



Universidad
Pontificia
Bolivariana

Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos
de Contaminación Atmosférica



ANEXO A: GENERALIDADES

ANEXO A. GENERALIDADES Y EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN GESTIÓN DE EPISODIOS CRÍTICOS DE ALTA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en calidad de autoridad ambiental, consciente del deterioro de la calidad del aire en su jurisdicción, desarrolló el Programa de Protección de la Calidad del aire en el año 1998, el cual se ha venido ajustando e implementando desde entonces, con el aporte continuo de las universidades de la región para la investigación la fundamentación y soporte técnico de las estrategias de mejoramiento. Los principales ejes que se han desarrollado incluyen los instrumentos de comando y control, las herramientas para la toma de decisiones, los instrumentos económicos y los planes de reducción de contaminación.

El 10 de octubre del año 2007 el AMVA convocó a un amplio conjunto de actores públicos, privados y comunitarios, a la firma del Pacto por la Calidad del Aire que tiene por objetivo desarrollar acciones conjuntas para el mejoramiento del recurso a través del fortalecimiento al seguimiento y control de los contaminantes atmosféricos y medidas que permitan la protección de la salud pública y la calidad de vida en la región.

Bajo este objetivo el AMVA firmó el convenio 543 de 2008 para realizar estudios de la calidad del aire en la Región Metropolitana con la Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional, Universidad de Medellín, y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid para realizar los siguientes estudios:

- Monitoreo de la Calidad del Aire
- Estudio de la capa límite atmosférica del valle
- Estudio de Olores
- Caracterización de Material particulado
- Inventario de Emisiones
- Pronóstico meteorológico y de calidad del aire
- Plan de Descontaminación
- Diseño de la red de monitoreo de ruido
- Estudio de aerosoles

- Plan Operacional para enfrentar episodios críticos de contaminación de aire
- Sistema de Información Metropolitano de la calidad del aire

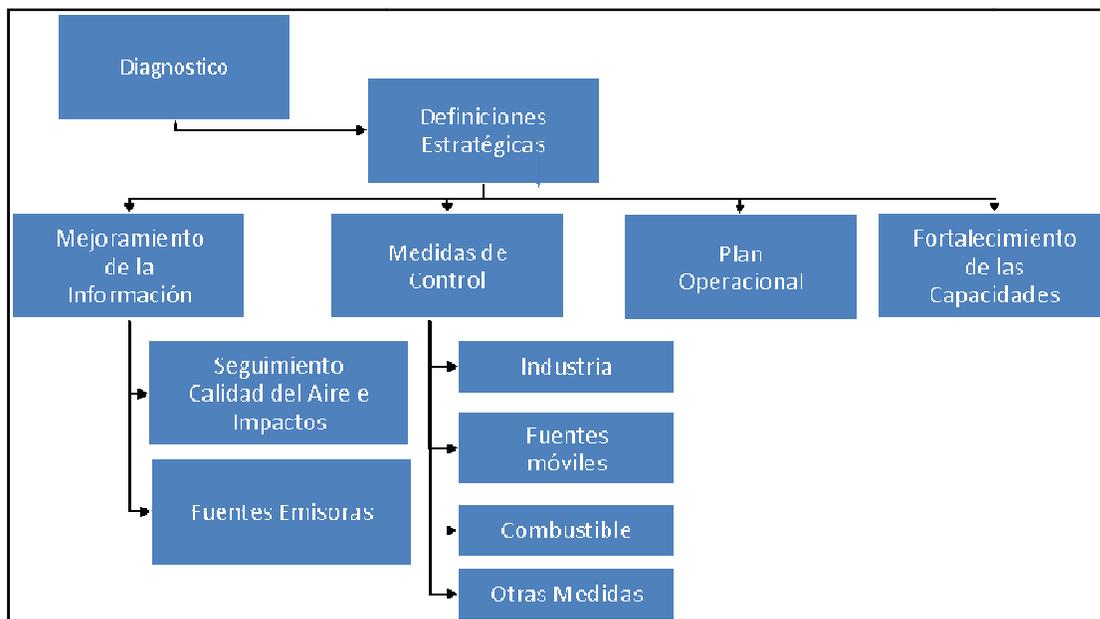
Los riesgos y potenciales impactos a la salud causados por la contaminación del aire, se pueden presentar por “contaminación crónica” en tiempos prolongados y por “contaminación aguda”, por exposiciones de corta duración pero con elevadas concentraciones, las cuales pueden causar un efecto inmediato en la salud de las personas expuestas.

El Plan de Descontaminación tiene como principal objetivo, servir como directriz general para abordar la problemática de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá en su conjunto, a partir de la definición de un conjunto de estrategias, medidas y acciones, que permitan reducir los niveles de concentración de contaminantes para la protección de la salud de sus habitantes. Es así, como el Plan de Descontaminación requiere de la implementación de estrategias a corto plazo, que permitan enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica.

La existencia de dichos episodios de alta contaminación atmosférica, obliga a establecer una gestión consistente con las medidas que se incorporen en el Plan de Descontaminación, a esto hemos denominado “Plan de contingencias para enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica, este plan operacional tiene como fin principal prevenir la exposición de la población a altos índices de contaminación, para lo cual se definen las pautas que permitan actuar de manera oportuna frente a cada evento.

La estructura general del Plan de Descontaminación mostrado en la Figura A.1, incorpora acciones para el mejoramiento de la información y de las capacidades de gestión del plan, medidas estructurales orientadas al control de emisiones y un Plan para enfrentar Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica, que tiene como fin proponer las medidas de actuación de los entes gubernamentales y de la comunidad para proteger la salud frente a la ocurrencia de eventos de alta contaminación.

Figura A.1 Plan de Descontaminación



La contaminación del aire ha sido un problema en grandes ciudades del mundo, especialmente en regiones que, además de condiciones adversas para la dispersión de los contaminantes, cuentan con altas temperaturas medias e intensidad de energía solar (radiación), lo que combinado con alta emisión de compuestos químicos propician diversas reacciones fotoquímicas que generan el potencial formación de contaminantes con concentraciones insalubres para la población.¹

Actualmente la contaminación atmosférica urbana empeora en la mayoría de las ciudades, debido a las principales fuentes de emisión que son las actividades industriales y el tráfico automotor, el cual produce entre el 70 y el 80% de la contaminación en ciudades Latinoamericanas.

¹ B.H. CZADER, et al. A study of VOC reactivity in the Houston-Galveston air mixture utilizing an extended version of SAPRC99 chemical mechanism. *En: Atmospheric Environment Vol42 (2008);* p. 5735.

La problemática aumenta en ciudades soleadas, con altos niveles de tráfico y con pocos vientos y se vuelve aún más crítica en ciudades ubicadas en Valles como las ciudades de Medellín, Santiago de Chile y México o en ciudades con costa o cercanas a ellas, como Los Ángeles o Tokio²

La contaminación del aire puede causar daños sobre masas forestales y agrícolas, así como en diversas especies animales, pero sobre todo afecta la salud de las personas; generando problemas respiratorios, cardíacos y el aumento de los casos de bronquitis, asma, enfisema pulmonar y cáncer bronco-pulmonar, principalmente en niños y ancianos.

A.1 CONCEPTOS BÁSICOS

A.1.1 Contaminación Atmosférica

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y las antropogénicas. En el primer caso la presencia de contaminantes se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas.

Además de lo anterior, se debe tener en cuenta que, dentro de un ambiente urbano y rural, la calidad del aire, no depende solamente de las emisiones de gases y partículas resultado de la operación diaria de los diferentes sectores como el automotor, agrícola, la construcción, el industrial, el doméstico, etc., sino también de las condiciones meteorológicas que la rodean, ya que ello, puede o no, favorecer la dispersión y transporte de los contaminantes.

De acuerdo a su origen, los contaminantes atmosféricos están clasificados como primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos emitidos a la

² FERNÁNDEZ, M, Op.Cit.,p5.

atmósfera como resultado de un proceso natural o antropogénico. Estos contaminantes están presentes en la atmósfera en su mayor parte en la misma forma como fueron emitidos al medio ambiente, por ejemplo el monóxido de carbono CO. Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera como el producto de alguna reacción que podría ser, o no, fotoquímica, por ejemplo O₃ y sulfatos³.

A.1.2 PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Las agencias ambientales alrededor del mundo han desarrollado un grupo de los principales indicadores y criterios de contaminación ambiental, los cuales son ampliamente utilizados para caracterizar la calidad del aire.

Entre los principales contaminantes atmosféricos se pueden mencionar los contaminantes criterio, los cuales se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de la salud humana, estos contaminantes son: Ozono (O₃) Material Particulado, Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Dióxido de Azufre (SO₂)⁴.

Dióxido de Azufre (SO₂):

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

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

³ Gutierrez, Et.Al. 1997

⁴ OMS, 2005; Aranguéz et al., 1999

Proviene principalmente de la quema de combustibles que contienen azufre como el carbón y los hidrocarburos (principalmente el Diesel).

Monóxido de Carbono (CO):

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

Dióxido de nitrógeno (NO₂):

El dióxido de nitrógeno forma parte del grupo de los óxidos de nitrógeno conocidos como NO_x. Este es un gas tóxico de color parduzco que puede generar la irritación del tracto superior del sistema respiratorio e incluso afectar los pulmones. Puede participar en reacciones químicas en la atmósfera que conducen a la producción de ácido nítrico y contribuir a la acidificación de la lluvia. De otra parte, los óxidos de nitrógeno reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (COV) dando lugar a la formación del ozono troposférico. Los óxidos de nitrógeno se forman cuando se alcanzan las temperaturas más altas en los procesos de combustión.

