

Informe del Estado de la

# Calidad del Aire

en Colombia  
2007 - 2010



**IDEAM**

Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales



**IDEAM**

Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales

Informe del Estado de la  
**Calidad del Aire**  
en Colombia  
2007 - 2010



JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN  
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

JUAN GABRIEL URIBE VEGARLARA

MINISTRO DE AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE

ADRIANA SOTO CARREÑO

VICEMINISTRA DE AMBIENTE

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN

DIRECTOR GENERAL  
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y  
ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

MARÍA CLAUDIA GARCÍA DÁVILA

SUBDIRECTORA DE ESTUDIOS  
AMBIENTALES – IDEAM

PRODUCCIÓN EDITORIAL

ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
LUIS ELKIN GUZMÁN RAMOS  
YAMILE ANDREA MORENO SABOYÁ  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

DISEÑO DE LA CARÁTULA

BIBIANA LISSETTE SANDOVAL BÁEZ  
GRUPO DE COMUNICACIONES – IDEAM

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

EXPRECARDS C.I. S.A.S

FOTOGRAFÍAS DE LA CARÁTULA

HÉCTOR PABÓN  
ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
LUIS ELKIN GUZMÁN RAMOS

REPRODUCCIÓN, IMPRESIÓN Y EMPAQUE

EXPRECARDS C.I. S.A.S

2012, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total o parcial debe ser autorizada por el IDEAM.

ISBN: 978-958-8067-56-8

---

Impreso en Colombia – Printed in Colombia  
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CÍTESE COMO

IDEAM, Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010 Bogotá, D. C., 2012.  
Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM  
Diciembre de 2012, Bogotá D.C., Colombia  
Distribución Gratuita

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RICARDO JOSÉ LOZANO PICÓN  
DIRECTOR GENERAL - IDEAM

CLAUDIA GALVIS SÁNCHEZ  
SECRETARIA GENERAL – IDEAM

---

CONSEJO DIRECTIVO

JUAN PABLO RUIZ SOTO  
DELEGADO PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA

JUAN GABRIEL URIBE VEGALARA  
MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

MARTHA LUCIA PADILLA LÓPEZ  
DELEGADA MINISTERIO DE TRANSPORTE

PAOLA RICAURTE AYALA  
DELEGADA DEL DEPARTAMENTO NACIONAL  
DE PLANEACIÓN / DNP

JORGE BUSTAMANTE ROLDÁN  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
NACIONAL DE ESTADÍSTICA / DANE

REY ARIEL BORBÓN ARDILA  
REPRESENTANTE CORPORACIONES  
AUTÓNOMAS REGIONALES

OSCAR JOSÉ MESA SÁNCHEZ  
REPRESENTANTE DEL CONSEJO NACIONAL  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CLAUDIA GALVIS SÁNCHEZ  
SECRETARIA TÉCNICA DEL CONSEJO

DIRECTIVAS

LUZ MARINA ARÉVALO SÁNCHEZ  
SUBDIRECTORA DE ECOSISTEMAS  
E INFORMACIÓN AMBIENTAL

MARÍA CLAUDIA GARCIA DÁVILA  
SUBDIRECTORA DE ESTUDIOS AMBIENTALES

NELSON OMAR VARGAS MARTÍNEZ  
SUBDIRECTOR DE HIDROLOGÍA

MARÍA TERESA MARTÍNEZ GÓMEZ  
SUBDIRECTORA DE METEOROLOGÍA

JULIÁN JAVIER CORRALES COBOS  
JEFE OFICINA PRONÓSTICOS Y ALERTAS

MARTHA NATALIA SILVIA ULLOA  
JEFE (E) OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN

MARCELA SIERRA CUELLO  
COORDINADORA GRUPO DE COMUNICACIONES

LEONARDO CÁRDENAS CHITIVA  
JEFE OFICINA DE INFORMÁTICA

SANDRA MILENA VERA ACEVEDO  
JEFE (E) OFICINA ASESORA JURÍDICA

CLARA INÉS SUÁREZ PINEDA  
JEFE (E) OFICINA CONTROL INTERNO

---

## **Autores**

ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
ÁNGELA VIVIANA BOHÓRQUEZ LOZANO  
FABIAN MAURICIO PINZÓN RINCÓN  
LUIS ELKIN GUZMÁN RAMOS  
YAMILE ANDREA MORENO SABOYÁ

## **Investigadores y Compiladores**

ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
ÁNGELA VIVIANA BOHÓRQUEZ LOZANO  
FABIAN MAURICIO PINZÓN RINCÓN  
LUIS ELKIN GUZMÁN RAMOS  
YAMILE ANDREA MORENO SABOYÁ

## **Fotografías**

HÉCTOR PABÓN  
LUIS ELKIN GUZMÁN RAMOS  
ANA MARÍA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ  
LINA MARÍA CARREÑO  
SERGIO HERNÁNDEZ

---

## Agradecimientos

---

*Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, especialmente al Ingeniero Sergio Hernández y en su momento al doctor Alejandro Estévez.*

*A la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Grupo de Investigación de Calidad del Aire, en especial al Doctor Rodrigo Jiménez Pizarro.*

*A los funcionarios y contratistas de la Subdirección de Estudios Ambientales por su apoyo y la Subdirección de Meteorología, Grupo de Modelamiento y Análisis Numérico, en especial al Magister Henry Benavides, por su colaboración.*

*A los expertos de las Corporaciones Autónomas Regionales CDMB, AMVA, SDA, CORPONOR, CORPOCALDAS, CORANTIOQUIA, CAR, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CARDER, CORTOLIMA, CVC, CORPOCESAR y CORPOBOYACÁ, así como a la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, por su colaboración en el proceso de consecución de información y trabajo de campo.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra forma prestaron su ayuda en la realización del presente documento.*



## Prólogo

---

*La contaminación atmosférica está fuertemente relacionada con problemas de morbilidad y mortalidad, disminuyendo notablemente la calidad de vida de la población, en especial la más vulnerable que corresponde a los niños menores de cinco años y los adultos mayores; esta problemática se ve reflejada en un aumento en la frecuencia y la gravedad de las enfermedades respiratorias, en la mortalidad temprana, en las consultas hospitalarias y en la ausencia laboral. De acuerdo con el estudio “Colombia: Strengthening Environmental and Natural Resources Institutions”, realizado por el Banco Mundial en el 2012, se estima que los costos en salud que representa este tipo de contaminación han pasado del 0.8% del PIB en el 2002 al 1.1% del PIB en el 2009<sup>1</sup>*

*Los mayores niveles de contaminación se presentan en las zonas urbanas y grandes centros industriales, y teniendo en cuenta que en nuestro país cerca del 74% de la población habita en estas zonas<sup>2</sup>, este problema cobra una especial importancia para la salud humana.*

*Una de las principales conclusiones de este estudio es que debido a que la contaminación del aire no tiene fronteras, el IDEAM abordará el análisis de esta problemática de manera regional en su siguiente informe, como un nuevo aporte a la gestión ambiental del país.*

*Con base en los datos suministrados por los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA operados por 14 Autoridades Ambientales a nivel nacional, el IDEAM ha elaborado el presente documento titulado “Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010”, que recopila información de vital interés relacionada con la situación del monitoreo y del estado de la calidad del aire en el país y nos permite analizar la evolución del comportamiento de los principales contaminantes atmosféricos monitoreados, desde el inicio de operación de los SVCA hasta el año 2010, convirtiéndose en la principal herramienta para los tomadores de decisiones con el fin de implementar acciones que prevengan y mitiguen este tipo de contaminación.*

*Con este estudio el IDEAM continúa con su propósito de entregarle a Colombia información vital para la gestión ambiental de su territorio, cuyo propósito comenzó en el año 2007 cuando se emitió el Informe Anual sobre el Estado del medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire.*

---

<sup>1</sup> Colombia: Strengthening Environmental and Natural Resources Institutions. Study2: Environmental Health in Colombia: An Economic Assessment of Health Effects. Sustainable Development Department Latin America and the Caribbean Region Colombia and Mexico Country Management Unit. The World Bank, 2012.

<sup>2</sup> Centro de Estudios Urbanos de la Universidad del Rosario, 2012



*En este sentido, el objetivo de esta edición es realizar una evaluación integral de la información producida por cada uno de los Sistemas de vigilancia de la Calidad del Aire pertenecientes a las Autoridades Ambientales, con el fin hacer seguimiento a la dinámica que ha sufrido este tipo de contaminación en Colombia y a las entidades que intervienen en el monitoreo y control de este tipo de contaminación, lo cual redundará en un mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos.*

**RICARDO JOSÉ LOZANO P**

*Director General*

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b> .....	5
<b>Prólogo</b> .....	7
<b>1. Introducción</b> .....	11
<b>2. Síntesis para tomadores de decisiones</b> .....	13
2.1    Sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire existentes en Colombia	13
2.2    Estado de la calidad del aire en diferentes regiones del país .....	13
2.3    Avances en las mediciones de ruido en el territorio Colombiano .....	20
2.4    Olores Ofensivos. ....	20
2.5    Gestión de calidad del aire .....	20
2.6    Principales Fortalezas y Debilidades de los SVCA en Colombia .....	21
<b>3. Contextualización de la problemática de calidad del aire</b> .....	24
3.1    Historia de la contaminación del aire. ....	26
3.2    Contaminantes del aire medidos a nivel mundial .....	33
3.3    Problemática mundial de la calidad del aire y experiencias internacionales .....	39
3.4    Problemática Nacional .....	56
3.5    Calidad del Aire y Salud .....	67
<b>4. Monitoreo de la calidad del aire y medición de las variables meteorológicas en Colombia</b>	
4.1    Sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire existentes en Colombia .....	78
4.2    Cumplimiento normativo respecto a los contaminantes medidos a nivel nacional .....	83
4.3    Análisis del comportamiento meteorológico y de los contaminantes en algunas de las principales ciudades del país .....	165
<b>5. Avances en las mediciones de ruido en el territorio colombiano</b> .....	202
5.1    Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA .....	207
5.2    Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. ....	209
5.3    Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS .....	210
5.4    Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA. ....	210
5.5    Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo La Macarena – CORMACARENA .....	211
5.6    Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare - CORNARE .....	211
5.7    Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS .....	211
5.8    Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia– CORPORINOQUIA. ....	211
5.9    Corporación Autónoma Regional del Tolima –CORTOLIMA. ....	212
5.10   Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC. ....	212
5.11   Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC .....	213

5.12	Corporación Autónoma Regional de Nariño – CORPONARIÑO . . . . .	213
5.13	Secretaría Distrital de Ambiente -SDA . . . . .	213
5.14	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA. . . . .	214
5.15	Corporación Autónoma Regional del Quindío –CRQ . . . . .	214
5.16	Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina- CORALINA . . . . .	215
5.17	Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó - CODECHOCO . . . . .	215
5.18	Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB . . . . .	215
5.19	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. . . . .	216
5.20	Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental –CORPONOR. . . . .	216
5.21	Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA . . . . .	216
<b>6.</b>	<b>Olores ofensivos en Colombia . . . . .</b>	<b>222</b>
<b>7.</b>	<b>Gestión de la calidad del aire en las principales ciudades del país . . . . .</b>	<b>228</b>
<b>8.</b>	<b>Necesidades y propuestas para el fortalecimiento de los SVCA en Colombia . . . . .</b>	<b>238</b>
8.1	Necesidades de los SVCA existentes . . . . .	240
8.2	Propuestas para el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire . . . . .	241
<b>9.</b>	<b>Conclusiones . . . . .</b>	<b>244</b>
9.1	Generalidades de la calidad del aire . . . . .	246
9.2	Monitoreo de la calidad del aire y medición de las variables meteorológicas en Colombia. . . . .	248
9.3	Ruido. . . . .	253
9.4	Olores ofensivos. . . . .	253
9.5	Gestión de la calidad del aire en las principales ciudades del país. . . . .	254
9.6	Limitaciones de los SVCA en Colombia, propuestas para el fortalecimiento y recomendaciones . . . . .	254
	<b>Ilustraciones de concentración a nivel nacional . . . . .</b>	<b>257</b>
	Concentración promedio anual de PM10 en los SVCA . . . . .	258
	Concentración máxima anual de PM10 en los SVCA. . . . .	259
	Concentración máxima anual de Ozono en los SVCA . . . . .	260
	Concentración promedio anual de Ozono en los SVCA. . . . .	261
	<b>Anexos . . . . .</b>	<b>263</b>
	<b>Referencia Bibliográficas . . . . .</b>	<b>293</b>
	<b>Glosario . . . . .</b>	<b>301</b>
	<b>Siglas, acrónimos y convenciones . . . . .</b>	<b>305</b>

# 1. Introducción

---

El presente informe titulado Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010, recopila la información reportada por las estaciones que integran los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA, pertenecientes a catorce Autoridades Ambientales del país y realiza un análisis espacio temporal de la misma, generando una aproximación del estado de la calidad del aire en las zonas evaluadas a medida que se integran la relación de éstas con las actividades desarrolladas en cada una de las zonas de estudio.

En el capítulo tres se brindan elementos para contextualizar a lector en la problemática de la calidad del aire, abordando temas como la historia de la contaminación atmosférica en el cual se presentan los primeros registros que se tienen sobre episodios relacionados con este tipo de contaminación a nivel mundial, posteriormente se presentan los contaminantes medidos a nivel mundial y se hace un comparativo con los contaminantes que se miden en el país, por otro lado se presenta tanto la problemática mundial como la problemática nacional de calidad del aire que permiten entender cómo se está abordando esta problemática tanto a nivel mundial como nacional y finalmente los principales efectos que tienen los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población, que constituye la razón de ser de este tipo de monitoreo.

Una vez procesados los datos y demás información recopilada de los SVCA se construyó el capítulo cuatro, en el que se presenta el diagnóstico tanto de las principales características de éstos, como del comportamiento de los contaminantes atmosféricos monitoreados en cada uno con respecto a la normatividad vigente en el país; así mismo se muestra el comportamiento a nivel nacional de cada contaminante, el índice de calidad del aire – ICA y las excedencias a la norma para los dos contaminantes de mayor preocupación a nivel nacional como son el material particulado menor a diez micras - PM10 y el ozono – O<sub>3</sub>. Finalmente y dada la importancia que tienen los parámetros meteorológicos en la dispersión de los contaminantes se presenta la correlación de las variables radiación solar y precipitación y su incidencia en el comportamiento del Ozono y el PM10 respectivamente para las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Santiago de Cali y la Zona Minera del Cesar.

Dos temas que no se podían dejar de lado, debido a que constituyen problemáticas de interés para el país son la contaminación por ruido y por olores ofensivos, que se abordan en los capítulos cinco y seis.

Como respuesta de las Autoridades Ambientales para controlar la contaminación atmosférica y minimizar su impacto, estas entidades adelantan diversos programas que responden a las condiciones y problemáticas particulares de cada región;

adicionalmente el IDEAM adelantó una encuesta que permitió establecer las fortalezas y debilidades de los SVCA, que permitirá implementar acciones para lograr su optimización; esta temática se aborda en el capítulo siete.

Con base en el diagnóstico que se puede realizar con toda la información anteriormente presentada, en el capítulo ocho el IDEAM presenta las principales necesidades de los SVCA y propone algunas estrategias tanto a nivel local como nacional, que permitan mejorar la operación de los SVCA y contribuir a formulación de programas y políticas que conlleven a prevenir y controlar el aumento de la contaminación atmosférica en el país.

Finalmente, en el capítulo nueve se encuentran las conclusiones para cada uno de los temas abordados en el presente informe y que se espera, suministre las herramientas necesarias para que los tomadores de decisiones puedan enfocar las acciones tanto a nivel local como nacional, con el fin de mejorar la calidad de océano de aire en el que nos encontramos inmersos y sin el cual no podemos vivir.

Es importante resaltar que el análisis de esta información debe hacerse de manera individual por Autoridad Ambiental y por estación, debido a que en cada una se presentan circunstancias particulares y actividades antrópicas diferentes, que hacen imposible su comparación de manera general; adicionalmente los promedios anuales son calculados a partir de datos diarios, horarios y medias móviles, es decir, no se hace análisis mensual de la información para ninguna de las estaciones consideradas, las cuales presentan condiciones meteorológicas particulares, dependiendo de la posición geográfica en donde éstas se encuentren ubicadas.

## 2. Síntesis para tomadores de decisiones

---

La contaminación atmosférica no debe verse solo como una problemática ambiental per se, sino directamente relacionada con la calidad de vida de la población, lo cual se evidencia entre otras situaciones, con el aumento en la frecuencia de aparición de enfermedades respiratorias y por consiguiente el incremento en el ausentismo laboral y escolar. De igual manera, además de la afectación en la salud humana, también afecta la vida vegetal y animal, así como algunos materiales; en el primer caso causando entre otros, afecciones en el sistema respiratorio y obstrucciones que impiden procesos vitales como la fotosíntesis, en el caso de las plantas. Por otra parte, se presenta un aumento de costos asociados a la deposición de partículas en materiales causando efectos estéticos, entre otros.

### 2.1. Sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire existentes en Colombia

13

Con el fin de identificar situaciones especiales de contaminación atmosférica por actividades industriales específicas, así como de analizar la tendencia del comportamiento de los contaminantes criterio, como responsables de las mayores afecciones a la salud y hacer seguimiento al estado de la calidad del aire en Colombia, los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA implementados en todo el país se encargan de monitorear a partir de estaciones de tipo manual, automático, semiautomático y mixto los diferentes contaminantes atmosféricos además de variables meteorológicas, permitiendo así observar la influencia de estas últimas en la dispersión de los contaminantes.

En Colombia con corte a diciembre de 2010, existían 170 estaciones de monitoreo de la calidad del aire, de las cuales 137 pertenecen a los SVCA de 19 Autoridades Ambientales, y 33 estaciones hacen parte de 5 SVCA operados por organizaciones de carácter privado. En cuanto a las estaciones de los SVCA de las Autoridades Ambientales existentes en Colombia, el 47% son manuales, el 35% son automáticas, el 12% semiautomáticas y el 6% mixtas. De otra parte, el contaminante más monitoreado es el PM<sub>10</sub>, el cual se mide en el 85% de las estaciones, seguido del SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub> medidos en el 34%, el O<sub>3</sub> medido en el 25%, PST en el 24%, CO en el 23% y finalmente PM<sub>2.5</sub> que se mide en el 15% de éstas.

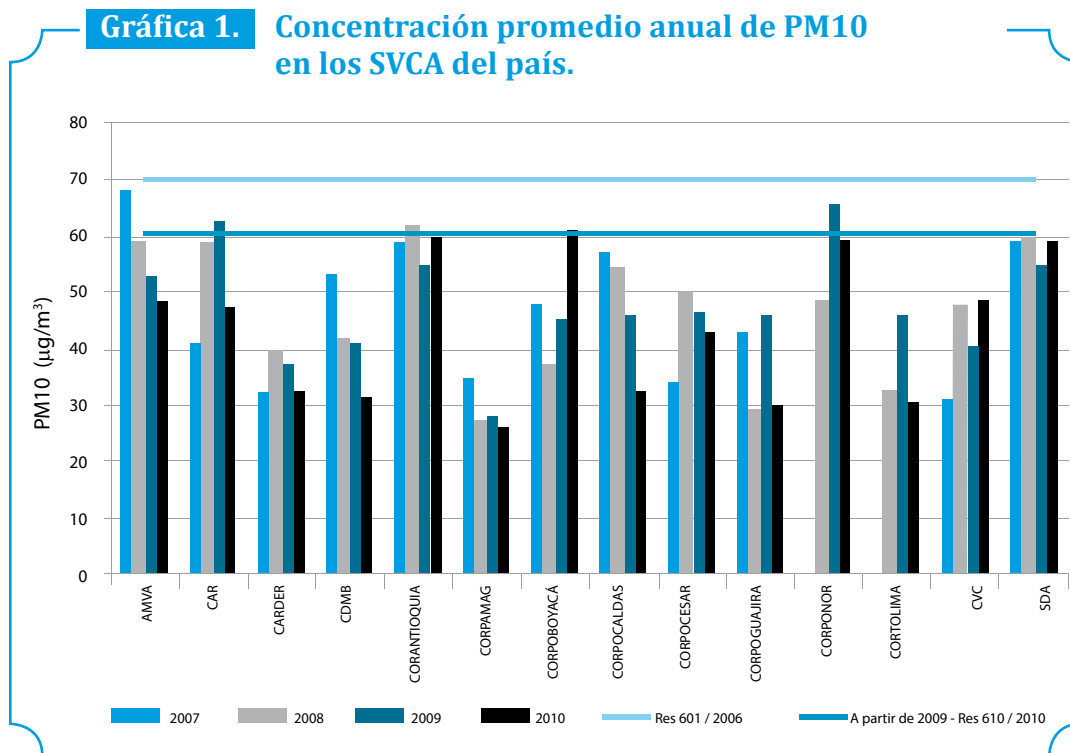
### 2.2. Estado de la calidad del aire en diferentes regiones del país

A sabiendas que en algunos de los puntos de monitoreo se presentaron situaciones puntuales de alta concentración de contaminantes, por tratarse de áreas fuente, zonas industriales y/o de alto flujo vehicular y aunque las concentraciones de contaminantes

atmosféricos en los diferentes SVCA no son comparables<sup>1</sup>, para el presente informe se presentan mediante gráficas los promedios anuales a condiciones de referencia por SVCA, con el fin de obtener una visión global y general de la contaminación del recurso aire año a año.

En Colombia el contaminante de mayor preocupación dadas sus altas concentraciones y su comprobada afectación a la salud de la población, en especial de los grupos sensibles como son los niños menores de 5 años y adultos mayores es el PM10. En la gráfica 1 se presenta la concentración promedio anual de PM10 en los SVCA que operaron en el país durante el periodo 2007-2010. Las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones de los SVCA operadas por AMVA, CORPONOR, CORANTIOQUIA, SDA, CAR y CORBOYACÁ.

**Gráfica 1. Concentración promedio anual de PM10 en los SVCA del país.**



**Fuente: IDEAM, 2012**

Por otro lado, los SVCA que mantuvieron concentraciones por debajo de 50 µg/m<sup>3</sup> fueron los de CARDER, CORPAMAG, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORTOLIMA y CVC. Adicionalmente, los promedios anuales calculados para CDMB y CORPOCALDAS se encontraron por encima de los 50 µg/m<sup>3</sup> en algunos años, sin llegar a superar el límite máximo permisible establecido por la norma.

Al analizar el comportamiento del PM10 se puede ver que su concentración disminuyó en el año 2010 en relación con el 2007<sup>2</sup> en el 43% de un total de 14 SVCA analizados,

1. Debido a que cada región desarrolla actividades industriales, mineras y/o urbanas de diferente tipo y en la mayoría de los casos con distinta intensidad.  
 2. Para los casos en los que no se contó con información del año 2007, se comparó con la información del año 2008.

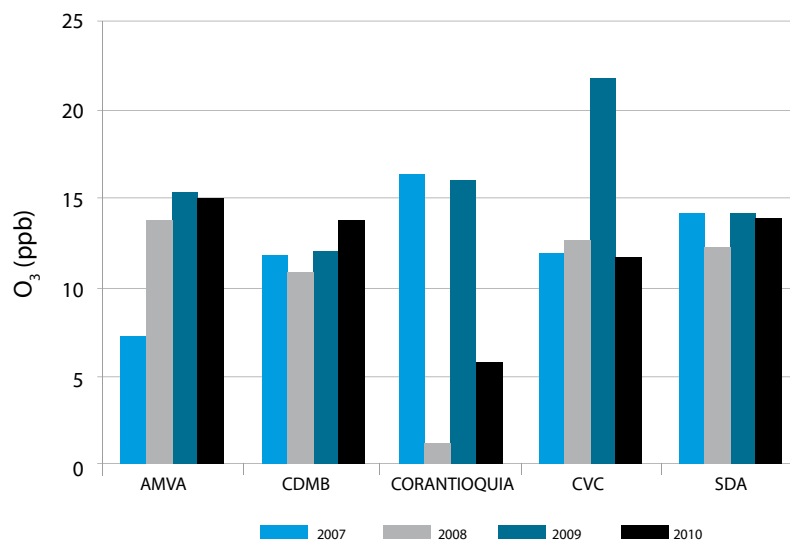
mientras que su tendencia fue al aumento en la concentración promedio en el 57% de ellos. Durante todo el período de estudio las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones del SVCA de AMVA en el año 2007 con 67,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  seguido del SVCA de CORPONOR con un valor para el año 2009 de 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Así mismo, en los SVCA de CORANTIOQUIA y la CAR también se registraron valores que superaron lo establecido por la norma con 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para los años 2008 y 2009 respectivamente. Finalmente en CORPOBOYACA se superó la norma en el año 2010 con 61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aproximadamente.

El segundo contaminante que reviste preocupación en Colombia, debido al aumento en las excedencias durante el período de estudio es el ozono. En la gráfica 2 se presentan los promedios anuales teniendo en cuenta los registros horarios por autoridad ambiental; en ésta se observa que en los SVCA de las ciudades de Bucaramanga y Bogotá los promedios se encontraron por debajo de 15 ppb, mientras que en las jurisdicciones de AMVA y CORANTIOQUIA las concentraciones aumentaron en algunos años. La mayor concentración se presentó en el SVCA de la CVC para el año 2009 superando 20 ppb.

Es importante aclarar que para el año 2008 en el SVCA de CORANTIOQUIA se registraron pocos datos, razón por la cual la barra de este año presentó un valor muy pequeño.

De manera global, el comportamiento de los contaminantes medidos en Colombia mostró variaciones durante el periodo de estudio (2007-2010); los parámetros de  $\text{SO}_2$  y PST presentaron concentraciones que disminuyeron a través del tiempo, mientras que las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  no presentaron una tendencia marcada a nivel nacional sino un comportamiento particular en cada zona donde fueron monitoreados.

**Gráfica 2. Concentración Promedio Anual de  $\text{O}_3$  en los SVCA del país.**



Fuente: IDEAM, 2012



A partir de lo anterior y tras el monitoreo realizado en la ciudad de [Bogotá](#), las concentraciones para material particulado menor a diez micras presentaron valores que superaron los límites establecidos, situación que se extendió durante todo el periodo de análisis (2007-2010), registrando una tendencia al aumento para el último año de análisis; estaciones como Tunal, Ferias y Usaquén entre otras presentaron un aumento de la concentración con respecto al año 2009, mientras que la situación contraria se presentó en estaciones tales como Carvajal y Suba. Para el monitoreo de ozono las excedencias a la norma se presentaron durante todo el periodo 2007-2010.

En el [Área Metropolitana del Valle de Aburrá](#) el comportamiento del material particulado menor a 10 micras para tiempos de exposición de 24 horas reflejó una tendencia a la disminución en las concentraciones durante el periodo de análisis, alcanzando valores que superaron la norma para el año 2008, mientras que las concentraciones promedio anuales registraron un aumento en los años 2008 y 2009 las cuales disminuyeron hasta finalizar el periodo de análisis; estaciones como Universidad Nacional, Aguinaga y PTAR registraron los mayores valores de concentración durante el periodo.

En relación al ozono, para periodos de exposición diaria se sobrepasó la concentración permitida durante todo el periodo de análisis, registrando los mayores valores para el año 2009, mientras para periodos de 8 horas se registraron excedencias durante la mayoría del periodo de análisis exceptuando el año 2007.

En los [municipios de Antioquia](#), en lo relacionado al comportamiento del material particulado para periodos de exposición de 24 horas, las concentraciones en los años 2007 y 2008 superaron el límite establecido con valores de  $241 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el año 2008. En relación a las concentraciones promedio anuales sobrepasaron el límite máximo permisible en la estación Altavista para el periodo 2009-2010, mientras que la estación Fundadores registró valores cercanos al límite pero sin excederlos. Las concentraciones registradas para ozono sobrepasaron la norma en repetidas ocasiones para periodos de 1 y 8 horas, principalmente en los años 2007 y 2009.

En el caso de la ciudad de [Cúcuta](#) las concentraciones de material particulado para periodos de 24 horas reflejaron excedencias a la norma durante el periodo de análisis en las estaciones Sena y Panamericano las cuales también superaron los límites permisibles anuales, principalmente para el año 2010 en el primer caso y 2008 - 2010 en el segundo.

En la ciudad de [Manizales](#) las concentraciones analizadas de PST para periodos de exposición de 24 horas no superaron los niveles máximos permisibles para ninguno de los años analizados aunque sí se evidenció una disminución de las concentraciones registradas; en cuanto a concentraciones promedio anuales, la estación Maltería fue la única que presentó valores por encima a los permitidos por la normatividad durante el año 2007 con valores cercanos a los  $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras las estaciones Liceo y Milán mantuvieron sus concentraciones bajo los niveles permitidos; este contaminante registró una tendencia a la disminución en las estaciones que lo reportaron.

En el caso del material particulado menor a 10 micras - PM10, éste presentó una tendencia a la baja para periodos de exposición de 24 horas manteniéndose bajo los límites permisibles durante el período de análisis, situación que se presentó de manera similar para las concentraciones promedio anuales registradas en la estación Centro Liceo; de igual manera las estaciones para las cuales se registraron concentraciones promedio anuales no presentaron excedencias a la norma.

En el área metropolitana de [Bucaramanga](#), los registros para material particulado menor a 10 micras - PM10 mostraron un comportamiento con tendencia a la baja para periodos de exposición de 24 horas durante el periodo de análisis, con diferencias en la media de concentración cercanas a  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  del año 2007 a 2010. En cuanto al comportamiento promedio anual para las estaciones que conforman este SVCA, la estación Zona Centro fue la única en reportar sobrepaso a la norma vigente en el año 2007, mientras el resto de los años se mantuvo bajo los niveles permisibles al igual que las estaciones Ciudadela, Florida y Norte en la cual se presentó una disminución de las concentraciones al transcurrir el periodo de análisis.

Dentro de la jurisdicción del departamento de [Cundinamarca](#) el SVCA de la CAR reporta para el PM10 una disminución en el año 2010 de  $5,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con respecto al año 2009, año en el cual se presentaron el mayor número de excedencias a la norma; en cuanto a las concentraciones reportadas para el parámetro de NOx las mayores concentraciones, dentro del tiempo de exposición de 24 horas, se presentaron durante el 2008 llegando a los 144 ppb. Finalmente, para las concentraciones de SOx el SVCA no reportó excedencias dentro del periodo de análisis

Las estaciones que integran el [SVCA de CORPOGUAJIRA](#) y que monitorean PST no presentaron excedencias a la norma para periodos de 24 horas durante el periodo 2007-2010, aunque manejaron fluctuaciones de concentración para las estaciones que así lo monitorearon; en cuanto a las concentraciones promedio anuales, en la estación Patilla se presentaron excedencias a la norma para el año 2007 con valores cercanos a los  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , situación contraria a la presentada en las estaciones Cuestecitas y Fonseca en donde no se superó el límite anual. Para el caso de material particulado menor a 10 micras - PM10, aunque este no superó el límite anual, la estación Barrancas presentó las mayores concentraciones de la zona, seguida de Hatonuevo y Roche para los años 2007 y 2009.

El monitoreo de PST para los [municipios del Magdalena](#) presentó concentraciones que excedieron la norma anual para el año 2007 en las estaciones de Carbogranales, Aeropuerto y Cajamag con valores que alcanzaron los  $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para estas dos últimas se registró de igual manera una disminución progresiva en las concentraciones durante el periodo de análisis y aunque estaciones como Centro Ejecutivo e Invemar no superaron el límite anual presentaron concentraciones promedio anuales por encima de  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , muy cercanas del nivel máximo permisible anual ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

El comportamiento del material particulado menor a 10 micras - PM10 no mostró excedencias a la norma anual, sin embargo la estación Carbogranales presentó las

mayores concentraciones para el año 2007, la cual y en conjunto con la estación Zuana presentaron una disminución en los valores anuales del periodo analizado.

Aunque el monitoreo de material particulado menor a 10 micras - PM10 para los [municipios de Risaralda](#) no generó la representatividad temporal esperada para caracterizar el estado de la calidad del aire en dicha zona, la información reportada permitió establecer una aproximación de las estaciones que presentaron las mayores concentraciones durante el periodo de análisis tales como, Balalaika y Centro Tradicional (Pereira), las cuales reportaron información para los años 2008 y 2009 y 2008-2010 respectivamente, de lo cual se obtuvo que este SVCA no presentó sobrepaso a la norma durante el periodo analizado.

En cuanto al [SVCA perteneciente a CORTOLIMA](#), éste presentó dos estaciones con excedencias a los niveles máximos permisibles anuales de las ocho que monitorean Partículas Suspendidas Totales - PST, dicho registro se presentó para la estación Punto Caracolito durante el año 2008 y El Salado durante el año 2009, las demás estaciones presentaron concentraciones cercanas a los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para el caso del material particulado menor a 10 micras - PM10, este no presentó excedencias a los límites anuales para ninguna de las estaciones que lo monitorean (Corregiduría, Cortolima y Hospital Federico II.A), manejando valores de concentración que no superaron los  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Aún cuando para los municipios de [Yumbo y Palmira](#) los registros de material particulado menor a 10 micras - PM10 durante el periodo de análisis no superaron los límites anuales, reportando concentraciones cercanas a los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , las concentraciones promedio diarias en los años 2007 y 2008 alcanzaron valores que superaron los  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por eventos especiales. Los límites establecidos para el ozono fueron excedidos para tiempos de exposición de una y ocho horas principalmente en los años 2007 y 2009 sobrepasando la norma horaria con valores cercanos a los 150 ppb y valores por encima a 90 ppb para norma ocho horas.

El monitoreo de Partículas Suspendidas Totales - PST realizado en el [departamento de Cesar](#) mostró excedencia al límite diario para todo el periodo de análisis principalmente en el año 2010 con valores por encima de  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aun así las medianas se mantuvieron por debajo de los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el periodo 2007-2010; en cuanto al comportamiento anual se registró sobrepaso a la norma en cinco de las diez estaciones que monitorean este parámetro, entre las que se encuentran, La Loma Centro, La Loma 2, Boquerón, La Jagua Vía y Plan Bonito, estas dos últimas registraron excedencias al límite anual para todos los años, en general las más altas concentraciones se registraron para los años 2008 y 2009 en la mayoría de las estaciones.

En el caso del material particulado menor a 10 micras - PM10 las concentraciones excedieron el límite diario progresivamente desde el año 2007 al 2010 alcanzando valores de  $312 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para este último año. Al igual que el promedio anual de Partículas Suspendidas Totales - PST, las concentraciones anuales de material particulado menor a 10 micras - PM10 registraron excedencias para las estaciones Plan Bonito y

La Jagua Vía con valores cercanos a los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; adicionalmente estaciones como La Loma 2, Chiriguaná y El Prado presentaron sobrepaso del límite anual para los años 2009 y 2010, mientras las demás estaciones manejaron concentraciones entre los 20 y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para los parámetros monitoreados durante este periodo no fue posible determinar una tendencia de aumento o disminución de la contaminación.

En el [departamento de Boyacá](#) el monitoreo de material particulado menor a 10 micras - PM10, registró excedencias para periodos de 24 horas en el año 2010 con valores que se encontraron por encima de los 145  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , además de contar con un aumento en las concentraciones promedio anuales para el año 2010 respecto a los años 2008 y 2009 para la estación Recreo; el comportamiento anual de este parámetro presentó excedencias al límite anual para las estaciones Nazareth y Recreo en el año 2010, mientras en la estación Paipa las concentraciones para este año se mantuvieron cercanas a los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , muy por debajo del límite permitido de 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dada la comprobada afectación del material particulado menor a 10 micras - PM10 a la salud de la población y según las excedencias registradas para el periodo de análisis en los SVCA que lo monitorean se identifica este contaminante como el de mayor preocupación a nivel nacional a la vez que se presenta como el parámetro de mayor medición en los SVCA del país. Según lo anterior y tras el análisis de las concentraciones de PM10 registradas para cada uno de los SVCA durante el periodo de estudio se identificaron los SVCA de AMVA, CORPONOR, CORANTIOQUIA, SDA, CAR y CORPOBOYACÁ como aquellos en los que se presentaron las mayores concentraciones a diferencia de los SVCA de CARDER, CORPAMAG, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORTOLIMA y CVC en donde las concentraciones se mantuvieron muy por debajo del límite permisible anual, con valores por debajo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo cual no representa una afección a la calidad del aire de estas zonas. En cuanto a la tendencia en el comportamiento de las concentraciones promedio anuales, ésta reflejó un aumento para el 57% de los SVCA analizados, entre los que se encuentran, CORPOCESAR, SDA, CAR, CORPONOR, CVC, CORPOBOYACA y CORANTIOQUIA.

En el caso de las Partículas Suspensas Totales - PST, las concentraciones promedio anuales presentaron excedencias a la norma en los SVCA de CORPOCESAR y CORPAMAG, aun cuando en este último se evidenció una disminución progresiva de las concentraciones durante el periodo de estudio, además de los SVCA de CORTOLIMA y CORPOCALDAS.

En relación al estado de la calidad del aire en las principales zonas del país, las concentraciones de PM10 reportadas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, la zona minera del Cesar, el SVCA de CORPONOR y los municipios en jurisdicción de CORANTIOQUIA, CORPAMAG y CAR presentaron en su mayoría un Índice de Calidad del Aire clasificado como “bueno” el cual no causa implicaciones a la salud, seguido de una clasificación “moderado” en el cual las concentraciones pueden causar síntomas respiratorios, agravamiento de enfermedades cardiopulmonares y afectación a la salud en adultos mayores y niños menores de 5 años, finalmente y en menor porcentaje se presentaron las clasificaciones de “dañina a la salud para grupos sensibles” y “dañina a la salud”.

Para el ozono las clasificaciones que presentaron mayor porcentaje de datos generados por el SVCA fueron para periodos de exposición de 1 hora, “dañina a la salud para grupos sensibles” y “dañina a la salud”, mientras para períodos de exposición de 8 horas la clasificación “bueno” presentó la mayor cantidad de datos generados.

### **2.3. Avances en las mediciones de ruido en el territorio colombiano**

Una temática de igual importancia y la cual es abordada en el presente informe es la contaminación acústica, la cual es considerada una problemática ambiental que ha cobrado gran importancia debido a la generación de impactos a la salud humana. La OMS estableció que la población expuesta a niveles excesivos de ruido puede sufrir de estrés, alteraciones del sueño, reducción del rendimiento, cambios en el comportamiento y otros procesos biológicos, como aumento de la presión arterial. De acuerdo con la información anterior, en general en el horario diurno los niveles de ruido presentan mayores valores que en el horario nocturno, debido a que las actividades comerciales como almacenes, locales, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros comerciales, obras civiles, entre otros, operan en su mayoría en este periodo; adicionalmente el tráfico vehicular en este horario es más alto que en el horario nocturno; sin embargo en el periodo nocturno se observan niveles altos que corresponden al desarrollo de actividades comerciales de tipo recreativas como restaurantes, bares, tabernas, discotecas, casinos, etc.

### **2.4. Olores Ofensivos**

Adicionalmente y con la misma importancia para la calidad de vida de la población se encuentra el tema relacionado a los olores ofensivos, en donde éstos son considerados de importancia al causar molestias a la población y daños sobre la salud o sobre el ambiente.

Teniendo en cuenta que las actividades más relevantes en Colombia en materia de olores ofensivos, por su recurrencia en quejas, son en su orden: cría y explotación industrial de animales, recubrimiento de superficies, industria de fabricación de alimentos, industria química y aguas residuales, se obtuvo información suministrada por las Autoridades Ambientales, en donde se logró establecer que el mayor número de quejas se presentaron en su orden en las jurisdicciones de CDMB (142 quejas), CAM (49 quejas), CORPOCHIVOR (41 quejas), CORPOCALDAS (25 quejas) y CORANTIOQUIA (18 quejas). Por otro lado las corporaciones que presentan porcentajes por debajo del 2% fueron CORNARE, CORPONOR, DAGMA, CRQ, CORTOLIMA, COPOURABÁ, CORALINA, CDA, CARDER, CVS, CORPOAMAZONÍA, CORPOMOJANA CORPOGUAJIRA y CORPORINOQUÍA.

### **2.5. Gestión de calidad del aire**

Con el objetivo de obtener información para conocer el estado de los SVCA a nivel nacional así como para conocer el manejo de la información en dichos sistemas entre otros factores, se realizó una encuesta enviada por el IDEAM a las Autoridades

Ambientales que cuentan con SVCA, en la que se trataron temas como los programas y/o planes desarrollados y los resultados de los mismos, el uso y finalidad de los datos de calidad de aire obtenidos del SVCA, la declaración de estados excepcionales y las debilidades y fortalezas de los SVCA; mediante esta encuesta se pudo establecer que el 79% de las entidades han adelantado programas de control y seguimiento a fuentes fijas y el 63% ha implementado programas dirigidos a fuentes móviles, dado que estas dos fuentes son consideradas las de mayor importancia en el país. Sin embargo la gestión dirigida hacia la prevención y el control de las emisiones de ruido no está muy lejos de las anteriores y representa el 58% de las Autoridades Ambientales encuestadas mientras que otras problemáticas no menos importantes como el desarrollo de programas de control sobre áreas fuentes y la medición de olores ofensivos representan el 32% y el 16% respectivamente.

En cuanto al uso que le dan las Autoridades Ambientales a la información obtenida de los SVCA, el 100% de las entidades encuestadas la emplean para elaborar informes de cumplimiento normativo; así mismo el 47% de las Autoridades Ambientales la utilizan para otros usos, entre los que se encuentran la modelación, el desarrollo de proyectos de investigación, estudios de dispersión de contaminantes y para determinar el impacto de las actividades que afectan el estado de la calidad del aire; por otro lado, el 42% la utilizan para evaluar la gestión de los planes formulados por la entidad, el 47% la emplea para realizar estudios epidemiológicos relacionados con el estado de la calidad del aire y su grado de afectación a la salud y finalmente se encuentra el uso de la información de calidad de aire para la generación de normatividad local, que representa el 11% de las Autoridades Ambientales encuestadas.

Con respecto a la declaración de estados excepcionales, el 47% de las entidades encuestadas manifestó que puede declararlos con la información generada en sus SVCA, mientras que el 37% considera que no es posible; dentro de las principales causas se encuentran la carencia de monitoreo de algunos contaminantes criterio, la ausencia de monitoreo continuo, la poca destinación de recursos económicos para la operación y optimización de los SVCA, así como el monitoreo con equipos manuales, que no permiten la disponibilidad de los datos en tiempo real para la declaración de los estados excepcionales.

## **2.6. Principales Fortalezas y Debilidades de los SVCA en Colombia**

Así mismo en la encuesta se trataron de establecer las principales fortalezas y debilidades en el monitoreo y vigilancia de la calidad del aire, identificadas por las Autoridades Ambientales consultadas; dentro de las fortalezas en primer lugar se encuentra el recurso humano especializado y con experiencia en temas de contaminación atmosférica con un 53%, la infraestructura y el cubrimiento con un 42% y el procesamiento y la disponibilidad de datos con un 32%. Por otro lado entre las debilidades se encuentran en primer lugar la disponibilidad de recursos físicos con 68%, en segundo lugar el presupuesto con 53%, en tercer lugar la falta de personal con 42% seguida de los altos costos de operación con 21%.

Finalmente y con base en el análisis de la información recopilada por el IDEAM para la elaboración de este informe, se pudo establecer que la principal necesidad de los SVCA identificada es la implementación de un sistema de gestión de calidad, que involucre programas de mantenimiento y calibración de equipos, capacitación al personal operativo y administrativo, control de calidad de los datos, y todos los demás requerimientos anteriormente considerados.

Por otro lado la mayoría de las Autoridades Ambientales adoptan acciones que permiten controlar los niveles de contaminación de manera local, sin embargo es necesario abordar esta problemática con una visión regional que permita Impulsar la adopción de acciones concretas para reducir los niveles de contaminación atmosférica, las cuales deben ser concertadas entre los diferentes entes territoriales involucrados.







## Contextualización de la problemática de calidad del aire

El objetivo de este capítulo es tratar temas claves que permitan al lector entender cómo ha sido la evolución de esta problemática, que es relativamente reciente si la comparamos con el tiempo de existencia del hombre sobre la tierra, su estrecha relación con el desarrollo económico y la fuerte necesidad de concientizar a los gobiernos y a la comunidad en general sobre la importancia de realizar gestión, para minimizar los impactos de este tipo de contaminación sobre el entorno, lo cual está fuertemente relacionado con la salud de la población.

Por otro lado se presenta de manera general, cómo están conformados los sistemas de vigilancia de la calidad del aire a nivel mundial, con el fin de compararlos con los que existen actualmente en nuestro país y poder establecer qué tan cerca o qué tan lejos se encuentra Colombia de la tendencia mundial, en cuanto a monitoreo de la calidad del aire se refiere.

Finalmente se aborda el tema de los efectos producidos por los contaminantes atmosféricos no solo sobre la salud humana sino también sobre las plantas y los animales, que finalmente es la razón por la cual se hace seguimiento a la calidad del recurso aire, cuya contaminación causa alrededor de 5000 muertes prematuras en Colombia (Banco Mundial, 2012)



### 3.1 Historia de la contaminación del aire

La contaminación atmosférica es el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que causan molestias o daños para la salud de las personas y otros seres vivos, así como a diversos materiales. Por su parte, el concepto de calidad del aire, se refiere al estado de la contaminación atmosférica, dicho en otras palabras es un indicador de qué tan contaminado se encuentra el aire y por lo tanto, que tan apto es para ser respirado.

Los primeros indicios de contaminación atmosférica en el planeta se presentaron hace millones de años a partir de procesos naturales como erupciones volcánicas, incendios forestales y descomposición de materia orgánica en el suelo y en los océanos, más adelante con la combustión y el desarrollo de comunidades agrarias permanentes con mayor número de individuos se incrementó el uso de madera para la generación de energía, aumentando los niveles de contaminación, producidos por la quema de combustibles vegetales.

En Europa, durante los siglos XII y XIII, la obtención de madera se tornó difícil, por lo que fue necesaria la introducción de un combustible alternativo como el carbón para satisfacer las necesidades energéticas de la época. Este combustible presentaba combustión lenta y mayor poder energético que los combustibles vegetales, razones por las cuales a mediados del siglo XVIII, en la Revolución Industrial, se estableció como el principal combustible en este continente (CEPIS, 2005).

Como resultado del aumento en la explotación del combustible y el uso en actividades

domésticas en los años 1285 y 1413 se aprobaron leyes que restringieron la combustión del carbón en Londres (Tellería, 2005). Con la creación de la máquina de vapor a finales del siglo XVIII se impulsó la Revolución Industrial, época en donde “la contaminación atmosférica aumentó considerablemente como consecuencia del cambio drástico de las actividades humanas de los habitantes de las ciudades” (Seoánez Calvo, 2002); los avances tecnológicos de la minería, la metalurgia, la calefacción, los ferrocarriles y los barcos a vapor y otras actividades son responsables del aumento de los niveles de contaminación en esta época, así como el uso del petróleo y sus derivados.

En 1859 en Pensilvania comenzó la explotación de pozos de petróleo, introduciendo el combustible como nueva fuente de energía, lo cual al mismo tiempo ayudaría a impulsar la industria automovilística durante el siglo XX. Por otro lado, más tarde con la primera y segunda guerras mundiales, el desarrollo de tecnologías como tanques de guerra, autos, aviones, entre otros, impuso el uso del petróleo. El incremento de la quema de este combustible hizo que a mediados del siglo la industria automovilística fuera la causante del 60% de la contaminación atmosférica (CEPIS, 2005).

Debido a los altos niveles de contaminación de la época, en Londres en el año 1899 se funda National Society for Clean Air and Environmental Protection (NSCA), con el objetivo de buscar soluciones a dicha problemática. Actualmente esta sociedad se conoce con el nombre de Environmental Protection UK (Protección del Medio Ambiente del Reino Unido). A pesar de los esfuerzos institucionales del Gobierno inglés, cinco décadas después de su creación, en el año 1952 se formó una espesa capa de polución sobre Londres que ocasionó la muerte prematura de al menos 4.000 personas; la protesta resultante de este

episodio hizo que en 1956 se promulgara la primera ley de Aire Puro, la cual proporcionó los mecanismos, para que las autoridades locales introdujeran “Zonas sin Humo”, en las que se prohibió la combustión de carbón bituminoso (Environmental Protection UK, 2010). Si bien esto ocurrió en el Reino Unido,

una tendencia semejante se presentó en toda Europa en donde dependían en gran medida del carbón como combustible.

La exposición a contaminantes del aire se evidencia de dos maneras: a través de episodios<sup>1</sup> y accidentes<sup>2</sup>. Los episodios

**Figura 1. Londres (Nelson’s Column) episodio de contaminación - diciembre de 1952**



**Fuente: Geophysical Association UK**

<sup>1</sup> Un episodio ocurre cuando los contaminantes del aire se combinan con otros factores, como las anomalías meteorológicas y la topografía, para crear una atmósfera amenazante para la salud. A pesar de que el hombre es el responsable del factor contaminación, la concurrencia de los otros factores es incontrolable (CEPIS, 2005).

<sup>2</sup> Un accidente de contaminación del aire es una descarga inadvertida y evitable de sustancias químicas tóxicas, a menudo atribuible a fallas mecánicas o al error humano (CEPIS, 2005).



**Figura 2. Londres (Nelson's Column) en un día cotidiano**



**Fuente:** *Geographical Association UK.*

más famosos del siglo XX sucedieron en: Meuse Valley - Bélgica en 1930, Donora - EUA en 1948, Londres - Inglaterra en 1952 y 1962, Nueva York - EUA en 1953, y Osaka - Japón, en 1962. Todos los anteriores se caracterizaron por presentarse durante fenómenos de inversión térmica<sup>3</sup> donde se vieron involucrados contaminantes como dióxidos de azufre, material particulado y fluoruros. A su vez, los primeros accidentes de contaminación atmosférica con causa definida sucedieron en Poza Rica - México en 1950, produciendo 22 muertes y más de 300 casos de enfermedades relacionadas, como irritación de las vías respiratorias y

trastornos del sistema nervioso; Bhopal - India, en 1984, donde la descarga accidental de treinta toneladas de Isocianato de Metilo escaparon, ocasionando de 6.000 a 8.000 muertes y 17.000 personas permanentemente discapacitadas; Chernobyl - Ucrania en 1986, donde murieron alrededor de 31 personas y quedaron secuelas importantes por el material radiactivo liberado a la atmósfera (Hallenbeck, 1994).

En los años 80s estos hechos contribuyeron a grandes cambios en las políticas ambientales a nivel mundial y a la toma de conciencia relacionada con la contaminación atmosférica.

Algunas de las políticas ambientales se enfocaron en suprimir el uso de los

<sup>3</sup> Condiciones meteorológicas que interrumpen los patrones normales de circulación de la atmósfera natural y traen como consecuencia la acumulación de contaminantes en la superficie de la tierra (CEPIS, 2005).

clorofluorocarbonos (CFCs) presentes en los aerosoles, a fin de reducir el agotamiento de la capa de ozono; mientras que para 1990 la ley del aire limpio (The Clean Air Act), en Inglaterra, buscó controlar la lluvia ácida a través de la reducción de emisiones de dióxidos de azufre y nitrógeno, provenientes de las plantas generadoras de energía. Las reformas de dicha ley establecieron estrictas normas en relación con las emisiones de los automóviles, dentro de las cuales se encuentra la utilización de gasolina con menor contenido de azufre.

La creciente preocupación mundial por el deterioro de la calidad del aire ha hecho que a través del tiempo se hayan generado leyes, protocolos, acuerdos multilaterales, programas y estudios del tema, entre otros, con miras a buscar soluciones en las que participen todos los países y se creen compromisos para mitigar el deterioro del medio ambiente; dentro de estos acuerdos se encuentra el Protocolo de Montreal suscrito en 1987 y modificado sustancialmente en 1990, 1992, 1997 y 1999, donde se establecen metas de reducción en la producción y el consumo de sustancias que agotan la capa de ozono en la estratósfera (CFCs, haluros, tetracloruro de carbono y metilcloroformo).

En 1992 se llevo a cabo la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, con el objeto de renovar los compromisos políticos asumidos por los diferentes países para la ejecución de programas a corto plazo encaminados al desarrollo sostenible que logre mejorar la calidad de vida de las personas y revertir la continua degradación del medio ambiente. El principal logro de la Conferencia fue el acuerdo para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que más tarde llevaría al Protocolo de Kioto (1997) sobre el cambio climático, el cual buscó establecer cuotas de reducción de emisiones de seis gases precursores del calentamiento global: dióxido de carbono, gas metano y óxido nítrico, además de tres gases industriales

fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Colombia no es ajena a esta preocupación por los problemas ambientales y en especial a la contaminación del aire. En 1967 el Ministerio de Salud llevó a cabo un monitoreo de la calidad del aire, a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) con la colaboración de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), quienes acordaron establecer una red de estaciones de medición de la contaminación del aire ubicadas en Brasil, Chile, México, Argentina, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Perú, Venezuela, Bolivia, Guatemala, Nicaragua y Uruguay, denominada Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire – REDPANAIRE (Korc, 1999).

La REDPANAIRE comenzó con ocho estaciones y a fines de 1973 tenía un total de 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países, de las cuales Colombia contaba con 25 estaciones ubicadas en Barranquilla (3), Bogotá (12), Bucaramanga (1), Cali (4), Cartagena (1) y Medellín (4) (Haddad, 1976).

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas entre 1975 y 1979 en la operación de más de 100 estaciones de la REDPANAIRE indican que las concentraciones se excedían en el 70% de las muestras de polvo sedimentado, en el 20% de polvo en suspensión y en el 28% de óxidos de azufre (Weitzenfeld, 1992).

Estas circunstancias promovieron la formulación de políticas y estrategias encaminadas hacia la prevención y el control de la contaminación generada por fuentes móviles y fijas en las grandes ciudades; es así como en el año 1973 a través de la Ley 23 se dictan facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código Nacional de los Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente, reglamentado



mediante el Decreto 2811 de 1974, acto administrativo que constituye la línea base de las políticas ambientales nacionales. Posteriormente en el año 1979 se expide la Ley 9 que dicta medidas sanitarias y establece mecanismos de control y prevención para las fuentes de contaminación.

Dichos sucesos incentivaron la medición de calidad de aire en el país. En el año 1980 Colombia contaba con una red de monitoreo conformada por 39 puntos de medición de contaminantes atmosféricos distribuidos en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Tunja, Barrancabermeja, Sogamoso, Bucaramanga, Manizales, Nobsa, Palmira, Cartagena y Barranquilla (Haddad, 1983); los parámetros monitoreados fueron anhídrido sulfuroso, polvo en suspensión y polvo sedimentable.

En consecuencia, en el año 1982 se expidió el Decreto 02, en el que se establecieron normas de calidad del aire y de emisión; la Secretaría de Salud de Bogotá (SSB) lideró el programa de vigilancia de la calidad del aire en la ciudad mediante la conformación de la denominada Red Bogotá, que operó entre 1983 y 1989. Hasta este momento el problema de contaminación atmosférica radicaba en la emisión contaminante en fábricas e industrias.

Con la creación del Sistema Nacional Ambiental – SINA (Ley 99 de 1993) se crea el Ministerio del Medio Ambiente, encargado de la gestión del medio ambiente y los recursos naturales renovables; además, dentro de su estructura dicta las funciones que ejercerán las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales dentro de los grandes centros urbanos.

Posteriormente en el año 1995 el Ministerio de Medio Ambiente expide el Decreto 948, por el cual se reglamentan medidas para la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del

aire, mediante el cual se establecen normas y principios para la protección, prevención, control y atención de episodios de contaminación de aire generados por fuentes fijas y móviles, así como las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión de contaminantes a la atmósfera, la emisión de ruido y olores ofensivos.

En la ciudad de Bogotá, el entonces Departamento Administrativo de Medio Ambiente – DAMA, expidió la Resolución 1208 de 2003, con la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y la protección de la calidad de aire, bajo el principio de rigor subsidiario<sup>4</sup>.

En marzo de 2005, el Consejo Nacional de Política Económica y Social del país aprueba el documento CONPES 3344, el cual contiene los lineamientos para la formulación de las políticas de prevención y control de la contaminación del aire y promueve la creación de la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire (CONAIRE), la cual estimula la coordinación del diseño, implementación, seguimiento, evaluación y ajuste de las políticas y estrategias nacionales en materia de calidad del aire.

Adicionalmente se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire (SISAIRE), parte del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), como la principal fuente de información para el diseño, evaluación y

<sup>4</sup> "Principio de Rigor Subsidiario. Las normas y medidas de policía ambiental, es decir, aquellas que las autoridades medioambientalistas expidan para la regulación del uso, manejo, aprovechamiento y movilización de los recursos naturales renovables, o para la preservación del medio ambiente natural, bien sea que limiten el ejercicio de derechos individuales y libertades públicas para la preservación o restauración del medio ambiente, o que exijan licencia o permiso para el ejercicio de determinada actividad por la misma causa, podrán hacerse sucesiva y respectivamente más rigurosas, pero no más flexibles, por las autoridades competentes del nivel regional, departamental, distrital o municipal, en la medida en que se desciende en la jerarquía normativa y se reduce el ámbito territorial de las competencias, cuando las circunstancias locales especiales así lo ameriten, en concordancia con el artículo 51 de la presente Ley". (Art. 63 Ley 99 de 1993)

ajuste de las políticas y estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la calidad del aire. El SISAIRE se apoya en una herramienta informática bajo ambiente web, para la captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y consulta de la información generada por los SVCA del país, cuya administración está a cargo del IDEAM.

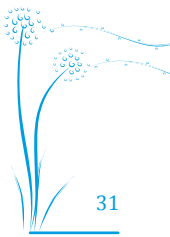
En el año 2006 se promulga la Resolución 627, en la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, así como la Resolución 601 de 2006, donde se establecen los límites máximos permisibles de inmisión y se reglamentan los límites de los estados de prevención, alerta y emergencia; así mismo, se expide el Decreto 979 el cual modifica el Decreto 948 de 1995.

El entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el año 2008, expide las Resoluciones 909 y 910, en las que se establecen normas y estándares de emisión admisible de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y móviles respectivamente, reglamentando los Decretos 948 de 1995 y 02 de 1982.

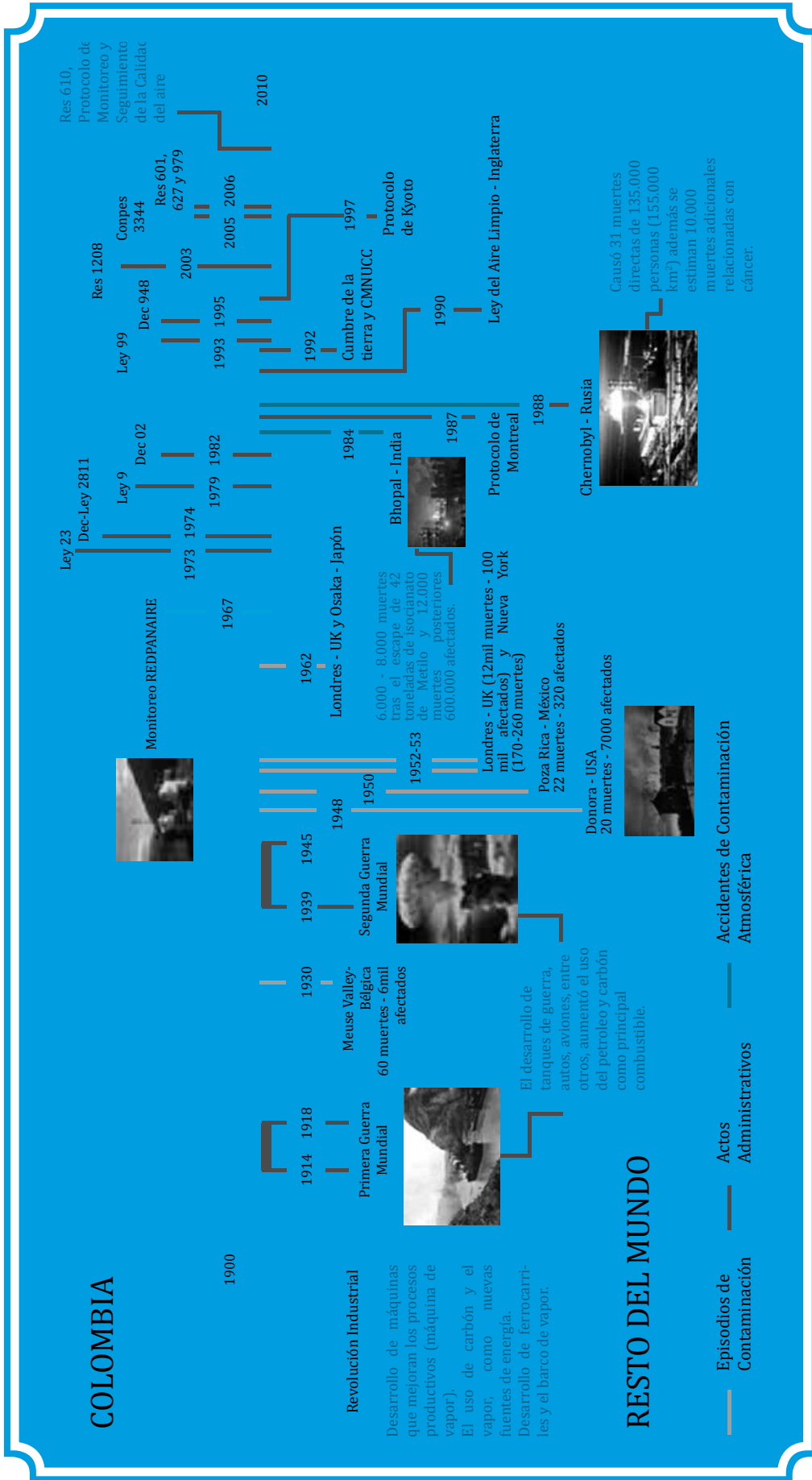
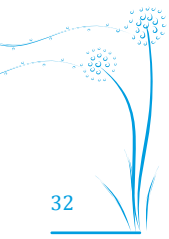
Así mismo, este Ministerio expidió la Resolución 610 en el año 2010 la cual modifica la Resolución 601 de 2006, estableciendo niveles máximos permisibles más restrictivos para contaminantes criterio y contaminantes no convencionales

con efectos carcinogénicos, así como los umbrales para las sustancias generadoras de olores ofensivos, adicionalmente, se reglamentan los límites de los estados de prevención, alerta y emergencia. Ese mismo año, se expidieron las Resoluciones 650, 651 y 760, las cuales adoptan el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el Subsistema de Información de Calidad del Aire – SISAIRE y el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, respectivamente.

En términos generales, la contaminación atmosférica a través del tiempo ha estado marcada por eventos, episodios y accidentes que han generado impactos negativos a las personas y el medio ambiente. Sin embargo, estos sucesos han servido para tomar conciencia sobre el daño que puede causar la contaminación atmosférica a corto, mediano y largo plazo. Es por esto, que se han realizado importantes avances en la generación de instrumentos tanto administrativos como tecnológicos para el control, mitigación y prevención de la contaminación atmosférica. En la figura 3, se ilustra la línea de tiempo de los eventos más importantes asociados a la problemática de la contaminación atmosférica, así como importantes avances encaminados hacia el control y prevención de la contaminación atmosférica en el mundo y en Colombia.







Fuente: IDEAM, 2012

## 3.2 Contaminantes del aire medidos a nivel mundial

Los Sistemas de Vigilancia y Monitoreo de la Calidad del Aire – SVMCA constituyen una herramienta fundamental para conocer el estado de la calidad del aire, desarrollar índices del estado del recurso aire y en consecuencia, determinar su relación con la salud humana y los efectos al medio ambiente. Adicionalmente, la vigilancia y el monitoreo de la calidad del aire constituyen la línea base para la formulación de políticas encaminadas hacia el control y la reducción de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos.

En el presente capítulo se describen de manera general algunos de los SVMCA existentes alrededor del mundo con base en las consultas realizadas a las principales agencias ambientales, y se hace una comparación con los sistemas existentes en el país.

### 3.2.1 Europa

En este continente, a pesar de haberse reducido las emisiones de algunos contaminantes del aire desde la década de los 90, el material particulado y el ozono troposférico continúan siendo la principal preocupación por su afección a la salud de la población; así mismo, se tiene claridad de que este es un problema transfronterizo y que los contaminantes emitidos en un país pueden causar daños en otro. De acuerdo

con la Agencia Europea del Medio Ambiente “Desde 1997, hasta un 45% de la población urbana europea puede haber estado expuesta a concentraciones ambientales de partículas superiores al límite establecido por la UE para proteger la salud humana; y hasta un 60% puede haber estado expuesta a niveles de ozono superiores al valor objetivo de la UE. Se estima que la concentración de PM2.5 (partículas finas) en el aire ha reducido la esperanza de vida estadística en la UE en más de ocho meses” (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2011).

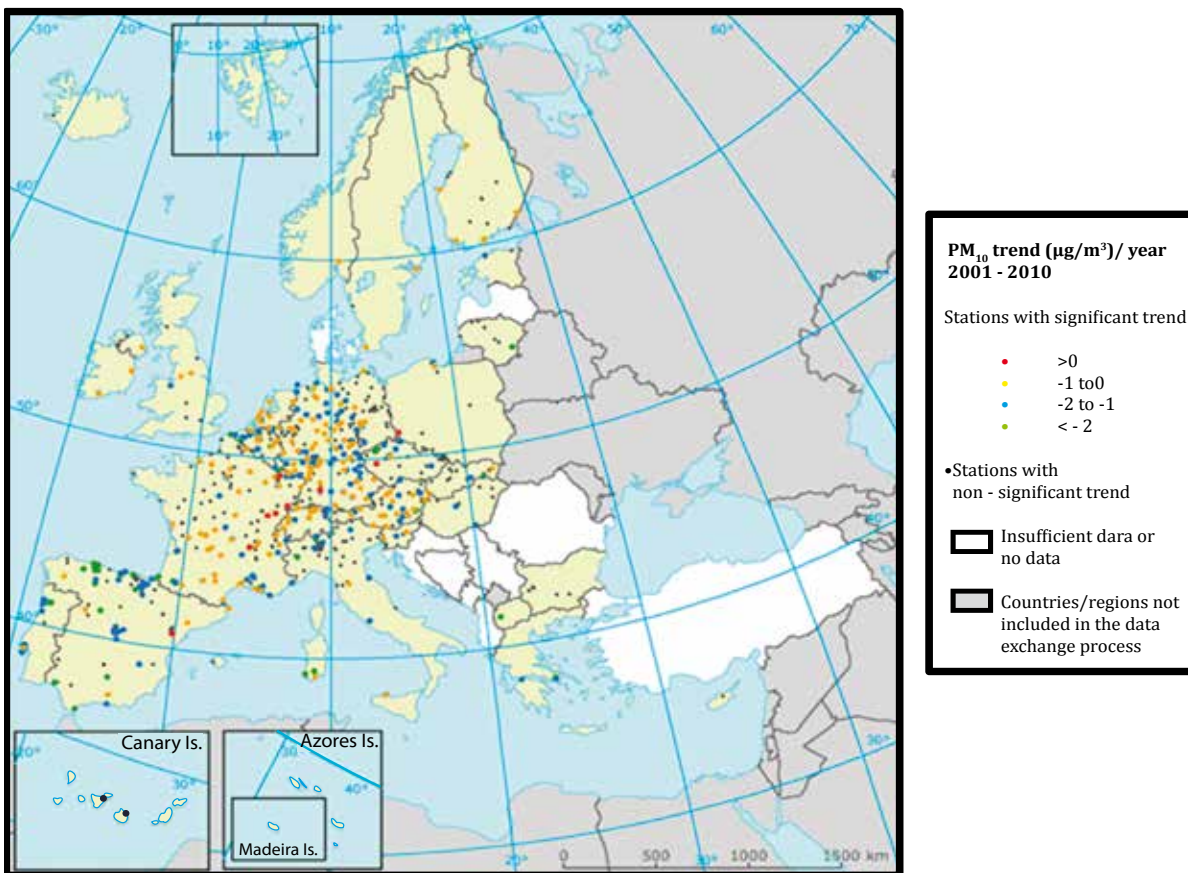
Así mismo, la Unión Europea cuenta con una base de datos de calidad del aire, información que es recopilada mediante el Centro Temático Europeo sobre Aire y Cambio Climático; esto responde a la iniciativa de intercambio de información y datos de las redes de calidad del aire de los países miembros; alrededor de 38 países reportan su información a esta base de datos, entre los que se pueden mencionar Austria, Suiza, Alemania, España, Reino Unido, Grecia, Italia, Noruega, Portugal y Turquía (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2012).

Dentro de los contaminantes medidos por los sistemas de vigilancia en Europa se encuentran PM10, PM2.5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, Pb, HCT, VOC, As, Cd, Ni, benceno y tolueno (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2012). En la figura 4 se presenta la ubicación de algunas de las estaciones de monitoreo de PM10 de Europa.

Para mayor información se puede consultar el sitio web de la Agencia Europea de Medio Ambiente <http://www.eea.europa.eu/es>



**Figura 4 Ubicación de algunas estaciones de monitoreo de PM10 de Europa**



**Fuente:** Agencia de Protección Ambiental Europea, 2010

### 3.2.2 Norteamérica

En esta región del Continente Americano también se monitorean con especial interés el material particulado y el ozono troposférico, al igual que en Europa; como producto de la asociación entre entidades de Estados Unidos y Canadá se cuenta con el sitio web de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA llamado airNow, al cual reportan información en tiempo real para proteger la salud pública de los Estados Unidos, Canadá y parte de México de ozono y PM2.5 de alrededor de 2000 estaciones para más de 300 ciudades. (Environmental Protection Agency - EPA, 2012); vale la pena aclarar que el propósito fundamental de dicha información es el cálculo del índice

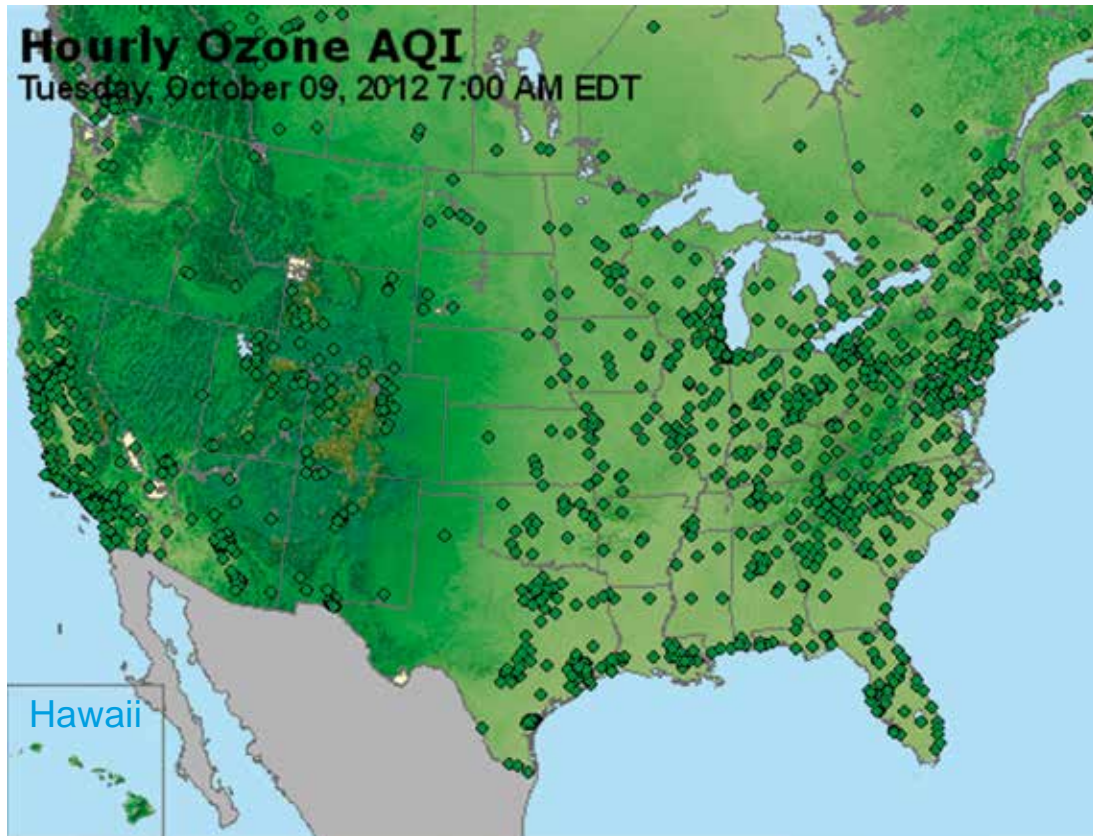
de calidad del aire (AQI por sus siglas en inglés). Este resultado es posible gracias a la cooperación de más de 120 agencias locales, estatales y federales.

Algunos de los contaminantes medidos por los sistemas de vigilancia en Norteamérica son PM2.5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, plomo, deposición ácida, COV y adicionalmente los parámetros meteorológicos. En la figura 5 se presenta la ubicación de algunas de las estaciones de monitoreo de ozono de Norteamérica.

Para mayor información se puede consultar el sitio web de la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA

[http://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=topics.about\\_airnow](http://cfpub.epa.gov/airnow/index.cfm?action=topics.about_airnow)

**Figura 5** Ubicación de algunas estaciones de monitoreo de ozono de Norteamérica



Fuente: Environmental Protection Agency - EPA, 2012

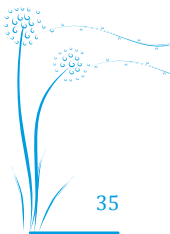
### 3.2.3 Centro y Sur América

En esta parte del continente algunos de los países que más han trabajado en el monitoreo de la calidad del aire son México y Chile.

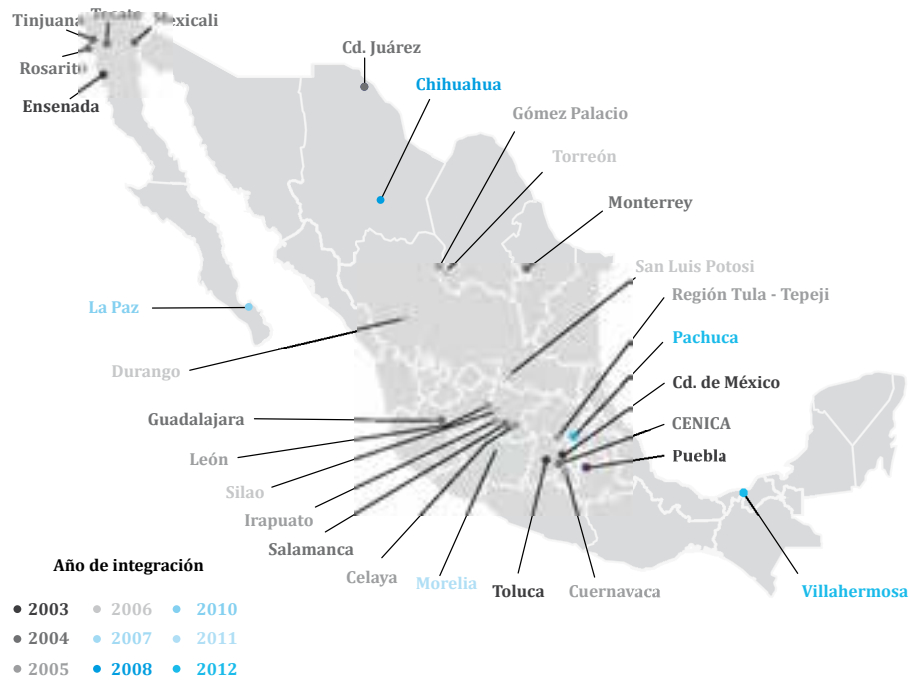
Para el caso de México, la entidad encargada del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire es el Instituto Nacional de Ecología, el cual recopila la información de 27 sistemas de monitoreo atmosférico del país, que se han venido integrando desde el año 2003; en la figura 6 se presentan los sistemas de monitoreo con su año de integración.

Dentro de los parámetros monitoreados se encuentran PST, PM10, PM2.5, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, Pb y VOC.

Con respecto a Chile se cuenta con el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, el cual compila la información reportada por 16 regiones en las que se encuentra dividido el país; son un total de 208 estaciones que monitorean PM10, PM2.5, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, HCNM, HCT, As, Cu, Ni y Se; los parámetros más monitoreados son PM10 (177 estaciones) y SO<sub>2</sub> (122 estaciones). En la figura 7 se presenta el mapa con la ubicación de las 16 regiones anteriormente citadas (Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, 2011).

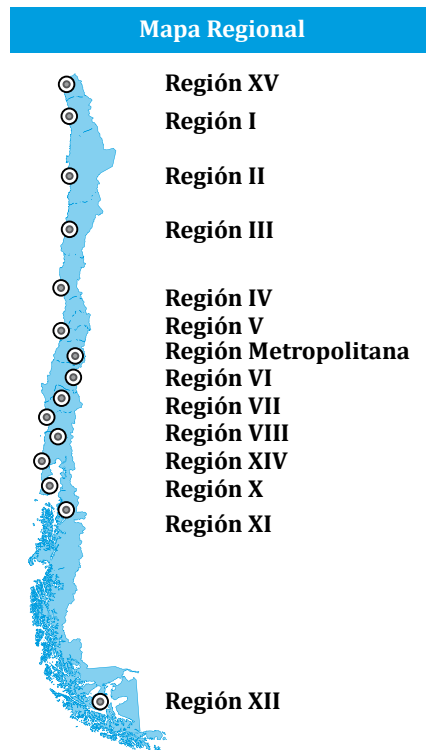


**Figura 6 Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire de México**



Fuente: Instituto Nacional de Ecología de México, 2012

**Figura 7 Ubicación de las Regiones en las que se monitorea la calidad del aire en Chile**



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile, 2011

### 3.2.4 Continente Asiático

Los sistemas de vigilancia de calidad del aire que existen en este continente presentan grandes diferencias entre sí, contando con equipos muy sencillos como los de tipo manual, hasta estaciones automáticas muy

sofisticadas. Con base en lo reportado en el documento “Ambient Air Quality Standards in Asia”, en la tabla No. 1 se presenta un resumen con el número de estaciones de monitoreo, el tipo de monitoreo y los contaminantes monitoreados para algunos países de este continente.

**Tabla No. 1 Resumen de los principales SVCA de Asia**

País	Número de estaciones de monitoreo	Año	Tipo de monitoreo	Contaminantes regulados
China	3792	2008		SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM10 (O <sub>3</sub> , PM2.5, CO en algunas áreas)
India	342	2009		SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> y PM10
Indonesia	12	2009	Continuo	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM10, CO, y O <sub>3</sub>
Bangladesh	5	2009	Continuo	PM10, PM2.5, CO, SO <sub>2</sub> , NOX, O <sub>3</sub> , HC y parámetros meteorológicos
Hong Kong	14	2009	Continuo	PST, PM10, SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , y NOx
Filipinas	53	2008	Continuo y manual	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , PM10, PM2.5 y PST
República de Korea	304	2008		SO <sub>2</sub> , NOx, O <sub>3</sub> , CO, PM10, dirección y velocidad del viento, temperatura, COV, hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados en el ambiente (Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Ni)

**Fuente:** Banco Asiático de desarrollo, 2009

En términos generales, se puede evidenciar que en muchos países del mundo existen estaciones de monitoreo tanto fijas como móviles, dotadas con equipos tanto manuales como automáticos, que están ubicados estratégicamente dentro de las ciudades, para monitorear los parámetros de calidad del aire que afectan a la salud humana, llamados por los especialistas contaminantes criterio como son el material particulado, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Ozono, Dióxido de Azufre y Plomo.

Dicho lo anterior, al comparar los parámetros y variables estudiadas y evaluadas en las distintas redes de monitoreo, en la tabla No. 2 se observa que en el país se está llevando a cabo un monitoreo muy similar al resto de países, el cual tiene en cuenta el material particulado (PM10, PST, PM2.5) y gases contaminantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>) como parámetros básicos dentro del monitoreo. Por otro lado se complementa con los datos obtenidos en las distintas estaciones meteorológicas.



Finalmente, en la figura 8 se puede ver que en todos los continentes se monitorean PM2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO; en cuanto a las partículas la tendencia es a monitorear partículas de menor tamaño como PM2.5, debido a que

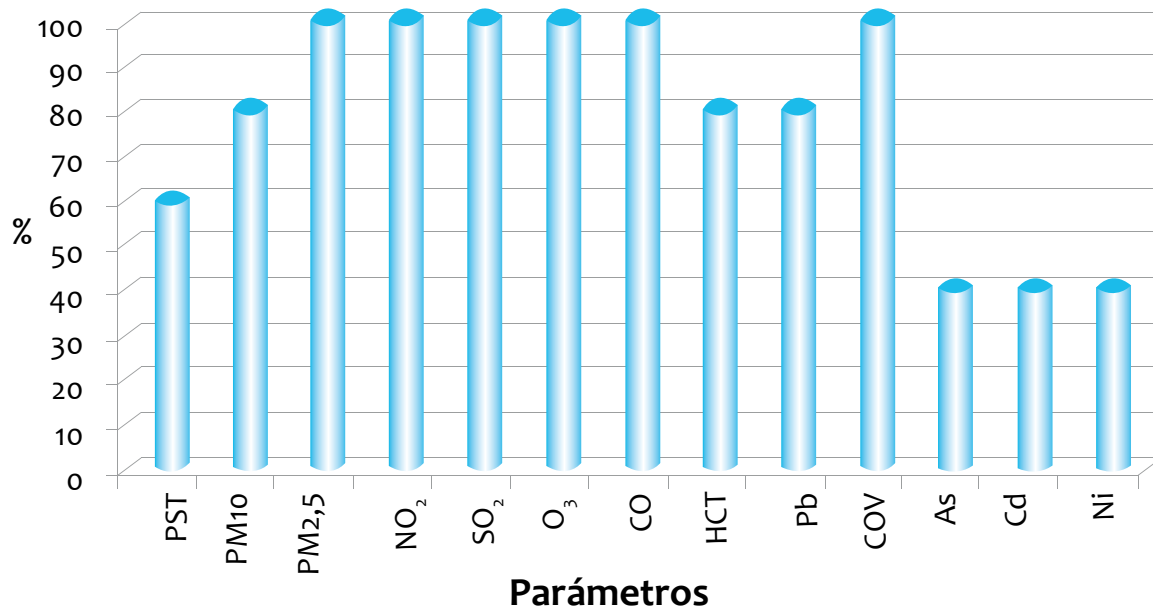
tienen mayor penetración en el aparato respiratorio, causando afectación a la salud de la población; así mismo se aprecia que los contaminantes que se monitorean en el país, están acorde con la tendencia mundial.

**Tabla No. 2 Principales parámetros monitoreados a nivel mundial**

SVCA	PST	PM10	PM2.5	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	HCT	Pb	COV	As	Cd	Ni
Europa		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Norte América			X	X	X	X	X		X	X			
Centro y Sur América	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Asia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Colombia	X	X	X	X	X	X	X	X		X			

Fuente: IDEAM, 2011

**Figura8 Porcentaje de medición de los contaminantes atmosféricos**



Fuente: IDEAM, 2011

### 3.3 Problemática mundial de la calidad del aire y experiencias internacionales

La contaminación del aire constituye un tema de preocupación mundial que obedece al continuo crecimiento de la población y a las deficiencias estructurales en el desarrollo sostenible industrial y del sector transporte en los principales centros urbanos. Su importancia radica en los efectos sobre la salud, que implican pérdidas económicas y un deterioro en la calidad de vida de la población debido al ausentismo laboral y el incremento de enfermedades respiratorias y muertes asociadas.

La Organización Mundial de la Salud – OMS, estima que alrededor de un billón de personas se encuentran expuestas a la contaminación del aire en concentraciones que exceden las recomendadas, además declara que la contaminación atmosférica constituye un riesgo medioambiental para la salud y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo (OMS, 2008), razón por la cual actualmente muchos países están centrando sus esfuerzos en desarrollar mecanismos y políticas para reducir la contaminación atmosférica en pro de la protección de la salud humana y el ambiente. Sin embargo, los esfuerzos locales se ven amenazados por la contaminación transfronteriza que puede desplazarse grandes distancias y es considerada como una problemática internacional que requiere soluciones globales.

A continuación se describen algunos casos de contaminación atmosférica alrededor del mundo, en los cuales se presenta el estado de la calidad del aire, sus consecuencias y los avances en materia de gestión para disminuir los niveles de contaminación.

#### 3.3.1 Unión Europea

En particular, Europa ha eliminado el smog invernal y ha frenado la amenaza de la lluvia ácida. Sin embargo, las altas concentraciones de partículas finas y ozono troposférico, siguen causando problemas de salud en numerosas ciudades y sus alrededores, así como los daños a los ecosistemas y a los cultivos en las zonas rurales (European Environment Agency, 2005). En el año 2000 cerca de 350.000 personas estuvieron gravemente afectadas por la exposición a contaminantes atmosféricos en particular por el material particulado fino, la OMS (2008) estimó que a diario 20 millones de europeos sufren de problemas respiratorios, además los altos niveles de ozono causan más de 20.000 muertes prematuras cada año (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001).

Desde el punto de vista económico, el costo anual de los daños sanitarios causados por la contaminación atmosférica se encuentran entre 305.000 y 875.000 millones de euros (European Environment Agency, 2005).

Europa comenzó a reducir sus emisiones a partir de 1979, a través de la Convención de Contaminación Atmosférica Transfronteriza de Larga Distancia (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution- CLRTAP) promovida por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (United Nations Economic Commission for Europe - UNECE) y la Organización de Naciones Unidas (ONU), cuyo objetivo es reducir gradualmente y evitar la contaminación atmosférica, incluida la contaminación transfronteriza, para constituir políticas y estrategias que busquen la mitigación de la descarga de contaminantes al aire mediante el intercambio de información, investigación y monitoreo.





**Figura 9 Niebla de NO<sub>2</sub> sobre la ciudad de Paris**



**Fuente:** *Air Quality Now in Europe, 2007*

Desde entonces, Europa ha realizado importantes avances en la reducción de diferentes formas de contaminación atmosférica por medio de su legislación, cooperación de sectores económicos, Autoridades Ambientales, organizaciones no gubernamentales y de investigación a través de la Agencia Europea del Medio Ambiente (European Environment Agency - EEA) creada en 1990.

Esta agencia es el principal organismo público en el continente, que orienta a la Comunidad Europea y los países miembros en la toma de decisiones acerca del manejo del medio ambiente y la integración de aspectos medioambientales en las políticas económicas, en pro de avanzar hacia la

sostenibilidad (EEA, 2010), quien en conjunto con la Comisión Europea desarrollan los siguientes programas:

Auto-Oil (1994) y Auto-Oil II (1998), que han dado lugar a una serie de directrices que obligan a la disminución progresiva de las emisiones permitidas en los vehículos nuevos y los contenidos de ciertas sustancias en gasolinas y gasóleos, así como el establecimiento de medidas de inspección y mantenimiento de los vehículos. Los programas Auto-Oil se han llevado a cabo conjuntamente entre la Comisión Europea (CE) y las asociaciones del petróleo y de fabricantes de vehículos, buscando evaluar las tendencias futuras de las emisiones y

de calidad del aire, con el fin de reducir las emisiones a través de estrategias políticas.

El programa Techos Nacionales de Emisión (National Emission Ceilings, 2001), el cual obliga a los Estados miembros a evitar que sus emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles no metálicos y amoníaco no superen en el año 2010, los niveles establecidos por el comité directivo. Para ello, los estados miembro deben elaborar anualmente un inventario y una proyección de emisiones, así como programas nacionales de reducción progresiva de los niveles de contaminación.

En el año 2002, el Sexto Programa de Acción Comunitaria en materia de Medio Ambiente, establece la necesidad de reducir los niveles de contaminación con el fin de minimizar los efectos perjudiciales para la salud humana y mejorar el control y la evaluación de la calidad del aire. Este programa tuvo vigencia hasta el 21 de julio de 2012 y contemplaba: reestructurar la aplicación de la legislación, integrar el medio ambiente con todos los sectores, colaborar con el mercado, involucrar a la población y modificar sus comportamientos (DOÑORO, 2008); así como tener en cuenta aspectos ambientales en las decisiones relativas al ordenamiento y gestión del territorio.

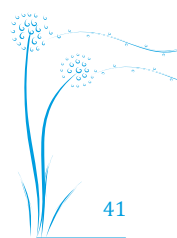
Una de sus estrategias en materia de contaminación atmosférica es "Aire puro para Europa", la cual busca desarrollar una política estratégica integrada a largo plazo para proteger la salud humana y el medio ambiente, de los efectos de la contaminación atmosférica, que incluya medidas adicionales para reducir hasta el año 2020 la mortalidad causada por el ozono en un 10% en comparación con los niveles del año 2000. También pretende disminuir el daño a los ecosistemas, ocasionado por la acidificación, eutrofización y el ozono troposférico. Se espera que esta estrategia alcance beneficios por un valor de

42.000 millones de euros anuales, al reducir muertes prematuras, enfermedades y gastos hospitalarios (HERRERO, 2008).

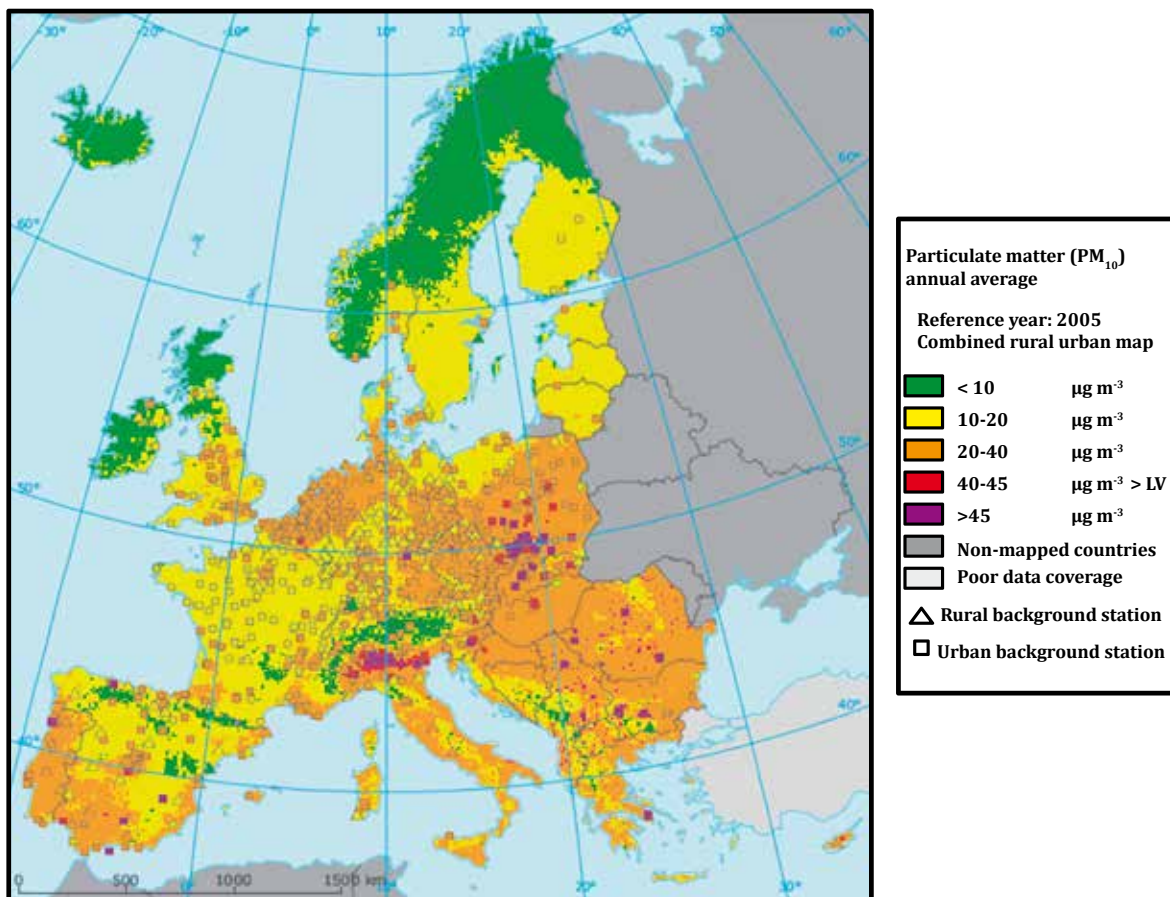
La problemática actual del continente europeo, se concentra en las altas concentraciones de material particulado fino y ozono. La Evaluación Espacial del material particulado PM10 y las Concentraciones de Ozono en Europa -2005, publicado en el 2009, estima que más del 9% de la población total europea en el 2005, se encontró expuesta por encima del valor límite anual de PM10 ( $40 \text{ mg/m}^3$ ) y el 28% de la población europea estuvo expuesta durante más de 35 días a las concentraciones de PM10 por encima de  $50 \text{ mg/m}^3$  (es decir, el valor máximo permisible). Además la probabilidad de superación de la norma diaria para PM10 en grandes zonas de los países de Europa oriental y de todo el valle del Po (Italia) es mayor al 75%. La probabilidad es también alta en España, Portugal, Italia, Grecia, algunos de los países de los Balcanes, Bélgica, los Países Bajos y Luxemburgo, donde se extiende desde 25% hasta 50% y de 50% a 75% en los centros más urbanizados de estas regiones (EEA, 2009).

En la figura 10, se puede observar la concentración de PM10 promedio anual para el año 2005, los colores rojo y púrpura representan concentraciones que superan  $40 \text{ mg/m}^3$ , estas concentraciones se presentan en su mayoría al norte de Italia y al sur de Polonia.

El impacto en la salud humana se evidencia en el número de muertes prematuras por cada millón de habitantes; en Europa se estima entre 510 a 1.150 muertes prematuras por millón de habitantes atribuibles a la exposición de PM10 (UE-27), con una mejor estimación estadística de 830 muertes prematuras por millón (mediana, que corresponde a aproximadamente 373.000 muertes prematuras en la UE-25) (EEA, 2009). La Figura 11 permite mostrar la distribución del número de muertes prematuras en los países europeos.



**Figura 10 Mapa combinado (rural y urbano) de la concentración de PM<sub>10</sub>, del promedio anual para el año 2005<sup>1</sup>**



Fuente: EEA, 2009. <sup>2</sup>

Del mismo modo, para el año 2005 el 38% de la población europea, estuvo expuesta a concentraciones por encima del valor límite (120 µg/m<sup>3</sup> en 8 horas), se estima que los impactos a la salud por esta exposición se encuentran en un rango de 75 (para las zonas sur y suroriental de Europa) a 10 muertes por millón de habitantes (para zonas norte y noroccidental de Europa), además se considera que casi el 50% de las tierras agrícolas estuvieron expuestas a niveles de ozono que

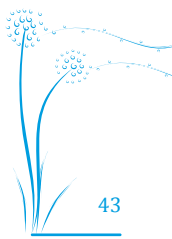
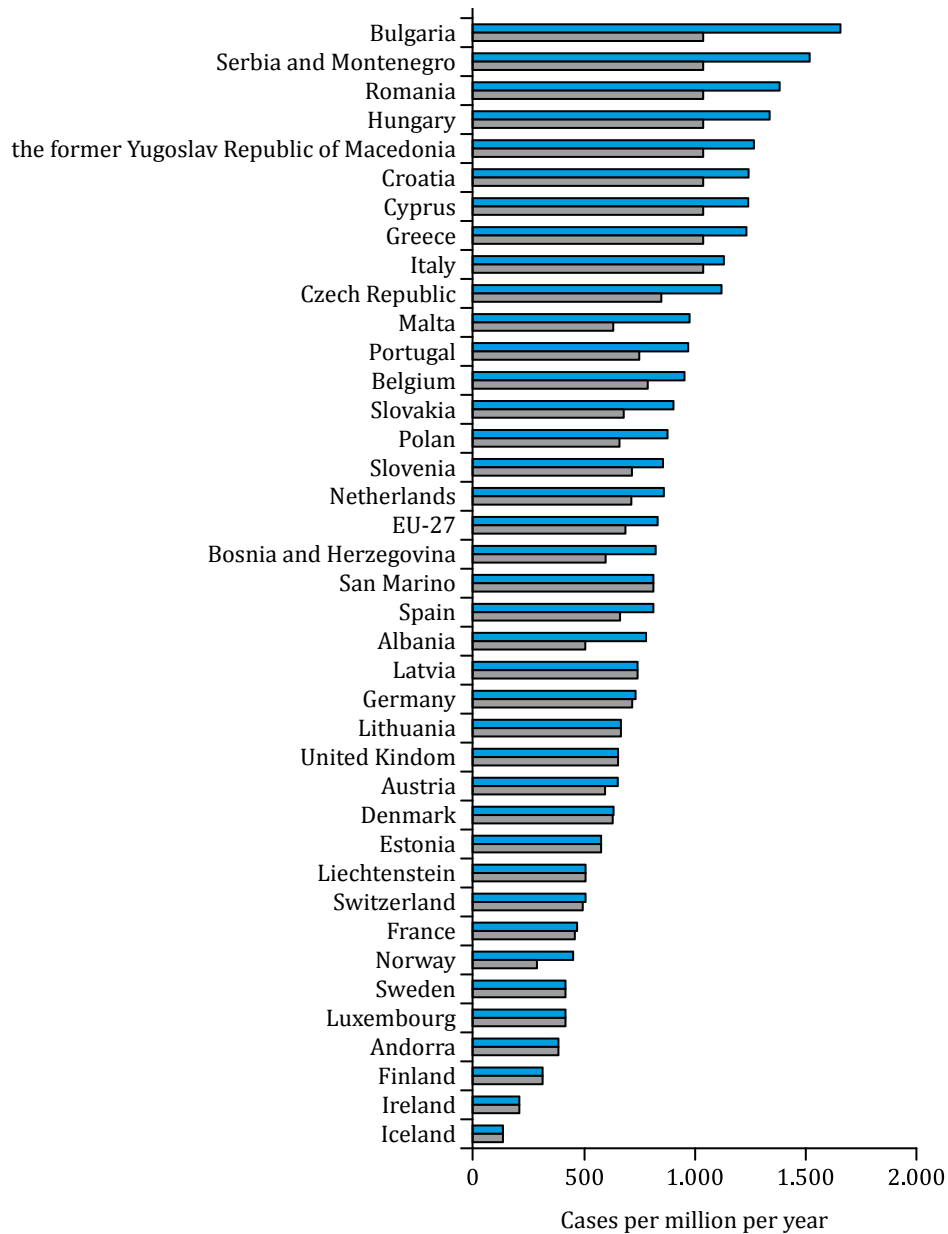
exceden el límite permisible europeo para 2010 (18.000 µg/m<sup>3</sup> en una hora) y el 90% estuvo expuesto a niveles por encima de 6.000 µg/m<sup>3</sup> en una hora (EEA, 2009).

La figura 12, permite ilustrar la distribución de las 26 mayores concentraciones diarias en periodos de 8 horas combinadas con el indicador de impacto a la salud SOM035 que expresa la concentración de ozono acumulada que excede 70 µg/m<sup>3</sup> (35 ppb) para el año 2005. Las mayores concentraciones de ozono se presentan en el centro y oriente de Europa y las menores concentraciones se encuentran en las regiones del norte del continente.

<sup>1</sup> La interpolación de mapas son sólo estimaciones de la contaminación real. Estos tienden a sobreestimar promedio concentraciones y subestiman los valores mínimos y máximos. En consecuencia, la exposición de la población a altas y bajas concentraciones se subestima, mientras que la exposición a la media concentraciones se sobreestima.

<sup>2</sup> Los valores del AQI por debajo de 100 son considerados estados satisfactorios de la calidad del aire y no tiene importantes repercusiones a la salud humana. Los valores por encima de 100 se consideran estados de riesgo a la salud.

**Figura 11** Número de muertes prematuras por millón de habitantes atribuible a la exposición de PM10 en el año 2005



**Fuente:** (EEA, 2009)

Por otra parte, Europa cuenta con herramientas tecnológicas que permiten transmitir en tiempo real la información ambiental de sus puntos de monitoreo a los ciudadanos, una de ellas es Eye on Earth. Esta herramienta es una plataforma de comunicación que combina la información

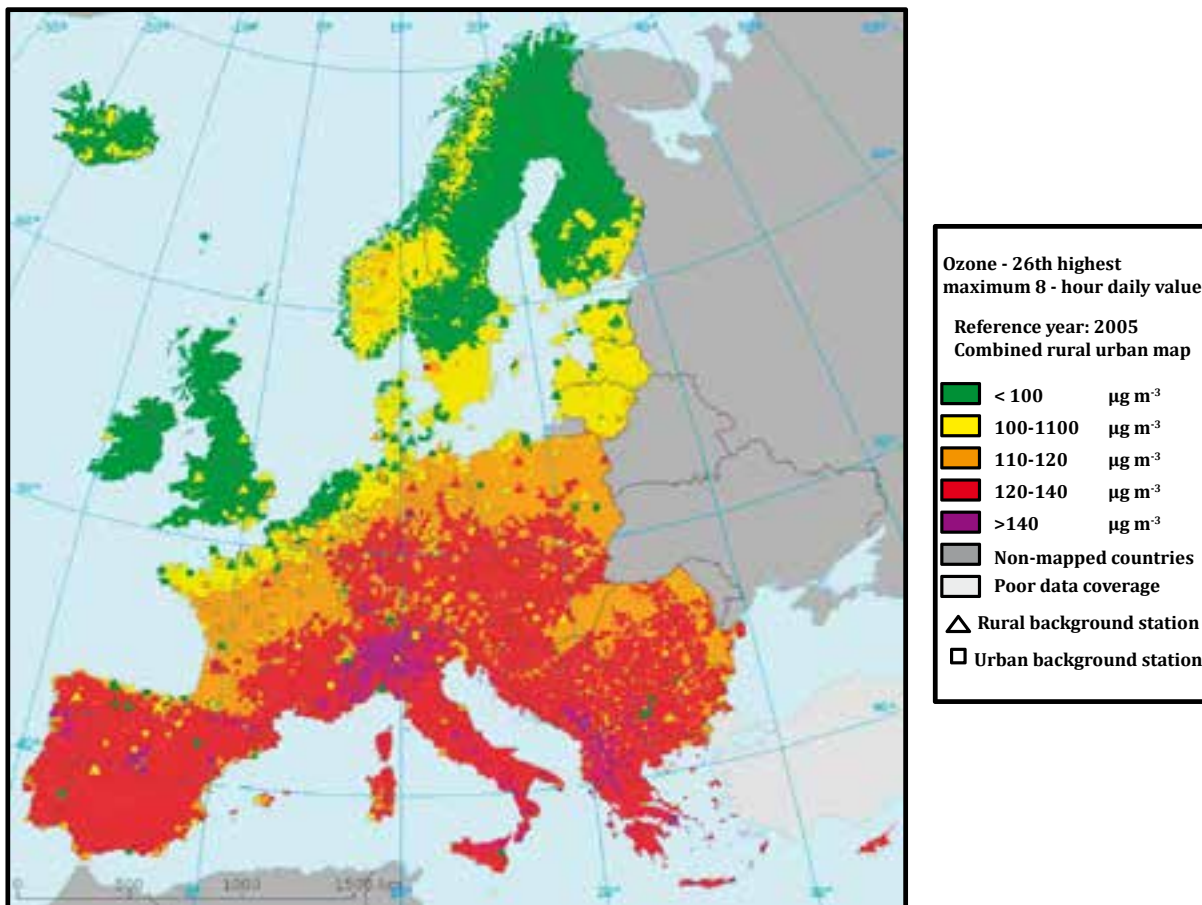
ambiental geoespacial recolectada de los puntos de medición y las observaciones y comentarios de los ciudadanos que a diario alimentan el sistema. Actualmente la herramienta incluye información de calidad de aire de más de 1.000 estaciones de monitoreo y un modelo de predicción de la

calidad del aire que permite la visualización del estado de la contaminación atmosférica en el continente, también vincula la información de más de 22.000 puntos de monitoreo de calidad de agua (EEA -Eye on Earth, 2010).

El Servicio de Información y Observación de Ruido para Europa (Noise Observation and Information Service for Europe - NOISE), es otra herramienta tecnológica que suministra información geoespacial sobre la emisión

de ruido en los países europeos, este sistema identifica las fuentes de emisión y la población expuesta y lo relaciona con los indicadores de ruido para Europa. Este servicio se desarrolló, a partir de la problemática de salud pública que enfrenta este continente, según la Agencia Ambiental Europea, el 75% de la población europea vive en ciudades que representan alto riesgo a la salud, especialmente en lugares con alto tráfico vehicular, férreo y aéreo.

**Figura 12** Mapa europeo rural y urbano combinado de la concentración de ozono y el impacto a la salud para el año 2005



Fuente: EEA, Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005, 2009)

### 3.3.2 AUSTRALIA

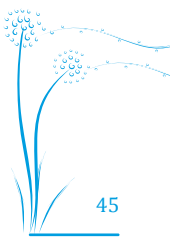
En Australia, desde 1998 el Consejo Nacional de Protección Ambiental (NEPC) emitió los primeros estándares nacionales para la calidad del aire, que contemplan 6 contaminantes criterio (CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, plomo y partículas);

no obstante, las tres ciudades más importantes de Australia presentan mayores problemas de contaminación por partículas y ozono, y existe preocupación por el aumento de los niveles de concentración de dióxido de azufre y plomo en las poblaciones mineras (CSIRO Marine and Atmospheric Research, 2008).

**Figura 13 Tormenta de polvo en Sidney, 23 de Septiembre de 2009**



*Fuente: The Sidney Morning Herald, 2009.*



Desde 1980 se han desarrollado iniciativas para la reducción de la contaminación del aire implementadas en sectores industriales, negocios, vivienda y transporte. Desde entonces las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de azufre y plomo se han reducido en casi un 30% (Department of Environment Climate Change and Water, 2009).

En el año 2004, la Comisión Nacional de Protección Ambiental creó el Consejo Nacional de Medición de Tóxicos en el Aire la cual realiza mediciones de formaldehído, tolueno, xileno e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), este consejo se encarga principalmente de recolectar datos sobre los niveles de concentración de estas cinco sustancias tóxicas del aire en lugares donde se espera que ocurran incrementos en su concentración, teniendo en cuenta la presencia de los grupos sensibles, tales como los jóvenes y los ancianos (Department of the Environment and Heritage, 2005). El Gobierno de New South Wales, el cual alberga la mayor parte de la población del país, ha investigado 81 compuestos tóxicos en el aire entre 1996 y 2001 y se encontró que las concentraciones de la mayoría de éstos son bajos y están por debajo de los estándares internacionales.

En este país, los vehículos constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica; razón por la cual, los nuevos retos implican el mejoramiento de la calidad de los combustibles y la reducción de las emisiones del sector transporte, sin dejar a un lado el manejo sostenible de las emisiones provenientes de la calefacción con leña y el monitoreo del material particulado.

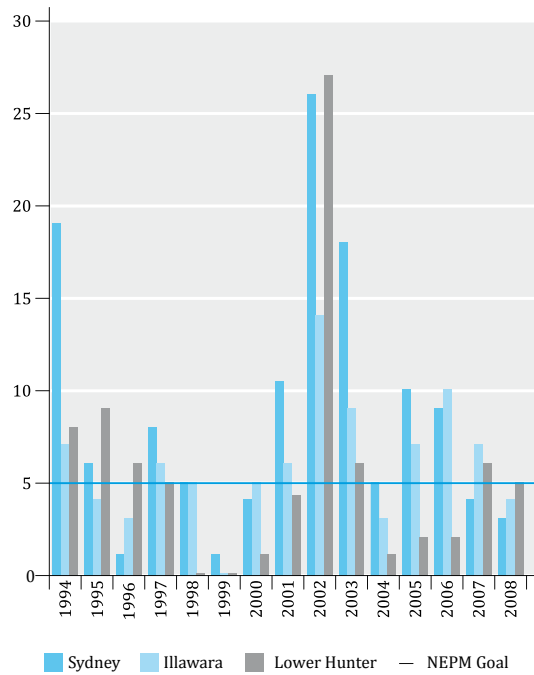
En la ciudad de Sidney, una de las más importantes del país, la contaminación por partículas en general cumple con los estándares de calidad establecidos, excepto cuando ocurren eventos como incendios forestales o tormentas de polvo. La norma nacional de PM<sub>10</sub> (50 µm/m<sup>3</sup> en promedio

durante 24 horas) generalmente se cumple en las regiones de Sidney, Illawarra y Hunter excepto en los años que ocurrieron incendios forestales o las tormentas de polvo (ver figura 14). En el área metropolitana de Sidney, los incendios forestales en 1994 y en el periodo de 2001 a 2003 fueron los principales contribuyentes al aumento de las concentraciones de partículas registradas. El número de excedencias varía mucho de un año a otro como lo muestra el marcado descenso en 2004.

Por otro lado, el ozono troposférico sigue siendo un problema para esta ciudad, debido a la emisión de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles que contribuyen a su formación (Department of Environment Climate Change and Water, 2009). Si bien el 2008 fue en general un buen año para la calidad del aire en Sidney, la norma nacional de ozono se ha superado en más de un día cada año desde 1996 (ver figura 15). En particular, entre 1994 y 2008, las concentraciones de ozono en Sidney superaron el estándar de 4 horas (0,08 ppm) en 21 días, cayendo a dos días de excedencia en 2008. Para el mismo período, las excedencias de la norma de 1 hora (0,10 ppm) se produjo en un máximo de 19 días, con un día de excedencia en 2008.

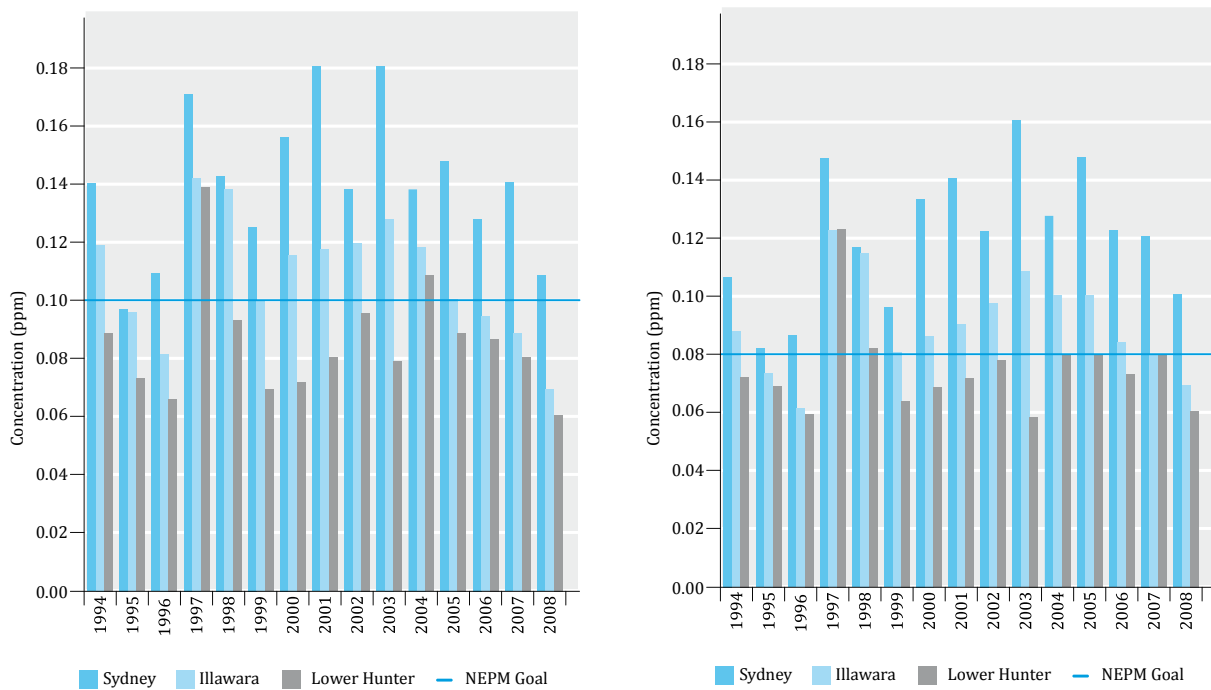
Otro tipo de contaminación atmosférica se presenta en espacios cerrados, como viviendas, oficinas, escuelas, etc, la cual es denominada contaminación intramural. En Australia es uno de los aspectos ambientales más significativos que actualmente se encuentra en desarrollo debido a que los australianos pueden permanecer el 90% de su tiempo en espacios interiores (Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 2001) y que las enfermedades producidas por la contaminación intramural puede llegar a costar alrededor de 12 billones de dólares al año (FASTS, 2002).

**Figura 14 Excedencias de la norma nacional de PM10 en los años 1994-2008, en el área metropolitana de Sidney.**

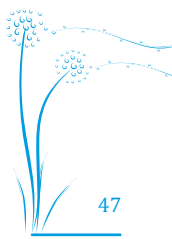


Fuente: (Department of Environment Climate Change and Water, 2009)

**Figura 15 Concentraciones anuales de Ozono durante el periodo 1994-2008 en el área metropolitana de Sidney (promedios de 1 y 4 horas)**



Fuente: Department of Environment, Climate Change and Water, 2009. (Department of Environment Climate Change and Water, 2009)





En materia de Salud pública, en el año 2009 el 1,5% de las muertes fueron ocasionadas por la exposición a largo plazo a la contaminación atmosférica urbana, mientras que la exposición a corto plazo representó el 0,8% (Bin Jalaludin, 2009). Ahora bien, en términos económicos, el costo de la atención a enfermedades respiratorias atribuidas a la contaminación atmosférica en el área metropolitana de Sidney se estimó en 4,7

mil millones dólares australianos (AUD) o 893 AUD por habitante (diciembre 2005). Según las cifras publicadas por la Oficina de Transporte y Economía Regional (BTRE) los costos de salud atribuidos a la contaminación generada por el sector transporte, son \$ 3.3 mil millones de AUD por año en las ciudades capitales del país (Sidney \$1.500.000.000 AUD) (BTRE, 2005).

### 3.3.3 MEXICO

**Figura 16 México D.F. Fenómeno de inversión térmica presentado el 30 de diciembre de 2009 a las 9:30**



*Fuente: Gobierno Federal, 2009.*

México enfrenta uno de los problemas de calidad del aire más relevantes a nivel mundial; el Valle de México es el caso más conocido y documentado. En el año de 1992 la ONU reconoció a México D.F. como la ciudad con el aire más contaminado del mundo ganando la reputación de la más peligrosa para los niños.

