

# La modelación y la gestión en el mejoramiento de la calidad del aire<sup>1</sup>

## *Modeling and management for improving air quality*

Luis Felipe Granada Aguirre

Doctor en Ciencias Técnicas del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, ciudad de La Habana, Cuba. Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental de la Universidad Rovira y Virgili Tarragona, España. Ingeniero Mecánico. Profesor investigador jornada completa, Programa Administrador de Empresas de la Universidad Libre Seccional Cali. lfggranada70@hotmail.com

Marino Valencia Rodríguez

Doctor en Ciencias Técnicas del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, ciudad de la Habana, Cuba. Máster en Ciencias de la Organización de la Universidad del Valle. Máster en Administración de Empresas de la Universidad del Valle. Especialista en Marketing Estratégico, Universidad del Valle, Especialista en Finanzas, Universidad del Valle, Licenciado en Educación. Profesor investigador jornada completa, Programa Administrador de Empresas de la Universidad Libre Seccional Cali. marinval5@yahoo.com

---

Fecha de recepción: Septiembre 9 de 2010

Fecha de aceptación: Diciembre 6 de 2010

### Abstract

This paper provides a review of international trends used in connection with modeling and management of urban air quality. According to specialized literature on this topic, the most common actions are dose-response evaluation, modeling, monitoring, emission control, and planning. The methodology implemented consisted of a procedure for managing measures to control atmospheric pollutants from fixed and mobile sources in order to pursue initiatives aimed at minimizing the risks posed by air pollution to health and the environment. This resulted in an atmospheric emission inventory, which can be used for improving air quality management efforts, and three different kinds of software applications that can be used as technical support tools for receiving, analyzing, and monitoring data. As a conclusion, the procedure for the Environmental Territorial Authority (ETA) to manage measures for controlling atmospheric pollutants from fixed and mobile sources is a promising management tool aimed at minimizing the health and environmental risks associated with air pollution.

---

1 Artículo resultado del proyecto Procedimiento para la medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali- Colombia. Fecha de inicio: julio 2007 – Fecha de finalización: diciembre de 2010

## Key words

Modeling, management, urban air quality, atmospheric emission inventory

## Resumen

El artículo analiza las tendencias internacionales utilizadas sobre la modelación y la gestión implementada en el manejo de la calidad del aire urbano. La literatura especializada establece que las acciones más empleadas son la evaluación dosis-respuesta, modelación, monitoreo, control de emisiones y planificación. La metodología que se implementó fue un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas para adelantar una gestión, orientada a minimizar los riesgos que presenta la contaminación del aire en el ambiente y la salud. Como resultado, se obtiene un inventario de emisiones atmosféricas para mejorar la gestión en el manejo de la calidad del aire, y tres software como soporte técnico para las fases de recepción, análisis y control de datos. Se concluye que el procedimiento para gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la Autoridad Territorial Ambiental (ATA) se perfila como una herramienta de gestión orientada a minimizar los riesgos que presenta la contaminación del aire en el ambiente y la salud.

## Palabras clave

Modelación, gestión, calidad del aire urbano, inventario de emisiones atmosféricas.

## Introducción

La reducción de la emisión de gases efecto invernadero es asunto de cada ciudadano. La responsabilidad ética y moral de cada uno de ellos con el planeta la tiene consigo mismo. Este problema no es responsabilidad de la industria manufacturera porque emite millones de toneladas de gases diariamente en el mundo. El hombre en su quehacer diario emite mucho más, solo con el hecho de conducir un vehículo. El problema de la contaminación del aire y sus efectos ambientales y sanitarios no se soluciona con la intención de algunas industrias que decidieron abrir sus mercados internacionales y se encontraron que para participar en estos debían colocar una etiqueta ambiental para demostrar sus actuaciones ambientales en sus procesos productivos. Estas son las industrias de países en desarrollo como las colombianas o los del vecindario que la rodea. Esta iniciativa tiene mérito y merece un reconocimiento por la visión de sus directivos, al direccionar sus organizaciones hacia empresas, negocios y mercados verdes, pero esto no es suficiente, también es necesario incluir el tema de las fuentes móviles para resolverlo.

La decisión que toma el empresario cuando asume el trabajo de analizar la reducción de gases efecto invernadero (GEI) en su organización puede ser de tipo económico y/o ambiental. Si su decisión se basó desde el punto de vista económico, la filosofía de gestión ambiental adoptada en su organización es la ecoeficiencia. Esta alcanza la eficiencia económica y mejora los aspectos ambientales. Si la decisión fue de tipo ambiental es porque su organización produce bajo el modelo de producción limpia, concepto que adoptó los principios establecidos por

las filosofías de prevención de la contaminación y la ecoeficiencia, es decir, la producción limpia se sustenta en los aspectos de eficiencia ambiental que tiene beneficio económico.

También existe la posibilidad que los empresarios tomen decisiones en materia ambiental, obligados a cumplir con las normas o requisitos impuestos por las diferentes cadenas de ecoeficiencia de otros países. En este sentido, las decisiones ambientales se convierten en un asunto de sostenibilidad de la actividad en el tiempo o simplemente relegar el acceso de sus productos a los mercados y negocios verdes a nivel internacional. Esta dicotomía pone al país en mayor riesgo ambiental y sanitario. La razón es porque si las industrias nacionales no son ecoeficientes, limitarán la oferta de productos nacionales en los mercados internacionales y a largo plazo se evidenciará en Colombia el fortalecimiento de una industria primaria o extractiva más contaminante.

Por lo tanto, el mejoramiento de la calidad del aire es un asunto que compete a todos los ciudadanos del mundo y los obliga a tomar decisiones en este sentido. Sin embargo, es necesario que estas iniciativas estén ligadas a las disposiciones establecidas por los Estados en esta materia y que se consoliden en la adopción de una estructura para el manejo de la calidad del aire que permita mejorar su calidad, tomar decisiones, comparar el estándar de emisión e inmisión, realizar medidas de control e implementar actuaciones en fuentes móviles y fijas. Los resultados arrojados por las acciones anteriores facilitarán el desarrollo de un modelo y un procedimiento de gestión para las medidas de control de contaminantes atmosféricos urbanos, siendo este el objetivo por alcanzar en la investigación.

## 1. Marco teórico

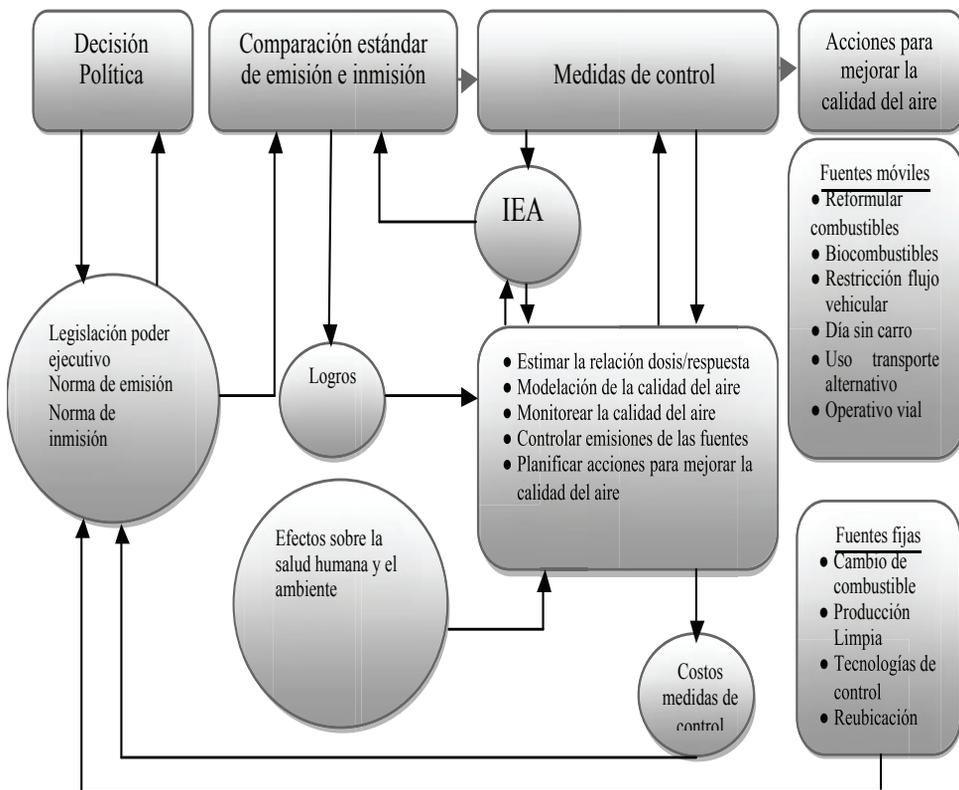
### 1.1. Estructura sugerida para el manejo de la calidad del aire urbano en ciudades de países en desarrollo