Ozono (O₃):

El ozono en las capas superiores de la atmósfera (estratosfera) cumple una función protectora para la vida en la tierra debido a su capacidad para absorber la radiación ultravioleta procedente del sol, pero en las capas inferiores (troposfera), el ozono es un

contaminante de alto poder oxidante que puede irritar el sistema respiratorio y acentuar la afectación de personas que padezcan enfermedades respiratorias.

El ozono (O₃), es el principal contaminante en el “smog” fotoquímico, es un contaminante secundario, es decir no se emite directamente, su formación ocurre principalmente por dos tipos de precursores los óxidos de nitrógeno (NO₂), provenientes principalmente de los procesos de combustión y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), provenientes en las zonas urbanas de fuentes biogénicas y antropogénicas, como estaciones de servicio, pinturas, diluyentes, entre otras.⁵

Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}):

El material particulado puede ser encontrado en el aire en la forma de polvo, humo u otros aerosoles. Las partículas pueden ser emitidas directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formadas por reacciones químicas (partículas secundarias). El tamaño de estas partículas es expresado en términos de su diámetro aerodinámico, y su composición química están muy influenciados por su origen..

Las partículas de tamaño 10 micras, pueden ser inhaladas y llegar hasta los pulmones, afectan la visibilidad y producen efectos de suciedad, proviene principalmente por el tráfico vehicular, procesos industriales, polvos provenientes de caminos, incineradores y la actividad de la construcción⁶.

Las partículas respirables menores de 2.5 micras, pueden penetrar las regiones más profundas del sistema respiratorio del cuerpo. La exposición a las partículas finas ha sido asociada con un número de problemas serios de salud, que varían desde la agravación

⁵ Ibid, p.235-240

⁶ Programa de protección y Calidad del Aire Valle de Aburra, Area Metropolitana,

del asma y el desarrollo de la bronquitis crónica hasta la arritmia cardíaca, ataques cardíacos y hasta la muerte prematura⁷.

A.1.3 Efectos de la contaminación en la salud

La exposición repetida a los contaminantes antropogénicos comúnmente encontrados en la atmósfera se ha relacionado con un aumento de riesgo en la mortalidad y morbilidad debido a una variedad de condiciones, principalmente las enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Este riesgo es particularmente importante en ciertos grupos vulnerables como niños, ancianos, mujeres embarazadas y personas que presenten problemas cardiorrespiratorios⁸, así como en ciertos subgrupos poblacionales que por sus condiciones de trabajo en ambiente exteriores contaminados se encontrarían más expuestos⁹. Un breve resumen de las evidencias científicas sobre los efectos de tales sustancias en la salud humana se presenta en la Tabla A.1:

⁷<http://www.epa.gov>

⁸ Daniel W. Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences. Four edition USA, 1987. Pag. 734

⁹ Sistema de vigilancia epidemiológica sobre la calidad del aire en el Valle de Aburrá. Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública. Disponible en: < www.metropol.gov.co > Fecha de consulta: 2009-11-09

Tabla A.1 Efectos de los contaminantes atmosféricos

Contaminante	Efectos cuantificados	Efectos no cuantificados	Otros posibles efectos
Ozono	-Síntomas Respiratorios -Días de actividad restringida -Admisiones Hospitalarias -Ataques de Asma Baja en los ingresos por menor productividad -Mortalidad	-Cambios en funciones pulmonares -Respuesta creciente de las vías respiratorias a los estímulos -Inflamación del pulmón	-Cambios inmunológicos -Enfermedades respiratorias crónicas -Efectos extrapulmonares
PM10	-Bronquitis aguda -Admisiones hospitalarias -Mortalidad -Enfermedades respiratorias -Dolor de pecho -Síntomas respiratorios -Días de actividad restringida -Días de pérdida de trabajo	-Cambios en funciones pulmonares -Bronquitis crónica	-Otras enfermedades respiratorias -Inflamaciones pulmonares
CO	Aparición prematura de angina	Efectos en el comportamiento	Efectos cardiovasculares y en el desarrollo
NOx	Enfermedades respiratorias	Mayor respuesta de vías respiratorias	-Menor función pulmonar -Inflamación del pulmón -Cambios inmunológicos
SO ₂	-Cambios en la función pulmonar -Síntomas respiratorios		

Cada contaminante presenta síntomas y efectos particulares en la salud, afectando más a unos órganos que a otros y manifestándose de maneras diferentes, tal como se presenta en la Tabla A-2:

Tabla A-2 Relación contaminante Vs Órganos

Contaminante	Sistema Respiratorio	Piel	Ojos	Pulmón	Sangre	Sistema Cardíaco
Dióxido de Azufre	X	X	X	X		
Monóxido de Carbono	X			X	X	
Óxidos de Nitrógeno	X			X		X
Ozono	X	X	X	X		
Partículas	X			X		X

Fuente: EPA, *The Benefits and Cost of the Clean Air Act, 1970-1990, Apéndice D.*

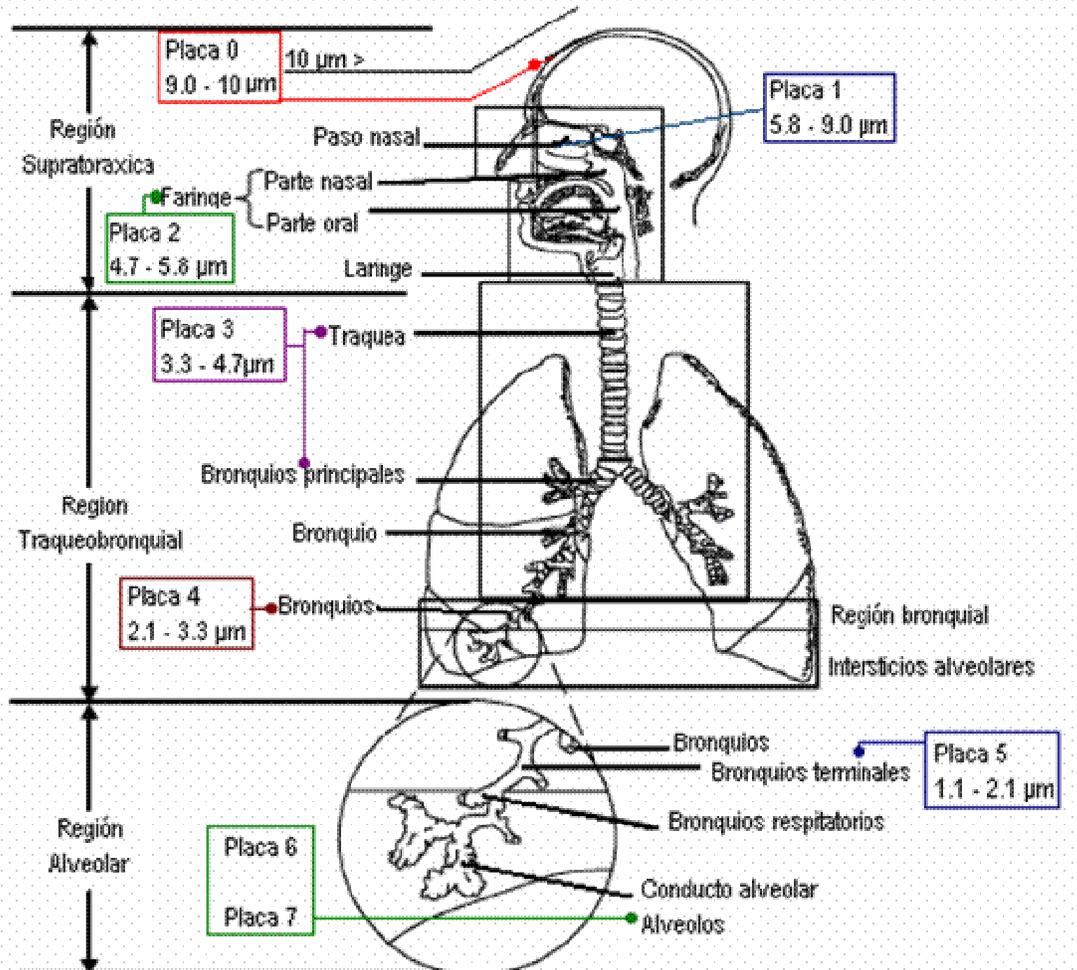
Los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población, pueden agruparse en dos categorías: efectos agudos, generalmente observados en función de cambios drásticos en los índices de morbilidad y mortalidad por afecciones ó enfermedades asociadas a la contaminación del aire; y los efectos crónicos, que se van manifestando poco a poco en diferentes grupos de la población después de muchos años de exposición a contaminantes específicos del aire¹⁰.

Los numerosos estudios, apuntan al material particulado como la amenaza más grande del aire, además de la evidencia epidemiológica de una asociación levemente mayor entre PM_{2.5} y efectos sobre la salud que aquella entre PM₁₀ y los mismos efectos se ha encontrado que las partículas ultra finas de tamaño menor a 100 µm, como se puede observar en la siguiente figura, presentan una toxicidad notablemente mayor por unidad de masa que las partículas más gruesas. Además, su toxicidad aumenta al reducir su tamaño, probablemente debido a su interacción con las membranas celulares y su área alta superficial¹¹.

¹⁰ IDEAM, Protocolo Redes de Vigilancia de Calidad del Aire, Disponible en línea: < www.ideam.gov.co > Fecha de consulta: 2009-11-09

¹¹ Donaldson, 1998

Figura A.2 Diámetro de Partículas vs. Órganos



Fuente: EPA, Manual Tisch

En Colombia según un estudio de Bjorg Larsen¹², consultor Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ocurren al año 6.040 muertes, 12.970 hospitalizaciones, 250.000 urgencias médicas, 585.000 infecciones respiratorias y 42.000.000 días de incapacidad por causa de la contaminación atmosférica, es decir que un colombiano

¹² Bjorn Larsen, 2004. "Cost of environmental damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment". Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

muere cada hora por causa de la contaminación atmosférica. Es así como se concluye que la contaminación atmosférica no es sólo un problema de pequeñas molestias respiratorias, es también asunto de enfermedad y de muerte que afecta la salud de toda la población. Por otro lado, el Conpes 3344 de 2005, estima que en Colombia la reducción de la contaminación del aire puede costar \$1.5 billones de pesos anuales y habla de que la implementación de estas medidas generaría beneficios valorados entre 2.200 y 2.800 millones de dólares.

