

TABLA DE CONTENIDO

4. SUBSISTEMA ABIÓTICO – RECURSO AIRE	4-1
4.1 INTRODUCCIÓN	4-1
4.2 METODOLOGÍA	4-3
4.2.1 Información	4-4
4.2.2 Capa 1: Análisis del estado del recurso	4-8
4.2.3 Capa 2: Análisis del marco normativo	4-11
4.3 RESULTADOS	4-12
4.3.1 Integración del proyecto “Red de Monitoreo y Control de Emisiones Atmosféricas”	4-12
4.3.2 Integración de mediciones de la estación de monitoreo de la calidad del aire hospital de Guarne - Cornare	4-25
4.3.3 Integración de los resultados de los proyectos línea base de la calidad del aire de Corantioquia	4-26
4.3.4 Integración del proyecto UPB, en lo referente a la formación y distribución de contaminantes fotoquímicos	4-28
4.3.5 Evaluación integrada energía ambiente economía de los sectores industrial y transporte en el Valle de Aburrá	4-33
4.3.6 Análisis EAE 2005 – Red de monitoreo de la calidad del aire. Contaminación por material particulado	4-42
4.3.7 Análisis UPB - Línea base: Contaminación por Ozono (O ₃)	4-46
4.3.8 Análisis EAE 2005 – UPB – Red de monitoreo de la calidad del aire:CO	4-47
4.3.9 Zonas críticas: resultado de los análisis conjuntos	4-48
4.3.10 Otros elementos de diagnóstico	4-58
4.3.11 Análisis de la normatividad respecto a fuentes de emisión y los usos del suelo	4-67
4.3.12 Evolución normativa reciente en materia de aire	4-96
4.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4-103

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1.	Metodología para el diagnóstico del recurso aire	4-4
Figura 4.2.	Izquierda: Zona de Estudio del POMCA Derecha: Zona común a los estudios del diagnóstico del componente aire	4-10
Figura 4.3.	Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de monitoreo de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-16
Figura 4.4.	Concentración PM ₁₀ , estación hospital de Guarne	4-17
Figura 4.5.	Concentraciones SO ₂ , estación hospital de Guarne	4-17
Figura 4.6.	Concentraciones NO ₂ , estación hospital de Guarne	4-18
Figura 4.7.	Comparación de las mediciones de PST en las estaciones con la norma vigente.	4-18
Figura 4.8.	Comparación de mediciones de MP en estaciones con norma vigente.	4-19
Figura 4.9.	Comparación mediciones de NO ₂ en estaciones con la norma vigente.	4-20
Figura 4.10.	Comparación de mediciones de SO ₂ en estaciones, norma vigente.	4-20
Figura 4.11.	Comparación de las mediciones de O ₃ en las estaciones con la norma vigente.	4-21
Figura 4.12.	Comparación de mediciones de CO en las estaciones con la norma vigente	4-21
Figura 4.13.	Índice de Calidad de aire para el mes de julio de 2006	4-23
Figura 4.14.	Distribución de la calidad atmosférica (PST) en el mes de marzo de 2007.	4-24
Figura 4.15.	Distribución espacial del promedio geométrico de las concentraciones de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para el mes de marzo de 2007	4-25
Figura 4.16.	Concentraciones de NO ₂ (6 am): Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-30
Figura 4.17.	Concentraciones de NO ₂ (12 pm) : Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-30
Figura 4.18.	Concentraciones de O ₃ (12 pm): Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-31
Figura 4.19.	Concentraciones de CO (6 am) : Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-32
Figura 4.20.	Concentraciones de CO (8 am) : Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-32
Figura 4.21.	Concentraciones de CO (12 pm): Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-32
Figura 4.22.	Distribución porcentual de consumos por tipo de combustible en unidades energéticas, para los años 2004 y 2006.. Sector transporte	4-35
Figura 4.23.	Distribución porcentual de consumos por tipo de combustible en unidades energéticas, para los años 2004 y 2006. Sector industria	4-35
Figura 4.24.	Comparación Económico-Ambiental (kTons CO ₂ y MP10)	4-37

Figura 4.25.	Emisiones a la atmósfera (kTons CO ₂ y MP10), de los escenarios evaluados para Industria y transporte	4-37
Figura 4.26.	Emisiones a la atmósfera (Tons CO, CO ₂ y MP), de las alternativas energéticas para el parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, bajo escenarios de demanda 1(adverso) y 2 (propenso)	4-39
Figura 4.27.	Comparación económica de alternativas tecnológicas para la operación del Sistema Metroplús en el horizonte de planificación. Relativa a escenario Metroplús - GNV	4-39
Figura 4.28.	Comparación Económico-Ambiental (Tons CO, CO ₂ , MP, NO _x y COV), de las alternativas tecnológicas para la operación del Sistema Metroplús bajo escenario de demanda 2 (Propenso a la integración modal)	4-40
Figura 4.29.	Distribución modal del consumo actual de combustible del parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-41
Figura 4.30.	Distribución modal actual de las emisiones a la atmósfera (Tons CO, CO ₂ , MP, NO _x , SO ₂ y COV), del parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-41
Figura 4.31.	Costos totales de escenarios industriales en millones de USD\$	4-42
Figura 4.32.	Emisiones de Material particulado para los escenarios Base y de sustitución por gas natural. Sector industrial	4-42
Figura 4.33.	Mapas de emisiones EAE, 2006	4-44
Figura 4.34.	Índice de calidad del aire, 2006	4-45
Figura 4.35.	Mapa resultante general	4-45
Figura 4.36.	Mapas: zonas - fuentes críticas de emisión sur y norte del Valle de Aburrá	4-45
Figura 4.37.	Mapa resultante análisis de O ₃ , UPB-Línea Base	4-46
Figura 4.38.	Mapa resultante análisis de CO, EAE-UPB-Línea Base	4-48
Figura 4.39.	Zonas críticas -contaminación atmosférica -I Valle de Aburrá	4-50
Figura 4.40.	Zona crítica 1	4-51
Figura 4.41.	Zonas críticas 2 y 3	4-52
Figura 4.42.	Zonas críticas 4 y 5	4-54
Figura 4.43.	Zonas críticas 6 y 7	4-56

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1. Estaciones y equipos de la Red de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá	4-14
Tabla 4.2. Índice de la calidad del Aire.	4-22
Tabla 4.3. AQI - PST para el mes de Julio de los años 2004, 2005 y 2006	4-23
Tabla 4.4. Categorías de calidad atmosférica para las diferentes estaciones-Línea Base (porcentajes de datos)	4-27
Tabla 4.5. Contaminación industrial por MP en las zonas críticas con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006.	4-55
Tabla 4.6. Contaminación sector transporte por MP en las zonas críticas con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006.	4-55
Tabla 4.7. Normas de emisión permisible para fuentes móviles con motor a gasolina en condición de marcha mínima o ralentí	4-71
Tabla 4.8. Normas de emisión de fuentes móviles a gasolina y diesel a partir del año modelo 1998 ciclos ftp-75 y usa-13. El artículo 10 de la Resolución 005 de 1996 fue modificado por el Artículo 4 de la resolución 909 de 1996, fijando esta ultima disposición esta	4-71
Tabla 4.9. Normas de emisión de fuentes móviles a gasolina y diesel a partir del año modelo 1998 CICLOS ECE-15 +EUDC Y ECE-13 (R49.01). El artículo 11 de la Resolución 005 de 1996 fue modificado por el artículo 5 de la Resolución 909 de 1996, fijando esta ultima estas normas de emisión.	4-71
Tabla 4.10. Límites máximos de emisiones evaporativas permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina a partir del año de modelo 2001.	4-72
Tabla 4.11. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a gasolina a partir del año modelo 2001. Ciclos Americanos.	4-72
Tabla 4.12. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a gasolina a partir del año modelo 2001. Ciclos Europeos.	4-73
Tabla 4.13. Normas permisibles de opacidad de humos para fuentes móviles a Diesel	4-73
Tabla 4.14. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a diesel a partir del año modelo 2001. Ciclos Americanos.	4-73
Tabla 4.15. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a diesel a partir del año modelo 2001. Ciclos Europeos.	4-74
Tabla 4.16. Nivel de presión sonora en db(A)	4-75
Tabla 4.17. Niveles sonoros máximos permisibles para vehículos	4-75

Tabla 4.18. Estándares máximos permisibles de emisión de ruido	4-77
Tabla 4.19. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental	4-78
Tabla 4.20. Umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos	4-80
Tabla 4.21. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio	4-84
Tabla 4.22. Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos.	4-85
Tabla 4.23. Concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia.	4-87
Tabla 4.24. Comparación entre el decreto 02 de 1982 y la resolución 601 del 2006.	4-87
Tabla 4.25. Distancias mínimas de protección para la práctica de quemas abiertas controladas en áreas rurales para la preparación del suelo en actividades agrícolas.	4-88
Tabla 4.26. Distancias mínimas de protección para la práctica de quemas abiertas controladas en áreas rurales para la recolección de cosechas en actividades agrícolas.	4-90

4. SUBSISTEMA ABIÓTICO – RECURSO AIRE

4.1 INTRODUCCIÓN

El sistema de vida de la sociedad moderna contamina el aire, pues el transporte, la industria y la producción de energía, son en gran medida el origen de la contaminación atmosférica que afecta de forma compleja el desarrollo de la sociedad. El consejo de Europa¹ dio en 1967 la siguiente definición de contaminación atmosférica: “hay polución del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de sus constituyentes, puede provocar efectos perjudiciales o crear molestias, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos del momento”.

La gestión de la calidad del aire es una tarea que implica el entendimiento de la naturaleza compleja de la contaminación además del entendimiento del comportamiento de los diferentes actores económicos y sociales frente al problema y su solución. La justificación al estudio de la misma está asociada a las profundas consecuencias que el deterioro de la calidad del aire produce sobre las variables ambientales en diferentes escalas geográficas y temporales. En las ciudades este deterioro puede asociarse principalmente a problemas de salud humana, afectación de infraestructura y patrimonio y afectación progresiva de otros recursos como el agua y la vegetación, constituyéndose en un serio obstáculo para el desarrollo socio – económico. Cada uno de estos procesos es estudiado hoy en detalle para entender, entre muchos otros, el papel del sistema productivo y las estrategias y herramientas económicas para la reversión o mitigación de las consecuencias. En general puede afirmarse que cualquiera sea el interés de planificación es necesario entonces conocer a fondo cada una de las variables que intervienen en el deterioro o mejoramiento de la calidad del aire lo cual en si mismo es una tarea muy compleja. La tarea requiere de la conjunción de diferentes herramientas y áreas del conocimiento para buscar las metodologías de aproximación y entendimiento progresivo del problema para diseñar las herramientas propias del mismo

¹ Consejo de Europa: es la más antigua de las organizaciones políticas de Europa Occidental (1949) y engloba a 46 países. <http://www.coe.int/>

En el mundo se ha avanzado en el estudio de los fenómenos naturales y económicos asociados a la gestión de la calidad del aire, desde el entendimiento de los procesos de circulación atmosférica y química de los contaminantes hasta los análisis detallados de la puesta en marcha del sector energético y productivo y sus consecuencias en términos de emisiones de contaminantes. También es muy importante integrar las nociones de ordenamiento del territorio puesto que son las concentraciones y los usos del suelo los que redundarán en los patrones de contaminación del recurso aire. La tarea de la gestión del recurso, entendida como la formulación de herramientas, estrategias y proyectos requiere la integración progresiva de los diferentes resultados para la generación de lineamientos y directrices de acción; la integración en si misma, debido a las dinámicas y complejidades del problema no es tampoco una tarea sencilla y constituye una base fundamental para el diseño de estrategias de acción.

En el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana), se cuenta con una red de mediciones para la calidad del aire y se han realizado diferentes estudios de modelación y análisis para el diagnóstico y generación de planes de acción para el recurso, proyectos del lado del entendimiento del fenómeno de la contaminación y las formas de mitigación. Cada uno de los proyectos se enmarca en objetivos específicos de estudio y/o investigación y sus productos y propuestas apuntan dentro del marco de cada proyecto, respondiendo entonces a lo afirmado en párrafos anteriores acerca de la necesidad de conocer a fondo cada uno de los procesos que de una u otra forma intervienen en el deterioro o mejoramiento del recurso. Es necesario trabajar en una agenda integradora de dichos proyectos y productos que redunde en la identificación de planes de acción para el mejoramiento y gestión del recurso en la región, a partir de información aportada desde las distintas visiones de cada proyecto y formular nuevas preguntas que surjan de dicha integración proponiendo nuevos proyectos interdisciplinarios que cubran las preguntas faltantes y generen en el mediano y largo plazo una agenda de trabajo en investigación.

En ese orden de ideas el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá - POMCA, es un instrumento que facilita la integración de lineamientos ambientales en el ordenamiento territorial y en el cual se pueden enmarcar los análisis integrados preliminares para la gestión del ordenamiento ambiental del recurso aire.

En este documento se describen en detalle las fuentes de información disponibles que permiten aproximarse al entendimiento del estado de la contaminación del recurso aire en la región, las fuentes de contaminación y los procesos de dispersión de la misma para aportar un diagnóstico que presente el estado de afectación del recurso por zonas y, que identifique causas y posibles escenarios de solución. Se presenta también un análisis detallado del marco legal y normativo para la gestión del recurso y así mismo de otros instrumentos de ordenamiento territorial, ambiental y sectorial que permitan identificar

conflictos y/o potencialidades en la implementación de acciones de gestión de la calidad del recurso aire.

En el documento se hace énfasis en introducir algunos términos importantes respecto a la gestión del recurso y que determinan los ámbitos de validez de los modelos y las normativas. Así mismo se presentan conceptos propios de cada tipo de modelo, especialmente dominios geográficos y escalas temporales que permitan al lector evaluar de forma crítica los análisis y en general los instrumentos de gestión del recurso.

4.2 METODOLOGÍA

La metodología para la construcción del diagnóstico del recurso aire se compone de varios pasos diseñados según el análisis de la información y de forma más general, del conocimiento que hoy tenemos sobre el recurso en la región. En general, se tienen diferentes fuentes de información secundaria, provenientes de mediciones, modelos, simulaciones, normativas, quejas y reclamos, diagnósticos parciales, etc, que al ser de diferentes naturalezas y propósitos y además de diferentes escalas y resoluciones, exigen el diseño de un marco de integración o modelo general de análisis del recurso. Dicho modelo general de trabajo se determinó según las necesidades y propósitos del proyecto POMCA y se fue enriqueciendo según la disponibilidad de información.

Metodológicamente, se proponen 2 diferentes capas de análisis para la elaboración del diagnóstico. La primera corresponde al análisis del estado del recurso a partir de la información secundaria de resultados de modelos, mediciones y proyectos, todos ellos apoyados en SIG y para lo cual se estableció un modelo de análisis conjunto que se expone en el numeral 4.2.2; la segunda capa se refiere al análisis del marco normativo de gestión del recurso para la identificación de conflictos para la implementación de proyectos para la gestión del recurso, falencias en el marco normativo o falencias en la integración con otras dimensiones de la regulación ambiental y territorial. Este análisis tiene validez y aplicabilidad general en la Cuenca y su seguimiento es muy importante para la verificación de la efectividad de las normas actuales y el trazado de nuevos instrumentos de gestión. La metodología general se describe brevemente en el numeral 4.2.3. En la Figura 4.1 se presenta un esquema detallado de la metodología propuesta del diagnóstico. En el numeral 4.2.1 se lista la información fuente para el diagnóstico.

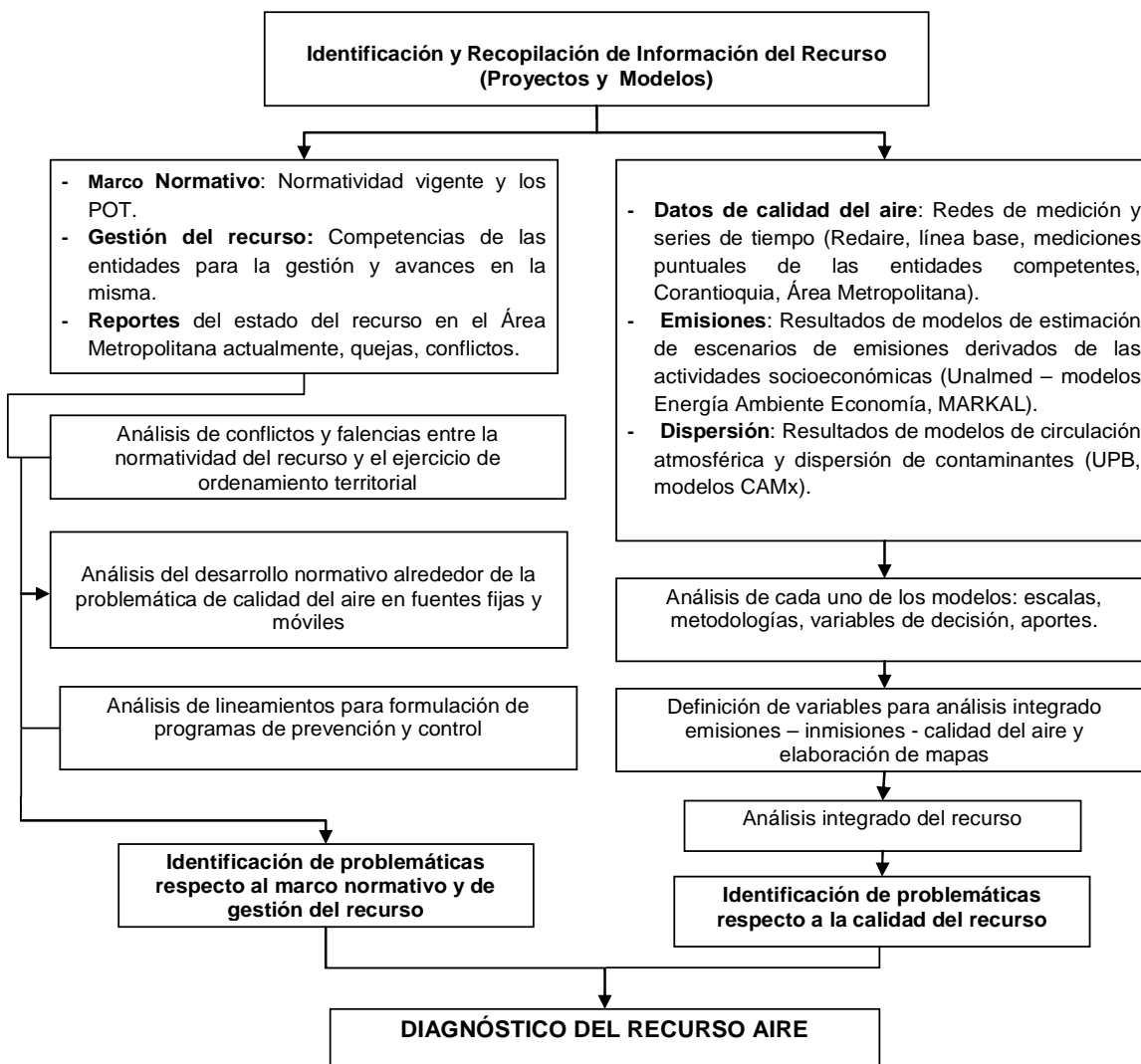


Figura 4.1. Metodología para el diagnóstico del recurso aire

4.2.1 Información

De acuerdo con los objetivos particulares para el recurso aire acordados en la propuesta, se identificaron como material primordial (correspondientes a la actividad recolección de información secundaria) los siguientes proyectos a los cuales se hará referencia en este documento con el nombre subrayado:

- **Red de monitoreo de la calidad del aire - Área Metropolitana del Valle de Aburrá**

Se refiere al proyecto de operación y control de la red de monitoreo de 16 estaciones en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Las mediciones son continuas en estaciones fijas, algunas de las cuales operan hace más de 10 años. La red aporta, adicionalmente a

los datos de las estaciones, análisis de los datos e investigaciones derivadas de las mismas. Al final de esta sección se amplia información sobre la Red (www.metropol.gov.co/aire).

- **Estación Cornare**

Se refiere a la estación fija de monitoreo ubicada en el hospital del municipio de Guarne, y que opera desde hace 8 años y sigue en funcionamiento.

- **Monitoreos Corantioquia**

Se refiere a mediciones realizadas en el marco de dos proyectos liderados por Corantioquia, sobre medición de diferentes parámetros de calidad del aire en diferentes puntos de la Cuenca. Las mediciones son puntuales y para períodos determinados de tiempo (Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 10 Municipios de la Jurisdicción de Corantioquia, 2004, Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 15 Municipios de la Jurisdicción de Corantioquia, 2006).

- **Grupo de análisis y modelamiento Energía Ambiente Economía – EAE, 2005**

Modelación Energía Ambiente Economía: se refiere a los proyectos realizados por el grupo de análisis y modelamiento Energía Ambiente Economía de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín (Unalmed), para la estimación de la línea base y escenarios de puesta en marcha del sector energético del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y sus impactos en términos ambientales y económicos. Los proyectos brindan información sobre escenarios de emisiones derivados de diferentes acciones de gestión del recurso. Hay dos fases disponibles de estos proyectos (Unalmed, Área Metropolitana, 2005 y 2006).

- **Dispersión 2006**

Modelación de dispersión de contaminantes fotoquímicos: se refiere a los proyectos realizados por el grupo GIA (Grupo de investigaciones Ambientales) de la UPB para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Se contó para el proyecto con avances del proyecto Sistema de Información Metropolitano de la Calidad del Aire – SIMECA, (UPB y Área Metropolitana, 2006), y con el análisis de formación de contaminantes fotoquímicos en el Valle de Aburrá realizados en el 2001(UPB y Área Metropolitana, 2001 y 2006).

▪ Normativa

Se refiere a toda la normativa aplicable en el país para el recurso aire de forma directa, o para otros recursos o ámbitos con impactos directos sobre la gestión del recurso (ver numeral 4.3.11).

Es importante hacer énfasis en la importancia de seguir adelante con proyectos de medición, modelación y gestión, así como de evaluación regulatoria y normativa que permitan construir conocimiento acerca del recurso e implementar acciones de gestión basadas en evaluaciones prospectivas.

Dentro de esta iniciativa el convenio Redaire juega un papel fundamental. Redaire es el convenio de cooperación, para la asesoría técnica y la participación de Autoridades Ambientales y Universidades en proyectos que propendan por el diagnóstico, control y mejoramiento de la calidad del aire en cualquiera de las jurisdicciones de las Autoridades Ambientales firmantes del convenio.

Algunos de los proyectos analizados para este diagnóstico y en general muchos de los proyectos en ejecución actual para el análisis del recurso aire, se ejecutan en el marco del convenio Red Aire aportando además una plataforma de discusión y debate continuos.

Red Aire esta conformado por las siguientes entidades signatarias:

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – Corantioquia
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM
- Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Universidad de Antioquia
- Universidad de Medellín
- Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
- Universidad Pontificia Bolivariana

El último convenio Marco de Redaire se celebró entre estas entidades en el año 2000 y durante el año 2007 se espera renovarlo e invitar otras entidades para el trabajo conjunto en diferentes espacios de discusión en el marco del convenio.

En particular el Área Metropolitana del Valle de Aburrá como autoridad ambiental urbana de la región metropolitana, celebró un convenio de cooperación con algunas universidades y otras entidades del Sistema Nacional Ambiental, SINA, para operar la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en su área de influencia, con el objeto de conocer la calidad del aire de la región y para dar cumplimiento a las obligaciones que le fueron asignadas para el seguimiento y control de la contaminación de este recurso.

La red de monitoreo de calidad del aire dispone de 16 estaciones de medición ubicadas en el Valle de Aburrá, y mide en forma programada y sistemática material particulado en suspensión (15 estaciones); material particulado menor de 10 micrómetros (3 estaciones), Ozono (1 estación) y Monóxido de Carbono (2 estaciones). Además se hacen campañas de monitoreo de factores climatológicos, partículas y gases de interés con una estación móvil.

En el marco del convenio se desarrollan proyectos de investigación relacionados con la calidad del aire, y publica boletines informativos trimestrales con los resultados de los monitoreos en el marco del convenio Redaire (Disponible en www.metropol.gov.co/aire)

Cornare y Corantioquia también adelantan diferentes programas específicos tendientes a monitorear la calidad del aire en su jurisdicción (Ver numerales 4.3.2 y 4.3.3).

En particular quiere hacerse énfasis en la importancia que tiene la conservación, consolidación y mejoramiento continuo de la red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la consolidación y ampliación de redes en las jurisdicciones de Cornare y Corantioquia. Así mismo es importante recalcar la importancia de la continuidad del convenio de cooperación científica Redaire y su vinculación en términos de investigación con estudios ambientales, climáticos y de salud pública en la región.

Actualmente los actores ambientales tienen una amplia participación en términos de discusión y acceso a información a través de las entidades signatarias del convenio. El paso siguiente, sin descuidar el fortalecimiento de la red entre dichos actores, es vincular a la ciudadanía a través de procesos de participación y acceso a la información para comprometerla con el conocimiento y discusión de la problemática del recurso aire, las estrategias de gestión y los proyectos de descontaminación.

El trabajo en investigación es fundamental para aportar a los diferentes actores, conocimiento sobre el recurso en general y para el entorno específico de la región metropolitana y para avanzar en el debate y concertación sobre el entendimiento y las políticas de gestión, prevención y control, especialmente en las zonas urbanas donde las problemáticas tienen mayores niveles de afectación.

4.2.2 Capa 1: Análisis del estado del recurso

En esta sección se presenta el modelo metodológico para la integración de los proyectos de modelación y medición de calidad del aire. Se realizó un análisis detallado de cada proyecto para entender su ámbito de aplicación y validez y extraer los resultados más significativos para la gestión del recurso, conservando en todos los casos los ámbitos geográficos propios de cada resultado.

Se parte de 3 grupos de proyectos principales conformados por los proyectos mencionados (nombres asignados en sección 4.2.1) y que comparten características similares de propósito y escala espacial y temporal. Los 3 grupos son:

- Mediciones de calidad del aire: Red de monitoreo de la calidad del aire - Redaire y Línea base
- Modelos de emisiones: Modelación Energía Ambiente Economía, EAE 2005
- Modelos de inmisiones: Modelación de dispersión de contaminantes fotoquímicos, UPB 2006.

Los tres proyectos mencionados tienen escalas espaciales, temporales y geográficas diferentes y sus resultados apuntan a objetivos particulares no interrelacionados entre sí directamente. Sin embargo puede establecerse entre ellos una guía de unión para el análisis del recurso aire a partir del cual se apoya el modelo de análisis integrado como se expone a continuación.

Los modelos de emisiones aportan de forma geográficamente distribuida las magnitudes anuales de emisiones de fuentes fijas y móviles identificando las características de la fuente. Esto permitirá, para un dominio geográfico seleccionado, generar indicadores sobre la magnitud de las emisiones y las posibles estrategias de reducción. La regulación se aplica sobre los emisores por lo que podrán hacerse análisis del tipo de estrategias de cambio de restricción de entrada de diferentes actividades en zonas específicas. En particular el modelo EAE 2005, cubre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, su paso temporal es anual y el horizonte de planificación es de 20 años, 2002 - 2020

Los modelos de inmisiones permiten entender la evolución de formación de contaminantes fotoquímicos y los patrones de dispersión en el dominio geográfico a lo largo del día y según condiciones climáticas modeladas. El modelo se alimenta, entre otros, con la información de variables de calidad de aire de la Red de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En general el modelo busca estimar para cada hora del día el valor de las variables representativas de la calidad del aire y por tanto analizar tendencias de contaminación, direcciones de dispersión y otros, a partir del análisis de las dinámicas fotoquímicas del Valle de Aburrá. En particular el análisis de los modelos “Dispersión 2006”, comprendió una malla de 41 km² abarcando el Valle de Aburrá excepto los municipios de Caldas y Barbosa; su paso temporal es horario.

Las redes de medición registran los datos de variables de calidad del aire aportando información de entrada a ambos tipos de modelos y además permiten calibrar y verificar los resultados de los mismos. Las mediciones permiten además, consolidar sistemas de prevención, gestión y verificación mediante el seguimiento continuo de las series y la verificación de los niveles permitidos respecto a la norma. La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá abarca la región metropolitana y tiene mediciones desde 1975. Corantioquia y Cornare tienen mediciones en la zona rural del Valle de Aburrá para dominios temporales y espaciales variables.

El análisis conjunto de los proyectos permitirá por ejemplo relacionar los patrones de dispersión de contaminantes (Dispersión, 2006) con la situación geográfica de las fuentes de emisión (EAE, 2005) para analizar como una primera aproximación, el grado real de exposición de las comunidades afectadas en la cuenca y permitirá establecer las zonas o comunidades afectadas por una fuente emisora, permitiendo redundar en políticas de uso del suelo y estrategias ambientales. Estos análisis combinados tienen asociado un importante nivel de incertidumbre derivado de las incertidumbres propias de cada proyecto, pero permitirá tomar decisiones estratégicas para la gestión y para la formulación de nuevos estudios.

Los tres grupos de proyectos y para las aplicaciones particulares de análisis, tienen un dominio geográfico definido que determina la validez y precisión de los resultados. Así mismo, la validez de los análisis resultantes de la integración de los proyectos dependerá del cuidado en el análisis combinado de las escalas, pues es tanto un error extrapolar a zonas sin información, como producir valores únicos promedio de toda una región. El análisis de calidad del aire es un problema de gran complejidad que presenta no sólo características ambientales sino urbanas y sectoriales, y por tanto la determinación de la afectación de la población o el deterioro del recurso requiere que los análisis se realicen sin perder el detalle geográfico.

Así, se realizaron para este diagnóstico, mapas de variables representativas para el análisis de cada uno de los proyectos en referencia, para realizar análisis combinados apoyados en SIG. Los mapas permitirán entender y visualizar el fenómeno de la contaminación y las zonas de mayor afectación. En esta sección se presentan únicamente consideraciones generales que se tuvieron en cuenta para hacer los mapas y el dominio común de análisis. Todos los mapas se incluyen en la Geodatabase del POMCA.

▪ **Dominio de estudio de la variable aire**

En la Figura 4.2 a la izquierda, se presenta la zona de estudio del POMCA y se ilustran, a la derecha, los dominios geográficos de cada uno de los proyectos de análisis para resaltar la zona común de información. En esta zona, que básicamente es el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, podrán hacerse los análisis integrados con información de todos los proyectos. En el resto se harán los análisis a partir de los proyectos disponibles.

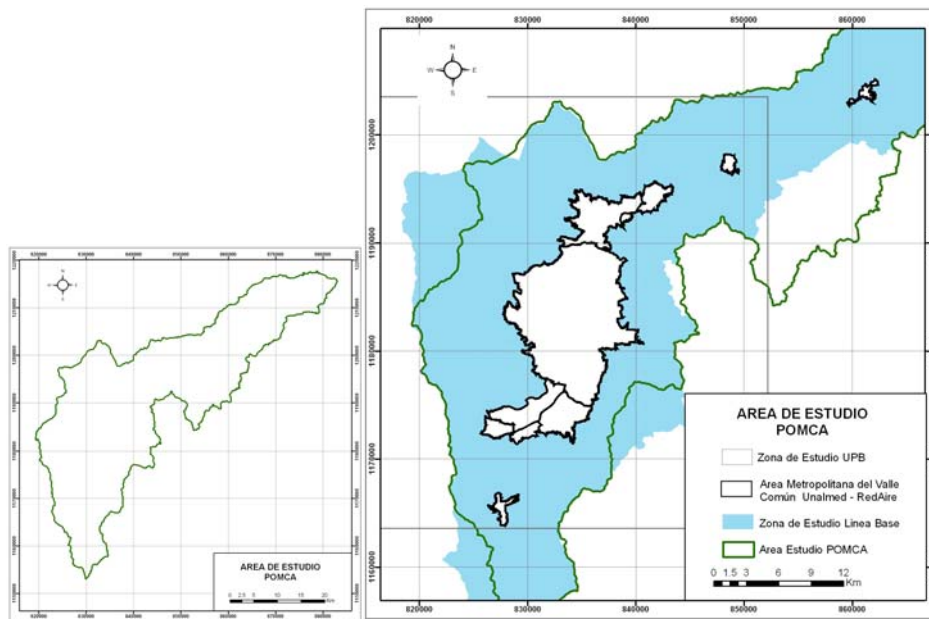


Figura 4.2. Izquierda: Zona de Estudio del POMCA Derecha: Zona común a los estudios del diagnóstico del componente aire

▪ **Mapas red de monitoreo de la calidad del aire y línea base**

A partir de las mediciones y análisis asociados a la red de monitoreo de la calidad del aire y al proyecto Línea Base, se construyeron mapas de puntos que representan cada una de las estaciones de medición disponibles en el dominio de la Cuenca del río Aburrá. En los mapas cada uno de estos puntos tiene información asociada a las series de mediciones

de contaminantes (<http://www.unalmed.edu.co/Redaire>), al igual que los valores cualitativos y cuantitativos mensuales o anuales estimados del índice de calidad del aire ICA o AQI (desarrollado por la EPA para la caracterización de la calidad del aire a partir de mediciones de contaminantes atmosféricos).