En la literatura especializada se encuentran disponibles estructuras y modelos para el manejo de la calidad del aire diseñados en países desarrollados. Los componentes de dichas estructuras y modelos se fundamentan en acciones encaminadas a realizar una modelación de dispersión, análisis causal de fuentes de emisión y sus efectos epidemiológicos, toxicológicos y ambientales, y establecer relaciones de dosis respuesta, entre otros. Estos elementos se alcanzan porque los datos arrojados por las medidas de control establecidas en estos territorios están disponibles. En el caso de los países en desarrollo en algunas ciudades la disponibilidad de los datos es aún deficiente dado que la gestión de las medidas de control implementadas por la autoridad territorial ambiental (ATA) es insuficiente. En estas circunstancias, es relevante considerar la adopción de una estructura de manejo de calidad del aire que se adapte a las condiciones del territorio, de las medidas de control y de las actuaciones implementadas que permitan obtener un inventario de emisiones y reducir el deterioro de la calidad del aire.

La Figura 1 muestra la aproximación a la estructura del manejo de la calidad del aire sugerida para países en desarrollo. Esta considera los elementos básicos por implementar en el territorio con el fin de lograr la reducción de las emisiones y mejorar la calidad del aire. Sin embargo, a pesar de contar con medidas de control en algunas ciudades, se evidencia

que la ausencia de datos útiles se presenta por la ineficiente gestión de dichas medidas de control por parte de las ATA (Granada, 2010). Esto significa que el aporte realizado por la investigación en materia de calidad del aire en estos países es deficiente. Se puede decir que la generación y la transferencia de conocimiento hasta ahora desarrollada no ha innovado el proceso de gestión de dichas medidas y actuaciones, con miras a reducir el deterioro de la calidad del aire urbano.

Otra razón por la cual estos países se encuentran atrasados en el manejo de la calidad del aire es porque la investigación, la innovación y el desarrollo de los proyectos realizados en la academia y el sector industrial de estos países se han visto limitados por la influencia de los países desarrollados; es decir, la política sobre la calidad del aire establecida por el Estado, conceptúa que la adopción de modelos de países desarrollados es viable en estas ciudades a pesar de la brecha tecnológica, técnica, económica, ambiental y meteorológica existente. De esta manera, se aduce por parte de la comunidad científica local e internacional que el desarrollo de proyectos en este sentido no es necesario porque este problema ya está resuelto en el mundo.



**Figura 1.** Estructura para el manejo de la calidad del aire urbano

**Fuente:** Adaptada de Granada, 2010.

### 1.1.1 Decisiones políticas y comparación de estándar de emisión e inmisión

El nivel de inmisión de contaminantes o índice de la calidad del aire (ICA) es un aspecto en el manejo de la calidad del aire en áreas donde los niveles mínimos exigidos por la regulación son excedidos y es necesario tomar medidas de control que reduzcan la emisión de contaminación al aire (Haq *et al.*, 2002). Los estudios epidemiológicos realizados en las décadas de 1980 y 1990 en Europa y Estados Unidos (WHO, 2006), (WHO, 2006a), (WHO, 2005), (WHO, 2004), (WHO, 2004a), (WB, 2004), (WHO, 2003), (WB, 2003), (EEA & WHO, 2002), (EPA, 2002), (WHO, 2000) (WHO, 2000a), permitieron proponer los niveles de concentración de los contaminantes criterio o ICA (WHO, 2000). Los cuales son adoptados como *política de inmisión y emisión* en países o regiones del mundo como en los Estados Unidos (The US Clean Air Act en 1990), Canada (National Ambient Air Quality en 1998), India (WB, 2004), Europa (EC Framework Directive 96/62/EC), Asia (WHO, 2006), (Haq *et al.*, 2002), África (WHO, 2006), Brasil (CETESB, 2006), Chile (CONAMA, 2005), Colombia (IDEAM, 2005) y México (SMA, 2005).

También permitieron establecer la prioridad de las decisiones políticas de los estados en cuanto a la protección del ambiente y la salud humana de los efectos de la contaminación. En este sentido, las estrategias que hacen parte de las decisiones políticas, se centran en las medidas de control a tomar para el manejo de la calidad del aire y éste depende de factores como el inventario de emisiones (IEA), la red de monitoreo de la calidad del aire, la modelación de la dispersión de la contaminación en el aire, la modelación para predecir la calidad del aire, análisis de Dosis / Respuesta (Haq *et al.*, 2002), entre otras (Figura 1). Los compromisos que se adquieren en las decisiones políticas, se hacen a través de la participación en los eventos y encuentros internacionales que se realizaron y realizarán para tal fin (por ejemplo, Copenhague, 2009).

### 1.1.2 Medidas de control

**Estimar la relación dosis/respuesta:** Esta relación se estima mediante la evaluación del riesgo ambiental (ERA), una técnica que identifica en espacio y tiempo las fuentes de emisión y caracteriza de acuerdo con sus aspectos físicos y socioeconómicos el comportamiento de las emisiones en el área de estudio (gestión ambiental). También estima en función del tiempo a qué dosis está expuesta una población determinada así como su forma de ingreso en el organismo y su punto final en éste en el caso de no ser expulsado. Es decir, la estimación del riesgo se fundamenta en la bioconcentración (organismo), bioacumulación (en el ambiente) y biomagnificación de la contaminación (cadena trófica). Estimado el riesgo se procede a su gestión diseñando planes de contingencia y emergencia para reducir el riesgo ambiental y sanitario. Igualmente, la ERA es una herramienta que facilita la toma de decisiones políticas en el manejo de la calidad del aire y permite cualificar y cuantificar los efectos ambientales y sanitarios derivados de la contaminación (Granada, 2010).

**Modelación de la calidad del aire:** Revisando la literatura se deduce que para la modelación de la calidad del aire se utilizan tres modelos que estiman: 1) el factor de emisión de fuentes móviles y fijas; 2) el comportamiento químico; y 3) la dispersión de un contaminante en el aire. La Tabla 1 muestra el objetivo y los datos de entrada (inputs) requeridos por algunos modelos como el COPERT III desarrollado por la EEA (Kouridis, Ntziachristos y Samaras, 2000), el Mobile6.1 desarrollado por la EPA (Pollack *et al.*, 2004), (EPA, 2003)

y el *International Vehicle Emission* (IVE) desarrollado por la *Global Sustainable Systems Ressearch* (METROPOL, 2007) para estimar los factores de emisión de fuentes móviles y el *Particulate Matter* (PM) *PM Calculator, Tanks* y *LANDFILL Gas Emission* desarrollados por la EPA (INE, 2008) para estimar factores de emisión de fuentes fijas.

**Tabla 1.** Objetivo y valores de entrada (*inputs*) para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas

Nombre	Objetivo	Datos de entrada ( <i>inputs</i> )
COPERT III	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en Europa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo del vehículo</li> <li>• Tipo del vehículo</li> <li>• Velocidad del vehículo</li> <li>• Distancia promedio recorrida</li> </ul>
Mobile6.1	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en los Estados Unidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trafico promedio</li> <li>• Longitud de las vías</li> <li>• Tipo de vía</li> <li>• Variables meteorológicas</li> </ul>
IVE	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en países en desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de combustible</li> <li>• Consumo de combustible</li> <li>• Cantidad de combustible vendido</li> <li>• Factor de emisión del contaminante estimado</li> </ul>
PM CALCULATOR	Estimar emisiones de material particulado de fuentes fijas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividad económica</li> <li>• Tipo de producto elaborado</li> <li>• Materia prima utilizada</li> <li>• Turnos de trabajo</li> </ul>
Tanks	Calcular emisiones al aire a partir de líquidos orgánicos en tanques de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de combustible</li> <li>• Tipo de fuente emisora</li> <li>• Puntos de descarga</li> <li>• Equipos de control</li> <li>• Caudal de gases</li> </ul>
LANDFILL Gas Emission	Estimar tasas de emisión de gases de los vertederos municipales de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de tanques</li> <li>• Fluido almacenado</li> <li>• Ubicación del tanque</li> <li>• Variables meteorológicas</li> </ul>

Fuente: Granada, 2010.

