

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMIA**

**DISERTACION DE GRADO
TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE ECONOMISTA**

**COSTOS ECONOMICOS EN SALUD OCASIONADOS POR LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE QUITO: ESTUDIO DE
CASOS EN ESCUELAS DEL DISTRITO METROPOLITANO**

YOMAR TAMARA VILLACÍS NAVAS

QUITO, JUNIO DE 2003

DEDICATORIA

A Nuestro Creador quien está siempre ahí aún cuando yo no he estado...

*A mis padres cuyos desvelos desde hace 25 años se llevan el mérito total de ver culminado
este trabajo y esta etapa de mi vida.*

A todos aquellos que han hecho de mi vida una experiencia inolvidable....

*a los que están a mi lado y de los que me he alejado, un infinito gracias por todo lo que he
aprendido con ustedes.*

A ti con quien me reencontraré en otro tiempo

AGRADECIMIENTO

A Sandra Jiménez, quien desde un inicio me apoyó incondicionalmente, con su consejo y guía, en la realización de este trabajo. Pero por sobretodo por haber reforzado durante mis años de formación universitaria mi creencia de que vale la pena todo esfuerzo por tener un ambiente mejor el cual dejar a quienes viene detrás.

A Pablo Proaño y Roberto Posso por la ayuda intelectual prestada durante esta investigación.

A Cecilia Pozo y Fernando Bossano por todo su apoyo y comprensión.

A todas las personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron para la culminación de este trabajo, de manera especial a Fundación Natura.

ABSTRACT

Costos en salud derivados de la contaminación del aire en la ciudad de Quito. Estudio de caso en escuelas del Distrito Metropolitano

En Quito circulan alrededor de 220.000 vehículos, cuyas emisiones causan graves efectos en salud como son afecciones respiratorias (tos, amigdalitis, bronquitis, faringitis), efectos en el sistema nerviosos y cardiovascular y cáncer. El monóxido de carbono es uno de los principales contaminantes, el cual al entrar en contacto con la sangre forma la carboxihemoglobina responsable de enfermedades del corazón, pulmón y daños en el feto. A partir de 1995 las concentraciones de éste han sobrepasado en 25% promedio la norma de 9ppm. Así mismo, otro contaminante importantes son las partículas en suspensión, derivadas del hollín de los motores a diesel, cuyo promedio anual ha sobrepasado la norma de 50 mg/m³ desde 1997 a 2000.

Se ha determinado la que principal causa de contaminación atmosférica en Quito son las emisiones provenientes de los automotores. Su aporte al total de emisiones atmosféricas, que para 1996 fueron de 193.920 toneladas, es de un 80%, generadas por factores como le crecimiento del parque automotor, la inadecuada calibración de los automotores, la combustión incompleta de los combustibles, red vial deficiente, entre otros. Entre los contaminantes principales generados por fuentes móviles se encuentran el monóxido de carbono (93%), los hidrocarburos (4%) y las partículas (0.5%).

El marco teórico escogido tiene sus fundamentos en la Economía Ambiental, la cual se concentra en la relación existente entre calidad ambiental y bienestar de los individuos generados por las externalidades de la actividad económica.

El empleo de la Función Dosis Respuesta propuesta por Diego Azqueta, como una herramienta de Economía Ambiental empleada para poder determinar el impacto, en términos económicos, en la salud derivado de la variación de la calidad del aire en la ciudad de Quito se ha probado eficiente, basándose en un estudio científico de salud, que evidencia la relación entre impactos respiratorios en salud en niños de entre 8 y 10 años y la exposición a contaminación atmosférica y la determinación de los costos en salud por concepto de diagnóstico, tratamiento y actividad perdida y restringida.

Utilizar series históricas de los principales contaminantes atmosféricos así como de enfermedades respiratorias de los habitantes de Quito se probaron útiles para la elaboración de una función de calidad del aire y para la determinación de la creciente incidencia en la población, de 8-10 años, de estas afectaciones. Esto corroboró los datos obtenidos por el estudio de Relación entre Emisiones Vehiculares e Infecciones respiratorias, elaborado por Fundación Natura en el año 2000.

