



*Fotografía Tucán, por Andrés Fernando Restrepo Coupé*

*Investigación en  
Gestión y Ambiente*



# *Identificación de zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá,*

para el apoyo en la toma de decisiones de ordenamiento ambiental y territorial

*Recibido para evaluación: 18 de Enero de 2007*  
*Aceptación: 13 de Marzo de 2008*  
*Recibido versión final: 10 de Febrero de 2008*

**Claudia C. Rave<sup>1</sup>**  
**Luis A. Builes<sup>2</sup>**  
**Julián Ossa<sup>3</sup>**  
**Ricardo A. Smith<sup>4</sup>**

## RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados obtenidos para el diagnóstico del recurso Aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá hecho por el Grupo de Análisis y Modelamiento Energía Ambiente Economía dentro del marco del proyecto POMCA (Plan de Manejo y Ordenamiento de la cuenca del Río Aburrá, 2006 - 2007) en ejecución. Para el desarrollo de este diagnóstico se partió del análisis conjunto de los conceptos y resultados de los estudios más relevantes en materia de gestión de la calidad del aire para la región, realizados por diferentes grupos de trabajo, incorporando en el análisis las diferentes escalas temporales y espaciales de decisión. Uno de los principales resultados del análisis integrado fue la propuesta de definición de siete zonas con niveles de criticidad por uno o varios de los contaminantes evaluados, ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO), Partículas totales (TSP), y material particulado menor de 10 micrómetros (MP10), análisis que derivado de los estudios y soportado en sistemas de información geográfica permitió la construcción de indicadores para el seguimiento de la gestión de dichas zonas.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación atmosférica, Calidad del aire, Análisis conjunto, Ordenamiento ambiental

## ABSTRACT

A diagnosis of the air resources for the Aburrá Valley Metropolitan Area (AMVA) is presented. This evaluation was made by the Energy Environment Economy Modeling and Analysis Research Group in the framework of the POMCA project (A management and territorial ordering plan for the Medellín river basin). For the development of this diagnosis it was necessary to carry out an integrated analysis of some air pollution measurements, results from emissions and inmissions models and to take into account different time scales and objectives from several previous studies. One of the main results obtained from the integrated analysis was the characterization of seven areas with specific air pollution problems considering one or various pollutants such as: ozone (O<sub>3</sub>), Carbon dioxide (CO), Total particles (TSP) and particulate matter 10 (MP10). The results were supported in a geographical information system allowing the development of a system of indicators for the management of these areas.

**KEYWORDS:** Atmospheric pollution, Air quality, Integrated analysis, Atmospheric, Environmental planning.

---

**1. M.Sc. Investigadora - grupoEAE, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.**

**2. I.C. Investigador - grupoEAE, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.**

**3. I.A. Investigador - grupoEAE, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.**

**4. Ph.D. Profesor, Director grupoEAE, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.**

**grupoEAE@gmail.com**

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión de la calidad del aire es una tarea que implica el entendimiento de la compleja naturaleza de la contaminación además del entendimiento del comportamiento de los diferentes actores económicos y sociales frente al problema y su solución. La justificación del 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 dicho deterioro puede asociarse principalmente a problemas de salud, afectación de infraestructura y patrimonio y afectación progresiva de otros recursos como el agua y la vegetación. 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 conocer a fondo cada una de las variables que intervienen en el deterioro o mejoramiento de la calidad del aire lo cual en sí mismo es una tarea muy compleja. La tarea entonces requiere la conjunción de diferentes herramientas y áreas del conocimiento para buscar las metodologías de aproximación al problema, diseñar las herramientas propias del mismo y entender de forma progresiva el problema (Ossa, 2006)

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. No obstante 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 sí misma, y 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 (Ossa, 2006).

Algunos de los proyectos disponibles hoy para el área metropolitana con escalas geográficamente distribuidas son dispersión de contaminantes atmosféricos (AMVA y UPB, 2001 y 2006), modelación de emisiones debidas a la puesta en marcha de los diferentes subsectores energéticos (industrial, transporte, residencial, comercial) (Unalmed y AMVA 2005 y 2006) y mediciones y análisis derivados de la red de monitoreo de la calidad del aire CORANTIOQUIA, 2003 y 2004 y Redaire, 2005, por mencionar algunos de los más importantes. Específicamente para el recurso aire, el POMCA<sup>1</sup> busca integrar los análisis derivados de los diferentes modelos realizados para esta componente y generar lineamientos, acciones de gestión en el recurso y proponer escenarios prospectivos que acompañen y sustenten los lineamientos planteados y fortalecer las labores en el ordenamiento ambiental de la cuenca del río Aburrá.