La Tabla 2 muestra la capacidad de cada modelo para importar datos obtenidos en la zona de estudio, las salidas (*outputs*) y sus limitaciones para su uso en países en desarrollo. En la literatura no están disponibles modelos para estimar factores de emisión, comportamiento químico y dispersión del aire con datos obtenidos en los países en desarrollo (D' Angiola *et al.*, 2010) (Figueroa y Casasbuenas, 2007). La Tabla 3, muestra algunos autores que utilizando el Mobile6, el COPERT III y el IVE estimaron los factores de emisión de fuentes móviles.

**Tabla 2.** Importación, salida (outputs) y limitaciones de los datos para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas

Nombre	Importadatos	Datos de salida (outputs)	Limitaciones
COPERT III	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaporación de gases NMVOC y emisión dependiendo de la temperatura de la ciudad o el país</li> </ul>	Su base de datos (CORINAR) está alimentada con datos de vehículos, combustibles y condiciones meteorológicas de ciudades europeas y estas características en países en desarrollo son diferentes.
Mobile6.1	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidrocarburos (HC)</li> <li>• Monóxido de carbono (CO)</li> <li>• Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</li> <li>• Partículas de escape</li> <li>• Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>• Amoníaco (NH<sub>3</sub>)</li> <li>• Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Desgaste de los neumáticos</li> <li>• Desgaste de los frenos</li> </ul>	Su base de datos está alimentada con datos de vehículos, combustible y meteorología de ciudades norteamericanas y estas características en países en desarrollo son diferentes.
IVE		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuestos orgánicos volátiles (COV's)</li> <li>• Monóxido de carbono (CO)</li> <li>• Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</li> <li>• Partículas suspendidas totales (PST)</li> <li>• Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> </ul>	Esta aplicación fue concebida para países en desarrollo y sus bases de datos se ajustan a sus necesidades y realidad.
PM CALCULATOR	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PM<sub>10</sub></li> <li>• PM<sub>2.5</sub></li> </ul>	Este software usa información del AP-42 (EPA) para determinar emisiones de PM <sub>10</sub> en procesos en los que se usan equipos de control.
Tanks	No	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuestos orgánicos volátiles (COV's)</li> </ul>	Su base de datos es Norteamérica.
<u>LANDFILL Gas Emission</u>	Sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuestos orgánicos volátiles (COV's)</li> <li>• Metano (CH<sub>4</sub>)</li> </ul>	No es objeto de esta tesis estudiar este tipo de emisiones.

Fuente: Granada, 2010.

Estos autores (Tabla 3) consideran que aunque los resultados de la modelación son apropiados, tener a su alcance los aspectos locales como el ciclo de conducción, la topografía, la meteorología, los aspectos socioeconómicos, la tecnología y la edad del parque automotor, permitirán mediante un correcto manejo de los datos, realizar un análisis más detallado y aproximado de la información obtenida (ajustar la modelación) con el fin de implementar medidas de control de la contaminación.

**Tabla 3.** Autores que han utilizado el MOBILE6, COPER TIII e IVE para estimar factores de emisiones de fuentes móviles.

MOBILE6
Jyaratne, 2010; Parshall <i>et al.</i> , 2010; Hatzopoulou y Miller, 2010; Godowitch, Rao <i>et al.</i> , 2010; Zhang y Batterman, 2010; Hu <i>et al.</i> , 2010; Zheng <i>et al.</i> , 2009; Moussiopoulos <i>et al.</i> 2009; Chu y Meyer, 2009; Padian <i>et al.</i> , 2009; Ortega <i>et al.</i> , 2009; Fairlie <i>et al.</i> , 2009; Song <i>et al.</i> , 2008; Liu <i>et al.</i> , 2008; Zhang, 2008; Stein., 2007; Venkatram <i>et al.</i> , 2007; Bai <i>et al.</i> 2007; Chen <i>et al.</i> , 2007; Nesamani <i>et al.</i> , 2007; Zarate <i>et al.</i> , 2007; Granada y Cabrera, 2007; Blulfert <i>et al.</i> , 2006; Tong, y Mauzerall <i>et al.</i> , 2006; Parrish, 2006; Kinnee <i>et al.</i> , 2004; DAMA, 2003; Nadim <i>et al.</i> , 2003; Jaramillo, <i>et al.</i> , 2003.
COPERT III
Baldasano <i>et al.</i> , 2010; Wang <i>et al.</i> , 2010; Jorquera y Castro, 2010; Saide <i>et al.</i> , 2009; Kelly, <i>et al.</i> , 2009; Baldasano <i>et al.</i> , 2008; Kousoulidou <i>et al.</i> , 2008; Lumbreras <i>et al.</i> , 2008; Ganguly y Broderick, 2008; Ghenu <i>et al.</i> , 2008; Papathanassiou <i>et al.</i> , 2008; Caserini <i>et al.</i> , 2008; Cai y Xie, 2007; Bellasio <i>et al.</i> , 2007; Panis <i>et al.</i> , 2006; Blulfert, 2006; Mellios <i>et al.</i> , 2006; Berkowicz <i>et al.</i> , 2006; Kassomenos <i>et al.</i> , 2006; Zachariadis, 2005.
IVE
Nesamani, 2010; Wang <i>et al.</i> , 2008; Lents y Nikkila, 2008; Lents y Alper, 2007; Lents y Davis, 2004, 2004a, 2004b, 2004c, 2003, 2002; Hui, <i>et al.</i> , 2007; Osses y Fernández, 2001.
Otros autores son: Bukowiecki <i>et al.</i> , 2010; Smit <i>et al.</i> , 2010; Coehlo <i>et al.</i> , 2009; Geertsema y Wichers, 2009; Henry, 2009; Hogrefe <i>et al.</i> , 2009; Osley, <i>et al.</i> , 2009; Guarieiro <i>et al.</i> , 2009; Kahyao lu <i>et al.</i> , 2009; Tamsanya <i>et al.</i> , 2009; Zamboni <i>et al.</i> , 2009; Singh <i>et al.</i> , 2008; Gidhagen <i>et al.</i> , 2009; Costabile y Allegrini, 2008; Granada, Herrera y Pérez, 2008; Jiménez, 2008; Oanh <i>et al.</i> , 2008; Ossés <i>et al.</i> , 2008 ; Smit <i>et al.</i> , 2008 y 2008a ; Smit <i>et al.</i> , 2007; Jones y Harrison, 2006; Bartsev <i>et al.</i> , 2008; Caserini <i>et al.</i> , 2008; Cai y Xie, 2007; Carvalho, 2007; Fontaras <i>et al.</i> , 2007; Smit <i>et al.</i> , 2008a; Carslaw <i>et al.</i> , 2007; Tuia <i>et al.</i> , 2007, Berkowicz <i>et al.</i> , 2006; Pulles <i>et al.</i> , 2006; Yumimoto y Uno, 2006; Davis y Lents, 2005; Rakha <i>et al.</i> , 2004.

Fuente: Granada, 2010.

**Monitoreo de la calidad del aire:** Mide en tiempo real las variables meteorológicas, las características físicas, químicas y la concentración de contaminantes criterio en el aire urbano. Verifica el cumplimiento de la norma de inmisión soportado en la recolección o muestreo mediante un conjunto de estaciones de monitoreo fijas o móviles (red de monito-

reo del aire y meteorología –RMA–) y en documentos con información actualizada de cada contaminante medido en cuanto a características físicas, químicas, métodos de recolección continuos de lectura directa y/o integrados de muestreo al azar y los efectos ambientales y sanitarios. *The European Air Quality Monitoring Network* en Europa, *The National Air Pollution Surveillance Network* en Canadá y *The National Air Monitoring Stations* en los Estados Unidos toman datos de las estaciones ubicadas en los países miembros como *The AIRBASE*, *The European Air Quality Database* en la Unión Europea (Haq *et al.*, 2002).