Todos los problemas que se presentaban derivados de la contaminación del aire llevan a la actual administración municipal a que a partir de marzo de 2003 ponga en vigencia el requisito de la aprobación del control de emisiones vehiculares como requisito previo a la matriculación de vehículos que circulen en le Distrito. Se crea la Corporación Centros de Revisión y control Vehicular en el año 2000 y es el ente que se encarga de todo el proceso de licitación y control del proceso. A través de tarifas fijadas según el tipo de vehículo que van desde 13 a 25 USD se imponen controles anuales a vehículos particulares y semestrales a vehículos pesados y de uso intensivo como taxis y buses. Esta revisión cubre un chequeo mecánico y el control de emisiones en función de lo que norma la ordenanza 038.

El análisis de la propuesta de política preventiva de control de emisiones vehiculares, del Municipio de Quito permitió comparar los costos en salud con los de implementación de políticas preventivas como los controles, probándose que es más eficiente en términos económicos y conlleva mayores beneficios sociales el poder controlar y prevenir la contaminación que remediar las afecciones en la salud.

La deficiente calidad del aire se ve agravada por factores como una red vial inadecuada que lleva a velocidades de circulación promedio de 22.5 km/h en horas pico, la alta tasa de 12% de crecimiento anual del parque automotor, carencia de un sistema de transporte público, la ausencia de vientos en la ciudad, entre otras.

Un grupo vulnerable son los escolares expuestos a niveles de contaminación que varían según su zona escolar, así, un estudio de Fundación Natura demostró que a mayor concentración de vehículos hay mayores emisiones y mayores infecciones respiratorias en niños de entre 8 y 10 años (Escuela Sucre, sector centro), mientras que se los efectos disminuyen en zonas periféricas.

El cálculo de los costos en salud determinó que por salud se empleaban en esta escuela 425 USD semanales, en tanto que en la Escuela Gallegos Lara y la Sucre se empleaban 194 y 928 USD semanales respectivamente. Esto mostró el incremento en más del 100% en la Escuela Sucre de mayor circulación, frente a la línea base, mientras que en la Gallegos Lara los costos fueron menores. A partir de estos datos se hizo un cálculo para toda la población de entre 8 y 10 años de Quito. Obteniéndose un gasto anual de alrededor de 7 millones de dólares por daños en salud.

Existe una relación clara entre la exposición a emisiones vehiculares y las afecciones respiratorias altas evidenciado en el riesgo de los niños se incrementa a medida que se incrementa el nivel de exposición. Así, en estudio de Fundación Natura muestra que los niños de la Escuela Sucre tienen un riesgo de contraer IRAA de 3.9 veces mayor que los niños de la Escuela Gallegos Lara y 1.9 que los de la Escuela Costa Rica, y se corresponden a los niveles de carboxihemoglobina encontrados en los niños, siendo mayores en la Escuela Sucre.

Además existe una tendencia creciente en la incidencia de infecciones respiratorias en la ciudad de Quito con tasas de crecimiento promedio del 2.5% anual en el periodo 1995-2000.

Los gastos de remediación por salud (8.315.169 USD) son significativamente mayores que los que se incurriría por costos de revisión vehicular (7.036.869 USD), evidenciando que es mejor la prevención que la remediación. Esto no solo en términos económicos, pues además el beneficio de contar con un aire más sano se muestra en una población más sana, en donde en una sociedad con carencias como la nuestra, la salud puede ser el capital más importante del que goce un individuo.

Por último, es necesario manifestar que existen otros impactos que se pueden presentar a más de los daños en salud, como son la pérdida del paisaje, detrimento de condiciones en seguridad, pérdida de visibilidad, que pueden ser también determinados.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION

| | |
|--|-----------|
| 1.1 INTRODUCCION | 13 |
| 1.2 ANTECEDENTES | 14 |
| 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 15 |
| 1.3.1 Delimitación del Problema | 16 |
| 1.3.1.1 Delimitación Espacial | 16 |
| 1.3.1.2 Delimitación Temporal | 16 |
| 1.4 FORMULACION DE HIPÓTESIS | 17 |
| 1.5 VARIABLES E INDICADORES | 18 |
| 1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.6.1 Objetivo General | 19 |
| 1.6.2 Objetivos Específicos | 19 |
| 1.7. METODOLOGÍA | 20 |
| 1.7.1 Tipo de Investigación | 20 |
| 1.7.2 Tipo de Información | 21 |
| 1.8 JUSTIFICACIÓN | 22 |