Para ello se ha presentado una propuesta de análisis de zonas críticas por alta presencia de algunos contaminantes en el Valle de Aburrá, dominio para el cual se tiene la mayor cantidad de información disponible. Dichas zonas críticas corresponden principalmente a zonas donde se identifican indicadores de concentraciones de contaminantes por encima de las normativa y donde pueden identificarse afectaciones importantes por densidad de fuentes emisoras de dichos contaminantes o por presencia de asentamientos urbanos como barrios, susceptibles a los impactos que sobre la salud y la calidad de vida acarrea la contaminación atmosférica (Ossa, 2006).

Dichas zonas críticas difieren de las "Áreas Críticas" propuestas en el Decreto 979 de 2006 respecto a su definición y gestión; por ello, en el desarrollo del artículo, se presentarán los criterios adoptados para la determinación de dichas zonas así como las posibilidades de formulación de proyectos de gestión y ordenamiento dentro del marco del proyecto POMCA y otros proyectos de ordenamiento ambiental y territorial, complementarios a los propuestos por la ley.

## 2. INFORMACIÓN Y DOMINIO DE ESTUDIO

El diagnóstico del recurso Aire en el marco del POMCA (AMVA, 2006) se formula a partir de información secundaria relevante para el área de estudio de la cuenca (Figura 2). En particular se

*1. POMCA, Plan de ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Aburrá. En ejecución, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia, Comare, Unalmed, 2006-2007.*

dispone de información para el Valle de Aburrá en donde se cuenta con estaciones de medición adscritas a la red de monitoreo de la calidad del aire administradas por las diferentes autoridades ambientales y por tanto sobre la misma zona se han concentrado la mayoría de los estudios y proyectos de modelamiento realizados a la fecha.

Los proyectos principales incluidos en este análisis se describen a continuación y se nombran con palabras claves según serán referenciadas en este artículo.

**Red de monitoreo, red de vigilancia y monitoreo de la calidad del aire:** Se refiere a la operación y control de la red de monitoreo de 20 estaciones en el área metropolitana. 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, el análisis de los datos e investigaciones derivadas de las mismas a través del convenio Redaire. Al final de esta sección se amplía información sobre la Red (Redaire, 2005).

**Línea Base 2004 y 2006:** Se refiere a 2 proyectos liderados por Corantioquia sobre medición de diferentes parámetros de calidad del aire en diferentes puntos de la jurisdicción de Corantioquia. Las mediciones son puntuales y para períodos determinados de tiempo y realizados en estaciones administradas por la entidad (CORANTIOQUIA, 2003 y 2004)

**EAE 2005-2006, 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, para la estimación de la línea base y de escenarios de puesta en marcha de los distintos sectores económicos del área metropolitana y sus impactos en términos ambientales y económicos. Los proyectos brindan información sobre escenarios de emisiones derivados de diferentes acciones de gestión del recurso para un horizonte de planificación de 2002 - 2020 (Unalmed y AMVA, 2006 y 2006) Los proyectos han contado con la cofinanciación del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y de EEPPM en 2005.

**Modelo dispersión 2006:** Se refiere a los proyectos realizados por el grupo GIA de la UPB en el marco del Convenio Redaire para AMVA y Corantioquia.(AMVA y UPB, 2006 y 2001).

Se parte entonces de 3 grupos de proyectos principales, cada uno con un aporte diferente para el análisis del recurso Aire. Los 3 grupos son:

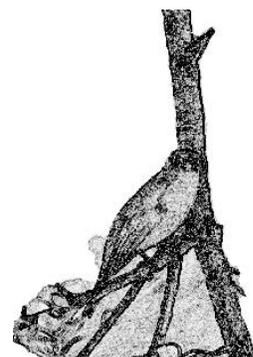
- Mediciones de calidad del aire: Red de monitoreo de calidad del Aire y Mediciones de proyectos Línea Base
- Modelos de emisiones: Modelación Energía Ambiente Economía, EAE 2005
- Modelos de inmisiones: Modelación de dispersión de contaminantes fotoquímicos, UPB 2006.

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 en la fuente.

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. 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.