**Control de las emisiones de fuentes móviles y fijas:** El control de las fuentes *móviles* se inició desde los años sesenta en los Estados Unidos (Granada, 2010). Sin embargo, en los años noventa del siglo pasado los países adoptaron normativas al respecto. En Norte América se le conoce con el nombre *The Inspection Maintenance Programs I/M* (Mobile6, 2003), en Asia *Vehicle Inspection Programs VIP* (WB, 2004), en Chile (CONAMA, 2007), Brasil Plan de Control de la Polución de Vehículos PCPV (De Melo, 2006), (IAP, 2006) y en Colombia Inspección Técnico Mecánica y de Gases ITMG (Granada y Cabrera, 2007). El lugar donde se realiza la medida control se denomina *the Centers For Testing Private Vehicles Operating Under (Pollution Under Control)* (WB, 2004) o centros de diagnóstico automotor (CDA) según cada país.

Las características físicas, químicas y de concentración de los gases residuales se miden en un analizador ubicado en el tubo de escape (sonda). Actualmente, existen proveedores de equipos analizadores y protocolos para realizar la prueba de inspección mecánica y de gases (Toner *et al.*, 2008), (Nesamani *et al.*, 2007), (NTC-ISO 5365, 2005), (Mazzoleni *et al.*, 2004), (WB, 2004). En la fuentes *fijas*, se realiza como prueba isocinética de gases directa en la chimenea (METROPOL, 2007).

Cuando el Estado adopta medidas de control sobre las fuentes móviles y fijas, tiene como objetivo controlar y reducir la emisión de gases (al igual que para las fuentes fijas) y accidentalidad vial. Pero estas medidas se limitan a un control anual de los gases a partir de la presunción de que un vehículo contamina más en marcha mínima o ralenti que en movimiento. Este argumento es débil frente a los problemas de movilidad vial presentados en algunas ciudades del mundo (Granada, 2011) donde los vehículos permanecen por periodos prolongados en esta marcha y no en movimiento y por razones técnicas establecidas en la operación y mantenimiento en los motores de combustión interna y estacionarios que no deben presentar cambios sustanciales en su funcionamiento después de su ejecución en ese intervalo. A criterio de los autores los datos obtenidos de estas medidas de control se pueden utilizar en la estimación de factores de emisión de fuentes móviles y fijas para obtener las características del parque automotriz y de la industria para tomar decisiones políticas encaminadas a reducir el deterioro de la calidad del aire urbano.

### **1.1.3 Gestión para mejorar la calidad del aire**

Los niveles máximos permitidos para la inmisión de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en los ecosistemas urbanos se están superando debido al crecimiento del parque automotor e industrial (Granada, 2010). Con el fin de reducir el riesgo de impacto ambiental ocasionado por las emisiones de gases de estas fuentes en diferentes países del mundo se lleva a cabo una gestión orientada a mejorar la calidad del aire urbano mediante la

implementación de acciones que aporten a dicha reducción por tipo de fuente. En las fuentes fijas estas acciones son: 1) reformular combustibles; 2) utilizar combustibles biológicos o mezclas de estos con gasolinas convencionales; 3) restringir la circulación de vehículos; 4) tener días sin circulación de vehículos; 5) utilizar sistemas de transporte masivo y alternativo; y 6) realizar operativos de control vial para verificar la emisión de gases en fuentes móviles. En las fuentes fijas se implementan acciones como: 1) cambio de combustibles fósiles como carbón y diésel entre otros por gas natural; 2) implementar sistemas de producción limpia para minimizar la contaminación en la fuente; y 3) instalación de tecnologías de control de la contaminación que finalmente no se puede reducir (Granada, 2010).

## 1.2 Inventario de emisiones

El monitoreo de la calidad del aire y los inventarios de emisiones en las ciudades de los Estados Unidos son una necesidad para la formulación de un apropiado manejo de la calidad del aire y evitar los escenarios de contaminación presentados en megaciudades norteamericanas y asiáticas (Parrish *et al.*, 2009) y en Europa (Mellios *et al.*, 2006). Los inventarios de emisiones en Europa proveen herramientas para la representación de escenarios de calidad del aire y son de gran valor en el monitoreo para lograr el control de las emisiones (Keogh *et al.*, 2009), (Butler, *et al.*, 2008), (Marr, *et al.*, 2007), (Parra, Jiménez, Baldasano, 2006).

La inconsistencia y deficiencias de los IEA desarrollados hasta 1990 en los Estados Unidos acentuó la necesidad de desarrollar e implementar un método sistemático para la colección, interpretación y reporte de la información (EPA, 1996). Esta necesidad se evidenció por las acciones emprendidas por la publicación *The Clean Air Act* en 1990. Por esta razón, surgió como soporte de gestión del aire y la planificación del transporte *The Use of Locality-Specific Transportation Data for the Development of Mobile Source Emission Inventories* (EPA, 1996). En Europa, *the National Emissions Ceilings Directive* impulsó el desarrollo de protocolos para realizar IEA como *the European Monitoring and Evaluation Programme* (WHO, 2006). Esta iniciativas derivaron en esos países en el diseño de modelos computacionales (Tablas 1 y 2) y en la generación bases de datos con la compilación de la información obtenida en el inventario de emisiones de cada ciudad, país y región, como EDGAR y RITDO (Butler, *et al.*, 2008), ESCOMPTE (Samaali *et al.*, 2007) CORINAIR y Ecoinvent en Europa. Estas bases de datos actualmente son utilizadas en análisis del ciclo de vida (ACV) estandarizados en la familia de la ISO 14040 y la AP42 de fuentes fijas de la EPA.

Se puede concluir que la toma de decisiones políticas sobre la calidad del aire depende de la obtención de un inventario de emisiones que permita establecer las medidas de control y actuaciones necesarias para alcanzar los logros relacionados en el estándar o políticas de emisión e inmisión de contaminantes en el ámbito organizacional y urbano. Esto significa que tanto las organizaciones como la autoridad ambiental deben adoptar una estructura para el manejo de la calidad del aire que les permita alcanzar los logros propuestos.

Esta postura y actitud ha puesto a los países en desarrollo en aprietos para manejar la calidad del aire, primero porque sus modelos no son adaptables en sus territorios; segundo, los desarrollos locales en materia de modelación de dispersión, análisis causal de fuentes, análisis epidemiológico y análisis tóxico y ambiental no son posibles porque la disponibilidad de datos útiles no es suficiente; y tercero, no existe la voluntad política del Estado

para hacer cumplir las políticas de emisión e inmisión de contaminantes. Esta situación abre la posibilidad de asumir una postura diferente en términos de I+D en el tema de calidad del aire local; es necesario desarrollar procedimientos que innoven la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos en los ámbitos organizacional y urbano que permitan la obtención, generación y análisis de la información en bases de datos locales disponibles en *software* diseñados y desarrollados para la recepción, depuración, validación, simulación y modelación, información necesaria para establecer el inventario de emisiones atmosféricas insumo para calcular la huella de carbono de productos.

### 1.3 Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas

Granada (2010) diseñó un procedimiento que en cuatro etapas integra las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas con las competencias jurídicas, tecnologías y organizacionales necesarias para reducir el deterioro del aire urbano. El procedimiento en su etapa de diagnóstico identifica en las organizaciones la relación causa-efecto entre la covariable económica, laboral, técnica y tecnológica y sus implicaciones en el estado de la calidad del aire (realidad organizacional) que impiden tomar decisiones políticas para su manejo. La etapa de planeación define el objetivo, propósito y alcance deseados en el área de estudio de acuerdo con las normas legales vigentes para la emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos y planifica las medidas de control según el tipo de fuente, la entidad encargada, los valores que se van a medir, los equipos de medición, el rango de medidas, la frecuencia de medición, los instrumentos de registro y el tipo de datos. Igualmente, proponen tres indicadores de gestión ambiental para verificar los resultados del procedimiento en la calidad del aire.

