fijas y fuentes móviles, los cuales fueron desarrollados a partir de información capturada por las autoridades ambientales regionales.

Continuar con el proceso de fortalecimiento de la capacidad técnica y operativa de las autoridades ambientales, con objeto de contar día a día con información más representativa y acorde a las características propias de las diferentes regiones del país, teniendo en cuenta los recursos técnicos y tecnológicos de cada una de ellas.

Articular el Sistema de Información sobre Calidad del Aire unificado a nivel nacional, con la información del Ministerio de Protección Social, específicamente de las Secretarías Distritales de Salud, en lo relacionado con Enfermedades Respiratorias Agudas y con el Registro Único Ambiental, de los Sectores Industrial, Agrícola, Hidrocarburos, Transporte, entre otros.

Dar una mayor divulgación a los proyectos y resultados obtenidos por las entidades que han realizado estudios que relacionen contaminación del aire con efectos a la salud, así como también continuar con los proyectos que actualmente adelanta el MAVDT conjuntamente con las autoridades regionales, buscando siempre tener un mayor conocimiento sobre las regiones en donde existen problemas de contaminación del aire. Bajo este escenario, es importante a su vez establecer protocolos y metodologías específicas y determinadas para el desarrollo de estudios que relacionen la contaminación del aire con afectación a la salud, de tal manera que permitan comparar los resultados a través de indicadores.

Continuar con los estudios de costo beneficio de las estrategias diseñadas para la prevención de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire en Colombia, así como cuantificar estas medidas a nivel regional y local.

Fortalecer la toma de decisiones orientadas al mejoramiento de la red de monitoreo de lluvia ácida en el país; teniendo en cuenta factores como, la reubicación de las estaciones de monitoreo, la adquisición de equipos de acuerdo con los criterios propuestos por la OMM y las condiciones del territorio colombiano; y finalmente incluyendo la institucionalización del Programa de Calidad del Agua Lluvia del MAVDT a través del IDEAM.

Es igualmente importante desarrollar estudios y proyectos para identificar claramente los factores locales que están incidiendo sobre la acidez de la lluvia en diferentes regiones del país, de manera que permita desarrollar acciones que contribuyan a reducir esos factores. Dentro de estos estudios se recomienda, realizar un seguimiento de la acidez del agua lluvia a partir del mejoramiento de los combustibles a nivel nacional.

Dentro del marco de la política y de las estrategias nacionales para la prevención y mitigación de los efectos del Cambio Climático en Colombia, se recomienda realizar estudios e investigaciones que permitan determinar la incidencia de factores locales de contaminación del aire y variables meteorológicas, con los escenarios de cambio climático regionales y locales.

Finalmente, las medidas que está desarrollando el gobierno nacional, en cabeza del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, así como de ECOPELROL y de los Ministerios de Minas y Energía, de Transporte y de la Protección Social permitirán disminuir algunos de los factores que afectan la calidad del aire, por lo tanto se recomienda continuar en esta dirección, por un lado apoyando a las autoridades ambientales regionales, y por otro en el desarrollo de proyectos normativos y de gestión, como las normas de emisiones por fuentes fijas y de fuentes móviles, como también las acciones encaminadas hacia el mejoramiento de los combustibles y cambios tecnológicos en procesos de producción industrial, entre otros.