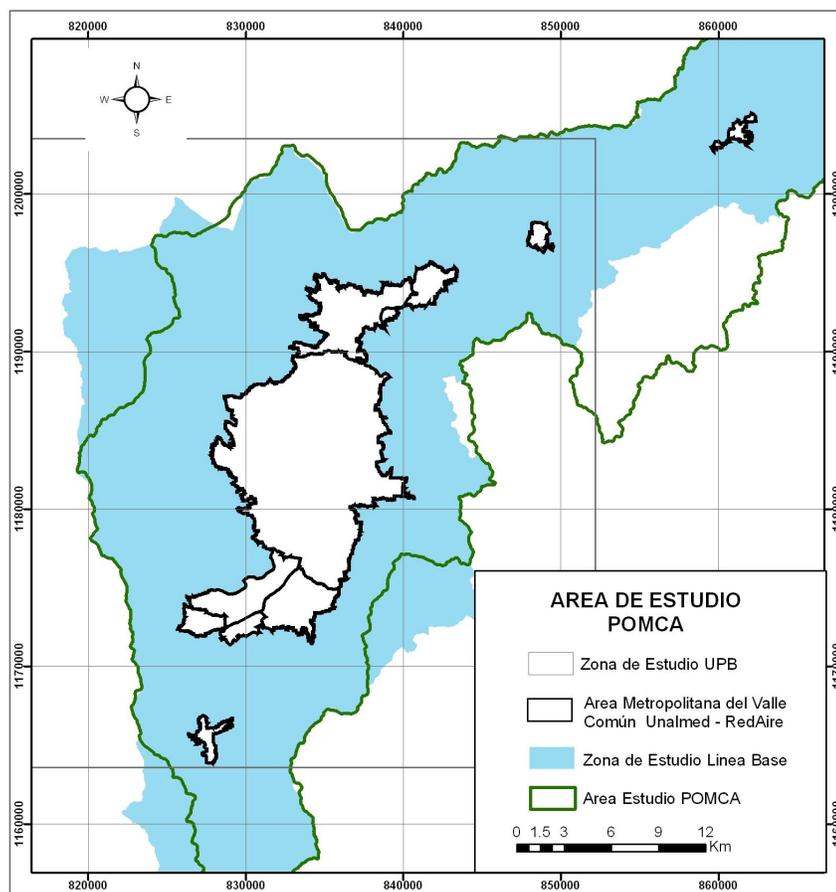
Las redes de medición registran los índices e calidad del Aire (ICA), aportando información de entrada a ambos tipos de modelos y además permiten calibrar y verificar los resultados de los mismos. La red de monitoreo abarca el área metropolitana y tienen mediciones desde 1975. Las mediciones de proyectos Línea Base de Corantioquia cubren la zona rural del Valle de Aburrá para dominios temporales variables.

Los tres grupos de proyectos, 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. Así, se realizaron mapas de variables representativas para el análisis de cada uno de los proyectos en referencia, los cuales permitirán entender y visualizar el fenómeno de la contaminación y las zonas de mayor afectación.

En la Figura 1, se presenta la zona de estudio del POMCA y se ilustran 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.



**Figura 1.**  
**Zona de Estudio del POMCA.**  
*Fuente: Elaboración propia.*  
**Derecha: Zona común a los estudios del diagnóstico del componente Aire.** *Fuente: Elaboración propia*

### 3. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS CRÍTICAS Y EL DIAGNÓSTICO DEL RECURSO

La metodología para la identificación de las zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá consta 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 dispone de las fuentes de información y proyectos mencionados 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.

Se partió del análisis de las estaciones de medición que presentan un alto porcentaje de valores en categoría inadecuada para el Índice de Calidad del Aire ICA (Air Quality Index, AQI de la EPA), para cada una de las estaciones analizadas. 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 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 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 otra información proveniente de estimaciones y no solo de mediciones y su propósito principal es identificar las estrategias de disminución de la contaminación basadas 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 las 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.

#### 4. RESULTADOS

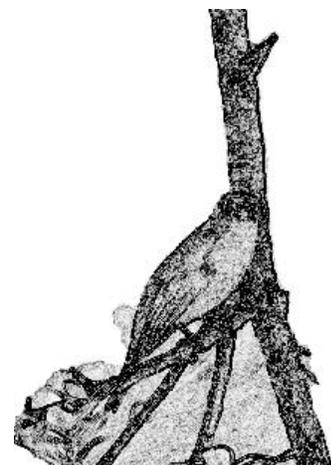
Se presenta a continuación la propuesta de zonas críticas para el área metropolitana. Inicialmente y como parte de la metodología propuesta en el estudio se construyeron 4 conjuntos principales de mapas de integración de resultados de los proyectos, a partir de los cuales se realizó el análisis conjunto para la definición de zonas críticas.