La etapa de recepción y análisis de datos estandariza el proceso de comunicación entre las entidades que realizan las medidas de control y las autoridades territoriales ambientales encargadas de comunicar los resultados de dichas medidas y del estado de la calidad del aire a la comunidad de la zona de estudio. Comprende los pasos de recepción de los instrumentos con los datos de las medidas de control, la depuración, la validación y la obtención de gráficos en las aplicaciones ePCA 1.0 y RVGA 1.0 diseñadas como soporte técnico para agilizar, sistematizar y modelar la información de las fuentes móviles y fijas, respectivamente.

La etapa de control permite comprobar el resultado alcanzado por los indicadores planeados y de acuerdo con este, se consolidan las acciones implementadas o se procede a la etapa de modelación que estima el exceso de contaminación por reducir y a su vez calcula la cantidad de contaminante reducido por acciones como el “pico y placa”, la reformulación de combustibles y los días sin carro, entre otras.

## 2. Metodología

Para el manejo de la calidad del aire se implementó un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas (Figura 2). Dicho procedimiento está constituido por cuatro fases, a saber: diagnóstico, planeación, recepción y análisis de datos y control.

El procedimiento integra las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas con las competencias jurídicas, tecnológicas y organizacionales y define indicadores para la estimación de las cargas ambientales reales y proyectadas y la ecuación para calcular el factor de emisión de fuentes móviles y fijas, soportado todo ello en las tecnologías de la información y la comunicación, dando respuesta así a la problemática ambiental existente en la ciudad de Cali, Colombia.

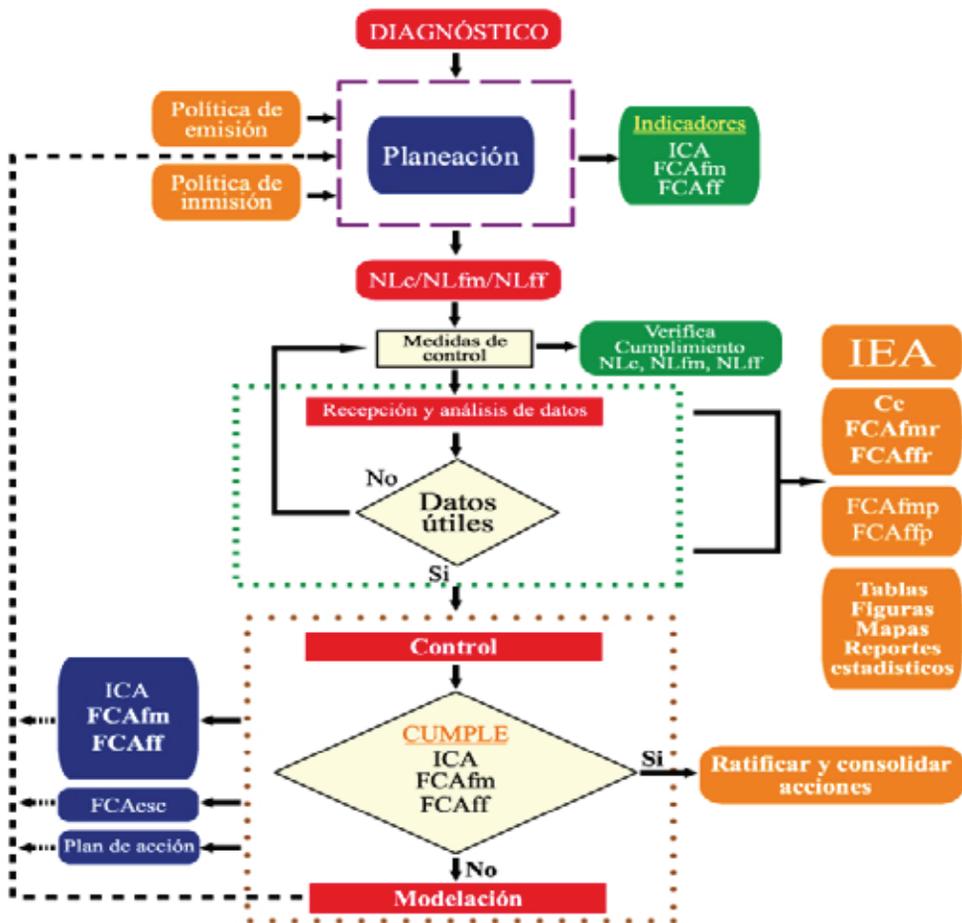


Figura 2. Procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos.

Fuente. Granada, 2011

### 3. Resultados

Una vez aplicado el procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Cali, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Índice de calidad del aire (ICA).** Permitió comparar el estándar de inmisión de contaminantes y tomar decisiones para implementar las medidas de control pertinentes y llevar a cabo acciones sobre las fuentes de emisión móviles y fijas de la ciudad de Cali.
- **Indicador de factor de carga ambiental de fuentes móviles (FCA<sub>fm</sub>).** Permitió establecer el factor de carga ambiental real de estas fuentes y proyectar sus emisiones mediante la adopción de acciones como el pico y placa y la mezcla de gasolinas convencionales con alcohol carburante en un 10%, entre otras.
- **Indicador de factor de carga ambiental de fuentes fijas (FCA<sub>ff</sub>).** Permitió establecer el Factor de carga ambiental real de estas fuentes y proyectar sus emisiones mediante la adopción de acciones como el cambio del tipo de combustible y la puesta en marcha de sistemas de producción limpia en la industria manufacturera.
- **Inventario de emisiones atmosféricas (IEA).** Proporcionó información general del inventario acerca de: 1) el equipo de trabajo; 2) los antecedentes; 3) listado maestro de documento; 4) ficha técnica; 5) descripción de la base de datos; 6) proceso de elaboración del inventario con sus cálculos para fuentes móviles y fijas; 7) el análisis de los resultados con el inventario total de emisiones, emisiones por contaminante, emisiones en el territorio y emisiones por tipo de fuente; y 8) conclusiones y recomendaciones.
- **Concentración de contaminantes (Cc).** Facilitó la obtención del ICA y permitió establecer las zonas de la ciudad donde los niveles de emisión superan los valores máximos permitidos por la norma.
- **Factores de carga ambiental real y proyectada de fuentes móviles (FCA<sub>fm,r</sub> y FCA<sub>fm,p</sub>).** Facilitaron la obtención del indicador de factor de carga ambiental de fuentes móviles y permitieron conocer las emisiones reales del parque automotor de la ciudad.
- **Factores de carga ambiental real y proyectada de fuentes fijas (FCA<sub>ff,r</sub> y FCA<sub>ff,p</sub>).** Facilitaron la obtención del indicador de factor de carga ambiental de fuentes fijas y permitieron conocer las emisiones reales del parque automotor de la ciudad.
- Tablas, figuras, mapas, reportes y estadísticas.
- **Factor de Carga Ambiental por Escenario (FCA<sub>esc</sub>).** Permitió establecer tanto para las fuentes móviles como fijas la reducción del exceso de contaminantes generados por tipo de fuente y simular la reducción alcanzada por cada una de las actuaciones implementadas, como el pico y placa y la reformulación de combustibles, entre otras.

Igualmente, el diseño y validación del procedimiento aportó tres aplicaciones como soporte técnico para las fases de recepción, análisis y control de datos:

**PCA 1.0:** Realiza el manejo de datos de fuentes móviles y calidad del aire y estima los factores de carga ambiental real, proyectada y por escenario de fuentes móviles, así como la concentración de contaminantes de la calidad del aire.

**RVGA 1.0:** Realiza el manejo de datos de fuentes fijas y estima los factores de carga ambiental real y proyectada de fuentes fijas.

**SIPECA 1.0:** Referencia geográficamente la posición de las estaciones de monitoreo de calidad del aire y representa en mapas la concentración de contaminantes.

Una vez alcanzados los resultados, la autoridad territorial ambiental (ATA) obtendrá un inventario de emisiones soportado en el uso de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, lo cual facilitará la toma de decisiones políticas para la comparación del estándar de emisión e inmisión de contaminantes, establecimiento de medidas de control y actuaciones para mejorar la gestión en el manejo de la calidad del aire, como se muestra en la Figura 2.

## 4. Conclusiones

La literatura revisada permitió diseñar un procedimiento para gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la autoridad territorial ambiental (ATA). El procedimiento se perfila como una herramienta de gestión orientada a minimizar los riesgos que presentan la contaminación del aire en el ambiente y la salud.