En busca de mejorar esta situación, México ha luchado por implementar estrictas medidas de control en las últimas décadas; pero gracias al crecimiento industrial, el aumento demográfico y del parque automotor esta ciudad no ha podido superar en su totalidad esta problemática. Factores fisiográficos

y climáticos favorecen la acumulación de contaminantes impidiendo la circulación natural atmosférica en el Valle, lo que provoca una niebla densa que cubre la ciudad poniendo en riesgo a la salud de la población, entre estos factores se encuentran (Comisión Ambiental Metropolitana, 2004):

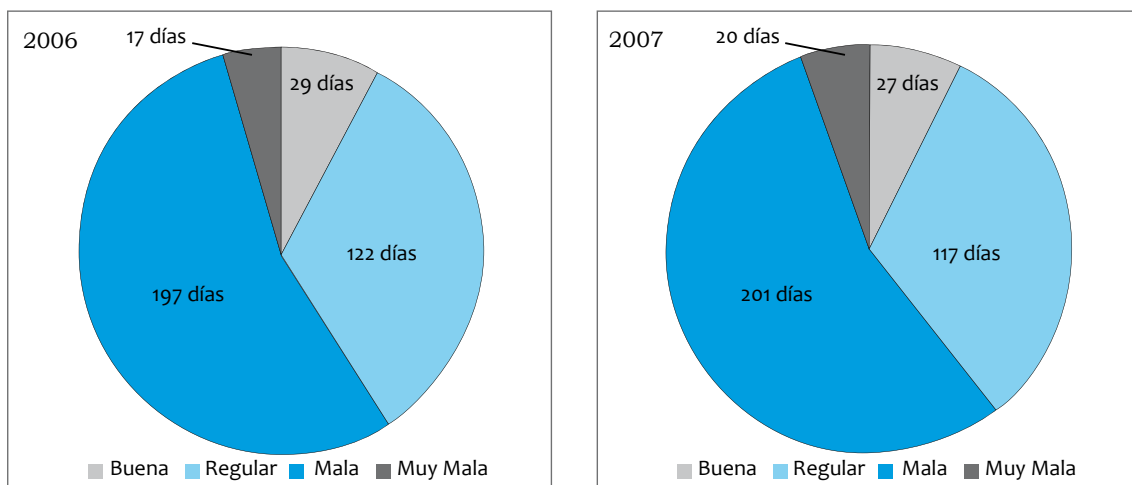
- El entorno montañoso (altura promedio de 3.200 metros, con elevaciones que superan los 5.400 metros) que rodea la cuenca, el cual constituye una barrera natural que dificulta la dispersión de contaminantes.
- Las frecuentes inversiones térmicas que ocurren en el valle, en más del 70% de los días del año.
- Los sistemas anticiclónicos que se registran frecuentemente en la región central del país, generan cápsulas de aire inmóvil en áreas del Valle de México y extensiones mayores.
- La intensa y constante radiación solar que se registra a lo largo de todo el año, favorece la formación del ozono.
- La altitud a la que se ubica el Valle de México (2.240 msnm), determina que el contenido de oxígeno sea 23% menor que a nivel del mar, lo cual produce combustión más incompleta.

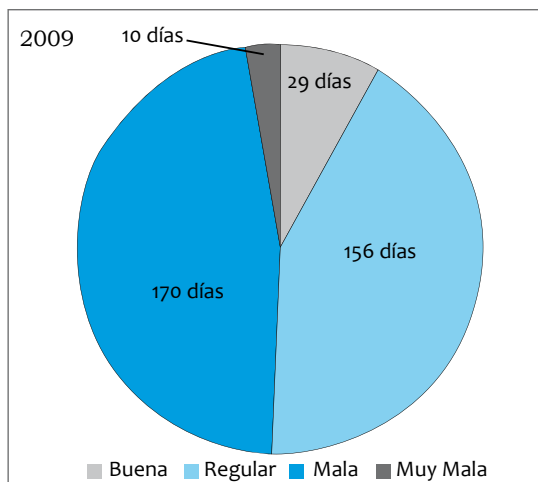
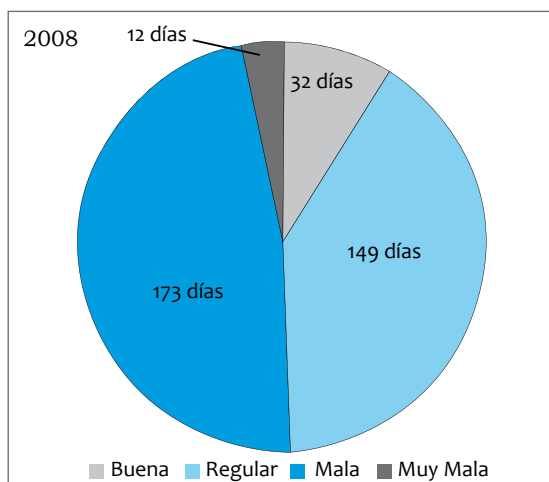
Estos factores además de las implicaciones del crecimiento económico del país, generaron que la OMS declare a la Ciudad de México como la segunda con la concentración más alta de dióxido de nitrógeno a nivel mundial entre 2000 y 2005 (OMS, 2006). Sin embargo, en los años posteriores a 2005 la concentración de este contaminante ha disminuido de forma gradual, según el informe de Calidad de Aire en la Ciudad de México 2009. Desde el año 1989, las concentraciones de plomo y el dióxido de azufre decrecieron en 97 y 89%, respectivamente, el monóxido de carbono tuvo una disminución efectiva del 79%, el dióxido de nitrógeno de 34% y el ozono de 33%. En cuanto al material particulado se observó una disminución de 66 y 43% para PM10 y PST, respectivamente y en el caso de PM2.5 se observó una disminución de 10% durante el período 2004-2009 (Secretaría del Medio Ambiente, 2010).

La disminución de los niveles de contaminación se ve reflejada en el estado de la calidad de aire cada año, la figura 17 muestra la distribución del número de días del año en los que la concentración de ozono afectó el estado de la calidad de aire, entre los años 2006 a 2009.



**Figura 17 Distribución de los días por condición de calidad del aire en la Ciudad de México, con respecto a ozono.**





**Fuente: Secretaría del Medio Ambiente, 2010.**

La figura anterior permite evidenciar una disminución neta en el periodo 2006-2009 de 27 días en la condición mala y de 7 días en la condición muy mala, debido a altos niveles de ozono desde el año 2006 y un aumento de 34 días de calidad regular. A pesar de la disminución de los niveles de contaminación entre los años 2006 a 2009, la ciudad de México no cumple con los estándares de calidad de aire locales para ozono (8 horas  $221 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y partículas suspendidas (promedio anual de  $\text{PM} 2.5 = 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{PM}10 = 106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Secretaría del Medio Ambiente, 2010).

Es evidente que la reducción de los niveles de contaminación en la ciudad de México se debe a la gestión de proyectos que involucran el control de emisiones, el monitoreo atmosférico y los mecanismos para la evaluación y seguimiento de programas. En el año 1990 el gobierno de esta ciudad implementó el Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (PICCA), el cual se aplicó durante los cuatro años siguientes, precedido del Programa para Mejorar la Calidad de Aire para el Valle de México (PROAIRE I), el cual buscaba reducir gradualmente los niveles de contaminación a través de la disminución del

50% de las emisiones de hidrocarburos, 40% de óxidos de nitrógeno y 45% de partículas suspendidas durante el periodo 1995-2000 (Secretaría de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1996).

El último programa de mejoramiento de la calidad del aire denominado Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (PROAIRE II) propone un conjunto de medidas coordinadas y orientadas a reducir principalmente las concentraciones de ozono y partículas suspendidas y constituye un esfuerzo importante de las Autoridades Ambientales.

Como parte de las medidas para controlar el problema de la contaminación del aire, en enero de 2006 se publicó una norma que establece nuevas especificaciones para los combustibles y en octubre de 2006 se incorporó al mercado la gasolina Premium UBA (ultra bajo azufre). Además, a principios de 2007 se introdujo, en la zona fronteriza norte, un diesel de máximo 15 ppm y en 2009 se distribuye en las zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, y posteriormente en todo el territorio nacional (Gobierno Federal, 2009).

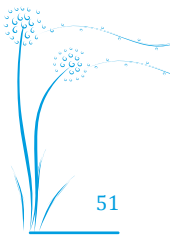
Ahora bien, para lograr que los efectos en la salud humana de la población mexicana disminuyan, las concentraciones de los contaminantes deben ajustarse a los valores de la norma de calidad de aire. La Comisión Ambiental Metropolitana 2001, asegura que si el ozono estuviera dentro de los límites establecidos por la norma (reducción de 62% de la concentración promedio actual) se evitarían alrededor de 3.400 casos de muertes prematuras asociadas a su exposición aguda; en el caso de PM10 si el promedio anual se reduce hasta  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se evitarían cerca de 600 muertes prematuras por exposición aguda y 31.000 casos de muerte prematura por exposición crónica.

En términos económicos, el Banco Mundial estimó en el año 2002, que la reducción de las concentraciones de ozono y PM10 hasta cumplir con la norma nacional ahorraría al estado de México en el año 2010 entre 717 y 1.129 millones y 3.000 millones

a 5.595 millones de dólares americanos respectivamente (Banco Mundial, 2002).

### 3.3.4 Estados Unidos

El control de la contaminación atmosférica en los Estados Unidos, ha sido ampliamente desarrollado desde hace varios años. Desde la adopción de la Ley del Aire Limpio (Clean Air Act) en 1990, se inició el monitoreo de los seis contaminantes establecidos como criterio (PM2.5 y PM10, Plomo, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono y dióxido de azufre). A partir de este año, las emisiones de estos contaminantes se han reducido en un 41% en todo el territorio (United States Environmental Protection Agency, 2010). Este progreso de reducción se ha logrado a través de la generación de reglamentos construidos a partir de asociaciones voluntarias entre los gobiernos federal, estatal y local, instituciones académicas, grupos industriales y organizaciones ambientales.



**Figura 18** Capa de smog en Los Ángeles California



*Fuente: Environment Defense found, 2007.*

En este país, las principales fuentes de emisión de contaminantes, según la EPA 2010 son: el sector eléctrico con una contribución del 70% en la emisión total de SO<sub>2</sub>, el sector agrícola contribuye con el 80% de la emisión de NH<sub>3</sub>, el uso de solventes y el sector transporte contribuye con el 50 % de la emisión de VOC y finalmente, el sector transporte y algunas fuentes fijas contribuyen aproximadamente con el 80% de la emisión de CO; la figura 19 muestra la participación de las fuentes de emisión en el aporte de contaminantes a la atmósfera.

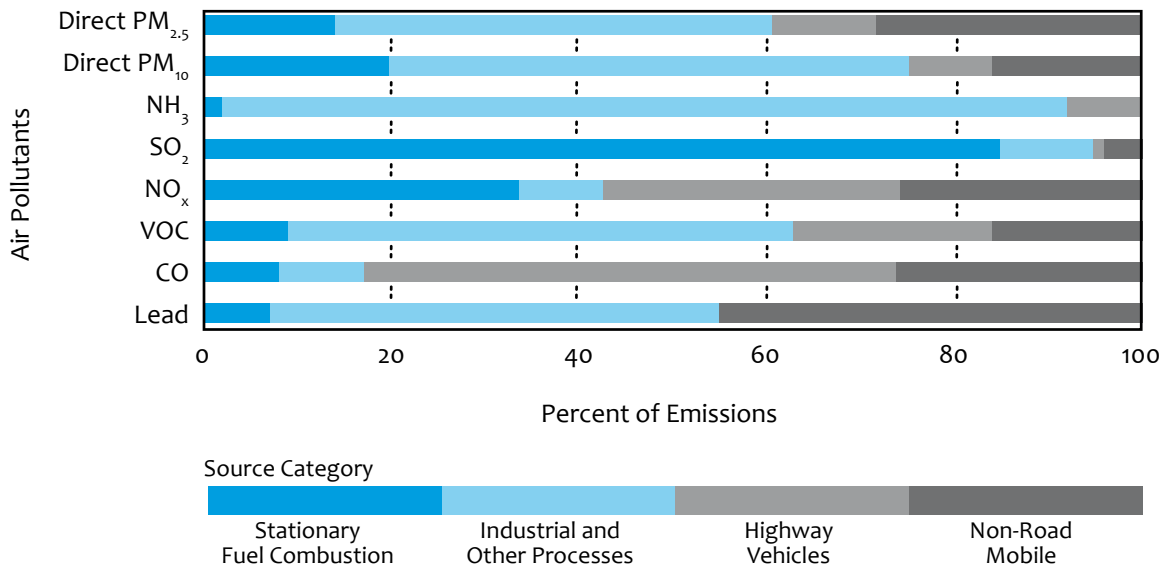
Estas emisiones se ven reflejadas en el estado de la calidad del aire, el cual se cuantifica a través del cálculo del índice de calidad del aire (Air Quality Index -AQI), según el nivel de contaminación; este índice advierte los efectos a la salud a los grupos sensibles y al público en general. Las ciudades que presentaron mayor número de días al año con calidad del aire insalubre entre los años 2001-2008 son:

Los Ángeles, Sacramento, Houston, Dallas, Filadelfia y Pittsburgh, en ellas este estado se produce generalmente por el aumento de las concentraciones de ozono y material particulado, la figura 20 muestra el número de días con calidad de aire insalubre en las principales ciudades del país.

La preocupación de la contaminación atmosférica en el país, se centra principalmente en el control y reducción de las concentraciones de ozono y material particulado, sin embargo entre los años 2001 a 2008 la concentración anual de PM<sub>2.5</sub> ha disminuido 17 % y la concentración de 8 horas de ozono 10% (United States Environmental Protection Agency, 2010).

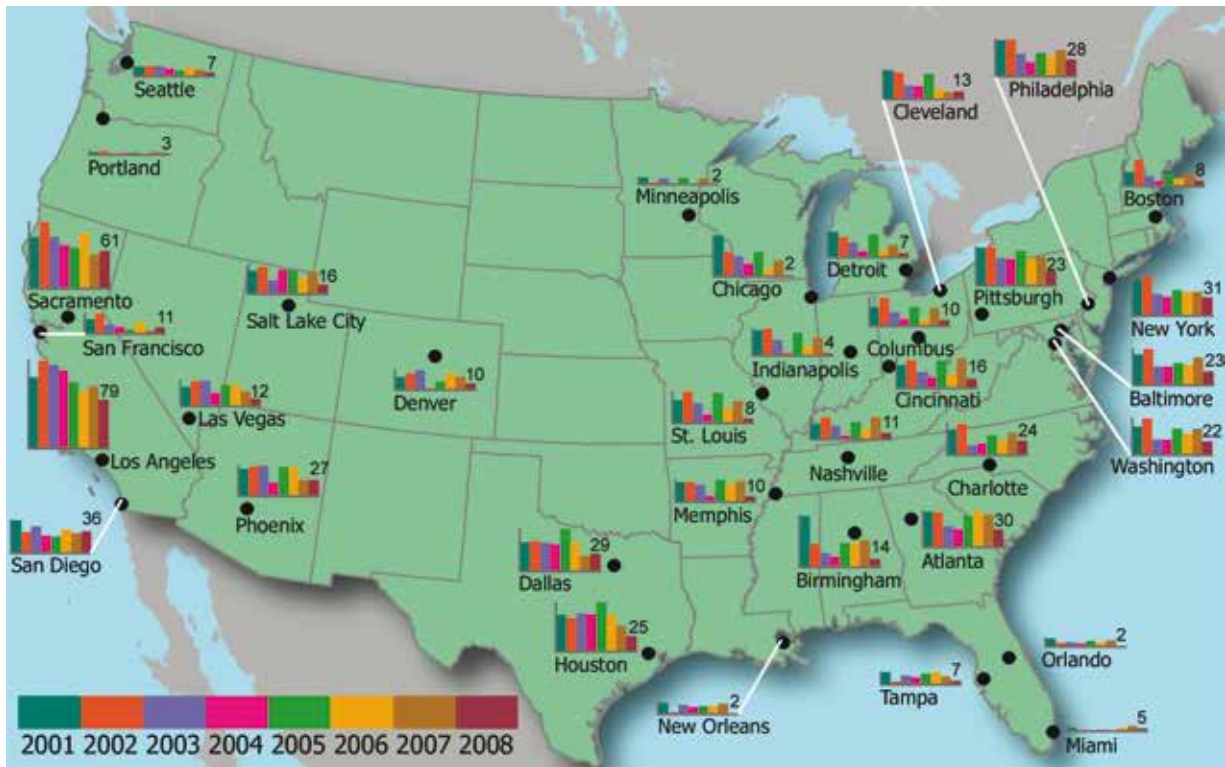
Por otro lado, las reducciones progresivas de dióxidos de azufre y de nitrógeno contribuyeron significativamente en la disminución de la lluvia ácida en el país, entre 1989-1991 y 2006-2008; los sulfatos

**Figura 19 Distribución de la emisiones de los Estados Unidos por tipo de fuente, 2008.**



Fuente: United States Environmental Protection Agency, 2010.

**Figura 20** Número de días con valores de AQI por encima de 100 durante 2001-2008 en algunas ciudades de los Estados Unidos



Fuente: United States Environmental Protection Agency, 2010.

tuvieron una reducción de más del 30% y los nitratos otro tanto igual en el este de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, 2010).

A través de la ejecución de programas encaminados hacia la reducción de los niveles de contaminación atmosférica aplicados principalmente a las fuentes móviles, plantas químicas, tintorerías, hornos de coque e incineradores, los Estados Unidos ha logrado disminuir la concentración de los contaminantes tóxicos (Benceno, butadieno, estireno, xileno y tolueno) entre 1990 y 2005 aproximadamente un 40% en todo el territorio norte americano y un 5% por año entre los años 2000 a 2005 en la mitad de las estaciones de monitoreo (United States Environmental Protection Agency, 2010).

### 3.3.5 Asia

Aunque la contaminación del aire ha descendido en muchos países industrializados, ésta ha aumentado en otras regiones, sobre todo en Asia. En este continente, el rápido crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la urbanización se han asociado al aumento del uso de combustibles fósiles y por consiguiente el deterioro de la calidad del aire. La OMS calcula que más de 1.000 millones de personas de los países asiáticos están expuestas a niveles de contaminación atmosférica que superan los límites establecidos en sus directrices (OMS, 2000). Según estimaciones de la OMS de 2002, más de 800.000 personas murieron prematuramente este año debido a la contaminación exterior por PM10 y 1.6 millones debido a la contaminación interior por PM10 (OMS, 2002).

La contaminación del aire en el continente asiático ha sido durante mucho tiempo un problema en las naciones más industrializadas del occidente, pero ahora se ha convertido en una fuente creciente de degradación ambiental en las naciones en desarrollo de Asia oriental (Alles, 2009). En particular China, es uno de los países con mayor desarrollo económico del continente y el más poblado, pero así mismo con una problemática de contaminación atmosférica alarmante, causada principalmente por la ineficiencia energética en la combustión de carbón (Xiaoping Wang, 2005) que genera grandes cantidades de material particulado y dióxidos de azufre principalmente.

Las fábricas chinas de acero usan una quinta parte más de carbón por tonelada, que el promedio internacional, así mismo la industria cementera usa un 45% más que el promedio internacional (YARDLEY, 2007). El Banco Mundial en el año 2007 anunció que China contiene 20 de las 30 ciudades más contaminadas del mundo, debido al alto uso de carbón para generar energía, la lluvia acida, el insostenible manejo del agua residual y la erosión (Banco Mundial, 2007).

Según el Ministerio de Protección Ambiental de China, en el 2008, se reportaron 21 ciudades con estándar de calidad de aire grado I (buena), 378 ciudades con estándar

**Figura 21 Ciudad de Lifen – China**



**Fuente: (IMGREEN, 2009)**

*Ubicada en la provincia de Shanxi, se caracteriza la proliferación de centrales energéticas y la industria minera del carbón. La Agencia de Protección Ambiental de China declaró que esta ciudad tiene la peor calidad de aire del país, en esta provincia las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) alcanzan 1,5 millones de toneladas al año, el doble de la meta establecida por el gobierno provincial (China Internet Information Center, 2006).*

**Figura 22 Ciudad de Norilsk, Rusia**



**Fuente: (IMGREEN, 2009)**

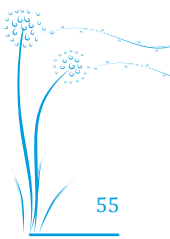
*Norilsk es la ciudad más grande de Krasnoyarsk Krai, en esta ciudad la fundición de níquel es la principal responsable de la alarmante contaminación, caracterizada por altas concentraciones de dióxido de azufre (el uno por ciento de la emisión mundial de  $SO_2$  proviene de esta ciudad) y lluvia ácida. Las fundidoras de níquel producen la quinta parte del níquel del mundo, mientras emite 1,9 millones de toneladas de dióxido de azufre al año, así como 10.800 toneladas de metales pesados en el material particulado (The New York Times, 2007).*

grado II (moderada), 113 grado III (severa) y 7 ciudades que sobrepasan el grado III (Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, 2008). En términos económicos, el Banco Mundial y el estado de protección y administración ambiental de China (The State Environmental Protection Administration) estimaron que la mortalidad prematura y morbilidad asociadas a la contaminación del aire se calculó en 157.300 millones de yuanes en 2003 lo que equivale al 1,16% de PIB (The World Bank - State Environmental Protection Administration, P. R. China, 2007).

Sin embargo el Ministerio de Protección Ambiental de este país ha formulado planes para la minimizar el impacto de la contaminación a la salud humana y el medio ambiente en el que incluyen la reducción de la contaminación atmosférica. Tal es el caso del

Onceavo Plan Nacional para la Protección del Ambiente 2006-2010 (The National Eleventh Five-year Plan for Environmental Protection), el cual propone disminuir las emisiones de dióxido de azufre y el número de ciudades que se encuentran en el estándar de calidad de aire grado II.

En el contexto internacional, la contaminación del aire está fuertemente marcada por el desarrollo de inventarios de fuentes de emisión en muchos casos elaborados anualmente y la predicción espaciotemporal de la contaminación atmosférica, que sirven como insumo para el análisis del estado de la calidad del aire y los impactos a la salud de las poblaciones más afectadas, además para la formulación de políticas, actualización de normas y el desarrollo de estudios de investigación en pro del mejoramiento, control y prevención de la calidad del aire.





## 3.4 Problemática Nacional

### 3.4.1 Características socioeconómicas

En la primera década del siglo XXI (hasta el 2008), el país vivió un crecimiento económico sostenido que permitió su recuperación de la crisis alcanzada en 1999; con base en las estadísticas preparadas por el DANE y Banco de la República (s.f.), la economía del país ha mostrado una recuperación de su producto interno bruto a partir del año 2000, al pasar de \$89.968 millones de pesos (constantes de 1994) a \$121.924 millones de pesos en el año 2007 (Ortiz et al en IDEAM, 2010). De igual manera el aumento de población, según las proyecciones del DANE entre los años 2007 a 2010 fue del 3.6%. El crecimiento económico y poblacional del país, se ve reflejado en el aumento de la demanda de recursos naturales usados para satisfacer las necesidades económicas y sociales de los colombianos y como consecuencia un aumento en la generación de impactos al medio ambiente.

#### 3.4.1.1 Población

Según la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire, el impacto de la calidad del aire sobre la salud de la población colombiana se ha visto evidenciado por los resultados de estudios epidemiológicos en diferentes zonas de país. Estas investigaciones realizadas han logrado cuantificar el incremento en el número de casos por enfermedad respiratoria aguda (ERA) asociados al aumento en la concentración de contaminantes como ozono, dióxido de nitrógeno, material particulado menor a 10 micras y a 2.5 micras. Por ejemplo, incrementos en 10 y 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración diaria de PM2.5 aumenta las consultas por enfermedades respiratorias en un 13% y 24%, respectivamente, así como las consultas por Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica EPOC se incrementan 13% por el aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5 y de 28% por incrementos en 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM2.5.

De acuerdo a lo anterior, la población expuesta es un factor determinante en la priorización de la gestión de la calidad del aire del país. A continuación se presenta la información demográfica de la población colombiana durante el periodo 2007-2010 que analiza este informe.

Según proyecciones del DANE (s.f.) la población en Colombia para el año 2007 era de 43.926.034 habitantes, mientras que para el año 2010 era de 45.509.584 habitantes. La densidad demográfica calculada en 38 habitantes por  $\text{km}^2$ , está distribuida de manera irregular en el territorio; posee zonas urbanas con 3.500 habitantes por  $\text{km}^2$  en ciudades como Bogotá o Medellín, contrastando con zonas selváticas, especialmente al sur y otras al occidente del país con menos de 1 habitante por  $\text{km}^2$ . En la región Andina se asienta el 75% de la población, mientras la región Caribe alberga 21%. Las siete ciudades más grandes del país poseen el 34% de la población con una tasa de crecimiento demográfico más alta que la del resto del país, lo cual es el reflejo de un proceso de urbanización acelerado (Ortiz et al en IDEAM, 2010).

En Colombia alrededor del 59% de la población se asentó en centros urbanos mayores de 100.000 habitantes en el año 2007; de este valor el 33% corresponde a ciudades capitales del país y el 67% restante a poblaciones municipales como se ve en la tabla 3. Las 20 poblaciones más habitadas del país, se presentan en la gráfica 3 de acuerdo a la proyección de población que realizó el DANE (s.f.).

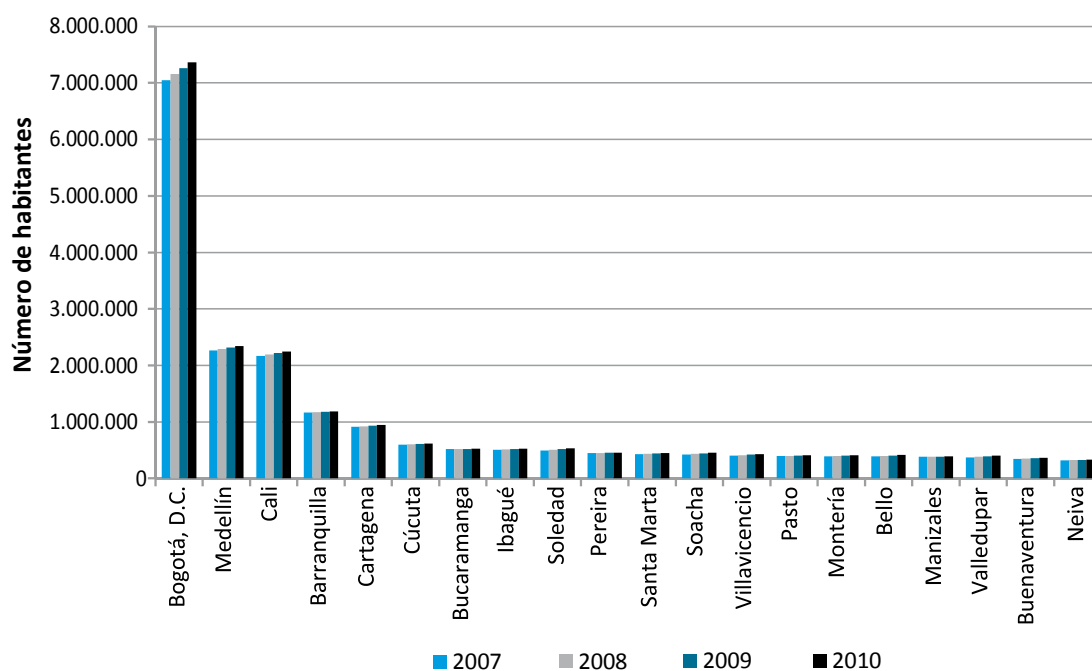
Aunque los procesos de urbanización (aumento de población, servicios e infraestructura) son considerables en las ciudades más pobladas y por ende el impacto en la calidad del aire, algunas poblaciones con menor número de habitantes pueden tener mayor deterioro de la calidad de aire, debido a problemáticas puntuales y específicas, que afecten en gran medida la salud de la población expuesta.

Tabla No. 3 Municipios y Ciudades con mayor número de habitantes 2007- 2010

No	MUNICIPIO/ CIUDAD	Número de habitantes proyección 2007	Número de habitantes proyección 2008	Número de habitantes proyección 2009	Número de habitantes proyección 2010
1	Bogotá, D.C.	7.050.228	7.155.052	7.259.597	7.363.782
2	Medellín	2.265.244	2.291.378	2.317.336	2.343.049
3	Cali	2.169.838	2.194.781	2.219.720	2.244.668
4	Barranquilla	1.162.855	1.170.940	1.178.827	1.186.412
5	Cartagena	912.498	922.859	933.541	944.481
6	Cúcuta	599.905	606.021	612.175	618.379
7	Bucaramanga	519.920	521.435	522.806	524.030
8	Ibagué	509.796	515.424	520.989	526.527
9	Soledad	490.922	505.612	520.504	535.642
10	Pereira	449.082	451.791	454.464	457.078
11	Santa Marta	428.018	434.539	441.198	447.963
12	Soacha	423.604	434.358	445.148	455.992
13	Villavicencio	400.537	410.791	421.125	431.521
14	Pasto	394.254	400.055	405.882	411.697
15	Montería	391.046	397.152	403.320	409.542
16	Bello	388.401	396.665	404.895	413.186
17	Manizales	383.442	385.167	386.848	388.490
18	Valledupar	374.014	383.795	393.592	403.444
19	Buenaventura	342.273	349.020	355.829	362.764
20	Neiva	322.102	324.993	327.768	330.436

Fuente: (DANE, 2011)

Gráfica 3 Poblaciones más habitadas, según proyecciones de población 2007 a 2010, DANE



Fuente: (DANE, 2011)

### 3.4.1.2 Producto Interno Bruto

El crecimiento económico es un indicador de productividad de un país, en este sentido y con relación a la calidad del aire, el incremento de la productividad del país representa mayor consumo de combustibles fósiles y mayor actividad dentro de la industria manufacturera, es decir, que podría inferirse que el crecimiento económico traiga consigo un aumento en las emisiones de contaminantes al aire que podrían afectar la calidad del aire en algunas ciudades o regiones del país. A continuación se presenta información del producto interno bruto de Colombia durante el periodo de análisis de este informe.

En términos estructurales, el Producto Interno Colombiano está representado en buena medida por el sector servicios, en el que se ha observado un crecimiento constante desde la década de los cincuenta, impulsado primordialmente por los servicios financieros y la ampliación en la cobertura de los servicios públicos. En tal sentido, la participación de la producción primaria y manufacturera ha disminuido y estabilizado dentro de la estructura de generación de valor en Colombia. (Ortíz, 2010).

De acuerdo con la información publicada por el DANE, Colombia en el año 2007 registró un producto interno bruto (PIB) total de 387.983 miles de millones de pesos, mientras el año 2009 407.577 miles de millones de pesos a precios corrientes 2005 (ver tabla No. 4), (DANE, 2011)

Con base en las estadísticas preparadas por el DANE y Banco de la República (s.f.), la economía del país ha mostrado una

recuperación de su producto interno bruto a partir del año 2000, al pasar de \$284.761 miles de millones de pesos (constantes de 2005) a \$387.983 miles de millones de pesos en el año 2007, que corresponde a un incremento del PIB per cápita (en dólares a precios de 1994) de \$2.126 (2000) a USD \$2.566 (2007p).

No obstante, el año 2009 se caracterizó por la disminución del crecimiento luego de un importante periodo de expansión económica, haciendo de éste posiblemente el primer año de un ciclo de desaceleración ocasionado por la crisis económica mundial. Si bien el crecimiento del PIB colombiano es relativamente sensible a la aversión global al riesgo, no es de esperarse que dicho impacto sea significativo en la economía nacional (Ortiz et al en IDEAM, 2010).

Las ramas de la actividad económica que más aportaron al PIB durante los años 2007 - 2009 son en su orden, actividades de servicios sociales, comunales y personales, establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas e Industrias manufactureras, sin embargo las ramas que se relacionan con la generación emisiones atmosféricas, son la agricultura, las industrias manufactureras, transporte, explotación de minas y canteras, comercio, restaurantes y hoteles y construcción.

Adicionalmente, los departamentos que generaron los mayores aportes al PIB nacional durante los años 2007-2008, son en su orden Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca y Santander, éstos aportaron en el año 2006 el 56,2% y en el 2007 el 57,5% del PIB nacional (DANE).

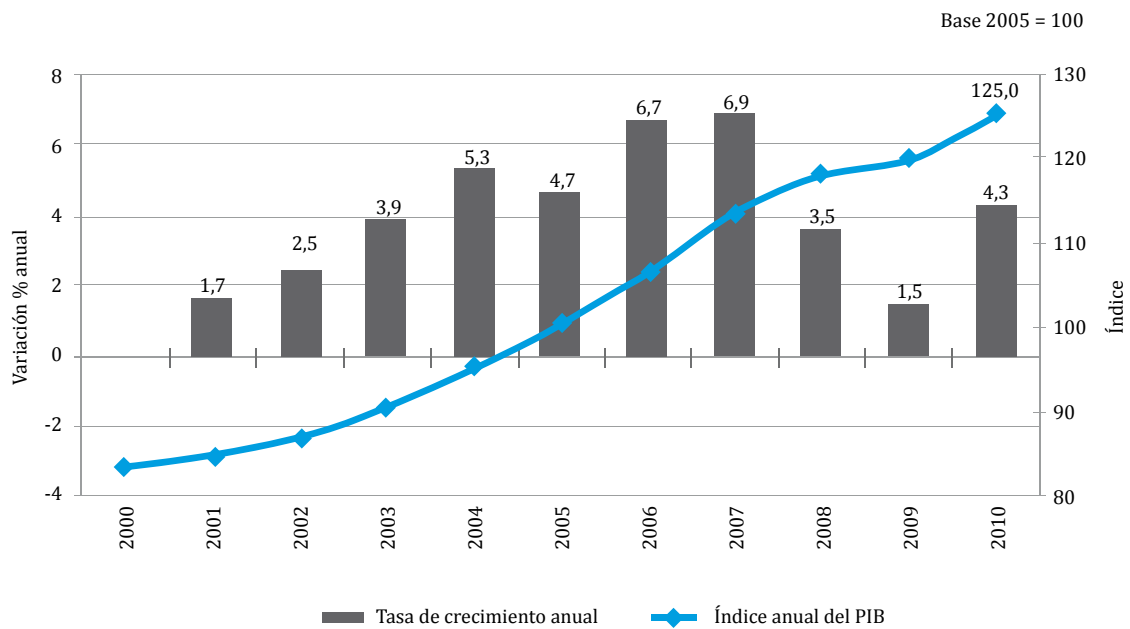
**Tabla No. 4 Producto interno bruto total y por habitante años 2007- 2009**

Año	Producto interno bruto total	Producto interno bruto por habitante
	Miles de millones de pesos	Pesos
2007	387.983	9.813.588
2008	401.744	10.821.916
2009 <sup>p</sup>	407.577	11.306.299

Fuente: (DANE, 2011)

<sup>p</sup> Cifra provisional

**Gráfica 4 Crecimiento anual del Producto Interno Bruto 2001 - 2010**



Fuente: DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales



### 3.4.1.3 Sector Energético

El uso de combustibles es la principal causa de contaminación atmosférica en las ciudades del mundo (Kojima M. y M Lovei., 2001) en (CONPES, 2005), sin embargo la generación y uso de energía es necesaria para el desarrollo económico del país, así como mejorar la calidad de vida de las habitantes.

Para el periodo 2007 - 2009, la producción total de energía primaria creció 5,3%, explicado por el crecimiento en la producción de gas natural (44%), carbón mineral (4%), y la extracción de petróleo (26,4%) (UPME). Por otro lado el consumo interno presentó un crecimiento de 3,1%, pasando de 221.166 a 228.086 teracalorías para el año 2009.

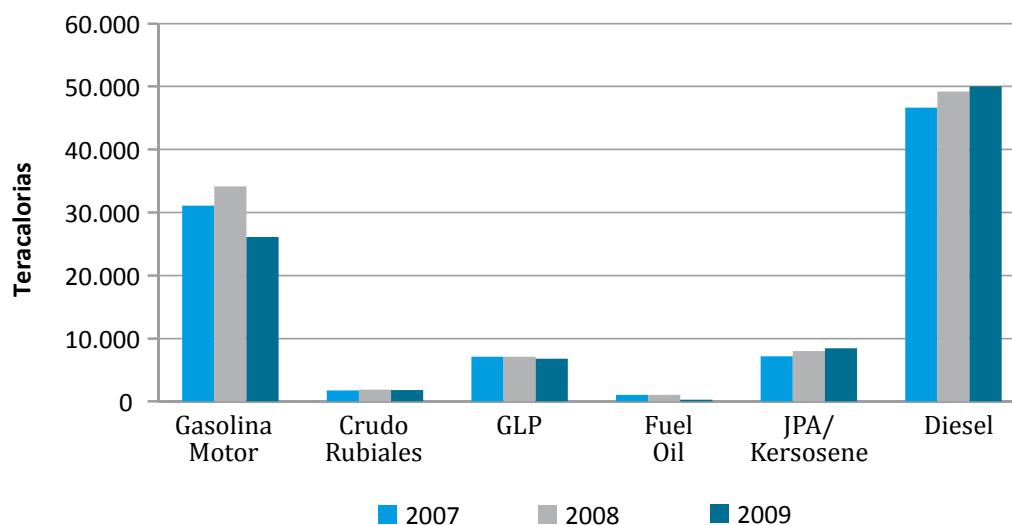
Históricamente los sectores con mayor consumo energético en el país son en su orden, transporte, industrial y residencial. En el año 2009 el sector transporte consumió el 36,6% del consumo energético final, mientras que el

sector industrial y el residencial participaron con 24,3% y 22,2%.

La estructura energética del país, está dada por el petróleo y sus derivados, carbón mineral, gas natural, electricidad, alcohol carburante, biodiesel y otros (leña, bagazo y recuperación/residuos). Entre el periodo 2007 a 2009 el consumo de petróleo y sus derivados disminuyó un 1,4%, mientras que los demás contribuyentes aumentaron; el carbón por su parte aumentó el 11%, el gas natural el 6,2% y el alcohol carburante tuvo un aumento de 23% (UPME, 2010) y (UPME, 2008).

En cuanto al uso de combustibles (Ver gráfica 5), continúa el crecimiento del consumo de ACPM, debido a la diferencia de precio con la gasolina y a la implantación en las principales ciudades de sistemas de transporte masivo, así como al cambio de tecnología en vehículos de servicio particular, carga interurbana y camionetas que funcionan con este combustible (UPME, 2010).

**Gráfica 5 Consumo de derivados del petróleo años 2007- 2009**



Fuente: (UPME)

Durante 1990 se consumieron 36.000 barriles/día de ACPM, mientras en el 2009 el promedio fue de 98.000 barriles/día. El consumo de la gasolina regular ha registrado una tendencia decreciente pasando de 107.000 barriles/día en 1990 a 65.000 barriles/día en el 2009 debido, entre otros factores, a la sustitución por gas natural vehicular, a la mezcla de etanol y al cambio de tecnología en los vehículos (UPME, 2010).

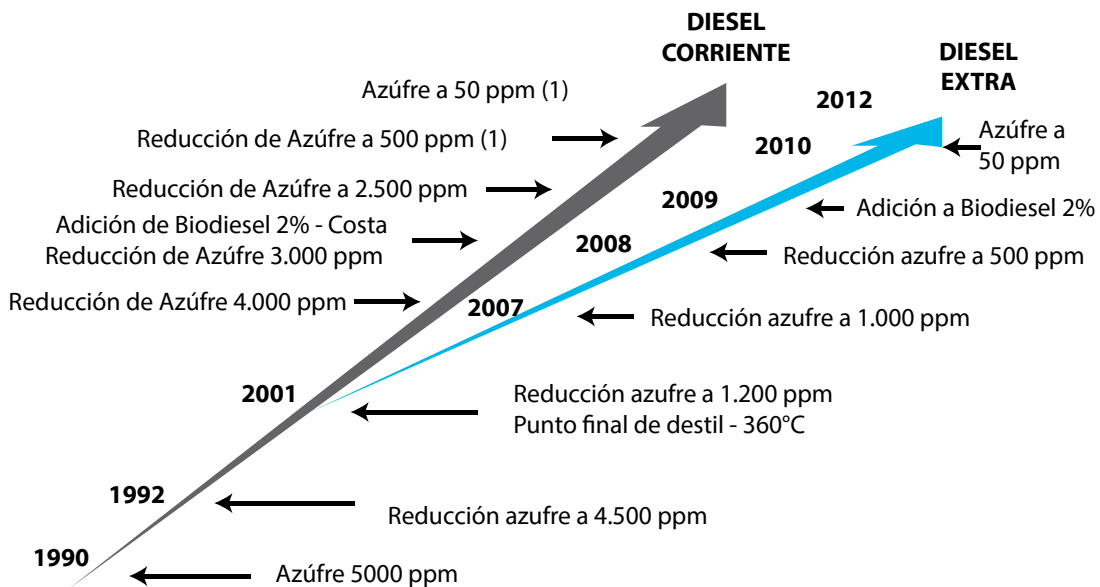
Con el fin de abordar el tema de la calidad de los combustibles, que tiene un gran impacto en la calidad del aire, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial realizó una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) sobre combustibles, que contó con la participación de más de 30 entidades relacionadas con el tema (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Mediante esta evaluación se logró la priorización

de políticas sectoriales relacionadas con la calidad del aire y la calidad y precio de los combustibles. En este sentido los Ministerios de Ambiente y de Minas y Energía expedieron en el año 2007 la Resolución 182087 la cual permitió que se iniciara en el año 2008 la distribución de diesel de 500 partes por millón (ppm) de azufre en Bogotá y que a partir de enero de 2010 se distribuyera diesel de 50 ppm de azufre en esta ciudad; para el resto del país se estableció la distribución de diesel de 50 ppm de azufre a partir de enero de 2013. En cuanto a la calidad de los combustibles utilizados por los sistemas de transporte masivo, a partir de enero de 2010 todos utilizan diesel de 50 ppm de azufre.

El consumo de diesel genera especialmente material particulado. La figura 23, muestra cronológicamente el mejoramiento del combustible diesel distribuido en Bogotá (Extra) y en el resto del país (corriente).



**Figura 23 Evolución de la calidad del diesel en Colombia**

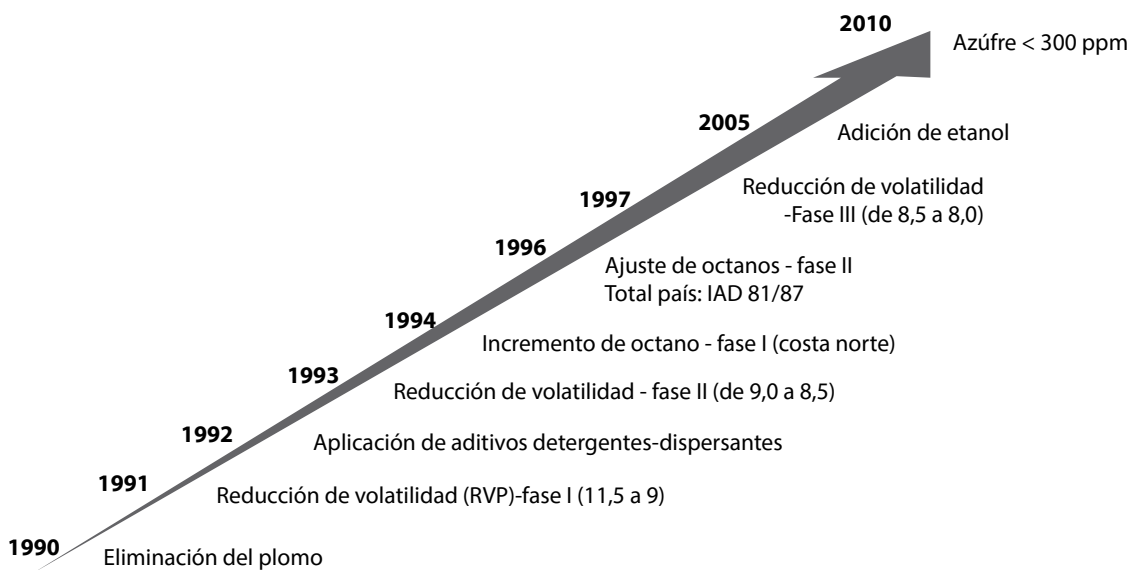


Fuente: (ARANGO, 2009)

Por otro lado, el consumo de gasolina en vehículos genera en su mayoría hidrocarburos y monóxido de carbono. En el año 1990 se eliminó el contenido de plomo de la gasolina, a partir de allí se ha reducido el contenido de aromáticos. En el 2005 se reguló una adición de Etanol a la gasolina del 10% y, para el 2010, se redujo el contenido de azufre de 900ppm a menos de 300ppm (ver Figura 24).

Si bien el uso de combustibles tiene una importante incidencia en generación de contaminantes atmosféricos y el deterioro de la calidad del aire, otros factores como la movilidad, los hábitos de uso de los vehículos (hábitos de conducción), la edad del parque automotor, el estado de las vías y las industrias afectan negativamente el estado de la calidad del aire en las ciudades.

**Figura 24 Evolución de la calidad de la gasolina en Colombia.**



**Fuente:** (ARANGO, 2009)

#### 3.4.1.4 Sector Industrial

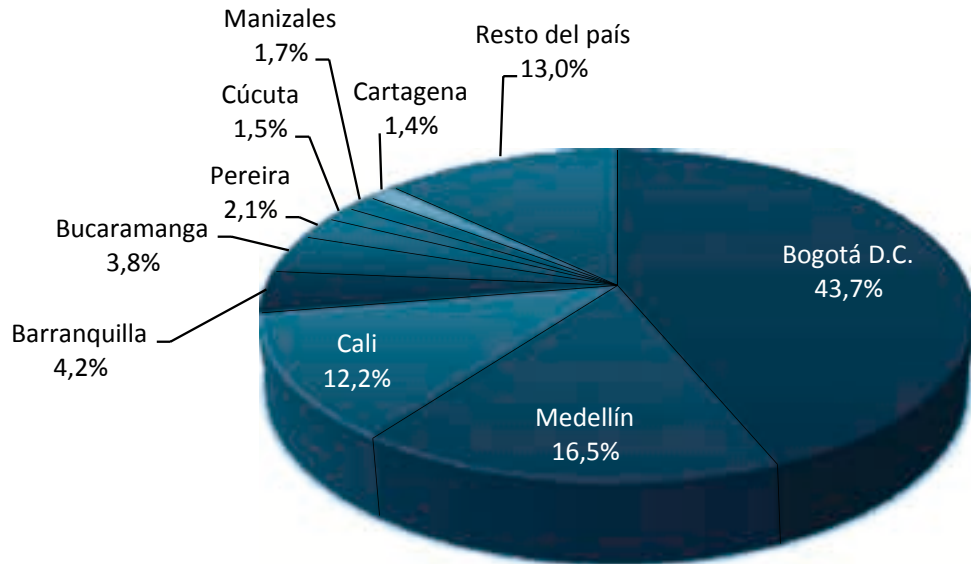
Según la encuesta nacional manufacturera 2009, 72,3% estaban ubicados en las áreas metropolitanas de Bogotá D.C., Medellín y Cali; 14,7% se concentraron en Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Manizales, Cúcuta y Cartagena; el 13% de los establecimientos se localizaron en el resto del país.

De otro lado, los costos y gastos que realizan los establecimientos industriales para la protección del medio ambiente (representados en materias primas, mantenimiento,

pequeñas herramientas y gastos operativos), constituyeron 51,66% del total reportado en 2008. La inversión, costo y gasto de estos establecimientos con respecto a 2007 presentó una disminución de 5,92% (DANE, 2008).

Según la Encuesta ambiental Industrial 2008, la protección del aire y del clima fue el segundo mayor costo y gasto (25,6%) realizado por establecimiento industriales en el país (Ver gráfica 7), en esta categoría se destaca la inversión en prevención de la contaminación atmosférica por modificación de procesos, con 65.244 millones de pesos (77,4%).

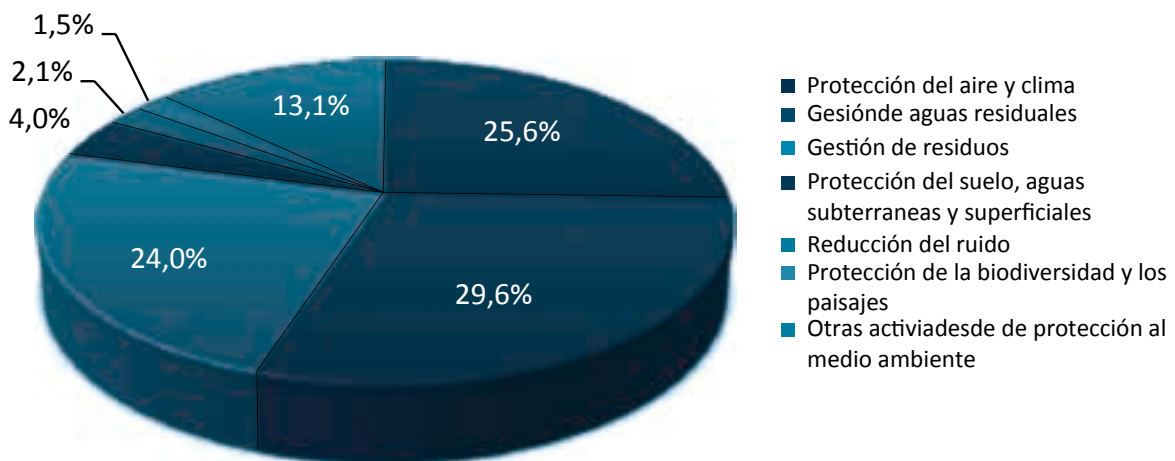
**Gráfica 6 Distribución de establecimientos por área metropolitana 2009<sup>P</sup>**



Fuente: (DANAE, 2010)

<sup>P</sup> = Datos provisionales

**Gráfica 7 Participación de las categorías de protección ambiental en la inversión costo y gasto realizado por los establecimientos industriales 2008**



Fuente: (DANE, 2008)





### 3.4.1.5. Sector transporte

El uso de vehículos en las ciudades ha sido considerado como uno de los principales emisores de contaminantes a la atmósfera, el tipo y cantidad de contaminantes emitidos dependen del tipo y calidad de combustible usado y el tipo de tecnología y el estado técnico mecánico del vehículo.

En este sentido, el gobierno Colombiano se ha preocupado por mitigar el impacto de la contaminación por fuentes móviles a la calidad de aire y a la salud de la población, a través de la formulación de políticas para el mejoramiento del transporte público urbano y masivo de pasajeros.

La política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros (CONPES 3167 - 2002), propone estrategias para optimizar los servicios de transporte en las ciudades del país con más de 600 mil habitantes. Con base al diagnóstico del transporte público, se evidencia la deficiencia del transporte público; según este documento la edad del parque automotor del servicio urbano en el país oscilaba entre 17,2 y 10,4 años en las principales ciudades del país.

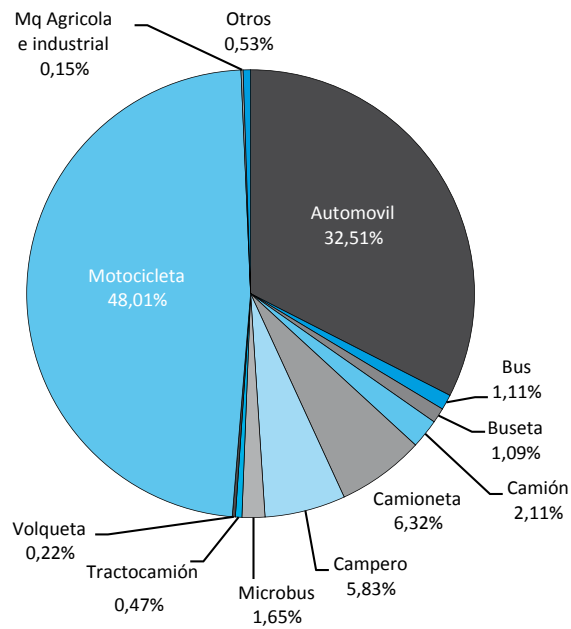
Con base en las deficiencias evidenciadas en el transporte público y en las directrices

establecidas en la política anterior se formuló en el año 2003 la política nacional de transporte urbano y masivo, en la cual establecieron estructuras de financiamiento y cooperación para la implantación de Sistemas Integrados de Transporte Masivo - SITM como herramienta para solucionar la problemática de movilidad, mejorar la calidad del aire y renovar la flota vehicular de transporte público.

Actualmente en el país operan y/o se construyen siete SITM, en las ciudades de Bogotá - Soacha (TRANSMILENIO), Barranquilla (TRANSMETRO), Bucaramanga (METROLINEA), Santiago de Cali (MIO), Cartagena (SITMC), Medellín (METROPLUS), y Pereira - Dosquebradas (MEGABUS). Estos sistemas mejoran la movilidad de los centros urbanos y como consecuencia la calidad del aire y las emisiones de ruido en dichas ciudades.

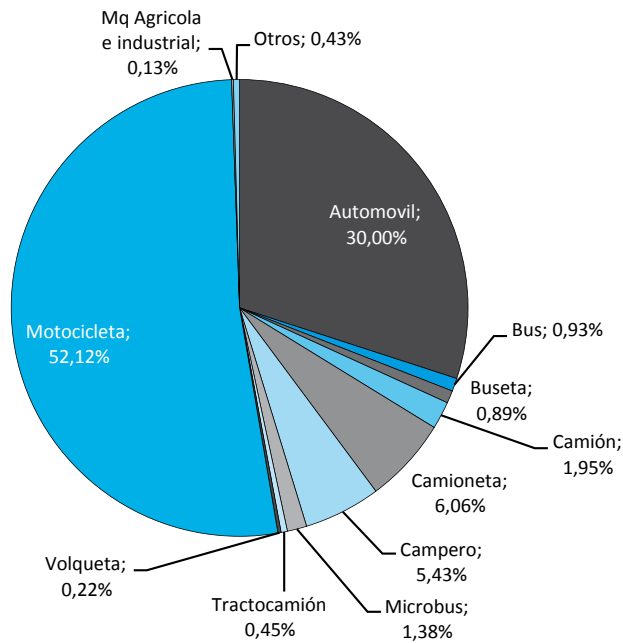
Por otro lado, la distribución de la flota vehicular en el país está principalmente marcada por el uso de motocicletas y automóviles; durante el periodo 2007-2009 la cantidad de motocicletas aumentó 11% mientras que el automóvil 5%. Las gráficas 8 y 9 permiten ver la distribución de la flota vehicular en los años 2007 y 2009.

**Gráfica 8 Distribución de la flota vehicular en Colombia año 2007 – Modelos 1991 en adelante**



Fuente: (MINTRANSPORTE, 2011)

**Gráfica 9 Distribución de la flota vehicular en Colombia año 2009, Modelos 1991 en adelante.**



Fuente: (MINTRANSPORTE, 2011)



### 3.4.2 Problemática de la Calidad del Aire en Colombia

La problemática de la contaminación atmosférica en el país es la que genera los mayores costos sociales y ambientales después de los generados por la contaminación del agua y los desastres naturales, según LARSEN, 2004. La contaminación atmosférica local causa anualmente pérdidas que ascienden a 1.5 billones de pesos (Larsen, 2004).

La emisión de contaminantes por el uso de combustibles fósiles es la principal causa de contaminación atmosférica, según el CONPES 3344, el 41% del total de las emisiones se generan en Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, el Valle Sogamoso, Bucaramanga, Cartagena y Pereira.

De acuerdo con los resultados del Informe de Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire publicado por el IDEAM, 2007; durante los años 1998 a 2006 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 sistemas de vigilancia y monitoreo. Por su parte el ozono ( $O_3$ ) alcanzó concentraciones críticas, en especial, en zonas urbanas. Los óxidos de nitrógeno y de azufre en la mayoría de los sistemas de vigilancia se mantuvieron dentro de los límites permisibles. Para el caso del CO, la mayoría de las concentraciones se mantuvieron dentro de los límites permisibles, pero al igual que el  $O_3$ , las concentraciones más altas se presentan dentro de los centros urbanos y algunas llegan a superar los límites máximos permisibles.

El informe de año 2007 concluye que durante el periodo de análisis (1998-2006) las concentraciones de contaminantes atmosféricos han variado a través del tiempo; 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, hasta el año 2006 se evidenció que en el caso del  $SO_2$ , las concentraciones han aumentado en un 40%, mientras que el  $NO_2$  presenta una reducción del 19%, al igual que el PM10 presentó una reducción del 11%, sin embargo, específicamente para Bucaramanga, y la zona industrial de Yumbo y Palmira este contaminante se incrementó considerablemente en este periodo de tiempo (IDEAM, 2007).

Finalmente vale la pena anotar que si bien Colombia ha tenido importantes avances en la prevención y control de la contaminación atmosférica, el país aún presenta algunas falencias, como generación de inventarios de fuentes de emisión, aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, desarrollo de un mayor número de estudios epidemiológicos y estimaciones económicas de la problemática de calidad del aire. Sin olvidar que en algunas ciudades se han desarrollado este tipo de iniciativas, esta problemática debe tener además una visión global e integral de todo el territorio como se realiza en otros países.

En el capítulo 4 del presente informe, se analiza el comportamiento de diferentes contaminantes en 14 sistemas de vigilancia de calidad del aire con información del periodo 2007-2010.

### 3.5 Calidad del Aire y Salud

A diferencia del suelo o de una fuente de agua, a los cuales se les puede dar un adecuado manejo en su utilización y consumo si se sabe que están contaminados, es imposible seleccionar la porción de aire que se va a respirar; simplemente la población está inmersa en ese “mar” y todos los seres vivos se ven sometidos a los efectos de su contaminación, la cual puede haber sido generada por diferentes fuentes de emisión bien sea en el sitio en que se encuentren o a kilómetros de distancia.

Se puede entender por contaminación atmosférica “el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire”, entendiéndolo que los contaminantes “son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas”. (Decreto 948 de 1995).

La contaminación atmosférica cobra relevancia especialmente en los centros urbanos, en los que se presenta debido a la manera como se venían desarrollando los sectores industrial y de transporte, así como a la falta de planificación en su crecimiento. Esta contaminación disminuye notablemente la calidad de vida de la población, lo cual se ve reflejado en un aumento en la frecuencia y la gravedad de las enfermedades respiratorias, en la mortalidad temprana, en las consultas hospitalarias y en la ausencia laboral.

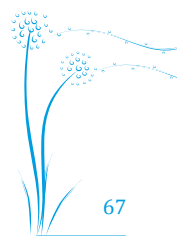
Diariamente la población está expuesta a diversos tipos de contaminantes, los cuales van a afectar de una u otra forma su calidad de vida, representando un riesgo

para la salud. Es posible que debido a esta contaminación, se experimente algún tipo de síntoma como ojos llorosos, tos o ruido al respirar. El riesgo dependerá del estado de salud de la persona en el momento de la exposición, el tipo de contaminante, su concentración y el tiempo que permanezca expuesto al aire contaminado. (South Coast Air Quality Management District, 2012)

La contaminación atmosférica implica riesgo, daño o molestia grave no solo para la población sino para los seres vivos y para los bienes de cualquier naturaleza, debido a que los contaminantes pueden atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. (Martínez, 2004)

Estos contaminantes se encuentran no solo en el ambiente exterior, como se ha mencionado anteriormente, sino que también se presentan en el llamado ambiente “indoor” o intramural, el cual comprende las viviendas, los sitios de trabajo, los centros educativos, los medios de transporte y demás espacios cerrados tanto públicos como privados, en los cuales la población desarrolla cada día sus actividades. Este tipo de contaminación proviene principalmente del humo del cigarrillo o por la generación de emisiones en el uso de biomasa como leña, carbón vegetal, o mineral, residuos vegetales y excremento seco de animal para cocinar. Estos materiales producen concentraciones altas de partículas, monóxido de carbono e hidrocarburos policíclicos aromáticos, entre otros.

De acuerdo con el Informe Sobre la Salud en el Mundo 2002 de la OMS “la mitad de la población mundial está expuesta a la contaminación del aire en los espacios cerrados, sobre todo como consecuencia de la utilización de combustibles sólidos para cocinar y calentarse. A nivel mundial, se estima que esa contaminación provoca el 36% de las infecciones de las vías respiratorias inferiores



y el 22% de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.” (Organización Mundial de la Salud, 2002)

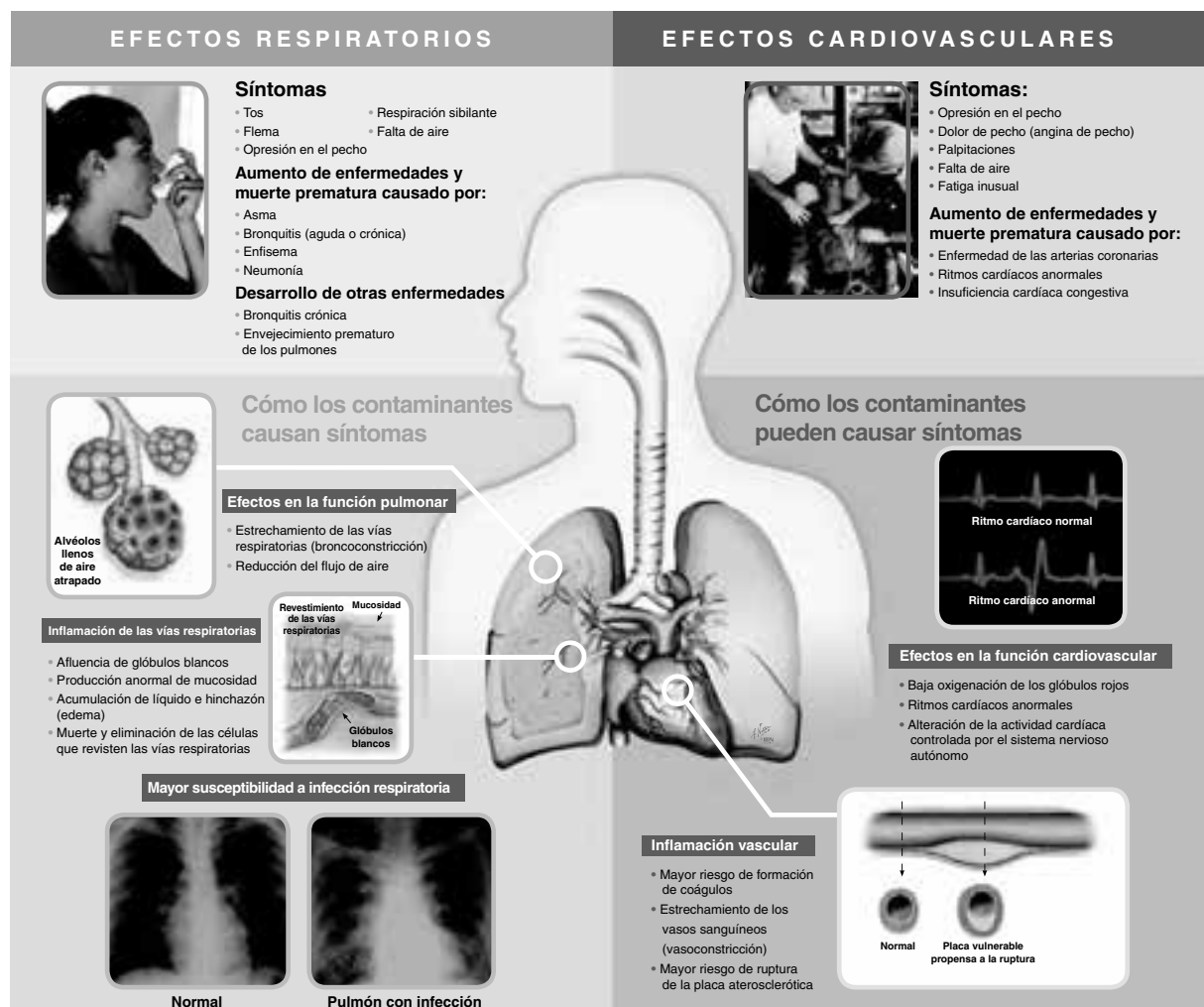
Dentro de la población, existen algunos grupos de personas que son más propensas a sufrir problemas graves de salud como consecuencia de la contaminación del aire. Entre ellas se encuentran personas con enfermedades pulmonares o cardíacas, así como con problemas respiratorios como el asma o el enfisema, las mujeres embarazadas, personas que desarrollan sus trabajos al aire libre, niños menores de 14 años cuyos pulmones todavía se están desarrollando, adultos

mayores cuyos sistemas inmunológicos son más débiles y personas que se ejercitan frecuentemente al aire libre. (South Coast Air Quality Management District, 2012)

La figura 25 muestra los efectos respiratorios y cardiovasculares de la contaminación atmosférica.

Así mismo, los elevados niveles de contaminantes presentes en la atmósfera, principalmente en los grandes centros urbanos como producto de la actividad humana, producen efectos nocivos no solo en la población sino también en las plantas

**Figura No. 25 Efectos respiratorios y cardiovasculares.**



Fuente (Environmental Protection Agency EPA, 2012)

y en los diferentes materiales; algunos de los efectos más importantes se presentan en la tabla No.5.

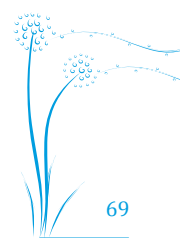
Con el fin de tomar medidas de prevención y protección, a nivel mundial se cuenta con sistemas de vigilancia de la calidad del aire - SVCA (también llamados redes de monitoreo),

los cuales miden las concentraciones de los contaminantes. Con base en el grado de afectación a la salud y al ambiente, estos contaminantes se han clasificado en contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Dentro del primer grupo se encuentran las partículas suspendidas totales - PST, el material particulado menor

**Tabla No. 5. Principales efectos producidos por los contaminantes atmosféricos**

Contaminante	Efectos sobre la salud humana	Efectos sobre las plantas	Efectos sobre los materiales
Partículas	Los efectos dependen de su tamaño, el cual determinará su nivel de penetración en el organismo. A menor tamaño mayor penetración. Pueden ser tóxicas por sí mismas o transportar moléculas de gases irritantes.	Al acumularse sobre las hojas puede obstruir los estomas, dificultando la fotosíntesis. Así mismo pueden causar necrosis y caída de las hojas.	La deposición de partículas puede causar problemas estéticos, lo que conllevará a realizar limpiezas con mayor frecuencia, incurriendo en mayores costos.  Las partículas con ayuda del viento ejercen una acción erosiva sobre los materiales.
Compuestos de azufre	Afectan al sistema respiratorio y pueden causar infecciones respiratorias en niños.	Aparición de manchas lechosas en las hojas, seguido de pérdida de color en las zonas intervenales; en algunas ocasiones hay muerte de tejidos.	Ataque químico que se puede manifestar con deterioro de las pinturas y debilitamiento, por ejemplo, de materiales calizos.
Óxidos de carbono	El CO se combina con la hemoglobina de la sangre reduciendo su capacidad de transportar oxígeno a los tejidos, afectando el comportamiento y la sensibilidad visual.	Concentraciones elevadas pueden producir alteraciones en su metabolismo.	
Compuestos de nitrógeno	Problemas relacionados con el sistema respiratorio.	Pueden llegar a producir defoliaciones, clorosis y necrosis.	Pueden producir decoloración.
Ozono y oxidantes fotoquímicos	Irritación de las mucosas oculares, respiratorias y la piel.	Manchas en las hojas y ataque generalizado en hojas jóvenes.	Ataque del caucho y corrosión de los metales.
Metales	Son altamente tóxicos a bajas concentraciones. Se incorporan a la cadena trófica y son bioacumulables.	Son altamente tóxicos a bajas concentraciones. Se incorporan a la cadena trófica y son bioacumulables.	

Fuente: (Fundación MAPFRE, 1994)



a diez micras – PM10, el material particulado menor a 2.5 micras – PM2.5, el dióxido de azufre – SO<sub>2</sub>, el dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub>, el ozono troposférico – O<sub>3</sub> y el monóxido de carbono – CO cuyos efectos sobre la salud están claramente identificados. Al segundo grupo pertenecen, entre otros, el plomo y sus compuestos, el mercurio, el benceno, el cadmio, el tolueno y el vanadio.

Empleando los valores obtenidos para el material particulado (PM10 y PM2.5), SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO, se puede calcular un “Índice de calidad del aire”, que pretende ser una herramienta clara, sencilla y rápida que permita determinar el estado de la calidad del aire que se está respirando, para que en caso de ser necesario, se tomen medidas con el fin de garantizar que las concentraciones de estos contaminantes no afecten la salud de la población expuesta.

En Colombia el Índice de Calidad del Aire ha sido adoptado a partir del documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009, “Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI por sus siglas en inglés)”, tal y como lo explica el Manual de Operación del Protocolo para el Monitoreo y seguimiento de la Calidad del Aire vigente en Colombia. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos – EPA, tiene seis categorías para clasificar la calidad del aire y el riesgo al que se encuentra expuesta la población, con base en el valor del índice de calidad del aire. Cada una de estas categorías se encuentra identificada con un color, el cual representa el riesgo de la concentración de los contaminantes presentes en el aire para la salud. La Tabla No. 6 muestra la clasificación y el color al que corresponde de acuerdo con el intervalo del Índice de Calidad del Aire:

**Tabla No 6 Clasificación del Índice de Calidad del Aire de acuerdo con el intervalo**

ICA	Color	Clasificación
0-50	Verde	Buena
51-100	Amarillo	Moderada
101-150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles
151-200	Rojo	Dañina a la salud
201-300	Púrpura	Muy dañina a la salud
301-500	Marrón	Peligrosa

**Fuentes (Environmental Protection Agency EPA, 2012) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010)**

De acuerdo con el resultado obtenido al calcular el ICA, se clasifica en una de las categorías mostradas en la tabla No. 6. Para cada contaminante existen acciones preventivas a tomar para evitar la afectación a la salud de la población.

Al reducir la contaminación atmosférica se reduciría la cantidad de muertes prematuras

que se presentan a nivel mundial como consecuencia de la misma. De acuerdo con el estudio realizado en el año 2008 por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica – SEPAR, sobre la contaminación del aire en las ciudades europeas y sus efectos sobre la salud de sus habitantes, si se lograra reducir este tipo de contaminación se podrían evitar entre 11.000 y 16.000

muerres anuales en Europa (Buena Salud, 2012). Este estudio corrobora la peligrosidad de las partículas suspendidas, en especial las de menor tamaño (PM2.5), las cuales tienen la capacidad de penetrar hasta los sacos alveolares que corresponden a lo más profundo de las vías respiratorias. Este estudio concluye que reduciendo el nivel de PM2.5 a 20 microgramos por metro cúbico, se evitarían 11.375 muertes prematuras. Si la reducción fuese algo mayor, se podrían evitar hasta 16.926 muertes prematuras. Adicionalmente en este estudio se estima que la contaminación del aire provoca tres veces más muertes que los accidentes de tráfico, y casi 10 veces más que los accidentes laborales.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud – OMS “de la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados (producida por la quema de combustibles sólidos). Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo.” (Organización Mundial de la Salud, 2006)

En el ámbito nacional los estudios revelan que “Cada año ocurren cerca de 6.000 muertes por causa de la contaminación del aire ambiente. Se calcula que unas 1.100 muertes prematuras se encuentran relacionadas con la exposición a la contaminación intradomiciliaria, como resultado de la utilización de leña, carbón y otros combustibles sólidos para cocinar”. (Sánchez, 2007)

### 3.5.1 Avances de salud ambiental en Colombia relacionados con calidad del aire

Dada la importancia que cobra el tema de la contaminación del aire, siendo el problema ambiental de mayor preocupación y el que

genera los mayores costos sociales, seguido por la contaminación del agua y los desastres naturales (CONPES 3344 Departamento Nacional de Planeación, 2005), a nivel nacional se han venido realizando esfuerzos regionales que permitan establecer los efectos que causa en la salud de la población; vale la pena mencionar que mediante el documento CONPES 3550 “Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química” se dieron las directrices para articular a las diferentes entidades del gobierno de los sectores ambiente, salud e industrial, con el fin de realizar acciones de manera coordinada que permitan fortalecer la gestión interinstitucional, intra e intersectorial en el campo de la salud ambiental. A continuación se hace una breve presentación de algunos de los principales estudios realizados en el país, a partir de la compilación de información suministrada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y construida a partir de los proyectos adelantados por esta entidad o las Secretarías de Salud.

En la ciudad de Bogotá la Secretaría Distrital de Salud desde el año 2007 viene adelantando el proyecto “Diseño y funcionamiento de un sistema de vigilancia epidemiológica de la relación entre contaminación de aire y salud en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy”, por medio del cual se pretende encontrar la relación entre contaminación atmosférica por material particulado PM10 y enfermedades respiratorias en niños menores de cinco años, el cual permitió establecer que el principal factor de riesgo para la aparición de sibilancias, ausentismo escolar, tos y mocos es la contaminación del aire poblacional con material particulado. (Secretaría Distrital de Salud, 2010)

Así mismo FONADE, La Universidad de la Salle y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial realizaron durante





el año 2007 el estudio “Evaluación de la contaminación por material particulado menor a 10 micras - PM10 a nivel extradomiciliario, intradomiciliario y la exposición personal al mismo contaminante, proyecto piloto en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón”.

Dicho estudio tenía dentro de sus objetivos determinar la asociación entre contaminantes atmosféricos y morbilidad atendida, así como identificar factores de riesgo en la zona de influencia de la población de estudio, asociados a enfermedades respiratorias. Mediante la elaboración de mapas de riesgo se pudo establecer que la población menor a cinco años que se encuentra expuesta a mayores concentraciones de contaminantes, tiene un mayor riesgo de contraer una enfermedad respiratoria aguda ERA. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, FONADE, Universidad de la Salle, 2007)

En la ciudad de Bucaramanga se puede citar el “Convenio Especial de Cooperación Científica y Tecnológica suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, La Fundación oftalmológica de Santander - Clínica Carlos Ardila Lule FOSCAL, la Corporación Autónoma regional para la Defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB y la Secretaria de Salud y Ambiente de Bucaramanga SSAB”, suscrito en el año 2009, que dentro de sus objetivos tenía realizar el análisis de los efectos de la contaminación por PM10 sobre la ocurrencia de síntomas respiratorios en población sensible, así como determinar la presencia del nivel umbral de concentración de PM10 para la aparición o exacerbación de síntomas en poblaciones de riesgo en salud.

Mediante este estudio se encontró una relación positiva entre la incidencia de síntomas respiratorios y la exposición a niveles altos de contaminación externa en población con enfermedad respiratoria o cardiovascular

crónica. De esta manera vivir en una zona de mayor contaminación determina un riesgo de aproximadamente 70% más probabilidad de desarrollar síntomas respiratorios en poblaciones previamente enfermas. Así mismo se encontró mayor sintomatología respiratoria en las personas con enfermedad crónica que residen en áreas con promedio diario de PM10 superior a  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo cual este punto podría considerarse como nivel umbral de efectos negativos para la salud respiratoria en población sensible en Bucaramanga. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, FOSCAL, CDMB y SSAB, 2009)

Debido a que Santa Marta es una ciudad - puerto carbonífero, durante los años 2008 y 2009 se desarrolló el estudio “Efectos sobre la salud por la contaminación del aire proveniente del sector portuario carbonífero (Drummond, Carbosan y Prodeco)”, mediante convenio suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Universidad del Magdalena y la Corporación Autónoma Regional del Magdalena CORPAMAG. Fue un primer estudio en el que se evaluaron los efectos en la salud debidos a la exposición a contaminación por PM10 y PM 2.5 en población infantil con edades comprendidas entre los 5 y los 14 años y en adultos mayores de 55 años. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Universidad del Magdalena, CORPAMAG, 2008-2009)

Como conclusión el estudio se dio a conocer por primera vez la prevalencia de infecciones respiratorias altas en escolares de Santa Marta, y se mostró que los niños expuestos a creciente contaminación ambiental tienen un mayor riesgo de presentar infecciones respiratorias graves, que los niños menos expuestos a los contaminantes ambientales.

En la ciudad de Cali se desarrolló el proyecto piloto “Evaluación de los efectos sobre

salud debidos a la contaminación del aire proveniente del sector industrial de ACOPI – Yumbo”, en el marco de un convenio suscrito entre el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Universidad del Valle y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. El componente de salud de este estudio mostró efectos negativos de los contaminantes del sector de ACOPI – Yumbo sobre la salud de los escolares expuestos.

Cuando se compara a los escolares expuestos de ACOPI – Yumbo con los escolares que residen en un área distante o zona control, se evidencia en el primer grupo una mayor frecuencia de síntomas respiratorios en general, de sibilancias y de síntomas de vías respiratorias superiores o irritativos (i.e.; rinorrea, prurito nasal, dolor de garganta y cuadros gripales), en comparación con los escolares en la zona control; así mismo se presenta una mayor prevalencia de alteración obstructiva en la función pulmonar y de disminución en los parámetros de la función pulmonar; una modificación del efecto entre la exposición a los contaminantes del sector ACOPI – Yumbo y la presencia de síntomas bronco-obstructivos sobre la función pulmonar, con mayores efectos en niños expuestos que además reportaron esos síntomas; un incremento del riesgo en el número de consultas por enfermedades respiratorias asociada con incrementos concurrentes en la concentración de PM<sub>2.5</sub>, en la población residente en el norte de Cali y potencialmente expuesta a los contaminantes del sector de ACOPI. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Universidad del Valle, Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca CVC, 2009)

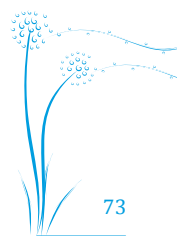
En la ciudad de Medellín también se han realizado numerosos estudios relacionados con este tema. Se pueden destacar “Atmósfera y cáncer. Un estudio ecológico para Medellín y Colombia”, desarrollado por Elkin Martínez López de la Universidad de Antioquia, en el

cual se analiza información de salud desde 1980 hasta el año 2004 y se trata de establecer la relación que existe entre el aumento de la contaminación atmosférica en la ciudad de Medellín, con el aumento en los casos de cáncer de pulmón. (Martínez E. , 2009)

Por otro lado la Universidad de Medellín, la Alcaldía de Medellín y la Universidad CES, durante el período comprendido entre diciembre de 2006 y noviembre de 2007, realizaron el estudio “Patologías respiratorias en niños preescolares y su relación con la contaminación atmosférica de Medellín”, para la Secretaría de Salud del Municipio de Medellín. Su objetivo era establecer la asociación entre la concentración de los principales contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín y la manifestación de enfermedades respiratorias en niños menores de seis años. (Carlos Alberto Echeverri, 2007)

Así mismo en el año 2007 la Universidad de Antioquia, la Alcaldía de Medellín, la Alcaldía de Itagüí y AMVA, realizaron el estudio “Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud de la población de Medellín y su área metropolitana”. El objetivo de este estudio era evaluar el efecto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de Medellín y el área metropolitana. Mediante este estudio se pudo establecer, con bastante certeza, que la contaminación atmosférica en Medellín y el Área Metropolitana, genera efectos nocivos en la función respiratoria de sus habitantes, genera signos clínicos y aumento de signos y síntomas neuropsicológicos y una importante proporción de mortalidad por enfermedades cardiorrespiratorias y cáncer de pulmón. (Elkin Martínez, 2007)

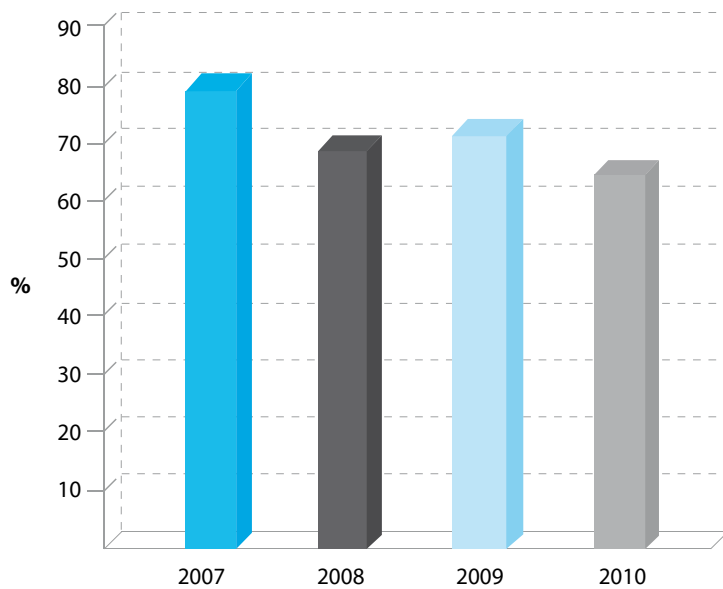
Un esfuerzo adicional a los trabajos anteriormente citados, son las iniciativas de sensibilización de la comunidad, como lo es el caso del Observatorio Ambiental de Bogotá <http://oab.ambientebogota.gov.co/index.shtml>, que es un sitio web mediante el cual se puede



conocer el estado y la calidad ambiental de Bogotá, así como los resultados de la gestión desarrollada por varias entidades del Sistema de Información Ambiental del Distrito Capital, orientado a resolver problemas ambientales y aprovechar sosteniblemente el capital natural del Distrito Capital. En esta página se

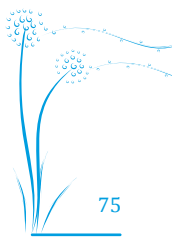
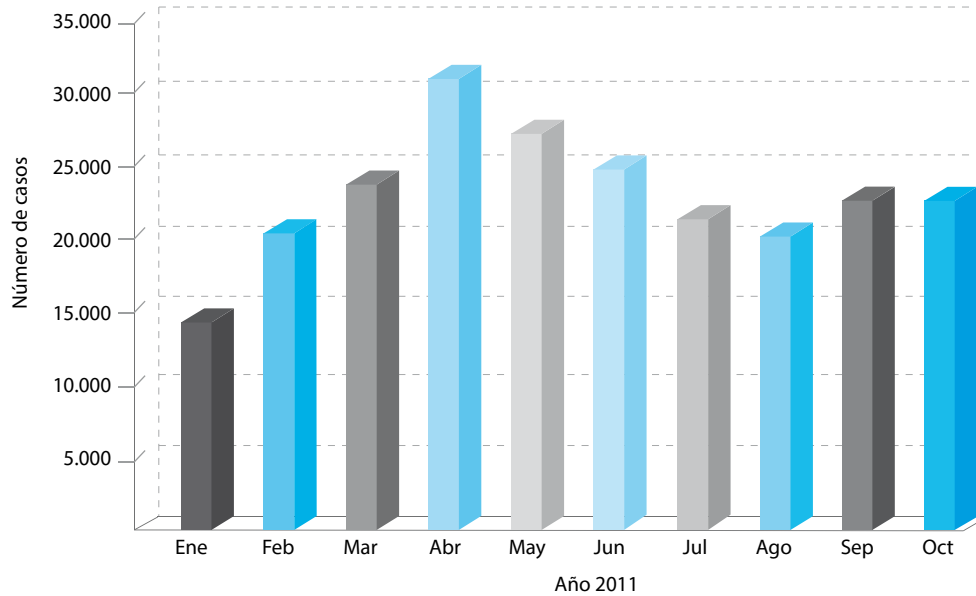
pueden consultar indicadores ambientales formulados por recurso natural, por tema o por localidad. Para el tema de aire se pueden encontrar diversos indicadores que permiten evidenciar los efectos de la calidad del aire sobre la salud, como por ejemplo:

**Figura 26 Prevalencia de Sibilancias (silbidos en el pecho) en menores de 5 años debido al material particulado PM10 (%)**



**Fuente (Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía mayor de Bogotá, 2012)**

**Figura 27 Casos de morbilidad por enfermedad respiratoria aguda (ERA) en niños menores de 5 años - CERAN 5A (Casos/mes)**



**Fuente (Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2012)**

Para mayor información se puede consultar la página web del observatorio en la dirección electrónica <http://oab.ambientebogota.gov.co/sobreelobservatorio.shtml>

Por otra parte, vale la pena tener en cuenta que si bien en algunas ciudades del país se han realizado estudios epidemiológicos para tratar de determinar el impacto de la

contaminación atmosférica sobre la salud de la población, es necesario encaminar los esfuerzos tanto del sector privado como del Gobierno, hacia programas y proyectos que minimicen estos impactos, que de acuerdo con cifras de la organización Mundial de la Salud causan alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo. (Organización Mundial de la Salud, 2011)



# 4

## Monitoreo de la calidad del aire y medición de las variables meteorológicas en Colombia

El monitoreo de la calidad del aire es realizado en el país por las diferentes Autoridades Ambientales con el fin de determinar el estado de la calidad del mismo dentro de sus jurisdicciones para implementar los programas necesarios que conlleven a mejorar las condiciones de este recurso; por otra parte este monitoreo también lo realizan empresas privadas que están obligadas dada su actividad industrial, de acuerdo a la normatividad nacional vigente que los obliga.

Dado lo anterior dentro del presente capítulo se presentan los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire - SVCA de las diferentes Autoridades que cuentan con ellos en el país, indicando los diversos parámetros de calidad del aire y variables meteorológicas que son medidos; también se presentan en porcentajes los parámetros y las variables más monitoreadas como la cantidad de equipos con los que se cuentan en cada uno de estos sistemas. Ahora bien, es de importancia anotar que la información que se presenta dentro del presente capítulo ha sido suministrada por las Autoridades Ambientales mediante encuestas realizadas por el IDEAM y por los registros obtenidos del cargue de información realizado por éstas dentro del Subsistema de Información sobre calidad del Aire – SISAIRE como se especificará en cada sección.

Los registros que arrojan cada uno de los equipos con los que cuentan los SVCA son analizados en la sección 4.2 de este capítulo, donde se pretende establecer la tendencia que ha tenido cada parámetro a través del tiempo, teniendo en cuenta el análisis del periodo de este estudio (2007 – 2010) y contrastándolo con los resultados publicados por el IDEAM en su “Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, que contiene información desde el inicio de operación de cada SVCA existente en su momento hasta el año 2006. Adicionalmente, se podrá encontrar el índice de calidad del aire para los contaminantes de mayor preocupación en Colombia como son el PM10 y el ozono, como las excedencias presentadas para los mismos parámetros que son monitoreados por los SVCA que operan en el país.

Finalmente, pero de gran importancia dentro del tema para entender el comportamiento de la contaminación del recurso aire, se presenta una breve descripción del comportamiento de algunas de las variables meteorológicas que son registradas ya sea en los mismos SVCA o en estaciones meteorológicas independientes en algunas de las principales ciudades del país.



## 4.1 Sistemas de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire existentes en Colombia

Para poder cuantificar el número y tipo de estaciones de monitoreo de calidad del aire existentes en el país, así como los contaminantes y las variables meteorológicas que se midieron durante el período de estudio, el IDEAM consultó a cada una de las Autoridades Ambientales que cuentan con Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA. El resultado de esta consulta se presenta a continuación, pero se debe tener en cuenta que la operación y optimización de los SVCA es un proceso dinámico y por lo tanto esta información puede cambiar en cualquier momento, dependiendo los programas de fortalecimiento o rediseño que cada Autoridad Ambiental adelante en sus sistemas de vigilancia.

En Colombia con corte a diciembre de 2010, existían 170 estaciones de monitoreo de la calidad del aire, de las cuales 137 pertenecen a los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de 19 Autoridades Ambientales, y 33 estaciones hacen parte de 5 SVCA operados por organizaciones de carácter privado, de la siguiente manera: Cerrejón (23 estaciones), Drumond (3 estaciones), Cenicaña (5 estaciones) y Cementos Argos (2 estaciones). Si bien es muy importante la información generada por los SVCA de carácter privado, dado el alcance de este informe, solo se incluye el análisis de la información de los SVCA de las Autoridades Ambientales. En la tabla No.7 se presentan los SVCA pertenecientes a las Autoridades Ambientales en Colombia con el tipo de SVCA, la fecha de inicio de operación y los parámetros que monitorea.

Estos sistemas se encuentran ubicados en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca,

Risaralda, Santander, Magdalena, Boyacá, Caldas, Cesar, Guajira, Nariño, Norte de Santander, Tolima, Quindío y Valle del Cauca, y en las ciudades de Medellín, Bucaramanga, Cali y Bogotá D.C.

En Colombia el contaminante más monitoreado es el material particulado menor a 10 micrómetros - PM10, medido en 117 estaciones, es decir, con una participación del 85% respecto al total de estaciones de las Autoridades Ambientales, seguido de los dióxidos de azufre y de nitrógeno medidos en 47 estaciones, con una participación del 34% cada uno. La gráfica 10 permite apreciar la participación de medición de los principales contaminantes atmosféricos monitoreados en el país por parte de las Autoridades Ambientales.

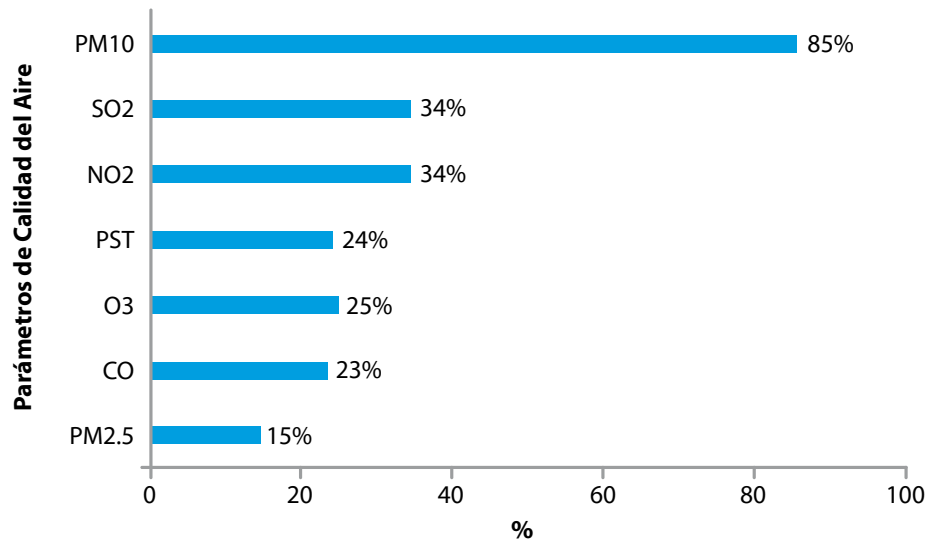
En algunas estaciones del país junto con las mediciones de contaminantes atmosféricos, se monitorean variables meteorológicas que suministran información sobre las condiciones atmosféricas que intervienen en la dispersión de los contaminantes. La gráfica 11 permite ilustrar el porcentaje de monitoreo de las variables meteorológicas medidas en el país. La precipitación, la velocidad y la dirección del viento son medidas en 55 estaciones que representan el 40% de las estaciones totales. En segundo lugar se encuentra la temperatura que se mide en 44 estaciones, que representan el 32%. En un tercer lugar se encuentra la presión atmosférica, la cual es medida en 41 estaciones, que representan el 30% del total.

Al analizar cómo ha sido la evolución en el número de equipos que monitorean los contaminantes atmosféricos a nivel nacional, en el Informe de Calidad del Aire publicado por el IDEAM en el año 2007<sup>1</sup> se registraron 271 equipos, mientras que para

<sup>1</sup> Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire

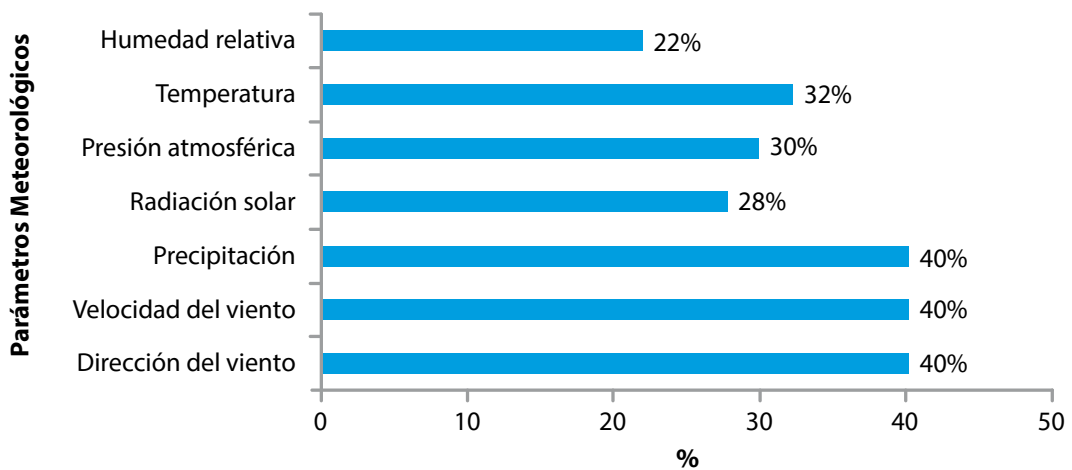


**Gráfica 10 Participación porcentual de los contaminantes medidos por las Autoridades Ambientales en Colombia**



*Fuente: IDEAM a partir de la información de los SVCA suministrada por las Autoridades Ambientales, 2011*

**Gráfica 11 Participación porcentual de las variables meteorológicas medidas por las Autoridades Ambientales en Colombia**



*Fuente: IDEAM a partir de la información de los SVCA suministrada por las Autoridades Ambientales, 2011*



el período de estudio de este informe se contabilizaron 297, aumento que permite ver la preocupación por parte del gobierno a nivel nacional para estudiar y conocer esta problemática.

En cuanto a la participación de cada uno de los contaminantes monitoreados, particularmente la relación del número de equipos registrados para cada uno de ellos entre el periodo 2002-2006 y 2007-2010, se encontró que la medición de partículas suspendidas totales presentó una reducción en todas las Autoridades Ambientales analizadas en el presente informe, exceptuando el SVCA de CORPOGUAJIRA el cual incrementó sus equipos de medición para este contaminante, mientras en el SVCA de CORPOCALDAS se mantuvieron constantes.

El número de equipos para la medición de material particulado menor a 10 micras – PM10, presentó un incremento en el 86% de los SVCA incluidos dentro del período de análisis del presente informe, sin embargo los SVCA de CARDER y CORTOLIMA presentaron una disminución.

Por otro lado la medición de PM2.5 se caracterizó por el aumento de equipos en el 64% de los SVCA analizados; no obstante los SVCA de CDMB, CORPAMAG, CORPOBOYACA, CORPOGUAJIRA y CORTOLIMA, no contaron con equipos de PM2.5 para el período de análisis.

El monitoreo de SO<sub>2</sub> se incrementó en los SVCA de CAR, CVC, CORPOCALDAS y SDA

representando un 29% del total de los SVCA analizados, mientras que en igual número de SVCA, que corresponden a AMVA, CARDER, CDMB y CORPOBOYACA, se presentó una disminución de estos equipos; es importante anotar que el 42% de los SVCA analizados no han integrado la medición de este contaminante criterio dentro de sus análisis.

Situación similar ocurrió con el monitoreo de NO<sub>2</sub> en donde el 36% de los SVCA correspondientes a CAR, CVC, CORANTIOQUIA, CORPOCALDAS y SDA aumentaron el número de equipos, mientras que AMVA y CARDER redujeron su cantidad correspondiendo a tan solo el 14% de los SVCA analizados; en CDMB este monitoreo se mantuvo constante y en los SVCA de CORPAMAG, CORPOBOYACA, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORPONOR y CORTOLIMA aun no se cuenta con equipos para el monitoreo de este contaminante.

Finalmente, para el monitoreo de ozono y monóxido de carbono los SVCA de AMVA, CAR, CVC y SDA incrementaron sus equipos de medición para estos contaminantes, adicional la CDMB y CORANTIOQUIA para ozono y de CORPOCESAR para monóxido de carbono, mientras CARDER y CORPOBOYACA redujeron los equipos de medición destinados para monitorear estos contaminantes.

Los SVCA que presentaron un mayor incremento en el número de equipos de medición de los contaminantes criterio evaluados en el presente informe fueron SDA y CAR, seguidos de CVC y AMVA.



**Tabla No 7 Sistemas de vigilancia de calidad del aire en el país pertenecientes a Autoridades Ambientales**

N°	Autoridad ambiental	Tipo de svca	Fecha aproximada de inicio de operación	Parámetros monitoreados													
				Contaminantes atmosféricos							Variables meteorológicas						
				SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST	Dv	Vv	Pp	Rs	Pa	T	Hr
1	AMVA	Mixta	1993	6	6	4	5	18	4	0	7	7	7	7	7	7	7
2	CAR	Mixta	2000	12	12	6	6	14	2	6	8	8	5	5	5	8	8
3	CARDER	Manual	2007	3	3	0	0	4	1	0	2	2	2	2	2	1	1
4	CAS	Semiautomática	2010	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
5	CDMB	Automática	2001	2	3	5	3	5	0	0	2	2	2	2	2	2	2
6	CORANTIOQUIA	Mixta	2004	0	1	1	0	4	1	0	3	3	3	3	3	0	0
7	CORNARE	Manual	1998	4	4	0	0	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	CORPAMAG	Manual	1999	0	0	0	0	6	0	9	4	4	4	4	4	0	0
9	CORPOBOYACA	Semi Automática	2003	2	0	0	0	4	0	0	1	1	1	1	1	0	0
10	CORPOCALDAS	Manual	1997	1	1	0	0	2	1	3	1	1	1	0	1	1	1
11	CORPOCESAR	Mixta	2007	0	0	0	1	17	1	10	1	1	6	1	1	1	1
12	CORPOGUAJIRA	Manual	1998	0	0	0	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0
13	CORPONARIÑO	Semi Automática	2008	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	2	2	0
14	CORPONOR	Semiautomática	2008	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	1	1
15	CORTOLIMA	Semi Automática	2010	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16	CRQ	Semi Automática	2009	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
17	CVC	Automática	1997	3	3	3	3	4	2	0	3	3	2	3	1	3	3
18	DAGMA	Automática	2010	3	3	2	3	3	0	0	3	3	3	2	1	0	0
19	SDA	Automática	1997	11	11	13	11	14	6	1	16	16	16	6	6	16	5
TOTAL				47	47	34	32	117	20	33	55	55	55	38	41	44	30

Fuente: IDEAM a partir de la información de los SVCA suministrada por las Autoridades Ambientales, 2011.

\*DV: Dirección del Viento. VV: Velocidad del Viento. PP: Precipitación. RS: Radiación Solar. PA: Presión Atmosférica. T: Temperatura. HR: Humedad Relativa



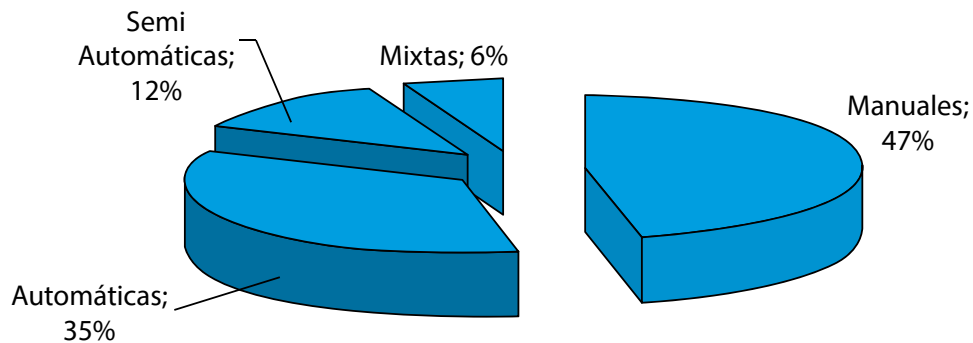
De acuerdo a los equipos con que cuenten las estaciones de un SVCA, éstas pueden ser clasificadas como Manuales, Automáticas, Semiautomáticas o Mixtas. La primera clasificación se caracteriza por estar constituida por equipos de operación manual que requieren un posterior análisis de la muestra en laboratorio; las estaciones automáticas poseen equipos más sofisticados que permiten contar con registros en tiempos más cortos, aunque su costo de operación es más elevado, se puede obtener información con mayor efectividad. Los equipos semiautomáticos incorporan sistemas electrónicos para facilitar la operación y disminuir la incertidumbre en las mediciones, sin embargo, al igual que las manuales, también necesitan de análisis posterior de

la muestra; por último las estaciones mixtas contienen equipos tanto manuales como automáticos.

De esta manera se clasificaron las estaciones pertenecientes a las 19 Autoridades Ambientales del país que cuentan con un SVCA, encontrando que en Colombia la mayoría de estaciones son de tipo manual (64 estaciones) que representan el 47% de las estaciones totales, en segundo lugar se encuentran las estaciones automáticas con un 35% (48 estaciones), seguidas de las semi automáticas con un 12% (17 estaciones) y por último las estaciones mixtas con el 6% restante (8 estaciones). En la gráfica 12 se puede observar la distribución por tipo de estación de monitoreo en el país.



**Gráfica 12 Porcentaje de distribución por tipo de estación de monitoreo**



**Fuente: IDEAM a partir de la información de los SVCA suministrada por las Autoridades Ambientales, 2011**

## 4.2 Estado de la calidad del aire en las principales ciudades del país

En esta sección, se presenta el estado de la calidad del aire de algunas zonas del país, a través del análisis de las series de datos de contaminantes atmosféricos medidos en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) existentes en el territorio nacional, para el periodo 2007 a 2010, con el fin de analizar la tendencia del comportamiento de los contaminantes criterio, como responsables de las mayores afecciones a la salud.

Adicionalmente, se realiza un análisis comparativo con la información anterior al año

2007, presentada en el “Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire” publicado en el año 2007 por el IDEAM.

El análisis de la serie de datos de calidad del aire 2007-2010, se realizó usando métodos estadísticos para cada contaminante, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) hoy día Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) mediante Resolución 2354 de octubre de 2010; así mismo, con los límites máximos permisibles establecidos en las Resoluciones 601 de 2006 y 610 de 2010. (Ver tabla No. 8)



**Tabla No. 8 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en Colombia**

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES CRITERIO				
Contaminante	Unidad	Resolución 601 de 2006	Resolución 610 de 2010	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100		Anual
		300		24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	60*	Anual
		150	100*	24 horas
PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	25	Anual
		-	50	24 horas
SO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppb)	80 (31)		Anual
		250 (96)		24 horas
		750 (287)		3 horas
NO <sub>2</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppb)	100 (53)		Anual
		150(80)		24 horas
		200 (106)		1 hora
O <sub>3</sub>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppb)	80 (41)		8 horas
		120 (61)		1 hora
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	10000 (8,8)		8 horas
		40000 (35)		1 hora

*\*Rige a partir del año 2009 de acuerdo al parágrafo 1 del artículo 4 de la Res 601/2006 y hasta el 31 de diciembre de 2010 de acuerdo al parágrafo transitorio del artículo 2 de la Res 610/2010. A partir del 1° de enero de 2011, el nivel máximo permisible para PM10 con tiempo de exposición anual es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para periodo de 24 horas de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

*Nota. Los valores de la tabla se encuentran a condiciones estándar de 25 °C y 760 mm Hg.*

El análisis se presenta en forma gráfica mediante diagramas de cajas (boxplot); estos gráficos representan un conjunto de datos en un rectángulo (caja) mediante cuartiles (primer cuartil, segundo cuartil o mediana y tercer cuartil) y dos segmentos de línea hacia arriba y hacia abajo de la caja, los cuales simbolizan los límites superior e inferior del conjunto de datos. Adicionalmente, este tipo de gráficos muestran valores atípicos (outliers) representados por puntos, estos valores son datos que numéricamente se encuentran distantes del resto de datos analizados. La gráfica 13 muestra un diagrama de cajas típico.

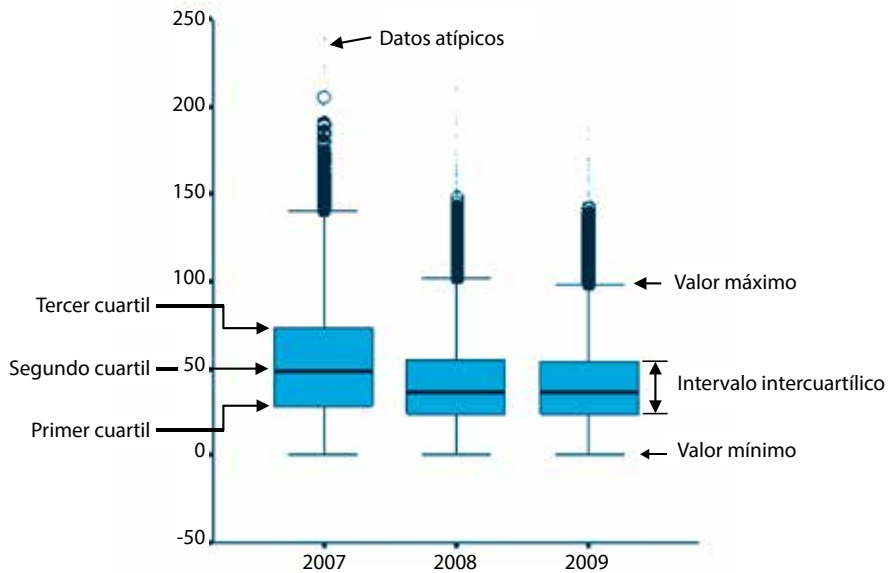
Por otra parte, el análisis se apoya en gráficas de barras que permiten mostrar las concentraciones de los promedios anuales en las estaciones donde se presentaron registros durante los años 2007 a 2010; en este tipo de gráficas las concentraciones anuales se comparan con la norma anual, en el caso de los contaminantes que la tienen establecida según la Tabla No.8

A continuación se presenta el análisis de la información de calidad del aire generada por los SVCA en diferentes ciudades y zonas de alto impacto al recurso en el país. Al inicio de cada apartado se presenta una tabla con las estaciones existentes y en operación al año 2010, a partir de la información consultada por el IDEAM a cada una de las Autoridades Ambientales. Tal y como se presentó en la sección anterior, se debe tener en cuenta que la operación y optimización de los SVCA es un proceso dinámico, por lo cual estas cifras pueden cambiar en cualquier momento. Adicional a lo anterior se encontrarán los parámetros monitoreados, la fecha de inicio de operación y el tipo de equipos que posee.

La información generada por las unidades móviles con las que se llevan a cabo campañas de monitoreo no se incluyó en el análisis, debido a que en la mayoría de los casos los datos no superan un periodo de un año, al igual que la información del PM2.5 debido a que éste se empezó a monitorear recientemente en el país (en su mayoría desde



**Gráfica 13 Descripción de los diagramas de caja**



**Fuente. Adaptado de IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007.**

el año 2010) y no se cuenta con información en años anteriores, que permita determinar su aumento o disminución a través del tiempo.

Los datos obtenidos en algunas estaciones no cumplieron con la integridad temporal, es decir que la información registrada no permite sacar conclusiones con respecto al estado de la calidad del aire durante un periodo de tiempo determinado. Según el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire publicado por el MAVDT, la Integridad temporal se refiere a la relación entre la cantidad de datos válidos obtenidos por un sistema de muestreo comparado con la cantidad ideal que debería obtenerse en condiciones normales de operación, esta relación debe ser mayor al 75%. Para equipos manuales, la integridad temporal de muestreo durante un año, serán 91 datos que es el 75% de los 121 datos posibles (si se monitorea cada tres días) y en el caso de los equipos automáticos serán 6.570 datos horarios en un año.

Por lo anterior, en el presente informe se presenta la información de calidad del aire que

cumple con la integridad temporal, aunque en algunos casos por falta de información se presenta haciendo la salvedad respectiva.

#### 4.2.1 Área metropolitana de Bucaramanga - Santander

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, cuenta con un Sistema de Vigilancia de calidad del Aire - SVCA conformado por cuatro estaciones fijas y una móvil. Las estaciones fijas ubicadas en el barrio Ciudadela, la zona centro y la zona norte de la ciudad, cuentan con información del periodo 2007 a 2010 y la estación Cañaveral Floridablanca, reportó información para algunos parámetros tales como PM10 y O<sub>3</sub> al final de 2008 y durante el 2009.

Este SVCA monitorea de manera continua, material particulado menor a diez micras (PM10), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), ozono troposférico (O<sub>3</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y monóxido de Carbono (CO) y se distribuye como se muestra en la tabla No. 9.



**Tabla No. 9 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM 2.5	PST
Centro	Automática	2001	X	X	X	X	X		
Ciudadela	Automática	2001		X	X	X	X		
Florida	Automática	2001			X		X		
Unidad Móvil	Automática	2001	X	X	X	X	X		
Norte	Automática	2003			X		X		

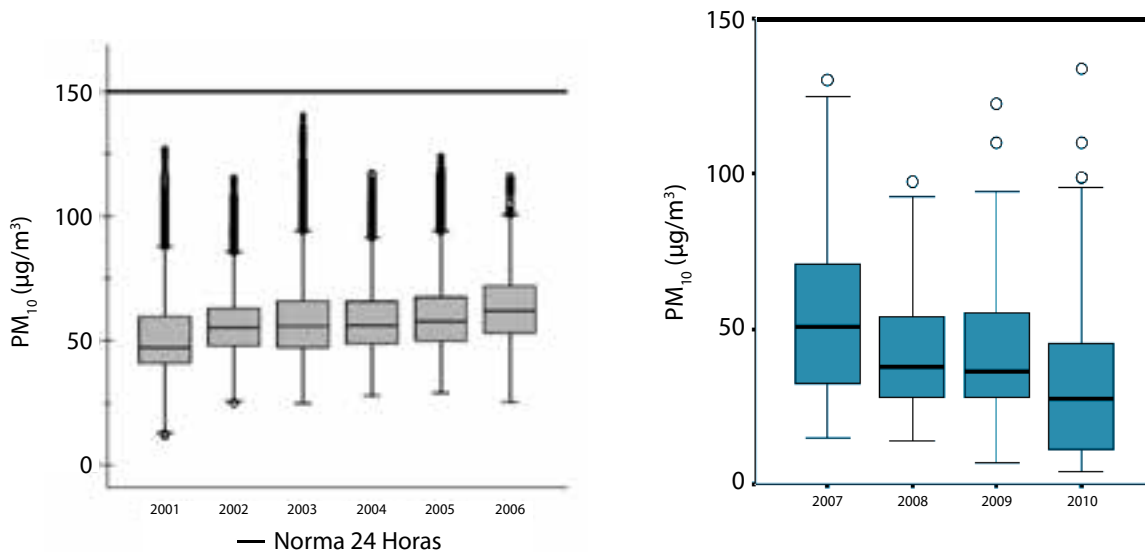
#### 4.2.1.1. Material particulado menor a diez micras (PM10)

De acuerdo con el análisis de la serie temporal 2001 a 2010 de los datos de PM10, la concentración promedio diaria de este contaminante presentó una tendencia al aumento durante los años 2001 a 2006, mientras que en el periodo 2007 a 2010 la concentración presentó una tendencia a la

disminución por debajo de los  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , llegando en el año 2010 a reportar una media de  $31,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durante los años 2007 a 2010 se observa que el registro de mayor concentración se presentó en el año 2010 con  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido por el año 2007 con un máximo de  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como se ve en la gráfica 14.

**Gráfica 14 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB**



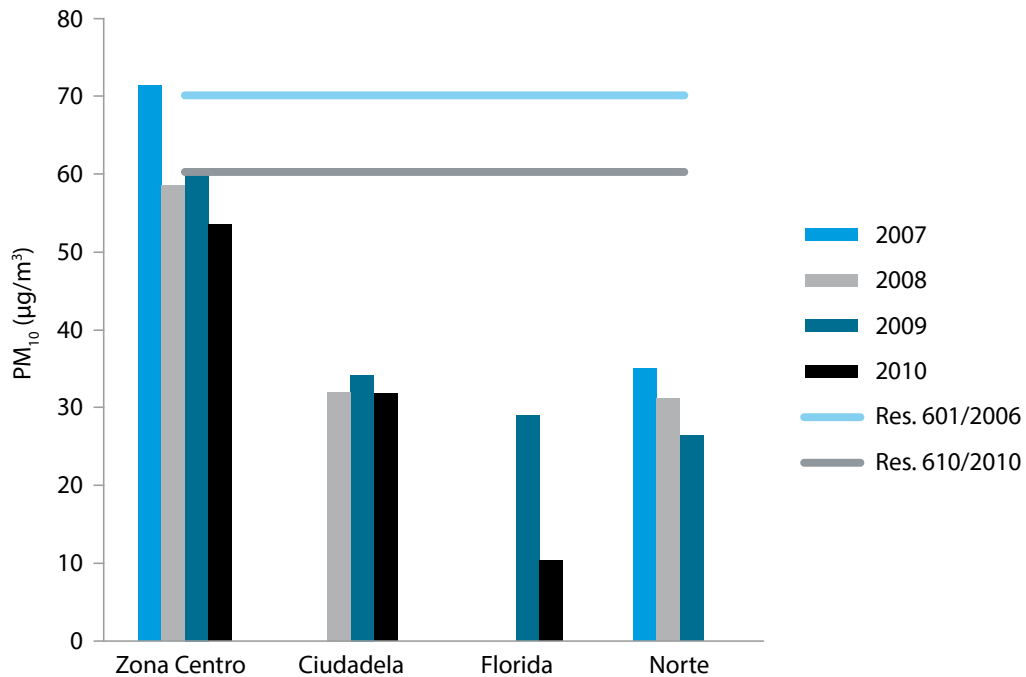
**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

En la gráfica 15 se presenta la concentración promedio anual de este contaminante durante el periodo 2007 - 2010. De acuerdo a esta gráfica en la estación Zona Centro en el año 2007 se sobrepasó el límite máximo permisible para promedios anuales ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En las demás

estaciones los promedios se encontraron por debajo de los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que corresponde al valor de la norma anual establecida a partir del año 2009. En general los promedios anuales en las estaciones de la CDMB desde el año 2007 han disminuido.



**Gráfica 15 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de la CDMB**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.1.2 Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

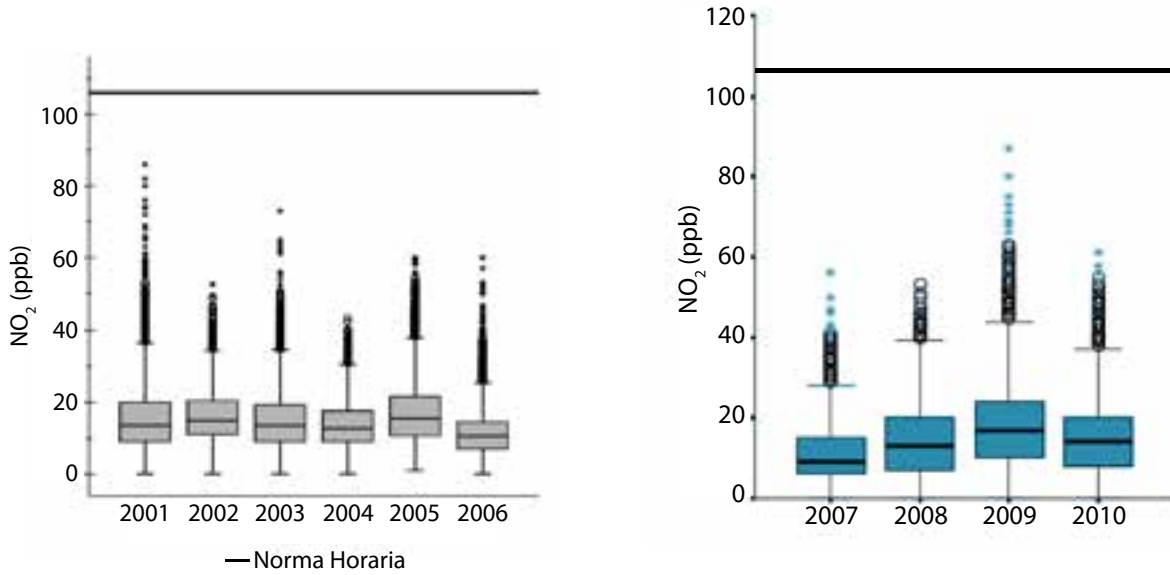
Dentro de la normatividad vigente este contaminante presenta tiempos de exposición de una hora, veinticuatro horas y un año, con límites máximos de 106, 80 y 53 ppb respectivamente. En las gráficas 16 y 17 se presentan mediante diagramas de cajas los promedios horarios y diarios de las estaciones que registraron concentraciones

de dióxido de nitrógeno. De acuerdo al análisis de la serie de datos, si bien la tendencia de las concentraciones es al aumento, estas no superaron los límites máximos permisibles y sus medianas estuvieron por debajo de 20 ppb, por lo tanto se puede inferir que este contaminante no se presenta en concentraciones que afecten la salud humana en la ciudad de Bucaramanga.