1. Concentraciones de O<sub>3</sub> + ICA medido respecto al O<sub>3</sub> (para estaciones con esta medición) + fuentes fijas y móviles de emisión
2. Concentraciones de CO + ICA medido respecto al CO (para estaciones con esta medición) + cantidad de emisiones de CO fuentes fijas y móviles de emisión
3. Concentraciones de TSP + ICA medido respecto al TSP (para estaciones con esta medición) + cantidad de emisiones de MP10 derivadas de fuentes fijas y móviles de emisión

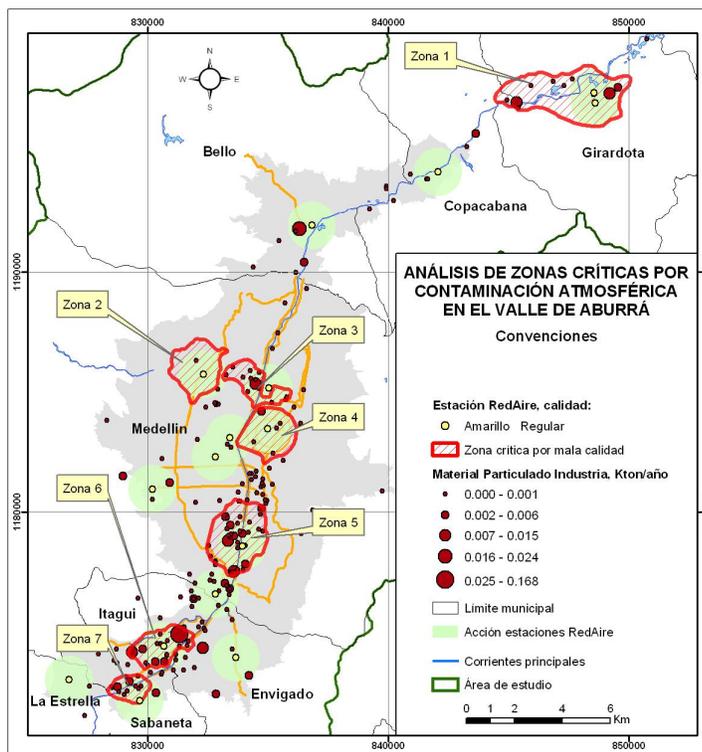
Por medio del análisis conjunto realizado se puede determinar, identificar y caracterizar las zonas que presentan altas concentraciones de emisiones y/o mediciones (inmisiones) de: Material Particulado (MP10) y/o Partículas suspendidas totales (TSP), O<sub>3</sub> y CO. Estos contaminantes se han identificado como algunos de los más representativos en afecciones a la salud humana, por lo cual las zonas críticas darán información útil para la gestión en análisis de salud pública, exposición y vulnerabilidad y otros estudios en materia ambiental y de formulación de estrategias de reducción.

En la Figura 2 se presentan las siete (7) zonas críticas resultantes (ver: figuras 3 a 6). Se presentan indicadores de emisiones por zonas, debido a los sectores industrial o de transporte, comparando el total de las emisiones generadas al interior de la zona con el total del Área Metropolitana. En las Figuras 7 y 8 se presentan algunos de los mapas para análisis conjunto base para la definición de zonas críticas.

Zona 1: Ubicada en el norte del área metropolitana del Valle de Aburrá, entre los municipios de Girardota y Copacabana (ver Figura 3). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 84 Toneladas de MP10 (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 9% de las emisiones totales de AMVA (ver Tabla 1). Esta zona también se ve influenciada por las emisiones del sector transporte, por ser la vía por donde se desplaza parte del tráfico pesado