II. MARCO TEORICO

| | |
|---|-----------|
| 2.1 ECONOMÍA Y CONTAMINACIÓN | 26 |
| 2.1.1 Punto óptimo de contaminación | 27 |
| 2.2 LA SALUD Y LA CALIDAD DEL AMBIENTE | 28 |
| 2.2.1 Calidad del Aire | 30 |
| 2.2.2 Contaminantes del Aire | 31 |
| 2.2.3 Parámetros de calidad del aire | 33 |
| 2.2.4 Función de Daño | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS EN SALUD | 37 |
| 2.3.1 Función Dosis Respuesta | 38 |
| 2.3.1.1 Valoración económica de los cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad | 38 |
| 2.4 COSTOS EVITADOS | 41 |
| 2.4.1 Mecanismos alternativos de control de la contaminación del aire | 42 |
| 2.5 MARCO LEGAL | 43 |
| 2.6 EVALUACION DEL MARCO TEORICO | 44 |
| III. DETERMINACION DE COSTOS EN SALUD POR CONTAMINACION DEL AIRE EN QUITO | |
| 3.1 EL AIRE EN QUITO | 46 |
| 3.1.1 Principales contaminantes del aire en Quito | 47 |
| 3.1.1.1 Contaminación por ruido | 50 |
| 3.1.2 Factores agravantes de la contaminación del aire en Quito | 52 |
| 3.1.2.1 Condiciones de desarrollo urbano | 52 |
| 3.1.2.2. Condiciones físicas de la ciudad | 55 |
| 3.2 TIPOS DE INFECCIONES RESPIRATORIAS MÁS FRECUENTES EN QUITO | 57 |
| 3.3 FUNCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE | 60 |
| 3.4 DETERMINACION DE COSTOS EN SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE | 63 |
| 3.4.1 Resultados del Estudio de incremento de infecciones respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular, realizado por Fundación Natura | 64 |
| 3.4.2 Determinación de la Función Dosis – Respuesta | 67 |
| 3.4.2.1 Determinación de la Línea de Base | 69 |
| 3.4.2.2 Costos de Diagnóstico | 70 |
| 3.4.2.3 Costos de Tratamiento Médico | 71 |
| 3.4.2.4 Costos por Actividad Perdida y Actividad Restringida | 72 |
| 3.4.3 Resultados de las escuelas estudiadas | 74 |
| 3.4.4 Población Total de Quito de entre 8 y 10 años | 76 |

IV. COSTOS EN SALUD VS. GASTOS DE CONTROL

| | |
|--|------------|
| 4.1 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA | 78 |
| 4.1.1 Reducir el uso de vehículos motorizados | 78 |
| 4.1.2 Instrumentos económicos | 79 |
| 4.1.3 Autorregulación y Auditorías Ambientales | 80 |
| 4.1.4 Command and Control | 80 |
| 4.2 COSTOS DE IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO | 82 |
| 4.2.1 Creación de la Corporación de Revisión y Control Vehicular | 83 |
| 4.2.2 Operación de los Centros de revisión vehicular | 84 |
| 4.2.2.1. Pasos para la revisión vehicular | 85 |
| 4.3 COSTOS PARA LOS PROPIETARIOS DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO | 88 |
| 4.3.1 Costos de los controles | 88 |
| 4.3.2 Costos en calibración de los vehículos | 90 |
| 4.4 TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN QUITO | 91 |
| 4.4.1 Mayor eficiencia de los motores | 92 |
| 4.4.2 Uso de convertidores catalíticos | 93 |
| 4.5 ANÁLISIS COMPARATIVO | 95 |
| 4.5.1 Beneficios económicos del control de la calidad del aire en Quito | 96 |
| 4.5.2 Beneficios sociales del control de la calidad del aire en Quito | 98 |
| V. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 5.1 RESULTADOS | 99 |
| 5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 104 |
| ANEXOS | |