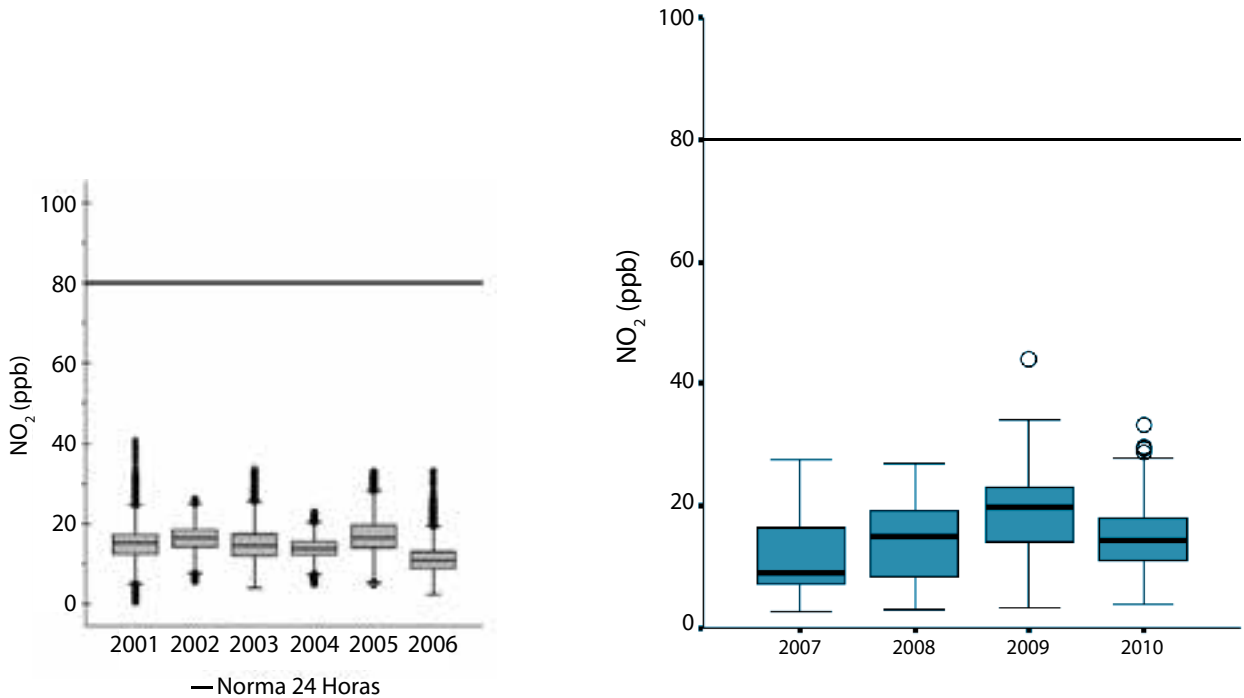


**Gráfica 16** Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012

**Gráfica 17** Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



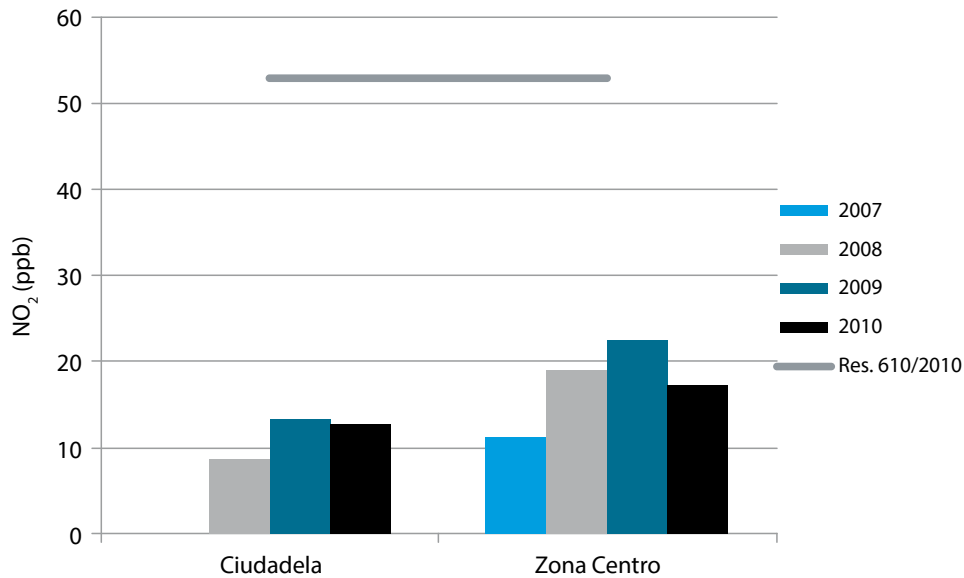
Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012



Los promedios anuales de  $\text{NO}_2$  de los años 2007 a 2010 no superaron los 25 ppb, como se muestra en la gráfica 18. Aunque en la estación de Ciudadela en el año 2007 no se generó información de este contaminante, los promedios anuales de los dos años siguientes presentaron un aumento de 4,5 ppb, sin que represente un perjuicio en las condiciones de la calidad del aire, dado que

no supera el límite permisible establecido en la normatividad vigente para el periodo de análisis (53 ppb). En la estación Zona Centro en el año 2007 se presentó una concentración anual de 11 ppb llegando en el año 2009 a 23 ppb, sin embargo en el año siguiente se presentó una disminución de 5,23 ppb en la concentración de este contaminante.

**Gráfica 18 Concentración promedio anual de  $\text{NO}_2$  en las estaciones del SVCA de la CDMB**



**Fuente: IDEAM, 2012**

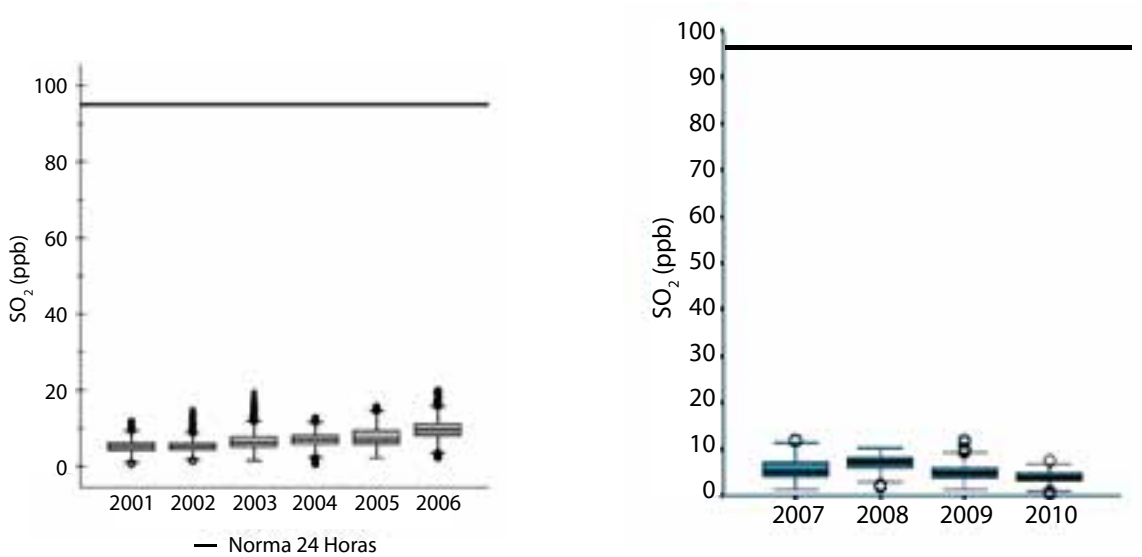
#### 4.2.1.3 Dióxido de Azufre – $\text{SO}_2$

En el SVCA de la ciudad de Bucaramanga se realizó monitoreo del parámetro de dióxido de azufre para el periodo 2007 – 2010 solamente en la estación de Zona centro y en la estación Chimita durante los años 2001 a 2010; los valores registrados en estas

estaciones son muy bajos y no representan ni el 10% de la norma establecida para periodos de exposición de 24 horas y 3 horas en la serie completa de datos (2001 a 2010). Las gráficas 19 y 20 muestran los diagramas de cajas de la concentración diaria y 3 horas de  $\text{SO}_2$  en dichas estaciones.

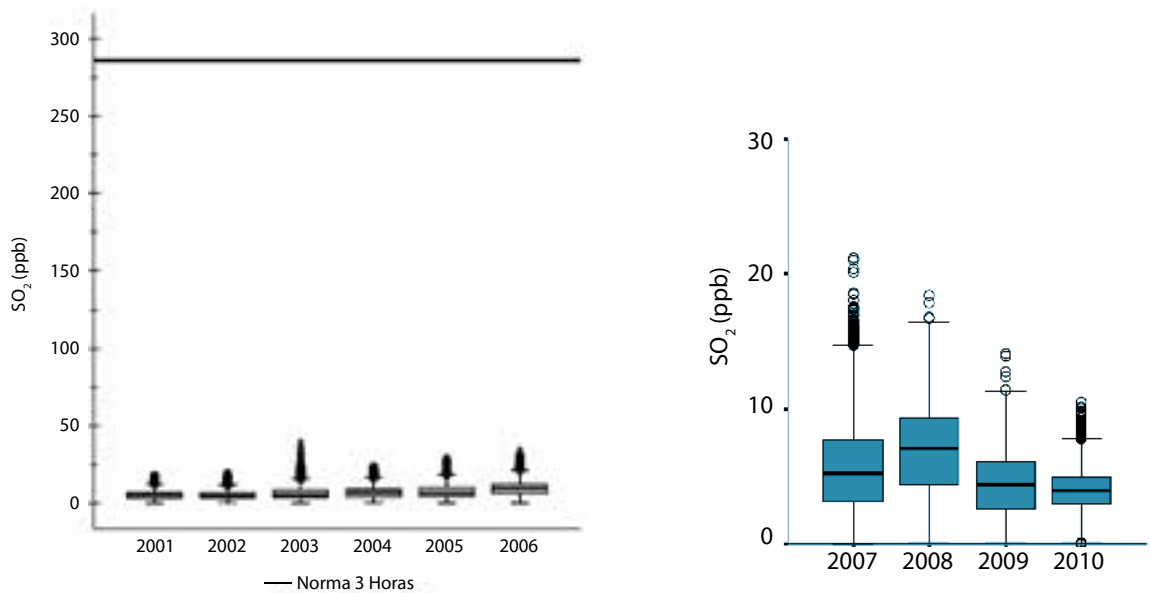


**Gráfica 19** Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

**Gráfica 20** Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



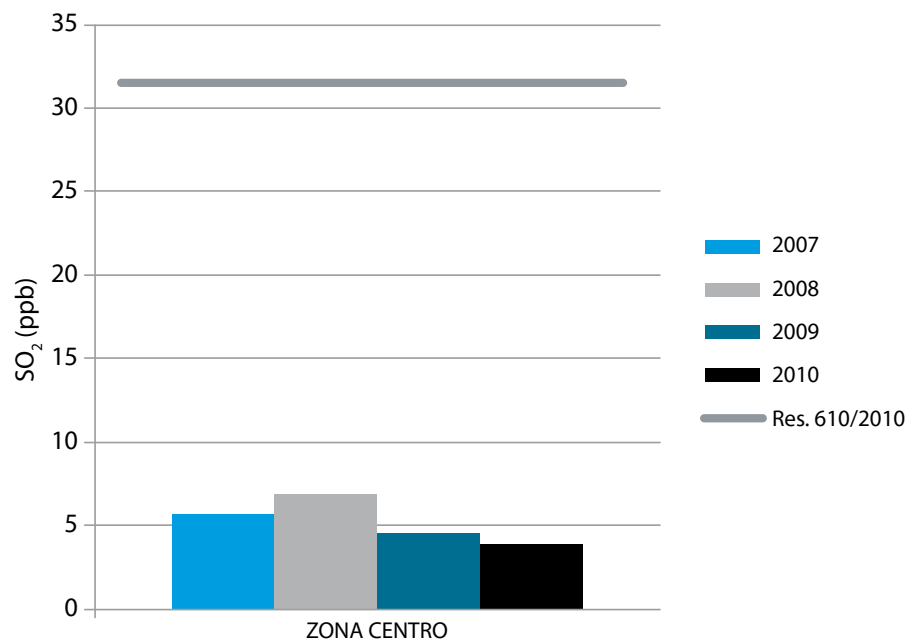
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



De la misma manera, las concentraciones anuales en la estación Zona Centro durante el periodo 2008 a 2010 tienden a disminuir a través del tiempo; en el año 2010 se reportó la menor concentración anual (3,97 ppb), la cual

representa el 12,8% de la norma nacional. En la siguiente gráfica se presentan mediante barras los promedios anuales de la estación Zona Centro de la ciudad de Bucaramanga.

**Gráfica 21** Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la CDMB



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.1.4 Monóxido de Carbono - CO

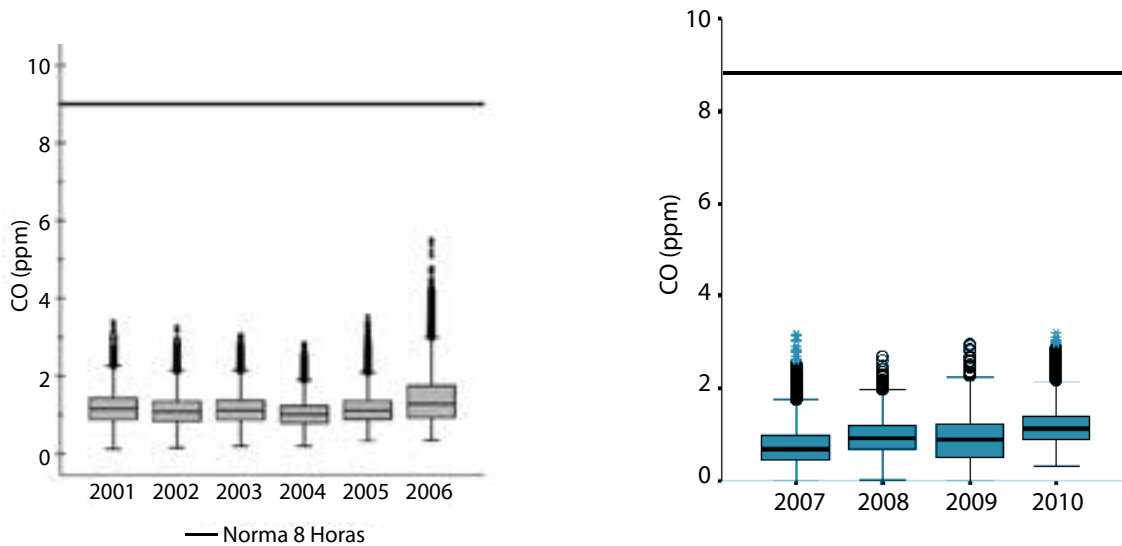
Las concentraciones de monóxido de carbono registradas en las estaciones Florida, Ciudadela y Zona Centro se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible para periodos de exposición de ocho horas y una hora, siendo la máxima concentración en una hora de tan solo 7 ppm en el periodo comprendido entre 2007 y 2010 y una concentración en 8 horas de 3,2 ppm para el mismo periodo, las cuales no llegan ni al 50% de la norma. Por lo tanto este contaminante no

representa un riesgo importante para la salud de la población de la ciudad de Bucaramanga.

De acuerdo a la gráfica 22 para el periodo de exposición de 8 horas, desde el año 2001 la tendencia es poco fluctuante y la mediana se ha mantenido por debajo de 2 ppm. Sin embargo para las concentraciones horarias registradas se observa un leve aumento a partir del año 2005 como se muestra en la gráfica 23, lo cual todavía no representa una problemática, dadas las bajas concentraciones para este contaminante.

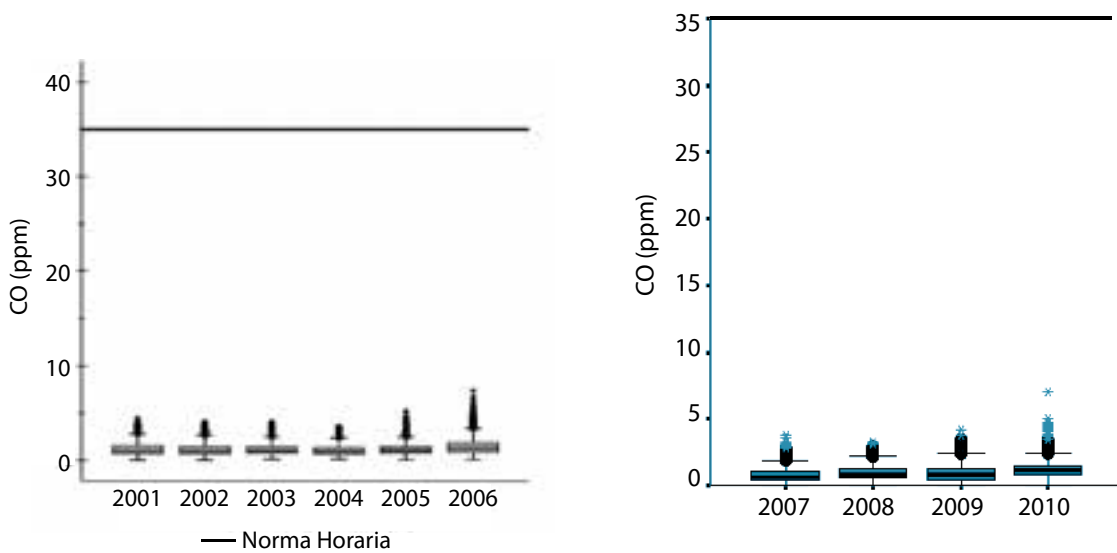


**Gráfica 22** Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

**Gráfica 23** Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



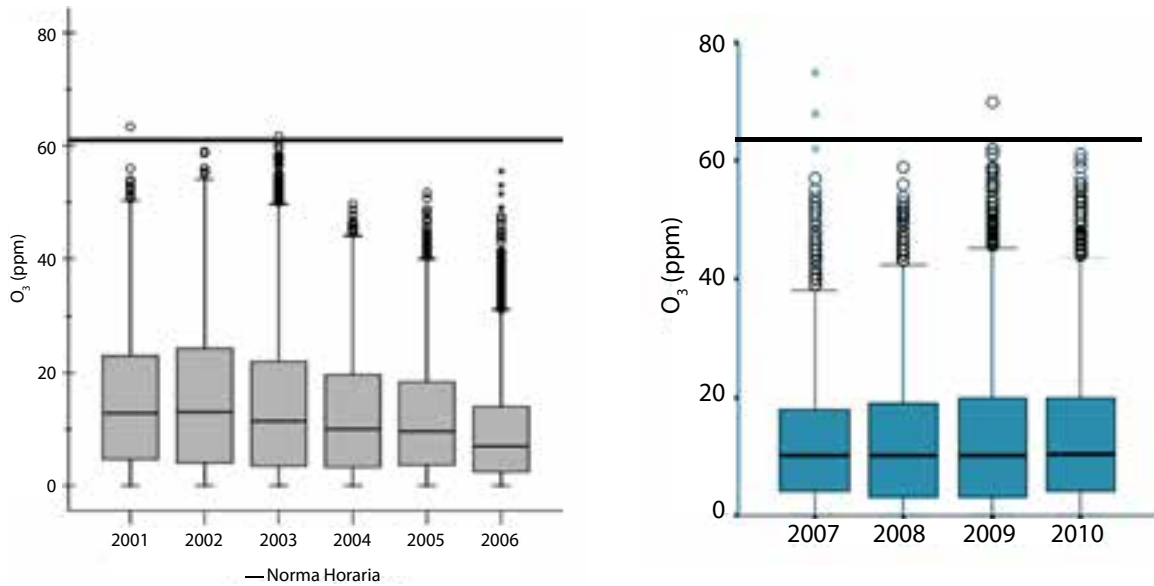
#### 4.2.1.5 Ozono - O<sub>3</sub>

Para el periodo 2007 a 2010 se analizaron datos correspondientes a las estaciones Ciudadela, Florida, Norte y Zona Centro, mientras que para los años 2001 a 2006 se presentaron registros en las estaciones Ciudadela, Chimita y Zona Centro.

contaminante osciló cerca de 10 ppb en todos los años, lo que permite inferir que los niveles se han mantenido estables en los últimos 4 años; sin embargo durante el periodo de análisis se han presentado algunos valores mayores al límite máximo permisible para concentraciones de ozono de una hora (Ver gráfica 24).

Durante el periodo 2007 a 2010, la mediana de las concentraciones horarias de este

**Gráfica 24 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la CDMB**



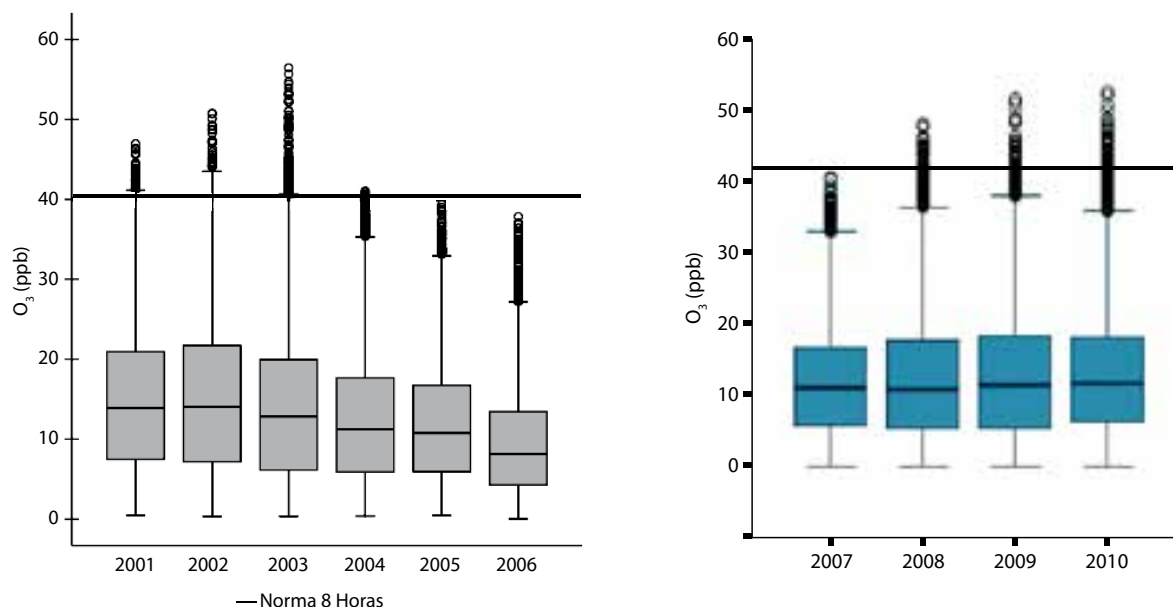
**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

En la gráfica 25 se presentan las concentraciones promedio 8 horas de ozono para el período 2001 a 2010, en la cual se observa que en los últimos cuatro años las

concentraciones se han mantenido estables, aunque existen algunos registros que superan los 41 ppb para un periodo de exposición de ocho horas.



**Gráfica 25 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CDMB**



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

### 4.2.2 Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Antioquia

Durante el periodo de análisis de este informe el Área Metropolitana del Valle de Aburra (AMVA) contó con 19 puntos de monitoreo

fijos y una unidad móvil dentro del área de su jurisdicción, que comprende los municipios de Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Girardota, La Estrella, Itagüí, Sabaneta y Medellín, donde se monitorearon parámetros tales como PM10, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>.

**Tabla No. 10 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire del AMVA**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Barbosa	Manual	2001					X		
Girardota	Automática	2007					X		
Copacabana	Manual	2004					X		
Bello	Automática	2007					X		
Aguinaga	Mixta	2003	X	X		X	X	X	
Universidad Nacional de Colombia	Mixta	2000	X	X		X	X		

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Universidad de Antioquia	Semiautomática	2001					X		
Universidad de Medellín	Semiautomática	2001					X		
UPB	Semiautomática								
CORANTIOQUIA	Manual	2002					X		
Politécnico	Mixta	1993	X	X			X	X	
San Antonio	Automática	2007					X		
Poblado - CES	Automática	2008			X	X		X	
Itagüí	Mixta	1994	X	X			X		
PTAR	Automática	2002			X		X		
Ditaires	Automática	2008			X	X	X	X	
La Estrella	Manual	2008					X		
Sabaneta	Manual	2004					X		
Caldas	Mixta	2007					X		
Móvil	Automática	2004	X	X	X	X	X		



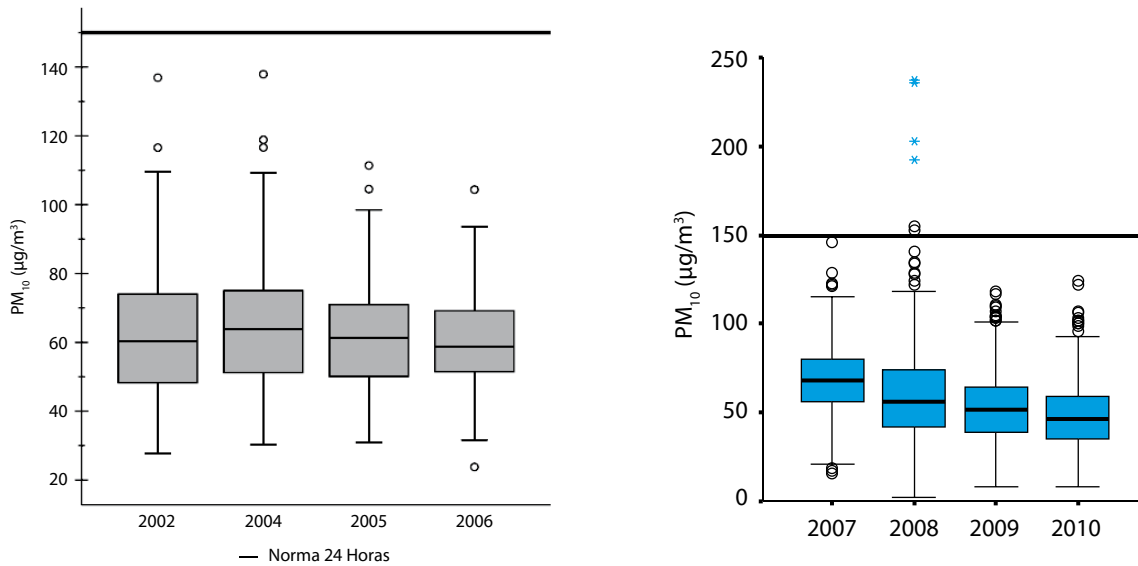
#### 4.2.2.1 Material particulado menor a diez micras (PM10)

En la gráfica 26 se muestra mediante un diagrama de cajas el comportamiento de las concentraciones diarias de PM10 durante los años 2002 – 2010; en la primera se presenta la información de las estaciones Aguinaga, CORANTIOQUIA y Guayabal, mientras que en la segunda gráfica (de color rojo) se consideraron las estaciones Aguinaga, Barbosa, Caldas, Copacabana, CORANTIOQUIA, La Estrella, Politécnico, PTAR, Sabaneta, Universidad de Antioquia, Universidad de Medellín y Universidad Nacional.

Durante los años 2002 – 2006 las medianas se mantuvieron por debajo de los 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y no se presentaron excedencias en ninguno de los casos. Por otro lado durante el periodo 2007-2010 los valores de las medianas presentan una disminución progresiva alcanzando una reducción de 21,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  entre los años 2007 al 2010. Si se compara contra la norma aplicable para el periodo analizado, en el año 2008 se superó el límite máximo permisible alcanzando un valor diario máximo de 237  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En general se puede observar que las concentraciones tienden a disminuir a través del tiempo.



**Gráfica 26 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA del AMVA**



**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

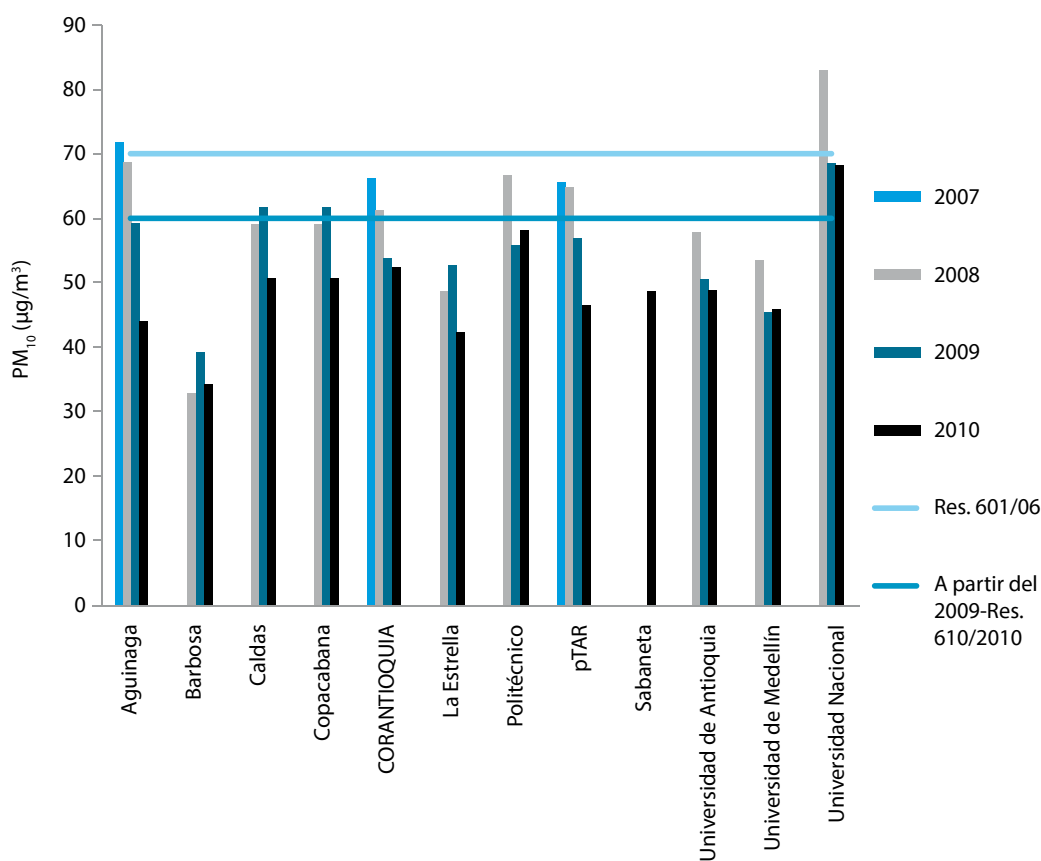
En cuanto a la concentración promedio anual que se registró en las estaciones del SVCA del AMVA, en la gráfica 15 se presentan los promedios anuales de PM<sub>10</sub> para los años 2007 a 2010. En las estaciones de Aguinaga y Universidad Nacional se superó el límite establecido según la normatividad aplicable. Los años 2009 y 2010 presentaron una reducción general de la concentración

en todas las estaciones, comparados con los años 2007 y 2008. En el año 2009, las concentraciones fueron mayores al año anterior en las estaciones Barbosa, Caldas, Copacabana y La Estrella.

Las estaciones Barbosa, Copacabana, La Estrella, Sabaneta, Universidad de Antioquia y Universidad de Medellín presentaron concentraciones anuales entre 30 y 60 µg/m<sup>3</sup>.



**Gráfica 27 Concentración promedio Anual de PM10 en las estaciones del SVCA del AMVA**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.2.2 Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

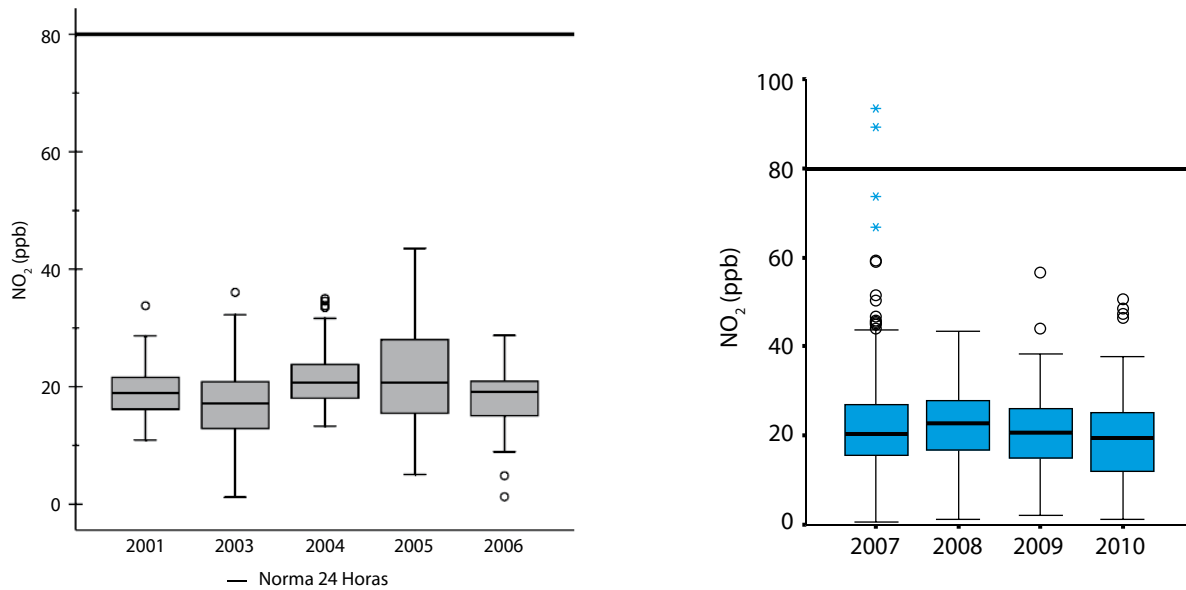
La información que se presenta a continuación para el análisis del periodo 2007 -2010 corresponde a los registros generados por las estaciones Aguinaga, Itagüí, Politécnico y Universidad Nacional. La estación Bello registró información en los años 2007 y 2008 y la estación UPB desde el año 2007 hasta el año 2009.

La gráfica 28 presenta las concentraciones diarias de NO<sub>2</sub> obtenidas de las estaciones que operaron durante los años 2001 al 2010. En el primer periodo de análisis (2001-2006) se obtuvo información de las

estaciones Girardota, Bello, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, Aguinaga, UPB, Universidad de Medellín, Politécnico, Guayabal e Itagüí, durante este periodo de tiempo no se sobrepasó la norma diaria y la mediana se mantuvo en un valor cercano a 20 ppb.

Por otro lado, durante los años 2007 a 2010 las concentraciones se mantuvieron muy por debajo del límite establecido por la norma, con medianas relativamente estables alrededor de 20 ppb; sin embargo en el año 2007 se superó la norma alcanzando un máximo de 93 ppb.

**Gráfica 28** Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en la estaciones del SVCA del AMVA

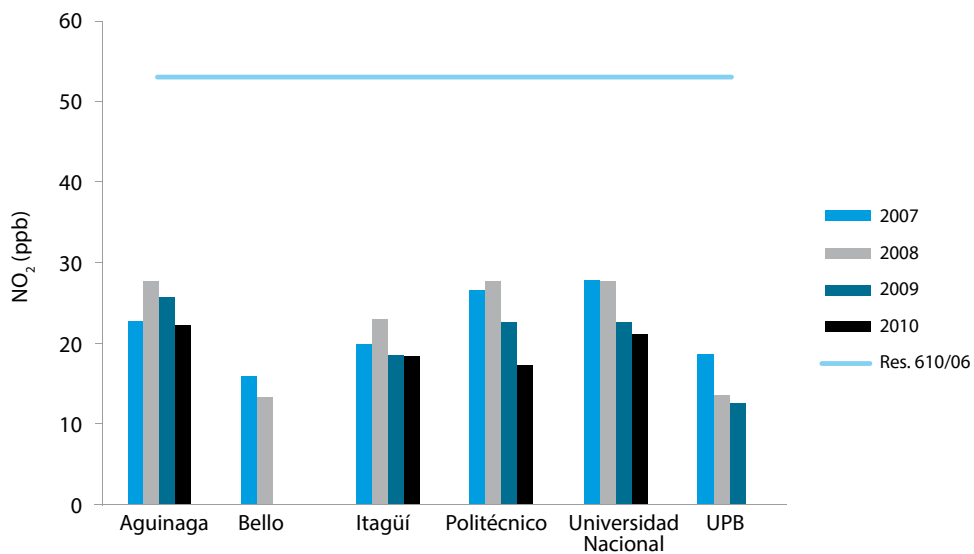


**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

Para un período anual las concentraciones se encontraron por debajo de la norma y los mayores valores representaron el 50% del valor anual permisible, por lo que se puede

inferir que estos niveles no generaron riesgo para la salud de la población en el área de influencia de las estaciones.

**Gráfica 29** Concentración promedio Anual de NO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA del AMVA



**Fuente:** IDEAM, 2012



#### 4.2.2.3 Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>

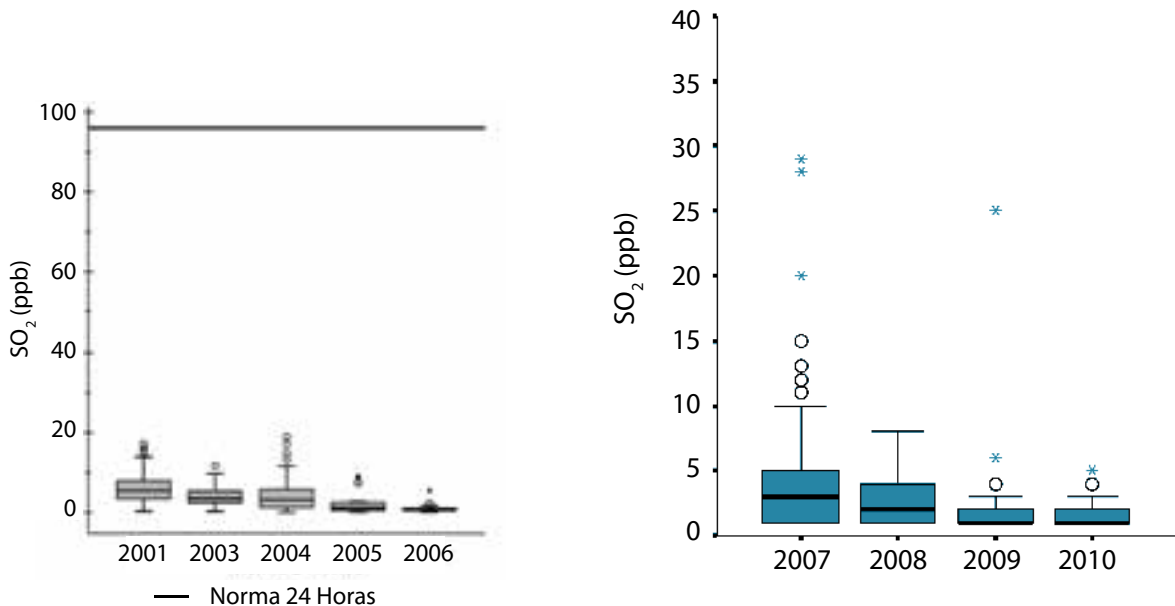
La información que se presenta a continuación para el análisis del periodo 2007 - 2010 corresponde a los registros generados por las estaciones Aguinaga, Itagüí, Politécnico y Universidad Nacional; la estación Bello registró información durante los años 2007 y 2008 y la estación UPB desde el año 2007 hasta el año 2009.

La gráfica 30 presenta las concentraciones diarias de SO<sub>2</sub> obtenidas de las estaciones que operaron durante los años 2001 al 2010. En el primer periodo de análisis (2001-2006) se obtuvo información de las estaciones

Girardota, Bello, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, Aguinaga, UPB, Universidad de Medellín, Politécnico, Guayabal e Itagüí; durante este periodo de tiempo no se sobrepasó la norma diaria y las medianas se mantuvieron por debajo de los 10 ppb.

Durante el segundo periodo de análisis (2007-2010) las medianas se encontraron por debajo de los 3 ppb, evidenciando una disminución ligera a través del tiempo. En el año 2007 se presentaron las mayores concentraciones del periodo con un valor máximo de 29 ppb, que representa el 30% del máximo establecido por la norma.

**Gráfica 30 Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA del AMVA**



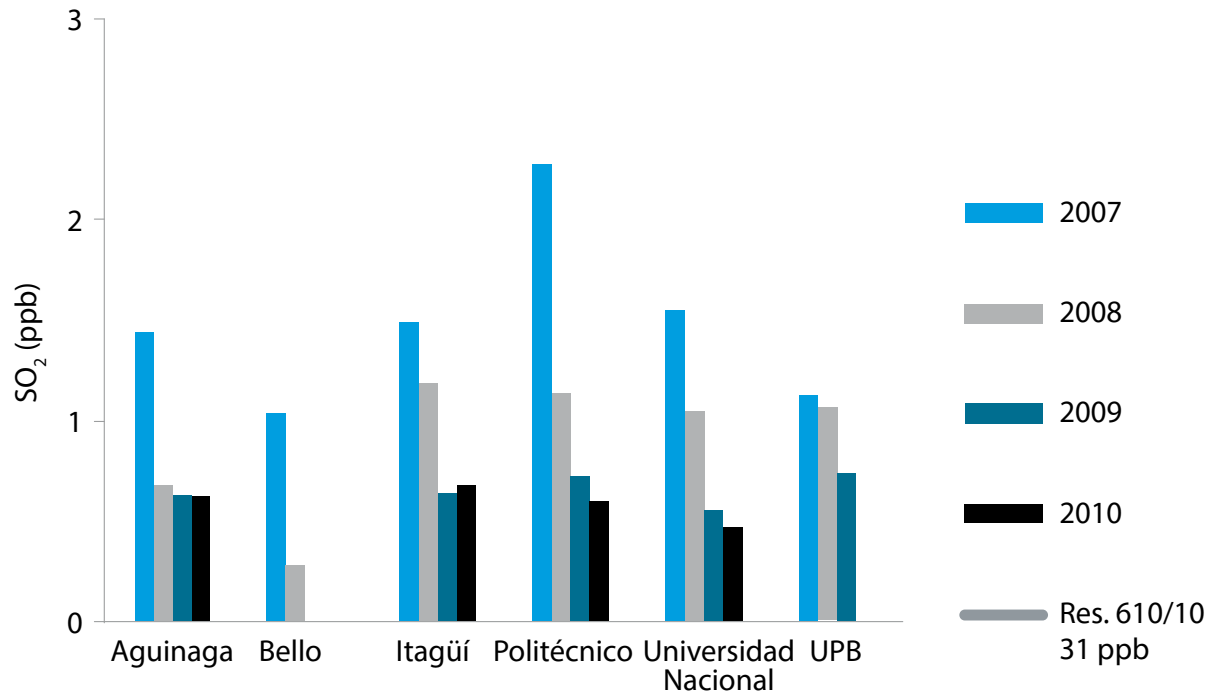
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

Por otro lado, los promedios anuales de SO<sub>2</sub> presentaron valores que no excedieron los 3 ppb en todas las estaciones; este valor representa el 9,7% de la norma anual

establecida. En general las concentraciones se han reducido progresivamente, siendo el año 2010 el que presentó las menores concentraciones.



**Gráfica 31 Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA del AMVA**



**Fuente: IDEAM, 2012.**

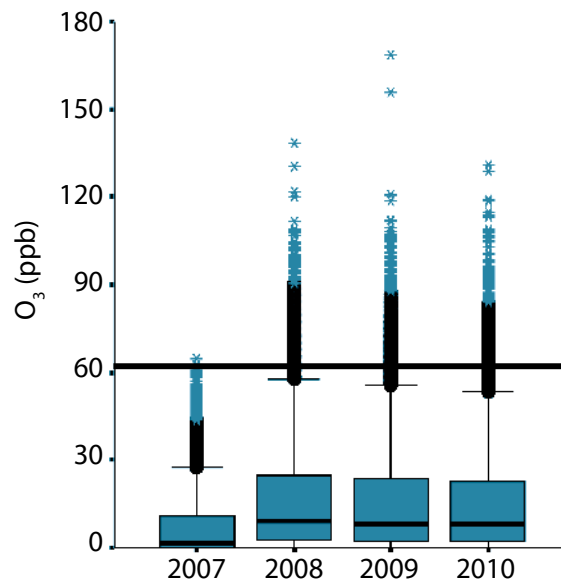
#### 4.2.2.4 Ozono - O<sub>3</sub>

De acuerdo con las gráficas 32 y 33, que corresponden al comportamiento horario y ocho horas de ozono en la jurisdicción del AMVA con datos provenientes de las estaciones Ditaires (2008-2010), Poblado (2008-2010) y PTAR (2007-2010), se puede ver que en todos los años analizados se superó la norma horaria establecida, con una mayor intensidad en los años 2008 a 2010. Es importante anotar que el número de datos obtenidos en estos años se incrementó

en un 20% aproximadamente, frente a los obtenidos en el 2007. Dentro del análisis no se incluyó la gráfica correspondiente al período 2005-2006, dado que la información corresponde solamente a la estación Guayabal, que en su momento era la única en la que se monitoreaba este parámetro.

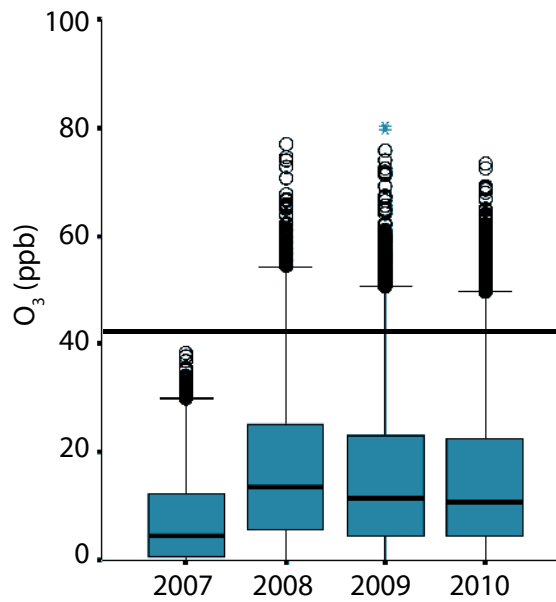
En cuanto a los últimos tres años las medianas de los datos horarios se mantuvieron en concentraciones por debajo de 10 ppb, sin embargo en el año 2009 se presentó la máxima concentración con un valor 168,5 ppb.

**Gráfica 32** Concentración promedio de O<sub>3</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA del AMVA



Fuente: IDEAM, 2012

**Gráfica 33** Concentración promedio de O<sub>3</sub> (8 horas) en las estaciones del SVCA del AMVA



Fuente: IDEAM, 2012



### 4.2.3 Bogotá Distrito Capital

Durante el periodo de análisis de este informe la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA contaba con 13 estaciones de monitoreo fijas automáticas y una estación móvil. La

distribución de las estaciones indicando los parámetros monitoreados se presenta en la tabla 11; los registros generados por la estación San Cristóbal no se analizaron en el presente informe debido a que inició operación en el segundo semestre del año 2009.

**Tabla No. 11 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la SDA**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Usaquén (Bosque)	Automática	1997			X		X	X	
Sagrado Corazón (MAVDT)	Automática	1997			X	X	X		
Carvajal (Sony)	Automática	1997	X	X	X	X	X		X
Tunal	Automática	2005	X	X	X	X	X	X	
Parque Simón Bolívar (I.D.R.D.)	Automática	2002	X	X	X	X	X	X	
Las Ferias (Carrefour)	Automática	2002	X	X	X	X	X	X	
San Cristóbal	Automática	2009	X	X	X	X	X		
Guaymaral (Escuela)	Automática	1997		X	X		X		
Kennedy	Automática	2005	X	X		X	X	X	
Chico Lago (Santo Tomás)	Automática	1997	X		X	X	X	X	
Suba (Corpas)	Automática	1997	X	X	X		X		
Móvil	Automática	2008	X	X	X	X	X		
Puente Aranda	Automática	1997	X	X	X	X	X		
Fontibón	Automática	1997	X	X	X	X	X		

#### 4.2.3.1. Material Particulado menor a 10 micras - PM10

La información presentada a continuación recopila el análisis realizado en el Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire publicado por el Instituto en el año 2007, el cual presentó información

correspondiente a 12 estaciones; para el periodo 2007 a 2010 se tomó información de once estaciones de las cuales las estaciones Puente Aranda, Fontibón y Tunal tienen información a partir de junio de 2008.

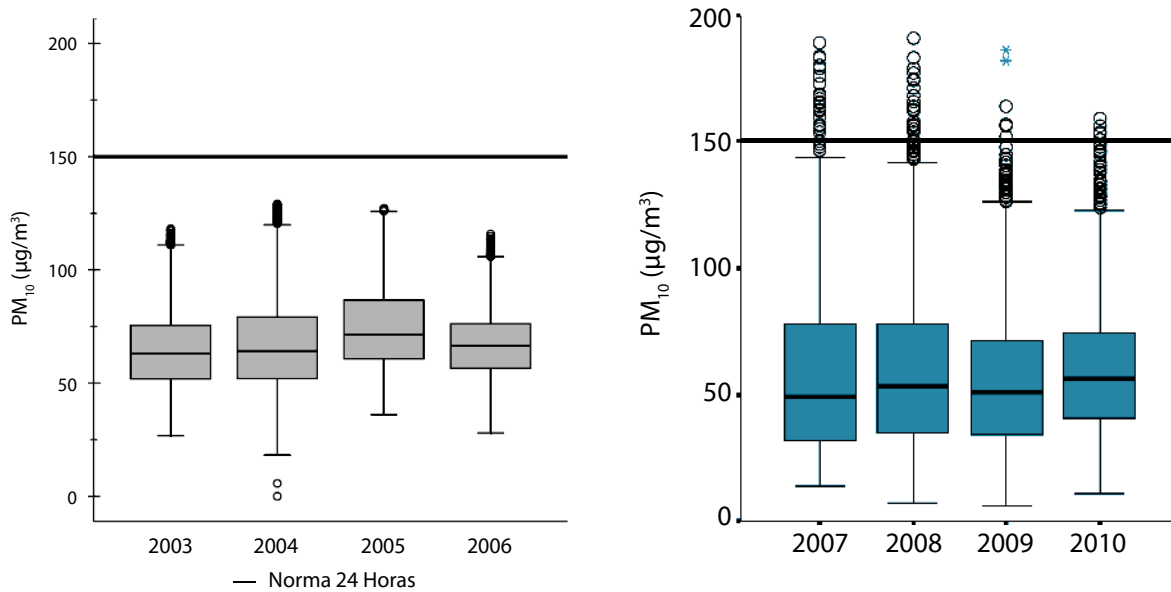
En cuanto al comportamiento de las concentraciones promedio 24 horas de PM10, se puede observar que durante los años 2003



a 2006 las medianas se mantuvieron por encima de los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pero los datos no sobrepasaron la norma aplicable ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mientras que para el periodo 2007 a 2010 algunos de los datos sobrepasaron el límite establecido por la

norma vigente ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y se presentó una tendencia al aumento a partir del 2007 ( $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) llegando en el año 2010 a una mediana de  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , como se ve en la gráfica 34.

**Gráfica 34 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

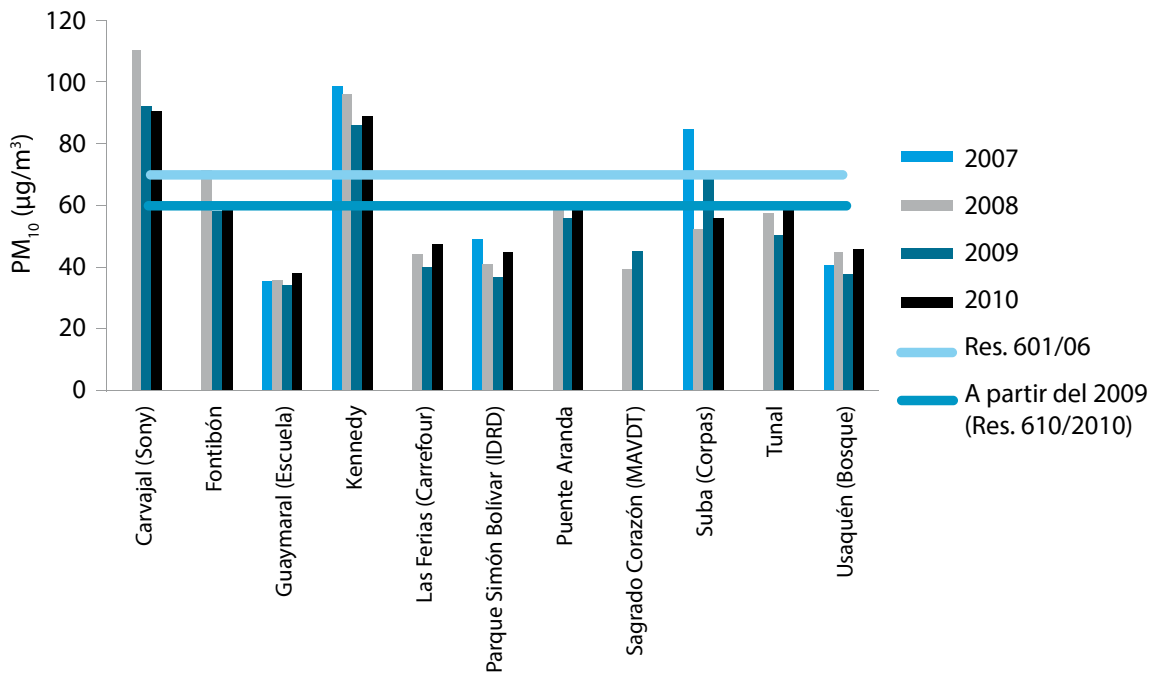
Por otra parte, las concentraciones anuales por estación se presentan en la gráfica 35; en ella las estaciones Carvajal, Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Suba superaron el límite máximo permisible aplicable en diferentes años. Así mismo durante el periodo 2007 a 2009 en las estaciones Carvajal, Fontibón, Kennedy, Parque Simón Bolívar y Suba las concentraciones presentaron un descenso en el promedio anual de PM10; sin embargo el año 2010 se caracterizó por presentar un aumento en los niveles de contaminación en la mayoría de las estaciones. Por ejemplo en

la estación Tunal el promedio anual del año 2009 fue  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mientras en el año 2010 se registró una concentración de  $59,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo mismo sucede en las estaciones de Las Ferias y Usaquén donde la diferencia entre los dos años fue de  $7,9$  y  $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; por el contrario las estaciones Carvajal y Suba, presentaron disminuciones considerables desde los años 2007 (Suba  $84,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 2008 (Carvajal  $110,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) llegando en el año 2010 a concentraciones de  $55,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $90,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.





**Gráfica 35 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de la SDA**



Fuente: IDEAM, 2012

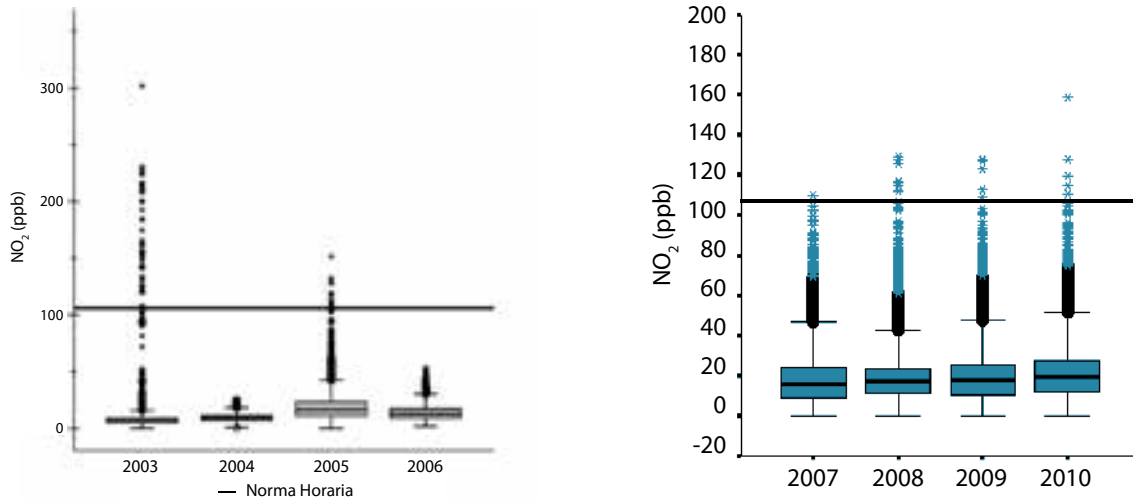
#### 4.2.3.2. Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

En la gráfica 36, se muestra el comportamiento del promedio horario para este contaminante a partir del año 2003, observándose que algunos de los datos superaron el límite máximo permisible de 106 ppb, llegando a

valores máximos de 159 ppb en el año 2010. No obstante la tendencia del contaminante ha sido al aumento durante el periodo 2003 a 2010; sin embargo en los últimos cuatro años los niveles de contaminación se han mantenido estables, con medianas por debajo de los 19 ppb.



**Gráfica 36 Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la SDA**

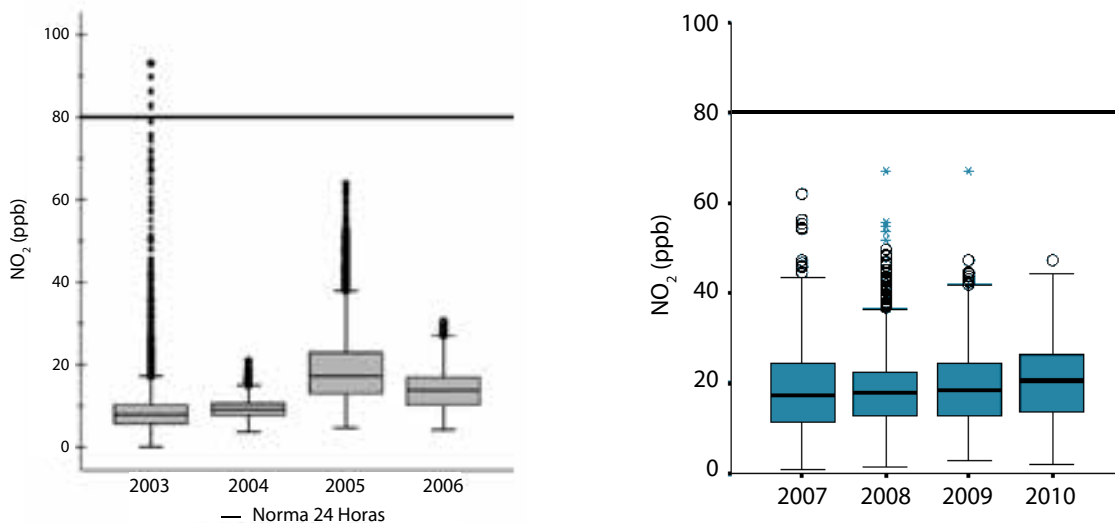


**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

Por otro lado, la gráfica 37 muestra el comportamiento de las concentraciones para periodos de exposición de 24 horas para los años 2003 a 2010; en el año 2003 las concentraciones diarias superaron en varias ocasiones el límite máximo permisible, sin

embargo las medianas se mantuvieron por debajo de 20 ppb presentando un aumento progresivo durante el periodo 2007 a 2010. Durante este periodo la concentración promedio 24 horas tuvo como máximo registro 67 ppb en el mes de abril del año 2009.

**Gráfica 37 Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**



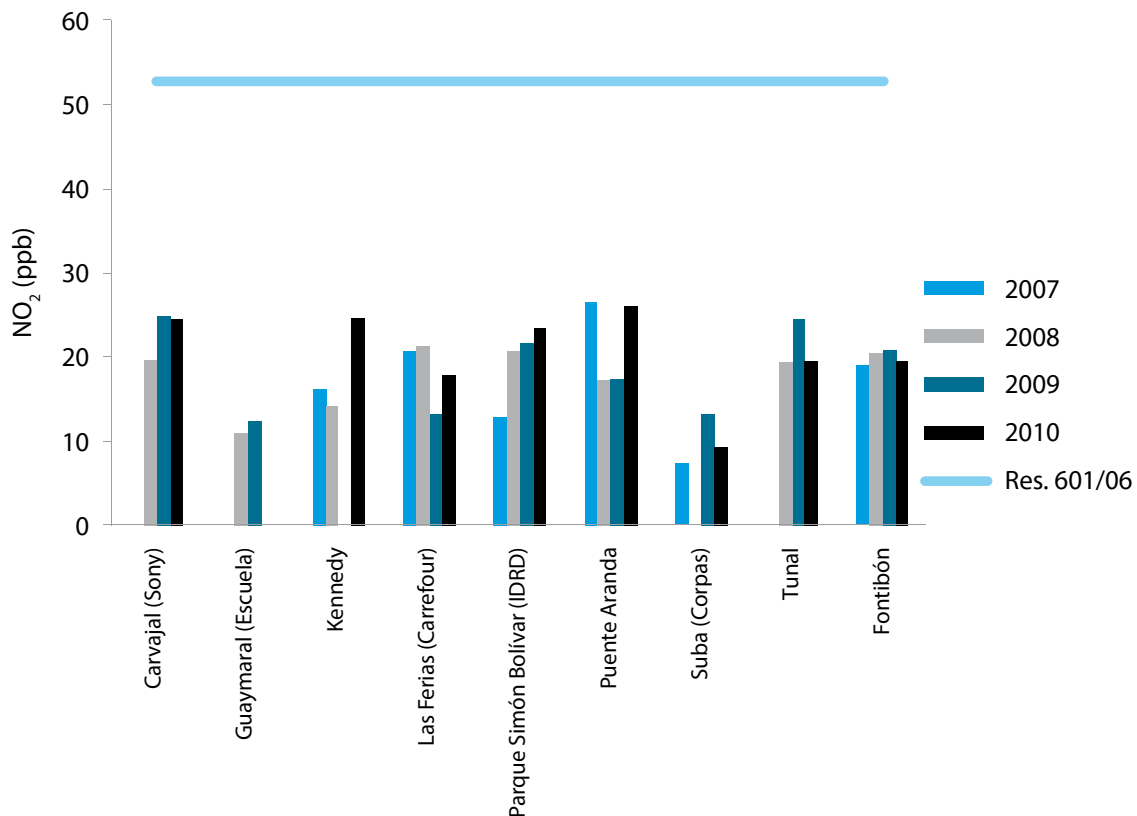
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



En cuanto al análisis del comportamiento anual de este contaminante durante los años 2007 a 2010 (ver gráfica 38) se evidencia que sus concentraciones se mantuvieron

estables por debajo de 30 ppb; sin embargo, en la estación Puente Aranda se presentaron mayores concentraciones de dióxido de nitrógeno en los años 2007 y 2010.

**Gráfica 38 Concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la SDA**



Fuente: IDEAM, 2012

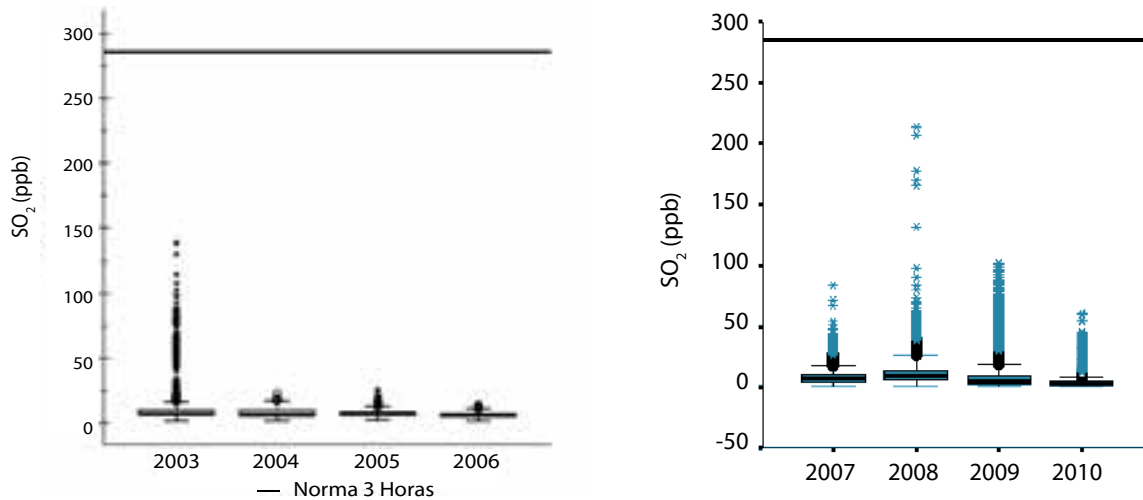
#### 4.2.3.3 Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>

Durante el período de análisis el SVCA de la SDA contaba con 8 puntos de monitoreo de SO<sub>2</sub> dentro de la ciudad; durante los años 2003, 2008 y 2009 las concentraciones presentaron valores por encima de los 100 ppb en los promedios de 3 horas (ver gráfica 39). Para el resto de los años del período de análisis

las máximas concentraciones se encontraron entre 60 y 83 ppb. En la ciudad de Bogotá este contaminante presentó concentraciones muy bajas, con medianas entre 2 y 10 ppb, rango que representa menos del 3,5% de la norma establecida para este contaminante en un tiempo de exposición de tres horas (287 ppb).



**Gráfica 39 Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (3 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**

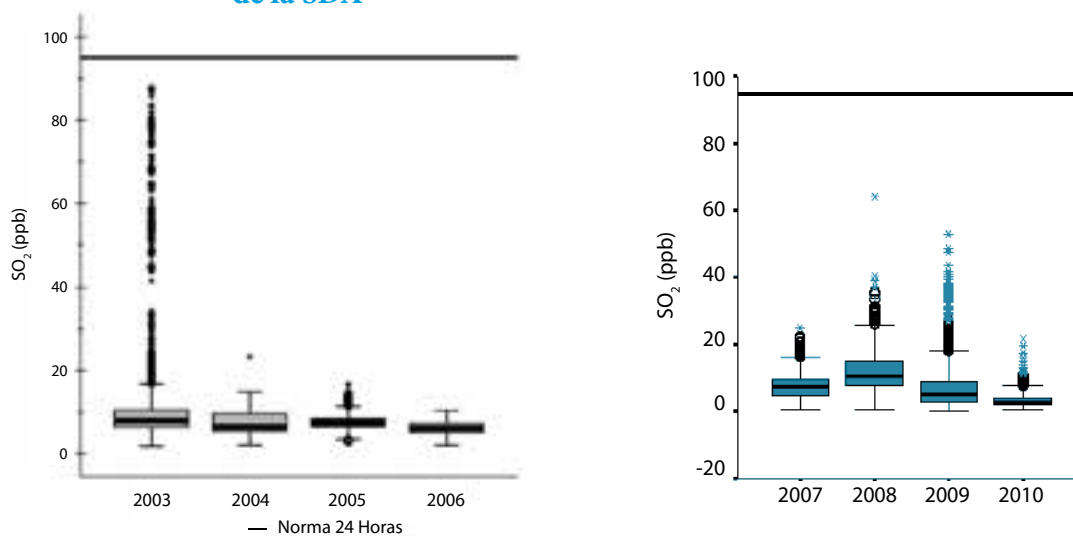


**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

Así mismo, al analizar los promedios diarios de dióxido de azufre mediante diagrama de cajas (gráfica 40), se puede concluir que ningún valor excedió el límite máximo permisible (96 ppb) y que a través del tiempo las concentraciones disminuyeron

en dos periodos 2003 a 2007 y desde el año 2008 hasta el año 2010. Al igual que en las concentraciones de 3 horas las medianas se mantuvieron en valores muy bajos, los cuales representan menos del 3% de la norma establecida para este contaminante.

**Gráfica 40 Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**



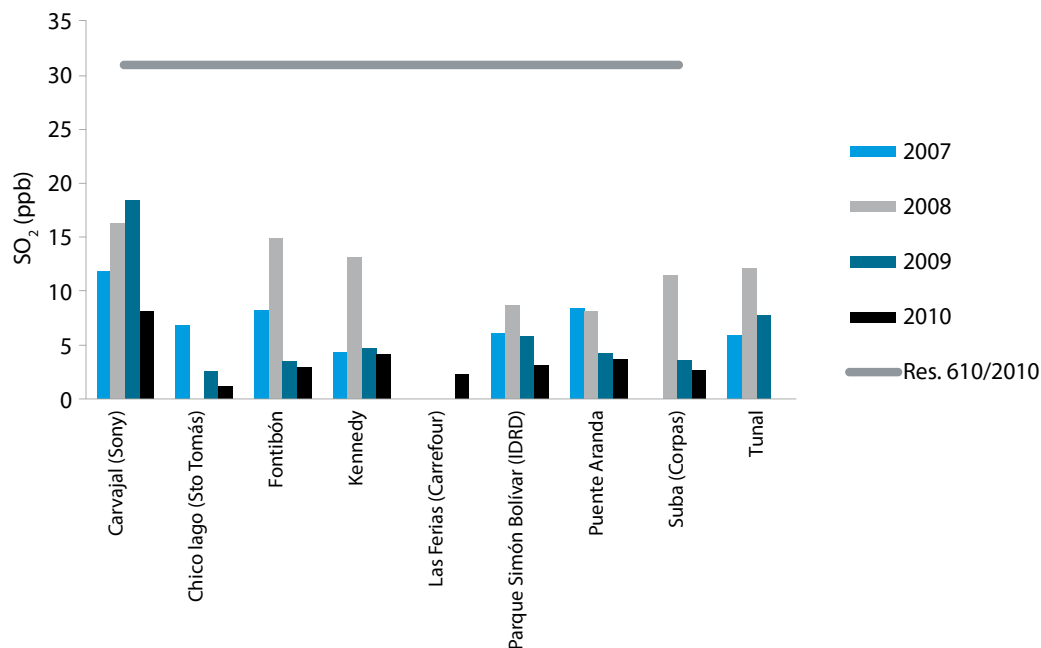
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



Finalmente, en la gráfica 41 se presentan los promedios anuales en cada una de las estaciones que contaron con registros durante los años 2007 a 2010, donde la mayor concentración se presentó en el año 2009 en la estación Carvajal con un valor de 18,4 ppb. Por otro lado, en el año 2008 se

presentó un aumento en las concentraciones de este contaminante en todas las estaciones, mientras en los años 2009 y 2010 las niveles de contaminación disminuyeron en todas las estaciones excepto en el 2009 en la estación Carvajal.

**Gráfica 41** Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la SDA



**Fuente:** IDEAM, 2012.

#### 4.2.3.4 Monóxido de Carbono - CO<sub>2</sub>

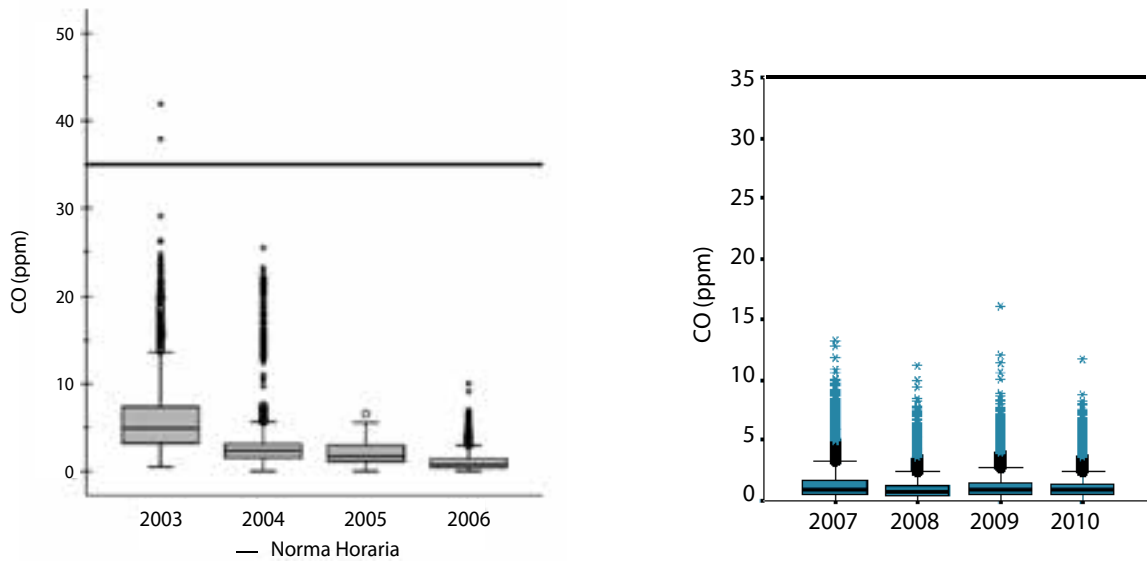
En las estaciones Cazucá, Fontibón, Kennedy, Santo Tomas, Sony, Carrefour, IDRD, Puente Aranda, MAVDT y Tunal, las concentraciones promedio horarias de monóxido de carbono disminuyeron progresivamente hasta el año 2008 y aunque se observó un ligero aumento en el año 2009, las medianas durante el periodo 2007 a 2010 (ver gráfica 42) se encontraron por debajo de 10 ppm lo cual

no representó un impacto importante para la salud o la calidad del recurso.

De la misma manera para el periodo de exposición de 8 horas (ver gráfica 43) las concentraciones disminuyeron desde el año 2003, aunque se presentaron excedencias durante los años 2007 y 2009 éstas fueron aisladas y no representaron un riesgo a la salud de la población.

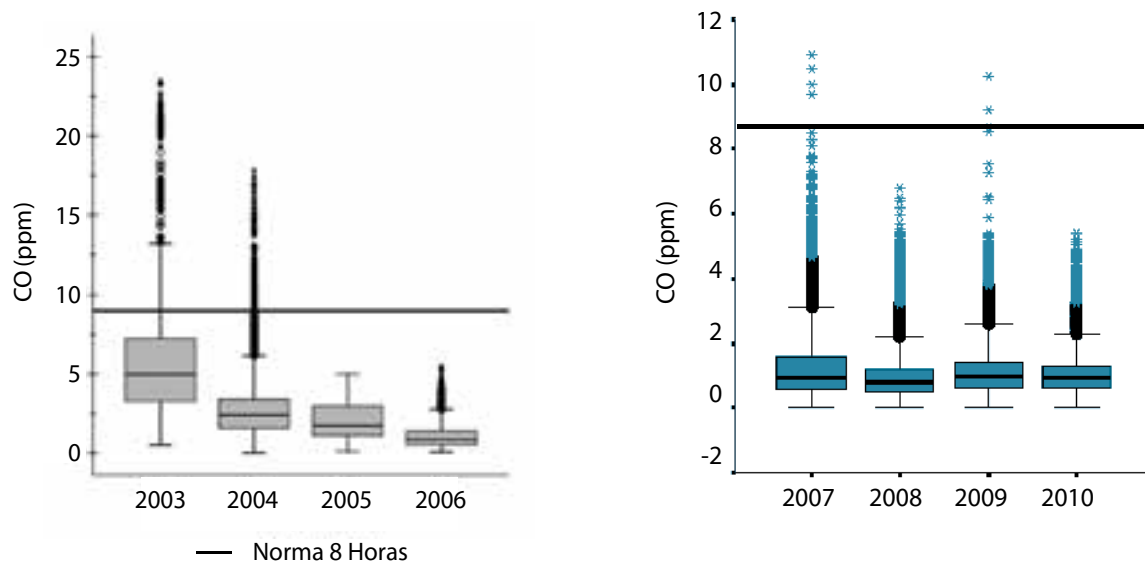


**Gráfica 42 Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones del SVCA de la SDA**



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

**Gráfica 43 Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

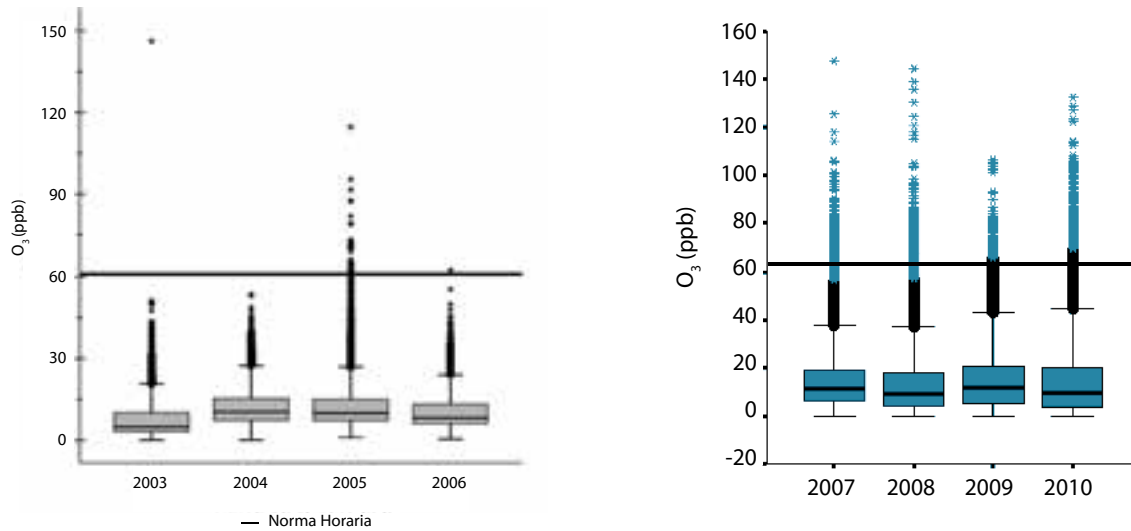


### 4.2.3.5 Ozono - O<sub>3</sub>

De acuerdo al análisis realizado para el periodo de tiempo entre el año 2003 a 2010 las medianas de las concentraciones de ozono

en la ciudad se mantuvieron estables por debajo de los 12 ppb; no obstante en el año 2005 y el período 2007 a 2010 se presentaron excedencias a la norma horaria con valores que alcanzaron los 147 ppb.

**Gráfica 44 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la SDA**



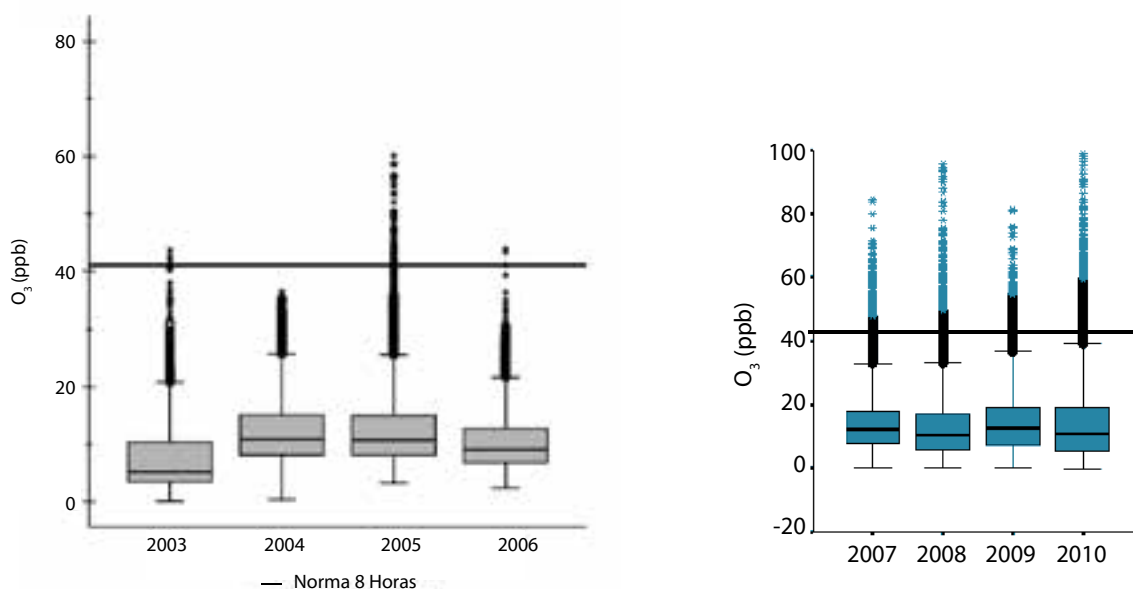
**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

En la gráfica 45 se presentan los promedios 8 horas de los años 2007 a 2010 mediante un diagrama de cajas. En esta gráfica se puede observar que durante los últimos

años las medianas fluctuaron entre 10 y 12 ppb. Adicionalmente durante los años 2008 a 2010 se presentaron mayor número de excedencias.



**Gráfica 45 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (8 horas) en las estaciones del SVCA de la SDA**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.4 Cúcuta – Norte de Santander jurisdicción de CORPONOR

Durante el periodo de análisis de este informe la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental – CORPONOR, contaba

en su jurisdicción con tres estaciones en las que se monitorearon material particulado menor a diez micras - PM<sub>10</sub> y partículas menores a 2.5 micras - PM<sub>2.5</sub>. La tabla No. 12 muestra la información detallada sobre las estaciones que conforman este SVCA.

**Tabla No. 12 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CORPONOR**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PST
Sena	Manual	2008					X		
Panamericano	Manual	2008					X		
Centro Cínera	Semiautomática	2008					X	X	

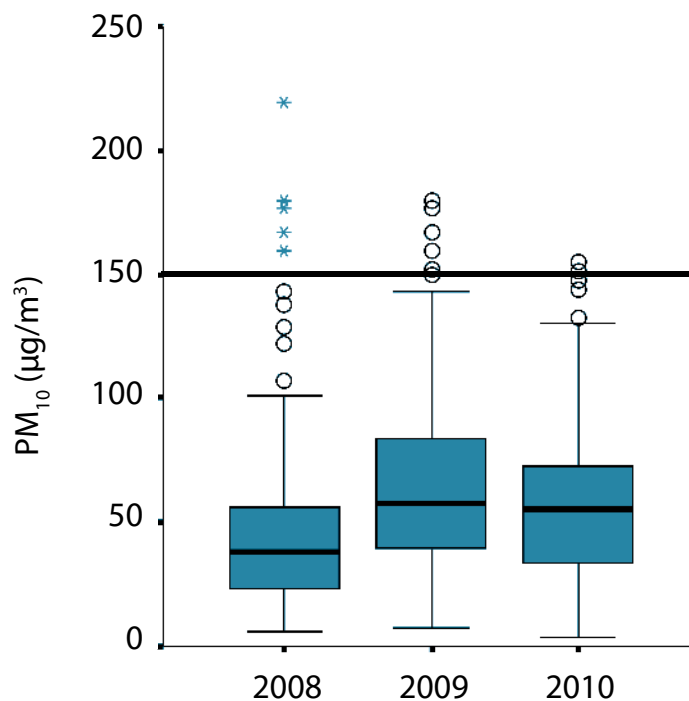


#### 4.2.4.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

En la gráfica 46 se presentan los promedios 24 horas de PM10 registrados durante los años 2007 a 2010, donde se observó que algunos registros superaron el límite permisible de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en las estaciones Sena y Panamericano. En la ciudad de Cúcuta

la concentración de PM10 se incrementó progresivamente durante el periodo de análisis, aunque en el año 2010 se observó una ligera disminución con respecto al año 2009. El máximo valor registrado en la serie de datos analizada se presentó en la estación Panamericano en el año 2008 con una concentración de  $219,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Gráfica 46** Concentración promedio de PM10 (24 hora) en las estaciones del SVCA de CORPONOR

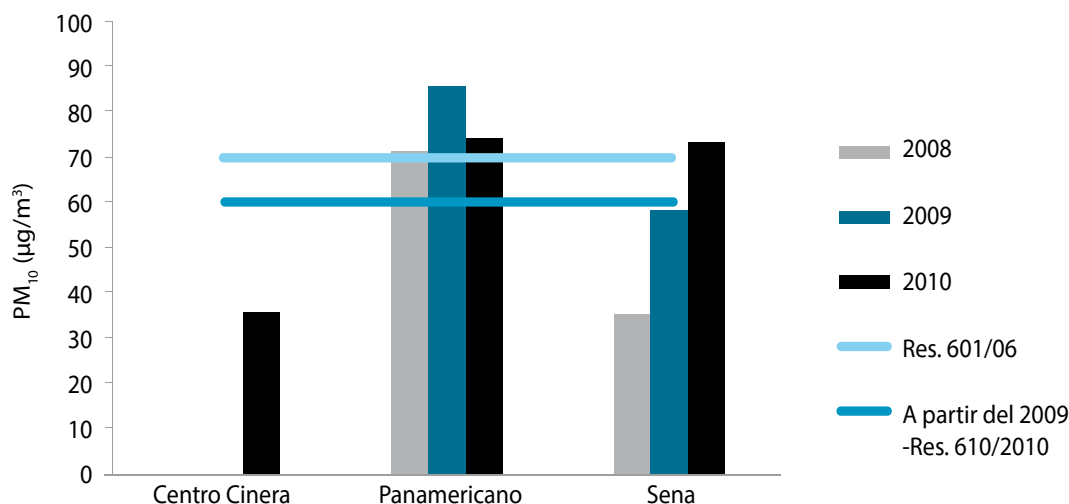


**Fuente:** IDEAM, 2012

Por su parte los promedios anuales de las estaciones del SVCA de la ciudad de Cúcuta durante los años 2008 a 2010 se presentan en la gráfica 47; en ella se observa que en la estación Panamericano se excedió el límite establecido por la norma en todos los años,

mientras que en la estación Sena se excedió el promedio anual durante el año 2010. En general los niveles de contaminación por PM10 aumentaron desde el año 2008 en las estaciones Panamericano y Sena.



**Gráfica 47 Concentración promedio Anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPONOR**

Fuente: IDEAM, 2012



113

#### 4.2.5 Manizales - Caldas jurisdicción de CORPOCALDAS

Durante el periodo de análisis de este informe el Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de

la ciudad de Manizales contaba con cuatro estaciones donde se monitoreron partículas suspendidas totales, - PST y material particulado menor a diez micras - PM10.

**Tabla No. 13 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPOCALDAS**

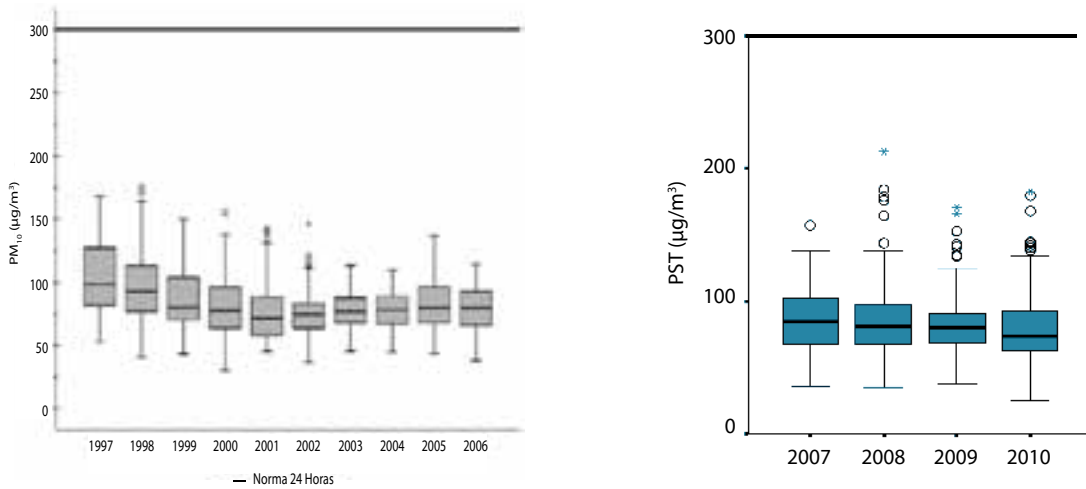
Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Liceo	Manual	1997					X		X
Milán	Manual	1998							X
Maltería	Manual	1997							X
Centro (Edificio Licorera)	Semi Automática	2009					X	X	

##### 4.2.5.1. Partículas Suspendidas Totales - PST

Este parámetro fue medido en las estaciones Liceo, Maltería y Milán, donde los registros no presentaron excedencias a la norma 24

horas. Así mismo, se presentó una tendencia a la disminución a partir del año 2007, el cual registró una mediana de 84 µg/m<sup>3</sup> disminuyendo a 74 µg/m<sup>3</sup> en el 2010, como se ve en la gráfica 48.

**Gráfica 48 Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS**

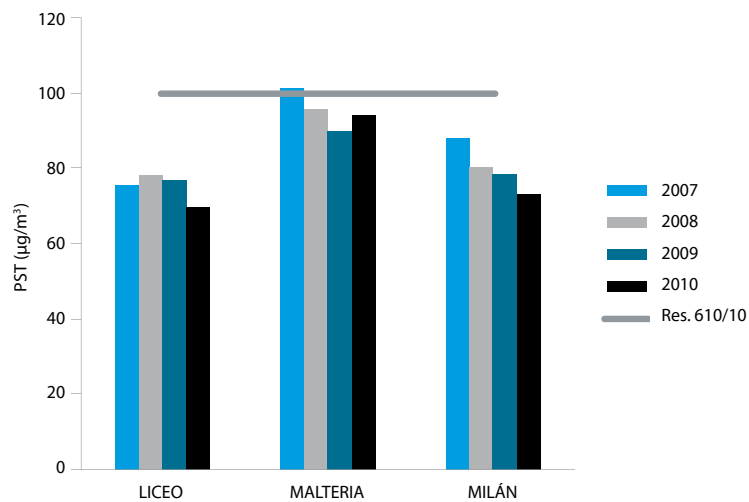


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

Al analizar el comportamiento de las concentraciones promedio anuales de este contaminante en las estaciones que conforman este SVCA, se encuentra que para la estación Maltería se observa que se superó el límite establecido por la norma en el año 2007, en el cual se presentó una concentración de 101,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; por el contrario en el año

2009 se presentó la menor concentración en esta estación con un valor de 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las estaciones Milán y Liceo reportaron concentraciones anuales entre 70 y 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En general el comportamiento del PST en la ciudad de Manizales tendió a la baja en todas las estaciones que lo reportaron.

**Gráfica 49 Concentración promedio Anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS**



**Fuente: IDEAM, 2012**

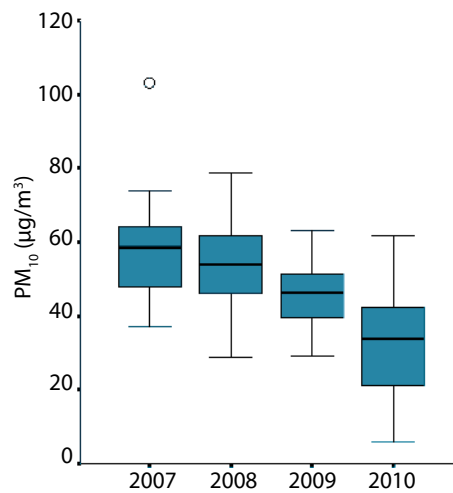
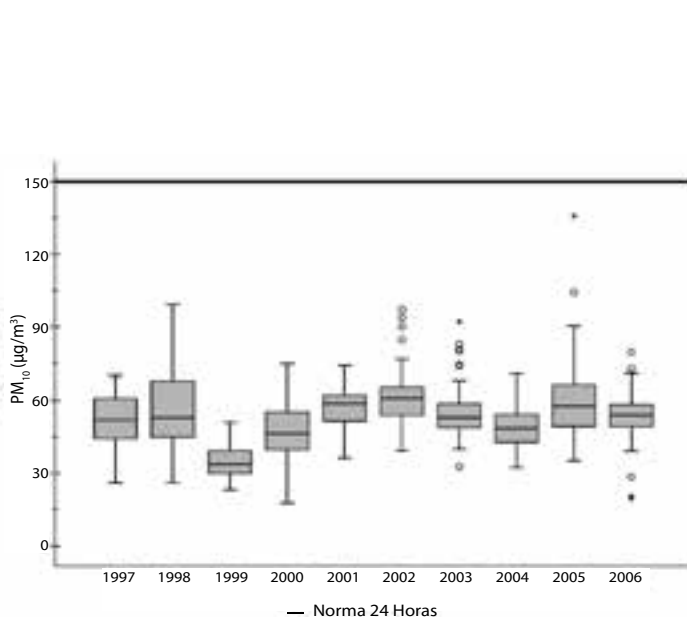


#### 4.2.5.2 Material particulado menor a diez micras – PM10

Durante el periodo de estudio este parámetro se monitoreó en la estación Centro Liceo y en el año 2010 en la estación Licorera. En la gráfica 50 se presenta el comportamiento 24

horas de este contaminante, observándose que las medianas se encontraron por debajo de los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Adicionalmente, se ve claramente una tendencia a la disminución de la concentración a partir del año 2007 en el cual el promedio fue de  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hasta un valor promedio de  $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2010.

**Gráfica 50 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS**



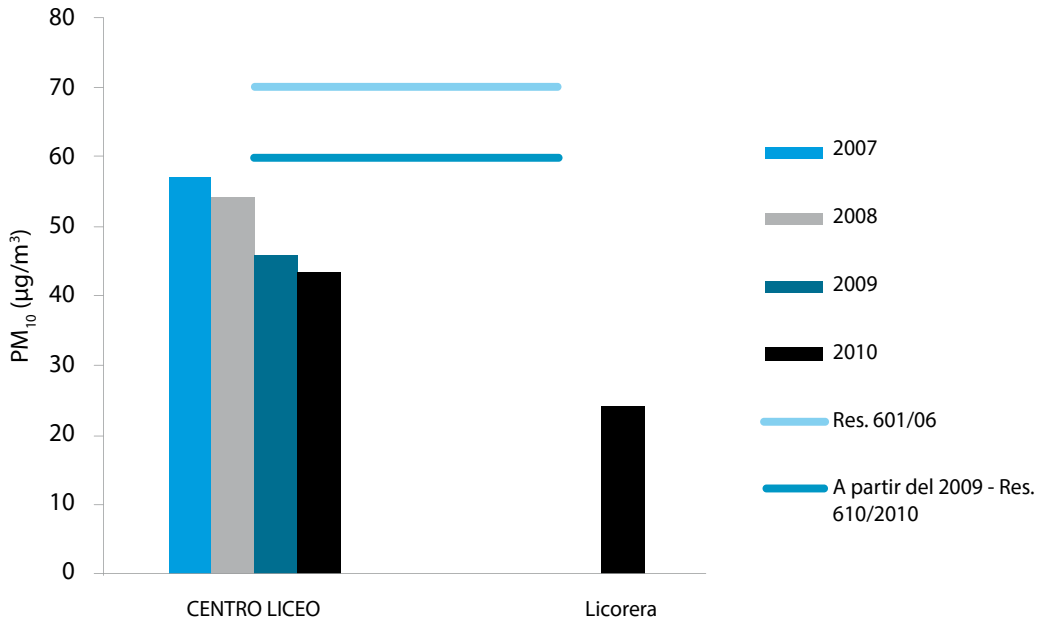
Fuente: IDEAM, 2012



En cuanto a los promedios anuales, en la estación Centro Liceo se observó una disminución considerable a través de los

años. Así mismo en ninguna de las estaciones se superó el valor máximo permisible, como se puede apreciar en la gráfica 51.

**Gráfica 51 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPOCALDAS**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.6 Municipios de Antioquia Jurisdicción de CORANTIOQUIA

La entidad encargada de realizar el seguimiento del estado de la calidad del aire en los municipios de Antioquia es La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - CORANTIOQUIA. Durante el período de análisis el SVCA de esta corporación contaba con dos estaciones fijas,

Fundadores (Envigado) y Altavista. La estación Fundadores monitoreaba material particulado menor a diez micras (PM10), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>) y la estación Altavista monitoreaba el parámetro de PM10. Adicionalmente la corporación realizó campañas de monitoreo dentro de la jurisdicción como se observa en la tabla No. 14 monitoreando los parámetros PM10 y PM2.5.



**Tabla No. 14 Distribución del sistema de vigilancia de Calidad del Aire de CORANTIOQUIA**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Fundadores (Envigado)	Automática	2006		X	X		X		
Altavista	Automática	2008					X		
Por los municipios de su jurisdicción	Manual	2004					X		
Por los municipios de su jurisdicción	Automática	2010					X	X	

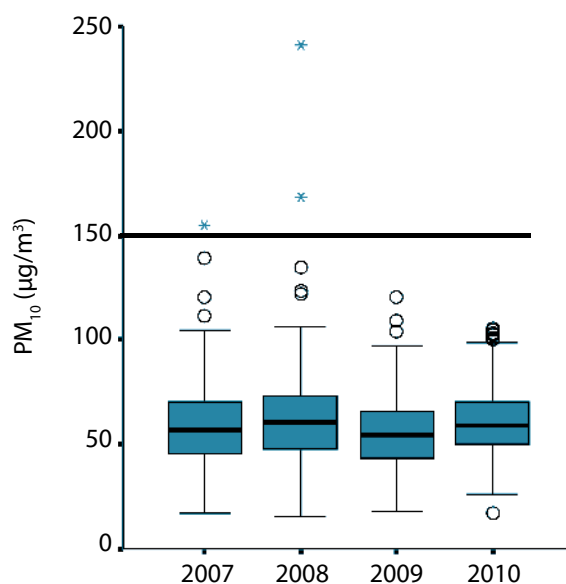
#### 4.2.6.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

De acuerdo con el análisis de la serie temporal de datos de PM10 2007 – 2010, en los años 2007 y 2008 se presentaron valores que superaron la norma establecida para el tiempo de exposición en 24 horas (Ver gráfica 52); al observar las medianas para los cuatro años, las concentraciones se encontraban por debajo de los 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo el año con

menor concentración el 2009 con un valor de 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la mayor concentración se presentó en el año 2008 con un valor de 241  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Es importante mencionar que para este Sistema de Vigilancia, no se presenta comparación con años anteriores al 2007 dado que antes de este año la Corporación dedicó sus esfuerzos en generar la línea base de calidad del aire en su jurisdicción.

**Gráfica 52 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA**



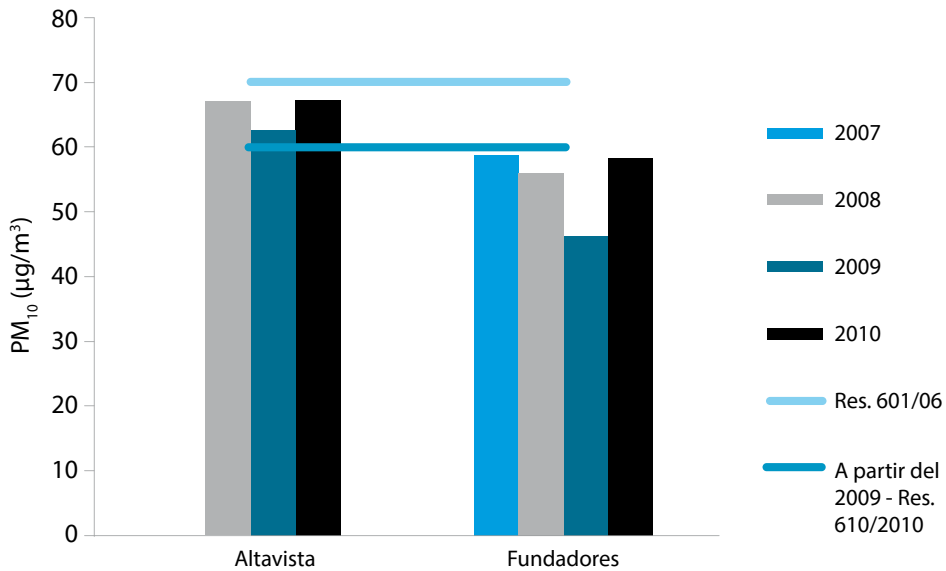
Fuente: IDEAM, 2012



En cuanto a los promedios anuales de PM10 en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA, en la gráfica 53 se evidencia que las mayores concentraciones se presentaron en la estación Altavista donde los promedios de los años 2008 al 2010 sobrepasaron los 60 µg/m<sup>3</sup>.

Por el contrario en la estación Fundadores las concentraciones se encontraron por debajo del límite establecido por la norma durante el periodo 2007-2009 y disminuyeron año a año, excepto el año 2010 en el cual el promedio anual alcanzó un valor de 58 µg/m<sup>3</sup>.

**Gráfica 53 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA**



Fuente: IDEAM, 2012

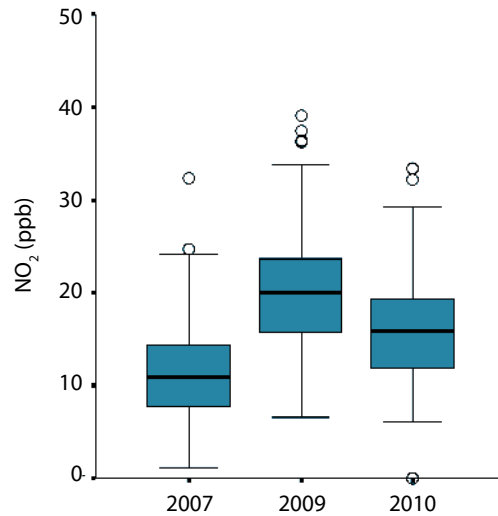
#### 4.2.6.2 Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

Para el período de estudio el Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORANTIOQUIA, presentó registros en la estación de Fundadores (Envigado) para los años 2007, 2009 y 2010; para el año 2008 los datos reportados no fueron tenidos en cuenta por no ser representativos temporalmente.

De acuerdo con la gráfica 54, durante el periodo de análisis, no se superó el límite máximo permisible diario de NO<sub>2</sub> (80 ppb); por el contrario las concentraciones se mantuvieron en valores por debajo de los 40 ppb. Sin embargo, la mediana para el año 2009 presentó un pico con una concentración de 20 ppb.



**Gráfica 54 Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA**

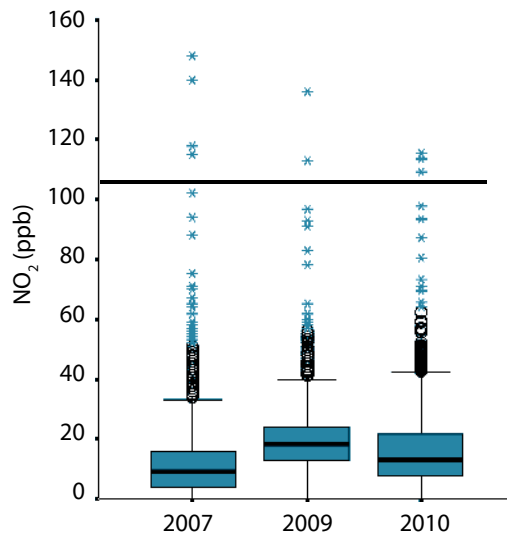


Fuente: IDEAM, 2012

Por otra parte, en la gráfica 55 se presenta el comportamiento de los datos para un periodo de exposición de una hora en la estación de Fundadores (Envigado); en ella se puede observar que se presentaron excedencias a la

norma horaria en todos los años analizados y las concentraciones presentaron un comportamiento similar al de los registros diarios.

**Gráfica 55 Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA**



Fuente: IDEAM, 2012

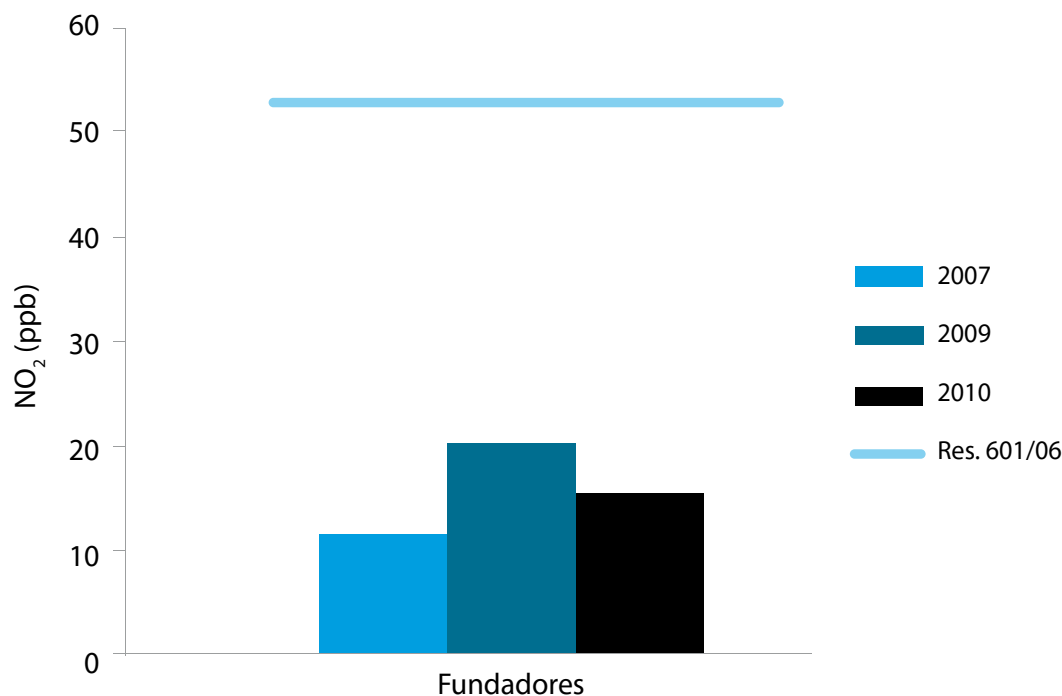




Los niveles anuales de  $\text{NO}_2$  no superaron la norma anual, los promedios se mantuvieron entre 10 y 20 ppb durante el periodo analizado,

valor que no representa ni el 50% de la norma nacional establecida (ver gráfica 56).

**Gráfica 56** Concentración promedio anual de  $\text{NO}_2$  en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA



*Fuente: IDEAM, 2012.*

#### 4.2.6.3 Ozono - $\text{O}_3$

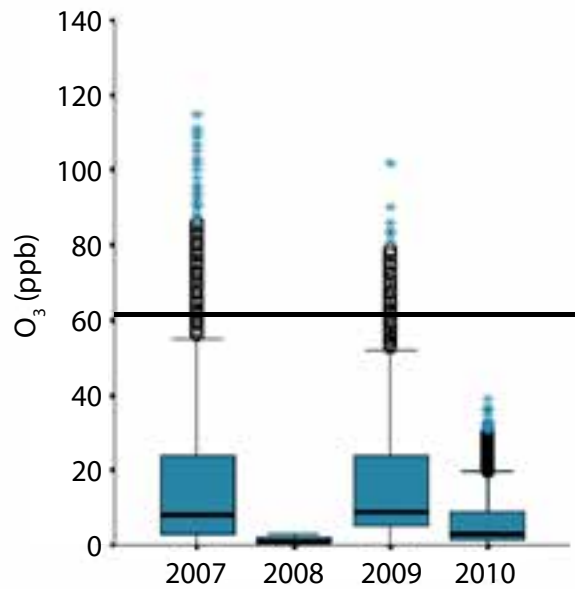
La información presentada a continuación corresponde a las mediciones de ozono disponibles en la corporación durante el periodo 2007 a 2010; sin embargo vale la pena aclarar que los valores reportados en el año 2008 fueron pocos y no representaban temporalmente el comportamiento para el contaminante en este año.

Las concentraciones promedio de ozono para períodos de exposición de una y ocho horas en la estación de Fundadores (Envigado) se presentan en las gráficas 57 y 58. Como se

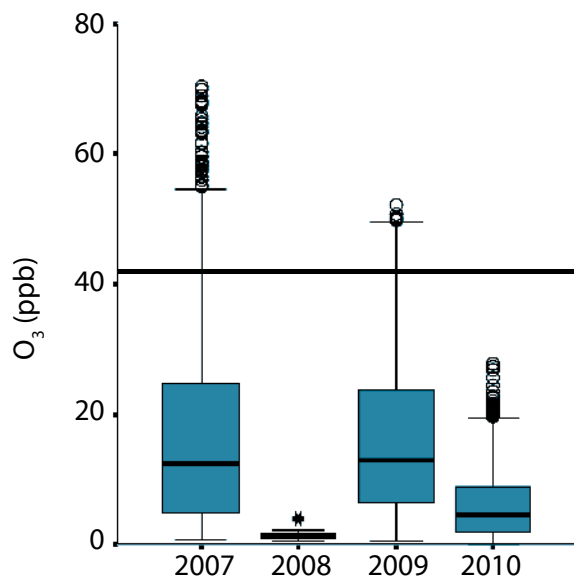
puede observar, en los años 2007 y 2009 se superaron en repetidas oportunidades los niveles establecidos por la norma aplicable.

Por otro lado los niveles de ozono se mantuvieron relativamente estables durante los años 2007 y 2009, siendo el año 2009 mayor que para el año 2010; es evidente una reducción considerable llegando a valores de las medianas de 3 y 4,6 ppb para periodos de exposición horarios y diarios respectivamente, lo cual representa una disminución de 37 y 38% para promedios horarios y diarios respectivamente respecto al año 2007.

**Gráfica 57** Concentración promedio de  $O_3$  (Horario) en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA



**Gráfica 58** Concentración promedio de  $O_3$  (8 horas) en las estaciones del SVCA de CORANTIOQUIA



*Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.*

#### 4.2.7 Municipios de Cundinamarca jurisdicción de la CAR

La entidad encargada de realizar seguimiento al estado de la calidad del aire en los municipios de Cundinamarca es la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, que tiene uno de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire más amplios dentro del

país; durante el período de análisis contaba con 16 estaciones, de las cuales 4 iniciaron operación en el año 2010, monitoreando parámetros con equipos automáticos de material particulado menor a diez micras (PM10), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>) y material particulado menor a 2.5 Micras (PM2.5).

**Tabla No. 15 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CAR**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Tocancipá - Colegio Instituto Tecnológico	Automática	2010	X	X	X	X	X		
Soacha -Bodegas Almacafé	Manual	2000					X		
Soacha -Hospital Mario Gaitán	Manual	2000					X		
Sibaté - Centro Recreacional Los Sauces	Automática	2005	X	X	X	X	X		
Mosquera - Sena	Manual	2001	X	X			X		
Tocancipá -Planta Tibitoc	Manual	2000	X	X			X		
Nemocón -Vereda Patio Bonito	Manual	2000	X	X			X		
Zipacquirá -Emafez	Automática	2005	X	X	X	X	X		
Ráquira -Urbano	Automática		X	X	X	X	X		
Cogua - PTAR	Manual	2005	X	X			X		
Cajicá - Colegio Manas	Automática	2010	X	X			X	X	
Funza - Edificio SISBEN	Manual	2007	X	X					
Mosquera - Villa Olímpica	Manual	2007					X		
Madrid - PTAR Madrid	Manual	2007					X		
Mochuelo	Automática	2010	X	X	X	X	X		
Sopó - Colegio Rafael Pombo	Automático	2010	X	X	X	X	X	X	

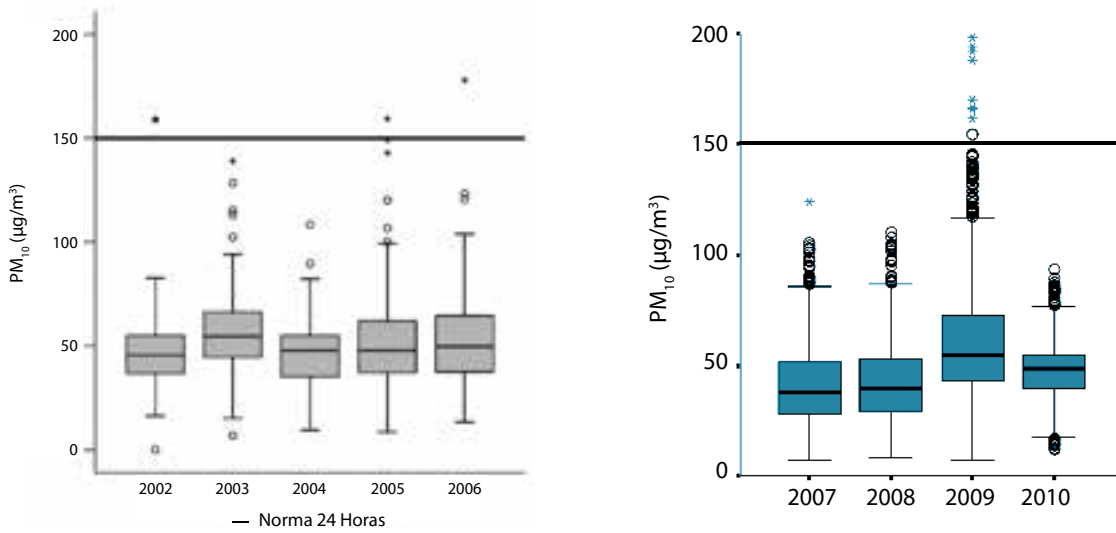
##### 4.2.7.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

El PM10 fue el contaminante de mayor medición en el SVCA de la CAR. De acuerdo con el análisis de los registros de este parámetro, la mediana de las concentraciones

diarias aumentó; sin embargo en el año 2010 disminuyó 5,95 µg/m<sup>3</sup> respecto al año 2009 (gráfica 59). Durante el año 2009 se registraron las más altas concentraciones de los últimos nueve años llegando a promedios por encima de los 300 µg/m<sup>3</sup>.



**Gráfica 59 Concentración promedio de PM10 (24 Horas) en las estaciones del SVCA de la CAR**

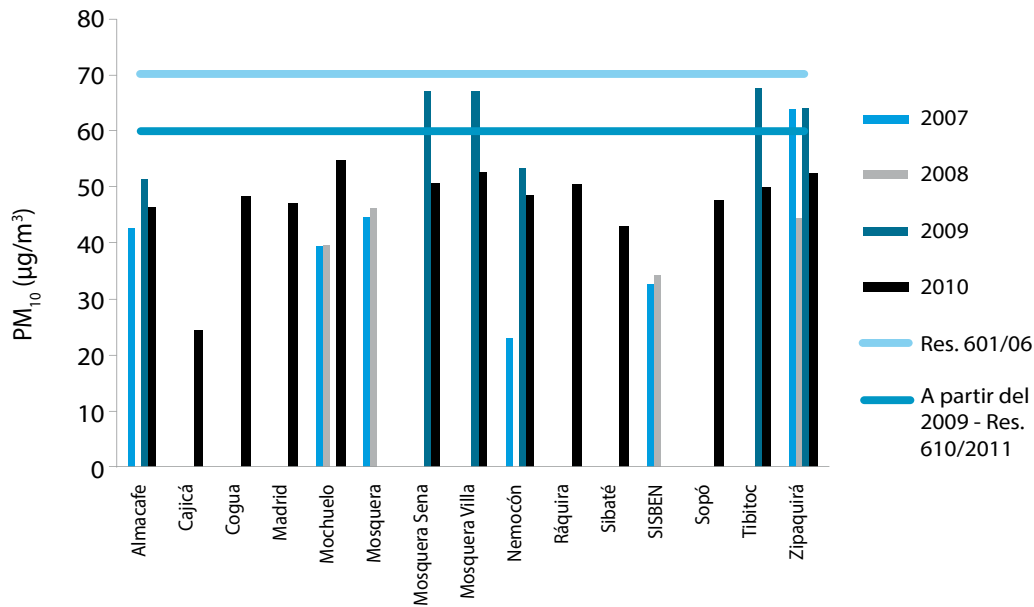


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

La gráfica 60 muestra los promedios anuales durante el periodo 2007 a 2010. Como se mencionó anteriormente, en el año 2009 se presentaron las mayores concentraciones,

especialmente en las estaciones Mosquera Sena, Mosquera Villa y Tibitoc. Sin embargo en el año 2010 las concentraciones se redujeron notablemente.