En lo referente al Valle de Aburrá, existen pocos estudios de los efectos relacionados con la calidad del aire y la salud de la población. El Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA) de la UPB en el 2007, realizó un estudio en la Comuna 15, el cual tenía como fin, evaluar la calidad del aire, y sus efectos en la salud por medio de una evaluación epidemiológica para identificar los posibles trastornos respiratorios en la población, la investigación arrojó como gran resultado que existe una asociación entre la presencia de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y bronquitis y la calidad del aire del sector debido a la contribución que a ésta, realiza el Material Particulado Respirable; siendo mayor el riesgo de enfermar por estas patologías¹³.

A.2 Análisis marco regulatorio

La contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, debido al alcance que pueden tener los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente.

Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire. Inicialmente, en el año 1967 se instalaron las primeras

¹³ Evaluación de la calidad del aire, intensidad del ruido y sus efectos en la salud, Municipio de Medellín, GIA, 2007.

redes para el monitoreo de la calidad del aire en el país¹⁴, posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es *“Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”*, adicionalmente, dicha Ley concedió facultades al gobierno Nacional para la expedición del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el Presidente por medio del Decreto 2811 de 1974. En el año 1979 el Congreso de la República aprobó la Ley 9, la cual establece el Código Sanitario Nacional que además se ha constituido en la base de la gestión ambiental del país y fue por medio de la cual se promulgaron las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente.

¹⁴ Sánchez, E. y Herrera, C. 1994. Contaminación Atmosférica. En Sánchez, E. y Uribe, E. La Contaminación Industrial en Colombia. DNP. PNUD. Bogotá.

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, expidió el Decreto 979 del 3 de abril de 2006, que establece parámetros para garantizar la calidad del aire en Colombia. La Norma Nacional, indica igualmente que con el fin de establecer un control efectivo sobre las fuentes de emisiones, las Autoridades Ambientales deben constituir Planes de Descontaminación y Planes de Contingencia.

- Alertar a la población de las posibilidades de exposición a través de un medio masivo, delimitando la zona afectada, los grupos de alto riesgo y las medidas de protección pertinentes.
- Establecer un programa de educación y un plan de acción para los centros educativos y demás entidades que realicen actividades deportivas, cívicas u otras al aire libre, de tal forma que estén preparados para reaccionar ante una situación de alarma.
- Elaborar un inventario para identificar y clasificar los tipos de fuentes fijas y móviles con aportes importantes de emisiones a la atmósfera, y que en un momento dado pueden llegar a generar episodios de emergencia, de tal manera que las restricciones se apliquen de manera efectiva en el momento de poner en acción el plan de contingencia.
- Para las áreas-fuentes de contaminación clasificadas como alta, media y moderada, las autoridades ambientales competentes utilizarán los inventarios para establecer sus límites de emisión, los índices de reducción, las restricciones a nuevos establecimientos de emisión, de tal manera que tengan la información necesaria para elaborar los planes de reducción de la contaminación, con el fin de prevenir en lo posible futuros episodios de emergencia.
- Concertar con las Autoridades de Tránsito y Transporte las posibles acciones que se pueden llevar a cabo en el control de vehículos y tránsito por algunas vías, cuando se emita un nivel de prevención, alerta o emergencia.

- Reforzar los programas de limpieza y/o humedecimiento de calles, en las zonas en que se han registrado situaciones de alarma.
- Coordinar con el Ministerio de Protección Social y con las Secretarías de Salud los planes de vigilancia epidemiológica, según los niveles de alarma que se establezcan para ello.
- Concertar con las Autoridades de Tránsito y Transporte las posibles acciones que se pueden llevar a cabo en el control de vehículos y tránsito por algunas vías, cuando se emita un nivel de prevención, alerta o emergencia.
- Reforzar los programas de limpieza y/o humedecimiento de calles, en las zonas en que se han registrado situaciones de alarma.
- Coordinar con el Ministerio de Protección Social y con las Secretarías de Salud los planes de vigilancia epidemiológica, según los niveles de alarma que se establezcan para ello.

A.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN

A.3.1 Geografía

La región metropolitana se encuentra localizada en la cordillera Central de los Andes Colombianos, en el Departamento de Antioquia, entre las latitudes 6° 00' y 6°30' y las longitudes 75° 15'W y los 75° 45', con un largo aproximado de 80 kilómetros y una amplitud variable entre 30 Km en el sector más ancho y 10 Km en el más angosto, tiene una extensión de 1152 Km² (1.8% Antioquia), de los cuales el 30% corresponde a áreas urbanizadas¹⁵

¹⁵ UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Red Riesgos. Red para la Gestión del Riesgo en el Valle de Aburrá. En: Conocimientos Metropolitanos Medellín. N°1. Noviembre 2007.p 16.

El Valle de Aburrá, tiene una población de 3'316.358, de los cuales 3.136.647 (95%) están asentados en la zona urbana y 179.711 en la zona rural, tiene una participación en el Producto Interno Bruto (PIB) del 66.3% y un crecimiento del 1.6% anual¹⁶. En este se asientan 10 municipios: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Sabaneta, Itagüi, La Estrella, Caldas, Envigado y Medellín como municipio núcleo, está definido de sur a norte por el Río Medellín, el cual nace en el alto de San Miguel (Municipio de Caldas) y se extiende en una dirección sur-norte hasta el municipio de Bello y a partir de allí toma dirección noreste hasta desembocar en el Río Grande y formar junto con este el Río Porce. En su recorrido recibe numerosas quebradas tributarias que descienden de los cerros tanto del oriente como del occidente¹⁷. La conformación del Valle de Aburrá, está enmarcado por una topografía irregular y pendiente, que oscila entre 1300 y 2800 metros sobre el nivel del mar. Las montañas que lo encierran, dan lugar a la formación de diversos microclimas, saltos de agua, bosques, sitios de gran valor paisajístico y ecológico.¹⁸

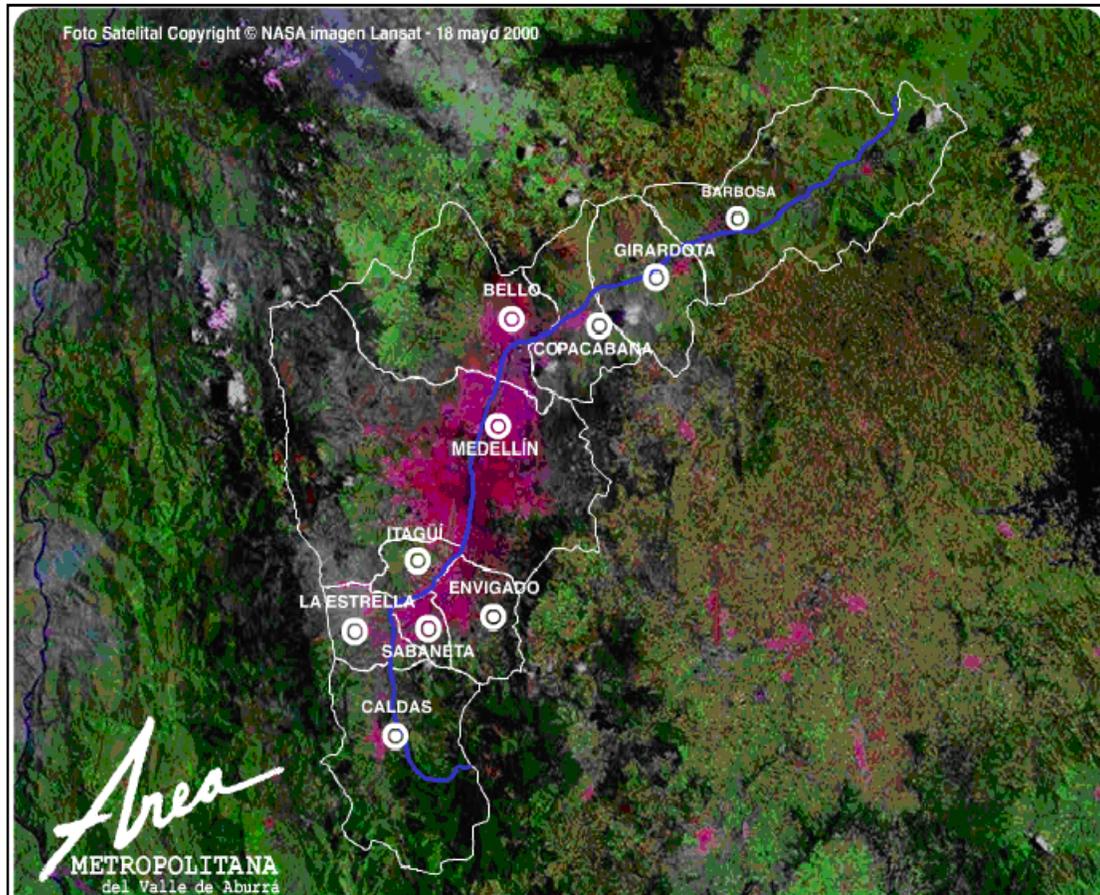
Los municipios son lugares densamente poblados, ubicados en una cuenca rodeada de montañas que impiden la libre circulación del aire provocando poca ventilación y mala dispersión de los contaminantes, lo anterior asociado a la consecuencia de las actividades industriales y de transporte llevadas a cabo en el valle, hacen que la calidad del aire presente episodios de contaminación cortos de manera frecuente y por ende muestre consecuencias indeseables para la salud.