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1: ESTIMACION PRELIMINAR DE LAS CARGAS CONTAMINANTES EMITIDAS A LA ATMOSFERA POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES EN QUITO – AÑO 1989</i> | 48 |
| <i>Tabla 2: NIVELES DE PRESION SONORA MAXIMOS PARA VEHICULOS AUTOMOTORES</i> | 51 |
| <i>Tabla 3: INCREMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN NIÑOS DE 8-10 AÑOS EN QUITO. PERIODO 1995-2000</i> | 59 |
| <i>Tabla 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS A, B Y C</i> | 65 |
| <i>Tabla 5: PROMEDIO Y NIVELES DE RIESGO DE CARBOXIHEMOGLOBINA (COHB)</i> | 66 |
| <i>Tabla 6: INCIDENCIA DE IRA ALTA E IRA BAJA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO</i> | 67 |
| <i>Tabla 7: NIVEL DE INFECCIÓN RESPIRATORIA ALTA y TRATAMIENTO</i> | 69 |
| <i>Tabla 8: COSTO PROMEDIO DE DIAGNÓSTICO</i> | 71 |
| <i>Tabla 9: COSTOS DE TRATAMIENTO POR NIVEL DE INFECCION RESPIRATORIA ALTA. EN DOLARES</i> | 71 |
| <i>Tabla 10: COSTOS POR ACTIVIDAD PERDIDA Y RESTRINGIDA, EN FUNCION DEL NIVEL DE GRAVEDAD DE LA INFECCION RESPIRATORIA. EN DOLARES</i> | 73 |
| <i>Tabla 11: RESUMEN DE COSTOS EN SALUD DETERMINADOS PARA TRES ESCUELAS DE QUITO</i> ... 75 | |
| <i>Tabla 12: LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS USADOS A GASOLINA EN PRUEBA ESTÁTICA Y DINÁMICA DE ACELERACIÓN SIMULADA</i> | 86 |
| <i>Tabla 13: LÍMITES MÁXIMOS DE OPACIDAD PERMITIDOS PARA VEHÍCULOS USADOS A DIESEL (PRUEBA DE ACELERACIÓN LIBRE)</i> | 86 |
| <i>Tabla 14: REVISIÓN VEHICULAR PASO A PASO</i> | 87 |
| <i>Tabla 15: COSTOS DE LA REVISIÓN VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULO Y FRECUENCIA EN EL AÑO</i> | 89 |
| <i>Tabla 16: COSTOS POR REVISIÓN VEHICULAR EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO</i> | 90 |
| <i>Tabla 17: MUESTREO DE MERCADO DE CHEQUEOS PREVIOS A LA REVISIÓN VEHICULAR</i> | 92 |

INDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|-----------|
| <i>Gráfico 1: MEDICION DE NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO. PERIODO 1995-2000</i> | <i>49</i> |
| <i>Gráfico 2: MEDICION DE NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO PM10. PERIODO 1995-2000.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Gráfico 3: COMPOSICION VEHICULAR DE QUITO – AÑO 2002</i> | <i>53</i> |
| <i>Gráfico 4: CASOS DE AFECCIONES RESPIRATORIAS EN QUITO Y PICHINCHA. 1995 – 2000.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Gráfico 5: FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN PARA MONÓXIDO DE CARBONO Y MATERIAL PARTICULADO PM10</i> | <i>62</i> |
| <i>Gráfico 6: FUNCION DE CALIDAD DEL AIRE PARA MONOXIDO Y PARTICULAS EN SUSPENSION..</i> | <i>63</i> |

INDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|-----------|
| <i>Ilustración 1: EMISIONES, CALIDAD DEL AIRE Y DAÑOS.....</i> | <i>31</i> |
| <i>Ilustración 2: EFECTOS EN SALUD DEL RUIDO</i> | <i>51</i> |
| <i>Ilustración 3: PLANO DE UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE REVISIÓN Y CONTROL VEHICULAR....</i> | <i>85</i> |
| <i>Ilustración 4: ETAPAS DE LA REVISION VEHICULAR.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Ilustración 5: CORTE DE UN COVERTIDOR CATALITICO.....</i> | <i>94</i> |

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Entrevista a Ing. Vladimir González. Director del Proyecto Calidad del Aire. Fundación Natura

Anexo 2: Operadores de Transporte Público en Quito

Anexo 3a: Concentraciones de monóxido de carbono. Promedio mensual 1995-2000

Anexo 3b: Material particulado fracción respirable pm10. Promedio mensual 1996-2000

Anexo 4: Efectos para la salud humana asociados a niveles de exposición de monóxido de carbono. Niveles del efecto mas bajo observado

Anexo 5: Cálculo de costos de diagnóstico, tratamiento y actividad restringida para la determinación de la función Dosis-Respuesta.

Anexo 6: Flujograma de la Revisión Técnica Vehicular en Quito

Anexo 7: Entrevista a Dr. Jose Luis Piñeiros. Director del Area de Ingeniería, Calidad y Medio Ambiente. General Motors-Omnibus BB

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION

La interacción del ser humano con su entorno es un factor determinante en la apropiación y uso de los recursos que este le ofrece. Fruto de esto se ha dado un desgaste en la calidad y cantidad de los recursos existentes para su disfrute, afectando su calidad de vida.