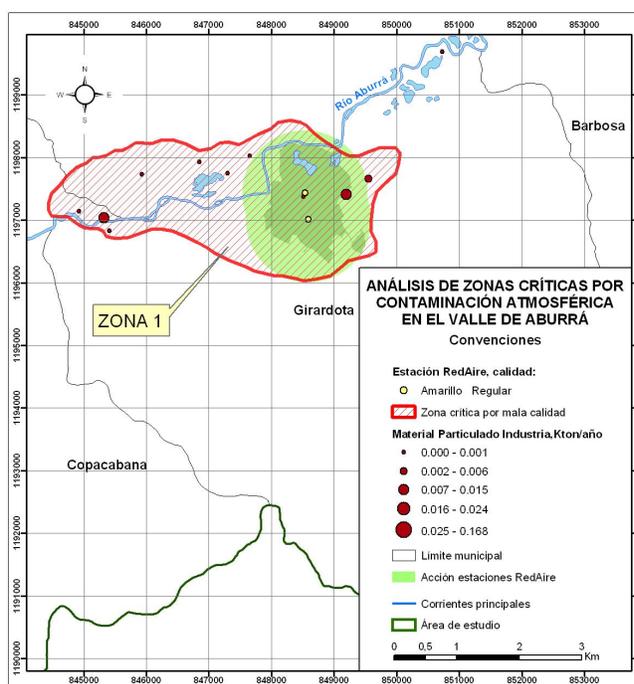


**Figura 2.**  
*Zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia*



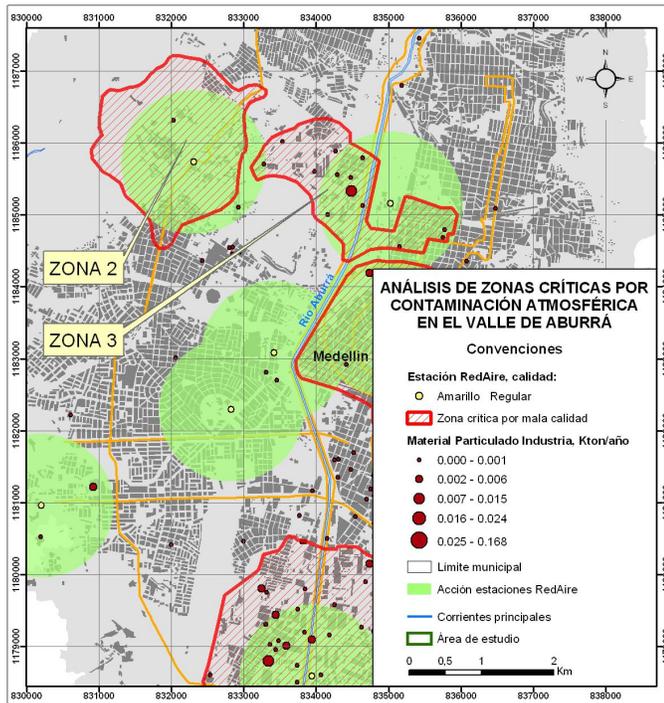
que entra o sale del área metropolitana del Valle de Aburrá hacia el norte y oriente del país, sumado a esto el transporte colectivo público; las emisiones del sector transporte fueron de 18.47 Toneladas de MP10 (Unalmed y AMVA, 2006), representando el 3,5 % de las emisiones totales del AMVA (ver Tabla 2).

**Figura 3.**  
*Zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia*



Zona 2: Ubicada en el centro occidente del municipio de Medellín. Esta es una zona que se caracteriza por presentar una problemática por altas concentraciones de TSP que muestran las mediciones de la estación ubicada en la Universidad Nacional (ver Figura 4), donde el índice de calidad del aire varió entre el 70% y el 100% de concentraciones dentro del rango de aceptable. 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 de Medellín. Las emisiones anuales en el año 2006 por parte del sector transporte fueron de 9,06 Toneladas (Unalmed y AMVA, 2006), representado el 1,7 % de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2).

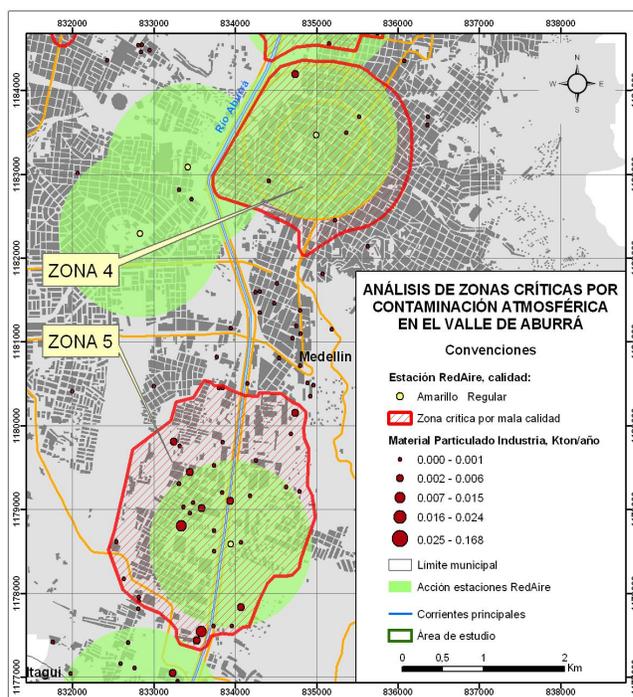
Zona 3: Ubicada en el centro de Medellín, en la Universidad de Antioquia y sus alrededores (ver figura 4). Las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 48 Toneladas de MP10 (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 5% de las emisiones totales de área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 1). 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 (Unalmed y AMVA, 2006), representando el 3,9% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2).



