

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES  
SEDE ECUADOR  
PROGRAMA DE ECONOMÍA  
CONVOCATORIA 2010-2012**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON  
MENCION EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL  
ECUADOR – ESTUDIO DE CASO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE  
QUITO: POLÍTICAS APLICADAS Y PROPUESTAS**

**FERNANDA PAOLA JARAMILLO PAREDES**

**AGOSTO 2013**

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES**

**SEDE ECUADOR**

**PROGRAMA DE ECONOMÍA**

**CONVOCATORIA 2010-2012**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON  
MENCION EN ECONOMÍA DEL DESARROLLO**

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL  
ECUADOR – ESTUDIO DE CASO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE  
QUITO: POLÍTICAS APLICADAS Y PROPUESTAS**

**FERNANDA PAOLA JARAMILLO PAREDES**

**ASESOR DE TESIS: MARÍA CRISTINA VALLEJO**

**LECTORES: KATIUSKA KR'SNA BELLOT Y ALBERTO ACOSTA**

**AGOSTO 2013**

**DEDICATORIA**

A mi hermano.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre y a mi padre por el gran amor, guía y apoyo; por haberme formado y dado las bases para ser la persona y profesional que soy. A mi hermano, por su constante cariño. A mi esposo, por haberme acompañado en este proceso, por su amor, paciencia y constante apoyo.

A mi asesora de tesis, María Cristina, por su permanente apoyo y por haberme dado el último impulso que necesitaba; por su tiempo y dedicación a este estudio. Mi enorme gratitud a todas los que colaboraron en este proceso: mis maestros, mis amigos, y la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
Antecedentes.....	10
Hipótesis de trabajo .....	12
Objetivos.....	12
1.1. Objetivo general.....	12
1.2. Objetivos específicos .....	12
Delimitación del problema .....	13
Estructura de la investigación.....	13
CAPÍTULO I.....	15
MARCO TEÓRICO .....	15
1. Introducción .....	15
2. El paradigma neoclásico .....	16
2.1. La economía como un sistema cerrado .....	17
2.2. El crecimiento económico como medida de desarrollo y bienestar.....	18
2.3. La economía ambiental .....	20
2.4. Correcciones a las cuentas nacionales desde la perspectiva de la sustentabilidad débil.....	20
3. Límites del paradigma tradicional: la crisis civilizatoria.....	24
3.1. Un paradigma en construcción: la economía ecológica.....	25
3.2. Los límites del crecimiento.....	27
3.2.1. El mito de las posibilidades ilimitadas. ....	29
3.2.2. Las funciones ecológicas del ambiente y su rol en la economía.....	30
3.2.3. Las irreversibilidades: el mito de la curva ambiental de Kuznets y la hipótesis de la desmaterialización.....	30
3.2.4. El limitado alcance del PIB para medir el bienestar y la dimensión ecológica	32
3.3. Propuestas más recientes: el decrecimiento económico .....	34
4. Conclusión .....	36
CAPÍTULO II.....	37
LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL ECUADOR Y SUS EFECTOS EN LA SALUD.....	37

1.	Los gases contaminantes del aire y su efecto en la salud .....	37
2.	Cálculo de las emisiones de gases contaminantes en el Ecuador .....	41
3.	Cálculo de emisiones por fuentes móviles.....	41
4.	Cálculo de emisiones por fuentes fijas .....	45
5.	Cálculo de emisiones por fuentes de área .....	49
6.	Discusión de resultados .....	60
CAPÍTULO III .....		66
ESTUDIO DE CASO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO .....		66
1.	Normativa ecuatoriana e internacional para la contaminación del aire .....	66
2.	La calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito .....	70
3.	Políticas aplicadas en el Distrito Metropolitano de Quito para el cuidado del recurso aire .....	78
4.	Políticas internacionales aplicadas para el cuidado del aire .....	90
5.	Conclusiones .....	98
CAPÍTULO IV .....		100
CONCLUSIONES.....		100
1.	La problemática identificada y su marco conceptual.....	100
2.	Contaminación del aire en el Ecuador: la calidad del aire y su vínculo con la salud, ¿la política pública es efectiva?.....	101
3.	Evaluación de la hipótesis de trabajo.....	111
4.	Recomendaciones generales y propuestas de política .....	112
5.	Recomendaciones para futuras investigaciones.....	114
BIBLIOGRAFIA .....		116
ANEXOS .....		124
Anexo 1. Parque automotor nacional .....		124
Anexo 2. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes móviles (g/km)....		130
Anexo 3. Emisión de gases contaminantes por fuentes móviles .....		134
Anexo 4. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes fijas .....		135
Anexo 5. Emisiones de gases contaminantes por fuentes fijas .....		135
Anexo 6. Almacenamiento y consumo de combustibles (fuentes de área) .....		137
Anexo 7. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes de área.....		137
Anexo 8. Emisiones de gases contaminantes por fuentes de área.....		139

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. La economía como sistema cerrado .....	17
Gráfico 2. La economía como sistema abierto .....	27
Gráfico 3. Evolución de vehículos matriculados y tasa de crecimiento a nivel nacional	43
Gráfico 4. Evolución de emisiones de contaminantes por fuentes móviles (toneladas métricas) .....	45
Gráfico 5. Consumo de combustible GLP en sector residencial, comercial y público (metros cúbicos) .....	47
Gráfico 6. Evolución de emisiones de contaminantes por fuentes fijas (toneladas métricas) .....	49
Gráfico 7. Evolución de emisiones de contaminantes por aterrizaje y despegue de aviones (toneladas métricas).....	51
Gráfico 8. Evolución de emisiones de contaminantes por uso de solventes (toneladas métricas) .....	53
Gráfico 9. Evolución de emisiones de CO <sub>2</sub> por distribución de gasolina (toneladas métricas) .....	57
Gráfico 10. Evolución de emisiones de CO <sub>2</sub> por carga de combustibles en aeronaves (toneladas métricas).....	58
Gráfico 11. Evolución de emisiones de NH <sub>3</sub> por fuentes misceláneas (toneladas métricas) .....	59
Gráfico 12. Emisiones totales de contaminantes por fuentes de área (toneladas métricas) .....	60
Gráfico 13. Evolución de emisiones totales al aire según fuente (toneladas métricas)..	61
Gráfico 14. Composición de las emisiones de gases contaminantes al aire (año 2011).	62
Gráfico 15. Composición de las emisiones de gases de vehículos (año 2011) .....	63
Gráfico 16. Estructura del parque automotor a nivel nacional según provincia (año 2011).....	64
Gráfico 17. Marco comparativo de valores guía y límites de concentración de gases contaminantes .....	69

Gráfico 18. Distribución anual porcentual del Índice Quiteño de Calidad del Aire para NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> y PM <sub>2,5</sub> .....	72
Gráfico 19. Concentraciones medias anuales para PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) .....	74
Gráfico 20. Concentraciones medias anuales para PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) .....	74
Gráfico 21. Número de veces que se superó la NCAA y las guías de la OMS para PM <sub>2,5</sub> .....	75
Gráfico 22. Número de veces que se superó la NCAA y las guías de la OMS para SO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> .....	76
Gráfico 23. Concentraciones medias anuales para CO (µg/m <sup>3</sup> ) .....	77
Gráfico 24. Tendencia del monitoreo atmosférico del SO <sub>2</sub> y principales acciones para reducir sus emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México, 1990-2000 .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo de combustible en centrales eléctricas (metros cúbicos).....	46
Tabla 2. Consumo de combustible propio del sector hidrocarburos (metros cúbicos)...	47
Tabla 3. Consumo de combustible en industrias (metros cúbicos) .....	48
Tabla 4. Número de movimientos aéreos anuales .....	50
Tabla 5. Población total de Ecuador y por grupo de 0 a 4 años .....	52
Tabla 6. Emisiones por almacenamiento de gasolina y diesel (toneladas).....	54
Tabla 7. Distribución y venta de gasolina (metros cúbicos) .....	54
Tabla 8. Emisiones totales de contaminantes al aire (miles de toneladas métricas) .....	61
Tabla 9. Normas para la concentración de contaminantes .....	68
Tabla 10. Comparativo de las normas de calidad del aire ambiente 2003 vs. 2011 .....	79
Tabla 11. Comparativo de políticas aplicadas para el cuidado del aire.....	98
Tabla 12. Comparativo de los estándares nacionales e internacionales y número de excedencias acumuladas en el período 2006 - 2011 .....	104



## **RESUMEN**

El objetivo principal de esta tesis es conocer la dimensión actual de la problemática de la contaminación del aire en el Ecuador. Se realiza una estimación de las emisiones anuales de gases contaminantes, con la finalidad de identificar a la principal fuente de contaminación a nivel nacional. Posteriormente se realiza el estudio de la calidad del aire para el caso de la ciudad de Quito, y de las políticas públicas aplicadas para enfrentar este problema, para finalmente efectuar una evaluación y determinar si se requiere un cambio de políticas y aplicación de diferentes alternativas.

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

Según la NASA, es a partir del año 1950, que se llega a superar las 300 partes por millón en la emisión de CO<sub>2</sub>, y a partir de entonces las emisiones se elevan con una tendencia nunca antes vista hasta nuestros días (NASA, 2013), y en mayo de este año hemos superado los niveles de riesgo (Naciones Unidas, 2013). Las tendencias se han mantenido de manera creciente y han llegado a ser alarmantes en numerosas ciudades alrededor del mundo. La contaminación del recurso aire se ha vuelto un problema común en las ciudades de mediano y gran tamaño, donde los estilos de vida tienden a la maximización del consumo, y por ende al aumento de la generación de toda clase de desechos y contaminantes.

La Organización Meteorológica Mundial estimó en el año 2009 que la contaminación de aire provoca cerca de dos millones de muertes prematuras al año; mientras que un estudio de la OMS estima “que más de 100 millones de personas en América Latina y el Caribe están expuestas a niveles de contaminantes del aire en exteriores que exceden los valores guía recomendados por la OMS” (CEPAL, 2001:17).

En la ciudad de Quito, capital del Ecuador, es ya común desde hace menos de veinte años ver todas las mañanas una capa gris cubriendo toda su extensión. Los edificios se tornan grises por el smog, mientras al caminar por las calles principales resulta difícil respirar y muchas veces sus habitantes deben cubrirse las vías respiratorias para evitar las bocanadas de gases nocivos emitidos.

El problema está presente y nos afecta permanentemente al realizar nuestras actividades diarias. Es necesario entonces conocer cuáles son los gases emitidos por las distintas fuentes contaminantes y a los cuales nos encontramos expuestos, y cómo éstos pueden llegar a afectar a los seres humanos.

Una vez conocidos los riesgos, es importante estimar las toneladas anuales de gases al aire emitidas a nivel nacional, estudiar su comportamiento en un período de tiempo y determinar cuál es su composición por cada fuente emisora. Es decir, establecer ¿cuál es la principal fuente de emisión de contaminantes al aire en el Ecuador? con la finalidad de dirigir la atención y el análisis hacia aquel sector que suscita el mayor deterioro del aire.

Otro factor importante de análisis es la normativa nacional sobre la cual se realizan los controles de calidad del aire en cada ciudad. La mayoría de los países disponen de límites establecidos para la concentración de gases contaminantes en periodos determinados. Muchos además establecen el máximo de veces que los límites pueden ser superados a lo largo de un año. En el caso del Ecuador existe una norma para la calidad del aire en la que se fijan los valores para el caso de partículas sedimentables menores a 10 y 2.5 micras, dióxido de azufre, monóxido de carbono, ozono y óxidos de nitrógeno (TULAS, 2003).

Sin embargo, los países no solo han establecido los límites de acuerdo a características técnicas, sino también de acuerdo a cuestiones económicas y políticas que generalmente no son coherentes con los argumentos de cuidado ambiental y de salud humana. Ante esto, cabe analizar las guías de calidad del aire publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las mismas que establecen parámetros de acuerdo a estudios que analizan el impacto de los diferentes gases en la salud humana.

Ahora, es necesario efectuar un estudio más a detalle que nos permita conocer cuál es la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito, y si éste representa alguna clase de peligro para nuestra salud. Este trabajo puede ser realizado a través del análisis de la información disponible sobre la calidad del aire que nos permita conocer si efectivamente las emisiones de gases nocivos han superado los límites de asimilación del ambiente. De ser este el caso, los monitoreos de calidad del aire generarían reportes de excesos en la concentración de los gases en el ambiente, evidenciándose y comprobando la percepción de los habitantes.

Al haber identificado la principal fuente emisora a nivel nacional, es importante proseguir con el análisis de las políticas públicas que han sido aplicadas en la ciudad para controlar la calidad del aire. Será también importante realizar una exploración de estudios de caso en otros países representativos, en cuanto al tratamiento de la problemática de contaminación del aire, de tal manera que nos permita establecer comparativos y evaluar las políticas aplicadas a nivel nacional, además de generar propuestas en base a experiencias ya conocidas.

Con estos antecedentes, la pregunta central de investigación que se propone responder es ¿Está dando la política pública respuestas efectivas acordes a la dimensión del problema de la contaminación del aire en el Ecuador?, mientras que las preguntas secundarias a desarrollar son:

- 1) ¿Cuál es la principal fuente de la contaminación del aire en el Ecuador?
- 2) ¿Se cumplen los estándares de calidad del aire en la ciudad de Quito?
- 3) ¿Cómo se ha abordado el problema de contaminación desde la política pública?
- 4) ¿Se requieren políticas distintas para tratar los problemas de contaminación del aire en la ciudad de Quito?

### **Hipótesis de trabajo**

La política pública ambiental aplicada en el Ecuador no responde de manera efectiva al creciente problema de contaminación del aire que representa un importante riesgo para la salud de los habitantes y el equilibrio ambiental.

### **Objetivos**

#### **1.1. Objetivo general**

Determinar si en Ecuador la política pública aplicada responde efectivamente al grave deterioro de la calidad del aire y a los riesgos que esto supone para el ambiente y los habitantes.

#### **1.2. Objetivos específicos**

- 1) Identificar las principales fuentes emisoras de gases contaminantes a nivel nacional, y determinar si dentro del Distrito Metropolitano de Quito se sobrepasan los niveles establecidos.
- 2) Precisar las consecuencias de estos gases contaminantes sobre el ambiente y por ende en la salud de la personas.
- 3) Evaluar si las políticas públicas aplicadas se adecuan, se cumplen y se controlan a nivel nacional.
- 4) Proponer políticas.

## **Delimitación del problema**

El presente estudio se realizará a dos niveles. El primero, incluye el cálculo a nivel nacional de las toneladas emitidas anualmente durante el período 2006 – 2011, con la finalidad de establecer cuál es la principal fuente emisora de gases nocivos en todo el Ecuador.

Una vez identificada la principal causa de contaminación del aire en nuestro país, se continuará con el análisis en un segundo nivel, el local, donde se realizará el estudio de caso de la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito. El cambio de nivel nacional a local, nos permitirá realizar una exploración de las políticas públicas implementadas a mayor detalle; permitiéndonos generar propuestas que pueden ser replicadas en el resto de ciudades del Ecuador que sufren de contaminación ambiental.

## **Estructura de la investigación**

El presente trabajo se encuentra organizado en cuatro capítulos. El primer capítulo corresponde al desarrollo del marco conceptual sobre el cual se sostiene el estudio, y dentro del cual se realiza el análisis de los diferentes enfoques de la economía con respecto a los recursos naturales. Se parte desde los planteamientos de la corriente tradicional neoclásica y su esquema cerrado; analizaremos las medidas comunes de crecimiento económico que han sido interpretadas de manera errónea como medidas de bienestar social, permitiéndonos entender que los países con reportes de buen desempeño económico no necesariamente son aquellos que ofrecen las mejores condiciones para mantener una vida plena y saludable. Y llegaremos hasta los aportes más relevantes de la economía ecológica, cuyo enfoque nos revela la insostenibilidad ecológica del sistema económico actual.

En el segundo capítulo nos centraremos en el análisis de la contaminación del aire a nivel nacional. Identificaremos cuáles son los principales gases emitidos por las actividades de los seres humanos, y cómo afecta cada uno de éstos a la salud de las personas. Posteriormente, se estimará las toneladas emitidas de gases nocivos según tipo de fuente, lo cual nos permitirá identificar a la principal fuente contaminante del aire.

En el tercer capítulo, en una primera sección, analizaremos la normativa vigente que regula las concentraciones de gases contaminantes en el aire dentro del Ecuador. Además, estableceremos comparaciones tanto con las normas fijadas en otros países,

como también con los valores guías fijados por la OMS en base a estudios que revelan los niveles máximos a los que pueden estar expuestos los seres humanos sin sufrir daños en su salud. En la siguiente sección centraremos el estudio al análisis de la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito, donde identificaremos si las concentraciones llegan a superar la norma nacional y los valores guía de la OMS. A continuación, se detallará cuáles han sido las políticas públicas aplicadas que han representado un aporte para mejorar la calidad del aire en la ciudad, para posteriormente analizar las principales políticas aplicadas en Chile y México.

Finalmente, en el cuarto capítulo, realizaremos un recuento de los principales hallazgos de este estudio, generando las conclusiones y recomendaciones finales.

## **CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO**

### **1. Introducción**

El presente trabajo de investigación busca determinar si desde la política pública se está dando una respuesta efectiva al creciente problema de la contaminación del aire en nuestro país. En función de abarcar este análisis, dentro de este capítulo se realizará un recorrido por las dos principales corrientes teóricas económicas que integran al ambiente dentro de su estudio.

Se iniciará la primera sección con el análisis de la inclusión del componente ambiental desde la óptica de la economía tradicional neoclásica. Se desarrollará entonces un estudio crítico del esquema cerrado con el que este enfoque concibe la relación entre el sistema económico y el ambiente, para posteriormente abordar la consideración tradicional del crecimiento económico como una medida del bienestar de la sociedad.

Enseguida, se expondrán los supuestos sobre los cuales se construye la economía ambiental, rama que surge desde la economía neoclásica y cuyas ideas se fundamentan en la sustentabilidad débil. Además, se presentarán sus propuestas para corregir los sistemas de contabilidad nacional desde el enfoque ambiental.

En la siguiente sección se abarcará la segunda corriente económica que se encuentra aún en construcción, la economía ecológica. Ésta se revela como un enfoque más holístico, cuyo objeto principal de estudio es la insostenibilidad ecológica de la economía. Dentro de este marco nos interesa en particular describir los límites que permitieron concebir a la economía como un sistema abierto. Después, abordaremos en detalle los límites que se presentan al crecimiento económico y las teorías que generaron la noción desacertada de que la economía es un sistema que puede expandirse y funcionar sin límite alguno.

Finalmente, analizaremos una de las últimas propuestas que surge desde la visión de la economía ecológica, el decrecimiento económico. En este marco, se reconocen importantes avances en el desarrollo de conceptualizaciones teóricas. Sin embargo, como veremos, esta corriente aún no cuenta con propuestas de políticas concretas y de real aplicación, y los sistemas de medición definidos pueden estar incompletos o requerir perfeccionarse.

## 2. El paradigma neoclásico

La denominada escuela neoclásica se desarrolla en base a supuestos de un mercado en competencia perfecta, es decir donde todos los agentes cuentan con total información, existe gran cantidad de compradores y vendedores, no existen barreras al ingreso o salida de competidores, etc. (Miller; 2002); y asume que los agentes económicos se manejan bajo un comportamiento racional (*homoeconomicus*) caracterizado por la búsqueda egoísta del interés individual, lo cual constituiría un aporte para alcanzar el bienestar de toda la sociedad. Sostiene además que la asignación de los precios es una función del mercado, donde éstos se igualan a los costos marginales y reflejan la información correcta sobre asignación de los recursos, constituyéndose como indicadores de escasez relativa (Falconí, 2002).

Una corriente que cabe destacar dentro de esta escuela es la economía del bienestar, cuyo análisis considera en primer lugar la maximización de la eficiencia donde todo equilibrio competitivo cumple con optimalidad de Pareto, es decir que no existe otra distribución por medio de la cual se genere un incremento en la utilidad de un individuo sin disminuir la utilidad de otro; y en segundo lugar se considera la política distributiva para alcanzar la equidad (Falconí, 2002)

Por otra parte, la economía neoclásica basa sus teorías en parámetros no físicos como tecnologías, preferencias, distribución del ingreso, etc., estos parámetros llegan a ser las variables determinantes del equilibrio (o de una tasa de crecimiento de equilibrio), mientras que los parámetros físicos como los recursos naturales y los bienes producidos, constituyen variables que se ajustan para encajar en el equilibrio fijado. En la teoría neoclásica este ‘ajuste’ casi siempre implica crecimiento (Daly, 1996).

El crecimiento económico constante e ilimitado tomó fuerza a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, con el surgimiento de la Revolución Industrial. Pero es en la época de la Gran Depresión (1929), y a partir de la publicación en 1936 de la obra “Teoría general del empleo, el interés y el dinero” (Keynes, 1936), que surge el pensamiento keynesiano, el cual considera indispensable la intervención estatal para estimular la demanda agregada a través del incremento del gasto público, y con el cual se consolida la búsqueda del crecimiento del consumo sin considerar límite alguno.

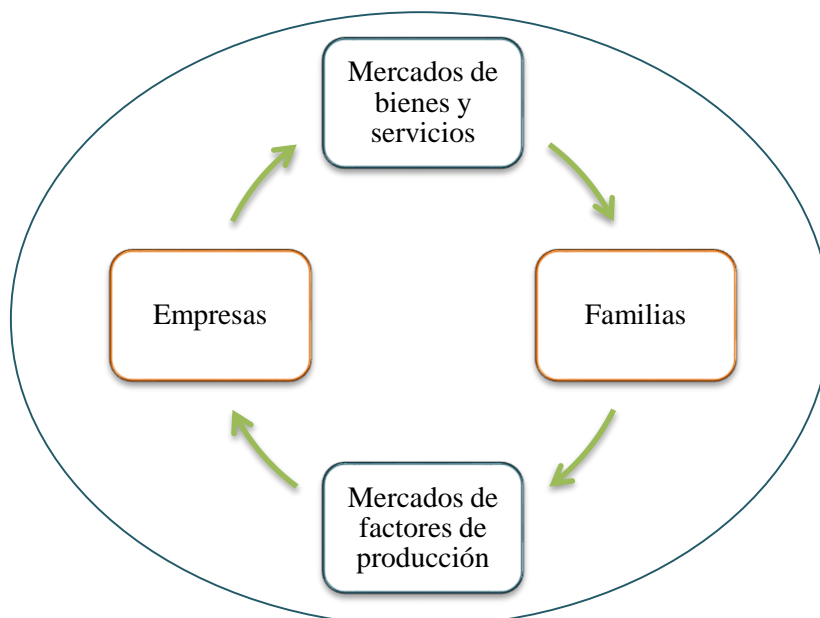


## 2.1. La economía como un sistema cerrado

La economía ha sido concebida tradicionalmente como un sistema circular cerrado, en donde, se asume que los intercambios entre agentes económicos son alimentados a través del dinero de forma perpetua, sin dar cabida alguna a la existencia de un rol explícito de la naturaleza, ni a la consideración de límites a tales intercambios (Kerschner, 2009).

Tal como lo muestra el gráfico No. 1, la corriente neoclásica concibe a la economía como un sistema circular cerrado que encierra a empresas y familias como actores que intervienen en el mercado de bienes y servicios, y en el mercado de factores de producción, a través de flujos monetarios y de bienes y servicios.

**Gráfico 1. La economía como sistema cerrado**



La economía neoclásica

**Fuente:** Martínez-Alier y Roca, 2006

Sin embargo, este sistema no considera que la economía extrae mensualmente enormes cantidades de recursos naturales como minerales, petróleo, madera, agua, entre muchos otros, con la finalidad de utilizarlos directamente o integrarlos y transformarlos mediante procesos productivos en millones de productos de consumo para los seres humanos.

Posteriormente, tras el proceso de consumo se generan residuos que son devueltos al ambiente. Estos flujos de energía y materiales son considerados por la economía ecológica, sobre la cual trataremos en detalle más adelante.

## **2.2. El crecimiento económico como medida de desarrollo y bienestar**

La búsqueda del desarrollo y el bienestar social ha constituido uno de los principales puntos de estudio en las ciencias sociales. Dentro del análisis de la economía, el pensamiento predominante a lo largo de la historia ha sido que la prosperidad económica, representada por el continuo crecimiento, es el único medio para alcanzarlo. Es así como la economía tradicional neoclásica considera al crecimiento económico como una necesidad:

Los economistas ortodoxos están convencidos de que sólo el crecimiento económico puede resolver los "problemas clásicos" de la sociedad, formulados por Smith (la pobreza), Malthus (superpoblación), Marx (la distribución) y Keynes (desempleo involuntario). No sólo eso, también es [planteado] como uno (o el único) modo de solucionar los problemas de contaminación, el [pago] de la deuda [externa], [el equilibrio en] la balanza de pagos, el agotamiento de los recursos naturales, la delincuencia, etc. (Kerschner, 2009: 8).

Es decir, tradicionalmente se comete el error de pensar que el crecimiento es la solución para muchos de los problemas económicos: para combatir la pobreza basta aumentar la producción y estimular el gasto; para enfrentar al desempleo se deben disminuir las tasas de interés de préstamos y estimular la inversión para provocar un incremento en la demanda de bienes y servicios, que a su vez genere empleo; la sobrepoblación se controla y remedia al llegar a altos niveles de renta; los daños ambientales disminuirán cuando se llegue al punto de inflexión descrito por la curva ambiental de Kuznets; la redistribución de la renta no debe ser aplicada en función de que ralentiza el proceso de crecimiento económico (Daly, 2005).

Bajo este pensamiento los esfuerzos se enfocaron en generar acumulación de capital, dejando sin atención alguna a las consecuencias que esto acarrearía. Surgen entonces profundos problemas sociales y ambientales que con el pasar de los años se hacen más evidentes, y emergen con fuerza interrogantes que buscan definir la relación real entre crecimiento económico y bienestar.

Sin embargo esta discusión no es reciente, a partir de la década de los años setenta se genera el cambio de posturas, los analistas llegan a darse cuenta de que un país con altos niveles de crecimiento económico reflejado en el PIB, no necesariamente

alcanzaban una mejora de la calidad de vida de los habitantes, y no lograban condiciones para un desarrollo integral (Schuldt, 1995).

Entonces, la visión de prosperidad basada en la expansión económica fue desechada. A partir de esto surgen algunos estudios donde se revela que otros factores son esenciales dentro de este análisis, como por ejemplo las relaciones sociales, la situación espiritual, la salud, entre otros; es decir, el crecimiento económico dejó de ser considerado como el elemento trascendental e indispensable para alcanzar el bienestar social (Jackson, 2011).

Otro de estos factores importantes es la calidad del ambiente, y en respuesta a la creciente evidencia de la existencia de una problemática ambiental, es a partir del año 1987 que surge dentro del análisis económico el concepto de desarrollo sostenible, el mismo que buscaba empatar el crecimiento económico con el entorno natural (Munda, 1997).

El desarrollo sostenible asevera que la expansión económica es una condición indispensable para alcanzar una prosperidad duradera a largo plazo. Existen tres elementos en defensa de esta afirmación. En primer lugar, la opulencia (como satisfacción material) es indispensable para progresar y desarrollarse en numerosos ámbitos. Así, una mayor cantidad de ingresos implicaría mejores oportunidades, mayor calidad de vida, mayor nivel de acceso a servicios y beneficios, vidas más ricas que permitan elevar el bienestar de las personas. Segundo, el crecimiento económico está altamente correlacionado con nociones esenciales como la educación y la salud; y tercero es que el crecimiento mantiene una estabilidad económica y social. No obstante, si bien el crecimiento económico es considerado por numerosos economistas como una condición necesaria para alcanzar el bienestar, es indispensable contemplar que existen límites tanto físicos como naturales que lo hacen insostenible (Jackson, 2011).

Los defensores de la expansión económica sostienen que la eficiencia tecnológica se ha convertido en el elemento que permite que el modelo de crecimiento sea viable y compatible con los objetivos ecológicos, e incluso afirman que es necesaria para alcanzarlos. Sin embargo, la evidencia a través de la historia demuestra que esta afirmación es errada; a pesar del acelerado desarrollo tecnológico de las últimas décadas, el consumo y pérdida de recursos continúa en aumento, al igual que los daños ambientales que continúan en el camino de tornarse irreversibles (Jackson, 2011).

### **2.3. La economía ambiental**

La denominada economía ambiental es considerada una rama de la economía neoclásica que se especializa en el estudio de los problemas generados por las externalidades ambientales, y en la optimización y uso correcto de los recursos naturales. Se sustenta en la idea de que el progreso tecnológico permite superar los límites naturales (Munda, 1997).

Bajo esta misma corriente, en la década de los noventa surge el concepto de la sostenibilidad débil, la misma que afirma que el capital natural puede ser sustituido por otros diferentes tipos de capital, como el artificial y humano. Este enfoque procura mantener constante, en términos monetarios, al ingreso obtenido por el stock de capital disponible en una economía; lo cual permitiría que los recursos naturales se agoten, siempre y cuando la pérdida pueda ser compensada por el incremento del stock de otro tipo de capital; es decir, “lo que importa es que no disminuya el stock de capital” (Martínez-Alier, 1999: 47).

Por tanto, la economía ambiental se asienta en los preceptos de la sustentabilidad débil y, tomando en cuenta que la economía ambiental es una extensión de la economía tradicional, es evidente que uno de sus principales temas de estudio sea la valoración monetaria de los recursos naturales, y de los costos y beneficios ambientales.

Como ya he mencionado, otro de los argumentos sobre los que se sostiene la economía ambiental, y sobre el cual ya hemos emitido comentarios en la sección anterior, es en que la tecnología minimizaría los impactos ambientales mediante procesos de recuperación, renovación, re-uso, reciclaje, etc.; dejando de ser así un limitante al actual modelo económico.

### **2.4. Correcciones a las cuentas nacionales desde la perspectiva de la sustentabilidad débil**

La contabilidad nacional adolece de profundos errores en cuanto al tratamiento de los recursos naturales al no contabilizar su pérdida y desgaste. Los cálculos tradicionales no reflejan la pérdida del patrimonio natural y la reducción de los stocks. Adicionalmente, los males generados por la economía, los gastos destinados a corregir los daños

ambientales, o a evitarlos, están siendo contabilizados en gran parte como bienes, producción y renta.

La contabilidad nacional, a diferencia del tratamiento aplicado al capital, no considera una depreciación para los recursos naturales utilizados por la economía. Implícito en esta ausencia de amortización está la consideración de que la naturaleza constituye una fuente inagotable de recursos (Martínez-Alier y Roca, 2006).

Otra de las principales críticas es la omisión de los males generados en los procesos económicos, o hasta en ciertos casos, la inclusión de muchos de ellos como bienes. Algunos de los agentes económicos generan gastos con la finalidad de corregir o evitar daños al ambiente, éstos son los denominados gastos compensatorios o defensivos, los cual deberían ser considerados como costos; sin embargo en muchos casos son registrados como renta final (Martínez-Alier y Roca, 2006).

Al reconocer que es necesario incorporar al ambiente en el análisis económico, y en respuesta a la problemática ambiental y a las crecientes críticas surgidas a la contabilidad macroeconómica, desde la sustentabilidad débil se generan algunas propuestas con el objetivo de aplicar correcciones a las cuentas nacionales.

Estas modificaciones se plantean con el fin de incluir aquellos elementos que fueron ignorados por la contabilidad macroeconómica convencional, permitiendo que todo el sistema de cuentas y sus agregados macroeconómicos consideren aquellos aspectos de la interacción entre la economía, la sociedad y los recursos naturales, y se refleje entonces un sistema más cercano a realidad.

Uno de los primeros planteamientos consistió en dar el mismo tratamiento al capital producido y al capital natural, es decir estimar el desgaste y pérdida de los recursos naturales en unidades monetarias para ser descontados en la contabilidad. Un primer estudio fue realizado por Repetto, quien asignó valores comerciales a bienes agrícolas, madera y petróleo, sin considerar las funciones ambientales de los mismos (Martínez-Alier y Roca, 2006).

Por otra parte, Salah El Serafy realiza un planteamiento más sofisticado en el año 1970, y pone en evidencia que el Sistema de Cuentas Nacionales no considera la pérdida del capital natural, no distingue los ingresos por la venta de recursos naturales, y no realiza ningún análisis de stock y flujos de los activos naturales. Presenta entonces un análisis para establecer qué porcentaje de los ingresos de una economía por la venta de un recurso

no renovable debe ser considerado como pérdida de patrimonio, y qué porcentaje como ingreso real. El estudio lo efectúa utilizando una tasa de interés, la misma que le permitirá dividir los ingresos generados por la venta del recurso en dos partes, la primera para consumo íntegro, y la segunda para ser invertida a la tasa de interés utilizada con la finalidad de mantener el nivel de ingresos cuando se haya agotado el recurso (Martínez-Alier, 1998).

Por su parte, Nordhaus y Tobin en 1972 realizan ajustes al PIB para calcular en primer lugar la Medida de Bienestar Económico (MEW por sus siglas en inglés), la misma que se obtiene al restar del consumo privado total aquellos elementos que no contribuyen a incrementar el bienestar, y sumar una valoración estimada de aquellas que sí contribuyen positivamente y que no se encuentran consideradas, como es el caso del ocio y el trabajo en el hogar. Al considerar los cambios en la riqueza total se pasa del MEW al denominado SMEW (Medida de Bienestar Económico Sustentable), que mide el nivel de MEW que es compatible con la preservación del stock de capital. Para el cálculo del SMEW utilizaron estimados de la riqueza pública y privada, sin embargo, no llegaron a considerar estimados de daño ambiental y agotamiento de los recursos naturales (Stiglitz et al., 2009).

El trabajo realizado por Nordhaus y Tobin sienta las bases para la posterior construcción tanto del Índice de Bienestar Económico Sustentable (ISEW), presentado en 1989 por Daly y Cobb, como del Indicador de Progreso Genuino (GPI); medidas que incorporan una valoración estimada de los costos de contaminación acústica, del aire y del agua, así como también de las pérdidas de tierras, bosques y el agotamiento de otros recursos naturales (Stiglitz et al., 2009).

Otra propuesta surge de Roefie Hueting en 1980:

El primer paso sería fijar [...] estándares [ambientales] y el segundo calcular los costes para llegar a ellos, ya sea mediante gastos defensivos hipotéticos o mediante reducciones de actividades. La diferencia entre el Ingreso Nacional convencional (descontados los costes defensivos efectivamente realizados) y el total de los costes así obtenidos nos daría una primera aproximación del Ingreso Nacional "sostenible" (Martínez-Alier y Roca, 2006: 97).

Uno de los planteamientos que actualmente son aplicados por algunos países, entre ellos el Ecuador, generado con el afán de complementar la contabilidad nacional desde la perspectiva ambiental, es el Sistema de Cuentas Ambientales Económico Integradas

(SEEA por sus siglas en inglés), que se constituye como una cuenta satélite del Sistema de Cuentas Nacionales (Stiglitz et al., 2009).

Tras un consenso, y reconociendo que el consumo de los recursos naturales sin considerar ni compensar la pérdida generada, constituye el consumo de la riqueza de una economía, la Organización de las Naciones Unidas, la Comisión Europea, el Fondo Monetario Internacional, la Organización para el Desarrollo Económico y la Cooperación, y el Banco Mundial plantearon la contabilización sistemática de flujos y stocks de los activos ambientales en concordancia con la contabilidad nacional. El SEEA constituye un sistema de contabilidad que organiza la información en matrices; agrupa la información de la economía y el ambiente bajo un esquema común que permite la comparabilidad internacional (European Commission et al., 2013).

Dentro del SEEA se consideran cuatro categorías de cuentas:

1. Consideran datos físicos relacionados a flujos de materiales y energía, y los agrupa en la medida de lo posible conforme a la estructura establecida en el Sistema de Contabilidad Nacional.
2. Se consideran los elementos del Sistema de Cuentas Nacionales que son relevantes para el buen manejo del medio ambiente. Hace más explícitas a las transacciones relacionadas con el ambiente.
3. Comprende las cuentas de activos ambientales medidos en términos físicos y monetarios.
4. La cuenta final incluye a los ajustes realizados en Sistema de Contabilidad Nacional para registrar el impacto de la economía en el medio ambiente. Se consideran tres tipos de ajustes: agotamiento de los recursos, gastos defensivos y degradación ambiental (European Commission et al., 2013).