Algunos de los modelos europeos y estadounidenses existentes para estimar factores de emisión tienen limitaciones ya que no importan los datos locales e impiden realizar un mejor análisis de la situación local en la modelación.

Las tecnologías de la información y de las comunicaciones facilitan la obtención de los datos de los factores de carga ambiental real y proyectada de fuentes fijas y móviles, informan acerca del valor de la concentración por contaminante y entregan información gráfica para la obtención del inventario de emisiones atmosféricas.

## Bibliografía

1. Bai, Song, Chiu, Yi-Chang y Niemeier, Debbie A. A comparative analysis of using trip-based versus link-based traffic data for regional mobile source emissions estimation. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 7512-7523. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2008).
2. Baldasano *et al.* Development of a high-resolution (1 km, 1 h) emission model for Spain: The High-Selective Resolution Modelling Emission System (HERMES). *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 7215-7233. Disponible en UEL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2009).
3. Baldasano, José María. *et al.* Air pollution impacts of speed limitation measures in large cities: The need for improving traffic data in a metropolitan area. *Atmospheric Environment* Vol.44 (2010) páginas 2997-3006. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). Citado en junio de 2010.
4. Bartsev, Sergey, Degermendzhi, Andrey G. y Erokhin, Dmitry. Principle of the worst scenario in the modelling past and future of biosphere dynamics. *Ecological Modelling*,

- Vol. 216 (2008), p. 160-171. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/ecolmodel](http://www.elsevier.com/locate/ecolmodel). (15 mayo de 2009).
5. Bellasio, et al. Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy). *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 677–691. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (20 mayo de 2008).
  6. Berkowicz, R. Winther, M. y Ketzel, M. Traffic pollution modelling and emission data. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 21 (2006), p. 454-460. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (01 junio 2008).
  7. Blulfert *et al.* Assessment of 2010 air quality in two Alpine valleys from modelling: Weather type and emission scenarios. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 7893–7907. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2008).
  8. Bukowiecki *et al.* PM10 emission factors for non-exhaust particles generated by road traffic in an urban street canyon and along a freeway in Switzerland. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 2330-2340. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
  9. Butler. *et al.* The representation of emissions from megacities in global emission inventories. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 703–719. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
  10. Cai, Hao y Xie, Shaodong. Estimation of vehicular emission inventories in China from 1980 to 2005. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 8963–8979. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo de 2008).
  11. Carslaw, David C. Beevers, Sean D. y Tate, James E. Modelling and assessing trends in traffic related emissions using a generalized additive modeling approach. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 5289–5299. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo de 2008).
  12. Carvalho, A.C *et al.* Influence of topography and land use on pollutants dispersion in the Atlantic coast of Iberian Peninsula. *Atmospheric Environment* Vol. 40 (2006) p. 3969–3982. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo de 2007).
  13. Caserini, Stefano, Gugliano, Michele y Pastorello, Cinzia. Traffic emission scenarios in Lombardy region in 1998–2015. *Science of the Total Environment*, Vol. 389 (2008), p. 453–465. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (01 junio 2009).
  14. Chen *et al.* On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 5334–5344. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2010).
  15. Chu, Hsing-Chug y Meyer Michael D. Methodology for assessing emission reduction of truck-only toll lanes. *Energy Policy*, Vol. 37 (2009), p. 3287–3294. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol). (01 junio 2010).

16. Costabile, F. y Allegrini, I. A. New approach to link transport emissions and air quality: An intelligent transport system based on the control of traffic air pollution. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 258-267. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (15 mayo 2009).
17. Dama Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá, D.C. Modelo de Calidad del Aire para Bogotá D.C. Disponible en URL: [www.cleanairnetorg/lac\\_pt/1473/articles-56439\\_recurso\\_1.ppt](http://www.cleanairnetorg/lac_pt/1473/articles-56439_recurso_1.ppt) Mayo 2006. Presentación llevada a cabo en Rio de Janeiro, Diciembre 2003.
18. EPA (2004). Direct Emissions From Mobile Combustion Sources. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol, Core Module Guidance, October 2004/2008. Disponible en la URL: [http://www.epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource\\_guidance.pdf](http://www.epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf). (15 mayo 2006).
19. EPA (2003). User's Guide to MOBILE 6.1 and MOBILE 6.2: Source Emission Factor Model. EPA October, 2003, 264 pages, EU. Disponible en URL: <http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Adobe/PDF/P1001DSD.PDF>. (15 mayo 2006).
20. EPA (2002). Air Toxics Research Strategy. Disponible en URL: [http://www.epa.gov/ord/htm/documents/Air\\_Toxics.pdf](http://www.epa.gov/ord/htm/documents/Air_Toxics.pdf). (14 abril 2006). 97 p.
21. EPA (1996). The Use of Locality-Specific Transportation Data for the Development of Mobile Source Emission Inventories. Disponible en la URL: <http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/techreport/volume04/iv02.pdf>. (13 abril 2006).
22. Fairlie *et al.* Lagrangian sampling of 3-D air quality model results for regional transport contributions to sulfate aerosol concentrations at Baltimore, MD, in summer 2004. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 3275–3288. Disponible en URL [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2010).
23. Figueroa, N.J. y CASASBUENAS, Julián. Sistemas de Información Para Gestión Ambiental en la Creación de Observatorios de Desarrollo Sostenible. *Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, el pensamiento y las acciones estatales, universitarias, empresariales e investigativas al servicio de la sostenibilidad*, páginas 157 y 158. Centro de Investigación y Medio Ambiente – CIMAD, Universidad de Manizales. Citado en mayo de 2008.
24. Fontaras *et al.* Use of a vehicle-modelling tool for predicting CO<sub>2</sub> emissions in the framework of European regulations for light goods vehicles. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 3009–3021. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2008).
25. Ganguly, Rajiv y Broderick, Brian. Performance evaluation and sensitivity analysis of the general finite line source model for CO concentrations adjacent to motorways. *Transportation Research Part D*, Vol. 13 (2008), p. 198–205. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (15 mayo 2010).
26. Geertsema, G.T. y Wichers-Schreur, B.G. The effect of improved nowcasting of precipitation on air quality modeling. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p.

- 4924–4934. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2010).
27. Ghenu *et al.* Dispersion of pollutants and estimation of emissions in a street canyon in Rouen, France. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 314-321. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (15 mayo 2010).
  28. Gidhagen, L. Johansson, H. y Omstedt, G. Simair-Evaluation tool for meeting the EU directive on air pollution limits. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 1029–1036. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2010).
  29. Godowitch, James M. Pouliot, George A. y Rao Trivikrama. Assessing multi-year changes in modeled and observed urban NOX concentrations from a dynamic model evaluation perspective. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 2894-2901. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv/](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv/). (01 junio 2010).
  30. Granada, Luís. 2010 Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali – Colombia. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría CUJAE. La Habana Cuba 2010.
  31. Granada, Luis y Cabrera, Boris. (2007). Estimación de las Emisiones de Fuentes Móviles Utilizando Mobile 6 en Cali – Colombia. *Revista Avances Investigación en Ingeniería*. Universidad Libre de Colombia. Bogotá Año 4. N° 6. I Semestre de 2007. p 13 – 25.
  32. HAQ *et al.* Benchmarking Urban Air Quality Management and Practice in Major and Mega Cities in Asia, Korea Environment Institute. Disponible en URL: [http://www.unep.org/PDF/APMA\\_Benchmarking\\_report.pdf](http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf) [http://www.unep.org/PDF/APMA\\_Benchmarking\\_report.pdf](http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf). 2002. (13 abril 2006).
  33. Henry, Ronald. C. Locating and quantifying the impact of local sources of air pollution. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 358–363. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). Citado (25 mayo 2009).
  34. Hogrefe, Christian *et al.* A combined model–observation approach to estimate historic gridded fields of PM2.5 mass and species concentrations. *Atmospheric Environment* Vol. 43 (2009), p. 2561–2570. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2010).
  35. HU, Jianlin *et al.* Particulate air quality model predictions using prognostic vs. diagnostic meteorology in central California. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 215-226. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2010).
  36. HUI, Guo *et al.* Evaluation of the International Vehicle Emission (IVE) model with on-road remote sensing measurements. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 19 (2007), p. 818–826. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.jesc.ac.cn](http://www.jesc.ac.cn). (15 mayo 2008).