**Gráfica 60 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de la CAR**



**Fuente: IDEAM, 2012**



#### 4.2.7.2 Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

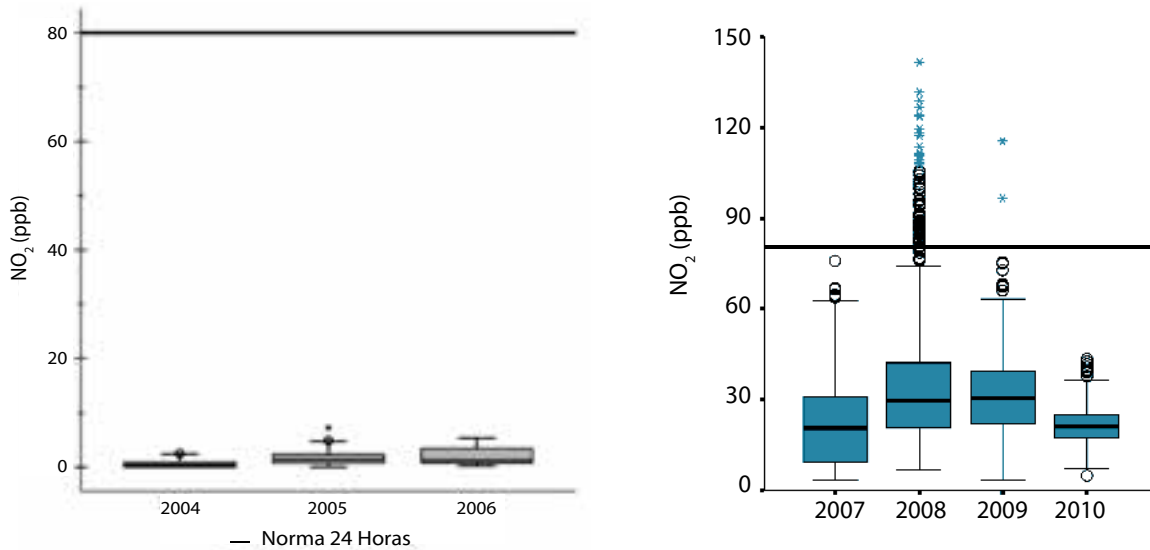
En la gráfica 61 se presentan las concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno mediante diagramas de cajas, en los que se observa un aumento considerable durante el periodo 2007- 2009 ya que al comparar los valores de las medianas para el primer periodo (2004-2006) se encontraban

por debajo de los 5 ppb mientras que para los años 2007 a 2009 los registros estuvieron por encima de 20 ppb. Adicionalmente, las mayores concentraciones se registraron en el año 2008 llegando hasta 144 ppb y posteriormente en los años 2009 y 2010 las concentraciones disminuyeron, comportamiento que permite inferir que los niveles de contaminación de NO<sub>2</sub> tienden al descenso.

**Gráfica 61 Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CAR**



124

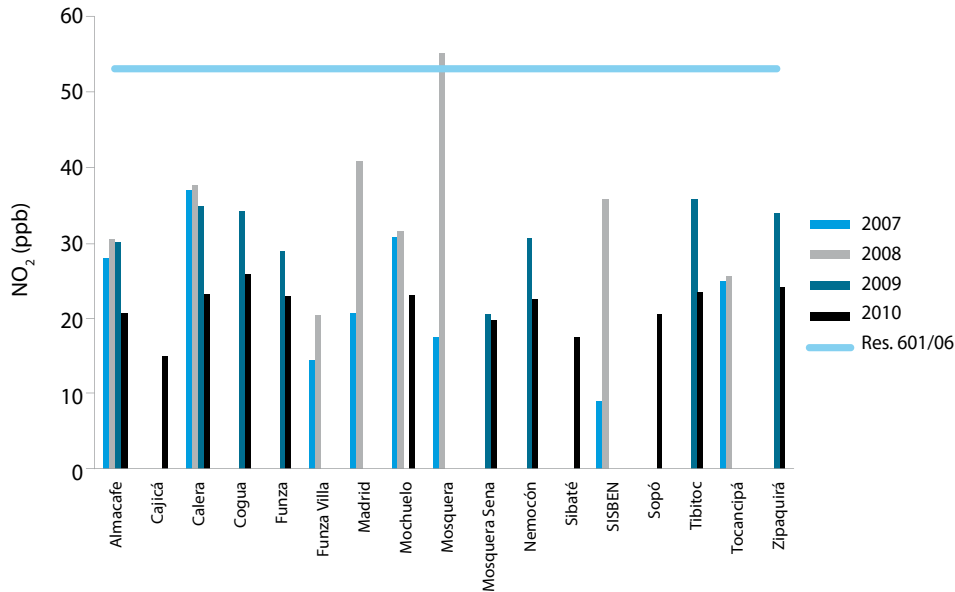


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

Los promedios anuales se presentan en la gráfica 62, en la cual se puede ver claramente que durante el año 2008 en la estación Mosquera se superó el límite establecido de 53 ppb; adicionalmente para este año las demás

estaciones presentaron los promedios más altos del periodo de análisis, seguidos por los promedios del año 2009 y posteriormente los del año 2010 en el cual las concentraciones disminuyeron notablemente.

**Gráfica 62 Concentración promedio Anual de NO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la CAR**



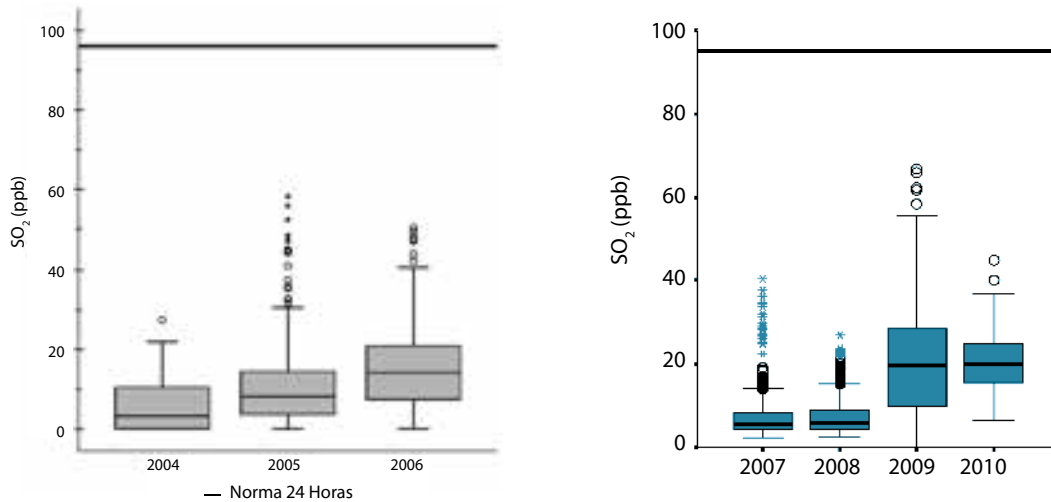
Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.7.3 Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>

Las concentraciones diarias de SO<sub>2</sub> para el periodo analizado se presentan la gráfica 63, en la cual se observa que no se superó el límite máximo permisible; sin embargo, en los años 2005 y 2009 se registraron los mayores valores de SO<sub>2</sub>. Durante

el periodo 2007 - 2010 se presentó un aumento considerable en las concentraciones diarias, con medianas que llegaron hasta 20 ppb en el año 2010; lo anterior permite inferir que en la jurisdicción de la CAR las concentraciones de dióxido de azufre tendieron al aumento en la mayoría de las estaciones.

**Gráfica 63 Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (24 Horas) en las estaciones del SVCA de la CAR**



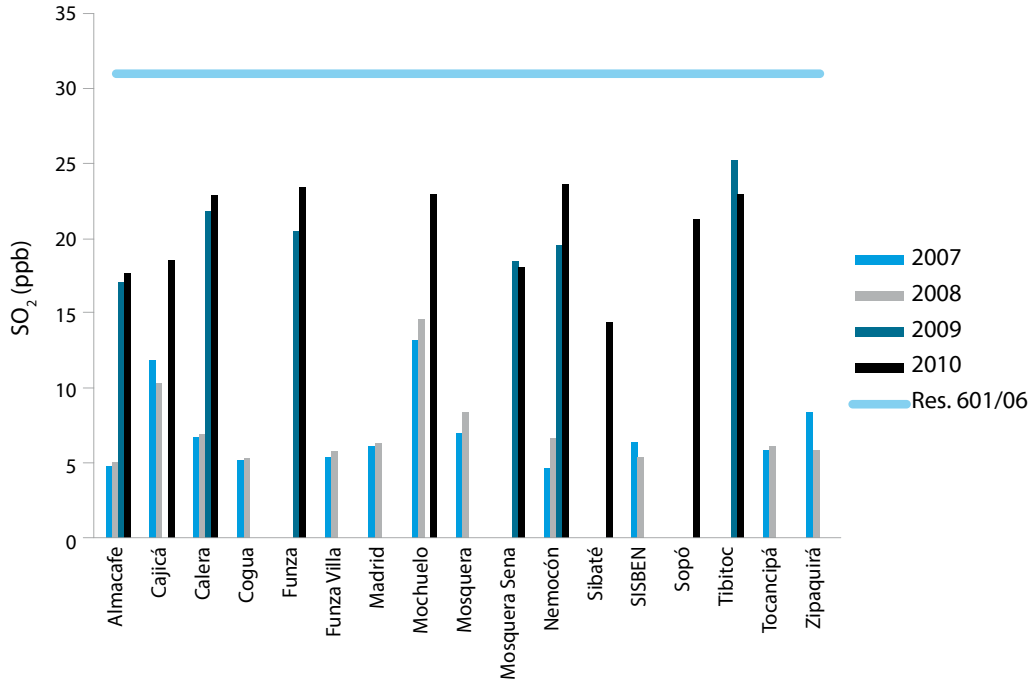
Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



En cuanto al promedio anual registrado durante el periodo 2007 a 2010, en la gráfica 64 se observa que no se superó el límite permisible establecido (31 ppb) para periodos anuales; los años 2009 y 2010 presentaron los mayores promedios de la serie de datos

analizada, llegando a concentraciones por encima de 20 ppb en las estaciones Tibitoc, Calera, Funza y Nemocón, especialmente en el año 2010. Por otro lado, en los dos primeros años se registraron concentraciones bajas en la mayoría de las estaciones.

**Gráfica 64 Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la CAR**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.8 Municipios de la Guajira jurisdicción de CORPOGUAJIRA

La corporación encargada de velar por el seguimiento de la calidad del aire en el departamento de la Guajira es la Corporación Autónoma Regional de la Guajira -

CORPOGUAJIRA, que durante el período de análisis contaba con un SVCA dedicado a la medición de PST y PM10. Este SVCA monitoreaba estos parámetros debido a que en la región la explotación de carbón es una de las actividades económicas más importantes. A continuación se muestra la tabla descriptiva con la información del SVCA de la Guajira.



**Tabla No. 16 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPOGUAJIRA**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Barrancas	Manual	1998					X		
Fonseca	Manual	1998							X
Hatonuevo	Manual	1998					X		
Chanqueta Patilla	Manual	1999					X		X
Roche	Manual	1999					X		
Conejo	Manual	2009					X		
Las Casitas	Manual	2009					X		
Papayal	Manual	2009					X		
Provincial	Manual	2009					X		
Cuestecitas	Manual	2009					X		X
Los Remedios	Manual	2009					X		



#### 4.2.8.1 Partículas Suspendedas Totales – PST

Durante el periodo 2007 a 2010 se monitoreó este contaminante de forma continua en las estaciones de Patilla y Fonseca, mientras que en la estación Cuestecitas se inició el monitoreo en el año 2009.

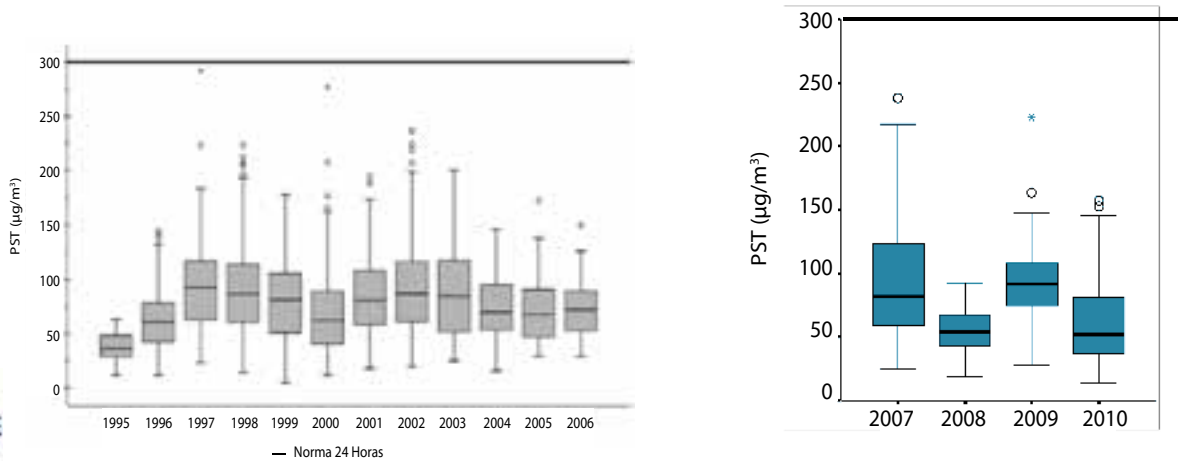
En la gráfica 65 se observa el diagrama de cajas para las concentraciones diarias de PST de las estaciones Barrancas, Carmen, Carretalito, Casitas, Chanqueta, Ciudadela, Fonseca, Remedios, Sol y Sombra, Albania, Papayal, Patilla, Provincial y Roche las cuales operaron durante los años 1995 a 2006; en ésta las concentraciones fluctuaron a través del tiempo, siendo los años 1997 y 2002 los que presentaron las medianas más altas.

Teniendo en cuenta el comportamiento de las concentraciones desde el año 2002 se puede observar una disminución continua hasta el año 2006, sin embargo en el año 2007 los niveles de contaminación por partículas suspendidas totales aumentaron notablemente llegando a una concentración de 238  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En los siguientes tres años las concentraciones diarias fluctuaron considerablemente, siendo los años 2008 y 2010 los que registraron medianas alrededor de los 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y para el año 2009 se registró una mediana de 91,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Es de anotar que para el periodo analizado no se presentaron registros que superaran el límite permisible establecido de 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Gráfica 65 Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOGUAJIRA**

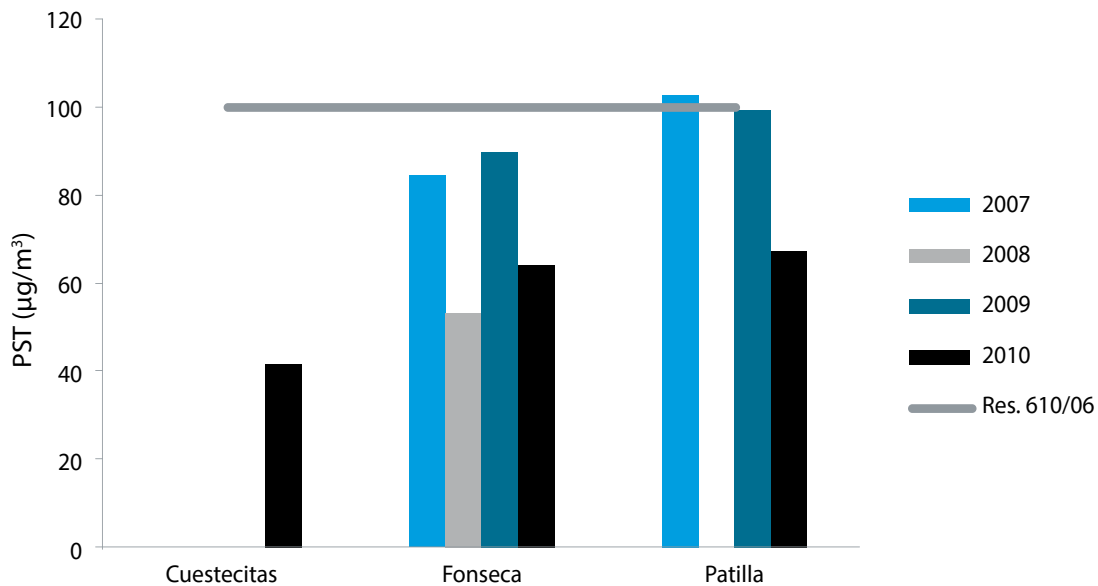


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

De otra parte, en la gráfica 66 se presentan los promedios anuales para el PST, donde se observa que en el periodo 2007 a 2010, la mayores concentraciones se registraron

en la estación Patilla sobrepasando el límite máximo permisible en el año 2007 con una concentración de 102,7 µg/m<sup>3</sup>.

**Gráfica 66 Concentración promedio anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPOGUAJIRA**



**Fuente: IDEAM, 2012**

#### 4.2.8.2 Material particulado menor a diez micras – PM10.

En la gráfica 67 se presentan las concentraciones promedio 24 horas de PM10 registradas en las estaciones de este SVCA; las estaciones Barrancas, Chancleta, Hatonuevo y Roche monitorearon durante el periodo 2007 a 2010, las demás estaciones que monitorean PM10 (Conejo, Cuestecitas, Papayal y Provincial) no se tuvieron en cuenta debido a que los datos registrados no son representativos a lo largo de cada año.

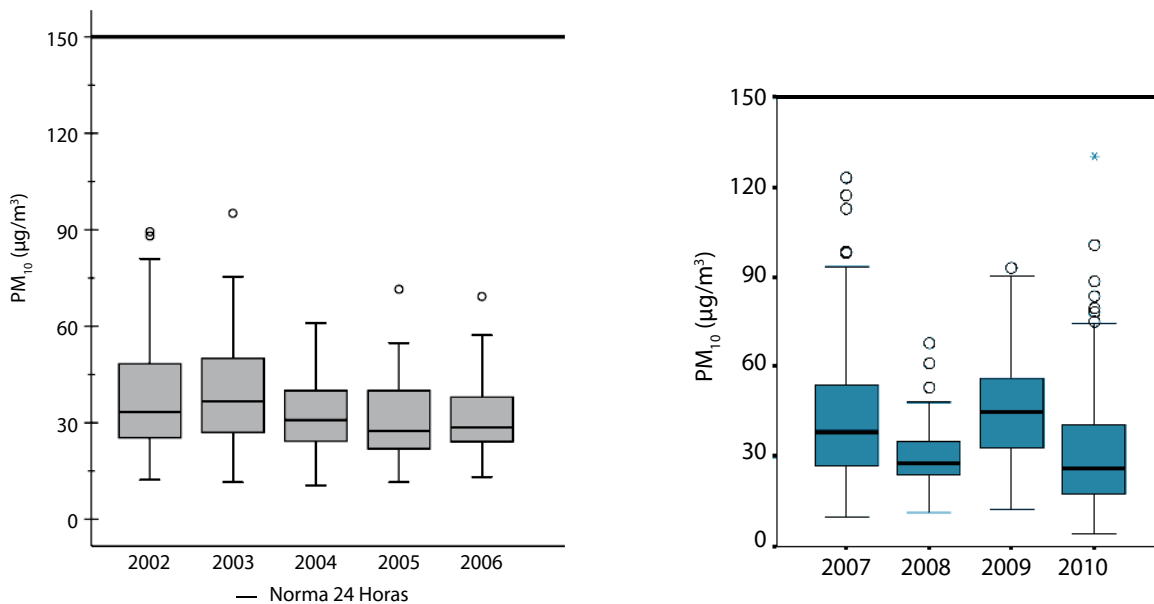
De acuerdo a la gráfica, durante los años 2002 a 2006 las medianas se mantuvieron en concentraciones entre los 30 y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

mientras que para el periodo comprendido entre los años 2007 a 2010 fluctuaron entre 45 y 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que se puede inferir que las concentraciones de este contaminante han disminuido a través del tiempo. Sin embargo en los últimos cuatro años se presentaron valores por encima de 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero sin superar el límite máximo establecido por la norma.

Es importante mencionar que aunque se evidencia una disminución en las concentraciones para el año 2008, los datos de este periodo no cumplieron con el 75% de los registros en un año; además se evidenció una tendencia al aumento en la concentración del contaminante en el año 2009.



**Gráfica 67 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOGUAJIRA**

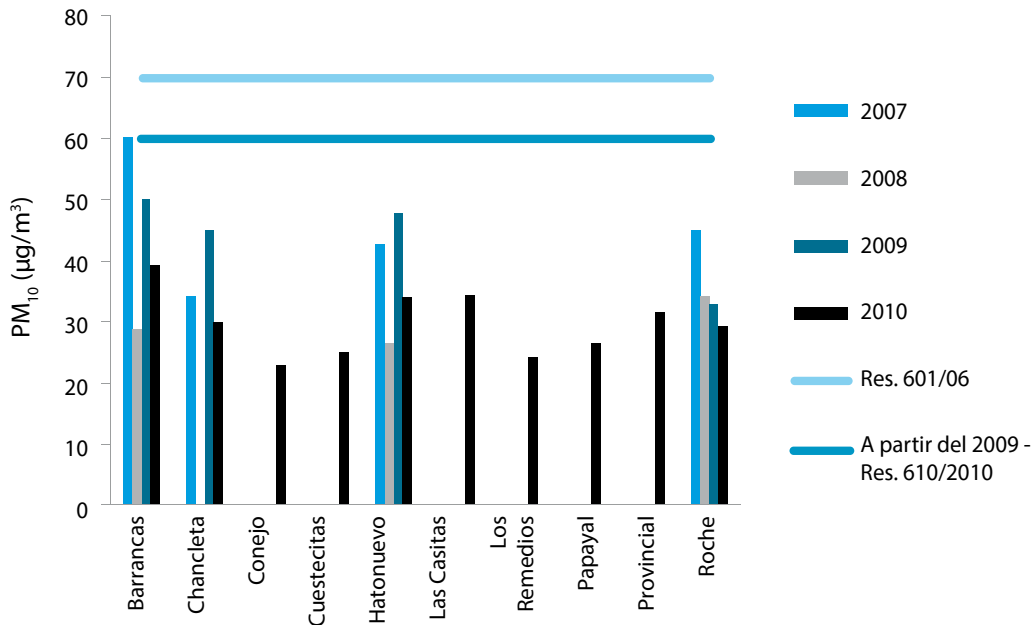


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

De acuerdo a la gráfica 68, las concentraciones anuales no superaron el límite permisible en ninguna de las estaciones. No obstante, las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones Barrancas, Hatonuevo y Roche especialmente en los años 2007 y 2009. Sin

embargo, es importante aclarar que los datos del año 2008 no superaron el 75% de los registros anuales, por lo cual no son confiables para representar el comportamiento de la calidad del aire en el año.

**Gráfica 68 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPOGUAJIRA**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.9 Municipios de Magdalena jurisdicción de CORPAMAG.

Este Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire, se encuentra operado por la Corporación Autónoma Regional del Magdalena

(CORPAMAG), durante el período de análisis contaba con 12 estaciones manuales, donde se monitorearon los parámetros Partículas Suspendidas Totales (PST) y material particulado menor a diez micras (PM10), distribuidos como se presenta en la tabla No.17.



**Tabla No. 17 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPAMAG**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Invemar	Manual	1999							X
Centro Ejecutivo	Manual	1999							X
Cajamag	Manual	2003							X
Club Santa Marta	Manual	2003					X		
Batallón	Manual	1999							X
Zuana	Manual	2007					X		
Aeropuerto	Manual	1999							X
Carbogranales	Manual	2006					X		
Don Jaca	Manual	1999					X		X
Alcatraces	Manual	1999					X		X
Papare	Manual	2005							X
Costa Verde	Manual	1999					X		X



#### 4.2.9.1 Partículas Suspendidas Totales - PST

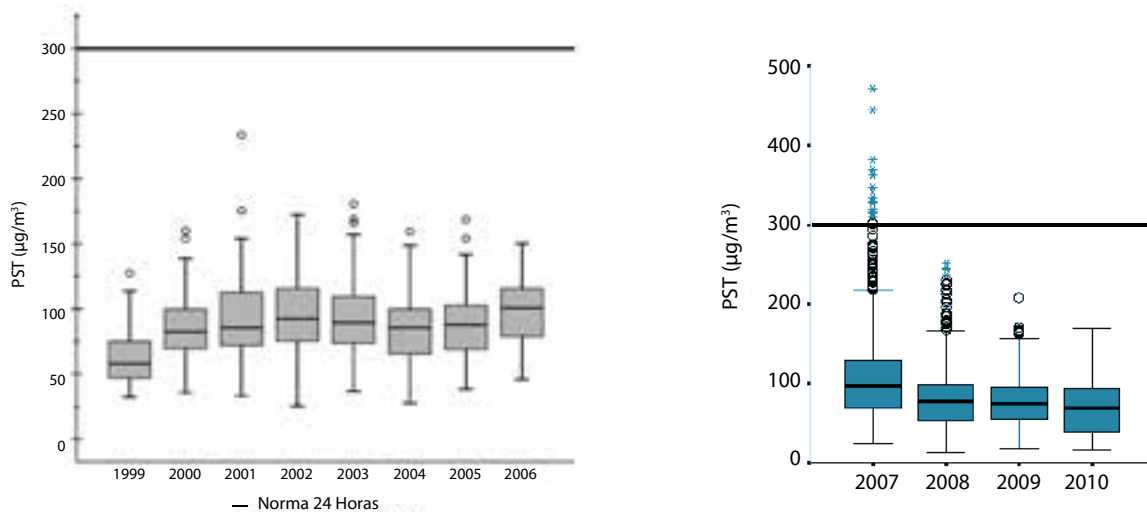
Durante el periodo de 2007 a 2010 se realizó monitoreo de este parámetro en 10 estaciones, mientras que durante el periodo de 1999 al 2006 se presentaron registros en 12 estaciones de la Corporación. A pesar de lo anterior, en este informe se analiza la tendencia en general de los registros diarios desde el año 1999 hasta el 2010.

De acuerdo a la gráfica 69, durante el periodo 1999 a 2007 las medianas fluctuaron en

valores cercanos a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; a partir del año 2008 éstas oscilaron entre 97 y 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aproximadamente. Por otro lado, en el año 2008 disminuyeron alrededor de 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al año, llegando en el año 2010 a 68,25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que permite inferir que en las estaciones de la Corporación las concentraciones de PST tienden a la baja.

No obstante en el año 2007 se presentaron algunas excedencias, con registros que superaron los 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo la máxima concentración de 471,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Gráfica 69 Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPAMAG



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

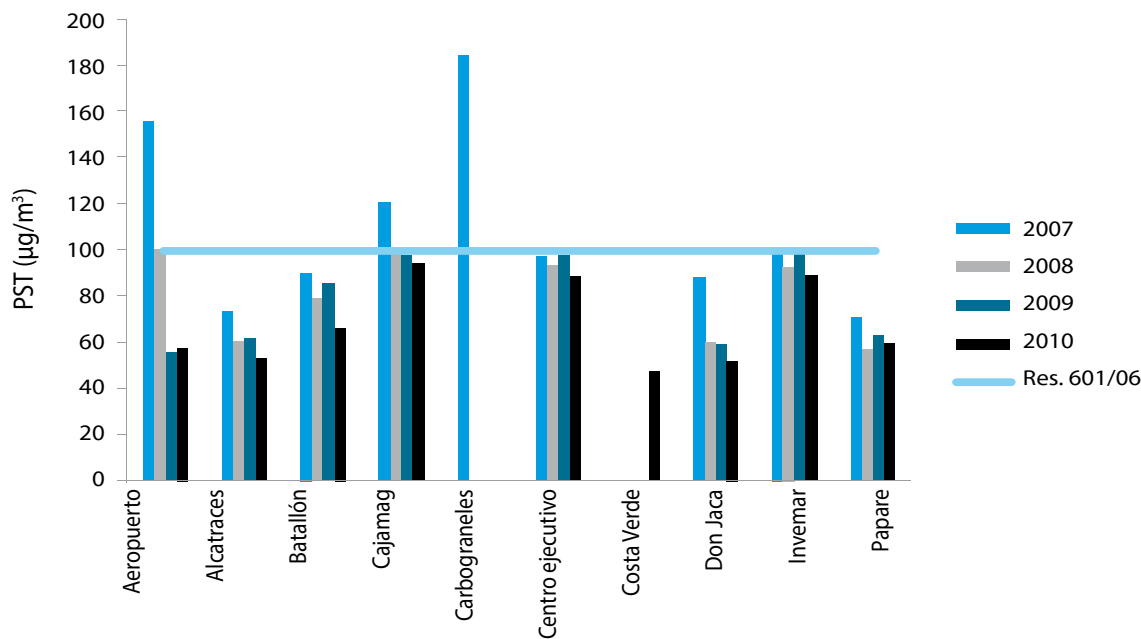
Observando los promedios anuales por estación que se muestran en la gráfica 70, se evidencia que en el año 2007 en las estaciones Aeropuerto, Cajamag y Carbogranes se presentaron concentraciones que superaron la norma anual, alcanzando valores de  $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $120,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente; sin embargo en las dos primeras (Aeropuerto y Cajamag) las concentraciones disminuyeron progresivamente en un 63% y 21% respectivamente en el último año registrado.

En las estaciones Centro Ejecutivo e Invemar se presentaron concentraciones con valores por encima de  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante todo el periodo del análisis, sin embargo no superaron el límite máximo permisible anual para este contaminante.

Por otro lado, las estaciones que se mantuvieron por debajo de los  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  son Alcatraces, Batallón, Don Jaca y Papare, las cuales han disminuido sus concentraciones siendo el año 2007 en el que se registró el mayor valor y el año 2010 el menor. En estas estaciones también se evidencia una disminución continua en el promedio anual durante el periodo de análisis.

Las estaciones Aeropuerto, Cajamag y Carbogranes contaron con registros que superaron la norma establecida para el periodo anual de este parámetro, que corresponde a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Gráfica 70 Concentración promedio Anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPAMAG**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.9.2 Material particulado menor a diez micras - PM10

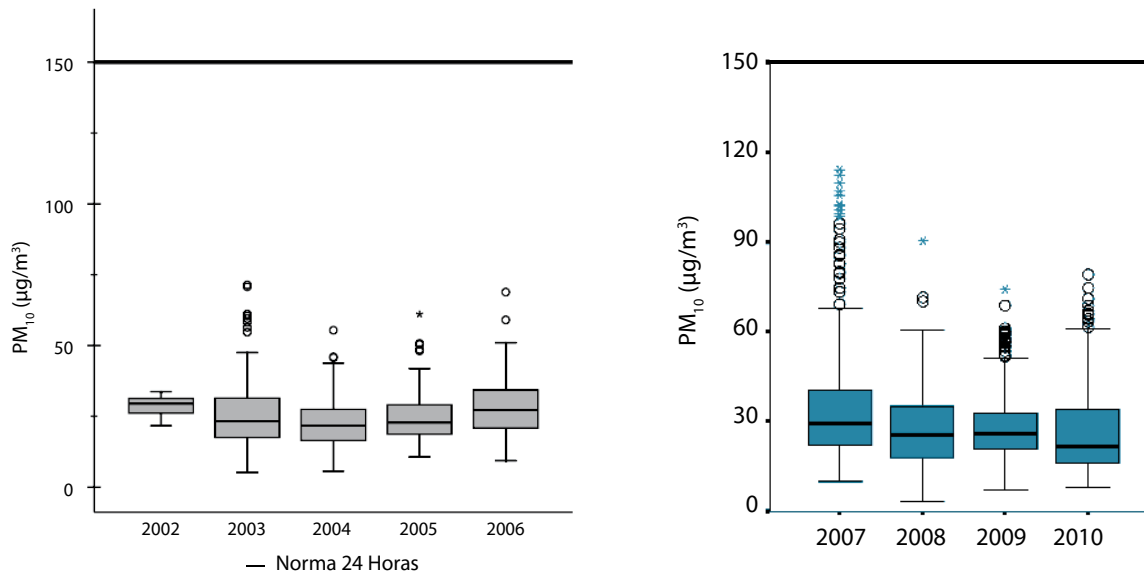
En relación al monitoreo diario de PM10 en el SVCA de CORPAMAG, en la gráfica 71 se presenta el diagrama de cajas con los datos del periodo 2002 a 2010. Las primeras cinco cajas corresponden a los datos registrados en las estaciones Carbograneles, Alcatraces y Batallón y las cajas de los años 2007 a 2010 incluyen las anteriores estaciones

y adicionalmente Club Santa Marta (Club Santa), Costa verde y Zuana. No obstante, en ninguna de las estaciones se sobrepasó la norma nacional.

En los últimos cuatro años las medianas se mantuvieron entre 29 y 21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , presentándose mayores concentraciones en los años 2007 y 2008 con máximos de 113,9 y 90,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.



**Gráfica 71 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPAMAG**

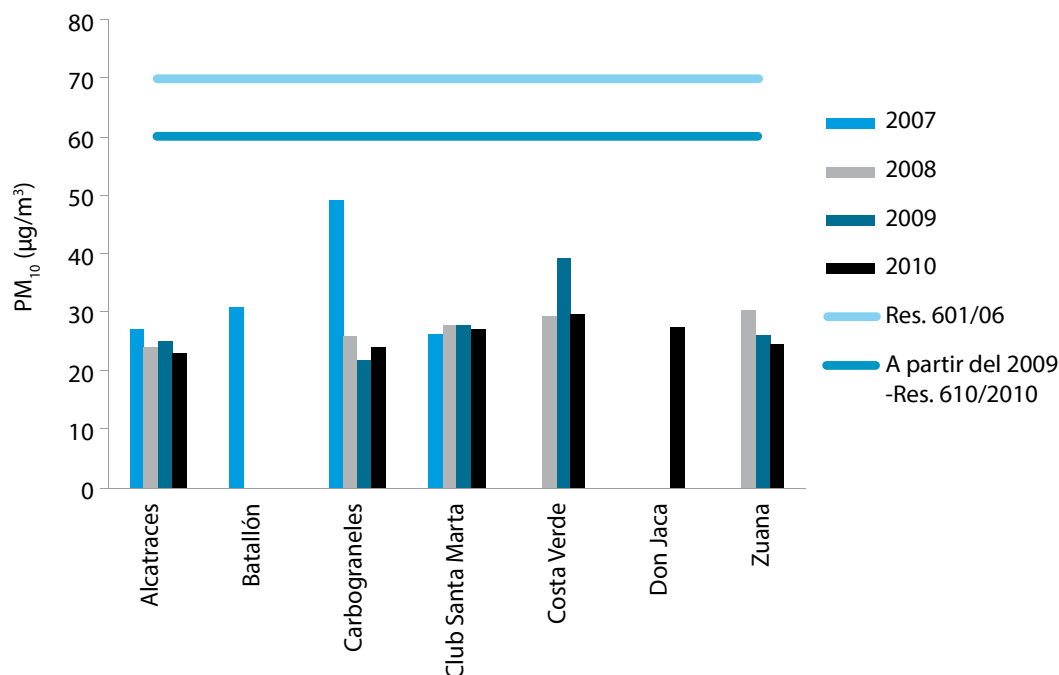


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

Actualmente el SVCA cuenta con 6 estaciones de monitoreo del parámetro, sin embargo durante el periodo analizado la estación Batallón presentó registros para el año 2007. Los promedios anuales de estas estaciones se presentan en la gráfica 72; en ella se observa que ninguna estación superó la norma anual establecida. Las estaciones

Alcatraces y Club Santa Marta han mantenido las concentraciones anuales entre 20 y 30 µg/m<sup>3</sup>, por el contrario las estaciones de Corbagraneles y Zuana presentaron una disminución en los valores anuales, con reducciones del 15 y 19% respectivamente con respecto al año 2008.

**Gráfica 72 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPAMAG**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.10 Municipios de Risaralda jurisdicción de CARDER

En el departamento de Risaralda la Corporación Autónoma Regional de Risaralda

(CARDER), es la encargada de operar el SVCA dentro de la jurisdicción, que abarca los municipios de Dosquebradas, La Virginia, Santa Rosa y la ciudad de Pereira.

**Tabla No. 18 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CARDER**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Sede CARDER (Pereira)	Mixta	2007	X	X			X	X	
Centro tradicional (Pereira)	Manual	2007	X	X			X		
Cuenca río Risaralda (La Virginia)	Manual	2007					X		
Balalaika avenida Simón Bolívar (Dosquebradas)	Manual	2007	X	X			X		

Los parámetros de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, que se reportan en la tabla No. 18, corresponden a monitoreos diarios realizados por la entidad durante los meses de Septiembre del 2008 y de abril y

mayo del 2009, de los cuales se obtuvieron concentraciones que no superaron el 20% de lo establecido en la norma para un tiempo de exposición de 24 horas.



Para el monitoreo de PM10 las estaciones se encuentran distribuidas por departamento de la siguiente manera:

- Municipio Dos Quebradas: Balalaika, EDA Cardisel, GNC Frailes
- Municipio La Virginia: Cuenca Rio, Centro Internacional
- Ciudad de Pereira: ISS, Vía Armenia, Centro tradicional y Sede CARDER

#### 4.2.10.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

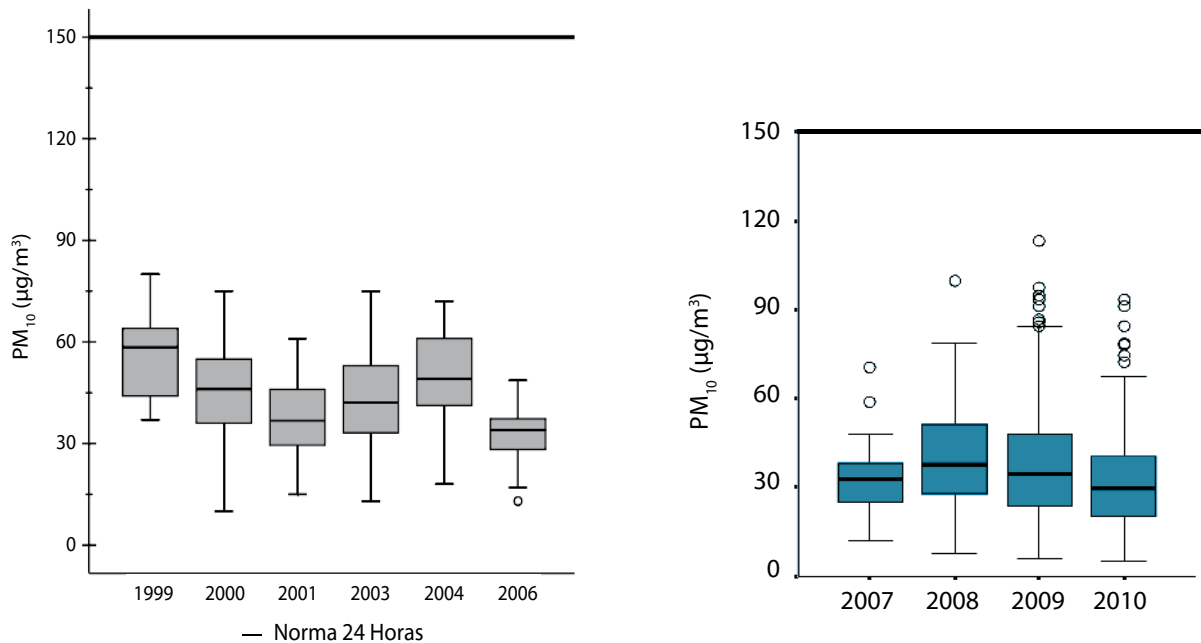
En la gráfica 73 se presentan las concentraciones promedio 24 horas

durante el periodo 1999 - 2010, las cuales no superaron el límite permisible establecido dentro de la normatividad vigente para estos años. Así mismo, las medianas de los primeros seis años presentaron valores entre 60 y 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; por otro lado, en los últimos cuatro años las medianas disminuyeron progresivamente manteniéndose entre 30 y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Adicionalmente, durante el período analizado se observaron tres años en los que se presentaron los valores más bajos de las medianas para este contaminante, que fueron 2001, 2006 y finalmente 2010 en el que se presentó el menor valor de la mediana con 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Gráfica 73 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CARDER**



**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

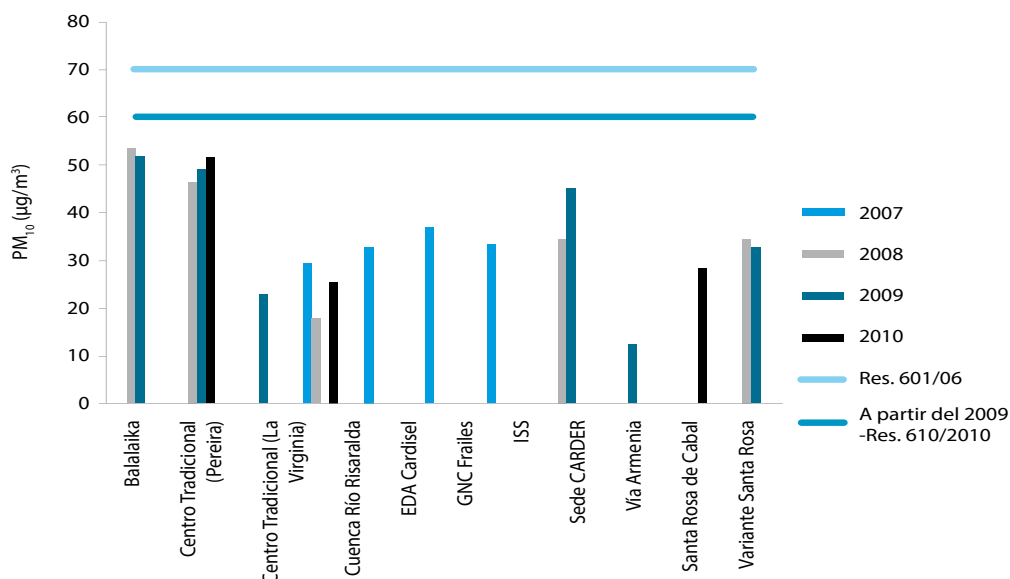
La siguiente gráfica se elaboró con los datos generados durante la operación de las estaciones, las cuales solo registraron datos los primeros seis meses de cada año,

por lo cual la información presentada no es representativa para caracterizar la calidad del aire de un periodo anual y compararla con la norma establecida. Sin embargo, aunque los

datos no cumplen con la integridad temporal, la gráfica 74 presenta los promedios anuales de concentración de PM10, con el fin de

mostrar una aproximación de las estaciones de mayor concentración.

**Gráfica 74 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CARDER**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.11 Municipios del Tolima jurisdicción de CORTOLIMA

Durante el período de análisis la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA),

contaba con dos estaciones semiautomáticas que monitorearon material particulado menor a diez micras PM10, como se muestra en la tabla No.19.

**Tabla No. 19 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORTOLIMA**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Payandé	Semiautomática	2010					X		
Cortolima	Semiautomática	2009					X		

Para el presente informe se tuvieron en cuenta los datos reportados para el periodo 2007 - 2010 de las estaciones Cancha de Futbol

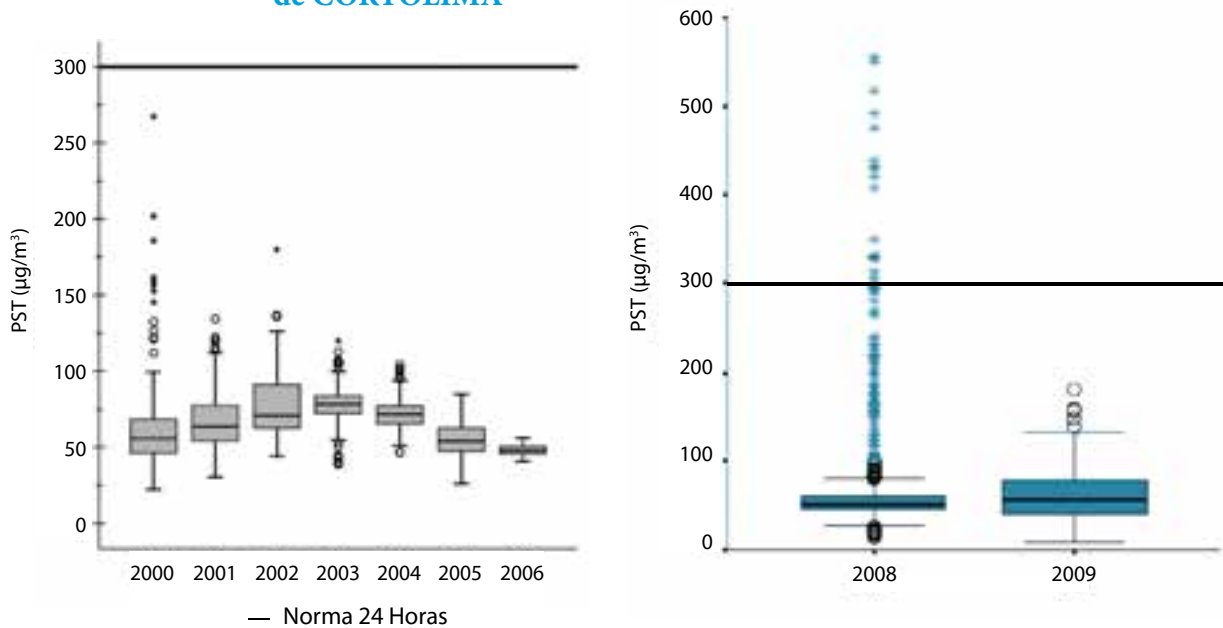
Caracolito, Corregiduría, CORTOLIMA, Salado, Hospital Reina Sofía, Hospital Federico Lleras, Garita, Vivero, Planta Caracolito y Payandé.

#### 4.2.11.1 Partículas Suspendidas Totales - PST

Las concentraciones diarias de PST registradas en las estaciones del SVCA de la Corporación son presentadas mediante un diagrama de cajas en la gráfica 75. Durante los años 2000 a 2006 se analizó la información de las estaciones Payandé, CORTOLIMA, Salado, ITFIP, Hospital San Rafael y La Garita; en

este periodo las medianas se mantuvieron en valores alrededor de los 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por el contrario en los años 2008 y 2009 se reportaron datos de las estaciones Cancha Caracolito, Salado, CORTOLIMA, La Garita, Hospital Reina Sofía, ITFIP, Planta Caracolito y Vivero, durante el año 2008 se sobrepasó la norma diaria en repetidas oportunidades, con valores altos siendo el máximo 555  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Gráfica 75 Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORTOLIMA**



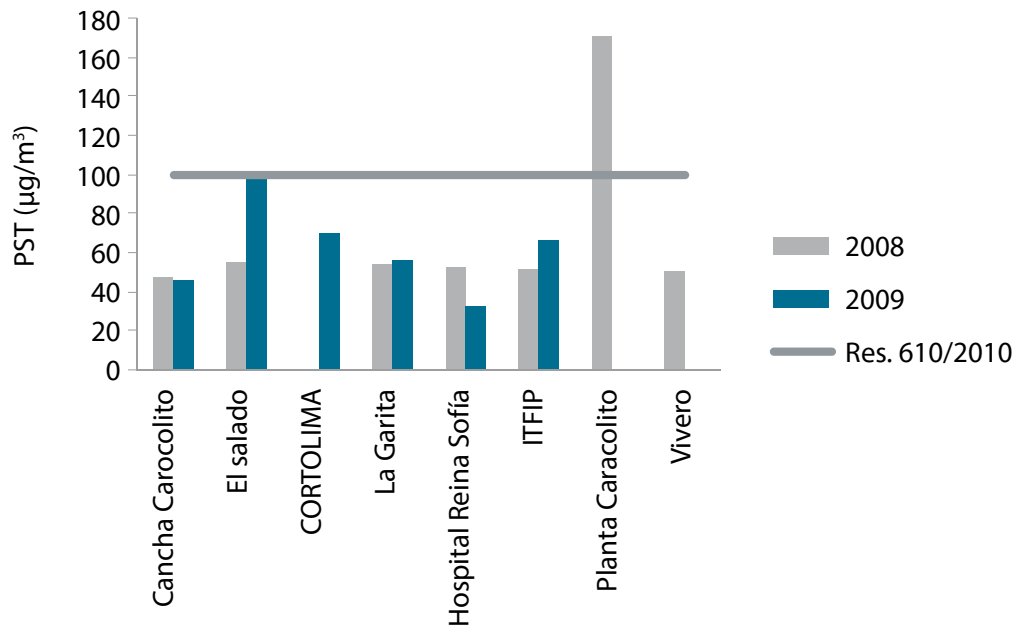
**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

En cuanto al promedio anual de PM<sub>10</sub>, la estación Planta Caracolito, presentó la mayor concentración en el año 2008 con 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasando la norma establecida. Así mismo la estación El Salado superó el límite en el año 2009.

Las estaciones que presentaron concentraciones menores fueron Cancha Caracolito, La Garita, Vivero y Hospital Reina Sofía con valores por debajo de los 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Gráfica 76 Concentración promedio Anual de PST en las estaciones del SVCA de CORTOLIMA**



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.11.2 Material particulado menor a diez micras – PM10

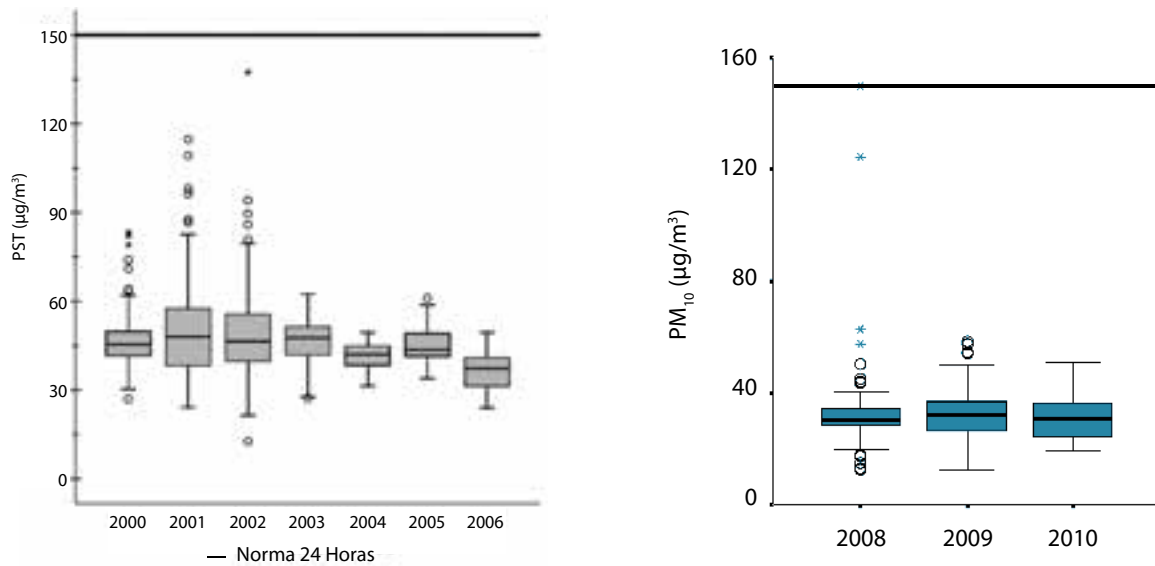
Durante el periodo 2000-2006 el SVCA monitoreó el parámetro en las estaciones Casa de la Moneda, Hospital Reina Sofía, Santa Bárbara, Esmeralda, Ibal, Colegio y Corregiduría. Según la gráfica 77 las concentraciones durante este periodo se mantuvieron por debajo del límite máximo permisible. Los valores obtenidos durante los años 2008 a 2010 presentaron medianas que se mantuvieron alrededor de 30 µg/m<sup>3</sup>.

Para los años 2002 y 2008 se registraron valores por encima de los 120 µg/m<sup>3</sup>, sin embargo en ninguno de los casos se superó la norma.

Es importante anotar que para este parámetro durante el periodo 2007 – 2010 los registros no cumplen con la integridad temporal de los datos, por lo que sus concentraciones no son representativas para determinar el estado de la calidad del aire en el periodo de un año.



**Gráfica 77 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORTOLIMA**

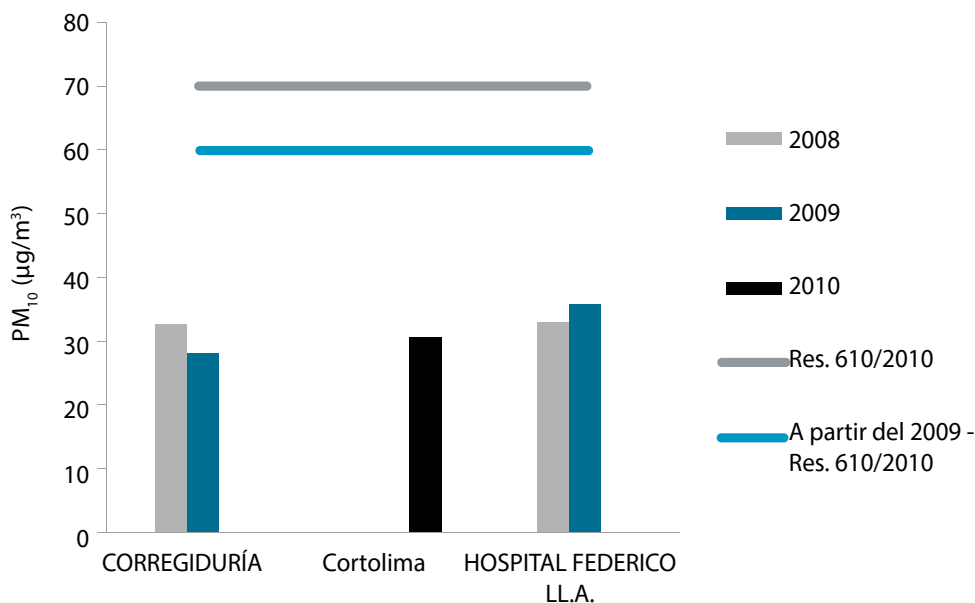


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

Al analizar el comportamiento para el promedio anual de PM10 (Ver gráfica 78), se observó que para todos los años los niveles se mantuvieron por debajo de la norma anual.

En general los promedios anuales registraron niveles bajos de contaminación que oscilaron entre 28 y 35 µg/m<sup>3</sup>.

**Gráfica 78 Concentración promedio Anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORTOLIMA**



**Fuente: IDEAM, 2012**



#### 4.2.12 Yumbo y Palmira – Valle del Cauca

En los municipios de Yumbo y Palmira del departamento del Valle del Cauca, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC realizó el monitoreo continuo a la calidad del aire en estaciones automáticas y fijas que integraron el SVCA de esta zona durante el periodo de análisis. Éste monitoreó las concentraciones de los

parámetros material particulado menor a diez micras – PM10 y menor a 2.5 micras – PM2.5, Dióxido de Nitrógeno – NO<sub>2</sub>, Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono – CO y Ozono – O<sub>3</sub>. Además, contaba con una estación móvil para realizar campañas de monitoreo y una estación manual en Acopi – Yumbo. La siguiente tabla presenta información detallada de las características de las estaciones.

**Tabla No. 20 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CVC**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Yumbo	Automática	2001	X	X	X	X	X	X	
Palmira	Automática	2001	X	X	X	X	X		
Acopi - Yumbo	Manual	2005					X	X	
Móvil	Automática	1997	X	X	X	X	X		



Para el presente informe se tuvieron en cuenta únicamente los registros de las estaciones de Palmira y Yumbo para el periodo 2007 a 2010, debido a que la estación Acopi – Yumbo registró escasos valores anuales, que no representan integridad temporal.

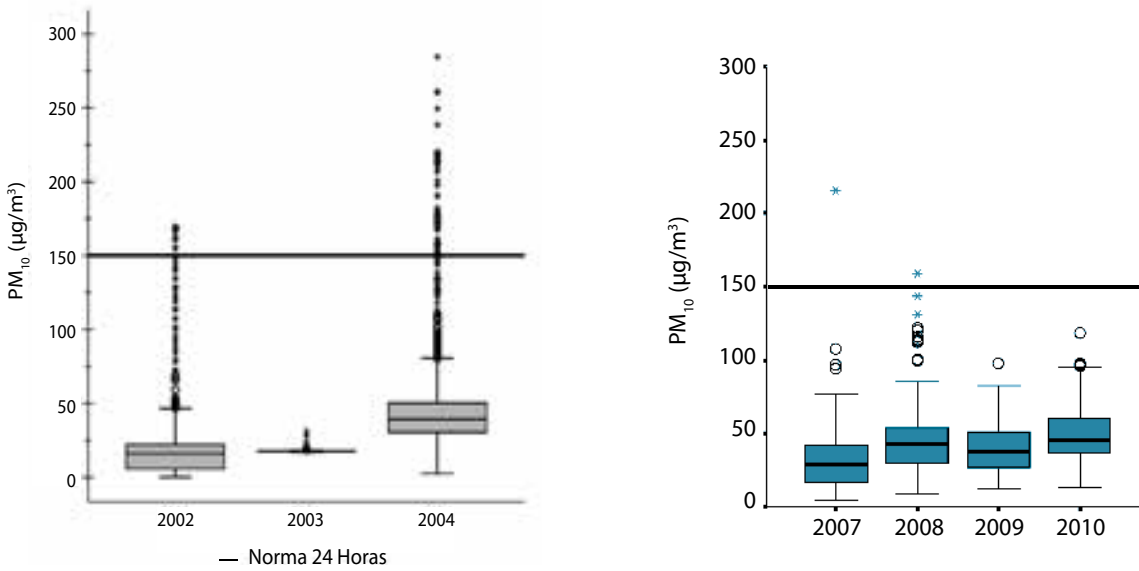
##### 4.2.12.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

Algunos registros promedio 24 horas de PM10 superaron los niveles permisibles en los años 2002, 2004, 2007 y 2008. De acuerdo a la gráfica 79, durante el periodo

2007 - 2010 las medianas presentaron un aumento a partir del año 2007 con 28,4 µg/m<sup>3</sup> llegando en el año 2010 a 45,9 µg/m<sup>3</sup>, sin embargo se presentó una leve disminución en el año 2009. En general en los últimos cuatro años las medianas se encontraron por debajo de 50 µg/m<sup>3</sup> lo cual no representó un riesgo a la salud para la población aledaña.

Es importante anotar, que en los años 2008 y 2009 no se contó con información de la estación Yumbo, mientras que en los años 2007 y 2010 se tuvieron en cuenta los registros de las estaciones Yumbo y Palmira.

**Gráfica 79 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC**

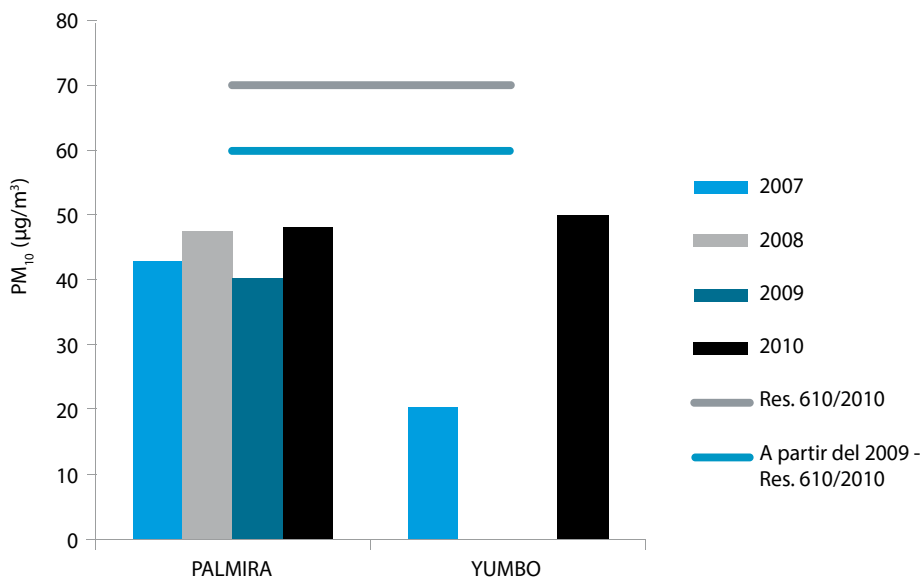


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

Ahora bien, en cuanto a los promedios anuales de PM10 en el SVCA de la CVC los valores no sobrepasaron el límite máximo permisible para el periodo 2007 a 2010 como se puede ver en la gráfica 80. En la estación Palmira las concentraciones anuales se mantuvieron

estables entre los 40 y 50 µg/m<sup>3</sup>, por el contrario en la estación Yumbo aunque no se contó con información de los años 2008 y 2009, se evidenció un aumento del 59% al comparar las concentraciones de los años 2007 y 2010.

**Gráfica 80 Concentración promedio Anual de PM10 en las estaciones del SVCA de la CVC**



**Fuente: IDEAM, 2012**

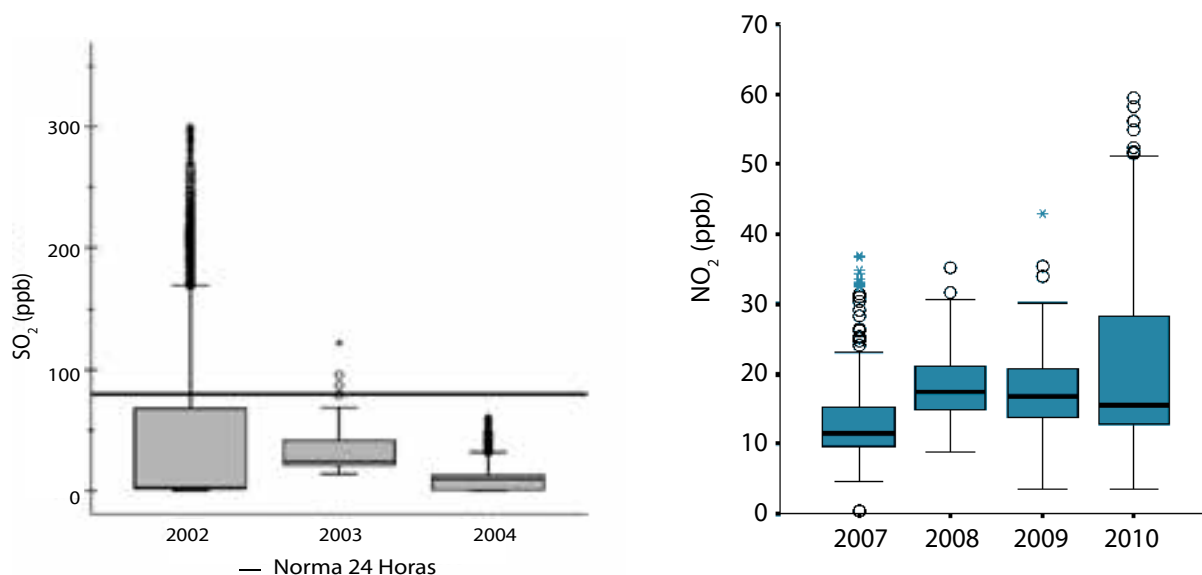


#### 4.2.12.2 Dióxido de Nitrógeno - NO<sub>2</sub>

El análisis que se presenta a continuación se realizó con la información disponible de la Corporación, que en algunos casos no correspondió a todas las estaciones durante el periodo de análisis 2007-2010. En la estación Palmira se monitoreó este contaminante durante los años 2007 y 2010, por el contrario en la estación Yumbo se monitoreó continuamente durante el periodo 2007 a 2010

De acuerdo con la gráfica 81, aunque las concentraciones registradas en el SVCA de la Corporación durante el periodo 2007-2010 no superaron el límite máximo establecido para un tiempo de exposición de 24 horas (80 ppb), a partir del año 2007 las concentraciones de NO<sub>2</sub> aumentaron progresivamente, llegando a un valor pico de 17,5 ppb en la mediana para el 2008 y presentando una leve disminución de 2 ppb en el 2010.

**Gráfica 81** Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC



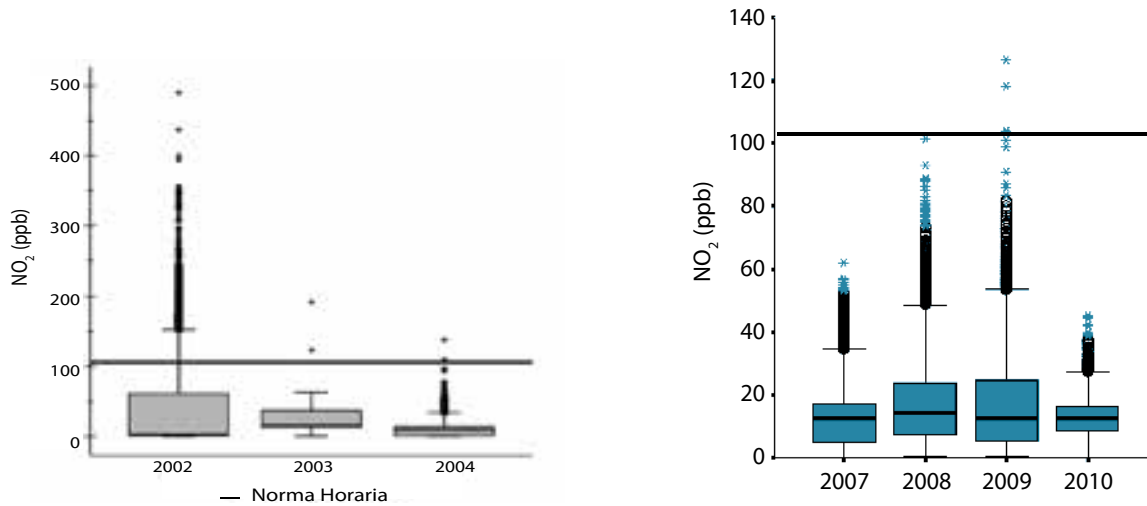
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

El diagrama de cajas que ilustra el comportamiento del NO<sub>2</sub> para un tiempo de exposición de una hora se muestra en la gráfica 82. Durante los años 2002 a 2004, aunque las concentraciones disminuyeron considerablemente, se presentaron registros que superaron la norma horaria; en el año 2002 se

registraron las mayores concentraciones con valores cercanos a 500 ppb. Por otro lado, en los últimos cuatro años, las medianas se mantuvieron por debajo de 15 ppb, sin embargo, en el año 2009 se presentaron excedencias con valores que superaron 110 ppb.



**Gráfica 82** Concentración promedio de NO<sub>2</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC

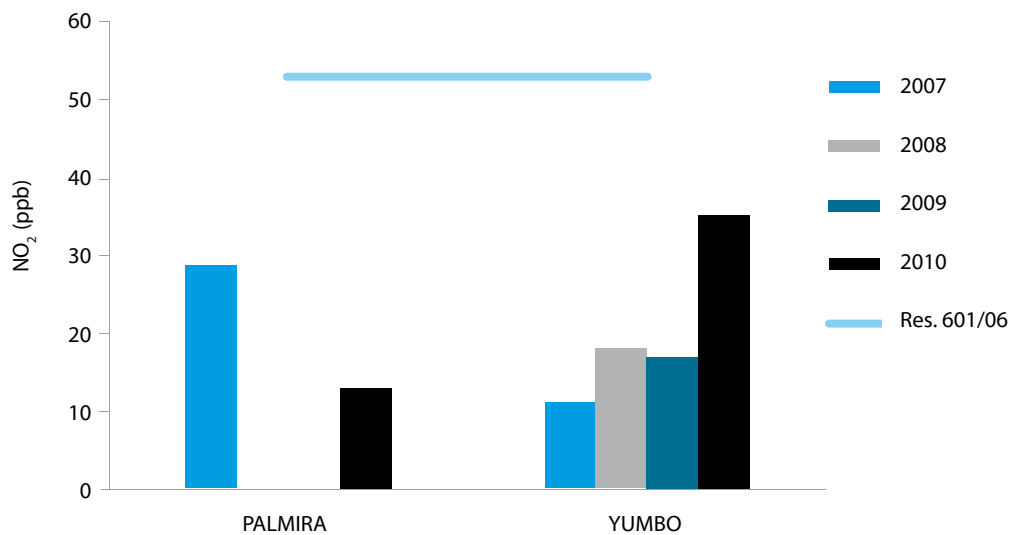


Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

En cuanto a los promedios anuales en las estaciones Palmira y Yumbo se presentaron valores entre 10 y 35 ppb, muy por debajo del límite máximo permisible establecido en la

norma nacional. La mayor concentración se presentó en la estación Yumbo en el año 2010 con un valor de 35,2 ppb. (Ver gráfica 83)

**Gráfica 83** Concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la CVC



Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.2.12.3 Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>

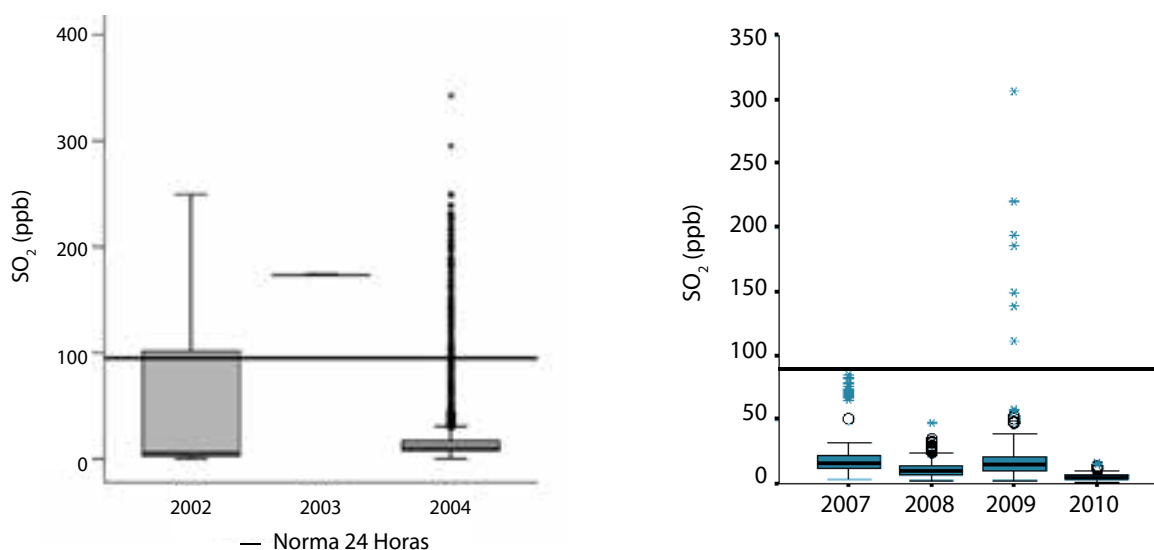
La información que se presenta a continuación corresponde a los registros de concentraciones de dióxido de azufre de las estaciones Palmira y Yumbo, sin embargo en todos los años no se registraron valores de las mismas estaciones; en la estación Palmira se generaron registros durante los años 2007 - 2009 y para la estación Yumbo se tuvieron registros del mismo periodo y adicionalmente del año 2010.

En la gráfica 84, se muestra el diagrama de cajas para los promedios diarios de SO<sub>2</sub> durante los periodos 2002-2004 y 2007-

2010; en el primer periodo se presentaron comportamientos atípicos en los valores de los años 2002 y 2003, además en el año 2004 se registraron bastantes excedencias que superaron la norma por más del 100%. En el segundo periodo las concentraciones diarias presentaron medianas por debajo de 15 ppb, no obstante en el año 2009 se presentaron registros que superaron el límite máximo permisible, alcanzando valores máximos de 306 ppb.

La caja que representa las concentraciones diarias del año 2010 presenta un menor tamaño en relación a las demás debido a que solamente se contó con 113 datos.

**Gráfica 84 Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (24 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC**



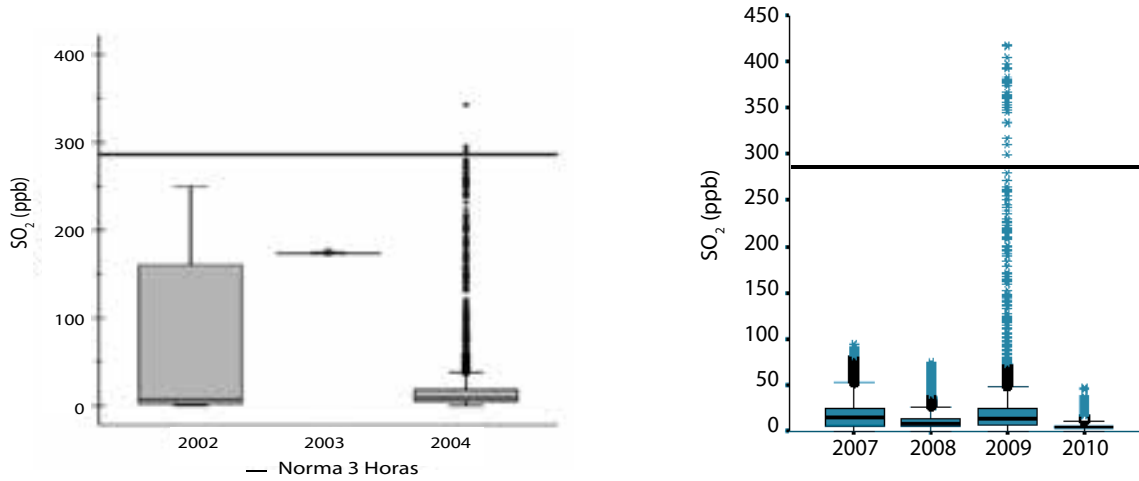
**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

Por otro lado, para el análisis de los registros promedios 3 horas se advierte en la gráfica 85, que dentro del primer periodo se presentó un comportamiento atípico en los años 2002 y 2003. Dentro del segundo periodo de análisis 2007-2010, las medianas se encontraron por debajo de los 15 ppb

al igual que en el análisis diario; en el año 2009 se presentaron registros que llegaron a superar la norma establecida de 287 ppb. Para el caso del año 2010 el diagrama de caja se elaboró con muy pocos datos (2.730) siendo estos no representativos para describir el comportamiento de dicho año.



**Gráfica 85** Concentración promedio de SO<sub>2</sub> (3 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC

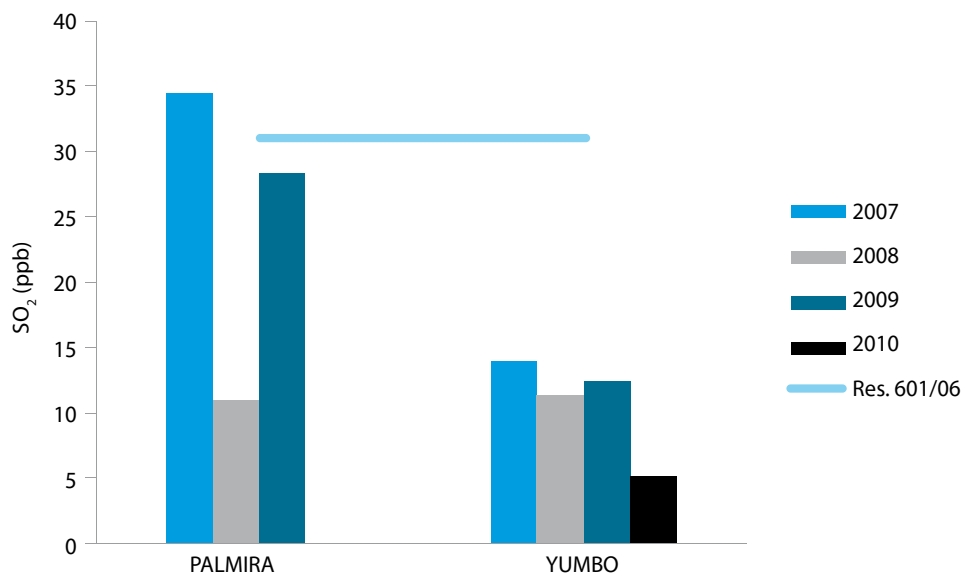


**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

El comportamiento de los promedios anuales de SO<sub>2</sub> durante los años 2007 a 2010 se presenta en la gráfica 86; de acuerdo con ésta, la estación Palmira registró las mayores concentraciones,

presentando el mayor promedio anual para el 2007 con un valor de 34,4 ppb. En la estación Yumbo las concentraciones se mantuvieron entre 5 y 13 ppb.

**Gráfica 86** Concentración promedio anual de SO<sub>2</sub> en las estaciones del SVCA de la CVC



**Fuente:** IDEAM, 2012

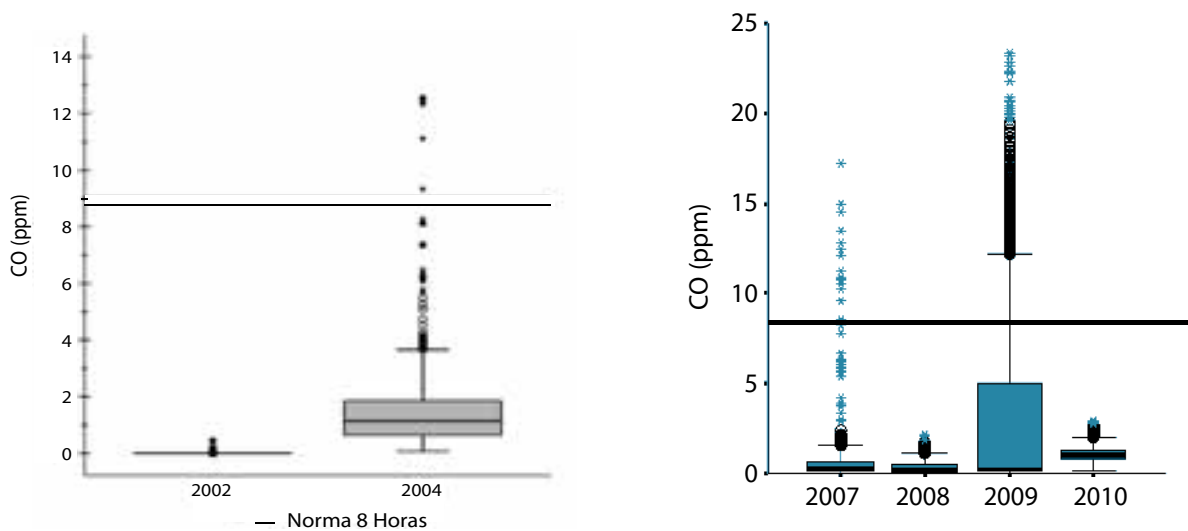


#### 4.2.12.4 Monóxido de Carbono - CO

La gráfica 87 muestra los promedios 8 horas durante los años 2002, 2004 y el periodo 2007 - 2010 en el SVCA de la CVC. Las cajas que representan los datos de los años 2002 y 2009 muestran un comportamiento atípico, lo cual hace suponer que se contó con muy

pocos datos para el primer caso y que los datos pudieron presentar errores en el segundo. Para los demás años las medianas se mantuvieron entre concentraciones de 0,2 y 1 ppm, sin embargo se presentaron excedencias en los años 2007 y 2009 de 17 y 23 ppm respectivamente.

**Gráfica 87 Concentración promedio de CO (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC**

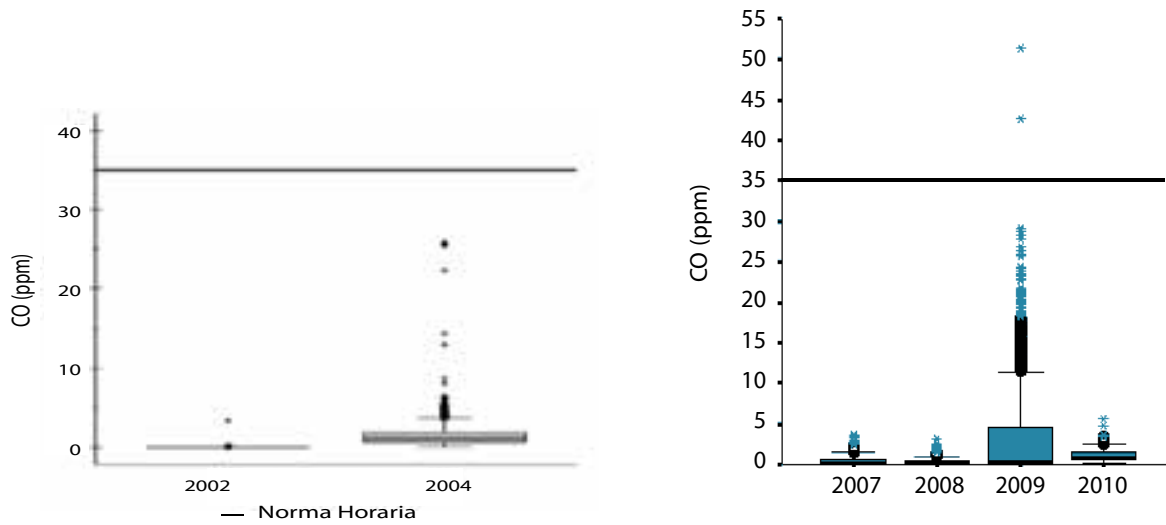


**Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.**

En cuanto a las concentraciones horarias de este contaminante se presentan mediante un diagrama de cajas en la gráfica 88, donde se evidencia, como se mencionó anteriormente, que las cajas de los años 2002 y 2009 presentaron un comportamiento atípico. Los

años restantes registraron medianas con valores cercanos a cero, aunque en el año 2009 se presentaron registros que superaron la norma de una hora establecida para este contaminante.

**Gráfica 88 Concentración promedio de CO (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC**



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

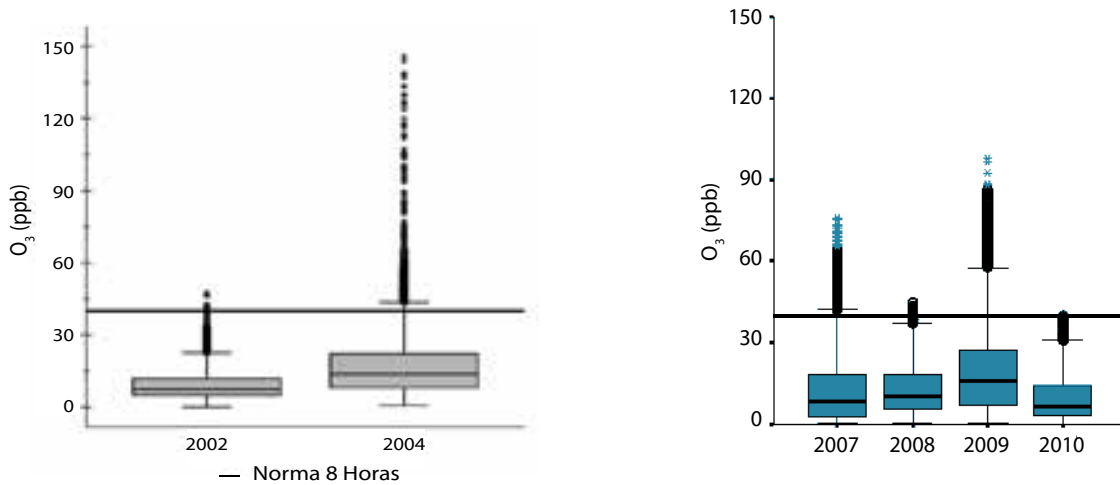
**4.2.12.5 Ozono - O<sub>3</sub>**

Para el presente análisis el ozono fue monitoreado en las estaciones Palmira y Yumbo durante el periodo 2007 - 2010.

De acuerdo con las gráficas 89 y 90, durante todos los años analizados se presentaron valores que superaron el límite máximo

permisible para periodos de exposición de 8 horas y 1 hora, especialmente los años 2004, 2007 y 2009 que presentaron un mayor número de excedencias. Adicionalmente durante el periodo 2007 - 2010 se evidenció un aumento en las medianas a partir del año 2007 hasta el año 2009; en el 2010 se presentó una disminución notable.

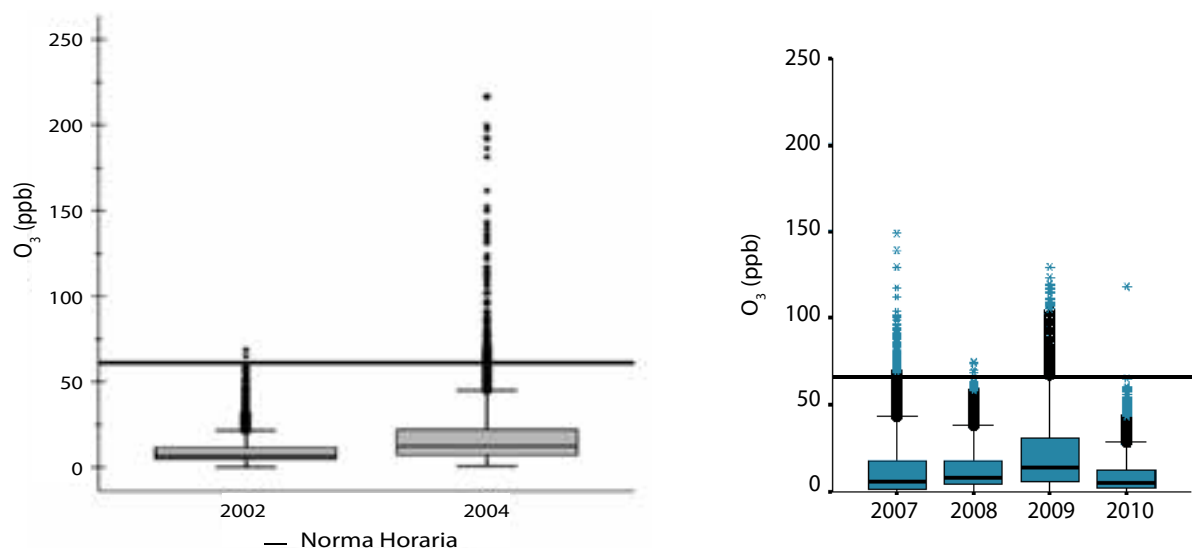
**Gráfica 89 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (8 horas) en las estaciones del SVCA de la CVC**



Fuente: IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.



**Gráfica 90 Concentración promedio de O<sub>3</sub> (Horario) en las estaciones del SVCA de la CVC**



**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - Actualizado IDEAM, 2012.

#### 4.2.13 Zona Minera del Cesar

La entidad encargada del seguimiento al recurso aire en el departamento del Cesar, es la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, la cual cuenta con dos Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire que monitorean la zona minera del Cesar

y la Ciudad de Valledupar, en los que se monitorean Partículas Totales suspendidas – PST, material particulado menor a diez micras – PM10, partículas menores a 2.5 micras – PM2.5 y monóxido de carbono. La tabla No. 21 presenta la información de las estaciones que conforman los SVCA de CORPOCESAR.

**Tabla No. 21 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPOCESAR**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
La Loma centro	Manual	2007					X		X
La Jagua Centro	Semi Automática	2007					X	X	X
La Loma 2	Mixta	2008					X		X
Las Palmitas	Manual	2007					X		
La Aurora	Manual	2007					X		X
Boquerón	Manual	2007					X		X
Plan Bonito	Manual	2007					X		X

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
La Jagua Vía	Manual	2007					X		X
Minguillo	Manual	2007					X		
Rincón hondo	Mixta	2007					X		X
El Hatillo	Manual	2007					X		X
Estados Unidos	Manual	2008							X
Chiriguaná	Automático	2007					X		
El Prado	Manual	2008					X		
Móvil - Norcabón	Manual	2008					X		
Becerril	Semi Automática	2009					X		
La Francia*	Automático	2010							
Estación móvil*	Automático	2009				X	X		
Clínica Laura Daniela*	Manual	2009					X		

\*Pertenece al SVCA de Valledupar

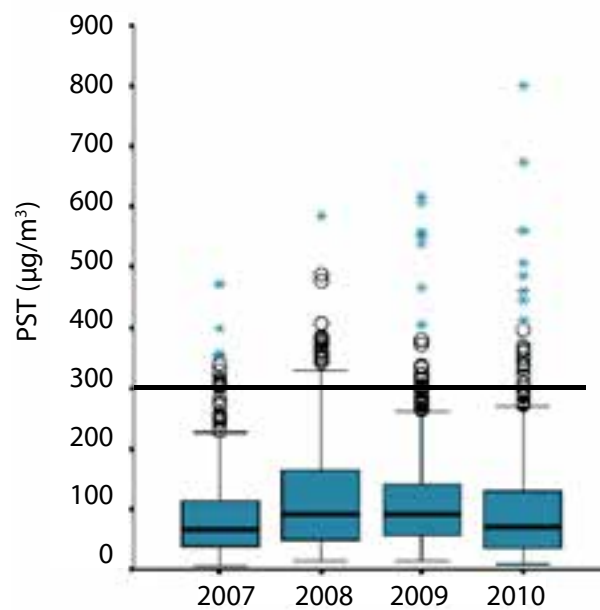
#### 4.2.13.1 Partículas Suspendidas Totales - PST

En la gráfica 91, se observan las concentraciones promedio diarias de las estaciones que monitorearon las Partículas Suspendidas Totales en el SVCA - Zona Minera de CORPOCESAR. En la mayoría de las estaciones las mediciones se registraron desde el año 2007, excepto las estaciones La Loma 2 y Estados Unidos las cuales cuentan con registros a partir del año 2008.

Las medianas se mantuvieron por debajo de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en especial los años 2008 y 2009, que registraron un valor de 92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para los años 2007 y 2010 se presentaron medianas por debajo de los 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Durante el periodo de análisis se presentaron valores que excedieron la norma diaria de PST, con concentraciones que llegaron a 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2010.

**Gráfica 91** Concentración promedio de PST (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR



**Fuente:** IDEAM, 2012

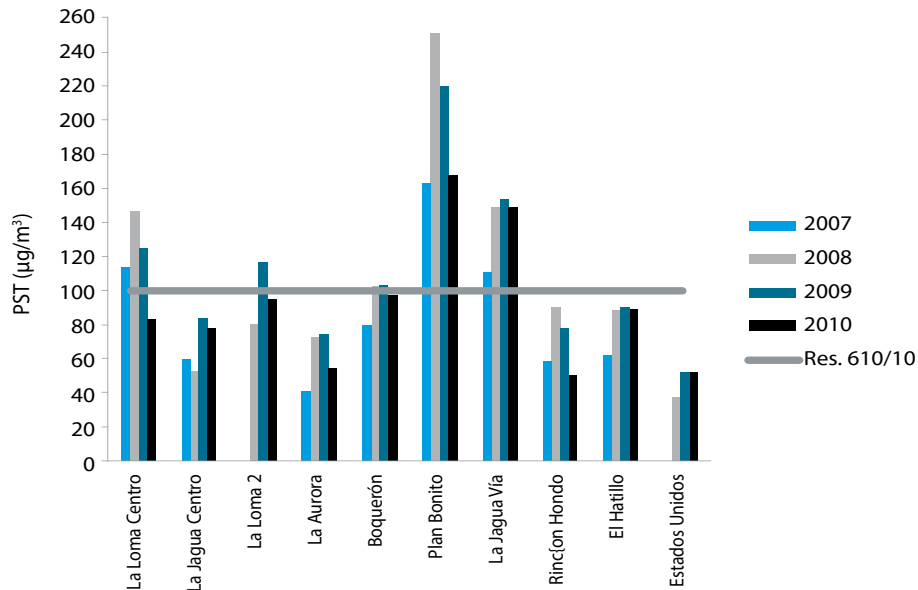
La gráfica 92, presenta los promedios anuales de PST generados por las estaciones que monitorearon este parámetro, en ella se observa que en las estaciones La Loma Centro, La Loma 2, Boquerón, La Jagua Vía y Plan Bonito sobrepasaron el límite permisible establecido por la norma nacional, las dos últimas presentaron excedencias anuales en todos los años analizados.

En general, los años 2008 y 2009 presentaron las mayores concentraciones en comparación con los registros de los años 2007 y 2010, lo cual en algunos casos representó una diferencia significativa entre estos valores; así mismo en la mayoría de las estaciones los valores anuales fueron muy variables a través de los años, razón que no permite determinar una tendencia de aumento o disminución de la contaminación en el periodo de análisis.





**Gráfica 92 Concentración promedio anual de PST en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR**



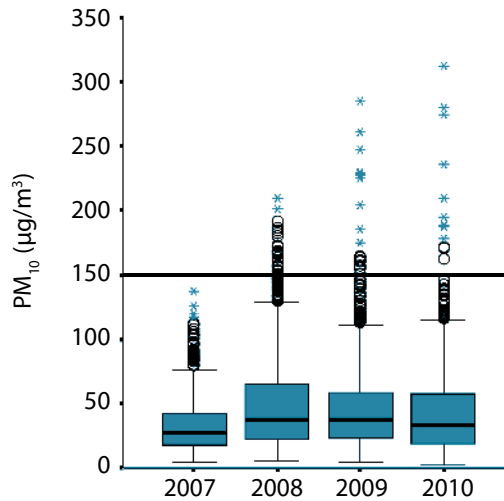
**Fuente: IDEAM, 2012**

#### 4.2.13.2 Material particulado menor a diez micras - PM10

Al observar el promedio 24 horas presentado en la gráfica 93, las medianas se mantuvieron por debajo de  $37,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo a través del tiempo las excedencias a la norma diaria aumentaron considerablemente llegando en el 2010 a valores de  $312,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En general las concentraciones se mantuvieron relativamente estables durante el periodo de análisis.

Es importante anotar que las estaciones que monitorearon este parámetro aumentaron progresivamente, pasando de 10 estaciones en el año 2007 a 15 estaciones en el año 2010 (teniendo en cuenta la estación móvil). Sin embargo algunas estaciones contaron con pocos datos especialmente en los primeros años del periodo de análisis, debido a que este SVCA comenzó a operar en el año 2007, lo cual explica el comportamiento de la primera caja.

**Gráfica 93 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR**



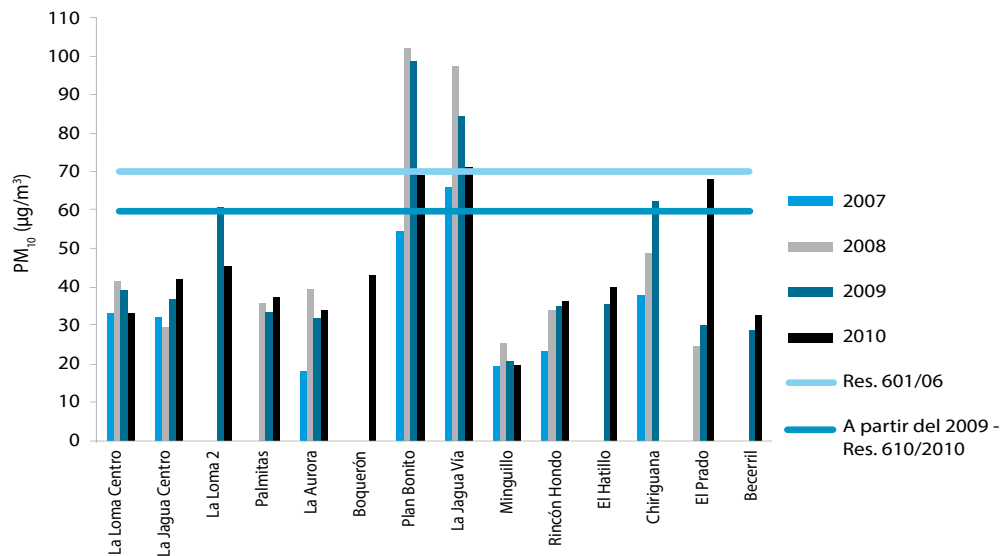
Fuente: IDEAM, 2012

En la gráfica 94 se puede observar que las estaciones Plan Bonito y La Jagua Vía, superaron la norma anual de PM10 alcanzando concentraciones por encima de 90 µg/m<sup>3</sup> en los años 2008 al 2010. Las estaciones La loma 2 y Chiriguana contaron con un promedio que superó la normativa para el año 2009. A pesar de ello la mayoría

de las estaciones se mantuvieron entre 20 y 50 µg/m<sup>3</sup>.

De la misma manera como sucede con el comportamiento de las concentraciones anuales de PST, no se evidenció claramente una tendencia en los registros anuales de PM10 de acuerdo a la gráfica presentada.

**Gráfica 94 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPOCESAR**



Fuente: IDEAM, 2012



#### 4.2.14 Municipios de Boyacá jurisdicción de CORPOBOYACÁ

La entidad encargada del seguimiento al recurso aire en el departamento del Boyacá, es la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – CORPOBOYACÁ, la cual contaba durante

el periodo de análisis con 5 estaciones que monitorearon material particulado menor a diez micras – PM10 y Dióxido de azufre – SO<sub>2</sub>. La tabla No. 22 presenta la información de las estaciones que conforman el SVCA de CORPOBOYACÁ.

**Tabla No. 22 Distribución del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPOBOYACÁ**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Fecha de Inicio de Operación	Contaminantes monitoreados						
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM10	PM2.5	PST
Recreo	Semi Automática	2003	X				X		
Club Bavaria	Semi Automática	2003	X						
Nazareth	Semi Automática	2003					X		
Aeropuerto	Semi Automática	2003					X		
Paipa	Automática	2010					X		

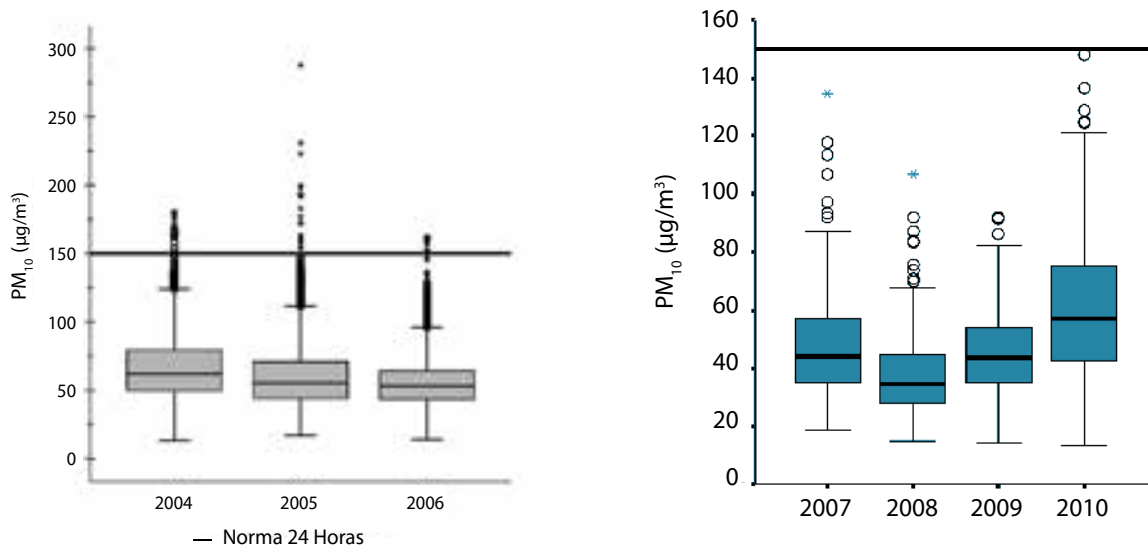
##### 4.2.14.1 Material particulado menor a diez micras – PM10

En la gráfica 95 se observan las concentraciones promedio diarias de la estación el Recreo ubicada en el municipio de Sogamoso durante los años 2004 a 2010. En el periodo 2004 - 2006 y el año 2010 se presentaron registros que superaron el límite

máximo permisible; la mayor concentración del periodo analizado se registró en el año 2005 con un valor de 287 µg/m<sup>3</sup>.

Durante el periodo 2006 – 2008 se evidenció una disminución, mientras que los dos años siguientes presentaron un aumento en los niveles de PM10 alcanzando una mediana de 57 µg/m<sup>3</sup>.

**Gráfica 95 Concentración promedio de PM10 (24 horas) en las estaciones del SVCA de CORPOBOYACÁ**

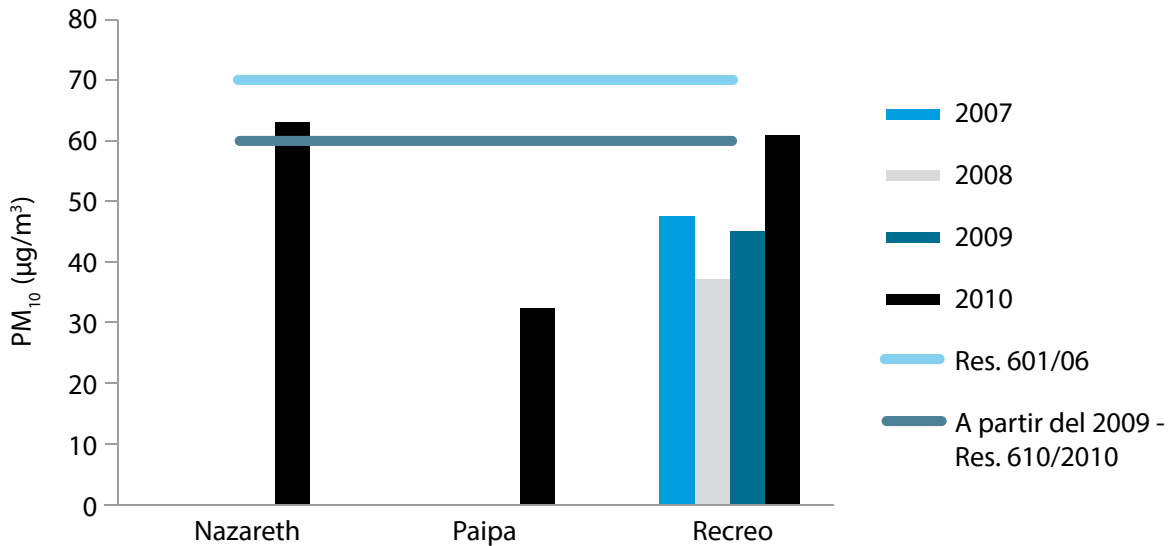


**Fuente:** IDEAM, Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire, 2007 - ACTUALIZADO IDEAM, 2012.

En la gráfica 96 se presentan los niveles anuales de PM10 registrados en las estaciones Nazareth, Paipa y el Recreo. De acuerdo a ésta,

las estaciones Nazareth y el recreo superaron la norma anual en el año 2010.

**Gráfica 96 Concentración promedio anual de PM10 en las estaciones del SVCA de CORPOBOYACA**



**Fuente:** IDEAM, 2012



### 4.2.15 Comportamiento de los contaminantes analizados a nivel nacional

A sabiendas que en algunos de los puntos de monitoreo se presentaron situaciones puntuales de alta concentración de contaminantes, por tratarse de áreas fuente, zonas industriales y/o de alto flujo vehicular y aunque las concentraciones de contaminantes atmosféricos en los diferentes SVCA no son comparables<sup>1</sup>, para el presente informe se presentan mediante gráficas los promedios anuales a condiciones de referencia por SVCA, con el fin de obtener una visión global y general de la contaminación del recurso aire año a año.

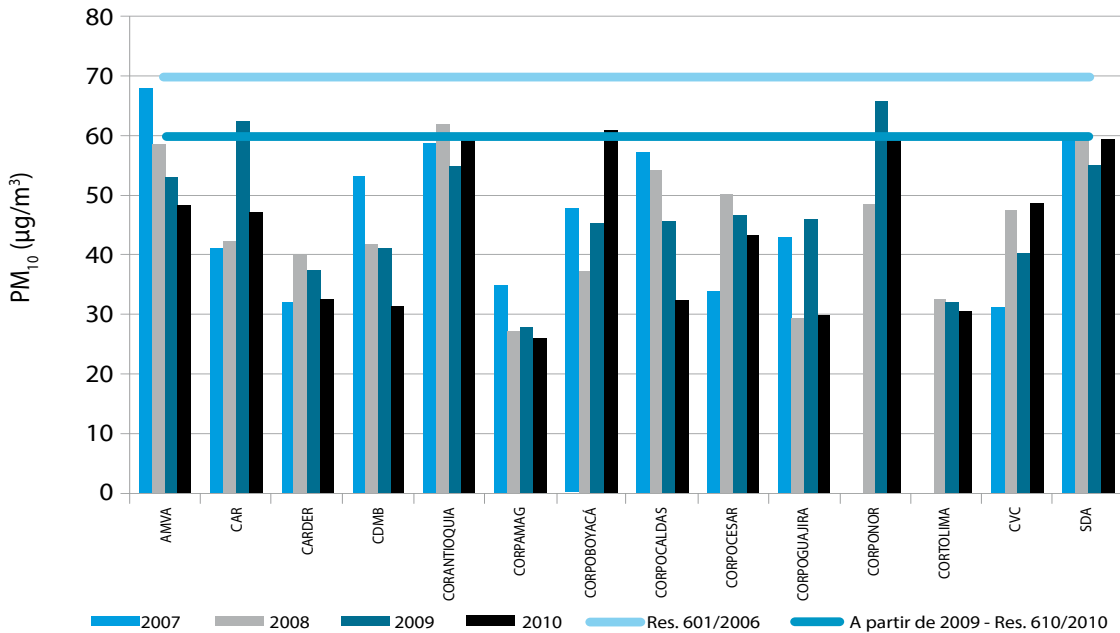
En Colombia el contaminante de mayor preocupación dada sus altas concentraciones y su comprobada afectación a la salud de la población, en especial de los grupos sensibles como son los niños menores de 5 años y

adultos mayores es el PM10, que de acuerdo con la información de los SVCA recopilada por el IDEAM es monitoreado en el 85% de las 137 estaciones de monitoreo de la calidad del aire pertenecientes a 19 Autoridades Ambientales. En la gráfica 97 se presenta la concentración promedio anual de material particulado menor a diez micras - PM10 en los SVCA que operaron en el país durante el periodo 2007-2010. Las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones de los SVCA operadas por AMVA, CORPONOR, CORANTIOQUIA, SDA, CAR y CORPOBOYACÁ.

Por otro lado, los SVCA que mantuvieron concentraciones por debajo de 50 µg/m<sup>3</sup> fueron los de CARDER, CORPAMAG, CORPOCESAR, CORPOGUAJIRA, CORTOLIMA y CVC. Adicionalmente, los promedios anuales calculados para CDMB y CORPOCALDAS se encontraron por encima de los 50 µg/m<sup>3</sup> en algunos años, sin llegar a superar el límite máximo permisible establecido por la norma.



**Gráfica 97 Concentración promedio anual de PM10 en los SVCA del país**



Fuente: IDEAM, 2012

<sup>1</sup> Debido a que cada región desarrolla actividades industriales, mineras y/o urbanas de diferente tipo y en la mayoría de los casos con distinta intensidad.

Al analizar el comportamiento del PM10 se puede ver que su concentración disminuyó en el año 2010 en relación con el 2007<sup>2</sup> en el 43% de un total de 14 SVCA analizados, mientras que su tendencia fue al aumento en la concentración promedio en el 57% de ellos. Durante todo el período de estudio las mayores concentraciones se presentaron en las estaciones del SVCA de AMVA en el año 2007 con 67,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  seguido del SVCA de CORPONOR con un valor para el año 2009 de 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Así mismo, en los SVCA de CORANTIOQUIA y la CAR también se registraron valores que superaron lo establecido por la norma con 62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para los años 2008 y 2009 respectivamente. Finalmente en CORPOBOYACA se superó

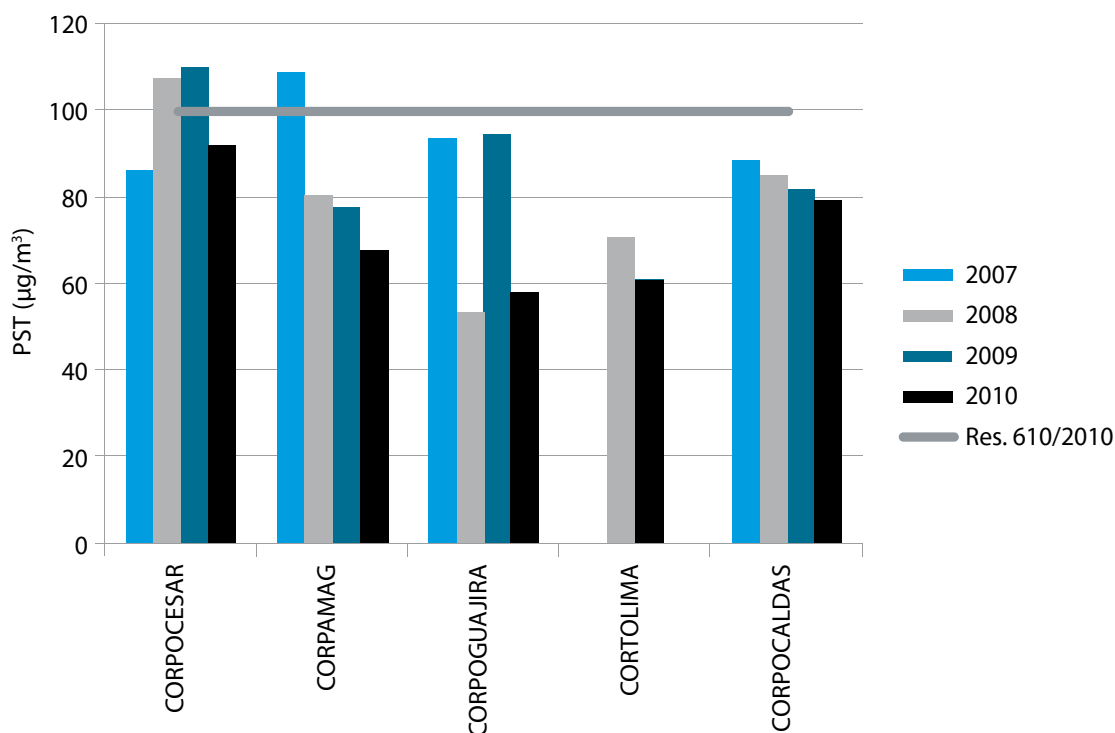
la norma en el año 2010 con 61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aproximadamente.

El segundo contaminante analizado es el PST, que de acuerdo a la gráfica 98 permite establecer que las concentraciones anuales en los SVCA de CORPOCESAR (2008 y 2009) y CORPAMAG (2007) superaron el límite establecido por la norma. Vale la pena anotar que en el SVCA de CORPOGUAJIRA se registraron pocos valores en el año 2008, razón por la cual la barra para este año fue baja.

En los SVCA de CORTOLIMA, CORPOCALDAS y CORPAMAG se evidenció una disminución del promedio anual a través de los años.



**Gráfica 98 Concentración promedio anual de PST en los SVCA del país**



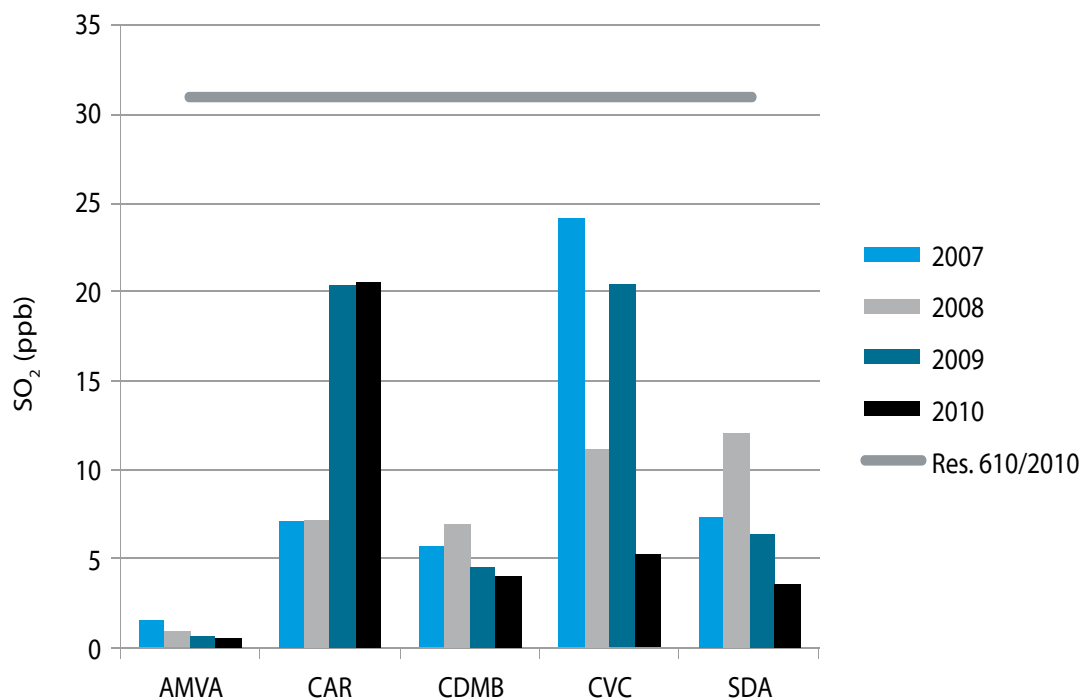
**Fuente: IDEAM, 2012**

<sup>2</sup> Para los casos en los que no se contó con información del año 2007, se comparó con la información del año 2008.

El tercer contaminante analizado fue el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) el cual se monitoreó en las estaciones de los SVCA de AMVA, CAR, CDMB, CVC y SDA, como se muestra en la gráfica 99. Allí se observa el aumento de más del 100% que se ha presentado en el promedio anual en la jurisdicción de la CAR, pasando de un valor de 7,15 ppb en el año 2007 a 20,5 ppb en el año 2010. Por otro lado

se observa una disminución en el SVCA de la CVC, ya que el promedio para el año 2010 fue cuatro veces menor que para el año 2007. Sin embargo, en ninguno de los dos se superó el límite establecido por la norma. En los SVCA de Bogotá, Bucaramanga y Medellín, los promedios se mantuvieron por debajo de los 12 ppb.

**Gráfica 99** Concentración promedio anual de  $\text{SO}_2$  en los SVCA del país



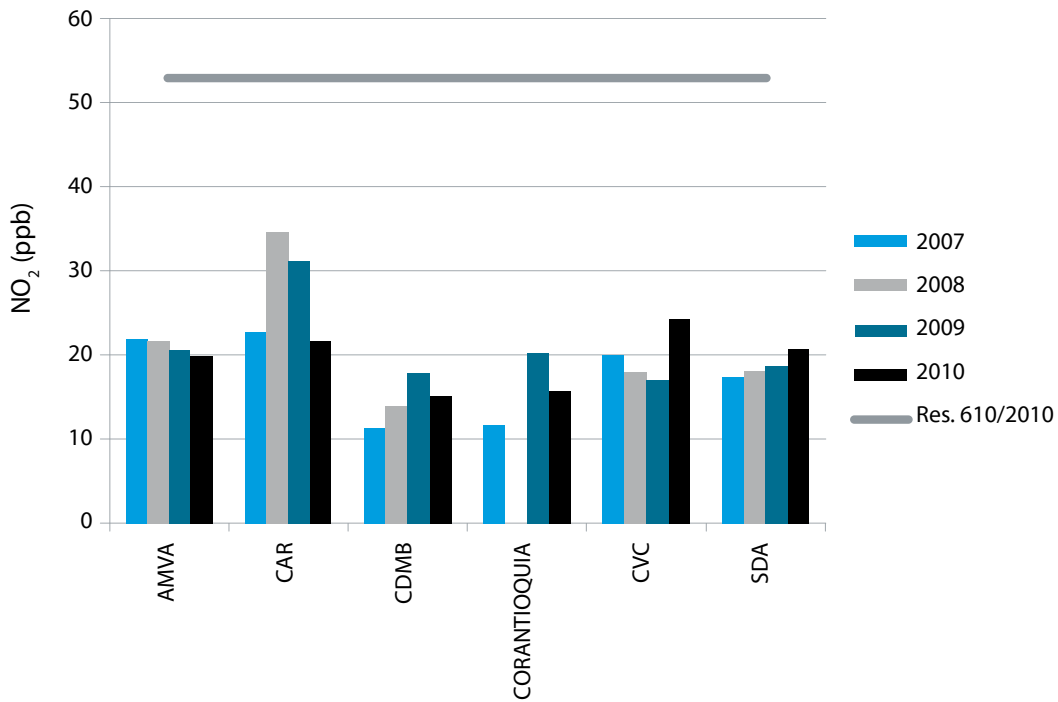
**Fuente:** IDEAM, 2012

En cuanto al Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), en la gráfica 100 se presentan las concentraciones anuales de las estaciones en los SVCA de AMVA, CAR, CDMB, CORANTIOQUIA, CVC y SDA. Las mayores concentraciones se presentaron en la jurisdicción de la CAR para todo el período de estudio, con valores de 22,7 ppb para el año 2007, 34,6 ppb para el 2008, 31,2 ppb para el 2009 y 21,5 para el 2010, que si bien se encuentran por debajo del límite establecido por la norma, pueden promover el aumento en las concentraciones de ozono.