Entonces, la macroeconomía ambiental se presenta como una fuente importante de información económico-ambiental, y como instrumento de análisis. En un inicio es primordial relajar el supuesto de que el crecimiento del consumo es indispensable para mantener la estabilidad, e identificar las condiciones con las que se define a una economía sustentable. Los principales sectores y sus variables permanecen dentro de este nuevo esquema, pero se suman aquellas variables que reflejan el valor de los servicios

ambientales, de los stocks de capital natural, y de las pérdidas por daños ambientales, así como también los gastos defensivos en que incurre un país (Jackson, 2011).

Adicionalmente, dentro de este sistema se incluye a los indicadores económico-ambientales ya mencionados, como el ISEW, el GPI y los Ahorros Genuinos.

Entre varios esfuerzos que se desarrollaron en el campo del análisis y cálculo de contabilidad de los recursos naturales para el caso ecuatoriano, se encuentran los trabajos de Patricio León y Salvador Marconi en 1994, quienes construyeron cuentas físicas de petróleo y recursos forestales, y aplicaron una valoración por el método del precio neto. John Kellenberg por su parte en el año 1995 centró su estudio de tesis doctoral de contabilidad ambiental al período comprendido entre 1971 y 1990; Francisco Carvajal trabajó en la corrección de las Cuentas Nacionales por medio del método de Serafy aplicado al caso petrolero (Falconí, 2002).

En conclusión, Las propuestas desde esta perspectiva no apuntan a modificar el cuerpo central de la estructura de las Cuentas Nacionales tradicionales. Se busca dimensionar en su valor monetario los bienes y servicios que provee la naturaleza, a fin de corregir o ‘enverdecer’ las cuentas nacionales o el PIB. Los criterios de sustentabilidad en un sentido débil que se aplican, identifican los procesos de pérdida y desgaste de la naturaleza en su valor monetario, y resultan en propuestas que admiten posibilidades ilimitadas de sustitución del capital natural por otros tipos de capital, pues el objetivo que se persigue es mantener un stock total de capital a lo largo del tiempo, esto es, evitar la descapitalización de la economía. No obstante, este criterio de sustentabilidad, no observará el tipo de capital puede agotarse ni las consecuencias de tal agotamiento.

### **3. Límites del paradigma tradicional: la crisis civilizatoria**

La economía, y en general la concepción tradicional de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, han sido mal concebidas desde sus inicios y en relación a varias materias. El desarrollo de todos los aspectos de la vida común en nuestro tiempo, se sustenta en esquemas donde el actor prevaleciente e importante es el ser humano.

Es importante destacar la gran capacidad que han tenido los seres humanos para lograr alterar drásticamente y en un tiempo relativamente corto al sistema en el que vivimos. Los seres humanos estamos generando daños irreversibles al Planeta Tierra, a la



naturaleza que ha vivido en armonía durante más de mil millones de años, y a todo este sistema en general.

Pero el origen del problema no emerge en las últimas décadas donde la crisis ya se ha evidenciado; el problema nace mucho más atrás en el tiempo. Los inicios de este asunto surgen a partir las épocas más remotas, desde que en la biblia se estableció que: “... Dios los bendijo [al hombre y la mujer] diciendo: *Creced* y multiplicaos, llenad la tierra y *dominadla*” (Génesis, capítulo 1 versículo 28, citado en Max-Neef, 1986: 21), sentando las bases y dando forma así a nuestra cultura. Esto es calificado por Max-Neef como el “mito original” que ha definido el curso de la historia (Max-Neef, 1986: 21, 45).

Se deja por sentado entonces que los humanos son los seres superiores que deben crecer sin respeto o límite alguno para dominar el sistema, siendo la naturaleza un recurso que se ponía a plena disposición del ser humano para su completo desarrollo. Surge entonces una civilización irresponsable, que ha generado daños irreversibles en el sistema natural, y ha llevado al límite a sus capacidades.

Las principales ideologías que han surgido en la historia, como el liberalismo, el socialismo, etc.; concuerdan en que el crecimiento económico es un elemento indispensable para la economía; sobreestiman el papel de la tecnología como solución a los problemas, e ignoran el poder e importancia de la naturaleza como elemento esencial para el sustento de la humanidad (Max-Neef, 1986).

Los modos de vida adoptados por los seres humanos cada vez se vuelven más agresivos contra la naturaleza, y no se llega a concebir siquiera la posibilidad de un proceso de cambio de vida y de cultura. Es lo que nos ha llevado a vivir una crisis civilizatoria, que hasta para muchos es inexistente.

A pesar de todo, dentro de la corriente de la economía ecológica existen propuestas que buscan afrontar de los cuales somos responsables, como la teoría del decrecimiento económico que abordaremos más adelante.

### **3.1. Un paradigma en construcción: la economía ecológica**

La corriente económica tradicional, llegó a generalizarse y a ser asumida como el único camino por el cual la sociedad alcanzaría un pleno bienestar. Los postulados de la misma no reconocieron las limitaciones físicas en las que se desenvuelve, y condujeron políticas que fomentaron la creación de mercados voraces y sociedades hiperconsumistas.

Ante el inevitable enfrentamiento a la realidad dispuesta por las limitaciones existentes, surge una corriente que busca integrar aquellos elementos que fueron ignorados por la economía tradicional, ésta es la economía ecológica,

Este enfoque surge como crítica a la economía neoclásica convencional. La economía ecológica "es un campo de estudios transdisciplinario recientemente establecido, que ve a la economía como un sub-sistema de un ecosistema físico global y finito" (Martínez-Alier, 2005: 37). Asimismo, maneja una visión más amplia:

contabiliza los flujos de energía y los ciclos de materiales en la economía humana, analiza las discrepancias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico, y estudia también la coevolución de las especies (y de las variedades agrícolas) con los seres humanos. El objeto básico de estudio es la (in)sustentabilidad ecológica de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor expresado en un único numerario (Martínez-Alier y Roca, 2006: 14).

La economía ecológica se enfoca principalmente en desarrollar medidas que reflejen la in-sustentabilidad del sistema económico actual. Además, rechazan la idea de que el sistema económico actual llegue a ser sustentable "debido a sus impactos ambientales y a sus demandas energéticas y de materiales, y también debido al crecimiento de la población" (Martínez-Alier, 2005: 37). Incluye también entre sus áreas de estudio a las críticas a la contabilidad nacional y las propuestas para su corrección, tema que será ampliado más adelante.

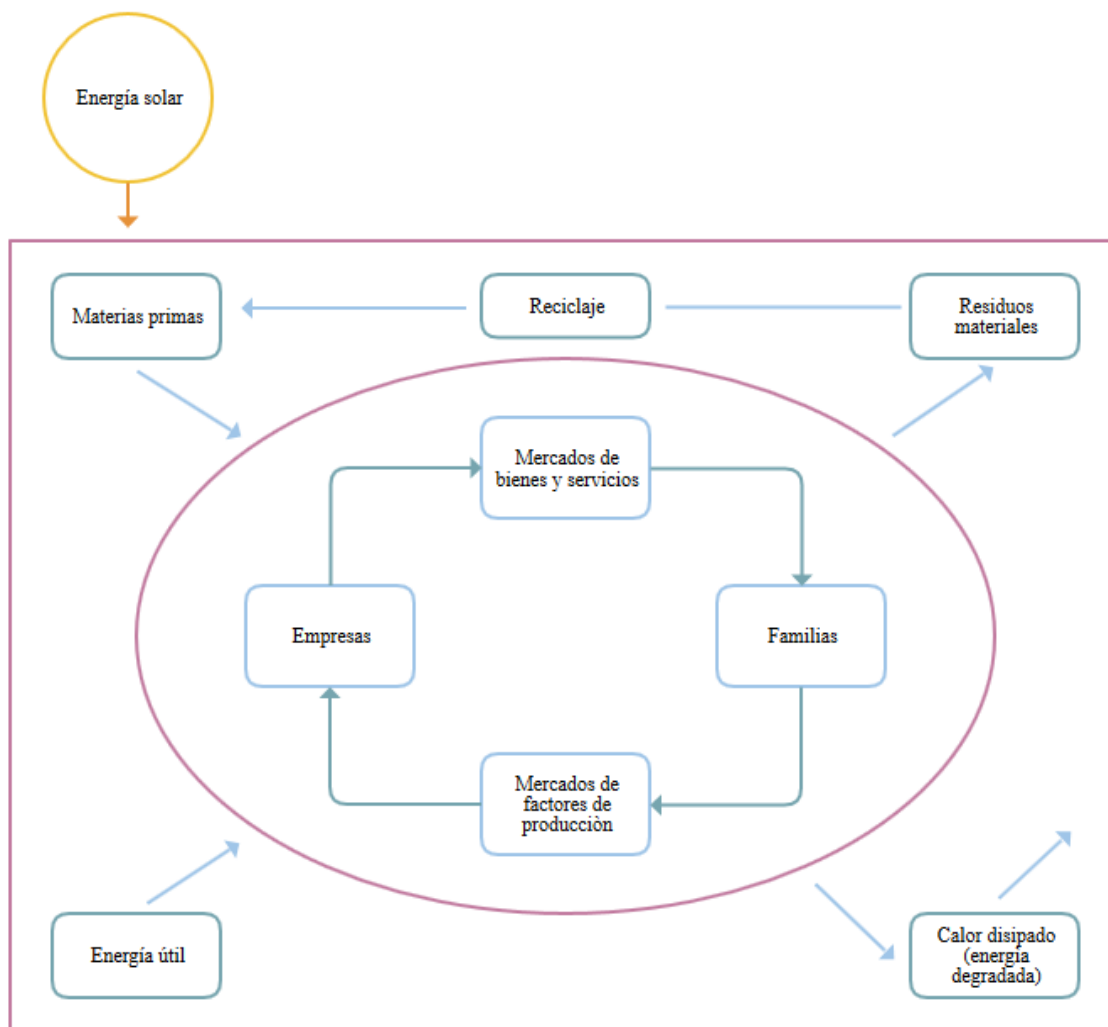
Por su parte, este enfoque se alinea con la noción de la sostenibilidad fuerte, que afirma que la sustitución del capital natural es limitada o incluso llega a ser imposible, considerando que existen formas de capital que adquieren valor únicamente por la combinación de éstas con otros tipos de capital, y formas de capital que ofrecen servicios prioritarios para la vida.

Como ya se mencionó anteriormente, la economía ecológica incluye dentro del análisis a los flujos de materiales y energía generados durante los procesos físicos, sociales y económicos. Se plantea entonces como un sistema abierto que trasciende el esquema cerrado planteado por la economía ambiental.

Este sistema recibe ingresos de energía y materiales, y a su vez emite energía degradada y residuos materiales; parte de estos últimos pueden ser reincorporados como materias primas para la producción, tras pasar por un proceso de reciclaje. La economía

como tal es un sistema abierto al ingreso de la energía solar, tal como Martínez-Alier y Roca lo expresaron en el siguiente esquema:

**Gráfico 2. La economía como sistema abierto**



La economía ecológica

Fuente: Martínez-Alier y Roca, 2006

### 3.2. Los límites del crecimiento

Bajo el enfoque abierto de la economía ecológica, el crecimiento económico sin límites es incompatible y se presenta como un dilema. Si bien se reconoce que un país pobre requiere de crecimiento económico para que sus habitantes alcancen una buena calidad de vida; también cabe reconocer que aquellas economías con altos niveles de ingresos que ya han logrado cubrir las principales necesidades de sus habitantes, destinan una

amplia proporción del ingreso en consumos que pueden considerarse como innecesarios y suntuosos.

Los seres humanos se han formado en un sistema y sociedad que presenta a la elevada capacidad de consumo y al lujo como el equivalente del desarrollo y éxito, tanto personal como social. Las personas tienen apetitos insaciables y se crean cada vez nuevas necesidades que llevan evidentemente a continuar elevando el consumo. Antropólogos e investigadores de esta temática indican que:

Los bienes de consumo proporcionan un lenguaje simbólico mediante el que nos comunicamos con los demás, no sólo en un sentido estrictamente material, sino sobre lo que realmente nos importa: la familia, la amistad, el sentido de pertenencia, la comunidad, la identidad, el estatus social, el significado y el propósito de la existencia (Jackson, 2011: 76-77).

El ingreso, destinado al consumo, es considerado entonces como un factor indispensable para el bienestar de las personas; el estatus en las sociedades se encuentra directamente relacionado con los niveles de ingresos, que a su vez va acompañado de clase social, autoridad, poder, etc. No obstante, el apetito y los esquemas actuales no son compatibles con la limitada capacidad ambiental.

Los límites naturales al crecimiento son abordados con fuerza desde el año 1970, en que la asociación privada conocida como el Club de Roma, encargó al Massachusetts Institute of Technology (MIT) realizar una investigación que sería publicada en el año 1972, y que marcaría el inicio del interés y preocupación en la real dimensión de la escasez de los recursos naturales. El informe se denominó Los Límites del Crecimiento. Los resultados mostraban que:

[...]la Humanidad no puede proliferarse a una tasa acelerada y considerar el desarrollo material como su principal objetivo, sin encontrar obstáculos a este proceso; [...]estamos ante la alternativa de buscar nuevos objetivos para tomar nuestro destino en nuestras propias manos o someternos a las consecuencias inevitablemente más crueles del crecimiento irrestricto (Meadows et al., 1972: 21 - 22).

Junto al nacimiento de una verdadera preocupación por los límites de la capacidad ambiental, se inicia el debate entre dos enfoques: los denominados optimistas y los pesimistas. Los optimistas, en su mayor parte economistas neoclásicos, defendían con fuerza la posición de que los límites al crecimiento desde el punto de vista ambiental no constituían problema alguno (Van Alstine y Neumayer, 2010). Los argumentos de esta

tendencia son entre otros que: con mayores ingresos el desarrollo tecnológico se aceleraría permitiendo por medio de éste reducir los impactos ambientales, tal como ya se mencionó en secciones anteriores; se incrementaría la demanda de productos y servicios que tienen menor intensidad en material, y crecería la demanda por un ambiente de calidad.

En lo que concierne a la última afirmación, existen teorías que mantienen que aquellas economías ricas caracterizadas por tener elevados niveles de ingresos, empiezan a valorar de distinta manera a la naturaleza, considerándola como un bien de lujo que requiere de mayor cuidado y protección. Sin embargo esta afirmación implicaría que únicamente aquellos países ricos podrían “adquirirlo”, mientras que el resto de economías no podrían acceder a un ambiente limpio.

Por otro lado los pesimistas, científicos de las ramas físicas y sociales, consideraban que la expansión de la economía requeriría una enorme y creciente cantidad de materiales y energía, lo cual generaría tal cantidad de desechos que la capacidad de asimilación de los sistemas ambientales sería sobrepasada. El resultado sería un colapso ambiental por la degradación generada y con ello la caída del bienestar humano.

Cabe mencionar que la tendencia pesimista no consideró a los avances tecnológicos para realizar sus análisis (Van Alstine y Neumayer, 2010). Si bien la tecnología no es la solución para enfrentar la problemática ambiental en la magnitud que lo afirman los optimistas, tampoco podemos ignorar que sí se han generado tecnologías que permiten reducir en parte los impactos ambientales.

### **3.2.1. El mito de las posibilidades ilimitadas.**

Se sostuvo en secciones previas que la riqueza material y económica es necesaria para alcanzar el bienestar social. Sin embargo, estas afirmaciones no implican que en nombre del bienestar social se pueda considerar sobrepasar los límites ambientales, ni afectar por ende a los equilibrios naturales. Con respecto a los límites Jackson menciona:

Estos límites son establecidos en relación a dos factores fundamentales. El primero es la naturaleza finita de los recursos ecológicos que hacen posible la vida en el planeta. Estos recursos incluyen, obviamente, los de origen natural: combustibles fósiles, minerales, madera, agua, tierra, etc. Pero también abarcan la capacidad regenerativa de los ecosistemas, la diversidad de especies y la integridad de la atmósfera, de los suelos y de los océanos... El segundo factor que limita nuestra capacidad para

vivir bien es la magnitud de la población humana global (Jackson, 2011: 72).

Si bien no se puede establecer cuál es el límite exacto para cada recurso, se ha tornado evidente que la actividad de los seres humanos se encuentra afectando y amenazando al adecuado funcionamiento de los ecosistemas. Esto, sumado al aumento sostenido de la población, genera un incremento acelerado de las presiones y daños ambientales.

No es posible sostener el mito de las posibilidades ilimitadas en un planeta con recursos finitos. Ignorar los límites evidentes únicamente implica “condenar a nuestros descendientes -y a las demás criaturas del mundo natural- a vivir en un planeta empobrecido” (Jackson, 2011: 72).

### **3.2.2. Las funciones ecológicas del ambiente y su rol en la economía**

El ambiente cumple con varios roles indispensables para conservar la armonía de los ecosistemas y sustentar la vida. Los ecosistemas abastecen a los seres humanos de recursos naturales indispensables para la vida, tal como el aire y el agua; además es fuente de recursos para los procesos productivos dentro del sistema económico, como madera para construcción, recursos energéticos y minerales, etc.

Otra de sus funciones esenciales es la asimilación de los residuos, como por ejemplo la absorción de carbono, la depuración de aguas contaminadas, el procesamiento natural de residuos sólidos, etc. Sobre esta función es importante mencionar que los ecosistemas tienen una limitada capacidad de resiliencia; una vez sobrepasada, la naturaleza no es capaz de procesar los residuos generándose daños que pueden llegar a ser irreversibles. Es decir que para mantener el equilibrio ambiental no se debería exceder esta capacidad de asimilación.

Una tercera función del ambiente es la de brindar diversos servicios como regulación del hábitat, provisión de elementos decorativos y recreativos, como sistema de prevención de la erosión y de inundaciones, etc. (Gómez-Baggethun y de Groot, 2007).

### **3.2.3. Las irreversibilidades: el mito de la curva ambiental de Kuznets y la hipótesis de la desmaterialización**

En los años noventa, Grossman y Krueger (1991) publican su estudio donde se presenta una relación entre el nivel de ingresos y la contaminación en forma de una U invertida; y

a partir de entonces numerosos estudios llegan a sustentar su existencia. Ésta es la denominación Curva Ambiental de Kuznets, la misma que refleja que en las etapas iniciales del proceso de crecimiento económico hay un incremento de la contaminación hasta llegar a un punto de inflexión en el cual, el nivel de ingresos es suficiente como para lograr invertir esta relación (Van-Alstine y Neumayer, 2010).

El estudio de Grossman y Krueger (1995) analiza la relación entre el ingreso per cápita y algunos indicadores ambientales en los Estados Unidos. Los autores concluyen que el crecimiento económico no genera incrementos en los daños a la naturaleza, sino por el contrario, una vez que se alcanza un ingreso per cápita de ocho mil dólares, la calidad de agua y aire se incrementa.

En respuesta a estas afirmaciones, se realizaron numerosos estudios con la finalidad de probar la teoría. Harbaugh, Levinson y Molloy (2002) utilizan información de contaminación del aire en varias ciudades del mundo para probar la existencia de la curva ambiental de Kuznets. Estos autores concluyen que existe poca evidencia sobre esta curva en la relación entre contaminantes del aire e ingreso nacional (Harbaugh et al., 2002).

Entre una amplia cantidad de estudios que llegan a conclusiones similares, podemos encontrar los realizados por Wagner y Müller-Fürstenberger (2005), Prieur (2009), y un reciente estudio para América Latina y el Caribe desarrollado por Suárez (2011). Este último utiliza información de las emisiones de varios contaminantes al aire<sup>1</sup>, concluye que no existe evidencia homogénea sobre la relación existente en forma de U invertida existente entre la degradación ambiental y el crecimiento económico. Los resultados varían de acuerdo al país y al gas contaminante analizado, y si bien los algunos son coherentes con la curva ambiental de Kuznets, la mayoría presenta una relación en forma de U abierta (entre ellos el Ecuador) (Suárez, 2011).

La evidencia nos muestra que muchos de los daños ambientales son irreversibles, siendo ésta una de las principales razones por las cuales la hipótesis de una Curva Ambiental de Kuznets ha recibido numerosas críticas. Por mucho crecimiento o mucha riqueza que se logre acumular, si han sido superados ciertos límites ecológicos, habrá un reducido margen de acción para revertir algunos procesos. Imaginemos por ejemplo,

---

<sup>1</sup> Dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos, óxido de nitrógeno, partículas y anhídrido sulfuroso.

¿cómo podríamos recuperar ciertas especies que han llegado a la extinción como resultado de nuestras ansias de crecimiento?

Al interpretar la relación establecida por la Curva Ambiental de Kuznets surge la afirmación de que es posible contaminar tanto cuanto podamos pues finalmente, una vez que la economía alcance niveles de riqueza, será posible llegar a revertir la tendencia de la contaminación por medio de la compensación de los daños generados al ambiente durante el proceso de crecimiento (Priour: 2008 citado en Suárez, 2011). No es necesario recapitular todos los argumentos para entender que resulta evidente la completa incoherencia de esta información.

En esta misma línea, se ha desarrollado la denominada “hipótesis de la desmaterialización”, de acuerdo a la cual, se afirma que conforme las economías crecen, sus actividades se orientan en mayor medida hacia los servicios y el desarrollo de conocimiento, mientras su consumo de recursos naturales tiende a disminuir.

Diversos estudios empíricos han aportado importantes evidencias contra esta hipótesis. Al respecto Joan Martínez-Alier afirma:

No existe la desmaterialización, no hace falta continuar discutiendo la reducción de materiales por un factor 4 (como propugnaba el Wuppertal Institut hace unos años), menos aún por un factor 10. Ojalá estuviera ocurriendo eso pero no es así. Conocemos las cifras en Europa y fuera de Europa gracias a la investigación de los últimos años. Esas cifras son ahora estadísticas oficiales de Eurostat (Martínez-Alier, 2008: 2).

En definitiva, los diversos trabajos empíricos que han buscado probar la hipótesis planteada por la Curva Ambiental de Kuznets y la desmaterialización de las economías al crecer, han demostrado ser poco concluyentes, muchos incluso muestran resultados contradictorios.

#### **3.2.4. El limitado alcance del PIB para medir el bienestar y la dimensión ecológica**

El principal agregado económico calculado dentro de los sistemas de contabilidad nacional, y el indicador de mayor uso entre las economías de todo el mundo es el denominado Producto Interno Bruto, que mide el nivel de actividad económica de un país, reflejando el valor monetario del flujo de bienes y servicios en un período determinado. El PIB se refiere a:



la suma total de todas las producciones de todas las empresas y actividades (restando los insumos intermedios, para evitar la doble, o triple, contabilidad), es decir, a la suma de todos los valores añadidos; el mismo total se debe obtener por la suma de salarios, ganancias de las empresas, y rentas de la tierra; y la tercera manera de llegar a ese total es sumando los gastos en compras de bienes de consumo y en bienes de inversión (tanto los que sirven para reponer inversiones evitando la pérdida de capital, como los que representan una inversión neta). Si al PIB le restamos la depreciación o pérdida de capital, obtenemos el producto interior neto o ingreso nacional (Martínez-Alier, 1998: 20).

Desde sus inicios, los sistemas de contabilidad nacional, y si principal agregado el PIB, han recibido numerosas críticas. Partiendo de la broma de Paul Samuelson, premio Nobel de Economía en 1970, conocida desde los años cincuenta, con la que señalaba que si un profesor se casa con su sirvienta, el PIB sufriría a una disminución (Martínez-Alier y Roca, 2006). Sin embargo, con el pasar de los años se ha ido posicionando erróneamente como un indicador que refleja el desarrollo de las economías y el bienestar de sus habitantes.

Se volvió común que los ciudadanos de un país sientan que los costos de vida incrementaron rápidamente y en gran magnitud, reflejados en la caída de sus estándares de vida; mientras que las estadísticas presentadas por el gobierno presentan un panorama totalmente diferente con pequeños niveles de inflación, desempleo, etc.

La disparidad en las percepciones, refleja el uso inadecuado de los indicadores económicos, y también la falta de incorporación de las complejas relaciones del sistema económico y social.

Los sistemas estadísticos son herramientas para la gestión económica, pero sirven a una multiplicidad de objetivos. Nuestros sistemas estadísticos fueron creados originalmente para proporcionar una evaluación del desempeño de la economía de mercado y, en particular, para controlar las fluctuaciones cíclicas. Esto es todavía una función crítica. Pero las métricas desarrolladas para este propósito se utilizan a menudo (mal) como una medida de bienestar de la sociedad. Esto se justificaría sólo en un conjunto muy específico - y a menudo poco realista - de supuestos (Stiglitz et al., 2009: 7).

La contabilidad nacional entrega una impresión falsa del desempeño económico, considerando que se miden los bienes que son producidos, pero no llegan a considerar los males ocasionados (Stiglitz et al., 2009). El PIB es un importante indicador económico,

sin embargo, los análisis de los métodos de cálculo del PIB han reflejado que existen múltiples falencias.

En primer lugar, no se considera el autoconsumo, las externalidades y distorsiones del mercado, dentro de lo cual se incluyen las externalidades negativas generadas por el consumo de los recursos naturales y el daño causado al ambiente, es decir el agotamiento y la degradación. Otros problemas también ampliamente analizados constituyen la desigualdad en la distribución del ingreso nacional, las actividades no remuneradas, el ocio, entre otros (Schuldt, 1995).

La visión economicista del desarrollo, a través de indicadores agregados como el PIB, considera como positivos, sin discriminación, todos los procesos donde ocurren transacciones de mercado, sin importar si éstas son productivas, improductivas o destructivas. Resulta así, que la depredación indiscriminada de los recursos naturales hace aumentar el PIB, como lo hace una población enferma cuando incrementa su uso de drogas farmacéuticas o de servicios hospitalarios (Max-Neef, 1986: 57 citado en Schuldt, 1995: 31-32).

### **3.3. Propuestas más recientes: el decrecimiento económico**

La noción de que existen límites físicos al crecimiento económico surge en el período 1766 – 1834 con las ideas de Tomas Malthus (Latouche y Harpagès, 2011). Posteriormente, John Stuart Mill presenta al estado estacionario como un aspecto positivo en el que la sociedad tendría ya satisfechas las necesidades básicas, dejando de lado “la afiebrada y tensa vida a la que inducen los fines comerciales y económicos” (Kerschner, 2008: 13).

Basándose en las ideas de Mill, Herman Daly desarrolla la teoría donde la economía no presenta crecimiento ni contracción en el largo plazo, es decir una economía en estado estacionario de equilibrio dinámico (Kerschner, 2008). Pero es a partir de esto, en la década de los setentas que Georgescu-Roegen realiza una crítica a la teoría de Daly, donde sostiene que un estado estacionario no es una condición suficiente para soportar a aquellas economías con consumos excesivos. Afirma entonces, que es necesaria una contracción del consumo (Martínez-Alier, 2008).

Si bien la noción del decrecimiento tiene sus bases en períodos tempranos, el término surge “por primera vez en 1979 en la traducción francesa de la obra principal del ecologista rumano Nicholas Georgescu-Roegen” (Latouche y Harpagès, 2011:15).

Nace como una propuesta ante la realidad de la incompatibilidad entre crecimiento económico y sostenibilidad ecológica. Esta iniciativa se refiere al decrecimiento en términos de indicadores reales, es decir que se debe generar una reducción de la energía y los materiales que ejercen presiones sobre el ambiente, como es el caso de los combustibles fósiles, los minerales, etc.

Para Serge Latouche, el camino del decrecimiento puede ser sintetizado de acuerdo a un conjunto de ocho “R”: reevaluar, reconceptualizar, reestructurar, redistribuir, relocalizar, reducir, reutilizar y reciclar. Estos conceptos proponen un cambio general de valores y estilos de vida, e incluyen ideas de reestructuración del mercado y del aparato productivo, cambios en las relaciones sociales, autoproducción, rechazo al productivismo y globalización, limitación del hiperconsumo, entre otros (Latouche, 2009).

Por otra parte, el decrecimiento presenta algunas dificultades sociales. Una primera implica el aumento del desempleo ante el incremento de la productividad del trabajo en ausencia de crecimiento económico. La respuesta es doble:

Los aumentos de productividad no están bien medidos. Por ejemplo, si hay una sustitución de energía humana por energía de máquinas, ¿los precios de esta energía tienen en cuenta el agotamiento de recursos, las externalidades negativas? Sabemos que no es así. Además, hay que separar más que actualmente el derecho a recibir una remuneración del hecho de que uno tenga empleo asalariado. Esa separación ya existe en muchos casos (niños y jóvenes, pensionistas, personas que perciben el seguro de desempleo) pero debe ampliarse más. Hay que redefinir el significado de “empleo” (teniendo en cuenta los servicios domésticos no remunerados, y todo el sector del voluntariado) y hay que introducir o ampliar la cobertura de la Renta de Ciudadano. (Martínez-Alier, 2008: 7 – 8).

Otro cuestionamiento es cómo se pagaría la deuda pública si la economía no crece. Sin embargo, esta pregunta no debe tener respuesta considerando que no se puede forzar a la economía a expandirse según la medida de los intereses monetarios aplicados a las deudas.

...también se objetará que si un país no crece económicamente, los capitales emigrarán a países donde las tasas de ganancia son mayores porque sus economías crecen. La respuesta es que el razonamiento es exacto, y que al fin y al cabo no es mala idea que el ahorro de un país rico que no quiere crecer más se traduzca (más allá de la reparación y amortización del capital físico propio) en inversiones y donaciones incorporadas en tecnologías que sean ambientalmente lo menos dañinas posible, hacia países pobres que deben crecer todavía, vigilando sin embargo cuál es la marcha de sus indicadores físicos que finalmente

deben dejar de crecer. El movimiento del Decrecimiento Sostenible debe ser internacional (Martínez-Alier, 2008: 8).

Si bien el decrecimiento económico presenta numerosas dificultades, ésta corriente constituye una buena alternativa que nos permitiría cambiar el rumbo destructivo del sistema económico actual.

#### **4. Conclusión**

Para alcanzar un desarrollo social en armonía con la naturaleza, es necesario no sólo construir una estructura económica totalmente diferente, sino también establecer una serie de restricciones sociales, generar cambios dentro de la sociedad, tanto de valores como de estilos de vida, estructuras sociales, etc., de tal manera que las personas sean liberadas de la lógica del consumismo y del crecimiento económico.

La contabilidad ambiental y las distintas propuestas que surgen desde la sostenibilidad débil, carecen de respuestas que permitan resolver el problema de fondo: la insostenibilidad del sistema económico ante la destrucción del ambiente.

Si bien un cambio completo de estructura económica es un paso que no podrá generarse rápidamente por la resistencia social, queda claro que se requiere la toma de acciones inmediatas que permitan reducir al mínimo posible los impactos de los seres humanos a los ecosistemas. Surgen entonces las teorías planteadas desde la economía ecológica, que se constituyen como un buen inicio para la transformación hacia una relación en armonía entre el ser humano y la naturaleza.

## **CAPÍTULO II**

### **LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL ECUADOR Y SUS EFECTOS EN LA SALUD**

Este estudio busca determinar cuál es el comportamiento y la tendencia de la generación de contaminantes del aire en el Ecuador durante el período 2006 – 2011, enfocándose en aquellos contaminantes que tienen efectos nocivos para la salud. Dentro del presente capítulo, en una primera sección realizaremos un breve análisis de los gases contaminantes que se consideran en este estudio y sus afectaciones a la salud de los seres humanos. Además, para ello se realizan las estimaciones de las emisiones anuales al aire de gases contaminantes en unidades físicas, y como resultado se establece cuál es la principal fuente de emisiones a nivel nacional.

Finalmente, se realizará un análisis de la estructura de las emisiones, el que nos permitirá conocer cuál es la principal fuente de emisiones a nivel nacional, y nos proporcionará la información necesaria para enfocar el análisis de política pública del capítulo posterior.

Con este propósito, el capítulo se estructura en las siguientes secciones: la primera estudia las afectaciones a la salud humana asociadas a la contaminación del aire. En la segunda sección se caracteriza la contaminación del aire en el Ecuador. En la tercera sección se discuten los resultados a fin de delinear las prioridades de política pública, que se discuten en el siguiente capítulo.

#### **1. Los gases contaminantes del aire y su efecto en la salud**

Una de las principales necesidades del ser humano para tener una vida saludable y alcanzar el bienestar, es poder contar con un aire limpio. La contaminación del aire constituye entonces una grave amenaza que genera afecciones respiratorias y cardíacas, entre otras.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) identifica a la contaminación del aire en las áreas urbanas como uno de los peligros modernos. Este daño generado por las emisiones de vehículos, centrales de energía, industrias, entre otras, se vincula con un crecimiento rápido y desorganizado que no pone cuidado alguno en la salud y el ambiente (CEPIS, 2000).

Por otro lado, la OMS estima que se provocan más de dos millones de muertes prematuras debido a la contaminación del aire, localizándose más del 50% de las mismas en los llamados países en desarrollo (OMS, 2006).

Los contaminantes del aire son definidos como “Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente” (TULAS, 2003: 403), y se clasifican según su fuente en:

- a. Contaminantes primarios, que son aquellos emitidos directamente por las fuentes de emisión, como es el caso de los hidrocarburos, CO, óxido nitroso, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub>.
- b. Contaminantes secundarios, los cuales son originados por la interacción entre diversos contaminantes primarios en el aire, o por las reacciones que tienen éstos con los gases normales que constituyen la atmósfera; tal como: compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos totales y metano (INEGI, 2009a).

Los gases considerados para este estudio son los gases criterio<sup>2</sup>, es decir aquellos que afectan a la salud de los seres humanos:

– **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

“El NO<sub>2</sub> es un gas... producido directa e indirectamente por la quema de combustibles a altas temperaturas como ocurre en los automóviles y plantas termoeléctricas” (CEPIS, 2000: 19). La exposición a NO<sub>2</sub> puede causar problemas respiratorios, principalmente en niños y personas que sufren de asma. Algunos estudios reportan que debilita los sistemas de defensa del cuerpo y aumenta el riesgo de padecer infecciones respiratorias (OMS, 2006).

– **Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>)**

“Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera en condiciones normales” (TULAS, 2003: 404).

---

<sup>2</sup> Cabe aclarar que los gases de efecto invernadero, aquellos que afectan directa y únicamente a la atmósfera, no son incluidos dentro del presente estudio.

El material particulado en sus distintos tamaños y composiciones, es producido por una amplia cantidad de actividades humanas. Se realiza una diferenciación entre el material particulado de un diámetro menor a diez micrones ( $PM_{10}$ ), conocido también como partículas gruesas, que se encuentran principalmente en el polvo que se levanta en las carreteras no pavimentadas, en operaciones de pulido, etc.; y las partículas menores a 2,5 micrones ( $PM_{2.5}$ ), que son emitidas en mayor parte durante procesos de combustión y algunos procesos industriales (Corpaire, s/f).

Las  $PM_{10}$  pueden ser inhaladas por las personas y llegar a ser acumuladas en el sistema respiratorio, principalmente las finas que por su tamaño son de más fácil inhalación.

Los estudios científicos demuestran que las exposiciones a altos niveles de material particulado generan numerosos efectos adversos en la salud, pero principalmente se producen daños en el sistema respiratorio y en el cardiovascular; además, pueden agravar enfermedades preexistentes y causar deterioro del tejido pulmonar (OMS, 2006). Además, aquellas personas que sufren problemas pulmonares o del corazón, tienen un riesgo superior de muerte prematura al estar expuestos por grandes periodos de tiempo a materiales particulados (Corpaire, s/f).

#### – **Monóxido de carbono (CO)**

El CO es un gas incoloro e inodoro que se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles como gas, gasolina, kerosene, carbón, petróleo o madera. Los automóviles con motores de ignición a chispa son unas de las principales fuentes de emisión de CO. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefones y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas, hornillas de la cocina y los calentadores a kerosene, también pueden emitir CO (CEPIS, 2000: 17).

La exposición a niveles elevados de CO puede provocar una reducción del suministro de oxígeno a la sangre, células y tejidos, generando a su vez una sensación de fatiga. En exposiciones prolongadas se lo relaciona con el deterioro de la salud en personas que sufren de enfermedades que afectan al corazón y a los pulmones (OPS, 2000).

Las personas que se encuentran expuestas a altas concentraciones de CO pueden sufrir de mareos y dolores de cabeza, efectos que pueden llegar hasta la pérdida de conocimiento y la muerte (Corpaire, s/f).