▪ **Mapas EAE, 2005**

El proyecto EAE, 2005 ofrece mapas de resultados de contaminantes para cada sector, contaminante y año de evaluación del horizonte de planificación. Los mapas se ofrecen en la plataforma HydroSig por lo que para efectos del POMCA, se convirtieron los mapas a vectoriales en la plataforma ArcGis. Se tienen mapas vectoriales para el sector transporte (líneas), para el sector industrial (puntos) y para los sectores residencial y comercial (polígonos). Se representan 14 tramos viales, 314 industrias y se presentan los sectores residencial y comercial mediante una malla de 500x500 m, que cubre toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Se presentan mapas para cada escenario de modelación y para cada año (2002 a 2020) y para 3 contaminantes, CO, CO₂ y MP.

▪ **Mapas dispersión 2006**

El proyecto UPB, 2006 ofrece sus resultados en una plataforma de visualización contenida dentro del programa CAMx. Estos resultados fueron convertidos a la plataforma ArcGis con algunas dificultades puesto que no se conoce el sistema de georeferenciación usado en el proyecto, y se presentaron problemas de coincidencia entre los mapas tomados del proyecto Dispersión 2006 con la cartografía oficial del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Los mapas presentan un desplazamiento hacia el suroriente de la región.

Se construyeron a partir de la información aportada por el grupo de investigación del proyecto, mapas de concentración para 3 contaminantes (CO, O₃ y NO₂) a una altura de 23 metros sobre la superficie topográfica y para cada 2 horas del día 30 de junio de 2006. El día modelado es seleccionado por el grupo de la UPB como un día típico de verano. El mapa tiene una resolución de píxel de 500 m y contiene 82 x 82 píxeles.

4.2.3 Capa 2: Análisis del marco normativo

Al respecto de la información de normativa, el análisis pretende establecer las normativas existentes respecto a fuentes de emisión y el análisis de los conflictos derivados de las mismas

El análisis se realizó en 3 pasos:

Primero una delimitación conceptual de las temáticas que son objeto de estudio, en este caso los ámbitos de normatización del recurso aire o de otros recursos con impacto directo sobre el mismo. Pueden enunciarse las fuentes fijas, móviles y los usos del suelo.

Segundo la recopilación de las normativas en los temas fijados, a través del tiempo para recoger los cambios en las definiciones de las normas y los cambios en las competencias para la aplicación de las mismas. Esto permitirá hacer un análisis histórico de la efectividad de las normas y su aplicabilidad.

Luego un análisis de conflictos apoyado tanto en la clara delimitación de los conceptos que rigen el recurso como de la información de normas y competencias, que de luces sobre el origen de los conflictos y posibles estrategias de aproximación

En los numerales 4.3.11 y 4.3.12 se presentan los análisis realizados.

4.3 RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los análisis, tanto para la parte del estado del recurso como para el marco normativo, y los aportes al diagnóstico para el recurso aire.

Para la parte de análisis del estado del recurso se presentan los resultados de diagnóstico resultantes de cada proyecto analizado de forma individual y de las combinaciones entre ellos. Tanto de forma individual como combinada los análisis aportan información importante al diagnóstico, por lo que cada uno se presenta como un numeral y se incluye un numeral de conclusiones que reúne información de todos los análisis.

Para la parte de marco normativo, se presentan numerales de resultados del diagnóstico para el análisis del mismo y el análisis de conflictos ambientales sobre el recurso.

4.3.1 Integración del proyecto “Red de Monitoreo y Control de Emisiones Atmosféricas”

La Red de monitoreo de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con 16 estaciones descritas en la Tabla 4.1. Los datos de cada estación son objeto de análisis periódico para la verificación del cumplimiento de la norma colombiana

(Resolución 601 de 2006) y para la determinación del Índice de Calidad del Aire, AQI por su sigla en ingles (EPA, 1999).

Tabla 4.1. Estaciones y equipos de la Red de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

ESTACIÓN	SIGLA	HV	PM10	T GAS	CO	OZO	MET	LL AC
Universidad de Antioquia - Municipio de Medellín	UdeA							
Universidad Nacional, Facultad. de Minas, Bloque M1	Unalmed						.	
Universidad Nacional, Facultad. de Minas, Bloque M5	Unalmed							
Universidad de Medellín – Municipio de Medellín	UDEM							
Universidad Pontificia Bolivariana – Municipio de Medellín	UPB						.	
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Municipio. de Medellín	POLI							
Planta de Tratamiento San Fernando - Municipio. de Itagüí	GUA1							
Ed. Miguel de Aguinaga - Municipio de Medellín	AGUI1							
Corantioquia Cra 65 con Calle 44 - Municipio. de Medellín	CORA							
Municipio de Barbosa, Hospital San Vicente de Paul	BAR							
Municipio de Girardota, Liceo Manuel José Sierra	GILI							
Municipio de Bello, Biblioteca Marco Fidel Suárez	BELL							
Colegio El Rosario Municipio de Itagüí	ITAG							
Estación de Policía - Municipio. de La Estrella	ESTR							
Alcaldía Municipal - Municipio. de Sabaneta	SABA							
Plaza de Mercado Municipal - Municipio. de Caldas	CAL							
Municipio de Copacabana – Hospital Santa Margarita	COPA							

Fuente: la Red de monitoreo y Vigilancia de la calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Abreviaturas: HV: Muestreador de Alto Volumen para Partículas Suspensas Totales; PM10: Muestreador de Alto Volumen para Partículas Menores de 10 micras; T.Gas: Muestreador de tres gases (SO₂ y NO₂); CO: Medidor automático de Monóxido de carbono; OZO: Medidor automático de Ozono; Met: Estación Meteorológica; LI.Ac: Medidor de Lluvia ácida. THC: Hidrocarburos Totales

■ Análisis de concentraciones de contaminantes

La normatividad colombiana de la calidad del aire (Resolución 601 de 2006) establece límites anuales, mensuales y horarios de concentración de PST (Partículas Suspendidas Totales), PM10 (Material Particulado menor a 10 micrómetros), NO₂ (Dióxido de Nitrógeno), SO₂ (Dióxido de Azufre), O₃ (Ozono) y CO (Monóxido de Carbono).

La norma anual se establece como un límite a partir del cual se asume que se da un efecto crónico en la salud humana. Para determinar el cumplimiento se compara respecto al valor de la norma el promedio de las concentraciones medidas anualmente en cada una de las estaciones.

La norma diaria es un valor límite a partir del cual se asume que se da un efecto agudo sobre la salud. La comparación contra la norma en cada estación se realiza con el promedio de concentraciones medidas en 24 horas. La norma horaria también se determina respondiendo a un efecto agudo sobre la salud y busca capturar la información promedio de cada hora, puesto que la vida media de un contaminante según su naturaleza puede ser de días u horas. Así es importante también verificar los promedios hora a hora

Cada vez que un contaminante sobrepasa la norma diaria o la norma horaria se registra como un episodio de contaminación y esta información es base para la formulación de programas de descontaminación y control de emisiones.

La red de calidad del aire publica mensualmente un boletín de las estaciones de la red de monitoreo a través del Sistema de Información Metropolitano de la Calidad del Aire en la página web del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (www.metropol.gov.co). Con respecto a esto, se presenta el análisis de concentraciones de contaminantes, según la normatividad vigente, en las distintas estaciones a partir de los últimos informes publicados a la fecha de entrega de este informe y que incluye datos hasta septiembre del 2006. El carácter geográfico de este análisis es muy importante pues los análisis son para cada una de las estaciones, las cuales están localizadas en diferentes puntos de la zona de estudio y a diferentes alturas. Las estaciones informan sobre la calidad del aire en el punto donde están ubicadas y para una zona de influencia limitada. El análisis de todas las estaciones en conjunto aportará elementos para entender la situación de la calidad del aire en diferentes partes de la zona de estudio. La Figura 4.3 presenta la ubicación general de las estaciones

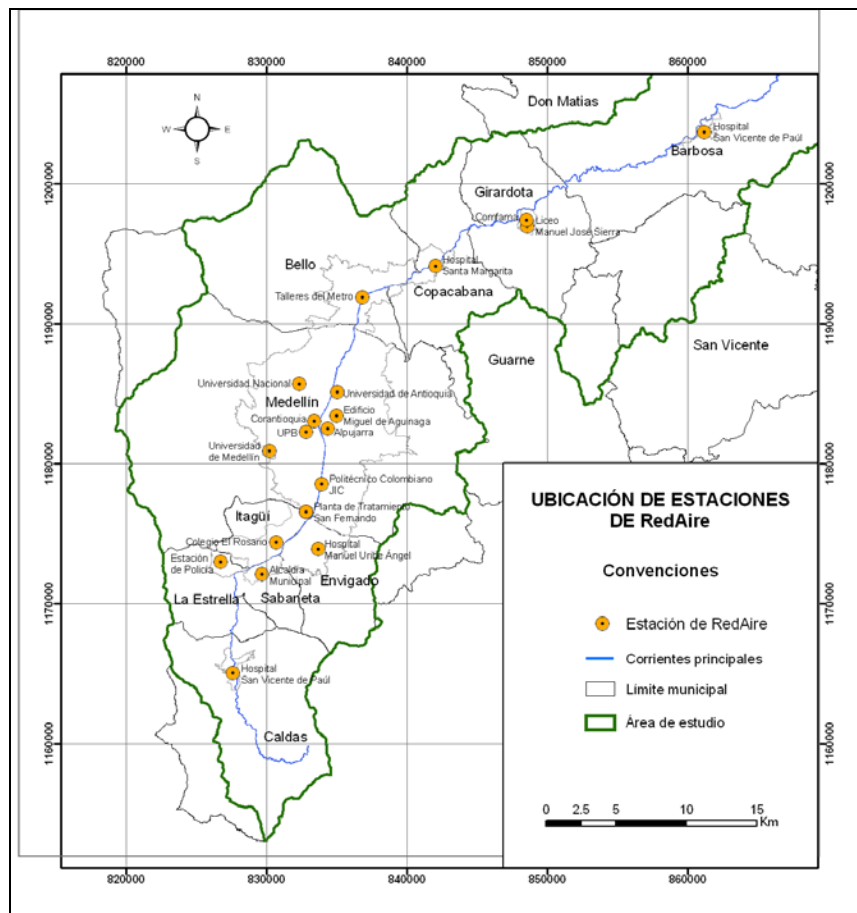


Figura 4.3. Ubicación geográfica de las estaciones de la Red de monitoreo de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

La Figura 4.7 presenta la gráfica de promedios de concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) anuales y mensuales medidos en las estaciones, y las guías de la norma vigente anual y mensual. Puede apreciarse como las mayores concentraciones de PST (Partículas Suspendidas Totales) en el último año, en promedio geométrico, se presentan en las estaciones Universidad Nacional ($126 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Politécnico, Itagüí, Guayabal y Aguinaga ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Basados en estos análisis y en el análisis de las series de mediciones (Ver Figura 4.4 Figura 4.5 Figura 4.6) se observa de forma continuada que las mayores concentraciones de PST que superan la norma anual están en el centro y sur del Valle de Aburrá. Los sitios menos contaminados por PST, según estos resultados son los alrededores de las estaciones, Girardota Liceo Maule José Sierra, La Estrella y Copacabana, con concentraciones promedias de $66, 68$ y $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las concentraciones diarias más altas en este período se presentaron en las estaciones Politécnico con $181 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Universidad Nacional, con $199 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Sabaneta con $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo en ninguna estación se supera la norma diaria de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

(Resolución 601 del 4 de Abril de 2006 del. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT).

A continuación se presentan las mediciones de PM₁₀, SO₂ y NO_x comparadas con la normatividad colombiana (Resolución 601 del 2006); la estación pertenece a Cornare.

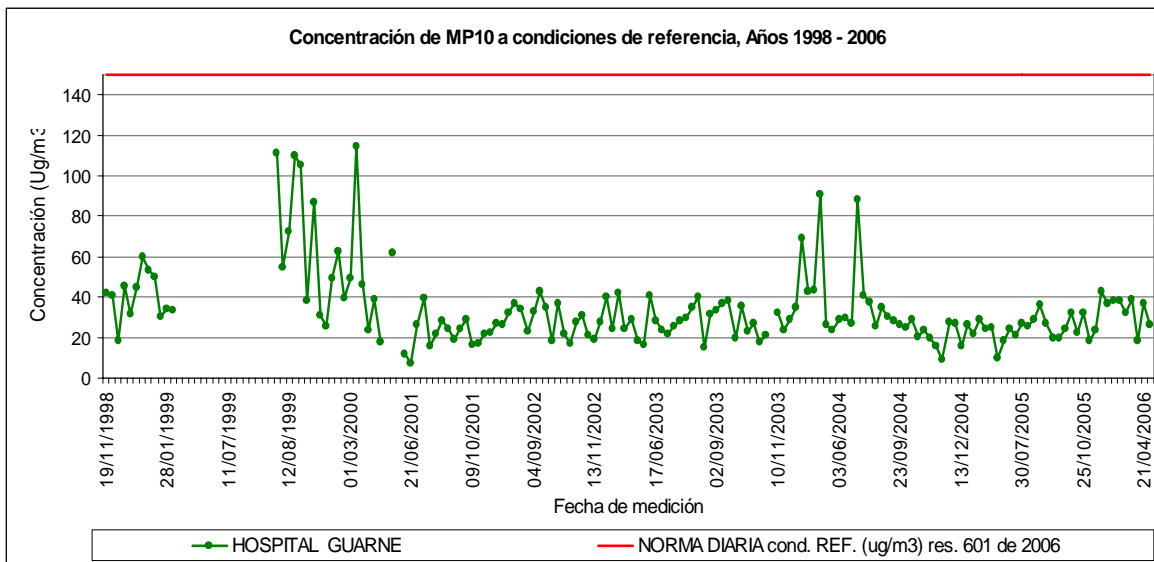


Figura 4.4. Concentración PM₁₀, estación hospital de Guarne

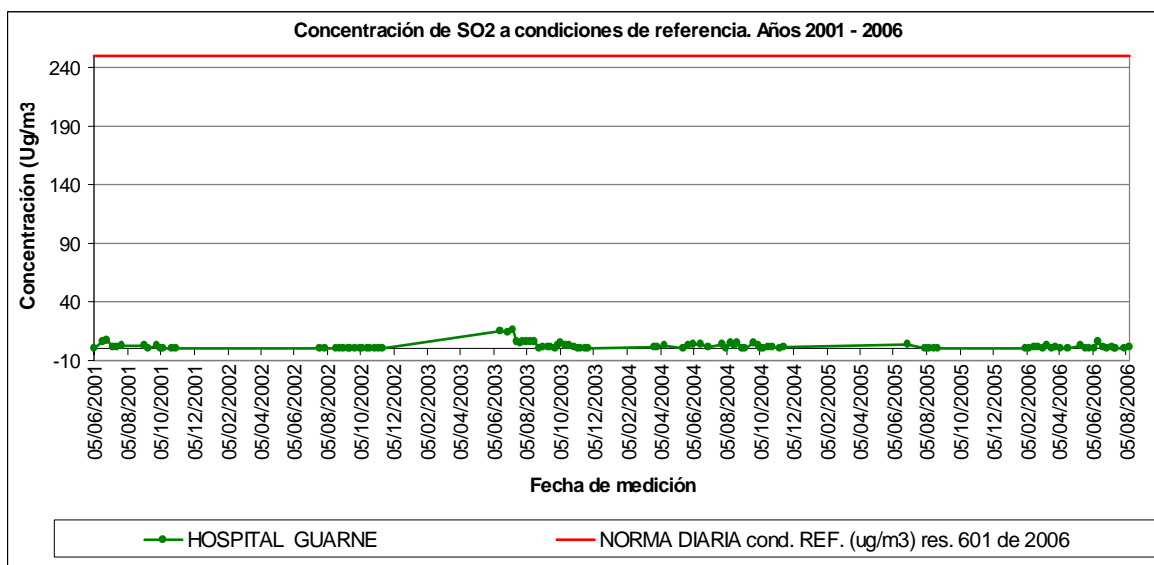


Figura 4.5. Concentraciones SO₂, estación hospital de Guarne

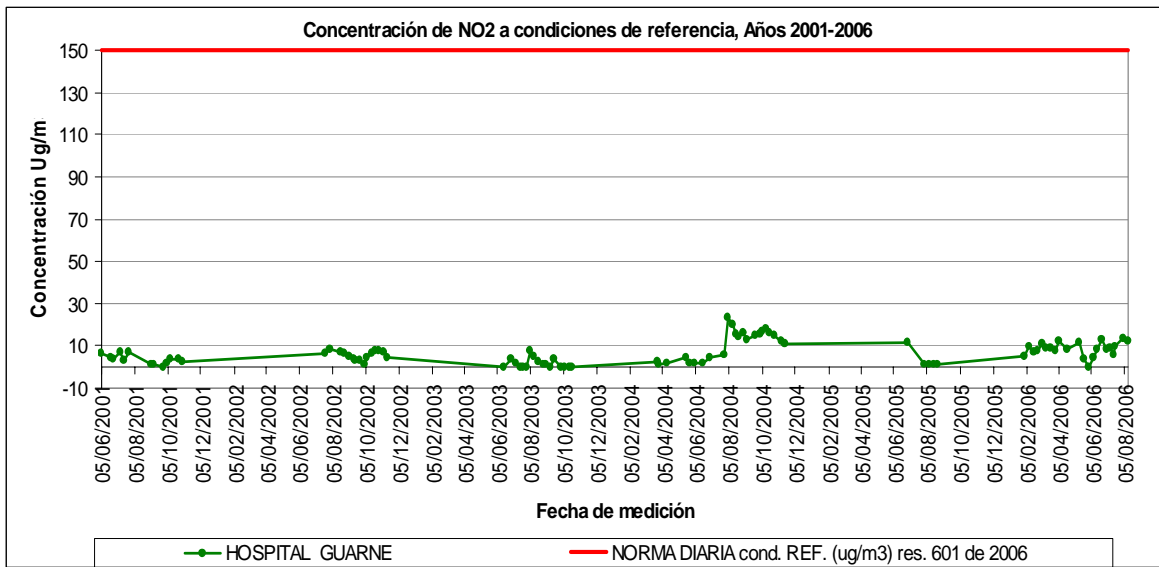


Figura 4.6. Concentraciones NO₂, estación hospital de Guarne

A pesar de que no se supera la norma diaria para PST en ninguna de las estaciones, la norma anual si se supera en varias de las estaciones, lo cual indica que hay un efecto crónico sobre la salud humana en las zonas de influencia de las estaciones, hacia el centro y el sur del Valle de Aburrá.

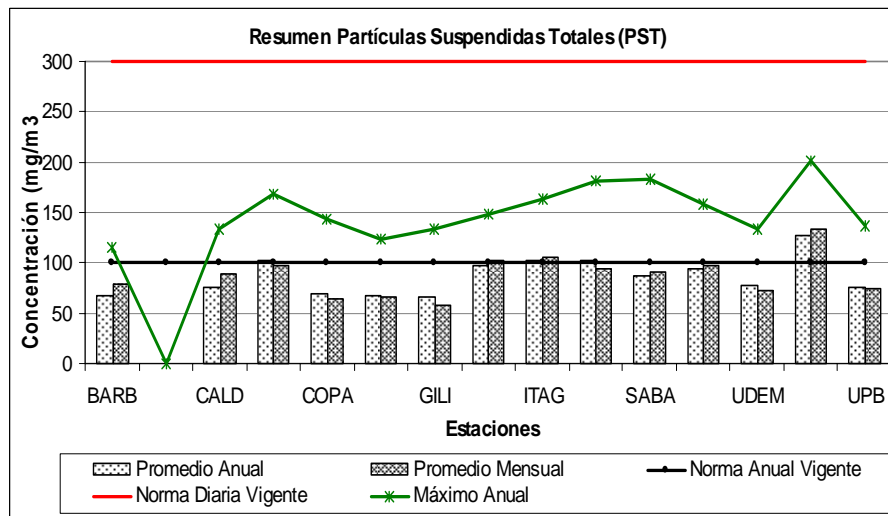


Figura 4.7. Comparación de las mediciones de PST en las estaciones con la norma vigente. Fuente: Redaire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

Las figuras siguientes presentan los gráficos correspondientes a las concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM₁₀ (Figura 4.8), NO₂ (Figura 4.9), SO₂ (Figura 4.10), O₃ (Figura 4.11) y CO (Figura 4.12). Consecuentemente con las conclusiones para PST, las estaciones que presentan mayores concentraciones de estos contaminantes son las ubicadas hacia el

centro y sur del Valle de Aburrá y no se superan en ningún caso la norma diaria. Sin embargo respecto a la norma anual se puede concluir lo siguiente:

Para PM10, los valores de concentraciones en todas las estaciones están muy cerca de la norma nacional de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y superan el límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que se establece como límite para 2010. Para todos los gases se observa que todos cumplen la norma anual y la norma diaria. Así el PST y PM10 son los contaminantes criterio y a partir de estos se define el estado de la calidad del aire en la región (En las secciones 4.3.4 y 4.3.8 se amplía el análisis para CO)

Se considera que material particulado de diámetro menor a 10 micrómetros, PM10, afecta significativamente la salud. Las partículas con diámetro menor a 2.5 micrómetros, PM2.5, pueden llegar a ser alojadas en los alvéolos pulmonares. Estudios aceptados internacionalmente sobre los efectos en la mortalidad por la exposición a largo plazo de material particulado han sido realizados para PM10 y PM2.5. En la actualidad el parámetro PM2.5 no es monitoreado ni exigido por la legislación colombiana.

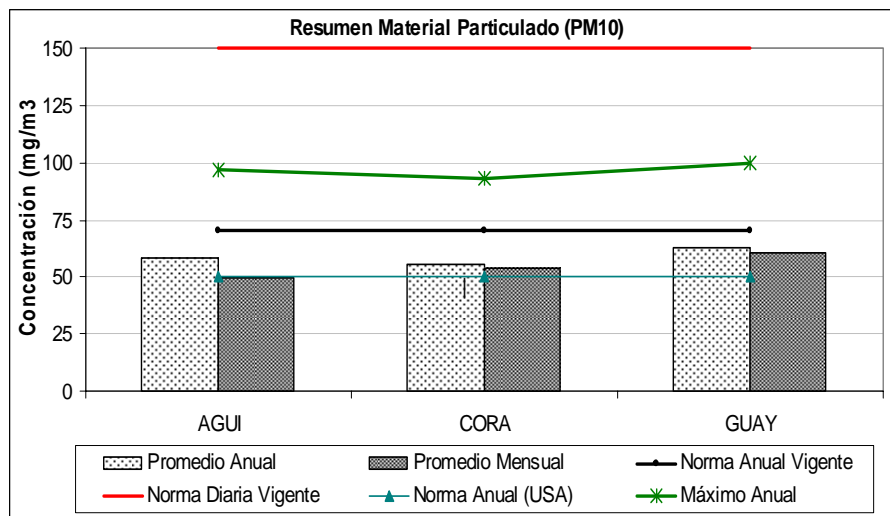


Figura 4.8. Comparación de mediciones de MP en estaciones con norma vigente
Fuente: Redaire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

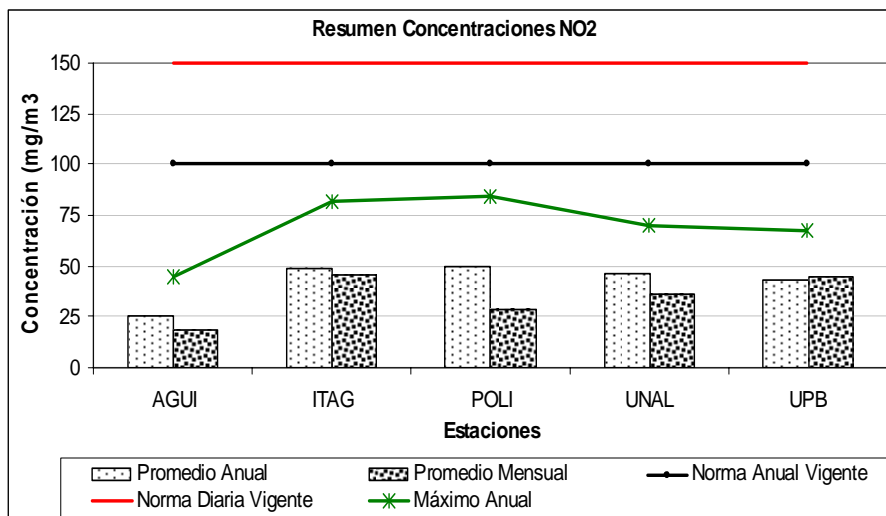


Figura 4.9. Comparación mediciones de NO₂ en estaciones con la norma vigente Fuente: Redaire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

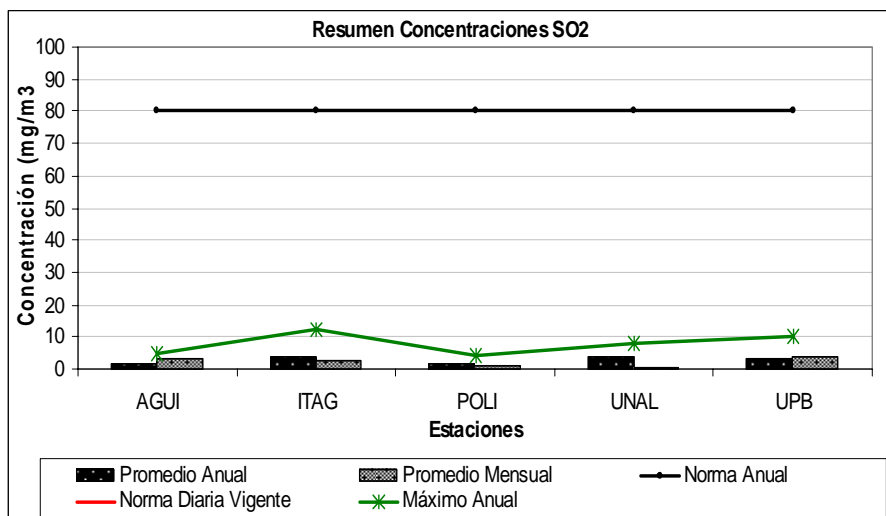


Figura 4.10. Comparación de mediciones de SO₂ en estaciones, norma vigente Fuente: Redaire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

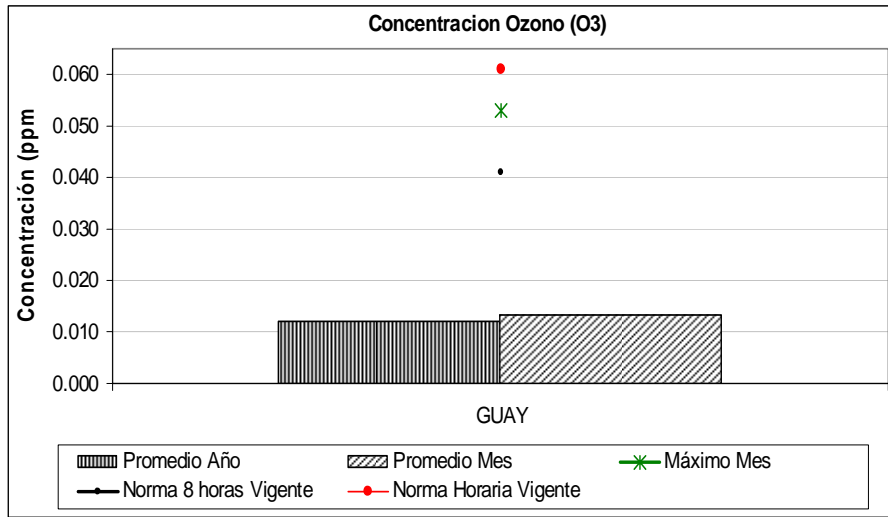


Figura 4.11. Comparación de las mediciones de O₃ en las estaciones con la norma vigente Fuente: RedAire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

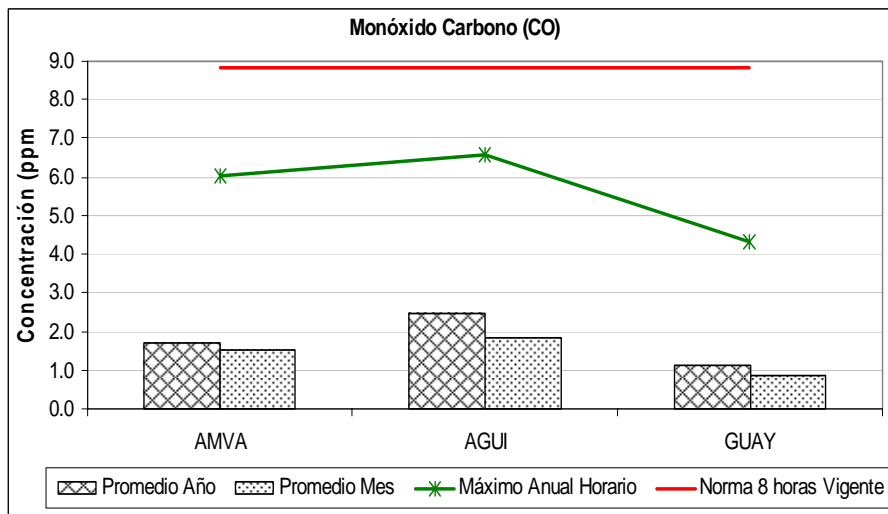


Figura 4.12. Comparación de mediciones de CO en las estaciones con la norma vigente Fuente: Redaire. Valores acumulados de Agosto de 2005 a Julio de 2006.

■ **Índice de calidad del aire**

El Índice de Calidad del Aire, ICA, equivalente al Índice AQI (Air Quality Index) de la EPA, determina en términos cualitativos la calidad del aire según siete categorías de clasificación (Buena, Aceptable, Inadecuada, Mala, Pésima, Crítica, Peligrosa) y de acuerdo a umbrales de las concentraciones en las estaciones de medición (EPA, 1999).

El ICA convierte la concentración media de uno o varios contaminantes a una escala que va de cero (0) a quinientos (500). Los intervalos que describen los niveles de calidad del aire, en términos de adaptación del AQI, se presentan en la Tabla 4.2.

Dado que el PST y PM10 son los contaminantes criterio para la región, la estimación del ICA se hace con relación a estos contaminantes. Adicionalmente los análisis de ICA presentados tienen como base normativa el límite de 70 µg/m³.

La Figura 4.13 presenta un diagrama de barras que indica los valores de ICA para cada una de las estaciones en el mes de julio de 2006. Los resultados indican que el ICA va desde Bueno el 100% del tiempo para la estación en el municipio de La Estrella hasta el reporte de problemas recurrentes en la estación de la Universidad Nacional en el municipio de Medellín, con el 90% de mediciones en el rango Aceptable, esta es la estación donde está afectada en mayor grado la calidad del aire por PST. Las estaciones Guayabal e Itagüí también muestran valores de ICA en el rango Aceptable con ocurrencias mayores al 50%. Los demás meses del año muestran tendencias similares a la del mes de julio de 2006.

Tabla 4.2. Índice de la calidad del Aire

O ₃ (ppb) 1 hora	O ₃ (ppb) 8 horas	PST (µg/m ³) 24 horas	PM ₁₀ (µg/m ³) 24 horas	PM _{2.5} (µg/m ³) 24 horas	CO (ppm) 8 horas	SO ₂ (ppb) 24 horas	NO ₂ (ppb) 1 hora	RANGO AQI	Categoría
--	0-64	0-75.4	0-54	0-15.4	0-4.4	0-34	0-650	0-50	Buena
--	65-84	75.5-260.4	55-154	15.5-65.4	4.5-9.4	35-144	2	51-100	Aceptable
125-164	85-104	260.5-315.4	155-254	65.5-100.4	9.5-12.4	145-224	2	101-150	Inadecuada
165-204	105-124	315.5-375.4	255-354	100.5-150.4	12.5-15.4	225-304	2	151-200	Mala
205-404	125-374	375.5-625.4	355-424	150.5-250.4	15.5-30.4	305-604	650-1240	201-300	Pésima
(155-504) ⁴	--	--	--	--	--	--	--	--	
405-504	3	625.5-875.4	425-504	250.5-350.4	30.5-40.4	605-804	1250-1640	301-400	Crítica
505-604	3	875.5-1001	505-604	350.5-500.4	40.5-50.4	805-1004	1650-2040	401-500	Peligrosa

1. Estos intervalos se requieren para reportar el AQI basados en valores de ocho horas continuas del ozono. Sin embargo, hay casos donde serían más estrictos los valores de una hora basados en el subíndice del AQI de ozono, en estos casos, el índice para los valores de ocho horas y de una hora del ozono pueden ser calculados y el máximo AQI de los dos es el que se utiliza.