En las jurisdicciones de la CVC y SDA, también se presentó un aumento en la concentración promedio anual del año 2010 en relación con la del 2007. Por el contrario en el SVCA del AMVA se evidenció una disminución progresiva en las concentraciones. Los SVCA restantes (CDMB y CORANTIOQUIA) presentaron un aumento en las concentraciones para el periodo 2007 – 2009 y finalmente una disminución para el año 2010.



**Gráfica 100 Concentración promedio anual de NO<sub>2</sub> en los SVCA del país**

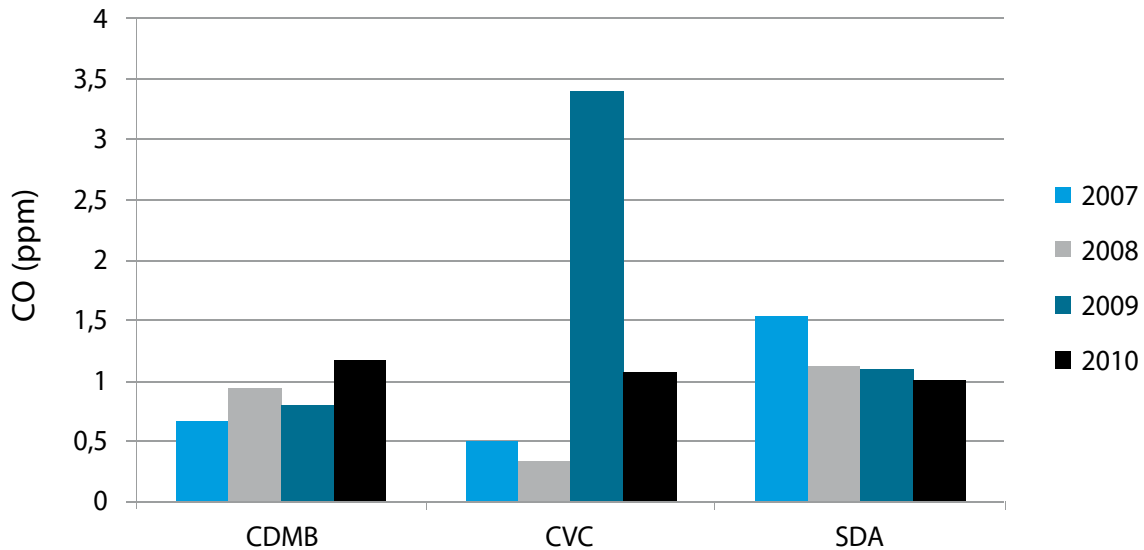


**Fuente: IDEAM, 2012**

En relación con la contaminación por monóxido de carbono (CO), en la gráfica 101 se presentan los promedios anuales teniendo en cuenta los registros horarios por autoridad ambiental. El SVCA del Valle del Cauca presentó las menores concentraciones, excepto en el año 2009 en el cual se

registraron valores excesivamente altos durante los meses de octubre y diciembre. En las estaciones de la ciudad de Bucaramanga se observó un aumento progresivo en los promedios anuales, mientras que en las estaciones de la ciudad de Bogotá se observó un descenso paulatino a través del tiempo.



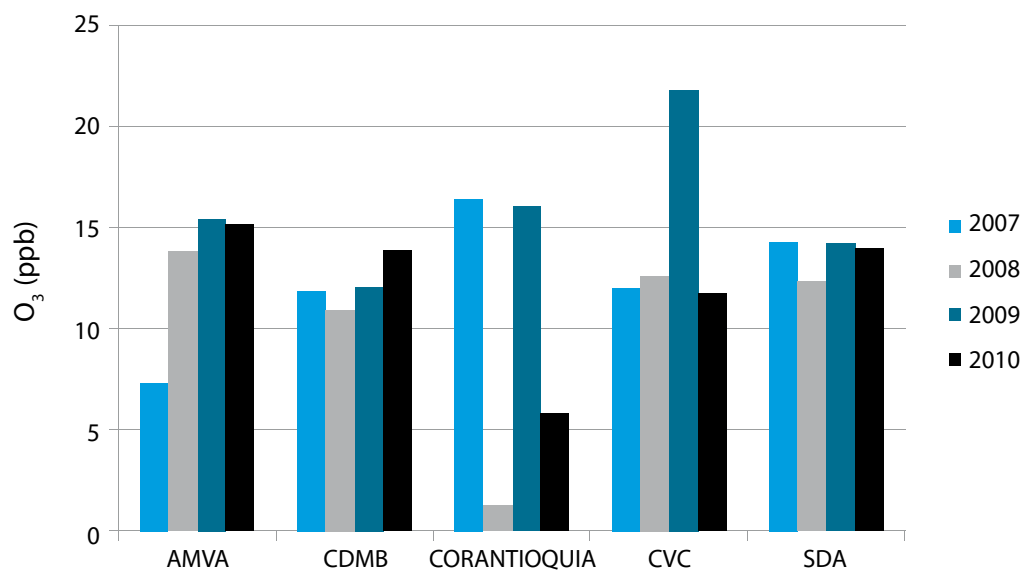
**Gráfica 101 Concentración promedio anual de CO en los SVCA del país**

**Fuente: IDEAM, 2012**

Finalmente, en la gráfica 102 se presentan los promedios anuales teniendo en cuenta los registros horarios por Autoridad Ambiental para el ozono ( $O_3$ ). En ésta se observa que en los SVCA de las ciudades de Bucaramanga y Bogotá los promedios se encontraron por debajo de 15 ppb, mientras que en las jurisdicciones de AMVA y CORANTIOQUIA las concentraciones aumentaron en algunos

años. La mayor concentración se presentó en el SVCA de la CVC para el año 2009 superando 20 ppb.

Es importante aclarar que para el año 2008 en el SVCA de CORANTIOQUIA se registraron pocos datos, razón por la cual la barra de este año puede no representar la realidad de la concentración para el año.

**Gráfica 102 Concentración promedio anual de O<sub>3</sub> en los SVCA del país**

Fuente: IDEAM, 2012



161

#### 4.2.16 Índice de Calidad del Aire

El cálculo del Índice de Calidad del Aire - ICA<sup>3</sup> para PM10 y Ozono, se realizó seleccionando los SVCA que presentaron mediciones de este contaminante con una representatividad temporal mayor del 75%, zonas con problemática de contaminación atmosférica importante y/o cuyo número de habitantes expuestos a las concentraciones de contaminantes fuera relevante. A continuación se presenta el cálculo del índice de calidad del aire, para las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Cúcuta, algunos municipios en la jurisdicción de la CAR<sup>4</sup>, algunos municipios en la jurisdicción de CORANTIOQUIA<sup>5</sup> y la zona minera del Cesar.

La gráfica 103, muestra el porcentaje del ICA para datos diarios de PM10 del periodo comprendido entre 2007-2010 respecto al número total de datos disponibles, en otras

palabras el porcentaje corresponde al número de datos en cada una de las clasificaciones del ICA respecto del total de datos de todas las estaciones de los SVCA.

En general, en la mayoría de las ciudades el ICA se encuentra clasificado como “bueno”, es decir que las concentraciones de PM10 no presentaron implicaciones que causaran un riesgo a la salud; en segundo lugar se encuentra el ICA “moderado”, en el cual las concentraciones de PM10 diarias pudieron causar posibles síntomas respiratorios, agravamiento de enfermedades cardiopulmonares y afectación a la salud en adultos mayores y niños menores de 5 años. Seguido de éste, se encuentra el índice de calidad del aire “dañina a la salud para grupos sensibles”, que se presentó con porcentajes muy bajos.

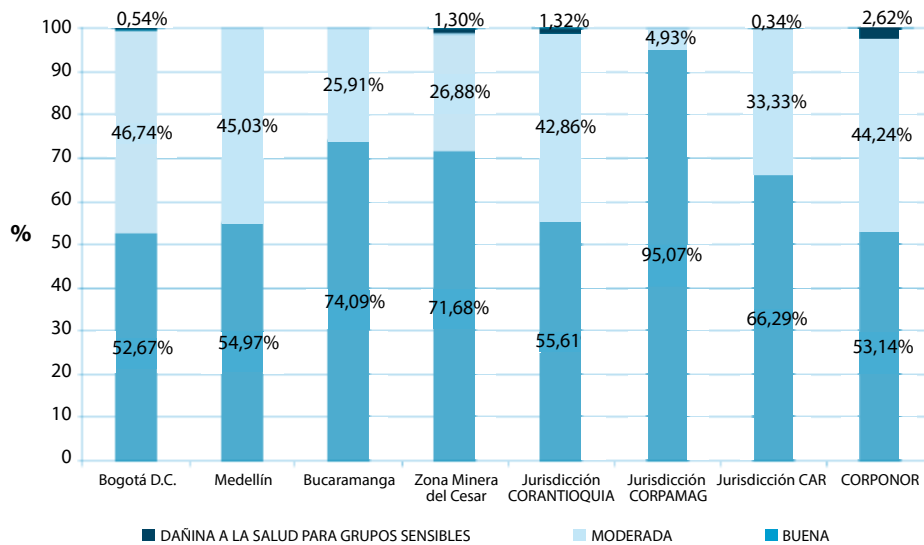
Para las demás clasificaciones se presentaron datos escasos, que pertenecen a los SVCA de Bogotá, Zona minera del César, Jurisdicción de CORANTIOQUIA y CAR, los cuales no representan ni el 2% del total de datos disponibles.

<sup>3</sup> Calculado de acuerdo al procedimiento descrito en el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

<sup>4</sup> Tales como: Calera, Mosquera, Cajicá, Sibate, Funza, Soacha, Zipaquirá, Madrid, Tocancipá, Cogua y Nemocón.

<sup>5</sup> Envigado y el corregimiento de Altavista.

### Gráfica103 Porcentaje del ICA para datos diarios de PM10 2007-2010



(Ver Tabla No 6 Clasificación del índice de Calidad del Aire de acuerdo con el intervalo - Pág 70)

Fuente: IDEAM, 2012

Las estaciones de la Jurisdicción de CORPAMAG presentaron el porcentaje más alto en el estado de la calidad del aire clasificada como “buena” con 95,07%, seguido de Bucaramanga (74,09%), Zona minera del César (71,68%) y algunos municipios de la Jurisdicción de la CAR (66,29%), las estaciones con menor porcentaje en esta clasificación son en su orden las ubicadas en la jurisdicción de CORANTIOQUIA con 55,61%, Medellín con 54,97%, Cúcuta con 53,14% y Bogotá con 52,67%.

La calidad del aire clasificada como “moderada” se presentó con un mayor porcentaje en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cúcuta y algunos de los municipios de CORANTIOQUIA, comportamiento que se ajusta al tamaño y los procesos de desarrollo que se llevan a cabo en estas zonas.

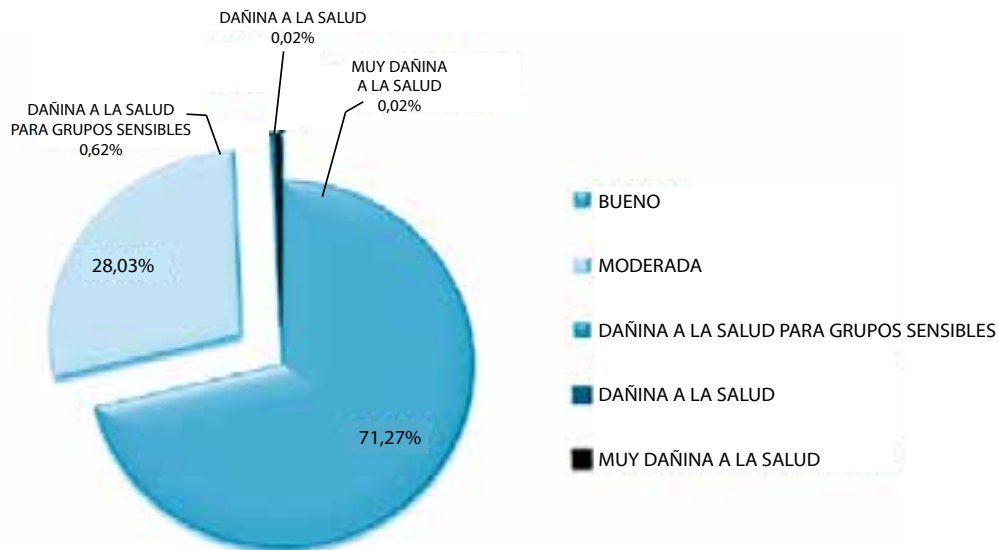
Finalmente, la calidad del aire clasificada como “dañina a la salud para grupos sensibles”<sup>6</sup> se presentó en menor proporción con porcentajes entre 0,3 y 2,7% para los SVCA de: Cúcuta (10 datos), Jurisdicción de CORANTIOQUIA (348 datos), Zona Minera (45 datos), Bogotá (57 datos) y jurisdicción CAR (14 datos).

En general alrededor del 71% de los datos en todas las zonas analizadas se encuentran en estado “bueno”, el 28% son clasificados como calidad de aire “moderada” y el 0,6% restante corresponde a calidad del aire “dañina a la salud para grupos sensibles”. Como se mencionó anteriormente, las clasificaciones “dañina a la salud” y “muy dañina a la salud” registraron porcentajes muy bajos.

<sup>6</sup> Esta clasificación del ICA indica que se pueden presentar efectos en la salud como el aumento de riesgo de síntomas respiratorios en individuos sensibles, agravamiento de enfermedad del corazón o de pulmón y mortalidad prematura en personas con enfermedades cardiopulmonares y adultos mayores.



**Gráfica104 Porcentaje del índice de calidad del aire en los SVCA de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Zona Minera del Cesar y las Jurisdicciones de la CAR, CORANTIOQUIA y CORPOCESAR datos 2007 -2010**



(Ver Tabla No 6 Clasificación del índice de Calidad del Aire de acuerdo con el intervalo - Pág 70)

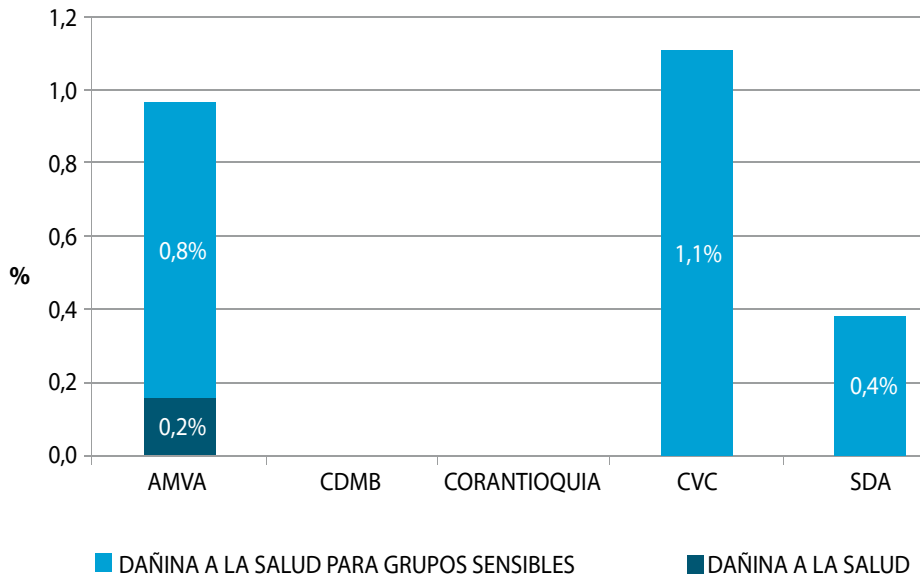
**Fuente: IDEAM, 2012**

En la gráfica 105 se muestra el índice de calidad del aire en porcentaje de las concentraciones de ozono en periodos de exposición de 1 hora, en donde los SVCA de AMVA, CVC y SDA presentaron datos horarios de ozono clasificados como estado de la calidad del aire “dañina a la salud para grupos sensibles” y/o “dañina a la salud”. En todos los casos los porcentajes no superaron el 2% de los datos generados por el SVCA.

En este caso no se presentan clasificaciones de calidad del aire “buena” y “moderada” ya que para este contaminante el ICA no contempla estas clasificaciones para periodos de una hora. Por lo que las concentraciones por debajo de 0,125 ppm no se calculan.



**Gráfica 105 Porcentaje del ICA para datos horarios de Ozono 2007-2010**



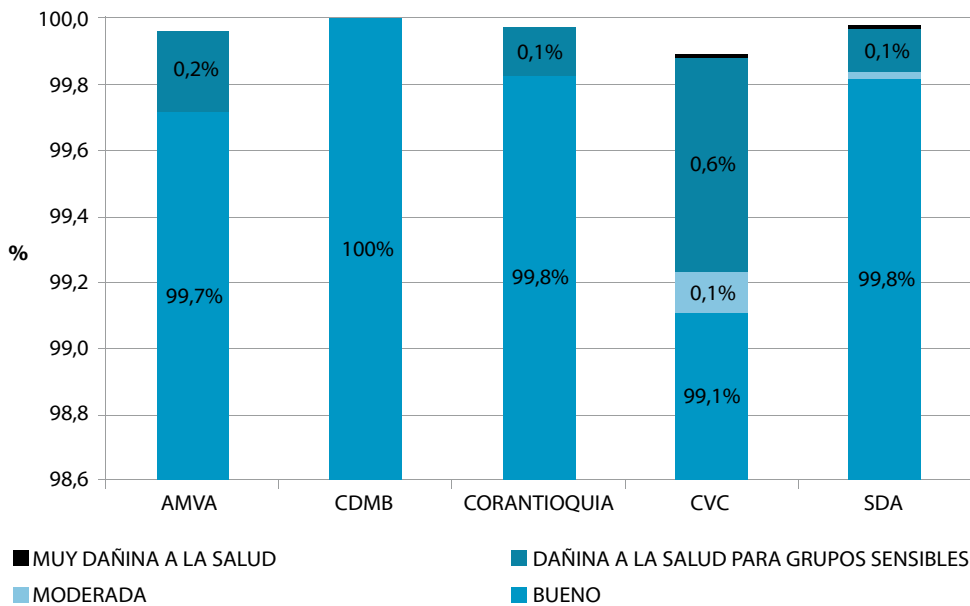
(Ver Tabla No 6 Clasificación del índice de Calidad del Aire de acuerdo con el intervalo - Pág 70)

Fuente: IDEAM, 2012

Para periodos de exposición de ocho horas, se tiene que en la mayoría de los SVCA el ICA fue clasificado como “buena” reportando porcentajes por encima del 99%. Por otro

lado, las clasificaciones “moderado”, “dañina a la salud para grupos sensibles” y “muy dañina a la salud” reportaron bajos porcentajes.

**Gráfica 106 Porcentaje del ICA para datos ocho horas de Ozono 2007-2010**



(Ver Tabla No 6 Clasificación del índice de Calidad del Aire de acuerdo con el intervalo - Pág 70)

Fuente: IDEAM, 2012



La clasificación “peligrosa” no está definida dentro del cálculo del ICA, por lo que las concentraciones de 8 horas mayores a 0.374 ppm no se tuvieron en cuenta.

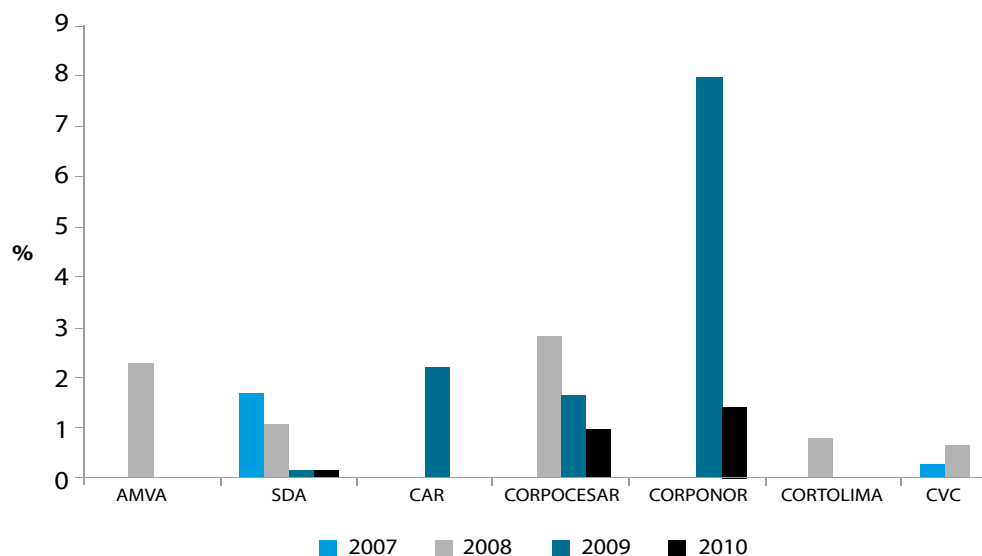
el número de datos excedidos durante el periodo 2007-2010 para los contaminantes PM10 y Ozono.

### 4.2.17 Excedencias

Se considera una excedencia, cuando el valor de la concentración de un determinado contaminante sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la norma de calidad del aire. A continuación se presenta

Los SVCA que presentaron mayor porcentaje de datos diarios de PM10 excedidos en el periodo analizado fueron en su orden CORPONOR, CORPOCESAR y SDA. Por el contrario los SVCA de AMVA, CAR, CORTOLIMA y CVC presentaron muy pocos datos que sobrepasen el límite permisible en algunos años del periodo analizado.

**Gráfica 107 Porcentaje del número de excedencias anuales de datos diarios de PM10 sobre el total de datos disponibles**



**Fuente: IDEAM, 2012**

En algunos casos el número de excedencias disminuyó a través de los años, en otros casos no se reportaron, este hecho se puede atribuir a las medidas tomadas para la reducción o control de las emisiones contaminantes realizadas por las Autoridades Ambientales.

Por otro lado en la gráfica 108 se presenta el porcentaje de excedencias de los datos horarios de ozono respecto a la totalidad de datos generados durante el periodo 2007 - 2010 en los SVCA que monitorearon este contaminante.

Los SVCA de CARDER, CORPOBOYACA, CORPOCALDAS, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG y CDMB no presentaron excedencias a la norma diaria de PM10 durante el periodo de análisis.

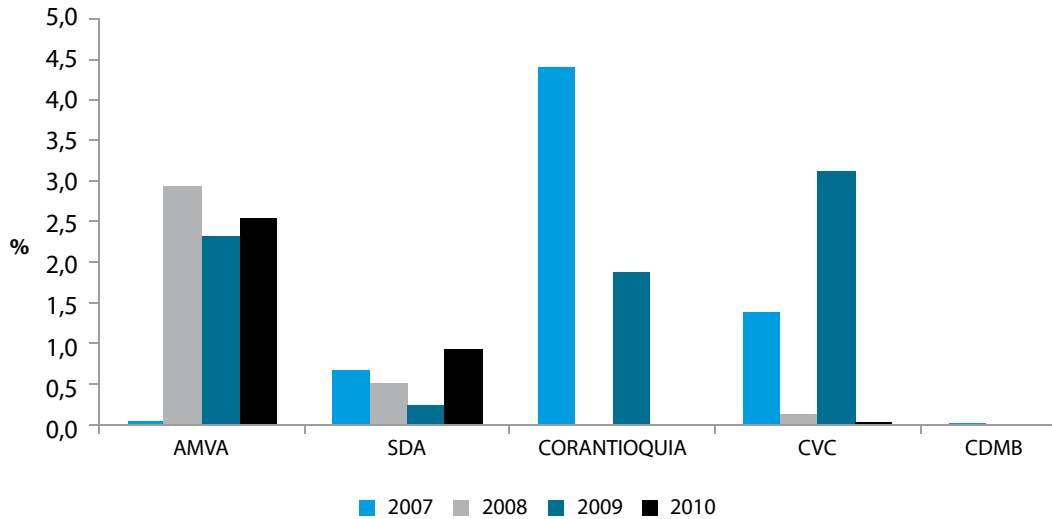
Los porcentajes más altos se presentaron en los SVCA de CORANTIOQUIA, CVC y AMVA, por el contrario en la SDA y en la CDMB se presentaron los menores porcentajes. Es importante mencionar que los porcentajes



fueron más altos en el caso del ozono que en el dePM10, debido a que las concentraciones

de este último fueron 24 horas, mientras las excedencias de ozono fueron horarias.

**Gráfica 108** Porcentaje del número de excedencias anuales de datos horarios de Ozono sobre el total de datos disponibles



**Fuente:** IDEAM, 2012



### 4.3. Análisis del comportamiento meteorológico y de los contaminantes en algunas de las principales ciudades del país

#### 4.3.1 Análisis de la información meteorológica para las áreas de estudio

La dispersión de contaminantes en la atmósfera depende de múltiples factores, entre los que se encuentran los meteorológicos y su influencia en el comportamiento de los contaminantes, entre éstos se encuentran: dirección y velocidad del viento, precipitación y radiación solar, entre otros.

En el presente capítulo se pretende hacer una descripción del comportamiento espacio temporal de la dirección y velocidad del viento, así como una breve descripción de las variables, temperatura, humedad relativa y brillo solar para los periodos de análisis que se establecen en cada tabla para cada una de las zonas donde se encuentran los principales centros industriales del país como son: Bogotá, Medellín, Cali, Valle de Sogamoso (Boyacá), Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y la zona minera del Cerrejón (La Guajira). Es de aclarar que las estaciones con las cuales se realizó el análisis son netamente meteorológicas.

De igual manera se realizó la correlación de las variables radiación solar y precipitación y su incidencia en el comportamiento del Ozono y el PM10 respectivamente para las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Santiago de Cali y la Zona minera del Cesar; en el caso de Barranquilla, Santa Marta y Valle de Sogamoso no se realizó la correlación debido a que para estos lugares no se contó con la información necesaria para establecer

una relación entre el comportamiento de los contaminantes con los parámetros meteorológicos en el mismo punto.

Colombia por encontrarse geográficamente ubicada entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio, está sometida a los vientos Alisios, además por la influencia de las condiciones locales y el rozamiento proporcionado por las grandes irregularidades que presenta la Cordillera de los Andes (fenómeno brisa valle-montaña), que se extienden longitudinalmente a lo largo del país y los dos mares que lo bañan (fenómeno brisa tierra-mar), presenta comportamientos del viento muy locales y específicos en las diferentes áreas analizadas.

Por otro lado, el comportamiento de la precipitación afecta en cierto grado la concentración de los contaminantes en la atmósfera, ya que puede contribuir a su disminución debido al lavado atmosférico que se puede presentar en el caso de las partículas suspendidas.

El análisis del comportamiento de estas variables meteorológicas, permitirá relacionarlas con el comportamiento temporal de las concentraciones de los contaminantes PM10 y Ozono para este estudio.

##### 4.3.1.1 Bogotá

###### Variables meteorológicas de interés para la zona de estudio

- Circulación promedio del viento

En los valles interandinos y en las zonas montañosas, a pesar de percibirse una ligera influencia de los Alisios, las condiciones fisiográficas determinan en gran medida la dirección y velocidad del viento.

En la tabla No. 23 se presenta el promedio de los datos correspondientes a velocidad





y dirección del viento según la información registrada en las estaciones de la Secretaría Distrital del Ambiente (SDA) y algunas

estaciones convencionales y automáticas del IDEAM, dichos datos son representados en la figura 28.

**Tabla No. 23 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones de la SDA e IDEAM para Bogotá, D.C.**

Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
<b>Estaciones SDA</b>				
Central de mezclas	1997 - 2002	2,2	157,4	93,1
Hospital Olaya	1997 - 2002	1,1	188,5	68,1
Min. Medio Ambiente	1997 - 2002	0,3	140,3	60,1
El Bosque	1997 - 2002	0,7	139,4	55,1
Escuela Ingeniería	1997 - 2002	0,6	134,4	77,1
Corpas	1997 - 2002	0,8	94,5	60,9
Carrefour	2000 - 2002	1,1	93,3	64,0
Merck	1999 - 2002	0,8	211,1	39,4
CADE	1997 - 2002	0,3	157,2	43,9
Sony	1997 - 2002	0,7	187,5	69,4
Cazucá	1997 - 2002	1,1	194,0	55,4
Universidad Nacional	1997 - 2002	0,3	84,8	62,1
Fontibón	1999 - 2002	1,2	275,8	50,0
<b>Estaciones del IDEAM</b>				
Aeropuerto Eldorado (Convencional)	1980 - 2009	0,7	61,4	26,8
Universidad Nacional (Automática)	2005 - 2009	0,2	167,8	12,3
Tibaitatá / Mosquera (Automática)	2005 - 2009	0,6	57,2	30,4

Los promedios de vientos en la ciudad presentaron en su mayoría registros en calma; sin embargo los valores presentaron una variación entre 0,2 y 2,2 m/s. En general las estaciones presentaron porcentajes de persistencia (los cuales, indica qué tan

representativo es el valor de la velocidad predominante con respecto a todos los datos de la serie) superiores al 50%, exceptuando las estaciones Merck, CADE, Universidad Nacional del IDEAM, Tibaitatá y el aeropuerto El Dorado (ubicadas en el centro y occidente

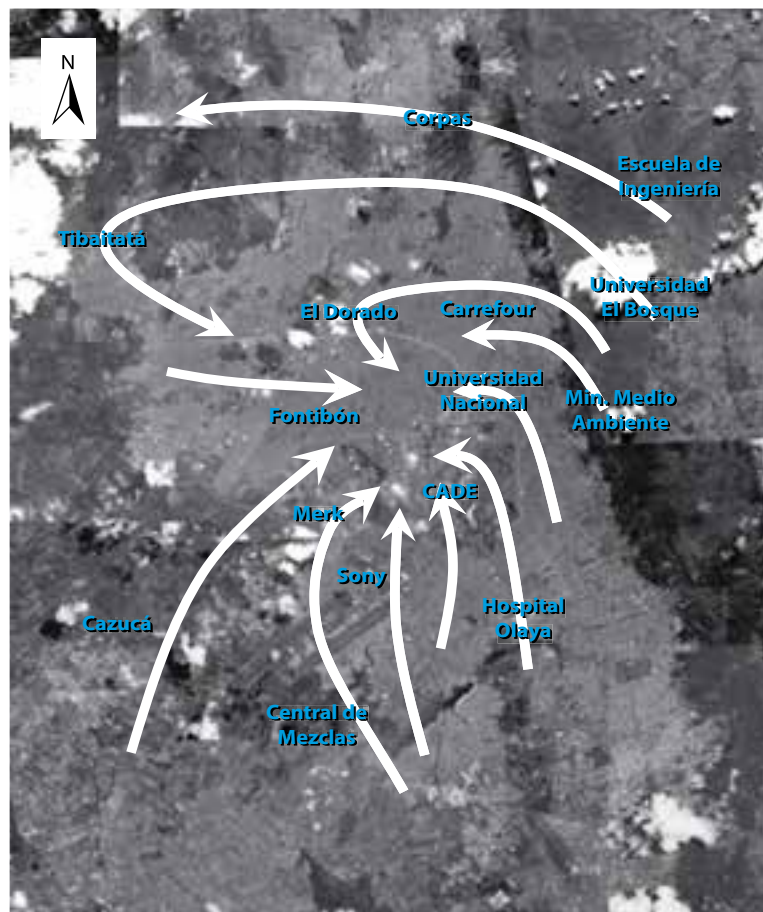
de la ciudad). Los porcentajes de persistencias más altas se reportaron en Central de Mezclas, Escuela de Ingeniería, Sony y el Hospital del Olaya (Sur de la ciudad).

La dirección del viento en la zona de interés muestra la influencia de los vientos Alisios del sureste en el oriente de la ciudad, mientras al norte de la misma los vientos cambian su dirección describiendo una procedencia en su mayoría del oriente. En el centro-occidente de la ciudad hay una confluencia de vientos de baja velocidad la cual se evidencia en los vientos que provienen del suroriente (Estación Universidad Nacional y CADE),

sur (Estación Sony), suroccidente (Estación Merck), occidente (Estación Fontibón) y del oriente de la ciudad (Estación Carrefour y El Dorado).

Por otra parte al sur de la ciudad predominan los vientos que provienen del sur y el suroriente con los promedios de velocidad más altos de todas las estaciones, lo anterior se debe, muy probablemente a que los vientos se canalizan a través de estrechos formados en la cordillera oriental al sur de la ciudad, disminuyendo el área de flujo y en consecuencia aumentando la velocidad del viento.

**Figura 28** Circulación predominante de los vientos en Bogotá D.C.



*Fuente: Elaborada a partir de imagen de Google*



En el caso de la velocidad del viento, en el día los mayores promedios se presentaron generalmente entre las siete y las diez de la mañana para los periodos de enero a abril y octubre a diciembre con valores próximos a 2,0 m/s y entre las nueve de la mañana y cinco de la tarde en el periodo mayo -septiembre, con valores entre 1,4 y 3,4 m/s. Los valores más bajos de velocidad del viento para el año se presentaron a finales de la tarde y comienzos de la noche con valores entre 0,4 y 1,0 m/s, exceptuando el periodo junio - agosto en el que se presentaron al finalizar el día y en la madrugada con velocidades del viento entre 1,0 m/s y 0,7 respectivamente. (Ver Anexos 1, 2 y 3)

secos alcanzando 8 días/mes de lluvia principalmente en el período de principio de año. Por otro lado las temporadas de lluvias se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre, en las cuales alcanzó a llover en promedio 18 días/mes.

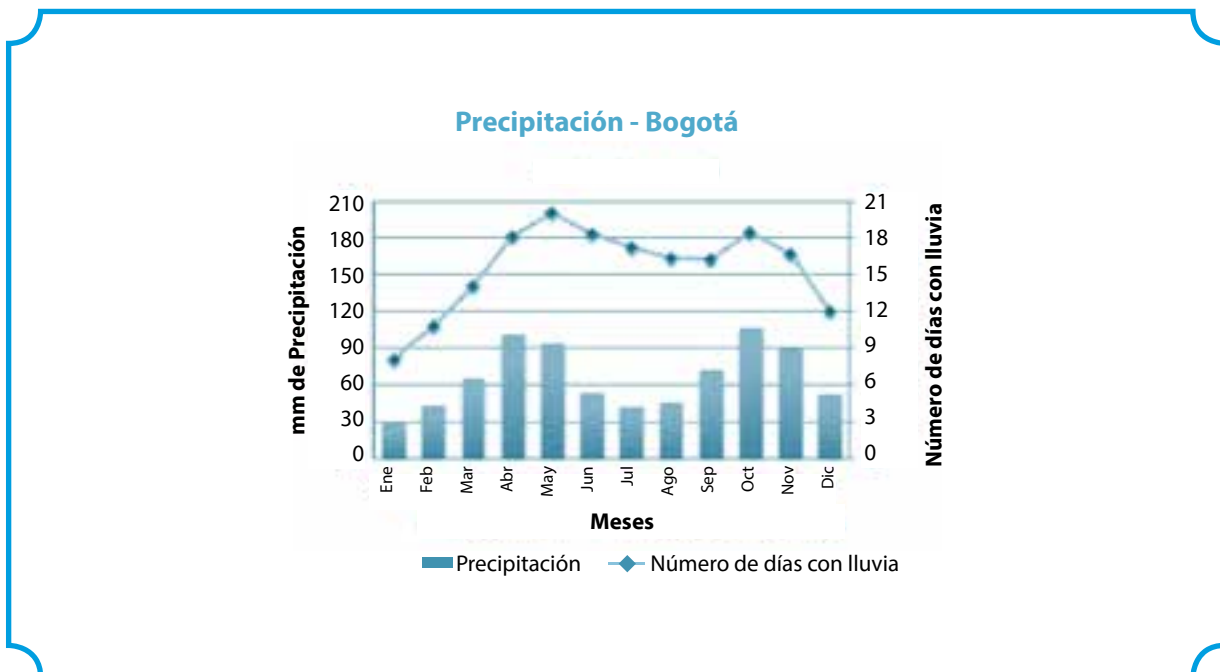
El clima de Bogotá se caracteriza por ser frío - muy seco, en donde la temperatura mínima se encontró entre 8 y 10°C para las horas de la madrugada alcanzando a descender a menos 5°C en temporada seca, mientras la temperatura máxima osciló entre 18 y 20°C para el mediodía; el valor promedio para este parámetro en la ciudad fue de 13,1 °C. De igual manera para la temporada de lluvias el sol brilló cerca de 4 horas diarias alcanzando valores de humedad relativa superiores al 80%. En promedio la humedad relativa del aire fue mayor al 77% para esta zona (Ver gráfica 109).



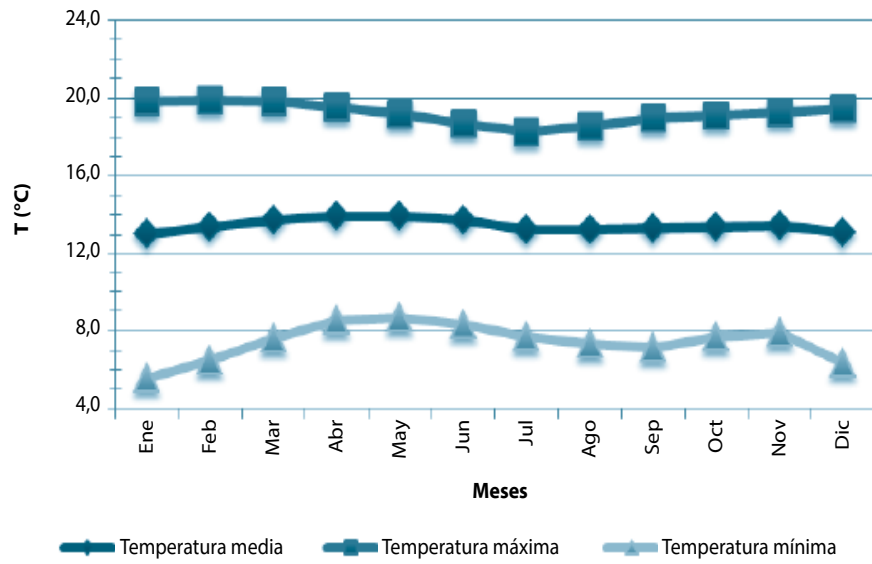
- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

Durante el transcurso del año en la ciudad de Bogotá se tienen dos periodos de lluvias y dos temporadas secas, los meses de enero, febrero, julio y agosto son predominantemente

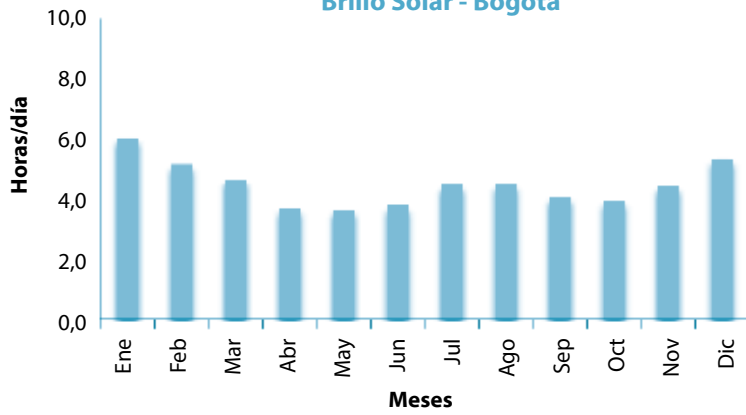
**Gráfica 109 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Bogotá (1997- 2009 )**



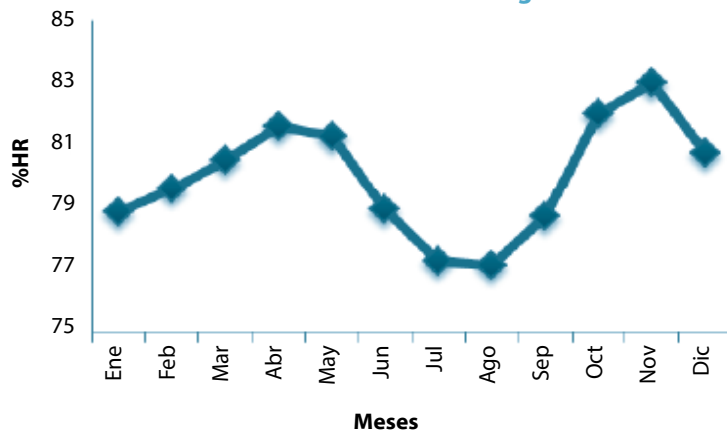
### Temperatura - Bogotá



### Brillo Solar - Bogotá



### Humedad Relativa - Bogotá



Fuente: Subdirección de Meteorología IDEAM



### 4.3.1.2 Medellín

#### VARIABLES METEOROLÓGICAS DE INTERÉS PARA LA ZONA DE ESTUDIO

- Circulación promedio del viento

Al norte de la ciudad los vientos provienen del nororiente (Ver figura 29) presentando las mayores velocidades dentro de la ciudad con valores promedio de 1,83 m/s, mientras para el centro de la ciudad los vientos provienen en su mayoría del norte y confluyen hacia el sur con los vientos que proceden del oriente. De igual manera y como se observa en la tabla No. 24, en la zona centro y sur de

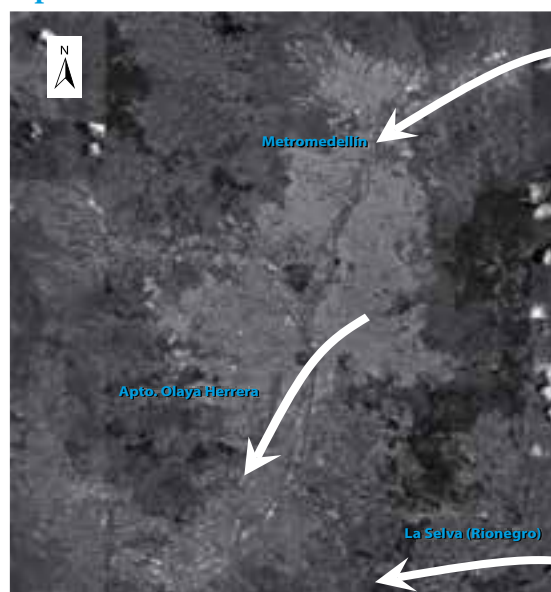
la ciudad se presentó el menor porcentaje de persistencias contrario a lo sucedido en el norte de la ciudad donde se presentó un mayor porcentaje de persistencias.

Los promedios de velocidad reportados presentaron valores relativamente bajos hacia el centro y sur de Medellín durante los periodos abril - junio y septiembre - noviembre, mientras los mayores valores se registraron al norte de la ciudad en los meses de julio, agosto y entre los meses de diciembre a marzo. Durante el transcurso del día las velocidades más altas se presentaron en la tarde y las más bajas entre las tres y las siete de la mañana. (Ver Anexos 4, 5 y 6)

**Tabla No. 24 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para Medellín**

Nombre de a estación	Tipo de Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Apto. Olaya Herrera - Medellín	Convencional	1978 - 2009	0,84	14,1	32,4
Metromedellin - Bello	Automática	2005 - 2009	1,83	65,2	79,1
La Selva - Rionegro	Automática	2006 - 2009	0,38	84,3	39,2

**Figura 29 Circulación predominante de los vientos en Medellín**



**Fuente:** Elaborada a partir de imagen de Google



- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

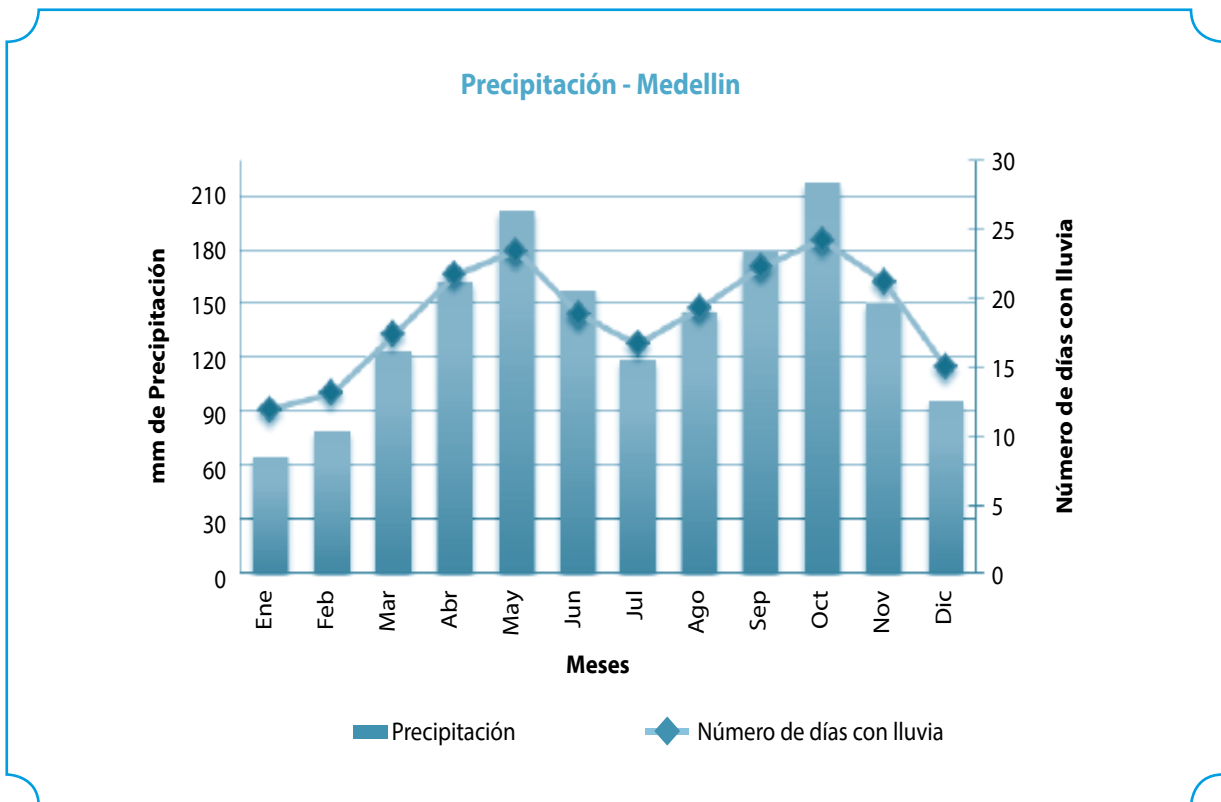
La precipitación en la ciudad de Medellín describe un comportamiento bimodal el cual comprende un periodo húmedo desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre en los que llovió alrededor de 24 días/mes; en contra posición se presentó un periodo seco en los meses de enero y febrero en los que se registraron precipitaciones alrededor de 9 días/mes.

Medellín presenta un clima templado - seco, en donde la temperatura mínima

registró valores entre 17 y 18°C en horas de la madrugada y 26 a 28°C de temperatura máxima media al mediodía, alcanzando un valor promedio para esta variable de 21,5°C. En cuanto al brillo solar, los datos para la ciudad de Medellín registraron en promedio 4 horas diarias en los meses húmedos al mismo tiempo que se reportaron los más altos porcentajes de humedad relativa (principalmente en el periodo septiembre - diciembre); por otra parte se registraron 6 horas diarias de insolación para los meses secos. El porcentaje de humedad relativa en el aire osciló entre 63 y 73% durante el año.

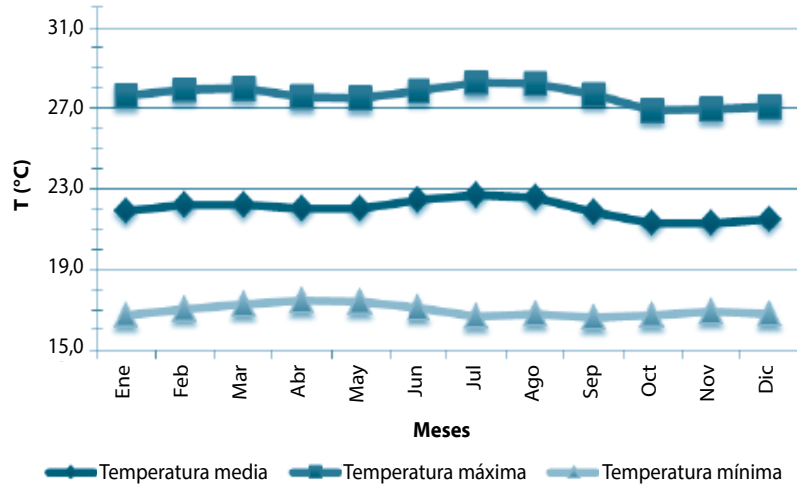


**Gráfica 110 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Medellín (1978- 2009 )**

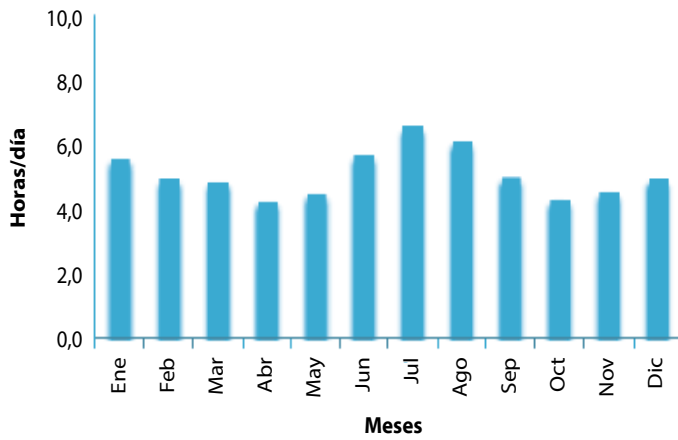




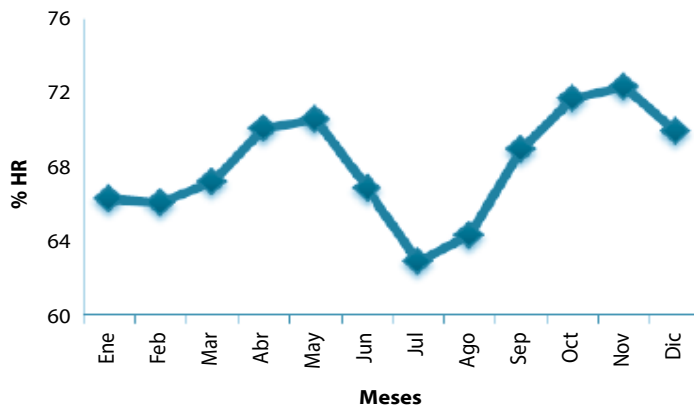
### Temperatura - Medellin



### Brillo Solar - Medellin



### Humedad Relativa - Medellin



Fuente: Subdirección de Meteorología IDEAM

### 4.3.1.3 Cali

#### Variables meteorológicas de interés para la zona de estudio

- Circulación promedio del viento

Para la ciudad de Cali los vientos en el norte de la ciudad proceden generalmente del norte (Ver figura 30 presentando bajos valores de velocidad al igual que para la zona sur de la misma en donde los vientos son procedentes del nororiente. Para el occidente de Cali los vientos provienen del noroccidente con velocidades relativamente más altas en relación a las demás zonas (Ver tabla No. 25).

En Cali los mayores promedios de velocidad del viento se presentaron en el mes de enero y durante el periodo de junio - septiembre,

mientras que los valores más bajos se registraron en los periodos de abril - mayo y octubre - noviembre. Por otra parte el comportamiento de la velocidad del viento durante el día registró los valores más altos en horas de la tarde (desde las dos de la tarde hasta las siete de la noche), mientras los valores más bajos se reportaron en la noche (a partir de las ocho de la noche y en adelante) hasta las siete de la mañana.

Como caso puntual, para el municipio de Jamundí (ubicado al sur de Cali) se presentaron velocidades bajas con valores de 0,9 m/s aproximadamente, y vientos procedentes del sur y suroccidente. Según estimaciones los vientos del norte que provienen de la ciudad de Cali, se encuentran con los vientos del sur provenientes del municipio de Jamundí y se dirigen hacia el oriente. (Ver Anexos 7, 8, 9, 10 y 11)

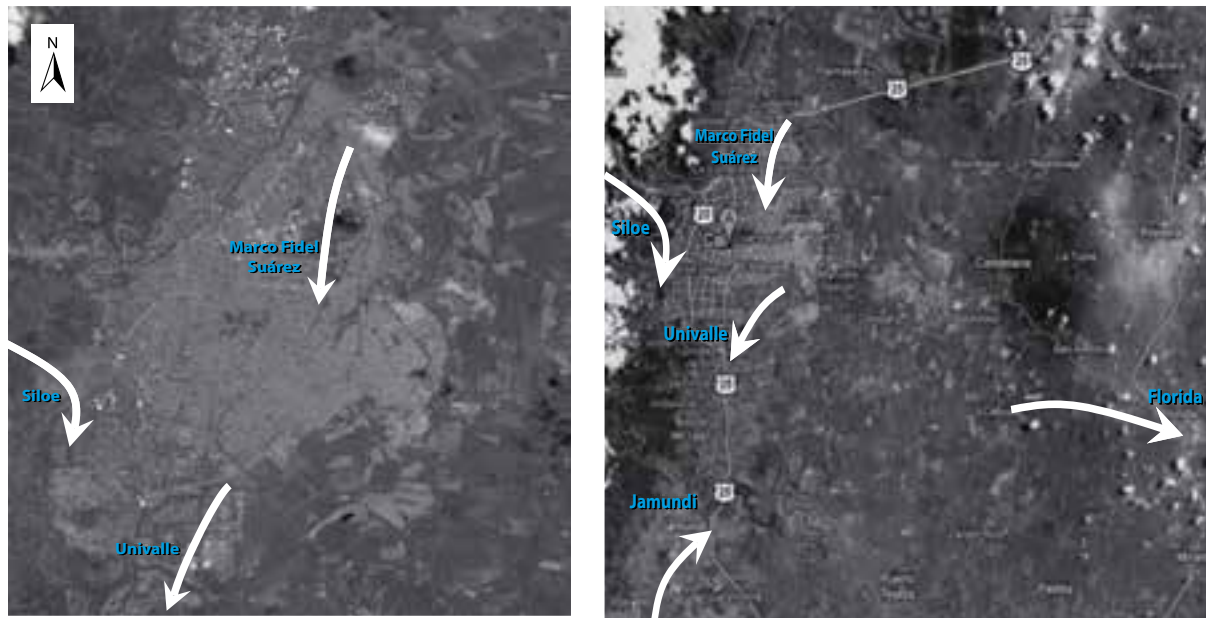


**Tabla No. 25 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para Cali**

Nombre de la estación	Tipo de estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Marco Fidel Suárez - Cali	(Automática)	2006 - 2009	0,27	13,8	9,0
Siloe - Cali	(Automática)	2007 - 2009	1,6	327,7	55,1
Univalle - Cali	(Automática)	2006 - 2009	0,16	35,3	12,0
Diana - Florida	(Automática)	2005 - 2009	0,56	323,3	26,1
La Independencia - Jamundi	(Automática)	2005 - 2009	0,29	209,7	18,9



**Figura 30** Circulación predominante de los vientos en Cali y sus alrededores



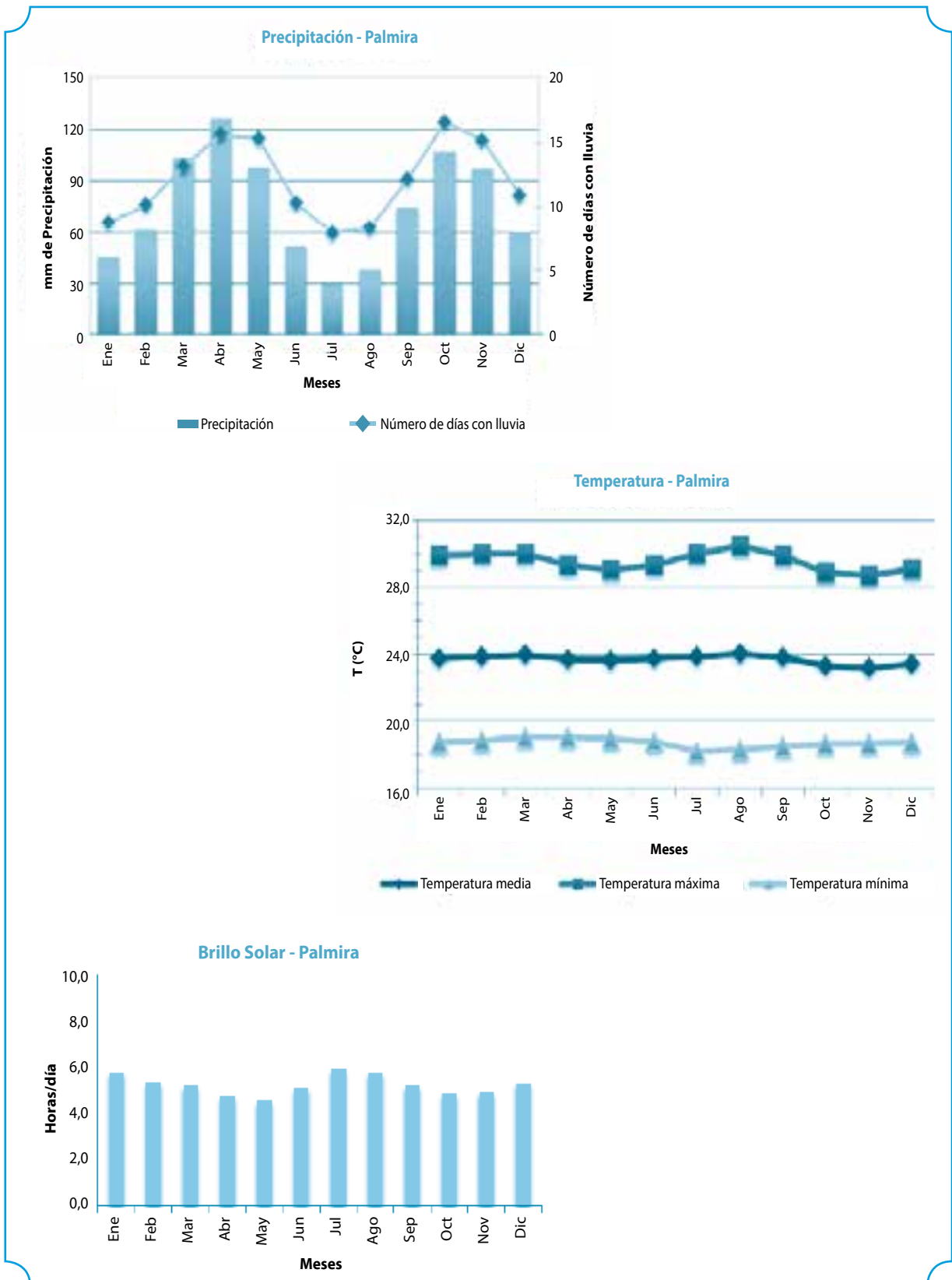
*Fuente: Elaborada a partir de imagen de Google*

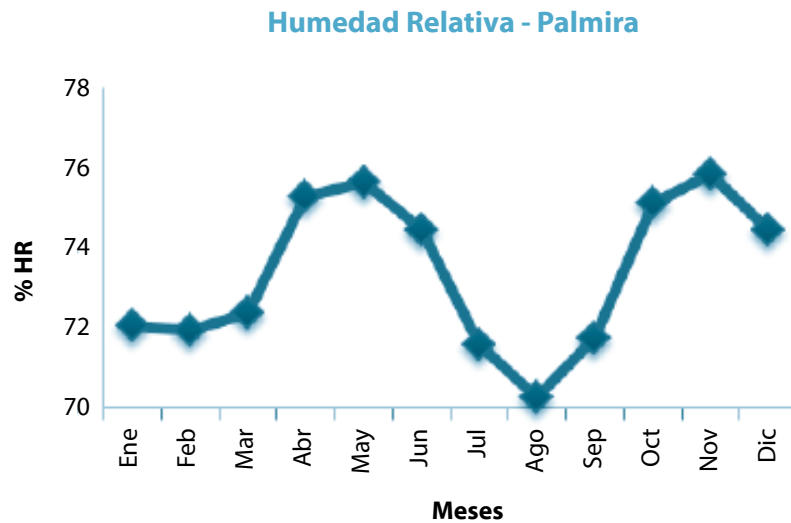
- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

Al igual que en las ciudades de Bogotá y Medellín, Cali también presenta un comportamiento bimodal de precipitación durante el periodo de análisis (2005 - 2009), diferenciándose la temporada de lluvias la cual se extiende durante el periodo marzo - mayo y desde finales de septiembre hasta mediados de diciembre y en los cuales llovió alrededor de 18 días/mes, de la temporada seca la cual comprende los meses de enero, febrero, julio y agosto (siendo los meses de mitad de año los de menores lluvias) con lluvias alrededor de 6 días/mes para los meses más secos.

Como se observa dentro de la gráfica 111 el clima de Cali se caracteriza por ser cálido seco, con valores de temperatura promedio de 23,9°C, en donde se registraron valores cercanos a 20°C para la temperatura mínima en horas de la madrugada, mientras al mediodía la temperatura máxima media presentó valores cercanos a 31°C. En relación a los datos de brillo solar para la ciudad, éstos presentaron valores de 4 horas diarias en los meses húmedos contrastando así con el 76% de humedad relativa registrada para esta época, a diferencia de los meses secos en los que la insolación alcanzó 6 horas diarias y un porcentaje de humedad relativa menor a 70%.

**Gráfica 111 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Cali (2005- 2009 )**





*Fuente: Subdirección de Meteorología IDEAM*



#### 4.3.1.4 Valle del Sogamoso

##### VARIABLES METEOROLÓGICAS DE INTERÉS PARA LA ZONA DE ESTUDIO

- Circulación promedio del viento

Según la información arrojada por las estaciones que monitorearon las variables meteorológicas y las cuales se encuentran ubicadas al oriente de la zona de análisis, en la zona industrial del Valle del Sogamoso y alrededores (incluida Tunja), los vientos tienen una procedencia del suroriente (Municipios de Aquitania, Belencito y Zetaquirá), mientras que al occidente de la zona de análisis, los vientos proceden del sur. (Ver figura 31)

En cuanto a los promedios de velocidad, éstos varían según el relieve que presente la zona, sin embargo los mayores valores entre 1,6 y 2,5 m/s se registraron en las estaciones con

mayor altitud (Ver tabla No. 26), como son Aquitania (3.058 m.s.n.m) y UPTC (2.690 m.s.n.m), mientras que en las estaciones con menor altitud se reportaron los promedios más bajos con valores de 0,2 a 0,4 m/s aproximadamente, como fueron Belencito (2.530 m.s.n.m), Surbatá (2.465 m.s.n.m) y Zetaquirá (1.434 m.s.n.m).

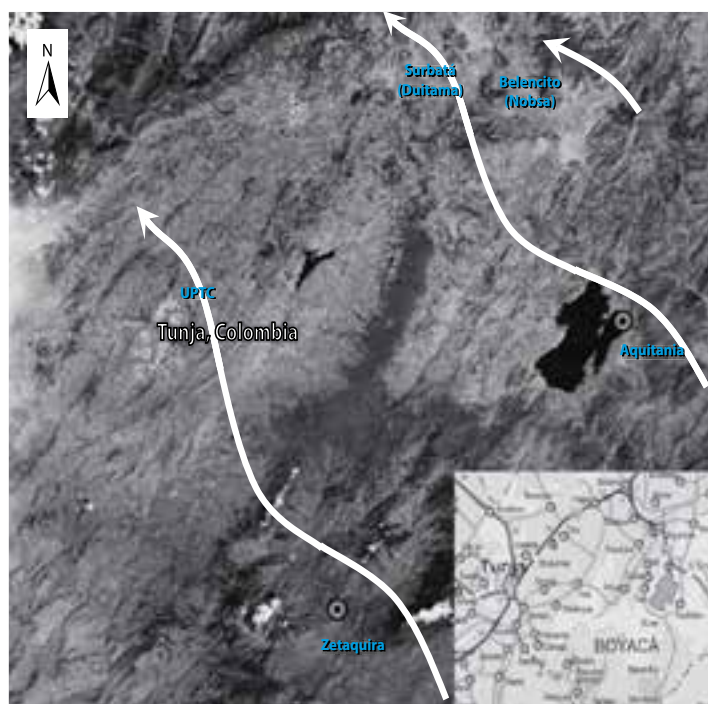
El comportamiento temporal de la velocidad del viento registró los valores más altos en el periodo de junio - septiembre y a principios del año, mientras que los vientos en calma se presentaron en los periodos de marzo - mayo y octubre - diciembre.

Durante el día, las velocidades más altas se registraron al mediodía y en la tarde, mientras las velocidades más reducidas se registraron en la madrugada y primeras horas de la mañana. (Ver Anexos 12, 13, 14, 15 y 16)

**Tabla No. 26 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones IDEAM para Boyacá**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Belencito - Nobsa	Convencional	1974 - 2009	0,44	139,0	23,0
Surbatá - Duitama	Convencional	1978 – 2004	0,20	168,6	11,4
Aquitania	Automática	2005 - 2009	2,51	116,2	71,9
UPTC - Tunja	Convencional	1979 - 2008	1,65	171,5	69,3
Zetaquirá	Automática	1982 - 2009	0,43	125,1	41,7

**Figura 31 Circulación predominante de los vientos en el Valle del Sogamoso y Tunja**



**Fuente:** Elaborada a partir de imagen de Google

- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

Durante el año y para la zona de interés las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas húmedas, describiendo así un

comportamiento bimodal de precipitación en donde los meses de enero, febrero, julio y agosto son predominantemente secos, con lluvias alrededor de 7 días/mes para los primeros meses del año, mientras a mediados del año se registraron en promedio 15 días/mes de lluvias.

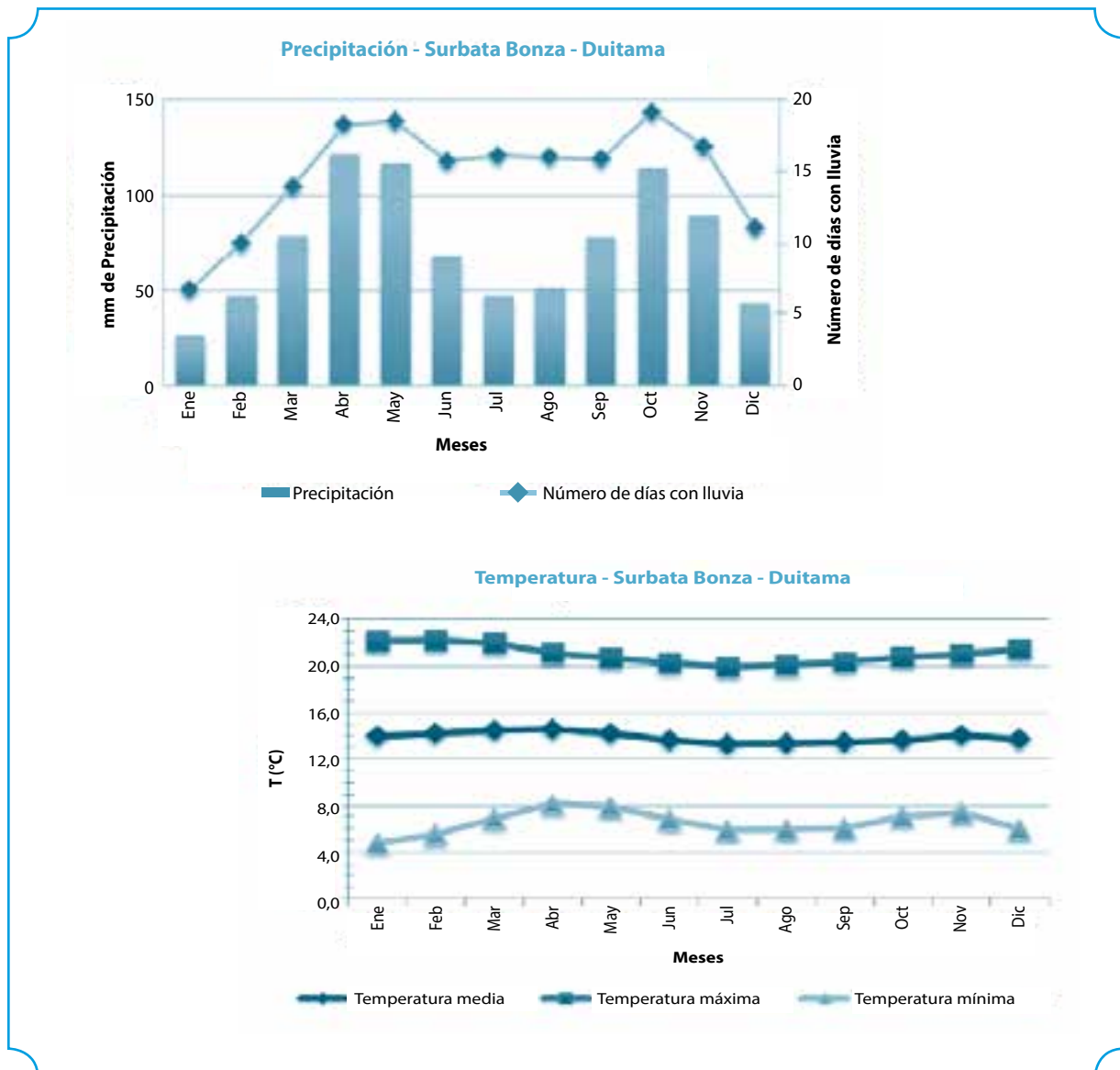


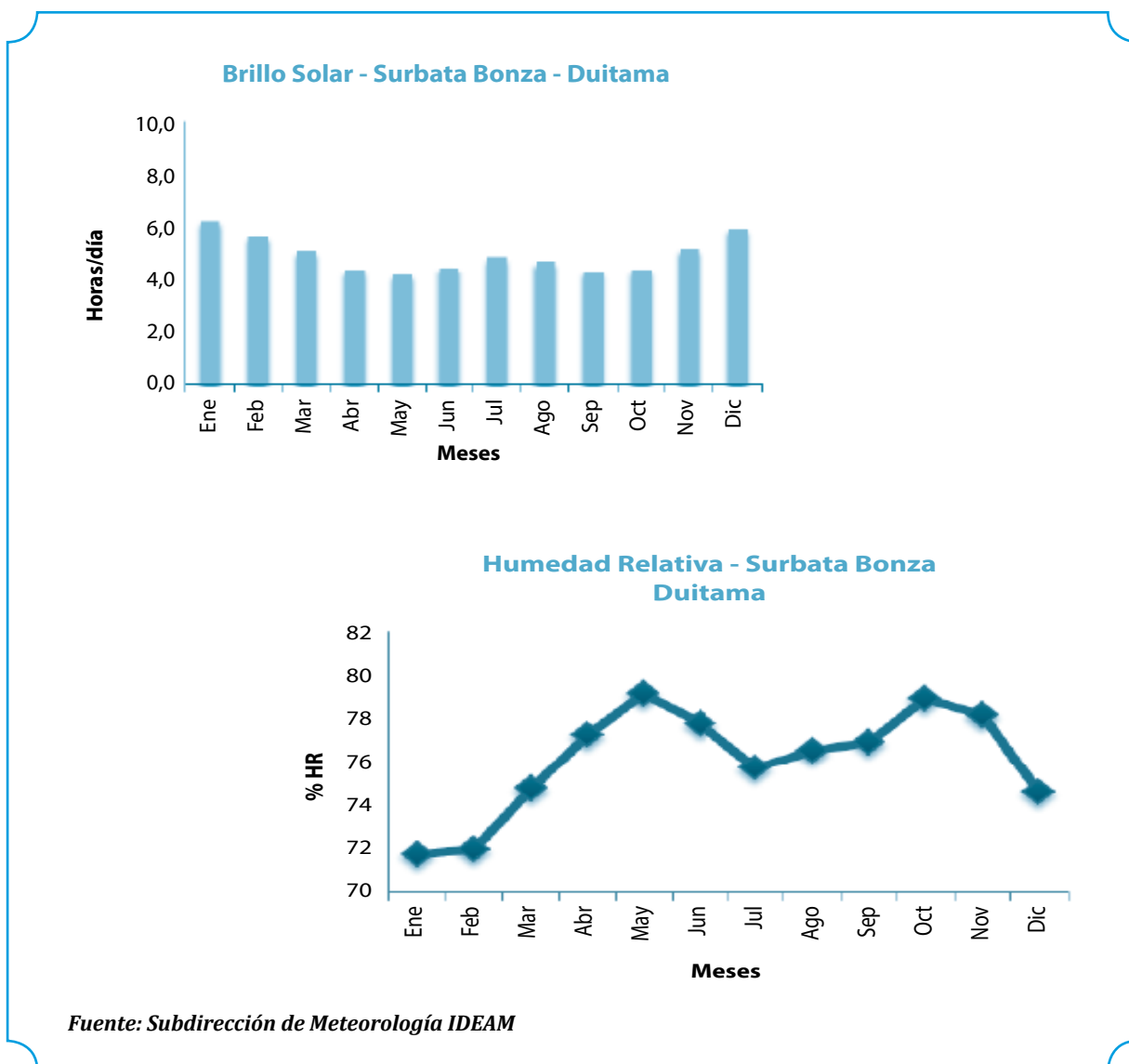
Por otra parte en la temporada de lluvias la cual se extiende desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre llovió entre 15 y 20 días/mes.

alcanzando a descender a menos 5°C en temporada seca, principalmente a inicios de año, mientras la temperatura máxima media osciló entre 18 y 21°C para el mediodía. El comportamiento del brillo solar en la ciudad reportó datos cercanos a 4 horas diarias en los meses húmedos además de 79% de humedad en el aire, contrario a lo sucedido en los meses secos en donde el sol brilló 6 horas diarias y se registró 70% de humedad relativa.

El clima de la ciudad de Duitama se caracteriza por ser frío - muy seco, registrando valores de temperatura promedio de 13,7°C, en donde la temperatura mínima maneja valores de 5 a 8°C para las horas de la madrugada

**Gráfica 112 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Duitama (1974 - 2009 )**





#### 4.3.1.5 Bucaramanga

##### Variables meteorológicas de interés para la zona de estudio

- Circulación promedio del viento

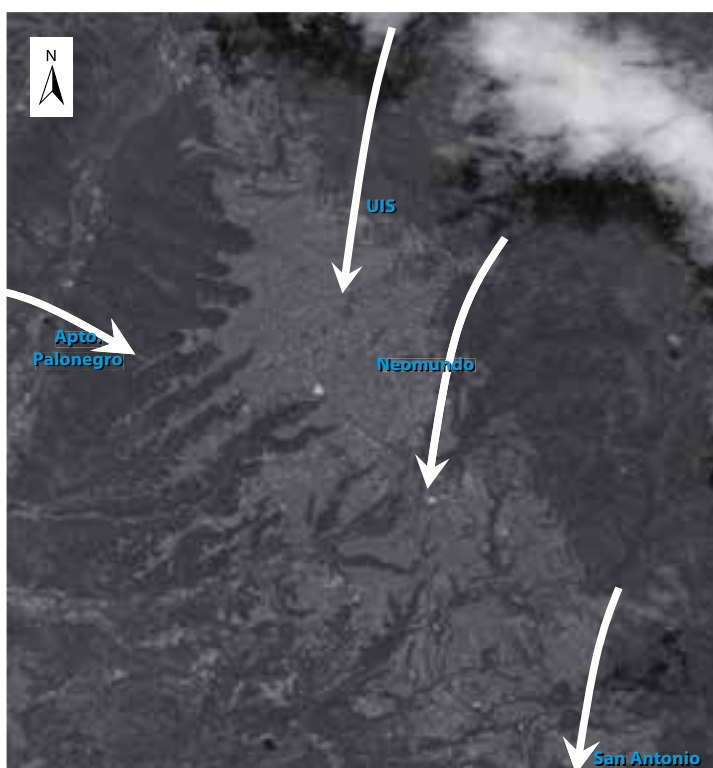
En Bucaramanga los vientos en promedio proceden del norte y nororiente (Ver figura 32), con velocidades promedio cercanas a los 0,9 m/s; por otro lado en el Aeropuerto (municipio de Lebrija, occidente de la ciudad), los vientos proceden del noroccidente y presentan velocidades relativamente más altas con valores próximos a 1,5 m/s.

Para esta ciudad los vientos con promedios de velocidad más altos se presentaron en el periodo agosto - octubre con valores alrededor de 3,5 m/s, mientras que los vientos denominados como “ventolina” se presentaron en los meses de enero, marzo y junio con valores de velocidad próximos a 0,8 m/s. Por otra parte durante el día, las velocidades más altas se registraron al mediodía y en la tarde (dos y tres de la tarde), mientras las velocidades más bajas se registraron a partir de las ocho de la noche y en la madrugada. (Ver Anexos 17, 18, 19 y 20.)

**Tabla No. 27 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones IDEAM para Bucaramanga**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Apto. Palonegro - Lebrija	Convencional	1981 - 2009	1,37	303,2	46,6
UIS - Bucaramanga	Convencional	1974 - 2006	0,89	0,5	50,5
Neomundo - Bucaramanga	Automática	2005 - 2009	0,71	16,0	52,7
San Antonio - Floridablanca	Automática	2005 - 2009	0,39	13,8	33,8

**Figura 32 Circulación predominante de los vientos en Bucaramanga**



**Fuente:** Elaborada a partir de imagen de Google

- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

Al igual que para las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali, Bucaramanga presenta un comportamiento bimodal de precipitación en el transcurso del año, con dos temporadas secas en los meses de diciembre, enero y febrero y

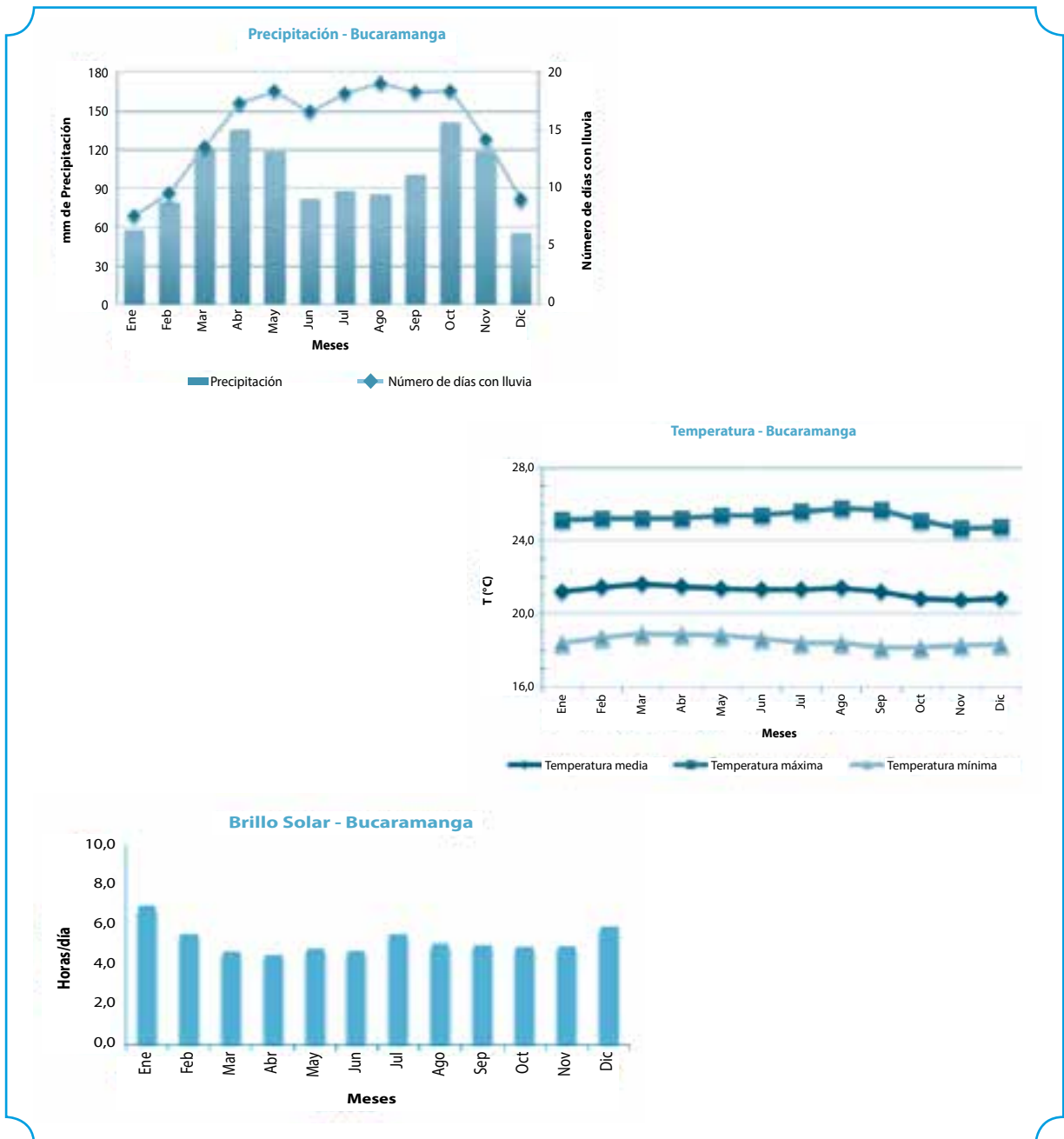
en menor proporción el periodo de junio – agosto presentándose lluvias de alrededor de 10 días/mes en los meses de inicio de año; por otra parte las dos temporadas húmedas se presentaron en los periodos de marzo - mayo y septiembre – noviembre en los cuales llovió alrededor de 19 días/mes como se puede observar en la gráfica 113.



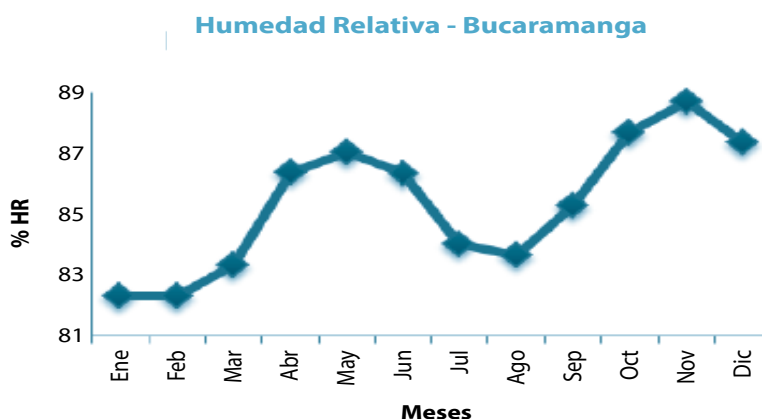
En clima de la ciudad de Bucaramanga es templado seco, en donde el valor medio registrado para la temperatura fue de 22,6°C, presentando una temperatura mínima de 19°C aproximadamente en horas de la madrugada, mientras la temperatura máxima media estuvo próxima a 28°C al medio día. Por otra parte el brillo solar registró una

insolación entre 5 y 6 horas diarias para los meses secos con valores de humedad relativa próximos al 84%, contrario a los meses húmedos en donde el sol brilló alrededor de 4 horas diarias y alcanzó valores próximos a 89% de humedad relativa; el valor promedio de humedad relativa fue de 85%.

**Gráfica 113 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Bucaramanga (1974 - 2009 )**







Fuente: Subdirección de Meteorología IDEAM



#### 4.3.1.6 Barranquilla

##### VARIABLES METEOROLÓGICAS DE INTERÉS PARA LA ZONA DE ESTUDIO

- Circulación promedio del viento

En la ciudad de Barranquilla y en la estación de Repelón predominan vientos que proceden del nororiente (Ver figura 33), registrando porcentajes de persistencias y promedios de velocidad relativamente altos con valores cercanos a 2,6 m/s hacia el norte de la ciudad, los cuales van

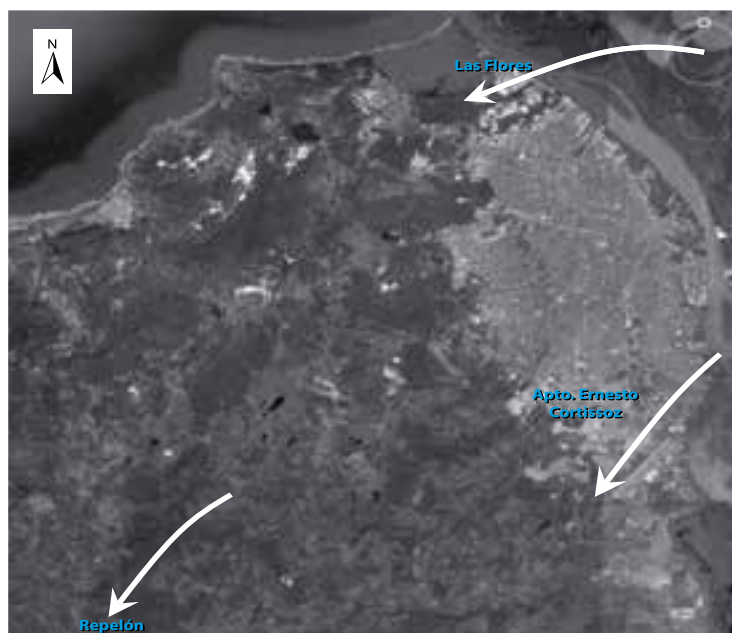
disminuyendo hacia el sur de la misma (Ver tabla No. 28).

En general se presentaron promedios de velocidad altos en todos los meses del año principalmente en los meses de diciembre y abril al igual que un alto porcentaje de persistencias, a diferencia del periodo de agosto - noviembre en donde se registraron bajos promedios de velocidad. Durante el día, las velocidades más altas se reportaron entre las dos y las seis de la tarde y las más bajas entre las cinco y las nueve de la mañana. (Ver Anexos 21, 22, 23 y 24)

**Tabla No. 28 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para Barranquilla y alrededores**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Período analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Apto. Ernesto Cortissoz - Soledad	Convencional	1978 - 2009	2,68	25,4	68,5
Las Flores	Automática	2006 - 2009	4,65	56,7	84,2
Las Flores	Convencional	1983 - 2003	4,61	44,1	82,2
Repelón	Convencional	1974 - 2003	0,77	29,9	30,8

**Figura 33** Circulación predominante de los vientos en Barranquilla y sus alrededores



*Fuente: Elaborada a partir de imagen de Google*

- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

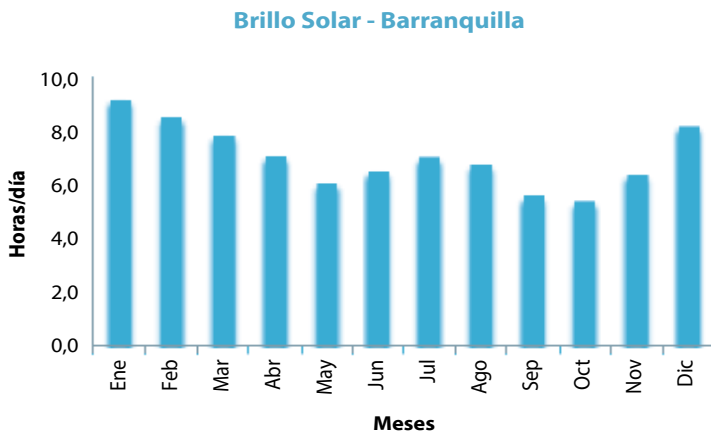
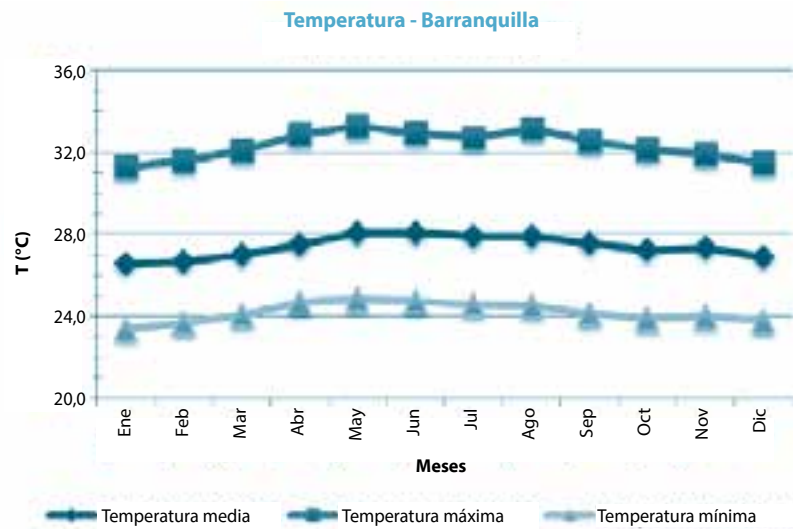
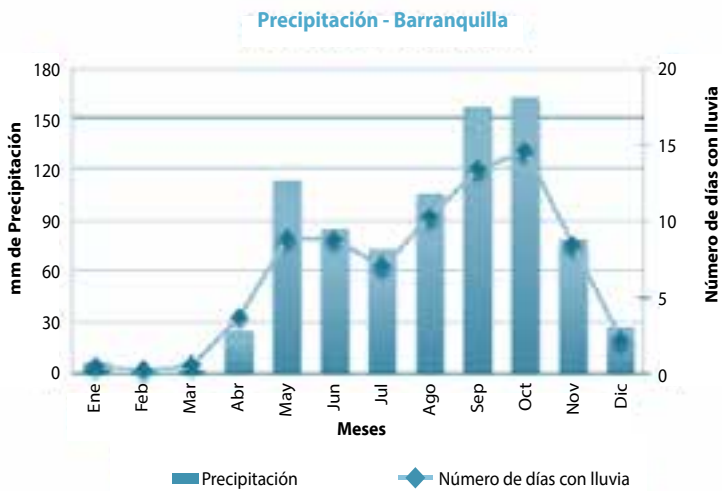
El comportamiento de la precipitación para esta zona describe una temporada seca la cual se extiende de diciembre a abril, meses en los que llueve menos de 3 días/mes, presentando de igual manera los menores valores de humedad relativa para el año; contrario a lo anterior en los meses de mayo a noviembre las lluvias son más frecuentes, de mayo a agosto llueve alrededor de 8 días /mes, mientras los meses de septiembre y octubre son los más lluviosos con 14 días/mes de lluvia en promedio, alcanzando valores de 82% de

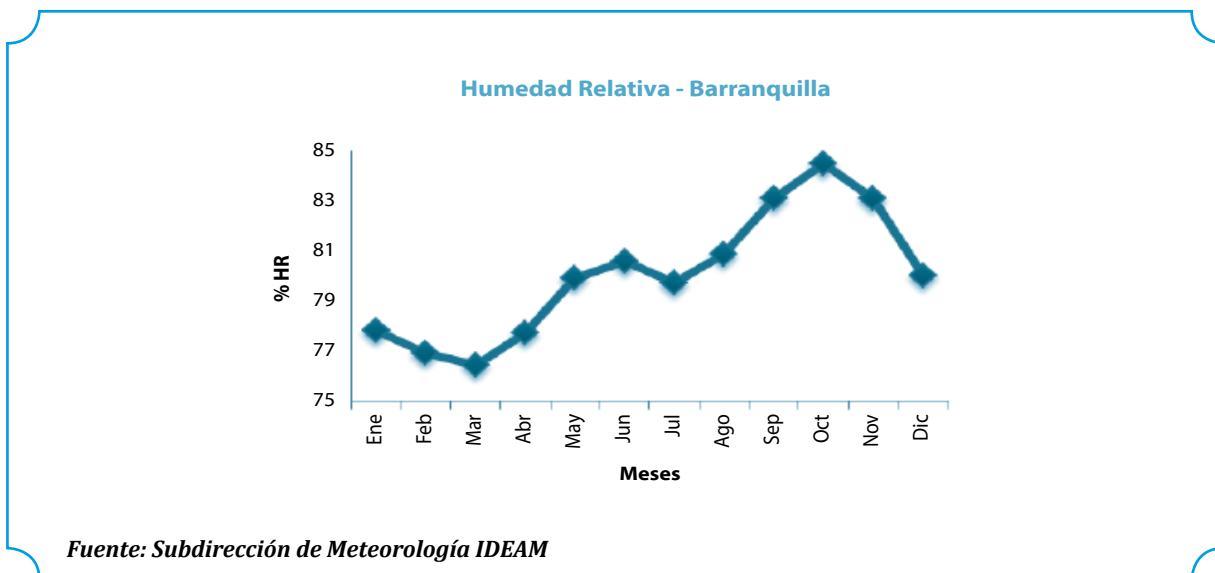
humedad relativa para el mes de octubre; finalmente hacia el mes de noviembre las lluvias comienzan a disminuir.

El clima para Barranquilla se caracteriza como cálido - muy seco, en donde la temperatura registró un valor promedio de 26,9°C, reportando valores cercanos a 23 y 25°C para las horas de la madrugada y valores próximos a 32°C para la temperatura máxima media registrada al medio día. Dentro del comportamiento para el brillo solar se reportaron datos en los meses secos de 8 y 9 horas diarias en las que el sol brilló, siendo el mes de octubre el que presentó menos brillo solar con 6 horas diarias.



**Gráfica 114 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Barranquilla (1974 - 2009)**





#### 4.3.1.7 Santa Marta

##### Variables meteorológicas de interés para la zona de estudio

- Circulación promedio del viento

En la ciudad de Santa Marta y a partir de los datos reportados por la estación del Aeropuerto Simón Bolívar, ubicada al sur de la ciudad, se identificó la predominancia de los vientos que proceden del norte (Ver figura 34), con porcentajes de persistencias y promedios de velocidad relativamente bajos, cercanos a 1,0 m/s. Por otro lado en la estación San Lorenzo ubicada en el parque de la Sierra Nevada de Santa Marta (elevación de 2.200 m.s.n.m) el viento proviene del suroriente registrando valores de 0,72 m/s. (Ver tabla No. 29)

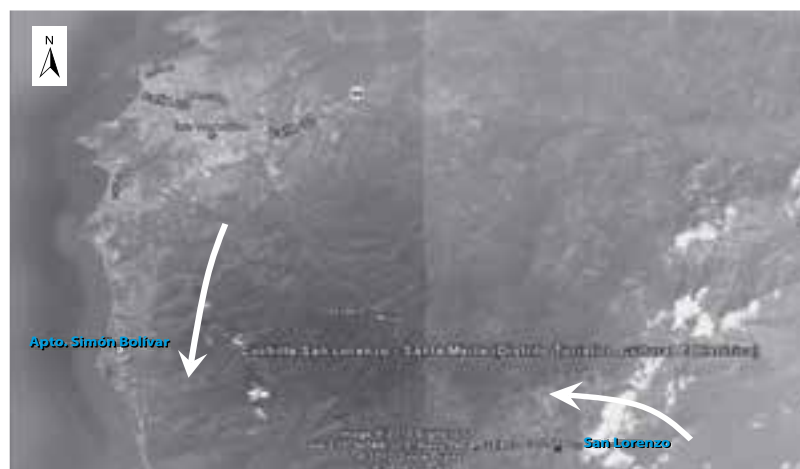
Los promedios más altos registrados para velocidad del viento se presentaron entre diciembre y abril (meses que registraron bajos promedios de precipitación), periodo que se caracterizó por velocidades bajas en la madrugada y horas de la mañana (entre la una de la madrugada y nueve de la mañana) y velocidades muy altas en la tarde y noche (principalmente entre las dos de la tarde y once de la noche). Por otro lado los promedios más bajos se presentaron en el periodo de junio - noviembre (meses que registraron altos promedios de precipitación); durante el día, las velocidades más altas se registraron en la tarde y primeras horas de la noche (entre las dos de la tarde y siete de la noche) y las velocidades más bajas en la madrugada y primeras horas de la mañana (desde la una de la madrugada hasta las ocho de la mañana). (Ver Anexos 25 y 26)



**Tabla No. 29 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para Santa Marta**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Apto. Simón Bolívar	Convencional	1978 - 2009	1,03	2,9	33,9
San Lorenzo	Convencional	1975 - 2003	0,72	121,42	43,4

**Figura 34 Circulación predominante de los vientos en Santa Marta**



**Fuente:** Elaborada a partir de imagen de Google.

- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

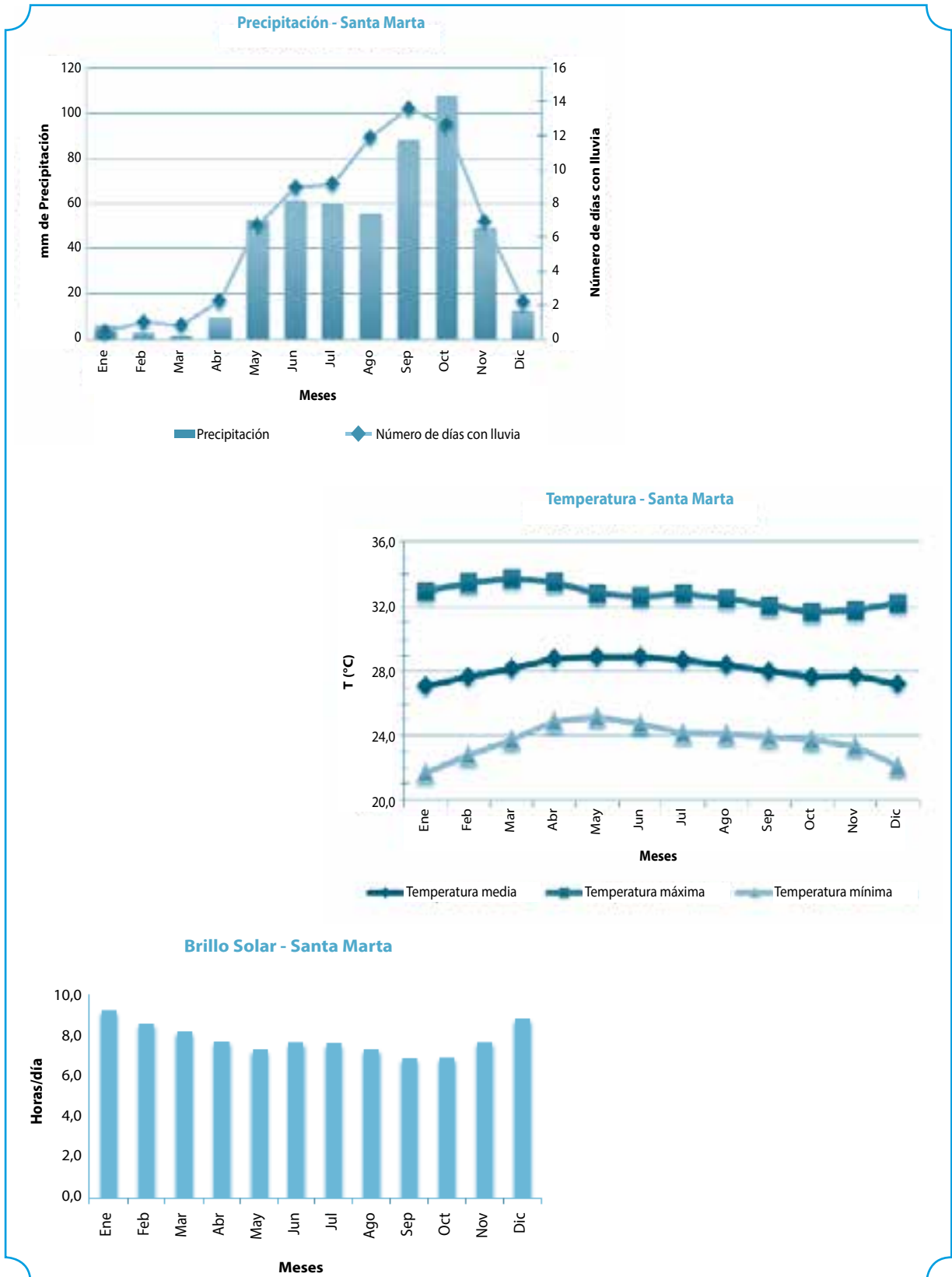
El comportamiento de la precipitación en la zona analizada describe una temporada seca, la cual se extiende durante los meses de diciembre a abril, en los que llovió menos de 2 día/mes; por otra parte en el periodo mayo - agosto las lluvias son más frecuentes alcanzando un promedio entre 5 y 6 días/mes, siendo los meses de septiembre y octubre los más lluviosos con 12 y 14 días con lluvias al mes, mientras en el mes de noviembre las lluvias disminuyeron nuevamente.

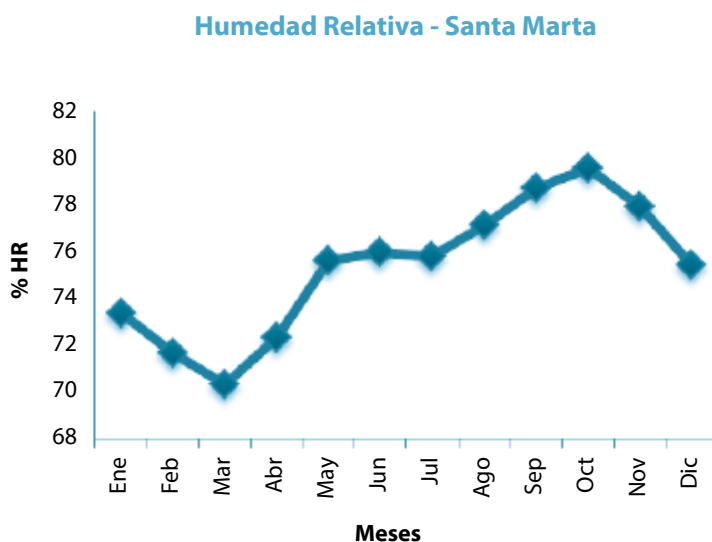
Para la ciudad de Santa Marta el clima se describe como cálido - muy seco con valores

de temperatura promedio de 27,3°C, registrando valores para la temperatura mínima cercanos a 22 y 25°C en horas de la madrugada y una oscilación de 32 a 34°C para la temperatura máxima media. En relación a los datos de brillo solar registrados para la zona de interés, la mayor parte del año la heliofanía registró valores de 6 horas diarias en promedio, alcanzando valores mayores a 8 horas/día en el período de diciembre a marzo paralelamente con el desarrollo de la temporada seca, contrario a lo sucedido en el mes de octubre en donde el número de horas de sol fue de 6,5 horas diarias reflejando el aumento de las lluvias en dicho mes con un valor de 79% de humedad relativa en el aire.



**Gráfica 115 Promedios multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Santa Marta (1975 - 2009)**





Fuente: Subdirección de Meteorología IDEAM



#### 4.3.1.8 Zona Minera del Cerrejón

##### VARIABLES METEOROLÓGICAS DE INTERÉS PARA LA ZONA DE ESTUDIO

- Circulación promedio del viento

Para la zona minera de Cerrejón (Ver figura 35), se analizaron los datos registrados en la estación meteorológica del Aeropuerto Almirante Padilla, ubicada en la Ciudad de Riohacha (al noroccidente de la zona minera) y la estación Granja Paici, ubicada en el municipio de Uribia (al norte de la zona minera); en dichas estaciones de la península de la Guajira, la dirección predominante del viento fue del oriente y nororiental en el Aeropuerto con promedios de velocidad de 2,7 m/s aproximadamente y del oriente y suroriental en la Granja Paici con valores de velocidad cercanos a 3 m/s; de igual manera para estas zonas se presentaron persistencias

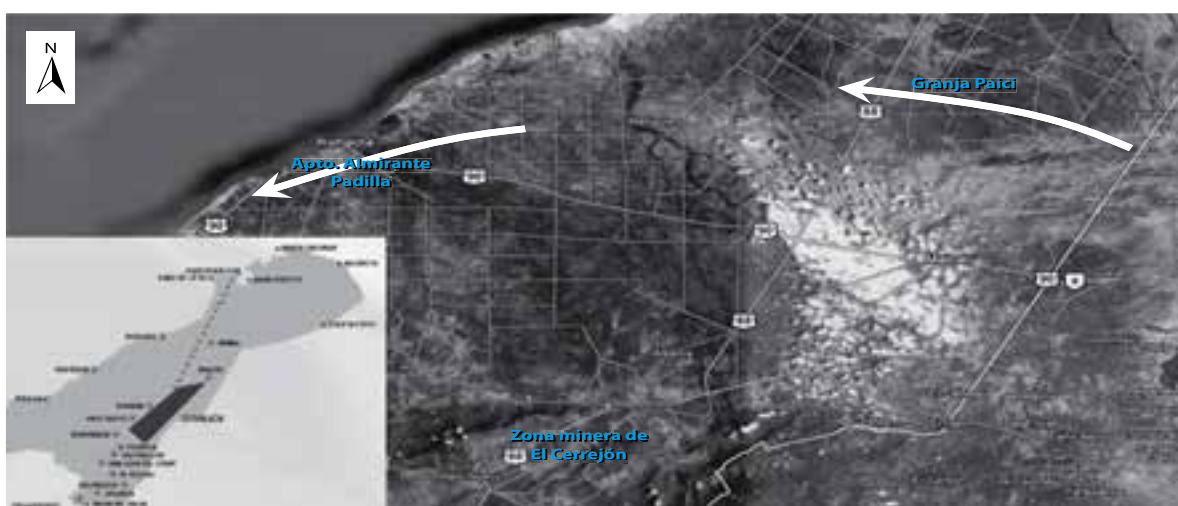
entre el 68 y 84% respectivamente. (Ver tabla No. 30)

En esta zona del país se registraron promedios altos de velocidad en todos los meses del año, sin embargo en los periodos de enero - abril y junio - julio (meses que registraron bajos promedios de precipitación) se presentaron los valores más altos de velocidad. Por otra parte en el periodo comprendido entre septiembre y noviembre, meses con altos promedios de precipitación y cuando la Zona de Confluencia Intertropical-ZCIT se encuentra en su posición extrema al norte del país, se presentaron los más bajos promedios de velocidad (al igual que en el mes de mayo). Durante el día, las velocidades más altas se registraron entre las nueve de la mañana y las cinco de la tarde, contrario a los registros más bajos los cuales se presentaron entre las ocho de la noche y las cuatro de la mañana aproximadamente. (Ver Anexos 27 y 28)

**Tabla No. 30 Promedios de la dirección y velocidad del viento en las estaciones del IDEAM para la Zona Minera del Cerrejón**

Nombre de la estación	Tipo de Estación	Periodo analizado	Promedio de velocidad (m/s)	Promedio de dirección (Grados)	Persistencia (%)
Apto. Almirante Padilla - Riohacha	Convencional	1976 - 2009	2,73	73,2	68,6
Granja Paici - Uribia	Automática	2005 - 2009	2,97	105,5	84,1

**Figura 34 Circulación predominante de los vientos en la Zona Minera del Cerrejón**



**Fuente:** Elaborada a partir de imagen de Google

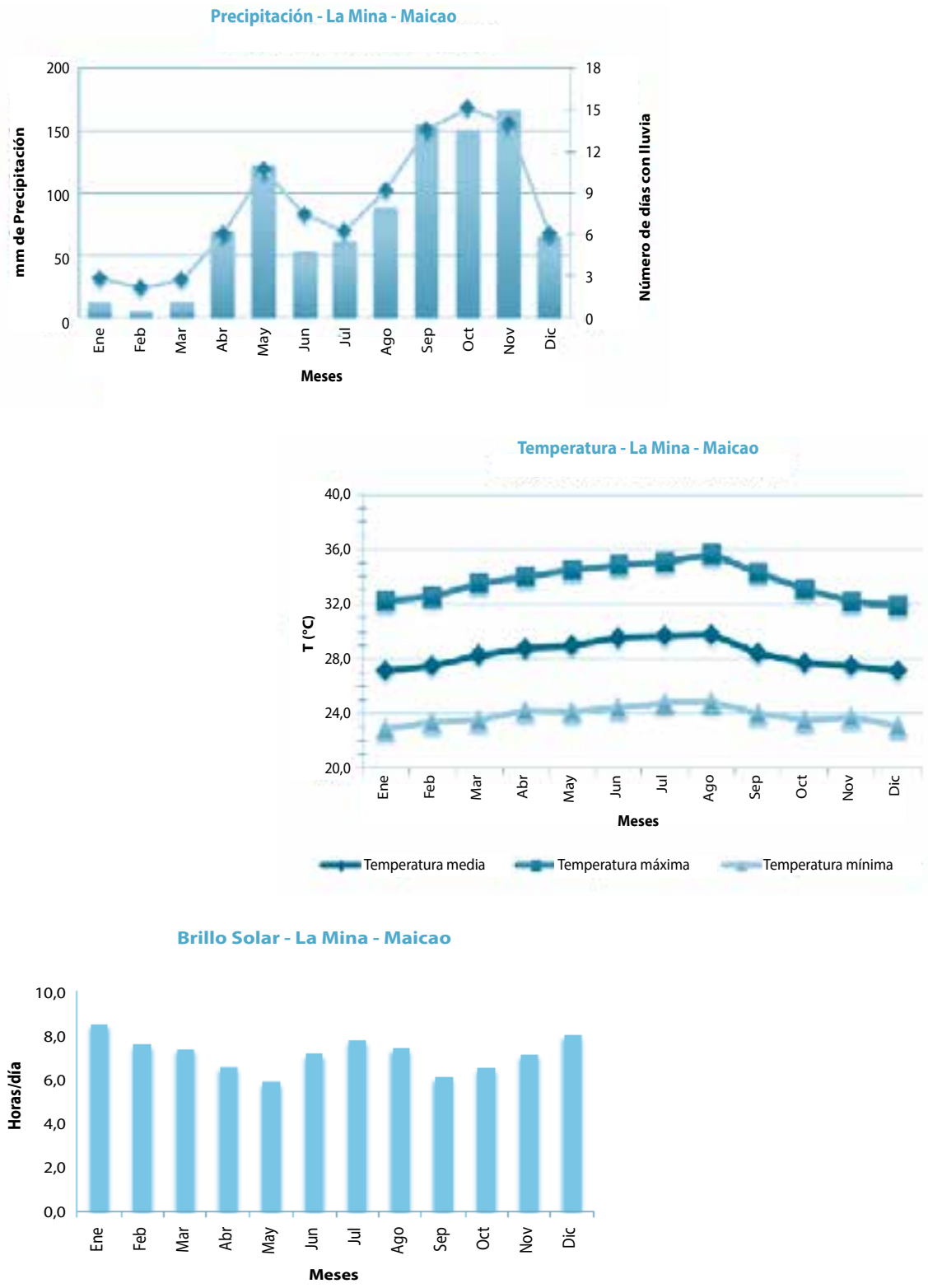
- Precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa

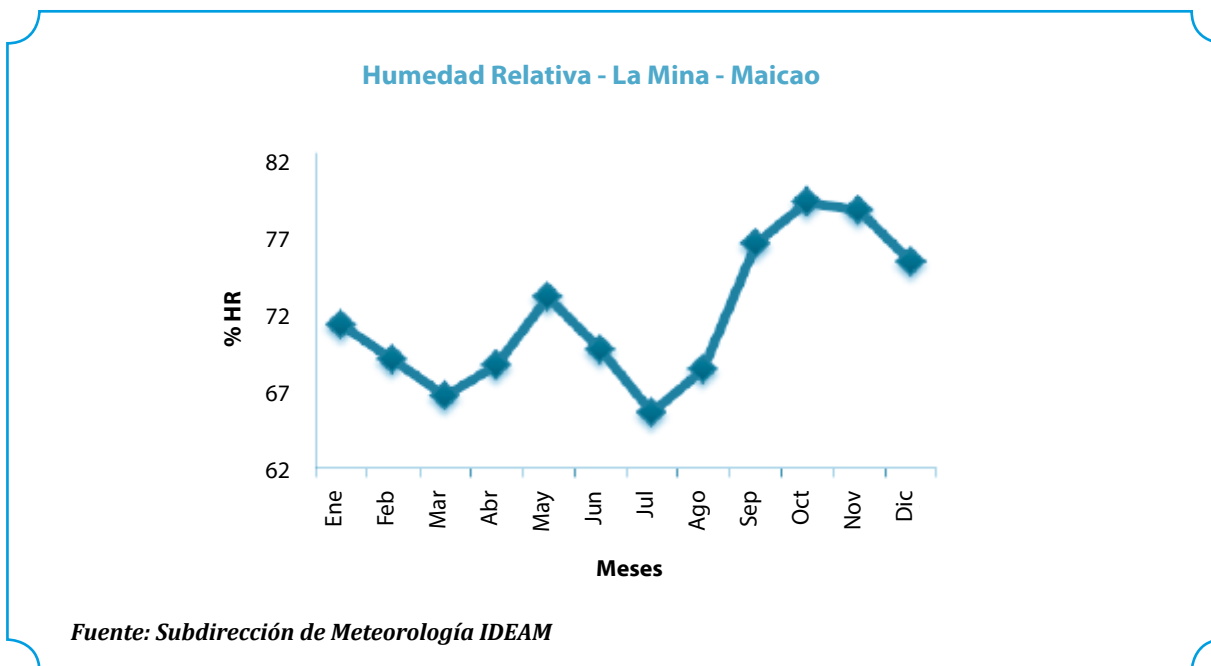
Para la zona minera del Cerrejón así como para las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Bucaramanga la precipitación presenta un comportamiento bimodal, con la distribución de dos temporadas secas en los meses de enero, febrero, marzo, junio y julio, en los cuales llovió alrededor de 2 días/mes en los meses de principio de año (enero – marzo) y dos temporadas de lluvia durante los meses de abril y mayo para el primer semestre y septiembre, octubre y noviembre para el segundo semestre en donde se presentaron las mayores lluvias con un promedio entre 13 y 15 días/mes.

Para la zona de interés el clima se describe como cálido – muy seco, con un valor de 28,5°C de temperatura promedio; en horas de la madrugada la temperatura mínima presentó valores entre los 23 y 25°C, mientras al mediodía la temperatura máxima media osciló entre 34 y 36°C. En relación al número de horas de sol registradas, para los meses húmedos se presentó un valor de 6 horas diarias con registros de 80% de humedad relativa, mientras en los meses secos la insolación se mantuvo alrededor de 8 horas diarias con valores inferiores a 70% de humedad en el aire.



**Gráfica 116 Promedios mensuales multianuales de precipitación, temperatura, brillo solar y humedad relativa Zona Minera del Cerrejón**





### 4.3.2 Análisis del comportamiento meteorológico y los contaminantes de principal importancia en el país

Como se mencionó anteriormente, la problemática de calidad del aire en Colombia se atribuye principalmente al material particulado menor a diez micras - PM<sub>10</sub> y al ozono - O<sub>3</sub>, que toman importancia debido al número de excedencias que presentan sus concentraciones durante algunos meses del año, al ser comparadas con el límite establecido por la norma nacional. Es evidente, que el comportamiento meteorológico influye en la dispersión de los contaminantes atmosféricos generando cambios en su concentración, lo cual determina el estado de la calidad del aire.