– **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

El SO<sub>2</sub> es un gas... producido por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre como el carbón y el petróleo y por varios procesos industriales, como la fundición de metales no ferrosos, la producción de ácido sulfúrico y la conversión de pulpa en papel. Cuando el SO<sub>2</sub> y los oxidantes fotoquímicos reaccionan en la atmósfera, se forma el trióxido de azufre, el cual se combina con agua para formar ácido sulfúrico y partículas sulfatadas (CEPIS, 2000: 14).

Estudios controlados realizados a personas con asma demuestran que la exposición al SO<sub>2</sub> genera disminuciones en las funciones pulmonares y agrava la enfermedad. Las exposiciones prolongadas pueden reducir la capacidad que tienen los pulmones de expulsar partículas extrañas, y también se relacionan con incrementos de la mortalidad (OMS, 2006).

Las personas que realizan actividades al aire libre, y que tienen un mayor nivel de exposición a este gas, sufren de estrechamiento de las vías respiratorias, lo cual genera dificultad en la respiración (Corpaire, s/f).

– **Compuestos orgánicos volátiles (COV)**

Los COV son sustancias compuestas de carbono que tienen gran facilidad de transformarse de líquidos a vapores o gases. Su principal fuente es la quema de combustibles, pero también pueden ser liberados en campos petroleros, en solventes, pinturas, aerosoles, aromatizantes, etc.

Los efectos en la salud para este caso son bastante variados, y dependen del tipo de compuestos al que se está expuesto. Una larga exposición puede generar daños órganos como el hígado, riñones y el sistema nervioso; mientras que una menor exposición puede provocar mareos, dolores de cabeza, náuseas, irritación en vías respiratorias y a nivel ocular, entre otras (National Library of Medicine, 2012).

– **Amoníaco (NH<sub>3</sub>)**

Este gas contaminante es producido por la descomposición natural de plantas, animales y bacterias en general, así como por los desechos de origen animal. Se utiliza como fertilizante y en una amplia variedad de procesos industriales, como para fabricar papel, textiles, productos de limpieza, bebidas, alimentos, entre muchos otros.



La exposición a concentraciones sumamente altas de amoníaco puede causar la muerte, coma, ceguera, lesión pulmonar, colapso y convulsiones.

La inhalación de altas concentraciones de amoníaco puede causar acumulación de líquido en los pulmones y posible lesión pulmonar [...] puede quemar los ojos, la piel, la garganta y los pulmones. La inhalación de bajas concentraciones de amoníaco puede ocasionar tos, sibilancia, dificultad respiratoria, laringitis, dolor de cabeza, fiebre, náuseas, vómito, flema espumosa de color rosado, dolor en el pecho, asma, aceleración del pulso e hipertensión arterial (National Library of Medicine, 2012).

Adicionalmente se consideran gases como los aldehídos ( $C_nH_{2n}O$ ), que son compuestos orgánicos capaces de producir irritaciones en el sistema respiratorio, piel y ojos de las personas. Y el metano ( $CH_4$ ), principal componente del gas natural, el cual puede provocar asfixia tras una corta exposición.

## **2. Cálculo de las emisiones de gases contaminantes en el Ecuador**

Los cálculos se basarán en la metodología establecida por la División de Estadísticas de las Naciones Unidas en el System of Environmental-Economic Accounting -SEEA 2003-, y en los cuadernos metodológicos de las Cuentas Económicas y Ecológicas de México publicadas por el INEGI.

La metodología de las Naciones Unidas ha sido aplicada en países como Colombia, México, Estados Unidos, Canadá, Japón, Filipinas, entre otros (Naciones Unidas, 2002); mientras que el Ministerio del Ambiente del Ecuador se encuentra trabajando en los cálculos oficiales que podrían estar disponibles para el 2014.

Los gases a considerarse son los denominados contaminantes criterio, que “se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos” (SEMARNAT, 2009: s/n).

Para la medición de las emisiones de gases criterio, se clasificará a las fuentes de contaminación en fijas, móviles y de área.

## **3. Cálculo de emisiones por fuentes móviles**

Las fuentes móviles incluyen a todos los vehículos de transporte terrestre que circulan dentro del país; es decir aquellas unidades que sirven como medio de transporte y generan

emisiones contaminantes. La Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, anteriormente conocida como Corpaire, dentro de sus Inventarios Anuales de Emisiones clasifica al parque automotor nacional de la siguiente manera:

- Vehículos particulares livianos a gasolina (LIV G)
- Taxi, vehículo liviano de servicio público a gasolina (TAX G)
- Furgonetas y buses pequeños de hasta 25 plazas a gasolina (BUT G)
- Vehículos a gasolina destinados al transporte de pasajeros de más de 32 plazas (BUS G)
- Camionetas de una o doble cabina a gasolina (PIC G)
- Vehículos de transporte de carga a gasolina (PES G)
- Vehículos particulares livianos a diesel (LIV D)
- Taxi, vehículo liviano de servicio público a diesel (TAX D)
- Furgonetas y buses pequeños de hasta 25 plazas a diesel (BUT D)
- Vehículos a diesel destinados al transporte de pasajeros de más de 32 plazas (BUS D)
- Camionetas de una o doble cabina a diesel (PIC D)
- Vehículos de transporte de carga a diesel (PES D)

Considerando esta clasificación, y en base a las estadísticas de transporte anuales publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se estimó el parque vehicular nacional y se lo clasificó según el año modelo de fabricación del vehículo, el tipo de transporte<sup>3</sup> y el combustible utilizado.

De acuerdo a la información procesada se encuentra que en el año 1997 el parque automotor del Ecuador estaba conformado por aproximadamente 562 mil vehículos, cifra que se incrementó en un 18% para el año 2002 hasta alcanzar cerca de 663 mil autos, en 39% para el 2007, y en un 54% para el 2011. Es decir que el número de vehículos casi ha llegado a triplicarse en 14 años, existiendo en el 2011 cerca de 1.418 mil (INEC, 1997 – 2011); para mayor detalle del parque automotor referirse al anexo No. 1.

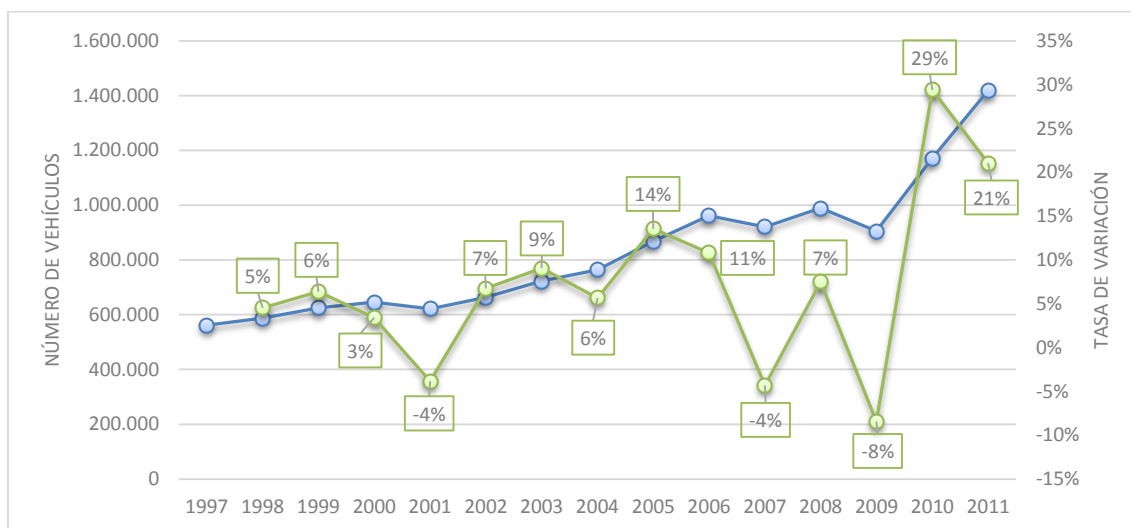
Tal como podemos observar en el siguiente gráfico, la cantidad de automóviles matriculados en el Ecuador se ha incrementado casi todos los años; se muestran pequeñas reducciones consistentes con aquellos años en que la economía ha tenido problemas, en

---

<sup>3</sup> Las bases publicadas por el INEC no permiten identificar a los automóviles que son utilizados para dar servicio de taxis, por lo que se ha eliminado esta categoría y se considera a todos como vehículos livianos.

particular durante el 2009, año en que la crisis financiera mundial afectó en gran medida al sector automotriz.

**Gráfico 3. Evolución de vehículos matriculados y tasa de crecimiento a nivel nacional**



**Fuente:** INEC, Estadísticas de Transporte, Número de Vehículos Matriculados por uso (1997-2011)

**Elaboración:** propia.

La tasa de variación del parque automotor nacional entre 1998 y 2011 ha sido en promedio del 7%, lo cual se ha visto reflejado en la movilidad de todas las ciudades del país, donde se registran problemas de tráfico vehicular, escasez de estacionamientos, y sobre todo un notable incremento de la contaminación.

Para estimar las emisiones contaminantes del parque automotor es necesario contar con información referente al kilometraje anual o kilometraje diario recorrido en promedio por cada tipo de vehículo. Esta información fue obtenida de los estudios realizados dentro del Plan RENOVA<sup>4</sup>, desarrollados inicialmente por el Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador. Posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación para obtener el kilometraje recorrido total promedio por tipo de transporte:

$$KRP = PAM \times KRPA$$

<sup>4</sup> Programa estatal implementado en el Ecuador desde el año 2008 para la renovación del parque automotor; consiste en la chatarrización de vehículos de transporte público a cambio de un incentivo económico para la adquisición de uno nuevo.

Donde,

KRP = kilometraje recorrido total

PAM = Parque año modelo en circulación

KRPA = Kilometraje recorrido en promedio por vehículo durante un año

Una vez obtenido el kilometraje recorrido en promedio por los automóviles, y con la finalidad de estimar las emisiones de gases contaminantes generadas en unidades físicas, se requiere aplicar factores de emisión por tipo de gas, año modelo, tipo de vehículo y combustible utilizado, los mismos que fueron tomados del Inventario de Emisiones de Quito al año 2007 y del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía de México (INEGI).

Cabe mencionar que el Ecuador no cuenta con factores de emisión propios; a su vez, los estudios de calidad del aire han utilizado factores aplicados en ciudades extranjeras con características similares a las nacionales. Los estudios e inventarios de emisiones realizados en la ciudad de Quito se han desarrollado en base a factores de emisión tomados de la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos y de la Secretaría de Medio Ambiente de México, por ser consistentes con características técnicas, de altitud, temperatura, entre otras (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009).

Asimismo, en el último informe del inventario de emisiones de la ciudad de Cuenca se recalca que “A falta de información local, los factores de emisión del Inventario de México 2008 constituyen una referencia importante, ya que fueron deducidos aplicando un modelo para condiciones de altitud mayores a 1667 msnm” (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca, 2009: 20).

Considerando estos criterios técnicos, se ha compartido la decisión de emplear en el presente estudio los factores de emisión utilizados por el INEGI de México, los cuales se encuentran detallados en el anexo No.2.

Se estima entonces el volumen de las emisiones contaminantes al aplicar la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = KRP \times FE_{ij}$$

Donde,

$E_{ij}$  = emisión del contaminante i referido al combustible j (kg/año)

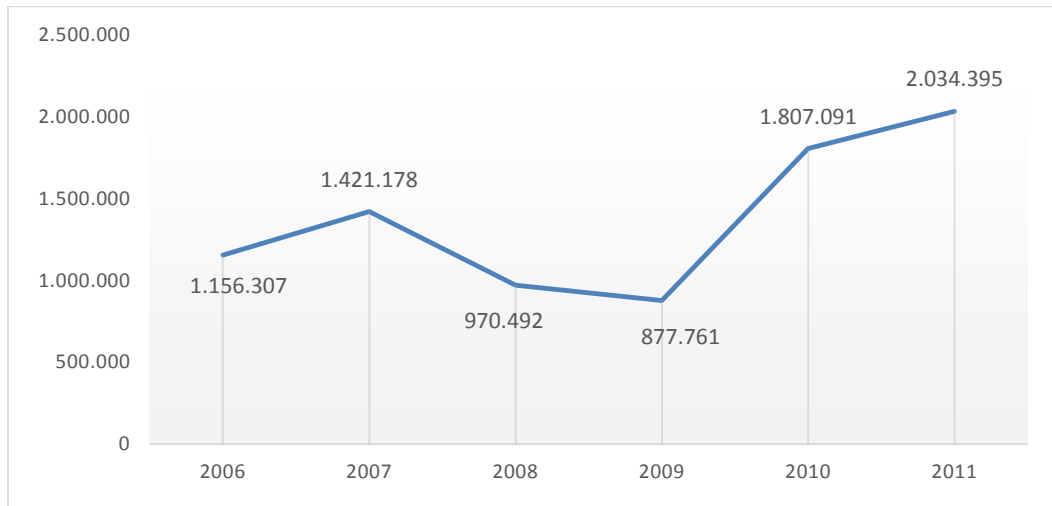
KRP = kilometraje recorrido total

$FE_{ij}$  = factor de emisión del contaminante i referido al combustible j por año modelo y tipo de vehículo (g/km recorrido)

Como resultado se obtienen las emisiones anuales por tipo de gas contaminante en toneladas métricas; para observar los resultados a mayor detalle referirse al anexo No. 3.

Tal como podemos ver en el siguiente gráfico, en el período analizado las emisiones de gases contaminantes criterio generadas por los vehículos a nivel nacional casi se han duplicado hasta llegar a ser emitidos en total más de dos millones de toneladas de los diferentes gases en el año 2011.

**Gráfico 4. Evolución de emisiones de contaminantes por fuentes móviles**  
(toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

#### 4. Cálculo de emisiones por fuentes fijas

Las fuentes fijas se refieren a aquellas instalaciones ubicadas en un solo espacio geográfico con la finalidad de ejecutar los procesos industriales, comerciales o de servicios. Para el caso del presente estudio se consideran las actividades de las centrales

eléctricas, la refinación de petróleo, el sector industrial y el sector residencial, comercial y público.

Para generar las estimaciones se utiliza como información de base el consumo de combustibles por tipo de actividad económica, información que se encuentra reportada anualmente en las estadísticas de derivados presentadas por la Secretaría de Hidrocarburos del Ecuador.

Entonces, se debe identificar en primer lugar el consumo anual de combustibles de cada uno de los sectores económicos considerados. Para el caso de las centrales eléctricas, los principales combustibles insumidos son el diesel y el fuel oil (ver Tabla 1).

**Tabla 1. Consumo de combustible en centrales eléctricas (metros cúbicos)**

<b>Año</b>	<b>Diesel</b>	<b>Fuel Oil</b>	<b>TOTAL</b>
2006	489.395	520.081	1.010.577
2007	351.504	450.970	803.519
2008	183.203	415.958	599.774
2009	485.340	4.465	489.918
2010	938.020	575.783	1.513.802
2011	390.958	533.463	924.421

**Fuente:** Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

Destaca el incremento significativo del consumo de combustibles en el año 2010, el mismo que se explica por la crisis energética que enfrentó el país desde noviembre de 2009, y la cual fue solventada mediante el funcionamiento de las centrales termoeléctricas

El sector de hidrocarburos consume gas licuado de petróleo, diesel, fuel oil y gasolina; considerando que durante el período analizado el Ecuador no aprovechaba el gas natural asociado extraído, siendo éste quemado en su totalidad dentro de las refinerías, se lo considera entonces dentro del consumo propio del sector hidrocarburos. El consumo propio del sector reportado se presenta a continuación:

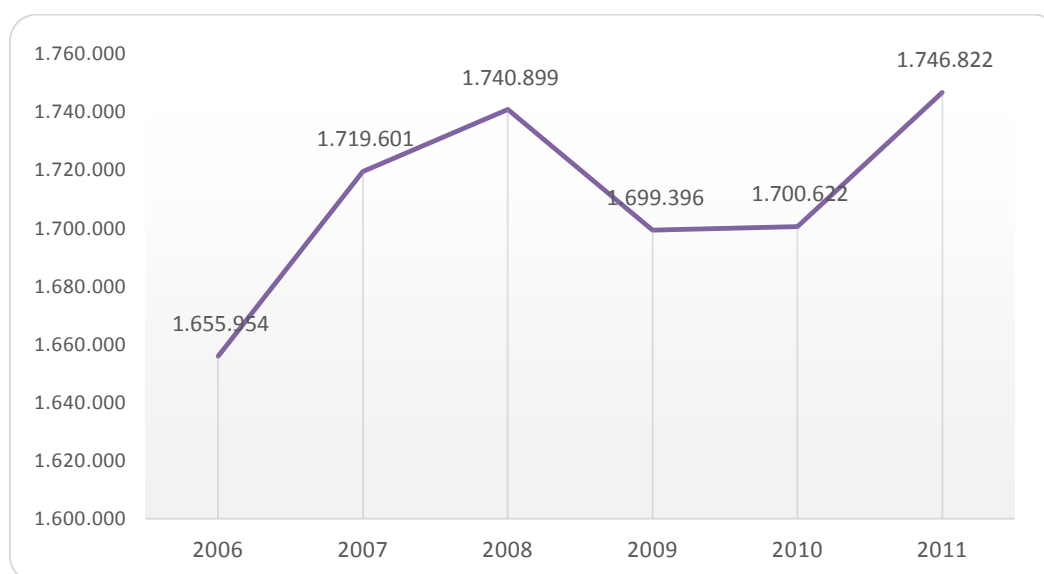
**Tabla 2. Consumo de combustible propio del sector hidrocarburos (metros cúbicos)**

Año	GLP	Diesel	Fuel Oil	Gas Natural	Gasolina	TOTAL
2006	31.724	29.142	218.768	1.589.669.967	3.584	1.589.953.185
2007	34.196	16.465	238.460	1.491.146.173	3.009	1.491.438.303
2008	22.792	29.085	260.679	1.422.098.544	3.307	1.422.414.408
2009	15.364	17.385	250.061	1.409.799.422	2.897	1.410.085.128
2010	15.364	17.385	250.061	1.400.982.159	3.934	1.401.268.902
2011	55	15.385	242.805	1.405.108.512	2.937	1.405.369.694

**Fuente:** Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

En el sector residencial, comercial y público, el principal combustible utilizado es el gas licuado de petróleo, cuyo consumo se incrementa a 1.746.822 metros cúbicos en el año 2011, tal como podemos observar en el gráfico No. 5:

**Gráfico 5. Consumo de combustible GLP en sector residencial, comercial y público (metros cúbicos)**



**Fuente:** Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

Las industrias por su parte consumen en mayor medida gas licuado de petróleo, diesel, fuel oil y gasolina, información que es resumida en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Consumo de combustible en industrias (metros cúbicos)**

<b>Origen</b>	<b>GLP</b>	<b>Diesel</b>	<b>Fuel Oil</b>	<b>Gasolina</b>	<b>TOTAL</b>
2006	53.520	787.340	315.430	18.244	1.174.534
2007	44.047	706.150	911.744	18.183	1.680.124
2008	69.963	755.288	948.515	18.879	1.792.646
2009	85.710	893.413	1.393.178	19.665	2.391.966
2010	102.458	897.050	837.300	19.617	1.856.425
2011	115.331	936.665	907.047	20.322	1.979.365

**Fuente:** Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

Una vez obtenida la información de consumo de combustibles de los sectores establecidos, y con la finalidad de obtener las emisiones contaminantes por fuentes fijas, se deben aplicar los correspondientes factores de emisión, los mismos que se encuentran detallado en el anexo No. 4.

La estimación de las emisiones a la atmósfera se resume en la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = C \times FE_{ij}$$

Donde,

$E_{ij}$  = emisión del contaminante i referido al combustible j (kg/año)

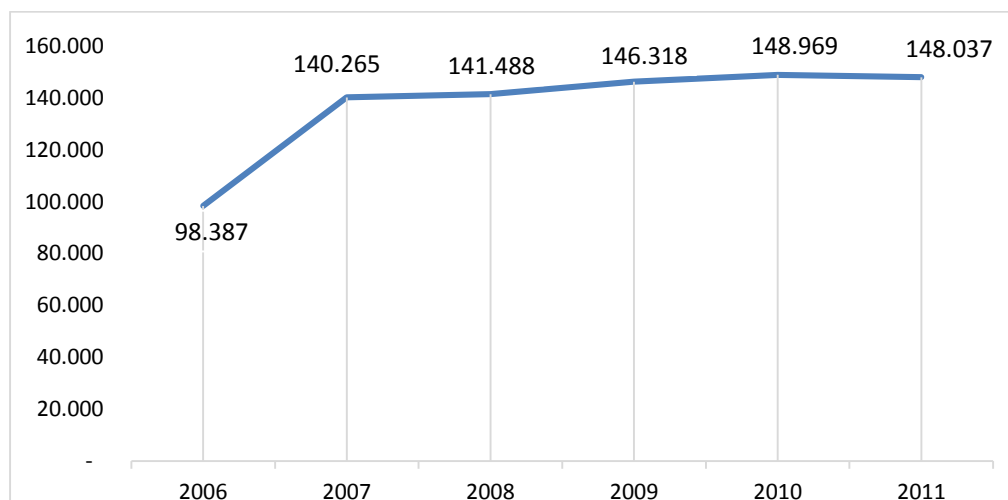
C = consumo de combustibles (m<sup>3</sup>/año)

$FE_{ij}$  = factor de emisión del contaminante i referido al combustible j (kg/m<sup>3</sup>)

De los resultados obtenidos, se puede observar que cerca del 75% de gases nocivos emitidos por las fuentes fijas corresponden a SO<sub>2</sub> y 15% a óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub>); para mayor detalle referirse al Anexo No. 5.



**Gráfico 6. Evolución de emisiones de contaminantes por fuentes fijas**  
(toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

El gráfico No. 6 muestra la evolución anual del total de gases emitidos por las fuentes fijas; en el período 2007 – 2011 se observa una ligera tendencia creciente, con una variación promedio del 1,4%.

## 5. Cálculo de emisiones por fuentes de área

Las denominadas fuentes de área incluyen medios emisores de contaminantes atmosféricos que se dispersan a lo largo del territorio nacional; engloba a todas aquellas fuentes que no pueden ser clasificadas como fijas o móviles. Dentro de esta categoría se incluyen las emisiones generadas por carga y operación de aeronaves, aplicación de asfalto, uso de solventes, distribución y almacenamiento de gasolina, entre otros. En general, las fuentes de área representan a todas aquellas fuentes de emisión que por ser muy pequeñas, numerosas y dispersas, son difíciles de ser incluidas de manera eficiente dentro de un inventario de emisiones.

A pesar de que recopilar información y estimar las emisiones de manera individual resulta en un proceso poco práctico, es importante considerar que las fuentes de área son emisoras significativas de contaminantes al aire, por lo que es necesario que se encuentren incluidas dentro de los cálculos. Si bien en el presente estudio no abordaremos la totalidad de fuentes de área por falta de información, se estimarán las emisiones de las principales

fuentes: móviles que no circulan por carretera, uso de solventes, almacenamiento y transporte de combustibles y misceláneos.

– Emisiones de fuentes móviles que no circulan en carretera

Dentro de esta categoría se incluyen las emisiones generadas por las aeronaves a nivel de piso y cuando se elevan hasta llegar a la altura conocida como “capa de mezclado” (INEGI, 2009a: s/n); es decir durante su aterrizaje y despegue. Para realizar las estimaciones se utilizó la información publicada anualmente por la Dirección General de Aviación Civil, específicamente el número de movimientos reportados por año:

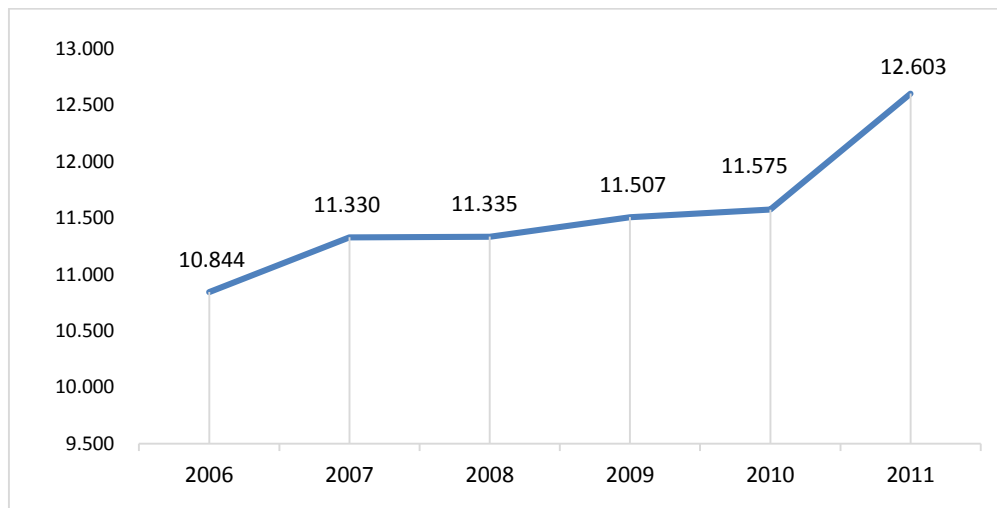
**Tabla 4. Número de movimientos aéreos anuales**

<b>Año</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Internacional</b>	<b>TOTAL</b>
2006	134.039	37.316	171.355
2007	140.123	38.912	179.035
2008	141.255	37.866	179.121
2009	142.872	38.974	181.846
2010	142.710	40.202	182.912
2011	158.838	40.328	199.166

**Fuente:** Dirección General de Aviación Civil, Estadísticas de transporte aéreo 2006 – 2011

La estimación de emisiones contaminantes resulta de multiplicar el número de movimientos totales por los correspondientes factores de emisión; operación cuyos resultados pueden ser resumidos en el siguiente gráfico:

**Gráfico 7. Evolución de emisiones de contaminantes por aterrizaje y decolaje de aviones (toneladas métricas)**



**Fuente:** Elaboración propia

Podemos observar un incremento en la emisión de contaminantes por el aterrizaje y decolaje de los aviones, tendencia que es consistente con el crecimiento anual del número de vuelos.

– Emisiones por uso de solventes

En esta sección se incluyen las emisiones generadas por el uso comercial y doméstico en pequeñas cantidades de solventes o productos que contengan solventes; que tras su utilización se evaporan y generan emisiones de COT y COV. Los generadores de este tipo de emisiones considerados en este estudio son:

- a. Recubrimiento de superficies industriales
- b. Aplicación de pintura automotriz
- c. Limpieza de superficies arquitectónicas
- d. Aplicación de pinturas de tránsito
- e. Limpieza de superficies industriales
- f. Lavado en seco en tintorerías
- g. Artes gráficas
- h. Aplicación de asfalto
- i. Uso comercial y doméstico de solventes

Considerando la alta complejidad de recopilar información detallada sobre el consumo de cada tipo de solvente, se establece como supuesto que todo el solvente utilizado se evapora durante el procesamiento o paulatinamente durante el uso del producto que lo contenga, tal como se asume en las estadísticas mexicanas (INEGI, 2009c). Adicionalmente, para estimar las emisiones se utilizan factores de actividad en base al número de habitantes a nivel nacional<sup>5</sup>, mismos que se detallan en el anexo No. 7.

La fórmula a aplicarse es:

$$E_{ij} = FA \times FE_{ij}$$

Donde;

$E_{ij}$  = Emisión del contaminante i referido a la actividad j (kg/año)

FA = Factor de actividad (hab/año)

$FE_{ij}$  = Factor de emisión del contaminante i referido a la actividad j (kg/hab-año)

Dentro del uso comercial y doméstico de solventes se consideran los productos en aerosol, productos domésticos, productos de cuidado personal, productos de cuidados automotrices, adhesivos y selladores, pesticidas comerciales y domésticos, y productos misceláneos. La información de la población fue obtenida de los censos del INEC:

**Tabla 5. Población total de Ecuador y por grupo de 0 a 4 años**

Origen	TOTAL PAÍS
2006	13.408.270
2007	13.605.485
2008	13.805.095
2009	14.005.449
2010	15.012.228
2011	15.266.431

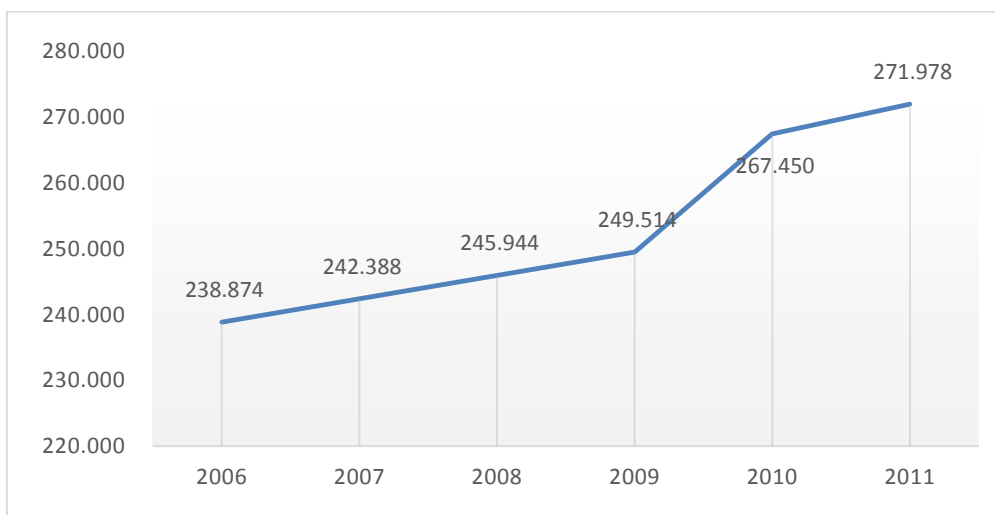
**Fuente:** INEC, proyecciones de población 2001 - 2010, 2010 - 2020

Los resultados de emisiones de gases contaminantes por uso de solventes son resumidos en el gráfico No. 8. Tal como podemos observar, y considerando la tendencia creciente de la población, las emisiones por uso doméstico y comercial de solventes se ha

<sup>5</sup> Tanto los factores de actividad como los factores de emisión aplicados son aquellos utilizados por el INEGI de México

incrementado de manera sostenida dentro del periodo analizado. Para detalle de las emisiones según el tipo de solvente referirse al anexo No. 8.

**Gráfico 8. Evolución de emisiones de contaminantes por uso de solventes**  
(toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

– Emisiones por almacenamiento de combustibles

Dentro de esta sección se estiman aquellas emisiones generadas por la evaporación de los hidrocarburos contenidos en la gasolina, mientras se encuentra dentro de los tanques de almacenamiento masivo. Como consecuencia de los cambios de temperatura, nivel del líquido y operaciones de recarga, se provoca el venteo de los vapores del tanque y el escape de los gases hacia la atmósfera.

Para realizar los cálculos se utiliza como base la información de distribución y almacenamiento de combustibles obtenida de los reportes estadísticos de la Secretaría de Hidrocarburos, ver anexo No. 8. Las estimaciones de emisiones resultan de la multiplicación de la cantidad de combustible total almacenado, por los correspondientes factores de emisión; en resumen los resultados son:

**Tabla 6. Emisiones por almacenamiento de gasolina y diesel (toneladas)**

<b>Años</b>	<b>COV</b>	<b>COT</b>
2006	45,64	45,69
2007	46,63	46,68
2008	49,14	49,19
2009	54,15	54,21
2010	59,54	59,61
2011	59,81	59,87
<b>Total</b>	<b>314,92</b>	<b>315,25</b>

**Fuente:** Elaboración propia

– Emisiones por transporte y distribución de gasolina

Dentro de esta categoría se estima la emisión de gases provenientes de los procesos de distribución y venta de gasolina, la misma que es calculada en cinco etapas: pérdidas en tránsito, recarga de pipas a estaciones de servicio, respiración de tanques subterráneos, recarga de gasolina en vehículos y derrames en la recarga. Los cálculos se realizan en base a la información de distribución y venta de gasolina extra y súper reportada por la Secretaría de Hidrocarburos.

**Tabla 7. Distribución y venta de gasolina (metros cúbicos)**

<b>Año</b>	<b>Gasolina Extra</b>	<b>Gasolina Súper</b>	<b>TOTAL</b>
2006	1.851.817	530.706	2.382.524
2007	1.973.153	592.440	2.565.593
2008	2.133.823	656.174	2.789.997
2009	2.281.874	706.235	2.988.109
2010	2.436.641	744.462	3.181.103
2011	2.635.872	840.351	3.476.224

**Fuente:** Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

**E1: Estimación de emisiones por pérdidas en tránsito**

Esta etapa incluye el recorrido del vehículo de transporte de combustible desde la terminal hacia la estación de servicio y viceversa, con o sin carga. La cantidad de gases contaminantes emitidos dependerá del grado de venteo, hermeticidad del tanque, ajuste de presión a la válvula de alivio, presión del tanque al inicio del recorrido, presión del vapor, y grado de saturación del vapor del combustible. La estimación se realiza en base a la siguiente ecuación:

$$E_{E1} = \sum_{i=1}^n ([FE_{tc,i,c} + FE_{tv,i,c}] \times C_{vi})$$

Donde,

$E_{E1}$  = emisión de COT en la etapa E1 (ton/año)

$FE_{tc,i,c}$  = factor de emisión por pérdida en tránsito con producto a la estación de servicio i en condiciones de tránsito c

$FE_{tv,i,c}$  = factor de emisión por pérdida en tránsito sin producto a la estación de servicio i en condiciones de tránsito c

$C_{vi}$  = cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio i ( $m^3/año$ )

n = número de estaciones de servicio i

### **E2: Estimación de emisiones por la recarga de pipas a estaciones de servicio**

Se incluyen las emisiones por la descarga de gasolina a tanques subterráneos en la estación de servicio. En algunos países se utilizan sistemas especializados para la recuperación de los vapores que se desplazan durante la descarga de gasolina; éstos llevan los gases de regreso al tanque de distribución; sin embargo, en el Ecuador aún no se aplican este tipo de tecnologías. Las emisiones se calculan con la siguiente ecuación:

$$E_{E2} = \sum_{i=1}^n (FE_{dp} \times C_{vi})$$

Donde,

$E_{E2}$  = emisión de COT en la etapa E2 (ton/año)

$FE_{dp}$  = factor de emisión por descarga de pipas a la estación de servicio i

$C_{vi}$  = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio i ( $m^3/año$ )

n = número de estaciones de servicio i

### **E3: Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos**

En esta etapa se estima la emisión de gases durante el almacenamiento de la gasolina en los tanques subterráneos ubicados dentro de las estaciones, producidos principalmente por la evaporación, los cambios en la presión y la frecuencia de extracción de la gasolina. La ecuación utilizada para el cálculo es:

$$E_{E3} = \sum_{i=1}^n (C_{vi} \times FE_r)$$

Donde,

- $E_{E3}$  = emisión de COT en la etapa E3 (ton/año)  
 $C_{vi}$  = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio i (m<sup>3</sup>/año)  
 $FE_r$  = factor de emisión de pérdida por respiración del tanque  
n = número de estaciones de servicio i

#### **E4: Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos**

Dentro de esta etapa se consideran las emisiones producidas durante la recarga del combustible en los vehículos. El cálculo se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_{E4} = \sum_{i=1}^n (C_{vi} \times FE_{cg})$$

Donde,

- $E_{E4}$  = emisión de COT en la etapa E4 (ton/año)  
 $C_{vi}$  = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio i (m<sup>3</sup>/año)  
 $FE_{cg}$  = factor de emisión de pérdida por recarga en vehículos  
n = número de estaciones de servicio i

#### **E5: Estimación de emisiones por derrames de combustibles en la recarga**

Finalmente, en la quinta etapa se registran las emisiones por los derrames producidos al momento de la recarga de combustibles en los vehículos; las emisiones dependen de las características de la estación de servicio, configuración del tanque y de la técnica de los operadores. Las emisiones se estiman con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$E_{E5} = \sum_{i=1}^n (C_{vi} \times FE_d)$$

Donde,

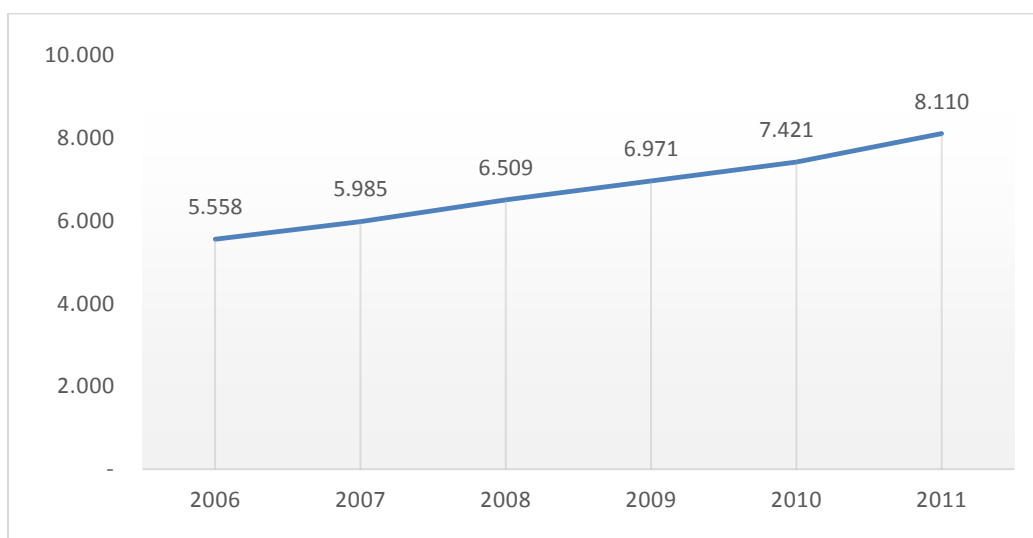
- $E_{E5}$  = emisión de COT en la etapa E5 (ton/año)



$C_{vi}$  = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio  $i$  ( $m^3/año$ )  
 $FE_{cg}$  = factor de emisión de pérdida por derrames  
 $n$  = número de estaciones de servicio  $i$

Al considerar que las ventas de gasolina se han incrementado constantemente desde el año 2006, los resultados de emisiones de contaminantes muestran incremento sostenido al 2011, tal como se puede observar en el gráfico a continuación:

**Gráfico 9. Evolución de emisiones de COT por distribución de gasolina**  
(toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de emisiones totales según cada etapa de la distribución de gasolina se presentan con mayor detalle en el anexo No. 8.