2. NO₂ no tiene ningún NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) a corto plazo y puede generar un AQI solamente sobre un valor AQI de 200.

3. Los valores de ocho horas O₃ no definen valores más altos de 301. Los valores del AQI de 301 o más altos se calculan con las concentraciones de una hora O₃.

4. Los números en paréntesis son valores de una hora asociados que se utilizarán en esta categoría para traslapar solamente con los rangos de ozono de 1 hora.

Fuente: EPA, Federal Register / Vol. 64, No. 149 / Wednesday, August 4, 1999 / Rules and Regulations.

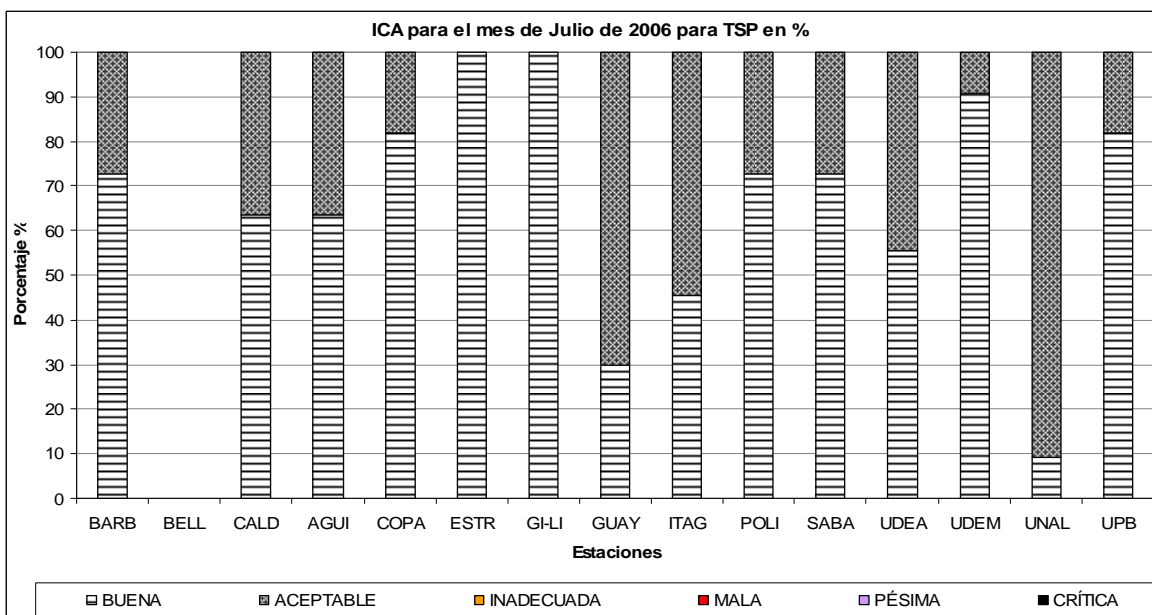


Figura 4.13. Índice de Calidad de aire para el mes de julio de 2006

Fuente: Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

La Tabla 4.3 presenta los datos de frecuencia de calificaciones de ICA para PST en los meses de julio en los años 2004, 2005 y 2006 en cada una de las estaciones. Se observa que en estaciones como Barbosa, Caldas, Guayabal y Universidad Nacional se muestra un aumento en los eventos del ICA *Aceptable* en detrimento de los eventos *Buena*, mientras estaciones como La Estrella y Girardota siguen presentando valores de ICA *Buena*. Las estaciones de Aguinaga (Centro de Medellín) y Guayabal muestran mejoras en el 2006 frente a los resultados de 2005.

Tabla 4.3. AQI - PST para el mes de Julio de los años 2004, 2005 y 2006

ICA PST JULIO	2006		2005		2004		
	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	ACEPTABLE	BUENA	ACEPTABLE	INADECUADA
Barbosa	73	27	100	0	91	9	0
Caldas	64	36	100	0	91	9	0
Aguinaga	64	36	50	50	55	45	0
Copacabana	82	18			90	0	10
Estrella	100	0	100	0	100	0	0
Girardota	100	0	100	0	100	0	0
Guayabal	30	70	63	38	50	50	0
Itagüi	45	55	63	38	45	55	0
Politécnico	73	27	50	50	64	36	0
Sabaneta	73	27	86	14	70	30	0
U de A	56	44	100	0	91	9	0
U de M	91	9	100	0	100	0	0
UNal	9	91	25	75	27	73	0
UPB	82	18	100	0	100	0	0

Fuente: Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Para 2007, sin embargo pueden apreciarse desmejoras en la calidad del aire en todas las estaciones. El 71% de los días monitoreados en el mes de marzo de 2007 presentaron una calidad atmosférica moderada, el 28.3% una calidad buena, y un (1) día, la estación Universidad Nacional, presentó una calidad no recomendada para grupos sensibles. La Figura 4.14 presenta el número de días por estación que presentaron una determinada calidad atmosférica (PST). Esto puede asociarse, entre muchas otras causas, al incremento de las obras civiles y construcciones en toda la región y al incremento del parque automotor.

La Figura 4.14 presenta el valor de ICA en marzo de 2007 para cada una de las estaciones. La mayoría de ellas registran un valor Aceptable para la estación con una ocurrencia superior al 50%.

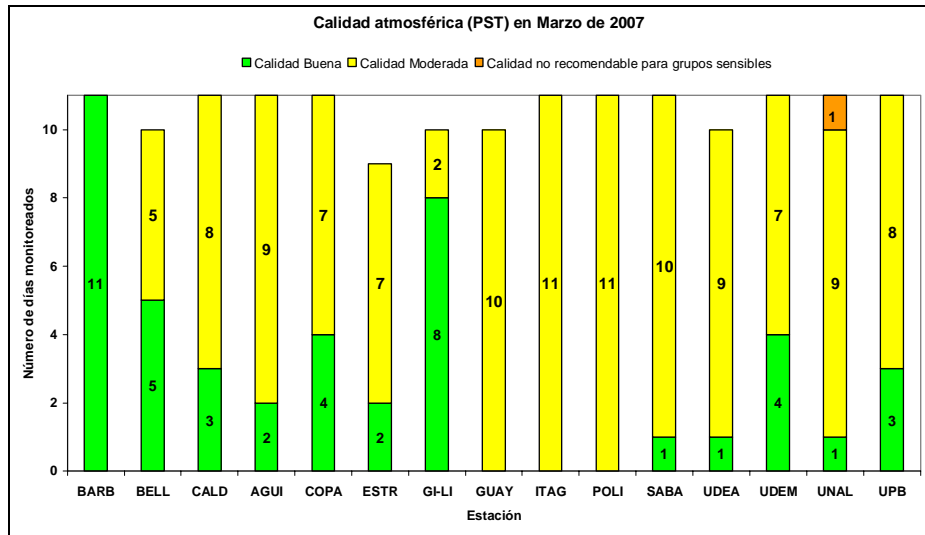


Figura 4.14. Distribución de la calidad atmosférica (PST) en el mes de marzo de 2007
Fuente: Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

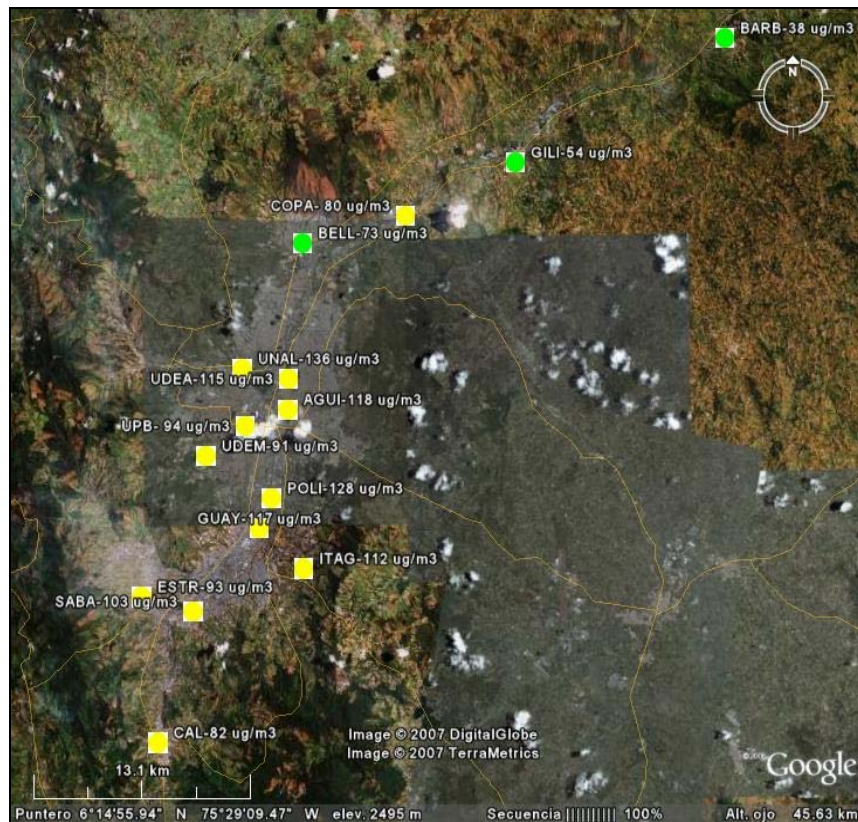


Figura 4.15. Distribución espacial del promedio geométrico de las concentraciones de PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para el mes de marzo de 2007

Fuente: Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

▪ **Lluvia ácida**

En cuanto a los resultados de lluvia ácida, los resultados de pH han oscilado entre 3.1 y 4.8 en la estación Universidad Nacional y entre 3.3 y 5.4 en la estación UPB. Estos resultados indican que en estos sectores se tiene problemas de lluvia ácida los cuales se definen a partir de valores inferiores a 5.6 y que son originados, en general, por la reacción de gases de NO_x y SO_2 con la humedad del aire. En las estaciones mencionadas los problemas de lluvia ácida pueden asociarse principalmente a las emisiones de fuentes móviles.

4.3.2 Integración de mediciones de la estación de monitoreo de la calidad del aire hospital de Guarne - Cornare

En el municipio de Guarne desde el año 1998 funciona la estación de monitoreo de la calidad del aire, ubicada en el hospital de este municipio. Los contaminantes monitoreados son el PM10 (Material Particulado menor a 10 micrometros) desde el año

de 1998, NO₂ desde el año de 2001 y SO₂ desde el año del 2002. En la estación las concentraciones de PM₁₀, SO₂ y NO₂, se encuentran por debajo de la norma anual y diaria.

En el la sección de análisis de concentraciones de contaminantes se presentan los gráficos donde se comparan las concentraciones de los diferentes contaminantes con respecto a la norma, desde que se iniciaron las mediciones (Ver Figura 4.4 Figura 4.5 y Figura 4.6).

4.3.3 Integración de los resultados de los proyectos línea base de la calidad del aire de Corantioquia

Los proyectos referenciados en este informe como línea base corresponden a 2 estudios realizados por convenio entre Corantioquia, Universidad de Antioquia - UdeA y UPB entre 2004 y 2005. En estos proyectos se realizó el diagnóstico de la calidad del aire en los diferentes municipios de la jurisdicción de Corantioquia a partir de monitoreos de PST, PM₁₀, SO₂, NO₂ y O₃, con equipos automáticos, manuales y pasivos en 25 puntos de medición en zonas urbanas y rurales y durante diferentes periodos de medición.

Coincidentes con el dominio de estudio del POMCA, en la fase I del proyecto² se midió en las zonas rurales de los municipios de Caldas, La Estrella y Girardota-Barbosa y en la Fase 2³ se midió en el Corregimiento de Altavista (municipio de Medellín), Sabaneta, vereda Las Palmas (municipio de Envigado) y las áreas rurales de los municipios de Girardota e Itagüí.

Los resultados principales para cada uno de los municipios se presentan a continuación.

▪ Calidad del aire en los municipios

En la Tabla 4.4 se muestra la evaluación del ICA, para las diferentes estaciones de monitoreo seleccionadas en el dominio de estudio del POMCA, corregimiento de Altavista

² Convenio Interinstitucional 896 de Redaire, Contrato 4673 del 6 de marzo de 2003, Corantioquia y UdeA. Proyecto "Construcción de la línea base de calidad del aire en 10 municipios de la jurisdicción de Corantioquia"

³ Contrato de Consultoría No 5915 del 27 de diciembre de 2004, Corantioquia y la Unión Temporal Universidad de Antioquia – Universidad Pontificia Bolivariana. Proyecto "Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 15 Municipios de la Jurisdicción de Corantioquia"

(municipio de Medellín), Sabaneta, vereda Las Palmas (municipio de Envigado) y las áreas rurales de los municipios de Caldas, La Estrella, Barbosa, Girardota e Itagüí.

Tabla 4.4. Categorías de calidad atmosférica para las diferentes estaciones-Línea Base (porcentajes de datos)

ESTACIÓN	CONTAMINANTE	BUENA	ACEPTABLE	INADECUADA	MALA	PÉSIMA	TOTAL DATOS
Caldas	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	44
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	34
	CO (ppm)	100%	0%	0%	0%	0%	123
	O ₃ (ppb)	75.6%	23.5%	0.9%	0%	0%	971
Cadena. La Estrella	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	42
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	28
	CO (ppm)	99.0%	1.0%	0%	0%	0%	96
	O ₃ (ppb)	79.2%	17.5%	3.3%	0%	0%	1014
Planta Cryogas. Barbosa	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	32
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	29
	CO (ppm)	100%	0%	0%	0%	0%	77
	O ₃ (ppb)	92.0%	7.7%	0.3%	0%	0%	732
Altavista	PST (µg/m3)	26.7%	73.3%	0%	0%	0%	100
	PM10 (µg/m3)	20.0%	80.0%	0%	0%	0%	100
	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	CO (ppm)	98.0%	2.0%	0%	0%	0%	100
	O ₃ (ppb)	94.9%	0%	4.3%	0.8%	0%	100
Envigado	O ₃ (ppb)	84.5%	9.5%	6.1%	0%	0%	100
	PST (µg/m3)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	PM10 (µg/m3)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	CO (ppm)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	O ₃ (ppb) 1h	47.4%	51.1%	1.2%	0.3%	0%	100
O ₃ (ppb) 8h	86.1%	10.4%	3.5%	0%	0%	100	
Sabaneta	PST (µg/m3)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	PM10 (µg/m3)	46.7%	53.3%	0%	0%	0%	100
	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	CO (ppm)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	O ₃ (ppb)	45.2%	50.0%	3.6%	1.0%	0%	100
Itagüí	O ₃ (ppb)	72.9%	11.7%	10.6%	4.0%	1%	100
	PST (µg/m3)	93.3%	6.7%	0%	0%	0%	100
	PM10 (µg/m3)	93.3%	6.7%	0%	0%	0%	100
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
Girardota	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	PST (µg/m3)	26.7%	73.3%	0%	0%	0%	100
Girardota	PM10 (µg/m3)	11.1%	88.9%	0%	0%	0%	100

ESTACIÓN	CONTAMINANTE	BUENA	ACEPTABLE	INADECUADA	MALA	PÉSIMA	TOTAL DATOS
	NO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	SO ₂ (ppb)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	CO (ppm)	100%	0%	0%	0%	0%	100
	O ₃ (ppb)	49.5%	50.3%	0.2%	0%	0%	100
	O ₃ (ppb)	96.9%	2.7%	0.4%	0%	0%	100

Fuente: Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 15 Municipios de la Jurisdicción de Corantioquia, 2004 y 2006.

De acuerdo con la Tabla 4.4 se puede concluir que el contaminante criterio es el O₃ porque reporta valores de ICA hasta en categoría “pésimo” en el municipio de Sabaneta con un valor máximo del 1% del tiempo de monitoreo. Otros municipios afectados por episodios de contaminación de O₃ son Caldas (Inadecuado, 0.9% del tiempo), La Estrella (Inadecuado, 3.3% del tiempo) y con categoría Mala Altavista (0.8%), Envigado (0.3%) y Sabaneta (4%). Para PM10 y TSP se reportan en casi todas las estaciones valores de ICA Aceptables.

Ver secciones 4.3.6 y 4.3.7 (Análisis EAE 2005 – Red de monitoreo de la calidad del aire. Contaminación por material particulado y Análisis UPB - Línea base: Contaminación por Ozono)

Así, se reportan problemas de calidad del aire para los contaminantes PM10, PST y O₃ en la región metropolitana con distintas intensidades y distribuciones temporales. Es importante entonces seguir trabajando en programas de diagnóstico y control de estos contaminantes como los proyectos descritos a continuación y proyectos en general de producción más limpia para la región.

4.3.4 Integración del proyecto UPB, en lo referente a la formación y distribución de contaminantes fotoquímicos

Los proyectos referenciados bajo el nombre de Dispersión 2006, son proyectos realizados por investigadores de UPB y financiación del Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el análisis de la formación de contaminantes fotoquímicos en el Valle de Aburrá. A la fecha de cierre del informe se contaba con el proyecto 2001 y con datos de modelaciones de 2006.

Metodológicamente los modelos se desarrollan en varias etapas: se realiza la estimación de las emisiones (inventarios de emisiones) de las fuentes seleccionadas donde se tuvieron en cuenta las emisiones generadas por fuentes fijas (industria), fuentes móviles y fuentes de área biogénicas. Los resultados del inventario estudiados para este proyecto

cubren un área de 82 x 82 km² con una resolución espacial de 500 x 500 m² (UPB y Área Metropolitana, 2003) y cubre el Valle de Aburrá entre Girardota y Caldas.

El inventario es un insumo para el modelo fotoquímico CAMx (Comprehensive Air Model with extensions ®) que realiza un análisis de las emisiones de contaminantes primarios, la formación de contaminantes secundarios como el O₃ y la distribución de éstos en el Área Metropolitana.

En las figuras siguientes (Figura 4.16 a Figura 4.21) se presentan mapas de distribución de NO₂, O₃ y CO obtenidas para la modelación del día 30 de junio de 2006 (Área Metropolitana y UPB, 2006). Los análisis se realizan con base en conversaciones con investigadores del grupo GIA de UPB y con elementos teóricos obtenidos del proyecto (UPB y Área Metropolitana, 2001).

▪ Óxidos de Nitrógeno y Ozono

En la Figura 4.16 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "1GRD/0LB", objeto: "ai_no2_06h") presenta el mapa de NO₂, para las 6:00 de la mañana del día 30 de junio de 2006. Esta hora como representación de las primeras horas de la mañana, presenta las mayores concentraciones del contaminante debido a que en horas tempranas se incrementa el flujo vehicular como parte del inicio de las actividades económicas dentro del valle de Aburrá. Consecuentemente con lo anterior el mayor flujo vehicular a esta hora se presenta de norte a sur y en la gráfica pueden identificarse zonas de mayores concentraciones hacia el centro de Medellín, y los municipios del sur del Valle de Aburrá.

Durante la mañana el NO₂ se va destruyendo por acción de la radiación solar y mediante las reacciones fotoquímicas va originando el O₃. Por ello las concentraciones de este contaminante disminuyen hacia el medio día como se muestra en la Figura 4.17 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "1GRD/0LB", objeto: "ai_no2_12h")

En la Figura 4.18 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "1GRD/0LB", objeto: "ai_o3_12h") se presenta el mapa de O₃ entre las 10 y las 12 del día. La concentración de O₃ aumenta durante la mañana, por el mecanismo de reacción fotoquímica hasta alcanzar las mayores concentraciones hacia las 4 pm.

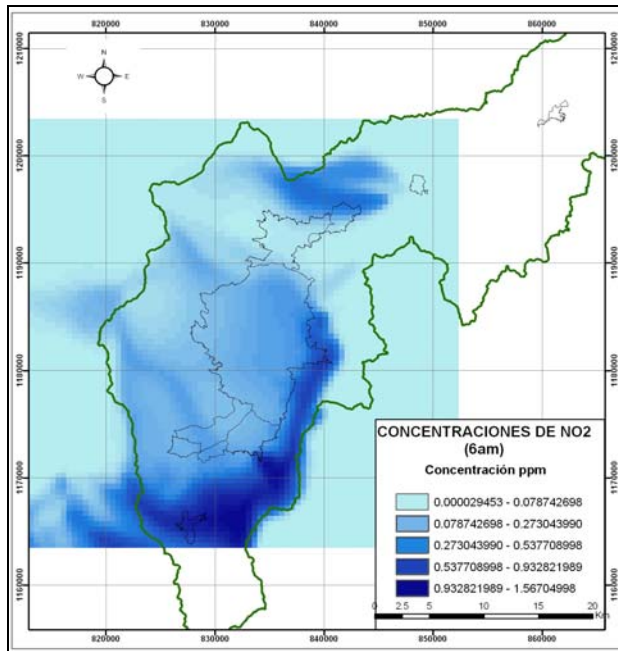


Figura 4.16. Concentraciones de NO₂ (6 am) para toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente datos: Área Metropolitana, UPB 2006.

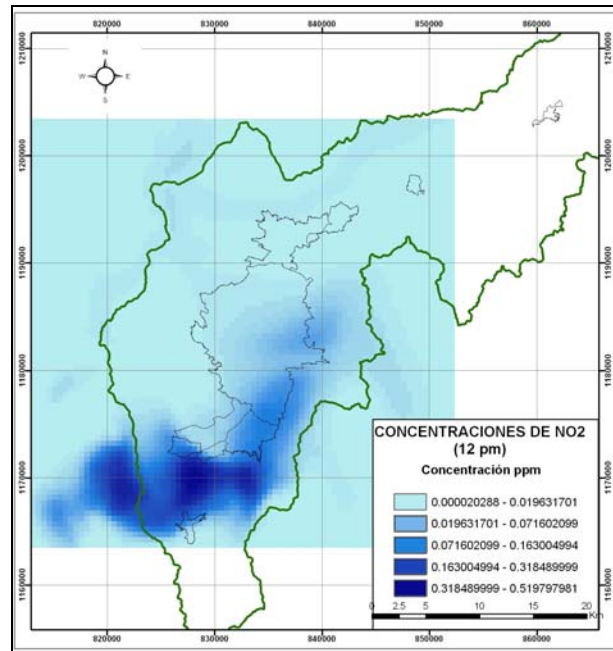


Figura 4.17. Concentraciones de NO₂ (12 pm) para toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente datos: Área Metropolitana, UPB 2006.

En los mapas puede apreciarse que las mayores concentraciones se presentan en el centro del Valle en las horas de la mañana y van desplazándose hacia el suroeste sobrepasando la cordillera y mostrando las máximas concentraciones de O₃ en Medellín, Itagüí y cercanías al municipio de La Estrella (Área Metropolitana, UPB.2001).

En la tarde continúa la actividad fotoquímica cuando se inicia el proceso de reacción química de consumo de ozono por el NO y otros compuestos orgánicos volátiles, en su mayoría los alquenos, compuestos orgánicos volátiles, COV, y radicales OH (Área Metropolitana, UPB, 2001). Estos procesos pueden inducir a la formación de lluvia ácida y de otros compuestos como el PAN (Peroxiacetilnitrato) que en concentraciones importantes se clasifican como cancerígenos.

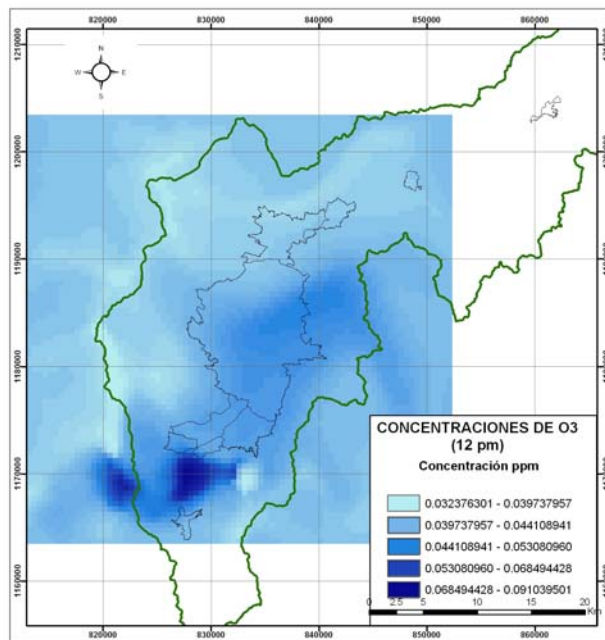


Figura 4.18. Concentraciones de O₃ (12 pm) - Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente datos: Área Metropolitana, UPB, 2006.

■ **Monóxido de Carbono**

Este contaminante proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles en el tráfico automotor y en las industrias. Su reactividad es baja comparada con otros compuestos por lo que se puede utilizar como referencia para confirmar la trayectoria de dispersión de los contaminantes en el Valle de Aburrá (Área Metropolitana, UPB, 2001). Se observa que a las 6 am (ver Figura 4.19 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: “1GRD/OLB”, objeto:”ai_co_06h”)), es baja la cantidad de este contaminante y se ve localizado puntualmente en el centro de la ciudad de Medellín. A esta hora igualmente el viento es de baja velocidad y la dispersión es mínima (Área Metropolitana, UPB, 2001).

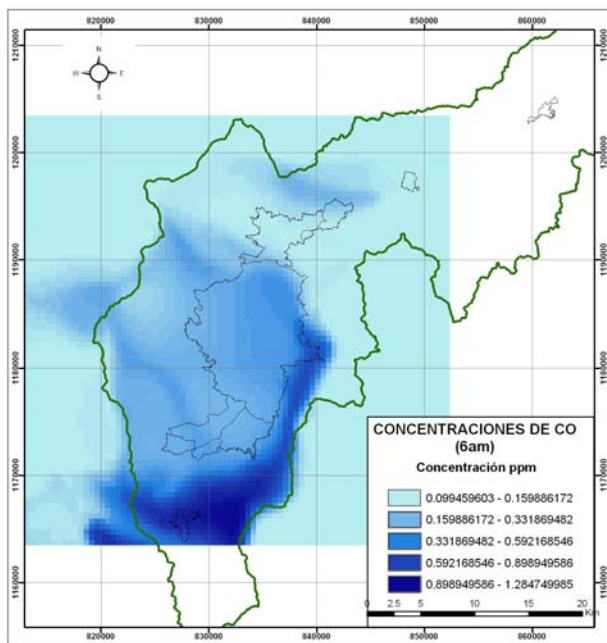


Figura 4.19. Concentraciones de CO (6 am) para toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente datos: Área Metropolitana, UPB 2006.

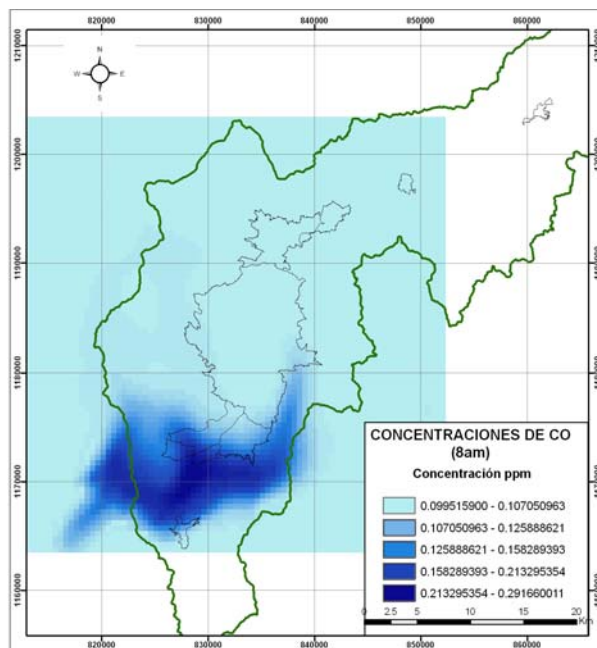


Figura 4.20. Concentraciones de CO (8 am) para toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente datos: Área Metropolitana, UPB 2006.

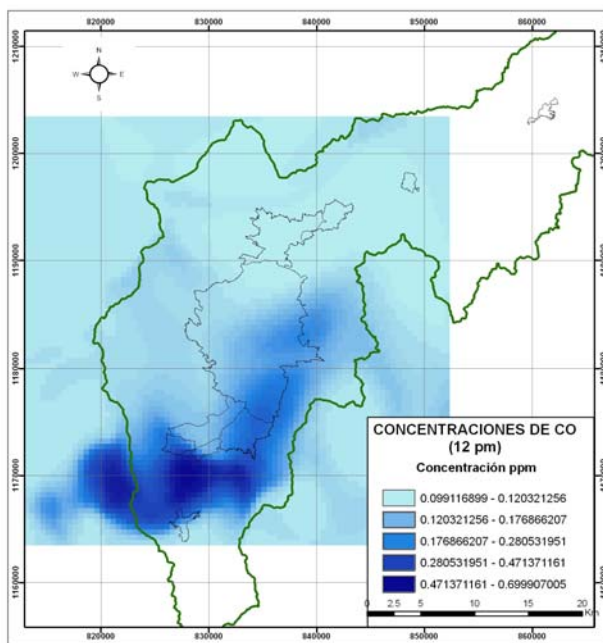


Figura 4.21. Concentraciones de CO (12 pm) toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente: Área Metropolitana, UPB 2006.

En las Figura 4.20 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "1GRD/OLB", objeto: "ai_co_08h") y Figura 4.21 (mapa disponible en la base de datos

espacial: agrupación: "1GRD/0LB", objeto: "ai_co_12h") se muestra como las concentraciones de CO se desplazan hacia el sur y suroeste del Valle a medida que transcurre la mañana (Área Metropolitana, UPB.2001) determinado por factores meteorológicos y topográficos del Valle.

4.3.5 Evaluación integrada energía ambiente economía de los sectores industrial y transporte en el Valle de Aburrá

Los proyectos realizados bajo el esquema de modelamiento Energía Ambiente Economía, EAE (Unalmed, Área Metropolitana, EPM, 2005 y Unalmed, Área Metropolitana, 2006) apuntan, entre otras, al análisis de estrategias de sustitución energética y uso eficiente de la energía en los sectores transporte e industria del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la evaluación de su impacto en términos económicos, energéticos y de emisión de contaminantes a la atmósfera. En términos generales los proyectos han impulsado el acuerdo entre los diferentes sectores y actores sobre la necesidad fundamental de hacer planeación energética y tecnológica en los sectores industria y transporte por la estrecha relación entre el consumo energético y las variables ambientales, especialmente las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Los proyectos se apoyan en un modelo de análisis que permite estimar variables energéticas (consumo de combustibles, vocación y uso tecnológico), económicas (costo del sistema, costo de los proyectos evaluados) y ambientales (cantidad de emisiones de contaminantes a la atmósfera), para diferentes escenarios de puesta en marcha de los sectores de análisis en la Región. Por otro lado los proyectos EAE ofrecen los análisis para las fuentes en escalas geográficas muy detalladas al interior del Área Metropolitana permitiendo la construcción de mapas de emisiones por fuentes fijas y móviles para toda la región. Así, los proyectos ofrecen una herramienta de ciudad para el diagnóstico y planeación local de los sectores de consumo, en el contexto de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá, para la evaluación objetiva e integrada de la variable ambiental en los planes de sustitución energética, innovación tecnológica y otros planes de configuración energética y tecnológica en la industria y el sistema de transporte, que redunden en mejores prácticas de planeación.

Los proyectos se apoyan en información aportada por otros proyectos acerca de caracterización de combustibles, sectores productivos, regulación energética y ambiental, contabilización económica de impactos por deterioro de la calidad del aire y otros, que se esperan en el corto plazo, fortalezcan los instrumentos de reducción de emisiones como un indicador clave para la sostenibilidad económica, tal que se promueva el cambio en términos reales.

Derivado de estas ideas, el análisis EAE es importante en el contexto del diagnóstico del recurso Aire en cuanto ofrece un análisis prospectivo de potenciales de mejoramiento desde las fuentes como estrategia para el control de la contaminación. Así, algunos de los proyectos de sustitución energética, innovación tecnológica, selección energética y tecnológica para sistemas de transporte, mejora de prácticas de transformación y consumo, gestión energética, uso eficiente y racional de energía, implementación de equipos de control, pueden ser evaluados en términos de su relación costo/beneficio para la región, midiendo dentro del beneficio la reducción de contaminantes a la atmósfera.

De las dos fases realizadas de estos proyectos se presentan algunas de las conclusiones generales.