¹⁶ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. [En línea] Disponible en: <<http://www.dane.gov.co>> [Consulta: 6 Feb. 2009].

¹⁷ UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ-UNIVERSIDAD. Red Riesgos. Red para la Gestión del Riesgo en el Valle de Aburrá. Op. Cit., p.16

¹⁸ Ibid, p.17

Figura A.3 Mapa del Valle de Aburrá



Fuente: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. [En línea] < Disponible en: www.metropol.gov.co.>.

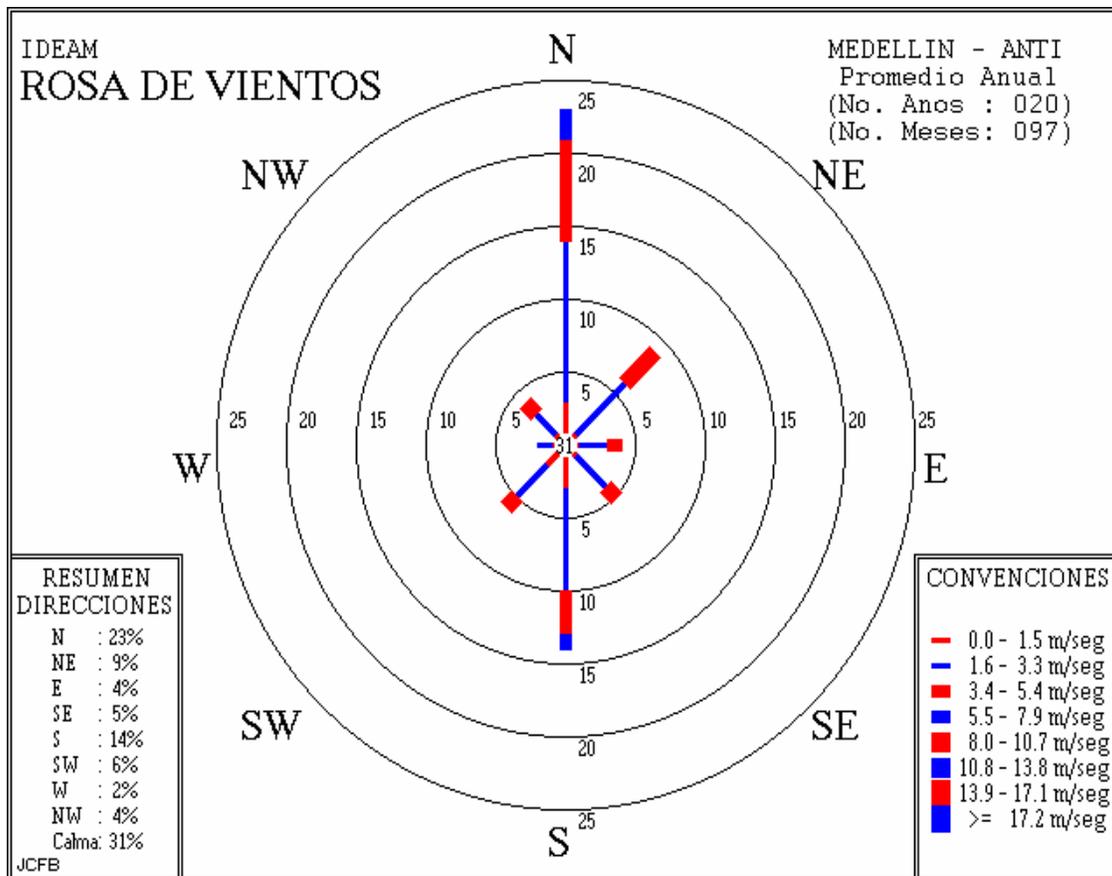
A.3.2 Meteorología

El contrato 661 de 2004 “Modelo de pronóstico meteorológico” ejecutado por la UPB a través del grupo GIA, presenta los siguientes resultados con el fin de identificar las principales líneas de corriente en el valle de Aburrá, Se analizaron las series históricas de las siguientes variables atmosféricas: la temperatura, la precipitación y la dirección y velocidad del viento, además se utilizaron los reportes de datos de los años 1965 a 1999

de la climatología del aeropuerto Olaya-Herrera, realizadas por el Instituto Nacional de Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)¹⁹.

El Valle de Aburrá, donde se desarrolla el estudio, se caracteriza por estar rodeado por montañas que alcanzan una altitud de 3200 m.s.n.m., modificando de una manera significativa la dirección y velocidad del viento. La rosa de los vientos multianual calculada por el IDEAM presentada en la Figura A.4.

Figura A.4 Rosa de vientos en Medellín, Promedio anual 20 años

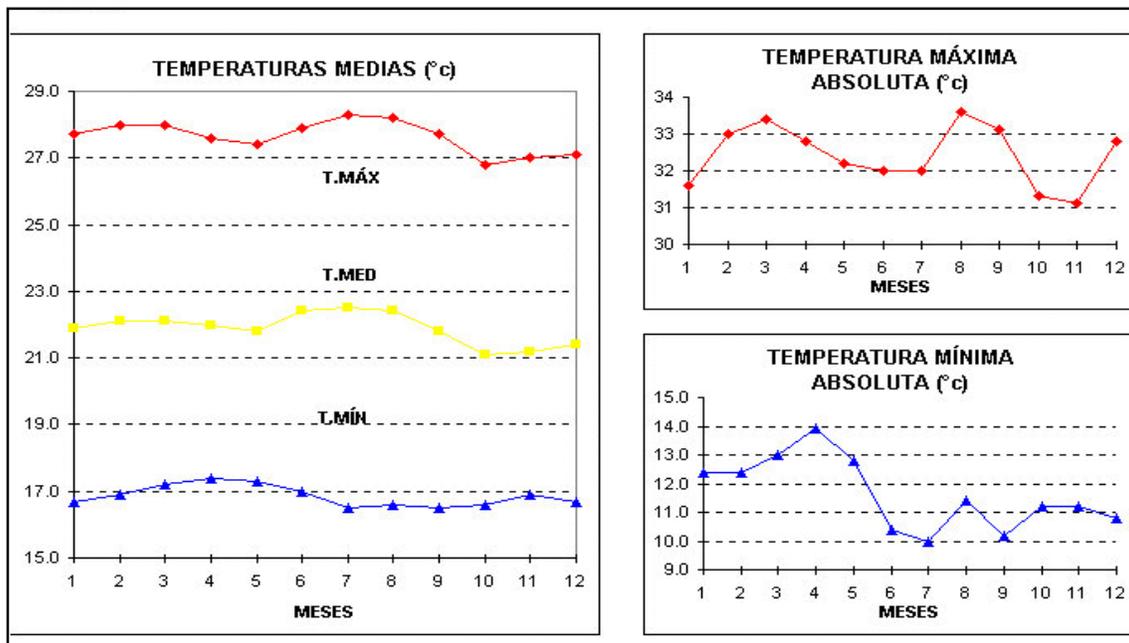


¹⁹ Contrato 661 de 2004. Modelo de pronóstico Meteorológico, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana.

En el aeropuerto Enrique Olaya Herrera muestra que en la mayor parte del tiempo no hay movimientos atmosféricos alrededor de la estación de medición (31% de calmas). Los vientos predominantes provienen del Norte un 23% del tiempo y del sur el 14% y un 9% del Noreste. La velocidad máxima que se presenta en la estación está en el rango 5.5 a 7.9 m/s.

La variación mensual promedio de la temperatura y la precipitación puede verse en las siguientes figuras. Los promedios anuales muestran que la temperatura no varía en un rango muy amplio durante todo el año siendo entre los 21 y 23 grados centígrados. Los meses con mayor temperatura son julio y agosto con máximas de hasta 28 °C.

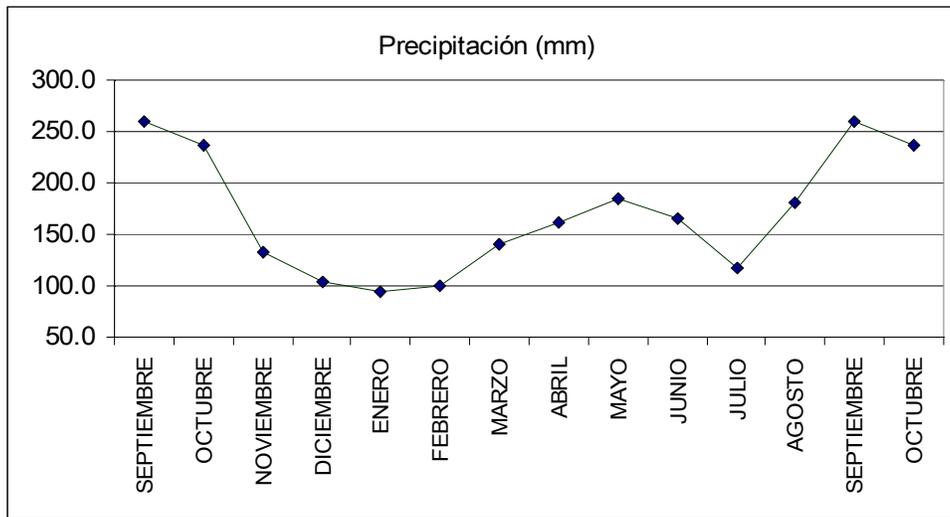
Figura A.5 Promedio de Temperatura en Medellín



Precipitación: El promedio de precipitación anual presenta dos temporadas de invierno. Una de ellas más intensa en los meses de septiembre, octubre y noviembre; y otra con precipitaciones menos intensas en los meses de abril mayo y junio. Los meses de mayor sequía normalmente son julio, agosto, diciembre, enero y febrero.