Así, el nivel de salud del que gocen los habitantes de una ciudad está estrechamente ligado con la calidad del ambiente. Este capital que es la salud puede verse amenazado o afectado por la presencia del deterioro de la calidad del aire, lo cual se refleja en la presencia de enfermedades que tienen estrecha relación con la contaminación del aire como son las de índole respiratorio.

Es materia de esta investigación el determinar el impacto existente en la salud de los escolares de edades entre 8 a 10 años por exposición a emisiones de origen vehicular pues son éstas la mayor fuente de a contaminación atmosférica. Así mismo se pretende analizar el Programa de control de emisiones recientemente implementado por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y realizar una comparación entre los costos por salud y los costos de revisión vehicular para los propietarios de automotores como requisito para poder circular en el Distrito.

1.2 ANTECEDENTES

Hoy en día, la contaminación se ha constituido en un problema de salud pública para la mayoría de ciudades en el mundo. No solamente está la afectación directa a la salud sino por los costos económicos y sociales que, de una deficiente calidad del aire, se derivan.

En la ciudad de Quito la contaminación del aire es un factor de riesgo para la salud, implicando mayor amenaza que la mala calidad del agua o la disposición inadecuada de desechos sólidos¹. Varios factores son determinantes en el deterioro de la calidad del aire en Quito, que se han ido intensificando durante los últimos 15 años, y estos son:

- Un desarrollo urbano no planificado lo que genera la presencia de industrias contaminantes en zonas pobladas
- Existencia de una red vial inadecuada e insuficiente
- Este último pero el más importante, el acelerado crecimiento del parque automotor.

Lo que se traduce en daños a la salud de los habitantes de Quito, especialmente en cuanto a afectaciones a nivel del aparato respiratorio. Estas incluyen infecciones en las vías respiratorias altas, ataques asmáticos sintomáticos e incluso disminución de la función pulmonar. Sin embargo, existen pocas investigaciones acerca de la asociación entre contaminantes y salud, pese a que los niveles de contaminación en la ciudad se han incrementado alarmantemente en los últimos años.

¹ ARCIA. *Evaluación del Riesgo Ambiental en Quito*. 1993

Por otro lado, los costos económicos que se derivan del incremento de la contaminación no han sido estimados, como tampoco lo han sido los beneficios de un tratamiento o medidas tendientes a mejorar la calidad del aire.

Es por esto que se pretende determinar, los costos en salud de un grupo altamente vulnerable como es de los niños de escuelas del Distrito Metropolitano y compararlos con los costos en que se incurriría para poder mejorar la calidad del aire en el Distrito.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Pregunta General:

¿Cuál es la incidencia del deterioro de la calidad del aire en el estado de la salud de los niños en el Distrito Metropolitano de Quito?

Preguntas Específicas:

- a. ¿Cuáles son los factores determinantes del deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Quito?
- b. ¿Cómo se valora económicamente el cambio en el estado de salud provocado por la contaminación del aire?
- c. ¿Cuáles son las alternativas tecnológicas para la prevención y reducción del deterioro de la calidad del aire?
- d. ¿Cuál de estas alternativas tecnológicas es económicamente más eficiente para la sociedad?

1.3.1 Delimitación del Problema

1.3.1.1 Delimitación Espacial

La investigación se centra en el análisis del deterioro de la salud de los habitantes derivados de la calidad del aire en la ciudad de Quito. Se ha centrado la investigación en un grupo vulnerable de la población como son los escolares. Para esta se realizará el análisis de las infecciones respiratorias y los niveles de carboxihemoglobina en función de una muestra representativa empleada por Fundación Natura en un estudio de afecciones respiratorias en escolares causadas por la contaminación. El estudio se centró en muestras de tres escuelas representativas de la capital y son:

- Escuela Sucre en el Centro Histórico de Quito
- Escuela Gallegos Lara en Carcelén, barrio periférico de Quito
- Escuela Costa Rica en Nayón, parroquia al nororiente de Quito

La presente investigación se centra en valorar los costos económicos por afecciones en salud en función de los diferentes niveles de calidad del aire. Se tomará una muestra representativa para los habitantes de la ciudad de Quito, de la población comprendida entre los 8 y 10 años de edad.