El esquema de análisis EAE se apoya en la construcción de un Sistema de Referencia Energético, RES, que representa mediante flujos de energía, todos los procesos de puesta en marcha de los sectores de análisis: abastecimiento de combustibles, conversión, proceso y consumo final. Los proyectos ofrecen bases de datos completas de los sistemas de referencia energéticos asociados a los sectores industria y transporte, basados en información de inventarios industriales e información de parque automotor y demandas de movilidad.

Las evaluaciones realizadas consisten en evaluaciones por escenarios, de diferentes cambios en las matrices del RES de los sectores, esto es cambio en la canasta energética, cambio en las tecnologías, restricciones de emisiones o de abastecimiento energético y otros. El modelo selecciona las combinaciones energético-tecnología óptimas para cada industria o sistema de movilidad modelado, bajo una función objetivo de mínimo costo sujeta según el escenario al cumplimiento de restricciones de emisiones, satisfacción de la demanda y disponibilidad de fuentes.

Los escenarios evaluados buscan la identificación de umbrales o conjuntos de resultados que ofrezcan herramientas para la toma de decisiones en términos de planeación integral EAE de los sectores de estudio.

Un primer resultado se asocia a la consolidación del RES con el nivel de detalle geográfico propuesto en los proyectos (por industria y tramos viales). Como resultados globales se tienen los siguientes datos calibrados sobre consumos en unidades energéticas (PetaJoules, PJ) para el Valle de Aburrá. Para el proyecto EAE 2005, en el periodo 2003 - 2004 el sector de mayor consumo es el sector Transporte (31.22 PJ), seguido por el sector industria (28.33 PJ), Residencia (7.44 PJ) y Comercio (2.02 PJ).

En las Figura 4.22 y Figura 4.23 se presentan los datos iniciales calibrados de consumos de energía final calibrados respectivamente en las investigaciones EAE 2005 y EAE 2006.

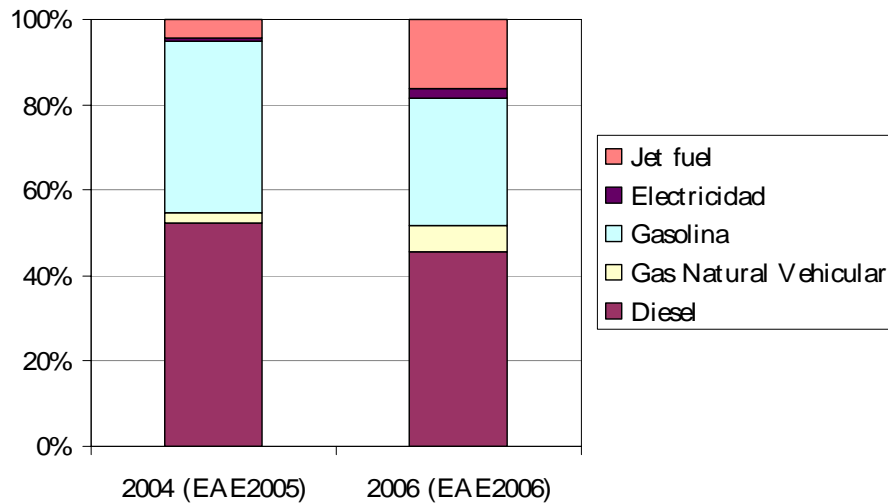


Figura 4.22. Distribución porcentual de consumos por tipo de combustible en unidades energéticas, para los años 2004 y 2006.. Sector transporte de la región metropolitana
Fuente: EAE, 2005 y 2006.

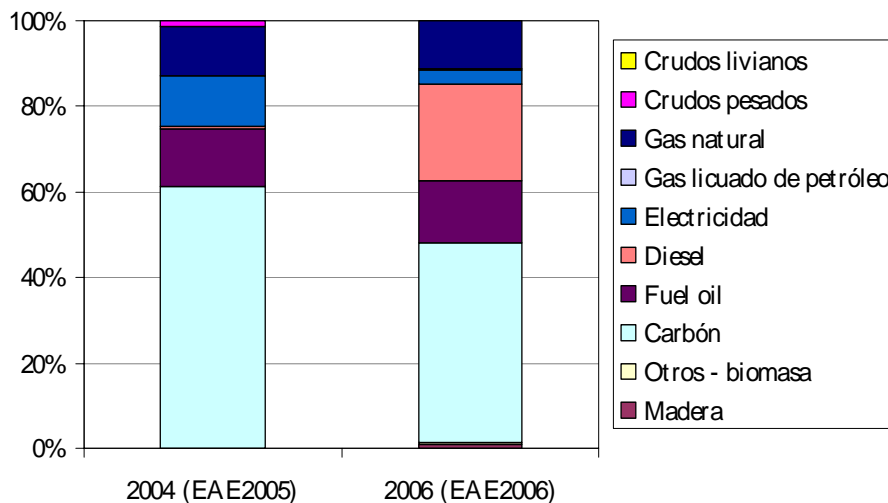


Figura 4.23. Distribución porcentual de consumos por tipo de combustible en unidades energéticas, para los años 2004 y 2006. Sector industria de la región metropolitana
Fuente: EAE, 2005 y 2006.

Las investigaciones de EAE, 2005 y 2006 ofrecen un análisis progresivo en cuanto que en 2006 se refinó la escala de desagregación geográfica y el número de escenarios analizados.

Para el primer proyecto (Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005) se modelaron 241 agrupaciones industriales (291 industrias) y 14 tramos viales principales de la región metropolitana incluyendo el metro y los tramos proyectados para Metroplús. Para 2006 se modelaron 271 industrias y 542 tramos viales que representan con gran detalle la red vial metropolitana (Unalmed, Área Metropolitana, 2006).

Para el proyecto de EAE, 2005 se evaluaron escenarios generales: un escenario línea base (uso de tecnologías-energéticos según el uso real en las industrias y sistemas de transporte) con una proyección inercial a 2020, un escenario sin restricciones (el modelo asigna las combinaciones tecnologías-energéticos de mínimo costo), escenarios con restricciones tecnológicas (penetración de gas natural en la industria y en transporte a partir de 2008) y escenarios con techos de emisiones (basado en el escenario sin restricciones).

Los resultados son muy interesantes en relación a los conjuntos de escenarios evaluados: el escenario línea base o 06 hace uso intensivo de carbón, fuel oil, crudos y gas natural en la industria y gasolinas y diesel en el sector transporte, como se ve en la Figura 4.24 y Figura 4.25. El escenario sin restricciones o 01 que busca el mínimo costo, presenta una canasta energética menos diversa donde se intensifica el consumo de carbón en la industria, y se hace uso intensivo de gas natural en el sector transporte. Complementario al análisis se corrieron techos de emisiones, o escenarios 18 y 19, sobre el escenario sin restricciones, así el sistema deberá buscar el mínimo costo sujeto a cumplir los límites impuestos de PM10 y CO₂. Este escenario muestra entonces que la canasta industrial presenta una diversificación mayor aumentando el uso de crudos livianos y gas natural para reducir sus emisiones de contaminantes y en el sector transporte el uso intensivo de gas natural permite cumplir ampliamente las restricciones.

En particular es notable como las emisiones para el sector industrial en el escenario línea base son menores que en el escenario sin restricciones puesto que en este último por efecto del criterio solamente económico la canasta apunta a un uso intensivo de carbón y de crudos pesados, consistente con los bajos costos de esos energéticos y sus altas eficiencias de combustión, pero sus altos indicadores de emisiones de contaminantes. Para el sector transporte ocurre lo contrario; en el escenario línea base las emisiones del sector transporte son muy superiores a las del escenario sin restricciones puesto que en este último se intensifica el uso de un combustible más limpio. Puede afirmarse entonces que para el sector, el gas natural vehicular es una opción limpia y económicamente viable

Derivado del análisis anterior sobre casos extremos entre la búsqueda sólo de economías de costos o de economías de emisiones, se evaluaron escenarios de penetración gradual de gas natural en la industria y en el transporte a partir del año 2006. Para la industria se evaluó sustitución por gas natural en 14 grandes industrias (escenario 15) y en el sector transporte se evaluó el sistema Metroplús con uso de gas natural o diesel (escenarios 13 y 14 respectivamente). Los escenarios muestran las ventajas respecto al impacto sobre las emisiones de contaminantes de la introducción del gas natural en la industria y en Metroplús e indica los costos de estos proyectos en un horizonte de 20 años.

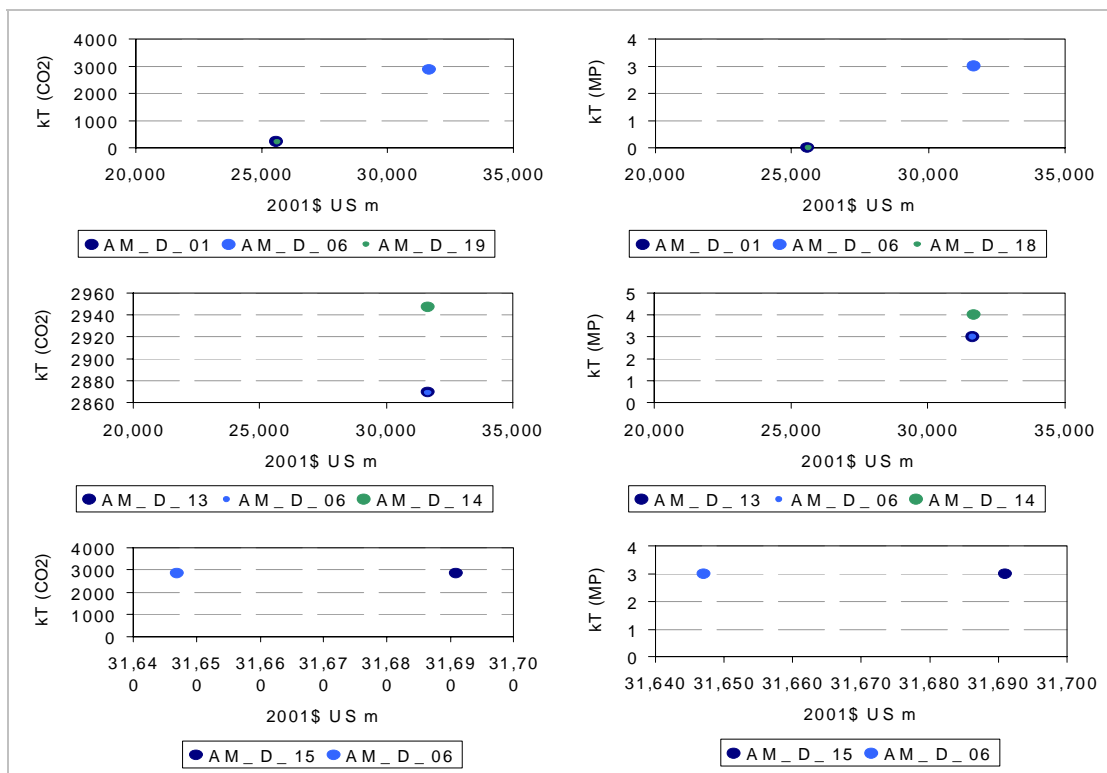


Figura 4.24. Comparación Económico-Ambiental (kTons CO₂ y MP10) - Escenarios de análisis
Fuente: Proyecto EAE, 2005.

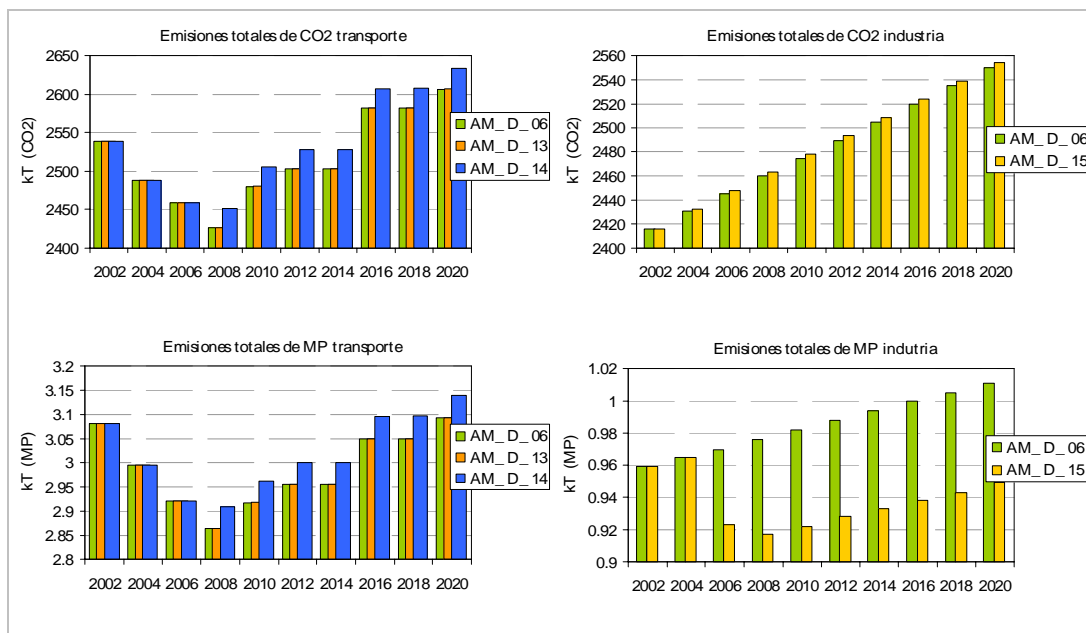


Figura 4.25. Emisiones a la atmósfera (kTons CO₂ y MP10), de los escenarios evaluados para Industria y transporte
Fuente: Proyecto EAE, 2005.

El proyecto EAE, 2006 amplía mucho más estos resultados para ambos sectores. Para el sector transporte se realizó una detallada investigación para evaluar el sistema Metroplús con diferentes alternativas de combinaciones tecnológicas-energéticas y se evaluaron también alternativas para el sector transporte general respecto a penetración de biocombustibles.

Como uno de los resultados más importantes para este diagnóstico, el proyecto explora los impactos de la integración modal, es decir, explora dos diferentes escenarios de demandas de movilidad bajo dos supuestos: aversión a la integración modal y propensión a la integración modal por parte de la población. Cada supuesto tiene impactos importantes sobre las demandas de movilidad por modo. Los resultados indican que las ventajas ambientales en términos de reducción de contaminantes en un escenario propenso a la integración modal, cualquiera sea la selección energética-tecnológica, son muy significativas y pueden garantizar que los efectos perduren en el tiempo, mientras que en el escenario de aversión a la integración los resultados derivados de penetración de combustibles y tecnologías limpias se pierden más rápido en el tiempo. En ambos escenarios se satisface plenamente la demanda de movilidad.

Se analizó el sistema de transporte masivo de pasajeros, de mediana capacidad, Metroplús, para diferentes alternativas: buses impulsados con gas natural vehicular, buses impulsados con diesel local, buses impulsados con Euro-diesel III importado desde el golfo de México, una flota de buses mixta en proporciones 50/50 gas natural y diesel local y buses híbridos de diesel local. Los resultados resaltan las ventajas ambientales y económicas de la utilización de gas natural vehicular en este sistema, por encima de las demás alternativas tecnológicas consideradas. La Figura 4.27 presenta los sobrecostos en porcentaje de la selección de cada una de las alternativas respecto a la alternativa de gas natural que resulto ser la más económica. La Figura 4.28 presenta comparaciones económico-ambientales de las alternativas evaluadas.

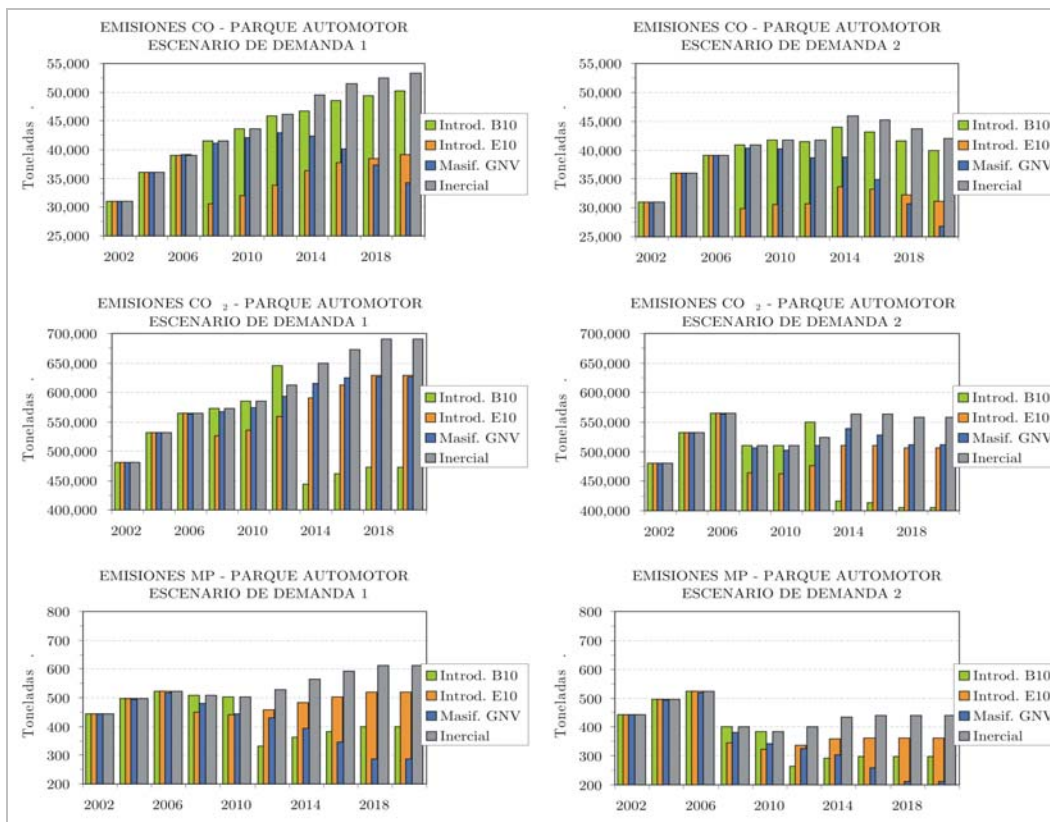


Figura 4.26. Emisiones a la atmósfera (Tons CO, CO₂ y MP), de las alternativas energéticas para el parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, bajo escenarios de demanda 1 (adverso) y 2 (propenso)

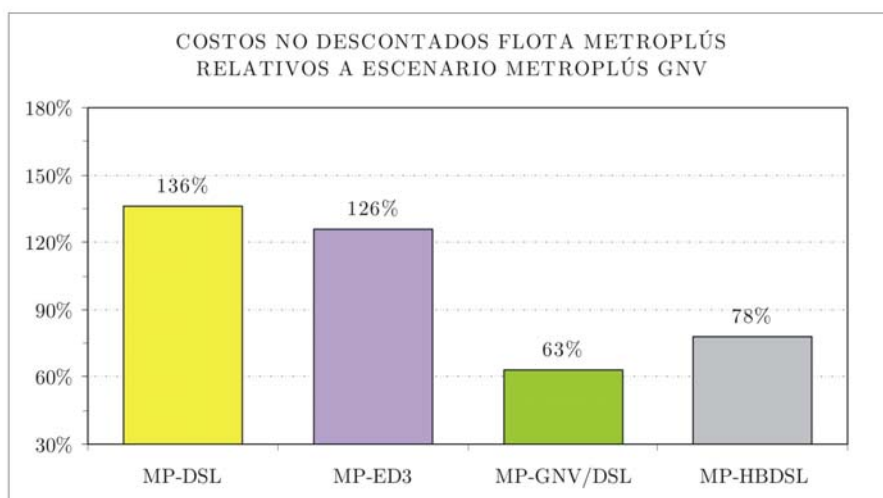


Figura 4.27. Comparación económica de alternativas tecnológicas para la operación del Sistema Metroplús en el horizonte de planificación. Relativa a escenario Metroplús - GNV

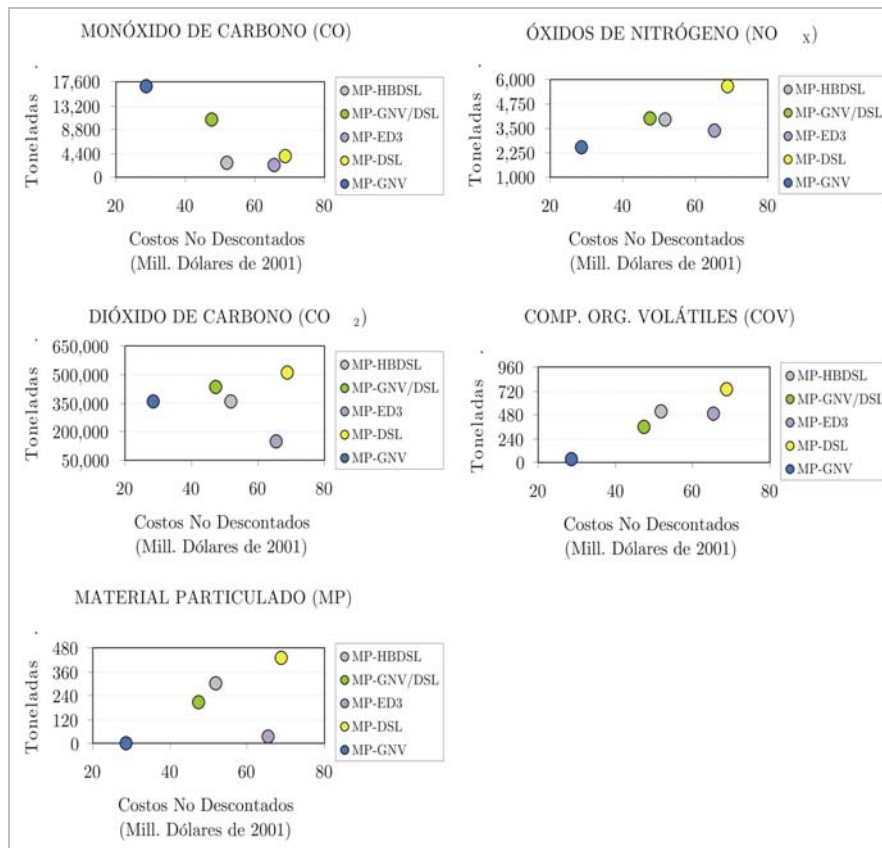


Figura 4.28. Comparación Económico-Ambiental (Tons CO, CO₂, MP, NO_x y COV), de las alternativas tecnológicas para la operación del Sistema Metroplús bajo escenario de demanda 2 (Propenso a la integración modal)

El proyecto recomienda entonces seguir adelante con la integración modal del transporte colectivo público y privado y la implementación de proyectos para la producción más limpia en el sector transporte. Las Figura 4.29 y Figura 4.30 ilustran sobre la participación de cada modo en el consumo total de combustibles y aporte de emisiones del sector transporte. Por ejemplo el transporte colectivo consume el 11% de combustibles (diesel principalmente) y es responsable del 58% de las emisiones de material particulado producidas por el sector transporte.

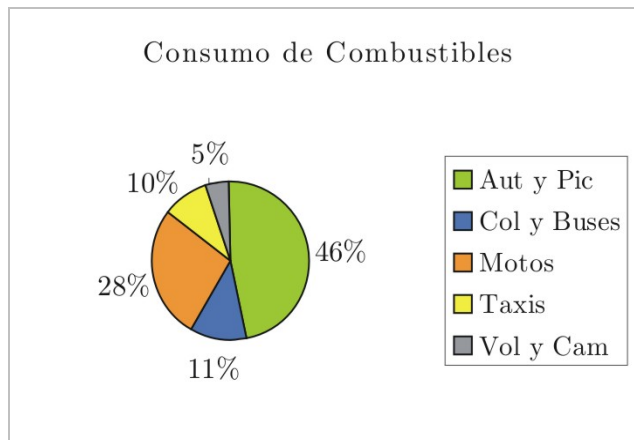


Figura 4.29. Distribución modal del consumo actual de combustible del parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

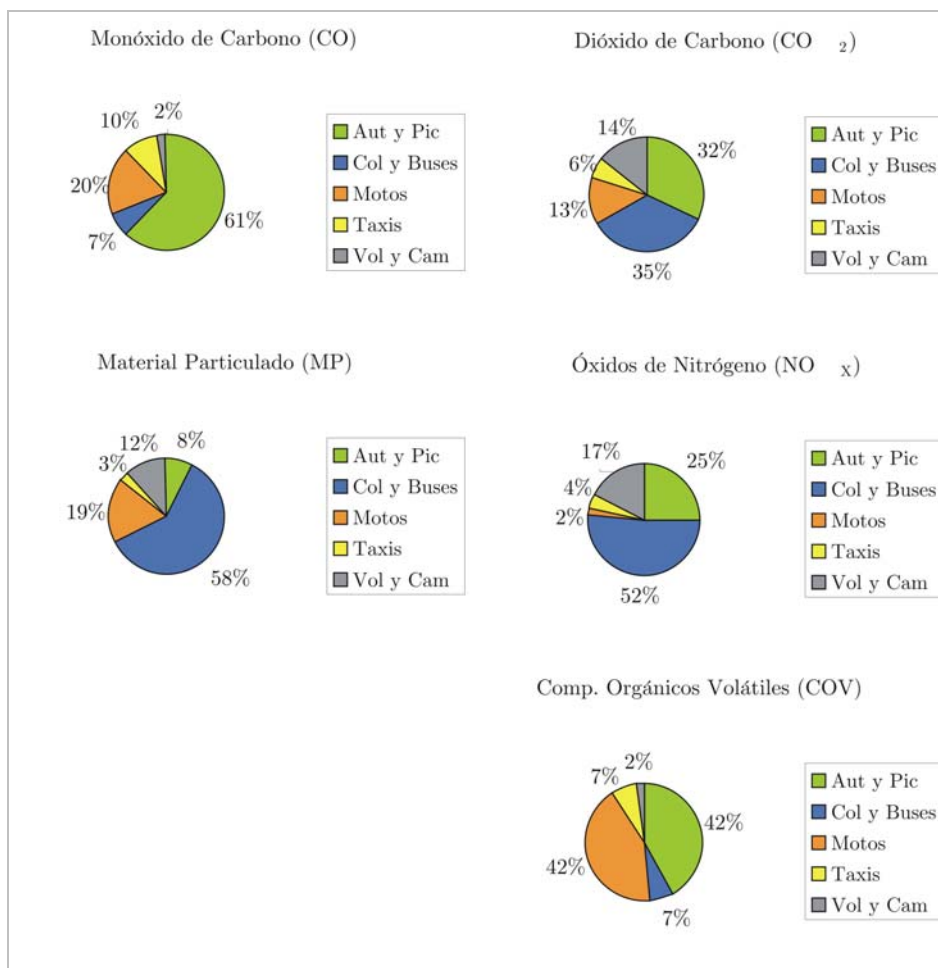


Figura 4.30. Distribución modal actual de las emisiones a la atmósfera (Tons CO, CO₂, MP, NO_x, SO₂ y COV), del parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Para el sector industrial se evaluaron más escenarios de opciones en el sector, como mejora de las eficiencias energéticas, impactos de proyectos de gestión tecnológica, implementación de equipos de alta eficiencia, sustitución energética e implementación de equipos de control. Para el futuro se recomienda profundizar en análisis de reconversión de procesos y otros escenarios de innovación por industria más especializados. Paralelamente se estudian proyectos para diseñar e implementar instrumentos de producción más limpia y regulaciones sobre la industria.

Los resultados muestran los beneficios ambientales y económicos de mejoras en la eficiencia en los procesos, la cual se puede lograr mediante implementación de gestión energética en la industria, mejora de condiciones en los procesos o mejora de los equipos. También muestra las ventajas ambientales y económicas en el horizonte de planeación de proyectos de sustitución de gas natural y ofrece a través de los resultados geográficamente distribuidos una plataforma para la priorización de proyectos por zona geográfica en la región. La Figura 4.31 y Figura 4.32 presentan los costos totales para el horizonte (2004-2022) del escenario Base, un escenario de mejora en todos los equipos de combustión (para procesos de alta y baja temperatura y motores) y para un escenario de sustitución de carbón y diesel por gas natural en las industrias.

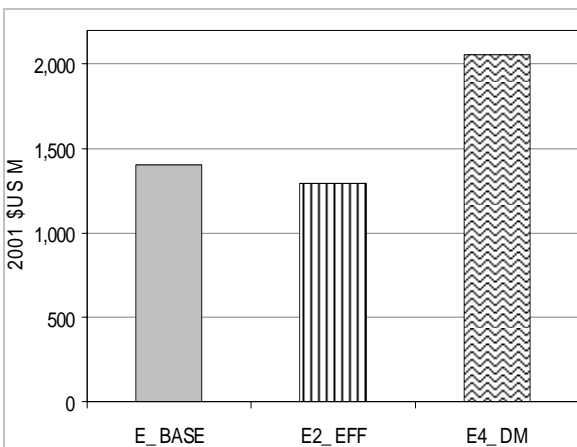


Figura 4.31. Costos totales de escenarios industriales en millones de USD\$

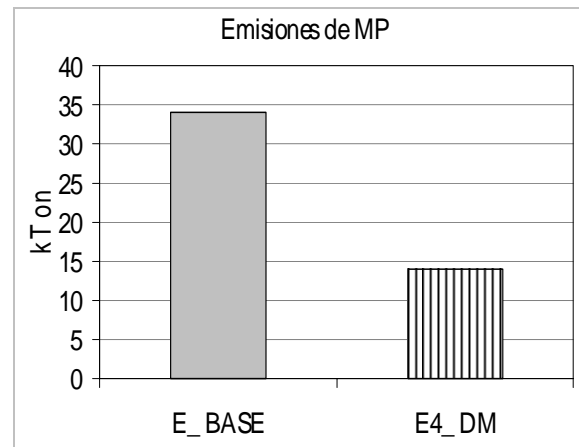


Figura 4.32. Emisiones de Material particulado para los escenarios Base y de sustitución por gas natural. Sector industrial

4.3.6 Análisis EAE 2005 – Red de monitoreo de la calidad del aire. Contaminación por material particulado

Como primer análisis conjunto se realizó la superposición de los mapas resultantes de la modelación EAE 2005 con los ICA de las estaciones de la red de monitoreo de la calidad

del aire consideradas. Se busca analizar la influencia de las concentraciones de fuentes industriales y de transporte sobre las mediciones de las estaciones.

En la Figura 4.33 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "2DG", objeto:"AI_FF_Industria" y "2DG", objeto:"AI_FM_Transporte") se presentan los mapas de industrias y corredores viales modelados en el proyecto EAE, 2005. Las industrias están representadas por un punto y un buffer que representa la cantidad anual de las emisiones de MP derivadas de la puesta en marcha de las mismas. Para el caso de los corredores de transporte las magnitudes se leen en el mapa. En ambos casos las cantidades están en kTon/año. En la Figura 4.34 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "1LB", objeto:"AI_Estación_RA") se presentan las estaciones de medición de la red mediante puntos, señalando mediante buffer las calificaciones de los ICA para PST (Todos los mapas se incluyen en la Geodatabase del proyecto).

Para un primer análisis se construye un mapa resultado de la superposición de los mapas mencionados para el año 2006, Figura 4.35, y en la Figura 4.36 (mapa disponible en la base de datos espacial: agrupación: "3FM", objeto:"ZA_Rec_calidad_aire") se presentan acercamientos sobre las zonas norte y sur del Valle de Aburrá.

En el mapa de fuentes fijas y móviles (ver Figura 4.33) pueden identificarse cuales son las zonas con mayores cantidades de emisiones por concepto de la puesta en marcha de ambos sectores. Entre ellas la zona central del municipio de Medellín, La zona sur del Valle de Aburrá: Itagüí, Envigado, Sabaneta y Caldas y, la zona industrial en el norte del Valle. Estas afirmaciones pueden verificarse con las concentraciones registradas en las estaciones de la red de monitoreo, dado que en dichas zonas los ICA presentan una calificación de *Regular* para PST. Puede verse como a medida que las emisiones aumentan la calificación de la calidad del aire varía entre valores de *Regular* y *Poco Saludable* en las estaciones San Fernando, Universidad de Antioquia y Universidad de Medellín, siendo la zona de mayor criticidad la que se encuentra en el sur del Valle de Aburrá, especialmente en el municipio de Itagüí.

Teóricamente se asume que el radio de cobertura de la calificación del ICA para una estación es de 1 km (Fuente: Redaire), lo cual es un valor promedio variable según características geomorfológicas de la zona de estudio. Sin embargo y dado que no se conoce con precisión cual podría ser el radio de cobertura más adecuado para cada una de las estaciones, se localiza dicha zona de cobertura de 1 km en el mapa, solamente como un valor indicativo (ver Figura 4.36), que permite observar coincidencias entre la ubicación de las fuentes con las estaciones de medición, y hacer relaciones entre las magnitudes de las emisiones y las calificaciones de ICA en las estaciones de interés.