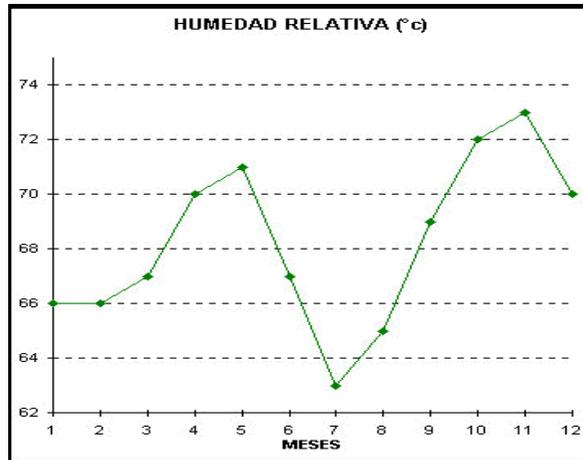
Los períodos de lluvias y sequías están afectados por los fenómenos del “el Niño” y “la Niña” que ocurren cíclicamente entre 3 y 7 años en Sur América. En los eventos del Niño prevalece el verano causando sequías en el territorio colombiano, el último evento registrado fue en el periodo de Marzo de 1997 a Marzo de 1998 (IDEAM, 1999)

Figura A.6 Promedio de Precipitación (mm) en Medellín



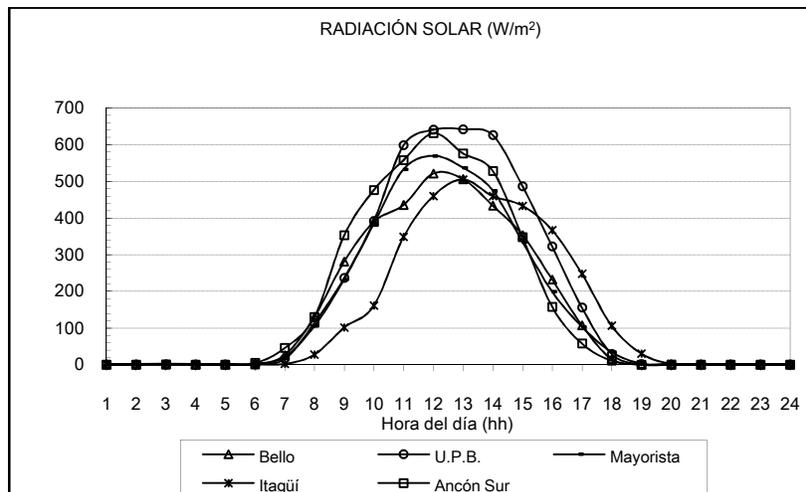
Humedad Relativa: La humedad relativa presenta una tendencia en la cual se observa que el mes de julio y enero, este parámetro disminuye cerca del 10%, debido a que coincide con las épocas de verano.

Figura A.7 Promedio horario de humedad relativa en Medellín



Radiación Solar: La radiación solar medida, utilizando la estación móvil en diferentes sitios del valle de Aburrá presenta valores mínimos en las horas nocturnas y en la madrugada. Al medio día y por las tardes, se presentan las máximas cercanas a los 700 W/m².

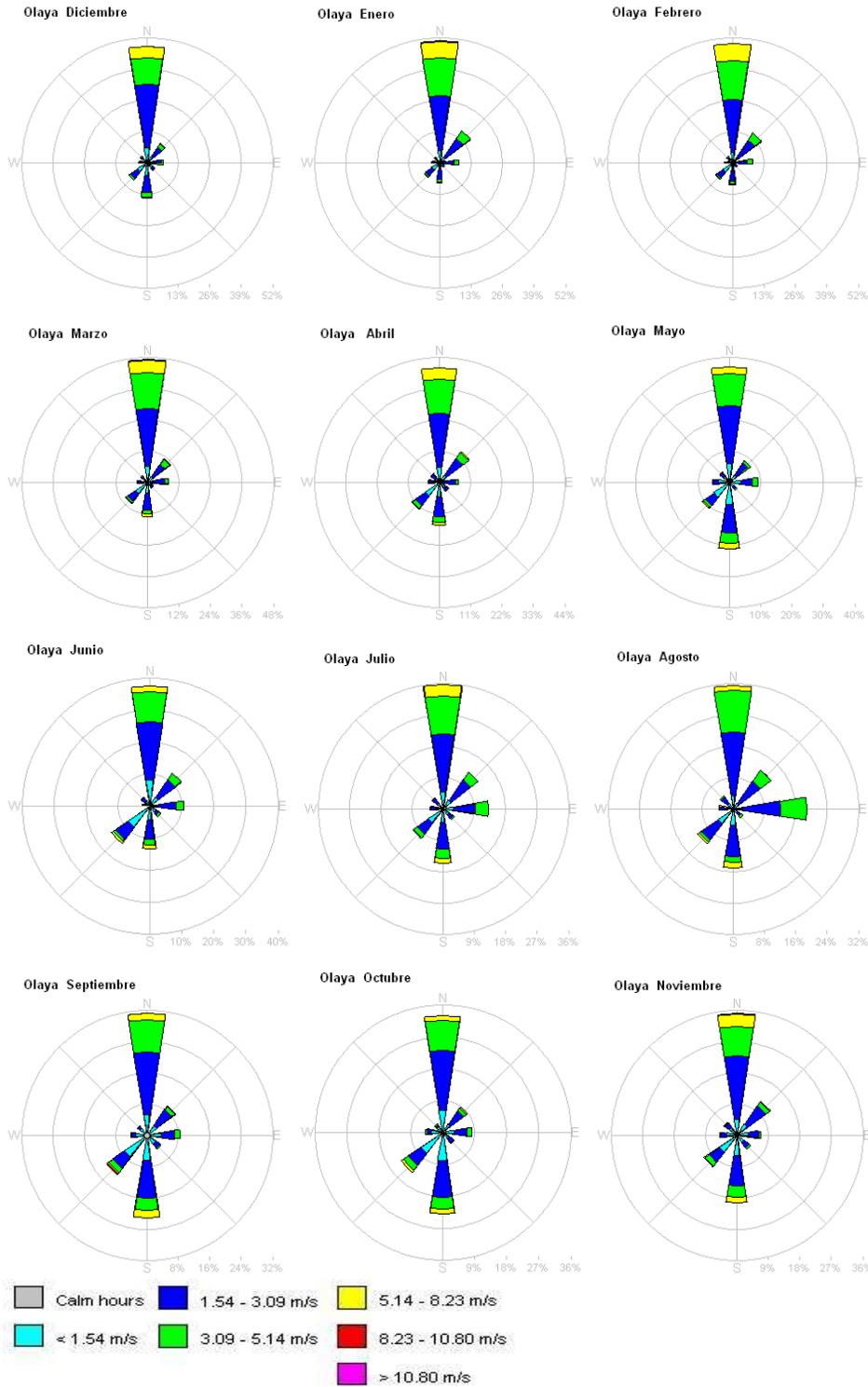
Figura A.8 Promedio horario de radiación solar en diferentes puntos del valle de Aburrá y para diferentes periodos de tiempo



Variación Mensual del Viento: Los datos de la estación se analizan para promedios mensuales y de los cuales se concluye que en general la dirección del viento predominante en todos los meses del año es la Norte con velocidades entre 1 y 8 m/s. En los meses diciembre a febrero la componente Norte es más frecuente en un 52% del tiempo, seguida de la Noreste que tiene una periodicidad de 12% del tiempo. En el trimestre marzo a mayo la velocidad del viento varía de 1.5 a 8 m/s con una alta frecuencia de la dirección Norte (45%) y componente de Sur (20%).

El resto del tiempo el viento sopla de Suroeste a Noreste y viceversa con una frecuencia de 20%. El viento en los meses junio julio y agosto muestran mayor variación de la dirección del viento, aunque la dirección Norte es predominante con velocidades que llegan hasta 8 m/s más frecuentemente. Otras direcciones de importancia son la sur con un 15% de ocurrencia la suroeste y noreste con aproximadamente 10% de ocurrencias en cada dirección y la este con un 15%. Para el último trimestre (Septiembre, Octubre y Noviembre) la dirección sur gana importancia con un máximo de 25% del tiempo, aunque la dirección Norte sigue predominante de 35%, este comportamiento coincide con la circulación de viento que proviene del Pacífico en esta época del año.

Figura A.9 Rosas de Viento Mensual de Aeropuerto Enrique Olaya Herrera



ANEXO B:

Nivel Máximo Permisible para el Contaminante $PM_{2.5}$ y Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia por Contaminación Atmosférica

ANEXO B: NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE PARA EL CONTAMINANTE PM_{2.5} Y NIVELES DE PREVENCIÓN, ALERTA Y EMERGENCIA POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

OBJETIVO

Establecer niveles más restrictivos a los fijados en la Norma Nacional (Decreto 979 de 2006) para los niveles de prevención, alerta y emergencia en la región metropolitana del Valle de Aburrá, con el fin de proteger la salud de la población y para calidad del aire (Resolución 610 de 2010) por material particulado 2.5 micrómetros (PM_{2.5}).

JUSTIFICACIÓN

La región metropolitana del Valle de Aburrá es considerada como una de las regiones de mayor dinamismo y desarrollo económico del país, la actividad industrial y comercial fluye de manera notable, este crecimiento trae un aumento de las emisiones de los contaminantes atmosféricos y por ende un deterioro de la calidad del aire, que afecta según el Censo del 2005, al (95%) de la población del Valle de Aburrá, que equivale a 3.136.647 habitantes en la zona urbana²⁰.

Los niveles de contaminación de calidad del aire que a diario se presentan en el Valle de Aburrá, resultan ser nocivos para la salud del habitante metropolitano, los registros arrojados por la Red de Monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, presentan al contaminante PM_{2.5} como el principal responsable de los niveles de contaminación inadecuados en la región, estas concentraciones exponen a la población tanto a efectos agudos (exposiciones cortas) como a efectos crónicos (exposiciones largas), ya que

²⁰ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. [En línea] Disponible en: <http://www.dane.gov.co>. Fecha de consulta: febrero 26 de 2010.

presentan excedencias frecuentes a la norma diaria y se supera ampliamente la norma anual.