**Figura 4.**  
*Zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia*

Zona 4: Ubicada en el centro de la ciudad de Medellín (ver Figura 5); esta zona representa el 1% de las emisiones industriales en el área metropolitana del Valle de Aburrá equivalentes a 9 Toneladas para el año 2006 (ver Tabla 1). Las altas emisiones se deben a que esta zona es la receptora de la mayor parte del transporte público del AMVA. Las estaciones de medición muestran altas concentraciones de CO en esta zona, demostrando que la problemática de contaminación en esta zona se debe al transporte público. Las emisiones anuales en el 2006 fueron de 8,32 Toneladas (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 1,6% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2). La Figura 7 muestra las concentraciones de CO modeladas por el proyecto UPB2006 y se puede ver cómo esta zona está 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, en esta zona se encuentran también las estaciones de monitoreo de CO, de las cuales identifican la calidad del aire como Aceptable e Inadecuada en varios episodios.

Zona 5: Ubicada en el sur del Municipio de Medellín (ver Figura 5); las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 86 Toneladas de MP (Universidad Nacional y AMVA, 2005), representando el 9% de las emisiones totales de AMVA (ver Tabla 1). El índice de calidad del aire varió entre el 40% y el 60% de concentraciones dentro del rango de aceptable para el año 2006. Esta zona se encuentra influenciada por importantes corredores viales como parte de Las Vegas, la Avenida Regional y la Avenida Guayabal, que aportan altas emisiones de MP. Las emisiones anuales de MP en el 2006 fueron de 34,43 Toneladas (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 6,6% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2). La Figura 7 muestra las concentraciones de CO (AMVA y UPB, 2006) y se puede ver cómo 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.

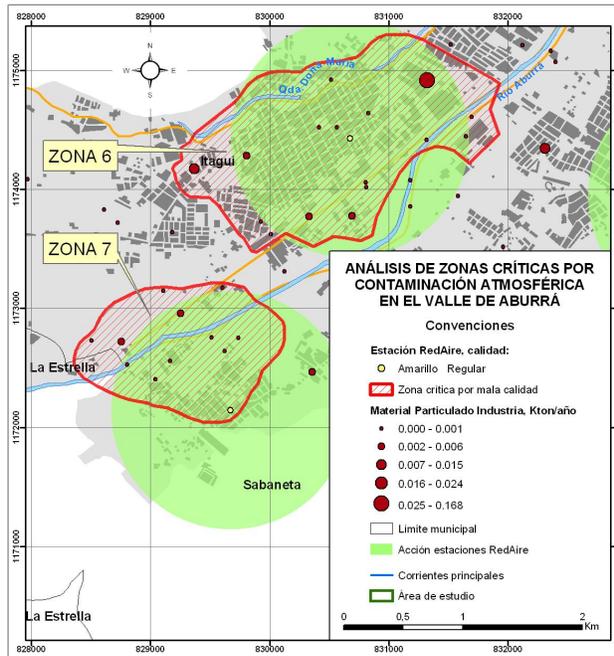


**Figura 5.**  
*Zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia*

Zona 6: Ubicada en el centro del Municipio de Itagüí (ver Figura 6); las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 235 Toneladas de MP (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 25% de las emisiones totales de área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 1), siendo la zona más crítica por emisiones industriales. El índice de calidad del aire varió entre el 40% y el 70% de concentraciones dentro del rango de aceptable 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 María que aportan altas emisiones de MP10. Las emisiones anuales de MP10 en el 2006 fueron de 24,69 Toneladas (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 4,7% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2). Esta zona esta ubicada entre las zonas de mayor concentración de O<sub>3</sub> y CO (zona 7 y zona 5), aunque en esta las concentraciones no son mas altas que las de sus zonas aledañas para las horas que se muestran en las Figuras 8 y 9, se espera que en el transcurso del día las concentraciones sean tan altas como estas, debido al patrón de dispersión, por lo que ésta zona también se ve influenciada por estos dos contaminantes.

Zona 7: Ubicada en el municipio de Sabaneta (ver Figura 6); las emisiones anuales en el año 2006 debidas al sector industrial fueron de 26 Toneladas de MP10 (Unalmed y AMVA, 2005), representando el 3% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 1). El índice de calidad del aire varió entre el 20% y el 50% de concentraciones dentro del rango de aceptable para el año 2006. Las emisiones anuales de MP10 en el 2006 fueron de

25,69 Toneladas (Universidad Nacional y AMVA, 2005), representando el 4,9% de las emisiones totales del área metropolitana del Valle de Aburrá (ver Tabla 2). Aparte de las emisiones de MP10 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 AMVA.