37. INE. (2008). Inventario Nacional de Emisiones. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) de Colombia y K2 Ingeniería. Disponible en URL: <http://www1.minambiente.go.co/prensa/bannerhome/proyectosentramite/inventarioemisiones/protocolo.html>. (13 abril 2009).
38. INE. (2005a). Instituto Nacional de Ecología. Guía de Elaboración y Uso de Inventario de Emisiones. Disponible en URL: <http://es.search.yahoo.com/search?ei=utf-8&fr=slv8-cclean&p=Gu%c3%ada%20de%20elaboraci%c3%b3n%20y%20usos%20de%20inventarios%20de%20emisiones&type=NO>. (13 abril 2010).
39. Jaramillo, Mauricio; et al. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo, Anexo 3 Fuentes Móviles, Cali: Universidad Javeriana, Julio 2003. 28 p.
40. Jayaratne, E. R. Carbon dioxide emissions from diesel and compressed natural gas buses during acceleration. *Transportation Research Part D*, Vol. 15 (2010), p. 247–253. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (20 mayo 2010).
41. Jiménez, Pedro *et al.* The use of a modelling system as a tool for air quality management: Annual high-resolution simulations and evaluation. *Science of the Total Environment*, Vol. 390 (2008), p. 323-340. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (20 mayo 2010).
42. Jones, M. A y Harrison, M. R. Estimation of the emission factors of particle number and mass fractions from traffic at a site where mean vehicle speeds vary over short distances. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 7125–7137. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
43. Jorquera, Héctor y Castro, Julio. Analysis of urban pollution episodes by inverse modeling. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 42–54. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
44. Kahyao lu-Kora in *et al.* Application of a scenario-based modeling system to evaluate the air quality impacts of future growth. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 1021–1028. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
45. Kassomenos, Pavlos, Karakitsios, Spyros y Papaloukas, Costas. Estimation of daily traffic emissions in a South-European urban agglomeration during a workday. Evaluation of several “what if ” scenarios. *Science of the Total Environment*, Vol. 370 (2006), p. 480–490. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (20 mayo 2010).
46. Kelly *et al.* Profiling road transport activity: Emissions from 2000 to 2005 in Ireland using national car test data. *Transport Policy*, Vol. 16 (2009), p. 183–192. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/tranpol](http://www.elsevier.com/locate/tranpol). (01 junio 2010).
47. Keogh, Daniel, Ferreira, Luis y Morawska, Lidia. Development of a particle number and particle mass vehicle emissions inventory for an urban fleet Environmental Modelling

- & Software Vol. 24 (2009) p. 1323–1331. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (20 mayo 2010).
48. Kinnee, E. J. *et al.* Allocation of on road mobile emissions to road segments for air toxics modeling in an urban area. *Transportation Research Part D*, Vol. 9 (2004), p. 139–150. Disponible en URL: [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (20 mayo 2010).
  49. Kouridis, Chariton, Ntziachristos, Leonidas, Samaras, Zissis. Copert III Computer program to calculate emissions from road transport. Noviembre de 2000, Copenhagen, Denmark, 46 páginas. Disponible en URL: <http://europa.eu.int>. (15 mayo 2006).
  50. Kousoulidou *et al.* Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 7465–7475. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). Citado (15 mayo 2009).
  51. Lents, J. y Nikkila, N. (2008). A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Xi'an, China. *International Sustainable Systems Research*, junio de 2008. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2009).
  52. Lents J. y Alper, U. (2007). A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Istanbul, Turkey, *International Sustainable Systems Research*, January 2007. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2008).
  53. Lents, J. y Davis, N. (2004). Comparison of On-Road Vehicle Profiles Collected in Seven Cities Worldwide. *Transport and Air Pollution 13th International Scientific Symposium*, Boulder, CO, USA, September 2004. (15 mayo 2006).
  54. Lents, j. y Davis, N. (2004a). Lima Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, June 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  55. Lents, J. y Davis, N. (2004b). Mexico City Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, July 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  56. Lents, J. y Davis, N. (2004c). Pune (India) Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, February 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  57. Lents, J. y Davis, N. (2004d). São Paulo Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, August 2004. Disponible en <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  58. Lents, J. y Davis, N. (2003). Almany-Kazakhstan Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, May 2003. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  59. Lents, J. y Davis, N. (2002). Nairobi, Kenya Vehicle Activity Study. *International Sustainable Systems Research*, March 2002. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
  60. LIU *et al.* Analysis of the impacts of fuel sulfur on vehicle emissions in China. *Fuel* Vol. 87 (2008), p. 3147–3154. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.fuelfirst.com](http://www.fuelfirst.com). (20 mayo 2009).

61. Lumbreras *et al.* A model to calculate consistent atmospheric emission projections and its application to Spain. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 5251–5266. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
62. Marr, I. Rosser, D y Meneses, C. An air quality survey and emissions inventory at Aberdeen Harbour. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 6379–6395. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo de 2008).
63. Martin, V. Satellite remote sensing of surface air quality. *Atmospheric Environment* Vol. 42 (2008), p. 7823–7843. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo de 2009).
64. Martínez, Ferrán y Bergonzoli, Gustavo. *Vigilancia Epidemiológica*. Editorial Mc Graw Hill. España. 2004. Capítulo III, IV y V.
65. Mazzoleni *et al.* Correlation between automotive CO, HC, NO, and PM emission factors from on-road remote sensing: implications for inspection and maintenance programs. *Transportation Research Part D*, Vol. 9 (2004), p. 477–496. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (15 mayo de 2006).
66. Mellios, Giorgios, Van Aalst, Roel y Samaras, Zissis. Validation of road traffic urban emission inventories by means of concentration data measured at air quality monitoring stations in Europe. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 7362–7377. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2008).
67. Metropol. *Conocimientos metropolitanos. Gestión de la calidad del aire del Valle de Aburrá*. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia. Medellín, diciembre de 2007. 299 p.
68. Mobile6. *User Guide 2003*. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/oms/m6.htm>.
69. Moussiopoulos, N. *et al.* Air quality status in Greater Thessaloniki Area and the emission reductions needed for attaining the EU air quality legislation. *Science of the Total Environment*, Vol. 407 (2009), p. 1268–1285. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (01 junio 2010).
70. NADIM *et al.* Application of Computer Models to Assess the Effects of Emission-Reduction Programs for a Sustainable Urban Air Quality Management. Iranian Academic Association (IAA) Application of Technology in Urban Development December 21 – 28, 2003, 15 pages, IRAN. (15 mayo 2006).
71. Nesamani, K.S. Estimation of automobile emissions and control strategies in India. *Science of the Total Environment*, Vol. 408 (2010), p. 1800–1811. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (01 junio 2010).
72. Nesamani *et al.* Estimation of vehicular emissions by capturing traffic variations. *Atmospheric Environment* Vol. 41 (2007), p. 2996–3

73. NTC 5375. Revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores. Bogotá 2006. 28 p.
74. OANH *et al.* Determination of fleet hourly emission and on-road vehicle emission factor using integrated monitoring and modeling approach. Atmospheric Research, Vol. 89 (2008), p. 223–232. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmos](http://www.elsevier.com/locate/atmos). (20 mayo 2009).
75. Ortega *et al.* MNEQA, an emissions model for photochemical simulations. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 3670–3681. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2010).
76. Ossés *et al.* Spatial accuracy of a simplified disaggregation method for traffic emissions applied in seven mid-sized Chilean cities. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 1491–1502. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
77. Osses, Margarita y Fernández, M. Santiago Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research and CONAMA, December 2001. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
78. Panis, Luc I. Broekx, Steven y LIU, Ronghui. Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits. Science of the Total Environment, Vol. 371 (2006), p. 270–285. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (15 mayo de 2007).
79. Papathanassiou, Apostolos, Douros, Ioannis y Moussiopoulos, Nicolas. A simplified three-dimensional approach to street canyon modelling using SEP-SCAM. Environmental Modelling & Software, Vol. 23 (2008), p. 304-313. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (15 mayo 2009).
80. Parra, R, Jiménez, R. y Baldasano, J.M. Development of the high spatial resolution EMICAT2000 emission model for air pollutants from the north-eastern Iberian Peninsula (Catalonia, Spain). Environmental Pollution, Vol. 140 (2006), p. 200-219. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol). (20 mayo de 2007).
81. Parrish, David D. Critical evaluation of US on-road vehicle emission inventories. Atmospheric Environment Vol. 40 (2006), p. 2288–230. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2007).
82. Parrish *et al.* Comparison of air pollutant emissions among mega-cities. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 6435–6441. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio de 2010).
83. Parshall *et al.* Modeling energy consumption and CO2 emissions at the urban scale: Methodological challenges and insights from the United States. Energy Policy, Vol. 38 (2010), p. 4765–4782. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol). (01 junio 2010).