Foto: RODRIGO SUÁREZ CASTAÑO

8. BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN REGIONAL DE EMPRESAS DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE, ARP-EL. Contenido de Azufre en el diésel de América Latina.
- BJORN Larsen. "Environmental Economist Consultant. Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment". Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004.
- CALIXTO, Diana Constanza; DÍAZ, Alexandra Victoria. Valoración económica del impacto ambiental del aire sobre la salud de habitantes menores de 5 años en Bogotá. Universidad Javeriana, 1997
- CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Programa de Control de Monitoreo de Calidad de Aire Nacional, Anuario de Calidad de Aire. Chile. 2005.
- COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, CONAMA. Evaluación de la Calidad del Aire en Santiago de Chile. Área Descontaminación Atmosférica Conama Región Metropolitana de Santiago. Chile. 2003.
- CONSEJO NACIONAL DE AMBIENTE. Calidad del Aire. Perú. En línea: www.conam.gob.pe/aire/abc/contaminantes.html
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Participación en el Producto Interno Bruto a precios constantes de 1994 por ramas de actividad económica. Cuentas Nacionales, 2006.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Población y Necesidades Básicas Insatisfechas para los Censos de 1973, 1985, 1993 y 2005.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Producto Interno Bruto Total y por habitantes a precios constantes de 1994. Cuentas Nacionales, 2006.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Resultados Nacionales Censo 2005.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Conpes 3344. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Conpes 3305. Lineamientos de política para optimizar la política de desarrollo urbano.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. A guide to Air Quality and Your Health.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. Air Quality Report, 2003.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. The Ozone Report. Measuring Progress Through 2003. Abril 2004.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. The Particle Pollution Report. Current Understanding of Air Quality and Emissions Through 2003. Diciembre 2004.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Air Pollution in Europe 1990 – 2000, 2003
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Documento Soporte de Norma de Calidad del Aire, 2005.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia, 2004.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Revisión de las Condiciones Actuales de las Redes de Monitoreo de Calidad del Aire en el País, 2005
- LOZANO, Nancy. A concentration response approach for air pollution in Bogotá. Universidad de Maryland, 1998
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 de 2006. Norma de Calidad

del Aire o Nivel de Inmisión para todo el Territorio Nacional en Condiciones de Referencia.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Caracterización del Transporte en Colombia, Diagnóstico y Proyectos de Transporte e Infraestructura, 2005

MONTEALEGRE, Murcia Libardo. Afecciones respiratorias y contaminación del aire en Santafé de Bogotá, una aplicación de la regresión Lave-Seskin. Universidad de los Andes, 1993.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OPS. Desafíos Metodológicos de la Vigilancia de los Efectos en la Salud de la Contaminación del Aire Exterior. Septiembre de 2006.

ORTÍZ Quevedo, Carlos H.; MARTÍNEZ Escobar, Jaime. GARCÍA Muñoz, Diego. "Contaminación atmosférica y salud: Estimación de una función dosis-respuesta para Cali".

Departamento de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y CIDSE Universidad del Valle. 1996.

SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTÁ. Boletín ERA No. 25. Prevención y atención de la enfermedad respiratoria aguda. Agosto de 2006.

SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTÁ. ¿Quiere en un futuro ver niños enmascarados? 2003. En línea: <http://www.saludcapital.gov.co/secsalud/noticias/enmascarados.html>

SOLARTE Rodríguez, Iván. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria en niños menores de 14 años en Santa fe de Bogotá, Universidad Javeriana, 1998

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINEROENERGÉTICA, UPME. Estructura energética nacional para el año 2006. Sin no energéticos.