**Figura 6.** Zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia

Contaminación industrial por MP10 con respecto al AMVA							
Zona	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
<b>Emisión (Ton)</b>	84	0	48	9	86	235	26
<b>Porcentaje del AMVA</b>	9%	0%	5%	1%	9%	25%	3%

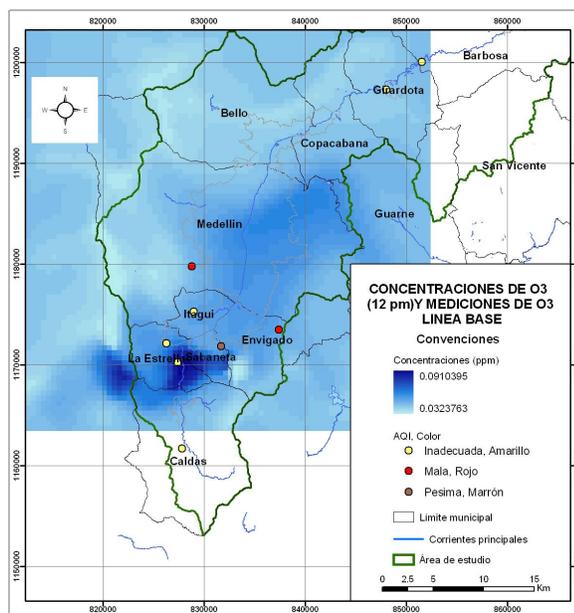
**Tabla 1.** Contaminación industrial por MP10 en las zonas críticas con respecto al área metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006. Fuente: Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia

Contaminación sector transporte por MP10 con respecto al AMVA							
Zona	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
<b>Emisión (Ton)</b>	18,47	9,06	20,39	8,32	34,43	24,69	25,69
<b>Porcentaje del AMVA</b>	3,5%	1,7%	3,9%	1,6%	6,6%	4,7%	4,9%

**Tabla 2.** Contaminación sector transporte por MP10 en las zonas críticas con respecto al área metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2006. Fuente: Elaboración propia a partir de información de proyectos en referencia

### Análisis UPB - Línea Base. Contaminación por Ozono

Debido principalmente a las emisiones de NOx (precursor de la formación de O3) por parte del tráfico rodado en las zonas centro y sur del área metropolitana se identifican problemas de formación O3 (Figura 7). La zona sur es la que presenta las concentraciones mas altas de O3, debido a la tendencia de los vientos norte-sur del Valle de Aburrá, los cuales transportan hacia el sur parte de los NOx que se emiten en el centro de Medellín, contribuyendo a la formación de O3 (AMVA y UPB, 2006 y 2001). Los resultados del proyecto Línea Base permiten confirmar las altas concentraciones de O3 en el sur, donde el Índice de Calidad del Aire varía desde inadecuado, hasta pésimo en los diferentes municipios (CORANTIOQUIA, 2003 y 2004). El análisis se hace para los resultados de la modelación del proyecto UPB a las 12:30 del medio día, ya que ésta es la hora de mayores concentraciones de O3.

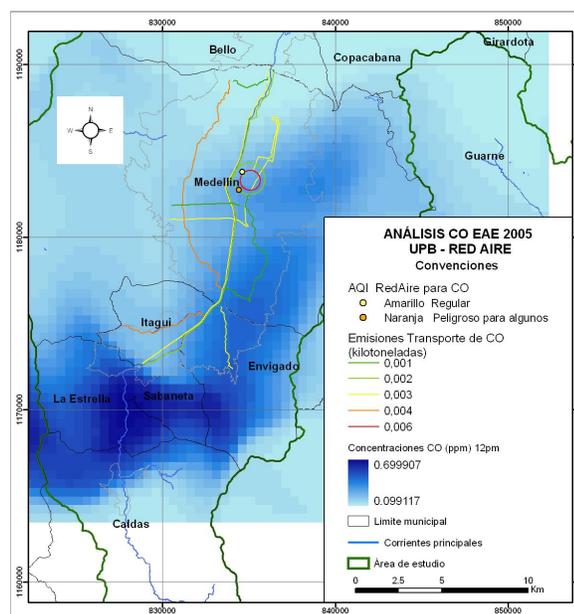


**Figura 7.**  
**Mapa resultante análisis de O<sub>3</sub>**  
**UPB-Línea Base. Fuente:**  
**Elaboración propia a partir de**  
**información de proyectos en**  
**referencia.**

### **Análisis EAE 2005 - UPB - Redaire. Contaminación por CO**

Para el análisis de contaminación por CO, se realizó la superposición de los mapas resultantes de la modelación EAE 2005, UPB 2006 y las mediciones de CO de las estaciones de Redaire. La Figura 8 presenta el mapa resultado de la superposición para el año 2006, tomando el mapa de concentración de CO para las 12 del día (AMVA y UPB, 2006 y 2001).