– Carga de combustible en aeronaves

En esta sección se estiman las emisiones de COT que se generan al momento de recargar los tanques de las aeronaves; el cálculo se efectúa mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$E_{COT,i} = \left( \frac{FE_{COT,j} \times C_i}{22.202,6} \right) = \text{toneladas al año}$$

Donde,

$E_{COT,i}$  = emisión de COT por recarga del combustible i

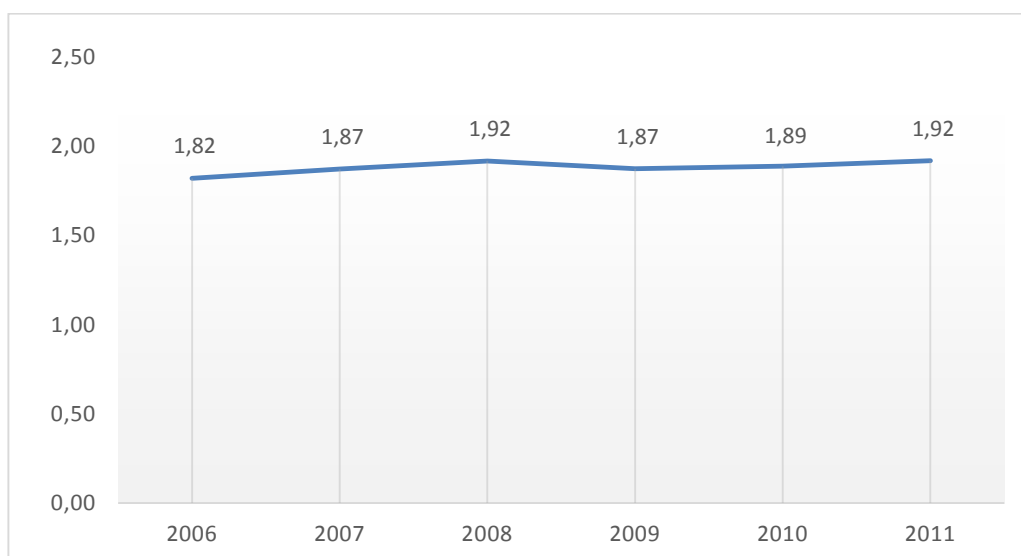
$F_{ECOT,i}$  = factor de emisión de COT por recarga de combustible i (lb/1000 gal)

$C_i$  = cantidad de combustible i en la recarga (1000 gal)

Para estos cálculos se utilizó como base las ventas internas de combustibles de avión, específicamente Jet A-1 y AVGAS, información reportada anualmente por la Secretaría de Hidrocarburos (ver anexo No. 6).

En resumen, los resultados de emisiones anuales son representados en el gráfico No. 10, y tal como se puede observar, las emisiones de COT por carga de combustible en aeronaves pasan de 1.82 toneladas en 2006, a 1.92 toneladas en el año 2011, un incremento del 5,5%.

**Gráfico 10. Evolución de emisiones de COT por carga de combustibles en aeronaves (toneladas métricas)**



**Fuente:** Elaboración propia

– Emisiones misceláneas

Dentro de esta última categoría se registran las emisiones de  $NH_3$  por su uso doméstico y por su emisión a causa de desechos humanos, pañales desechables, cigarrillos y alcantarillas. Para los cálculos se utilizaron los factores de emisión y de actividad aplicados en México.

Tal como podemos observar, las emisiones son crecientes a excepción de una ligera disminución en el año 2009.

**Gráfico 11. Evolución de emisiones de NH<sub>3</sub> por fuentes misceláneas**  
(toneladas métricas)

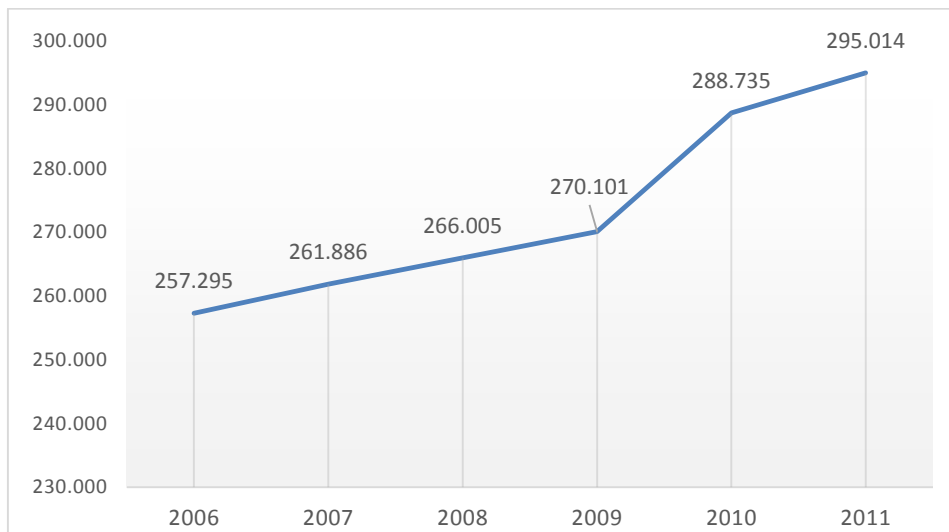


**Fuente:** Elaboración propia

Para la estimación se utilizaron los correspondientes factores aplicados en base a la población nacional. Los resultados pueden ser encontrados a mayor detalle en el anexo No. 8.

En resumen, las emisiones de gases por fuentes de área se presentan en el siguiente gráfico, observándose un incremento del 14,7% en las emisiones de contaminantes al aire por fuentes de área, del 2006 al 2011.

**Gráfico 12. Emisiones totales de contaminantes por fuentes de área**  
(toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

El detalle de las emisiones según tipo de gas contaminante es detallado en el anexo No 8.

## **6. Discusión de resultados**

Es importante precisar que las estimaciones realizadas no abarcan la totalidad de emisiones generadas en el país. No existen aún metodologías, ni información suficiente, que permita calcular la generación de contaminantes de todas las fuentes existentes; por lo que los resultados obtenidos en el presente capítulo representan apenas una parte del total de emisiones anuales.

Los resultados obtenidos en este capítulo pueden ser resumidos de acuerdo a cada una de las fuentes generadoras de gases contaminantes, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Emisiones totales de contaminantes al aire** (miles de toneladas métricas)

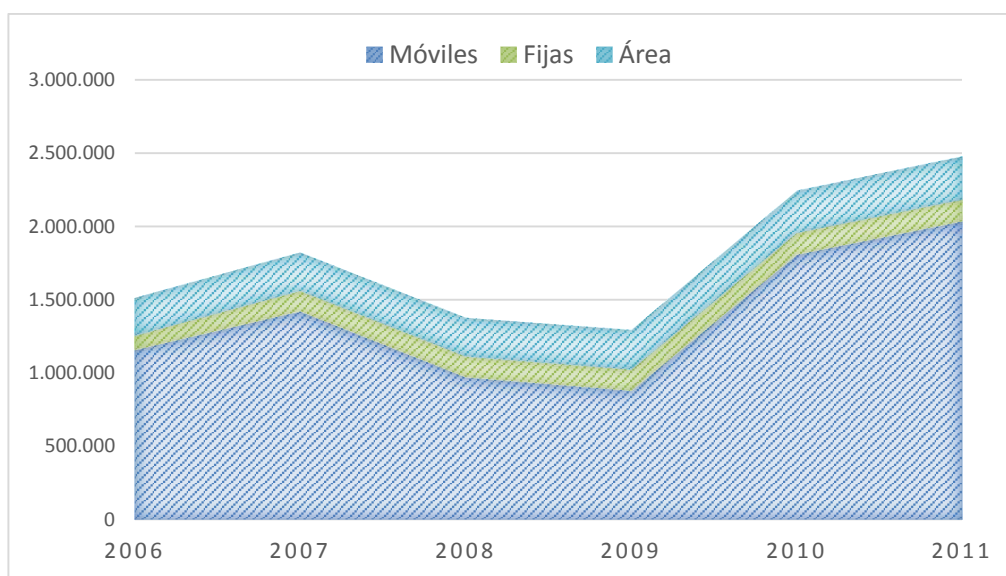
<b>Fuentes</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Móviles	1.156	1.421	970	878	1.807	2.034
Fijas	98	140	141	146	149	148
Área	257	262	266	270	289	295
<b>Total</b>	<b>1.512</b>	<b>1.823</b>	<b>1.378</b>	<b>1.294</b>	<b>2.245</b>	<b>2.477</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Se pone en evidencia la tendencia creciente de la generación total de emisiones a nivel nacional. El incremento de los gases emitidos en el período analizado es de casi el 64%, llegando en el año 2011 a liberarse en el Ecuador más de 2.477 mil toneladas de gases nocivos.

Al analizar la evolución de las emisiones desde el 2006 al 2011, se distingue una reducción momentánea en los años 2008 y 2009, para posteriormente desde el 2010 recuperar rápidamente la tendencia creciente. La reducción presentada en los años 2008 y 2009 se explica debido a la crisis financiera que tuvo efectos recesivos a nivel mundial. En particular, en el caso del Ecuador, el parque automotor fue afectado por una reducción en la demanda.

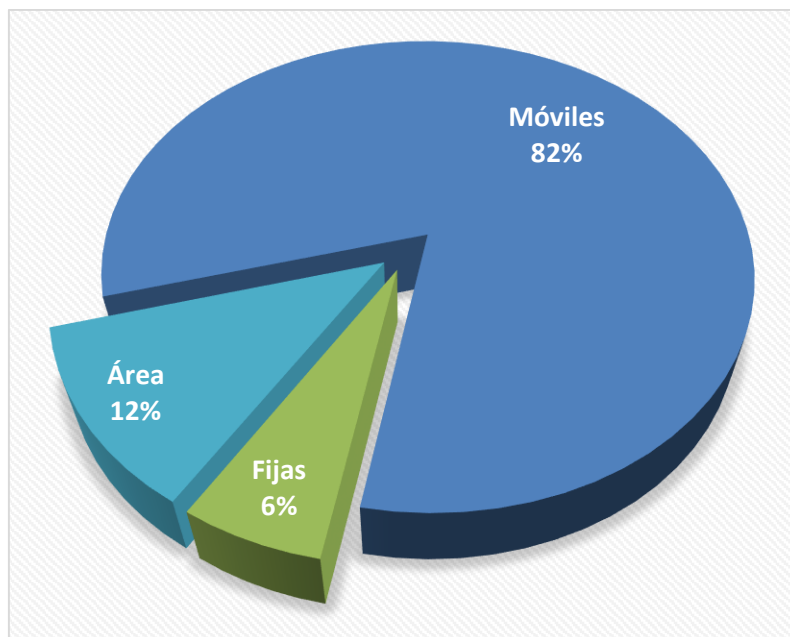
**Gráfico 13. Evolución de emisiones totales al aire según fuente** (toneladas métricas)



**Fuente:** Elaboración propia

Mientras en el año 2006 las fuentes móviles representaban el 76% de las emisiones totales, las de área el 17%, y las fijas apenas un 7%; en el año 2011 las fuentes móviles alcanzaron el 82%, las de área un 12%, y las fijas un 6%.

**Gráfico 14. Composición de las emisiones de gases contaminantes al aire**  
(año 2011)

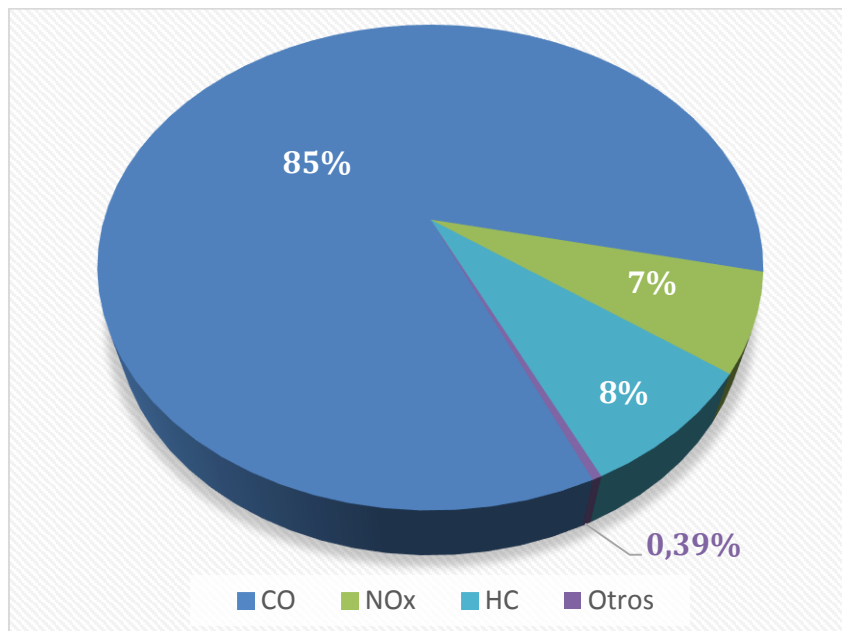


**Fuente:** Elaboración propia

En base a las estimaciones obtenidas podemos afirmar que los vehículos son la principal fuente de emisión de gases contaminantes al aire en el Ecuador, lo cual coincide con la tendencia mostrada a nivel mundial.

De acuerdo a los datos obtenidos, las emisiones de los vehículos en su mayor parte se conforman en un 85% de CO, 8% de hidrocarburos y en un 7% de NO<sub>2</sub>, tal como se presenta en el siguiente gráfico.

**Gráfico 15. Composición de las emisiones de gases de vehículos (año 2011)**



**Fuente:** Elaboración propia

Por consiguiente, las personas que habitan en el Ecuador, y en particular aquellas que residen en las ciudades que concentran a la mayor parte del parque automotor nacional, se encuentran altamente expuestas a los daños a la salud causados por el CO.

Tal como fue mencionado en la primera sección del presente capítulo, la exposición a niveles elevados de CO, genera importantes problemas en el cuerpo humano, empezando por dolores de cabeza, debilidad y alteraciones visuales. Conforme más elevados sean los niveles de concentración y el tiempo de exposición a este gas, mayores serán los daños causados al organismo, llegando a provocar taquicardias, falta de respiración, convulsiones, estado de coma y muerte.

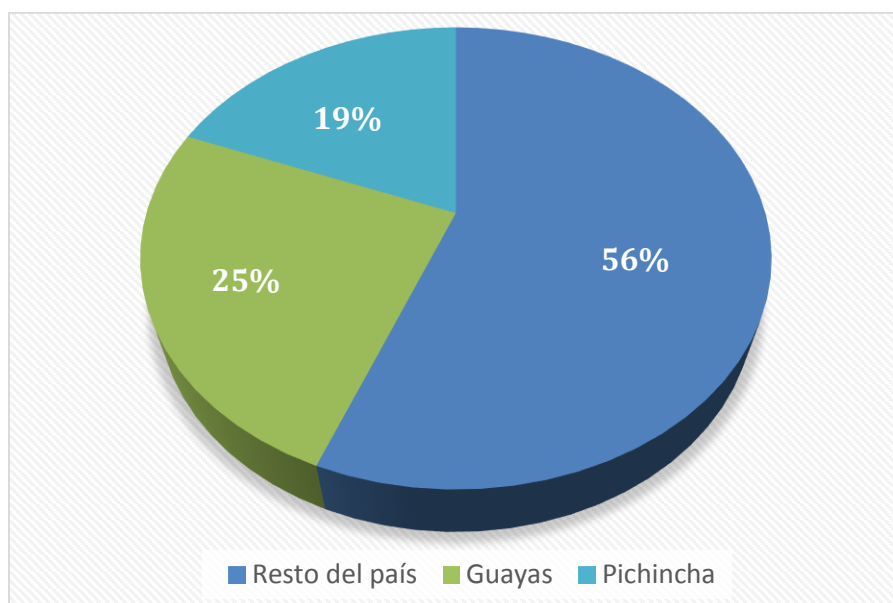
Por su parte, la exposición a los gases hidrocarburos y NO<sub>2</sub> también llega a causar problemas respiratorios graves, deteriorando la salud de las personas, principalmente de personas con problemas en su salud, niños y ancianos.

En consecuencia, los riesgos asociados a las emisiones de vehículos representan un importante problema que debe tener una adecuada atención por parte del Estado. Los esfuerzos deben estar enfocados, al menos en un inicio, en generar políticas que permitan

reducir las emisiones de gases del parque automotor hasta niveles que no representen riesgos para la salud de las personas, y tampoco superen la resiliencia ambiental.

Ahora, una vez identificado que los vehículos motorizados son los responsables de la emisión del 87% de los gases contaminantes en el país, es necesario distinguir cuáles son las ciudades más expuestas a esta problemática ambiental. Al analizar la estructura del parque automotor nacional, se pone en evidencia que las provincias de Guayas y Pichincha acogen al 44% de los vehículos, mientras que el restante 56% es distribuido a nivel nacional con valores inferiores al 8% en cada provincia.

**Gráfico 16. Estructura del parque automotor a nivel nacional según provincia (año 2011)**



**Fuente:** Elaboración propia

Son entonces las ciudades de Guayaquil y Quito, capitales de provincia de Guayas y Pichincha respectivamente, las ciudades con mayor riesgo de exposición a altos niveles de concentración de gases contaminantes en el Ecuador.

Al analizar a mayor detalle al Distrito Metropolitano de Quito, se puede identificar varias características que empeoran la situación ambiental de esta ciudad y la situación de riesgo de sus habitantes. Además de su importancia por ser la capital del Ecuador y la segunda ciudad más poblada en el país, es necesario considerar uno de los principales factores que la hacen foco de estudio, su topografía.



Quito tiene una altura promedio de 2.810 metros sobre el nivel del mar, altura en la cual la disponibilidad de oxígeno es 27% menor en comparación con la encontrada en ciudades a nivel del mar; esto a su vez genera una menor eficiencia en la combustión y por ende, mayor emisión de gases contaminantes. Otra particularidad de Quito que cabe considerar, es que se encuentra rodeada por varias montañas, las mismas que dificultan la circulación del aire y la ventilación de la contaminación.

En atención a estas consideraciones, analizaremos entonces en el capítulo posterior el caso de la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito.

### **CAPÍTULO III**

## **ESTUDIO DE CASO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

El propósito de este capítulo es analizar a mayor detalle la problemática de la contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito, y la política pública aplicada al respecto. Con esta finalidad, el capítulo se estructura en las siguientes secciones: la primera estudia la normativa vigente en el Ecuador que regula las emisiones de gases contaminantes al aire, y su comparación con las Guías de Calidad del Aire publicadas por la OMS (2006). Además, se realiza un análisis comparativo con la legislación internacional, lo cual nos permite identificar los estándares con los cuales evaluaremos la calidad del aire en la siguiente sección.

En una segunda sección se examinará en qué medida los resultados de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Quito, durante el periodo 2006 – 2011, han sobrepasado los estándares establecidos tanto en la norma nacional como en las guías de la OMS.

Una tercera sección analiza cuáles han sido las políticas aplicadas en beneficio de la calidad del aire y del bienestar de los habitantes de la ciudad de Quito. Además, se presenta un breve análisis de políticas que han sido aplicadas en dos casos relevantes en América Latina: los de las ciudades de México y Santiago de Chile, lo cual nos permitirá realizar una evaluación de las políticas implementadas en Quito y saber si éstas han sido suficientes.

En una última sección, en base a los hallazgos del presente capítulo y a modo de conclusión, realizaremos la evaluación de la política pública aplicada para controlar y disminuir la emisión de gases nocivos al aire de la capital del Ecuador. Esto con la finalidad de establecer si las decisiones han sido suficientes, o si es necesario generar nuevas propuestas de política.

### **1. Normativa ecuatoriana e internacional para la contaminación del aire**

En el año 2003, el Ministerio del Ambiente del Ecuador expidió el “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria” (TULAS, 2003), dentro del cual se norman y establecen los requisitos mínimos que deben alcanzarse en las evaluaciones de impacto ambiental. En el Libro VI-Anexo 3 se fijan los límites para las emisiones a la atmósfera

generadas por las fuentes fijas; mientras que en el Libro VI-Anexo 4, en la denominada Norma de Calidad del Aire Ambiente, se establecen “los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo” (TULAS, 2003: 402), y la metodología de medición de los mismos.

El Anexo 4 de la NCAA dispone los límites de concentración en períodos determinados para el caso del PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y ozono (O<sub>3</sub>). Cabe indicar que esta normativa es de aplicación obligatoria en todo el territorio ecuatoriano.

A nivel internacional, la OMS ha presentado las guías de calidad del aire en base a diversos estudios especializados, y con la finalidad de ser tomadas como referencia para proteger la salud de los seres humanos. Si bien estas guías no tienen un criterio mandatorio para los países, constituyen un marco de referencia que se sostiene en datos que muestran el riesgo real ante la exposición a los gases contaminantes, haciendo su consideración un elemento indispensable.

Las guías establecen niveles estimados de concentración de algunos gases contaminantes que no representan riesgos para las personas expuestas en un tiempo promedio, los mismos que no deberían ser sobrepasados a fin de evitar problemas a la salud.

En cuanto a las normas internacionales de carácter mandatorio en sus respectivos territorios, se debe precisar que la mayor parte de los países cuentan con normativas que regulan los niveles de concentración de contaminantes en el aire, y determinan el número máximo de veces que pueden ser superados los niveles de concentración máxima.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre las Guías de la OMS, la norma ecuatoriana y las normativas de México y Chile, cuyos casos serán analizados más adelante. De igual manera se incluye a los datos de Estados Unidos, país que estableció en 1971 sus niveles de peligro de contaminación del aire, y que desde entonces ha desarrollado gran cantidad de políticas y estudios especializados en esta temática, convirtiéndose en un país de referencia técnica en América. Además, se tomaron los datos de Colombia por la similitud en geografía y clima con nuestro país; y de la Unión Europea por su amplia representatividad.

**Tabla 9. Normas para la concentración de contaminantes**

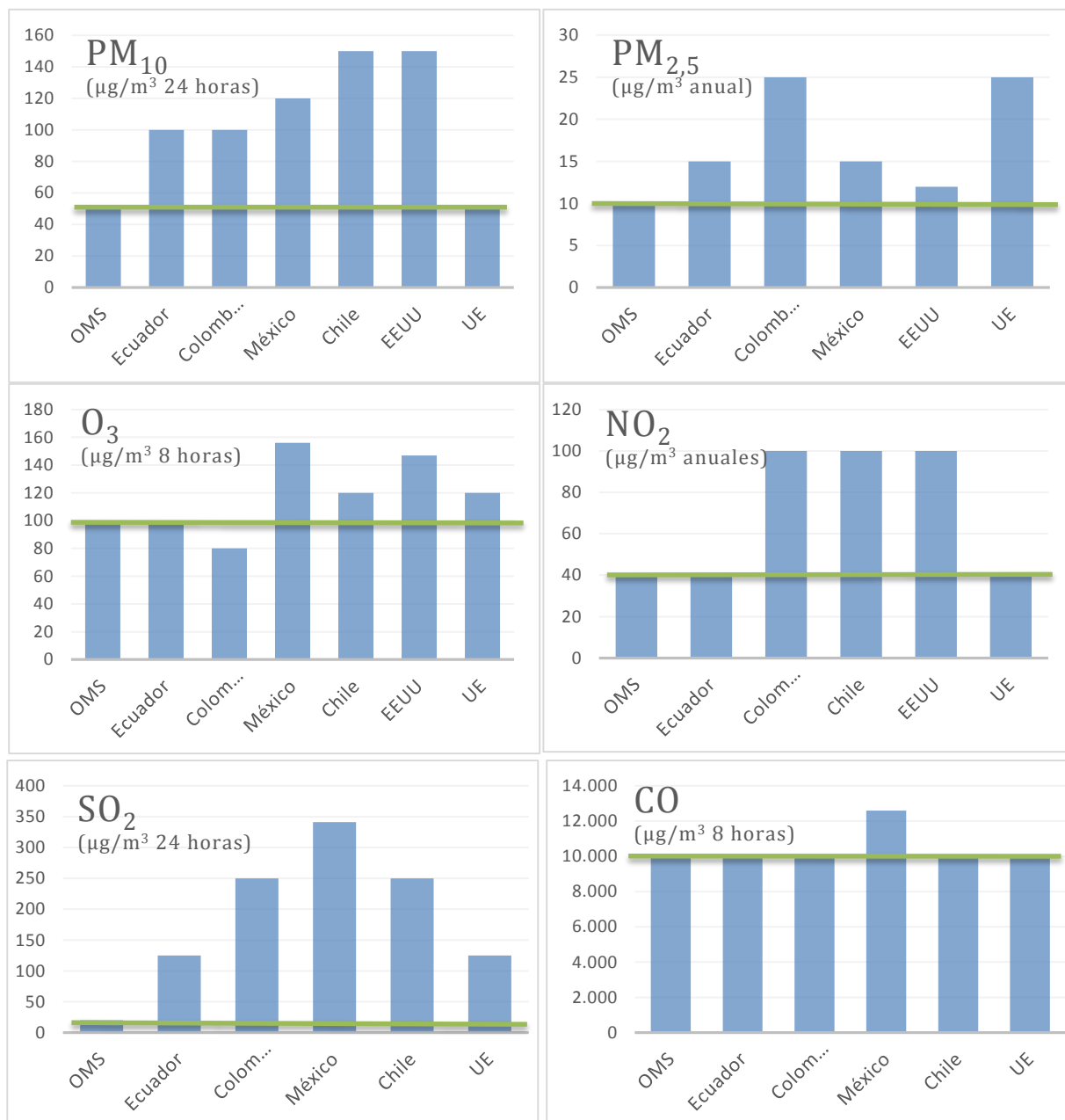
Contaminante	Tiempo promedio de exposición	Valor máximo de concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						
		OMS	Ecuador	Colombia	México	Chile	EEU	Unión Europea
PM <sub>10</sub>	Anual	20	50	50	50	50		40
	24 horas	50	100	100	120	150	150	50
PM <sub>2,5</sub>	Anual	10	15	25	15	-	12	25
	24 horas	25	50	50	65	-	35	-
O <sub>3</sub>	8 horas	100	100	80	156	120	147	120
	1 hora	-	-	120	-	160	-	-
NO <sub>2</sub>	Anual	40	40	100	-	100	100	40
	24 horas	-	-	150	-	-	-	-
	1 hora	200	200	200	395	400	188	200
SO <sub>2</sub>	Anual	-	60	80	79	80	-	-
	24 horas	20	125	250	341	250	-	125
CO	8 horas	10.000	10.000	10.000	12.595	10.000	-	10.000
	1 hora	30.000	30.000	40.000	-	40.000	-	-

**Fuente:** OMS (2006); TULAS (2003); USEPA (2012); European Commission (2013); SEMARNAT (2009); Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2010); Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (2003).

Los países difieren en los parámetros máximos establecidos para emisiones de gases contaminantes, dependiendo principalmente del enfoque usado para su elaboración, sus características geográficas, climáticas, y sus consideraciones económicas. Mientras la OMS fija los valores en función de análisis científicos en busca del cuidado de la salud humana.

Los siguientes gráficos permiten observar con mayor claridad el marco comparativo establecido en la Tabla 9:

**Gráfico 17. Marco comparativo de valores guía y límites de concentración de gases contaminantes**



**Fuente:** TULAS (2003); USEPA (2012); European Commission (2013); SEMARNAT (2009); Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2010); Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (2003).

Los valores guía determinados por la OMS para PM<sub>10</sub>, se encuentran fijados muy por debajo de los límites establecidos por los países en análisis, a excepción de la Unión Europea. Es importante notar que México, Chile y Estados Unidos tienen límites

superiores a los fijados en Ecuador; sin embargo, nuestra norma supera el doble de la concentración recomendada para no perjudicar a la salud.

Para el caso de  $PM_{2.5}$  se muestra que la norma nacional también supera a la guía de la OMS; sin embargo, se mantienen valores menores a las normativas de la Unión Europea y Colombia.

La situación de la normativa para la concentración de  $O_3$  y  $NO_2$  es diferente; en los dos casos la legislación nacional establece máximos de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 8 horas y  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anuales respectivamente, valores que son equivalentes a las guías internacionales en coherencia con una política del cuidado de la salud de los habitantes.

En cuanto se refiere al  $SO_2$  la situación es preocupante. Se pone en evidencia que el Ecuador cuenta con una normativa laxa que en ciertos casos supera en gran cantidad a los valores permisibles para mantener la salud. Mientras la OMS fija la guía para este gas en veinte microgramos por metro cúbico en 24 horas, nuestro país permite hasta 125 microgramos, es decir un valor superior en más de 6 veces. Por esta razón, se implementó en un período reciente un proyecto para mejorar el octanaje de la gasolina de producción nacional. Esta medida permitió reducir el nivel de azufre contenido en la gasolina de 2000 a 650 partes por millón (Petroecuador, 2012a).

Los límites fijados para la concentración de CO son equivalentes a la recomendación de la OMS en todos los países analizados, a excepción de México.

En definitiva, el Ecuador cuenta con una normativa que establece límites de concentración fijados en estricta atención a las recomendaciones de la OMS, los mismos que permiten proteger a los habitantes de los riesgos que presenta una elevada concentración de  $O_3$ ,  $NO_2$  y CO. Sin embargo, el cumplir con los límites señalados en las normas nacionales para los casos de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , y  $SO_2$ , aún representa un riesgo considerando que las concentraciones máximas admitidas son muy superiores a las guías.

## **2. La calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito**

El Distrito Metropolitano de Quito es la capital del Ecuador, con una población al año 2010 de 2.239.191 habitantes (INEC, 2010). Es la segunda ciudad más poblada del país después de Guayaquil; y tal como lo vimos en el capítulo anterior, es también la segunda

ciudad con el parque automotor más grande conformado por 269.529 vehículos registrados en el 2011 (INEC: 1997 - 2011).

La Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, es la entidad encargada de realizar el monitoreo periódico de la calidad del aire en la ciudad. Dispone de seis redes de monitoreo, de las cuales tres realizan la medición de los gases en estudio:

1. Red Automática (RAUTO): conformada por ocho estaciones distribuidas en diferentes puntos de la ciudad. Realiza la medición periódica de concentraciones en el aire de CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.
2. Red de Monitoreo Pasivo (REMPA): realiza un muestreo de las concentraciones de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub> de manera simultánea en treinta y cinco puntos de la ciudad.
3. Red Activa de Material Particulado (RAPAR): realiza la medición para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> por medio de 11 muestreadores distribuidos en Quito (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011).

La información es recolectada permanentemente con una periodicidad de hasta diez minutos, lo que permite obtener un gran nivel de información y detalle. En base a la misma, se generan reportes anuales de calidad del aire, y se calcula el denominado Índice quiteño de la calidad del aire (IQCA).

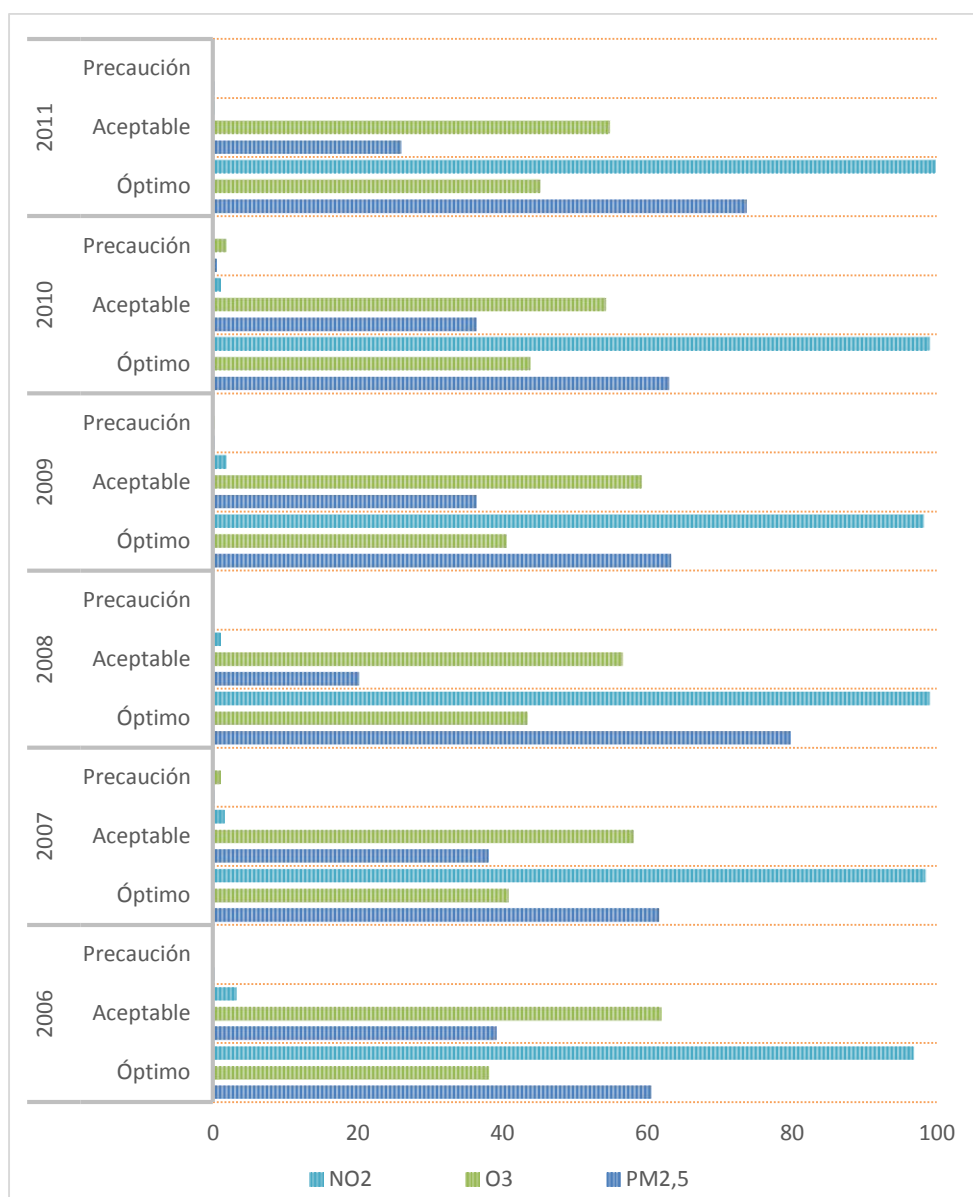
El índice fue construido de acuerdo a los valores fijados para cada tipo de contaminante en la norma nacional de calidad del aire; se expresa en una escala numérica comprendida entre 0 y 500, donde el valor más alto implica un mayor nivel de contaminación del aire.