Por lo anterior, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentra elaborando el Plan de Descontaminación Atmosférica en el cual se incluye el Plan de Contingencias para la atención de eventos críticos, focalizando las acciones de los planes en el control y la reducción del $PM_{2.5}$, para atender la situación expuesta.

La Normatividad establece el principio de rigor subsidiario, mediante la ley 99 de 1993 y el decreto 948 de 1995, el cual permite plantear la necesidad de mantener los niveles de calidad del aire para el contaminante $PM_{2.5}$ implementados hasta la fecha en la región y establecer niveles de prevención, alerta y emergencia mas restrictivos, acorde a la problemática de contaminación atmosférica y a las políticas de descontaminación adoptadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

B.1 MARCO TEÓRICO

La contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, debido al alcance que pueden tener los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente.

Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire. Inicialmente, en el año 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire en el país²¹, posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es *“Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”*, adicionalmente, dicha Ley concedió facultades al gobierno Nacional para la expedición del

²¹ Sánchez, E. y Herrera, C. 1994. Contaminación Atmosférica. En Sánchez, E. y Uribe, E. La Contaminación Industrial en Colombia. DNP. PNUD. Bogotá.

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el Presidente por medio del Decreto 2811 de 1974. En el año 1979 el Congreso de la República aprobó la Ley 9, la cual establece el Código Sanitario Nacional que además se ha constituido en la base de la gestión ambiental del país y fue por medio de la cual se promulgaron las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente.

Internacionalmente son reconocidas dos medidas de diámetro del material particulado objeto de regulación: el PM_{10} y $PM_{2.5}$. El Material particulado respirable (PM_{10}) se puede definir como partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras, cuyo diámetro es igual o inferior a los $10\ \mu m$ o 10 micrómetros ($1\ \mu m$ corresponde a la milésima parte de un milímetro). La fracción inhalable más pequeña es conocida como $PM_{2.5}$, está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior o igual a las 2.5 micrómetros, su tamaño hace que sean 100% respirables, por lo que penetran el aparato respiratorio y se depositan en los alvéolos pulmonares y pueden llegar al torrente sanguíneo.

La evidencia relativa al material particulado y a salud pública, concuerda en demostrar que hay efectos perjudiciales para la salud, el abanico de efectos es amplio: afecta el sistema respiratorio y cardiovascular, y abarca a niños, adultos y a varios grandes grupos susceptibles dentro de la población general, la evidencia epidemiológica demuestra efectos adversos de las partículas, luego de exposiciones tanto de corto como de largo plazo²².

El $PM_{2.5}$ se puede emitir de forma directa (emitido directamente de chimenea o tubo de escape), o de forma secundaria (por emisión de los precursores SO_2 , NO_x , o compuestos orgánicos volátiles), es de origen principalmente antropogénico, lo que lo convierte en un contaminante controlable y en un elemento de gestión.

²²Guías de calidad del aire, actualización mundial, 2005.

El control y la reducción del $PM_{2.5}$ es el principal objetivo del Plan de Descontaminación del Valle de Aburrá, países latinos con gran recorrido en la gestión de la calidad del aire como Chile y México, basan su gestión en la reducción del $PM_{2.5}$, por ejemplo en México durante el periodo de 1997-2007, la concentración promedio de PM_{10} se ha reducido en un 29%, mientras que el $PM_{2.5}$ lo ha hecho en un 52%²³, con medidas que apuntan a la reducción de PM_{10} , pero centradas en fuentes emisoras mayoritariamente de $PM_{2.5}$, es así como la norma del material particulado fino es la base del Plan de Descontaminación y del Plan de Contingencias.

Los niveles de contingencia son establecidos en la normatividad internacional con el objeto de proteger la salud humana, tanto para concentraciones de contaminantes como para tiempos de exposición, estos niveles se han adoptado en la Normatividad Colombiana a través de la Resolución 610 de 2010, con los nombres de prevención, alerta y emergencia y son las concentraciones que generan algún tipo de riesgo a la salud y corresponden a concentraciones por encima de los estándares permisibles y las medidas para la atención de estos niveles de contaminación se han establecido en el Decreto 979 de 2006; la declaración de cualquier nivel, implica la implementación de acciones contundentes y a corto plazo, como información a la comunidad, restricciones vehiculares, restricciones a fuentes fijas y activación del sistema epidemiológico, entre otras.

B.1.1 Impactos en la Salud

B.1.1.1 Referentes Internacionales

Los efectos por exposición a contaminantes atmosféricos van desde irritación de ojos y vías respiratorias hasta afecciones más graves, incluidas función pulmonar reducida, bronquitis, exacerbación del asma y muerte prematura. Los estudios han encontrado que las partículas finas ($PM_{2.5}$) están vinculados (solos o con otros contaminantes), a un

²³ http://www.lyd.com/lyd/centro_doc/documents

aumento de la mortalidad y el agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes. Además, el material particulado fino irrita el sistema respiratorio y la exposición a alta concentración puede causar tos persistente, flemas y dificultad para respirar. Las partículas también pueden afectar a personas sanas, causando síntomas respiratorios, la reducción transitoria de la función pulmonar e inflamación pulmonar, además también pueden afectar el sistema inmunológico del cuerpo y los mecanismos fisiológicos²⁴.

La OMS estableció valores guía en el 2005 e incluyó al $PM_{2.5}$, con un objetivo final y objetivos intermedios (niveles de concentraciones), basados en el riesgo de mortalidad estimado en los estudios epidemiológicos a nivel mundial, y estableció:

- 6% de aumento de riesgo de mortalidad por cada $10 \mu g/m^3$ de $PM_{2.5}$ por exposición anual.
- 1% de aumento de riesgo de mortalidad por cada $10 \mu g/m^3$ de $PM_{2.5}$ por exposición diaria.

A continuación (Tabla B.1) se presenta un resumen de los impactos en salud más importantes, según estudios internacionales en referencia al material particulado.

²⁴ Wildfire Smoke A Guide for Public Health Officials, 2007.

Tabla B.1. Impactos evaluados internacionalmente en la salud

Exposición	Tipo de causa		Causa específica
Largo Plazo	Muerte prematura		Todas las causas
			Enfermedad cardiopulmonar
			Cáncer de pulmón
	Enfermedad		Bronquitis crónica
Corto plazo	Muerte prematura		Mortalidad por todas las causas
			Causas respiratorias
			Causas cardiovasculares
			Enfermedad cardiovascular
	Acciones médicas	Admisiones hospitalarias	Asma
			Desorden pulmonar crónico
			Arritmia
			Enfermedad isquémica del corazón
			Causas respiratorias
			Neumonía
			Asma
			Enfermedad isquémica del corazón
			Causas respiratorias
			Neumonía e influenza
	Visitas a la sala de emergencias		Enfermedades respiratorias
			Síntomas respiratorios
			Enfermedades respiratorias
			Síntomas respiratorios
	Visitas médicas		Enfermedades respiratorias
			Síntomas respiratorios
Asma			
Enfermedad		Ataques asmáticos	
		Bronquitis aguda	
Días de actividad restringida		Días perdidos de trabajo	
		Días de actividad restringida	
		Días con falta de aire	

Fuente: Análisis general del impacto económico y social de la norma de calidad primaria de material particulado 2.5, DICTUC, Santiago de Chile 2009.

El PM_{2.5} es un elemento peligroso, originado por la combustión, y por su tamaño puede llegar directamente a la sangre de las personas, afectando en especial a los niños y los adultos mayores.

B.1.1.2 Referentes Locales

El municipio de Medellín presenta en los resultados del informe de calidad de vida “Medellín como vamos 2009”, un análisis de aspectos relacionados con la calidad de vida en el que se incluye el ambiente, el informe presenta las siguientes conclusiones²⁵:

Salud: Las enfermedades respiratorias agudas (ERA), ocupan un segundo lugar de responsabilidad en la tasa de Mortalidad en niños menores de 5 años, entre los factores que inciden en dicha tasa se encuentra la contaminación atmosférica, además se presenta la contaminación del aire como una de las más altas de Latinoamérica. El informe dice que los soportes locales no permiten asegurar que la reducción de los niveles de contaminación mejoren los diversos indicadores de salud (incluyendo las muertes prematuras por ERA), pero si existe evidencia científica internacional que lo demuestra.

Calidad del aire: Aunque no se realiza ningún análisis del material particulado fino (PM_{2.5}), si se manifiesta una fuerte preocupación de los niveles de PM₁₀ y presentan la comparación de este valor con los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), evidenciando que se triplican las concentraciones.

A nivel país se calcula que aproximadamente 6.000 muertes son atribuibles a la calidad del aire en exteriores²⁶. Además, la contaminación atmosférica en Colombia no solo deja pérdidas humanas sino también económicas por ausencias laborales por enfermedades respiratorias agudas y presentan al material particulado, como el principal contaminante, que trae enfermedades respiratorias, cardiovasculares y pulmonares.²⁷

²⁵ Municipio de Medellín, Informe de calidad de vida, 2009.

²⁶ CONPES 3550 de 2008. Salud Ambiental. Colombia.

²⁷ Artículo disponible en: <http://www.caracol.com.co/nota.aspx?Id=846956> [Fecha de consulta: Febrero 01 de 2010].

B.2 Normas De Calidad Del Aire

Los estándares establecidos para la calidad del aire especifican los límites máximos de concentración y tiempo de duración de los contaminantes atmosféricos, con el fin de establecer metas que tienen como propósito prevenir efectos dañinos específicos en la salud de la población.