1.3.1.2 Delimitación Temporal

El claro deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Quito se evidencia en la franja de contaminación que puede ser observada a diario en la ciudad. A fin de determinar los principales contaminantes presentes en el aire de la ciudad se analizará una serie histórica de mediciones de la calidad del aire, en base a la información proporcionada por la Dirección Metropolitana Ambiental del Municipio a partir del año 1995.

El estudio se lo realizará a partir de una investigación acerca de la incidencia de enfermedades respiratorias en escolares de Quito causadas por contaminación del aire, determinado en función de la cantidad de casos por afecciones respiratorias presentes en escolares. El estudio fue realizado por Fundación Natura en octubre del año 2000. Este se centró en determinar si la calidad del aire respirada por los niños de las tres escuelas tenía relación con los tipos de afectación al aparato respiratorio y la frecuencia con que se presentaba; siendo un estudio eminentemente de salud, sin analizar las implicaciones económicas de los resultados obtenidos.

1.4 FORMULACION DE HIPÓTESIS

1. Los principales factores determinantes del deterioro de la calidad del aire son las emisiones a la atmósfera provenientes de los automotores, derivados de la deficiente quema de los combustibles empleados.
2. El deterioro de la calidad del aire tiene repercusiones en el estado de salud de los niños del Distrito Metropolitano de Quito.
3. Para valorar económicamente el impacto del deterioro en la calidad del aire en el estado de salud se emplea la función dosis – respuesta. Esta herramienta permite cuantificar los costos provocados por la contaminación de aire en la salud de los niños.

4. El incurrir el gastos en tecnologías alternativas para la prevención y control de la contaminación del aire es económicamente más eficiente que los gastos de remediación en salud.

1.5 VARIABLES E INDICADORES

Las siguientes variables fueron empleadas con el fin de poder probar las hipótesis anteriormente planteadas:

| <i>HIPOTESIS</i> | <i>VARIABLES</i> | <i>INDICADORES</i> |
|---------------------------------|---|--|
| PRIMERA HIPÓTESIS | Pérdida de bienestar por calidad del aire | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cantidad de emisiones a la atmósfera / límite permisible ✓ Calidad del aire en las escuelas versus base aceptada |
| <i>Segunda Hipótesis</i> | Disminución del estado de salud | <ul style="list-style-type: none"> ✓ % de niños que presentan infecciones respiratorias ✓ % de niños con niveles superiores al permisible de carboxihemoglobina ✓ % de niños con niveles superiores al permisible de partículas en suspensión. ✓ % de niños con niveles superiores al permisible de plomo. ✓ No. Veces/mes en que se presenta una infección |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tercera Hipótesis | Costos económicos en salud | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos por tratamiento promedio por niño ✓ % del salario destinado a salud ✓ % de actividad escolar restringida en los menores ✓ Costos de actividad restringida /costo escolar (pensión) |
| Cuarta Hipótesis | Uso de alternativas tecnológicas para el control de la calidad del aire. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos en salud / Costos en disminución de contaminación <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> > 1 Es reentable disminuir la contaminación < 1 No es reentable disminuir la contaminación |

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Objetivo General

Determinar los costos por afectaciones en salud derivados del deterioro de la calidad del aire, en los niños de tres escuelas del Distrito Metropolitano de Quito

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Establecer la relación entre la calidad del aire en Quito y variaciones en el estado de salud de los menores.
2. Determinar los costos, por deterioro en la salud de los niños, que sean causados por contaminación del aire en Quito.

3. Establecer los beneficios por costos evitados, derivados de la implementación de alternativas tecnológicas para reducir los niveles de contaminación del aire en Quito.

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1 Tipo de Investigación

La investigación realizada es de carácter científico, analítico-explicativo por cuanto se pretende comprobar las hipótesis planteadas a partir de determinar la relación que existe entre las afectaciones en salud y el deterioro de la calidad del aire en Quito, para posteriormente poder darle una valoración económica a los daños.

Así se puede establecer cuáles variables afectan la salud de los niños en estudio, la afectación de su ambiente escolar, y condiciones económicas, pudiendo esta investigación ser empleada como una aproximación para otros estudios posteriores en los que se pretenda determinar qué herramientas se pueden emplear en la prevención y control de la contaminación atmosférica y su utilidad social y económica.