En este capítulo adicional al análisis de la información meteorológica para las zonas de estudio, se presenta la correlación de las variables radiación solar y precipitación versus Ozono y PM<sub>10</sub> respectivamente, en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Santiago de Cali y la Zona Minera del Cesar.

En términos generales la radiación solar acelera las reacciones de los contaminantes atmosféricos (dióxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles), provocando la formación de nuevos contaminantes como el ozono troposférico, razón por la cual la radiación solar se relaciona con la generación de este contaminante. En las horas de mayor radiación solar y calentamiento atmosférico las concentraciones de dióxido de nitrógeno disminuyen debido a la disociación de esta molécula, proceso que contribuye a la generación de ozono. Para el caso de la radiación solar la formación de ozono aumenta en los periodos de tiempo en los que se registran los mayores valores.

Por otra parte la precipitación favorece el arrastre de contaminantes generando un lavado atmosférico que disminuye las concentraciones de material particulado en la atmósfera. En la mayor parte del territorio colombiano el comportamiento de la precipitación tiene un régimen bimodal de lluvias durante el año. En los periodos de menor precipitación se evidencia que las concentraciones de PM<sub>10</sub> aumentan,

mientras que en los periodos de mayor precipitación disminuyen.

En las siguientes gráficas se presenta la correlación entre las concentraciones de PM10 y los valores de precipitación en las principales ciudades del país, con registros de estas dos variables en algunas estaciones durante el año 2010.

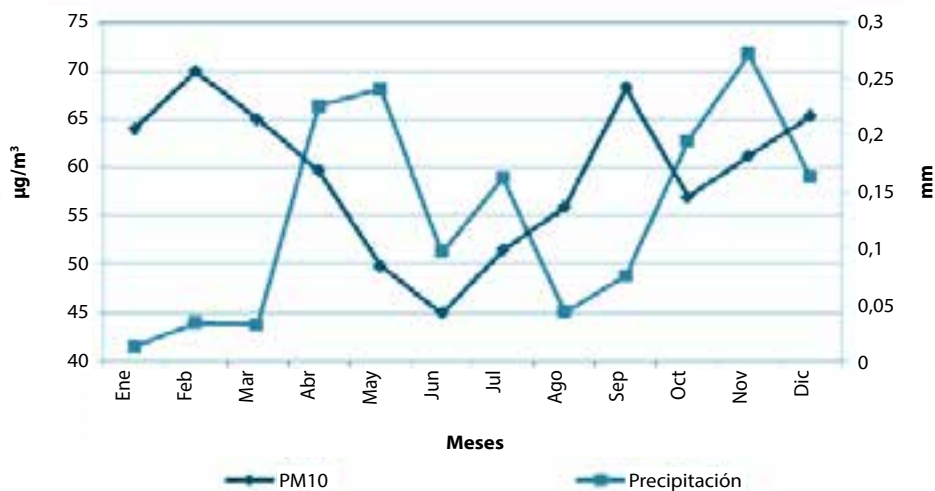
#### 4.3.2.1 Bogotá D.C.

En la ciudad de Bogotá, los periodos de menor precipitación son enero - marzo y agosto- septiembre como se puede observar

en la gráfica 117, en los cuales se evidenció el aumento en la concentración de PM10, mientras que en los periodos de mayor precipitación se observó una disminución de la concentración; sin embargo para el mes de junio en el que se esperaba que las concentraciones aumentaran se presentó una disminución, posiblemente a causa del periodo de vacaciones que se presenta en esta época del año y en el cual el tráfico vehicular en la ciudad se ve disminuido considerablemente, esta situación se vio reflejada de igual manera en los meses de enero y diciembre.



**Gráfica 117 Correlación entre las concentraciones de PM10 y la precipitación en Bogotá 2010**



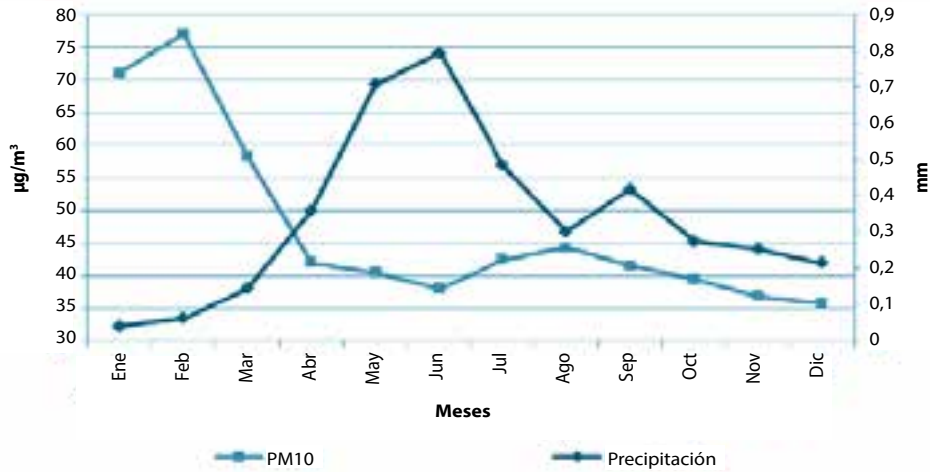
Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.3.2.2. Medellín

En la estación de Girardota de la ciudad de Medellín, los periodos de menor precipitación se presentan en los tres primeros meses del año, consecuentemente en esta época para el año 2010 se registraron las mayores concentraciones de PM10 con valores entre 58 y 77 µg/m<sup>3</sup>. Entre abril y junio los niveles

de lluvia aumentaron considerablemente llegando en este último mes a un valor de 0,8 mm de precipitación lo cual incidió en la concentración de PM10, haciéndola descender hasta un valor de 38 µg/m<sup>3</sup>. Debido a que en el segundo semestre del año la precipitación disminuyó considerablemente, los niveles de PM10 aumentaron ligeramente como se muestra en la siguiente gráfica.

**Gráfica 118 Correlación entre las concentraciones de PM10 y la precipitación en Medellín, estación Girardota 2010**



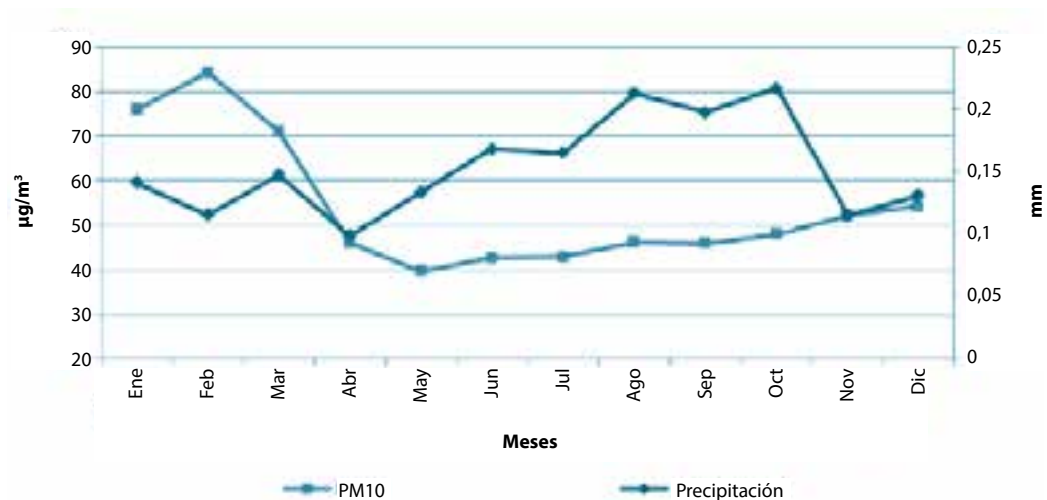
Fuente: IDEAM, 2012

#### 4.3.2.3 Bucaramanga

La siguiente gráfica muestra los registros de precipitación y concentraciones de PM10 de la estación Centro del SVCA de la ciudad de Bucaramanga; en los meses de altas

precipitaciones como junio, agosto y octubre, las concentraciones de este contaminante se mantuvieron en niveles bajos; por el contrario en los primeros meses del año se presentaron las más altas concentraciones debido a disminuciones en los niveles de lluvia.

**Gráfica 119 Correlación entre las concentraciones de PM10 y la precipitación en Bucaramanga, estación Centro 2010**



Fuente: IDEAM, 2012

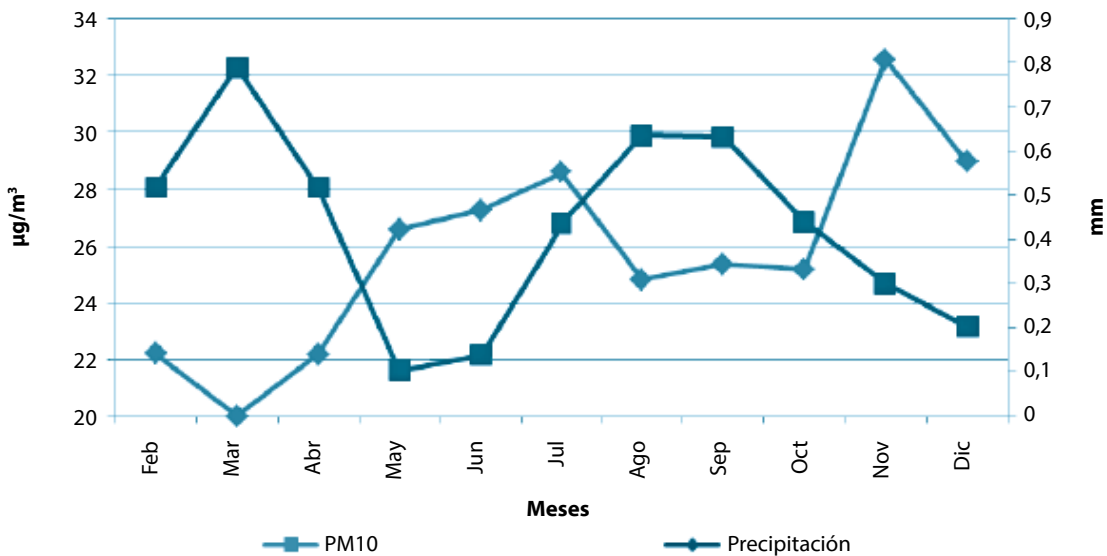


#### 4.3.2.4 Santiago de Cali

En la ciudad de Cali, en el año 2010 los periodos de mayor precipitación fueron mayo-junio y noviembre - diciembre, meses en los cuales se presentaron las más bajas concentraciones de PM10. De la misma forma, como la relación

entre la precipitación y la concentración de este contaminante es inversamente proporcional, en los meses de febrero a abril se evidenciaron concentraciones entre 28 y 32  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio y en agosto y septiembre en el orden de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Gráfica 120 Correlación entre las concentraciones de PM10 y la precipitación en Cali, estaciones Éxito la Flora y Escuela Republica Argentina 2010**



Fuente: IDEAM, 2012

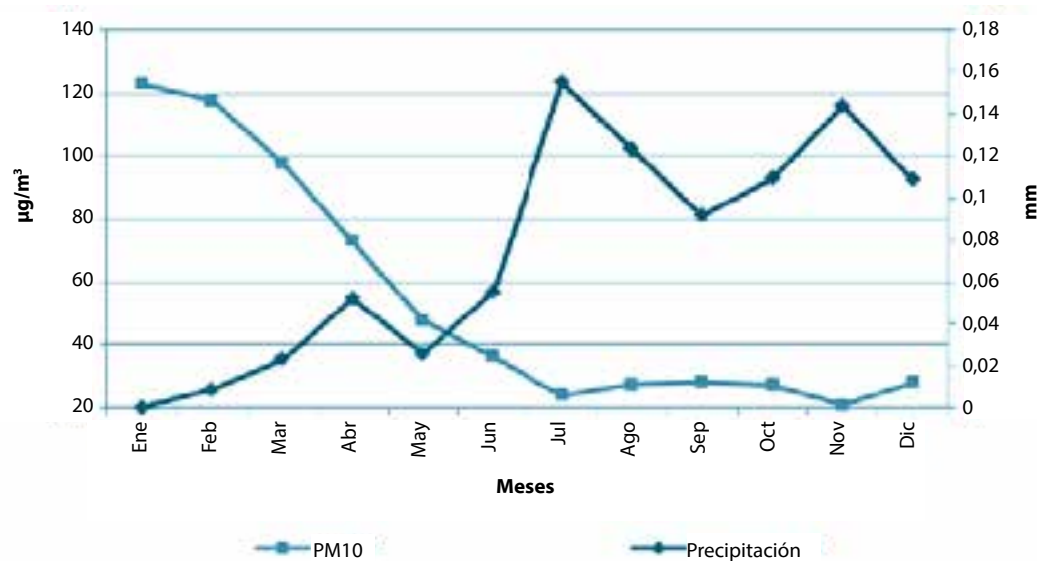
#### 4.3.2.5 Zona Minera del Cesar

En las estaciones El hatillo, Estados Unidos, La Loma, Minguillo y Rincón Hondo del SVCA de la zona mineral del Cesar, se puede observar que en el año 2010 se reportaron altas precipitaciones en los últimos seis meses, así

mismo las concentraciones en este periodo de tiempo presentaron los valores más bajos en relación al resto del año. En el mes de enero la concentración de PM10 alcanzó el mayor valor, correspondiente a 123,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio, que coincidió con el menor registro de precipitación.



**Grafica 121 Correlación entre las concentraciones de PM10 y la precipitación en la Zona Minera del Cesar, estaciones El hatillo, Estados unidos, La loma, Minguillo y Rincón hondo 2010**



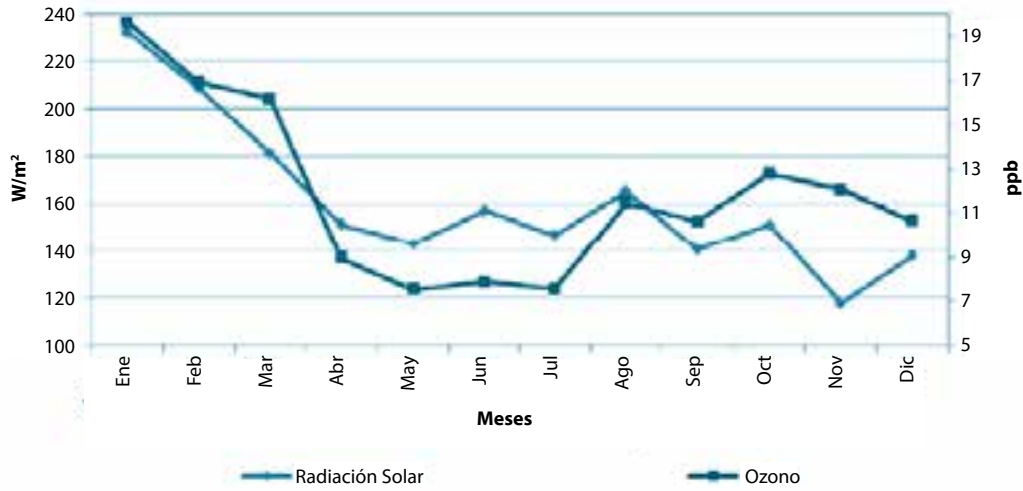
**Fuente: IDEAM, 2012**

En las siguientes gráficas se presenta la correlación entre las concentraciones de ozono y los valores de radiación solar en las principales ciudades del país, con registros de estas dos variables en las estaciones de los SVCA durante el año 2010; estas gráficas permiten corroborar que entre estas dos variables se presenta una relación directamente proporcional.

#### 4.3.2.6 Bogotá D.C.

En la ciudad de Bogotá, la radiación solar en el año 2010 se presentó con mayor intensidad en los primeros tres meses del año y con menor intensidad en el periodo de mayo - julio. De la misma manera las concentraciones de ozono fueron mayores en los meses de enero a marzo, a mitad del año estos niveles se mantuvieron entre 7 y 9 ppb en promedio, al igual que la radiación solar la cual permaneció relativamente estable entre 140 y 160 W/m<sup>2</sup> y en el último semestre del año las concentraciones de ozono aumentaron alrededor de 3 ppb.

**Gráfica 122 Correlación mensual entre la radiación solar y las concentraciones de ozono en Bogotá 2010**



Fuente: IDEAM, 2012

En la siguiente gráfica se presentan los promedios horarios de radiación solar y concentraciones de ozono que se registraron en las estaciones del Tunal y Simón Bolívar en el año 2010.

Claramente se puede evidenciar la fuerte correlación entre estas dos variables. En las primeras seis horas del día el ozono presentó bajas concentraciones, mientras en las siguientes 6 horas las concentraciones

aumentaron considerablemente conforme lo hace la radiación solar. Esta situación se debe a que la formación de este contaminante depende directamente de las reacciones de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de rayos ultra violeta, por consiguiente en las horas de la tarde las concentraciones de ozono y los niveles de radiación solar disminuyen considerablemente.

**Gráfica 123 Correlación horaria entre la radiación solar y las concentraciones de ozono en Bogotá 2010**



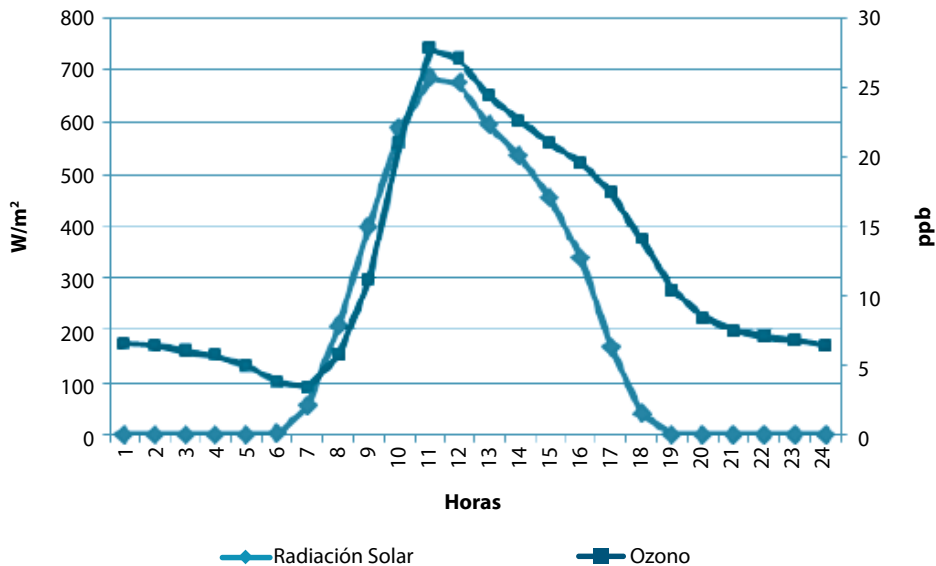
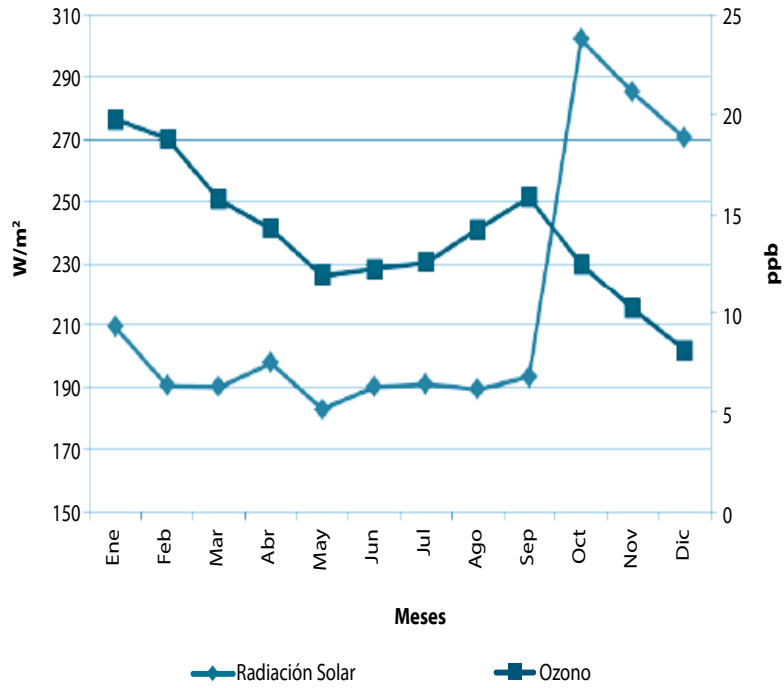
Fuente: IDEAM, 2012



A continuación se presentan gráficamente las correlaciones entre la radiación solar y las concentraciones de ozono anual y horario para algunas estaciones de los SVCA en las

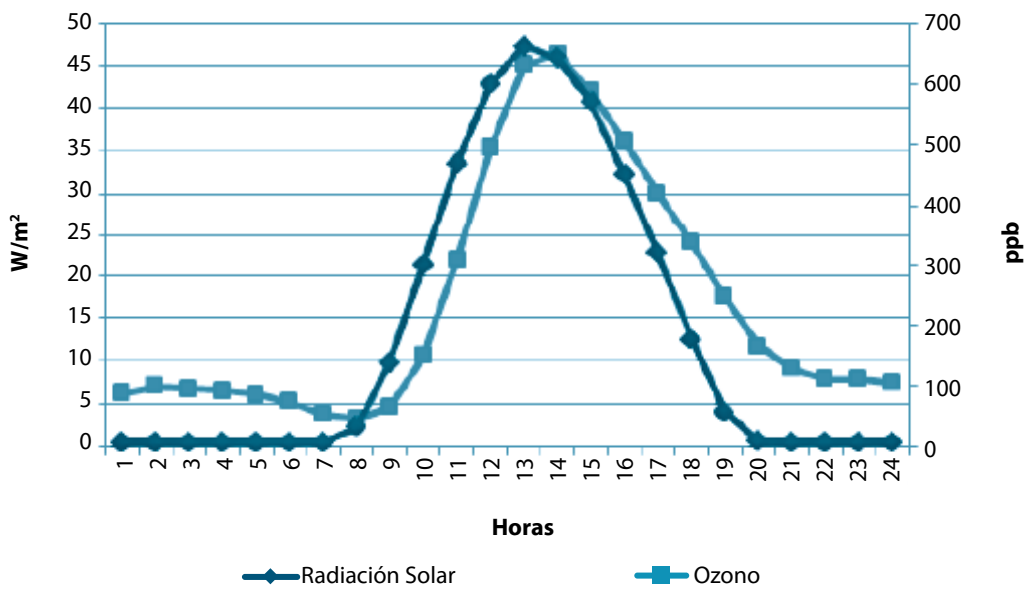
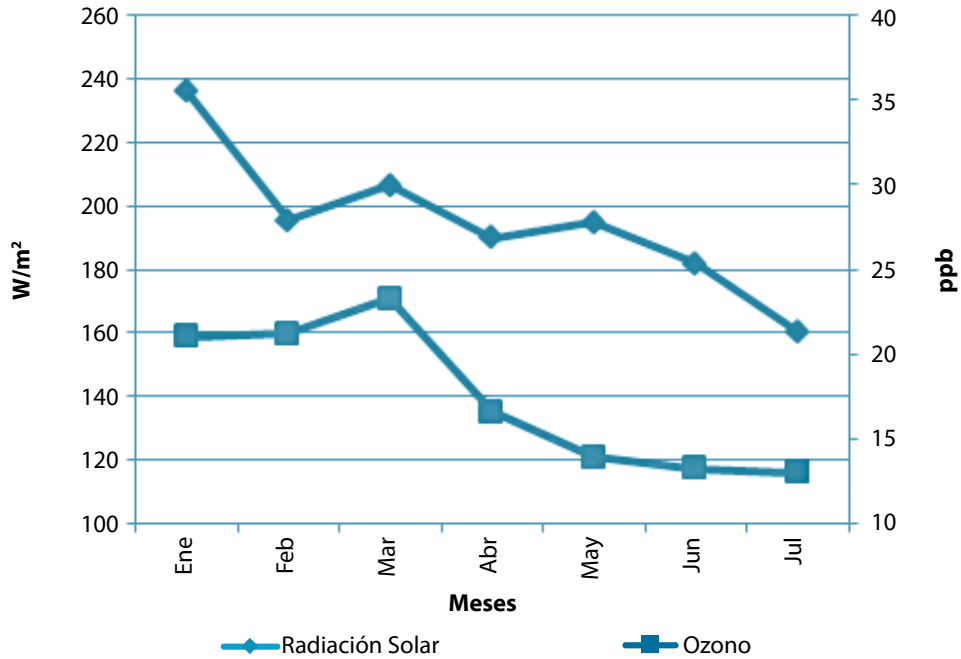
ciudades de Bucaramanga (Estación Centro), Medellín (Estación Ditaires) y Cali (Estación Éxito la flora).

**Gráfica 124** Correlación mensual y horaria entre la radiación solar y las concentraciones de ozono en Bucaramanga, estación Centro 2010

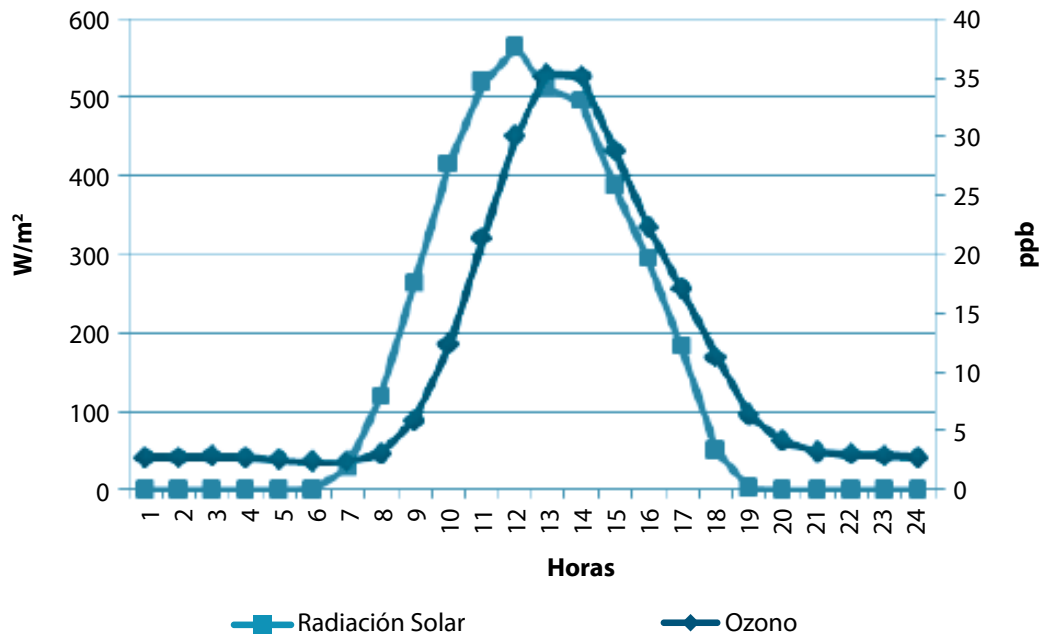
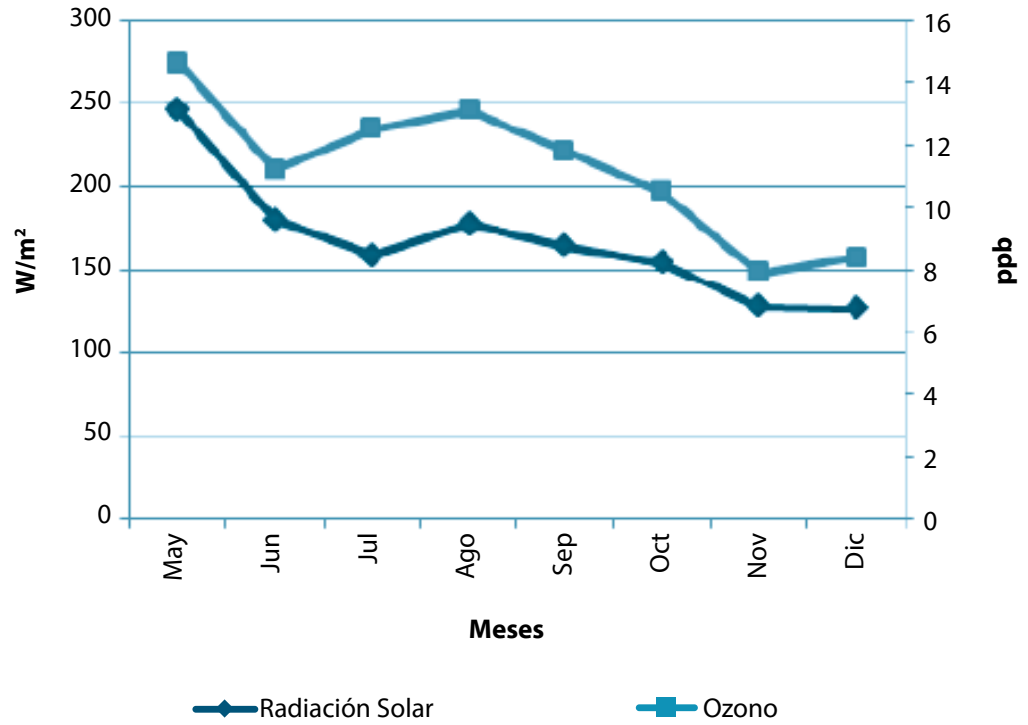




**Gráfica 125** Correlación mensual y horaria entre la radiación solar y las concentraciones de ozono en Medellín, estación Ditaires 2010.



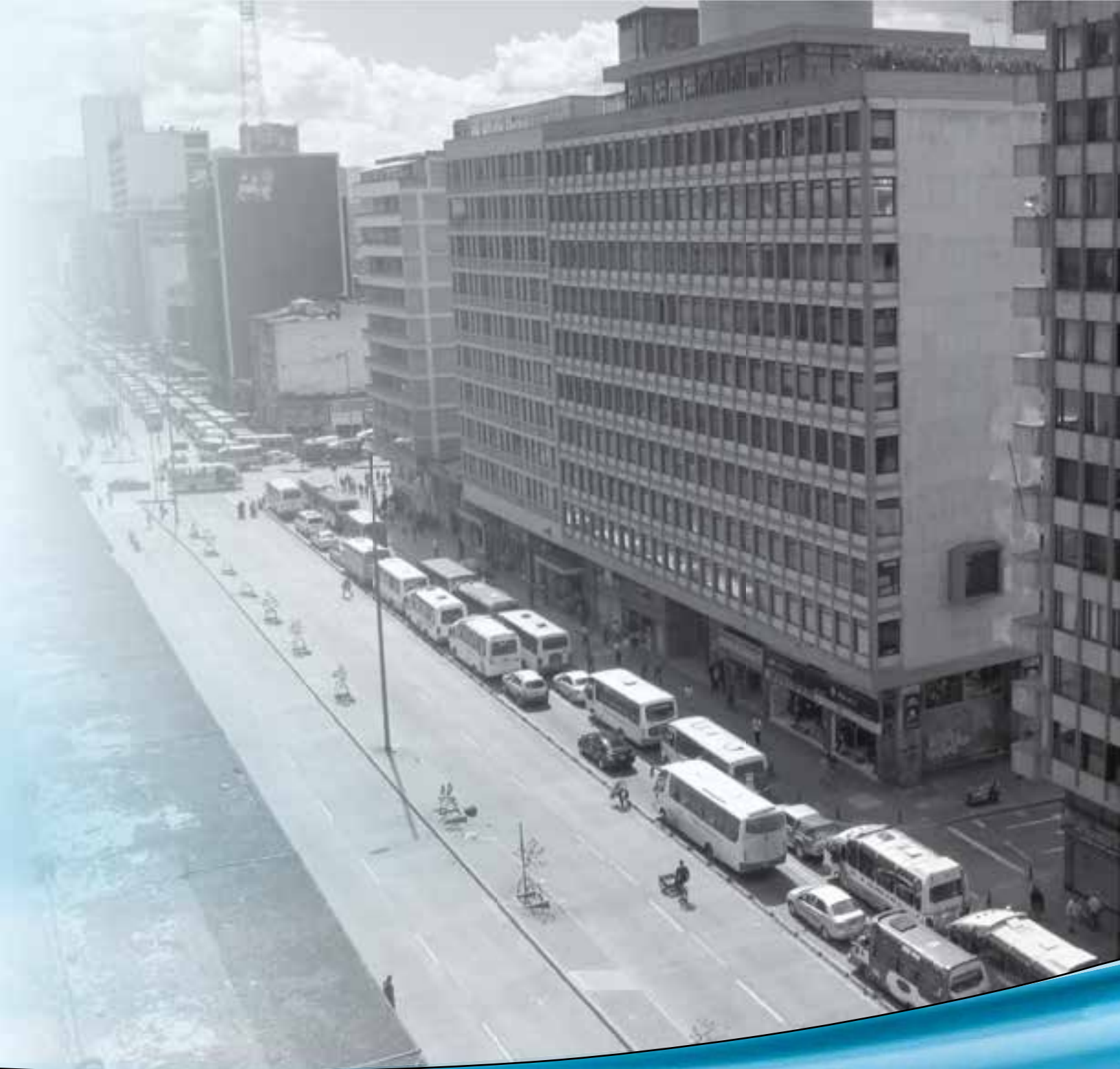
**Gráfica 126 Correlación mensual y horaria entre la radiación solar y las concentraciones de ozono en Cali, estación Éxito la Flora 2010.**



5

**Avances en las  
mediciones de ruido  
en el territorio  
colombiano**





En comparación con otros agentes contaminantes, el ruido es un fenómeno físico que involucra la propagación de ondas sonoras a través del aire, que son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro. Según la Agencia Ambiental Europea, el ruido acústico es considerado como todo sonido audible no deseado por un receptor y un subproducto indeseable de las actividades normales diarias de la sociedad, que causa perturbaciones, deterioro o daño a la salud (European Environment Agency, 2010).

Este agente contaminante es muy fácil de producir, se requiere de mínima energía, y sin embargo es muy difícil de mitigar; las alternativas incurren en altos costos económicos y sociales, pues además de implicar medidas de ingeniería y arquitectura sofisticadas pueden requerir la modificación de hábitos, usos o costumbres de la población (AMVA y POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID, 2006).

No obstante, se ha evidenciado que la problemática de contaminación por ruido se ha considerado desde tiempos remotos; en la antigua Roma existían normas para controlar el ruido emitido por las ruedas de hierro de los vagones que golpeaban las piedras del pavimento, perturbaban el sueño y molestaban a los romanos, así como en algunas ciudades de Europa medieval no se permitía usar carruajes ni cabalgar durante la noche para asegurar el reposo de la población (OMS, 1999).

Actualmente, la contaminación por ruido se presenta por el incremento de las actividades antrópicas, como el transporte, el comercio, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. A nivel urbano el tráfico vehicular, ferroviario y aéreo y las obras civiles, establecimientos de comercio y entretenimiento, son las fuentes más relevantes; la Figura 36 presenta

algunas fuentes de ruido y el nivel sonoro que producen.

A diferencia de otros problemas ambientales, la contaminación acústica sigue en aumento y produce un número cada vez mayor de reclamos por parte de la población. Ese incremento no es sostenible debido a las consecuencias adversas, tanto directas como acumulativas, que tiene sobre la salud de la población. También afecta a las generaciones futuras y tiene repercusiones socioculturales, estéticas y económicas. (OMS, 1999)

Actualmente, la contaminación acústica, es considerada una problemática ambiental que ha cobrado gran importancia debido a la generación de impactos a la salud humana. La OMS estableció que la población expuesta a niveles excesivos de ruido, puede sufrir de estrés, cambios en las etapas del sueño, reducción del rendimiento, provocar respuestas molestas, cambios en el comportamiento social y otros procesos biológicos, como aumento de la presión arterial. Posteriormente, estas respuestas pueden convertirse en síntomas clínicos como insomnio y enfermedades cardiovasculares que incluso pueden aumentar la tasa de mortalidad de la población (European Environment Agency, 2010). La Figura 37 muestra, la relación de los daños a la salud y la exposición a ruido excesivo.

Según la OMS 2000, los niveles de ruido superiores a 40 dB (LAeq)<sup>1</sup> pueden afectar el bienestar de la población expuesta. En este sentido, la exposición a niveles superiores de 50 decibeles (dB) (LAeq) produce molestias moderadas, en los 55 dB (LAeq) (55 dBLAeq) se producen molestias severas y los niveles por encima de 65 dB (LAeq) (65 dBLAeq) son perjudiciales para la salud (BERGLUND, 2000). En Europa en el año 2001, cerca de 120 millones de personas (más del 30% de

<sup>1</sup> Nivel sonoro continuo equivalente, con ponderación frecuencia (A).



**Figura 36 Niveles sonoros de diferentes fuentes generadoras de ruido**

EFFECTO EN LOS SERES HUMANOS	NIVEL SONORO EN dB(A)	FUENTE DE SONIDO
<b>Sumamente lesivo</b>	140	 Motor de aparato a reacción Remachadora
	130	
-----		UMBRAL DE DOLOR
	120	Avión a hélice
<b>Lesivo</b>	110	 Perforadora de rocas Sierra mecánica Taller de metalistería
	100	
	90	 Camión
<b>Peligroso</b>	80	Calle con mucho tráfico
<b>Impide hablar</b>	70	 Automóvil de turismo
<b>Irritante</b>	60	 Conversación normal
	50	Conversación en voz baja
	40	 Música emitida por radio a bajo volumen
	30	Susurros
	20	Piso tranquilo de una ciudad
	10	 Susurro de hojas
-----		UMBRAL DE AUDICIÓN
	0	



Fuente: IDEAM - Adaptada de Iván Dimov Ivanov y Rokho Kim, 2007

**Figura 37 Pirámide de efectos en la salud por exposición a ruido severo**

**Fuente:** Traducida de: (Babisch, 2002).

la población total) estuvieron expuestos a niveles de ruido por encima de 55 Ldn<sup>2</sup> dB generados por el tráfico vehicular y más de 50 millones de personas estuvieron expuestas a niveles por encima de 65 Ldn dB(A). La unión europea estima que los costos de las externalidades de la generación de ruido por el tráfico vehicular y férreo se calculan en 0,4% del PIB (EEA, 2001).

Colombia no es ajena a este escenario, desde 1974 se consideró la contaminación por ruido, como un aspecto ambiental a controlar. Mediante el Decreto Ley 2811 de 1974, en su artículo 33 se establece la necesidad de controlar el ruido originado por actividades industriales, comerciales, domésticas, deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas para preservar y mantener la salud y la tranquilidad de los habitantes.

En aras de atender esta problemática, desde la Ley 9 de 1979, el Ministerio de Salud Pública adquiere la facultad de controlar el tránsito de fuentes móviles que generen ruido, así como de reglamentar los niveles de ruido, vibración y los cambios de presión a los que puedan estar expuestos los trabajadores. A su vez, en su momento, el Ministerio de Trabajo expidió la Resolución 2400 de 1979, que establece entre otros, realizar el mantenimiento necesario a la maquinaria que origine el ruido, aplicar sistemas de control para protección de los trabajadores contra riesgos profesionales, realizar estudios de carácter técnico para reducir los niveles de ruido en los lugares de trabajo, limitar el tiempo de exposición, suministrar elementos de protección personal, retirar del lugar de trabajo a los trabajadores hipersensibles al ruido y la práctica periódica de audiometrías.

Dándole continuidad a la atención de esta problemática, en el año 1983, el Ministerio de Salud expide la Resolución 8321 de 1983,

<sup>2</sup> Nivel medio de presión sonora durante un día entero.

por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruido. Este acto administrativo considera además los métodos de medición y los valores límites de ruido ambiental, las normas para la emisión de ruido de algunas fuentes y los valores límites permisivos de ruido en lugares de trabajo, entre otros. Seguido de éste, en el año 1995 el Ministerio del Medio Ambiente, estableció el reglamento de protección y control de la calidad del aire a través del Decreto 948 de 1995, en el cual se determinó la clasificación de sectores de restricción de ruido ambiental y se otorgaron facultades al Ministerio, para establecer las normas o estándares de ruido, con el fin de evitar efectos nocivos que alteren la salud de la población y el equilibrio de los ecosistemas y perturben la paz pública o lesionen el derecho de las personas a disfrutar tranquilamente de los bienes de uso público y del medio ambiente.

Posteriormente, el Ministerio de Ambiente hoy día MADS, en cumplimiento de sus funciones establecidas en la Ley 99 de 1993, y reglamentando lo establecido en el Decreto 948 de 1995, estableció la Norma Nacional de Emisión de Ruido y Ruido Ambiental, mediante la Resolución 627 de 2006, con el fin de controlar todas aquellas actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y como un instrumento para las autoridades ambientales para la evaluación, control y seguimiento a la contaminación por ruido. Es así, como a través de este acto administrativo se establecieron horarios, parámetros de medida, requerimientos para los equipos de medición, estándares máximos permisibles para la emisión de ruido y ruido ambiental y la obligatoriedad para la realización mapas de ruido en las poblaciones con más de 100.000 habitantes, con el fin de formular planes de descontaminación por ruido y herramientas que sirvan para el ordenamiento territorial,

estas actividades finalmente, redundaran en proteger la salud y el bienestar de la población en general.

Como resultado a la implementación de esta reglamentación, y en ejercicio de las funciones de seguimiento y control a la contaminación por ruido, las autoridades ambientales han adelantado una serie de acciones, las cuales se relacionan a continuación:

Es importante aclarar que la información presentada fue obtenida a través de las autoridades ambientales que tienen jurisdicción sobre estos municipios, y por esta razón la información suministrada no se presenta de la misma manera.

## 5.1 Área metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las mayores molestias por la emisión de ruido se presentan en los establecimientos públicos que funcionan en horario nocturno (el 95% de las quejas se presentan por estos establecimientos) con promedios entre 75 dBA y 80 dBA (AMVA, 2010). Estos establecimientos generalmente se agrupan en zonas denominadas “zonas rosa” en cada municipio, en las cuales se encuentran, discotecas, restaurantes y comercio y se caracterizan por la alta confluencia de personas en horas nocturnas.

De acuerdo al informe presentado al MAVDT 2010, esta entidad ha realizado estudios de ruido en los municipios de Barbosa, Copacabana, Girardota, Bello, Caldas, Itaguí, La estrella y Sabaneta (Ver Tabla No. 31). En el Municipio de Barbosa el nivel de ruido promedio en el día es de 76 dB(A) y en la Noche de 62 dB(A), mientras que en el Municipio de Copacabana, el nivel de ruido promedio en el día es de 69 dB(A) y en la noche de 59 dB(A). En el Municipio de Bello,



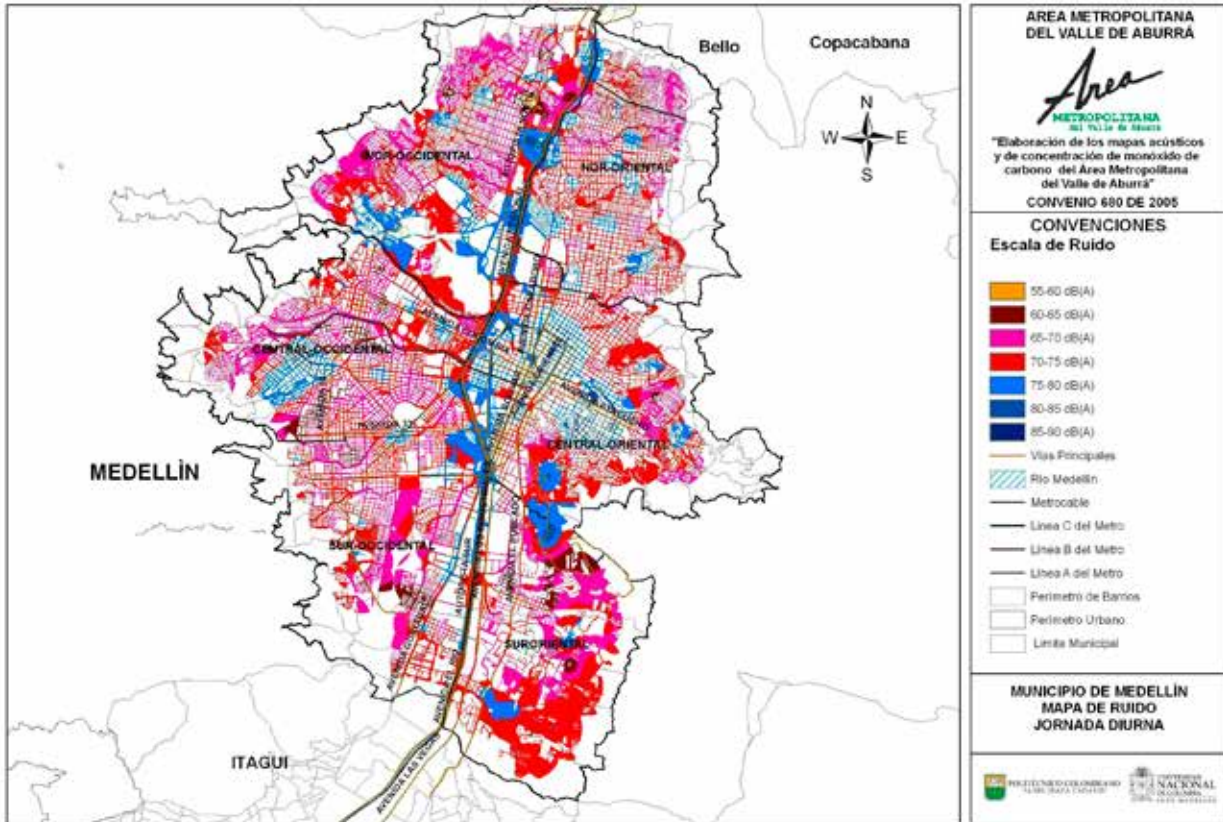


el nivel de ruido promedio en el día es de 70 dB(A) y en la noche de 64 dB(A).

A continuación se presentan los mapas de ruido diurno y nocturno de la ciudad de Medellín elaborados en el 2007, en donde

se muestra que en el día los niveles de ruido predominantes oscilan entre 65 y 80 dB(A) y en la noche entre 65 y 76 dB(A), no obstante en el Sector Nor-Oriente, se alcanzan niveles hasta de 80 dB(A) en la noche.

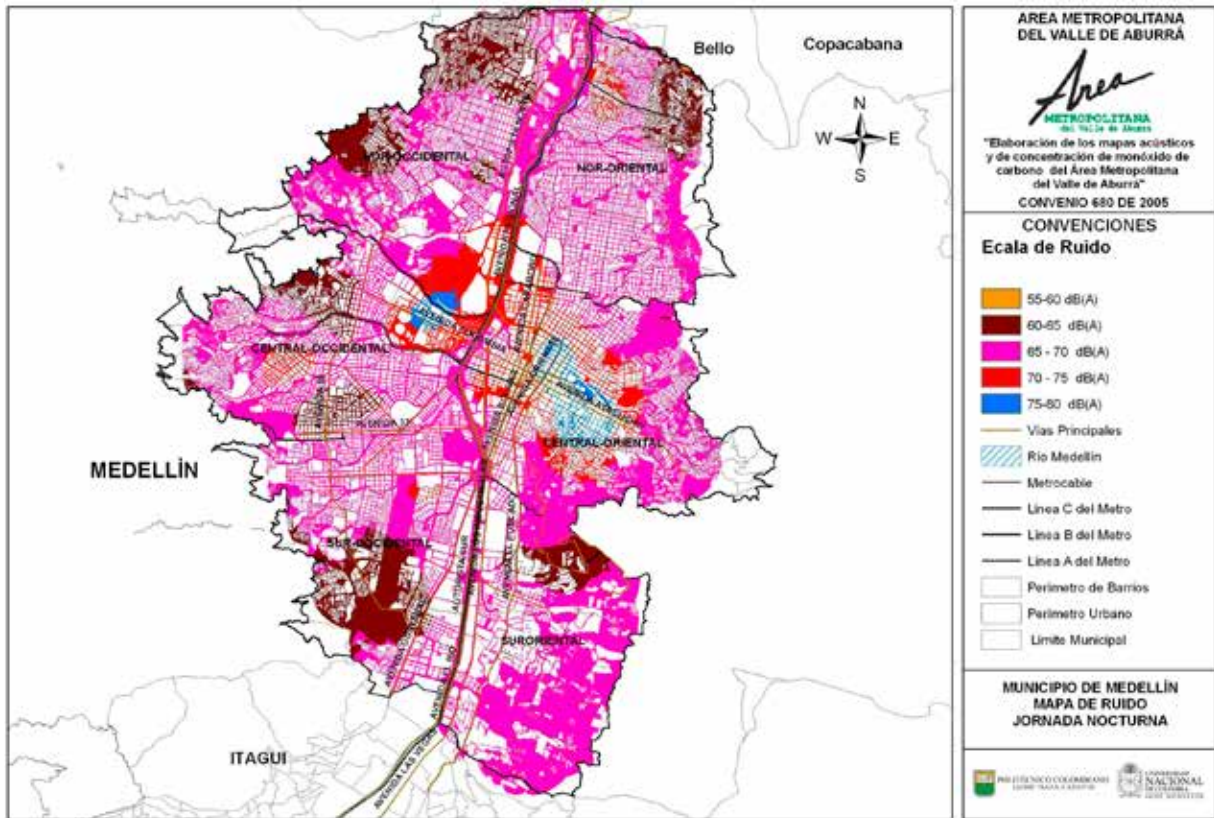
**Figura 38 Mapa de ruido diurno del Municipio de Medellín, 2007**



**Fuente:** (AMVA y POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID, 2007)



**Figura 39 Mapa de ruido nocturno del Municipio de Medellín, 2007**



*Fuente: (AMVA y POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID, 2007)*

Esta entidad actualmente se encuentra implementando la red de monitoreo de ruido en el área de jurisdicción, para el 2010, se monitoreó el ruido ambiental, mediante dos equipos ubicados en puntos fijos en el municipio de Medellín. Para el 2011 se contará con otras 6 estaciones más.

## 5.2 Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER

Esta entidad ha venido desarrollando proyectos encaminados a la elaboración de mapas de ruido en los municipios de Pereira y Dosquebradas. En particular en el municipio de Pereira, la problemática de ruido está asociada al tráfico de vehículos y motos, debido al uso excesivo de pitos, alarmas y bocinas

con altos niveles sonoros, así como el uso de campanas en los vehículos distribuidores de gas, las sirenas del vehículo recolector de basuras y ambulancias. Sin embargo, en esta ciudad se presentan niveles máximos sonoros de 87 dB(A) en horario diurno y 78 dB(A) en horario nocturno. Según el estudio realizado para la elaboración de los mapas de ruido, el 79,7% del área de estudio de la ciudad en el horario diurno no cumple con los estándares permitidos de ruido, al igual que en el horario nocturno se encontró un incumplimiento del 94,3% del área de estudio. (CARDER) s.f.

Sin embargo, la entidad se encuentra formulando el plan de descontaminación por ruido y ha trabajado conjuntamente con las autoridades municipales, con el fin de tomar medidas que disminuyan los niveles de ruido en estos dos municipios.

### 5.3 Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS

En materia de ruido, la CAS, se concentra en la evaluación de las fuentes de emisión de ruido del municipio de Barrancabermeja. En el año 2009, la entidad realizó la elaboración de mapas de ruido para este municipio; en el cual se identificó que las principales fuentes de emisión por ruido son en su orden: la construcción de obras civiles con niveles promedio de 90 dB(A), el parque automotor con niveles sonoros que fluctúan entre 76 a 84 dB(A), actividades comerciales las cuales registran valores entre 60 y 90 dB(A) (dentro de los establecimientos) y finalmente los establecimientos nocturnos (como bares y discotecas), que a pesar de que se encuentran ubicados en zonas residenciales, generan niveles considerables de ruido que oscilan entre 65 y 90 dB(A) en horario nocturno (CAS, 2009).

Según, el estudio realizado para la elaboración de los mapas de ruido de este municipio, en términos generales, el ruido predominante en la ciudad es mayor a los 65 dB(A); sin embargo durante el horario nocturno los niveles de ruido oscilan entre 65 y 76 dB(A) y en horario diurno entre 65 y 80 dB(A). Vale la pena destacar que la situación en la zona industrial de la ciudad es crítica, pues el nivel de ruido se encuentra entre los 85 y 90 dB(A).

### 5.4 Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - CORANTIOQUIA

En el año 2007 esta corporación elaboró el Mapa de Ruido para la Zona Centro del Municipio de Envigado. En éste estudio se encontró que en el centro del municipio,

se presentan niveles de ruido entre 61 y 76 dB(A) en horario diurno y 53 y 71 dB(A) en horario nocturno; adicionalmente el estudio determinó que el 63% de los puntos medidos superan el límite permisible de ruido ambiental en el periodo diurno (70 dB(A)) y el 96% de los puntos en el periodo nocturno (55 dB), para zonas con usos comerciales. (CORANTIOQUIA, 2007).

Estas zonas generalmente están influenciadas por el ruido generado por el tráfico vehicular de las vías aledañas a los puntos de monitoreo en horario diurno, sin embargo, el estudio cita, que en la mayor parte del área evaluada en el horario nocturno, los niveles de ruido no alcanzan a cumplir el límite máximo permisible estipulado en la norma nacional, a pesar de que el flujo vehicular disminuye considerablemente. (CORANTIOQUIA, 2007).

Igualmente, esta entidad ha realizado control y seguimiento a los establecimientos nocturnos que presentan niveles de ruido críticos, en coordinación con la inspección de la policía, así como campañas de sensibilización con los administradores y dueños de los establecimientos.

Adicionalmente la Secretaria de Tránsito del municipio de Envigado, ha cambiado el sentido de algunas vías en las zonas donde se presentaron niveles de ruido considerables, con base en los resultados de los estudios de ruido realizados.

Actualmente la Corporación se encuentra elaborando los mapas de ruido de los municipios de Cauca, Santa fe de Antioquia y Puerto Berrio, así como la actualización del mapa del municipio de Envigado.



## 5.5 Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo La Macarena – CORMACARENA

Esta entidad inició la elaboración y actualización de los mapas de ruido en la zona urbana del Municipio de Villavicencio en el año 2009. En este estudio se identificó que el mayor impacto sonoro proviene fundamentalmente de los aportes de ruido de las fuentes móviles que transitan por la malla vial de la ciudad, especialmente en aquellas por donde se moviliza el mayor número de vehículos. Además se identificó que en el día se registraron niveles entre 52,7 a 78,4 dB(A) y en la noche valores entre 55,0 a 78,6 dB(A), con un aumento no muy significativo en el periodo nocturno, lo cual señala que la emisión en las vías es relativamente sostenida en los corredores viales de mayor tránsito automotor.

## 5.6 Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare - CORNARE

La Corporación en el año 2010 realizó los monitoreos de ruido en los municipios de Guarne, El Peñol, Sonsón, y San Carlos. En ellos se presentan niveles de ruido entre 52 y 81 dB(A) en horario diurno y en horario nocturno entre 48 y 94 dB(A) (CORNARE, 2010), sin embargo no se han elaborado mapas de ruido, debido a que sus municipios no superan los 100.000 habitantes.

Adicionalmente, la Corporación trabaja conjuntamente con las administraciones municipales en planes de educación ambiental y mitigación de emisiones de ruido, los cuales

incluyen la regulación de los horarios de servicio y ubicación de los establecimientos abiertos al público, la circulación vehicular en zonas de tranquilidad y residencial, entre otras.

## 5.7 Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS

La Corporación Autónoma Regional de Caldas, realizó en el año 2009 los mapas de ruido de Manizales. En el estudio estableció que esta ciudad es moderadamente ruidosa, pues los máximos niveles de ruido oscilaron entre 74,5 y 69,5 dB(A) para el día y la noche respectivamente sobre la avenida centro (CORPOCALDAS, 2009); además los sectores con mayor tráfico vehicular y en los que se desarrollan actividades comerciales, registran niveles de ruido altos; en estas áreas se han llevado a cabo actividades de seguimiento y control con ayuda de la policía ambiental de la ciudad.

## 5.8 Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia- CORPORINOQUIA

En esta entidad se ha establecido mediante estudios de contaminación por ruido, que las zonas más críticas de su jurisdicción son en su orden, los municipios de Yopal, Paz de Ariporo, Aguazul, Villanueva y Tauramena.

En estas regiones, la problemática de ruido se presenta en mayor proporción por las actividades relacionadas con establecimientos comerciales y talleres de mecánica automotriz e industrial y con mayor incidencia en zonas donde se encuentran ubicados bares, tabernas y discotecas. Para la mitigación de esta problemática, la entidad ha realizado campañas de educación



ambiental, encaminadas a la minimización de los niveles de ruido y la verificación del cumplimiento de la norma que regula la materia (CORPORINOQUIA, 2010).

Actualmente la Corporación se encuentra elaborando el mapa de ruido del municipio de Yopal, el cual cuenta con 104.110 habitantes.

## 5.9 Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA

La problemática de contaminación por ruido se presenta en todos los municipios del departamento del Tolima, especialmente en los más poblados (Ibagué, Espinal, Melgar, Cajamarca y Chaparral) en los cuales las principales fuentes de emisión son los establecimientos comerciales que se encuentran en zonas residenciales y superan los 72 dB(A) en horario diurno y 55 dB(A) en horario nocturno (CORTOLIMA, 2010).

Con el fin de reducir los niveles de emisión en los municipios de Ibagué, Natagaima, San Luis, Melgar, Cajamarca y Chaparral, la Corporación realiza operativos en las dos jornadas, así como campañas educativas dirigidas a la comunidad, sanciones y sellamientos a establecimientos que no cumplen con la normatividad que regula la materia.

## 5.10 Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC

En el departamento del Cauca, se han adelantado estudios de medición de los niveles de ruido en la ciudad de Popayán, en los años 2006, 2009 y 2010, el mapa sónico de Popayán 2006 determinó que aproximadamente el 70% de la ciudad de Popayán registra niveles de presión sonora, que superan los niveles máximos permitidos

por la norma; este comportamiento se produce principalmente por flujo vehicular de la ciudad (CRC, 2010) y se presenta especialmente en los cruces viales donde se ubican semáforos, pues el uso inadecuado de pitos, cornetas, frenos de aire y la carencia de sincronización de los vehículos particulares y públicos, contribuyen al aumento de los niveles de ruido en esta ciudad. Sin embargo el mal estado de las vías, también incrementa las emisiones de ruido, generados por los vehículos que tienen que esforzar sus motores para transitar por ellas.

El estudio estableció que en la ciudad de Popayán los niveles de ruido en horario diurno están entre 49 y 80 dB (A) y en horario nocturno entre 39 y 78 dB (A) y los mayores niveles se presentan en las franjas horarias de 7:30 a.m. a 8:30 a.m., de 11:30 a.m. a 2:30 p.m. y de 6:00 p.m. a 7:00 p.m., debido al desplazamiento de la población hacia sus lugares de trabajo o el retorno a sus lugares de vivienda.

Adicionalmente a través de encuestas, se determinó que el 52% de los encuestados concluyen que la mayor parte del ruido ambiental que se presenta, es causado por el flujo vehicular y que los trastornos producidos por el ruido en la salud de la población payanesa, son en su orden, estrés, dolor de cabeza, inatención, irritabilidad y cansancio (CRC, 2010).

En respuesta a este panorama la corporación ha desarrollado capacitaciones dirigidas al sector comercial, empresas de transporte e instituciones educativas, así mismo ha realizado operativos de control, en los municipios de Santander de Quilichao y Popayán.



## 5.11 Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC

En el Valle del Cauca se han medido los niveles de ruido de las poblaciones con más de 100.000 habitantes (Tuluá, Palmira, Cartago y Guadalajara de Buga), además de algunos municipios que presentan problemáticas de ruido relevantes.

Estos estudios concluyeron, que el tráfico vehicular contribuye notablemente en el aumento de los niveles de ruido de los municipios evaluados y las zonas residenciales tienden a convertirse en zonas mixtas, debido a la proliferación de establecimientos comerciales diurnos y nocturnos que no cuentan con ningún tipo de insonorización (CVC, 2010).

Por otro lado, la Corporación trabaja conjuntamente con las autoridades municipales, implementando comités de ruido en los que se establecen estrategias para el control y mitigación de los niveles de ruido y adicionalmente realizó la actualización de los mapas de ruido de Tuluá, Palmira, Cartago y Buga y la elaboración del mapa para el municipio de Buenaventura.

## 5.12 Corporación Autónoma Regional de Nariño - CORPONARIÑO

En el departamento de Nariño, se han realizado estudios de medición de ruido en las ciudades de Pasto, Ipiales y Tumaco. En la primera, la emisión de ruido es causada principalmente por actividades comerciales y el tráfico vehicular en la cabecera municipal, presentando niveles entre 61,2 y 80 dB (A) en las zonas más críticas de la ciudad. Así mismo, en la cabecera municipal de Ipiales, los niveles se encuentran entre los 55,1 y

80,1 dB (A) en las zonas con mayor emisión de ruido (CORPONARIÑO, 2010a).

Finalmente la ciudad de Tumaco presenta emisiones por establecimientos comerciales, tráfico vehicular y actividades turísticas, mostrando niveles de ruido en la cabecera municipal que oscilan entre 52,5 y 78,2 dB en las zonas más críticas de la ciudad (CORPONARIÑO, 2010a).

La entidad ha realizado la socialización de los estudios realizados a las autoridades municipales, con el fin de fijar directrices para la planificación del uso del suelo, así como la formulación de estrategias preventivas que conlleven a la minimización de los niveles de ruido en estas ciudades.

## 5.13 Secretaria Distrital de Ambiente -SDA

La Secretaria Distrital de Ambiente como Autoridad Ambiental en el Distrito Capital, ha clasificado en todas las localidades de la ciudad los sectores que por sus conflictos de actividades, usos y tratamientos del suelo, presentan niveles de ruido que superan la normatividad vigente (SDA, 2010). Sin embargo a través del análisis de los mapas de ruido y según el número de quejas realizadas por la ciudadanía, se catalogaron las localidades de Kennedy, Fontibón, Engativá, Chapinero, Puente Aranda, Mártires y Antonio Nariño como críticas en la ciudad.

El nivel de ruido ambiental en estas localidades se encuentra entre 68 y 76 dB(A), en su mayoría por las actividades de establecimientos públicos nocturnos (bares, discotecas, tabernas, restaurantes, entre otros), comerciales e industriales, el uso parlantes y perifoneo (SDA, 2010).

Sin embargo, esta entidad ha desarrollado medidas encaminadas a la minimización



de los niveles de ruido en la ciudad como control, monitoreo y seguimiento a fuentes de emisión de ruido, atención de quejas y reclamos, apoyo técnico a localidades, campañas de sensibilización y educación dirigidas a la ciudadanía, y la elaboración y/o actualización de los mapas de ruido. Adicionalmente se encuentra desarrollando dos estudios, el primero está relacionado con la medición de los niveles de presión sonora en algunos humedales de la ciudad para determinar el grado de afectación de las aves de estos ecosistemas y el segundo con la determinación del impacto acústico generado por el paso de trenes en un tramo del corredor férreo de la capital, usando software de modelación.



214

Por otra parte la SDA, ha emitido actos administrativos locales relacionados con la regulación del ruido de inmisión, el control del ruido emitido por establecimientos comerciales y la generación de ruido y vibraciones en nuevas edificaciones, así como el establecimiento del Plan local de recuperación auditiva, para mejorar las condiciones de calidad sonora en el Distrito Capital.

Finalmente la ciudad cuenta con una Red de Monitoreo de Ruido del Aeropuerto el Dorado operada por esta entidad, la cual consta de tres (3) estaciones que registran en tiempo real la presión sonora de las operaciones aéreas, con el fin de verificar el cumplimiento de la normatividad de ruido establecida a nivel nacional (SDA, 2010).

### 5.14 Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente –DAGMA

La ciudad de Santiago de Cali, cuenta con 22 comunas de las cuales 4 presentan niveles de ruido severos, debido a que en estas áreas

se ubican gran cantidad de establecimientos comerciales que operan en horarios diurnos y nocturnos. Actualmente esta entidad se encuentra finalizando el mapa de ruido de la ciudad; sin embargo en las comunas críticas se identificaron valores promedio entre 72 y 74 dB(A) (DAGMA, 2010).

En materia de gestión, esta entidad realiza semanalmente operativos de control y seguimiento a las fuentes de emisión, así como campañas de sensibilización a infractores y jornadas cívicas ambientales.

### 5.15 Corporación Autónoma Regional del Quindío – CRQ

La Corporación Autónoma Regional del Quindío ha realizado estudios de ruido en la ciudad de Armenia; esta ciudad es el centro poblado de mayor movimiento vehicular en el departamento del Quindío y de ejes viales más consolidados (vías con mayor afluencia vehicular y de consolidación como red vial). Es por ello que el mayor impacto sonoro proviene fundamentalmente de los aportes de ruido de las fuentes móviles que transitan por la malla vial de la ciudad, especialmente en donde se concentra el mayor número de vehículos. Según el documento “Resultados, conclusiones y recomendaciones de los mapas de ruido ambiental para el municipio de Armenia”, el 66,91%, de los vehículos que transitan en horario diurno son automóviles, mientras que en el horario nocturno es el 59,49%; de la misma manera las motocicletas en horario diurno son el 27% y en horario nocturno el 32,02%. El ruido en los automóviles se encuentra asociado al uso de bocinas, música, la operación del motor, estado de la vía, tipo de frenos, en general, el estado técnico - mecánico del vehículo. A pesar de esto, los buses (con un 6,37% diurno y 4,86% nocturno) y los camiones (con un 2,11 % diurno y 1,23% nocturno) presentan

un menor porcentaje de circulación, pero generan mayor contaminación acústica que los automóviles por sus características particulares como: propulsión, frenos de aire, ruido de motor y bocinas (CRQ, 2010).

Así mismo otras fuentes fijas de emisión, corresponden a las actividades de entretenimiento y diversión, especialmente en horario nocturno y las actividades de comercio y servicio en donde sobresalen los aportes de establecimientos con parlantes y amplificadores de sonido, especialmente en horarios diurnos.

En la ciudad de Armenia el nivel de ruido promedio en horario diurno se encuentra en 76 dB(A), sin embargo se presentan un valor máximo de 81,7 dB(A). Para el horario nocturno la media es de 70,4 dB(A) y el valor máximo de nivel sonoro es de 79,6 dB(A). Adicionalmente este estudio determinó, que el 90,9% de los puntos monitoreados en horario diurno y el 100% de los puntos en horario nocturno, no cumplen con los niveles máximos permisibles, encontrándose un panorama negativo del estado actual del ambiente acústico del municipio de Armenia (CRQ, 2010).

### **5.16 Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina - CORALINA**

De acuerdo a los monitoreos de ruido realizados en la isla de San Andrés, los niveles de ruido en horario diurno se encuentran entre 60 y 80 dB(A) y en horario nocturno entre 60 y 75 dB(A); de esta manera se lograron identificar las zonas críticas de la isla, entre ellas el sector North End y el sector industrial

SOPESA. Pese a esta situación la entidad ha desarrollado actividades de sensibilización en donde se expone la necesidad de disminuir los niveles de ruido (CORALINA, 2010).

### **5.17 Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó - CODECHOCO**

En los municipios de Quibdó, Istmina y Acandí del departamento del Chocó, los niveles de ruido se encuentran en 98, 90 y 95 dB(A) respectivamente, estos valores se presentan principalmente por las actividades de establecimientos públicos como (discotecas, bares y tabernas), generalmente en zonas que se encuentran en conflicto con el uso del suelo, pues están ubicados en zonas residenciales. Adicionalmente en algunos municipios el uso de parlantes en vehículos para fines comerciales, aumenta considerablemente los niveles de ruido. Sin embargo la Corporación ha realizado suspensiones de actividades en los establecimientos que superen la norma de ruido, así como operativos de control y campañas de sensibilización a la población en general (CODECHOCO, 2010).



215

### **5.18 Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga - CDMB**

Según el estudio de los niveles de ruido de la ciudad de Bucaramanga, el 96% de los puntos monitoreados superaron la norma de ruido ambiental establecida en 70 decibeles para zonas con usos permitidos comerciales, debido principalmente a problemas de movilidad, el uso excesivo de bocinas y pitos, el uso frecuente de altavoces por parte de vendedores ambulantes y



pruebas de equipos de amplificación en establecimientos comerciales ubicados en esta zona (CDMB, 2009).

Sin embargo esta Corporación, realiza actividades de monitoreo y seguimiento en las zonas más críticas de la ciudad de Bucaramanga, como también en los municipios de Girón y Piedecuesta, por solicitud de la comunidad afectada por el funcionamiento de establecimientos comerciales nocturno ubicados en zonas residenciales y que superan el límite máximo establecido por la norma nacional en horario nocturno para esta zona (55dB(A)) (CDMB, 2010).

Adicionalmente, la CDMB realiza consejos comunales con el apoyo de las autoridades municipales, con el fin de capacitar a los funcionarios en la temática de contaminación por ruido y generar interés y compromiso por parte de estas entidades en el control de la problemática (CDMB, 2010).

### 5.19 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

La CAR ha elaborado mapas de ruido de los municipios de Facatativá, Fusagasugá, Girardot y Zipaquirá. En estos estudios se determinó que el tráfico vehicular, los establecimientos comerciales nocturnos y las actividades industriales son las principales fuentes de emisión en estas poblaciones.

En materia de gestión esta entidad ha llevado a cabo jornadas de capacitación y divulgación de los mapas de ruido, así como operativos de monitoreo y control de ruido, a través de las oficinas provisionales CAR. Actualmente la Corporación se encuentra diseñando los planes de descontaminación por ruido en los municipios donde se tienen mapas del mismo

y planea realizar el estudio para la elaboración del mapa de ruido del municipio de Soacha.

### 5.20 Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental –CORPONOR

Esta Corporación elaboró el mapa de ruido para la ciudad de San José de Cúcuta y a partir de éste se estableció que los niveles de ruido de la zonas críticas de estudio se encuentran entre 75 y 83 dB(A), sin embargo la Corporación realiza continuamente operativos de control, con el fin de reducir la contaminación por ruido; así mismo ha desarrollado capacitaciones a la comunidad en general. Actualmente se encuentra tramitando la actualización del mapa de ruido de esta ciudad (CORPONOR, 2010).

### 5.21 Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA

En esta región en el año 2007 se elaboró el mapa de ruido del corredor industrial de la Calle 18 del municipio de Soledad, de este estudio se concluyó que el valor mínimo del nivel continuo equivalente fue de 48,37 dB(A) y el máximo fue de 74,46 dBA para la jornada nocturna, mientras que en la jornada diurna se registró un máximo de 72,56 dBA y un mínimo de 59,18 dB(A).

Los mayores impactos se presentan sobre la Calle 18 con carrera 37A afectando principalmente a los residentes que viven sobre cada una de las vías. Asimismo, los puntos identificados como establecimientos comerciales en el sector residencial, cuentan con aparatos de sonido, los cuales producen altos niveles de ruido generando molestias a los habitantes y excediendo los niveles permisibles para el sector residencial.



En la siguiente tabla se presenta el resumen de los niveles de ruido (dB(A)) en horario diurno y nocturno de las zonas o sectores donde se realizaron los estudios. Es importante aclarar que la información presentada fue obtenida a través de las autoridades ambientales que tienen jurisdicción sobre estos municipios;

sin embargo, ésta no corresponde a la totalidad de estudios de ruido en el país, pues según el censo de 2005 realizado por el DANE existían 56 municipios con poblaciones mayores a 100.000 habitantes, no obstante la información recopilada corresponde al 46 por ciento de estos municipios.

**Tabla No. 31 Monitoreos de ruidos en algunos departamentos del país**

Departamento	Municipio	Nivel de ruido día dB(A)	Nivel de ruido noche dB(A)
ANTIOQUIA <sup>a</sup>	Barbosa*	65-85	55-70
	Copacabana*	60-75	55-65
	Girardota (centro)*	70-75	70-75
	Bello	65-75	50-70
	Medellín	65-80	65-76
	Caldas*	60-75	55-70
	Itagüí	65-80	55-80
	La estrella	60-75	55-70
	Sabaneta*	60-75	55-70
	Guarne*	68-75	67-75
	Peñol*	60-70	63-68
	Sonsón*	55-79	48-72
	San Carlos*	52-81	63-79
	El Retiro*	63-72	65-94
El Santuario*	63-71	63-75	
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS <sup>b</sup>	San Andrés (sector comercial)	60-80	60-75
ATLÁNTICO <sup>c</sup>	la soledad (corredor industrial)*	59-73	48-74
BOGOTÁ D.C. <sup>d</sup>	Bogotá **	68-76	
CALDAS <sup>e</sup>	Manizales	64-74	60-69
CAUCA <sup>f</sup>	Popayán	49-80	39-78
CHOCÓ <sup>g</sup>	Quibdó	98	
	Istmina*	90	
	Acandí*	95	



Departamento	Municipio	Nivel de ruido día dB(A)	Nivel de ruido noche dB(A)
CUNDINAMARCA <sup>h</sup>	Facatativá	55-75	45-77
	Fusagasugá	65-70	55-67
	Girardot	55-80	55-80
	Zipaquirá	50-75	45-75
GUAVIARE	San José del Guaviare*	96,5***	
META <sup>i</sup>	Villavicencio	53-78	55-79
NARIÑO <sup>j</sup>	Pasto	59-80	45-74
	Ipiales	53-80	53-72
	San Andrés de Tumaco	62-96	51-76
NORTE DE SANTANDER <sup>k</sup>	Cúcuta	75-83	
QUINDÍO <sup>l</sup>	Armenia	63-82	55-80
RISARALDA <sup>m</sup>	Pereira	87 ***	78***
	Dosquebradas	81***	77,5***
SANTANDER <sup>n</sup>	Barrancabermeja	65-80	65-76
	Bucaramanga (centro)	62-79	
VALLE DEL CAUCA <sup>ñ</sup>	Tuluá	82,34	79,26
	Alcala*	65,17	56,99
	Ansermanuevo*	63,88	60,45
	Caicedonia*	64,9	64,87
	Calima – Darien*	61,33	63,25
	Florida*	63,81	62,16
	Jamundí*	66,86	64,8
	Restrepo*	64,85	64,3
	Riofrio*	59,91	64,32
	Roldanillo*	63,11	62,31
	Sevilla*	63,69	72,12
La Unión*	63,31	60,13	



Departamento	Municipio	Nivel de ruido día dB(A)	Nivel de ruido noche dB(A)
VALLE DEL CAUCA <sup>ñ</sup>	Zarzal*	65,46	67,19
	Dagua*	66,35	68,52
	Palmira	59,6 – 80,8	58,8 – 72,7
	Cartago	52,4-74,2	52,7-72,8
	Guadalajara de Buga	59,4 – 77,4	60,3 – 75,8
	Buenaventura	59-76	58-86
	Cali (puntos críticos)	72-74	

Fuentes: a. (AMVA, 2010) (CORNARE, 2010)<sup>1</sup> (CORANTIOQUÍA, 2007) b. (CORALINA, 2010) c. (CRA, 2010) d. (SDA, 2010) e. (CORPOCALDAS, 2010) f. (CRC, 2010) g. (CODECHOCO, 2010) h. (CAR, 2008-2099) i. (CORMACARENA, 2009) j. (CORPONARIÑO, 2010) k. (CORPONOR, 2010) l. (CRQ, 2010) m. (CARDER, 2008) n. (CAS, 2009) (CDMB, 2009) ñ. (CVC, 2010) (DAGMA, 2010).

\* Municipios que no tienen poblaciones mayores a 100000 habitantes, sin embargo se han realizado los estudios de ruido debido a la relevancia de la problemática que éstos presentan.

\*\*Localidades: Kennedy, Fontibón, Engativá, Chapinero, Puente Aranda, Mártires, Antonio Nariño

\*\*\* Valor máximo.

De acuerdo con la información anterior, en general, en el horario diurno los niveles de ruido presentan mayores valores que en el horario nocturno, esto debido a que las actividades comerciales como almacenes, locales, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros comerciales, obras civiles, entre otros, operan en su mayoría en este periodo; además el tráfico vehicular en este horario es más alto que en el horario nocturno. A pesar de este comportamiento, en el periodo nocturno se observan niveles máximos altos que corresponden al desarrollo de actividades comerciales de tipo recreativas como restaurantes, bares, tabernas, discotecas, casinos, etc.

El MAVDT, hoy día MADS, dentro de sus funciones establecidas como ente formulador de política y normativa, luego de la expedición de la Resolución 0627 de 2006, y con el fin

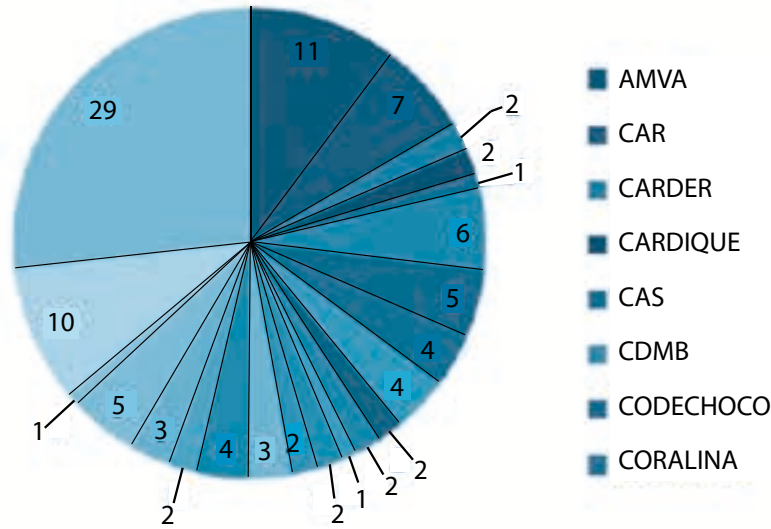
de fortalecer la gestión de las autoridades ambientales en el área de jurisdicción, se encuentra elaborando un Protocolo de Medición de Ruido, el cual reunirá el desarrollo normativo de acuerdo a los avances en esta materia, así como el procedimiento para su implementación. Adicionalmente, teniendo en cuenta las características de algunas autoridades ambientales y de la problemática en su área de jurisdicción, mediante contrato de comodato este ministerio, realizó el préstamo de siete (7) sonómetros con el fin de conocer la realidad de ruido en sus zonas y a su vez implementar medidas de control y mitigación de esta problemática.

De manera general, y de acuerdo con la información presentada por las autoridades ambientales, estas entidades cuentan con 101 sonómetros, discriminados de la siguiente manera.

1. Estos datos se obtuvieron en los monitoreos realizados en los sectores A, B, y C que menciona la resolución 0627 en la tabla N° 2.



**Grafica 127 Distribución de sonómetros de las autoridades ambientales del país.**

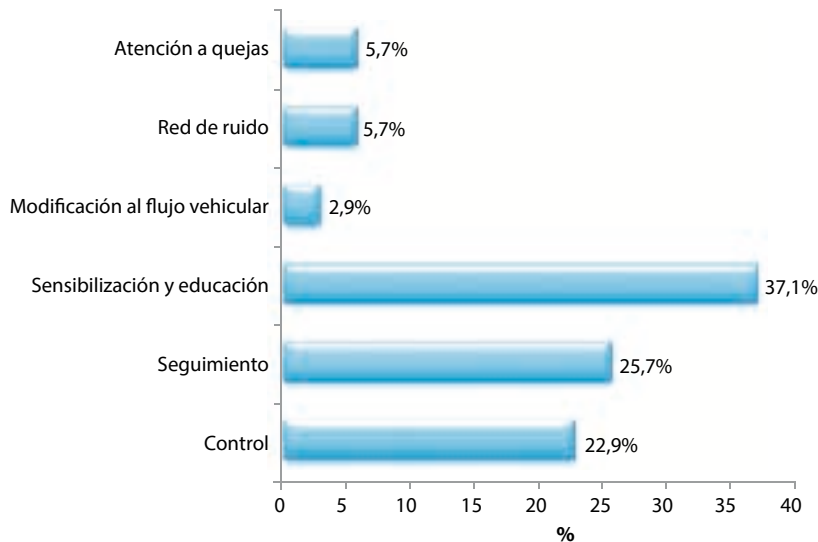


Fuente: IDEAM -Informes allegados al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

Según la información recopilada para este informe, las autoridades ambientales encaminan sus programas de gestión en ruido, para prevenir y mitigar la generación de ruido excesivo, específicamente en temas como control de las fuentes de emisión a través del monitoreo de ruido en los puntos críticos identificados, seguimiento a las

fuentes previamente identificadas, desarrollo de programas de sensibilización y educación a la población en general y/o a los generadores de ruido, modificaciones a los planes de ordenamiento como modificación en el flujo vehicular, implementación de redes de ruido y atención a quejas y reclamos por ruido severo (Ver grafica 128).

**Grafica 128 Enfoque de las estrategias dirigidas hacia la mitigación del ruido en Colombia**



Fuente: IDEAM -Informes allegados al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

La gráfica anterior muestra que el 37% de las autoridades ambientales encaminan sus programas de gestión hacia la sensibilización y educación de la población en general y/o a los generadores de ruido, en segundo lugar se encuentra el seguimiento a los establecimientos identificados como generadores de ruido severo con el 25% de las autoridades, seguido de éste con un porcentaje de 23% se ubica el control de las emisiones de ruido y por último se encuentran las actividades relacionados con la atención a quejas y reclamos e implementación de redes de ruido con un porcentaje de 6% cada una.

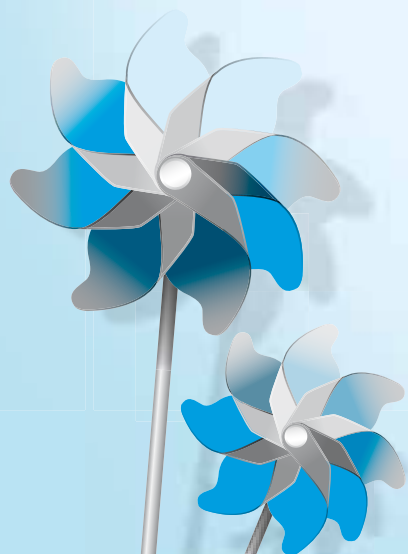
Es importante tener en cuenta que el comportamiento y hábitos de las comunidades son factores determinantes en la contaminación por ruido. Oír música en volúmenes elevados, no mantener los vehículos en condiciones técnico mecánicas óptimas, el uso indiscriminado de los pitos en áreas urbanas, la alteración de las condiciones originales de vehículos y motocicletas para incrementar los niveles de ruido, los malos hábitos de conducción en el transporte público colectivo, hacen parte de las prácticas erróneas generadoras de ruido en las zonas urbanas y cuyo cambio podría mejorar notablemente las condiciones de vida y reducir los niveles de exposición a ruido excesivo.

En conclusión, la gestión para la mitigación del ruido en las poblaciones se centra

principalmente en actividades que generen conciencia de la problemática y cambios en el comportamiento de los ciudadanos. En el país la contaminación por ruido está relacionada con los procesos de urbanización de las poblaciones, en horario diurno la generación de ruido es atribuida generalmente a problemas de movilidad, estado de la malla vial y edad y mantenimiento del parque automotor, mientras que en horarios nocturnos se atribuye a la operación de establecimientos comerciales con fines recreativos (restaurantes, bares, discotecas, tabernas, bingos y casinos) que por su ubicación presentan conflictos con el uso del suelo.

Esta prevalencia evidencia la necesidad de dirigir los programas de prevención y mitigación de ruido en las poblaciones hacia la optimización de sistemas de transporte público que beneficien la movilidad, mejorar la malla vial, el estado técnico mecánico del transporte, así como la implementación de programas de cultura ciudadana a los conductores y medidas dirigidas hacia la solución de conflictos por el uso de suelo que se presentan por la actividad de los establecimientos comerciales nocturnos.





6

Olores ofensivos  
en Colombia





El olor es la percepción del cerebro como respuesta a las sustancias químicas volátiles presentes en el aire, así pues, el olor es un efecto de estas sustancias sobre el cuerpo. Por su parte, el olfato es el sentido encargado de detectar y procesar los olores; los humanos tienen un sentido del olfato muy sensible y pueden detectar los olores aun si se encuentran en bajas concentraciones en el aire (MAVDT, 2010).

Un olor se considera contaminante u ofensivo si causa molestias a la población, daños sobre la salud o sobre el ambiente. No obstante, la sola presencia de un olor no lo hace necesariamente ofensivo pues factores como la subjetividad del receptor, la dispersión del olor (debido a las condiciones meteorológicas locales) y las variaciones en la emisión (a causa de las materias primas y las operaciones del proceso generador) inciden en la percepción del olor.

La respuesta humana a los olores puede manifestarse como predisposición psicológica y social, además un olor desagradable provoca dos comportamientos típicos: alejarse de la fuente que causa los estímulos negativos o modificación del comportamiento humano para soportar el problema. Si el olor desagradable se repite constantemente puede llegar a afectar el bienestar de las personas incluso a niveles de exposición muy por debajo de los que podrían provocar efectos fisiológicos y patológicos negativos (SEPA, 2010).

Los síntomas experimentados por personas expuestas a olores ofensivos incluyen vómito, problemas respiratorios, somnolencia, náuseas, fatiga, ardor en ojos, nariz y/o garganta, ronquera, dolor de cabeza, diarrea, opresión en el pecho, congestión nasal y dificultad para respirar. Los efectos a la salud como dolor de cabeza y náuseas pueden tener un importante impacto en las actividades diarias de las personas y efectos a largo plazo (SEPA, 2010).

Así pues, con el fin de proteger la salud y brindar un ambiente sano a los colombianos, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- MAVDT, hoy día MADS, expidió la Resolución 601 de 2006 en la cual se establecen los umbrales de olor<sup>1</sup> para 15 sustancias identificadas como generadoras de olores ofensivos, sujetas a seguimiento por parte de las Autoridades Ambientales. De la misma manera, la Resolución 909 de 2008 (Artículo 37), regula la emisión de 3 principales sustancias generadoras de olores ofensivos (amoníaco, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos), estableciendo los estándares de emisión admisibles para instalaciones de tratamiento térmico de subproductos animales, igualmente el Artículo 68 de la citada resolución impone la obligación a aquellos establecimientos de comercio y de servicio que no están sujetos a al control de emisiones por fuentes fijas y que genere emisiones molestas de implementar medidas que minimicen o impidan causar molestia a vecinos o transeúntes.

Por otra parte, en el marco de la Política de Prevención y control de la Contaminación del Aire, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, hoy día MADS, trabaja en el soporte técnico para actualizar y complementar la regulación ambiental en materia de control de la contaminación por olores ofensivos con el propósito de apoyar la gestión de las autoridades ambientales y de esta manera contribuir con la protección de la salud y el bienestar humano.

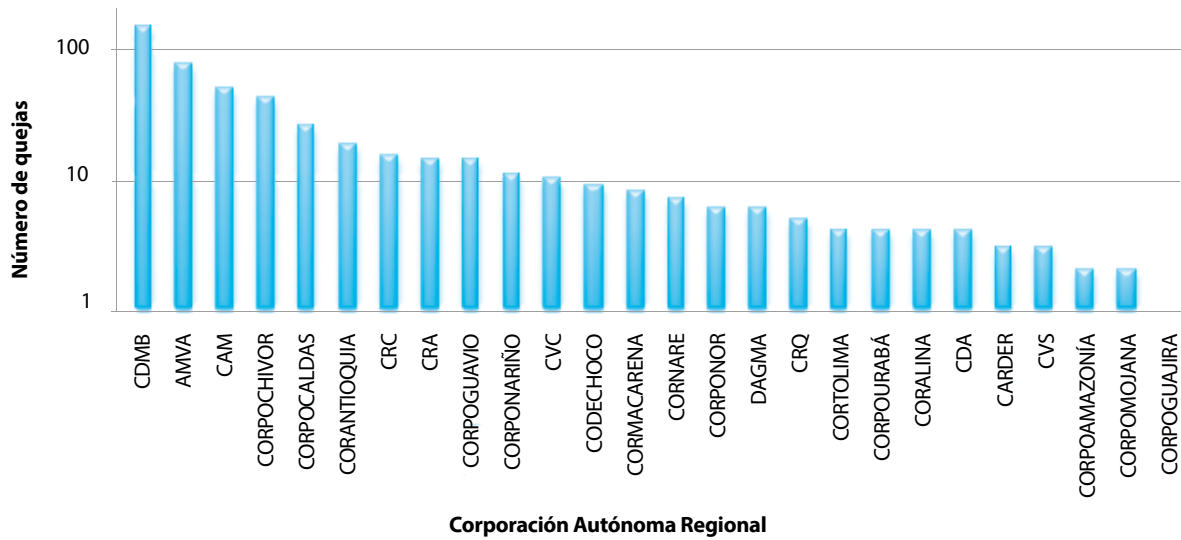
En este sentido el MADS, con el fin de identificar las actividades causantes de las quejas por olores ofensivos estableció una línea base a nivel nacional basados en la información aportada por las autoridades ambientales. A continuación se presenta el análisis realizado para las actividades

1. Se refiere a la concentración mínima de un olor que produce una respuesta sensorial en los receptores olfativos de una población dada.





**Gráfica 130 Distribución del número de quejas por corporación**

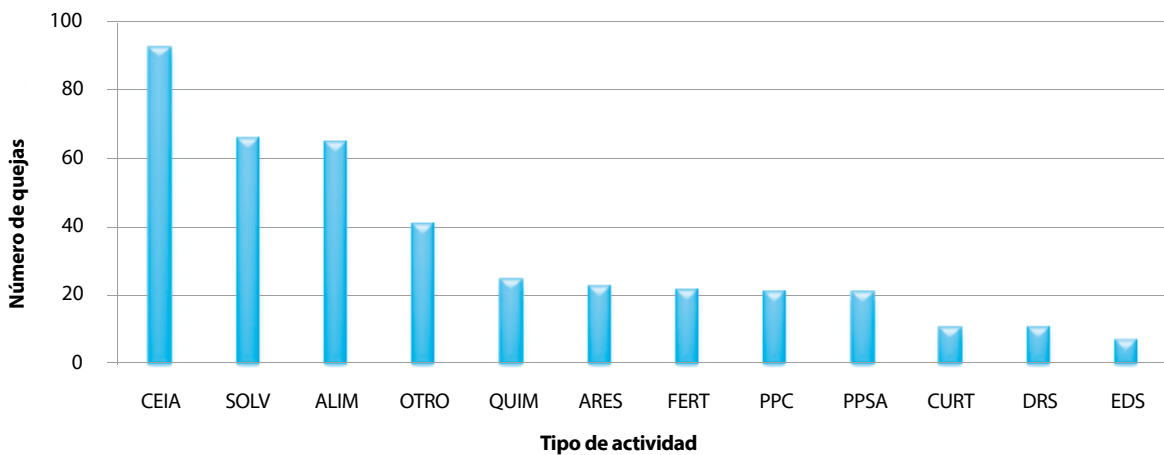


226

De la misma manera, se identificaron las actividades con mayor número de quejas, entre ellas se tiene: Cría y explotación industrial de animales (CEIA), Plantas de procesamiento de carne (PPC), Plantas de procesamiento de subproductos animales (PPSA), Curtiembres (CURT), Disposición de residuos sólidos (DRS), Aguas residuales (ARES), Industria de fabricación de alimentos (ALIM), Aplicación y

distribución de fertilizantes (FERT), Industria química (incluye el uso de solventes) (QUIM), Estaciones de servicio de combustible (EDS), Recubrimiento de superficies (evaporación de solventes) (SOLV), Otros (incluye las actividades esporádicas) (OTRO<sup>2</sup>). La siguiente grafica muestra la distribución de las quejas por afectación a olores ofensivos de acuerdo a la actividad generadora.

**Gráfica 131 Distribución del número de quejas por actividad**



Fuente: (MAVDT, 2010)

<sup>2</sup> En el sector Otros (OTRO) se trataron de quejas relacionadas con actividades esporádicas e ilegales, por ejemplo la quema de llantas.

**Nota:** Aunque el sector SOLV y ALIM presentaron un alto número de quejas, es importante anotar que muchas de ellas se deben a la aplicación de pintura y pegantes en carpinterías y fábricas de calzado y a restaurantes, asaderos y ventas de comidas rápidas en el sector de alimentos. Adicionalmente el grado de afectación de esta actividad se puede considerar en escala local, es decir que la población afectada son las viviendas aledañas a estos establecimientos, es por esto que no se tiene en cuenta dentro de la clasificación global del país.

Siendo así, las actividades más relevantes en Colombia en materia de olores ofensivos, por su recurrencia en quejas, son en su orden:

1. Cría y explotación industrial de animales (CEIA): 93 quejas
2. Recubrimiento de superficies (SOLV): 66 quejas
3. Industria de fabricación de alimentos (ALIM): 65 quejas
4. Industria química (QUIM): 25 quejas
5. Aguas residuales (ARES): 23 quejas

Aunque las dos primeras actividades tengan un impacto medio sobre la población, presentan mayor número de quejas en el país; para esta

situación en particular la Agencia de Protección Ambiental de Escocia, menciona: “Si el olor desagradable se repite constantemente puede llegar a afectar el bienestar de las personas incluso a niveles de exposición muy por debajo de los que podrían provocar efectos fisiológicos y patológicos negativos” (SEPA, 2010). De otro lado la industria química y las aguas residuales, están clasificadas como impacto medio y por último la tercera actividad generadora con mayor número de quejas (Industria de fabricación de alimentos) genera un impacto bajo a la población.

Esta línea base de actividades propensas a la generación de olores ofensivos se convierte en pionera en este tipo desarrollado en el país, por lo que deberá procurarse su actualización constante y la inclusión de nuevas actividades en este primer ejercicio con el fin de contar con información actualizada. (MADS, 2010).

Con la información recopilada, así como con la revisión del estado del arte en la materia el MADS desarrolla la normativa para la reglamentación, en la cual se tendrán en cuenta las actividades causantes de quejas por olores ofensivos, las sustancias asociadas y técnicas de medición analíticas y sensoriales.



7

**Gestión de la calidad del  
aire en las principales  
ciudades del país**





A fin de minimizar el riesgo que representa la contaminación del aire para la salud de la población Colombiana, las Corporaciones Autónomas Regionales, en cumplimiento de las funciones que se les confieren mediante la Ley 99 de 1993, dentro de las que se encuentran la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, establecen planes y estrategias para mejorar las acciones de vigilancia, control y prevención del aumento de las concentraciones de contaminantes atmosféricos. Este capítulo presenta brevemente los avances de la gestión realizada por las Autoridades Ambientales del país, en el mejoramiento de la calidad del aire de su jurisdicción durante el período de estudio, es decir 2007 - 2010.



230

A través de una encuesta realizada por el IDEAM durante el último trimestre del año 2010, enviada a las Autoridades Ambientales que cuentan con un SVCA, se logró determinar el avance en la gestión de calidad de aire que se ha llevado a cabo en el país. En ella se trataron temas como los programas y/o planes desarrollados y los resultados de los mismos, el uso y finalidad de los datos de calidad de aire obtenidos del SVCA, la declaración de estados excepcionales y las debilidades y fortalezas de los SVCA. A continuación se presentan los avances en la gestión de la calidad del aire de 19 autoridades ambientales, que representan el 76% de las entidades encuestadas.<sup>1</sup>

Bajo los lineamientos enmarcados en el documento CONPES 3344 de 2005<sup>2</sup>, las autoridades ambientales han desarrollado dentro su jurisdicción planes, programas y estrategias para la prevención y el control de

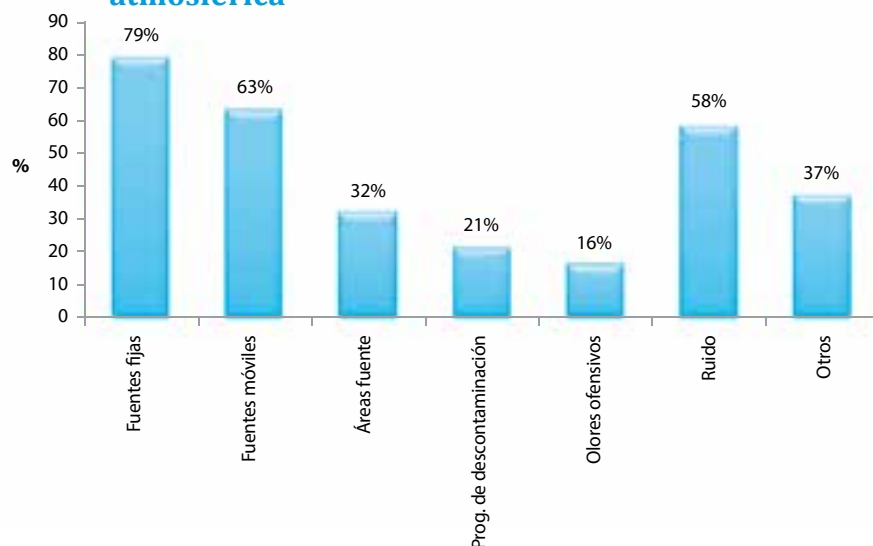
la contaminación atmosférica. En este sentido y según la encuesta realizada por el IDEAM, el 79% de las entidades han adelantado programas de control y seguimiento a fuentes fijas y el 63% ha implementado programas dirigidos a fuentes móviles, dado que estas dos fuentes son consideradas las de mayor importancia en el país. Sin embargo la gestión dirigida hacia la prevención y el control de las emisiones de ruido no está muy lejos de las anteriores y representa el 58% de las autoridades ambientales encuestadas mientras que otras problemáticas no menos importantes como el desarrollo de programas de control sobre áreas fuentes y la medición de olores ofensivos representan el 32% y el 16% respectivamente. El consolidado de los resultados obtenidos se ilustra en la gráfica 132. Así mismo en la tabla No. 32 se presenta cada una de las Autoridades Ambientales con los programas que se encuentra adelantando.

Otros programas que no se clasificaron dentro de las categorías anteriores, pero en los cuales trabajan el 37% de las entidades encuestadas, abordan temas como la elaboración de inventarios de emisiones, la alimentación y administración de sistemas locales de información de calidad de aire, optimización y rediseño de SVCA, modelación y predicción de la calidad del aire urbana, programas de educación ambiental y producción más limpia, monitoreo de aerosoles y compuestos orgánicos volátiles (COVs) en ambientes urbanos, mejoramiento de la calidad de los combustibles, restricciones a la movilización de vehículos particulares y públicos (programa pico y placa) y la judicialización de infractores ambientales.

1. Si bien la encuesta fue remitida a 25 autoridades ambientales, solo se obtuvo respuesta de 19 de ellas, las cuales se mencionan a continuación: AMVA, COGUAJIRA, CORPOBOYACÁ, CORPOCALDAS, CAR, CORNARE, CORPONARIÑO, CARDER, CRA, CRC, CORANTIOQUIA, CORPOCESAR, CORPAMAG, CORTOLIMA, CVC, CDMB, DAGMA, SDA y CARDIQUE.

2. Lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire.

**Gráfica 132 Consolidado de los programas adelantados por las Autoridades Ambientales para el control y la prevención de la contaminación atmosférica**



Fuente: IDEAM a partir de la información suministrada por los SVCA de las autoridades ambientales

**Tabla No. 32 Programas adelantados por cada una de las Autoridades Ambientales**

Autoridades	Fuentes fijas	Fuentes móviles	Áreas Fuente	Programas de descontaminación	Olores ofensivos	Ruido	Otros usos
AMVA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CORPOGUAJIRA	✓	✓		✓			
CORPOBOYACÁ	✓					✓	
CORPOCALDAS	✓					✓	
CAR	✓	✓				✓	
CORNARE	✓	✓				✓	✓
CORPONARIÑO	✓						
CARDER	✓	✓	✓			✓	
CRA	✓						
CRC		✓			✓	✓	
CORANTIOQUIA	✓	✓				✓	
CORPOCESAR		✓	✓	✓			
CORPAMAG							✓
CORTOLIMA	✓	✓			✓	✓	✓
CVC	✓		✓			✓	✓
CDMB	✓	✓					✓
DAGMA	✓	✓	✓				
SDA	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Fuente: IDEAM a partir de la información suministrada por los SVCA de las autoridades ambientales





Específicamente en el Área Metropolitana del valle de Aburrá (conformada por los municipios de Barbosa, Copacabana, Girardota, Bello, Medellín, Itagüí, Sabaneta, Caldas y La Estrella), se han desarrollado importantes programas encaminados hacia la reducción de los niveles de concentración de material particulado, y ozono principalmente. El 10 de octubre del año 2007, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA, Autoridad Ambiental urbana de los municipios anteriormente mencionados, junto con actores públicos, privados y comunitarios, firmaron el Pacto por la Calidad del Aire cuya meta es la reducción del 10% en la concentración de contaminantes durante los siguientes 5 años, en el Valle de Aburrá<sup>3</sup> (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA, 2007). Esta iniciativa, comprende acciones como definición de directrices de ordenamiento territorial, diseño e implementación del Plan Maestro de Zonas Verdes Urbanas, diseño e implementación del Plan Maestro de Movilidad Metropolitana, implementación de alternativas de recambio tecnológico y/o de combustible en fuentes fijas, implementación de incentivos para conversión tecnológica, combustibles y pruebas piloto para el uso de energías limpias en el parque automotor, desarrollo del Plan Maestro de Movilidad, implementación de medidas de restricción vehicular, mejoramiento de la calidad de los combustibles, entre otros.

El Plan Maestro de Movilidad para la región metropolitana, contiene el diseño de los proyectos de infraestructura vial y movilidad y permitirá poner en funcionamiento el “Metroplus”, sistema de transporte de mediana capacidad, que será integrado al sistema de transporte masivo “Metro” y al sistema de transporte público colectivo. Este plan pretende mejorar sustancialmente la calidad del aire de la ciudad, debido

a que empleará combustibles limpios y a que su implementación implicará la chatarrización del 22% de la flota más antigua y la racionalización de la flota restante, reduciendo un 30% los kilómetros recorridos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA, 2007). Por otro lado dentro de las acciones en mejoramiento de la calidad de los combustibles se ha logrado reducir el contenido de azufre de 3.000 ppm a 50 ppm para el caso del diesel y de 1.000 ppm a 300 ppm para el caso de la gasolina.

En otras ciudades como Bogotá también se realizan programas integrales que involucran entidades privadas responsables del deterioro ambiental en la ciudad, como el programa Zonas Piloto de Recuperación Ambiental, que pretende reducir los niveles de contaminación en las localidades de Puente Aranda, Fontibón y Kennedy, declaradas como Áreas-fuente de contaminación alta, logrando un cumplimiento ambiental en el 50% de las industrias que se vinculen al proyecto para el año 2012. A corte 30 de septiembre de 2010 581 empresas se encontraban vinculadas a este programa, de las cuales 158 cumplen con los estándares ambientales, logrando así un cumplimiento ambiental del 27% (Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, 2010).

Por otro lado, vale la pena destacar los principales programas desarrollados por CORPOBOYACÁ, entre los que se encuentran el fortalecimiento del control y seguimiento de fuentes fijas, que ha permitido sancionar a empresas siderúrgicas, ladrilleras, caleras y otras actividades que contemplan el almacenamiento de minerales como el carbón y la puzolana; así mismo ha venido trabajando con la alcaldía de Sogamoso en un programa de control de emisiones en fuentes artesanales para producción de ladrillo, mediante la aplicación de la Resolución No. 0001 de 2003 expedida por la Corporación, que establece el uso de carbón coque en los hornos de producción de ladrillo

3 <http://www.metropol.gov.co/aire/contenidos.php?seccion=1>

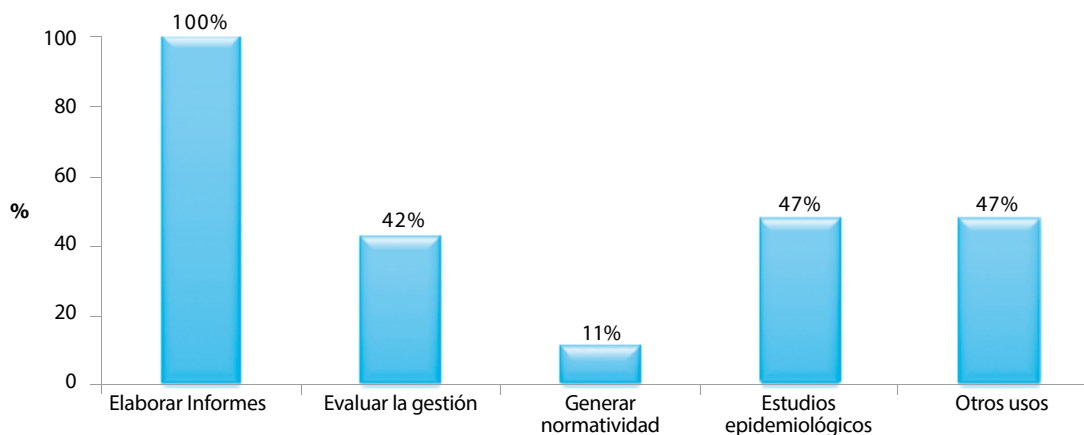
de forma artesanal y prohíbe la utilización de carbón térmico en esta actividad; otro sector productivo que ha sido abordado es el de producción de cal del municipio de Nobsa, mediante la realización de estudios isocinéticos que permitieron demostrar que las concentraciones de los contaminantes emitidos disminuyen al contar con un sistema de control de emisiones.

En cuanto al uso que le dan las autoridades ambientales a la información obtenida de los SVCA, el 100% de las entidades encuestadas la emplean para elaborar informes de cumplimiento normativo. El consolidado de los resultados obtenidos se ilustra en la Gráfica 133. Así mismo en la tabla No. 33 se presenta en detalle cada una de las autoridades ambientales con los usos que le está dando a esta información.

Al analizar la información se encuentra que el 47% de las autoridades ambientales la utilizan para otros usos, entre los que se encuentran la modelación, el desarrollo de proyectos de investigación, estudios de dispersión de contaminantes y para determinar el impacto de las actividades que intervienen el estado de la calidad del aire; por otro lado, el 42% la utilizan para evaluar la gestión de los planes formulados por la entidad, el 47% la emplea para realizar estudios epidemiológicos relacionados con el estado de la calidad del aire y su grado de afectación a la salud y finalmente se encuentra el uso de la información de calidad de aire para la generación de normatividad local, que representa el 11% de las autoridades ambientales encuestadas.



**Gráfica 133 Porcentajes de utilización de la información de calidad del aire de los SVCA**



**Fuente: IDEAM a partir de la información suministrada por los SVCA de las autoridades ambientales**

**Tabla No. 33 Utilización de la información de calidad del aire por las autoridades ambientales**

Autoridades	Elaborar informes	Evaluar Gestión	Generar normatividad	Estudios de epidemiología	Otros usos
AMVA	✓	✓	✓	✓	✓
CORPOGUAJIRA	✓	✓			
CORPOBOYACÁ	✓				
CORPOCALDAS	✓	✓			✓
CAR	✓				✓
CORNARE	✓	✓			✓
CORPONARINO	✓	✓			
CARDER	✓				
CRA	✓				✓
CRC	✓				
CORANTIOQUIA	✓	✓		✓	
CORPOCESAR	✓			✓	
CORPAMAG	✓			✓	
CORTOLIMA	✓			✓	
CVC	✓				
CDMB	✓	✓		✓	
DAGMA	✓			✓	
SDA	✓	✓	✓	✓	✓
CARDIQUE	✓				✓

En cuanto a la generación de normatividad local, se puede citar como ejemplo al Área Metropolitana del Valle de Aburrá-AMVA, quien mediante Junta Metropolitana expidió el Acuerdo 025 de 2007, en el cual se hizo la declaratoria de áreas fuente de contaminación del aire con base en las mediciones de PST, obtenidas del registro histórico entregado por el sistema de vigilancia de calidad del aire - SVCA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA, 2007). Así mismo la Secretaria Distrital de Ambiente SDA, usando la información generada por el SVCA de Bogotá,

expidió el decreto 174 de 2006 en el que se declaran las áreas fuentes de contaminación ambiental para el distrito capital (Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, 2006).

Por otro lado, la información de los SVCA también es utilizada para declarar los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia. Estos estados se refieren a la concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales, según criterios epidemiológicos, requieren una acción inmediata con el fin de prevenir efectos desfavorables a la salud

humana o en el medio ambiente (Presidencia de la República, 1995). Siendo así, las autoridades ambientales deberán declarar un estado de excepción y tomar las medidas necesarias para evitar deterioro en la salud de la población o en el medio ambiente.

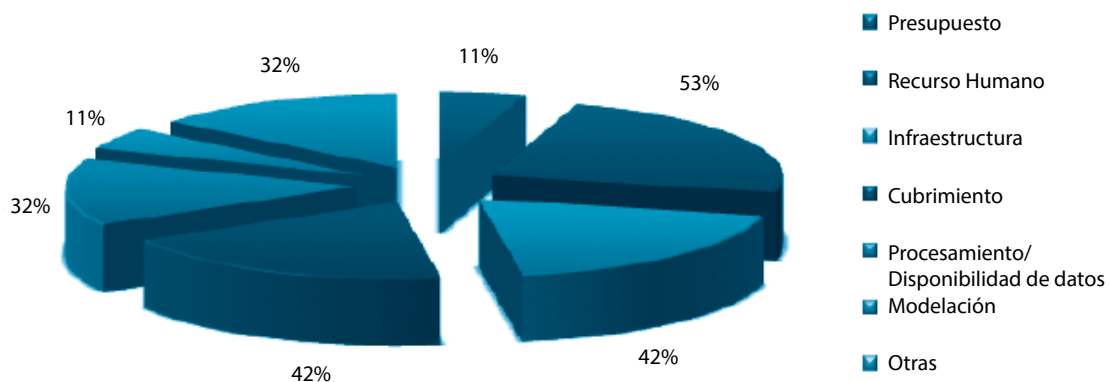
Según las entidades consultadas, el 47% de éstas pueden declarar estados excepcionales con la información generada en sus SVCA, mientras que el 37% considera que no es posible. Esta tendencia se debe principalmente a la carencia de monitoreo de algunos contaminantes criterio, la ausencia de monitoreo continuo, la poca destinación de recursos económicos para la operación y optimización de los SVCA, así como el monitoreo con equipos manuales, que no permite la disponibilidad de los datos en tiempo real para declarar estos estados.

Finalmente, las entidades encuestadas manifestaron las fortalezas y debilidades en el monitoreo y vigilancia de la calidad del aire. Dentro de las fortalezas en primer lugar se encuentra el recurso humano especializado y con experiencia en temas de contaminación atmosférica con un 53%,

la infraestructura y el cubrimiento con un 42%, el procesamiento y la disponibilidad de datos con un 32% y otras entre las que se encuentran la optimización de los SVCA, adecuación de laboratorios de calidad de aire, apoyo de la empresa privada y el gobierno, apropiación de modelos de dispersión de contaminantes para la predicción de la calidad de aire, publicación de información e implementación del sistema de calidad en los SVCA, con un 32%. Por otro lado entre las debilidades se encuentran, en primer lugar la disponibilidad de recursos físicos, en segundo lugar el presupuesto, en tercer lugar la falta de personal seguida de los altos costos de operación, la falta de capacitación y administrativas, la calidad y/o cantidad de la información, el orden público, la falta de apoyo y/o asesoría nacional y otras (poca interacción con otras redes de monitoreo, deficiencia en las empresas proveedoras de insumos y mantenimiento y dificultad establecer nuevos sitios de monitoreo). En la Gráfica 134 se encuentran representadas las fortalezas de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire y en la Gráfica 135 se presentan las debilidades.



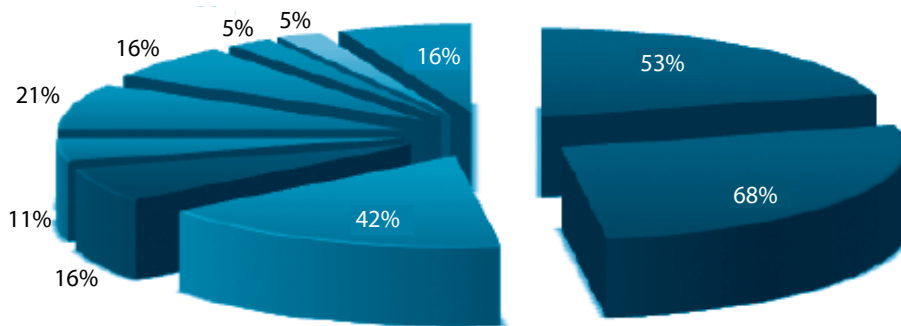
**Gráfica 134 Fortalezas de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire**



**Fuente:** IDEAM a partir de la información suministrada por los SVCA de las autoridades ambientales

### Gráfica 135 Debilidades de los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire

- Presupuesto
- Disponibilidad de recursos físicos
- Falta de personal
- Falta de capacitación del personal
- Calidad/Cantidad de la información
- Altos costos de operación
- Administrativas
- Orden Público
- Falta de apoyo/asesoría nacional
- Otras



Fuente: IDEAM a partir de la información suministrada por los SVCA de las autoridades ambientales





**Necesidades y  
propuestas para el  
fortalecimiento de  
los SVCA en Colombia**





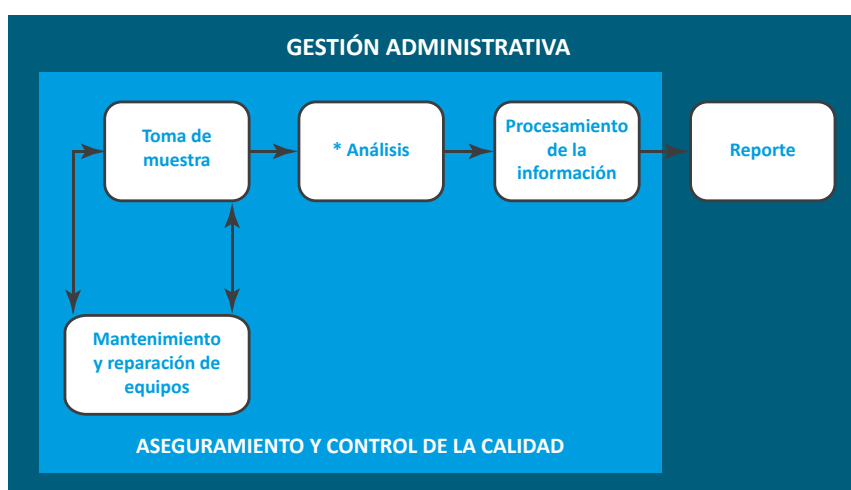
## 8.1 Necesidades de los SVCA existentes

En relación con la encuesta realizada por el IDEAM a las autoridades ambientales que cuentan con SVCA y teniendo en cuenta el Manual de Operación del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, en este capítulo se identifican las principales necesidades identificadas en cada

una de las etapas de su proceso general de operación.

La Figura 40 muestra el proceso general de operación de los SVCA, incluyendo las etapas inherentes de la operación y los procesos de apoyo que son transversales a la misma, relacionados con las actividades administrativas que se llevan a cabo en estos sistemas.

**Figura 40** Proceso general de operación de los SVCA



*\*En el caso de estaciones automáticas la toma de muestra y el análisis están inmersos en un solo proceso.*

*Fuente: Adaptado del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.*

La gestión administrativa involucra actividades que si bien son externas a la operación, garantizan el óptimo funcionamiento del SVCA. En este proceso de apoyo se desarrollan actividades tales como adquisición de bienes y servicios (personal, insumos, etc.), gestión de recursos económicos, aprobación de los reportes de resultados generados y estructuración e implementación del sistema de gestión de calidad. Dada la importancia de estas actividades, los retrasos e inconvenientes en su ejecución conllevan a la generación de impactos negativos en la operación del SVCA.