Por ejemplo, para el sector del norte del Valle (Figura 4.36, lado derecho) se tienen calificaciones regulares del índice de calidad del aire, las cuales se pueden relacionar con las altas emisiones de las industrias del sector y al alto flujo vehicular de carga que se desplaza hacia el norte del país.

En las zonas críticas fuente de emisión, predominan ciertos sectores industriales, por lo que podría atribuirse a estos como uno de los mayores aportantes de emisiones en estas zonas. Para la zona de la estación de la planta de San Fernando, existe un predominio del sector industrial de bebidas, alimentos, tabaco, seguido por el sector de cerámicos y vítreos y textil; para la zona de la estación de la Universidad de Medellín hay predominio del sector de cerámicos y vítreos; para la zona de la Universidad de Antioquia los sectores predominantes presentes son: bebidas, alimentos, tabaco, papel, cartón, pulpa, impresión y metalmecánica, y finalmente para la zona del norte del Valle para la estación de Girardota, predomina en la misma proporción el sector industrial químico y de cerámicos y vítreos. A esto se suma las emisiones por las fuentes móviles, ya que todas estas zonas están muy cerca de corredores viales de alto flujo vehicular.

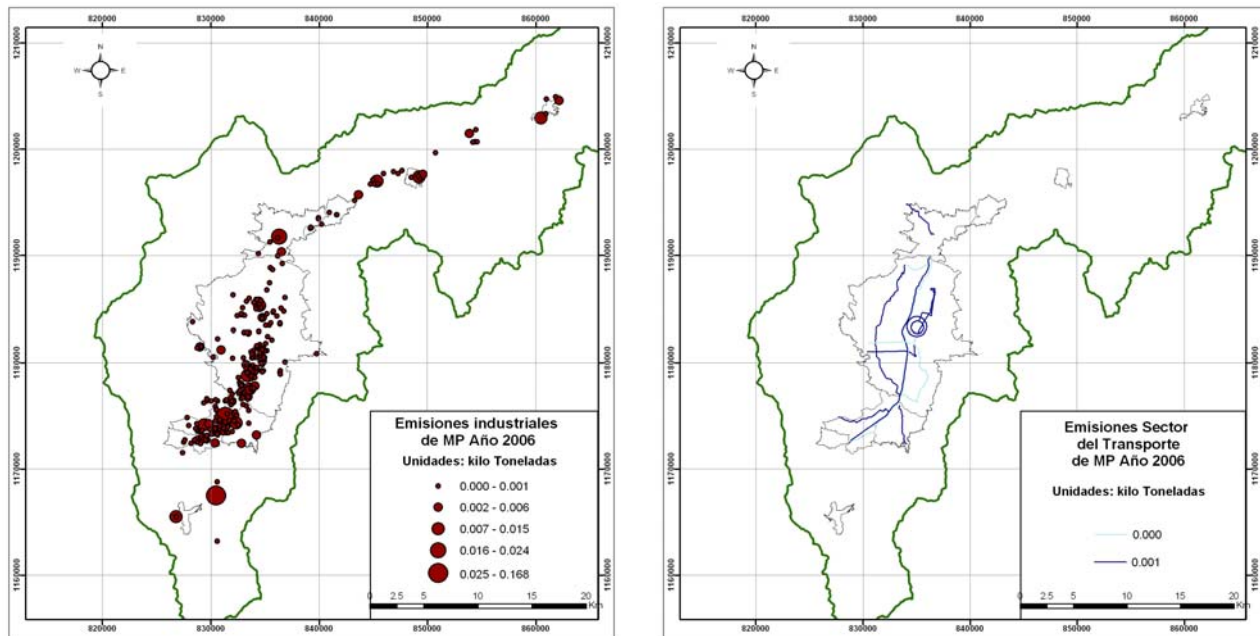


Figura 4.33. Mapas de emisiones EAE, 2006

Fuente datos: Unalmed, EPM, Área Metropolitana y UPB, 2005 y 2006. Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

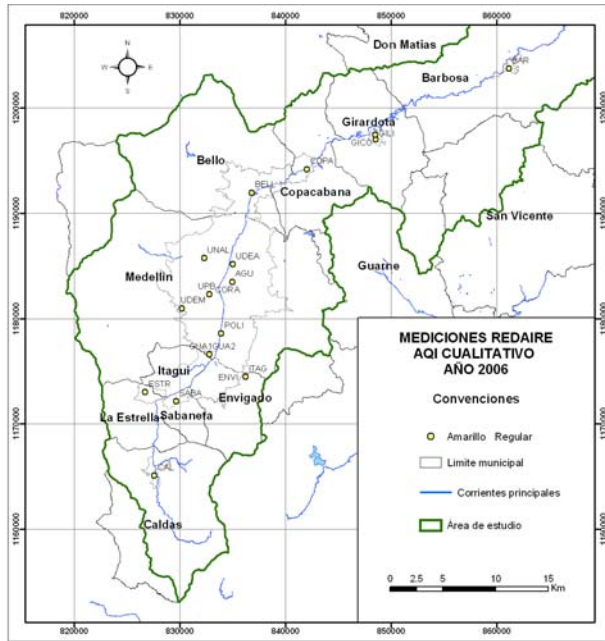


Figura 4.34. Índice de calidad del aire, 2006
Fuente datos: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB, 2006. Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

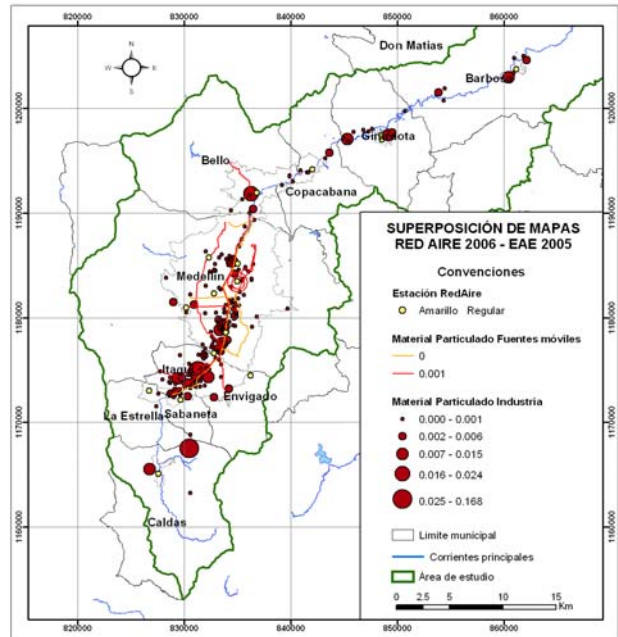


Figura 4.35. Mapa resultante general
Fuente datos: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

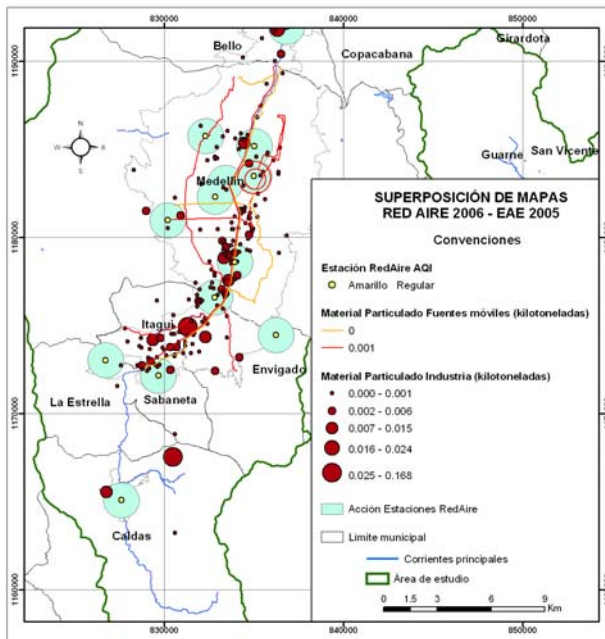
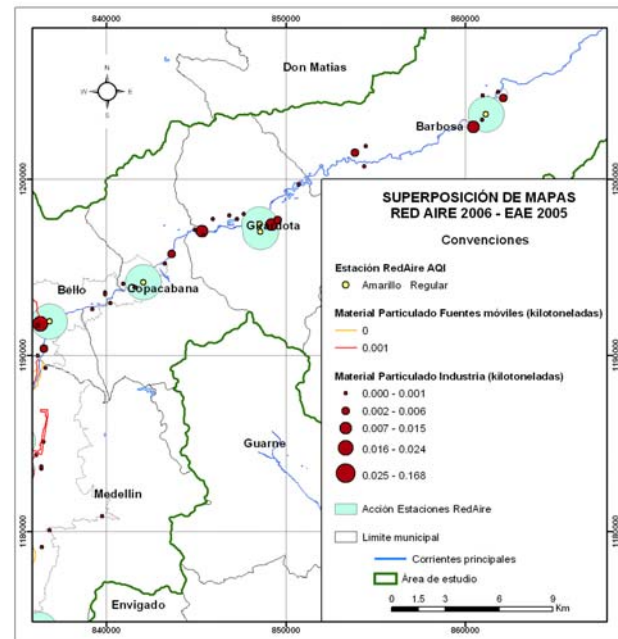


Figura 4.36. Mapas: zonas - fuentes críticas de emisión sur y norte del Valle de Aburrá
Fuente datos: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005. Área Metropolitana, UPB, 2006. Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



4.3.7 Análisis UPB - Línea base: Contaminación por Ozono (O₃)

Para el análisis de contaminación por O₃, se realizó la superposición de los mapas resultantes de la modelación UPB, 2006 con los ICA de las estaciones de Línea Base (la red de monitoreo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá sólo registra O₃ en una estación). Se busca analizar que tanto influyen sobre el deterioro de la calidad del aire (indicador ICA) las altas concentraciones de O₃ registradas en las estaciones.

Se parte del mapa de O₃ para las 12 del día, hora de mayores concentraciones del contaminante (ver sección 4.3.4) y el mapa de ICA para las estaciones rurales del Valle de Aburrá de Línea Base. La Figura 4.37 presenta el mapa resultante de la superposición.

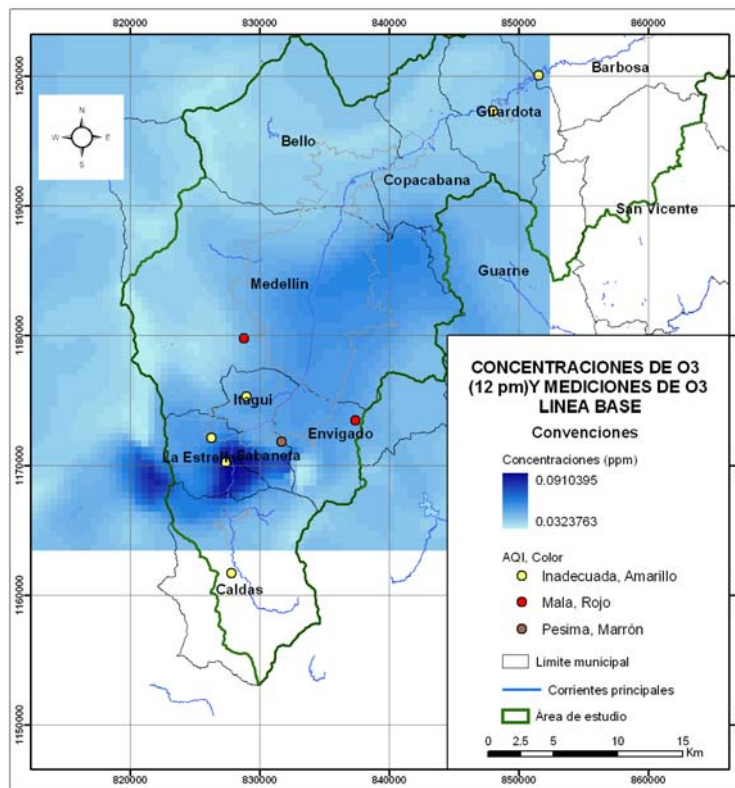


Figura 4.37. Mapa resultante análisis de O₃, UPB-Línea Base
Fuente: Área Metropolitana, UPB, 2006 – Línea Base, 2004 y 2006.

Del análisis de O₃ realizado en la sección 4.3.4 puede verse que las mayores concentraciones del contaminante se dan en la zona centro y sur del Valle de Aburrá. Las estaciones de línea Base cubren sólo las áreas rurales pero la representatividad de las mismas en la zona sur, permiten verificar el estado de la calidad del aire por presencia de O₃ en esa zona. Es importante considerar que los patrones de vientos arrastran contaminantes hacia el sur del valle por lo que puede considerarse como una zona que no

sólo es productora de emisiones, por la presencia de zonas industriales y por un importante flujo vehicular, sino que además es receptora de las emisiones del resto del Valle.

Los resultados de las concentraciones de O₃ en la estación de la Planta de Tratamiento de Aguas de San Fernando, también al sur del Valle, reportan concentraciones bajas que contradicen los resultados del análisis anterior, esto puede deberse a la altura de la estación, o a la presencia de obstáculos que pueden alterar la cobertura de la estación.

La importancia del análisis de la concentración de ozono troposférico, radican en que tiene efectos sobre la salud de los seres humanos. El O₃ es un irritante respiratorio y su influencia sobre la salud se basa en su toxicidad; el O₃ penetra las vías e irrita las mucosas y los tejidos pulmonares. La exposición a altas concentraciones del contaminante trae graves consecuencias como disminución de la función pulmonar, agravamientos asmáticos, falta de aliento, dolor de pecho en respiraciones profundas, respiración silbante y tos, e incluso siendo responsable del aumento de la mortalidad. Además existen grupos sensibles como los niños, grupo de mayor riesgo a la exposición, seguido por los adultos que realizan actividades físicas en el exterior y personas con enfermedades respiratorias como el asma o bronquitis crónicas (tomado en línea de: http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UJI/AVAILABLE/TDX-0415105-125337//capitulo2.pdf).

4.3.8 Análisis EAE 2005 – UPB – Red de monitoreo de la calidad del aire: Contaminación por CO

Para el análisis de contaminación por CO, se realizó la superposición de los mapas resultantes de la modelación EAE, 2005 (emisiones para el año 2006), UPB, 2006 y las mediciones de CO de las estaciones de la red de monitoreo para el año 2006. La Figura 4.38 presenta el mapa resultado de la superposición para el año 2006, tomando el mapa de concentración de CO para las 12 del día.

Se puede observar como las emisiones de CO se producen en su mayoría en el centro de la ciudad de Medellín y en los municipios del sur del Valle principalmente asociadas al tráfico rodado. Con las calificaciones del ICA de las mediciones de CO realizadas por la red de monitoreo, se puede confirmar que el centro de la ciudad de Medellín es una de las principales zonas fuente de emisión de CO.

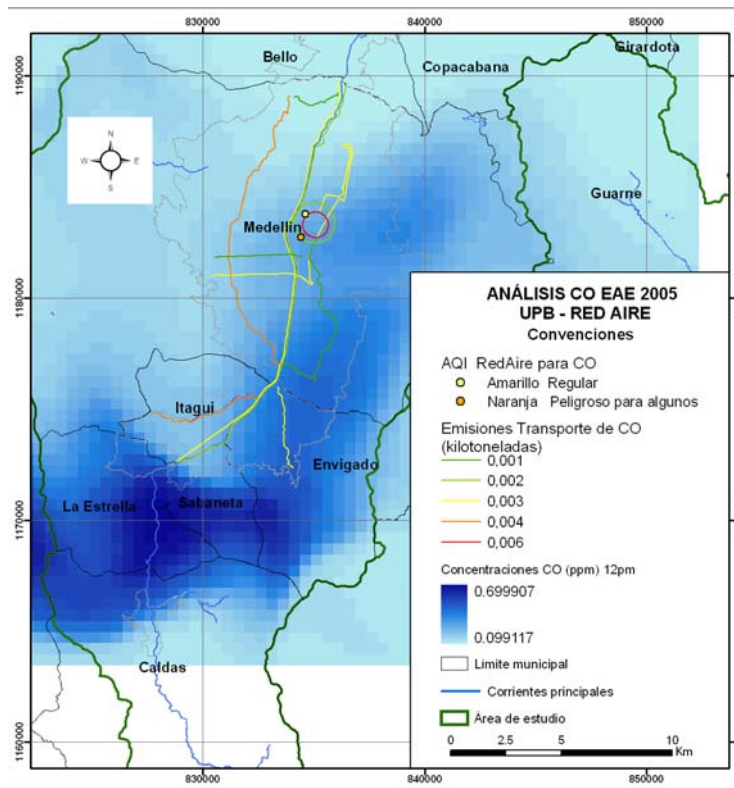


Figura 4.38. Mapa resultante análisis de CO, EAE-UPB-Línea Base
Fuente: Área Metropolitana, UPB, 2006 – Línea Base, 2004 y 2006.

En las horas de la mañana se empiezan a dar las mayores concentraciones de CO en el centro de la ciudad y a medida que avanza la mañana este se va dispersando hacia el suroeste del Valle, debido al calentamiento del suelo y a los fenómenos de turbulencia, sobrepasando las laderas, bajando hacia el cañón del río Cauca (Área Metropolitana, UPB, 2001). Se puede determinar como la zona centro se comporta como productora de CO y el sur se comporta tanto como productor como sumidero. Sin embargo no se presentan problemas generalizados por el contaminante de acuerdo a la norma, pero el aumento por zonas como se describió puede indicar riesgo bajo exposición continua.

4.3.9 Zonas críticas: resultado de los análisis conjuntos

Por medio del análisis conjunto realizado se pueden determinar las zonas fuentes críticas de emisión de contaminantes y las zonas donde la calidad del aire presenta un mayor deterioro.

Las problemáticas más relevantes identificadas en la cuenca se asocian a los contaminantes criterio TSP, PM10 y O₃. Estas problemáticas pueden clasificarse de la siguiente manera

▪ **Asociadas a las fuentes**

Los sectores industrial y transporte se constituyen en las fuentes más significativas de emisión de contaminantes de la región, seguidas por el sector de la construcción. Dada la diferente naturaleza de las acciones para trabajar sobre cada sector, se definen dos problemáticas asociadas a las fuentes

- Zonas críticas por influencia de fuentes fijas
- Zonas críticas por influencia de fuentes móviles

▪ **Asociadas a procesos de dispersión**

Los procesos de reacción fotoquímica y de dispersión de contaminantes definen zonas de la región donde las concentraciones de contaminantes como O₃ y gases pueden representar problemas de calidad del aire

Derivadas de dichas problemáticas pueden identificarse zonas críticas en la región de estudio donde las concentraciones de contaminantes definen situaciones problemáticas provenientes de las fuentes, los procesos de dispersión o ambos. Las zonas críticas se delimitaron, según el diagnóstico presentado, por el análisis conjunto de los valores de ICA, los modelos de dispersión y los modelos de estimación de emisiones: Se identificaron las estaciones de medición con valores de ICA inadecuados; a partir de los resultados del modelo de inmisiones se demarcaron zonas de alta concentración de contaminantes para la hora de mayor concentración de cada uno de estos contaminantes, estableciendo una relación entre las estaciones de medición y las zonas de dispersión; los resultados de la modelación de emisiones permitieron identificar las fuentes fijas y móviles de más representativas en términos de cantidades de emisión, ubicadas al interior y en las cercanías de las zonas demarcadas.

La metodología para la definición de “Áreas críticas” propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT en el Decreto número 979 de 2006 (MAVDT, 2006) consiste en la determinación de áreas de alta, mediana y moderada contaminación según los análisis de registros de las estaciones de las redes de medición, así como de umbrales de alerta y emergencia basados en análisis de episodios de contaminación. Para cada uno de ellos, según se especifica en el Decreto se presentan acciones de contingencia. Las zonas críticas propuestas en este trabajo tienen entonces

una naturaleza diferente a las propuestas por la ley al involucrar otros tipos de información provenientes de estimaciones y no sólo de mediciones y, su propósito principal es identificar las estrategias de disminución de la contaminación, basada en alternativas de mejora en las fuentes (al interior y cercanas a las zonas críticas) e identificar los usos del suelo presentes en la zona para el análisis de la interacción y posible afectación de los habitantes en la zonas críticas. La propuesta apunta a diseñar acciones complementarias a las de la ley en materia de análisis y diseño de proyectos de planeación, de producción más limpia, de movilidad y de ordenamiento territorial y en forma preliminar al diagnóstico y clasificación de las zonas críticas y el seguimiento de su evolución en el tiempo.

En la Figura 4.39 se muestran zonas críticas por PM10 y/o TSP, definidas a partir de los análisis conjuntos.

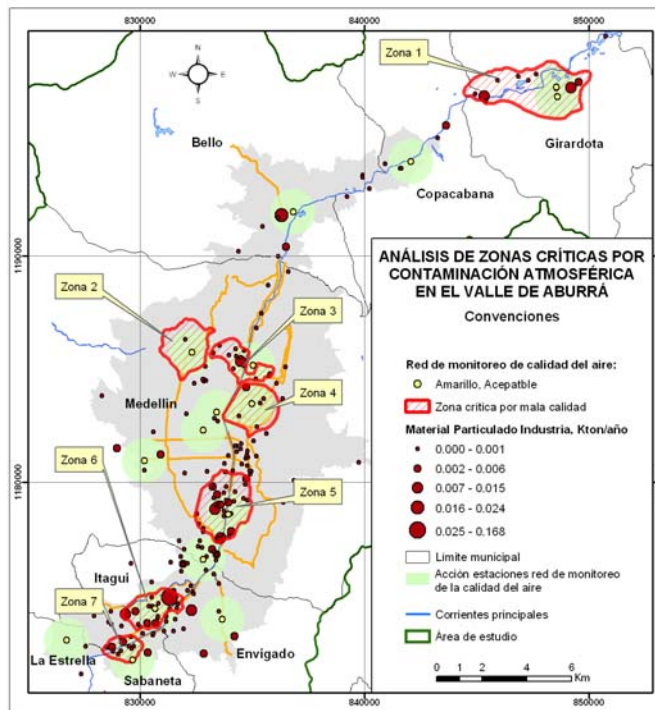


Figura 4.39. Zonas críticas -contaminación atmosférica - Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Zona 1

Ubicada en el norte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, entre los municipios de Girardota y Copacabana (ver Figura 4.40). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 84 Toneladas de MP10, representando el 9% de las

emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.5). Esta zona también se ve influenciada por las emisiones del sector transporte, por estar ubicada la vía por donde se desplaza parte del tráfico pesado que entra o sale del Área Metropolitana del Valle de Aburrá hacia el norte y oriente del país, sumado a esto el transporte colectivo público. Las emisiones del sector transporte fueron de 18.47 Toneladas de MP10, representando el 3.5 % de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.6). Consistentemente los valores de ICA para 2006 están en la categoría “Aceptable” en la zona.

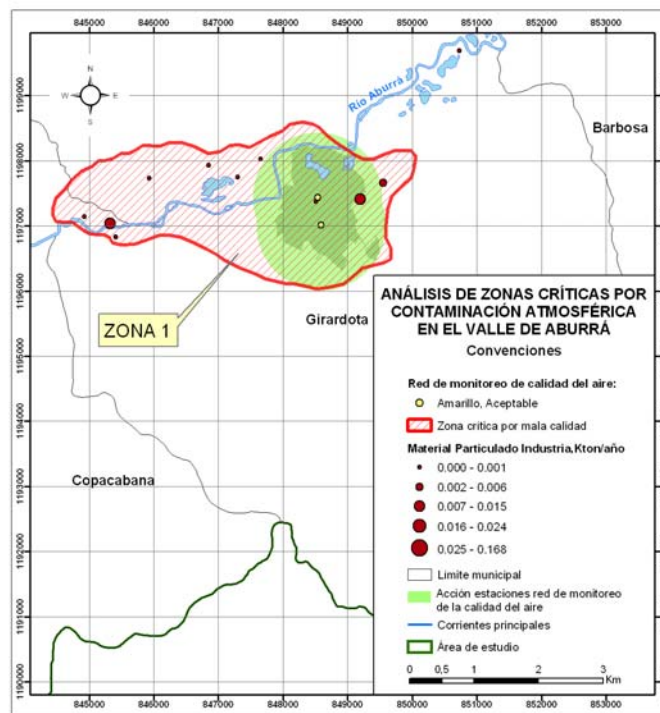


Figura 4.40. Zona crítica 1

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Zona 2

Ubicada en el centro occidente del municipio de Medellín (ver Figura 4.41). Esta es una zona que se caracteriza por presentar una problemática evidenciada por las altas concentraciones de PST, las cuales son registradas por las mediciones de la estación de Redaire ubicada en la Universidad Nacional Facultad de Minas; donde el índice de calidad del aire en 2006 varió entre el 70% y el 100% de concentraciones dentro del rango de regular y para 2007 presenta valores de inadecuado. La alta contaminación es debida a las emisiones por parte del tránsito vehicular, ya que por este punto pasan todos los

vehículos que se dirigen al occidente del departamento de Antioquia. También pasa por este sector la carrera 80, que es una de las vías mas congestionadas de la ciudad. Las emisiones anuales en el año 2006 por parte del sector transporte fueron de 9.06 Toneladas de TSP, representado el 1.7 % de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.6).

Zona 3

Ubicada en el centro de Medellín, en la Universidad de Antioquia y sus alrededores (ver Figura 4.41). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 48 Toneladas de MP10, representando el 5% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.5). Aunque se presenta una alta densidad industrial, existe una gran influencia de emisiones por parte del transporte público, donde las emisiones anuales en el 2006 fueron de 20.39 Toneladas de MP10 representando el 3.9% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.6).

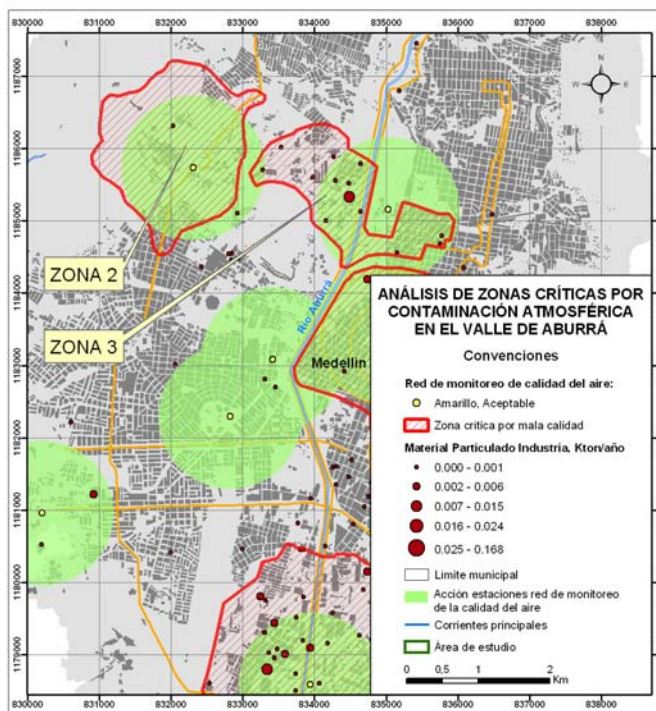


Figura 4.41. Zonas críticas 2 y 3

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Zona 4

Ubicada en el centro de la ciudad de Medellín (ver Figura 4.42); esta zona representa el 1% de las emisiones industriales en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, estas son equivalentes a 9 Toneladas de MP10 para el año 2006 (ver Tabla 4.5). Las altas emisiones se deben a que esta zona es la receptora de la mayor parte del transporte público del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Las estaciones de Redaire muestran altas concentraciones de CO en esta zona, evidenciando que el aporte del sector transporte es muy significativo. Las emisiones anuales en el 2006 fueron de 8.32 Toneladas de MP10, representando el 1.6% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.6). La Figura 4.38 muestra las concentraciones de CO modeladas por el proyecto UPB, 2006. Se puede ver como esta zona esta influenciada por concentraciones de CO de aproximadamente 0.3 ppm, que representan después de la zona 7 y al igual que en la zona 5 las concentraciones mas altas de CO en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Los valores de ICA para las estaciones presentan valores Regular e Inadecuado en varios episodios en el periodo analizado.

Zona 5

Ubicada en el sur del Municipio de Medellín (ver Figura 4.42). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 86 Toneladas de MP10, representando el 9% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.5). El índice de calidad del aire varió entre el 40% y el 60% de concentraciones dentro del rango de regular para el año 2006. Esta zona se encuentra influenciada por importantes corredores viales como parte de la Avenida Las Vegas, La avenida Regional y la Avenida Guayabal, que aportan altas emisiones de MP10. Las emisiones anuales de MP10 en el 2006 fueron de 34.43 Toneladas, representando el 6.6% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.6). La Figura 4.38 muestra las concentraciones de CO y se puede ver como esta zona esta influenciada por concentraciones de CO de aproximadamente 0.3 ppm, que representan después de la zona 7 y al igual que en la zona 4 las concentraciones mas altas de CO en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

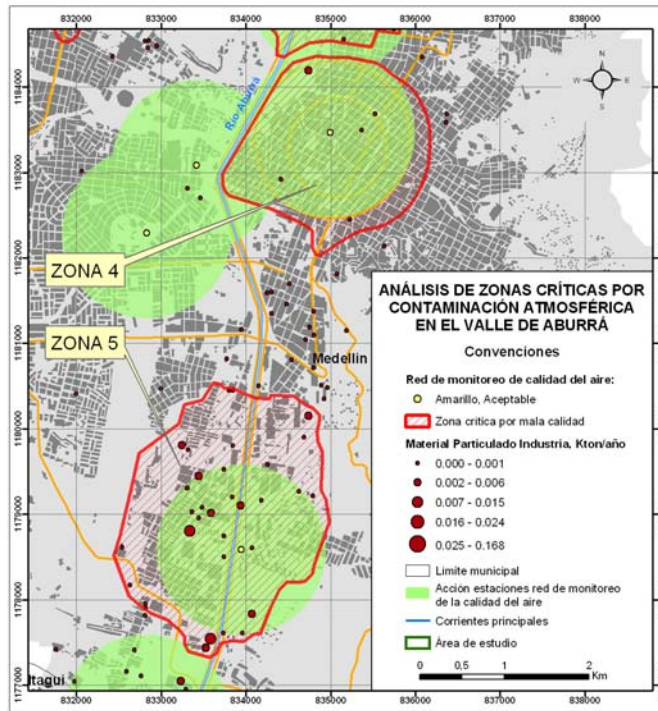


Figura 4.42. Zonas críticas 4 y 5

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Zona 6

Ubicada en el centro del Municipio de Itagüí (ver Figura 4.43). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 235 Toneladas de MP10, representando el 25% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, siendo la zona más crítica por emisiones industriales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.5). El ICA varió entre el 40% y el 70% de concentraciones dentro del rango de regular para el año 2006. Esta zona se encuentra influenciada por importantes corredores viales como parte de La avenida Regional, la Avenida Guayabal y el corredor vial de la quebrada Doña Maria que aportan altas emisiones de MP10. Las emisiones anuales de MP10 en el 2006 fueron de 24.69 Toneladas, representando el 4.7% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Tabla 4.6). Esta zona esta ubicada entre las zonas de mayor concentración de O₃ y CO (zona 7 y zona 5), aunque en esta las concentraciones no son más altas que las de sus zonas aledañas para las horas que se muestran en la Figura 4.37 y Figura 4.38, se espera que en el transcurso del día las concentraciones sean tan altas como estas, debido al patrón de dispersión, por lo que esta zona también se ve influenciada por estos dos contaminantes.

Zona 7

Ubicada en el municipio de Sabaneta (ver Figura 4.43). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 26 Toneladas de MP10, representando el 3% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 4.5). El índice de calidad del aire varió entre el 20% y el 50% de concentraciones dentro del rango de regular para el año 2006. Las emisiones anuales de MP10 en el 2006 por parte del sector transporte (ver Tabla 4.6) fueron de 25.69 Toneladas, representando el 4.9% de las emisiones totales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Aparte de las emisiones de MP en la zona 7, esta zona también presenta altas concentraciones tanto de O₃ como de CO, siendo de 0.09 ppm y 0.68 ppm respectivamente, y representando las concentraciones mas altas de estos contaminantes en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Tabla 4.5. Contaminación industrial por MP en las zonas críticas con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006

CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL POR MP10 CON RESPECTO AL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ							
Zona	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Emisión (Ton)	84	0	48	9	86	235	26
Porcentaje del Área Metropolitana	9%	0%	5%	1%	9%	25%	3%

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005.

Tabla 4.6. Contaminación sector transporte por MP en las zonas críticas con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006

CONTAMINACIÓN SECTOR TRANSPORTE POR MP10 CON RESPECTO AL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ							
Zona	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Emisión (Ton)	18.47	9.06	20.39	8.32	34.43	24.69	25.69
Porcentaje del Área Metropolitana	3.5%	1.7%	3.9%	1.6%	6.6%	4.7%	4.9%

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005.