Se empleará el método Delphy para la investigación. Método desarrollado como un método alternativo a la función dosis-respuesta dada la complejidad de este. Consiste en solicitar a los profesionales médicos que valoren la infección seleccionada que fue motivo de las afecciones mediante la determinación de un porcentaje atribuible a la calidad del ambiente.

Se constituye en una técnica de previsión cualitativa donde se combina la opinión de los expertos en una serie de iteraciones, en donde el resultado de cada iteración se utiliza para desarrollar la siguiente, teniendo un grado aceptable de confianza de los resultados obtenidos.

1.7.2 Tipo de Información

La investigación se centra en el uso de fuentes primarias y secundarias de información.

Fuentes primarias de información

Estas fuentes de información fueron empleadas a fin de conocer más de cerca la problemática en salud y los riesgos a los que está expuesto un grupo vulnerable frente a la contaminación atmosférica en el ambiente en el que se desarrollan. Así se pudo acceder a entrevistas, talleres y cursos para poder establecer un panorama general de la problemática de la contaminación del aire.

Para el desarrollo posterior de la investigación se pretende recurrir a herramientas como entrevistas y reuniones con médicos expertos en infecciones respiratorias, así como personas de la Dirección Ambiental Metropolitana, Corporación Centros de Revisión Vehicular y Fundación Natura

Fuentes Secundarias de información

Con la finalidad de conocer inicialmente el bagaje teórico de la problemática investigada, se realizó una revisión bibliográfica del material existente. Para el caso de la teoría económica, el estudio se respaldó básicamente en los nuevos enfoques de la Economía Ambiental y las herramientas que esta propone para analizar el componente de salud y

contaminación desde una perspectiva económica. Se recurrió así mismos a fuentes de información secundaria que pudieran ampliar los conocimientos en el marco de la contaminación de aire y los peligros potenciales que esta conlleva.

El estudio “Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular” realizado por Fundación Natura en el año 2000 servirá de base para poder realizar el análisis económico de estas implicaciones en salud ocasionadas por la contaminación del aire de la ciudad. Esta fuente secundaria, es fundamental en esta investigación por cuanto aquí se llega a establecer la relación existente entre la calidad del aire y las afectaciones en salud en escolares de tres establecimientos de la ciudad cuya condición de localización geográfica (una en el centro, una en la periferia de la ciudad y una en Nayón) marca un papel importante en los resultados. Esto en tanto y en cuanto se determina que la calidad del aire difiere en los establecimientos pero a la par difiere la intensidad y frecuencia de afecciones respiratorias detectadas en los escolares.

1.8 JUSTIFICACIÓN

La investigación está encaminada a proponer criterios económicos que justifiquen la implementación de programas o planes de prevención y control de la contaminación atmosférica, no solo en la ciudad de Quito sino como una política nacional para preservar este recurso necesario para la vida.

Pretende a través del empleo de nuevas propuestas teóricas de las ciencias económicas dentro del campo de la Economía Ambiental, hacer el análisis de una problemática

eminentemente social, como es el acelerado deterioro de la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito.

Esta problemática radica en que al estar en contacto directo y consumir diariamente cantidades importantes de aire, los habitantes de Quito están expuestos a un riesgo alto de contraer enfermedades relacionadas con la mala calidad o contaminación de este bien. Esto se traduce en una pérdida de bienestar social ya que a más de la pérdida de bienestar individual, la sociedad pierde importantes recursos en remediar los efectos de la contaminación en la salud de sus habitantes.

Entonces, pese que a primera vista no exista una relación directa entre las ciencias médicas y las ciencias económicas, el estudio pretende interrelacionar estas dos a fin de cumplir con uno de los preceptos principales de la Economía y que es el de maximizar el beneficio de los individuos sin afectar, es decir minimizando los costos sociales.

Es así que se espera que la investigación a ser desarrollada contribuya en alguna manera a la implementación de medidas y planes que puedan verdaderamente brindar una solución a este grave problema que enfrenta la capital del Ecuador para poder mejorar la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

La calidad de vida de los seres humanos depende en mucho de factores que incidan en la satisfacción de sus necesidades básicas como son alimentación, vivienda, educación y salud. Dentro de este último campo, el nivel de salud del que gocen los habitantes de una ciudad está estrechamente ligado con la calidad del ambiente en el que se desenvuelven, así un medio ambiente sano, libre de contaminación implica una mejor calidad de vida de los individuos, lo que se traduce en un mayor bienestar.