El proceso de aseguramiento y control de la calidad se refiere al desarrollo de todas las

actividades tanto técnicas como de gestión, que permitan asegurar que cada una de las etapas involucradas cumplan con los requisitos del sistema de gestión de calidad implementado. Algunas de las actividades que involucran este proceso son por ejemplo, el mantenimiento y calibración de equipos, la evaluación de proveedores e insumos, la verificación de la correcta ejecución de los procedimientos de toma de muestra, análisis y procesamiento de la información conforme con los protocolos del sistema de gestión de calidad, el control de los resultados no conformes, la idoneidad del personal, la trazabilidad de las mediciones, entre otras. Cada una de las actividades anteriormente mencionadas debe estar documentada.



En la etapa de mantenimiento y calibración de equipos se establece la necesidad de formular e implementar los programas de mantenimiento, calibración y capacitación al personal operativo, que de acuerdo con la gráfica 135, fue manifestada como una debilidad por el 16% de las autoridades ambientales encuestadas. Por otro lado se identificó la necesidad de contar permanentemente con los insumos requeridos para la óptima operación de los equipos con el fin de dar continuidad al monitoreo, sin embargo esta necesidad puede ser el resultado de la carencia de recursos económicos disponibles, como se presentó en la gráfica 135 donde esta debilidad la presentan el 53% de las autoridades ambientales consultadas.

Durante el desarrollo de las etapas de Toma de muestra y Análisis, se identificó la necesidad de contar con los instructivos y procedimientos para la correcta operación de los equipos, manipulación de las muestras y ejecución de los análisis (en el caso de equipos manuales), con el fin de asegurar mayor confiabilidad de los datos de salida. Al igual que en la etapa de mantenimiento y calibración también se identificó la necesidad de contar con recursos físicos suficientes para la oportuna recolección de las muestras (equipos manuales) y la vigilancia del funcionamiento de equipos.

Por otro lado, en la etapa de procesamiento de la información se requiere generar programas de capacitación al personal, que permitan estandarizar el proceso de validación de la información a nivel nacional. Esta necesidad se relaciona con la carencia de espacios de interacción entre las autoridades locales y nacionales, que generen conocimiento a partir de la normatividad existente y las experiencias propias de cada uno de los actores.

Finalmente, de acuerdo con la información presentada en el capítulo 7 y la identificación

de necesidades por etapas presentada anteriormente, la principal necesidad identificada de los SVCA es la implementación de un sistema de gestión de calidad, que involucre programas de mantenimiento y calibración de equipos, capacitación al personal operativo y administrativo, control de calidad de los datos, y todos los demás requerimientos anteriormente considerados.

## 8.2 Propuestas para el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire

Si bien se han detectado necesidades a lo largo de todas las etapas del proceso general de operación de los SVCA, a continuación se presentan las acciones que, a consideración del IDEAM, se deberían emprender para el fortalecimiento de la medición de la calidad del aire a nivel local y nacional.

Las siguientes propuestas se presentan en dos grupos, en el primero se incluyen los mecanismos para fortalecer los SVCA a nivel local y en el segundo grupo se presentan las propuestas nacionales que permitirán el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire.

### 8.2.1 Propuestas para fortalecimiento de los SVCA a nivel local

Con el fin de mejorar la calidad de los datos obtenidos en los SVCA, brindar información oportuna a la población y como consecuencia diseñar políticas para el mejoramiento del recurso aire, se propone la implementación de Sistemas de Gestión de Calidad.

Un Sistema de Gestión de Calidad es una estructura operacional de trabajo, bien documentada e integrada a los procedimientos



técnicos y gerenciales, para guiar las actividades del personal, los equipos y la información de la organización de manera práctica y coordinada y que asegure la satisfacción del cliente (Feigenbaum, 1991). Al implementar un sistema de gestión de calidad en los SVCA, se podrán fijar y establecer los procedimientos y planificar los recursos necesarios para garantizar una operación óptima y de esta forma mejorar la calidad de los datos obtenidos.

Además de todos los requerimientos exigidos por este tipo de sistemas de gestión de calidad, es importante prestar atención en especial a:

- Establecer los perfiles de los profesionales o técnicos que harán parte del mantenimiento y calibración de equipos, la toma de muestras, análisis, procesamiento de información y reporte de los datos de calidad del aire generados por el SVCA.
- En lo posible dar continuidad al personal operativo del SVCA, para evitar la pérdida de conocimientos y experiencia, que obstaculiza el buen funcionamiento del sistema.
- Elaborar e implementar planes de capacitación continua al personal encargado de la operación y análisis de información del SVCA, que permitan garantizar la calidad en los datos generados por los mismos.
- Destinar los recursos económicos suficientes para su adecuada operación (insumos, transporte, comunicaciones, personal, entre otros.), de manera que los SVCA puedan dar cumplimiento a las necesidades identificadas en el diseño del mismo y a lo establecido dentro del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, adoptado por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- Elaborar y establecer planes de mantenimiento y compra de consumibles y repuestos, teniendo en cuenta los tiempos de contratación de la entidad. Lo anterior deberá obedecer a las necesidades de los SVCA y los manuales de operación de cada uno de los equipos.
- Adquirir los equipos necesarios para el monitoreo de los contaminantes atmosféricos, de acuerdo a la capacidad económica y técnica de la entidad, dando cumplimiento con las especificaciones establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.
- En las zonas en las que se considere necesario, reemplazar los equipos manuales de monitoreo de la calidad del aire con que se cuenta actualmente por equipos automáticos, de tal forma que permitan contar con información en tiempo real lo cual permitirá declarar estados excepcionales.

### 8.2.2 Propuestas para fortalecimiento de los SVCA a nivel nacional

A continuación se mencionan algunas propuestas que permitirán integrar las experiencias en el país, con el fin de mejorar la operación de los SVCA y contribuir a formulación de programas y políticas que conlleven a prevenir y controlar el aumento de la contaminación atmosférica a nivel regional.

La mayoría de las autoridades ambientales adoptan acciones que permiten controlar los niveles de contaminación de manera local, sin embargo la problemática en esta materia se debe tratar con una visión regional (ciudad - región). Algunos de los aspectos a tener en cuenta son:



- Impulsar la adopción de acciones concretas para reducir los niveles de contaminación atmosférica, las cuales deben ser concertadas entre los diferentes entes territoriales involucrados.
- Implementar medidas preventivas en zonas específicas identificadas de alta contaminación.
- Promover el intercambio de conocimiento, experiencia y el desarrollo de capacidades entre los distintos SVCA existentes en el país, con el fin de optimizar la operación y administración de los SVCA.
- Fortalecer el Subsistema de Información sobre la Calidad del Aire – SISAI, el cual es la herramienta vía web que permite contar con los datos de calidad del aire de todos los SVCA del país, logrando realizar análisis a nivel local, regional y nacional.
- Promover la realización de estudios epidemiológicos y económicos del impacto de la contaminación atmosférica a nivel regional y nacional.
- Promover las actividades de modelamiento que conlleven al pronóstico de la calidad del aire en las zonas de mayor impacto en el país.
- Dar un enfoque regional a la problemática de la contaminación atmosférica (fuentes fijas y móviles), armonizando la legislación existente, teniendo en cuenta las particularidades de las problemáticas identificadas.
- Realizar campañas de sensibilización y educación dirigidas a la comunidad en general, para aumentar la conciencia sobre los problemas de contaminación atmosférica.



# 9 Conclusiones



## 9.1 Generalidades de la calidad del aire

Al comparar el monitoreo de contaminantes atmosféricos a nivel mundial con respecto a los parámetros a los cuales se les realiza seguimiento en Colombia, se pudo establecer que los contaminantes criterio (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO) son monitoreados en todos los sistemas de vigilancia de calidad del aire consultados. La tendencia a nivel mundial es pasar del monitoreo de Partículas Suspendidas Totales - PST al de partículas de menor tamaño, tales como PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, las cuales causan mayor afección a la salud de la población.

De acuerdo a las experiencias internacionales, en el exterior la contaminación del aire está marcada por el desarrollo de estudios técnicos como inventarios de fuentes de emisión, en muchos casos elaborados anualmente y la predicción espaciotemporal de la contaminación atmosférica, que sirven como insumo para el análisis del estado de la calidad del aire y los impactos a la salud de las poblaciones más expuestas, además para la formulación de políticas, actualización de normas y el desarrollo de estudios de investigación en pro del mejoramiento de la calidad del aire así como del control y la prevención de su contaminación.

Si bien Colombia ha tenido importantes avances en la prevención y control de la contaminación atmosférica y algunas ciudades han desarrollado este tipo de iniciativas, el país presenta ciertas falencias en el desarrollo de inventarios de fuentes de emisión, aplicación de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos, desarrollo de estudios epidemiológicos y estimaciones económicas de la problemática de calidad del aire, que debe tratarse de manera global e integral, involucrando áreas de mayor cobertura como se realiza en otros países,

con el fin de tomar medidas que minimicen el impacto a la salud de la población expuesta a este tipo de contaminación.

De manera general, algunos factores como los asentamientos poblacionales, el crecimiento económico, el consumo y la calidad de combustibles, el crecimiento de la industria manufacturera, la movilidad, los hábitos de uso de los vehículos y de conducción, la edad del parque automotor, el estado de las vías, entre otros, son determinantes en el estado de la calidad del aire y así mismo en el aumento o disminución de los niveles de contaminación atmosférica.

Según proyecciones del DANE (s.f.) entre los años 2007 y 2010 la población en Colombia aumentó en un 3,6%. De las 20 poblaciones más habitadas, el 60% cuenta con sistemas de vigilancia de calidad del aire que monitorean y vigilan los contaminantes atmosféricos que causan impacto sobre la salud humana. En estas ciudades los procesos de urbanización son más intensos que en poblaciones menos habitadas y por ende el impacto en la calidad del aire; sin embargo algunas poblaciones con menor número de habitantes pueden tener un mayor deterioro de la calidad de aire, debido a problemáticas puntuales y específicas, que afecten en gran medida la salud de la población expuesta.

Por otro lado el crecimiento económico es un indicador de la productividad de un país, sin embargo con relación a la calidad del aire, al incrementar la productividad se consume mayor cantidad de combustibles fósiles aumentando la cantidad de emisiones a la atmósfera. Durante los años 2007 a 2009 el producto interno bruto de Colombia aumentó en 19.594 miles de millones de pesos (precios corrientes 2005), (DANE, 2011)

Adicionalmente, las entidades territoriales que generaron los mayores aportes al PIB nacional durante los años 2007-2008, fueron

en su orden Bogotá D.C., Antioquia, Valle del Cauca y Santander, éstos aportaron en el año 2006 el 56,2% y en el 2007 el 57,5% del PIB nacional (DANE). En estas entidades se desarrollan con mayor intensidad los procesos de urbanización (aumento de población, servicios e infraestructura) y por ende se incrementa el consumo de combustibles y el crecimiento de la industria manufacturera. Según la encuesta nacional manufacturera 2009, el 72,3% de las industrias estaban ubicadas en las áreas metropolitanas de Bogotá D.C., Medellín y Cali; 14,7% se concentraron en Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Manizales, Cúcuta y Cartagena.

En el año 2009 el sector transporte consumió el 36,6% del consumo energético final, mientras que el sector industrial y el residencial participaron con 24,3 y 22,2%. Por otro lado en el consumo de derivados del petróleo, el uso del ACPM ocupa el primer puesto y continúa creciendo, seguido de la gasolina para motor; este último ha registrado una tendencia decreciente debida, entre otros factores, a la sustitución por gas natural vehicular, a la mezcla de etanol y al cambio de tecnología en los vehículos.

Con el fin de abordar el tema de la calidad de los combustibles, que tiene un gran impacto en la calidad del aire, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial realizó una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) sobre combustibles, que contó con la participación de más de 30 entidades relacionadas con el tema (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Mediante esta evaluación se logró la priorización de políticas sectoriales relacionadas con la calidad del aire y la calidad y precio de los combustibles. En este sentido los Ministerios de Ambiente y de Minas y Energía expidieron en el año 2007 la Resolución 18 2087 la cual permitió que se iniciara en el año 2008 la distribución

de diesel de 500 partes por millón (ppm) de azufre en Bogotá y que a partir de enero de 2010 se distribuyera diesel de 50 ppm de azufre en esta ciudad; para el resto del país se estableció la distribución de diesel de 50 ppm de azufre a partir de enero de 2013. En cuanto a la calidad de los combustibles utilizados por los sistemas de transporte masivo, a partir de enero de 2010 todos utilizan diesel de 50 ppm de azufre.

Si bien el uso de combustibles tiene una incidencia importante en la generación de contaminantes atmosféricos y el deterioro de la calidad del aire, otros factores como la movilidad, los hábitos de conducción, la edad del parque automotor, el estado de las vías y las industrias afectan negativamente el estado de la calidad del aire en las ciudades.

La política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros (CONPES 3167 - 2002), propuso estrategias para optimizar los servicios de transporte en las ciudades del país con más de 600 mil habitantes; actualmente en el país operan y/o se encuentran en proceso de construcción siete Sistemas Integrados de Transporte Masivo - SITM, en las ciudades de Bogotá - Soacha (TRANSMILENIO), Barranquilla (TRANSMETRO), Bucaramanga (METROLINEA), Santiago de Cali (MIO), Cartagena (SITMC), Medellín (METROPLUS), y Pereira -Dosquebradas (MEGABUS); estos sistemas mejoran la movilidad de los centros urbanos y como consecuencia la calidad del aire y las emisiones de ruido en dichas ciudades.

En cuanto a la distribución y crecimiento de la flota vehicular en el país, de acuerdo con una investigación realizada por el Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana Regional de la Universidad de los Andes, se espera que para el año 2040 se alcance unos 25 millones de vehículos, de los cuales cerca de 13 millones



serán motos, las cuales emiten gran cantidad de contaminantes atmosféricos debido a la carencia en su gran mayoría de sistemas de control de emisiones (Behrentz, 2010)

Vale la pena tener en cuenta que si bien en algunas ciudades del país se han realizado estudios epidemiológicos para tratar de determinar el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población, es necesario encaminar los esfuerzos tanto del sector privado como del Gobierno, de manera que se minimicen estos impactos, que de acuerdo con cifras de la Organización Mundial de la Salud causan alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo. (Organización Mundial de la Salud, 2011)

248

## 9.2 Monitoreo de la calidad del aire y medición de las variables meteorológicas en Colombia

De un total de 137 estaciones de monitoreo de la calidad del aire pertenecientes a los SVCA de 19 Autoridades Ambientales que funcionaban durante el período de estudio en el país, el contaminante más monitoreado es el material particulado menor a 10 micrómetros – PM10, medido en 117 estaciones, seguido de los dióxidos de azufre y de nitrógeno medidos en 47 estaciones. Con respecto a las variables meteorológicas la precipitación, la velocidad y la dirección del viento son medidas en 55 estaciones que representan el 40% de las estaciones totales; en segundo lugar se encuentra la temperatura que se mide en 44 estaciones, que representan el 32%; en un tercer lugar se encuentra la presión atmosférica, la cual es medida en 41 estaciones, que representan el 30% del total.

A sabiendas que la calidad del aire varía dependiendo de la intensidad de las actividades económicas, las condiciones topográficas y meteorológicas y el crecimiento demográfico que se desarrolle en una población, este informe pretende mostrar de manera general el estado del recurso aire en las zonas donde se realiza monitoreo de los contaminantes atmosféricos; por lo tanto la información que se presentó en este informe no es comparable entre Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire debido a que cada zona cuenta con diferentes procesos de urbanización e industrialización.

De manera global, el comportamiento de los contaminantes medidos en Colombia mostró variaciones durante el periodo de estudio (2007-2010); los parámetros de SO<sub>2</sub> y PST presentaron concentraciones que disminuyeron a través del tiempo, mientras que las concentraciones de PM10, CO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> no presentaron una tendencia marcada a nivel nacional sino un comportamiento particular en cada zona donde fueron monitoreados.

Las concentraciones de Monóxido de Carbono en los SVCA que monitorearon este parámetro se mantuvieron alrededor de los 2 ppm (mediana de las mediciones), concentración que no causa perjuicios a la salud humana. Sin embargo algunas excedencias a la norma horaria se presentaron en el SVCA de la CVC en el año 2009 llegando a una máxima concentración de 51,40 ppm y a la norma 8 horas en los SVCA de la SDA y CVC en los años 2007 y 2009 con valores por encima de los 10 ppm.

El parámetro Ozono fue monitoreado por cinco autoridades ambientales durante el periodo de análisis (SDA, CVC, CDMB, CORANTIOQUIA y AMVA) en el cual se presentaron registros que superaron la norma horaria y 8 horas para casi la totalidad del periodo de análisis en todos los SVCA que monitorearon este parámetro, presentando porcentajes de excedencia

sobre el número total de datos entre 0,1 y 4,4%. Para este parámetro no se observa una tendencia de disminución o aumento del contaminante a nivel nacional y se debe considerar de manera particular para cada zona o ciudades de monitoreo, por ejemplo, se observa que en los SVCA de las ciudades de Bucaramanga y Bogotá los promedios se encontraron por debajo de 15 ppb, mientras que en las jurisdicciones de AMVA y CORANTIOQUIA las concentraciones aumentaron en algunos años. La mayor concentración se presentó en el SVCA de la CVC para el año 2009 superando 20 ppb.

Durante el periodo de estudio para una exposición de 8 horas la máxima concentración se presentó en la SDA con 103,7 ppb en el año 2010, mientras que para el periodo de exposición horario el valor máximo se presentó en el AMVA con 168,5 ppb en el 2009.

El cálculo del Índice de Calidad del Aire para periodos de exposición de 8 horas, presenta en su mayoría una clasificación Buena, sin embargo para datos horarios de ozono las clasificaciones Dañina a la salud y Dañina a la salud para grupos sensibles se presenta con porcentajes superiores de 0,2 y 0,4 sobre el total de datos registrados.

En cuanto a los Óxidos de Nitrógeno monitoreados en 6 SVCA, los niveles de contaminación son bajos con respecto a la norma diaria y horaria, estando por debajo del 40% y 20% respectivamente. Particularmente la CAR y el AMVA presentaron algunas excedencias a la norma diaria y la SDA, la CVC y CORANTIOQUIA a la norma horaria. Teniendo en cuenta las concentraciones del año 2007, en todos los SVCA excepto en AMVA, los niveles aumentaron a 2010. Durante el periodo de estudio para el periodo de exposición de 24 horas la máxima concentración presentada fue de 141 ppb

en el año 2008 en la jurisdicción de la CAR y mientras que para el periodo de exposición horario el valor máximo se presentó en SDA con 158,7 ppb en el 2010.

Los Óxidos de Azufre por su parte fueron monitoreados en 5 SVCA, en ellos las concentraciones se encontraron dentro de los niveles máximos permisibles establecidos por la norma durante los años 2007 – 2010; la mediana máxima representó solo el 5 y 21 % de la norma de 3 y 24 horas respectivamente. Sin embargo algunas excedencias se presentaron en el SVCA de la CVC en el año 2009 con valores por encima de los 300 ppb. En general este contaminante ha disminuido a través de los años en la mayoría de las zonas de monitoreo, este hecho se puede atribuir al mejoramiento de los combustibles fósiles usados por el parque automotor en las principales ciudades del país, así como los programas de reducción de contaminación que se desarrollan en cada ciudad.

En cuanto al material particulado, en Colombia se ha evidenciado una disminución en la medición de PST del 33% comparado con la medición del 2006, sin embargo las partículas suspendidas menores a 10 micras han tomado relevancia incrementando su medición en un 28% comparado con la medición del 2006. Éste último es considerado uno de los contaminantes que causa mayor deterioro a la calidad del aire y a la salud humana.

Las Partículas Totales Suspendidas fueron monitoreados en los SVCA de CORPOCESAR, CORPAMAG, CORPOGUAJIRA, CORPOCALDAS y CORTOLIMA durante los años 2007-2010; en ellos la tendencia general de este contaminante a través del tiempo es a disminuir, los niveles de concentración representaron el 32,6 % de la norma diaria, sin embargo en algunas estaciones de CORPOCESAR y CORPAMAG se presentaron excedencias a la norma.

En cuanto al material particulado menor a diez micras – PM10, fue monitoreado en 14 SVCA a nivel nacional con un total de 117 puntos de monitoreo, para caracterizar el contaminante dentro de las zonas de estudio. La mediana máxima registrada representa alrededor del 45% de la norma diaria de este parámetro. Las máximas concentraciones se presentan en la jurisdicción de CORPOCESAR debido a la actividad minera que se desarrolla en la zona, llegando a valores de 312,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el año 2010. Sin embargo, el Índice de Calidad del Aire calculado para los registros diarios de PM10, arrojó que el 71,27% de los datos obtenidos en la SDA, AMVA, CDMB, CORPAMAG, CORANTIOQUIA, CAR, CORPONOR y CORPOCESAR se encuentran en estado Bueno, el 28,03% son clasificados como calidad de aire moderada y el 0,62% restante corresponde a calidad del aire Dañina a la salud para grupos sensibles, las clasificaciones Dañina a la salud y Muy dañina a la salud registraron porcentajes de 0,02 y 0,05 respectivamente.

Los SVCA de CDMB, CARDER, CORPAMAG, CORPOBOYACA, CORPOCALDAS y CORPOGUAJIRA, no presentaron excedencias anuales de PM10 durante el periodo 2007-2010.

A continuación se presenta el análisis de la información de PM10 reportada por los SVCA que midieron este parámetro durante el período de estudio, esta información fue consultada por el IDEAM a cada una de las autoridades ambientales; vale la pena aclarar que la operación de los SVCA es un proceso dinámico y es probable que a la fecha de publicación de este informe ésta haya cambiado.

Durante el período de estudio el SVCA de la CDMB contaba con 5 estaciones que monitorearon PM10. Así mismo este contaminante ha disminuido a través del tiempo llegando en el año 2010 a una

mediana por debajo de los 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; sin embargo en la estación Zona Centro se presentaron las mayores concentraciones de PM10 superando en el año 2007 la norma anual establecida. Por otro lado el Índice de calidad del aire calculado para este contaminante en su mayoría se clasificó como bueno, aproximadamente el 80% del total de los datos diarios registrados en las estaciones que monitorean este contaminante durante los años 2007 – 2010 se encontraron en esta clasificación, mientras el 20% restante clasificó como Moderada.

Dentro del SVCA de CARDER las estaciones que presentaron mayores concentraciones de PM10 durante el periodo analizado fueron Balalaika y Centro Tradicional, llegando a concentraciones promedio anuales sobre los 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo los datos no cumplieron con la integridad temporal, dado que las estaciones operaron durante periodos de seis meses.

En el SVCA de CORPAMAG contaba durante el periodo de estudio con siete estaciones de monitoreo de PM10, que presentaron concentraciones anuales por debajo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las estaciones Carbogranules en el año 2007 y Costa verde en el año 2009 registraron las mayores concentraciones del periodo. Por otro lado el Índice de Calidad del Aire calculado para este contaminante resultó en su mayoría clasificado como Bueno con el 95.53% de los datos.

La estación Nazareth presentó la máxima concentración durante el periodo analizado para el SVCA de CORPOBOYACÁ con un valor superior a 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; adicionalmente la estación El Recreo también superó la norma anual en el año 2010.

En el año 2007 en el SVCA de CORPOCALDAS se presentó la máxima concentración diaria de PM10 en la estación Centro Liceo superando los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las estaciones de Plan Bonito, la Jagua Vía y la Loma Centro fueron las que presentaron las máximas concentraciones de PM10 dentro del SVCA de CORPOCESAR. Estos niveles de concentración obedecen a la actividad minera que se desarrolla en su jurisdicción. Por otro lado el Índice de Calidad del Aire calculado para este contaminante resultó en su mayoría clasificado como Bueno con el 78,72% de los datos obtenidos en el periodo de estudio, el 20,18% clasificado como Moderada y el 0,99 % como Dañina a la salud para grupos sensibles.

Las estaciones que operaron de manera continua en la jurisdicción de CORPOGUAJIRA durante el periodo 2007 -2010 fueron Roche, Hatonuevo y Barrancas, siendo esta última la que registró la máxima concentración anual durante el año 2007 con un promedio de 60.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Si bien, las concentraciones generadas por el SVCA de CORTOLIMA no superaron la norma diaria y anual, los registros no fueron suficientes para caracterizar las condiciones de contaminación atmosférica en los puntos de monitoreo de esta Autoridad Ambiental.

En el SVCA de la CVC, las estaciones que monitorearon este parámetro no superaron la norma anual de calidad del aire; vale la pena resaltar que la estación Palmira mantuvo un registro continuo durante todo el periodo de análisis; por otro lado para el año 2010 las concentraciones en las estaciones Palmira y Yumbo fueron similares presentando registros de 48 y 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

En la jurisdicción del Área Metropolitana de Medellín, las estaciones Universidad Nacional y Aguinaga, presentaron las mayores concentraciones durante el periodo de análisis superando en algunos años la norma anual con concentraciones por encima de los 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en contraposición la estación Barbosa presentó las menores concentraciones por

debajo de los 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otro lado el índice de Calidad del Aire calculado para los registros diarios de PM10, mostró que el 65,89% de los datos obtenidos en el periodo de estudio fueron clasificados como calidad del aire Buena, el 33,97% como Moderada y el 0,14 % como Dañina a la salud para grupos sensibles.

En el SVCA de la ciudad de Bogotá, las mayores concentraciones se registraron en las estaciones de Carvajal y Kennedy con valores anuales por encima de los 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; sin embargo, aunque las medianas aumentaron ligeramente a través de los años, las concentraciones máximas de este contaminante, en términos generales, han disminuido paulatinamente. El Índice de Calidad del Aire calculado para los datos horarios de PM10, mostró que el 67,39% de los datos obtenidos en el periodo de estudio fueron clasificados como calidad del aire Buena, el 32,23% como Moderada y el 0,34 % como Dañina a la salud para grupos sensibles.

Los datos reportados por la Corporación Autónoma Regional –CAR sobrepasaron la norma anual durante el año 2009 en las estaciones ubicadas en los municipios de Mosquera (Sena y Villa), Tocancipá (Tibitoc) y Zipaquirá, llegando a un registro máximo diario de 357  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El Índice de Calidad del Aire calculado mostró que el 77,33% de los datos obtenidos en el periodo de estudio fueron clasificados como calidad del aire Buena, el 22,44% como calidad del aire Moderada y el 0,19 como Dañina para la Salud de Grupos Sensibles.

En el SVCA de CORANTIOQUIA, durante los años 2007 y 2008 se presentaron registros máximos diarios de 155 y 241  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. El Índice de Calidad del Aire calculado muestra que el 69,18% de los datos obtenidos en el periodo de estudio son clasificados como calidad del aire Buena, el 29,80% Moderada y el 0,9% Dañina a la salud para grupos sensibles.

En la jurisdicción de CORPONOR la estación Panamericano presentó las mayores concentraciones en PM10; por otro lado la estación Sena presentó un incremento en los niveles de concentración llegando en el año 2010 a un promedio anual alrededor de  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante los años 2008 a 2010 se registraron concentraciones que superaron la norma diaria de este contaminante, con valores máximos diarios por encima de  $154,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por otro lado, el Índice de Calidad del Aire calculado muestra que el 68,71% de los datos obtenidos en el periodo de estudio son clasificados como calidad del aire Buena, el 29,68% como Moderada y el 1,62 % como Dañina a la salud para grupos sensibles.

252

Finalmente vale la pena anotar que en algunos casos los datos de calidad del aire que se presentaron en este informe no cumplieron con la integridad temporal, es decir que la información registrada no refleja en su totalidad el estado de la calidad del aire durante un periodo de tiempo determinado.

El aumento o disminución de algunos contaminantes atmosféricos se relaciona con el comportamiento meteorológico de la zona. Por ejemplo, la radiación solar aumenta la generación de ozono troposférico, mediante la reacción de dióxidos de nitrógeno y otros compuestos, así mismo la precipitación favorece el arrastre del material particulado generando una disminución en las concentraciones de PST y PM10 en la atmósfera.

De lo anterior y según la correlación observada, a partir de los datos de material particulado menor a 10 micras y los valores de precipitación registrados durante el año 2010 se observó que para la ciudad de Bogotá durante los periodos de menor precipitación (primer trimestre del año), se registró un aumento en la concentración de PM10, contrario a lo sucedido en los meses de mayor

precipitación en los cuales se observó una disminución en la concentración registrada para este contaminante.

Para la ciudad de Medellín se registraron los valores mas bajos de concentración de PM10 en el periodo de abril y junio en donde los milímetros de precipitación caídos sobre la zona aumentaron considerablemente con respecto a la situación presentada en el primer trimestre del año en la cual se observó un aumento en los valores de PM10.

Situación similar a la presentada en las ciudades de Bogotá y Medellín ocurrieron para las ciudades de Bucaramanga, Cali y la Zona Minera del Cesar en donde los meses con las más altas precipitaciones, principalmente durante el segundo semestre del año registraron a su vez un descenso en los valores de concentración, mientras valores próximos a  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registraron para Cali y la Zona Minera del Cesar respectivamente, en los meses mas secos del año en cuestión.

En referencia a la correlación presentada entre las concentraciones de ozono y los valores de radiación solar para el año 2010 en algunas de las principales ciudades del país, se observó que para la ciudad de Bogotá los meses de mayor intensidad en radiación solar se presentaron durante el primer trimestre del año con valores cercanos a los  $240$  y  $180 \text{ W}/\text{m}^2$ , al igual que las mayores concentraciones de ozono con valores próximos a los 19 y 17 ppb respectivamente, contrario a esto durante finales del segundo e inicios del tercer trimestre del año disminuyó dicha intensidad y se mantuvo estable con valores entre los  $140$  y  $160 \text{ w}/\text{m}^2$  hasta inicios del segundo semestre del año.

Situaciones similares se presentaron en algunas estaciones de los SVCA de ciudades como Bucaramanga (Estación Centro), Medellín (Estación Ditaires) y Cali (Estación

Éxito la flora) en donde el comportamiento temporal de la radiación solar registró los más altos valores de intensidad durante el primer trimestre del año al igual que las concentraciones más altas de ozono, para luego estabilizarse durante el periodo de mayo – julio. En relación al comportamiento horario de la radiación solar y las concentraciones de ozono se registraron los menores valores de concentración para este contaminante durante las primeras 6 horas del día, valores que incrementaron paralelo al aumento en los valores de radiación solar durante las 6 horas siguientes.

### 9.3 Ruido

En general, los niveles de ruido en los municipios o ciudades que se muestran en el Capítulo 5 de este informe presentan mayores valores en horario diurno que en horario nocturno, con valores que oscilan entre 49 - 90 dB (A) de día y 39 - 94 dB (A) de noche. En el país la contaminación por ruido está relacionada con los procesos de urbanización de las poblaciones; en horario diurno la generación de ruido es atribuida generalmente a problemas de movilidad, estado de la malla vial, la edad y el mantenimiento del parque automotor, además el desarrollo de actividades comerciales como almacenes, locales, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros comerciales, obras civiles, entre otros, mientras que en horarios nocturnos se atribuye a la operación de establecimientos comerciales con fines recreativos como, restaurantes, bares, discotecas, tabernas, bingos y casinos.

La gestión para la mitigación del ruido que realizan las autoridades ambientales competentes se centra principalmente en el desarrollo de actividades de sensibilización y educación; el 37% de las autoridades ambientales encaminan sus programas en este sentido, con el fin de lograr cambios

en el comportamiento de los ciudadanos y crear conciencia de la problemática. El 25% de las autoridades realiza seguimiento a los establecimientos identificados como generadores de ruido severo y el 23% de ellas desarrolla programas encaminados hacia el control de las emisiones de ruido.

Si bien, los programas desarrollados por las Autoridades Ambientales han arrojado buenos resultados, se evidencia la necesidad de dirigir los programas de prevención y mitigación de ruido hacia la optimización de sistemas de transporte público que beneficien la movilidad, mejorar la malla vial, el estado técnico mecánico del transporte, así como la implementación de programas de cultura ciudadana a los conductores y medidas dirigidas hacia la solución de conflictos por el uso de suelo que se presentan por la actividad de los establecimientos comerciales nocturnos.

### 9.4 Olores ofensivos

Según el estudio realizado por el entonces MAVDT en el año 2010<sup>1</sup>, las actividades industriales que presentaron mayor cantidad de quejas por la generación de olores ofensivos en el país, fueron en su orden la cría y explotación industrial de animales, el recubrimiento de superficies, la industria de fabricación de alimentos, la industria química y el manejo de aguas residuales.

Las jurisdicciones en las que se presentaron el mayor número de quejas fueron en su orden, CDMB, AMVA, CAM, CORPOCHIVOR y CORPOCALDAS; este estudio permitió contar con información a nivel nacional sobre olores ofensivos y permitirá el desarrollo de normatividad en esta materia, la cual incluirá las actividades causantes de quejas por olores

1. Convenio 42 de 2010 MAVDT – UPB para la revisión y determinación de umbrales, estándares de emisión y protocolos de medición para la estructuración de normas en materia de olores ofensivos, informe de avance, 2010.

ofensivos, las sustancias asociadas y las técnicas de medición analíticas y sensoriales requeridas para la determinación de sustancias causantes de estos olores.

## 9.5 Gestión de la calidad del aire en las principales ciudades del país

Como resultado de una encuesta realizada por el IDEAM durante el último trimestre del año 2010, enviada a las autoridades ambientales que cuentan con un SVCA, se logró determinar los avances en la gestión de calidad de aire que se han llevado a cabo en el país. En ella se trataron temas como los programas y/o planes desarrollados y los resultados de los mismos, el uso y finalidad de los datos de calidad de aire obtenidos del SVCA, la declaración de estados excepcionales y las debilidades y fortalezas de los SVCA. Con respecto a los programas adelantados por las Autoridades Ambientales el primer lugar lo ocupan los que se desarrollan en el tema de fuentes fijas con un 79%, seguido de fuentes móviles con un 63%. Así mismo todas las Autoridades utilizan la información de calidad del aire para elaborar informes.

En relación con la declaración de los estados excepcionales el 47% de las Autoridades encuestadas pueden declararlos con la información generada en sus SVCA, mientras que el 37% considera que no es posible.

Otro aspecto de suma importancia es el relacionado con las fortalezas y las debilidades manifestadas por las Autoridades encuestadas; dentro de las fortalezas en primer lugar se

encuentra el recurso humano especializado y con experiencia en temas de contaminación atmosférica con un 53%, la infraestructura y el cubrimiento con un 42%, el procesamiento y la disponibilidad de datos con un 32%. Por otro lado entre las debilidades se encuentran, en primer lugar la disponibilidad de recursos físicos con un 68%, en segundo lugar el presupuesto con un 53% y en tercer lugar la falta de personal con 42%.

## 9.6 Limitaciones de los SVCA en Colombia, propuestas para el fortalecimiento y recomendaciones

La principal necesidad identificada de los SVCA es la implementación de un sistema de gestión de calidad, que involucre programas de mantenimiento y calibración de equipos, capacitación al personal operativo y administrativo, control de calidad de los datos, y todos los requerimientos considerados en el capítulo 8. Esta implementación se constituirá en la principal herramienta para el fortalecimiento de los SVCA a nivel local.

Por otro lado, para lograr el fortalecimiento de los SVCA a nivel nacional, el primer paso que se debe dar es promover el intercambio de conocimiento, experiencia y el desarrollo de capacidades entre los distintos SVCA existentes en el país, con el fin de optimizar la operación y administración de los SVCA; este enfoque permitirá abordar la problemática de forma regional y no local como se ha venido haciendo.



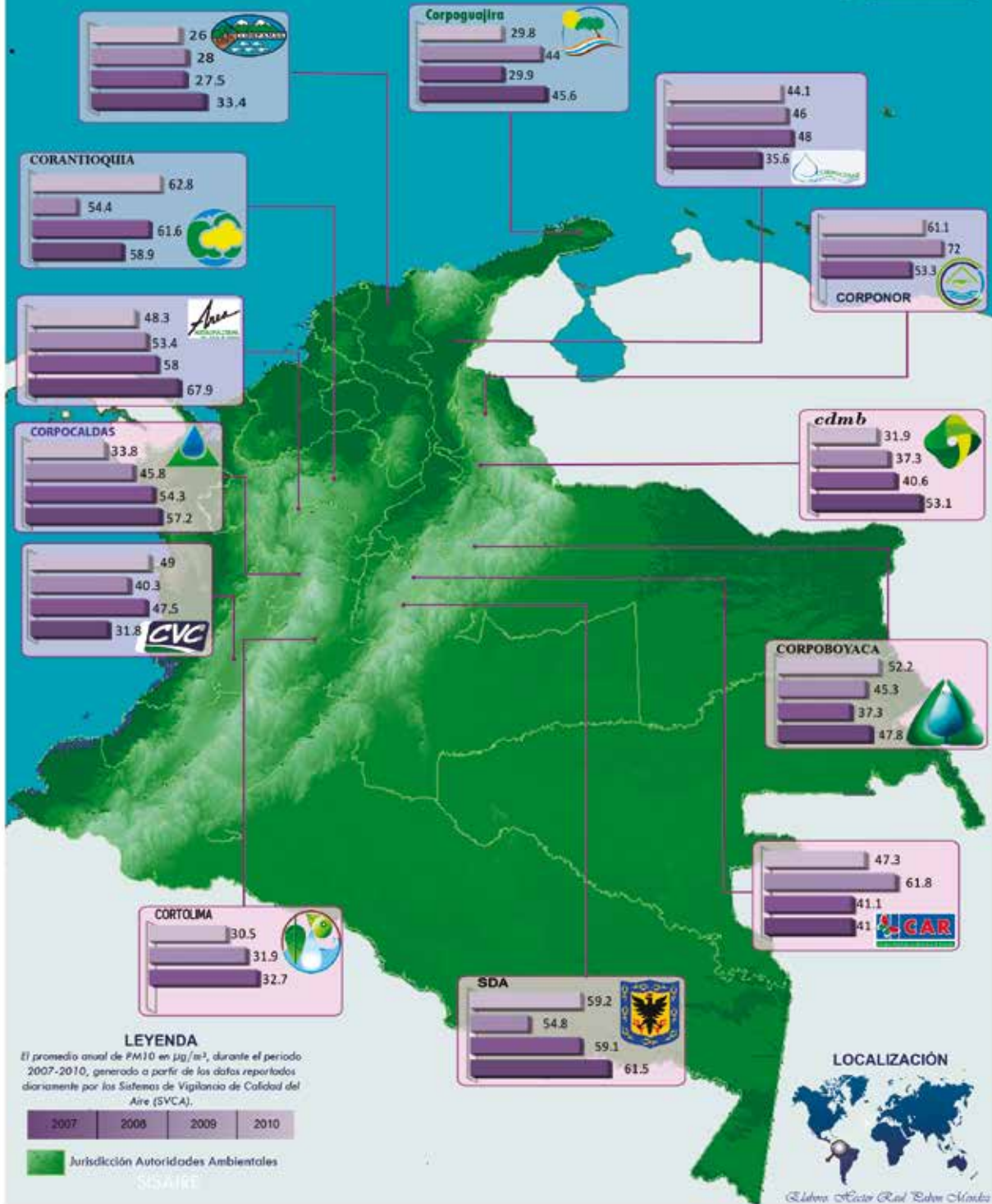






# **Ilustraciones de concentración a nivel Nacional**

# CONCENTRACION PROMEDIO ANUAL DE PM10 EN LOS S.V.C.A.



**LEYENDA**  
 El promedio anual de PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , durante el periodo 2007-2010, generado a partir de los datos reportados diariamente por los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA).

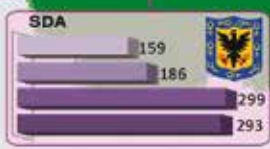
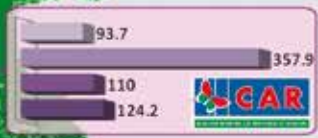
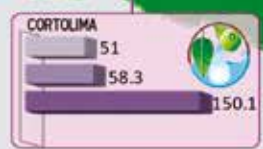
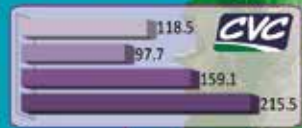
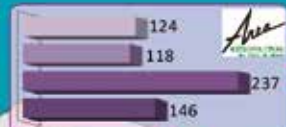
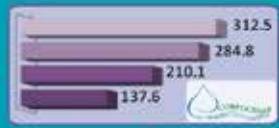
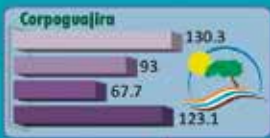
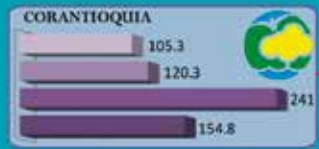
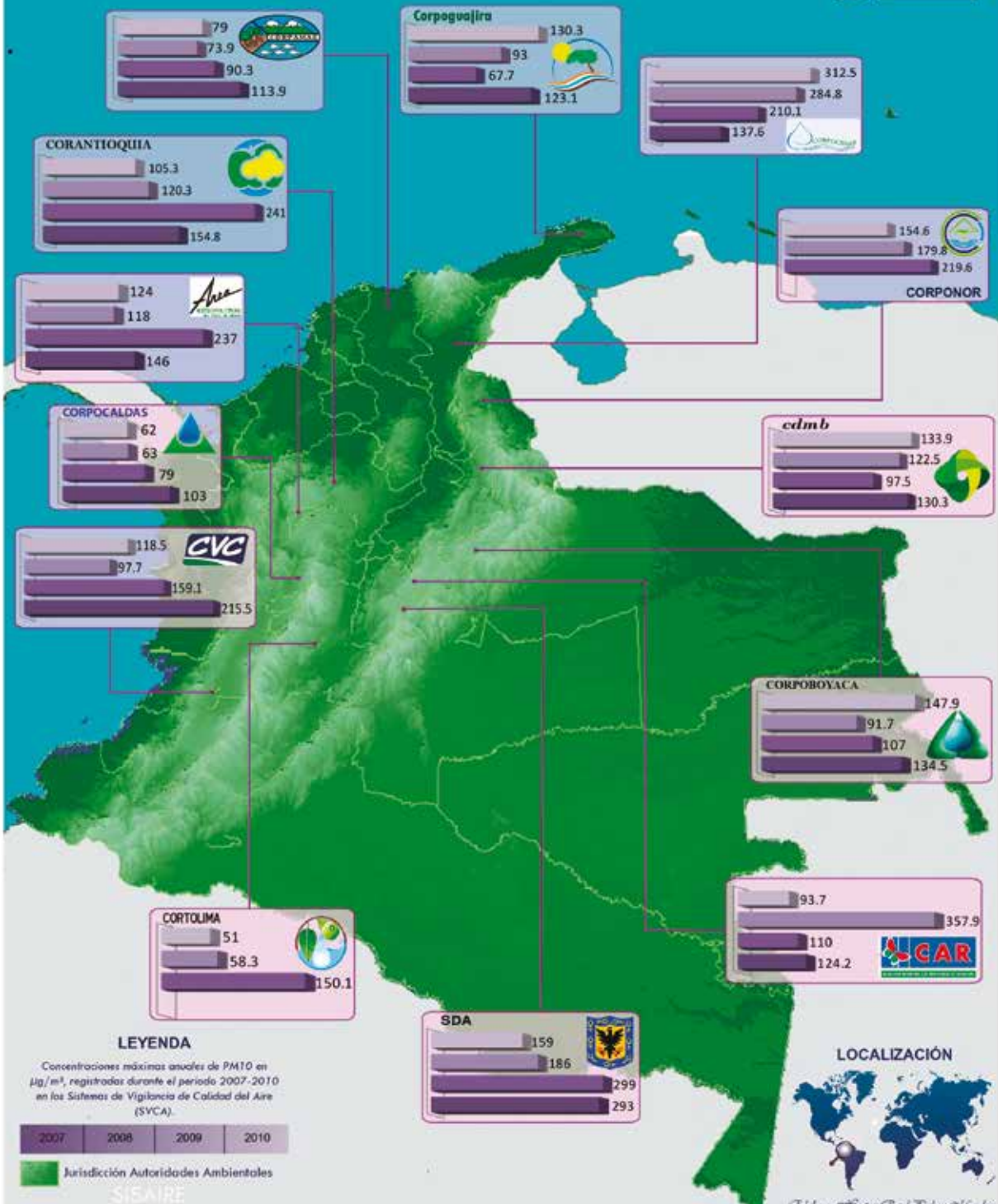
2007	2008	2009	2010
------	------	------	------

Jurisdicción Autoridades Ambientales

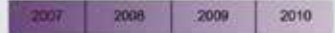


© Leyes, Acuerdos, Resoluciones, Decretos

# CONCENTRACION MAXIMA ANUAL DE PM10 EN LOS S.V.C.A.



**LEYENDA**  
Concentraciones máximas anuales de PM10 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registradas durante el periodo 2007-2010 en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA).



Jurisdicción Autoridades Ambientales  
**SISAIRE**



# CONCENTRACIÓN MÁXIMA ANUAL DE OZONO EN LOS S.V.C.A.



## LEYENDA

Concentración máxima anual de Ozono en ppb registrados durante el periodo 2007-2010 en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire (S.V.C.A.)

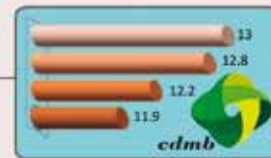
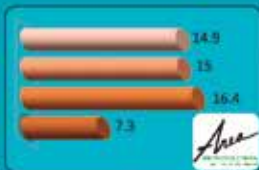


Autoridades Ambientales Colombianas  
SISAIRE

## LOCALIZACIÓN

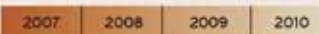


**CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE OZONO EN LOS S.V.C.A.**



**LEYENDA**

Concentración promedio horaria anual de Ozono en ppb registradas durante el periodo 2007-2010, en los Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire (S.V.C.A.)



Jurisdicción Autoridades Ambientales

SISAIRE

**LOCALIZACIÓN**



© Libro: *Como Realizar un Mapa*



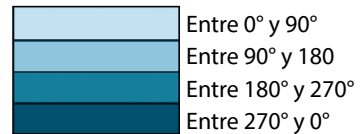
# ANEXOS

---

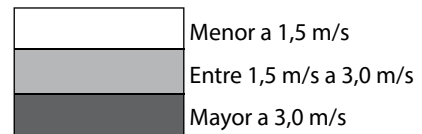


**Anexo 1. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación El Dorado, Bogotá D.C - IDEAM (1980-2009)**

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,8	17,8	12,2	24,9	25,5	30,9	34,4	39,1	27,4	22,7	8,8	5,4
1-2	7,4	17,8	13,0	19,9	24,8	31,9	35,7	36,8	24,6	22,3	7,3	6,0
2-3	5,9	14,3	16,9	26,9	28,2	30,7	38,6	38,2	20,2	22,1	10,9	9,6
3-4	11,5	16,9	21,6	23,9	25,0	30,2	38,9	38,0	21,8	23,4	8,5	14,5
4-5	17,1	20,9	22,8	31,5	28,6	32,9	40,6	37,3	22,7	21,4	13,9	20,6
5-6	18,3	23,7	21,2	28,1	28,9	33,1	42,6	41,1	20,0	23,5	16,4	22,2
6-7	21,2	28,1	30,8	31,3	34,7	41,9	49,9	48,0	32,9	29,4	19,1	26,5
7-8	30,5	37,0	36,1	42,3	45,4	49,3	58,6	64,9	41,8	38,7	33,7	34,4
8-9	46,3	46,1	47,0	54,5	58,4	66,5	79,4	87,8	69,8	49,6	42,8	43,2
9-10	57,0	62,1	64,0	73,0	75,8	89,2	100,9	106,9	94,0	68,9	57,3	54,4
10-11	73,0	80,2	74,3	89,5	95,6	103,7	108,5	118,3	105,5	84,6	66,2	64,6
11-12	90,8	91,1	93,3	111,5	105,5	110,6	115,9	119,6	114,8	112,4	69,2	73,0
12-13	177,5	171,8	214,8	149,0	115,6	114,6	118,4	125,4	122,6	157,5	271,8	121,2
13-14	222,8	225,8	243,1	191,1	125,3	119,4	122,3	127,3	131,6	193,0	268,9	215,3
14-15	239,4	246,3	248,8	225,1	136,7	117,9	123,1	128,1	134,8	214,1	264,2	236,4
15-16	247,0	245,8	250,6	238,3	127,0	115,7	125,1	129,9	134,5	214,5	270,4	248,7
16-17	251,1	252,1	258,6	260,0	111,9	108,4	120,5	125,5	129,8	204,8	274,5	262,8
17-18	259,9	263,6	281,0	272,7	98,3	100,5	118,1	122,2	118,9	237,9	286,6	280,6
18-19	309,1	321,4	319,0	334,6	58,5	86,1	105,2	105,3	91,9	23,3	320,6	335,8
19-20	346,4	1,8	349,5	5,6	41,7	68,0	82,4	84,1	59,7	17,0	336,4	355,5
20-21	0,0	20,7	3,4	13,7	37,4	56,2	60,0	72,5	41,6	17,2	354,0	2,1
21-22	5,2	22,2	8,6	25,2	31,2	46,6	53,7	57,3	31,1	18,2	4,5	8,0
22-23	8,5	18,0	13,5	23,6	25,4	38,2	46,5	49,5	32,7	21,7	9,4	11,6
23-0	11,0	16,9	11,5	22,6	26,5	32,4	40,0	41,2	24,9	22,6	11,1	7,2

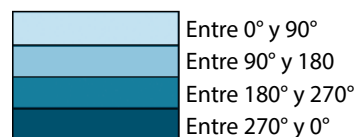


PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
1-2	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	0,9	0,8
2-3	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
3-4	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0
4-5	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	1,0
5-6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1
6-7	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2
7-8	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	1,8	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5
8-9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	2,0	2,2	2,0	1,5	1,5	1,7	1,9
9-10	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	2,2	2,5	2,6	1,9	1,5	1,5	1,8
10-11	1,4	1,4	1,3	1,4	1,9	2,7	3,2	3,3	2,5	1,4	1,3	1,7
11-12	0,9	1,1	0,7	1,3	2,1	3,0	3,7	3,6	2,6	1,2	0,9	1,3
12-13	0,6	0,6	0,8	0,9	1,8	2,9	3,5	3,5	2,4	0,9	0,2	0,5
13-14	1,4	1,3	1,4	0,8	1,5	2,6	3,3	3,2	2,0	0,8	0,8	0,7
14-15	1,8	1,4	1,8	0,9	1,0	2,2	3,0	2,8	1,7	0,9	1,2	1,0
15-16	1,7	1,5	1,5	1,0	0,8	2,0	2,6	2,5	1,4	0,8	1,2	1,1
16-17	1,3	1,3	1,1	0,7	0,7	1,9	2,2	2,2	1,2	0,4	1,0	0,9
17-18	0,8	0,7	0,7	0,4	0,5	1,8	2,1	2,0	1,0	0,2	0,8	0,6
18-19	0,4	0,3	0,5	0,3	0,6	1,6	1,8	1,7	0,8	0,4	0,6	0,5
19-20	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8	1,5	1,5	1,5	0,8	0,8	0,7	0,7
20-21	0,8	0,9	0,8	0,8	1,0	1,4	1,5	1,4	0,9	0,8	0,8	0,8
21-22	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	1,5	1,5	1,3	1,0	1,0	0,9	1,0
22-23	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,4	1,4	1,3	1,1	1,0	0,9	1,0
23-0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,1	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0

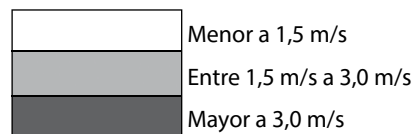


## Anexo 2. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Universidad, Nacional, Bogotá D.C - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	307,0	328,2	318,3	333,8	342,4	349,8	57,5	332,4	334,6	325,4	335,8	321,2
1-2	310,9	352,5	324,5	342,4	347,3	344,1	3,7	344,6	333,4	333,7	340,4	322,0
2-3	314,7	357,4	331,7	2,5	354,3	352,7	16,1	335,5	357,1	327,5	332,6	328,0
3-4	17,9	359,4	341,6	6,3	341,0	6,8	52,9	345,8	356,1	332,3	352,8	338,8
4-5	359,4	11,3	341,1	354,0	355,6	3,3	53,6	31,1	10,0	339,4	7,9	351,3
5-6	23,3	6,0	354,3	9,0	351,0	11,3	62,6	41,8	29,2	22,4	9,9	351,3
6-7	29,4	11,2	358,4	11,7	0,7	17,0	102,8	0,0	33,2	1,3	18,5	16,0
7-8	32,2	44,0	9,3	32,2	8,0	92,0	158,0	168,4	143,4	6,7	24,5	21,2
8-9	49,1	57,4	47,5	85,3	131,4	142,6	159,9	168,5	164,1	35,3	32,8	33,3
9-10	90,2	81,2	104,6	108,1	130,3	153,5	155,4	163,0	150,7	97,0	58,6	55,6
10-11	110,2	125,5	123,9	138,9	152,3	156,1	154,8	161,6	150,4	155,6	261,4	91,0
11-12	152,0	159,3	193,7	172,7	156,9	155,4	150,6	164,2	153,4	211,0	249,2	237,2
12-13	199,9	223,1	224,8	200,5	159,1	155,9	154,1	162,3	156,9	244,5	258,8	251,9
13-14	224,5	237,0	247,5	225,4	180,1	157,4	154,1	163,8	157,0	249,3	267,7	262,8
14-15	227,3	244,8	250,8	267,5	173,8	154,6	152,8	170,0	162,9	259,0	275,1	267,9
15-16	221,1	251,0	241,8	271,2	164,2	154,8	154,4	174,2	161,0	274,6	282,1	270,3
16-17	238,4	259,9	264,6	260,2	158,3	147,8	152,9	156,9	158,0	269,4	285,6	277,3
17-18	257,7	267,7	292,3	238,9	173,1	147,9	144,2	149,7	156,9	298,4	297,0	287,8
18-19	299,3	288,7	321,6	31,5	136,2	129,5	126,9	130,1	146,0	339,5	303,0	297,0
19-20	301,2	31,7	326,0	28,5	81,3	114,3	117,4	125,9	139,2	18,8	318,8	314,9
20-21	181,9	86,8	15,3	26,4	71,3	119,1	118,6	127,0	124,5	352,4	353,0	319,8
21-22	311,4	66,8	16,7	1,2	37,1	122,0	122,3	132,3	157,5	318,3	357,5	297,0
22-23	300,3	357,4	2,3	360,0	329,2	107,3	107,1	128,6	159,5	345,0	322,8	299,7
23-0	320,3	338,4	348,3	324,2	351,4	342,6	80,0	11,8	295,5	337,9	324,4	316,4

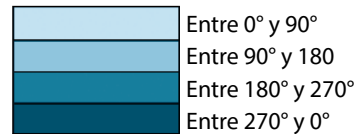


PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
1-2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
2-3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
3-4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
4-5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2
5-6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
6-7	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2
7-8	0,5	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4
8-9	0,4	0,4	0,3	0,4	0,1	0,8	1,2	1,0	0,9	0,3	0,4	0,5
9-10	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	1,2	1,7	1,7	1,7	0,3	0,2	0,6
10-11	0,8	0,5	0,5	0,7	0,9	1,6	2,1	1,9	2,1	0,3	0,0	0,4
11-12	0,6	0,5	0,5	0,7	0,9	1,8	2,3	2,1	2,1	0,6	0,5	0,4
12-13	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	1,7	2,3	2,1	2,0	0,8	0,9	1,2
13-14	1,0	1,0	0,9	0,6	0,8	1,6	2,1	1,8	1,9	0,9	1,1	1,3
14-15	0,8	1,0	0,7	0,6	0,7	1,4	2,0	1,6	1,7	0,8	1,0	1,3
15-16	0,5	0,8	0,6	0,6	0,5	1,3	1,8	1,4	1,6	0,6	0,7	1,2
16-17	0,4	0,6	0,5	0,3	0,6	1,1	1,6	1,1	1,3	0,4	0,6	0,9
17-18	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,9	1,2	1,0	0,8	0,1	0,5	0,6
18-19	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7	0,8	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4
19-20	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3
20-21	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,5	0,6	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3
21-22	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
22-23	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,2	0,2	0,3
23-0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3

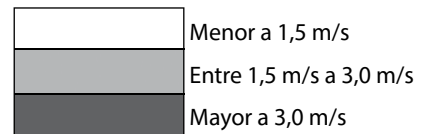


### Anexo 3 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Tibaitatá, Bogotá D.C - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	17,2	10,0	17,5	19,9	21,9	27,4	26,8	35,5	10,3	10,2	16,3	11,3
1-2	13,1	14,2	22,7	20,8	18,4	22,7	23,5	31,4	25,4	15,6	12,7	22,0
2-3	14,8	19,6	16,5	27,5	24,5	23,4	28,0	26,3	24,1	11,1	18,4	12,0
3-4	10,5	20,9	20,7	24,1	26,3	28,2	26,0	25,4	31,7	10,0	25,0	12,0
4-5	15,1	19,9	16,1	26,8	26,8	25,8	29,0	31,8	28,9	25,1	26,5	14,5
5-6	26,9	17,7	21,8	21,7	25,0	31,8	22,6	37,9	33,2	25,0	21,2	18,1
6-7	21,0	21,0	25,2	28,8	32,5	33,7	34,1	37,3	35,2	23,9	24,3	23,4
7-8	24,8	28,1	27,6	36,5	40,6	49,7	58,5	72,6	60,0	30,8	27,8	31,2
8-9	33,9	37,9	34,9	55,9	63,2	80,3	96,7	110,4	101,8	46,9	35,9	27,2
9-10	41,9	54,2	52,4	74,9	82,8	105,2	105,9	120,5	110,9	52,8	30,3	25,2
10-11	56,0	71,0	69,7	103,4	107,1	113,8	113,4	123,0	120,6	92,0	35,3	11,3
11-12	142,8	188,9	191,7	133,1	120,7	118,8	120,4	122,8	132,3	187,1	265,5	277,0
12-13	219,2	229,5	218,7	164,9	127,0	118,2	123,3	125,3	129,1	208,3	265,6	251,7
13-14	220,3	230,8	236,2	187,1	133,1	127,9	122,5	131,0	125,0	218,8	263,6	251,9
14-15	231,2	229,0	236,5	220,1	160,5	128,0	114,9	135,6	128,6	239,2	270,9	262,0
15-16	237,0	238,4	238,1	214,4	149,8	131,3	121,2	137,1	131,8	228,9	274,0	258,0
16-17	248,1	239,5	267,0	218,4	144,7	119,7	118,9	127,7	128,2	268,1	304,4	288,1
17-18	335,3	325,1	334,8	49,0	64,5	88,1	103,2	119,4	102,0	6,9	351,4	318,5
18-19	25,8	23,9	13,8	36,2	41,0	59,2	73,9	104,8	88,4	32,8	12,7	3,9
19-20	31,3	28,4	34,9	25,1	37,8	30,4	56,0	69,2	56,0	26,9	34,6	16,2
20-21	29,0	27,2	24,2	20,8	37,7	37,9	48,7	52,7	33,2	25,2	20,0	14,4
21-22	23,1	25,2	19,2	29,7	29,3	32,5	39,4	43,6	24,8	27,2	14,6	16,9
22-23	16,6	21,6	7,8	18,2	18,6	24,5	34,7	37,2	29,8	16,0	16,9	5,1
23-0	8,8	13,7	9,2	20,0	15,7	25,7	29,2	34,5	31,3	10,8	14,7	10,2

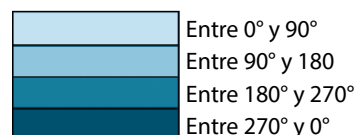


PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6
1-2	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,6
2-3	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6
3-4	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,6	0,7
4-5	0,9	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7
5-6	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	0,8	0,9	0,7	0,7
6-7	1,4	1,2	1,4	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2	1,4	1,3	1,3	1,1
7-8	1,8	1,8	1,9	1,7	1,6	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6
8-9	1,7	1,7	1,8	1,5	1,5	1,8	1,9	2,2	1,8	1,2	1,4	1,6
9-10	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	2,2	2,5	3,1	2,2	1,0	1,0	1,3
10-11	0,9	0,6	0,7	1,1	1,5	2,6	3,1	3,4	2,7	0,5	0,4	1,0
11-12	0,4	0,5	0,4	1,1	1,5	2,6	3,0	3,3	2,4	0,7	0,6	0,9
12-13	0,7	1,2	0,9	1,0	1,3	2,1	2,9	3,2	2,1	1,2	1,3	1,7
13-14	1,1	1,6	1,4	0,7	1,0	1,6	2,6	2,9	1,6	1,1	1,3	2,0
14-15	1,0	1,5	1,3	0,7	0,8	1,5	2,1	2,7	1,6	0,7	1,1	1,9
15-16	1,0	1,3	1,0	0,4	0,6	1,3	1,8	2,1	1,4	0,7	0,9	1,3
16-17	0,5	0,7	0,6	0,2	0,3	0,9	1,5	1,9	1,2	0,3	0,6	1,0
17-18	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	1,1	1,4	0,9	0,4	0,6	0,7
18-19	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	1,0	1,2	1,3	0,9	0,6	0,6	0,6
19-20	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9	1,2	1,2	1,0	0,9	0,9	0,7	0,8
20-21	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	0,8	0,8	0,7
21-22	0,8	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,6	0,8	0,6
22-23	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,6
23-0	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6

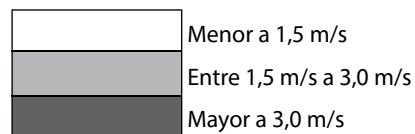


### Anexo 4. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Apto. Olaya Herrera, Medellín - IDEAM (1978-2009)

PROMEDIO HORARIO DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	12,8	11,4	9,1	18,6	11,4	13,1	14,7	15,6	14,2	2,8	25,1	13,8
1-2	14,3	13,6	7,7	19,8	13,5	18,2	13,6	17,2	25,2	33,2	28,3	13,4
2-3	15,1	11,6	11,8	12,8	21,2	20,4	16,8	25,8	27,1	35,6	27,9	13,8
3-4	13,0	13,1	11,8	16,4	8,3	16,9	5,4	34,5	28,6	8,7	22,5	12,6
4-5	4,2	10,2	16,9	15,2	8,6	17,5	8,7	81,8	32,9	303,2	28,2	12,2
5-6	2,8	1,4	35,3	35,9	203,3	207,9	284,2	133,3	238,7	301,7	5,0	7,9
6-7	353,1	357,6	326,2	318,6	254,4	259,9	275,8	269,3	242,1	291,4	327,2	356,6
7-8	359,9	357,9	342,8	342,6	321,6	338,0	326,8	348,7	388,2	345,2	0,3	1,1
8-9	5,8	1,3	3,3	2,9	355,0	347,7	355,5	354,5	348,9	348,1	359,1	358,1
9-10	5,2	8,5	5,2	3,4	357,0	354,4	359,9	358,2	1,0	356,0	357,8	358,6
10-11	2,8	5,2	8,0	0,3	359,0	353,1	3,9	1,9	2,2	359,5	354,1	355,5
11-12	2,6	8,0	3,5	10,6	4,3	358,9	12,5	14,8	5,8	10,5	1,5	359,4
12-13	5,7	9,3	6,7	9,0	1,7	21,3	54,1	53,8	70,1	182,1	141,8	6,0
13-14	12,8	19,3	7,0	19,9	60,3	71,7	79,1	80,6	119,4	186,0	183,7	339,0
14-15	14,6	23,2	20,9	6,0	133,2	105,0	92,6	86,8	141,3	187,2	327,9	6,0
15-16	13,5	22,9	21,1	21,6	122,1	97,1	91,6	92,1	137,4	194,0	6,7	6,7
16-17	18,4	26,6	16,9	18,1	79,2	84,4	85,6	95,6	120,8	174,0	7,3	9,2
17-18	15,5	22,3	20,0	11,2	43,6	76,6	69,0	84,1	100,1	260,2	12,1	5,0
18-19	10,8	15,4	12,3	9,5	11,6	29,8	40,0	47,0	18,1	0,6	5,9	3,0
19-20	7,8	12,7	7,2	8,2	14,4	16,0	18,2	24,1	12,5	35,2	7,2	3,8
20-21	3,3	7,9	5,1	7,6	4,4	8,3	11,0	9,7	9,8	3,6	13,2	2,8
21-22	4,3	6,5	4,9	12,4	8,0	8,0	8,7	4,6	8,7	1,9	14,6	5,8
22-23	7,2	8,4	8,1	12,4	10,6	6,3	9,0	7,9	10,9	8,4	14,3	10,1
23-0	11,5	8,9	8,8	12,6	8,5	5,3	13,9	12,3	16,0	17,8	19,3	12,9

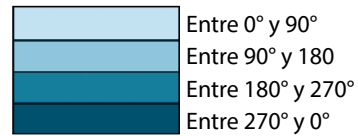


PROMEDIO HORARIO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,6	1,6	1,4	0,8	0,8	1,1	1,2	1,2	0,8	0,4	0,5	1,1
1-2	1,5	1,4	1,1	0,7	0,6	0,9	0,9	0,8	0,5	0,3	0,5	1,0
2-3	1,2	1,2	0,9	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,9
3-4	1,0	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,8
4-5	0,8	0,7	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,7
5-6	0,5	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6
6-7	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
7-8	0,5	0,6	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5
8-9	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,3	0,4	0,6
9-10	1,1	1,1	1,1	0,8	0,8	1,0	1,3	1,4	1,0	0,5	0,4	0,7
10-11	1,3	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	1,4	1,4	1,0	0,6	0,5	0,8
11-12	1,3	1,2	1,1	1,0	0,8	1,1	1,0	1,1	0,8	0,2	0,3	0,7
12-13	1,4	1,3	0,9	0,8	0,4	0,8	0,8	0,9	0,3	0,1	0,2	0,8
13-14	1,5	1,4	0,9	0,6	0,3	0,5	1,0	1,0	0,7	0,4	0,2	0,8
14-15	2,0	1,5	1,1	0,5	0,4	0,7	1,3	1,1	0,8	0,5	0,2	1,1
15-16	2,5	2,1	1,5	0,7	0,3	0,8	1,3	1,2	0,7	0,6	0,4	1,8
16-17	2,7	2,3	1,6	0,7	0,5	0,8	1,2	1,1	0,6	0,3	0,6	2,0
17-18	2,8	2,3	1,8	0,9	0,4	0,7	1,1	1,0	0,4	0,1	1,0	2,3
18-19	2,7	2,4	2,0	1,2	0,7	0,8	1,3	1,0	0,8	0,4	1,1	2,3
19-20	2,9	2,4	2,1	1,4	1,1	1,1	1,7	1,2	1,0	0,6	1,1	2,0
20-21	2,7	2,6	2,2	1,4	1,3	1,4	1,9	1,4	1,1	0,6	1,0	1,8
21-22	2,4	2,4	2,0	1,4	1,2	1,5	2,0	1,7	1,2	0,6	0,8	1,5
22-23	2,1	2,2	1,8	1,2	1,1	1,5	1,8	1,7	1,0	0,5	0,8	1,4
23-0	1,8	1,9	1,6	1,1	1,0	1,4	1,5	1,5	0,9	0,4	0,7	1,2

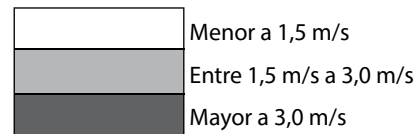


### Anexo 5. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Metromedellín, Bello - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	59,9	57,0	62,0	55,8	57,2	53,5	52,7	52,0	57,4	58,7	54,7	55,0
1-2	57,5	57,5	58,7	54,0	52,6	51,6	53,0	53,7	54,8	58,8	54,9	53,8
2-3	54,3	52,8	59,2	55,1	50,2	48,1	55,5	54,2	55,3	57,9	56,6	53,9
3-4	53,0	52,7	57,8	52,2	49,2	50,6	52,7	56,8	56,6	57,3	55,6	53,1
4-5	53,3	53,1	56,8	56,3	49,6	48,2	51,3	53,6	58,2	56,5	50,0	47,6
5-6	55,0	56,2	56,3	56,9	47,9	49,3	54,9	53,1	60,7	58,1	56,1	53,1
6-7	55,8	61,9	65,4	60,6	57,3	55,2	60,8	59,8	68,9	67,6	67,4	57,3
7-8	65,1	71,8	71,1	68,7	71,2	60,4	69,8	67,4	75,3	105,2	77,5	68,6
8-9	70,3	75,0	71,4	79,4	75,4	65,9	70,9	71,2	79,1	107,8	77,1	75,5
9-10	72,0	74,4	76,9	80,7	76,9	68,6	73,0	70,7	72,8	100,3	77,1	70,5
10-11	74,0	70,1	78,0	78,1	73,2	63,2	67,4	70,0	69,9	90,3	75,6	73,7
11-12	75,4	68,7	75,5	77,5	72,9	65,3	69,2	75,1	69,1	91,4	78,5	72,7
12-13	72,0	69,7	77,3	75,0	71,6	62,4	69,2	76,9	70,4	86,8	75,5	73,4
13-14	68,3	67,2	73,8	73,0	76,1	65,7	69,3	78,4	72,9	79,1	79,7	70,1
14-15	68,2	64,2	69,8	73,2	74,2	67,8	71,9	79,4	76,4	81,4	75,8	68,0
15-16	64,9	62,1	67,3	70,8	70,8	68,2	73,7	79,2	76,0	75,0	71,2	61,5
16-17	59,3	57,3	60,8	66,1	62,6	62,6	68,4	63,8	64,9	66,8	66,1	59,9
17-18	53,6	52,1	58,0	60,5	59,8	61,2	62,0	62,6	60,9	61,9	60,1	56,9
18-19	57,5	51,9	60,7	58,5	57,8	59,0	60,5	58,3	62,5	65,6	62,0	58,3
19-20	62,5	56,6	66,9	60,3	57,8	60,2	64,1	63,6	66,5	61,8	62,2	63,4
20-21	64,1	66,5	65,7	62,1	64,2	61,5	67,0	64,3	66,7	67,5	63,5	62,5
21-22	64,9	66,5	68,9	60,0	64,1	58,2	65,6	59,8	65,1	60,4	60,2	65,6
22-23	62,7	66,1	65,8	58,8	59,2	59,3	59,4	62,3	59,4	60,6	55,1	61,6
23-0	61,3	61,4	61,4	57,6	59,3	53,9	57,8	56,6	60,6	60,4	54,6	58,8

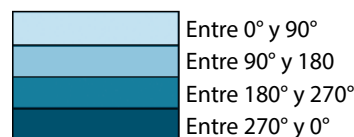


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,7	1,7	1,4	1,1	0,9	1,2	1,5	1,4	1,3	0,9	1,1	1,2
1-2	1,6	1,4	1,3	0,9	0,8	1,1	1,2	1,3	1,1	0,9	1,1	1,1
2-3	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9	1,0	1,1
3-4	1,4	1,2	1,1	1,0	0,7	1,1	1,0	1,2	0,8	0,8	1,0	1,1
4-5	1,2	1,1	1,1	1,0	0,8	1,1	1,0	1,1	0,8	0,8	0,9	1,1
5-6	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,0	1,1	1,0	0,8	1,0	1,2
6-7	1,4	1,3	1,3	1,0	0,9	1,1	1,1	1,3	0,9	0,8	1,0	1,2
7-8	1,6	1,3	1,4	1,1	0,9	1,3	1,2	1,4	1,0	0,7	1,0	1,2
8-9	1,7	1,6	1,7	1,2	1,0	1,5	1,3	1,5	1,2	0,6	1,2	1,3
9-10	2,0	1,9	2,0	1,5	1,2	1,7	1,6	1,8	1,6	0,8	1,5	1,6
10-11	2,4	2,2	2,1	2,0	1,5	2,4	2,2	2,3	2,1	1,1	1,9	2,1
11-12	2,5	2,6	2,5	2,4	2,1	2,9	3,0	2,6	2,6	1,5	2,0	2,5
12-13	3,0	3,4	2,8	2,8	2,4	2,9	3,3	2,8	2,8	1,8	2,7	2,8
13-14	3,6	4,0	3,2	3,3	2,0	2,7	3,5	2,6	2,9	1,6	2,8	3,2
14-15	3,9	4,4	3,4	2,9	2,0	2,6	2,9	2,5	2,8	1,3	2,5	3,4
15-16	3,7	4,2	3,3	2,3	2,1	2,6	2,6	2,5	2,1	1,6	2,3	3,3
16-17	3,4	3,9	3,2	2,3	2,2	2,5	2,7	2,7	2,2	1,7	2,1	2,9
17-18	3,2	3,5	2,9	2,3	2,2	2,6	2,8	2,4	2,4	1,5	2,1	2,7
18-19	2,9	3,2	2,5	2,3	2,1	2,4	2,9	2,4	2,4	1,4	1,9	2,4
19-20	2,7	2,6	2,2	2,2	1,9	2,2	2,7	2,3	2,2	1,4	1,8	2,0
20-21	2,5	2,3	2,1	2,1	1,6	2,3	2,4	2,1	2,1	1,3	1,7	1,9
21-22	2,3	2,3	1,9	1,8	1,5	2,1	2,1	2,0	1,9	1,3	1,6	1,7
22-23	2,1	2,2	1,8	1,5	1,3	1,8	1,8	1,9	1,7	1,2	1,2	1,7
23-0	2,0	1,9	1,6	1,3	1,0	1,5	1,7	1,6	1,5	0,9	1,2	1,4

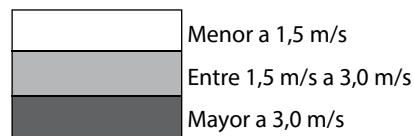


### Anexo 6. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento - Estación La Selva, Rionegro - IDEAM (2006-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	81,7	345,4	46,9	259,3	242,8	341,7	225,6	209,4	230,9	255,8	240,9	77,2
1-2	87,5	233,6	269,0	220,0	247,2	285,0	2,8	206,3	205,3	255,1	245,8	70,6
2-3	78,6	307,1	282,2	300,2	255,8	301,9	324,4	317,0	261,2	251,8	242,1	78,1
3-4	62,7	232,0	227,3	320,8	275,3	304,2	352,9	238,6	264,2	262,9	255,3	61,1
4-5	70,7	279,7	302,6	274,2	251,3	274,2	326,5	267,5	283,5	248,0	259,5	89,2
5-6	42,1	255,4	16,1	265,5	254,2	289,8	327,2	231,5	205,1	275,1	283,1	112,9
6-7	9,1	202,5	255,7	297,2	351,2	306,8	325,8	327,0	270,8	242,4	266,2	121,7
7-8	51,4	9,2	57,3	68,0	41,8	36,7	27,2	30,4	53,4	179,3	75,3	90,2
8-9	75,2	67,5	57,0	79,8	70,3	79,2	75,7	75,6	67,7	104,3	106,7	69,8
9-10	84,0	79,5	77,1	87,9	93,4	91,2	96,9	96,2	96,5	94,2	98,7	72,1
10-11	88,3	77,0	81,5	85,6	86,9	101,1	98,6	95,9	93,2	101,9	102,6	76,7
11-12	82,6	88,5	83,0	86,2	92,6	94,5	101,2	101,7	96,3	101,2	95,3	81,2
12-13	85,3	86,5	86,1	89,8	92,9	92,6	98,5	100,4	92,5	96,3	90,3	82,5
13-14	83,4	85,1	87,2	92,9	95,1	88,4	97,3	102,5	95,2	101,1	91,5	79,7
14-15	82,4	83,9	76,5	84,8	88,5	90,7	92,6	103,0	97,5	90,3	101,2	74,2
15-16	80,5	73,6	77,6	78,6	84,0	86,6	88,4	94,7	90,2	91,6	128,8	76,9
16-17	79,4	76,7	68,8	80,5	85,8	90,0	85,8	90,3	92,5	91,2	118,8	76,4
17-18	74,0	77,3	62,8	64,4	84,0	78,6	84,1	86,0	93,0	98,1	105,4	71,4
18-19	62,9	64,3	55,5	38,8	56,9	73,9	79,1	68,3	59,6	34,1	24,8	64,3
19-20	27,9	12,7	325,4	14,9	44,9	24,3	22,0	17,4	4,7	228,5	313,2	62,8
20-21	17,3	7,8	334,0	22,0	8,9	12,2	334,0	32,9	11,5	266,5	281,0	66,7
21-22	34,7	12,3	21,6	356,4	334,3	347,4	318,9	236,9	9,2	219,9	263,4	89,1
22-23	56,1	327,3	12,5	191,2	236,1	324,4	236,3	230,8	13,3	201,2	243,3	100,4
23-0	62,1	89,4	350,7	202,5	206,2	348,1	333,7	205,2	242,6	231,4	224,1	91,9

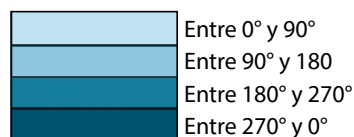


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2
1-2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
2-3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
3-4	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
4-5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5-6	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
6-7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0
7-8	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
8-9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5
9-10	1,1	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	1,0	0,9	0,8	0,5	0,4	0,8
10-11	1,3	1,1	0,9	0,9	0,9	1,1	1,3	1,3	1,2	0,6	0,5	1,1
11-12	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5	0,7	0,6	1,1
12-13	1,6	1,6	1,2	1,0	1,0	1,4	1,7	1,3	1,5	0,8	0,5	1,2
13-14	1,6	1,7	1,1	1,0	0,7	1,4	1,6	1,4	1,3	0,8	0,3	1,3
14-15	1,6	1,7	1,0	0,9	0,7	1,2	1,4	1,1	1,0	0,5	0,2	1,3
15-16	1,6	1,6	1,0	0,7	0,7	1,1	1,2	1,0	0,9	0,5	0,1	1,1
16-17	1,3	1,5	0,8	0,6	0,5	0,6	1,0	0,9	0,7	0,3	0,2	0,8
17-18	0,9	1,0	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2	0,6
18-19	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2
19-20	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
20-21	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2
21-22	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2
22-23	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,3
23-0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2



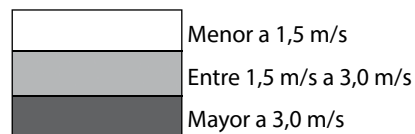
### Anexo 7. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Marco Fidel Suarez, Cali - IDEAM (2006-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	105,4	103,9	126,8	121,0	112,5	127,2	118,9	128,3	115,2	99,8	101,7	122,6
1-2	91,9	95,9	112,7	91,1	89,8	134,5	140,7	113,1	93,6	80,6	95,0	98,7
2-3	93,3	95,8	96,9	84,8	95,4	102,2	98,0	88,0	96,9	77,1	112,9	96,8
3-4	88,6	108,7	108,8	80,9	61,1	69,9	100,6	72,0	111,6	79,2	96,0	94,1
4-5	80,5	87,1	88,6	85,2	77,9	65,6	59,5	62,3	71,2	84,7	84,5	85,0
5-6	81,4	83,4	64,3	59,9	57,5	52,3	53,5	72,3	70,6	72,7	71,7	70,2
6-7	74,9	79,8	67,6	73,0	57,0	52,5	48,4	74,3	74,0	72,2	82,3	65,4
7-8	72,7	75,3	74,1	77,8	75,3	54,6	59,9	79,3	72,3	75,3	104,9	76,3
8-9	86,3	85,8	83,7	78,3	78,1	56,3	68,4	72,0	77,0	80,4	102,5	85,5
9-10	86,6	77,5	88,1	76,4	78,2	64,8	62,6	70,8	63,1	71,4	78,1	85,7
10-11	59,4	66,4	75,9	56,5	62,4	57,0	54,0	58,1	55,3	60,4	63,9	70,9
11-12	45,9	44,9	49,5	57,7	55,1	51,8	44,2	42,2	44,3	43,6	39,2	46,3
12-13	29,6	28,1	34,3	37,3	37,9	42,5	40,4	34,8	38,0	16,1	24,7	25,5
13-14	1,7	357,8	10,0	7,3	34,2	38,1	30,4	26,4	21,3	331,3	12,1	3,2
14-15	312,9	315,9	323,7	316,6	336,0	10,5	354,4	346,5	331,7	313,8	317,8	330,1
15-16	290,4	289,9	290,1	303,0	298,7	317,9	313,3	296,6	301,6	290,3	287,5	295,7
16-17	277,3	276,7	277,1	271,8	276,3	285,2	281,7	286,6	282,6	271,9	276,0	280,0
17-18	272,3	267,4	267,8	264,9	268,1	279,2	274,9	276,0	273,9	261,0	271,4	276,1
18-19	273,5	271,7	273,4	242,2	233,8	266,6	271,5	278,7	273,3	255,0	256,1	268,8
19-20	227,0	254,5	213,7	232,7	120,3	253,7	298,3	303,4	277,0	175,7	189,4	204,4
20-21	165,0	157,7	181,2	139,7	105,1	98,1	119,4	264,1	105,9	130,3	143,2	157,8
21-22	177,7	170,9	175,9	175,5	135,6	142,4	126,1	159,7	121,8	127,8	140,8	154,7
22-23	147,7	155,1	134,2	141,6	104,7	108,7	141,4	152,6	116,1	134,4	125,9	142,8
23-0	133,1	107,5	132,9	130,7	114,2	123,6	133,6	134,6	118,0	102,6	112,7	133,4



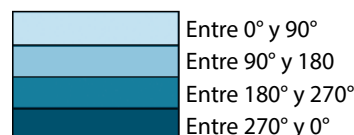
270

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4
1-2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4
2-3	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,4	0,4	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
3-4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5
4-5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4	0,4
5-6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6	0,4	0,5
6-7	0,5	0,4	0,6	0,6	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,4	0,5
7-8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	1,1	0,9	0,9	0,6	0,7	0,6	0,6
8-9	0,8	0,9	0,8	0,8	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7
9-10	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3	1,2	1,0	1,0	0,9
10-11	1,1	1,1	1,0	1,4	1,2	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8
11-12	1,1	1,1	1,2	1,9	1,6	1,5	1,7	1,6	1,7	1,2	0,9	0,9
12-13	1,3	1,2	1,3	2,1	1,9	1,7	1,8	1,7	1,8	1,5	1,1	1,2
13-14	1,4	1,6	1,5	1,3	1,9	1,8	1,8	1,6	1,8	1,5	1,4	1,2
14-15	1,6	1,9	1,8	2,1	1,7	1,5	1,5	1,7	2,0	1,6	1,6	1,1
15-16	3,1	3,2	2,9	1,5	1,9	1,5	1,6	2,0	2,4	2,0	2,3	1,7
16-17	3,2	3,5	2,7	2,2	1,6	1,9	2,6	2,5	2,7	1,8	2,2	2,3
17-18	2,7	2,9	2,2	1,9	1,3	1,8	2,5	2,6	2,5	1,6	1,7	1,9
18-19	1,7	2,0	1,1	0,9	0,4	1,6	2,2	2,2	1,7	1,0	0,8	1,2
19-20	0,4	0,7	0,2	0,2	0,1	0,7	0,5	1,0	0,5	0,2	0,5	0,3
20-21	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,7	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5	0,4
21-22	0,7	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6
22-23	0,6	0,3	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6
23-0	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6

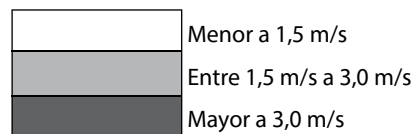


### Anexo 8 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Siloe, Cali - IDEAM (2007-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	338,3	346,9	342,3	354,4	331,4	350,1	327,3	340,9	342,8	345,8	10,8	18,5
1-2	337,4	30,0	345,7	336,3	10,7	350,3	6,7	347,9	4,5	1,0	333,5	351,6
2-3	346,1	342,7	355,3	14,0	347,3	10,9	337,4	10,2	6,6	11,2	337,3	17,0
3-4	4,0	357,3	308,0	349,1	7,8	360,0	3,5	7,4	333,0	27,2	342,1	31,9
4-5	331,9	11,2	353,1	335,5	334,9	9,0	343,7	8,6	350,1	330,3	11,4	2,1
5-6	357,7	345,3	342,1	1,4	342,1	354,3	350,0	350,0	347,4	1,6	10,3	360,0
6-7	3,7	339,7	359,8	18,1	64,5	18,0	35,2	15,6	31,5	50,8	38,7	24,5
7-8	70,0	13,4	78,5	88,4	85,3	82,9	77,5	81,9	83,5	91,0	78,8	83,6
8-9	89,0	81,6	93,3	96,0	96,1	84,6	85,7	89,3	85,5	89,0	88,8	88,3
9-10	82,6	80,8	97,5	90,3	90,2	86,1	89,7	84,8	82,1	84,4	89,4	85,2
10-11	76,7	72,7	88,9	79,6	84,6	85,8	87,4	82,3	77,2	77,4	79,6	79,0
11-12	65,1	47,3	74,0	67,9	78,2	77,1	85,9	74,9	67,0	56,7	62,7	61,6
12-13	34,3	42,3	45,1	48,3	60,0	47,7	70,1	57,6	45,3	19,8	30,9	25,0
13-14	331,4	351,6	348,5	356,6	2,0	23,3	8,7	0,2	349,2	334,5	344,7	336,1
14-15	317,0	318,0	316,3	322,0	320,5	330,4	320,4	320,6	315,1	314,8	322,1	321,1
15-16	311,3	308,6	305,1	312,3	305,6	314,8	315,0	312,6	311,2	312,1	312,7	315,1
16-17	311,9	310,8	309,3	311,6	309,4	313,8	313,7	312,4	313,1	310,1	312,5	313,0
17-18	312,9	313,8	312,0	311,6	311,1	313,2	314,0	312,9	313,7	313,9	310,3	314,2
18-19	315,1	312,9	309,9	311,4	311,0	311,4	313,7	313,9	312,8	313,3	306,8	313,1
19-20	312,0	316,5	310,3	313,4	314,1	313,8	312,1	313,6	313,4	310,9	310,8	311,0
20-21	314,0	311,1	305,6	313,8	312,0	312,7	312,0	311,2	314,0	318,4	317,7	314,7
21-22	313,7	310,0	309,4	308,9	314,7	316,2	315,6	311,4	320,5	326,2	326,7	318,6
22-23	320,9	320,7	324,0	321,3	311,4	326,0	321,9	312,8	325,3	321,0	326,3	326,4
23-0	331,1	317,7	324,8	313,4	334,5	342,5	311,0	332,8	327,8	330,3	329,8	333,3



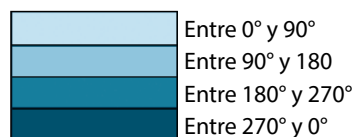
PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6
1-2	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
2-3	0,7	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
3-4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5
4-5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5
5-6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
6-7	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
7-8	0,7	0,3	0,6	0,5	0,7	0,5	0,9	0,8	0,9	0,6	0,8	0,7
8-9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,0
9-10	1,3	1,6	1,2	1,4	1,4	1,4	1,6	1,7	2,0	1,7	1,4	1,2
10-11	1,3	1,6	1,2	1,6	1,6	1,4	1,5	1,6	1,8	1,5	1,0	0,9
11-12	1,5	1,1	1,2	1,3	1,6	1,5	1,6	1,7	1,6	1,3	1,1	1,0
12-13	1,3	1,4	1,1	1,3	1,5	1,4	1,4	1,5	1,7	1,2	1,2	1,2
13-14	2,0	1,7	1,4	1,6	1,5	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,0	1,9
14-15	3,6	3,3	3,3	3,0	2,8	2,1	3,2	3,6	3,7	3,4	3,7	3,2
15-16	5,3	4,9	5,1	4,6	4,4	4,0	5,0	5,2	5,7	4,4	5,2	4,8
16-17	6,7	6,4	6,4	5,4	6,0	5,7	6,8	6,7	7,1	5,2	6,4	6,4
17-18	7,4	7,0	6,7	5,7	6,1	5,9	8,0	7,3	7,6	5,3	6,2	6,8
18-19	6,5	5,9	6,0	4,8	5,1	5,5	7,7	7,2	7,2	4,2	5,1	5,9
19-20	4,9	4,3	3,8	3,5	3,9	4,3	6,5	6,2	5,5	3,1	4,1	4,2
20-21	3,2	2,3	2,2	2,2	2,2	3,0	4,1	4,2	3,5	1,7	2,1	2,2
21-22	1,7	1,6	1,5	1,3	1,5	1,5	1,8	2,3	2,0	1,1	1,3	1,6
22-23	1,0	1,2	1,0	1,0	1,1	0,6	1,3	1,3	1,1	0,9	1,0	1,0
23-0	0,9	1,1	0,8	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7





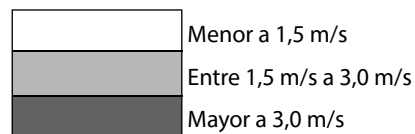
## Anexo 9 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Univalle, Cali - IDEAM (2006-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	162,8	173,6	159,4	159,7	162,8	167,5	166,2	163,1	177,3	168,8	153,8	171,4
1-2	165,2	174,2	162,4	156,1	154,5	162,9	171,9	162,7	154,9	157,4	178,3	176,2
2-3	149,2	172,3	136,0	149,0	169,4	153,4	169,5	155,6	169,8	167,6	169,5	183,1
3-4	136,5	172,2	159,5	154,9	160,0	127,1	149,7	149,5	171,6	141,9	176,0	155,1
4-5	152,7	168,0	159,6	175,5	163,7	145,8	180,7	153,2	170,3	171,0	161,0	186,8
5-6	177,8	166,8	163,8	159,5	170,7	157,1	163,1	153,9	165,5	156,6	170,2	185,5
6-7	127,0	154,7	149,3	138,5	112,8	98,9	115,3	125,3	124,2	117,2	125,8	129,0
7-8	98,0	105,7	110,7	112,7	109,8	98,0	96,6	112,6	115,2	108,2	110,0	125,9
8-9	111,5	106,4	117,5	106,4	105,2	99,2	105,8	115,4	105,7	111,7	113,0	126,6
9-10	105,1	106,3	110,7	96,9	97,6	92,7	101,8	100,3	96,5	102,2	113,2	113,6
10-11	92,6	100,7	96,4	89,9	94,2	94,1	103,2	94,0	90,0	98,3	104,9	101,2
11-12	77,9	70,1	79,8	72,5	78,7	92,5	85,7	83,4	91,0	77,1	87,5	101,8
12-13	66,7	49,7	63,5	67,5	82,3	79,8	79,5	74,7	72,1	43,7	45,2	69,4
13-14	29,1	30,1	43,2	45,3	53,0	75,8	61,4	59,1	37,5	10,5	28,3	43,5
14-15	356,7	333,3	354,7	7,2	7,0	35,0	11,8	8,5	335,0	349,8	353,6	354,4
15-16	338,2	336,6	335,9	344,0	342,3	350,9	344,7	343,1	341,8	331,3	335,5	340,9
16-17	332,8	330,6	328,2	330,1	328,3	341,2	334,0	333,4	339,5	325,3	333,8	330,9
17-18	327,3	327,3	326,9	326,8	315,3	331,7	329,2	329,6	332,2	314,4	316,2	325,7
18-19	318,4	318,6	320,1	282,9	298,4	309,3	317,1	322,1	312,0	287,5	277,9	284,2
19-20	232,8	266,5	196,2	231,7	212,1	248,4	274,6	302,5	263,6	212,4	213,4	217,4
20-21	188,9	192,4	195,2	190,1	191,0	186,3	193,3	189,1	186,9	187,7	188,3	206,9
21-22	177,4	177,3	193,7	182,8	177,6	169,4	184,2	179,5	177,6	180,6	177,4	183,0
22-23	185,0	189,7	187,0	176,7	171,5	174,1	200,7	182,0	186,4	183,6	177,1	184,1
23-0	177,1	190,8	171,2	174,8	165,4	183,3	194,0	165,0	178,0	173,6	162,8	173,9



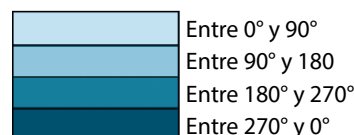
272

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
1-2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
2-3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
3-4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
4-5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
5-6	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1
6-7	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1
7-8	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4
8-9	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
9-10	0,9	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8
10-11	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7
11-12	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	1,0	0,8	0,5	0,5
12-13	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	0,7
13-14	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8
14-15	1,3	1,7	1,6	1,3	1,2	0,8	1,3	1,3	1,7	1,5	1,4	1,2
15-16	2,4	2,7	2,1	1,5	1,4	1,2	1,8	1,9	2,2	1,4	1,6	1,6
16-17	2,4	2,6	2,0	1,1	1,5	1,5	2,2	2,2	2,1	1,3	1,4	2,0
17-18	1,8	2,0	1,5	0,9	0,9	1,3	2,1	1,9	2,0	1,0	0,9	1,3
18-19	1,1	1,1	0,6	0,5	0,5	0,7	1,4	1,3	1,0	0,5	0,5	0,6
19-20	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6
20-21	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7
21-22	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5
22-23	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
23-0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4

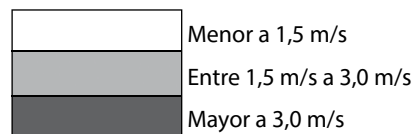


### Anexo 10. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Diana, Florida - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	40,9	52,8	53,5	54,7	60,4	63,7	62,5	62,9	56,6	49,6	61,2	55,3
1-2	52,5	44,5	59,3	56,8	60,8	57,4	47,5	56,5	49,4	36,4	47,4	52,3
2-3	45,4	53,2	50,0	59,8	61,3	49,6	42,0	45,3	36,5	55,4	48,6	50,4
3-4	49,1	47,4	56,4	56,9	61,0	53,2	44,0	35,4	28,1	44,4	53,5	48,0
4-5	53,2	53,7	55,5	54,3	47,6	52,7	49,5	41,8	39,0	56,6	61,7	58,7
5-6	64,8	60,9	55,0	64,1	54,8	60,5	46,0	49,9	40,4	54,0	44,3	56,1
6-7	53,5	55,6	55,5	50,2	40,6	34,7	12,0	13,3	340,1	234,1	357,8	32,8
7-8	281,8	280,5	280,1	282,9	278,7	280,9	281,3	281,6	277,9	277,2	276,4	278,0
8-9	276,7	276,3	277,8	277,9	278,8	278,6	277,1	277,2	276,9	276,1	276,3	276,9
9-10	275,5	275,6	276,7	278,0	278,7	277,4	275,7	277,2	274,3	276,3	276,2	276,8
10-11	275,7	275,2	277,0	276,0	276,3	277,3	277,1	275,2	274,1	276,1	274,6	275,5
11-12	273,6	272,8	277,1	275,4	276,5	276,2	275,8	273,8	272,5	275,4	275,2	275,2
12-11	273,5	272,8	275,1	278,4	277,7	277,0	276,7	272,5	273,8	275,9	278,1	275,3
13-14	274,5	275,2	275,8	278,4	282,1	277,1	277,4	275,1	273,9	277,3	280,1	279,4
14-15	278,5	276,5	282,0	280,5	282,8	279,1	280,5	278,4	278,5	280,0	287,1	279,0
15-16	284,4	283,0	292,9	287,1	294,0	288,4	285,0	283,0	282,0	280,9	298,3	297,1
16-17	300,1	297,3	303,9	305,3	323,5	307,8	293,6	292,5	291,0	304,5	317,3	314,3
17-18	333,3	311,6	347,7	343,0	12,8	25,5	329,0	322,1	327,6	2,3	27,3	357,4
18-19	47,3	56,8	47,4	52,5	61,7	58,4	68,5	59,5	68,0	62,4	52,4	47,2
19-20	73,7	74,6	59,7	56,0	65,3	70,5	73,6	72,5	69,9	68,8	69,2	69,8
20-21	70,4	72,0	59,9	58,0	66,9	69,3	75,4	73,1	69,2	69,2	66,7	67,6
21-22	66,7	66,4	64,1	63,7	61,9	68,3	68,1	70,6	66,6	62,6	61,6	66,4
22-23	68,6	60,6	53,9	64,6	64,4	64,9	64,6	67,6	68,5	67,3	60,6	66,2
23-0	64,4	63,2	56,0	61,3	57,5	67,5	58,0	63,3	62,6	58,0	61,9	60,4

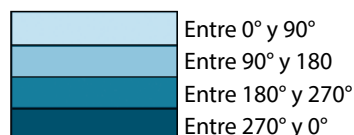


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,8	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	0,8	0,9	0,6	0,9
1-2	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8
2-3	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8
3-4	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7
4-5	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	1,1	0,9
5-6	1,2	1,2	0,9	1,0	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,9
6-7	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
7-8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	1,0	0,9	1,3	1,2	1,0	1,1
8-9	1,8	1,9	1,7	1,7	1,9	1,7	1,9	1,8	2,3	2,0	1,9	1,9
9-10	2,2	2,4	2,1	2,2	2,1	2,1	2,3	2,3	2,6	2,4	2,1	2,1
10-11	2,2	2,4	2,4	2,2	2,2	2,5	2,5	2,4	2,6	2,5	2,3	2,0
11-12	2,4	2,5	2,1	2,3	2,1	2,3	2,4	2,2	2,5	2,4	2,2	2,0
12-13	2,4	2,4	2,2	2,3	2,0	2,1	2,3	2,1	2,6	2,3	1,9	1,9
13-14	2,2	2,4	2,0	2,1	1,8	2,1	2,2	1,8	2,5	2,2	1,6	1,5
14-15	2,3	2,4	1,8	1,9	1,7	1,8	2,4	1,9	2,3	2,2	1,4	1,3
15-16	1,9	2,0	1,7	1,6	1,2	1,6	2,3	2,1	2,3	2,0	1,4	1,5
16-17	1,6	2,0	1,4	1,2	1,0	1,2	2,1	1,7	2,2	1,6	1,1	1,3
17-18	1,1	1,5	1,0	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
18-19	0,8	1,0	1,0	0,9	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	0,9	0,9
19-20	1,3	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5	1,6	1,3	1,4	1,3	1,1	1,3
20-21	1,6	1,7	1,2	1,4	1,4	1,6	1,9	1,4	1,6	1,2	1,3	1,3
21-22	1,3	1,5	1,4	1,4	1,3	1,5	1,8	1,7	1,3	1,1	1,1	1,1
22-23	1,3	1,4	1,1	1,3	1,3	1,3	1,5	1,5	1,4	1,0	1,0	0,9
23-0	1,2	1,5	1,1	0,9	1,1	1,3	1,2	1,3	1,2	0,8	0,9	0,9

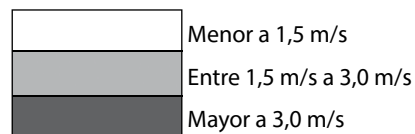


### Anexo 11 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación La independencia, Jamundi - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	230,9	232,6	225,3	233,3	228,0	230,8	238,6	231,4	231,4	230,9	229,3	235,0
1-2	232,2	232,0	229,3	236,1	229,9	229,1	227,9	230,6	232,3	230,3	231,9	235,6
2-3	233,3	232,7	232,0	231,3	228,1	228,6	228,9	230,6	231,4	231,9	234,3	234,5
3-4	230,2	240,3	233,4	236,9	227,4	230,0	225,5	232,3	231,7	234,0	235,5	230,6
4-5	228,9	230,3	236,2	233,4	225,1	231,3	231,4	232,2	230,9	236,7	238,9	231,7
5-6	233,8	233,0	234,8	237,0	230,0	230,6	229,8	232,7	231,0	229,3	228,0	232,1
6-7	217,5	218,9	223,0	216,1	212,3	214,0	217,7	212,7	217,0	213,2	215,8	218,3
7-8	182,8	200,4	195,4	187,7	188,1	185,8	197,2	197,1	190,7	178,9	192,6	185,8
8-9	140,9	150,3	150,3	148,1	154,6	131,9	158,8	158,1	143,0	141,8	151,1	138,6
9-10	85,8	98,4	101,0	94,5	95,7	85,7	108,7	111,4	111,2	98,1	99,7	104,2
10-11	70,7	75,2	76,6	71,4	71,5	67,2	77,6	86,3	83,2	75,9	73,0	75,4
11-12	59,0	59,3	64,6	60,0	58,3	64,0	61,3	69,4	70,2	61,0	60,4	61,0
12-13	52,0	53,5	60,1	54,5	59,2	55,9	64,1	61,4	64,6	55,8	54,8	53,1
13-14	52,5	50,4	60,0	59,0	57,7	63,0	65,5	62,5	64,3	48,1	51,0	48,5
14-15	58,6	55,9	73,5	60,5	67,3	70,2	68,5	63,7	65,7	51,7	36,1	50,1
15-16	60,3	59,2	124,7	50,8	113,5	67,3	68,7	69,5	74,3	26,2	235,9	39,8
16-17	254,1	188,5	234,3	243,5	242,8	239,9	44,1	88,3	99,6	244,5	250,4	283,1
17-18	256,2	233,7	234,2	238,2	254,7	262,9	272,0	256,4	247,4	239,2	246,7	254,8
18-19	228,6	224,1	223,7	236,9	233,0	252,8	251,8	239,2	230,2	221,4	231,3	237,8
19-20	221,2	213,5	230,1	225,8	233,0	238,0	228,7	215,3	216,9	235,6	229,6	231,0
20-21	245,4	243,2	234,1	230,3	236,8	236,9	247,8	250,2	254,8	238,6	240,5	248,9
21-22	231,6	240,5	231,6	232,0	237,7	240,3	242,5	247,4	243,1	237,5	236,8	239,9
22-23	229,8	222,5	227,8	231,9	229,7	230,0	235,4	236,2	236,6	221,9	230,6	230,0
23-0	229,0	230,0	227,9	233,1	227,6	231,4	232,8	231,2	231,5	234,4	231,3	228,2

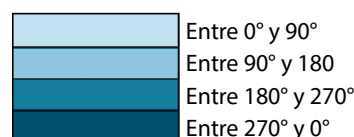


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	1,1	1,5	1,4	1,6	1,0	1,1	0,9
1-2	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	1,0	1,5	1,3	1,5	1,0	0,9	0,8
2-3	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,9	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,8
3-4	0,8	0,6	0,8	0,6	0,7	0,8	1,2	1,0	1,1	0,7	0,6	0,7
4-5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	1,1	1,0	0,9	0,6	0,7	0,6
5-6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	1,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,6
6-7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	1,1	1,0	1,2	0,8	0,7	0,6
7-8	0,4	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	1,1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6
8-9	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,5
9-10	0,8	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,8	0,8	0,7
10-11	1,1	1,1	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9
11-12	1,3	1,2	1,2	1,4	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,0	1,1	1,1
12-13	1,3	1,3	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,5	1,5	1,2	1,1	1,3
13-14	1,3	1,2	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,5	1,6	1,1	1,0	1,2
14-15	1,0	1,0	0,7	1,0	0,9	1,0	1,3	1,4	1,5	0,5	0,6	0,8
15-16	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,7	1,1	1,1	0,9	0,2	0,2	0,5
16-17	0,4	0,4	0,8	0,6	0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,6	0,4
17-18	0,6	0,9	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7
18-19	0,4	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,7	0,6
19-20	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,9	0,7	0,7
20-21	0,8	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8
21-22	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9
22-23	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,1
23-0	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	1,1	1,3	1,5	1,5	1,1	1,1	1,1

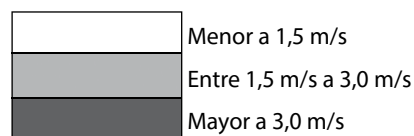


## Anexo 12. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Belencito, Nobsa - IDEAM (1974-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	324,3	322,2	329,3	335,5	325,1	5,5	9,4	359,4	333,1	319,8	329,9	322,9
1-2	308,6	328,3	326,9	330,3	320,3	355,6	12,5	350,9	335,7	311,4	326,8	321,3
2-3	317,6	320,6	327,0	324,7	325,3	341,0	359,8	335,8	330,1	310,0	326,5	324,2
3-4	330,4	318,1	321,0	317,5	319,8	340,7	351,2	329,8	326,2	316,0	319,0	329,1
4-5	335,7	321,7	325,3	323,8	319,8	342,0	354,7	327,3	327,2	314,9	320,8	327,1
5-6	341,5	318,4	312,7	319,0	311,9	341,3	352,9	334,2	322,5	311,9	317,9	317,1
6-7	323,0	323,0	307,4	312,3	291,2	319,0	0,6	318,4	301,3	281,7	289,4	321,8
7-8	204,7	239,6	242,5	214,3	211,6	207,4	186,7	193,8	215,2	214,5	206,0	188,4
8-9	192,8	196,9	207,2	206,8	199,8	186,6	181,8	195,5	200,2	203,6	199,4	199,7
9-10	200,6	199,5	206,0	197,1	190,5	169,3	159,9	172,7	191,0	203,0	200,9	202,1
10-11	200,4	198,4	202,5	180,2	165,8	140,7	135,1	142,1	162,9	188,4	192,2	197,2
11-12	186,4	182,9	194,1	160,0	138,7	124,0	124,0	122,5	136,0	164,4	167,6	184,9
12-13	171,8	168,2	184,1	139,3	124,9	115,7	117,8	115,4	126,6	145,1	155,8	167,1
13-14	155,5	154,1	169,2	131,1	120,8	112,0	113,2	112,0	118,5	138,0	146,0	152,1
14-15	142,5	140,2	159,3	128,9	120,0	112,9	111,3	109,5	117,7	128,9	135,4	143,8
15-16	133,1	133,8	148,7	122,6	115,2	110,9	109,6	108,3	114,7	124,8	117,4	134,3
16-17	124,3	126,8	129,6	111,7	107,0	107,3	105,5	106,5	109,0	114,0	103,1	133,7
17-18	106,3	120,7	83,2	93,1	93,5	101,4	96,1	97,8	99,2	78,4	49,3	123,8
18-19	118,3	48,1	5,5	37,4	69,6	90,8	83,2	87,1	81,7	17,8	5,5	109,7
19-20	307,7	304,6	326,0	3,3	33,9	74,5	63,4	62,8	46,1	354,3	348,2	308,6
20-21	314,1	307,2	325,1	345,1	15,4	56,0	42,0	44,6	23,9	349,6	350,0	313,6
21-22	322,0	317,5	331,8	347,1	2,6	36,6	37,9	29,8	16,0	347,1	342,6	324,7
22-23	324,4	317,3	332,5	343,0	345,7	25,3	19,1	17,8	354,7	327,4	336,0	328,8
23-0	323,7	320,0	322,1	335,7	334,3	16,9	16,0	9,4	344,3	322,1	336,2	322,0

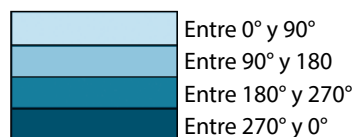


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
1-2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3
2-3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
3-4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
4-5	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
5-6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
6-7	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
7-8	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6	0,7	0,5	0,4
8-9	1,3	1,2	1,3	1,5	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3
9-10	1,7	1,8	1,7	1,6	1,6	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8
10-11	2,0	2,1	1,9	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,5	1,7	1,8	2,1
11-12	1,9	2,1	1,8	1,7	1,7	2,1	2,4	2,3	2,0	1,7	1,7	2,0
12-13	2,0	2,1	1,8	1,8	2,0	2,3	2,8	2,8	2,3	1,8	1,7	2,1
13-14	2,0	2,2	1,7	1,9	2,0	2,6	3,0	3,0	2,4	1,7	1,6	2,2
14-15	2,0	2,3	1,4	1,4	1,9	2,6	2,9	2,9	2,3	1,5	1,3	2,1
15-16	1,6	2,1	1,1	1,1	1,6	2,4	2,7	2,6	2,0	1,0	1,1	1,7
16-17	1,2	1,4	0,6	0,8	1,2	2,1	2,4	2,2	1,6	0,7	0,5	1,0
17-18	0,5	0,7	0,3	0,4	0,8	1,6	1,7	1,8	1,2	0,4	0,3	0,4
18-19	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	1,3	1,3	1,2	0,7	0,4	0,4	0,2
19-20	0,4	0,5	0,5	0,3	0,6	1,0	1,0	0,9	0,5	0,3	0,4	0,3
20-21	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5
21-22	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5
22-23	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5
23-0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5

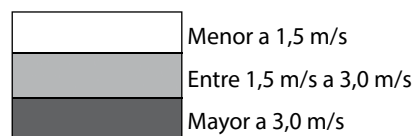


### Anexo 13. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Surbata, Duitama - IDEAM (1978-2004)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	32,8	31,5	31,8	43,5	35,9	29,2	44,2	38,1	33,4	32,3	36,3	43,7
1-2	37,5	36,0	32,2	43,6	35,4	32,9	42,3	41,6	35,4	41,2	32,2	42,5
2-3	38,0	43,8	31,8	33,9	34,6	31,9	45,4	42,1	36,0	45,3	42,3	43,5
3-4	33,6	43,4	32,6	46,9	35,8	28,7	43,3	42,8	41,4	45,2	34,6	45,2
4-5	41,2	36,0	31,6	49,7	37,4	34,1	43,8	44,3	46,5	48,1	30,9	30,7
5-6	45,6	41,2	40,7	48,8	40,5	35,9	56,4	53,9	67,4	55,8	29,8	57,1
6-7	86,2	71,9	188,4	205,4	204,9	192,1	159,1	162,3	169,7	193,1	194,5	171,4
7-8	205,2	204,8	207,6	207,0	206,3	187,8	167,6	174,7	202,2	200,4	215,5	201,3
8-9	207,2	206,5	209,9	196,4	191,1	170,9	151,0	159,7	191,0	194,5	208,9	206,9
9-10	204,0	199,4	214,5	191,1	165,7	154,8	139,6	145,5	165,0	174,3	190,1	204,0
10-11	198,5	196,0	211,5	183,2	160,7	147,9	139,0	145,3	157,3	171,9	181,8	195,4
11-12	199,7	198,3	221,2	195,7	172,2	152,8	140,1	148,4	159,0	171,9	191,0	188,7
12-13	213,8	200,1	236,6	203,7	182,3	156,8	143,6	150,0	168,4	187,5	231,6	189,4
13-14	234,5	214,6	276,8	231,3	190,9	164,2	146,0	154,3	176,1	212,2	295,0	210,3
14-15	296,2	240,1	306,1	244,4	216,1	169,0	148,4	155,6	191,2	229,2	312,7	239,1
15-16	316,7	257,5	304,1	264,1	232,8	175,0	150,3	163,1	208,1	248,2	310,3	269,5
16-17	316,3	263,5	309,9	275,4	252,4	196,4	160,6	171,8	234,0	263,0	309,1	286,3
17-18	305,0	265,8	304,0	271,8	272,0	216,9	168,9	196,5	249,0	254,6	302,7	287,9
18-19	283,8	270,3	297,9	278,8	323,5	263,8	136,8	222,3	373,2	263,5	307,1	317,3
19-20	300,5	280,4	295,9	293,6	3,3	348,6	60,2	290,5	337,7	342,8	336,1	27,4
20-21	27,3	357,8	340,4	7,2	23,3	28,1	46,0	35,8	29,7	33,8	18,6	37,3
21-22	27,1	25,8	22,3	32,7	32,7	29,7	46,5	42,1	31,3	35,5	36,2	42,7
22-23	29,5	31,9	28,0	36,7	34,0	31,5	42,6	42,2	35,1	33,2	33,8	44,9
23-0	32,6	36,4	27,3	43,8	33,2	34,3	43,0	38,6	35,8	33,7	32,1	44,7

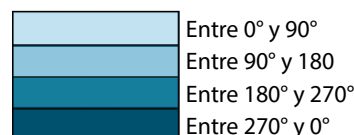


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5
1-2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5
2-3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
3-4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4
4-5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
5-6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
6-7	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
7-8	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6
8-9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	1,2	1,0	0,8	0,6	0,8	1,0
9-10	1,0	1,0	1,1	0,8	0,9	1,4	2,2	2,0	1,1	0,8	0,9	1,0
10-11	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,9	2,6	2,6	1,4	1,1	0,9	1,2
11-12	1,2	1,4	1,2	1,1	1,2	2,1	2,8	2,8	1,6	1,0	0,6	1,2
12-13	0,8	1,3	1,0	1,1	1,2	2,1	2,7	2,7	1,5	0,8	0,3	1,0
13-14	0,7	1,1	1,1	1,0	1,0	1,8	2,5	2,4	1,2	0,7	0,4	0,8
14-15	0,5	0,8	1,2	0,9	0,8	1,4	2,2	2,1	1,1	0,7	0,8	0,6
15-16	0,8	0,7	1,2	0,9	0,6	1,1	1,8	1,5	0,8	0,6	0,7	0,5
16-17	1,0	0,8	1,1	0,8	0,5	0,7	1,3	1,0	0,7	0,5	0,8	0,8
17-18	1,1	0,9	1,0	0,5	0,4	0,4	0,7	0,6	0,7	0,3	0,7	0,7
18-19	0,7	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,3
19-20	0,3	0,5	0,5	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,4
20-21	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6
21-22	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,6
22-23	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,4	0,6
23-0	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,3	0,4	0,5

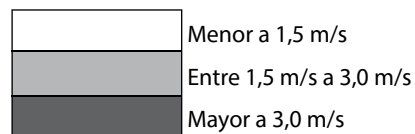


### Anexo 14 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento - Estación Aquitania - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	106,2	109,3	109,3	103,7	114,4	120,6	113,5	117,5	123,6	105,5	107,6	107,6
1-2	108,4	110,7	111,0	105,4	117,3	119,0	113,1	118,0	120,2	104,4	107,5	110,8
2-3	113,1	108,0	114,6	107,6	115,4	119,9	109,3	116,0	121,0	108,1	105,8	106,7
3-4	110,4	107,8	116,1	109,8	117,3	119,7	113,7	115,0	120,4	113,0	107,8	106,5
4-5	108,8	109,3	110,9	107,0	114,8	116,1	112,1	116,7	120,6	114,7	107,4	108,2
5-6	108,2	110,5	116,4	107,0	118,2	117,5	113,7	116,1	124,2	117,3	111,0	103,8
6-7	115,3	107,2	124,3	112,8	125,8	116,4	113,4	119,5	128,4	111,8	129,7	120,8
7-8	128,1	139,9	132,4	119,5	123,8	112,8	111,9	118,3	125,6	145,8	155,7	140,7
8-9	130,1	138,1	128,4	121,2	124,4	113,2	110,7	120,8	124,1	133,2	154,7	139,9
9-10	128,8	132,6	128,3	122,8	122,9	114,4	115,4	122,7	120,9	129,3	142,8	136,2
10-11	135,6	127,8	128,0	125,6	123,4	113,2	116,4	122,3	122,8	129,0	141,4	133,9
11-12	137,1	122,6	129,4	125,1	126,4	113,8	115,1	120,5	125,3	131,7	132,7	131,4
12-13	132,3	122,8	124,8	124,0	124,0	112,6	114,2	120,9	126,4	136,2	131,2	130,2
13-14	130,2	120,6	125,3	126,2	126,1	111,2	114,7	119,7	126,7	125,5	123,5	123,9
14-15	124,7	121,6	120,8	126,2	121,3	111,9	113,9	117,6	121,5	122,2	121,3	115,9
15-16	118,5	120,3	118,5	113,8	116,4	110,7	113,8	116,8	123,5	112,1	116,8	117,3
16-17	111,2	111,6	111,6	103,5	108,5	108,3	113,6	110,6	118,3	103,4	102,7	107,4
17-18	101,9	100,4	105,7	102,2	108,4	112,0	111,5	111,4	116,6	103,3	96,7	98,8
18-19	101,3	104,0	107,8	102,4	111,8	111,8	112,2	109,1	117,9	104,6	99,7	101,0
19-20	99,9	98,8	105,9	103,8	113,2	111,3	115,9	111,6	118,4	110,5	102,9	104,9
20-21	101,7	100,5	104,5	108,3	111,3	113,2	115,0	115,9	119,2	110,6	102,8	104,3
21-22	101,3	102,2	104,9	109,7	114,3	113,1	113,3	114,2	119,6	111,4	105,6	108,2
22-23	105,4	104,6	106,7	110,6	114,9	116,7	112,5	116,9	122,8	115,2	107,8	107,1
23-0	106,3	107,2	108,9	107,0	114,7	117,8	110,8	116,5	123,2	109,7	105,9	105,6