ANEXO

DIÓXIDO DE AZUFRE – SO₂

Tabla A 1. Resultados estadísticos del análisis de SO₂ – 3 Horas

Valores Estadísticos de SO ₂ (ppb)		CDMB	Corpobo-yacá	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		52.5554	17.146	10.707	24.382	80.974
Media		6,87	15,78	31,32	6,59	9,32
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	6,83	15,57	30,26	6,49	9,29
	Límite Superior	6,90	15,99	32,38	6,69	9,36
Media Recortada al 5%		6,58	14,23	23,41	5,67	8,82
Mediana		6,07	12,46	8,67	5,12	8,10
Varianza		16,37	190,42	3131,81	61,57	28,55
Desviación Típica		4,05	13,80	55,96	7,85	5,34
Mínimo		0,17	0,29	0,00	0,00	0,00
Máximo		39,90	190,02	342,67	97,28	138,60
Rango		39,74	189,73	342,67	97,28	138,60
Amplitud Intercuartil		5,22	15,30	19,15	4,87	5,26
Asimetría		1,13	2,76	2,39	7,26	4,04
Curtosis		1,78	15,50	4,59	70,38	42,11
Percentiles	10	2,43	3,52	1,43	1,82	4,57
	25	3,84	5,83	3,72	2,98	6,07
	50	6,07	12,46	8,67	5,12	8,10
	75	9,05	21,12	22,87	7,85	11,32
	90	12,41	31,08	105,72	11,60	15,10
Valores Extremos Máximos		39,90	190,02	342,67	97,28	138,60
		36,92	180,35	295,28	97,11	130,53
		34,90	172,30	290,06	95,90	114,81
		34,78	166,49	279,97	95,85	107,96
		34,37	159,29	279,62	95,82	102,59

Tabla A 2. Resultados estadísticos del análisis de SO₂ – 24 Horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE SO ₂ (PPB)		AMVA	CAR	CDMB	CORNARE	CORPOBO-YACÁ	CRC	CVC	DAGMA	SDA	
Número de Datos		279	517	52.561	12	19.005	140	11.811	24.691	81.069	
Media		4,15	11,24	6,94	0,77	15,80	8,82	31,46	6,62	9,60	
Intervalo de Confianza para la Media al 95%											
Límite Inferior		3,72	10,26	6,92	0,58	15,66	8,22	30,44	6,53	9,56	
Límite Superior		4,59	12,22	6,96	0,96	15,93	9,42	32,49	6,71	9,65	
Media Recortada al 5%		3,81	10,03	6,82	0,63	15,28	8,37	23,99	5,88	9,02	
Mediana		3,27	8,07	6,45	0,42	14,60	6,88	10,87	5,68	8,61	
Varianza		13,61	128,58	6,77	1,08	84,54	13,03	2898,63	51,32	34,60	
Desviación Típica		3,69	11,34	2,60	1,04	9,19	3,61	53,84	7,16	5,88	
Mínimo		0,04	0,00	0,63	0,00	1,10	3,82	0,00	0,00	1,21	
Máximo		18,99	58,18	19,90	5,95	74,70	27,52	342,67	92,32	87,84	
Rango		18,94	58,18	19,27	5,95	73,60	23,70	342,67	92,32	86,63	
Amplitud Intercuartil		4,68	13,18	3,40	1,14	13,70	3,44	13,39	4,11	4,89	
Asimetría		1,34	1,51	0,77	2,60	0,95	2,58	2,39	8,88	5,84	
Curtosis		1,78	2,28	0,46	8,99	1,99	9,29	4,40	96,39	53,73	
Percentiles		10	0,49	4,03	0,00	5,00	6,88	2,52	2,52	5,03	
		25	1,16	5,07	0,07	8,30	6,88	6,41	3,71	6,54	
		50	3,27	6,45	0,42	14,60	6,88	10,87	5,68	8,61	
		75	5,83	8,47	1,21	22,00	10,32	19,81	7,82	11,43	
Valores Extremos Máximos		90	9,58	10,65	1,99	27,20	13,00	104,92	10,02	14,10	
			18,99	58,18	19,90	5,95	74,70	27,52	342,67	92,32	87,84
			17,19	55,84	19,89	5,24	74,30	27,52	295,28	92,25	87,82
			17,14	52,35	19,81	5,01	73,20	17,97	249,58	92,16	87,76
Valores Extremos Máximos			15,95	50,23	19,78	2,63	17,97	249,49	92,00	87,70	
			15,19	49,29	19,73	2,49	17,60	17,97	249,49	91,97	87,65

DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO₂

Tabla A 3. Resultados estadísticos del análisis de NO₂ – 1Hora

VALORES ESTADÍSTICOS DE NO ₂ (PPB)		CDMB	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		51.553	9.835	23.831	78.928
Media		14,80	23,08	15,75	15,03
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	14,73	22,08	15,64	14,96
	Límite Superior	14,87	24,08	15,86	15,10
Media Recortada al 5%		14,29	14,44	15,16	14,06
Mediana		13,33	7,12	14,15	12,97
Varianza		62,35	2454,51	72,66	101,46
Desviación Típica		7,90	49,54	8,52	10,07
Mínimo		0,00	0,00	0,01	0,00
Máximo		86,00	490,12	199,91	301,86
Rango		86,00	490,12	199,90	301,86
Amplitud Intercuartil		9,67	14,62	9,34	9,64
Asimetría		1,18	3,37	2,27	4,54
Curtosis		2,68	12,42	23,40	56,72
Percentiles	10	6,33	0,38	7,23	6,25
	25	9,33	0,49	10,24	8,93
	50	13,33	7,12	14,15	12,97
	75	19,00	15,11	19,58	18,57
	90	25,00	62,39	26,30	25,50
Valores Extremos Máximos		86,00	490,12	199,91	301,86
		82,00	437,09	194,94	230,60
		80,00	399,98	156,00	227,43
		76,00	393,36	82,57	224,57
		74,00	356,29	79,71	224,07

Tabla A 4. Resultados estadísticos del análisis de NO₂ – 24 Horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE NO ₂ (PPB)		AMVA	CAR	CDMB	CORNARE	CRC	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		295	519	52,561	102	141	10,567	23,926	79,367
Media		19,26	1,48	14,80	3,00	7,08	22,98	15,75	15,03
Intervalo de Confianza para la Media al 95%									
Límite Inferior		18,55	1,37	14,76	2,58	6,28	22,08	15,65	14,98
Límite Superior		19,96	1,60	14,84	3,43	7,88	23,89	15,85	15,08
Media Recortada al 5%		19,15	1,37	14,63	2,83	6,25	15,10	15,26	14,61
Mediana		19,08	1,02	14,52	2,43	5,08	9,75	14,32	14,16
Varianza		37,83	1,82	21,05	4,64	23,18	1999,22	61,51	47,97
Desviación Típica		6,15	1,35	4,59	2,15	4,81	44,71	7,84	6,93
Mínimo		1,16	0,00	0,54	0,15	4,25	0,10	0,01	0,01
Máximo		43,58	7,23	41,11	12,61	38,29	300,47	144,50	93,32
Rango		42,42	7,23	40,57	12,46	34,04	300,37	144,49	93,31
Amplitud Intercuartil		6,11	1,61	5,49	2,58	2,66	13,55	8,93	8,79
Asimetría		0,43	1,19	0,60	1,52	3,97	3,11	1,55	2,28
Curtosis		1,80	0,76	1,40	3,65	18,92	9,74	8,06	17,27
Percentiles									
10		12,12	0,03	9,40	0,66	4,79	0,42	7,69	7,66
25		15,68	0,51	11,83	1,58	4,79	1,30	10,58	10,04
50		19,08	1,02	14,52	2,43	5,08	9,75	14,32	14,16
75		21,79	2,13	17,32	4,15	7,45	14,85	19,51	18,83
90		27,74	3,79	20,31	5,71	11,49	67,90	25,65	23,10
Valores Extremos Máximos									
43,58		7,23	41,11	12,61	38,29	31,71	298,37	117,03	93,32
42,94		5,32	41,11	9,96	31,71	26,06	298,10	99,45	93,31
36,06		5,17	40,91	8,56	26,06	24,47	297,17	91,82	93,28
35,00		5,15	40,52	6,83	24,47	19,32	297,10	91,11	93,26
34,55		5,07	40,30	6,73	19,32	0,01	297,10	93,25	93,25