El IQCA se expresa de acuerdo a 6 niveles:

- **Deseable u óptimo:** corresponde al 50% y 100% de los límites establecidos en la norma o en las guías de la OMS; representa al mejor nivel de calidad alcanzable.
- **Aceptable o bueno:** implica el cumplimiento de la norma nacional de calidad de aire.
- **Precaución:** expresa que la norma de calidad fue excedida, sin embargo no representa un evento crítico.
- **Alerta, alarma y emergencia:** equivalentes a los niveles de alerta, alarma y emergencia especificados en la norma ecuatoriana ante eventos críticos.

A continuación el gráfico No. 18 presenta la distribución anual porcentual del IQCA de acuerdo a cada nivel para el caso del NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y material particulado menor a 2,5 micras:

**Gráfico 18. Distribución anual porcentual del Índice Quiteño de Calidad del Aire para NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y PM<sub>2,5</sub>.**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito (2011).

Al observar el comportamiento de índice con respecto al NO<sub>2</sub>, se puede observar que se mantiene dentro del nivel óptimo con un promedio durante el período 2006 – 2011 del 98%; es decir que en su mayor parte se encuentra cumpliendo con la normativa. Sin embargo, si bien el índice promedio anual no muestra problemas en la concentración, los informes de monitoreo revelan que los límites son superados en varias ocasiones durante



el año (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011), exponiendo a los ciudadanos a los peligros de la contaminación.

Por otra parte, el comportamiento del índice para el O<sub>3</sub> desde el año 2006 al 2011 se ubica en el nivel aceptable con un promedio del 57%, y en el óptimo con un promedio de 42%. Con respecto a las PM<sub>2.5</sub>, el índice se sitúa en un nivel óptimo con un promedio del 67%, y en niveles aceptables con un 33%

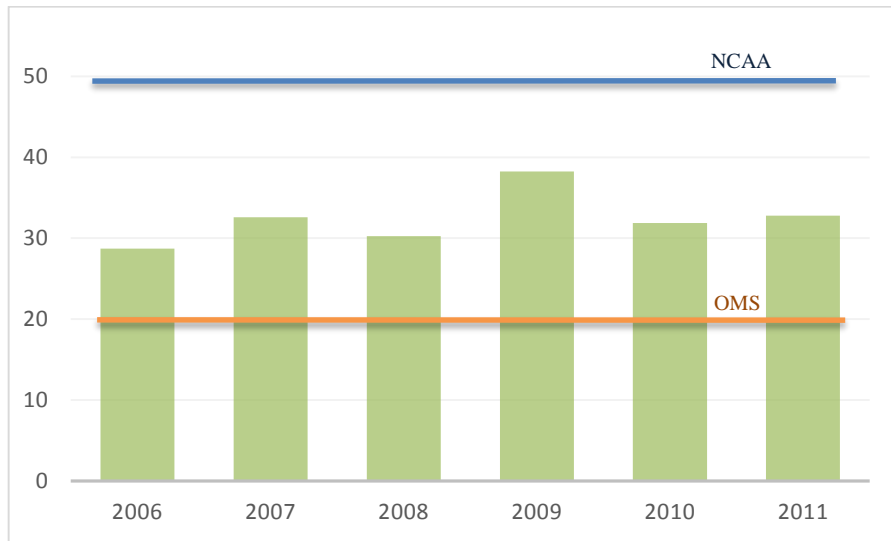
Aunque el estudio del comportamiento del Índice quiteño de calidad del aire nos permite realizar un rápido análisis general de la situación de la calidad del aire en la ciudad de Quito, éste no proporciona la suficiente información para efectuar un estudio a nivel más profundo que precise los niveles de exceso en la contaminación.

Entonces, el problema de la contaminación del aire en el Ecuador sucede por doble vía. Por una parte, porque los estándares nacionales de emisión son inferiores a los que recomienda la OMS para mantener una calidad de vida adecuada. Y en segundo lugar, porque a pesar de ser inferiores estos estándares ambientales se superan peligrosamente en repetidas ocasiones.

Por ende, se requiere entonces un análisis que nos permita llegar a un mayor detalle sobre la calidad del aire en la capital, para lo cual a continuación examinaremos las concentraciones medias anuales por cada tipo de gas contaminante y el número de veces que se ha superado la norma y las guías durante los años de estudio.

Para el PM<sub>10</sub> se puede observar que no se ha sobrepasado la norma nacional en los años analizados; sin embargo, resalta que durante todo el período se ha superado los valores guía establecidos por la OMS, tal como lo muestra el gráfico No 19.

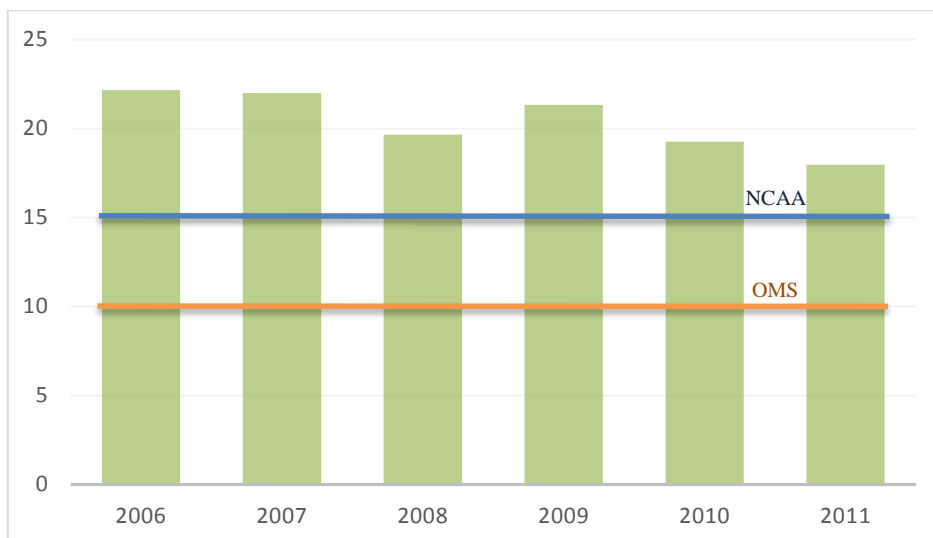
**Gráfico 19. Concentraciones medias anuales para PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito, 2006 - 2011.

Por otro lado, si bien el Índice quiteño indica que la calidad del aire se encuentra en niveles óptimos y aceptables en referencia al material particulado menor a 2,5 micras, la lectura al profundizar es diferente. Los promedios de concentración anual superan en todos los años a la norma ecuatoriana, y en mayor medida a las guías fijadas por la OMS, tal como se muestra en el gráfico a continuación:

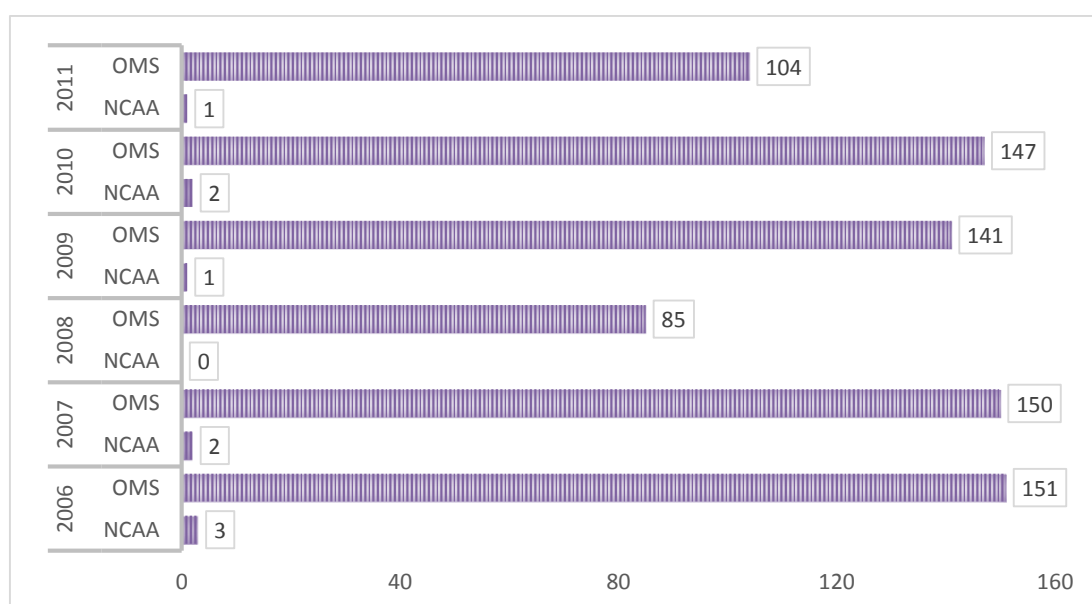
**Gráfico 20. Concentraciones medias anuales para PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito, 2006 - 2011.

Los reportes publicados por la Secretaría de Ambiente, afirman que “el PM<sub>2,5</sub> constituye uno de los principales problemas de contaminación del aire en Quito” (Secretaría de Ambiente, 2010: 43). La problemática puede ser entendida al considerar que el material particulado fino ingresa al organismo de los seres humanos con mayor facilidad por su tamaño.

**Gráfico 21. Número de veces que se superó la NCAA y las guías de la OMS para PM<sub>2,5</sub>**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito, 2011.

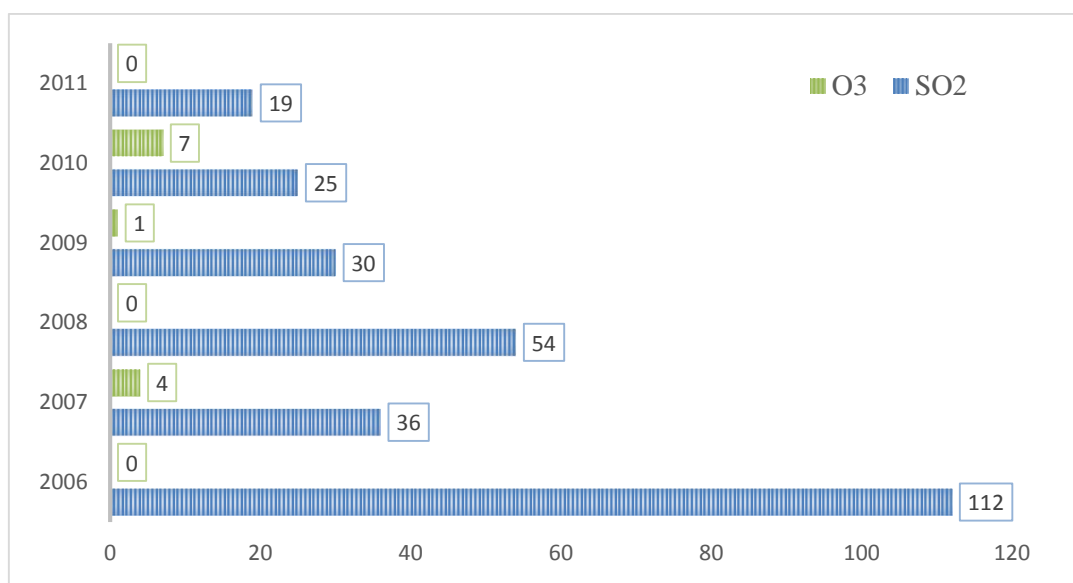
La alarma se genera cuando se distingue el número de veces al año que los habitantes de la ciudad de Quito están expuestos a niveles de partículas que pueden ser perjudiciales para su salud (ver gráfico No. 21).

Por otra parte, el gráfico No. 22 muestra que durante los años 2006 – 2011 no se superó la norma nacional de concentración de SO<sub>2</sub>, aunque sí se han sobrepasado los valores guías de la OMS. En particular, esto ha sido objeto de fuertes críticas por parte del Gobierno. La normativa nacional en lugar de ajustarse a las normas internacionales de calidad del aire para evitar alcanzar niveles peligrosos de contaminación, se ajusta a las ‘necesidades’ de la producción nacional que no tiene capacidad de mejorar el octanaje de los combustibles. Un claro ejemplo ha sido ampliamente analizado por el gobierno en relación a la emisión de SO<sub>2</sub> asociada a la gasolina de producción nacional. Una vez

detectado el problema, el gobierno impulsó un programa para el mejoramiento del octanaje de la gasolina ecuatoriana.

Por otro lado, para el caso del O<sub>3</sub>, ha sido escaso el número de veces que se excedió tanto la norma como la guía, tal como se muestra en el gráfico No. 22.

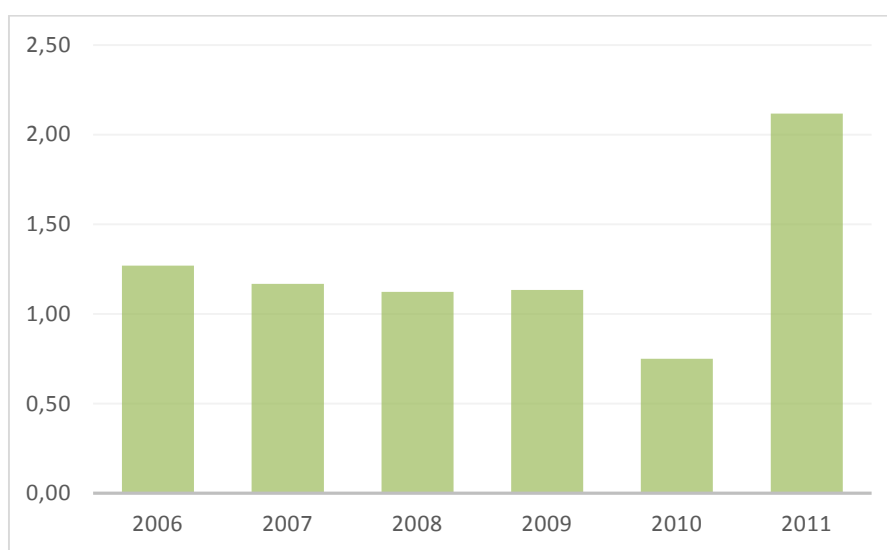
**Gráfico 22. Número de veces que se superó la NCAA y las guías de la OMS para SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito, 2011.

Finalmente, las estadísticas reportadas indican que los niveles de concentración de CO no representan peligro alguno para las personas en la ciudad de Quito, considerando que los valores máximos reportados son menores a 2,5 microgramos por metro cúbico, siendo la norma de diez microgramos por metro cúbico.

**Gráfico 23. Concentraciones medias anuales para CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Fuente:** Secretaría de Ambiente de Quito, 2006 - 2011.

En resumen, no existe problemas ante la emisión y concentración en el aire de CO y O<sub>3</sub>; sin embargo, la situación es la contraria para el resto de contaminantes analizados en esta sección. El problema con el NO<sub>2</sub> no es significativo, puesto que los promedios de concentración no registran excedencias a la norma ni a las guías; no obstante, existen mediciones aisladas que llegan a superar los estándares ambientales, por lo que requiere de cuidado y continuar con el monitoreo constante.

En lo que se refiere a los niveles de concentración de SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub>, se registran constantes excedencias a los valores presentados por la OMS; mientras que el PM<sub>2,5</sub> micras no solamente supera estos niveles guía, sino también la normativa nacional.

Se confirma entonces la existencia de un problema con la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito que requiere de una apropiada atención y adecuado tratamiento. Con el objetivo de evitar que la contaminación se torne en un problema irreversible, es necesario adoptar medidas y políticas enfocadas, al menos en una primera etapa, en la principal fuente generadora de contaminación, es decir en las fuentes móviles: material particulado, CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.

### **3. Políticas aplicadas en el Distrito Metropolitano de Quito para el cuidado del recurso aire**

Para realizar una evaluación de la problemática, es importante conocer cuáles han sido las políticas y medidas implementadas en la ciudad de Quito en los últimos años, que han contribuido con el cuidado de la calidad del aire. Para su revisión agruparemos las medidas dentro de tres grupos: el primero relacionado a la gestión pública ambiental, el segundo sobre la vigilancia de la calidad del recurso, y el tercero sobre las medidas técnicas aplicadas para reducir emisiones.

#### **1. Gestión pública ambiental**

La implementación de un ordenamiento jurídico claro que permita controlar los daños provocados al medio ambiente por las distintas actividades realizadas por el ser humano, es esencial para la conservación de un ambiente saludable. La consolidación del marco jurídico nacional se constituye entonces como una de las principales políticas.

Entre las primeras normas es fundamental la Constitución del Ecuador, la cual en el Título II - Capítulo Séptimo declara los derechos de la naturaleza a su restauración y cuidado; mientras que en el capítulo segundo “se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Asamblea Constituyente, 2008: Artículo 14).

Desde el año 2004 entra en vigencia la Ley de Gestión Ambiental, la cual

...establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia (Congreso Nacional del Ecuador, 2004: Artículo 1).

Asimismo, otra de las principales herramientas jurídicas se expidió en el año 2003 como parte del “Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria” (TULAS, 2003), me refiero a la ya mencionada NCAA. Esta norma, de aplicación obligatoria no sólo en Quito sino a nivel nacional, establece límites máximos permisibles para la concentración de gases nocivos en el aire y la metodología para su medición periódica. Su objetivo principal es el cuidado del recurso y preservar la salud de las personas.

Un elemento aún más importante constituye la reforma de esta norma publicada oficialmente en junio de 2011, la misma que actualiza y establece techos más exigentes para PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, e introduce límites para el benceno.

**Tabla 10. Comparativo de las normas de calidad del aire ambiente 2003 vs. 2011**

Contaminante	Tiempo promedio de exposición	Valor máximo (µg/m <sup>3</sup> )			
		2003		2011	
		Valor	Excedencia	Valor	Excedencia
PM <sub>10</sub>	Anual	50	No permitido	50	No permitido
	24 horas	150	2 veces por año	100	No permitido
PM <sub>2,5</sub>	Anual	15	No permitido	15	No permitido
	24 horas	65	2 veces por año	50	No permitido
O <sub>3</sub>	8 horas	120	1 vez por año	100	1 vez por año
	1 hora	160	1 vez por año	-	-
NO <sub>2</sub>	Anual	100	No permitido	40	No permitido
	24 horas	150	2 veces por año	-	-
	1 hora	-	-	200	No permitido
SO <sub>2</sub>	Anual	80	No permitido	60	No permitido
	24 horas	350	1 vez por año	125	No permitido
	10 minutos	-	-	500	No permitido
CO	8 horas	10.000	1 vez por año	10.000	1 vez por año
	1 hora	40.000	1 vez por año	30.000	1 vez por año
Benceno	Anual	-	-	5	No permitido

**Fuente:** TULAS (2003, 2011).

Tal como se detalla en el cuadro comparativo, límites como el del SO<sub>2</sub> tuvieron significativas reducciones, permitiendo que la brecha se reduzca entre los valores fijados en la norma y aquellos de las guías de calidad del aire establecidos por la OMS. Se disminuyeron también, y hasta eliminaron, el número de excedencias permitidas al año. Si bien la nueva norma iguala algunos de los techos con los valores fijados por la OMS, cabe indicar que la gran mayoría aún mantienen valores superiores que significan un riesgo para la salud de las personas.

Por otra parte, la autoridad nacional de gestión ambiental es ejercida por el Ministerio del Ambiente, institución coordinadora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. La autoridad local en Quito es ejercida por su municipalidad.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito constituye el principal referente en la protección del recurso aire en la ciudad desde hace ya más de dos décadas. En el año 1991 se crea el Departamento de Control de Calidad Ambiental; para el año 1994, esta unidad pasa a ser la Dirección de Medio Ambiente. Es desde entonces que se inicia con los programas de monitoreo de la calidad del aire, evaluación y control de la contaminación, entre otras.

Actualmente la Secretaría de Ambiente es la rectora en gestión ambiental de la ciudad. Dentro del ámbito del cuidado del aire realiza estudios, proyectos tecnológicos, inventarios de emisiones, campañas de educación y buenas prácticas ambientales; es la encargada de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), por medio de la cual recopila información sobre la contaminación del aire en los diferentes sectores de la ciudad de manera permanente. Asimismo otorga licencias ambientales, realiza auditorías, estudios de impacto, estudios químicos en laboratorio entre otros.

## **2. Vigilancia de la calidad del aire**

La unidad encargada de vigilar la calidad del aire desde el año 1994 en la ciudad de Quito, es la REMMAQ. Esta red, constituye la fuente de la información necesaria para verificar el cumplimiento de las leyes y normativas nacionales; para realizar estudios e informes anuales de calidad del aire, identificar eventos críticos, etc. Además, es la principal herramienta para la medición y evaluación de las acciones y políticas aplicadas por la autoridad ambiental nacional y local.

La red se encuentra conformada por seis subsistemas, cada uno de los cuales cumple con funciones específicas de medición en determinadas estaciones distribuidas en diferentes puntos de la ciudad:

- i. Red Automática (RAUTO): formada por ochos estaciones fijas y una de respaldo, donde se capta información automática de los principales contaminantes.
- ii. Red de Monitoreo Pasivo (REMPA): toma muestras de algunos gases de manera simultánea en 35 puntos de la ciudad.
- iii. Red de Depósito (REDEP): mide las partículas sedimentables en 35 puntos de Quito.



- iv. Red Activa de Material Particulado (RAPAR): toma muestras de material particulado en 11 puntos del Distrito.
- v. Red Meteorológica (REMET): miden de manera automática dentro de 6 estaciones, distintos elementos del viento, humedad, radiación solar, temperatura, precipitación y presión atmosférica.
- vi. Red de Monitoreo del Ruido Ambiente (REMRA): realiza monitoreo de ruido ambiental en tres estaciones fijas (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011).

Por otro lado, dentro de este grupo también podemos ubicar a las políticas de control de emisiones vehiculares realizadas actualmente por la Revisión Técnica Vehicular, antes parte de la ya desaparecida Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito - CORPAIRE . Esta entidad es la encargada de realizar chequeos de la situación mecánica, de seguridad, y también de las emisiones de todos los vehículos que se encuentran en circulación dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Las revisiones son de carácter obligatorio y se ajustan al cumplimiento de requisitos mínimos; cumplen con periodicidad anual para los vehículos individuales, y bianual para buses, taxis, camiones y camionetas. Para el caso de la medición de emisiones se utiliza tecnología especializada, la que permite realizar una evaluación técnica que está sujeta a diferenciar elementos como año de fabricación del auto, tipo de motor y combustible utilizado. Los límites máximos aplicados para este caso, se encuentran fijados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

El monitoreo es una de las principales políticas aplicadas en la ciudad de Quito que, de acuerdo a los informes anuales de calidad del aire presentados por la Secretaría de Ambiente, ha:

...contribuido... de manera directa en la disminución de los niveles de contaminación en el aire. Sin embargo, esta medida no es suficiente para mantener y peor aún disminuir los contaminantes emitidos a la atmósfera tomando en cuenta principalmente el elevado incremento anual del parque vehicular en el Ecuador” (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011: 18 – 20).

### **3. Medidas técnicas de reducción de emisiones**

Estas medidas son aplicadas con la finalidad de reducir progresivamente el volumen de emisiones contaminantes al aire, por medio de la aplicación de diferentes proyectos y programas tecnológicos.

Entre las tecnologías aplicadas a fuente móviles se encuentran los convertidores catalíticos, que son dispositivos instalados en los motores específicamente para reducir la emisión de gases nocivos al aire, y que deben ser sustituidos con determinada frecuencia para su efectivo funcionamiento. De igual manera, el Retrofit es un dispositivo para reducir las emisiones en vehículos que utilizan diésel como combustible, y que ha sido instalado en las unidades de transporte público municipal que integran el Corredor Ecovía.

Adicionalmente, el Municipio mantiene un programa de apoyo a innovaciones tecnológicas para la disminución de emisiones. Entre las propuestas se encuentran prototipos de vehículos con distintos cambios mecánicos, así como también ideas relacionadas a la creación de combustibles alternativos de bajo impacto ambiental en base de etanol, hidrógeno, aceite de palma, etc.

Los proyectos implementados han generado resultados positivos en el cuidado del ambiente. Sistemas de filtros ofertan reducciones del 88% de las emisiones (Eurofilt, 2013); mientras que otros como el de hidrógeno, estiman que su aplicación genera disminuciones del 61% en material particulado, 56% en hidrocarburos, 9% en CO y 2% en NO<sub>2</sub> (Salazar, 2012).

Medidas como éstas tienen impactos significativos al aplicarse en sistemas de transporte público que tienen una importante contribución en la contaminación del aire. Sin embargo, no llegan a eliminar las emisiones en su totalidad, y hasta en algunos casos incrementan la emisión de un tipo de gas para obtener la disminución de otro, anulando los beneficios ofrecidos.

Adicionalmente, este tipo de medidas requieren de una continuidad para la renovación de los dispositivos instalados en el momento que hayan cumplido con su tiempo de vida útil, lo cual no siempre se puede cumplir por falta de apoyo y compromiso de las instituciones ejecutoras y de los propietarios de los vehículos, generando que este tipo de medidas tengan una efectividad momentánea que disminuye y hasta desaparece en el mediano y largo plazos.

### Revisión técnica vehicular

A partir del año 1993 se implementó la “Revisión Técnica Vehicular” en la ciudad de Quito. Este sistema consiste en realizar una revisión periódica del estado mecánico, de seguridad, y de emisiones de todos los automotores que circulan en la ciudad, los cuales deben alcanzar estándares mínimos que se encuentran fijados por del Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Este control de las emisiones es realizado de acuerdo a cada tipo de vehículo, según su motor y año de fabricación.

Para los vehículos que utilizan diésel, se controla la opacidad (la intensidad de la coloración negra del humo de escape), utilizando opacímetros. En cambio para los motores que utilizan gasolina, se emplea un analizador de gases, para determinar las concentraciones de monóxido de carbono e hidrocarburos, dos de los principales contaminantes emitidos por estos vehículos (Secretaría de Movilidad, 2013: s/n).

En el caso de los vehículos particulares, este mecanismo de control debe ser cumplido de manera obligatoria una vez al año; mientras que los buses, camiones, camionetas y taxis, deben cumplir con dos revisiones anuales.

Si bien no se han realizado estudios que permitan evaluar los resultados directos de la aplicación de este mecanismo, la Secretaría de Ambiente de Quito en sus informes anuales de calidad del aire, atribuye a este sistema la reducción del CO: “las concentraciones de este contaminante se redujeron gradualmente a lo largo del tiempo, desde la instauración de la Revisión Técnica Vehicular en Quito...” (Secretaría de Ambiente de Quito, 2013: 13).

Sin embargo quedan dudas en cuanto al cumplimiento de la revisión, puesto que es común en la ciudad seguir viendo con gran frecuencia vehículos tanto particulares como pesados, que expiden enormes bocanadas de gases contaminantes. Surge entonces la pregunta: ¿cómo se encuentran circulando si no cumplen con los estándares fijados para aprobar la revisión vehicular? Una de las explicaciones que encontramos es que los propietarios de vehículos realizan arreglos técnicos con efectos momentáneos que les permite superar la revisión, pero que una vez pasado el efecto las emisiones se elevan a niveles no aceptables

Se revela entonces una deficiencia de esta política que podría ser minimizada ajustando los estándares establecidos, y mejorando las tecnologías utilizadas para la revisión vehicular, de tal manera que se logre identificar y sacar de circulación a aquellos que no cumplen con la medida.

#### Plan de renovación vehicular RENOVA

Es un plan dirigido a los vehículos de servicio público que ya han sobrepasado su período de vida útil. Su principal objetivo es la renovación del parque vehicular. Consiste en la ‘chatarización’ del automotor entregado, a cambio de un bono económico a ser utilizado en la adquisición de un auto nuevo con precios y crédito preferenciales.

A nivel nacional desde el año 2008 al 2011 se han ‘chatarizado’ cerca de 10.000 unidades entre taxis, buses y vehículos de carga (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

Considerando que los vehículos de mayor antigüedad son aquellos que generan mayor cantidad de emisiones al aire, esta iniciativa constituye una política positiva para la reducción significativa de la contaminación. Se puede estimar que un taxi de más de 12 años de antigüedad, que en promedio recorre anualmente 48.000 kilómetros, emite cerca de 1.500 kilogramos de CO al año; mientras que un taxi nuevo emite apenas 68 kilogramos en el mismo período.

Por otro lado, un bus de transporte urbano antiguo que recorre 90.000 kilómetros anualmente, emite aproximadamente 110 kilogramos de PM<sub>10</sub>, mientras que uno nuevo emite 43 kilogramos. Así, las diferencias entre las emisiones de todo tipo de vehículo con muchos años de uso, y las de uno nuevo, son sumamente significativas para los diferentes tipos de gases. La renovación vehicular es entonces una política de alto impacto en beneficio de la buena calidad del aire de la ciudad.

Mediante la aplicación de este mecanismo se asegura que el parque automotor no se incremente como consecuencia de la medida, constituyéndose así como una política eficiente y bien enfocada.

#### Pico y Placa

Es una medida de restricción vehicular aplicada en un área determinada de la ciudad. La política consiste en prohibir la circulación de automotores durante las horas de mayor

congestión vehicular (también conocidas como “horas pico”), de acuerdo a una calendarización definida según el último dígito de la placa. En la actualidad esta regulación limita el uso vehículo durante un día por semana. Su violación se encuentra sujeta a fuertes sanciones económicas y hasta la detención temporal del automotor.

El programa fue generado con diversos objetivos. El principal de ellos fue mejorar la complicada situación de movilidad que sufre la ciudad, disminuyendo la congestión, incrementando la velocidad promedio de circulación, reduciendo los tiempos de viaje, el ruido y los accidentes de tránsito. Otro de los objetivos, considerando que los vehículos reducen el kilometraje recorrido semanal, fue el disminuir las emisiones de gases contaminantes al aire.

La Secretaría de Movilidad, en el informe de evaluación del 2011, presentó un análisis comparativo de los niveles de contaminación entre mayo de 2010, año en que aún no se aplicaba la medida, y abril 2011 cuando ya se encontraba en aplicación. El reporte indica que:

Se observa que existe una disminución significativa de monóxido de carbono en las estaciones dentro de la zona de restricción (estaciones Belisario, Centro, El Camal y Guamaní) y un incremento de este contaminante fuera de la zona de aplicación.

Adicionalmente durante las horas valle (10:00 a 16:00) las concentraciones de monóxido de carbono (CO) han aumentado durante el último año (mayo 2010-abril 2011) (Secretaría de Movilidad, 2011: 1).

El informe concluye que el Pico y Placa ha tenido resultados efectivos en reducción CO y material particulado durante las horas y sectores de aplicación de la medida. Sin embargo, se registran incrementos de contaminación en las zonas donde no aplica la restricción vehicular, es decir que se está generando un desplazamiento de las emisiones hacia zonas periféricas de la ciudad, lo cual expande los riesgos hacia partes de la población que antes sufrían en menor medida de este problema.

Se requiere entonces una reevaluación de la medida que permita obtener resultados más efectivos, considerando la ampliación del área de aplicación para minimizar los desplazamientos de gases contaminantes ya mencionados.

De igual manera, es necesario considerar un incremento significativo de los horarios de aplicación de la medida para que al menos tenga vigencia de un día completo durante cada semana; de ésta manera estaríamos presionando a que las personas, en vez

de buscar acoplarse y mover sus horarios de circulación, cambien efectivamente el modo de transporte, optando por compartir vehículos, por utilizar transporte público o alternativo como bicicleta, etc.

#### Aplicación de impuestos verdes

A finales del año 2011 se realizó una reforma tributaria a la Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado (SRI, 2011). El conjunto de medidas incluye la fijación de tarifa 0% al Impuesto al valor agregado para vehículos híbridos, y tarifa 0% al Impuesto a los consumos especiales para vehículos híbridos cuyo precio sea inferior a 35.000 dólares. Además, se crea el Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular cuyo monto es calculado en función al cilindraje del vehículo y sus años de antigüedad:

El impuesto ambiental a la contaminación vehicular grava dos características relacionadas con la eficiencia del vehículo: el consumo de combustible -medido por el cilindraje del motor- y las emisiones de gases contaminantes -estimadas a partir de la antigüedad de los automotores-. Para ello, el impuesto se calcula en dos niveles:

(i) Un monto específico (en centavos de dólar) por cada centímetro cúbico del motor; se ha definido 7 tramos, según el cilindraje. A cada tramo le corresponde una tarifa que crece a medida que se incrementa el tramo del cilindraje. (ii) Un recargo o una sobretasa al resultado descrito en el punto anterior, que se calcula como un porcentaje que varía según la antigüedad del automotor. Para este segundo componente también se ha definido 5 tramos de antigüedad. Los primeros 1.500 c.c. de los vehículos no se consideran para el cálculo del primer componente del impuesto, pero sí para derribar la categoría a la que pertenece el automotor y, en consecuencia, la tarifa correspondiente.

Vale la pena mencionar que el diseño del impuesto, además de considerar variables ligadas a la contaminación vehicular, ha buscado mantener la progresividad económica. Por ello se han definido ciertas exoneraciones (los vehículos destinados al transporte público de pasajeros y de escolares, taxis, ambulancias, aquellos destinados al uso y traslado de personas con discapacidad) y tratamientos diferenciados (los vehículos de hasta 5 años y con motores hasta 1.500 c.c. no causan impuesto, los vehículos híbridos y eléctricos reciben descuento en el impuesto en lugar del recargo explicado en el punto (ii)) (Gutiérrez, 2013: 71, 72).

Por otra parte, la baja en los impuestos a los autos híbridos se constituye como un incentivo para su adquisición en lugar de un vehículo normal. Esta sustitución implica una reducción del 57% de las emisiones de gases nocivos de cada auto (Diario Hoy, 2009).

Esta política impositiva, cuyos resultados son más recaudatorios que de carácter ambiental, ha recibido duras críticas de la opinión pública:

La evaluación de la propuesta gubernamental de impuesto ambiental sobre emisiones vehiculares tiene algunas limitaciones en cuanto a progresividad económica y ecológica, a pesar de que los alcances recaudatorios son buenos, es necesario replantear el diseño de la política propuesta ya que se está contradiciendo a principios distributivos y ambientales de una PIE [Política Impositiva Ecológica] (Gutiérrez, 2013: 71, 132).

El impuesto, calculado de la manera que ha sido establecida por el gobierno, no llega a cumplir efectivamente con los objetivos planteados. No se ha reconocido reducción alguna de las emisiones de contaminantes que sean atribuibles a la aplicación de esta medida. El parque automotor tampoco ha sufrido disminuciones de tamaño, y por el contrario, continúa con su tendencia anual creciente.

La política no ha incentivado el cambio de modalidad de transporte; aquellas personas que han tomado la decisión de adquirir un vehículo, únicamente han incorporado esta carga impositiva dentro del costo de la compra. Se puede considerar que algunas personas han considerado el impuesto verde al momento de tomar la decisión de qué tipo de vehículo adquirir, inclinándose por aquellos de menor cilindraje; sin embargo en las calles continuamos viendo un acelerado incremento de transporte de alto cilindraje, lo cual nos sugiere que tampoco en este aspecto se ha logrado resultados efectivos.

En conclusión, es evidente que esta medida representa un fracaso en cuanto a los objetivos ambientales que supone alcanzar; únicamente tiene un efectivo nivel de recaudación, por lo que debería reformarse completamente su metodología de cálculo, o en último lugar desprenderse del sello ambiental.

#### Mejoramiento de la calidad de combustibles

El adecuado desempeño del motor de un vehículo depende en mayor medida de la calidad del combustible utilizado. La mala calidad de gasolinas, revelada en un bajo octanaje, genera que la combustión sea ineficiente y por ende provoca mayor cantidad de emisiones peligrosas. Por otra parte, la calidad depende también de un bajo contenido de azufre, elemento generador del SO<sub>2</sub>.

Se han aplicado entonces el Plan de Mejoramiento de Combustibles a nivel nacional, con el objetivo de mejorar el octanaje de las gasolinas súper y extra, y el diésel.

La última mejora fue aplicada en abril de 2011, cuando la gasolina extra de 81 octanos pasó a tener 87 octanos, mientras que la gasolina súper pasó de 90 a 92 octanos.

El objetivo planteado en la primera etapa del plan fue reducir el contenido de azufre de 2.000 a 650 partes por millón. No obstante, de acuerdo a estudios de monitoreo de la calidad de los combustibles, las gasolinas y el diésel mantienen un contenido promedio de 462 partes por millón.