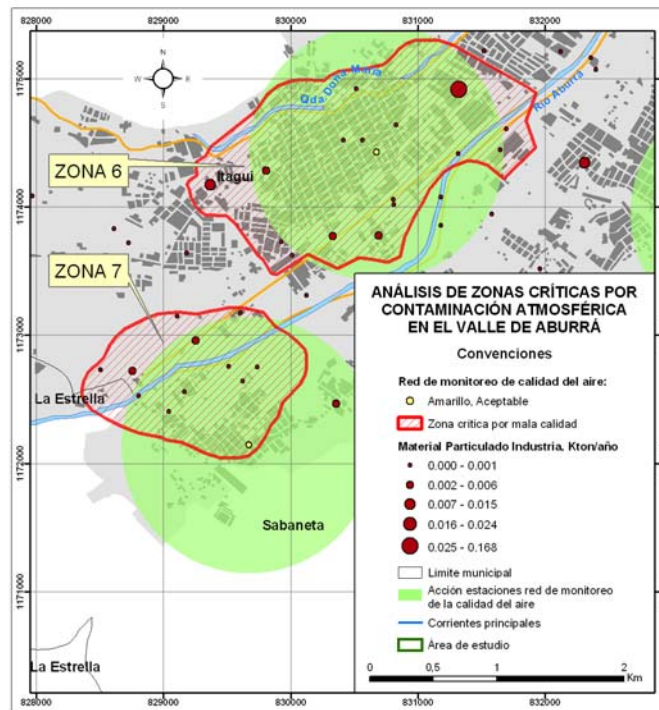


Figura 4.43. Zonas críticas 6 y 7

Fuente: Unalmed, EPM, Área Metropolitana, 2005 - Área Metropolitana, UPB, 2006 – Red de monitoreo de la calidad del aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Algunas conclusiones generales:

- Las mayores concentraciones de emisión de material particulado, están ligadas al sistema de movilidad principal en la región y a las zonas industriales: el sur del Valle (Itagüí, Envigado, Sabaneta y Caldas), la zona industrial en el norte del Valle, y el centro y sur del municipio de Medellín.
- La zona donde se da la mayor formación de O₃ corresponde a la zona sur del Valle de Aburrá, debido no sólo a su alta generación de emisiones de gases precursores, sino a la dirección predominante norte-sur de los vientos, que desplaza contaminantes de todo el Valle hacia esta región.
- Las emisiones de CO se producen en su mayoría en el centro de la ciudad de Medellín y en los municipios del sur del Valle, por causa principalmente del tráfico rodado y la actividad industrial.

Los indicadores asociados a las zonas críticas muestran el nivel de generación de emisiones y/o la concentración de contaminantes (inmisiones) de cada zona respecto al

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. A partir de dichos indicadores puede afirmarse que:

- La zona 6, centro del municipio de Itagüí, representó el 25 % de la generación de emisiones de MP al Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el año 2006, que es equivalente a 235 Toneladas anuales de MP10; por parte del sector industrial, y el 4.7% de la contaminación por MP10 por parte del sector transporte, equivalente a 24.69 Toneladas anuales de, mostrando que esta zona emite mas de $\frac{1}{4}$ parte de la contaminación por MP10 en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Teniendo en cuenta que en general los contaminantes se desplazan hacia el sur del Valle, este resultado indica que la población del municipio de Itagüí esta expuesta a altos niveles de emisión y concentración de Material Particulado.
- La zona 7 ubicada en el sur del Valle de Aburrá en el Municipio de la Estrella es la zona que presenta las más altas concentraciones de CO y O₃ con concentraciones de 0.68 ppm y 0.09 ppm respectivamente.
- La zona 5, ubicada en el sur del municipio de Medellín, es la que más aporta contaminación por MP, por parte del sector transporte, 6.6% con respecto al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, que es equivalente a 34.43 toneladas al año de MP. En la zona 2, ubicada en el centro occidente del municipio de Medellín, Facultad de Minas de la Universidad Nacional Sede Medellín, se detecto una gran problemática asociada a la contaminación por MP, la cual se comprueba por medio de las mediciones de la estación de medición ubicada en este punto, donde el índice de calidad del aire vario entre el 70% y el 100% de concentraciones dentro del rango de regular para el año 2006. Cabe decir que para los años anteriores los resultados del ICA son muy similares. Los resultados descritos anteriormente son los más relevantes de acuerdo a los análisis hechos en este trabajo.

Como conclusión final, se puede decir que por medio de los resultados obtenidos se realizaron análisis mas precisos, cuantitativos, e integrados entre diferentes investigadores, sobre las problemáticas más evidentes en contaminación atmosférica en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, detectando las zonas donde se dan las mayores concentraciones de contaminantes e identificando también las zonas fuentes que emiten estas concentraciones y las zonas que son tanto productoras como receptoras de la contaminación, lo cual permitirá en un futuro tomar decisiones en cuanto a la planificación y ordenación del territorio.

Para concluir, puede considerarse que las zonas críticas por contaminación atmosférica propuestas, son robustas dado que para su definición se consideraron diferentes investigaciones y se contó con el consenso de los diferentes grupos de trabajo -

especialistas en las líneas de trabajo consideradas en los proyectos de análisis. La propuesta metodológica para esta definición es un aporte novedoso, importante para la consolidación del trabajo en gestión de la calidad del recurso aire en la región metropolitana. Los resultados aportan elementos de decisión a las entidades competentes para la gestión ambiental y territorial y especialmente ofrece elementos prospectivos para la definición del trabajo a realizarse en los próximos años.

Es importante entonces seguir profundizando en cada una de las investigaciones que aportaron a este análisis para reducir los niveles de incertidumbre generales, y mejorar los resultados y por tanto los argumentos para el apoyo a la toma de decisiones.

4.3.10 Otros elementos de diagnóstico

En contaminación atmosférica, a diferencia de otros recursos naturales, no puede hacerse remediación en el sitio contaminado (con la tecnología disponible hoy), sino que las estrategias deben apuntar a la prevención y descontaminación desde la fuente. Así, es importante abordar algunos de los elementos asociados a las llamadas “ineficiencias” en los sectores industria y transporte, y a los impactos de las deficiencias normativas sobre la calidad del recurso.

Para los sectores Industria y transporte, los principales factores de ineficiencia son: utilización de combustibles de bajas especificaciones de calidad en ambos sectores, prácticas obsoletas de transformación y producción y no implementación de sistemas de control de emisiones en la industria; sistema de movilidad no integrado, edades avanzadas del parque automotor y aumento del parque automotor privado y público de pocos pasajeros en el sector transporte.

Gran parte de los proyectos estratégicos para la región, no sólo para el mejoramiento de la calidad del recurso sino para la productividad, la movilidad y el desarrollo en términos más amplios, giran en torno a la producción más limpia en la industria y la consolidación de un sistema integrado de transporte metropolitano con privilegio del transporte colectivo sobre el individual, elementos que también deben señalarse como clave para jalonar una mejora significativa de la calidad del aire en la región metropolitana. Adicionalmente la mejora en la calidad de los combustibles es uno de los temas de trabajo fundamentales en las políticas regionales y nacionales como estrategia de mejora ambiental en todos los campos.

En términos de los impactos de la contaminación atmosférica debe hacerse necesaria referencia al análisis normativo, a presentarse en la sección 4.3.11, y a los impactos mismos sobre la salud pública, los bienes y la calidad de vida.

Algunos elementos se discuten a continuación.

▪ Calidad de los combustibles

Se presentan elementos de discusión sobre los principales combustibles en la canasta energética de la región. En la sección 4.3.5 puede consultarse la configuración de dicha canasta para la región.

El diésel en Colombia

Uno de los principales factores asociados a la contaminación debida al transporte en Colombia y en el Valle de Aburrá es la calidad de los combustibles, especialmente el alto contenido de azufre del diesel producido en el país (4500 ppm), el cual al año 2004 solo era excedido en América del Sur en contenido de azufre por Paraguay y Uruguay⁴.

“El azufre es un componente natural del petróleo crudo y en consecuencia se encuentra tanto en la gasolina como en el diesel. Cuando estos combustibles son quemados, el azufre se emite como dióxido de azufre (SO₂) o como partículas de sulfatos. Cualquier reducción en el contenido de azufre en los combustibles disminuye las emisiones de estos compuestos y cuando este contenido disminuye más allá de cierto punto, el beneficio aumenta hasta una disminución importante de las emisiones totales de contaminantes”⁵.

Tomando como referencia dos de las estaciones de monitoreo de la red de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire en el Valle de Aburrá, ubicadas en Guayabal y en el Centro de la ciudad de Medellín, se obtuvo, mediante estudios realizados por el Politécnico Jaime Isaza Cadavid en el año 2004⁶, que para el centro de la ciudad de Medellín el diésel aporta un 24% de las emisiones de partículas suspendidas totales, PST (principalmente proveniente de fuentes móviles), y en Guayabal un 46% proveniente de tráfico rodado y fuentes industriales entre otras que operan con el combustible. Estos resultados muestran como en el Valle de Aburrá las emisiones de Material Particulado están fuertemente influenciadas por el uso del diesel como combustible en procesos industriales y tráfico pesado y colectivo público en transporte.

4 Situación de la industria del petróleo y las oportunidades para los biocombustibles en Colombia. Enfoque sistémico para el Control de emisiones vehiculares. Presentación ECOPETROL, foro Debate Energía Ambiente, Medellín Mayo 31 de 2007.

5 Blumberg K., Walsh M., Pera C., Gasolina y Diesel de Bajo Azufre: La Clave para Disminuir las Emisiones Vehiculares, Fundación Hewlett, Mayo de 2003.

6 Gomez, M. Correlacion entre fuentes de PTS y la contaminación existentes en dos zonas de estudio, Medellín Antioquia, Colombia, 2004. Presentación en el primer congreso colombiano de calidad del aire. Manizales, 2006.

El fenómeno de la dieselización está ampliamente documentado y según ECOPETROL es irreversible. Sólo a través de una adecuada política de precios y el fomento de otros combustibles se podrá generar una desaceleración en el crecimiento de la demanda de diesel. Hasta el año 2020 se espera un crecimiento de la demanda de crudo del 1.2%, que significa un aumento de las reservas de crudos agrios (alto contenido de azufre) para la producción de diesel.

Históricamente ECOPETROL ha estado desde principios de la década del 90 en proceso de mejora de los combustibles en Colombia, que empezó con la eliminación del plomo en el año 1991. Dentro de estas políticas de mejoramiento se ha tenido especial interés en el mejoramiento del Diesel, primero reduciendo la concentración de azufre de 5000 ppm a 4500 ppm en el lapso de dos años entre 1990 y 1992. A partir del año 2001 con la entrada en operación del Transmilenio se empezó la comercialización para la Capital de la Republica del Diesel Extra (o Diesel Ambiental), ACEM, el cual a partir de mezclas con diesel de mejor calidad alcanza una concentración de 1200 ppm.

Por otro lado los planes de mejora de los combustibles de ECOPETROL han venido sufriendo retrasos continuos desde el 92, pero se ha venido gestionando la puesta en marcha de los mismos a raíz de los problemas generalizados de calidad del recurso en el país y el atraso de este respecto a las normas internacionales. El plan presentado por ECOPETROL tiene el siguiente cronograma:

Actual: ACPM de 4500 ppm y ACEM de 1200 ppm; 01-julio-2007, ACPM de 4000 ppm y ACEM de 1000 ppm; 01-julio-2008, ACPM de 3000 ppm y ACEM de 1000 ppm; 31-diciembre-2010, ACPM de 500 ppm y ACEM de 50 ppm;

Mientras que Colombia para el año 2010 planea tener un diesel ambiental de 50 ppm de azufre sólo para el sistema de transporte masivo de la capital y uno de 500 ppm para todo el país, en los países de la unión europea la norma comunitarias actual es la norma EURO III que plantea 50 ppm para el diesel y se plantea para 2009 la norma EURO IV que impone 10 ppm. En diferentes estados de Estados Unidos, se está desincentivando el uso del diesel que a pesar de ser EURO IV, se plantea como un combustible altamente nocivo para la salud.

Es importante entonces vigilar el cumplimiento de los planes de ECOPETROL y el compromiso del gobierno nacional con estas iniciativas pues es indiscutible la necesidad urgente de mejoras sustanciales en la calidad del combustible, máxime cuando una meta de 2010 – 500 ppm parece insuficiente para la región.

En el caso de Santiago de Chile, el cual paso en el año 2004 a un diesel de 50 ppm, se estimó tras un mes monitoreo que la reducción de contaminación en la ciudad fue de

21% en emisiones de material particulado al comparar con cifras de los inventarios de emisión del año 2000 en el cual se tenía un diesel con un contenido total de 300 ppm de azufre⁷.

Los beneficios de las tecnologías empleadas en los combustibles en los países de la comunidad europea y en los Estados Unidos:

Los combustibles de bajo azufre (~50 ppm)

Permiten mayores beneficios al incorporar tecnologías avanzadas de control para vehículos diesel. Los filtros de partículas del diesel pueden usarse con combustibles de bajo azufre pero sólo alcanzan un 50% de eficiencia de control, aproximadamente. La reducción catalítica selectiva puede aplicarse en este caso para lograr un control de emisiones de NO_x superior al 80%.

Combustibles de ultra bajo azufre (~10 ppm)

Permiten el uso de equipo de absorción de NO_x, incrementando su control hasta niveles superiores al 90%, tanto en vehículos a diesel como de gasolina. Esto permite diseños de motores más eficientes, que son incompatibles con los actuales sistemas de control de emisiones. Los filtros de partículas alcanzan su máxima eficiencia con combustibles de ultra bajo azufre, cerca del 100% de reducción de PM.

Los estudios muestran que los beneficios de la reducción de azufre en combustibles rebasan con mucho los costos de inversión, si bien ésta es significativa. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) encontró que los beneficios ambientales y en la salud humana asociados a la reducción de azufre fueron diez veces más elevados que los costos (este estudio consideró normas de emisión contingentes más estrictas para combustibles de bajo azufre). Más aún: un estudio europeo demostró que los combustibles de ultra bajo azufre reducen significativamente los costos totales, incidiendo directamente en un mayor rendimiento del combustible. El considerable potencial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero es un beneficio adicional a los impactos positivos sobre la salud, sobre el ambiente y otros, derivados de la reducción del azufre⁸.

⁷ 21% Menos de Contaminación del transporte en Santiago. [artículo en Internet]. <http://www.conama.cl/rm/568/article-30177.html>. [Consulta: 16 de Agosto de 2007]

⁸ Blumberg K., Walsh M., Pera C., Gasolina y Diesel de Bajo Azufre: La Clave para Disminuir las Emisiones Vehiculares, Fundación Hewlett, Mayo de 2003.

Al respecto mucho se ha discutido sobre la pertinencia en materia ambiental de la selección del combustible para los sistemas de transporte de mediana capacidad como Metroplús para el caso de la región Metropolitana. Las alternativas analizadas para los primeros tramos son básicamente gas natural vehicular y diesel. Los argumentos en términos de la calidad del diesel y sus impactos ambientales son desalentadores en el país mientras que el gas natural que ofrece ganancias ambientales significativas, ofrece dificultades de costos asociados al sistema. Sin embargo y con base en el párrafo anterior, los beneficios ambientales y en términos de salud pública deben ser valorados como una apuesta ambiental.

Vale la pena resaltar la importancia de la implementación de un sistema de transporte masivo de mediana capacidad y en general de un sistema integrado de transporte metropolitano como estrategia necesaria para la reducción de contaminantes y mejora de la calidad del aire. La mejora del combustible en si misma es una condición necesaria e importantísima para la solución del problema pero solamente su combinación con la mejora e integración de los sistemas de movilidad y de producción industrial ofrecerán mejores resultados que perduren en el tiempo.

Gas Natural

Una de las iniciativas más importantes en términos de penetración de combustibles limpios es la política de masificación del gas natural.

La demanda de este combustible viene creciendo de forma continua y moderada y ante las perspectivas de uso en grandes industrias y sistemas de transporte masivo de mediana capacidad en el país, se ha venido debatiendo sobre las reservas y disponibilidades. Al respecto:

Tomado del Periódico El Tiempo, Abril 3 de 2007 y del boletín Industrial # 17 de Gas Natural.

En el país se están produciendo al menos 922 millones de pies cúbicos diarios de gas pero los contratos firmados, según Ecopetrol, están por el orden de los 930 millones de pies cúbicos diarios.

Si bien Colombia tiene reservas de gas natural para unos 25 años, la producción diaria depende hoy principalmente de los campos de La Guajira y Cusiana en el Casanare, que están decreciendo. "Claramente la demanda (de gas) recientemente ha alcanzado la capacidad de producción disponible", dijo el presidente de Ecopetrol, Javier Gutiérrez, en el congreso de Naturgás llevado a cabo en Cartagena.

Gutiérrez señaló que justamente ese ha sido uno de los temas más complejos de la negociación comercial con Venezuela para la venta de gas, porque el Gobierno hizo énfasis en que primero estaba el abastecimiento interno.

Para evitar problemas con el abastecimiento interno, las exportaciones a Venezuela serán inicialmente de apenas 50 millones de pies cúbicos por día en el 2008 y solamente en el 2009 subirán a 150 millones de pies cúbicos diarios, según informó Ecopetrol.

En el 2012 Venezuela comenzará a venderle 39 millones de pies cúbicos/día a Colombia para llegar a 288 millones en el 2016, para con esta medida poder hacer que la vida útil de los campos en la Guajira aumenten en 16 años.

De hecho, el Ministerio de Minas expidió un decreto que ordena que en caso de un racionamiento la prioridad la tendrá el consumo interno y las exportaciones pasarán a último lugar.

Lo que viene

El reciente descubrimiento de la canadiense Pacific Stratus Energy en Sincé (Sucre) es la nueva esperanza gasífera de Colombia aunque su desarrollo pleno tardará un tiempo.

Aunque aún no se han probado sus reservas, el pozo La Creciente 1 comenzaría a producir 30 millones de pies cúbicos por día de forma continua a partir del segundo semestre del 2007.

La otra promesa es el pozo Gibraltar de Ecopetrol, localizado en límites entre Boyacá y Norte de Santander, pero sólo se dispondría de él en el cuarto trimestre del 2008.

Ecopetrol y BP están en conversaciones para ampliar la capacidad de procesamiento de gas de Cusiana de 200 millones de pies cúbicos por día a 480 millones de pies cúbicos.

De acuerdo con las obligaciones de la estadounidense Chevron, en la extensión del contrato de asociación de La Guajira, la compañía invertirá en compresión en los campos de Chuchupa, con lo cual se controlará temporalmente la declinación de la producción a partir del segundo semestre de 2008, según el ministro de Minas, Hernán Martínez.

Finalmente, a más largo plazo se espera encontrar nuevas reservas de gas en el mar Caribe, en el bloque Tayrona, en el que son socias, Petrobrás, Ecopetrol y ExxonMobil.

Situación actual

Las estadísticas demuestran que durante los últimos seis años, la producción de gas en Colombia ha registrado un crecimiento continuo al pasar de 575 millones de pies cúbicos por día, en el año 2000, a 680 millones de pies cúbicos por día en el 2006. El último dato de reservas disponibles entregado por la ANH indicaba que el país contaba con 7.350 gigapies cúbicos.

Los sectores que registraron mayores crecimientos durante el 2006 fueron la industria, con un 13,8% anual, el transporte (60%) y el residencial (6.5%).

Las diferentes autoridades en el tema coinciden en afirmar que la evidente expansión del consumo requiere asegurar el más alto nivel de confiabilidad en el abastecimiento para todos los usuarios. Para lograr tal objetivo, señalan que es urgente que el Gobierno Nacional y, en particular, el ente regulador defina unas condiciones que permitan la construcción de infraestructura de respaldo.

“Las decisiones de política, legislativas y regulatorias del año 2007 serán fundamentales para garantizar la conexión de miles de nuevos usuarios y los más altos niveles de confiabilidad y calidad del servicio”, puntualizó Uribe.

Según las proyecciones de Ecopetrol, sus estadísticas indican que, en promedio, cada vehículo de servicio público que se convierte a gas natural, sustituye el equivalente de 6 galones de gasolina por día, lo cual, genera una sustitución de 28,000 barriles por día de gasolina en los niveles actuales.

Según estimaciones se espera que a finales de 2007 existan unos 230,000 vehículos convertidos a gas natural, los cuales sustituirán cerca de 16,000 barriles por día de gasolina.

Otros Combustibles usados en la región metropolitana

La mala calidad del diesel es uno de los temas centrales de discusión a nivel nacional como se enunció. Además de éste, la calidad de los otros combustible empleados en la región es también determinante de la calidad del recurso aire y por ello se presentan algunas de las conclusiones más importantes del análisis de la calidad de los combustibles usados en los sectores industria y transporte de la región, adelantado por la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá durante el período 2005 – 2007 (Área Metropolitana, Unalmed, 2007).

En el sector transporte se evaluaron los combustibles: Gasolinas, Diesel, Avigas y Jet A. La mayoría cumplen con las condiciones y normas técnicas empleadas para la valoración

de la calidad de los combustibles y los estándares de calidad determinados por la normatividad colombiana vigente. Se encontraron algunos problemas por concepto de almacenamiento para el diesel y contenido de gomas en las gasolinas. El exceso de gomas puede ocasionar daños y un mal funcionamiento en los motores y posiblemente una combustión ineficiente que puede conllevar a cambios en las concentraciones de emisiones de contaminantes, claro que para concluir al respecto se debe de realizar un estudio más profundo.

Para el sector industria se evaluaron los combustibles: aceite procesado, aceite usado, combustibles DA No. 1, crudo liviano, crudo rubiales, fuel oil y mezclas. Se encontró que en general no cumplen con la norma de referencia empleada para evaluar su calidad; tienen problemas en contenido de agua y sedimentos, contenido de cenizas, contenidos de residuos carbonosos, poder caloríficos, entre otros. Lo anterior coincide con los inventarios de emisiones industriales que son los mayores aportantes en la región metropolitana.

En la región la combustión de carbón y madera en calderas y hornos aportan cerca del 15% del TSP del Valle de Aburrá y la combustión de fuel oil aporta cerca de 8% del mismo contaminante (Gómez, 2005). Así, el seguimiento de estos energéticos es muy importante.

Los mayores consumidores de carbón son las empresas del sector textilero, las ladrilleras, curtumbre, pigmentos y bebidas. El carbón de mejor calidad se consume en las ladrilleras, y el de menor calidad es consumido en el sector textilero, el cual a su vez es el que mas carbón consume pero cuenta en general con controles de emisiones en los equipos.

En cuanto al consumo de madera, el estudio señala que las emisiones de azufre debidas a la combustión de madera son más relevantes en el municipio de Itagüí. El sapan es la madera que presenta las mayores emisiones de azufre en su combustión.

▪ Contaminación del aire como problema de salud pública

Según la Organización Mundial de la Salud (Ginebra, 1999), “los logros obtenidos en la gestión de la calidad del aire, en muchos países en desarrollo, respaldan su creciente bienestar económico y social. Se ha comprobado que la adecuada gestión de la calidad del aire, mejora la salud pública, ya que la contaminación está asociada con el incremento de pacientes ambulatorios, de ingresos a hospitales y de mortalidad debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Estimados recientes del aumento de mortalidad diaria indican que en una escala mundial, la causa de 4 a 8% de las muertes prematuras se debe a la exposición a partículas en ambientes exteriores e interiores y que alrededor de 20 a 30% de todas las enfermedades respiratorias ocurren por la

contaminación del aire en exteriores e interiores. Se supone que sin aire limpio, el desarrollo económico adecuado se vuelve prácticamente imposible y los conflictos sociales, inevitables.”

Se ha comprobado y documentado ampliamente la relación entre la contaminación atmosférica y el deterioro de la salud humana. Los estudios actuales están enfocados entonces a evidenciar y cuantificar dichas relaciones para el diseño e implementación de planes de prevención y descontaminación.

El contaminante monitoreado que genera mayor preocupación hoy es el material particulado. El material particulado menor a 10 micrómetros, PM10, penetra con facilidad hasta en las estructuras más pequeñas de las vías respiratorias (e incluso transporta virus y bacterias); esto causa inflamación, aumenta el riesgo de infecciones y, a la larga, afecta los sistemas respiratorio y cardiovascular. Advierten que ello tiene directa incidencia en los índices de morbilidad y mortalidad por enfermedad respiratoria y cardiovascular, sobre todo en población vulnerable (niños y personas de la tercera edad). Las partículas con diámetro menor a 2.5 μm pueden llegar a ser alojadas incluso en los alvéolos pulmonares (En la actualidad este parámetro no es monitoreado ni exigido por la legislación colombiana). Otros contaminantes también afectan la salud como se ha mencionado en distintos apartes del informe. Existe amplia documentación en el tema.

Los efectos en salud pública derivados de la contaminación tienen también un efecto muy importante en la economía del país por concepto de incapacidades laborales, hospitalización, consulta y muerte. El deterioro de la salud y la muerte tienen consecuencias sobre la productividad de una sociedad. Hoy se ha adoptado en el mundo el concepto de “Años de vida potencialmente perdidos”, AVPP, que hace referencia a los años perdidos por una persona respecto a la esperanza de vida, por efecto de la enfermedad.

Para el caso de la contaminación atmosférica, la Unión Europa ha realizado extensos estudios del indicador AVPP y pueden encontrarse datos de la sumatoria total de años perdidos de vida como un indicador de alerta para una sociedad.

El análisis de indicadores de AVPP y la cuantificación de otros indicadores económicos derivados de los costos de la enfermedad, aportan en la construcción de argumentos para la viabilización de proyectos para la prevención de contaminación atmosférica y el desarrollo de diferentes programas de producción más limpia.

Para Colombia se han realizado algunos estudios a partir de cifras agregadas, permiten ilustrar la magnitud del problema:

El estudio del Banco Mundial, publicado en agosto de 2004, señala que en Colombia hay anualmente 6,040 muertes causadas por contaminación atmosférica de las cuales cerca de 1,100 estuvieron relacionadas con la contaminación al interior de las viviendas por el uso de leña, carbón u otros combustibles sólidos para cocinar. Para el año 2004 hubo en el país 7,400 nuevos casos de bronquitis crónica, 13,000 hospitalizaciones y 225,000 visitas a salas de emergencia por males respiratorios.

El estudio revela que en general los efectos de la degradación ambiental le cuestan a Colombia cerca de 7 billones de pesos al año, unos 3,500 millones de dólares. Los problemas que más le cuestan al país son la contaminación atmosférica urbana, los deficientes servicios de abastecimiento de agua potable, los desastres naturales y la degradación de los suelos. Sobre la contaminación del aire, el informe señala que la mayor parte de los costos inherentes a ella están relacionados con la mortalidad y la morbilidad, especialmente en niños.

El Banco Mundial señaló que en el caso del aire de Bogotá, la concentración del nivel de partículas en la atmósfera es semejante "a la de otras ciudades latinoamericanas afectadas por problemas graves de contaminación", entre las que se cuentan ciudad de México y Santiago de Chile. Otras urbes como Medellín, la segunda ciudad en población luego de Bogotá, y Bucaramanga reportan niveles de contaminación superiores a los de Sao Paulo, Los Ángeles o Tokio.

4.3.11 Análisis de la normatividad respecto a fuentes de emisión y su relación con los usos del suelo

La temática de la contaminación atmosférica ha generado en nuestro país una extensa normatividad. Dentro de este compendio, la problemática asociada a las "fuentes fijas de emisión" ocupa gran parte del esfuerzo regulatorio. Además la regulación del recurso aire comprende, de manera general, la calidad del aire, fuentes móviles de emisión, calidad y manejo de combustibles, manejo y eliminación de residuos peligrosos, emisión de ruido y ruido ambiental y, emisión de olores.

El Decreto 948 de 1995 define a las "fuentes de emisión", como aquellas actividades, procesos u operaciones, realizadas por los seres humanos, o con su intervención, susceptibles de emitir contaminantes al aire. Como "fuente fija" se define la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

La ley define por "contaminantes" a los 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; específica que “contaminación atmosférica” es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

La misma norma define “emisión” como la descarga de una sustancia o elementos al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil. Se precisa que la emisión puede ser ruido, el cual consiste en la presión sonora que generada en cualquier condición, trasciende al medio ambiente o al espacio público.

La regulación vigente sobre las fuentes fijas de emisión, se encuentra conformada por una normatividad general y específica, de la que se puede mencionar como destacado, el código de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Decreto Ly 2811 de 1974), la Ley 99 de 1993, el Código sanitario (Ley 9 de 1979), el Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud (hoy Ministerio de la Protección Social), y los Decretos 948 de 1995 y 979 del 2006. A su vez el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT), ha emitido las resoluciones 058 del 2001, 886 del 2004, 601 y 627 del 2006.

En lo referente a “usos del suelo”, se aborda el análisis a partir de la ley 388 de 1997 que ha desarrollado el ordenamiento territorial. Esta última norma en su capítulo cuarto, presenta la clasificación del suelo como herramienta de la planificación del territorio de los municipios y distritos.

▪ **Reseña de la evolución normativa del uso, aprovechamiento y manejo del recurso aire.**

Antecedentes

Para abordar la evolución normativa asociada al recurso aire se hace necesario mencionar inicialmente, los orígenes de la reglamentación ambiental del aire en nuestro país.

Antes de la promulgación de la Ley 99 de 1993, regían en Colombia normas para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, como el Código Sanitario (Ley 9 de 1979) y la ley 23 de 1973 que concede facultades al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.

En la Legislación Ambiental Colombiana, las normas básicas que introducen en el contexto nacional una serie de conceptos básicos relacionados con el tema del aire, son el Código de los Recursos Naturales (Decreto-Ley 2811 de 1974), el Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud y el decreto 948 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente (MAVDT); los desarrollos mas recientes son las resoluciones 058 del 2001, 970 del 2001, 458 del 2002, 886 del 2004, 601 y 627 del 2006.

El 11 de enero de 1982, mediante el Decreto 02 de 1982 el Ministerio de Salud, reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto-Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

Con la expedición de la Ley 99 de 1993 se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA- y se dictan otras disposiciones.

Teniendo en cuenta las normas consagradas en la Ley 99 de 1993 y demás normas concordantes, se expide el Decreto 948 de 1995, por el cual se reglamentan parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 09 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

El Decreto 948 de 1995 contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire, donde se consagran las normas y principios generales para la protección atmosférica, como los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.

En su artículo 5 define como normas de protección para la calidad del aire las que desarrollan los siguientes ejes: calidad del aire o nivel de inmisión, inmisión o descarga de contaminantes al aire, emisión de ruido, ruido ambiental, evaluación y emisión de olores ofensivos.

Actualmente este decreto se encuentra en proceso de desarrollo, mediante regulaciones que permitan su aplicabilidad, las cuales contienen normas específicas para emisiones de

fuentes fijas, fuentes móviles, calidad de combustibles, incentivos económicos y otras disposiciones.

Calidad del aire

Este tema era regulado por el Decreto 02 de 1982 emitido por el entonces Ministerio de Salud; posteriormente el Decreto 948 de 1995 en sus artículos 6 y 7 fijó el marco para la expedición de la norma de calidad de aire o nivel de inmisión, al igual que sus clases.

Posteriormente el Decreto 979 del 2006 reformó lo contenido por el Decreto 948 de 1995 en lo concerniente entre otros temas con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire, en lo referente a las clases de normas de calidad del aire o de los distintos niveles periódicos de inmisión.

La norma de calidad de aire o inmisión, mas reciente fue fijada por el MAVDT en la resolución 601 del 2006.

Este tema se tocará mas ampliamente dentro del aparte dedicado a las fuentes fijas de emisión.

Fuentes móviles de emisión

El Decreto 948 de 1995 en sus artículos 37, 38, 61, 62, 65, 67, 68, 90, 91, 92 y 118 contiene las disposiciones básicas en materia de fuentes móviles.

De conformidad con el Decreto 948 de 1995, se consideran fuentes móviles, aquellas que por razón de su uso o propósito son susceptibles de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Dada la importancia de la contaminación por fuentes móviles, el MAVDT establece los niveles permisibles de emisión para vehículos con motor a Gasolina o a Diesel (ACPM), mediante las Resoluciones 05 de 1996, 909 de 1996 y 1048 de 1999.

Igualmente se establece el certificado de cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores en el artículo 91 del Decreto 948 de 1995.