OZONO – O₃**Tabla A. Resultados estadísticos del análisis de O₃ – 1 Hora**

VALORES ESTADÍSTICOS DE O ₃ (PPB)		AMVA	CDMB	CORPOBOYACÁ	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		3,801	52,553	23,575	9,903	26,255	75,520
Media		12,56	12,94	16,45	15,68	12,87	14,01
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	12,17	12,85	16,29	15,37	12,71	13,93
	Límite Superior	12,95	13,03	16,60	15,99	13,03	14,10
Media Recortada al 5%		11,45	12,21	15,57	13,91	11,43	12,53
Mediana		9,61	10,33	14,00	11,29	6,79	10,67
Varianza		153,52	117,25	140,62	242,93	180,62	138,68
Desviación Típica		12,39	10,83	11,86	15,59	13,44	11,78
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo		83,63	63,33	91,60	216,96	94,71	152,50
Rango		83,83	63,33	91,60	216,96	94,71	152,50
Amplitud Intercuartil		17,02	16,83	15,99	14,35	14,96	10,61
Asimetría		1,18	0,84	1,12	3,30	1,57	2,95
Curtosis		1,16	0,01	1,43	22,83	2,04	13,51
Percentiles	10	0,00	1,33	3,87	1,79	1,94	4,67
	25	1,85	3,50	7,07	6,09	3,50	6,72
	50	9,61	10,33	14,00	11,29	6,79	10,67
	75	18,87	20,33	23,07	20,44	18,46	17,33
	90	30,64	28,67	33,03	34,58	33,83	26,33
Valores Extremos Máximos		83,63	63,33	91,60	216,96	94,71	152,50
		68,13	61,67	86,59	216,12	90,68	146,17
		65,09	60,33	82,32	199,63	89,65	145,00
		61,83	59,67	82,22	197,36	88,35	134,67
	61,79	59,67	81,50	192,80	86,06	131,00	

Tabla A 5. Resultados estadísticos del análisis de O₃ - 24 Horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE O ₃ (PPB)	AMWA	CDMB	CORPOBOYACÁ	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos	6,051	52,567	22,492	10,490	26,287	75,823
Media	9,65	12,94	16,43	15,78	12,88	14,02
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	12,87	16,30	15,52	12,75	13,96
	Límite Superior	9,91	13,01	16,56	16,04	14,09
Media Recortada al 5%	9,20	12,41	15,81	14,51	12,05	13,08
Mediana	9,34	11,54	14,80	12,84	9,22	11,72
Varianza	65,03	74,47	98,06	169,65	107,67	84,23
Desviación Típica	8,06	8,63	9,90	13,03	10,38	9,18
Mínimo	0,00	0,00	0,06	0,12	0,18	0,00
Máximo	43,98	56,46	70,68	145,78	69,91	78,83
Rango	44,08	56,46	70,62	145,66	69,74	78,83
Amplitud Intercuartil	13,68	12,60	13,24	13,99	14,68	9,63
Asimetría	0,53	0,81	0,93	2,79	1,09	1,84
Curtosis	-0,50	0,39	0,83	15,80	0,58	4,65
Percentiles	10	0,00	2,90	5,25	3,29	2,68
	25	1,72	5,90	8,76	7,23	4,57
	50	9,34	11,54	14,80	12,84	9,22
	75	15,40	18,50	22,00	21,22	19,25
	90	20,91	24,75	30,34	30,50	28,55
Valores Extremos Máximos		43,98	56,46	70,68	145,78	69,91
		37,96	55,67	69,62	143,69	69,04
		37,21	54,71	65,68	138,76	67,57
		35,71	54,42	63,16	138,48	67,37
		35,61	53,96	63,15	136,92	63,70
						75,83
						76,92
						75,42
						74,29
						74,29