El plan establece la reducción del azufre hasta llegar al menos a niveles de América Latina, es decir un máximo de 250 partes por millón.

Si el combustible es de mejor calidad se reducen las emisiones a la atmósfera, mejora la calidad del aire, se preserva la salud de la población y se mantienen los vehículos en buen estado mecánico (Petroecuador, 2012b: 1)

Si bien no existen estimaciones sobre el impacto de esta medida en la reducción de emisiones contaminantes, se puede decir que el efecto es positivo y significativo, considerando que los combustibles mejorados son consumidos por la totalidad del parque automotor local y nacional, reduciendo la emisión de gases en el 100% de vehículos. Al respecto la Secretaría del Ambiente menciona:

La disminución observada en las concentraciones de [dióxido de] azufre puede estar asociada a la disminución en las concentraciones de azufre en las gasolinas de uso automotriz, reportadas por la autoridad nacional de control (Secretaría de Ambiente de Quito, 2011: 13).

Considerando entonces que es una medida efectiva de alto impacto ambiental, se considera importante fortalecer este mecanismo de tal manera que la calidad de todas las gasolinas disponibles en el mercado vaya mejorando progresivamente.

### Bicicleta pública de Quito - BiciQ

Consiste en un sistema de alquiler de bicicletas con la finalidad de generar un cambio modal de la transportación en la ciudad. El sistema, replicado de experiencias internacionales, actualmente se encuentra conformado por 25 estaciones ubicadas en el centro y norte de Quito, y 425 bicicletas.

El servicio es ofrecido a un costo muy bajo que debe ser pagado mensual o anualmente tras la correspondiente inscripción. La modalidad del servicio es la siguiente: los usuarios se dirigen a cualquier estación BiciQ para retirar una bicicleta y transportarse



en la misma hacia otra de las estaciones de su elección, en un tiempo máximo de 45 minutos, para finalmente entregar la bicicleta en el lugar. Para una mejor implementación, el proyecto BiciQ estuvo acompañado de una ampliación y mejora del sistema urbano de ciclo-rutas.

Un estudio de movilidad realizado por el Municipio de Quito, indica que el 15,6% de los viajes realizados en un día laborable en Quito, son realizados en modos no mecanizados: esto es a pie en un 98%, y en bicicleta apenas un 2%. Es decir, aproximadamente 13.206 viajes diario son realizados en bicicletas (Instituto de la Ciudad de Quito, 2013).

El sistema cuenta con 2.563 usuarios, que realizan en promedio 1.000 viajes diarios durante la semana y 273 viajes en fin de semana. Si bien la BiciQ representa una parte mínima en relación al parque automotor de la ciudad, al igual que sus efectos en la disminución de contaminación, es importante señalar que la importancia del sistema radica en que se constituye como una alternativa ecológica de modo de transporte.

La oferta de esta atractiva opción de movilidad, incentiva al cambio en la modalidad de transporte de los habitantes. Un cambio que representa por cada usuario la eliminación de la totalidad de los gases contaminantes que se habrían emitido al aire, si la opción elegida hubiera sido el uso de un automotor.

Este es un ejemplo de política enmarcada dentro de la economía ecológica, incentivando cambios en los estilos de vida de los habitantes de la ciudad. Fortalecer el sistema Bici-Q no sólo permitirá evitar emisiones al aire, sino generar estilos de vida más sanos, promover ciudadanos más activos, con menos carga de estrés, más motivados, etc.

### Metro de Quito

El proyecto más grande que se encuentra en actual ejecución en la ciudad, es la creación del sistema Metro de Quito. Éste, en su primera línea, contempla la construcción de 15 estaciones que unirán a Quitumbe con el sector de El Labrador. La implementación de este nuevo sistema de transporte requiere de una elevada inversión económica, cercana a los 1.500 millones de dólares.

La inversión se justifica por el incremento de la capacidad de desplazamiento a 1.500 personas, permitiendo satisfacer una demanda esperada de 377.000 pasajeros por día en el 2016, y hasta 500.000 pasajeros al día en el 2030. Además, el tiempo de viaje se

reducirá significativamente a 34 minutos entre las estaciones extremas, mejorando la calidad de vida de los quiteños.

Además, el Metro de Quito fue también concebido y diseñado para dar una respuesta efectiva a los problemas ambientales generados en las últimas décadas por el desplazamiento de las personas en automotores contaminantes. El proyecto cuenta con estudio de impacto ambiental, y su correspondiente plan de manejo, donde se abordan todas las acciones que se ejecutarán para minimizar el impacto de la construcción, operación, mantenimiento, y cierre del proyecto.

Los estudios previos realizados, estimaron que para el año 2020 el parque vehicular de la ciudad, llegaría a duplicarse (y por ende los niveles actuales de contaminación vehicular asociados) si no se generan políticas drásticas que den soluciones a los problemas de movilidad. Con la entrada en operación del Metro, esta tendencia sería revertida, ocasionando la disminución en la concentración de gases contaminantes en el aire.

Como pudimos analizar, las principales políticas aplicadas para el cuidado del aire en el Distrito Metropolitano de Quito, se encuentran enfocadas en intervenir y mitigar la emisión de gases contaminantes de fuentes móviles. Si bien existen también proyectos, como la implementación de sistemas de Producción Más Limpia, que tienen como objetivo actuar en diferentes sectores productivos, es necesario reconocer que representan un esfuerzo minoritario en comparación con aquellos orientados hacia la movilidad en automotores.

#### **4. Políticas internacionales aplicadas para el cuidado del aire**

A nivel internacional los esfuerzos llegan a ser mayores. Generalmente las políticas aplicadas son medidas de reacción ante un problema evidente, mas no una medida de prevención. Para América Latina y El Caribe la situación no ha sido diferente; el creciente desarrollo urbano, el rápido incremento de la población, la expansión económica, el mayor nivel de consumo, entre otros, son los principales factores que determinan la contaminación de las principales ciudades.

El problema de contaminación del aire llegó a niveles críticos en Ciudad de México, Santiago de Chile y Sao Paulo en Brasil, generando alarma en sus habitantes y

reacciones en las autoridades, las cuales se vieron obligadas a aplicar disposiciones con un enfoque más integral. Fueron las primeras ciudades en realizar monitoreos permanentes de calidad de aire, medidas que actualmente son realizadas en las principales ciudades de la región y el mundo.

Las políticas aplicadas incorporaron enfoques sociales, de desarrollo urbano, de política industrial, fiscal, de transporte, salud, educación de los habitantes, entre otras, que buscaron revertir los alarmantes niveles de contaminación de las tres ciudades mencionadas, por medio de procesos en los que participaron un amplio número de sectores y una gran cantidad de actores económicos.

En lo que respecta al desarrollo del marco jurídico en América Latina y el Caribe, aproximadamente 11 países cuentan con normas nacionales de calidad del aire, y 13 se han fijado límites máximos de emisiones. De manera general se puede decir que 13 países de la región han implementado sistemas de muestreo de calidad del aire; 14 países realizan inventarios de emisiones; seis han desarrollado modelos de predicción; y más de 13 han aplicado medidas para controlar la contaminación del aire (CEPAL, 2001).

A continuación realizaremos un breve detalle de las principales políticas e iniciativas emprendidas en algunos países de América Latina con el objetivo de reducir las emisiones de gases nocivos y mejorar la calidad del aire.

#### Principales iniciativas aplicadas en Santiago de Chile

En la ciudad de Santiago de Chile se instaló una red de monitoreo de la calidad del aire desde el año 1988. A partir del año 1992 se establecieron normas de emisión aplicadas a nuevos vehículos, y desincentivos para la adquisición de aquellos que sobrepasen los límites fijados.

En 1996, Santiago de Chile es declarada mediante decreto como "...zona saturada por O<sub>3</sub>, material particulado, respirable, partículas totales en suspensión, y monóxido de carbono, y zona latente por dióxido de nitrógeno" (Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile, Decreto 66, 2010: considerando 1). En respuesta, para el año 1998 se aplica mediante Decreto Supremo el denominado Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (1998), donde se establecen instrumentos, normas y metas de calidad del aire, a ser alcanzadas en el año 2011, para cada uno de los gases contaminantes y sus principales fuentes.

Para el 2010, la ciudad dejó de encontrarse “...en condición de saturación para dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO), situación que en cambio persiste para material particulado respirable (PM<sub>10</sub>) y Ozono (O<sub>3</sub>)” (Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile, 2010: considerando 5). La propuesta incluye iniciativas como:

**Para el caso de vehículos:**

- Incentivos para el uso de buses de tecnologías limpias
- Instalación de dispositivos para el control de emisiones en buses a diésel
- Generación de bases de información actualizadas sobre las tecnologías aplicadas a la reducción de emisiones.
- Aplicación de filtros de partículas en vehículos
- Retiro del permiso de circulación de vehículos cuando no cumplen con la normativa establecida
- Calibración de motores
- Aplicación del programa de chatarrización de camiones
- Aplicación de incentivos para uso de vehículos de cero y baja emisión

**Para combustibles:**

- Fijación de estándares mínimos de la calidad de la gasolina y diésel comercializado en la ciudad
- Generación y uso de biocombustibles
- Fijación de normas para kerosene, gas licuado de petróleo

**Para sector industrial y comercial:**

- Acreditación anual de emisiones de fuentes estacionarias
- Aplicación de sistemas de monitoreo continuo
- Fijación de normas específicas
- Asignación de metas individuales de reducción de emisiones y aplicación de sistemas de compensación
- Generación de Acuerdos de Producción Limpia

**Para la calefacción de leña y otros:**

- Aplicación de un programa de sellos voluntarios para fabricantes e importadores de calefactores que cumplen con los límites de emisión, y la difusión de información a los consumidores
- Establecimiento de normas específicas para calefactores y sus combustibles

- Aplicación de catastro de calefactores

**Para la cadena de distribución de combustibles:**

- Instalación de válvulas de alivio de presión
- Instalación de sistemas de captura, recuperación y/o eliminación de vapores

Adicionalmente se aplicaron programas específicos de reducción de emisiones a causa de diversos factores, como uso de solventes, ceras, adhesivos, aerosoles, fugas de gases, quemas agrícolas, manejo de residuos, etc. Por otra parte, se aplicaron también programas enfocados en la gestión de áreas verdes, incentivos de uso de vehículos no motorizados, planes de lavado y aspirado de calles; junto con planes de seguimiento, evaluación, capacitación, difusión de información, manejo de episodios críticos de contaminación, etc.

Evaluación y resultados de las medidas aplicadas en Santiago de Chile

El Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana contemplaba la ejecución de auditorías con la finalidad de realizar una evaluación del impacto en la calidad del aire de Santiago de Chile. La primera auditoría efectuó el análisis hasta el año 1999, y registró una notoria disminución en la emisión de todos los gases nocivos considerados (excepto el O<sub>3</sub>), y por ende, una recuperación en la calidad del aire.

Si bien la calidad del aire en Santiago de Chile al año 1999 era aún preocupante, durante el período 1989 – 1999 la tendencia creciente de contaminación del aire fue revertida. La reducción en la concentración de PM<sub>10</sub> fue del 24%, mientras que para el material particulado menor a 2,5 micras fue del 47%. El mejor resultado se observa para el caso del CO “con una reducción desde 60 días sobre la norma en 1995, a 22 días durante 1998” (Larraguibel y O`Ryan, 2000: 162). Los registros de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> no presentaron excedencias a su normativa nacional; sin embargo, el O<sub>3</sub> continuó mostrando numerosas excedencias a la norma fijada en Chile.

La segunda auditoría realizada en el año 2005, indicó que los niveles de contaminación en la ciudad eran aún alarmantes, y que las mejoras en el período 2000 – 2005 no fueron significativas. A partir del año 2000 se reportó una mejora promedio del 2% anual únicamente para el caso de las PM<sub>10</sub>, mientras que para el resto de

contaminantes se registraron incrementos en los niveles de concentración (Lents et al., 2006).

La auditoría atribuyó la disminución de la efectividad del plan de descontaminación, a un recorte severo en el financiamiento. Una política de esta magnitud requiere un apoyo político permanente que facilite el flujo de recursos necesarios, de tal manera que permita realizar los adecuados ajustes de política.

Se lograron eliminar los eventos de emergencia por contaminación atmosférica en Santiago de Chile. No obstante, la calidad del aire sigue encontrándose muy distante de los niveles recomendados por la OMS, representando aún un riesgo latente para sus habitantes. El descenso del apoyo puede ser atribuido entonces, a la inexistencia de situaciones críticas que pongan en situación de alerta a la población y a las autoridades; es decir, a la falta de conciencia ambiental.

#### Principales iniciativas aplicadas en la Ciudad de México

Los niveles críticos que se alcanzaron de contaminación del aire, llevó a la Ciudad de México a ser el caso más representativo de la región. El marco regulatorio es amplio, tienen importantes sistemas de recolección de información a través de redes de monitoreo, etc.

Hasta el año 1984 un débil marco legal establecido, constituía el principal instrumento público de acción ambiental; a partir de entonces se generan una serie de cambios que elevan la importancia del equilibrio ecológico y obligan a las autoridades, instituciones y a los ciudadanos a respetar y cuidar el ambiente. En 1988 se publican las Normas Técnicas Ecológicas que incluían tres normas específicas para tratamiento de la contaminación del aire (Micheli, 2002).

En el año de 1990 se aplica el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica del Valle de México -PICCA-, enfocado en disminuir las concentraciones de los principales gases contaminantes a través de:

- a) el mejoramiento de la calidad de los combustibles, b) la reducción de emisiones en vehículos automotores, c) la modernización tecnológica y el control de emisiones en industrias y servicios, y d) la restauración ecológica de las áreas boscosas que circundan al Valle de México (Comisión Ambiental Metropolitana, 2011: 13).

A partir de 1994 se empiezan a aplicar políticas drásticas de mayor impacto. Uno de los principales instrumentos son los Programas para mejorar la Calidad del Aire - PROAIRES-, que son medidas para el control y abatimiento de las emisiones de carácter más puntual y técnico. Las PROAIRES se enfocan en varios tipos de medidas: transformación del sistema de transporte público, viabilidad, calidad de los combustibles, ordenamiento urbano y modernización del parque vehicular de México.

Las medidas específicas, fueron acompañadas por el incremento de los sistemas de monitoreo atmosférico, permitiendo generar la información fundamental para la evaluación y la toma de decisiones. Los principales instrumentos aplicados pueden ser resumidos de la siguiente forma:

#### **Sector industrial, hogares y de servicios:**

- Aplicación de normativas más estrictas
- Programas de autorregulación
- Programas de contingencia
- Instalación de equipos de control
- Aumento en la calidad de los combustibles
- Instrumentos económicos
- Uso de estufas eficientes en el hogar para la cocción de alimentos
- Aplicación de campañas de sensibilización y difusión de información

#### **Transporte:**

- Programas de restricción vehicular
- Normas más estrictas
- Modernización del sistema de verificación vehicular
- Renovación del parque automotor
- Mejoramiento de la calidad de los combustibles
- Mejoramiento del sistema de transporte público
- Programas de incentivos para la introducción de mejores tecnologías

#### **Recuperación de espacios:**

- Recuperación de áreas verdes
- Programas de reforestación

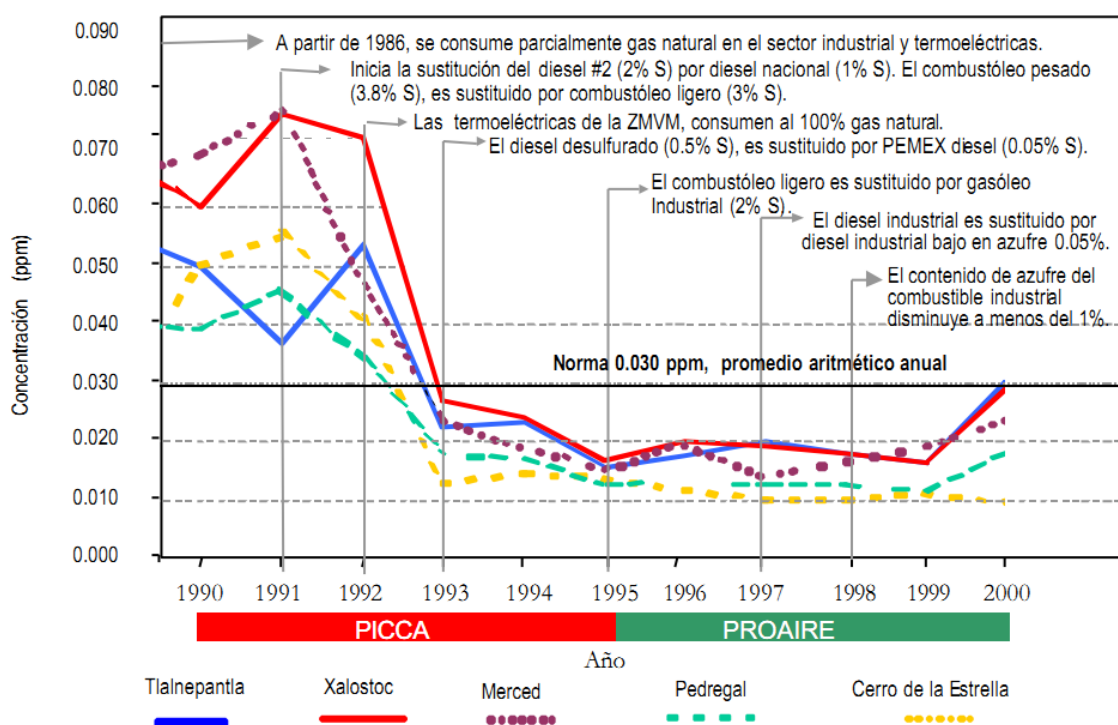
- Programas de pavimentación (CEPAL, 2007).

### Evaluación y resultados de las medidas aplicadas en Ciudad de México

Considerando el período 1988 – 1994, es decir previo a la aplicación de los PROAIRES, se registraron mejoras considerables para el caso del CO, SO<sub>2</sub> y plomo; mientras que para las partículas y O<sub>3</sub>, se mantuvieron altos niveles de excedencias a las normas mexicanas

La tendencia en el período 1990-2000 muestra importantes reducciones en los principales gases contaminantes: CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, material particulado, plomo y SO<sub>2</sub>. En el gráfico No. 24 se muestra la evolución de la concentración de SO<sub>2</sub> de acuerdo a las medidas aplicadas:

**Gráfico 24. Tendencia del monitoreo atmosférico del SO<sub>2</sub> y principales acciones para reducir sus emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México, 1990-2000**



Fuente: Comisión Ambiental Metropolitana, 2011: 15



La evolución muestra la drástica caída de la concentración de SO<sub>2</sub> a partir del año 1991, cuando se encontraba ya en aplicación el PICCA. La tendencia observada es similar a la registrada en el resto de gases contaminantes, evidenciándose la efectividad de las medidas aplicadas.

A partir del año 2000, la tendencia decreciente se mantuvo para el SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>2</sub>. Durante el período 2000 – 2011, la concentración media anual de SO<sub>2</sub> bajó en 68%, mientras que para el CO la reducción fue del 61%, y para los NO<sub>2</sub> del 15%. Se evidencia entonces el éxito de las medidas dirigidas a la reducción de estos tres gases contaminantes.

Para el caso del O<sub>3</sub>, las reducciones se mantuvieron hasta el 2006, posteriormente la tendencia disminuye hasta registrar pequeños incrementos en el año 2011. Las tendencias de material particulado por su parte, presentan tendencias constantes sin variaciones significativas.

El considerar a las medidas aplicadas en la Ciudad de México como una política exitosa, no implica que la ciudad haya superado sus problemas de contaminación del aire. El éxito radica en la drástica reducción de los niveles alarmantes de contaminación alcanzados: “El problema era de tal severidad que la Ciudad de México fue reconocida como la ciudad más contaminada del planeta” (Secretaría del Medio Ambiente, 2011: 1).

Al igual que el caso chileno, en la Ciudad de México se logró superar con éxito la emergencia ambiental por la contaminación del aire. Sin embargo, la calidad aún se mantiene en niveles de riesgo para sus habitantes.

Son éstas las principales medidas aplicadas en Chile y México, que como podemos analizar, tienen un esquema bastante común que les ha permitido disminuir la velocidad con la que se generaban enormes toneladas de emisiones, mejorando la calidad del aire y también la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, los estudios y reportes muestran que aún tienen mucho camino por recorrer para llegar a niveles óptimos de calidad del aire.

A continuación se presenta un cuadro comparativo donde se resumen las principales medidas aplicadas en Quito, Santiago y México D.F:

**Tabla 11. Comparativo de políticas aplicadas para el cuidado del aire**

Principales políticas aplicadas	Santiago de Chile	México D.F.	Quito
<b>Transporte</b>			
Instalación de dispositivos de control de emisiones	x	x	
Instalación de filtros	x	x	x
Retiro de circulación al no cumplir con la norma establecida	x	x	x
Programas de calibración de motores	x		
Programas de chatarrización	x	x	x
Incentivos económicos para uso de vehículos ecológicos	x	x	x
Programas de restricción vehicular		x	x
Mejoramiento de transporte público		x	x
<b>Combustibles</b>			
Fijación de estándares mínimos de calidad	x	x	x
Generación y uso de biocombustibles	x	x	x
Instalación de sistemas de control de gases en cadena de distribución	x	x	
Aumento de calidad		x	x
<b>Sector industrial, hogares y servicios</b>			
Fijación de estándares mínimos de calidad	x	x	x
Monitoreo anual de fuentes estacionarias	x	x	x
Asignación de metas de reducción de emisiones	x		
Aplicación de sistemas de compensación	x	x	
Incentivos de producción limpia	x	x	x
Programas de estufas eficientes		x	x
<b>Otros</b>			
Generación de información sobre emisiones y contaminación	x	x	x
Aplicación de sellos y reconocimientos verdes	x	x	x
Programas específicos a fuentes emisoras	x	x	
Gestión de áreas verdes	x	x	x
Programas de limpieza ambiental - aire	x	x	

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. Conclusiones

Tal como hemos visto en el presente capítulo, el paso principal constituye el construir una normativa no permisiva que asegure el cumplimiento de adecuados estándares de calidad del aire. En base a éste se pueden construir programas específicos que reduzcan y controlen efectivamente las emisiones de cada uno de los gases nocivos.

En el Ecuador, si bien se estableció en el 2003 una Norma de Calidad del Aire Ambiente que fijaba normas para los principales gases contaminantes, éstas fueron instauradas a niveles bastante permisivos que representaban aún importantes riesgos para el ambiente y la salud de los ecuatorianos. La última reforma aplicada en el año 2011 constituye un paso importante para el cuidado del aire en nuestro país, pues como ya vimos, muchos de los techos bajan significativamente, se acercan y hasta igualan los valores guía presentados por la OMS.

Los análisis de calidad del aire en Quito, fueron analizados tomando como referencia los valores fijados en la reforma del año 2011. Tras el estudio detallado por cada uno de los gases se puede observar que, si bien la mayoría cumplen con los techos fijados en la normativa, también se están superando en gran parte de ellos a las guías de la OMS. Esto significa que los habitantes de la ciudad de Quito, se encuentran expuestos a niveles de concentración de contaminantes que son perjudiciales para su salud, y pueden afectar su calidad de vida.

Por su parte, las autoridades se encuentran encaminadas en generar políticas que permitan revertir la tendencia y mejorar la calidad del recurso aire. Hemos revisado las distintas medidas aplicadas en el Distrito, que incluyen programas de aplicación de filtros, renovación vehicular, restricción vehicular, aplicación de desincentivos económicos, mejora en la calidad de combustibles, y cambios en la modalidad de sistemas de transportación.

Resalta que la política pública se encuentra casi en su totalidad enfocada hacia las fuentes móviles; sin embargo, esta afirmación requiere de un análisis más a profundidad. La mayor parte de políticas aplicadas en Quito y detalladas en el presente capítulo, han tenido como objetivo principal resolver los graves problemas de movilidad que enfrenta la ciudad, y han tenido como efectos secundarios la reducción de emisiones contaminantes y el mejoramiento de la calidad del aire.

## **CAPÍTULO IV CONCLUSIONES**

El presente capítulo tiene como finalidad identificar y resumir las principales conclusiones a las que se ha llegado durante todo este estudio. Con este propósito, el capítulo es organizado en las siguientes secciones: en la primera sección se revisa brevemente las bases teóricas con que la economía tradicional y la economía ecológica abordan los problemas ambientales que se derivan de la “crisis civilizatoria”.

En la siguiente sección se repasan los efectos de la contaminación en la salud de las personas, y se da respuesta a las cuatro preguntas secundarias planteadas en esta investigación: a) ¿Cuál es la principal fuente de la contaminación del aire en el Ecuador?, b) ¿Se cumplen los estándares de calidad del aire en la ciudad de Quito?, c) ¿Cómo se ha abordado el problema de contaminación desde la política pública?, y finalmente, c) ¿Se requieren políticas distintas para tratar los problemas de contaminación del aire en la ciudad de Quito?

En una tercera sección se evaluará la hipótesis planteada para este trabajo y su principal pregunta de investigación. Finalmente, en una última sección se presentan las recomendaciones para posteriores investigaciones que sean complemento a este estudio.

### **1. La problemática identificada y su marco conceptual**

Los ecosistemas cumplen funciones ecológicas que son indispensables para mantener la vida en el planeta. El funcionamiento de los ciclos vitales, solo puede garantizarse en condiciones de equilibrio del sistema, cuya capacidad de resiliencia se ve continuamente amenazada por una actividad antrópica que supera los umbrales ecológicos. La humanidad ha provocado una crisis ambiental de la cual vemos efectos evidentes.

Los recursos no son infinitos. Los criterios básicos de la sostenibilidad nos enseñan que los recursos naturales renovables deben ser utilizados de tal forma que la tasa de extracción no supere la de regeneración natural, y que la tasa de emisión de residuos y contaminantes no sobrepase la capacidad de absorción del ambiente.

Estos criterios de sostenibilidad, sin embargo, no son considerados en el modelo económico tradicional. La corriente teórica neoclásica alienta el crecimiento económico sin límites biofísicos, y lo asume como el camino para promover el bienestar social. Este

modelo no contempla la dependencia existente respecto de la naturaleza, proveedora de recursos naturales y repositorio de residuos.

Dentro de esta lógica, las medidas de desempeño y estadísticas macroeconómicas se enfocan en estimar el crecimiento económico, asumiéndolo como medida equivalente al bienestar. Sin embargo, no consideran aquellos factores sociales y ambientales, generando información que no refleja la realidad. Nace entonces la economía ambiental, corriente neoclásica que se especializa en el uso óptimo de los recursos, y sostiene que el desarrollo tecnológico permitiría garantizar la sostenibilidad del sistema, al mantener un stock total de capitales.

Una perspectiva teórica crítica respecto de los postulados de la teoría neoclásica ambiental, es la Economía Ecológica, la misma que considera a la economía como un sistema abierto dependiente de las funciones de la biósfera. Dentro de este paradigma, en respuesta a la incompatibilidad entre sostenibilidad y las trayectorias actuales del crecimiento económico, nacen nuevas propuestas y alternativas como el decrecimiento económico.

En el Ecuador existen algunos estudios económicos que analizan el agotamiento de los recursos petrolero y forestal; sin embargo, no existen trabajos que abarquen la problemática de la contaminación del aire desde una perspectiva de economía ecológica. Así, uno de los retos de esta tesis fue estudiar la situación de este recurso vital en el caso del Ecuador, y explorar opciones de política que permitan garantizar la sostenibilidad en un sentido fuerte del recurso.

## **2. Contaminación del aire en el Ecuador: la calidad del aire y su vínculo con la salud, ¿la política pública es efectiva?**

Se identifican los efectos en la salud de los seres humanos ante la presencia de altos niveles de concentración de los principales gases nocivos en el aire. La exposición a elevadas concentraciones de aquellos gases contaminantes que encontramos en mayor proporción en el aire a nivel nacional, produce importantes daños en la salud de los ecuatorianos.

Así, identificamos que el NO<sub>2</sub> debilita el sistema inmunológico, y afecta al sistema respiratorio de las personas que lo inhalan con frecuencia y en altas concentraciones. La exposición a material particulado también afecta al sistema respiratorio, pero además,

genera problemas cardiovasculares y agrava enfermedades preexistentes. Por su parte, el SO<sub>2</sub> provoca disminución en las capacidades pulmonares y agudiza cuadros de problemas respiratorios como el asma.

Se reconoce que para todos los casos, la población más vulnerable se encuentra constituida por personas con una salud debilitada, niños y adultos mayores; lo cual empeora la problemática considerando que son éstos los que requieren de mayor cuidado y atención por parte de la sociedad y del Estado.

En esta tesis se estudia la situación actual de la contaminación del aire en el Ecuador, durante el período 2006 – 2011. Se identificaron los principales problemas ambientales y por ende, los principales focos de riesgos para la salud, en las ciudades de Guayaquil y Quito. Se toma como estudio de caso a Quito para evaluar las políticas públicas. La investigación se organizó en función de dar respuesta a cuatro preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es la principal fuente de la contaminación del aire en el Ecuador?

En base a la metodología establecida por la División de Estadísticas de las Naciones Unidas, se realizó el cálculo de las emisiones de gases contaminantes a nivel nacional para el período 2006 – 2011. La importancia de la aplicación de esta metodología radica en la posibilidad de generar comparaciones entre países para evaluar la situación de la contaminación del aire, en un marco estandarizado. Algunos países que lo han aplicado son Colombia, México, Estados Unidos, Canadá, Japón, Filipinas, entre otros (Naciones Unidas, 2002), mientras que para el Ecuador, este constituiría el primer cálculo realizado.

Para las estimaciones se consideró la clasificación según la fuente emisora del gas contaminante: a) fuentes móviles, que corresponden a los vehículos que circulan dentro del territorio nacional; b) fuentes fijas, relacionadas a instalaciones que realizan procesos industriales, comerciales o de servicios; y, c) fuentes de área, donde se incluye a otros tipos de fuentes.

Los cálculos se efectuaron mediante la aplicación de diferentes factores de emisión, los mismos que permitieron identificar las emisiones anuales en toneladas métricas de cada uno de los gases nocivos, según su tipo de fuente.

Los resultados muestran que entre 2006 y 2011, la generación acumulada de gases contaminantes crece cerca de 64%, a un promedio anual de 15%, generándose solo

durante el último año aproximadamente 2.477 mil toneladas de CO, NO<sub>2</sub>, hidrocarburos, material particulado, CH<sub>4</sub>, COV, COT, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y aldehídos.

Al desagregar por fuentes esta información, se encuentra que las fuentes móviles comprenden el 82% de las emisiones totales en 2011, y son a su vez el tipo de fuente que más ha crecido durante el período de análisis; se calcula que crecieron en un 76% entre 2006 y 2011. Es decir, la principal fuente de contaminación del aire en el Ecuador son los vehículos de transporte. Los contaminantes que se derivan de esta fuente son: 85% de CO, 8% de hidrocarburos, 7% de NO<sub>2</sub>, y 0,39% entre material particulado, CH<sub>4</sub>, COV y COT.

Las fuentes fijas producen el 6% de la contaminación del aire en el Ecuador y muestra un crecimiento acumulado de 50% entre 2006 y 2011. Los contaminantes generados por esta fuente son: SO<sub>2</sub> en 78%, NO<sub>2</sub> en 14%, PM<sub>10</sub> en 5%, CO en 3%, y 1% entre CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, COV y COT.

Finalmente, las fuentes de área comprenden el 12% de la contaminación, y crecen más lentamente en relación al resto de fuentes, en 15% acumulado hasta 2011. Las emisiones de esta fuente están conformadas en 56% de COT, 40% de COV, 2,5% de CO y NO<sub>2</sub>, y 1% de CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, material particulado y aldehídos.

Se observa que las mayores concentraciones del parque automotor nacional se encuentran ubicadas en las ciudades de Guayaquil y Quito, lo cual indica que son las ciudades con mayores índices de contaminación a nivel nacional.

La ciudad de Quito en particular, se encuentra en un estado de mayor vulnerabilidad a la contaminación considerando sus características geográficas: su localización a 2.810 metros sobre el nivel del mar y el estar rodeada de montañas, dificultan los procesos de combustión y ventilación. Por estos aspectos de mayor riesgo, Quito fue la ciudad seleccionada para realizar el estudio de caso que permite identificar la efectividad de las políticas públicas aplicadas.

## 2. ¿Se cumplen los estándares de calidad del aire en la ciudad de Quito?

Para estudiar este aspecto se realiza una exploración de la normativa ecuatoriana para la calidad del aire, la misma que es contrastada con las normas de Colombia, México, Chile, Estados Unidos y la Unión Europea. Además, se realiza comparaciones con las guías publicadas por la OMS, las mismas que fueron fijadas en base a estudios técnicos que

establecen los valores máximos de contaminantes del aire, a los cuales un ser humano puede estar expuesto sin poner en riesgo su salud. Las normas nacionales constituyen el estándar mandatorio que debe ser cumplido en todo el territorio nacional. No obstante, la principal referencia a nivel internacional son las guías de calidad del aire publicadas por la OMS, cuyos valores fueron fijados de acuerdo a estudios especializados y a criterios técnicos.

Una vez identificados los estándares a considerarse, se examinó la información disponible de la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito. El Índice quiteño de calidad del aire, que utiliza el Municipio de Quito como herramienta de monitoreo de la calidad del aire, reporta un estado en relación a los estándares nacionales, entre aceptable y óptimo para NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Sin embargo, este índice no provee mayores herramientas para realizar un estudio a mayor profundidad, ya que no expresa los verdaderos riesgos a los cuales está expuesta la población por la concentración de contaminantes. Por lo cual se procedió con la identificación de las concentraciones medias anuales de los diversos gases contaminantes, permitiéndonos comparar y dimensionar en qué medida se está sobrepasando la norma nacional y las guías de la OMS, y cuáles son los contaminantes en problema que ponen en riesgo a la población. Además, se revisó el número de excedencias anuales a la norma y las guías, para identificar cuáles son los gases nocivos que representan un mayor problema. El resumen es mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Comparativo de los estándares nacionales e internacionales y número de excedencias acumuladas en el período 2006 - 2011**

Contaminante	Tiempo promedio de exposición	Estándares Nacionales		Estándares Internacionales	
		NCAA (2011)	Número de excedencias	OMS (2005)	Número de excedencias
PM <sub>2.5</sub>	24 horas	50	9	25	778
O <sub>3</sub>	8 horas	100	12	100	12
NO <sub>2</sub>	1 hora	200	0	200	0
SO <sub>2</sub>	24 horas	125	0	20	276
CO	8 horas	10.000	0	-	-
	1 hora	30.000	0	-	-

**Fuente:** TULAS (2011), OMS (2006), Secretaría de Ambiente de Quito (2006-2011)



En lo que respecta al PM<sub>10</sub>, debido a que el monitoreo de este contaminante no es realizado con periodicidad diaria, no es posible determinar el número de días que excedieron los estándares. Sin embargo, las concentraciones medias anuales exceden a las guías de la OMS durante todo el período 2006 - 2011.

En resumen, respecto de la normativa nacional el PM<sub>10</sub>, el SO<sub>2</sub> y el CO no presentan excedencias a la norma, cumpliendo los estándares nacionales. Por el contrario, el material PM<sub>2,5</sub> y el O<sub>3</sub>, no cumplen con la normativa.

Por otro lado, respecto de los estándares de la OMS, todos los gases, a excepción del CO, presentan excedencias a sus valores guía. Es decir, no se cumplen con los estándares de calidad del aire de referencia para mantener fuera de riesgo la salud de los quiteños.

El análisis muestra que la situación más crítica en la ciudad de Quito, es la relacionada con el material particulado; mientras que otro punto crítico es la exposición al SO<sub>2</sub>. La situación es entonces compleja; mientras mayores sean los niveles en que se excede los estándares de la OMS, los riesgos se incrementan y mayores serán los efectos negativos en la salud de las personas. De igual manera, en la medida en que el número de excedencias sean mayores, crecerá el número de personas expuestas a los riesgos de la inhalación de los gases contaminantes.

3. ¿Cómo se ha abordado el problema de contaminación desde la política pública? Para dar respuesta a esta pregunta, es importante identificar las políticas públicas aplicadas que están enfocadas y tienen como objetivo principal, la reducción de las emisiones y el cuidado de la calidad del aire. Además, se identifican también aquellas políticas que fueron creadas con un objetivo diferente, pero cuya aplicación generó como efecto secundario reducciones en las emisiones de gases nocivos.