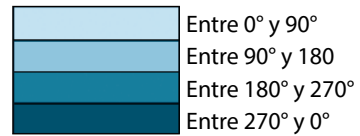


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	2,1	2,3	1,8	1,8	1,8	2,1	2,5	1,9	2,0	1,5	1,1	1,9
1-2	2,0	2,3	1,9	1,7	1,7	2,2	2,4	2,0	2,0	1,4	1,3	1,8
2-3	2,1	2,3	1,8	1,7	1,7	2,2	2,6	2,0	2,0	1,4	1,5	1,9
3-4	2,1	2,2	2,0	1,7	1,9	2,3	2,5	2,1	2,0	1,5	1,7	2,2
4-5	2,2	2,5	2,2	1,9	2,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,6	1,7	2,3
5-6	2,3	2,3	2,0	1,9	2,0	2,6	2,6	2,1	2,1	1,4	1,5	2,1
6-7	1,7	1,5	1,3	1,4	1,7	2,7	2,7	2,2	2,2	1,0	0,9	1,3
7-8	1,8	1,4	1,3	1,9	2,1	3,3	3,1	2,7	2,7	1,0	1,0	1,1
8-9	1,9	1,5	1,6	2,2	2,4	3,6	3,5	3,3	3,2	1,8	1,3	1,5
9-10	2,2	2,0	1,9	2,5	2,8	4,1	4,1	3,7	3,6	2,5	1,6	1,6
10-11	2,6	2,6	2,1	2,8	3,1	4,3	4,4	3,8	3,8	2,6	1,9	2,3
11-12	3,1	3,5	2,9	3,1	3,1	4,6	4,5	3,7	3,7	2,7	2,3	3,0
12-13	3,6	4,1	3,6	2,9	3,1	4,6	4,2	3,7	3,7	2,4	2,4	3,7
13-14	4,1	4,7	3,8	3,0	3,2	4,4	4,5	3,8	3,7	2,5	2,5	4,0
14-15	4,4	4,4	3,8	3,2	3,1	4,1	4,4	3,9	3,8	2,6	2,5	4,1
15-16	4,3	4,2	3,6	3,2	3,1	3,9	4,1	3,6	3,6	2,3	2,6	3,7
16-17	3,7	3,6	3,2	3,2	3,0	3,6	3,6	3,3	3,5	2,4	2,3	3,4
17-18	3,4	3,2	2,8	3,0	2,7	3,2	3,3	3,0	3,1	2,2	2,0	3,0
18-19	2,8	2,7	2,6	2,6	2,4	3,1	2,9	2,9	2,7	2,0	1,5	2,3
19-20	2,4	2,7	2,4	1,9	2,4	2,8	2,7	2,5	2,7	1,9	1,4	2,2
20-21	2,3	2,7	2,4	1,9	2,1	2,6	2,6	2,4	2,4	1,8	1,5	2,1
21-22	2,2	2,4	2,3	2,0	2,1	2,4	2,7	2,3	2,4	1,7	1,4	2,1
22-23	2,2	2,4	2,1	2,0	2,0	2,4	2,6	2,1	2,2	1,6	1,5	2,2
23-0	2,3	2,4	2,0	2,0	2,1	2,1	2,5	2,1	2,0	1,7	1,3	2,0



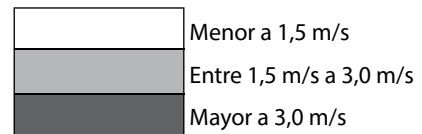
### Anexo 15. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación UPTC, Tunja - IDEAM (1979-2008)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	239,3	209,7	214,0	194,4	189,3	174,2	166,8	172,0	194,4	207,1	223,2	229,8
1-2	240,7	216,0	214,3	193,1	188,4	167,7	162,1	173,8	199,9	207,9	226,8	226,0
2-3	239,3	217,1	211,2	191,8	181,5	166,1	161,8	167,1	205,1	213,0	223,8	238,8
3-4	232,4	206,2	205,0	187,6	168,2	156,3	153,7	161,8	203,2	207,0	229,2	243,2
4-5	253,4	204,9	207,9	189,0	159,9	149,2	147,0	153,7	199,4	207,1	241,1	254,0
5-6	248,2	197,5	202,3	175,1	143,5	136,0	144,6	144,2	143,4	168,6	270,8	255,1
6-7	177,1	161,7	164,6	154,5	137,7	136,6	138,2	140,2	138,1	140,2	130,8	147,7
7-8	134,5	144,1	145,9	152,9	146,6	144,7	140,7	143,1	141,8	137,7	129,6	129,8
8-9	138,6	150,3	146,8	158,7	149,1	145,9	145,0	147,9	146,8	143,1	137,2	132,3
9-10	146,0	160,0	158,7	165,4	154,3	148,6	148,0	148,9	154,8	153,0	150,1	144,3
10-11	160,4	168,3	170,5	169,9	160,4	150,2	149,2	149,9	157,8	160,8	160,5	160,8
11-12	173,1	174,8	177,1	173,5	164,1	152,2	151,4	152,9	160,1	165,0	171,5	172,8
12-13	178,9	178,2	181,1	175,7	166,7	156,7	152,9	154,3	166,0	170,0	178,7	176,7
13-14	180,7	179,4	183,0	176,7	169,8	159,9	156,2	157,8	169,3	171,9	181,0	178,7
14-15	181,9	179,9	185,1	178,4	173,2	162,5	160,6	162,2	172,9	175,1	185,5	179,5
15-16	183,3	180,0	186,5	181,2	175,8	165,8	163,9	166,7	174,6	177,7	188,6	180,6
16-17	185,6	181,4	188,1	182,3	178,0	170,6	166,6	170,5	178,2	181,3	192,3	184,6
17-18	188,0	183,1	190,7	185,2	181,0	173,9	170,4	175,0	181,2	185,4	197,5	187,8
18-19	192,4	187,6	189,0	186,9	180,5	176,7	174,1	176,9	186,8	191,2	198,4	192,8
19-20	198,5	191,8	193,0	190,6	186,2	179,2	172,3	177,4	190,3	195,7	210,4	203,1
20-21	209,9	193,5	199,0	193,1	185,8	177,1	174,4	175,2	189,8	199,8	215,3	221,3
21-22	224,1	202,5	198,7	195,0	187,9	172,6	173,3	173,6	191,5	199,2	222,6	226,9
22-23	236,6	202,4	203,1	191,3	186,7	171,7	173,0	172,2	196,5	205,6	224,4	230,6
23-0	240,4	207,0	209,3	188,8	187,0	172,8	170,2	171,8	193,5	203,6	216,8	230,2



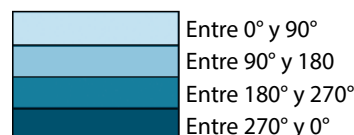
278

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5
1-2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4
2-3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,4
3-4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
4-5	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
5-6	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1
6-7	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3
7-8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,3	1,6	1,8	1,8	1,6	1,2	1,1	1,0
8-9	1,6	1,7	1,7	1,9	2,0	2,4	2,6	2,6	2,3	1,8	1,6	1,5
9-10	2,1	2,2	2,1	2,6	2,6	3,0	3,4	3,4	3,1	2,4	2,0	1,8
10-11	2,6	2,8	2,6	3,1	3,2	3,6	4,0	4,1	3,7	2,9	2,4	2,3
11-12	3,2	3,4	3,1	3,6	3,6	3,9	4,3	4,4	4,1	3,4	2,8	2,8
12-13	3,6	3,9	3,5	3,9	3,7	4,1	4,5	4,5	4,3	3,7	3,1	3,3
13-14	3,8	4,1	3,6	3,9	3,8	4,0	4,4	4,4	4,3	3,6	3,2	3,5
14-15	3,9	4,1	3,6	3,7	3,5	3,9	4,1	4,2	4,1	3,4	3,1	3,3
15-16	3,7	3,9	3,3	3,3	3,3	3,6	3,8	3,8	3,7	3,1	2,7	3,1
16-17	3,2	3,4	2,8	2,8	2,9	3,2	3,4	3,3	3,2	2,5	2,2	2,6
17-18	2,4	2,6	2,2	2,1	2,2	2,5	2,7	2,6	2,4	1,8	1,5	1,8
18-19	1,7	1,9	1,5	1,6	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	1,3	1,1	1,2
19-20	1,2	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,0	0,8	0,8
20-21	0,7	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8	0,7	0,6
21-22	0,7	0,9	0,8	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6
22-23	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6
23-0	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6

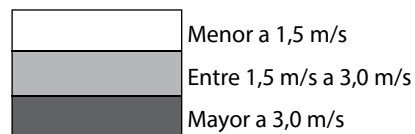


### Anexo 16 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento - Estación Zetaquirá - IDEAM (1982-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	286,9	254,7	297,0	305,9	315,1	314,0	313,6	298,8	291,1	293,2	306,0	297,4
1-2	252,2	289,7	296,6	302,2	305,8	320,1	311,4	287,3	281,1	299,6	301,7	299,0
2-3	291,4	289,6	296,1	305,7	293,8	321,3	255,6	291,1	289,7	301,9	299,9	296,8
3-4	290,9	299,7	301,9	296,6	304,4	305,8	313,5	292,4	297,7	297,3	299,6	299,3
4-5	282,2	295,1	291,6	299,9	294,5	294,4	299,1	302,7	294,8	299,8	306,6	299,7
5-6	286,4	307,5	298,6	318,7	341,5	346,0	19,6	316,7	313,7	315,9	321,3	316,7
6-7	35,2	6,2	9,8	6,0	55,3	54,7	63,0	34,4	14,0	30,0	23,8	16,2
7-8	92,8	97,7	83,6	63,4	92,7	85,8	90,5	90,5	88,4	84,3	93,4	98,9
8-9	101,4	110,4	103,0	97,7	103,3	96,4	103,2	101,3	95,8	106,5	104,3	108,7
9-10	117,7	120,9	117,3	121,2	116,6	111,4	113,0	112,7	114,1	117,6	120,8	123,2
10-11	122,7	127,3	120,4	121,4	123,0	118,8	121,7	118,5	124,6	122,2	127,7	125,1
11-12	130,6	131,7	125,9	123,5	125,9	121,4	123,2	122,7	127,5	126,5	127,0	129,4
12-13	132,5	135,4	129,0	126,7	125,6	122,8	123,7	123,9	126,9	129,9	130,2	132,9
13-14	134,8	137,2	131,1	129,0	127,7	121,3	123,9	121,9	127,8	128,6	131,1	134,8
14-15	132,9	137,1	133,3	129,8	128,9	122,8	125,9	122,6	129,8	138,8	135,2	142,3
15-16	141,5	144,7	142,0	133,1	132,0	134,9	128,0	137,2	151,0	145,6	136,3	140,2
16-17	148,2	152,5	137,2	148,9	142,4	162,7	135,7	187,0	244,7	228,6	220,3	201,3
17-18	236,3	182,5	186,3	209,1	186,0	250,1	220,9	252,2	268,9	247,6	267,4	271,7
18-19	251,7	226,1	282,6	260,4	272,5	277,2	232,3	266,3	376,2	278,1	280,6	261,5
19-20	279,6	278,7	292,5	276,1	280,2	300,3	289,4	278,9	290,8	284,0	284,1	263,8
20-21	281,2	292,7	305,7	293,1	292,4	297,4	312,5	290,3	288,7	286,6	287,8	309,1
21-22	294,9	290,4	308,7	296,4	307,0	294,4	302,8	297,0	293,2	295,7	306,1	302,3
22-23	291,8	287,2	298,3	308,0	311,3	296,3	304,2	293,2	290,1	309,7	304,5	291,1
23-0	283,6	284,6	312,0	290,3	316,7	291,2	299,3	310,9	289,8	296,3	309,0	295,0



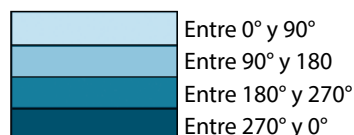
PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
1-2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
2-3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3
3-4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3
4-5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
5-6	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4
6-7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
7-8	0,5	0,7	0,5	0,5	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
8-9	1,1	1,5	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,5
9-10	1,7	2,1	1,7	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,7	2,0
10-11	2,1	2,3	1,9	1,7	1,9	1,7	1,7	1,5	1,8	1,8	2,0	2,3
11-12	2,2	2,4	2,1	1,7	1,9	1,8	1,9	1,5	1,7	1,6	2,0	2,3
12-13	2,1	2,6	1,9	1,8	1,8	1,7	1,9	1,7	1,5	1,5	1,7	2,1
13-14	2,0	2,5	2,0	1,7	1,7	1,5	1,7	1,5	1,4	1,2	1,5	1,9
14-15	1,7	2,1	1,6	1,4	1,4	1,2	1,5	1,2	0,8	0,9	1,0	1,2
15-16	1,1	1,6	1,3	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,3	0,5	0,5	0,8
16-17	0,5	1,0	0,7	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2
17-18	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
18-19	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
19-20	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
20-21	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2
21-22	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
22-23	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
23-0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3



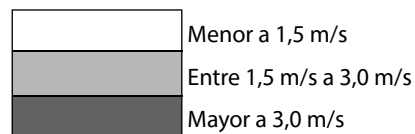


### Anexo 17. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Apto. Palonegro, Lebrija - IDEAM (1981-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	299,3	298,9	288,9	171,9	159,5	153,4	144,2	145,9	160,3	200,2	291,3	297,7
1-2	306,0	298,6	250,2	157,8	158,6	152,4	147,1	148,5	156,7	167,0	269,2	283,6
2-3	322,0	291,5	216,1	154,6	154,9	149,6	147,6	149,8	154,8	160,8	195,4	265,6
3-4	18,7	281,1	206,8	157,3	154,3	151,0	146,7	153,1	157,0	153,5	170,9	184,4
4-5	120,0	218,3	221,2	155,6	149,4	148,2	150,7	156,1	154,7	154,6	158,9	162,0
5-6	136,9	182,0	207,4	154,5	147,7	148,0	151,9	153,3	152,2	151,8	147,2	154,3
6-7	143,1	167,7	175,1	154,0	145,6	147,6	148,5	149,5	152,0	144,3	140,8	153,1
7-8	140,4	173,2	183,1	155,2	146,4	149,0	148,3	147,5	150,4	143,7	146,0	149,6
8-9	144,2	170,8	191,4	154,0	146,0	147,0	146,0	147,3	146,2	144,2	148,3	152,7
9-10	165,2	263,7	302,2	261,5	149,9	146,2	146,2	146,0	149,6	150,0	187,4	192,6
10-11	309,1	312,1	312,5	309,1	308,6	308,3	308,1	312,6	304,1	300,0	306,7	306,3
11-12	309,2	311,0	311,1	309,1	310,9	309,5	308,9	312,2	312,2	307,7	307,1	308,4
12-13	308,2	310,0	310,4	310,4	312,5	310,8	308,5	311,4	313,3	309,5	309,0	309,3
13-14	308,7	310,6	310,6	311,9	312,9	310,7	309,3	311,6	313,9	310,4	308,0	308,3
14-15	308,1	311,0	311,2	312,7	311,9	310,9	309,2	313,2	314,8	310,9	309,0	309,3
15-16	309,0	311,3	312,2	312,1	312,2	311,4	309,5	311,7	315,7	310,9	309,6	309,6
16-17	308,6	311,4	312,6	312,9	311,5	310,1	308,0	312,6	315,7	309,9	310,3	310,1
17-18	307,5	309,8	310,4	311,5	309,7	308,9	308,0	310,8	315,2	309,5	309,8	309,6
18-19	303,8	305,2	306,4	308,4	307,2	306,6	306,8	310,4	312,4	307,3	307,7	305,8
19-20	300,7	299,4	301,1	305,4	304,9	304,1	303,4	308,9	310,6	307,4	305,6	301,1
20-21	286,2	286,2	286,5	302,5	300,0	303,9	301,0	310,3	308,9	305,7	302,1	296,7
21-22	295,2	292,8	294,9	292,9	287,4	297,1	301,1	308,9	303,8	305,5	299,4	294,2
22-23	292,4	291,8	291,7	263,1	261,9	201,0	163,2	162,1	242,1	290,1	294,9	293,0
23-0	294,0	295,2	288,6	190,5	189,1	156,9	140,8	148,0	176,4	266,6	291,7	290,2

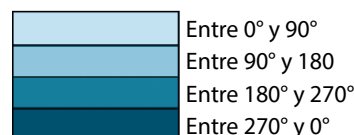


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,3	0,5	0,6
1-2	0,5	0,4	0,2	0,5	0,8	0,7	0,9	1,1	0,9	0,5	0,3	0,4
2-3	0,3	0,2	0,2	0,7	1,0	0,9	1,1	1,3	1,1	0,6	0,2	0,2
3-4	0,1	0,1	0,2	0,8	1,1	1,0	1,3	1,3	1,1	0,8	0,3	0,1
4-5	0,0	0,1	0,2	0,8	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	0,9	0,5	0,3
5-6	0,2	0,2	0,2	0,8	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	1,1	0,8	0,5
6-7	0,3	0,1	0,1	0,7	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,1	0,8	0,6
7-8	0,6	0,4	0,4	1,0	1,8	1,8	2,2	2,0	2,0	1,8	1,3	1,1
8-9	0,7	0,5	0,3	0,8	1,5	1,6	2,0	1,9	2,0	1,8	1,2	1,1
9-10	0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,9	1,3	1,1	1,3	1,0	0,3	0,3
10-11	2,0	2,1	2,5	2,1	1,3	1,0	0,6	0,9	0,9	1,1	1,9	2,1
11-12	4,0	4,0	4,1	3,7	3,1	2,9	2,9	3,1	3,1	3,1	3,6	3,9
12-13	4,7	4,8	4,7	4,6	4,1	4,1	4,2	4,4	4,5	4,4	4,5	4,8
13-14	5,1	5,1	5,0	5,0	4,7	4,5	4,7	4,9	5,0	4,8	4,8	5,0
14-15	5,2	5,2	5,0	5,0	4,8	4,7	4,9	5,0	5,1	4,9	4,9	5,1
15-16	5,1	5,1	4,9	4,8	4,7	4,4	4,6	4,7	4,8	4,7	4,7	5,0
16-17	4,7	4,7	4,5	4,2	4,1	4,0	4,1	4,2	4,3	4,1	4,3	4,5
17-18	4,0	4,0	3,7	3,5	3,4	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,7
18-19	3,1	3,1	2,8	2,7	2,5	2,4	2,5	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
19-20	2,3	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,6	1,6	1,9	2,1	2,1	2,2
20-21	1,8	1,7	1,5	1,2	1,1	0,9	0,8	0,9	1,2	1,5	1,7	1,7
21-22	1,4	1,3	1,1	0,7	0,6	0,4	0,3	0,4	0,7	1,0	1,2	1,3
22-23	1,1	1,0	0,8	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	1,0	1,0
23-0	0,9	0,8	0,6	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,3	0,7	0,8

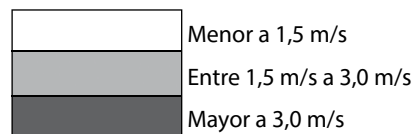


### Anexo 18. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación UIS, Bucaramanga - IDEAM (1974-2006)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	65,6	69,7	112,4	168,6	168,9	165,6	177,0	175,4	169,8	175,0	105,3	82,0
1-2	89,4	78,3	132,3	164,1	173,2	166,3	172,1	181,5	177,2	169,1	146,3	100,3
2-3	92,3	97,3	141,4	156,1	173,4	164,7	177,3	175,8	170,3	174,0	177,8	121,1
3-4	121,1	105,4	126,3	165,5	173,5	171,0	176,6	183,2	174,3	172,5	175,4	133,7
4-5	145,0	118,4	123,8	163,5	176,1	175,5	173,7	180,6	175,1	175,5	188,2	166,7
5-6	138,3	71,3	106,9	142,3	170,5	172,7	176,9	180,3	175,1	177,2	178,4	163,4
6-7	147,9	61,3	66,4	123,2	161,4	168,6	175,8	185,4	173,9	173,5	171,9	149,7
7-8	37,1	19,5	12,2	47,3	110,9	160,0	163,4	177,1	175,6	168,8	56,2	26,3
8-9	2,3	35,8	2,2	10,0	15,5	14,5	35,7	33,7	171,4	11,5	11,7	14,3
9-10	359,8	358,3	358,4	1,3	3,1	5,5	358,0	358,4	348,6	355,6	358,9	358,7
10-11	357,0	355,6	357,2	359,7	2,4	0,2	358,7	355,7	352,3	355,8	356,9	355,6
11-12	357,2	355,3	357,1	359,7	359,8	357,6	356,0	356,5	354,7	356,3	355,0	355,7
12-13	357,9	355,3	357,4	359,7	0,0	356,9	355,8	356,7	357,0	356,9	356,4	355,4
13-14	358,2	354,8	357,8	359,8	359,7	356,7	356,7	356,6	358,7	357,2	356,2	355,7
14-15	358,3	355,5	358,8	359,7	359,6	357,0	357,0	357,1	358,2	357,3	356,4	356,5
15-16	357,7	355,8	358,7	359,7	359,9	356,3	356,1	356,5	357,6	355,8	355,1	354,1
16-17	356,2	355,0	357,8	1,1	0,6	356,5	354,5	353,9	358,4	355,7	353,1	351,6
17-18	354,3	351,2	357,3	1,9	1,2	356,3	354,8	352,3	357,6	355,2	353,9	350,3
18-19	355,7	357,1	3,2	5,0	5,0	357,0	349,5	355,1	2,6	0,3	353,3	359,7
19-20	0,1	3,7	14,3	12,2	22,6	6,8	342,7	357,4	7,0	1,7	2,9	3,6
20-21	8,0	20,1	30,4	27,6	91,5	47,7	156,5	58,3	17,7	3,1	9,0	12,6
21-22	29,5	56,8	69,1	126,7	144,4	155,1	167,1	172,6	95,0	25,3	20,7	25,4
22-23	55,3	64,1	77,1	146,5	165,6	160,5	170,1	171,6	166,2	112,5	29,1	34,9
23-0	66,1	77,9	92,8	159,1	171,9	163,7	171,2	172,9	176,1	163,0	127,1	67,8

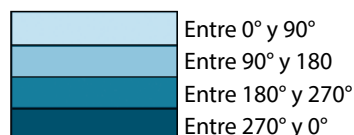


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,1	0,2
1-2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,2	0,2
2-3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2
3-4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3
4-5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	0,3
5-6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4
6-7	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2
7-8	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2
8-9	0,5	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5
9-10	1,0	1,2	1,3	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,7	1,0	1,1
10-11	1,7	1,9	2,0	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,2	1,5	1,8	1,9
11-12	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,2	2,0	1,8	2,2	2,4	2,4	2,7
12-13	3,2	3,2	3,2	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	3,2	3,0	2,8	3,2
13-14	3,5	3,4	3,3	3,5	3,2	3,0	3,1	3,0	3,5	3,2	3,0	3,4
14-15	3,5	3,4	3,3	3,4	3,2	2,9	3,1	3,1	3,5	3,2	2,9	3,3
15-16	3,3	3,2	3,1	3,1	2,9	2,7	2,8	2,8	3,1	2,8	2,6	3,0
16-17	3,0	2,8	2,7	2,6	2,3	2,3	2,3	2,4	2,6	2,3	2,2	2,5
17-18	2,3	2,2	2,0	1,9	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7	1,6	2,0
18-19	1,5	1,4	1,2	1,2	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	1,3
19-20	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	0,1	0,6	0,6	0,9	0,6	0,8
20-21	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,6	0,4	0,6
21-22	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4
22-23	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3
23-0	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5	0,2	0,0	0,2

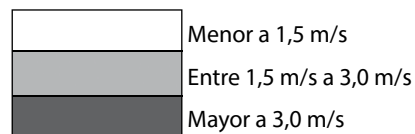


### Anexo 19 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Neomundo, Bucaramanga - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	78,5	70,6	73,8	75,2	85,4	85,6	96,8	83,7	79,0	90,4	80,7	73,3
1-2	72,2	82,0	84,7	81,3	81,6	65,9	54,8	89,3	89,1	94,2	101,2	71,6
2-3	86,2	72,1	76,2	76,2	74,8	62,8	70,1	90,7	80,6	78,9	79,2	72,8
3-4	71,7	75,7	81,7	76,9	79,9	61,6	62,1	78,6	75,3	74,7	60,9	67,1
4-5	74,3	66,6	69,8	73,8	79,0	80,4	72,0	82,2	81,1	82,5	71,0	77,5
5-6	76,2	64,5	57,3	72,6	77,6	76,9	81,0	75,7	82,5	109,4	88,4	62,4
6-7	41,5	47,0	294,4	285,7	265,3	288,0	331,9	348,8	249,8	227,9	276,9	300,5
7-8	262,0	258,0	278,9	279,4	262,4	256,2	183,1	257,7	247,6	242,7	252,8	262,6
8-9	265,8	268,0	113,3	308,6	280,3	276,2	180,2	278,6	269,8	280,8	281,7	281,4
9-10	287,1	293,3	287,7	331,6	325,3	312,9	32,7	813,7	322,8	313,0	314,3	313,5
10-11	130,8	128,4	145,3	352,7	359,4	353,2	20,4	357,7	348,0	350,1	353,6	349,1
11-12	147,6	143,0	344,2	359,8	4,2	357,0	10,0	10,2	353,8	2,4	354,6	354,6
12-13	344,2	342,6	347,6	5,8	9,9	5,8	22,4	7,8	6,3	7,8	1,0	355,1
13-14	340,9	343,0	343,3	7,9	7,8	4,3	16,1	7,1	8,3	5,8	3,2	356,1
14-15	338,5	343,5	348,7	5,7	9,3	9,5	344,3	13,6	9,7	2,9	355,2	354,0
15-16	342,6	337,9	358,9	12,1	8,0	10,1	348,0	6,8	14,6	6,4	11,1	354,6
16-17	341,8	337,6	356,4	15,9	13,1	12,8	7,7	8,3	22,7	12,6	21,2	359,0
17-18	358,9	348,6	16,3	34,0	36,6	42,6	0,0	27,6	52,1	31,3	31,5	15,8
18-19	34,5	32,1	52,8	52,8	60,7	62,3	5,8	51,4	71,2	50,2	40,7	37,2
19-20	55,7	57,0	61,4	64,0	72,6	65,1	18,9	74,0	74,0	63,8	41,9	57,2
20-21	65,3	62,5	72,4	74,6	88,7	81,6	22,8	83,7	77,3	66,4	62,6	65,9
21-22	66,7	47,0	80,7	84,8	83,4	70,8	37,0	76,7	75,9	87,1	65,4	67,7
22-23	73,1	68,6	72,5	78,2	88,5	83,3	108,3	78,9	91,0	89,5	71,6	69,2
23-0	76,9	52,2	74,8	79,7	82,9	70,9	53,6	83,9	85,4	82,2	76,4	63,9

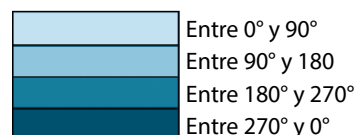


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,3	0,3	0,2	0,6	0,4	0,3		1,0	0,6	0,4	0,3	0,4
1-2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3		0,6	0,6	0,5	0,2	0,3
2-3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4		0,7	0,7	0,4	0,3	0,3
3-4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	0,3		0,8	0,8	0,6	0,3	0,4
4-5	0,4	0,4	0,2	0,7	0,5	0,3		0,7	0,7	0,5	0,4	0,3
5-6	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3		1,0	0,5	0,3	0,2	0,2
6-7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1		0,1	0,0	0,2	0,2	0,2
7-8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5		0,7	0,8	0,7	0,6	0,6
8-9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,9		0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
9-10	0,5	0,9	0,6	1,0	0,7	0,9		0,6	0,7	1,0	0,7	0,7
10-11	1,2	1,3	1,2	1,6	1,5	1,7		1,6	1,8	2,2	1,3	1,3
11-12	1,8	1,8	1,6	2,4	2,1	1,9		2,5	2,6	2,9	1,7	1,5
12-13	1,8	2,0	1,7	2,8	2,2	2,3		3,3	3,4	2,9	2,0	1,7
13-14	1,9	2,0	1,7	2,7	2,2	2,5		3,2	3,3	2,8	1,6	1,7
14-15	1,7	1,8	1,4	2,6	2,2	2,4		3,0	2,9	2,8	1,4	1,5
15-16	1,5	1,8	1,4	2,3	2,1	1,8		2,7	2,6	2,8	1,1	1,3
16-17	1,2	1,6	1,2	1,8	1,7	1,9		2,0	1,9	2,5	0,9	1,1
17-18	0,8	1,2	0,8	1,3	1,1	0,9		1,5	1,0	1,7	0,8	0,9
18-19	0,6	0,7	0,7	1,1	0,9	0,9		1,1	1,1	1,3	0,7	0,7
19-20	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8		1,1	0,8	0,9	0,6	0,6
20-21	0,5	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7		0,8	1,0	0,8	0,4	0,6
21-22	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	0,8		1,0	0,9	0,6	0,5	0,6
22-23	0,4	0,5	0,5	0,8	0,4	0,5		0,9	0,8	0,4	0,5	0,6
23-0	0,4	0,3	0,3	0,7	0,5	0,3		1,1	0,8	0,6	0,3	0,5

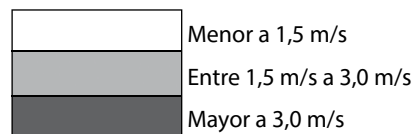


### Anexo 20. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación San Antonio, Floridablanca - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	95,9	96,5	124,3	85,0	85,6	89,4	88,2	79,5	91,6	88,8	69,5	100,5
1-2	118,9	88,2	102,9	67,4	78,6	86,3	77,5	78,4	91,4	87,5	80,9	91,6
2-3	98,0	96,1	80,3	70,5	77,5	77,5	74,1	91,5	85,2	97,9	100,0	97,0
3-4	0,7	101,1	66,4	99,6	84,6	81,7	77,7	83,3	78,9	89,4	82,3	90,0
4-5	122,2	96,5	62,8	74,3	79,1	77,2	85,9	84,8	82,3	76,8	82,7	101,8
5-6	93,3	98,5	90,5	69,7	83,0	80,7	85,2	93,2	80,5	93,6	88,4	82,9
6-7	82,1	85,3	94,3	336,3	44,5	181,4	59,7	78,0	81,1	197,6	111,3	53,2
7-8	273,8	258,7	271,9	277,3	277,8	276,7	274,1	285,0	264,7	270,5	278,2	273,3
8-9	290,6	275,3	273,4	282,1	271,4	277,5	279,1	279,4	272,8	277,7	278,1	286,2
9-10	277,0	279,2	278,9	278,2	272,5	296,6	285,7	281,4	281,6	278,0	274,1	273,9
10-11	278,4	287,3	284,0	289,7	289,4	308,4	291,7	306,7	296,0	285,5	288,8	283,1
11-12	325,6	323,1	324,1	328,3	340,9	339,8	339,5	345,6	344,2	331,3	329,2	342,1
12-13	346,4	343,6	351,1	339,2	358,0	350,8	357,8	4,4	1,0	345,3	345,4	304,4
13-14	353,9	352,9	357,2	346,3	0,3	353,3	357,1	2,2	0,9	350,2	354,0	355,3
14-15	353,3	356,3	354,2	356,6	357,9	359,1	5,0	2,7	2,4	354,0	352,8	359,9
15-16	0,1	0,4	9,9	8,1	0,5	352,3	0,3	6,2	7,9	359,5	355,2	358,4
16-17	2,8	337,7	7,6	12,6	9,5	3,7	5,6	15,2	15,1	12,0	356,8	2,4
17-18	16,4	8,1	31,8	38,6	32,6	59,6	63,8	62,2	41,4	41,9	35,3	27,6
18-19	38,5	24,0	45,4	56,5	42,4	50,5	74,8	65,1	51,3	43,2	51,4	44,7
19-20	66,5	38,5	53,3	71,5	63,3	60,9	61,6	70,0	64,3	48,7	70,3	101,4
20-21	71,5	45,8	80,0	73,3	66,9	75,8	77,7	74,7	70,6	64,7	70,3	111,2
21-22	113,1	61,0	78,6	97,9	69,6	89,0	92,9	69,0	75,8	82,4	80,8	105,2
22-23	121,0	81,1	90,5	94,0	83,0	83,7	82,5	73,2	87,6	85,3	77,3	107,1
23-0	108,8	74,8	112,9	85,1	83,7	71,4	86,5	86,0	94,0	97,8	67,4	99,4

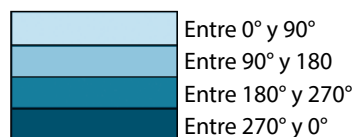


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3
1-2	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3
2-3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4
3-4	0,2	0,7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
4-5	0,5	0,6	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4
5-6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
6-7	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1
7-8	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5
8-9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8
9-10	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8
10-11	1,1	1,2	1,0	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9
11-12	0,8	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1	0,9	0,9	1,0
12-13	1,2	1,4	1,2	1,2	1,2	0,9	1,1	1,3	1,6	1,2	1,2	1,4
13-14	1,5	1,6	1,7	1,3	1,3	1,1	1,1	1,3	1,6	1,3	1,4	1,6
14-15	1,6	1,6	1,7	1,5	1,1	1,2	1,1	1,1	1,6	1,3	1,1	1,6
15-16	1,5	1,7	1,9	1,3	0,8	0,8	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0	1,5
16-17	1,3	1,6	1,7	0,9	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	0,7	0,6	0,9
17-18	0,9	1,3	1,3	0,7	0,7	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5
18-19	0,7	1,2	1,0	0,7	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8	0,8	0,3	0,4
19-20	0,5	0,9	0,8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3
20-21	0,5	0,7	0,7	0,5	0,7	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3
21-22	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4
22-23	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3
23-0	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4

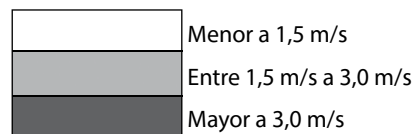


### Anexo 21. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Apto. Ernesto Cortizos, Soledad - IDEAM (1978-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	17,2	21,7	18,5	21,3	12,9	4,0	18,7	11,8	2,1	155,4	18,9	23,9
1-2	17,6	22,5	18,6	21,8	11,7	2,8	18,2	12,6	1,9	151,4	19,5	24,2
2-3	17,5	23,1	19,3	22,0	12,9	5,0	22,3	17,4	5,2	158,9	22,3	25,0
3-4	19,6	25,3	20,8	24,0	14,2	12,3	32,8	29,1	7,1	3,8	26,0	27,4
4-5	21,1	26,9	23,0	26,6	20,2	20,2	37,8	46,9	39,0	49,6	32,3	29,9
5-6	22,5	27,9	24,5	28,8	26,8	43,7	54,8	70,0	132,8	157,4	40,4	30,7
6-7	24,5	30,3	28,1	32,3	38,3	61,1	72,0	94,9	149,5	157,9	61,1	35,1
7-8	30,6	35,2	36,4	43,1	61,2	93,4	84,1	114,7	149,6	153,5	93,3	43,2
8-9	35,6	38,8	40,4	48,8	82,7	112,2	92,8	118,3	150,8	152,8	102,7	48,2
9-10	35,0	39,9	40,5	49,1	96,2	111,3	91,9	115,4	151,6	151,6	104,2	49,7
10-11	35,7	38,8	36,5	46,5	78,4	91,6	81,4	112,4	152,1	152,3	94,1	47,9
11-12	33,4	36,4	34,0	39,7	56,7	66,3	58,5	87,6	145,6	147,4	71,6	45,4
12-13	30,6	34,9	29,3	33,9	35,9	37,7	43,2	50,2	69,2	29,6	46,9	40,8
13-14	27,8	31,7	26,3	27,5	22,1	25,7	31,0	31,9	11,6	160,9	27,0	35,9
14-15	26,2	29,1	23,4	25,7	18,8	21,3	27,2	21,2	3,6	156,6	20,6	31,9
15-16	24,4	26,6	21,9	23,6	17,6	21,4	25,0	18,2	5,9	158,2	16,5	30,5
16-17	21,7	25,1	20,7	23,7	19,2	22,8	25,1	18,7	9,3	2,6	18,0	29,5
17-18	20,9	24,0	19,8	22,4	17,6	21,6	23,9	19,3	10,2	3,2	17,5	27,9
18-19	20,0	24,3	18,9	21,5	16,1	16,7	21,4	15,6	8,3	2,2	18,2	26,9
19-20	19,5	23,9	19,6	22,0	16,6	13,3	20,0	15,8	8,6	4,3	18,3	26,9
20-21	19,2	23,9	18,5	21,2	15,3	11,7	19,8	15,1	6,1	1,6	19,5	26,8
21-22	18,8	23,1	19,7	21,1	15,4	12,7	18,7	14,1	6,5	0,7	18,7	25,7
22-23	18,6	23,6	19,7	21,7	14,7	9,8	19,6	14,7	5,6	0,3	20,3	26,2
23-0	18,2	22,8	18,7	22,6	13,7	8,9	18,4	13,6	3,1	158,1	19,6	25,2

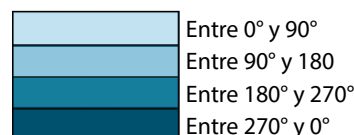


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	4,4	4,7	4,7	4,2	2,6	2,1	2,4	2,3	1,6	1,3	2,2	3,5
1-2	4,1	4,3	4,3	3,8	2,3	1,7	2,0	1,8	1,3	0,9	1,9	3,2
2-3	3,8	3,9	3,8	3,4	2,0	1,4	1,6	1,4	0,9	0,6	1,5	3,0
3-4	3,4	3,5	3,3	3,1	1,6	1,0	1,2	0,9	0,5	0,3	1,3	2,7
4-5	3,0	3,1	2,9	2,6	1,3	0,7	0,9	0,6	0,2	0,1	1,0	2,5
5-6	2,6	2,8	2,5	2,2	1,0	0,4	0,7	0,5	0,2	0,2	0,7	2,2
6-7	2,2	2,4	2,1	1,9	0,8	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	1,8
7-8	2,5	2,8	2,6	2,2	0,9	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	2,1
8-9	2,7	3,0	2,7	2,2	0,9	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2	0,9	2,2
9-10	2,7	3,1	2,6	2,1	1,0	0,8	0,9	1,1	1,3	1,2	1,0	2,2
10-11	3,2	3,6	3,3	2,5	1,1	0,9	1,1	1,2	1,3	1,2	1,0	2,5
11-12	3,7	4,2	4,0	3,2	1,4	1,1	1,5	1,2	0,9	0,8	1,0	3,0
12-13	4,6	5,1	5,0	4,3	2,0	1,8	2,3	1,8	0,5	0,2	1,4	3,6
13-14	5,2	5,7	5,7	4,9	2,7	2,7	3,2	2,5	1,4	1,2	2,1	4,2
14-15	5,5	6,0	5,9	5,2	3,4	3,2	3,7	3,1	2,2	2,1	2,7	4,6
15-16	5,8	6,0	6,1	5,4	3,8	3,5	4,0	3,5	2,5	2,5	3,1	4,7
16-17	5,7	6,1	6,2	5,3	3,8	3,6	4,0	3,6	2,6	2,4	3,2	4,7
17-18	5,7	6,2	6,0	5,2	3,8	3,5	4,0	3,4	2,4	2,2	3,1	4,7
18-19	5,6	5,9	6,0	5,1	3,4	3,1	3,8	3,3	2,3	2,0	3,1	4,6
19-20	5,5	5,8	5,9	4,9	3,3	2,9	3,7	3,2	2,2	1,8	3,0	4,5
20-21	5,5	5,8	5,8	4,9	3,1	2,9	3,6	3,1	2,2	1,8	3,0	4,5
21-22	5,3	5,8	5,8	5,0	3,1	2,7	3,5	3,1	2,1	1,8	2,9	4,4
22-23	5,1	5,4	5,5	4,8	3,0	2,6	3,3	2,9	2,0	1,6	2,8	4,1
23-0	4,7	5,0	5,2	4,6	2,8	2,3	2,8	2,7	1,8	1,5	2,5	3,9

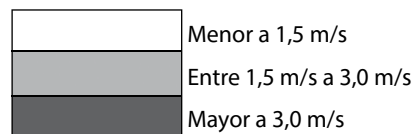


## Anexo 22 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Automática Las Flores - IDEAM (2006-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	57,8	59,1	57,3	55,9	55,1	60,2	65,5	60,3	57,1	61,4	60,9	60,8
1-2	59,8	61,0	58,7	58,6	57,1	65,1	69,2	67,9	66,0	69,1	71,9	63,2
2-3	61,6	62,3	61,5	62,9	62,3	70,9	75,5	76,0	82,1	79,8	81,2	64,6
3-4	62,8	64,8	63,2	65,8	68,9	74,3	78,4	85,3	100,2	91,8	87,4	66,9
4-5	63,2	65,2	64,0	67,6	78,1	78,6	81,9	94,8	111,8	95,7	93,3	67,1
5-6	64,4	65,4	64,1	68,2	83,3	82,6	85,5	103,0	120,5	107,9	105,0	68,1
6-7	64,9	66,6	65,0	71,0	83,7	89,5	85,2	106,7	123,9	111,5	106,3	70,1
7-8	65,2	66,9	65,9	69,0	85,1	86,3	85,6	105,8	121,2	108,3	102,0	70,0
8-9	64,0	64,2	64,7	66,6	77,1	81,9	77,1	102,3	117,1	112,3	96,3	69,5
9-10	62,5	62,7	61,7	61,0	71,5	74,1	70,0	86,4	101,7	102,0	85,3	65,8
10-11	59,5	59,7	58,2	56,0	58,9	57,5	62,0	67,8	67,9	58,0	70,6	62,0
11-12	55,8	55,6	54,2	52,1	48,0	54,7	56,7	53,4	49,3	41,2	54,2	58,7
12-13	51,9	52,1	50,1	49,2	40,3	49,5	50,8	41,1	34,4	15,8	46,9	56,1
13-14	48,2	48,5	45,7	44,9	38,0	48,4	47,0	38,8	30,6	15,1	42,9	54,3
14-15	45,7	46,4	44,1	44,0	36,1	46,5	44,9	35,6	36,2	14,7	38,5	50,8
15-16	44,6	45,1	43,3	43,4	39,2	47,1	46,3	37,0	36,6	14,5	39,8	51,1
16-17	44,8	44,7	43,8	43,8	44,4	46,7	47,7	41,3	45,1	28,2	42,5	50,4
17-18	45,4	45,5	43,3	44,5	43,6	47,4	46,8	44,5	44,7	41,1	43,8	50,8
18-19	46,3	46,0	44,0	44,9	44,8	47,5	47,7	44,2	42,5	47,8	45,9	50,4
19-20	46,6	46,4	45,0	46,9	45,2	48,8	50,5	46,1	43,1	49,3	47,2	51,0
20-21	48,1	47,6	46,9	45,5	48,1	49,6	51,6	49,1	42,7	48,9	48,8	53,1
21-22	49,2	49,1	47,7	48,0	48,4	51,8	54,4	49,5	40,7	50,2	48,4	53,5
22-23	52,2	53,3	49,7	48,8	45,5	53,6	57,5	53,1	45,1	52,5	51,1	53,9
23-0	55,7	56,0	53,7	52,1	48,0	56,5	62,1	54,6	47,4	55,4	57,2	57,4

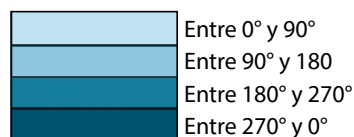


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	8,3	8,4	8,5	6,1	3,0	3,9	4,6	3,4	1,9	1,7	3,0	7,2
1-2	8,1	8,0	8,3	5,7	2,7	3,7	4,3	3,1	1,7	1,7	2,7	7,1
2-3	7,7	7,4	8,0	5,4	2,6	3,5	4,0	2,7	1,2	1,7	2,7	7,0
3-4	7,2	7,0	7,5	3,0	2,6	3,4	3,9	2,4	1,3	1,7	2,5	6,6
4-5	6,9	6,9	7,2	4,8	2,2	3,0	3,6	2,3	1,5	1,7	2,3	6,2
5-6	6,8	6,6	7,0	4,6	2,1	3,1	3,4	2,2	1,6	1,8	2,3	5,9
6-7	6,8	6,4	6,9	4,6	2,4	3,0	3,6	2,4	1,9	1,7	2,5	5,6
7-8	7,0	6,6	7,1	4,9	2,5	3,3	3,7	2,6	2,0	2,0	2,5	5,7
8-9	7,1	6,9	7,2	5,2	2,8	3,5	3,8	2,6	1,9	1,7	2,6	5,9
9-10	7,6	7,2	7,5	3,3	2,8	3,4	3,9	2,5	1,5	1,2	2,5	6,2
10-11	7,7	7,9	8,0	6,0	3,1	3,6	4,4	2,6	1,5	1,3	2,5	6,5
11-12	8,0	8,3	8,3	6,3	3,5	4,1	4,7	3,0	1,8	1,6	2,7	6,7
12-13	8,1	8,4	8,3	6,6	3,7	4,5	5,1	3,2	2,2	1,7	2,9	6,8
13-14	8,0	8,5	8,5	6,8	4,2	4,5	5,4	3,6	2,3	1,7	3,1	7,0
14-15	8,0	8,5	8,5	6,6	4,3	4,5	5,3	3,3	2,3	1,8	3,0	7,1
15-16	7,9	8,4	8,5	6,6	4,4	4,6	5,5	3,1	2,2	1,8	2,9	6,9
16-17	7,9	8,1	8,4	6,5	3,9	4,5	5,3	3,2	1,9	1,7	2,9	6,7
17-18	8,1	8,1	8,0	6,3	3,6	4,2	5,1	2,9	1,7	1,7	2,8	6,8
18-19	8,5	8,3	8,2	6,4	3,5	4,1	5,0	3,1	1,8	1,8	3,2	7,1
19-20	8,6	8,6	8,3	6,5	3,1	4,1	5,2	3,4	2,0	1,8	3,7	7,5
20-21	8,7	8,7	8,5	6,7	3,1	4,0	5,2	3,4	2,1	2,0	3,6	7,7
21-22	8,7	8,7	8,6	6,7	3,3	4,0	5,3	3,4	2,2	2,2	3,6	7,8
22-23	8,6	8,5	8,6	6,5	3,2	3,9	5,3	3,4	2,2	2,2	3,6	7,6
23-0	8,4	8,6	8,5	6,3	3,4	3,9	5,0	3,5	1,9	2,0	3,1	7,4



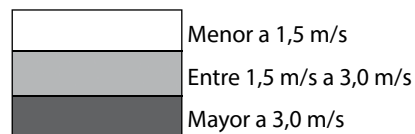
### Anexo 23 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Convencional Las Flores - IDEAM (1983-2003)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	47,0	37,1	42,0	40,1	40,0	50,6	44,7	39,6	37,5	42,5	41,4	52,7
1-2	49,5	39,2	44,0	41,8	41,0	52,5	48,7	46,3	43,2	46,6	45,8	54,8
2-3	51,6	41,2	46,7	42,5	43,1	54,7	52,7	51,6	50,1	53,6	51,1	56,7
3-4	53,2	43,2	47,6	44,2	49,2	58,5	54,7	58,3	62,9	61,6	56,5	58,9
4-5	55,6	43,0	47,4	49,2	53,3	63,6	58,6	62,1	69,5	70,6	64,0	60,1
5-6	55,6	43,8	47,6	50,7	56,9	65,9	59,3	67,7	78,3	79,5	65,7	60,7
6-7	58,6	45,8	49,0	53,0	59,5	70,3	61,5	68,5	87,4	87,1	70,8	60,6
7-8	56,9	46,7	56,0	54,5	63,8	71,2	61,9	73,2	91,3	90,1	73,5	67,4
8-9	60,3	52,5	53,8	54,7	62,2	67,9	59,8	70,5	85,9	91,8	76,4	67,5
9-10	58,8	50,6	52,6	52,3	59,1	62,8	56,1	63,8	78,8	84,1	69,1	65,1
10-11	54,4	48,2	48,3	47,6	50,3	58,0	48,5	56,0	62,7	70,6	63,3	62,6
11-12	53,9	44,7	44,9	43,7	43,8	51,8	42,2	42,6	43,1	55,8	50,7	57,6
12-13	50,8	40,8	42,6	40,1	36,8	47,5	39,7	35,8	27,8	33,7	40,4	55,2
13-14	48,6	34,8	38,6	35,0	31,4	44,6	36,8	29,3	18,9	22,2	34,9	52,4
14-15	44,3	32,1	35,3	30,3	29,1	42,0	34,2	28,4	15,6	20,6	33,6	51,9
15-16	43,0	30,6	33,5	28,7	28,6	40,5	33,3	26,8	14,8	23,3	31,7	49,9
16-17	41,0	28,3	32,5	28,4	28,3	42,1	33,3	28,5	18,6	24,4	30,7	49,0
17-18	40,5	26,2	32,5	29,9	30,3	44,3	33,5	30,0	22,5	29,8	31,8	49,2
18-19	40,6	26,3	33,7	31,6	31,5	44,4	33,6	29,8	24,5	31,7	33,4	49,0
19-20	40,5	26,5	35,2	31,4	32,3	44,2	33,4	31,4	25,2	33,5	33,3	48,6
20-21	41,3	27,8	36,1	34,6	33,3	46,5	34,4	31,1	27,6	33,2	34,1	47,9
21-22	41,1	28,5	37,3	35,9	34,4	46,8	36,6	33,1	27,4	32,5	34,6	49,4
22-23	42,0	31,6	38,7	38,2	36,2	47,8	38,3	36,1	30,5	32,4	37,0	49,7
23-0	43,8	33,3	40,6	38,7	37,5	49,8	41,3	37,0	33,6	38,4	38,3	50,6



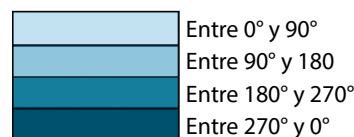
286

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	7,4	7,5	7,3	6,6	4,2	3,7	5,0	4,2	2,6	2,6	3,8	6,7
1-2	7,3	7,3	7,0	6,4	3,9	3,5	4,8	3,9	2,4	2,4	3,5	6,6
2-3	7,0	7,1	6,8	6,2	3,8	3,4	4,5	3,6	2,2	2,2	3,3	6,4
3-4	6,7	6,7	6,4	5,9	3,7	3,2	4,2	3,3	1,9	2,0	3,1	6,2
4-5	6,3	6,4	6,0	5,6	3,4	3,0	3,8	3,0	1,8	1,9	2,8	5,8
5-6	6,2	6,1	5,6	5,2	3,2	2,8	3,4	2,8	1,6	1,8	2,6	5,7
6-7	5,4	5,3	4,9	4,4	2,8	2,5	2,9	2,5	1,6	1,7	2,3	5,0
7-8	4,9	4,8	4,3	4,2	2,8	2,4	2,9	2,1	1,7	1,7	2,0	4,6
8-9	5,6	5,7	5,3	5,0	3,2	2,8	3,3	2,8	2,0	1,9	2,4	5,3
9-10	6,0	6,1	5,8	5,3	3,3	3,1	3,6	3,1	2,1	1,9	2,5	5,7
10-11	6,4	6,7	6,3	5,8	3,6	3,4	3,9	3,2	2,1	1,9	2,5	5,8
11-12	6,8	7,1	7,0	6,6	4,2	3,9	4,5	3,7	2,2	2,0	2,9	6,1
12-13	6,9	7,3	7,3	6,9	4,6	4,2	5,1	4,3	2,6	2,3	3,3	6,3
13-14	7,0	7,3	7,3	7,0	4,8	4,7	5,3	4,4	3,0	2,6	3,6	6,3
14-15	7,0	7,2	7,2	6,9	4,8	4,7	5,3	4,5	2,9	2,6	3,8	6,2
15-16	7,0	7,2	7,2	6,8	4,8	4,7	5,6	4,6	2,9	2,7	3,9	6,1
16-17	6,9	7,1	7,0	6,7	4,7	4,6	5,4	4,4	2,8	2,6	3,8	6,1
17-18	6,7	7,0	6,9	6,4	4,6	4,4	5,2	4,2	2,7	2,4	3,7	6,2
18-19	6,9	7,2	6,9	6,3	4,3	4,0	5,0	4,0	2,6	2,4	3,7	6,4
19-20	7,1	7,3	7,1	6,3	4,2	4,0	5,0	4,0	2,5	2,4	3,6	6,5
20-21	7,3	7,6	7,4	6,6	4,3	4,1	5,1	4,3	2,6	2,6	3,9	6,7
21-22	7,3	7,7	7,5	6,8	4,4	4,2	5,4	4,5	2,7	2,6	4,1	6,8
22-23	7,4	7,5	7,6	6,9	4,5	4,2	5,5	4,6	2,8	2,7	4,2	6,8
23-0	7,4	7,5	7,4	6,7	4,4	3,9	5,3	4,4	2,6	2,7	4,0	6,8

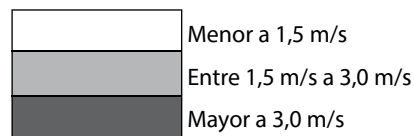


### Anexo 24. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Repelón - IDEAM (1974-2003)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	17,9	22,1	20,1	18,1	342,4	306,3	330,0	321,3	286,8	301,4	343,8	16,8
1-2	18,1	18,5	17,0	15,5	317,7	284,3	313,7	301,9	279,9	258,6	337,1	14,6
2-3	13,1	16,5	14,5	11,5	295,4	281,3	289,6	274,8	263,6	290,4	332,2	14,1
3-4	12,4	15,9	12,7	7,3	290,6	275,4	291,9	262,8	251,9	284,0	325,3	14,2
4-5	13,3	20,1	20,6	6,4	280,8	273,3	287,2	265,0	243,1	273,9	328,8	15,3
5-6	22,2	25,6	23,2	6,1	288,3	263,2	283,3	257,2	237,5	268,8	328,8	20,1
6-7	27,7	30,0	25,8	25,7	287,1	204,2	247,7	216,2	216,2	228,0	19,6	33,7
7-8	40,2	44,1	41,7	56,2	119,9	157,6	117,7	166,7	190,1	186,3	84,8	46,9
8-9	56,7	63,0	67,6	89,0	130,1	149,6	132,4	152,1	171,1	164,6	116,4	63,6
9-10	82,5	90,8	93,6	117,1	140,1	151,6	136,1	148,0	158,8	161,2	130,9	89,2
10-11	99,8	107,2	111,2	128,5	145,3	150,8	141,4	148,2	160,1	164,1	145,3	107,6
11-12	107,4	112,3	112,0	137,0	148,4	153,8	142,1	149,1	168,5	176,4	149,8	117,3
12-13	109,4	109,3	105,6	132,3	157,1	153,5	142,0	151,9	169,5	195,1	165,0	120,5
13-14	93,8	92,3	70,5	107,5	177,5	173,2	136,4	157,4	196,2	237,8	237,1	98,7
14-15	27,1	26,2	12,5	357,0	300,0	293,3	2,4	314,3	290,4	285,0	303,4	8,4
15-16	0,8	3,7	1,9	348,3	327,0	331,9	346,1	330,8	311,3	300,4	315,2	351,7
16-17	2,3	9,0	9,1	0,4	342,2	354,3	354,5	344,3	330,0	315,4	332,1	358,9
17-18	17,4	22,8	23,1	22,1	358,2	5,4	13,7	6,5	141,7	331,7	0,6	23,3
18-19	31,2	32,1	26,9	32,0	10,6	17,2	28,3	21,4	354,4	348,1	13,2	30,9
19-20	30,0	30,3	26,1	33,9	21,3	20,0	34,3	22,4	5,2	354,0	15,7	30,9
20-21	27,3	26,4	23,8	30,7	23,9	22,6	32,5	23,0	357,1	337,1	11,0	28,7
21-22	26,3	26,2	23,6	26,8	21,4	10,1	29,8	12,3	347,0	330,0	5,7	25,2
22-23	25,8	25,2	23,1	25,1	13,3	353,0	16,1	3,6	330,8	311,3	339,3	23,6
23-0	22,1	25,9	22,1	22,1	2,6	329,2	1,5	346,7	311,0	306,6	354,6	21,9



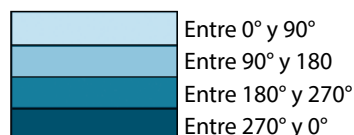
PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,8	2,0	1,9	1,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,9	1,5
1-2	1,5	1,7	1,6	1,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	1,3
2-3	1,4	1,4	1,3	1,1	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	1,2
3-4	1,4	1,3	1,1	0,9	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2
4-5	1,3	1,3	1,1	0,8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	1,2
5-6	1,3	1,3	1,0	0,8	0,4	0,4	0,3	0,5	0,7	0,6	0,5	1,2
6-7	1,5	1,4	1,2	0,8	0,1	0,2	0,0	0,4	0,7	0,5	0,4	1,3
7-8	1,8	1,8	1,4	1,1	0,5	0,7	0,6	0,8	1,0	0,7	0,5	1,8
8-9	2,0	1,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,2	0,9	2,0
9-10	1,9	1,8	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,7	1,5	1,4	1,9
10-11	1,9	1,9	1,7	2,0	2,0	1,9	2,1	2,2	1,9	1,5	1,6	1,9
11-12	1,9	2,0	1,8	2,0	2,0	1,8	2,0	2,1	1,7	1,5	1,5	1,8
12-13	1,9	1,9	1,7	1,8	1,6	1,5	1,7	1,7	1,3	1,2	1,0	1,4
13-14	1,5	1,6	1,3	0,6	0,8	0,6	1,0	0,8	0,7	0,9	0,5	0,8
14-15	1,5	1,8	2,2	1,3	0,9	0,8	0,4	0,6	0,9	1,2	1,2	1,1
15-16	2,7	3,3	3,4	2,6	2,0	1,6	2,0	2,0	1,7	1,5	1,9	2,4
16-17	3,1	3,6	3,5	2,9	2,2	1,8	2,7	2,2	1,8	1,3	1,7	2,7
17-18	3,1	3,5	3,5	3,1	2,0	1,7	2,4	1,9	1,4	0,9	1,4	2,6
18-19	3,0	3,6	3,3	3,0	1,8	1,5	2,0	1,6	0,9	0,7	1,4	2,7
19-20	3,0	3,6	3,2	2,9	1,7	1,2	1,9	1,5	0,8	0,5	1,3	2,5
20-21	2,8	3,4	3,1	2,6	1,5	1,1	1,7	1,3	0,7	0,5	1,2	2,3
21-22	2,5	3,1	3,1	2,6	1,3	0,8	1,3	1,0	0,6	0,5	1,1	2,2
22-23	2,3	2,7	2,7	2,3	1,0	0,6	0,9	0,7	0,6	0,6	1,0	1,9
23-0	2,1	2,4	2,4	2,0	0,8	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,9	1,7



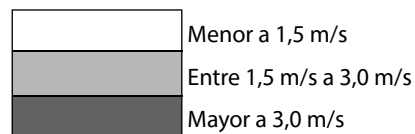


### Anexo 25 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Apto. Simón Bolívar - IDEAM (1978-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	24,0	7,2	13,1	32,9	94,6	85,4	91,8	121,5	120,5	121,9	80,8	46,2
1-2	15,5	19,5	14,0	54,2	110,8	85,5	105,9	129,7	127,9	131,7	94,9	50,7
2-3	63,7	44,7	30,7	103,4	121,4	111,6	110,8	129,8	127,7	132,6	97,0	67,3
3-4	73,4	57,6	52,1	124,6	126,5	116,6	104,8	132,3	132,6	127,7	96,4	71,7
4-5	80,6	68,5	69,0	125,3	144,0	137,8	113,1	139,0	134,4	136,0	105,0	79,0
5-6	89,3	70,6	83,6	133,8	143,5	140,0	118,1	137,3	140,4	141,6	110,3	76,7
6-7	88,8	79,2	78,2	161,0	167,7	158,6	136,1	152,3	155,7	154,7	124,6	80,0
7-8	121,6	118,2	177,2	208,6	199,6	184,5	180,8	181,2	181,3	179,5	170,1	142,9
8-9	213,5	228,8	241,8	234,0	220,0	209,7	207,4	200,2	198,4	192,7	198,0	212,8
9-10	230,9	240,4	251,8	251,4	240,9	231,3	231,6	223,7	217,2	211,4	220,7	227,7
10-11	240,8	256,8	268,0	272,7	264,9	254,2	252,6	246,7	237,5	230,3	236,4	237,3
11-12	260,2	277,7	287,7	293,2	282,7	273,2	274,6	269,3	259,9	248,8	252,8	252,6
12-13	285,0	307,3	314,7	316,1	306,3	296,6	294,6	293,3	278,7	269,5	273,6	271,7
13-14	327,7	343,2	342,1	338,0	325,3	317,8	316,9	318,1	306,7	293,7	298,8	303,8
14-15	352,8	357,9	359,4	351,7	340,8	336,8	337,5	338,4	331,8	317,4	328,6	342,9
15-16	4,2	7,0	8,4	2,7	352,6	351,0	354,0	354,7	346,7	343,9	352,8	2,3
16-17	10,0	12,7	15,2	8,0	2,0	358,6	1,9	5,2	3,3	3,1	9,1	10,8
17-18	15,0	16,1	17,7	12,3	7,6	9,7	11,3	12,9	11,8	13,2	18,2	17,1
18-19	18,1	19,2	20,6	14,9	13,9	19,2	17,4	18,9	15,8	21,7	28,2	21,9
19-20	21,9	22,3	23,6	18,6	19,9	23,9	25,2	25,8	23,4	27,9	25,7	23,6
20-21	24,4	24,5	24,9	20,4	23,3	31,3	27,6	30,2	29,0	36,5	33,6	27,8
21-22	26,3	25,2	27,4	21,5	30,6	37,4	32,0	43,0	39,3	59,0	42,3	30,1
22-23	29,3	27,5	28,8	24,5	36,0	52,7	47,8	65,0	62,5	91,7	53,0	34,7
23-0	32,7	23,9	26,6	22,9	52,2	79,7	71,7	94,9	112,1	109,0	63,7	35,2

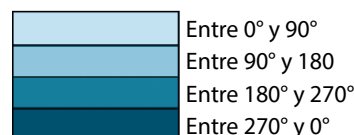


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	1,1
1-2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7
2-3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6
3-4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6
4-5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,6	0,7	0,6	0,9	1,0	1,0	0,7	0,7
5-6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,7	0,7	0,6	0,9	1,1	1,0	0,8	0,7
6-7	0,5	0,5	0,3	0,5	0,8	0,7	0,5	0,9	1,1	1,0	0,6	0,6
7-8	0,3	0,2	0,3	0,8	1,1	1,1	0,8	1,4	1,6	1,7	0,8	0,3
8-9	0,8	0,6	0,8	1,3	1,5	1,4	1,3	1,8	2,0	2,1	1,3	0,8
9-10	1,5	1,5	1,6	1,9	1,9	1,8	1,7	2,0	2,2	2,2	1,8	1,6
10-11	1,9	1,8	2,0	2,2	2,1	2,0	1,9	2,1	2,4	2,3	2,0	1,9
11-12	1,9	1,9	2,2	2,4	2,3	2,0	2,1	2,1	2,4	2,3	2,1	1,9
12-13	1,7	1,7	2,2	2,7	2,4	2,1	2,0	2,1	2,2	2,1	1,9	1,7
13-14	2,1	2,8	3,2	3,5	2,8	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7
14-15	3,4	4,4	4,7	4,7	3,2	2,4	2,3	2,5	1,9	1,6	2,0	2,4
15-16	4,9	5,8	5,8	5,5	3,6	2,7	2,6	2,7	2,1	1,8	2,4	3,7
16-17	5,7	6,4	6,3	5,8	3,6	2,6	2,8	2,8	2,3	2,0	2,8	4,4
17-18	5,9	6,5	6,4	5,6	3,4	2,4	2,8	2,8	2,2	1,9	2,8	4,5
18-19	5,6	6,3	6,2	5,2	3,1	2,1	2,6	2,5	2,1	1,8	2,6	4,2
19-20	5,2	5,9	5,7	4,4	2,4	1,9	2,3	2,1	1,7	1,4	2,2	3,9
20-21	4,9	5,4	5,2	3,9	2,0	1,6	2,0	1,8	1,4	1,1	1,8	3,4
21-22	4,2	4,6	4,0	3,0	1,4	1,2	1,6	1,2	0,9	0,7	1,3	2,8
22-23	3,4	3,3	2,8	2,2	1,0	0,9	1,0	0,8	0,6	0,6	1,0	2,4
23-0	1,9	1,7	1,5	1,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	1,8

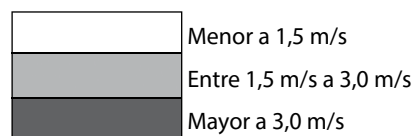


### Anexo 26. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación San Lorenzo - IDEAM (1975-2003)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	140,2	145,4	154,3	162,3	161,1	162,2	149,3	143,0	152,1	155,8	144,8	147,6
1-2	138,4	145,3	152,8	159,7	163,4	159,5	154,2	143,5	150,8	160,7	143,8	147,9
2-3	135,3	145,7	154,0	162,1	163,2	158,6	150,5	144,8	144,9	158,3	145,8	150,0
3-4	134,2	143,5	154,7	164,4	161,2	157,6	148,9	144,3	148,5	159,2	143,4	150,7
4-5	135,8	145,4	153,5	160,4	163,4	158,9	141,3	141,0	150,5	148,1	144,7	150,9
5-6	133,8	143,9	152,0	160,2	159,0	157,8	140,4	136,1	148,8	147,3	139,7	153,0
6-7	130,8	140,1	148,5	153,6	144,4	140,5	139,6	126,3	144,9	138,1	136,2	149,1
7-8	123,3	130,9	107,8	98,1	70,9	80,3	101,1	94,6	99,4	119,1	124,8	139,2
8-9	102,2	99,6	52,4	34,1	20,2	33,0	53,5	37,3	37,8	56,9	89,5	111,0
9-10	68,1	60,5	33,9	27,9	17,7	31,0	42,8	26,1	27,3	34,7	46,4	65,8
10-11	43,5	40,7	27,5	27,7	21,9	29,7	40,7	21,0	22,1	30,7	31,9	34,2
11-12	33,7	37,2	20,9	27,4	23,0	25,9	41,7	22,5	28,0	32,3	22,1	23,0
12-13	29,4	32,9	15,8	30,2	26,1	26,7	41,6	23,7	31,7	32,3	26,0	20,4
13-14	26,7	27,3	14,8	28,6	34,6	29,2	46,1	27,4	36,5	29,3	28,7	13,5
14-15	21,2	26,3	13,0	33,6	38,2	33,5	55,4	48,8	73,3	52,6	29,6	12,8
15-16	25,1	29,8	15,1	44,0	60,2	52,2	73,5	70,2	106,8	79,9	56,2	18,3
16-17	73,3	42,0	17,8	66,3	98,7	75,8	86,0	96,9	129,6	130,7	104,7	134,0
17-18	125,9	104,3	76,6	145,6	139,5	114,9	109,8	114,4	140,1	149,0	131,2	149,7
18-19	133,4	130,6	136,0	162,3	157,4	143,4	125,9	126,2	143,6	147,9	138,5	146,5
19-20	138,2	134,1	145,2	156,1	155,8	143,2	136,7	129,7	139,9	151,1	135,8	147,1
20-21	136,2	133,8	145,3	157,6	155,2	148,0	137,9	130,7	136,8	151,7	132,7	148,6
21-22	136,1	137,3	148,4	160,3	158,1	154,1	141,2	137,7	145,7	154,6	130,5	143,5
22-23	137,3	140,4	154,2	158,7	157,7	158,1	146,1	137,4	145,5	156,4	135,9	143,5
23-0	138,5	144,8	151,6	159,1	163,1	161,4	142,6	138,7	149,2	158,7	140,1	149,2

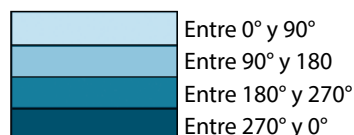


PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,1	1,5	1,3	1,1	1,3	1,5
1-2	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,5	1,3	1,1	1,2	1,5
2-3	1,4	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,2	1,4	1,3	1,1	1,3	1,4
3-4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,0	1,2	1,4
4-5	1,4	1,4	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4	1,2	1,0	1,2	1,4
5-6	1,4	1,4	1,1	1,3	1,2	1,3	1,1	1,4	1,1	1,0	1,2	1,5
6-7	1,4	1,4	0,9	1,0	0,9	0,8	1,0	1,2	0,9	0,9	1,1	1,4
7-8	1,3	1,3	0,7	0,6	0,4	0,5	0,7	1,0	0,6	0,6	0,8	1,3
8-9	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0	0,8	0,6	0,7	1,0
9-10	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	1,2	1,0	0,8	0,6	0,9
10-11	1,3	1,4	1,4	1,0	1,0	0,9	0,9	1,2	1,0	0,9	0,7	1,0
11-12	1,2	1,4	1,4	1,0	1,0	0,9	0,9	1,2	1,0	0,8	0,7	1,0
12-13	1,1	1,4	1,4	1,0	0,9	1,0	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0
13-14	1,1	1,3	1,4	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8
14-15	1,0	1,3	1,4	0,8	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7
15-16	0,8	1,1	1,3	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4
16-17	0,5	0,7	0,9	0,5	0,4	0,4	0,7	0,8	0,9	0,5	0,5	0,4
17-18	1,0	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	1,0	1,3	0,9	0,8	1,1
18-19	1,4	1,2	0,9	1,2	1,2	1,0	0,9	1,5	1,6	1,2	1,1	1,3
19-20	1,4	1,3	1,1	1,3	1,4	1,2	1,1	1,8	1,6	1,2	1,1	1,4
20-21	1,5	1,3	1,0	1,4	1,4	1,3	1,1	1,7	1,5	1,3	1,2	1,4
21-22	1,5	1,4	1,2	1,4	1,3	1,4	1,1	1,6	1,4	1,2	1,3	1,5
22-23	1,5	1,4	1,2	1,4	1,3	1,4	1,2	1,7	1,4	1,2	1,3	1,5
23-0	1,5	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,2	1,6	1,4	1,2	1,2	1,4



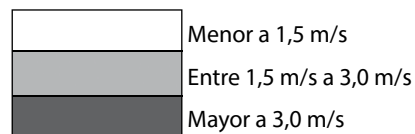
### Anexo 27. Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Apto. Almirante Padilla, Rioacha - IDEAM (1976-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	89,2	83,6	78,7	81,7	89,3	91,7	92,0	92,7	106,3	109,3	95,3	89,2
1-2	88,3	83,1	75,4	78,9	88,3	90,2	90,9	92,2	101,1	107,6	94,7	88,3
2-3	87,3	83,2	75,2	77,4	84,8	89,4	89,7	91,1	97,9	105,3	96,4	87,0
3-4	86,4	82,7	72,8	74,1	82,1	86,5	87,9	89,4	98,2	105,0	93,7	86,1
4-5	87,2	83,8	72,5	75,5	81,9	88,1	89,4	89,1	97,3	103,2	95,0	90,1
5-6	89,1	84,1	73,8	75,8	81,8	89,5	90,0	88,9	95,7	101,4	94,2	90,2
6-7	89,3	85,2	75,2	77,4	83,3	90,4	90,5	88,1	94,2	95,8	90,4	89,4
7-8	91,0	84,5	79,2	78,9	85,2	93,0	92,6	90,4	91,6	94,0	88,8	89,0
8-9	91,3	86,1	81,2	80,3	87,1	94,1	95,0	92,7	91,8	93,3	89,9	91,0
9-10	90,0	84,9	79,5	76,9	83,7	94,0	94,6	92,1	87,7	91,1	88,7	90,9
10-11	87,3	81,9	70,2	62,7	72,9	91,2	91,9	84,3	74,4	80,5	83,6	87,7
11-12	80,5	73,8	58,7	47,6	60,8	88,6	87,2	73,9	55,1	62,8	71,2	81,9
12-13	70,7	62,7	46,1	33,1	45,8	82,6	81,2	63,2	37,0	44,6	60,1	73,4
13-14	62,3	54,0	39,4	25,6	32,9	75,6	75,7	52,6	25,8	30,3	50,0	67,7
14-15	57,1	50,7	37,0	20,9	30,3	69,1	69,8	44,9	17,6	24,8	44,4	64,8
15-16	54,9	48,7	34,8	23,3	27,6	68,0	65,2	40,5	17,2	27,4	42,6	62,3
16-17	54,9	48,7	37,3	26,3	32,6	71,6	63,2	40,0	19,3	30,2	45,2	63,3
17-18	57,9	53,1	41,8	33,3	40,5	75,8	67,8	47,8	28,4	38,0	50,8	64,8
18-19	63,2	62,8	52,4	46,2	62,1	86,4	76,8	61,9	62,2	53,6	57,0	73,9
19-20	69,3	67,5	60,4	55,8	79,3	91,0	81,7	71,6	95,5	84,7	68,8	77,1
20-21	76,8	73,7	68,1	65,2	89,4	95,3	87,4	84,6	105,3	104,1	82,0	81,4
21-22	83,6	77,6	74,2	73,3	94,8	95,9	88,8	90,4	110,6	113,4	91,8	86,4
22-23	87,4	82,8	78,0	78,5	96,2	94,6	91,1	90,8	111,1	113,0	97,7	90,3
23-0	89,2	84,9	78,8	78,9	99,4	92,2	91,6	92,4	109,6	111,1	96,4	89,5



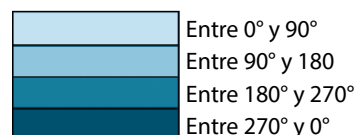
290

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	2,2	2,4	2,4	2,0	2,0	2,8	3,1	2,1	1,2	1,0	1,0	1,6
1-2	2,2	2,4	2,3	2,0	2,0	2,8	3,2	2,2	1,2	0,9	0,9	1,6
2-3	2,1	2,3	2,3	1,9	2,0	2,8	3,2	2,2	1,2	0,9	0,9	1,6
3-4	2,1	2,2	2,4	1,9	2,0	2,8	3,2	2,2	1,3	0,9	0,9	1,6
4-5	2,1	2,2	2,3	2,0	2,1	2,9	3,3	2,3	1,3	1,0	1,0	1,6
5-6	2,1	2,3	2,4	2,1	2,3	3,1	3,5	2,6	1,5	1,0	1,2	1,8
6-7	2,4	2,4	2,7	2,8	3,0	3,8	4,1	3,3	2,1	1,5	1,6	2,1
7-8	3,5	3,4	3,7	3,7	3,8	4,7	5,0	4,3	3,0	2,4	2,6	3,1
8-9	4,6	4,6	4,5	4,3	4,2	5,2	5,6	4,8	3,6	3,1	3,6	4,2
9-10	5,2	5,2	4,7	4,3	4,1	5,4	5,8	4,9	3,5	3,2	3,8	4,7
10-11	5,1	5,1	4,6	4,0	3,6	5,1	5,6	4,5	3,2	2,9	3,5	4,7
11-12	4,9	4,8	4,4	4,0	3,4	4,9	5,4	4,1	2,9	2,7	3,1	4,5
12-13	4,8	4,6	4,6	4,4	3,4	4,6	5,2	4,0	3,0	2,7	3,1	4,2
13-14	4,7	4,7	4,9	4,7	3,5	4,1	4,8	4,1	3,3	2,9	3,2	4,1
14-15	4,8	4,8	5,2	5,2	3,5	3,9	4,6	4,1	3,5	3,0	3,2	4,1
15-16	4,7	4,7	5,2	5,1	3,5	3,5	4,2	3,9	3,2	2,7	3,0	3,9
16-17	4,2	4,4	4,8	4,6	3,0	3,0	3,9	3,5	2,4	2,1	2,6	3,4
17-18	3,6	3,9	4,1	4,0	2,5	2,7	3,6	2,9	1,7	1,5	2,2	2,8
18-19	2,9	3,4	3,5	3,4	2,0	2,4	3,0	2,2	0,9	1,0	1,7	2,2
19-20	2,3	2,9	2,8	2,7	1,6	2,2	2,7	1,6	0,9	0,7	1,2	1,8
20-21	2,0	2,6	2,6	2,3	1,7	2,4	2,7	1,5	1,1	0,8	1,0	1,6
21-22	2,0	2,4	2,5	2,1	1,8	2,6	2,9	1,8	1,2	0,9	1,0	1,6
22-23	2,1	2,3	2,5	2,1	2,0	2,7	3,0	2,0	1,3	1,0	1,0	1,6
23-0	2,1	2,3	2,5	2,1	2,0	2,8	3,0	2,0	1,2	1,0	1,0	1,6

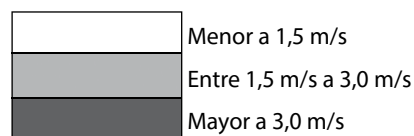


### Anexo 28 Promedios horarios multianuales de dirección y velocidad del viento – Estación Granja Paici, Uribia - IDEAM (2005-2009)

PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA DIRECCION DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	99,0	100,4	95,8	93,7	102,1	108,6	105,2	110,0	131,7	185,7	99,2	98,4
1-2	98,8	100,5	94,9	96,4	103,5	108,8	105,2	112,6	135,4	181,2	96,4	95,4
2-3	98,1	99,8	95,0	90,7	103,3	106,4	105,1	114,9	132,2	171,9	97,6	92,7
3-4	98,2	99,3	93,2	90,2	101,2	109,4	105,6	114,7	126,2	164,6	97,4	91,8
4-5	98,0	99,1	91,7	92,4	101,5	108,7	105,8	114,7	122,8	168,4	101,6	93,3
5-6	97,8	97,7	93,7	89,0	98,1	107,5	105,6	112,3	123,5	165,0	100,8	94,6
6-7	96,6	97,0	92,3	91,9	101,0	107,5	106,6	111,9	118,6	145,5	98,9	93,4
7-8	97,8	98,3	95,1	96,5	105,9	111,2	108,9	113,4	117,1	132,5	102,3	97,8
8-9	100,4	102,4	97,3	97,6	108,4	114,9	111,6	115,7	119,6	127,2	106,2	100,5
9-10	103,4	104,7	104,3	101,4	112,5	115,8	113,1	118,3	120,5	125,6	109,1	104,8
10-11	105,3	108,2	108,7	100,4	111,8	118,1	114,5	120,0	123,3	132,5	111,3	106,7
11-12	108,5	110,1	109,3	100,1	111,4	118,7	112,8	118,2	123,5	121,1	111,9	109,2
12-13	109,0	110,7	111,2	98,6	109,8	117,7	112,0	111,4	115,6	110,4	107,5	105,7
13-14	106,8	109,0	110,8	96,7	108,9	116,0	110,8	107,2	91,5	78,4	102,4	110,3
14-15	103,8	108,1	107,8	96,7	103,6	115,1	109,1	99,1	87,2	64,6	97,6	107,5
15-16	99,8	104,5	107,4	99,4	111,0	116,8	108,7	101,8	89,6	59,0	93,5	104,9
16-17	97,1	100,8	106,9	102,7	116,4	122,1	110,8	109,9	113,2	63,8	96,2	104,5
17-18	95,4	96,4	100,7	108,7	119,8	124,0	110,0	118,5	152,2	93,1	98,3	99,8
18-19	86,1	87,7	89,0	105,8	114,7	115,6	105,9	128,4	155,5	132,1	91,7	91,4
19-20	84,6	85,6	81,6	98,4	110,5	111,4	103,4	126,1	146,0	164,5	90,3	85,6
20-21	89,2	90,8	87,1	93,1	106,7	108,7	103,1	116,4	144,4	169,2	97,6	89,4
21-22	98,1	98,1	93,4	91,1	108,4	106,3	104,2	116,2	121,0	179,1	110,0	98,0
22-23	98,6	100,2	97,0	90,4	101,0	105,6	103,1	114,6	122,3	167,4	106,5	100,8
23-0	99,0	101,4	97,2	92,2	101,5	106,2	104,2	109,7	131,5	178,7	98,4	102,9



PROMEDIO HORARIO MULTIANUAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	2,8	3,0	2,9	1,8	2,0	2,6	3,8	2,3	0,7	0,4	0,8	1,6
1-2	2,9	2,9	2,9	1,8	2,0	2,6	3,9	2,7	0,7	0,3	0,8	1,6
2-3	2,8	2,8	2,8	1,8	2,2	2,4	3,9	2,8	0,7	0,3	0,7	1,6
3-4	2,7	2,9	2,7	2,0	2,2	2,5	3,9	2,8	0,8	0,4	0,8	1,6
4-5	2,7	3,0	2,6	2,0	2,4	2,6	3,8	2,8	0,7	0,6	0,8	1,6
5-6	2,7	3,1	2,8	2,5	2,9	3,1	4,1	2,9	0,9	0,7	0,9	1,6
6-7	3,4	3,9	3,7	3,7	3,8	4,3	5,1	3,5	1,8	1,1	1,9	2,7
7-8	4,9	5,3	5,1	5,0	4,3	4,9	5,7	4,2	2,5	1,6	3,0	4,3
8-9	5,5	5,9	5,5	5,2	4,5	5,2	5,9	4,4	2,5	2,0	3,6	5,0
9-10	5,8	6,1	5,7	5,5	4,5	5,3	5,9	4,3	3,3	2,1	3,9	5,2
10-11	5,8	6,2	6,0	5,2	4,5	5,1	5,9	4,2	3,3	2,1	3,9	5,4
11-12	5,8	6,4	5,9	5,2	4,1	5,0	5,9	3,9	3,0	2,0	3,8	5,4
12-13	5,7	6,3	5,8	4,5	3,8	4,7	5,5	3,6	2,6	1,5	3,6	5,4
13-14	5,3	5,7	5,5	4,2	3,5	4,2	5,1	3,4	2,1	1,4	3,2	5,1
14-15	5,0	5,3	5,1	4,0	3,1	3,8	4,6	3,0	1,9	1,4	2,8	4,7
15-16	4,5	5,0	4,6	3,7	2,8	3,3	4,4	2,6	1,6	1,2	2,3	4,1
16-17	4,0	4,5	4,1	3,4	2,5	2,9	4,2	2,3	0,9	0,5	1,7	3,3
17-18	3,4	3,7	3,7	2,8	2,3	2,5	3,8	2,0	0,5	0,2	1,2	2,5
18-19	3,0	3,5	3,2	2,4	2,4	2,2	3,5	1,6	0,7	0,3	1,1	2,2
19-20	2,9	3,5	3,0	2,3	2,3	2,3	3,5	1,3	0,7	0,2	0,9	1,9
20-21	2,9	3,4	3,0	2,4	2,2	2,5	3,5	1,4	0,7	0,3	0,9	1,8
21-22	3,0	3,3	3,2	2,4	2,3	2,7	3,6	1,2	0,8	0,3	0,8	1,7
22-23	2,9	3,3	3,0	2,2	2,2	2,8	3,5	1,3	0,9	0,4	0,8	1,6
23-0	2,9	3,1	3,0	2,1	2,0	2,7	3,7	1,7	0,8	0,5	0,9	1,7





## Referencias Bibliográficas

---

- Air Quality Now in Europe. (2007). Air Quality Now in Europe. Recuperado el 14 de Octubre de 2010, de [http://www.airqualitynow.eu/pollution\\_home.php](http://www.airqualitynow.eu/pollution_home.php)*
- Alles, D. L. (2009). Asian Air Pollution. Western Washington University.*
- ARANGO, J. H. (23 de Abril de 2009). Calidad de los combustibles en Colombia. Recuperado el 1 de Abril de 2011, de <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/A11%2029.pdf>*
- AMVA. (2010). Informe al Ministerio de Ambiente , Vivienda y Desarrollo Territorial. Medellín: ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ.*
- AMVA. (2010). INFORME AL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburra.*
- AMVA y POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID. (2007). Elaboración de los mapas acústicos y de concentraciones de monóxido de carbono para los municipios de la jurisdicción del Area Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín.*
- Banco Mundial. (5 de Abril de 2007). East Asia 10 Years After the Financial Crisis. Recuperado el 24 de Noviembre de 2010, de <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:21284107~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:4607,00.html>*
- Banco Mundial. (2002). Improving air Quality in Metropolitan Mexico City- An Economic Valuation.*
- Bin Jalaludin, G. S. (2009). A Methodology for Cost-Benefit Analysis of Ambient Air Pollution Health Impacts - Final Report. Australia: Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts through the Clean Air Research Program.*
- Banco de la República. Biblioteca virtual Luis Ángel Arango. Sin título. 2002.*
- Benavides, Henry. Análisis descriptivo de variables meteorológicas que influyen en la calidad del aire de los principales centros industriales del país. Nota técnica. IDEAM Noviembre de 2010.*
- BTRE, B. o. (2005). Health Impacts of Transport Emissions in Australia: Economic Costs, Working Paper no.63. Camberra: Department of Transport and Regional Services.*
- BBC Mundo. (23 de Julio de 2008). Chernobyl: Tragedia interminable. Recuperado el 3 de octubre de 2010, de BBC Mundo*
- Babisch, W. (2002). the noise /stress concepnt, risk assesmente and research needs. Berlin: Noise Health.*
- BERGLUND, B. L. (2000). New WHO Guidelines for Community noise, Noise & Vibration Worldwide. [http://www.bbc.co.uk/spanish/specials/1857\\_chernobyl/index.shtml](http://www.bbc.co.uk/spanish/specials/1857_chernobyl/index.shtml)*
- (Behrentz, 2010) <http://www.catorce6.com/articulo/3273/la-movilidad-en-colombia-25-millones-de-vehiculos/>*
- CONPES. (2005). CONPES 3344 - LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE LA POLITICA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE. Bogotá D.C.: Consejo Nacional de Política Económica y Social.*
- CEPIS. (s.f.). Hacia una historia de la contaminación del aire y del estudio sobre sus efectos en la salud humana. Recuperado el 28 de octubre de 2010, de [http://www.cepis.org.pe/bvsci/e/fulltext/toxicol/lecc1/lecc1\\_2b.html](http://www.cepis.org.pe/bvsci/e/fulltext/toxicol/lecc1/lecc1_2b.html)*

CEPIS. (2005). *Hacia una historia de la contaminación del aire y del estudio sobre sus efectos en la salud humana*. Recuperado el 6 de agosto de 2010, de [http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/toxicol/lecc1/lecc1\\_1b.html](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/toxicol/lecc1/lecc1_1b.html)

CEPIS. (2005) *El manual de auto-instrucción "Introducción a la toxicología de la contaminación del aire"*. Recuperado el 10 de octubre de 2012, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/toxicol/prologo.html>

China Internet Information Center. (17 de Julio de 2006). *Rivers Run Black in Shanxi Province*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2010, de [http://service.china.org.cn/link/wcm/Show\\_Text?info\\_id=174874&p\\_qry=Linfen](http://service.china.org.cn/link/wcm/Show_Text?info_id=174874&p_qry=Linfen)

Comisión Ambiental Metropolitana. (2004). *PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO- Informe ejecutivo de avance 2002-2003*. Mexico D.F.

Comisión Ambiental Metropolitana. (2001). *PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE ZMVM 2002-2010*. Mexico D.F.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. (2001). *El programa Aire puro para Europa*. Bruselas.

CSIRO Marine and Atmospheric Research. (2008). *Sources of Ozone Precursors and Atmospheric*. Victoria: CSIRO.

CAR. (2008-2009). *Mapas de ruido de los municipios de Facatativá, fusagasugá, Girardot y Zipaquirá*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

CARDER. *ESTUDIO TÉCNICO MAPA DE RUIDO AMBIENTAL. MUNICIPIO DE PEREIRA*. Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda.

CARDER. (2008). *INFORME MAPA DE RUIDO DEL MUNICIPIO DE PEREIRA Y DOSQUEBRADAS*. Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda.

CAS. (2009). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO URBANO, EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE SANTANDER*. San Gil: Corporación Autónoma Regional de Santander.

CAS. (2009). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RUIDO URBANO, EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, DEPARTAMENTO DE SANTANDER*. San Gil: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER .

CDMB. (2009). *MAPA DE RUIDO ZONA CENTRO MUNICIPIO DE BUCARAMANGA*. Bucaramanga: Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga.

CODECHOCO. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Quibdo: Corporación Autónoma Regional del Choco.

CORALINA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. San Andrés Isla: Corporación para el Desarrollo Sostenible para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

CORANTIOQUIA. (2007). *ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO PARA LA ZONA CENTRO DEL MUNICIPIO DE ENVIGADO*. Medellín: Secretarías de Medio Ambiente y Desarrollo Rural y Planeación y Valorización del Municipio de Envigado, Facultad de Ingeniería - Universidad de Antioquia, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia.

CORANTIOQUIA. (2007). *Elaboración del mapa de ruido para la zona centro del municipio de Envigado*. Medellín: Corporación Autónoma Regional de Antioquia.

CORMACARENA. (2009). *MAPA ESTRATEGICO DIGITAL DE RUIDO AMBIENTAL DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA LA MODELACIÓN- CONTRATO N° 3.7.09-118*. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena.

CORNARE. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Santuario: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE -CORNARE.

CORNARE. (2010). *Informe enviado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El Santuario: Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro.*

CORPOCALDAS. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Manizales: Corporación Autónoma Regional de Caldas.*

CORPOCALDAS. (2009). *Medición de ruido en la ciudad de Manizales - Contrato Corpocaldas 200-2008. Manizales: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CALDAS – CORPOCALDAS.*

CORPONARIÑO. (2010a). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Pasto: Corporación Autónoma Regional de Nariño.*

CORPONARIÑO. (2010). *SINTESIS DE DOCUMENTO METODOLOGICO PARA LA ELABORACION DE MAPAS DE RUIDO. San Juan de Pasto: Corporación Autónoma Regional de Nariño.*

CORPONOR. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cúcuta: Corporación Autónoma Regional de la Frontera NorOriental.*

CORPORINOQUIA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Yopal.*

CORTOLIMA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima.*

CRA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Barranquilla: Corporación Autónoma Regional del Atlántico.*

CRC. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Popayán: Corporación Autónoma Regional del Cauca.*

CRC. (2010). *Mapa Sonico de Popayán - Registro de mediciones. Popayán: Corporación Autónoma Regional del Cauca.*

CRQ. (2010). *RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS MAPAS DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL MUNICIPIO DE ARMENIA, DEPARTAMENTO DEL QUINDIO. Armenia: CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDÍO.*

CRQ. (2010). *RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LOS MAPAS DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL MUNICIPIO DE ARMENIA, DEPARTAMENTO DEL QUINDIO. Armenia: GRUPO DE TRABAJO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO - CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDÍO.*

CVC. (2010). *Información ruido Dagma y CVC.*

CVC. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.*

CDMB. (2010). *Informe allegado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bucaramanga: Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga.*

CRC. (2006). *MAPA SONICO DE POPAYAN. Popayán: Corporación Autónoma Regional del Cauca.*

DAGMA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Santiago de Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio ambiente.*

DAGMA. (2010). *Informe allegado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Santiago de Cali: Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. Department of Environment Climate Change and Water. (2009). State of the Environment New South Wales. Sidney: NSW State of the Environment 2009.*

*Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities. (2001). Air toxics and indoor air quality in Australia - State of knowledge report Environment Australia. Camberra.*



- Department of the Environment and Heritage. (2005). Air quality fact sheet - Air Toxics. Recuperado el 11 de Octubre de 2010, de <http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/airtoxics.html>
- DOÑORO, P. G. (2008). LA DIRECTIVA DE CALIDAD DEL AIRE Y UNA ATMOSFERA MÁS LIMPIA EN EUROPA. *Ambienta*, 7.
- DANE. (s.f.). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Recuperado el 30 de Marzo de 2011, de Cuentas Nacionales Departamentales de Colombia Base 2005: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=129&Itemid=86](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=129&Itemid=86)
- DANE. (2008). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Recuperado el 04 de Abril de 2011, de ENCUESTA AMBIENTAL INDUSTRIAL : [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/EAI/boletin\\_EAI\\_2008.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/EAI/boletin_EAI_2008.pdf)
- DANE. (2010). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Recuperado el 4 de Abril de 2011, de ENCUESTA ANUAL MANUFACTURERA – EAM 2009 Datos preliminares: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet\\_eam\\_2009.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet_eam_2009.pdf)
- DANE. (03 de Marzo de 2011). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Recuperado el 29 de Marzo de 2011, de Cuentas Nacionales Anuales de Colombia base 2005: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=956&Itemid=84](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=956&Itemid=84)
- DANE. (12 de Mayo de 2011). ESTIMACIONES DE POBLACIÓN 1985 - 2005 Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN 2005 - 2020 TOTAL MUNICIPAL POR ÁREA. Recuperado el 14 de Julio de 2011, de [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75&Itemid=72](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72)
- Environment Protection UK. (2010). Our History. Recuperado el 6 de agosto de 2010, de <http://www.environmental-protection.org.uk/about/history/>
- EEA -Eye on Earth. (2010). European Environment Agency, Eye on Earth. Recuperado el 22 de Noviembre de 2010, de <http://www.eyeonearth.eu/Home.aspx>
- EEA, E. E. (2010). European Environment Agency (EEA). Recuperado el 06 de Septiembre de 2010, de <http://www.eea.europa.eu>
- EEA, E. E. (2009). *Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005)*. Copenhagen.
- Environment Defense found. (02 de Agosto de 2007). *The Challenge - Breathing smog and soot are dangerous to health*. Recuperado el 14 de Octubre de 2010, de <http://www.edf.org/page.cfm?tagID=6067>
- European Environment Agency. (2005). *The European environment — State and outlook 2005*. Copenhagen.
- FASTS, F. O. (2002). *Indoor Air Quality in Australia*. Camberra.
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Defining the Total Quality System*. McGraw-Hill.
- Geographycal Association UK. (s.f.). Geographycal Association UK. Recuperado el 3 de octubre de 2010, de [www.geograph.org.uk](http://www.geograph.org.uk)
- Gobierno Federal. (2009). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. México D.F.: SERMANAT.
- HERRERO, L. M. (2008). *Calidad de aire y sostenibilidad urbana*. Observatorio de la Sostenibilidad en España, Madrid.
- HADDAD, Ricardo (1976). *Contaminación del aire. Situación actual en la América Latina y el Caribe*. Lima: CEPIS, Memoria del Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas. Serie Técnica No. 19.
- HADDAD, Ricardo, B. C. (1983). *Situación de la contaminación en los países bolivarianos. Resultados consolidados REDPANAIRE 1967-1980*. CEPIS, OPS/OMS.
- HALLENBECK, W. H. (1994). *Radiation Protection*. Washinton D.C.: CRC Press.

- IMGREEN. (30 de Septiembre de 2009). *The 10 Most Polluted Cities in the World*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2010, de <http://sayiamgreen.com/blog/2009/09/the-10-most-polluted-cities-in-the-world/>
- IDEAM. (2007). *Informe Anual sobre el Estado del Medio ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad de Aire*. Bogota D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. *Atlas Climatológico de Colombia. Primera parte, Factores Locales*, 2001.
- IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia; anexo 1 definición y clasificación de vientos en la atmosfera capítulo 1.4 Definición de los vientos locales*, 2001.
- IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. *El libro del Medio Ambiente en Colombia. 2a edición*. IDEAM. Bogotá, Agosto de 2001.
- EEA. (2001). *Traffic noise: exposure and annoyance*. European Environmet Agency.
- European Environment Agency. (2010). *Good practice guide on noise exposure*. EEA Technical report, Copenhagen.
- Iván Dimov Ivanov y Rokho Kim, O. (22 de 11 de 2007). *Primera conferencia de ruido ambiental*. Recuperado el 18 de 02 de 2011, de *La perspectiva internacional sobre el ruido*: [http://www.ruidoszaragoza.com/nosotros/RUIDO\\_OMS\\_ruido\\_Espana\\_2007.pdf](http://www.ruidoszaragoza.com/nosotros/RUIDO_OMS_ruido_Espana_2007.pdf)
- KORC, M. E. (1999). *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*. Lima: CEPIS, División de Salud y Ambiente OPS. Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional OMS.
- Kojima M. y M Lovei. (2001). *Urban Air Quality Management: Coordinating Transport, Environment and Energy -World Bank Perspectives*. Washington D.C.
- Larsen, B. (2004). *COLOMBIA - COST OF ENVIRONMENTAL DAMAGE:A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment*.
- Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. (2008). *Report of the state of the environment of China*. Beijing.
- MAVDT. (2010). *Convenio 42 de 2010 MAVDT – UPB para la revisión y determinación de umbrales, estándares de emisión y protocolos de medición para la estructuración de normas en materia de olores ofensivos - Informe de avance*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MINTRANSPORTE. (04 de Abril de 2011). *MINISTERIO DE TRANSPORTE*. Recuperado el 04 de Abril de 2011, de *REPORTE PARQUE AUTOMOTOR - Reporte General Todos los Departamentos por Todos los Tipos de Servicio y por Todos los Tipos de Combustible 1990 - 2011*: <http://www.mintransporte.gov.co:8080/inflinea/InfAutomotores.aspx>
- MAVDT. (2010). *Convenio 42 de 2010 MAVDT – UPB para la revisión y determinación de umbrales, estándares de emisión y protocolos de medición para la estructuración de normas en materia de olores ofensivos - Informe de avance*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- OMS. (2006). *Air Quality Guidelines. Global update 2005*. Ginebra.
- OMS. (2000). *Guidelines for Air Quality*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- OMS. (2002). *Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. Ginebra.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (Agosto de 2008). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2010, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Ortiz et al en IDEAM, 2. (2010). *2da Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climatico*. Bogotá.

Ortíz, e. a. (2010). *Segunda comunicación nacional ante la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático*. Bogotá D.C.

OMS. (1999). *GUÍAS PARA EL RUIDO URBANO*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

OMS. (2000). *Guidelines for Community Noise*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

PUCC. Pontificia Universidad Católica de Chile. *Relieve, vientos y dispersión de contaminantes*. 2002.

Ruiz, Franklyn. *Comportamiento promedio horario del viento en superficie para los aeropuertos internacionales del país*. Nota técnica. IDEAM Noviembre de 1998.

SEOÁNEZ CALVO, M. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica: problemas, tratamiento y gestión*. Madrid: Mundi-Prensa Libros.

Secretaría de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1996). *Programa para Mejorar la Calidad de Aire para el Valle de México 1995-2000*. Mexico D.F.

Secretaría del Medio Ambiente. (2010). *Calidad de aire en la ciudad de México- Informe 2009*. Mexico D.F.

SDA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente.

SDA. (2010). *Informe al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Bogotá D.C.: Secretaría Distrital de Ambiente.

SDA. (2010). *Informe enviado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Bogotá D.C.: Secretaría Distrital de Ambiente.

SEPA. (2010). *Odour guidance 2010*. Scottish Environment Protection Agency.

SEPA. (2010). *Odour guidance 2010*. Scottish Environment Protection Agency.

TELLERÍA, J. L. (2005). *Impacto del hombre sobre el planeta*. Madrid: Editorial Complutense.

WEITZENFELD, H. (1992). *Problemas de contaminación del aire en América Latina y el Caribe*. Obtenido de [www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/eco/023999.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/eco/023999.pdf)

The New York Times. (12 de Julio de 2007). *For One Business, Polluted Clouds Have Silvery Linings*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2010, de [http://www.nytimes.com/2007/07/12/world/europe/12norilsk.html?\\_r=1&ref=world](http://www.nytimes.com/2007/07/12/world/europe/12norilsk.html?_r=1&ref=world)

The Sidney Morning Herald. (23 de Septiembre de 2009). Recuperado el 14 de Octubre de 2010, de *Sidney turns red: dust storm blankets city* : <http://www.smh.com.au/environment/weather/Sidney-turns-red-dust-storm-blankets-city-20090923-g0so.html>

The World Bank - State Environmental Protection Administration, P. R. China. (2007). *COST OF POLLUTION IN CHINA*. Washington D.C.

United States Environmental Protection Agency. (2010). *Our Nation's Air - Status and Trends through 2008*. North Carolina.

UPME. *BALANCES ENERGETICOS CONSOLIDADOS 2007-2009*. Bogotá D.C.

UPME. (2010). *BOLETÍN ESTADÍSTICO DE MINAS Y ENERGÍA 1990 - 2010*. Recuperado el 30 de Marzo de 2011, de [http://www1.upme.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=579:boletin-estadistico-de-minas-y-energia&catid=66:documentos-upme](http://www1.upme.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=579:boletin-estadistico-de-minas-y-energia&catid=66:documentos-upme)

UPME. (2008). *BOLETÍN ESTADÍSTICO DE MINAS Y ENERGÍA 2002 - 2007*. Recuperado el 30 de Marzo de 2011, de *Unidad de Planeación Minero Energética*: <http://www.simco.gov.co/simco/Estad%C3%ADsticos/AnuarioEstadisticoMinero/tabid/110/Default.aspx>

UPME. (s.f.). *Unidad de Planeación Minero Energetica* . Recuperado el 30 de Marzo de 2011, de *Balance energetico 2009 y 2007*: [http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta\\_Balance.aspx?IdModulo=3](http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=3)

World Health Organization. (2010). *World Health Organization Regional Office of Europa*. Recuperado el 22 de Febrero de 2011, de <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise/facts-and-figures>

World Health Organization. (1999). *Guidelines for community noise*. Ginebra.

Xiaoping Wang, D. L. (2005). *Evaluating impacts of air pollution in China on public health: Implications for future air pollution and energy policies*. (P. U. Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Ed.) Recuperado el 23 de noviembre de 2010, de [http://www.princeton.edu/~mauzeral/papers/Wang\\_Mauzerall\\_health\\_AE.pdf](http://www.princeton.edu/~mauzeral/papers/Wang_Mauzerall_health_AE.pdf)

YARDLEY, J. K. (26 de Agosto de 2007). *As China Roars, Pollution Reaches Deadly Extremes*. *The New York Times* .



## Glosario

---

**ANTROPOGÉNICO:** de origen humano o derivado de la actividad del hombre

**AREAS – FUENTE:** es una determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire. (Resolución 601 de 2006)

**ADVECCIÓN:** penetración de una masa de aire frío o cálido en un territorio.

**BIOMASA:** cantidad o masa de materia orgánica procedente de organismos vivos que se puede encontrar en un lugar y un momento determinados

**CARCINOGENÉTICOS:** sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia. (<http://www.saludyriesgos.com/1/carcinogenicos>)

**COMBUSTIBLES FÓSILES:** se designa a los depósitos geológicos de materiales orgánicos combustibles que se encuentran enterrados y que se formaron por la descomposición de plantas y animales que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante cientos de millones de años.

**COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES:** cualquier compuesto orgánico (que contiene carbón) que se evapora con facilidad hacia la atmósfera a temperatura ambiente.

**CONCENTRACIÓN DE UNA SUSTANCIA EN EL AIRE :** Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida. (Resolución 601 de 2006)

**CONDICIONES DE REFERENCIA:** son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25°C y 760 mm Hg (1 atmósfera de presión). (Resolución 601 de 2006)

**CONPES:** Consejo Nacional de Política Económica y Social). Es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. (Departamento Nacional de Planeación).

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA:** es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire. (Resolución 601 de 2006)

**CONTAMINANTES:** son fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas. (Decreto 948 de 1995).

**Decibel (dB):** décima parte del Bel, razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la siguiente expresión:  $\text{Log } R = 1\text{dB}/10$  Donde R= razón de energía, potencia o intensidad. (Resolución 627 de 2006)

**DEMOGRÁFICO:** perteneciente o relativo a la demografía.

**DESARROLLO SOSTENIBLE:** se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Ley 99 de 1993)

**DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>):** gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones. (Resolución 610 de 2010)

**DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>):** gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas. (Resolución 610 de 2010)

**EMISIÓN:** descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil. (Resolución 610 de 2010)

**EMISIÓN DE RUIDO:** es la presión sonora que generada en cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público. (Resolución 627 de 2006)

**EPIDEMIOLOGICOS:** perteneciente o relativo a la epidemiología.

**ESTACIONES AUTOMÁTICAS:** son aquellas que no requieren análisis posterior de la muestra tomada. Por medio de métodos ópticos o eléctricos se analiza la muestra directamente proporcionando datos en tiempo real, de modo que se puedan tomar acciones inmediatas ante la ocurrencia de un evento de concentraciones altas de algún contaminante. (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Manual de Operación)

**ESTACIONES MANUALES:** se caracterizan por requerir un laboratorio como apoyo para el análisis de las muestras tomadas. Requieren además, una rutina para la recolección de las muestras, de acuerdo con una periodicidad preestablecida. (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Manual de operación)

**ESTADOS EXCEPCIONALES:** los niveles de prevención, alerta y emergencia, son estados excepcionales de alarma que deberán ser declarados por las Autoridades Ambientales competentes ante la ocurrencia de episodios que incrementan la concentración y el tiempo de duración de la contaminación atmosférica. (Decreto 948 de 1995)

**EXACERBAR:** agravar o avivar una enfermedad.

**HUMEDAD:** agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire.

**HUMEDAD RELATIVA:** valor del cociente entre la presión parcial del vapor de agua y la presión del vapor a una temperatura dada.

**ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA):** el ICA corresponde a una escala numérica a la cual se le asigna un color, el cual a su vez tiene una relación con los efectos a la salud. El Índice de calidad del aire ha sido adoptado a partir del documento Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI) documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009. (Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Manual de Operación)

**INMISIÓN:** transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera. (Resolución 610 de 2010)

**INSOLACION:** tiempo durante el cual los rayos solares inciden directamente (radiación directa) sobre la parte sensible del instrumento, sobrepasando un cierto umbral de radiación (aproximadamente 200 W/m<sup>2</sup>).

**INSONORIZAR:** acondicionar un lugar, una habitación, etc., para aislarlos acústicamente.

**LLUVIA ÁCIDA:** precipitaciones en forma de lluvia o de nieve que se han vuelto ácidas (pH menor que 5.6) al combinarse con gases contaminantes tales como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

**MAPAS DE RUIDO:** representación de los datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se indica la superación de un valor límite, el número de personas afectadas en una zona dada y el número de viviendas, centros educativos y hospitales expuestos a determinados valores de ese indicador en dicha zona. (RESOL 627 DE 2006)

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN:** son las acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. (DTO 1220 DE 2005)

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** son las acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. (DTO 1220 DE 2005)

**MEDIO AMBIENTE:** es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. (RESOL 627 DE 2006)

**MONÓXIDO DE CARBONO:** gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles. (RESOL 610 DE 2010)

**MORBILIDAD:** proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado.

**MORTALIDAD:** indica el número de defunciones por lugar, intervalo de tiempo y causa

**OLOR OFENSIVO:** es el olor, generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana. (DECRETO 948 DE 95)

**OZONO:** gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar. (RESOL 610 DE 2010)

**PARTÍCULAS SUSPENDIDAS RESPIRABLES:** partículas suspendidas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros

**PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL:** instrumento básico para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. Los planes de ordenamiento del territorio se denominarán:

**CAPITULO III.** Artículo 9 (LEY 388 DE 1997)



**PLOMO:** metal pesado que resulta peligroso para la salud si se inhala o ingiere. Su uso en la gasolina, las pinturas y la fontanería se ha restringido o prohibido mediante [...] leyes y normas

**PRECIPITACION:** volumen de agua caída (líquida), por metro cuadrado de superficie, en el lugar de observación.

**PST (PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES):** material particulado que incluye tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no se sedimentan en períodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad. (RESOL 610 DE 2010)

**PM10 (MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS):** material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.

**PM2.5 (MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2.5 MICRAS):** material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrómetros nominales.

**PRODUCCION MÁS LIMPIA:** aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

**PROTOCOLO:** plan escrito y detallado de un experimento científico, un ensayo clínico o una actuación médica.

**RADIACIÓN:** energía que se propaga en forma de ondas o partículas. Los tipos de radiación más comunes son el calor, la luz, las ondas radioeléctricas y las microondas.

**RADION SOLAR:** energía recibida de Sol en cada m<sup>2</sup> de superficie, por unidad de tiempo

**RUIDO ACÚSTICO:** Es todo sonido no deseado por el receptor. En este concepto están incluidas las características físicas del ruido y las psicofisiológicas del receptor; un subproducto indeseable de las actividades normales diarias de la sociedad. (Resolución 627 de 2006)

**SIBILANCIAS:** silbido en el pecho en niños lactantes

**SISTEMAS DE VIGILANCIA Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE:** es un conjunto de procesos, herramientas e instrumentos que tienen como fin determinar los niveles de incisión que se dan en un área determinada

**SMOG:** niebla natural intensificada por la acción de los contaminantes industriales; suele ser una mezcla de humo y niebla. Cuando se intensifica por procesos químicos debidos a la radiación solar se llama smog fotoquímico.

**TEMPERATURA:** magnitud proporcional a la energía cinética media de las moléculas de aire.

**UMBRAL:** valor mínimo de una magnitud a partir del cual se produce un efecto determinado.

**VALIDACION:** firmeza, fuerza, seguridad o subsistencia de algún acto.

**VELOCIDAD DEL VIENTO:** distancia recorrida por el viento en la unidad de tiempo.

**ZONA DE CONFLUENCIA INTERTROPICAL:** es una zona de la atmósfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa, se sitúa aproximadamente paralela al Ecuador y está ubicada entre dos núcleos de alta presión atmosférica.

## Siglas, Acrónimos y Convenciones

---

<b>AMVA</b>	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
<b>As</b>	Arsénico
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>CAM</b>	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
<b>CAR</b>	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
<b>CARDER</b>	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
<b>CARDIQUE</b>	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
<b>CAS</b>	Corporación Autónoma Regional de Santander
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>CDA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico
<b>CDMB</b>	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
<b>CENICAÑA</b>	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
<b>CEPIS</b>	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
<b>CFC</b>	Clorofluorocarbonos
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub> eq</b>	Dióxido de carbono en unidades equivalentes
<b>CODECHOCÓ</b>	Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó
<b>CONAIRE</b>	Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire
<b>CONPES</b>	Consejo Nacional de Política Económica y Social
<b>CORALINA</b>	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
<b>CORANTIOQUIA</b>	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
<b>CORMACARENA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible del área de Manejo Especial de la Macarena
<b>CORNARE</b>	Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare
<b>CORPAMAG</b>	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
<b>CORPOAMAZONÍA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía
<b>CORPOBOYACÁ</b>	Corporación Autónoma Regional de Boyacá

<b>CORPOCALDAS</b>	Corporación Autónoma Regional de Caldas
<b>CORPOCESAR</b>	Corporación Autónoma Regional del Cesar
<b>CORPOCHIVOR</b>	Corporación Autónoma Regional de Chivor
<b>CORPOGUAJIRA</b>	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
<b>CORPOGUAVIO</b>	Corporación Autónoma Regional del Guavio
<b>CORPOMOJANA</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge
<b>CORPONARIÑO</b>	Corporación Autónoma Regional de Nariño
<b>CORPONOR</b>	Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental
<b>CORPORINOQUÍA</b>	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
<b>CORPOURABÁ</b>	Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá
<b>CORTOLIMA</b>	Corporación Autónoma Regional del Tolima
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>Cr</b>	Cromo
<b>CRA</b>	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
<b>CRC</b>	Corporación Autónoma Regional del Cauca
<b>CRQ</b>	Corporación Autónoma Regional del Quindío
<b>CSB</b>	Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
<b>CTE</b>	Coliformes Termotolerantes
<b>Cu</b>	Cobre
<b>CVC</b>	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
<b>CVS</b>	Corporación Autónoma Regional de los Valles de Sinú y San Jorge
<b>DADMA</b>	Departamento Administrativo Distrital del Medio Ambiente de Santa Marta
<b>DAMA</b>	Departamento Administrativo de Medio Ambiente
<b>DAMAB</b>	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla
<b>DANE</b>	Departamento Nacional de Estadística
<b>dB</b>	Decibeles
<b>DV</b>	Dirección del Viento
<b>EAE</b>	Evaluación Ambiental Estratégica
<b>EEA</b>	European Environment Agency
<b>EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>EPA</b>	Establecimiento Público Ambiental de Cartagena
<b>EPOC</b>	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
<b>ERA</b>	Enfermedad Respiratoria Aguda

<b>EUA</b>	Estados Unidos de América
<b>Fe</b>	Hierro
<b>FONADE</b>	Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo
<b>HFC's</b>	Hidrofluorocarbonos
<b>HR</b>	Humedad Relativa
<b>ICA</b>	Índice de Calidad del aire
<b>km</b>	Kilómetro
<b>m.s.n.m</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetro cuadrado
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetros
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>MADS</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>MAVDT</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>mm Hg</b>	Milímetros de Mercurio
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mm/año</b>	Milímetros por año
<b>MW</b>	Megawatio
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso
<b>Ni</b>	Niquel
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoniaco
<b>NH<sub>4</sub></b>	Amonio
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrógeno
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitratos
<b>NOx</b>	Óxidos de nitrógeno
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono
<b>OCT</b>	Organoclorados
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud (sigla en inglés: WHO)
<b>ONU</b>	Organización de Naciones Unidas
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>PA</b>	Presion Atmosferica
<b>Pb</b>	Plomo
<b>PFC's</b>	Perluorocarbonos
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto

<b>PM10</b>	Material Particulado Menor a 10 Micras (micrómetros nominales)
<b>PM2.5</b>	Material Particulado Menor a 2.5 Micras (micrómetros nominales)
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PP</b>	Precipitación
<b>ppb</b>	Partes por billón
<b>PPC</b>	Producción Per Cápita
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>RS</b>	Radiación Solar
<b>SDA</b>	Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá
<b>SF6</b>	Hexaluoruro de azufre
<b>SIAC</b>	Sistema de Información Ambiental de Colombia
<b>SINA</b>	Sistema Nacional Ambiental
<b>SISAIRE</b>	Subsistema de Información sobre Calidad del Aire
<b>SITM</b>	Sistema Integrado de Transporte Masivo
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de azufre
<b>SVCA</b>	Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire
<b>T</b>	Temperatura
<b>UNECE</b>	United Nations Economic Commission for Europe
<b>UPME</b>	Unidad de Planeación Minero Energética
<b>VOC's</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>VV</b>	Velocidad del Viento
<b>W/m<sup>2</sup></b>	Watios por metro cuadrado
<b>µg/m<sup>3</sup></b>	Microgramo por metro cubico

Esta publicación se terminó de imprimir en diciembre de 2012 en los talleres de



Carrera 66A No. 4D - 75 PBX: 260 1601  
E-mail: [informacion@exprecards.com](mailto:informacion@exprecards.com) - [www.exprecards.com](http://www.exprecards.com).  
Bogotá, D.C. - Colombia



**IDEAM**

Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales



**MinAmbiente**

Ministerio de Ambiente  
y Desarrollo Sostenible

**PROSPERIDAD  
PARA TODOS**