MONÓXIDO DE CARBONO – CO

Tabla A 6. Resultados estadísticos del análisis de CO – 1 Hora

VALORES ESTADÍSTICOS DE CO (PPM)		AMVA	CDMB	CORPOBOYACÁ	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		11,411	51,017	147,742	9,818	20,308	75,227
Media		1,67	1,18	0,08	1,06	1,48	2,49
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	1,65	1,17	0,08	1,04	1,44	2,48
	Límite Superior	1,69	1,18	0,08	1,09	1,52	2,51
Media Recortada al 5%		1,58	1,13	0,06	0,98	1,11	2,24
Mediana		1,46	1,05	0,04	0,74	1,04	1,98
Varianza		1,16	0,41	0,01	1,22	8,22	4,47
Desviación Típica		1,08	0,64	0,12	1,10	2,87	2,12
Mínimo		0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo		11,24	7,40	2,62	25,90	30,60	41,92
Rango		11,24	7,36	2,62	25,90	30,60	41,92
Amplitud Intercuartil		1,31	0,80	0,06	1,25	0,70	1,83
Asimetría		1,62	1,33	6,62	6,23	7,55	3,55
Curtosis		5,41	3,04	72,78	117,04	58,87	21,95
Percentiles	10	0,55	0,51	0,01	0,01	0,50	0,77
	25	0,89	0,71	0,02	0,37	0,75	1,27
	50	1,46	1,05	0,04	0,74	1,04	1,98
	75	2,19	1,51	0,09	1,62	1,44	3,10
	90	3,04	2,02	0,16	2,41	2,00	4,50
Valores Extremos Máximos		11,24	7,40	2,62	25,90	30,60	41,92
		11,18	6,77	2,38	25,71	30,05	37,93
		11,00	6,47	2,12	25,50	29,67	29,08
		9,73	6,13	1,96	25,36	29,46	26,27
	9,61	5,87	1,90	22,22	29,44	26,14	

Tabla A 7. Resultados estadísticos del análisis de CO – ocho (8) horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE CO (PPM)		AWWA	CDMB	CORPOBOYACÁ	CVC	DAGMA	SDA
Número de Datos		11,453	52,568	14,419	10,058	20,691	75,565
Media		1,67	1,17	0,08	1,07	1,49	2,49
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	1,65	1,17	0,08	1,05	1,45	2,48
	Límite Superior	1,68	1,18	0,08	1,09	1,53	2,51
Media Recortada al 5%		1,62	1,14	0,07	0,99	1,14	2,26
Mediana		1,56	1,11	0,05	0,78	1,11	2,05
Varianza		0,69	0,22	0,01	0,95	7,97	3,74
Desviación Típica		0,83	0,47	0,08	0,98	2,82	1,93
Mínimo		0,03	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02
Máximo		11,18	5,51	1,34	12,57	28,93	23,49
Rango		11,15	5,37	1,33	12,57	28,93	23,47
Amplitud Intercuartil		1,04	0,54	0,06	1,25	0,53	1,65
Asimetría		1,43	1,55	3,96	1,98	7,72	3,36
Curtosis		5,91	5,13	27,02	12,68	60,33	19,53
Percentiles	10	0,73	0,67	0,02	0,01	0,64	0,88
	25	1,07	0,86	0,03	0,41	0,87	1,38
	50	1,56	1,11	0,05	0,78	1,11	2,05
	75	2,11	1,40	0,10	1,66	1,40	3,03
	90	2,69	1,72	0,16	2,39	1,75	4,31
Valores Extremos Máximos		11,18	5,51	1,34	12,57	28,93	23,49
		8,51	5,48	1,24	12,52	28,81	23,30
		8,39	5,36	1,13	12,48	28,36	23,22
		8,33	5,21	1,06	12,40	28,17	22,70
	7,97	5,08	0,99	12,31	28,04	22,53	