Dentro de las primeras, aquellas creadas con el objetivo principal de cuidado ambiental, se incluye la expedición de las normas de calidad del aire desde el año 2003. Este constituye el primer paso fundamental para abordar el problema de la contaminación del aire desde la política pública.

En un inicio se aplicó una normativa bastante laxa que fijó límites elevados de concentración de gases, lo cual no significó un mayor esfuerzo en la mitigación de contaminantes. En atención a esta debilidad legal, en el año 2011 entra en vigencia la

reforma de la normativa nacional, la misma que establece límites más exigentes para los casos de materiales particulados, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, e introduce límites para el benceno. Incluso, muchos de los valores fijados ya son equivalentes a las guías de la OMS; tal es el caso del O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y el CO.

Otra de las políticas implementadas dentro de este marco, es la creación de sistemas de monitoreo. A partir del año 1994, la REMMAQ es la entidad encargada de realizar la medición permanente de los niveles de calidad del aire en la ciudad. Constituye ésta la principal fuente de información que ha permitido dar seguimiento al cumplimiento de las normas nacionales y establecer los comparativos con las guías.

Se han aplicado mecanismos de mejoramiento de calidad de combustibles, lo cual ha permitido reducir el contenido de azufre de las gasolinas de 2.000 a 462 partes por millón; registrándose a su vez, disminuciones en las concentraciones anuales de SO<sub>2</sub>. Además, se han aplicado tecnologías como el sistema Retrofit, y se han mantenido programas de apoyo a innovaciones que permiten reducir las emisiones de gases de las diferentes fuentes.

Una de las políticas aplicadas desde el año 1993, es la revisión técnica vehicular, la misma que consiste en someter a los vehículos a controles periódicos de emisiones de gases, con la finalidad de que cumplan con estándares de emisión máxima. Si bien no existen estudios sobre el impacto de esta política, la Secretaría de Ambiente de Quito le atribuye las reducciones en la concentración de CO, evaluándola como una medida efectiva.

Dos de las últimas políticas aplicadas en los últimos años fueron la fijación de impuestos verdes a los vehículos, y la creación de incentivos para la adquisición de automóviles ecológicos. Como pudimos analizar, el impuesto ambiental a la contaminación vehicular cumple con fines recaudatorios más que con fines ambientales, lo cual nos permite evaluar negativamente como política para reducción de emisiones al aire. Por el contrario, el incentivo a los autos híbridos tiene efectos positivos, ya que la sustitución de un vehículo normal a uno híbrido, evita en 57% las emisiones de gases contaminantes.

Por otra parte, se han analizado algunas de las principales políticas que han tenido como efecto secundario la reducción de emisiones en la ciudad de Quito. Dentro de éstos, se identificó como uno de los más efectivos al plan de renovación vehicular estatal “Plan

RENOVA”. La diferencia entre las emisiones de un vehículo antiguo comparadas con las de un vehículo nuevo que cuenta con mejores tecnologías de combustión, son bastante significativas para todos los tipos de gases contaminantes. Como muestra, se puede estimar que en el período 2008 – 2011, esta política evitó la emisión de cerca de 9.000 toneladas de CO, únicamente por la ‘chatarización’ de taxis. Igualmente, la renovación de buses evitó la emisión de aproximadamente 170 toneladas de PM<sub>10</sub>.

Esta medida resulta efectiva para dar respuesta a la problemática de contaminación del aire, sin embargo, es una política con un alto costo económico para el Estado, limitando su aplicación. Hasta el año 2011 se han renovado cerca de 10.000 unidades.

Otra de las medidas que ha tenido resultados positivos, es la restricción vehicular “Pico y Placa”, creada con la finalidad de mejorar la movilidad en la ciudad durante las horas de mayor congestión. La Secretaría de Movilidad de Quito reconoce una disminución de las concentraciones de CO y material particulado durante las horas y sectores de aplicación de la medida. No obstante, la mejora en la calidad del aire se limita a los sectores y horarios a los cuales se aplica la restricción; siendo necesario evaluar su ampliación, tanto geográfica como horaria con la finalidad de ampliar los beneficios registrados.

La Bicicleta Pública de Quito – BiciQ por su parte, moviliza a 2.563 personas con cero emisiones. Si bien esta iniciativa no puede ser masificada por las difíciles características geográficas de la ciudad, representa una valiosa alternativa para un sector de la población que se traslada en tramos de menor extensión. La importancia de esta política radica en la toma de conciencia ambiental, y en la posibilidad del cambio modal de transporte.

El proyecto, aún en proceso de construcción, Metro de Quito, se presenta como un sistema con el cual se espera un cambio en la tendencia creciente de emisiones al aire por fuentes móviles. Los estudios preliminares del Metro estimaron que sin la implementación de este proyecto, el parque automotor se duplicaría para el año 2020, y con éste, sus emisiones de contaminantes. Se presenta entonces como una de las principales políticas, de la cual se derivan ambiciosas expectativas con respecto a la calidad del aire de Quito.

En resumen, se reconoce que se encuentran en aplicación una variedad de políticas públicas dirigidas al cuidado del aire en la ciudad de Quito. Sin embargo, muchas de las medidas aplicadas que han tenido resultados efectivos en la reducción de emisiones al aire, han sido creadas con objetivos distintos al cuidado ambiental. Es decir, se evidencia que las autoridades estatales y locales están otorgando mayor cuidado y recursos a otro tipo de problemas, principalmente al de la movilidad; mientras dejan a los problemas de calidad del aire en un segundo plano, sin una atención prioritaria.

4. ¿Se requieren políticas distintas para tratar los problemas de contaminación del aire en la ciudad de Quito?

Con la finalidad de evaluar si las políticas aplicadas en el Distrito Metropolitano de Quito son suficientes y adecuadas para dar respuesta efectiva a los problemas de contaminación del aire, se analizaron cuáles fueron las principales políticas aplicadas en dos casos emblemáticos en América Latina: Santiago de Chile y Ciudad de México, ciudades que han llegado a niveles críticos de contaminación del aire.

Santiago de Chile mantiene una amplia red de monitoreo de calidad del aire desde el año 1988. A partir del año 1996 se declara a la ciudad como zona saturada de contaminantes, y en respuesta entra en vigencia el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana. El plan incluye un programa integral y específico para disminuir las emisiones de las principales fuentes contaminantes. Entre las políticas aplicadas se encuentran sistemas de incentivos de tecnologías limpias; desarrollo de sistemas de información; aplicación de tecnologías de reducción de gases; programas de renovación automotriz; asignación de metas y sellos ecológicos, entre otros.

Los resultados obtenidos con la aplicación del plan de descontaminación chileno fueron positivos. El mayor éxito se logró en la primera década, reduciendo significativamente las concentraciones de los principales gases contaminantes, a excepción del O<sub>3</sub>, lo cual permitió salir del estado de emergencia ambiental en el que se encontraba Santiago de Chile. La segunda auditoría indica que para el período 2000 – 2005, las reducciones en las concentraciones de gases nocivos fueron menos aceleradas, y el incremento en la calidad del aire no fue significativo. La falta actual de apoyo político y económico al plan de descontaminación, ha provocado que se registren nuevos

incrementos en los niveles de contaminación durante los últimos años, perdiendo la efectividad que se registró en el periodo inicial de aplicación.

Por otro lado, para el caso de la Ciudad de México, desde el año 1990 se inició la aplicación del PICCA, para posteriormente emprender en 1994 un plan drástico de aplicación de políticas de alto impacto. Uno de los principales instrumentos son los PROAIRES, conformados por una serie de medidas para control y abatimiento de la contaminación del aire. Entre las políticas públicas más relevantes tenemos: aplicación de mejoras al sistema de transporte público; programas de restricción vehicular; renovación del parque automotor; aplicación de instrumentos económicos para incentivar o desincentivar consumos; generación de campañas de sensibilización, programas de recuperación de espacios verdes, entre muchos otros.

Los estudios revelan que el programa aplicado tuvo un completo éxito desde 1991 hasta 1995, período en el que se logra reducir drásticamente las emisiones de CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, material particulado, plomo y SO<sub>2</sub>. Para el período 2000 – 2011, se mantuvo la tendencia decreciente para el SO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>2</sub>, mientras que para el resto de contaminantes no se registraron mejoras significativas.

Al analizar los casos de Santiago de Chile y Ciudad de México, se destaca las similitudes en la evolución de la contaminación desde que se presentaron los episodios de emergencia, hasta la actualidad. En las dos ciudades se aplicaron programas integrales que permitieron una reducción acelerada de las emisiones hasta salir de los episodios de crisis. En los años posteriores, las emisiones no registran disminuciones significativas, y en ciertos casos hasta vuelven a incrementarse ligeramente. Este comportamiento se debe a que, una vez superados los períodos de emergencia, el problema ambiental pierde el interés político, económico y social, dejándolo nuevamente sin prioridad y en un segundo plano.

Por otra parte, se identificaron que varios de los instrumentos más efectivos, fueron aplicados de manera común en Quito, Santiago de Chile y Ciudad de México: instalación de filtros en vehículos, programas de renovación del parque automotor, retiro del permiso de circulación de vehículos cuando no cumplen con los estándares, mejoramiento de calidad de combustibles, y programas de incentivos para uso de tecnologías más limpias, acompañados de ajustes en las normativas y monitoreos continuos de la calidad del aire.

Si bien gran parte de los principales instrumentos utilizados en las dos ciudades, son similares a los aplicados en la ciudad de Quito, es necesario notar que difieren en su concepción inicial. Santiago de Chile y Ciudad de México enfrentaron episodios extremos de crisis ambientales que forzaron a las autoridades a poner en ejecución programas integrales para la reducción drástica de contaminantes del aire.

Como pudimos evidenciar, los programas exitosos están conformados por numerosos instrumentos que abarcan la problemática desde sus diferentes ámbitos y fuentes. Las políticas fueron aplicadas en distintos sectores: industrial, comercial, energético, hogares, servicios, transporte. Se acompañó además de ajustes en normativas, políticas de seguimiento y control, desarrollo y socialización de información, entre otros varios.

La ciudad de Quito no ha alcanzado aún niveles críticos de contaminación del aire como los vividos en Chile y México. No obstante, la tendencia de contaminación se mantiene creciente, dentro del camino hacia niveles de emergencia. Las alarmas se han encendido desde hace varios años, sin embargo, no se está prestando la atención necesaria.

Quito cuenta con importantes propuestas para combatir la contaminación del aire; sin embargo, la falta de mayor efectividad de las mismas, radica en que la ciudad no cuenta con un plan integral que las agrupe, complemente, y oriente a un mismo objetivo, mediante el cual se pueda afrontar la problemática en sus diferentes dimensiones. Se presenta entonces la necesidad de construir un plan de reducción de emisiones, que no solamente articule a los instrumentos que ya se encuentran en aplicación, sino que genere políticas complementarias de incentivos, sensibilización en los habitantes, difusión de información, aplicación de instrumentos económicos, entre otros.

Además, aprendiendo de la experiencia internacional, es esencial iniciar con una política de difusión de la información, que permita a la población y autoridades tomar conciencia de la importancia de los recursos naturales. Solamente una sociedad consciente de la gravedad de los daños causados, nos permitirá asegurar el apoyo necesario para que la tendencia sea revertida, permitiendo a las futuras generaciones gozar y mantener un ambiente puro y sano que les brinde todas las facilidades para una vida plena en armonía con la naturaleza.

### **3. Evaluación de la hipótesis de trabajo**

La investigación realizada permite comprobar la validez de la hipótesis sobre la cual se construyó la presente tesis: la política pública ambiental aplicada en el Ecuador no responde de manera efectiva al creciente problema de contaminación del aire que representa un importante riesgo para la salud de los habitantes y el equilibrio ambiental.

El análisis del problema identificado desde la economía ecológica, nos permite señalar su real dimensión y reconocer los riesgos que enfrentan los seres humanos y el sistema ambiental. El sistema económico ecuatoriano consume gran cantidad de energía y materiales, pero a su vez genera energía degradada, y residuos como las emisiones de gases contaminantes al aire. Si bien gran parte de estos gases son asimilados por el ambiente, otra parte se acumula en el aire afectando al equilibrio ambiental, y generando problemas en la salud de los seres humanos.

En esta tesis se señalaron los problemas que genera cada uno de los principales gases contaminantes en la salud de las personas, siendo los más comunes las afecciones respiratorias en la población más vulnerable: enfermos, niños y adultos mayores. El análisis de la calidad del aire en la ciudad de Quito, nos permitió identificar que las concentraciones de los principales gases nocivos, a excepción del CO, superan las recomendaciones de la OMS, y constituyen un riesgo para la salud de los habitantes.

Un aire limpio es uno de los elementos fundamentales para vivir. Es imposible siquiera llegar a considerar su sustitución por otro tipo de elemento que permita cumplir con las mismas funciones. Su sola degradación está terminando con la vida de millones de personas, y pone en riesgo a toda la humanidad.

Por otra parte, los resultados de la generación total de gases contaminantes muestran un crecimiento del 64% en las emisiones desde el año 2006 hasta el 2011, a un promedio del 15% anual. Se confirma entonces la afirmación de que la contaminación del aire en el Ecuador es un problema creciente, y se reconoce la dimensión del problema.

Finalmente, podemos afirmar que Quito cuenta con importantes propuestas para combatir la contaminación del aire; sin embargo, éstas no logran dar una respuesta totalmente efectiva y acorde al creciente problema de la contaminación del aire.

Hace falta un plan integral que agrupe las medidas tomadas, las complemente, y oriente a un mismo objetivo, mediante el cual se pueda afrontar la problemática con efectividad en sus diferentes dimensiones. Además, resulta indispensable que la sociedad

tome conciencia de la gravedad de los daños que causamos a la naturaleza. Se comprueba entonces, la validez de la hipótesis planteada.

#### **4. Recomendaciones generales y propuestas de política**

Como pudimos analizar en las secciones anteriores, las autoridades nacionales y locales han emprendido interesantes programas de políticas con el objetivo de reducir las emisiones de gases que contaminan el aire y afectan a la salud de los habitantes. Sin embargo, se verifica que la ciudad de Quito ha aplicado un menor número de medidas en comparación con las aplicadas en Santiago y México. La mayor parte de los esfuerzos de política se orientan al control de la contaminación que genera el transporte. Esto no llama la atención porque esta fuente originó el 82% de las emisiones totales en 2011.

Las experiencias internacionales nos brindan valiosa información sobre la efectividad de las medidas aplicadas para el cuidado del aire. En el presente trabajo, se han analizado dos experiencias interesantes, sobre las cuales se sugiere complementar la política ambiental para la gestión del aire en la ciudad de Quito, con las siguientes medidas:

- Incrementar la frecuencia en la revisión vehicular para automotores que circulan antes del año 2004. Conforme los factores de emisión que reporta el Municipio de Quito, a partir de este año se estabilizan las cuentas de emisiones de los diversos tipos de contaminantes para todas las fuentes móviles (ver anexo 2). El monitoreo más frecuente de los vehículos más antiguos puede resultar en el caso extremo en el retiro de su circulación a partir del programa de chatarrización existente.

Algunas medidas complementarias a ésta, principalmente para aquellos vehículos de carga y servicio público serían:

- a) instalación de dispositivos de control de las emisiones;
- b) campañas periódicas gratuitas de calibración de motores para mejorar la combustión vehicular;
- c) instalación de sistemas de control de fuga de gases en las cadenas de distribución de combustibles.



- Aunque las medidas anteriores permiten afrontar el problema de la contaminación del aire a partir de una mejora cualitativa, todavía queda suelta la regulación del volumen de contaminación, que se explica en mayor grado por el aumento en el tamaño del parque automotor. El uso creciente de vehículos privados generalmente se explica por la deficiente calidad del sistema de transporte público. Entonces, se torna indispensable propiciar alternativas que permitan consolidar una nueva cultura de transporte. La introducción de vías exclusivas para la circulación de bicicletas y la construcción del metro en la ciudad son medidas que abonan de manera importante en este propósito. Sin embargo, podría ser necesario complementar estas acciones con restricciones adicionales a la circulación vehicular.

La efectividad de la medida ‘pico y placa’ parece que ha llegado a agotarse, principalmente por los mecanismos de ‘evasión’ que se han ido creando de manera progresiva. Otras acciones podrían orientarse a la disposición de carriles de circulación exclusiva para vehículos que transportan más de un pasajero. No obstante, en este caso podría ser problemática la aplicación de un mecanismo de control. Una forma de resolver este problema podría ser la aplicación de peajes muy elevados por la utilización de determinadas vías dentro de la ciudad, que desincentiven la circulación de vehículos particulares o que incentiven la circulación de vehículos híbridos o eléctricos con menores emisiones. Algunas propuestas similares ya se han aplicado en algunas ciudades de Europa, y podría estudiarse su efectividad.

- Un programa de incentivos tributarios orientado no sólo al sector de transporte que cumpla con los estándares de emisiones, sino también a los sectores industrial y de servicios, en reconocimiento por el logro de metas para la reducción periódica de emisiones.
- Ejecutar programas de limpieza ambiental que incluyan por ejemplo el barrido y aspirado en calles, principalmente durante períodos en los que se realizan trabajos de construcción y rehabilitación de vías, en los cuales aumenta las concentraciones de material particulado.

Entre otras ideas tenemos:

- Se podrían realizar convenios con las grandes empresas de automotores que ya ponen a disposición vehículos eléctricos con cero emisiones, de tal manera de que ingresen

al mercado más fácilmente y con incentivos económicos, como exenciones de impuestos o incluso subsidios, para ponerlos al alcance de la mayor parte de la población.

- También se deberían combinar políticas eficientes, como por ejemplo extender el programa de chatarrización vehicular ya existente, para dar de baja aquellos vehículos particulares que ya han cumplido con su tiempo de vida útil, de manera que permita acceder a otro vehículo eléctrico o híbrido de bajo costo.
- Por otra parte, es necesario fortalecer aquellas medidas que han obtenido resultados efectivos para el cuidado del ambiente. En el caso del programa BICI-Q, se ve necesaria una ampliación de cobertura geográfica, además de que resultaría interesante combinarlo con una serie de incentivos dirigidos tanto a estudiantes como a trabajadores. Se podría generar un sistema de acumulación de kilómetros recorridos que puedan ser canjeados por diferentes artículos como entradas a museos, obras de teatro, cine, conciertos, etc.
- Se debería generar entonces un conjunto de medidas que respondan a la especificidad de cada fuente emisora, como por ejemplo, una revisión de las técnicas de aplicación de asfaltos, solventes, pinturas, etc.

Estas y otras son apenas pocas ideas que deberían ser analizadas por las autoridades nacionales y locales, con la finalidad de construir un plan integral de cuidado del aire que contenga toda una serie de medidas para atender la degradación causada por todos los tipos de fuentes emisoras.

## **5. Recomendaciones para futuras investigaciones**

Considerando algunos aspectos que no son tratados a profundidad, o no se incluyen en el presente estudio, se recomienda generar investigaciones que ahonden en la generación de información sobre los diferentes tipos de contaminación: ambiental, por desechos sólidos, residuos líquidos, etc.

Sería de gran importancia realizar un análisis similar que permita identificar la situación de contaminación por la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales no fueron materia de estudio en esta tesis. A diferencia de los contaminantes estudiados en esta investigación, que permiten enfocar una evaluación de los riesgos para la salud; los

gases de efecto invernadero permiten estudiar los efectos del cambio climático, un tema también relevante en el marco de los problemas ambientales globales.

También se considera importante analizar a mayor detalle, e identificar cuáles son los sectores productivos que generan la mayor cantidad de contaminantes, lo cual constituiría un insumo valioso para generar el plan integral de calidad del aire.

Otro de los temas no abordados, y que requiere de gran atención para la efectiva aplicación de políticas públicas, es el elemento social. Existen características culturales que determinan y dan forma a la situación de contaminación ambiental en el Ecuador; como por ejemplo la reticencia en gran parte de los habitantes a cambiar de modalidad de transporte; la indiferencia social, la ignorancia de las consecuencias de vivir en un ambiente contaminado, entre muchas otras.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilera Klink, Federico y Vincent Alcántara (2011). “De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica”. Disponible en [http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Actualidad/2011/LibroEA\\_EE.pdf](http://www.fuhem.es/media/ecosocial/File/Actualidad/2011/LibroEA_EE.pdf), visitado en octubre 13 2012.
- Asamblea Constituyente (2008). “Constitución del Ecuador”. Disponible en [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf), visitado en abril 17 2013.
- Barro, Robert y Xavier Sala-i-Martin (2009). *Crecimiento Económico*. España: Reverté.
- Bateman, Ian, Andrew Lovett y Julii Brainard (2003). *Applied Environmental Economics*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Bateman, Ian, Georgina Mace, Carlo Fezzi, Giles Atkinson y Kerry Turner (2010). “Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments”. Disponible en [http://download.springer.com/static/pdf/1/art%253A10.1007%252Fs10640-010-9418-x.pdf?auth66=1364129718\\_84f89b39d0044e57a4a1af724f238a1f&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/1/art%253A10.1007%252Fs10640-010-9418-x.pdf?auth66=1364129718_84f89b39d0044e57a4a1af724f238a1f&ext=.pdf), visitado en febrero 28 2013.
- Bonar, James (1885). *Malthus and his work*. Londres: Macmillan and Co.
- Carvajal, Francisco (1996). “Corrección de la Contabilidad Nacional por Efectos Ambientales, Según el Método de Salah El Serafy -El Caso del Petróleo Ecuatoriano-”. Disertación de Maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS (2000). “Proceso de fijación y revisión de normas de calidad del aire”. Disponible en [http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/normas/2\\_1.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/normas/2_1.pdf), visitado en abril 2 2013.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2001). “Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental”. Disponible en [http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/9835/lcl1548e\\_ind.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/9835/lcl1548e_ind.pdf), visitado en abril 17 2013.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL (2007). “Energía, desarrollo industrial, contaminación del aire y la atmósfera y cambio climático en América Latina y el Caribe: nuevas políticas, experiencias, mejores prácticas y oportunidades de cooperación horizontal”. Disponible en [http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/32148/P32148.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top\\_publicaciones.xsl](http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/32148/P32148.xml&xsl=/publicaciones/ficha.xsl&base=/publicaciones/top_publicaciones.xsl), visitado en abril 17 2013.
- Comisión Ambiental Metropolitana (2011). “Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010”. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddel aire/Documents/>

Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires\_Anteriores/9\_ProAire%20ZMVM\_2002-2010.pdf, visitado en mayo 17 2013.

Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (2003). “Normas ambientales”. Disponible en <http://sinca.mma.gob.cl/uploads/documentos/71196ec2a22baa2e7e8444df6a40d8ab.pdf>. visitado en mayo 15 2013.

Congreso Nacional del Ecuador (2004). “Ley de Gestión Ambiental”. Disponible en <http://www.calidadambiental.com.ec/web/biblioteca-virtual/ministerio-del-ambiente/86-ley-de-gestion-ambiental.html>, visitado en abril 17 2013.

Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito - Corpaire (s/f). “Los contaminantes comunes del aire y sus efectos sobre la salud humana”. Disponible en <http://190.152.144.74/>, visitado en mayo 10 2013.

Daly, Herman (1973). *Toward a steady-state economy*. Estados Unidos de América: Freeman and Company.

Daly, Herman (1989). *Economía, ecología y ética*. México: Fondo de Cultura Económica.

Daly, Herman (1996). *Beyond Growth*. Boston: Beacon Press.

Daly, Herman (2005). “Economics in a full world”. *Scientific American* 293, [http://sef.umd.edu/files/ScientificAmerican\\_Daly\\_05.pdf](http://sef.umd.edu/files/ScientificAmerican_Daly_05.pdf) (visitada en febrero 23 2013).

Daly, Herman y John Cobb (1997). *Para el bien común*. Colombia: Fondo de Cultura Económica.

De Groot, Rudolf, Mishka Stuip, Max Finlayson y Nick Davidson (2007). “Valoración de humedales. Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales”. Disponible en [http://www.ramsar.org/pdf/lib/lib\\_rtr03\\_s.pdf](http://www.ramsar.org/pdf/lib/lib_rtr03_s.pdf), visitado en marzo 5 2013.

El Serafy, Salah (1997). “Green Accounting and Economic Policy”. En *A Survey of Sustainable Development*, Jonathan Harris, Timothy Wise, Kevin Gallagher y Neva Goodwin (Comp.): 33. Estados Unidos de América: Island Press.

El Serafy, Salah (2000). “Green Accounting and Macroeconomic Policy”. En *The Environment, Sustainable Development and Public Policies*, Clóvis Cavalcanti (Comp.): 71. Reino Unido: Edward Elgar Publishing Limited.

Environmental Protection Agency - USEPA (2012). “National Ambient Air Quality Standards”. Disponible en <http://www.epa.gov/air/criteria.html>, visitado en abril 2 2013.

- Eurofilt (2013). “Filtros especiais que realizam micro Filtração de diesel”. Disponible en <http://eurofilt.com.br/>; visitado en mayo 22 de 2013.
- European Commission (2013). “Air Quality Standards”. Disponible en <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>, visitado en abril 2 2013.
- European Commission, Food and Agriculture Organization, International Monetary Fund, Organization for Economic Co-operation and Development, United Nations y World Bank (2012). *System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework*. Estados Unidos: Naciones Unidas.
- Falconí, Fander (2002). *Economía y desarrollo sostenible: ¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado? El caso de Ecuador*. Quito: FLACSO Ecuador.
- Gómez-Baggethun, Erik y Rudolph de Groot (2007). “Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía”. Disponible en <http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Servicios/Servicios%20de%20los%20Ecosistemas,%20revista%20ecosistemas.pdf>, visitado en abril 6 2013.
- Grossman, Gene y Alan Krueger (1995). “Economic Growth and the Environment”. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/2118443>, visitado en febrero 11 2013.
- Guillén, Francisco, Raúl Figueroa e Irving Luna (2011). “Economic and Environmental Accounting and Green Growth”. Disponible en [http://unstats.un.org/unsd/green\\_economy/korea/presentations/Green%20Growth.pdf](http://unstats.un.org/unsd/green_economy/korea/presentations/Green%20Growth.pdf), visitado en agosto 31 2012.
- Gutiérrez Cárdenas, Paola (2013). “Propuesta de diseño y evaluación de un sistema de impuestos ecológicos socialmente progresivos”. Disertación magistral, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Harbaugh, William, Arik Levinson y David Molloy Wilson (2002). “Reexamining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve”. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/3211570>, visitado en enero 29 2013.
- Instituto de la Ciudad de Quito (2013). “BiciQ: una excelente opción para transportarse en Quito”. *Boletín Estadístico Mensual* No. 14. <http://www.institutodelaciudad.com.ec/index.php/informacion-estadistica/boletin-estadistico-mensual/124-boletin-14-enero-de-2013-biciq> (visitado en mayo 22 2013).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México-INEGI (2009a). *Metodología de cálculo de la contaminación atmosférica por fuentes móviles 2003-2007*. México D.F.: Departamento de Consolidación de Cuentas Ambientales del Instituto Nacional de Estadística Geografía de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México-INEGI (2009b). *Metodología de cálculo de la contaminación atmosférica por fuentes fijas 2003-2007*. México

D.F.: Departamento de Consolidación de Cuentas Ambientales del Instituto Nacional de Estadística Geografía de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México-INEGI (2009c). *Metodología de cálculo de la contaminación atmosférica por fuentes de área 2003-2007*. México D.F.: Departamento de Consolidación de Cuentas Ambientales del Instituto Nacional de Estadística Geografía de México.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). “Resultados del Censo 2010”. Disponible en [http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=49&lang=es), visitado en abril 13 2013.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (1997 - 2011). “Estadísticas Transporte”. Disponible en [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=52&TB\\_iframe=true&height=720&width=1745](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=52&TB_iframe=true&height=720&width=1745), visitado en abril 11 2013.

Jackson, Tim (2011). *Prosperidad sin crecimiento. Economía para un planeta finito*. Barcelona: Icaria.

Kerschner, Christian (2008). “Economía en estado estacionario vs. decrecimiento económico: ¿opuestos o complementarios?”. *Ecología política* 35, <http://ecologiapolitica.info/ep/35.pdf> (visitada en agosto 11 2013)

Kerschner, Christian (2009). “La Economía del Estado Estacionario: ¿El único camino hacia un futuro sostenible?”. Disponible en <http://virtual.uptc.edu.co/revistas/index.php/cenes/article/viewFile/600/536>, visitado en enero 25 2013.

Keynes, John Maynard (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Estados Unidos: Macmillan Cambridge University Press.

Larraguibel, Luis y Raúl O’Ryan (2000). “Contaminación del aire en Santiago: ¿qué es, qué se ha hecho, qué falta?”. *Perspectivas* 153, <http://www.dii.uchile.cl/~Revista/ArticulosVol4-N1/ORyan-R%20y%20Larraguibel-L.pdf> (visitada en mayo 17 2013).

Latouche, Serge (2003). *Decrecimiento y Postdesarrollo: El pensamiento creativo contra la economía del absurdo*. España: El Viejo Topo.

Latouche, Serge (2009). *Pequeño tratado del decrecimiento sereno*. España: Icaria.

Latouche, Serge y Didier Harpagès (2011). *La hora del decrecimiento*. Barcelona: Octaedro.

Lents, James, Gerhard Leutert y Humberto Fuenzalida (2006). “Segunda auditoría internacional. Plan de prevención de descontaminación atmosférica de la Región

- Metropolitana (PPDA)". Disponible en [http://www.sinia.cl/1292/articles-39262\\_pdf\\_res\\_ejec\\_esp.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-39262_pdf_res_ejec_esp.pdf), visitado en mayo 17 de 2013.
- León, Patricio y Salvador Marconi (1999). "La contabilidad nacional: teoría y métodos". Disponible en <http://www.cordanec.org/Descargas/Libros%20de%20Cuentas%20Nacionales/Contabilidad%20nacional%20teoria%20y%20metodos%20p%20leon%20s%20marconi%203ed%201999.pdf>, visitado en febrero 13 2013.
- Martínez-Alier, Joan (1998). "Curso de Economía Ecológica". Disponible en [http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio\\_doc/libro-CURSO\\_ECONOMIA\\_ECOLOGICA-Martinez-Alier.pdf](http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/libro-CURSO_ECONOMIA_ECOLOGICA-Martinez-Alier.pdf), visitado en octubre 2 2012.
- Martínez-Alier, Joan (1999). *Introducción a la Economía Ecológica*. España: Rubes.
- Martínez-Alier, Joan (2005). *El ecologismo de los pobres*. Barcelona: Icaria.
- Martínez-Alier, Joan (2008). "Decrecimiento Sostenible". Disponible en <http://www.estudiosecologistas.org/docs/reflexion/Desdesarrollo/decrecimiento.pdf>, visitado en febrero 16 2013.
- Martínez-Alier, Joan y Jordi Roca (2006). *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Max-Neef, Manfred (1986). *Economía descalza*. Buenos Aires: Nordan.
- Meadows, Donella, Dennis Meadows, Jorgen Randers y William Behrens (1972). *Los límites del crecimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Micheli, Jordy (2002). "Política ambiental en México y su dimensión regional". Disponible en [http://lanic.utexas.edu/project/etext/colson/23/23\\_5.pdf](http://lanic.utexas.edu/project/etext/colson/23/23_5.pdf), visitado en abril 17 2013.
- Miller, Roger (2002). *Economía hoy*. Bogotá: Addison Wesley.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (2010). "Resolución número (610)". Disponible en [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res\\_0610\\_240310.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_0610_240310.pdf), visitado en abril 2 2013.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2013). "Plan REN-OVA: Un impulso productivo y una alternativa ambiental pionera que nació en Ecuador". Disponible en [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/05-01-2013\\_Reportale\\_Especial\\_PlanRENOVA.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/05-01-2013_Reportale_Especial_PlanRENOVA.pdf), visitado en 20 de mayo 2013.



- Munda, Giuseppe (1997). "Environmental Economics, Ecological Economics, and the Concept of Sustainable Development". Disponible en <http://www.jstor.org/stable/30301601>, visitado en febrero 27 2013.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (2009). "Inventario de emisiones atmosféricas 2007". Disponible en <http://190.152.144.74/paginas/articulos.html>, visitado en mayo 12 2013.
- Naciones Unidas (2002). "Contabilidad ambiental y económica integrada: Manual de operaciones". Disponible en [http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF\\_78S.pdf](http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_78S.pdf), visitado en febrero 2013.
- Naciones Unidas (2013). "ONU llama a tomar medidas contra concentración de CO2 en la atmósfera". Disponible en [http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=26442#.UZ53FK4lu\\_8](http://www.un.org/spanish/News/story.asp?NewsID=26442#.UZ53FK4lu_8), visitado en mayo 17 2013.
- National Library of Medicine (2012). "Inquietudes de salud ambiental y sustancias químicas tóxicas en su lugar de residencia, trabajo y diversión". Disponible en <http://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=41>, visitado en abril 11 2013.
- NASA (2013). "Climate change: How do we know?". Disponible en <http://climate.nasa.gov/evidence/>, visitado en mayo 1 de 2013.
- Organización Mundial de la Salud (2006). "OMS Guías de Calidad del Aire. Actualización Mundial 2005". Disponible en [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair\\_aqg/es/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_aqg/es/), visitado en abril 2 2013.
- Pearce, David y Keery Turner (1990). *Economics of natural resources and the environment*. New York: Harvester Wheathsheaf.
- Petroecuador (2012a). "Combustibles de mayor calidad y menos contaminantes para el país". Disponible en [http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_boletines/000833.pdf](http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_boletines/000833.pdf), visitado en mayo 19 2013.
- Petroecuador (2012b). "Confirman calidad de combustibles que distribuye EP Petroecuador al país". *Boletín No. 048*. <http://www.recursosnaturales.gob.ec/confirman-calidad-de-combustible-que-distribuye-ep-petroecuador-al-pais/> (visitada en mayo 21 2013).
- Presidencia del Ecuador (2003). "Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria – TULAS". Disponible en [http://www.quitoambiente.gob.ec/web/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=125%3Atexto-unificado-de-legislaci%C3%B3n-ambiental-secundaria-del-ministerio-de-ambiente-tulas&lang=es](http://www.quitoambiente.gob.ec/web/index.php?option=com_k2&view=item&id=125%3Atexto-unificado-de-legislaci%C3%B3n-ambiental-secundaria-del-ministerio-de-ambiente-tulas&lang=es), visitado en abril 2 2013.
- Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Cuenca (2009). "Resumen del Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca, año 2009". Disponible en

[http://www.cga.cuenca.gov.ec/Default\\_files/Documentos/inventario%20calidad%20de%20aire%20imprimir.pdf](http://www.cga.cuenca.gov.ec/Default_files/Documentos/inventario%20calidad%20de%20aire%20imprimir.pdf), visitado en mayo 12 2013.

Schuldt, Jürgen (1995). *Repensando el desarrollo: Hacia una concepción alternativa para los países andinos*. Quito: Centro Andino de Acción Popular.

Secretaría de Ambiente de Quito (2006-2011). “Informe anual de calidad del aire”. Disponible en <http://190.152.144.74/>, visitado en abril 13 2013.

Secretaría de Movilidad (2011). “Evaluación anual de Pico y Placa confirma buenos resultados”. Disponible en [http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news\\_user\\_view/evaluacion\\_anual\\_de\\_pico\\_y\\_placa\\_confirma\\_buenos\\_resultados--3787](http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/evaluacion_anual_de_pico_y_placa_confirma_buenos_resultados--3787), visitado en mayo 21 2013.

Secretaría de Movilidad (2013). “Revisión Técnica Vehicular”. Disponible en <http://www2.revisionquito.gob.ec/index.php/sample-sites-2>, visitado en mayo 17 2013.

Secretaría del Medio Ambiente (2012). “Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2011”. Disponible en <http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/informes/informe2011/index.php?opcion=1>, visitado en mayo 17 2013.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México - SEMARNAT (2009). “Normas Mexicanas de Calidad del aire”. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/calair-informacion-basica/559-calair-nom-cal-air>, visitado en abril 2 2013.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT (2009). Contaminantes criterio. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>, visitado en 16 de marzo 2013.