A continuación se reseñan los límites permisibles para las fuentes móviles de emisión que son vigentes en la actualidad y las normas que los establecen:

Tabla 4.7. Normas de emisión permisible para fuentes móviles con motor a gasolina en condición de marcha mínima o ralentí

AÑO MODELO	%CO* Altura/ nivel mar (0 -1500)	%CO Altura/ nivel mar (1501 - 3000)	ppm HC** Altura / nivel mar (0 - 1500)	ppm HC Altura / nivel mar (1501 – 3000)
2001 y posterior	1.0	1.0	200	200
2000-1998	2.5	2.5	300	300
1997-1996	3.0	3.5	400	450
1995-1991	3.5	4.5	650	750
1990-1981	4.5	5.5	750	900
1980-1975	5.5	6.5	900	1000
1974 o anteriores	6.5	7.5	1000	1200

Fuente: Resolución 005 de 1996, artículo 8

* %(Porcentaje por volumen).

** ppm (Partes por millón)

Tabla 4.8. Normas de emisión de fuentes móviles a gasolina y diesel a partir del año modelo 1998 ciclos ftp-75 y usa-13. El artículo 10 de la Resolución 005 de 1996 fue modificado por el Artículo 4 de la resolución 909 de 1996, fijando esta última, la siguiente disposición.

AÑO MODELO	CATEGORÍA DE VEHÍCULO	EMISIONES PERMISIBLES (g/km)		
		CO	HC	NO _x
1998				
	Vehículo liviano	2.10	0.25	0.62
	Vehículo mediano	11.2	1.05	1.43
	Vehículo pesado*	25.0	10**	

Fuente: Resolución 005 de 1996

* Emisión en gramos/caballos de fuerza-hora

** Emisión correspondiente a NO_x + HC

Tabla 4.9. Normas de emisión de fuentes móviles a gasolina y diesel a partir del año modelo 1998 CICLOS ECE-15 +EUDC Y ECE-13 (R49.01). El artículo 11 de la Resolución 005 de 1996 fue modificado por el artículo 5 de la Resolución 909 de 1996, fijando esta última, las siguientes normas de emisión.

CATEGORÍA*	PESO DE REFERENCIA (kg)	CO g/km	HC g/km NO _x g/km	CICLOS
M1(1)	-	2.72	0.97 (4)	ECE 15 + EUDC
M1(2) , N1	<1.250	2.72	0.97 (4)	ECE 15 + EUDC
	>1.250<1.700	5.17	1.4 (4)	ECE 15 + EUDC
	>1.700	6.9	1.7 (4)	ECE 15 + EUDC
N2, N3, M2, M3 (3)	-	11.2	2.4 14.4	ECE 13(R49.01)

Fuente: Resolución 005 de 1996

* De acuerdo con el anexo II de la directiva 70/156 de la Unión Europea

(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto vehicular menor o igual a 2.5 toneladas.

(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto vehicular exceda de 2.5 toneladas.

(3) g/kW-h

(4) HC+NO_x

Tabla 4.10. Límites máximos de emisiones evaporativas permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina a partir del año de modelo 2001

CATEGORÍA	PESO BRUTO VEHICULAR (kg)	EMISIONES EVAPORATIVAS PERMISIBLES (g/prueba)
CICLO SHED DE PRUEBA AMERICANO		
LIVIANO	Todos	2.0
MEDIANO	≤3860	2.0
PESADO	3860<X≤6350	3.0
	> 6350	4.0
CICLO SHED DE PRUEBA EUROPEO		
M1(1)	≤3500	2.0
M1(2), N1		2.0

Fuente: Resolución 1048 de 1999, artículo 4.

(1) Vehículos que transportan hasta cinco pasajeros más con el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2.5 toneladas.

(2) Vehículos que transportan hasta cinco pasajeros más con el conductor y con un peso bruto del vehículo exceda 2.5 toneladas.

Tabla 4.11. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a gasolina a partir del año modelo 2001. Ciclos Americanos

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	PESO BRUTO VEHICULAR	PESO VEHICULAR CON CARGA (kg)	EMISIONES PERMISIBLES		
			CO	HC	NOx
CICLO FTP-75 g/Km (1)					
Liviano Mediano	Todos ≤ 3860	Todos	2.10	0.25	0.62
		≤ 1700	6.25	0.50	0.75
		1700<X≤3860	6.25	0.50	1.06
CICLO TRANSIENTE DE SERVICIO PESADO g/bhph(2)(3)					
Pesado	3860<X≤6350 >6350	Todos	14.4	1.1	5.0
		Todos	37.1	1.9	5.0

Fuente: Resolución 1048 de 1999, artículo 2.

(1) g/km (gramos por kilómetro)

(2) g/bhp-h (gramos por caballos de potencia hora)

(3) bhp-h (brake horsepower - hour)

Tabla 4.12. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a gasolina a partir del año modelo 2001. Ciclos Europeos

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	PESO BRUTO VEHICULAR (kg)	PESO VEHICULAR CON CARGA (kg)	EMISIONES	
			CO	HC + NOx
Ciclo ECE 15 + EUDC			G/km(1)	
M1(2)	≤3500	Todos	2.72	0.97
M1(3), N1		≤1250	2.72	0.97
		1250<x≤1700	5.17	1.40
		>1700	6.90	1.70

Fuente: Resolución 1048 de 1999, artículo 2.

(1) g/km (gramos por kilómetro)

(2) Vehículos que transportan hasta cinco pasajeros más el conductor y con un peso bruto vehicular menos o igual a 2.5 toneladas.

(3) Vehículos que transportan más de cinco pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda 2.5 toneladas.

Tabla 4.13. Normas permisibles de opacidad de humos para fuentes móviles a Diesel

AÑO MODELO	VEHÍCULO LIVIANO OPACIDAD	VEHÍCULO MEDIANO OPACIDAD	VEHÍCULO PESADO OPACIDAD
2001 y posteriores	40%	40%	40%
1996 - 2000	50%	50%	50%
1991 - 1995	55%	55%	55%
1986 - 1990	60%	60%	60%
1981 - 1985	65%	65%	65%
1980 y anteriores	70%	70%	70%

Fuente: Artículo 23 de la resolución 05 de 1996.

Tabla 4.14. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a diesel a partir del año modelo 2001. Ciclos Americanos.

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	PESO BRUTO VEHICULAR (kg)	PESO VEHICULAR CON CARGA (kg)	EMISIONES PERMISIBLES			
			CO	HC	NOx	PM10
Ciclo FTP – 75			g/km(1)			
Liviano Medio	Todos ≤3860	Todos	2.10	0.25	0.62	0.12
		≤1700	6.25	0.50	0.75	0.16
		1700< x ≤3860	6.25	0.50	1.10	0.28
Ciclo transiente de servicio pesado			g/bhbp(2)(3)			
Pesado	>3500	Todos	15.5	1.3	5.0	0.10

Fuente: Resolución 1048 de 1999, artículo 3.

(1) g/km (gramos por kilómetro).

(2) g/bhp – h (gramos por caballos de fuerza hora).

(3) bhp – h (brake horsepower – hour)

Tabla 4.15. Límites máximos de emisiones permitidos, para fuentes móviles con motor a diesel a partir del año modelo 2001. Ciclos Europeos.

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	PESO BRUTO VEHICULAR (kg)	PESO VEHICULAR CON CARGA (kg)	EMISIONES PERMISIBLES			
			CO	HC	NOx	
Ciclo ECE + 15 EUDC			g/km(1)			
M1(2)	≤3500	Todos	2.72	0.97	0.14	
M1(3), N1		≤ 1250	2.72	0.97	0.14	
		1250 < x ≤1700	5.17	1.40	0.19	
	>1700	6.9	1.70	0.25		
CICLO ECE 13 – R49			g/kWh(5)			
			CO	HC	NOx	PM
N2, N3, M2, M3	>3500	Todos	4.0	1.1	7.0	0.15(4)

Fuente: Resolución 1048 de 1999, artículo 3.

1) g/km (gramos por kilómetro)

(2) Vehículos que transportan hasta cinco pasajeros más el conductor y con un peso bruto vehicular menos o igual a 2.5 toneladas.

(3) Vehículos que transportan más de cinco pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda 2.5 toneladas.

(4) Para motores con un desplazamiento por cilindro menor a 700 c.c. y cuya Potencia Nominal se obtenga a más de 3000 RPM, el límite de emisión es de 0.25.

(5) g/kWh (gramos por kilovatio hora).

Calidad y manejo de combustibles

El Decreto 948 de 1995 contiene en sus artículos 4, 19, 24, 25 y 40 las disposiciones sobre calidad y manejo de combustibles. En materia de carburantes la normatividad ambiental colombiana ha tenido variaciones sustanciales reflejadas en diversas disposiciones, las cuales han sido reglamentadas hasta la fecha por los Ministerios de MAVDT, de Minas y Energía y de Transporte.

Entre estas regulaciones se puede mencionar los decretos 1697 de 1997, 2622 del 2000 y 1530 del 2002.

Dentro de la normatividad ambiental se destacan las siguientes regulaciones que han definido requisitos de calidad vigentes en la actualidad:

Resolución 1565 del 2004: (modificando la resolución 447 del 2003, que a su vez modificó la resolución 898 de 1995). Calidad del etanol anhídrido combustible, etanol anhídrido combustible desnaturalizado, gasolinas básicas y gasolinas oxigenadas.

Resolución 1289 del 2005: (modificando la resolución 898 de 1995). Calidad del biocombustible para uso en motores diesel, el combustible diesel (ACPM) y su mezcla.

Resolución 68 del 2001: (modificando la resolución 898 de 1995). Contenido de azufre en el combustóleo (fuel oil nº 6) para hornos y calderas.

Resolución 623 de 1998: (modificando la resolución 898 de 1995). Calidad del carbón mineral y sus mezclas para su utilización como combustible.

Resolución 898 de 1995: Contenido de azufre de las emulsiones o suspensiones.

Normas de calidad para otros combustibles sólidos diferentes al carbón mineral.

Resolución 1446 de 2005: (modificando la resolución 415 de 1998) Requisitos y condiciones para aprovechar el aceite de desecho o usado generado en el país como combustible.

Manejo y eliminación de residuos peligrosos

A nivel internacional el gobierno colombiano ha suscrito tratados y acuerdos para la importación y eliminación de residuos peligrosos, como el Convenio de Basilea, ratificado por la ley 253 de 1996, por medio de la cual se aprueba el Convenio sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

Emisión de ruido

El tema se deja esbozado en la ley 9 de 1979 en su artículo 202, y su reglamentación ha tenido una evolución, que se sigue a través de la resolución del Ministerio de Salud 8321 de agosto 4 de 1983, el decreto 948 de 1995 y la resolución del MAVDT 627 del 2006.

Tabla 4.16. Nivel de presión sonora en db(A)

ZONAS RECEPTORAS	PERÍODO DIURNO 7:01 A.M. - 9:00 P.M.	PERÍODO NOCTURNO 9:01 P.M. - 7:00 A.M.
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	75	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Para vehículos la norma definía los siguientes niveles sonoros máximos permisibles.

Tabla 4.17. Niveles sonoros máximos permisibles para vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	NIVEL SONORO DB (A)
Menos de 2 toneladas	83
De 2 a 5 toneladas	85
Más de 5 toneladas	92
Motocicletas	86

Los Ministerios de Trabajo y de Salud expiden la resolución 1792 de 1990, por medio de la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.

Decreto 948 de 1995: el Decreto 948 en su artículo 14 deja abierto a reglamentación los estándares máximos permisibles de emisión de ruido y de ruido ambiental, para todo el territorio nacional.

Los estándares determinan los niveles admisibles de presión sonora, para cada uno de los sectores clasificados por el artículo 15 del Decreto, y establecen los horarios permitidos, teniendo en cuenta los requerimientos de salud de la población expuesta.

Según el Decreto las normas de ruido tienen por propósito evitar efectos nocivos que alteren la salud de la población, afecten el equilibrio de ecosistemas, perturben la paz pública o lesionen el derecho de las personas a disfrutar tranquilamente de los bienes de uso público y del medio ambiente.

Las regulaciones sobre ruido se aplican a toda presión sonora que generada por fuentes móviles o fijas, aún desde zonas o bienes privados, trascienda a zonas públicas o al medio ambiente.

En el artículo 15 se definen los siguientes criterios de sectorización para normas de ruido ambiental teniendo en cuenta los requerimientos de salud de la población expuesta:

Sectores A. (Tranquilidad y Silencio), áreas urbanas donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, sanatorios y hogares geriátricos.

Sectores B. (Tranquilidad y Ruido Moderado), zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios.

Sectores C. (Ruido Intermedio Restringido), zonas con usos permitidos industriales y comerciales, oficinas, uso institucional y otros usos relacionados.

Sectores D. (Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado), áreas rurales habitadas destinadas a la explotación agropecuaria, o zonas residenciales suburbanas y zonas de recreación y descanso.

Resolución 627 del 2006: el resolución del MAVDT 627 del 2006 es un desarrollo reglamentario del artículo 14 del Decreto 948 de 1995, que plantea cambios importantes frente a lo que ordenaba la Resolución 8321 de 1983 como los que se ilustran en la Tabla

4.18 y la Tabla 4.19. Define inicialmente los horarios para la aplicación de lo prescrito, el cual será diurno de las 7:01 a las 21:00 horas, y nocturno de las 21:01 a las 7:00 horas.

La resolución entiende como norma de emisión de ruido al valor máximo permisible de presión sonora, especificado para una fuente, por la autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de ruido ambiental. En su artículo 9 fija los nuevos estándares máximos permisibles de emisión de ruido.

Tabla 4.18. Estándares máximos permisibles de emisión de ruido

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO EN DB(A)	
		DÍA	NOCHE
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
	Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55
Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.			
Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.			

La resolución define la norma de ruido ambiental como el valor establecido por la autoridad ambiental competente, para mantener un nivel permisible de presión sonora, según las condiciones y características de uso del sector, de manera tal que proteja la

salud y el bienestar de la población expuesta, dentro de un margen de seguridad. El artículo 17 fija los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental.

Tabla 4.19. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN DB(A)	
		DÍA	NOCHE
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
	Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55
Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.			
Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.			

El tema de las fuentes móviles de emisión de ruido comienza a concebirse como una preocupación, por lo que se vislumbran futuros desarrollos normativos al respecto.

La norma trae en su artículo 10 como instrumento de gestión para la futura fijación de estándares máximos permisibles de emisión de ruido en automotores y motocicletas, la implementación de prueba estática en concordancia con la Resolución 3500 del 2005, con

el fin de reunir información que permita en el término de un año contar con esta información aportada por los centros de diagnóstico automotor.

Para el caso de emisión de ruido por nuevos vehículos automotores y motocicletas, se da un plazo de 2 años para la expedición de las normas, así como también de los estándares máximos permisibles de emisión de ruido por vehículos automotores y motocicletas nuevos en prueba dinámica.

Emisión de olores

En materia de olores, el Código de Recursos Naturales en los artículos 73 y siguientes prevé la posibilidad de expedir reglamentaciones para la prohibición, restricción o condiciones de descarga en la atmósfera de sustancias de cualquier naturaleza que puedan causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobrepasen los grados o niveles fijados.

El Decreto 948 de 1995 concibe la necesidad de una norma de evaluación y emisión de olores ofensivos que establecerá los umbrales de tolerancia por determinación estadística.

El artículo 16 esboza los lineamientos de las normas de evaluación y emisión de olores ofensivos, asignándose al MAVDT la fijación de las normas para establecer estadísticamente los umbrales de tolerancia de olores ofensivos que afecten a la comunidad y los procedimientos para determinar su nivel permisible, así como las relativas al registro y recepción de las quejas y a la realización de las pruebas estadísticas objetivas de percepción y evaluación de dichos olores.

El MAVDT también tiene asignado por este decreto regular la emisión de sustancias o el desarrollo de actividades que originen olores ofensivos.

Se ordenaba al MAVDT regular, los límites de emisión de sustancias asociadas a olores molestos, las actividades que estarán especialmente controladas como principales focos de olores ofensivos, los correctivos o medidas de mitigación que procedan, los procedimientos para la determinación de los umbrales de tolerancia y las normas que deben observarse para proteger de olores desagradables a la población expuesta.

El artículo 20 prohíbe el funcionamiento de establecimiento generadores de olores ofensivos en zonas residenciales y asigna a las Corporaciones Autónomas Regionales y a los Municipios y Distritos, determinar las reglas y condiciones de aplicación de las prohibiciones y restricciones al funcionamiento, en zonas habitadas y áreas urbanas, de instalaciones y establecimientos industriales y comerciales generadores de olores

ofensivos, así como las que sean del caso respecto al desarrollo de otras actividades causantes de olores nauseabundos.

En el artículo 73 se indica que la emisión de olores ofensivos está dentro de las actividades que requieren permiso previo de emisión atmosférica.

El artículo 177 señala que el incumplimiento de las regulaciones de emisiones de olores ofensivos, será sujeto a sanciones contravencionales.

Por su parte la resolución 601 del 2006 en su artículo 5, fija los umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos.

Tabla 4.20. Umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos

CONTAMINANTE	UMBRAL	
	ppm (volumen)	µg/m ³
Acetaldehído (C ₂ H ₄ O)	0.21	380
Ácido Butírico (C ₄ H ₈ O ₂)	0.001	3.6
Amoniaco (NH ₃)	0.05	14.5
Clorofenol (C ₂ H ₅ ClO)	0.00003	0.1
Dicloruro de azufre (S ₂ Cl ₂)	0.001	5.5
Etil mercaptano (C ₂ H ₅ SH)	0.0002	0.5
Etil acrilato (C ₅ H ₈ O ₂)	0.00047	2
Estireno (C ₈ H ₈)	0.047	200
Monometil amina (CH ₅ N)	0.021	27
Metil mercaptano (CH ₃ SH)	0.002	3.9
Nitrobenceno (C ₆ H ₅ NO ₂)	0.0047	4.5
Propil mercaptano (C ₃ H ₈ S)	0.007	2.2
Butil mercaptano (C ₄ H ₁₀ S)	0.0007	0.26
Sulfuro de dimetilo (C ₂ H ₆ S)	0.002	3.8
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	0.005	7.0

▪ **Evolución de la normatividad sobre fuentes fijas de emisión**

La regulación sobre este tipo de fuentes se ha desarrollado principal y específicamente a partir de cuatro cuerpos normativos asociados a la calidad del aire: El Decreto 02 de 1982, el Decreto 948 de 1995, Decreto 979 del 2006 y la Resolución 601 del 2006.

El Decreto 948 de 1995 fue modificado por el Decreto 979 del 2006, mientras que el Decreto 02 de 1982 fue derogado parcialmente por el Decreto 948 de 1995, y modificado por la Resolución 601 del 2006. Esta transformación determinará las implicaciones futuras a nivel de calidad del aire en nuestro país.

Finalmente se reseñará la normatividad vigente para quemas abiertas, que son consideradas por el ordenamiento como fuentes de emisión difusas y se hará mención a normatividad complementaria que trata temática relacionada.

Decreto 02 de 1982

El Ministerio de Salud promulgó el Decreto 02 de 1982 el cual contenía en sus artículos 31 a 33 la reglamentación referida a la calidad del aire.

Esta ley definió por “norma de calidad del aire o nivel de inmisión”, el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

Establece las siguientes normas de calidad del aire (anual, diaria, horaria) en el territorio nacional para los contaminantes: Partículas en Suspensión (PST), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (medidos como Dióxido de Nitrógeno NO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Oxidantes Fotoquímicos expresados como Ozono (O₃).

Estipula en el capítulo IV normas especiales de emisión de partículas para algunas fuentes fijas artificiales: calderas a base de carbón; fábricas de cemento, industrias metalúrgicas; plantas productoras de asfalto; mezclas asfálticas, y otras industrias.

En el capítulo V trae normas de emisión de dióxido de azufre (SO₂) y neblina ácida (SO₃ y H₂SO₄) para algunas fuentes fijas artificiales como las plantas productoras de ácido sulfúrico y las calderas, hornos o equipos a base de combustible líquido o sólido (carbón, fuel oil, keroséne, diesel oil o petróleo crudo) que originen o produzcan dióxido de azufre (SO₂). Así mismo en el Capítulo VI se definen normas de emisión para plantas de ácido nítrico e incineradores.

La metodología adoptada por el Decreto 02 de 1982 para toma de muestra es la utilizada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU.

Esta norma pionera en el tratamiento de la problemática asociada a la calidad ambiental presenta deficiencias en sus regulaciones tales como:

Carencias en materia de control ambiental: establece que el valor límite máximo permisible de emisión para fuentes fijas, no depende de su proceso productivo o del tipo de combustible, ni del consumo del mismo (a excepción de las calderas a base de carbón).

Deficiencia en la metodología aplicada a la fijación de la norma de emisión: la emisión que propone la norma esta fundamentada en la cantidad de producto terminado que genere la empresa, de esta forma su valor límite máximo permisible de emisión depende de si produce mucho o muy poco, es decir, la empresa que mas produce, mas contamina.

No incluía como materia a regular los procesos de combustión para generación de calor o energía donde se emplean mezclas de combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, la cual debe ser en función del consumo calorífico equivalente a la cantidad de combustible que requiera el proceso de combustión en un determinado tiempo y el tipo de combustible.

Así, se podría comparar los resultados de las mediciones con un valor establecido y único que no dependa de la producción y que garantice la toma de medidas adecuadas para el control de la contaminación.

Limitación en el alcance de la norma: las nuevas realidades ambientales, demográficas, económicas y tecnológicas del país y de sus regiones y la mayor disponibilidad de información sobre las relaciones con la salud humana, hacían de esta norma un instrumento obsoleto. La regulación no involucra contaminantes como PM10 y PM2.5 de alto impacto sobre la salud (Departamento Nacional de Planeación de La República de Colombia, 2005).

Decreto 948 de 1995

A través de este Decreto el MAVDT, reglamentó la Ley 23 de 1973, el Decreto nacional 2811 de 1974, la Ley 9 de 1979 y la Ley 99 de 1993, en relación con la presión y el control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.

La reglamentación de la calidad del aire se encontraba contenida básicamente en los artículos y en los artículos 6 y 7.

Para controlar las emisiones de contaminantes por fuentes fijas, el Decreto 948 de 1995 en su artículo 73, reglamenta los casos que requieren del “permiso de emisión atmosférica” como un instrumento para que las autoridades ambientales realicen la verificación del cumplimiento de las normas de emisión vigentes.

Para otorgar este permiso de emisión a una industria, obra o actividad, deben tenerse en cuenta varios factores a su vez reglamentados por la Resolución 619 de 1997, entre ellos: tipo, tamaño y capacidad instalada de la actividad; tipo y volumen de materias primas consumidas; tipo y valores mínimos de consumo de combustibles; localización de la actividad; riesgo para la salud humana; riesgo ambiental inherente; tipo y peligrosidad de residuos generados.

El Decreto 948 de 1995 ha sido de difícil implementación a nivel local: Esto por la carencia de una serie de regulaciones complementarias que son necesarias y por la poca claridad que se tiene sobre el papel de los distintos instrumentos de gestión creados por la norma, como son los permisos, cupos de emisión, clasificación de las industrias y normas de emisión.

Con el propósito de complementar lo regulado por el Decreto 945 de 1995, el MAVDT formuló nuevas normas como las Resoluciones 058 de 2001 y 886 de 2004 en materia de emisiones provenientes de incineradores y hornos crematorios.

Decreto 979 del 2006

Este Decreto emitido por el MAVDT modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, en lo referente a las clases de normas de calidad del aire, de los distintos niveles periódicos de inmisión, niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire, medidas para la atención de episodios, planes de contingencia por contaminación atmosférica y clasificación de “áreas – fuente” de contaminación.

La norma también modifica el Decreto 02 de 1982, estableciendo los elementos y el marco bajo los cuales el MAVDT establece:

La reducción de los niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire o norma de inmisión. Las sustancias controladas son: Óxido de Azufre, Óxido de Nitrógeno, Ozono y Monóxido de Carbono.

El establecimiento de un nivel máximo permisible de material particulado PM10.

Los estados excepcionales de contaminación o niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire.

Las directrices para afrontarlos a través de planes de contingencia.

Las diferentes áreas-fuente de contaminación, las condiciones bajo las cuales se deben clasificar y los mecanismos para estructurar programas tendientes a su control y mejoramiento mediante la reducción de los niveles de contaminación.

Estas nuevas medidas están contenidas en la resolución 601 del 4 de abril de 2006 por la cual se establece la norma de calidad de aire.

Resolución 601 del 2006

Las medidas dictadas en el Decreto 979 de 2006, son desarrolladas por la resolución 601 donde se establece la nueva norma de calidad de aire o inmisión, derogando tácitamente lo relacionado este tema en el Decreto 02 de 1982.

La nueva norma de calidad del aire o nivel de inmisión, establece las condiciones de referencia, en que se desarrollan los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera; los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación.

En el capítulo I trata el tema de los niveles máximos permisibles en el aire, tocando tres aspectos puntuales niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales y umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos y niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos.

El artículo 4, establece los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio.

Tabla 4.21. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

CONTAMINANTE	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	70	Anual
		150	24 horas
SO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287 (750)	3 horas
NO ₂	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1 hora
O ₃	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1 hora
CO	ppm (mg/m^3)	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

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

Se concibe un ajuste gradual del límite máximo permisible anual de PM10. En el año 2009 será 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el año 2011 será 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El mismo artículo presenta los niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos.

Tabla 4.22. Niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos

CONTAMINANTE NO CONVENCIONAL	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
Benceno	5 mg/m ³	1 año
Plomo y sus compuestos	0,5 mg/m ³	1 año
	15 mg/m ³	3 meses
Cadmio	5x10 ⁻³ mg/m ³	1 año
Mercurio	1 mg/m ³	1 año
Hidrocarburos totales expresado como Metano	1,5 mg/m ³	4 meses
Tolueno	260 mg/m ³	1 semana
	1000 mg/m ³	30 minutos
Vanadio	1 mg/m ³	24 horas

En concordancia con estos niveles, se anexa en la resolución como guía para las autoridades ambientales, las actividades y procesos industriales susceptibles de generar contaminantes no convencionales de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional, CIIU, Revisión 3, adaptada para Colombia.

La norma, prevé en concordancia con el artículo 108 del Decreto 948 de 1995 que en el evento de detectarse en las mediciones, zonas donde se excedan los límites de calidad de aire establecidos para efectos de realizar un control efectivo sobre las fuentes de emisiones, las autoridades ambientales regionales y locales deben estructurar planes de descontaminación y planes de contingencia, concertados con las autoridades de salud, transporte y sectores de la producción.

En las zonas en donde se excedan las normas de calidad del aire las autoridades ambientales deberán adelantar, las siguientes acciones:

- Modernización del parque automotor
- Reforzamiento de los programas de seguimiento al cumplimiento de la normatividad para fuentes fijas y móviles
- Ampliación en cobertura de áreas verdes
- Control a la resuspensión de material particulado
- Reconversión de vehículos a combustibles más limpios

- Integración de políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire
- Prevención a la población respecto a la exposición a niveles altos de contaminación
- Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico
- Programas de ordenamiento del tráfico vehicular, semaforización y ordenamiento vial
- Pavimentación de calles y avenidas
- Cobertura y reforestación de áreas afectadas por la erosión
- Programas de mejoramiento del espacio público
- Promover el uso de combustibles limpios
- Establecimiento de pautas para la planeación del territorio, teniendo en cuenta el comportamiento y dispersión de los contaminantes monitoreados.
- Programas de fiscalización y vigilancia
- Mejoramiento o implementación de sistemas de control ambiental de las industrias

De igual manera, la norma señala que dichas autoridades ambientales deben informar de manera periódica a la comunidad con respecto a la calidad del aire en su jurisdicción. Para el efecto deberán realizar mediciones para identificar las concentraciones de contaminantes para imponer las medidas preventivas o las sanciones del caso.

Entre las sanciones y medidas preventivas establecidas en el artículo 85 de la Ley 99 de 1993 están:

- Multas diarias hasta por una suma equivalente a 300 salarios mínimos mensuales, liquidados al momento de dictarse la respectiva resolución;
- Suspensión del registro o de la licencia, la concesión, permiso o autorización;
- Cierre temporal o definitivo del establecimiento, edificación o servicio respectivo y revocatoria o caducidad del permiso o concesión;

- Suspensión de obra o actividad, cuando de su prosecución pueda derivarse daño o peligro para los recursos naturales renovables o la salud humana, o cuando la obra o actividad se haya iniciado sin el respectivo permiso, concesión, licencia o autorización.

De otra parte, de acuerdo con los niveles de contaminación las Autoridades Ambientales podrán declarar los estados de prevención, alerta y emergencia, que se conciben en el Decreto 979 de 2006, en virtud de los cuales se restringiría o prohibiría la circulación de vehículos, el mantenimiento de calderas, la operación de incineradores y las quemas controladas. Eventualmente se procedería a suspender las actividades en instituciones educativas y si fuera el caso se ordenaría la evacuación de las poblaciones expuestas.

El artículo 10 se establece la concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia.

Tabla 4.23. Concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de prevención, alerta y emergencia.

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN	UNIDADES	PREVENCIÓN	ALERTA	EMERGENCIA
PST	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	625 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	875 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	24 horas	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	24 horas	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.191 (500)	0.382 (1.000)	0.612 (1.600)
NO ₂	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.212 (400)	0.425 (800)	1.064 (2.000)
O ₃	1 hora	ppm ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.178 (350)	0.356 (700)	0.509 (1.000)
CO	8 horas	ppm (mg/m^3)	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

La norma permite a la Autoridad Ambiental regional o local autonomía para, determinar en el área de su jurisdicción la necesidad de hacer la norma más rigurosa por las características de contaminación específicas en su región, a través del Principio de Rigor Subsidiario consignado en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993.

A continuación se ilustra el desarrollo normativo de la regulación de calidad de aire o inmisión entre lo ordenado por el Decreto 02 de 1982 y la Resolución 601 de 2006. En general las normas son más estrictas actualmente que en 1982, sin embargo las normas siguen siendo flexibles respecto a las normas internacionales.

Tabla 4.24. Comparación entre el decreto 02 de 1982 y la resolución 601 del 2006

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN.	UNIDAD	DECRETO 02 DE 1982	RESOLUCIÓN 601 DEL 2006
Partículas suspendidas totales	Anual	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	100
	24 horas		400	300

CONTAMINANTE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN.	UNIDAD	DECRETO 02 DE 1982	RESOLUCIÓN 601 DEL 2006
Material Particulado PM ₁₀	Anual	µg/m ³	*	70
	24 horas		*	150
Oxido de Azufre	Anual	µg/m ³	100	80
	24 horas		400	250
	3 horas		1500	750
Oxido de nitrógeno	Anual	µg/m ³	100	100
	24 hora		*	150
	1 hora		*	200
Ozono	8 horas	µg/m ³	*	80
	1 hora		170	120
Monóxido	8 horas	µg/m ³	15	10
	1 hora	µg/m ³	50	40

Quemas abiertas

El Decreto 948 de 1995 en su artículo 29 prohíbe expresamente dentro del perímetro urbano de ciudades, poblados y asentamientos humanos, y en las zonas aledañas que fije la autoridad ambiental, la práctica de quemas abiertas.

De igual manera, ningún responsable de establecimientos comerciales, industriales y hospitalarios, podrá efectuar quemas abiertas para tratar sus desechos sólidos.

En ese mismo sentido, no podrán los responsables del manejo y disposición final de desechos sólidos, efectuar quemas abiertas para su tratamiento.

En lo pertinente a quemas abiertas en áreas rurales, el Decreto 948 de 1995, fue modificado por el Decreto 4296 del 2004. En esta norma se limitó la práctica de las quemas rurales a casos expresamente contemplados, y solo de manera controlada.

La reglamentación de la quema controlada se desarrollo a través de la Resolución 532 del 2005. En el artículo 3 se definieron las distancias mínimas de protección para la práctica de quemas abiertas controladas en áreas rurales para la preparación del suelo en actividades agrícolas.