MATERIAL PARTICULADO – PST

Tabla A 8. Resultados estadísticos del análisis de PST – 24 Horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE PST ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)		AMVA	CAR	CORPAMAG	CORPOCAL- DAS	CORPO- GUAJIRA CERREJÓN
Número de Datos		598	628	916	825	1.745
Media		104,01	81,50	89,28	83,39	80,19
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	102,05	78,23	87,48	81,80	78,41
	Límite Superior	105,97	84,77	91,08	84,98	81,98
Media Recortada al 5%		101,26	77,86	88,52	82,28	78,05
Mediana		97,04	72,44	88,05	80,09	75,46
Varianza		1462,88	1738,40	770,70	541,51	1447,83
Desviación Típica		38,25	41,69	27,76	23,27	38,05
Mínimo		20,00	5,11	25,10	30,39	4,57
Máximo		479,00	337,34	233,70	175,61	292,32
Rango		459,00	332,23	208,60	145,22	287,75
Amplitud Intercuartil		42,61	43,42	39,08	28,72	52,02
Asimetría		1,99	1,64	0,45	0,76	0,91
Curtosis		10,06	4,32	0,47	0,85	1,47
Percentiles	10	66,32	38,84	54,56	55,98	36,70
	25	78,25	54,03	68,61	67,60	50,76
	50	97,04	72,44	88,05	80,09	75,46
	75	120,86	97,45	107,68	96,32	102,78
	90	153,98	130,61	125,30	113,45	128,53
Valores Extremos Máximos		479,00	337,34	233,70	175,61	292,32
		354,00	251,02	180,66	171,25	277,14
		352,00	244,48	175,53	168,35	236,91
		300,00	241,96	172,19	164,73	236,90
		291,00	241,77	169,17	161,60	224,58

VALORES ESTADÍSTICOS DE PST ($\mu\text{C}/\text{M}^3$)		CORPONOR	CRC	CRQ	CORTOLIMA	CORPECESAR DRUMMOND	SDA
Número de Datos		284	152	465	1.255	1.828	41.948
Media		80,09	98,56	35,79	65,39	69,90	123,74
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	77,63	90,95	34,01	64,25	67,72	123,21
	Límite Superior	82,56	106,18	37,57	66,53	72,08	124,26
Media Recortada al 5%		79,27	95,36	34,66	63,86	65,13	121,07
Mediana		79,01	92,00	35,82	63,39	58,67	113,86
Varianza		445,54	2258,07	381,88	423,97	2260,13	2984,08
Desviación Típica		21,11	47,52	19,54	20,59	47,54	54,63
Mínimo		15,07	11,00	0,02	22,22	8,65	14,22
Máximo		161,63	365,00	231,12	267,41	432,57	739
Rango		146,57	354,00	231,10	245,19	423,92	724,78
Amplitud Intercuartil		23,96	58,75	14,74	24,15	52,03	76,35
Asimetría		0,54	1,64	4,84	2,10	2,13	0,81
Curtosis		1,21	5,97	44,52	11,47	7,94	1
Percentiles	10	52,72	51,30	19,17	45,01	24,51	62,28
	25	68,10	64,00	26,66	51,21	36,55	82,18
	50	79,01	92,00	35,82	63,39	58,67	113,86
	75	92,06	122,75	41,41	75,37	88,59	158,54
	90	105,89	157,00	50,95	87,79	127,51	198,54
Valores Extremos Máximos		161,63	365,00	231,12	267,41	432,57	739
		151,62	251,95	231,12	201,85	417,42	538
		144,56	212,00	151,11	185,67	384,41	486
		140,10	200,00	96,84	179,97	368,86	445,85
		134,21	192,00	93,68	161,75	360,97	443,16

MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS - PM10

Tabla A 9. Resultados estadísticos del análisis de PM10 – 24 Horas

VALORES ESTADÍSTICOS DE PM10 (µG/M ³)	AMVA	CAR	CARDER	CDMB	CORNARE	CORPAMAG	CORPOBOYACÁ	CORPOCALIDAS
Número de Datos	434	668	240	52,537	18	467	23,742	470
Media	62,38	51,59	42,19	58,13	28,34	25,79	60,23	53,90
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	49,92	40,35	58,00	26,50	24,81	59,96	52,67
	Límite Superior	53,26	44,04	58,27	30,17	26,76	60,50	55,12
Media Recortada al 5%	61,51	50,11	42,00	57,31	27,18	25,01	58,74	53,52
Mediana	60,48	49,21	41,33	56,03	25,93	23,75	56,10	53,05
Varianza	306,27	483,63	210,33	242,86	148,04	115,57	453,65	182,08
Desviación Típica	17,50	21,99	14,50	15,58	12,17	10,75	21,30	13,49
Mínimo	23,78	0,02	10,00	11,88	7,94	5,20	13,30	17,82
Máximo	137,91	177,94	80,00	140,77	88,76	71,40	287,80	135,80
Rango	114,13	177,93	70,00	128,89	80,81	66,20	274,50	117,99
Amplitud Intercuartil	23,53	24,29	20,33	18,96	12,99	12,88	26,10	15,20
Asimetría	0,83	1,53	0,16	0,90	1,95	1,22	1,38	0,76
Curtosis	1,40	4,99	-0,48	1,55	6,12	2,10	3,96	3,37
Percentiles	10	28,90	23,00	40,92	16,36	14,35	37,70	37,29
	25	50,07	37,07	32,00	47,30	18,39	45,10	46,07
	50	60,48	49,21	41,33	56,03	25,93	23,75	53,05
	75	73,60	61,35	52,33	66,26	33,61	31,28	71,20
Valores Extremos Máximos	90	84,11	76,40	61,93	78,14	42,12	88,30	70,10
		137,91	177,94	80,00	140,77	88,76	287,80	135,80
		136,91	159,42	75,00	139,77	79,95	230,80	104,20
		118,86	159,28	73,00	139,24	79,39	223,00	99,30
	116,63	158,66	72,00	138,41	63,15	61,10	199,80	97,15
	116,58	149,15	72,00	138,00	59,49	61,06	197,90	93,79

VALORES ESTADÍSTICOS DE PM10		CORPOGUAJIRA CERREJÓN	CORPONOR	CRC	CORTOLIMA	CVC	DACMA	SDA
Número de Datos		467	208	148	654	12.166	26.940	81.283
Media		38,31	59,42	47,85	46,57	34,53	42,02	67,68
Intervalo de Confianza para la Media al 95%	Límite Inferior	37,06	55,91	41,06	45,59	34,10	25,03	67,55
	Límite Superior	39,57	62,93	54,65	47,54	34,96	59,02	67,81
Media Recortada al 5%		37,04	57,33	42,78	45,63	32,66		67,00
Mediana		33,90	52,17	43,50	44,72	32,95	42,02	65,59
Varianza		352,58	658,41	1750,45	161,47	580,35	3,58	352,62
Desviación Típica		18,78	25,66	41,84	12,71	24,09	1,89	18,78
Mínimo		1,11	10,71	2,00	12,70	-	40,68	-
Máximo		136,95	166,73	411,00	137,40	284,53	43,36	190,83
Rango		135,84	156,02	409,00	124,70	284,53	2,67	190,83
Amplitud Intercuartil		22,33	30,99	20,00	12,64	26,59		25,09
Asimetría		1,16	1,37	6,46	1,76	2,60		0,64
Curtosis		1,96	2,30	49,62	6,90	14,17		0,85
Percentiles	10	18,39	35,40	25,00	33,15	8,49	40,68	45,32
	25	25,39	41,60	32,00	38,89	18,17	40,68	54,06
	50	33,90	52,17	43,50	44,72	32,95	42,02	65,59
	75	47,72	72,60	52,00	51,53	44,76		79,15
	90	63,05	92,20	62,10	61,33	58,05		93,18
Valores Extremos Máximos		136,95	166,73	411,00	137,40	284,53	43,36	190,83
		116,21	153,30	316,00	114,69	261,03		189,83
		114,29	140,30	160,60	109,26	260,29		189,17
		113,68	132,63	123,00	98,10	249,37		189,08
	108,41	132,54	88,00	96,39	238,48		188,83	

