



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, Christian 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.