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 y a la actividad industrial. Con las calificaciones del ICA de las mediciones de CO realizadas por RedAire, se puede confirmar que el centro de la ciudad de Medellín es una de las principales zonas fuente de emisión de CO.



**Figura 8.**  
**Mapa resultante análisis de CO,**  
**EAE-UPB-Línea Base. Fuente:**  
**Elaboración propia a partir de**  
**información de proyectos en**  
**referencia.**

En las horas de la mañana se encuentran las mayores concentraciones de CO en el centro de la ciudad y a medida que avanza la mañana, el CO 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 (AMVA y UPB, 2001). Se puede determinar como la zona centro se comporta cómo productora de CO y el sur se comporta como productor y como sumidero.

## 5. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis conjunto de los diferentes proyectos en materia del recurso aire ejecutados en el área metropolitana del Valle de Aburrá, donde se encontraron relaciones importantes y relevantes para la toma de decisiones en gestión del recurso.

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 O<sub>3</sub> 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.

La propuesta de zonas críticas parte del análisis anterior y define 7 zonas cuyos indicadores muestran el nivel de generación de emisiones y/o la concentración de contaminantes (inmisiones) en cada una, respecto al área metropolitana.

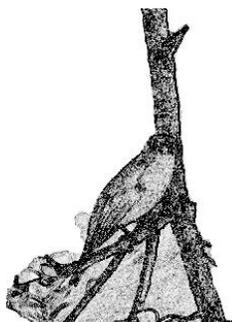
Los indicadores muestran que la zona 6, perteneciente al centro del municipio de Itagüí, representó el 25 % de la generación de emisiones de MP al AMVA en el año 2006, que es equivalente a 235 Toneladas anuales de MP; por parte del sector industrial, y el 4.7% de la contaminación por MP por parte del sector transporte, equivalente a 24.69 Toneladas anuales demostrando que esta zona emite más de la ¼ parte de la contaminación por MP 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 está 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 O<sub>3</sub> 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, 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, se detectó 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 varió 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 más 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.





Actualmente en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y junto con los investigadores de los diferentes proyectos componentes de la investigación, se trabaja en propuestas de producción más limpia en la región, iniciando la implementación de los planes en estas zonas críticas identificadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMVA, UPB, 2006. Sistema de Información Metropolitano de la Calidad del Aire, SIMECA.
- AMVA, UPB, 2001. Estudio de la formación de contaminantes fotoquímicos mediante modelización matemática y los efectos en la salud. Proyecto de investigación.
- AMVA, Universidad Nacional de Colombia, Cornare, Corantioquia, 2006. En ejecución (2006-2007). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá. Fase Diagnóstico. Documento inédito.
- Corantioquia, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia, UPB e Instituto Politécnico Jaime Cadavid Isaza, 2003. Proyecto Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 10 municipios de la jurisdicción de Corantioquia. Contrato Inter-administrativo No 4673 del 2003.
- Corantioquia, Unión Temporal Universidad de Antioquia - UPB, 2004. Construcción de la Línea Base de Calidad del Aire en 15 municipios de la jurisdicción de Corantioquia. Contrato Inter-administrativo No 5915 del 2004.
- EPA, Federal Register / Vol. 64, No. 149 / Wednesday, August 4, 1999 / Rules and Regulations.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006. República de Colombia. Decreto 979. Abril 3 de 2006 y Resolución 601. Abril 4 de 2006.
- Ossa, J.A., 2006. Análisis Integrado de Resultados de Modelaciones sobre el Recurso Aire en el área metropolitana del Valle de Aburrá, para el Apoyo a la Toma de Decisiones en Ordenamiento Ambiental. Trabajo monográfico de especialización. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. Enero de 2007. Medellín, Colombia.
- Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del área metropolitana del Valle de Aburrá - REDAIRE - Universidad Nacional de Colombia. Pagina principal <http://www.unalmed.edu.co/redaire>
- Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del área metropolitana del Valle de Aburrá - REDAIRE, 2005. Boletín 17. Pagina web: <http://www.unalmed.edu.co/redaire/boletines/Boletin%2017.pdf>, última visita, noviembre de 2006.
- Universidad Nacional de Colombia y AMVA, 2006. Evaluación de Alternativas para la Planificación Energética Sostenible de los Sectores Industrial y Transporte del área metropolitana del Valle De Aburrá. Documento de avance de proyecto. Proyecto en ejecución.
- Universidad Nacional de Colombia, EPM y AMVA, 2005. 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. 169 P.
- Validación e implementación de técnicas pasivas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. Pagina web: [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UJI/AVAILABLE/TDX-0415105-125337/capitulo2.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UJI/AVAILABLE/TDX-0415105-125337/capitulo2.pdf), ultima visita, noviembre de 2006.