84. Pollack, Allison *et al.* Development of Wrap Mobile Source Emission Inventories, 2004, 210 p.
85. Pulles, Tinus, KOK, Herman y QUASS, Ulrich. Application of the emission inventory model TEAM: Uncertainties in dioxin emission estimates for central Europe. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 2321–2332. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2007).
86. Rakha, Hesham. AHN, Kyoungho y TRANI, Antonio. Development of VT-Micro model for estimating hot stabilized light duty vehicle and truck emissions. *Transportation Research Part D*, Vol. 9 (2004), p. 49–74. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (15 mayo de 2006).
87. SAIDE *et al.* Spatial disaggregation of traffic emission inventories in large cities using simplified top-down methods. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 4914–4923. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2010).
88. Samaali *et al.* A new tool for processing atmospheric emission inventories: Technical aspects and application to the ESCOMPTE study area. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 22 (2007), p. 1765–1774. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (15 mayo 2010).
89. Schwela, Dietrich. Manejo de Calidad del Aire. *Transporte Sostenible.GTZ*. Modulo V. 2004.
90. Singh *et al.* Trends of greenhouse gas emissions from the road transport sector in India. *Science of the Total Environment*, Vol. 390 (2008), p. 124–131. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (20 mayo 2010).
91. SMA. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, Disponible en URL: [http://www.sma.df.gob.mx/simat/programas\\_ambientales/inventario.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/simat/programas_ambientales/inventario.pdf). Ciudad de México, 2005.
92. Smit *et al.* (2010). Validation of road vehicle and traffic emission models. A review and meta-analysis. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 1–11. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
93. Smit *et al.* (2008). Improved road traffic emission inventories by adding mean speed distributions. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 916–926. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
94. Smit *et al.* (2008a). Do air pollution emissions and fuel consumption models for roadways include the effects of congestion in the roadway traffic flow? *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 1262–1270. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/envsoft](http://www.elsevier.com/locate/envsoft). (20 mayo 2009).
95. Smit *et al.* (2007). A new modelling approach for road traffic emissions: VERSIT+. *Transportation Research Part D*, Vol. 12 (2007), p. 414–422. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/trd](http://www.elsevier.com/locate/trd). (20 mayo 2009).

96. Song *et al.* Dispersion and photochemical oxidation of reduced sulfur compounds in and around a large industrial complex in Korea. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 4269–4279. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
97. Stein. Ariel F. Hybrid modeling approach to resolve pollutant concentrations in an urban area. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 9410–9426. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (15 mayo 2008).
98. Tamsanya, N. y Chungpaibulpatana, S. Influence of driving cycles on exhaust emissions and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 21 (2009), p. 604–611. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.jesc.ac.cn](http://www.jesc.ac.cn). (20 mayo 2010).
99. Toner *et al.* Using mass spectral source signatures to apportion exhaust particles from gasoline and diesel powered vehicles in a freeway study using UF-ATOFMS. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 568–581. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
100. Tong, Daniel T. Mauzerall, Denise L. Spatial variability of summertime tropospheric ozone over the continental United States: Implications of an evaluation of the CMAQ model. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 3041–3056. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2007).
101. TUIA *et al.* Evaluation of a simplified top-down model for the spatial assessment of hot traffic emissions in mid-sized cities. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 3658–3671. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2009).
102. UN. United Nations (2000). *Urban Environment Pollution*. Disponible en URL: <http://ww2.unhabitat.org/istanbul+5/68.pdf>. (15 mayo 2006).
103. VENKATRAM *et al.* Analysis of air quality data near roadways using a dispersion model. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 9481–9497. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2008).
104. W.B. (2004). *Toward Cleaner Urban Air in South Asia: Tackling Transport Pollution, Understanding Sources*, March 2004. UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Program.
105. W.B. (2003). *Urban Air Pollution: Health Impacts of Outdoor Air Pollution*. South Asia Urban Air Quality Management Briefing Note N° 1. Febrero de 2003. Citado en mayo de 2006.
106. Wang *et al.* (2008). On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, Vol. 398 (2008), p. 60–67. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv). (20 mayo 2009).
107. Wang *et al.* (2010). Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005. *Environmental Pollution*, Vol. 158 (2010), p. 394–400. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y en [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol). (01 junio 2010).

108. Who (2006): World Health Organization. Guidelines Quality Air in Europe. Copenhagen 2006. P. 1–126.
109. Who (2006a). World Health Organization. Risk of Particulate Matter From Long-Range Transboundary Air Pollution. Copenhagen, Denmark. Disponible en URL: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0006/78657/E88189.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf). (15 mayo 2006).
110. Who (2005): World Health Organization. Quality Guidelines Global Update: Report on a working group meeting, Bonn, Germany. 2005.
111. Who (2004): World Health Organization. Health aspects of air pollution results from the Who project systematic review of health aspects of air pollutions in Europe, 30 pages. Disponible en URL: <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafè/activities/pdf/e83080.pdf>. (15 mayo 2006).
112. Who (2004a): World Health Organization. Health aspects of air pollution – answers to follow-up questions from CAFÉ: report n a WHO Working Group Meeting. Bonn, Germany, 15–16, January, 78 pages,. Disponible en URL: [http://ec.europa.eu/environment/archives/cafè/activities/pdf/2nd\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cafè/activities/pdf/2nd_report.pdf). (15 mayo 2006).
113. Who (2003): World Health Organization. Health aspects of air pollution with particulate matter Ozone and Nitrogen Dioxide: report WHO Working Group. 2003, Bonn, Germany 13–15, January, 98 page. Disponible en URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd41/dioxide.pdf>. (15 mayo 2006).
114. Who (2000). World Health Organization. Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution Report of a WHO Working Group. Bilthoven, Netherlands 20-22, November 2000. (15 mayo 2006).
115. Who (2000a). World Health Organization, Health Aspects Of Air Pollution Results From The Who Project “Systematic Review Of Health Aspects Of Air Solution In Europe” Junio de 2004. Disponible en URL: [http://www.unep.org/PDF/APMA\\_Benchmarking\\_report.pdf](http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf). (18 junio 2008).
116. Yumimoto, Keiya y UNO, Itsushi. Adjoint inverse modeling of CO emissions over Eastern Asia using four-dimensional variational data assimilation. Atmospheric Environment, Vol. 40 (2006), p. 6836–6845. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2008).
117. Zachariadis, Theodoros. Assessing policies towards sustainable transport in Europe: an integrated model. Energy Policy, Vol. 33 (2005), p. 1509–1525. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol). (15 mayo de 2006).
118. Zamboni, Giorgio, Capobianco, Massimo y DAMINELLI, Enrico. Estimation of road vehicle exhaust emissions from 1992 to 2010 and comparison with air quality measurements in Genoa, Italy. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 1086–1092. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (20 mayo 2010).
119. Zhang, Kai. Batterman, Stuart. Near-road air pollutant concentrations of CO and PM2.5: A comparison of Mobile6.2/Caline4 and generalized additive models. Atmospheric

- Environment, Vol. 44 (2010), p. 1740-1748. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio 2010).
120. Zhang *et al.* Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors: A case study of Hangzhou, China. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 4989–5002. Disponible en URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 junio de 2010).
121. Zheng *et al.* A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region, China and its uncertainty assessment. Atmospheric Environment Vol. 43 (2009), p. 5112–5122. Disponible en URL [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) y [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv). (01 en junio 2010).