Actualmente muchos países, principales centros de desarrollo como EE.UU, México y Canadá, entre otros cuentan con norma para el contaminante $PM_{2.5}$.

Tabla B.2. Normas de calidad del aire para $PM_{2.5}$

País	$PM_{2.5}$	
	24 horas ($\mu g/m^3$)	Anual ($\mu g/m^3$)
EE UU	35	15
California EE UU	35	12
Canadá	30	15
Australia	25	8
México	65	15
Unión Europea	-	20

Fuente: CONAMA. Análisis Económico y social Norma $PM_{2.5}$.

La evidencia científica muestra que no existe un nivel que ofrezca una protección absoluta contra los efectos perjudiciales del material particulado, tanto PM_{10} como $PM_{2.5}$. De este modo, las normas de Material particulado en el mundo tienden a ser más estrictas. La OMS no tiene definido un umbral para el contaminante $PM_{2.5}$, se aplica el manejo de riesgo a la exposición.

Tabla B.3. Estándares internacionales para el $PM_{2.5}$

Guía recomendada	Límite máximo permisible $\mu g/m^3$	
	24 horas	Anual
OMS	25	10
EPA	35	15

Los niveles de contingencia son declarados en función de las concentraciones a través de un indicador de calidad del aire, en el Valle de Aburrá se utiliza el Índice de Calidad del Aire (ICA) el cual es el que desarrollo la EPA bajo el nombre de AQI, éste establece unos niveles de exposición a las concentraciones de los contaminantes según la información epidemiológica.

La divulgación de la calidad del aire a la población se realizará mediante el ICA, siendo necesario que las indicaciones establecidas en los niveles del ICA correspondan a los niveles de contingencia del Valle de Aburrá, con el fin de entregar una información coherente a la población.

Es importante tener en cuenta que la norma de calidad del aire se constituye en una herramienta fundamental para el control de las emisiones de contaminantes atmosféricos, que soportaran la implementación de medidas en todas las fuentes de emisión del Valle de Aburrá.

B.2.1 Marco Legal

La política adoptada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, de encaminar todos los esfuerzos en la reducción y control del material particulado fino, es la que lleva a que los niveles de concentración de calidad del aire para material particulado fino en el ámbito local sean menores que los niveles nacionales, teniendo en cuenta que dicho contaminante es el más peligroso y el que presenta mayor problema en la región.

El elemento jurídico bajo el cual se establece la posibilidad de fijar la norma más estricto, es el principio de rigor subsidiario.

A continuación se presenta una serie de normas que soportan la disminución de los niveles de calidad del aire para $PM_{2.5}$.

Constitución Política de 1991

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Ley 99 de 1993

Artículo 1: numeral 3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

Numeral 6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al **principio de precaución** conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

Artículo 63. A fin de asegurar el interés colectivo de un medio ambiente sano y adecuadamente protegido, y de garantizar el manejo armónico y la integridad del patrimonio natural de la nación, el ejercicio de las funciones en materia ambiental por parte de las entidades territoriales, se sujetará a los principios de armonía regional, graduación normativa y rigor subsidiario definidos en el presente artículo.

Decreto 948 de 1995:

Capítulo II: Artículo 6: La norma local de calidad del aire, o nivel local de inmisión, podrá ser más restrictiva que la norma nacional y será fijada por las autoridades ambientales competentes, teniendo en cuenta la variación local de presión y temperatura, respecto de las condiciones de referencia de la norma nacional.

Capítulo VI: Artículo 66: Funciones de las corporaciones Autónomas Regionales y de los Grandes Centros Urbanos. Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y a los Grandes Centros Urbanos, dentro de la órbita de su competencia, en el territorio de su

jurisdicción, y en relación con la calidad y el control a la contaminación del aire, las siguientes:

Numeral c: Restringir en el área afectada por la declaración de los niveles prevención, alerta o emergencia, los límites permisibles de emisión contaminantes a la atmósfera, con el fin de restablecer el equilibrio ambiental local.

Capítulo VI: Artículo 70: Aplicación del Principio de Rigor Subsidiario. Las Corporaciones Autónomas Regionales y Grandes Centros Urbanos, los departamentos, los municipios y distritos, en su orden, en su condición de autoridades ambientales, podrán adoptar normas específicas de calidad del aire y de ruido ambiental, de emisión de contaminantes y de emisión de ruido, más restrictivas que las establecidas por el Ministerio del Medio Ambiente, con fundamento en las siguientes consideraciones:

- 1. Para normas de calidad del aire. Cuando mediante estudios de meteorología y de calidad del aire en su área de jurisdicción se compruebe que es necesario hacer más restrictivas dichas normas.*

B.3 NIVELES DE PREVENCIÓN, ALERTA Y EMERGENCIA

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, expidió el Decreto 979 del 3 de abril de 2006, que establece parámetros para garantizar la calidad del aire en Colombia. La Norma Nacional, indica igualmente que con el fin de establecer un control efectivo sobre las fuentes de emisiones, las Autoridades Ambientales deben constituir Planes de Descontaminación y Planes de Contingencia.

- Alertar a la población de las posibilidades de exposición a través de un medio masivo, delimitando la zona afectada, los grupos de alto riesgo y las medidas de protección pertinentes.
- Establecer un programa de educación y un plan de acción para los centros educativos y demás entidades que realicen actividades deportivas, cívicas u otras

al aire libre, de tal forma que estén preparados para reaccionar ante una situación de alarma.

- Elaborar un inventario para identificar y clasificar los tipos de fuentes fijas y móviles con aportes importantes de emisiones a la atmósfera, y que en un momento dado pueden llegar a generar episodios de emergencia, de tal manera que las restricciones se apliquen de manera efectiva en el momento de poner en acción el plan de contingencia.
- Para las áreas-fuentes de contaminación clasificadas como alta, media y moderada, las autoridades ambientales competentes utilizarán los inventarios para establecer sus límites de emisión, los índices de reducción, las restricciones a nuevos establecimientos de emisión, de tal manera que tengan la información necesaria para elaborar los planes de reducción de la contaminación, con el fin de prevenir en lo posible futuros episodios de emergencia.
- Concertar con las Autoridades de Tránsito y Transporte las posibles acciones que se pueden llevar a cabo en el control de vehículos y tránsito por algunas vías, cuando se emita un nivel de prevención, alerta o emergencia.
- Reforzar los programas de limpieza y/o humedecimiento de calles, en las zonas en que se han registrado situaciones de alarma.
- Coordinar con el Ministerio de Protección Social y con las Secretarías de Salud los planes de vigilancia epidemiológica, según los niveles de alarma que se establezcan para ello.
- Concertar con las Autoridades de Tránsito y Transporte las posibles acciones que se pueden llevar a cabo en el control de vehículos y tránsito por algunas vías, cuando se emita un nivel de prevención, alerta o emergencia.
- Reforzar los programas de limpieza y/o humedecimiento de calles, en las zonas en que se han registrado situaciones de alarma.
- Coordinar con el Ministerio de Protección Social y con las Secretarías de Salud los planes de vigilancia epidemiológica, según los niveles de alarma que se establezcan para ello.

B.3.1 Situación Actual

La Resolución 601 de 2006: Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, rige para todo el territorio nacional, establece los límites de concentración de los contaminantes criterio (PST, PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO) en condiciones de referencia y en el capítulo II del artículo 4, párrafo segundo, define un valor guía recomendado por la EPA en el 2006 para el control y seguimiento del contaminante PM_{2.5} (15 µg/m³ como concentración anual a partir de la media aritmética y de 65 µg/m³ como concentración diaria), contaminante encontrado en el ámbito internacional como uno de los más peligrosos para la salud de la población.

Es así como en el 2008, la red de monitoreo de contaminantes atmosféricos del Valle de Aburrá, comienza las mediciones de PM_{2.5} en 4 puntos, y sigue como referencia los valores guía vigentes recomendados por la EPA en el 2008 (15 µg/m³ como concentración anual a partir de la media aritmética y de 35 µg/m³ como concentración diaria).

Tabla B.4 Histórico de las concentraciones de PM_{2.5}

Punto de monitoreo	Concentración 2008 (µg/m ³)		Concentración 2009 (µg/m ³)		Referentes Internacionales (µg/m ³)			
	Anual	Máxima Diaria	Anual	Máxima Diaria	EPA		OMS	
					Anual	24 horas	Anual	24 horas
Aguinaga	34	69	29	59	15	35	10	25
Ditaires	30	62	30	61				
Poblado CES	23	43	25	48				
Politécnico	30	66	25	59				

Los resultados de la Red presentan similitud en la concentración promedio anual en todos puntos de monitoreo, dando directrices claras de que la problemática local de contaminación del aire es similar en toda la región y en la necesidad de encaminar los esfuerzos en el control y la reducción del PM_{2.5}.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expide la Resolución 610 el 24 de marzo del 2010, en donde modifica la Resolución 601 de 2006 y establece los niveles

máximos permisibles a condiciones de referencia para los contaminantes criterio. Los límites máximos permisibles se presentan en la Tabla B.5.

Tabla B.5 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio (Resolución 610 de 2010)

Contaminante	Límite máximo permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM ₁₀	50	Anual
	100	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10	8 horas
	40	1 hora

Esta resolución norma las concentraciones de PM_{2.5} en el aire que regirán a partir del 01 de enero de 2011, estableciendo valores más permisivos que los manejados por el Área Metropolitana a la fecha.