Secretaría General de la Presidencia de Chile (2010). “Decreto 66”. Disponible en [http://www.sinia.cl/1292/articles-39262\\_ppda\\_stgo.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-39262_ppda_stgo.pdf), visitado en abril 17 2013.

Servicio de Rentas Internas – SRI - (2011). “Ley de Fomento Ambiental y Optimización de los Ingresos del Estado”. Disponible en [http://www.sri.gob.ec/web/guest/detalle?id\\_noticia=3401&marquesina=1](http://www.sri.gob.ec/web/guest/detalle?id_noticia=3401&marquesina=1), visitado en mayo 15 2013.

Stiglitz, Joseph, Amartya Sen y Jean-Paul Fitoussi (2009). “Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress”. Disponible en <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/index.htm>, visitado en agosto 28 2012.

Suárez, Gabriel (2011). “Decrecimiento económico vs. degradación ambiental: ¿Existe una curva de Kuznets ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1970 – 2008”. Disertación de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, y World Bank (2003). “Integrated Environmental and Economic Accounting 2003”. Disponible en <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/pubs.asp>, visitado en agosto 15 2012.

Van Alstine, James y Eric Neumayer (2010). “The Environmental Kuznets Curve”. Disponible en <http://www2.lse.ac.uk/geographyAndEnvironment/whosWho/profiles/neumayer/pdf/EKC.pdf>, visitado en febrero 29 2013.

### **DOCUMENTOS**

Diario Hoy (2009). “Autos Híbridos son ahorradores”, sección: Nacional, julio 18.

### **ENTREVISTAS**

Alex Salazar, 5 de marzo de 2012

## ANEXOS

### Anexo 1. Parque automotor nacional

**Parque Automotor 2006**

Combustible / Año		LIV	BUT	BUS	PIC	PES	MOTO	TOTAL
GASOLINA	<= 2001	296.693	9.111	155	188.052	14.595	14.327	522.933
	2002	36.395	754	26	12.726	470	4.485	54.856
	2003	28.308	714	5	10.941	427	5.712	46.107
	2004	28.703	587	4	9.916	502	14.475	54.187
	2005	40.272	663	6	11.976	441	19.801	73.159
	2006	49.037	689	15	14.027	550	24.600	88.918
	2007	16.323	185	6	5.490	126	1.392	23.522
DIESEL	<= 2001	737	2.605	6.082	1.828	42.652	4	53.908
	2002	157	682	1.201	722	6.002	1	8.765
	2003	153	824	284	843	4.084	0	6.188
	2004	141	931	219	1.163	3.289	2	5.745
	2005	702	957	342	1.525	4.238	6	7.770
	2006	1.228	748	840	2.280	5.632	6	10.734
	2007	391	119	284	720	2.631	0	4.145
OTROS	<= 2001	8	1	0	5	1	0	15
	2002	10	2	0	3	0	4	19
	2003	3	0	0	0	0	1	4
	2004	3	0	0	0	2	23	28
	2005	13	0	0	2	1	52	68
	2006	195	2	1	80	4	105	387
	2007	59	0	0	33	1	5	98
<b>TOTAL</b>		<b>499.531</b>	<b>19.574</b>	<b>9.470</b>	<b>262.332</b>	<b>85.648</b>	<b>85.001</b>	<b>961.556</b>

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2006.

**Parque Automotor 2007**

<b>Combustible / Año</b>		<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	245.335	8.595	150	141.652	29.303	11.676	436.711
	2002	28.999	1.083	28	10.011	3.870	2.697	46.688
	2003	25.223	1.314	27	8.776	3.404	3.495	42.239
	2004	24.762	913	15	8.190	2.990	7.147	44.017
	2005	35.211	876	20	10.125	4.018	9.373	59.623
	2006	38.187	747	44	10.453	8.388	19.286	77.105
	2007	46.867	902	88	14.212	12.068	21.892	96.029
	2008	12.580	258	23	4.699	2.573	2.712	22.845
<b>DIESEL</b>	<= 2001	10.025	5.455	4.282	3.826	21.844	1	45.433
	2002	1.809	698	970	625	2.313	0	6.415
	2003	1.439	754	783	677	1.919	0	5.572
	2004	1.404	684	278	741	1.750	2	4.859
	2005	2.144	720	395	921	2.254	1	6.435
	2006	2.603	738	953	1.277	3.610	6	9.187
	2007	4.189	944	1.210	1.712	5.388	10	13.453
	2008	996	217	178	679	1.212	0	3.282
<b>OTROS</b>	<= 2001	130	8	1	33	9	5	186
	2002	12	2	0	6	1	5	26
	2003	1	0	0	1	0	4	6
	2004	2	0	0	1	1	5	9
	2005	12	1	0	9	4	1	27
	2006	27	0	0	5	1	0	33
	2007	9	1	1	1	0	5	17
	2008	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>481.966</b>	<b>24.910</b>	<b>9.446</b>	<b>218.632</b>	<b>106.920</b>	<b>78.323</b>	<b>920.197</b>

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2007.

**Parque Automotor 2008**

Combustible / Año		LIV	BUT	BUS	PIC	PES	MOTO	TOTAL
GASOLINA	<= 2001	234.462	6.948	90	141.482	10.982	8.332	402.296
	2002	30.945	667	9	10.779	453	2.141	44.994
	2003	26.551	644	11	9.502	419	2.827	39.954
	2004	27.149	541	24	8.711	288	6.931	43.644
	2005	36.926	605	8	10.490	284	9.610	57.923
	2006	41.807	556	6	11.063	362	19.598	73.392
	2007	44.462	511	2	12.143	770	26.708	84.596
	2008	46.699	525	7	13.939	969	32.262	94.401
	2009	29.976	221	2	7.338	646	1.991	40.174
DIESEL	<= 2001	612	1.867	4.104	1.271	32.271	3	40.128
	2002	162	540	757	592	4.770	0	6.821
	2003	151	771	372	675	3.465	0	5.434
	2004	167	922	995	1.024	2.694	0	5.802
	2005	702	743	566	1.288	3.454	5	6.758
	2006	1.175	627	361	1.881	4.277	11	8.332
	2007	1.694	638	257	2.069	5.527	3	10.188
	2008	1.398	696	668	4.185	7.703	14	14.664
	2009	234	632	370	3.590	4.293	0	9.119
OTROS	<= 2001	3	2	0	1	1	1	8
	2002	8	1	0	4	0	1	14
	2003	2	0	0	0	0	0	2
	2004	1	0	0	0	0	3	4
	2005	9	0	0	3	0	14	26
	2006	142	1	2	46	2	16	209
	2007	46	0	0	23	0	8	77
	2008	22	1	0	9	4	10	46
	2009	19	0	0	14	0	0	33
<b>TOTAL</b>		<b>525.524</b>	<b>18.659</b>	<b>8.611</b>	<b>242.122</b>	<b>83.634</b>	<b>110.489</b>	<b>989.039</b>

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2008.

**Parque Automotor 2009**

<b>Combustible / Año</b>	<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	190.272	3.509	58	121.059	10.954	6.277	332.129
	2002	25.812	334	6	9.474	567	1.586	37.779
	2003	21.572	366	5	8.332	559	2.114	32.948
	2004	21.838	298	9	7.665	456	5.109	35.375
	2005	32.266	265	18	9.560	557	7.137	49.803
	2006	34.852	320	4	9.949	516	13.788	59.429
	2007	36.510	279	1	10.533	817	17.234	65.374
	2008	31.301	282	0	9.568	963	26.971	69.085
	2009	55.393	433	7	10.146	5.064	25.674	96.717
	2010	20.451	13	2	2.703	1.592	1.002	25.763
<b>DIESEL</b>	<= 2001	529	914	2.144	1.043	26.513	1	31.144
	2002	134	296	448	529	4.268	0	5.675
	2003	121	414	247	619	3.238	0	4.639
	2004	142	420	424	874	2.595	0	4.455
	2005	657	555	720	1.159	3.368	2	6.461
	2006	1.069	340	323	1.661	3.892	3	7.288
	2007	1.515	339	176	1.843	4.855	2	8.730
	2008	1.016	354	131	2.820	5.026	3	9.350
	2009	1.235	956	626	5.354	10.436	7	18.614
	2010	314	311	118	1.495	2.233	0	4.471
<b>OTROS</b>	<= 2001	1	0	0	1	2	0	4
	2002	8	0	0	2	1	1	12
	2003	3	0	0	0	0	1	4
	2004	1	0	0	0	2	1	4
	2005	7	0	1	3	0	9	20
	2006	90	2	1	35	2	18	148
	2007	40	0	0	13	0	6	59
	2008	12	1	0	9	1	15	38
	2009	56	0	0	9	15	18	98
	2010	30	0	0	1	4	0	35
<b>TOTAL</b>	<b>477.247</b>	<b>11.001</b>	<b>5.469</b>	<b>216.459</b>	<b>88.496</b>	<b>106.979</b>	<b>905.651</b>	

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2009.

**Parque Automotor 2010**

<b>Combustible / Año</b>	<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	227.325	6.161	90	115.963	45.536	8.162	403.239
	2002	30.697	603	18	10.489	1.117	2.188	45.112
	2003	24.436	612	6	9.015	1.055	2.993	38.117
	2004	24.772	493	7	8.288	860	7.333	41.753
	2005	36.085	564	9	10.129	874	10.334	57.995
	2006	41.691	511	9	11.702	705	19.329	73.947
	2007	34.319	348	5	10.303	782	20.963	66.720
	2008	28.381	293	1	9.025	383	32.281	70.364
	2009	40.287	517	5	10.279	545	35.062	86.695
	2010	54.015	321	4	12.831	509	39.450	107.130
	2011	39.577	551	8	6.293	272	1.574	48.275
<b>DIESEL</b>	<= 2001	629	1.678	2.872	931	33.915	4	40.029
	2002	152	597	965	558	5.318	0	7.590
	2003	140	750	292	701	3.640	0	5.523
	2004	148	831	298	971	2.914	0	5.162
	2005	704	867	487	1.344	3.850	2	7.254
	2006	1.187	661	892	2.088	4.881	10	9.719
	2007	1.523	512	388	1.956	5.348	6	9.733
	2008	1.073	499	118	3.111	5.114	14	9.929
	2009	997	888	239	6.355	6.547	11	15.037
	2010	773	1.005	511	5.730	4.916	10	12.945
	2011	98	714	296	3.863	3.174	0	8.145
<b>OTROS</b>	<= 2001	1	1	0	2	1	1	6
	2002	8	1	0	2	0	2	13
	2003	2	0	0	0	0	1	3
	2004	6	0	0	0	1	4	9
	2005	9	0	1	2	0	19	31
	2006	128	3	2	53	3	27	216
	2007	45	0	0	22	0	8	75
	2008	17	1	0	5	2	12	37
	2009	65	0	0	31	0	25	121
	2010	813	1	0	42	2	30	888
	2011	81	0	0	30	1	0	112
<b>TOTAL</b>	<b>590.184</b>	<b>19.983</b>	<b>7.523</b>	<b>242.114</b>	<b>132.265</b>	<b>179.855</b>	<b>1.171.924</b>	

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2010.



**Parque Automotor 2011**

<b>Combustible / Año</b>	<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	238.398	6.608	81	102.270	49.668	9.922	406.947
	2002	30.009	764	17	9.615	1.076	2.737	44.218
	2003	24.831	781	17	8.419	1.025	3.789	38.862
	2004	23.996	637	10	7.806	813	9.371	42.633
	2005	34.306	540	10	9.666	1.006	13.130	58.658
	2006	39.358	517	6	10.826	795	26.834	78.336
	2007	44.553	567	12	12.431	1.003	31.624	90.190
	2008	36.782	457	8	12.070	581	43.469	93.367
	2009	47.060	610	1	12.144	721	42.576	103.112
	2010	44.808	347	3	11.481	439	56.433	113.511
	2011	77.101	1.154	16	13.307	710	51.103	143.391
	2012	29.578	1.198	1	5.399	339	10.098	46.613
<b>DIESEL</b>	<= 2001	743	1.872	3.424	744	37.048	4	43.835
	2002	168	699	1.076	600	5.371	0	7.914
	2003	164	1.044	685	737	3.674	0	6.304
	2004	165	969	631	1.052	2.918	0	5.735
	2005	728	898	639	1.399	3.926	7	7.597
	2006	1.282	707	703	2.062	4.807	14	9.575
	2007	1.830	760	757	2.396	6.681	7	12.431
	2008	1.276	739	529	3.773	6.379	14	12.710
	2009	1.090	1.062	254	6.612	7.000	20	16.038
	2010	691	858	167	4.866	3.746	13	10.341
	2011	237	2.110	875	8.796	7.412	10	19.440
	2012	37	773	225	2.090	2.902	3	6.030
<b>OTROS</b>	<= 2001	3	2	0	0	1	1	7
	2002	9	1	0	1	0	2	13
	2003	1	0	0	0	0	1	2
	2004	2	0	0	0	0	3	5
	2005	8	0	0	1	0	14	23
	2006	114	1	1	45	0	33	194
	2007	30	0	0	19	0	14	63
	2008	13	0	0	7	1	18	39
	2009	25	0	0	15	4	32	76
	2010	30	0	0	4	2	29	65
	2011	19	1	0	11	0	21	52
	2012	4	2	0	3	0	3	12
<b>TOTAL</b>	<b>679.449</b>	<b>26.678</b>	<b>10.148</b>	<b>250.667</b>	<b>150.048</b>	<b>301.349</b>	<b>1.418.339</b>	

Fuente: INEC, Estadísticas de Transporte, 2010.

**Anexo 2. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes móviles (g/km)**

<b>Factores de emisión para CO</b>							
<b>Combustible / Año</b>		<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	30,82	58,73	107,18	38,58	266,21	32,64
	2002	2,29	42,53	81,23	8,79	33,40	28,55
	2003	1,79	33,24	64,79	7,01	32,18	27,68
	2004	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2005	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2006	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2007	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2008	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2009	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2010	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2011	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	2012	1,41	26,21	52,98	5,74	30,87	26,75
	<b>DIESEL</b>	<= 2001	3,79	3,53	17,72	38,58	17,72
2002		1,07	2,03	13,98	8,79	13,98	28,55
2003		1,02	1,98	13,86	7,01	13,86	27,68
2004		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2005		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2006		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2007		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2008		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2009		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2010		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2011		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75
2012		0,97	1,92	13,75	5,74	13,75	26,75

**Fuente:** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009.

**Factores de emisión para NOx**

<b>Combustible / Año</b>		<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	2,11	2,67	4,72	3,21	3,59	0,34
	2002	0,50	2,03	3,99	1,38	1,93	0,33
	2003	0,46	1,86	3,87	1,34	1,86	0,33
	2004	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2005	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2006	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2007	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2008	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2009	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2010	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2011	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
	2012	0,44	1,77	3,79	1,31	1,80	0,32
<b>DIESEL</b>	<= 2001	1,28	1,68	16,97	3,21	16,97	0,34
	2002	0,70	0,82	5,67	1,38	5,67	0,33
	2003	0,66	0,78	5,67	1,34	5,67	0,33
	2004	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2005	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2006	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2007	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2008	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2009	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2010	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2011	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32
	2012	0,63	0,74	5,66	1,31	5,66	0,32

**Fuente:** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009.

**Factores de emisión para HC**

<b>Combustible / Año</b>		<b>LIV</b>	<b>BUT</b>	<b>BUS</b>	<b>PIC</b>	<b>PES</b>	<b>MOTO</b>
<b>GASOLINA</b>	<= 2001	3,87	5,57	9,75	3,86	16,17	5,09
	2002	0,37	3,92	7,27	1,38	2,50	2,87
	2003	0,31	3,24	6,03	1,15	2,31	2,62
	2004	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2005	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2006	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2007	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2008	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2009	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2010	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2011	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
	2012	0,26	2,71	5,16	0,98	2,13	2,36
<b>DIESEL</b>	<= 2001	2,07	1,83	6,31	3,86	6,31	5,09
	2002	0,32	0,55	3,66	1,38	3,66	2,87
	2003	0,28	0,50	3,65	1,15	3,65	2,62
	2004	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2005	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2006	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2007	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2008	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2009	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2010	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2011	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36
	2012	0,24	0,44	3,65	0,98	3,65	2,36

**Fuente:** Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009.

**Factores de emisión para PM<sub>10</sub>**

Combustible / Año		LIV	BUT	BUS	PIC	PES	MOTO
GASOLINA	<= 2001	0,02	0,02	0,11	0,02	0,09	0,02
	2002	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2003	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2004	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2005	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2006	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2007	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2008	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2009	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2010	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2011	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
	2012	0,02	0,02	0,10	0,02	0,08	0,02
DIESEL	<= 2001	0,23	0,13	1,24	0,02	1,24	0,02
	2002	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2003	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2004	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2005	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2006	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2007	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2008	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2009	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2010	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2011	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02
	2012	0,21	0,14	0,48	0,02	0,48	0,02

Fuente: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2009.

**Factores de emisión para PM<sub>2.5</sub>**

Porcentajes de PM<sub>2.5</sub> respecto a la Emisión de PM<sub>10</sub>

Tipo de vehículo		PM <sub>2.5</sub>
APG	LIV G	57,41
APD	LIV D	89,02
TAXG	TAX G	57,41
MIG	BUT G	62,04
MID	BUT D	95,33
PUG	PIC G	59,29
TRAG	PES G	73,32
TRAD	PES D	87,86
AUTG	BUS G	73,32
AUTD	BUS D	87,86
MCG	MOT G	57,36

**Factores de emisión para CH<sub>4</sub>**

Porcentajes de CH<sub>4</sub> respecto a los HCT

Tipo de vehículo		%CH <sub>4</sub>
APG	LIV G	4,30
APD	LIV D	4,10
TAXG	TAX G	4,30
MIG	BUT G	4,10
MID	BUT D	2,50
PUG	PIC G	4,80
TRAG	PES G	8,20
TRAD	PES D	4,40
AUTG	BUS G	8,20
AUTD	BUS D	4,40
MCG	MOT G	0,10

Fuente: México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004. Memorias de Cálculo de Fuentes Móviles.

**Factores de emisión para COV's**  
Porcentajes de COV's respecto a los  
HCT

Tipo de vehículo		COV's
APG	LIV G	94,10
APD	LIV D	98,70
TAXG	TAX G	94,10
MIG	BUT G	94,40
MID	BUT D	98,70
PUG	PIC G	93,70
TRAG	PES G	92,30
TRAD	PES D	98,70
AUTG	BUS G	92,30
AUTD	BUS D	98,70
MCG	MOT G	95,50

**Factores de emisión para COT's**  
Porcentajes de COT's respecto a los  
HCT

Tipo de vehículo		COT's
APG	LIV G	101,60
APD	LIV D	104,10
TAXG	TAX G	101,60
MIG	BUT G	101,50
MID	BUT D	105,70
PUG	PIC G	101,30
TRAG	PES G	102,90
TRAD	PES D	103,20
AUTG	BUS G	102,90
AUTD	BUS D	103,20
MCG	MOT G	102,30

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004. Memorias de Cálculo de Fuentes Móviles.

### Anexo 3. Emisión de gases contaminantes por fuentes móviles

**Emisiones totales de contaminantes por fuentes móviles (toneladas métricas)**

GAS	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CO	918.780,67	1.209.559,17	767.212,39	699.778,02	1.538.410,03	1.731.247,32
Nox	120.999,13	92.463,67	103.421,84	89.555,12	118.258,21	132.561,02
HC	109.641,51	114.298,04	93.792,59	83.107,35	143.508,10	162.622,51
PM <sub>10</sub>	6.657,54	4.621,75	5.870,31	5.147,75	6.618,44	7.628,06
PM <sub>2.5</sub>	5,72	3,90	5,03	4,40	5,63	6,48
CH <sub>4</sub>	5,35	6,51	4,44	4,03	8,18	8,94
COV's	104,42	107,79	89,47	79,23	135,63	153,86
COT's	112,19	117,08	96,00	85,10	147,18	166,81
<b>Total</b>	<b>1.156.307</b>	<b>1.421.178</b>	<b>970.492</b>	<b>877.761</b>	<b>1.807.091</b>	<b>2.034.395</b>

**Elaboración:** propia.

#### Anexo 4. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes fijas

Gas criterio	Fuel Oil	Diesel	Gas Natural	GLP
PM <sub>10</sub>	3,787	0,120000	0,000122	0,054000
PM <sub>2.5</sub>	-	0,030000	0,000122	-
SO <sub>2</sub>	67,824	0,681600	0,000010	0,011675
CO	0,600	0,600000	0,001344	0,240000
NO <sub>x</sub>	6,600	3,600000	0,000971	1,740000
COV	-	-	0,000088	-
COT	0,154	0,030240	0,000176	0,066000
CH <sub>4</sub>	-	0,006240	0,000037	0,024000
NH <sub>3</sub>	0,096	0,096000	0,000008	-

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

#### Anexo 5. Emisiones de gases contaminantes por fuentes fijas

Años	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CO	3.970,50	4.040,76	3.907,02	4.153,19	4.428,71	4.151,19
NO <sub>x</sub>	16.232,12	19.010,23	18.780,23	20.402,20	22.169,56	20.548,84
CH <sub>4</sub>	108,44	104,72	102,38	103,80	106,76	104,78
NH <sub>3</sub>	238,97	268,46	259,99	303,21	348,43	301,49
SO <sub>2</sub>	72.431,03	109.364,69	110.917,95	112.739,50	114.097,81	115.118,67
PM <sub>10</sub>	4.437,09	6.471,72	6.543,29	7.616,89	6.789,97	6.808,10
PM <sub>2.5</sub>	232,48	213,55	201,95	213,32	225,93	211,15
COV's	139,89	131,22	125,14	124,06	123,29	123,65
COT's	596,13	659,52	650,19	662,26	678,07	669,37
<b>Total</b>	<b>98.387</b>	<b>140.265</b>	<b>141.488</b>	<b>146.318</b>	<b>148.969</b>	<b>148.037</b>

**Elaboración:** propia.

#### **Emisiones totales por centrales eléctricas** Toneladas

Años	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NOX	COT	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Total
2006	2.029	15	35.608	606	5.194	95	3	97	<b>43.645</b>
2007	1.750	11	30.826	481	4.242	80	2	77	<b>37.469</b>
2008	1.597	5	28.337	359	3.405	69	1	58	<b>33.832</b>
2009	1.896	15	634	294	1.777	15	3	47	<b>4.681</b>
2010	2.293	28	39.691	908	7.177	117	6	145	<b>50.366</b>
2011	2.067	12	36.448	555	4.928	94	2	89	<b>44.195</b>
<b>Total</b>	<b>11.633</b>	<b>85</b>	<b>171.543</b>	<b>3.203</b>	<b>26.723</b>	<b>470</b>	<b>18</b>	<b>513</b>	<b>214.189</b>

**Elaboración:** propia.

**Emisiones totales por consumo propio del sector hidrocarburos**

Toneladas

<b>Años</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOX</b>	<b>COV</b>	<b>COT</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Total</b>
2006	1.027	194	14.873	2.293	3.147	140	316	59	36	24.092
2007	1.088	182	16.199	2.165	3.140	131	302	56	36	25.307
2008	1.165	174	17.714	2.091	3.245	125	293	53	39	26.907
2009	240	172	16.986	2.059	3.108	124	288	52	37	25.075
2010	1.120	171	16.986	2.047	3.100	123	287	52	37	25.932
2011	1.092	171	16.492	2.043	3.022	124	285	52	36	25.328
<b>Total</b>	<b>5.733</b>	<b>1.064</b>	<b>99.250</b>	<b>12.698</b>	<b>18.762</b>	<b>767</b>	<b>1.771</b>	<b>324</b>	<b>220</b>	<b>140.590</b>

Elaboración: propia.

**Emisiones totales del sector residencial, comercial y público**

Toneladas

<b>Años</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOX</b>	<b>COT</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>Total</b>
2006	89,42	19,33	397,43	2.881,36	109,29	39,74	5.542,58
2007	92,86	20,08	412,70	2.992,11	113,49	41,27	5.679,51
2008	94,01	20,33	417,82	3.029,17	114,90	41,78	5.726,00
2009	91,77	19,84	407,86	2.956,95	112,16	40,79	5.638,36
2010	91,83	19,85	408,15	2.959,08	112,24	40,81	5.641,98
2011	94,33	20,39	419,24	3.039,47	115,29	41,92	5.741,64
<b>Total</b>	<b>554,22</b>	<b>119,82</b>	<b>2.463,19</b>	<b>17.858,13</b>	<b>677,38</b>	<b>246,32</b>	<b>21.919,06</b>

Elaboración: propia.

**Emisiones totales del sector industrial**

Toneladas

<b>Años</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>CO</b>	<b>NOX</b>	<b>COT</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Total</b>
2006	1.292	24	21.931	675	5.009	76	6	106	29.118
2007	3.540	21	62.320	981	8.636	164	5	155	75.824
2008	3.687	23	64.848	1.039	9.101	173	6	164	79.040
2009	5.388	27	95.101	1.393	12.560	247	8	220	114.943
2010	3.284	27	57.402	1.065	8.934	162	8	166	71.049
2011	3.554	28	62.159	1.134	9.559	175	9	177	76.795
<b>Total</b>	<b>14.140</b>	<b>149</b>	<b>245.452</b>	<b>5.240</b>	<b>42.287</b>	<b>730</b>	<b>42</b>	<b>820</b>	<b>308.860</b>

Elaboración: propia



## Anexo 6. Almacenamiento y consumo de combustibles (fuentes de área)

### Almacenamiento anual de combustibles

Metros cúbicos

Tipo	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gasolina Extra	1.851.817	1.973.153	2.133.823	2.281.874	2.436.641	2.635.872
Gasolina Super	530.706	592.440	656.174	706.235	744.462	840.351
Diesel 1	33.884	27.379	26.046	20.607	18.903	16.444
Diesel 2	3.484.747	3.367.011	3.424.870	3.869.842	4.335.534	3.940.320
Diesel Premium	185.431	259.156	312.482	343.974	405.847	543.852
<b>TOTAL</b>	<b>6.086.586</b>	<b>6.219.139</b>	<b>6.553.394</b>	<b>7.222.532</b>	<b>7.941.387</b>	<b>7.976.840</b>

Fuente: Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

### Consumo de combustible de avión

miles de galones

Año	Jet A-1	AVGAS	TOTAL
2006	105.756	-	105.755,91
2007	108.766	-	108.765,73
2008	111.301	113	111.414,13
2009	108.497	372	108.869,64
2010	108.608	1.101	109.708,23
2011	110.263	1.239	111.501,32

Fuente: Secretaría de Hidrocarburos, Estadísticas Derivados 2006 - 2011

## Anexo 7. Factores de emisión de gases contaminantes por fuentes de área

### Factores de emisión transporte aéreo

Gas criterio - Toneladas

Gas criterio	Factor
PM <sub>10</sub>	0,00010734
PM <sub>2.5</sub>	0,00010380
SO <sub>2</sub>	0,00000022
CO	0,01906506
NOX	0,01814626
COV	0,01107922
COT	0,01154085
CH <sub>4</sub>	0,00110792
ALDEHÍDOS	0,00213044

### Factores de emisión solventes

Solvente - kg / hab

Solvente	COT	COV
Recubrimientos de superficies industriales	1,2800	1,2600
Aplicación de pintura automotriz	0,1400	0,1370
Limpieza de superficies arquitectónicas	1,3600	1,1830
Aplicación de pintura de tránsito	0,0400	0,0395
Limpieza de superficies industriales	1,8000	1,0800
Lavado en seco en tintorerías	0,6007	0,3484
Artes gráficas	0,4000	0,4000
Aplicación de asfalto	0,0043	0,0043

Fuente: México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

**Factores de emisión uso doméstico y comercial de solventes**

Solvente - kg / hab

<b>Solvente</b>	<b>COT</b>	<b>COV</b>	<b>ALDEHÍDOS</b>
Productos en aerosol	0,0670	0,0460	0,0009
Producto doméstico	0,5200	0,3590	0,0000
Producto de cuidado personal	1,5200	1,0490	0,0000
Productos de cuidado automotriz	0,8800	0,6070	0,0000
Adhesivos y selladores	0,3800	0,2620	0,0001
Pesticidas comerciales y domésticos	1,1700	0,8070	0,0023
Productos misceláneos	0,0400	0,0280	0,0000

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

**Factores de emisión distribución y almacenamiento de combustible**

kg/m<sup>3</sup>

<b>Gas criterio</b>	<b>Factor</b>
COT	0,007506
COV	0,007498

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

**Factores de emisión por pérdida en tránsito**

Factor de actividad - mg / l

<b>Fuente de actividad</b>	<b>Punto emisor</b>	<b>Factor</b>
Pérdidas en tránsito		6,55
Autotanque cargado	E1	0,05
Autotanque vacío		6,50
Descarga de pipas a estaciones de servicio	E2	1.046,80
Respiración del tanque subterráneo	E3	120,00
Recarga de gasolina en automóviles	E4	1.079,50
Derrames de combustible en la recarga	E5	80,00

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

**Factores de emisión por carga de combustible en aeronaves**

Factor de emisión - lb / 1000 galones

<b>Fuente de emisión</b>	<b>Factor</b>	<b>Unidad</b>
COT	0,0379	(lb / 1000 gal)

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

### Factores de emisión por misceláneas

Fuente de emisión	Factor	Unidad
Desechos humanos	0,0230	Kg/persona
Uso doméstico de amoníaco	0,0230	Kg/persona
Pañales desechables	0,1600	
Cigarrillos	5,2000	mg/cigarrillo
Alcantarillas	80,4000	g/persona

**Fuente:** México, Gobierno del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2004.

## Anexo 8. Emisiones de gases contaminantes por fuentes de área

### Emisiones totales de contaminantes por fuentes de área (toneladas métricas)

GAS	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CO	3.266,89	3.413,31	3.414,95	3.466,90	3.487,23	3.797,11
Nox	3.109,45	3.248,82	3.250,38	3.299,82	3.319,17	3.614,12
ALDEHÍDOS	408,77	425,78	426,61	433,07	438,62	474,08
PM <sub>10</sub>	18,39	19,22	19,23	19,52	19,63	21,38
PM <sub>2.5</sub>	17,79	18,58	18,59	18,88	18,99	20,67
COV's	103.983,73	105.570,66	107.093,19	108.653,13	116.332,12	118.447,01
COT's	144.374,33	146.903,07	149.466,54	152.009,14	162.748,24	166.217,98
SO <sub>2</sub>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
CH <sub>4</sub>	189,85	198,36	198,45	201,47	202,65	220,66
NH <sub>3</sub>	1.925,59	2.088,12	2.117,24	1.999,47	2.168,37	2.200,93
<b>Total</b>	<b>257.295</b>	<b>261.886</b>	<b>266.005</b>	<b>270.101</b>	<b>288.735</b>	<b>295.014</b>

**Elaboración:** propia.

### Emisiones de COT por distribución de gasolina

Toneladas métricas

Etapas / Fuentes	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Estimación de emisiones por pérdida de tránsito	16	17	18	20	21	23
Descarga de pipas a estaciones de servicio	2.494	2.686	2.921	3.128	3.330	3.639
Respiración del tanque subterráneo	286	308	335	359	382	417
Recarga de gasolina en automóviles	2.572	2.770	3.012	3.226	3.434	3.753
Derrames de combustible en la recarga	191	205	223	239	254	278
<b>Total</b>	<b>5.558</b>	<b>5.985</b>	<b>6.509</b>	<b>6.971</b>	<b>7.421</b>	<b>8.110</b>

**Elaboración:** propia.

**Emisiones de COT por solventes**

Toneladas

<b>Solventes</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
Recubrimientos de superficies industriales	17.162,59	17.415,02	17.670,52	17.926,97	19.215,65	19.541,03	128.798,63
Aplicación de pintura automotriz	1.877,16	1.904,77	1.932,71	1.960,76	2.101,71	2.137,30	14.087,35
Limpieza de superficies arquitectónicas	18.235,25	18.503,46	18.774,93	19.047,41	20.416,63	20.762,35	136.848,55
Aplicación de pintura de tránsito	536,33	544,22	552,20	560,22	600,49	610,66	4.024,96
Limpieza de superficies industriales	24.134,89	24.489,87	24.849,17	25.209,81	27.022,01	27.479,58	181.123,08
Lavado en seco en tintorerías	8.054,35	8.172,81	8.292,72	8.413,07	9.017,85	9.170,55	60.444,80
Artes gráficas	5.363,31	5.442,19	5.522,04	5.602,18	6.004,89	6.106,57	40.249,57
Aplicación de asfalto	57,66	58,50	59,36	60,22	64,55	65,65	432,68
Productos en aerosol	898,35	911,57	924,94	938,37	1.005,82	1.022,85	6.741,80
Producto doméstico	6.972,30	7.074,85	7.178,65	7.282,83	7.806,36	7.938,54	52.324,44
Producto de cuidado personal	20.380,57	20.680,34	20.983,74	21.288,28	22.818,59	23.204,98	152.948,38
Productos de cuidado automotriz	11.799,28	11.972,83	12.148,48	12.324,80	13.210,76	13.434,46	88.549,06
Adhesivos y selladores	5.095,14	5.170,08	5.245,94	5.322,07	5.704,65	5.801,24	38.237,09
Pesticidas comerciales y domésticos	15.687,68	15.918,42	16.151,96	16.386,38	17.564,31	17.861,72	117.730,00
Productos misceláneos	536,33	544,22	552,20	560,22	600,49	610,66	4.024,96
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>136.791,17</b>	<b>138.803,16</b>	<b>140.839,58</b>	<b>142.883,59</b>	<b>153.154,75</b>	<b>155.748,13</b>	<b>1.026.565,34</b>

Elaboración: propia.

**Emisiones de COV por solventes**

Toneladas

<b>Solventes</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
Recubrimientos de superficies industriales	16.894,42	17.142,91	17.394,42	17.646,87	18.915,41	19.235,70	126.786,15
Aplicación de pintura automotriz	1.836,93	1.863,95	1.891,30	1.918,75	2.056,68	2.091,50	13.785,48
Limpieza de superficies arquitectónicas	15.861,98	16.095,29	16.331,43	16.568,45	17.759,47	18.060,19	119.038,11
Aplicación de pintura de tránsito	529,63	537,42	545,30	553,22	592,98	603,02	3.974,65
Limpieza de superficies industriales	14.480,93	14.693,92	14.909,50	15.125,88	16.213,21	16.487,75	108.673,85
Lavado en seco en tintorerías	4.671,44	4.740,15	4.809,70	4.879,50	5.230,26	5.318,82	35.057,38
Artes gráficas	5.363,31	5.442,19	5.522,04	5.602,18	6.004,89	6.106,57	40.249,57
Aplicación de asfalto	57,66	58,50	59,36	60,22	64,55	65,65	432,68
Productos en aerosol	616,78	625,85	635,03	644,25	690,56	702,26	4.628,70
Producto doméstico	4.813,57	4.884,37	4.956,03	5.027,96	5.389,39	5.480,65	36.123,99
Producto de cuidado personal	14.065,28	14.272,15	14.481,54	14.691,72	15.747,83	16.014,49	105.554,50
Productos de cuidado automotriz	8.138,82	8.258,53	8.379,69	8.501,31	9.112,42	9.266,72	61.078,73
Adhesivos y selladores	3.512,97	3.564,64	3.616,93	3.669,43	3.933,20	3.999,80	26.363,47
Pesticidas comerciales y domésticos	10.820,47	10.979,63	11.140,71	11.302,40	12.114,87	12.320,01	81.203,51
Productos misceláneos	375,43	380,95	386,54	392,15	420,34	427,46	2.817,47
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>102.039,62</b>	<b>103.540,46</b>	<b>105.059,53</b>	<b>106.584,27</b>	<b>114.246,06</b>	<b>116.180,59</b>	<b>765.768,24</b>

Elaboración: propia.

**Emisiones de ALDEHÍDOS por solventes**  
Toneladas

Años	Productos en aerosol	Producto doméstico	Adhesivos y selladores	Pesticidas comerciales y domésticos	TOTAL ANUAL
2006	11,80	0,27	0,94	30,70	43,71
2007	11,97	0,27	0,95	31,16	44,35
2008	12,15	0,28	0,97	31,61	45,00
2009	12,32	0,28	0,98	32,07	45,66
2010	13,21	0,30	1,05	34,38	48,94
2011	13,43	0,31	1,07	34,96	49,77
2012	13,66	0,31	1,09	35,54	50,60
Total	88,55	2,01	7,04	230,43	328,03

**Elaboración:** propia.