Tabla 4.25. Distancias mínimas de protección para la práctica de quemas abiertas controladas en áreas rurales para la preparación del suelo en actividades agrícolas

ÁREA O ZONA RESTRINGIDA		DISTANCIA (m)
1	Alrededor del perímetro urbano de los municipios, según se delimite en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial correspondiente.	100

ÁREA O ZONA RESTRINGIDA		DISTANCIA (m)
2	Alrededor del perímetro de las instalaciones de los aeropuertos internacionales, nacionales o regionales y se restringen las quemadas al horario en que no se presenta tráfico aéreo para cada uno de los aeropuertos.	500 (1)
3	Desde el eje de las vías principales intermunicipales.	30
4	Desde el perímetro urbano de corregimientos, según delimitación establecida por la autoridad competente.	50
5	De edificaciones.	10
6	De zonas francas, parques industriales e instalaciones industriales o comerciales.	50
7	De la línea imaginaria debajo de las líneas eléctricas de 200 KV.	32
8	De la línea imaginaria debajo de las líneas eléctricas de 500 KV.	64
9	De la línea imaginaria debajo de las líneas de baja y media tensión.	24
10	Alrededor de las subestaciones eléctricas.	50
11	A ambos márgenes de los ríos y corrientes de agua superficiales y 15 metros de protección adicionales alrededor de la vegetación protectora.	30
12	Alrededor del perímetro de los humedales delimitado por la Autoridad Ambiental Competente	100
13	Alrededor de las áreas de los nacimientos de agua, definidas por la Autoridad Ambiental Competente.	100
14	A cada lado en los pasos superficiales, válvulas, derivaciones y city gate de los poliductos y gasoductos para el transporte de combustibles.	30
15	A lado y lado de la infraestructura para la conducción de servicios públicos (tuberías de acueductos, alcantarillados, cableados, etc).	6
16	De las plantas de llenado y de abasto de distribuidores de gas y combustibles.	100
17	A lado y lado de líneas férreas.	15
18	De los límites de reservas forestales protectoras, protectoras-productoras y productoras y de unidades de conservación de biodiversidad a nivel nacional, regional y local.	100
19	De los límites de las áreas con coberturas vegetales naturales o áreas relictuales de ecosistemas naturales, tales como páramos o bosques naturales	100

(1) Con áreas máximas de 4 hectáreas por quema, para los lotes ubicados en el área comprendida en el cono trazado en las líneas de aproximación y despegue de los aviones, con un ángulo de 20° (10 grados a cada lado) a partir de ambos extremos de la pista, hasta 8 kilómetros en línea recta, medidos linealmente como prolongación del eje de ésta a partir de sus extremos.

La Resolución 532 del 2005, en su artículo 4, definió las distancias mínimas de protección para la práctica de quemadas abiertas controladas en áreas rurales para la recolección de cosechas en actividades agrícolas.

Tabla 4.26. Distancias mínimas de protección para la práctica de quemas abiertas controladas en áreas rurales para la recolección de cosechas en actividades agrícolas

ÁREA O ZONA RESTRINGIDA		DISTANCIA (m)
1	Alrededor del perímetro urbano de los municipios, según se delimite en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial correspondiente.	1000
2	Alrededor del perímetro de las instalaciones de los aeropuertos internacionales, nacionales o regionales y se restringen las quemas al horario en que no se presenta tráfico aéreo para cada uno de los aeropuertos.	1500 (1)
3	Desde el eje de las vías principales intermunicipales.	80
4	Desde el perímetro urbano de corregimientos, según delimitación establecida por la autoridad competente.	200
5	De edificaciones.	30
6	De zonas francas, parques industriales e instalaciones industriales o comerciales.	200
7	De la línea imaginaria debajo de las líneas eléctricas de 200 KV.	32
8	De la línea imaginaria debajo de las líneas eléctricas de 500 KV.	64
9	De la línea imaginaria debajo de las líneas de baja y media tensión.	24
10	Alrededor de las subestaciones eléctricas.	200
11	A ambos márgenes de los ríos y corrientes de agua superficiales y 15 metros de protección adicionales alrededor de la vegetación protectora.	30
12	Alrededor del perímetro de los humedales delimitado por la Autoridad Ambiental Competente.	100
13	Alrededor de las áreas de los nacimientos de agua, definidas por la Autoridad Ambiental Competente.	100
14	A cada lado en los pasos superficiales, válvulas, derivaciones y city gate de los polductos y gasoductos para el transporte de combustibles.	50
15	A lado y lado de la infraestructura para la conducción de servicios públicos (tuberías de acueductos, alcantarillados, cableados, etc).	6
16	De las plantas de llenado y de abasto de distribuidores de gas y combustibles	200
17	A lado y lado de líneas férreas.	15
18	De los límites de reservas forestales protectoras, protectoras-productoras y productoras y de unidades de conservación de biodiversidad a nivel nacional, regional y local.	100
19	De los límites de las áreas con coberturas vegetales naturales o áreas relictuales de ecosistemas naturales. tales como páramos o bosques naturales	100

(1) Con áreas máximas de 4 hectáreas por quema, para los lotes ubicados en el área comprendida en el cono trazado en las líneas de aproximación y despegue de los aviones, con un ángulo de 20° (10 grados a cada lado) a partir de ambos extremos de la pista, hasta 8 kilómetros en línea recta, medidos linealmente como prolongación del eje de ésta a partir de sus extremos.

Normatividad complementaria

Resolución 458 del 2002: requisitos, condiciones y límites máximos permisibles de emisión bajo los cuales se debe realizar la eliminación de tierras y/o materiales similares contaminados con plaguicidas, en hornos de producción de clinker de plantas cementeras.

Resolución 970 del 2001: requisitos, condiciones y límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se debe eliminar plásticos contaminados con plaguicidas en hornos de producción clinker de plantas cementeras.

Resolución 58 del 2002: normas y límites máximos permisibles de misión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos. Límite de emisión para metales pesados. Límites de emisión para plantas térmicas que incineren residuos sólidos y líquidos con deficiencia de oxígeno (pirolisis, termólisis).

Resolución 886 del 2004: (modificando la Resolución 58 del 2002). Límites de emisión contaminantes generales. Límite de emisión de dioxinas y furanos.

▪ Normatividad sobre usos del suelo

A continuación se reseñará en el contexto de la Ley 388 de 1997, la concepción y naturaleza de los usos del suelo, como parte integrante de la gestión del ordenamiento del territorio.

Contexto normativo

La Ley 388 de 1997 define en su artículo 5 que el ordenamiento del territorio municipal y distrital comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, emprendidas por los municipios o distritos y áreas metropolitanas, en ejercicio de la función pública que les compete, dentro de los límites fijados por la constitución y las leyes.

Para ello se han de disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.

En si mismo, el ordenamiento del territorio municipal y distrital tiene por objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible,

mediante la definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales entre otras acciones.

La norma establece como principios del ordenamiento del territorio la función social y ecológica de la propiedad, prevalencia del interés general sobre el particular y distribución equitativa de las cargas y los beneficios.

La Ley concibe dentro de sus objetivos establecer los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

En ese mismo sentido busca garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

De igual manera, la norma pretende facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la organización y la gestión municipales con la política urbana nacional, así como con los esfuerzos y recursos de las entidades encargadas del desarrollo de dicha política.

El ordenamiento del territorio constituye en su conjunto una función pública, para el cumplimiento entre otros fines, de tender los procesos de cambio en el uso del suelo y adecuarlo en aras del interés común, procurando su utilización racional en armonía con la función social de la propiedad a la cual le es inherente una función ecológica, buscando el desarrollo sostenible y propender por el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación del patrimonio cultural y natural.

El ordenamiento del territorio municipal o distrital es una función pública que se ejerce mediante la acción urbanística de las entidades distritales y municipales, referida a las decisiones administrativas y a las actuaciones urbanísticas que les son propias, relacionadas con el ordenamiento del territorio y la intervención en los usos del suelo.

Como acciones urbanísticas relacionadas con los usos del suelo, la norma menciona entre otras:

Clasificar el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana.

Localizar y señalar las características de la infraestructura para el transporte, los servicios públicos domiciliarios, la disposición y tratamiento de los residuos sólidos, líquidos, tóxicos y peligrosos y los equipamientos de servicios de interés público y social, tales como centros docentes y hospitalarios, aeropuertos y lugares análogos.

Establecer la zonificación y localización de los centros de producción, actividades terciarias y residenciales, y definir los usos específicos, intensidades de uso, las cesiones obligatorias, los porcentajes de ocupación, las clases y usos de las edificaciones y demás normas urbanísticas.

Determinar espacios libres para parques y áreas verdes públicas, en proporción adecuada a las necesidades colectivas.

Determinar las zonas no urbanizables que presenten riesgos para la localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales, o que de otra forma presenten condiciones insalubres para la vivienda.

Calificar y determinar terrenos como objeto de desarrollo y construcción prioritaria.

Localizar las áreas críticas de recuperación y control para la prevención de desastres, así como las áreas con fines de conservación y recuperación paisajística.

Identificar y caracterizar los ecosistemas de importancia ambiental del municipio, de común acuerdo con la autoridad ambiental de la respectiva jurisdicción, para su protección y manejo adecuados.

Determinar y reservar terrenos para la expansión de las infraestructuras urbanas.

En el capítulo IV de la ley se clasifica el territorio de acuerdo a los usos del suelo indicando que los planes de ordenamiento territorial han de clasificar el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección.

Suelo Urbano: lo constituyen aquellas áreas del territorio municipal o distrital destinadas a usos urbanos que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso. Pueden pertenecer a esta categoría aquellas zonas con procesos de urbanización incompletos, comprendidos en áreas consolidadas con edificación, que se definan como áreas de mejoramiento integral en los planes de ordenamiento territorial.

Las áreas que conforman el suelo urbano serán delimitadas por perímetros y podrán incluir los centros poblados de los corregimientos

Suelo de expansión urbana: porción del territorio que se habilitará para el uso urbano durante la vigencia del plan de ordenamiento, según lo determinen los programas de ejecución.

La determinación de este suelo se ajustará a las previsiones de crecimiento de la ciudad y a la posibilidad de dotación con infraestructura para el sistema vial, de transporte, de servicios públicos domiciliarios, áreas libres, y parques y equipamiento colectivo de interés público o social.

Suelo rural: son aquellos terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

Suelo suburbano: son aquellas áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994.

Suelo de protección: constituido por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

La Ley hace una nueva clasificación del territorio en suelos urbanos, suburbanos, rurales y expansión urbana de protección. Estos dos últimos conceptos no tenían una regulación legal. Igualmente determina las características que deben reunir estas áreas, por lo que los municipios, distritos y las áreas metropolitanas no conservan la facultad discrecional de que gozaban para establecer las áreas urbanas, suburbanas y rurales.

Observaciones

La reglamentación de los usos del suelo a través de los planes de ordenamiento territorial, es un instrumento para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal o distrital; sin embargo, no pueden confundirse con éste. Tampoco puede reducirse al

proceso de reglamentación de los usos del suelo, pues en sentido estricto reglamentar el “uso del suelo” se limita a señalar que se puede hacer o no se puede hacer en determinado espacio físico.

Por su parte el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, indica que el “uso del suelo, es la actividad que se desarrolla en cualquier área del suelo rural, urbano, suburbano o de expansión urbana. Se ha clasificado de manera general para la zona urbana o de expansión como Residencial, Institucional, Industrial, Recreativo y Comercial y de Servicios” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2003).

Es así como por el uso predominante del suelo se ha generado esta clasificación de desarrollo urbanístico: (Acuerdo 62 de 1999)

Zona residencial: corresponde a la modalidad de loteo o a la construcción de edificaciones destinadas al uso residencial y sus usos complementarios; dependiendo de la tipología de la vivienda, se clasifica en urbanización residencial unifamiliar, bifamiliar, trifamiliar y multifamiliar. Cuando se presenta la combinación de varias tipologías de vivienda, se denomina urbanización residencial mixta.

Zona comercial y de servicios: mercantiles: comprende la modalidad destinada a la construcción de edificaciones propias para la actividad comercial y mercantil y sus usos complementarios.

Zona industrial: corresponde a los proyectos que se destinan a la construcción de edificaciones para los procesos de transformación de materias primas, ensamblaje de productos y sus usos complementarios.

Zona institucional o de servicios a la comunidad: son aquellas que desarrollan lotes con destinación a equipamiento colectivo o la construcción de obras que satisfacen necesidades sociales de la comunidad, tales como salud, educación, recreación, administración pública, etc.

Zona de uso mixto: son aquellas destinadas a la construcción de edificaciones para dos o más tipologías de uso compatibles.

▪ **Relaciones entre los usos del suelo y las fuentes fijas de emisión**

El ordenamiento urbano, a través de los Planes de Ordenamiento Territorial y la articulación de recursos que brinda la Ley 388 en su artículo 9, en términos de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas

para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio, constituye una importante herramienta para prevenir y controlar la contaminación del aire.

Frente al tema específico de las fuentes fijas de emisión, la adecuada disposición de usos del suelo se configura en un recurso de gestión importante por su capacidad para promover la distribución espacial eficiente de las actividades económicas sobre el territorio.

Con el fin de alcanzar el objetivo de mejorar la calidad del aire, los Planes de Ordenamiento y de Desarrollo de los centros urbanos pueden incluir medidas que se dirijan a prevenir y controlar la contaminación del aire, orientadas a disminuir los tiempos de viaje, promover medios alternativos de transporte, desestimular el uso suntuario de los vehículos particulares, promover sistemas integrales de transporte masivo o planes integrales de movilidad, renovar el parque automotor, mejorar la eficiencia en el uso de la malla vial y favorecer la concentración y localización de industrias hacia zonas de menor afectación social y ambiental.

De manera general se puede decir que el tratamiento de la problemática socio-ambiental de las fuentes fijas y móviles de emisión, se ha de enfocar de manera integral a identificar las carencias en las políticas de ordenamiento territorial, incoherencias entre planificación urbana, ordenamiento territorial y desarrollo regional, y en la falta de regulaciones en la asignación de los usos del suelo que consideren la variable ambiental, sin entenderse estos aspectos como únicos y restrictivos.

4.3.12 Evolución normativa reciente en materia de aire

- **Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire**

El documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social) 3344 de 2005, concibió lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire, y diseñó como mecanismo para su implementación un plan de acción coordinado y verificado por la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire (CONAIRE).

El Decreto 244 del 30 de enero de 2006 reglamentó CONAIRE, la cual es presidida por el Ministerio de Ambiente, con la participación de los Ministerios de Minas y Energía, del Transporte, de la Protección Social, del Departamento Nacional de Planeación y del IDEAM.

Se estableció que tendrá por funciones:

- Diseño de un programa de fortalecimiento institucional dirigido a dotar a las autoridades ambientales y responsables sectoriales de la capacidad necesaria para acometer sus responsabilidades en materia de prevención, control y monitoreo de la contaminación del aire. Este programa promoverá la formación de especialistas en la gestión de la calidad del aire a nivel nacional y local.
- Fortalecimiento del programa de monitoreo y seguimiento del aire a nivel nacional, regional y local a través del desarrollo de un protocolo de monitoreo y seguimiento.
- Articulación de la información de los sectores de ambiente, energía, transporte y salud, que permita mejorar el conocimiento y orientar las investigaciones sobre el origen de la contaminación atmosférica y su impacto sobre la salud humana.
- Diseño de la reglamentación de los procesos de participación y de publicación de las políticas, estrategias, estándares y regulaciones para prevenir y controlar la contaminación del aire y lo relativo a la publicación de la información sobre calidad del aire y salud ambiental.
- Diseño de propuestas para incluir medidas de prevención y control de la contaminación del aire en las políticas y regulaciones de competencia de los Ministerios de Transporte y de Minas y Energía.
- Diseño de estrategias que faciliten a las microempresas y pequeñas industrias de los sectores industrial y de transporte el acceso a tecnologías limpias.
- Evaluación y revisión de los instrumentos de comando y control ambiental, con el propósito de aumentar su efectividad y eficiencia.
- Revisión de las regulaciones sobre la importación de vehículos y tecnologías con el propósito de recomendar al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo la inclusión de consideraciones ambientales en sus decisiones.
- Revisión de las regulaciones relativas a la definición de los instrumentos que afectan los precios de los energéticos y su importación. Esto para recomendar al Ministerio de Minas y Energía los ajustes que sean necesarios para que esas regulaciones incluyan consideraciones de tipo ambiental y se incentive el uso de combustibles más limpios.

- Revisión de las regulaciones de renovación del parque automotor público. Esto para recomendar al Ministerio de Transporte los ajustes necesarios tendientes a lograr un mayor impacto y efectividad de tales medidas.
 - Identificación de las necesidades de información, debilidades y requerimientos técnicos para el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica asociada con la contaminación del aire. Esto incluye la formulación de un programa conjunto entre el Ministerio de Protección Social y el MAVDT orientado a integrar la vigilancia epidemiológica con las redes de monitoreo de la calidad del aire. Esto con el propósito de valorar los impactos de la contaminación del aire sobre la salud.
 - Revisión de la legislación y estrategias sobre ordenamiento territorial, desarrollo urbano y movilidad de las ciudades. Esto con el fin de proponer al MAVDT provisiones que aseguren la inclusión en ellos de consideraciones relativas a la prevención y el control de la contaminación del aire. El MAVDT adoptará las regulaciones que considere necesarias para incluir en los procesos de evaluación ambiental de los POT este tipo de aspectos.
- **Observaciones a la evolución normativa reciente en materia de aire**

Si bien ya existe en el país experiencia en el monitoreo de la calidad del aire, desde mucho antes del surgimiento de la Ley 99 de 1993, y preocupación expresada en la norma desde el Decreto 2811 de 1974, acerca de la problemática de la calidad del aire, los esfuerzos en esta materia han sido aislados y discontinuos.

El surgimiento de normatividad específica como el Decreto 02 de 1982 y el Decreto 948 de 1995, manifiesta avances en materia regulatoria, sin embargo el déficit de aplicación normativa, la falta de coordinación interinstitucional, las nuevas realidades como el crecimiento acelerado de los grandes centros urbanos, el incremento del parque automotor y un ordenamiento territorial que no concebía expresamente el tratamiento de esta problemática, no hicieron posible una adecuada gestión del recurso aire.

La Ley 9 de 1989 y 388 de 1997, plantean herramientas que se dirigen al desarrollo sostenible y ambientalmente sano, como la disposición de usos del suelo para el ordenamiento municipal; no obstante en el ámbito municipal es nulo el tratamiento de esta problemática ante la ausencia de planes y políticas explícitas en los planes de ordenamiento territorial, que solamente alcanzan a esbozar el propósito de alcanzar el cumplimiento de las normas.

El interés sobre el tema del recurso aire ha encontrado un nuevo impulso en los lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación

del aire consignados en el documento CONPES 3344 de 2005, donde a partir de un diagnóstico deficitario frente a esta materia, plantea acciones concretas dirigidas a una gestión integral del recurso.

El surgimiento de nuevas normas como el Decreto 979 del 2006, y Resoluciones como la 601 del 2006 en materia de calidad de aire y 627 del 2006 en materia de control de la contaminación sonora, ha traído ciertos avances como el empezar a considerar dentro de la problemática la incidencia creciente en el parque automotor de las motocicletas. Sin embargo la comunidad medica y científica nacional ha reaccionado con gran preocupación ante los estándares fijados por el MAVDT, en lo que respecta a la concentración de material particulado PM10: límite de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2006, 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2010 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 2015. La norma internacional establece un límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ avalado por la Organización Mundial de la Salud e implementado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, la Unión Europea y países latinoamericanos como México, Brasil, Bolivia, Argentina y Chile.

El MAVDT presentó al público en general la resolución 601 del 2006, argumentando lo siguiente acerca de la preocupación sobre el límite de PM10:

“...la reducción de estas concentraciones a valores por debajo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ conlleva grandes esfuerzos económicos por parte del estado, de la ciudadanía y del sector industrial (...) es evidente que dadas las diferentes actividades que es necesario implementar, sus connotaciones técnicas y económicas, no es posible en un corto plazo cumplir una norma que imponga un valor de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máxima concentración promedio anual para material particulado respirable (PM10) (...) el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, consciente de estas limitaciones y de su deber por un desarrollo sostenible, ha determinado que se requiere establecer una gradualidad para alcanzar este valor, tal y como se contempla en la norma que está próxima a ser expedida y que establece una reducción de los límites permisibles de PM10 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2010 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2015”.

Los debates al respecto de la gradualidad de la norma, con énfasis en la laxitud regulatoria, siguen vigentes hoy con la participación del MAVDT, las corporaciones ambientales regionales, los entes territoriales, las universidades, y muchos otros actores. Algunos argumentos señalan que el límite máximo y permitido anual de 70, para PM10 por parte de la resolución 601 del 2006, no es apto para tratar el problema de calidad de aire de mayor incidencia, y que por el contrario representa una laxitud regulatoria que pone en riesgo la vida y la salud de todos los colombianos, siendo los más afectados sectores vulnerables de la población, como son los menores e integrantes de la tercera edad. Por tanto, la gradualidad que planteo el MAVDT tendiente a endurecer los límites máximos permisibles de este contaminante no se corresponden con la gravedad de los

efectos que en términos de salud pública se generan, (El Tiempo, Mayo 2006). Sin embargo es importante señalar también que antes de la vigencia de esta norma, no existía en el país un límite a este contaminante.

- **Principio de rigor subsidiario como alternativa a la deficiencia reglamentaria de la resolución 601 del 2006**

La resolución 601 del 2006 esboza la posibilidad que tienen las autoridades ambientales de aplicar el principio de rigor subsidiario.

La Ley 99 de 1993 en su artículo 63 enuncia principios normativos generales entre los cuales se encuentra el principio de rigor subsidiario, que fue definido de la siguiente manera:

Principio de Rigor Subsidiario: Las normas y medidas de policía ambiental, es decir, aquellas que las autoridades medio-ambientalistas 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.

Ello implica para el caso de la calidad del aire que las autoridades ambientales pueden y deben por razones de salud pública, dentro de su jurisdicción y como parte de sus competencias endurecer los límites máximos permisibles para PM10, con lo que se subsanaría la deficiencia normativa en controversia.

- **Política para la prevención y control de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá**

Con base en el amplio diagnóstico realizado a las problemáticas de calidad del aire, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha venido trabajando durante el año 2007 en la elaboración de una política para la prevención y control de la contaminación en la región, articulada a partir de los Lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (2005), la normatividad Colombiana, la Agenda 21 (CNUMAD, Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo 1992) y las Guías para la calidad del aire (OMS, Organización Mundial de la Salud 1999).

Es importante anotar que la Ley establece que las Autoridades Ambientales Regionales y Locales deberán estructurar planes de descontaminación y contingencia, pero para el caso de la región metropolitana la intención de formular una política con amplia concertación y argumentación, busca trascender los planes y proyectos en materia de prevención y análisis del recurso aire, en el tiempo. Ya se ha descrito ampliamente como el problema de la contaminación atmosférica es una problemática de primera importancia en la cuenca, especialmente en la región metropolitana, que por su nivel de afectación a la población exige una política consistente y continua en el tiempo.

Cornare y Corantioquia no han abordado un desarrollo como estos, sin embargo y a pesar de que no se registran problemas críticos en dichas áreas, la gestión del recurso aire debe manejarse con un enfoque prospectivo que permita diseñar y proyectar desarrollos futuros de ordenamiento territorial y ambiental, sin detrimento de la calidad del recurso y la calidad de vida de los pobladores.

La política propuesta contiene los mecanismos, instrumentos técnicos, humanos y operativos para la gestión de la calidad del aire en la región metropolitana y principalmente contiene una apuesta de mediano y largo plazo para la gestión del recurso.

Los principios para establecer prioridades con respecto al desarrollo de la gestión de la calidad del aire, prevenir su deterioro y mejorar su calidad, son:

- La Protección de la salud pública de los efectos de la contaminación del aire y del ruido, incluyendo acciones para el desarrollo urbano sostenible en la región metropolitana y buscando la protección de la población, con énfasis en la más vulnerable.
- Desarrollo de soportes técnicos que permitan mejorar la comprensión de los procesos que afectan la calidad del aire y del ruido, para realizar las medidas de mitigación de manera efectiva a los menores costos y buscando los mayores beneficios sociales posibles.
- El trabajo conjunto, coordinado y concertado con las autoridades competentes para realizar las acciones efectivas para el mejoramiento de la calidad del aire en el Valle de Aburrá, considerando especialmente importante el fortalecimiento con las autoridades competentes de los sectores de salud, energía, transporte, desarrollo urbano, agrícola, industrial y minero y de manera complementaria a nivel nacional y local.
- El aumento de la capacidad de control de la contaminación del aire en la jurisdicción, con énfasis en los programas de seguimiento y el uso de redes de vigilancia,

reconociendo las condiciones de la región como las nuevas tecnologías y economías de los sectores productivos.

- El apoyo a los municipios en la toma de decisiones con respecto a la planeación de los usos del suelo, planes de movilidad y en general en la inclusión de la calidad del aire y los niveles de presión sonora como factores determinantes en el Ordenamiento Urbano, mediante los Planes de Ordenamiento Territorial, constituyen una importante herramienta para prevenir y controlar la contaminación del aire, por su capacidad para promover la distribución espacial eficiente de las actividades económicas sobre el territorio.
- El apoyo mediante convenios conjuntos y de producción más limpia a los sectores productivos y de transporte para disminuir la contaminación atmosférica, mediante la inclusión de instrumentos económicos que permitan incentivar el desarrollo sostenible, con tecnologías adecuadas, basadas en la evaluación de riesgos e investigaciones epidemiológica, con miras a introducir procesos de producción ambientalmente racionales y con sistemas de transporte masivo, integrados y seguros que utilicen combustibles limpios y eficientes.

Se establecen 4 ejes estratégicos de la política, que enmarcan los programas y proyectos a realizarse en el corto, mediano y largo plazo como estrategia para garantizar la efectiva prevención y control de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá. Son:

1. Instrumentos de comando y control
2. Adquisición de herramientas para la toma de decisiones
3. Implementación de instrumentos económicos
4. Diseño e Implementación de planes de reducción de la contaminación.

4.4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUERDO 62 de 1999. Tercera parte, Título II - Capítulo II, Sección 1. De los procesos de urbanización [en línea].

<http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/pot/acuerdo62/titIIcapIIsec1.jsp?idPagina=617>

ALZATE, Juan M., BUILES, Luis A., RAVE, Claudia C., SMITH, Ricardo A., CADENA, Angela I. MARKAL: Un modelo de apoyo a la planificación integrada energía-ambiente-economía del transporte urbano a una escala local - Caso de aplicación: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia. SEMINARIO INTERNACIONAL PRODUCCIÓN LIMPIA EN FUENTES MÓVILES (22 de septiembre 2006: Cali – Colombia).

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ y FUNDACIÓN SOCIAL. Plan estratégico metropolitano Norte y Sur del Valle de Aburrá. Cartilla Norte. Medellín, 2005a. 49 p.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ y FUNDACIÓN SOCIAL. Plan estratégico metropolitano Norte y Sur del Valle de Aburrá. Cartilla Sur. Medellín, 2005b. 29 p.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ y UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante modelación matemática y los efectos en la salud. Proyecto de investigación. Medellín, 2001. Convenio por confirmar con Andrea

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ y UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Actualización del inventario de emisiones con georeferenciación de fuentes. Proyecto de investigación. Medellín, 2006. Convenio 323 de 2005 ÁREA METROPOLITANA y UPB.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN. Caracterización de combustibles en sitios de distribución, establecimientos comerciales, industriales y de servicios para verificar su calidad. Contrato interadministrativo 162 de 2005. Medellín, 2007.

BANCO DE LA REPÚBLICA. Informe de coyuntura económica regional, Departamento de Antioquia. Primer semestre. Medellín, 2005. 132 p.

BANCO DE LA REPÚBLICA Informe de coyuntura económica regional, Departamento de Antioquia. Segundo semestre Medellín, 2005. 132 p.

CONTRALORÍA GENERAL DE MEDELLÍN. Estado de los recursos naturales y del medio ambiente. Medellín, 2004.

CORANTIOQUIA, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN., UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA y INSTITUTO POLITÉCNICO JAIME CADAVID ISAZA. Proyecto construcción de la línea base de calidad del aire en 10 municipios de la jurisdicción de Corantioquia. Contrato Interadministrativo No 4673 del 2003. Medellín, 2004.

CORANTIOQUIA. Determinantes socioeconómicos y físico-espaciales para el ordenamiento ambiental territorial de la jurisdicción de Corantioquia. Medellín, 2005. 230 p.

CORANTIOQUIA, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA y UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - Unión Temporal. Construcción de la línea base de calidad del aire en 15 municipios de la jurisdicción de Corantioquia. Contrato Interadministrativo No 5915 del 2004. Medellín, 2006.

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, REPÚBLICA DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento CONPES 3344. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Bogotá D.C., 2005.

EL TIEMPO. COM. Norma que regula la calidad del aire del país podría impactar la salud de los colombianos [en línea]: <http://eltiempo.terra.com.co/salu/notisalud/articulo-web-_nota_interior-2792962.html> [citado en Marzo 16 de 2006].

EL TIEMPO. COM. Una decisión del Ministerio de Ambiente que perjudica la salud de miles y miles de personas [en línea]: http://eltiempo.terra.com.co/bogo/2006-05-30/articulo-web-_nota_interior-2918273.html [citado en mayo 29 de 2006].

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA. Federal Register. Rules and Regulations. Vol. 64, No. 149. Wednesday, August 4, 1999.

GÓMEZ, M. Correlación entre fuentes de PTS y la contaminación existentes en dos zonas de estudio: conferencia En: PRIMER CONGRESO COLOMBIANO DE CALIDAD DEL AIRE (Marzo 16 de 2006: Manizales). Medellín, 2004

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Gestión del suelo urbano en el marco del ordenamiento territorial. Bogotá.D.C., 2003.

LÓPEZ, H. El mercado laboral urbano en Colombia y en Medellín. Corporación para el Desarrollo de Investigación y la Docencia Económica. Cámara de Comercio de Medellín. Medellín, 1996. 89 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. REPÚBLICA DE COLOMBIA. Gobierno nacional endurece controles para garantizar la calidad del aire [en línea]: <http://www.minambiente.gov.co/noticias_home_2006/abril/050406_control_calidad_aire/control_calidad_aire.htm> [citado en 5 de abril de 2006]

MUNICIPIO DE BARBOSA. Plan de Ordenamiento Territorial de Barbosa. Barbosa – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE BARBOSA. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Barbosa – Antioquia, 2003.

MUNICIPIO DE BELLO. Plan de Ordenamiento Territorial de Bello. Bello – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE BELLO. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Bello – Antioquia, 2003.

MUNICIPIO DE CALDAS. Plan de Ordenamiento Territorial de Caldas. Caldas – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE CALDAS. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Caldas – Antioquia, 2003.

MUNICIPIO DE CALDAS. Revisión y ajustes del plan básico de ordenamiento territorial del Municipio de Caldas. Documento de Trabajo. Caldas – Antioquia, 2006. 26 P.

MUNICIPIO DE COPACABANA. Plan de Ordenamiento Territorial de Copacabana. Copacabana – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE COPACABANA. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Copacabana – Antioquia, 2003.

MUNICIPIO DE GIRARDOTA. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Girardota – Antioquia, 2003.

MUNICIPIO DE GIRARDOTA. Plan de Ordenamiento Territorial de Girardota. Girardota – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE MEDELLÍN. Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín. Medellín – Antioquia, 2000.

MUNICIPIO DE MEDELLÍN. Plan de Desarrollo Económico 2004 – 2007. Medellín – Antioquia, 2003.

POLLICARDO, J. y FRANCE, A. Guía de apoyo para la construcción de consensos en el desarrollo de proyectos de infraestructura. Ministerio de obras públicas, transporte y telecomunicaciones de la República de Chile – Casa de la Paz Chile [en línea] <<http://www.convivenciasustentable.cl/>> [citado en 10 de Junio de 2005]

RAMÍREZ, M. y VARELA, A. Documento de Trabajo. Medellín, 2006. 4 p.

RAMIREZ, Jhon; MOLINA, Francisco; LONDOÑO, Gustavo y ECHEVERRI, Carlos. Antecedentes. Boletín informativo Redaire. Volumen 6. Medellín, 2001 p. 7 – 9

RAVE, Claudia C., SMITH, Ricardo A. y CADENA, Angela I. Evaluación integrada energía - ambiente - economía para la planificación sostenible del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”. VII SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE ANÁLISIS Y MERCADOS ENERGÉTICOS. I SEMINARIO CERES (2005: Bogotá D.C.) del 5 al 7 de octubre de 2005.

RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ – REDAIRE [en línea]: <http://www.unalmed.edu.co/redaire>

RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ – REDAIRE [en línea]: <<http://www.unalmed.edu.co/redaire/boletines/Boletin%2017.pdf>> Boletín 17 [citado en Julio 2005]

SENA. El comercio de Antioquia hacia el año 2020 y los retos que se le plantean al Sena. Documento de trabajo. Medellín, 2001. 8 p.

SIERRA, O. CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA y CÁMARA DE COMERCIO DE MEDELLÍN. Empleo y desempleo en el Valle de Aburrá. Medellín, 1995. 58 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN y ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Evaluación de alternativas para la planificación energética sostenible de los sectores industrial y transporte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Documento final de proyecto. Convenio 612 de 2005 Área Metropolitana y Unalmed. Medellín, 2006.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN y ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Evaluación integrada ambiente-energía-economía para la planificación sostenible de núcleos locales. Caso de aplicación Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Documento final de proyecto. Convenio 377 de 2004 Área Metropolitana, EPM y Unalmed Medellín, 2005. 169 p.