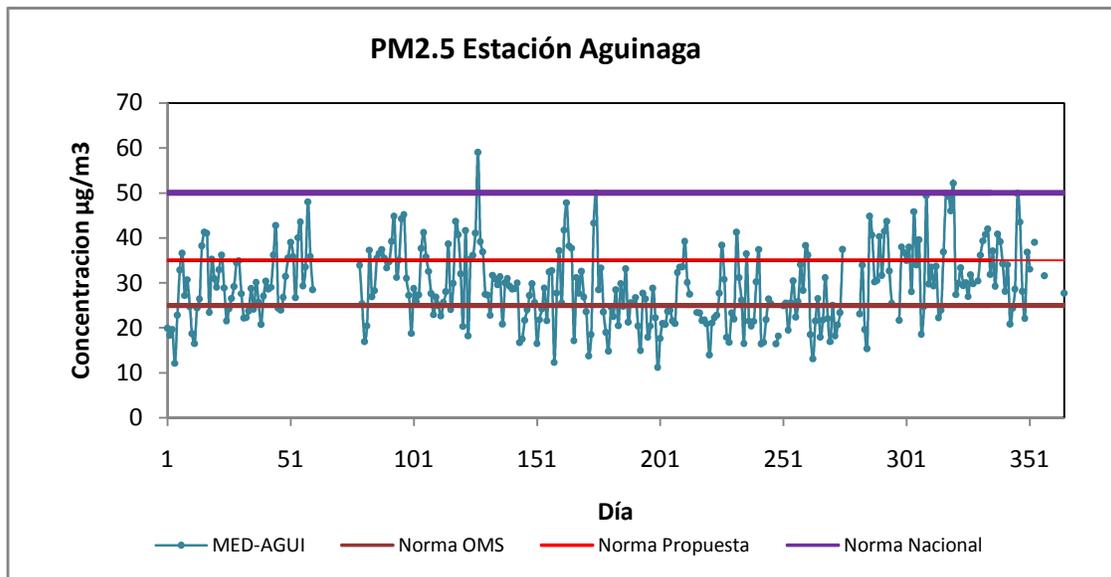
Los límites establecidos para el control de la calidad del aire para el contaminante PM_{2.5} en el territorio nacional y en la jurisdicción del área metropolitana, son los que se establecen en la Tabla B.6.

Tabla B.6 Nivel máximo permisible para PM_{2.5}

Contaminante	Resolución 610 de 2010 (nacional)		Área Metropolitana del Valle de Aburrá (local)	
	24 horas	Anual	24 horas	Anual
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50	25	35	15

La siguiente figura presenta el registro de las concentraciones diarias (24 horas) de la Estación Aguinaga, la línea granate representa la referencia de la OMS, la línea roja corresponde a la norma que actualmente se sigue en el AMVA (recomendada por la EPA), y la morada representa el valor establecido en la Resolución Nacional 610 de 2010.

Figura B.1. Concentraciones diarias de PM_{2.5} en la Estación Aguinaga para el 2009



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de monitoreo

Al comparar las excedencias con la norma nacional expedida por el Ministerio de Ambiente, las concentraciones registradas en la región parecerían no tener problemas y por lo tanto no generar riesgos a la salud de la población, pero si se compara con la norma de la OMS, es evidente el problema de contaminación de PM_{2.5} de la región.

Tal y como se mencionó anteriormente, se deben mantener los niveles de PM_{2.5} que han regido en el Área Metropolitana desde que empezó el monitoreo en el 2008 del PM_{2.5}, ya que las políticas instauradas dentro del Plan de Descontaminación de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá²⁸, establece directrices claras para el control y la reducción de dicho

²⁸ Convenio 543 de 2008, Proyecto en ejecución.

contaminante, teniendo en cuenta los niveles de contaminación actuales, las metas apuntan al cumplimiento del estándar internacional recomendado por la EPA (**15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual a partir de la media aritmética y de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración diaria**) de una manera gradual, además niveles más bajos de tal contaminante trae beneficios asociados como menos muertes, enfermedades y una mejor visibilidad del entorno.

Tabla B.7. Nivel máximo permisible para el contaminante $\text{PM}_{2.5}$ propuesto para el Valle de Aburrá

Contaminante	Límite máximo permisible $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	24 horas	Anual
$\text{PM}_{2.5}$	35	15

*Nota: *Promedio aritmético*

** $\mu\text{g}/\text{m}^3$: a las condiciones de 298,15 ° K y 101,325 K Pa (25° C y 760 mm Hg)*

B.3.2 Definición de los Niveles de Contingencias para el Valle De Aburrá

La normatividad internacional con el objeto de proteger la salud humana, ha establecido los niveles de contingencias tanto en concentraciones como en tiempos de exposición, estos niveles se han adoptado en la Normatividad Colombiana con los nombres de prevención, alerta y emergencia, y corresponde a concentraciones por encima de los estándares permisibles, ya que la declaración de cualquier nivel, implica la implementación de acciones contundentes y a corto plazo, como restricciones vehiculares, restricciones a fuentes fijas, activación del sistema epidemiológico, entre otras.

Considerando que los niveles de contingencia establecidos en la Resolución 610 de 2010 resultan laxos para las condiciones de calidad del aire locales y que no permiten implementar medidas excepcionales recomendadas en el Plan Operacional ni cumplir con el objetivo de mitigar los posibles efectos de un episodio de contaminación atmosférica sobre la salud de la población, se propone establecer los niveles de prevención, alerta y emergencia para los contaminantes críticos de la región, según los puntos de corte utilizados por la EPA para los contaminantes PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ y O_3 , que son los mismos que se

dan en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, expedido por el Ministerio de Ambiente en el año 2010 (ver Tabla B.8). Los niveles de contingencia para el contaminante Ozono se utilizarán con la concentración octohoraria.

Tabla B.8. Límites de cada categoría del AQI propuestas para el Valle de Aburrá a condiciones de Referencia

Nivel	Concentración PM ₁₀ ^a (µg/m ³)	Concentración PM _{2.5} ^b (µg/m ³)	Concentración O ₃ ^c (ppm)	Concentración O ₃ ^d (ppm)
	0.0 - 54	0 - 15	-	0.000-0.059
	55 - 154	15.5-40.5	-	0.060-0.075
Prevenición	155 - 254	40.6-65.5	0.125-0.164	0.076-0.095
Alerta	255 - 355	65.6-150.5	0.165-0.204	0.096-0.115
Emergencia	> 355	> 150.6	0.205-0.404	0.116-0.374

Límites de cada categoría del AQI propuestas para el Valle de Aburrá a condiciones Locales

Nivel	Concentración PM ₁₀ ^a (µg/m ³)	Concentración PM _{2.5} ^b (µg/m ³)	Concentración O ₃ ^c (ppm)	Concentración O ₃ ^d (ppm)
	0.0 – 46	0 – 13	-	0.000-0.050
	47 – 131	14 – 35	-	0.051-0.064
Prevenición	132 – 217	36 – 56	0.107-0.140	0.065-0.081
Alerta	218-302	57 – 128	0.141-0.174	0.082-0.098
Emergencia	> 303	> 129	>0.175	>0.099

Notas: a: concentración promedio en 24 horas

b: concentración promedio en 24 horas

c: concentración promedio horaria

d: concentración promedio en 8 horas

Es importante tener en cuenta que los niveles del ICA, son los que determinan los diferentes niveles de aplicación del Programa de Contingencias Atmosféricas, los niveles mayores a 300 se reúnen en el nivel de emergencia.

CONCLUSIONES

La exposición de partículas es la principal amenaza de salud pública a corto y a largo plazo de los contaminantes críticos, su reducido tamaño hace que sea completamente respirable y que se deposite en los alveolos pulmonares, lo que justifica la implementación de niveles más estrictos, que expondrían a la comunidad a un nivel de riesgo aceptable.

Las normas nacionales tienden a ser revisadas cada dos años y el Plan de Descontaminación tendría una vigencia de 10 años con seguimiento anual. Las normas de calidad del aire se van volviendo gradualmente más estrictas, siendo estratégicos y con la visión de la reducción en un futuro de los estándares en la norma, no sería práctico cambiar los niveles locales a los nacionales, ya que esto implicaría cambiar el diagnóstico inicial, lo que tiraría a la borda el trabajo, los esfuerzos y los recursos destinados para esta labor.

Las normas nacionales son expedidas teniendo en cuenta las concentraciones en todas las zonas del país, es decir, en algunas regiones se tienen registros más altos que en otras, esto es debido principalmente a las actividades generadoras de grandes emisiones de contaminantes que allí se desarrollan, tales como, quemas de biomasa (leña), actividades agrícolas y actividades de minería, entre otras. El establecimiento de estándar nacional se fija con la visión de viabilidad de la implementación, lo que se traduce que la norma nacional resulta adecuada para los niveles de calidad del aire a nivel país, pero necesariamente no significa que es buena para los niveles de concentración de la región, ya que los límites propuestos para el Valle de Aburrá no resultan imposibles de cumplir, teniendo en cuenta la gradualidad que el Plan de Descontaminación plantea.

Los estándares nacionales (Resolución 610 de 2010), significan un retroceso en el reto de mejoramiento de la calidad del aire del valle de aburrá, la adopción de los niveles de concentración de $PM_{2.5}$ y de los niveles de prevención, alerta y emergencia, serían acogidos bajo el principio de rigor subsidiario, amparados en la normatividad Colombiana. Los niveles de concentración actuales en el Valle de Aburrá, no dan pie para establecer límites más permisivos, que puedan permitir que la calidad del aire empeore. Además, para una adecuada gestión de los episodios críticos de contaminación atmosférica, es necesario que los niveles decretados en el índice de calidad del aire representen los niveles de contingencia establecidos localmente.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS (EPA).
<http://www.epa.gov/espanol/>.

DICTUC. Análisis general del impacto económico y social de la norma de calidad primaria de material particulado 2.5, Santiago de Chile 2009.

GUÍAS DE CALIDAD DEL AIRE DE LA OMS, actualización mundial 2005.

MAVDT, Ley 99 de 1993, Decreto 948 de 1995, Resolución 601 de 2006, Decreto 979 de 2006, Resolución 610 de 2010, Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.