Es innegable la dependencia que tiene el ser humano con su entorno, pues es precisamente en este en donde desarrolla todas sus actividades, tanto de producción como de consumo, esparcimiento, etc. Sin embargo, la forma de aprovechamiento de los recursos naturales, para lograr un crecimiento económico ha llevado a un desgaste de estos recursos tanto en calidad como en cantidad, lo que causa graves impactos en el medio con consecuencias para el ser humano y toda forma de vida en el planeta.

El aire, que es un bien considerado como público, es un factor básico para la supervivencia de las especies en el planeta. Los seres humanos consumen 1,5 kilogramos de comida, 2,5 kilogramos de agua al día, mientras que emplean 15 kilogramos de aire al día², mostrando la importancia de este recurso en su supervivencia.

² VARIOS “Relación entre Rinitis, Infecciones Respiratorias Altas y Contaminación Atmosférica de Origen Vehicular”. **Revista Ecuatoriana de Pediatría**. Sociedad Ecuatoriana de Pediatría, Filial Pichincha. Vol. 1. No. 2. Ecuador. Diciembre de 2000. Pág. 5.

Este bien ha sido desde ya hace muchos años, motivo de preocupación. En sí no se podría determinar la composición física exacta de un aire no contaminado o puro, puesto que la calidad de este ha sido afectada desde mucho antes que el ser humano existiera. Esto a través de fenómenos naturales como las erupciones volcánicas, tormentas de viento, descomposición de animales y plantas y posteriormente también la actividad humana, que han ido alterando su composición. Sin embargo, la OPS indica que el aire cuenta como principales elementos constitutivos: el nitrógeno en un 78%, 21% oxígeno y el 1% restante esta constituido por varias sustancias como el dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón y helio.³

Desde el descubrimiento del fuego podemos hablar de un incremento en la contaminación del aire por causas antropogénicas. Posteriormente, ya en la antigua Roma, Séneca hace referencia al “aire cargado de Roma” y en el siglo XI se prohibió la quema de carbón en Londres.

El problema que vivimos en esta época por la contaminación del aire se puede decir que tuvo sus orígenes con la Revolución industrial en 1789. El apogeo de las industrias y la producción en masa que caracterizó la época tuvieron sus efectos en el ambiente, directamente en la calidad del aire ya que se incentivó el uso masivo de combustibles fósiles como el carbón y petróleo. No obstante, la preocupación por la alteración de este recurso ha sido relegada luego de la contaminación de aguas o suelos, lo cual se da debido a que las manifestaciones físicas y químicas de contaminación del aire no se presentan en una forma rápida a diferencia de los otros dos recursos nombrados, sino en etapas en las cuales ya el daño es bastante severo, como las densas capas de smog que se podían observar en Londres

³ OPS-BANCO MUNDIAL. *Curso de Orientación para el Control de la Contaminación del Aire*. Washington, D.C, USA, 1999. Lección 2. Pág. 1

o en México Distrito Federal y en América Latina, Chile y ahora en el Distrito Metropolitano de Quito.

Han existido varios acercamientos a la problemática de la calidad del aire en las urbes, sin embargo la mayoría de ellas han sido en el ámbito de la salud y las afectaciones a ésta derivadas de una pobre calidad del aire. Se han realizado algunos estudios en los que se muestra la relación directa entre los niveles de contaminación del aire y las afectaciones a la salud. Una investigación a 800 niños alemanes realizada entre 1985 y 1987 demuestra que la función pulmonar decrece conforme aumenta la polución aérea, especialmente aquella referida a partículas menores a 10 PM⁴ (Brunekreef, 1993).

Otra investigación llevada a cabo en 6 ciudades de Estados Unidos, durante 1974 a 1979 mostró la asociación entre las tasas incrementadas de tos crónica y bronquitis, con las concentraciones de partículas y gases contaminantes atmosféricos (Dockery, 1989)

2.1 ECONOMÍA Y CONTAMINACIÓN

La política ambiental muchas veces se ha visto en un contexto aislado de la política económica y las decisiones tendientes a buscar un desarrollo económico han llevado a un uso sin restricción de los recursos naturales, causando un deterioro en los mismos tanto en cantidad como en su calidad. El costo de separar estos dos campos en países desarrollados, no parecía ser muy alto frente a los altos ingresos alcanzados, sin embargo la experiencia de décadas de degradación les mostró que los costos fueron mayores a los esperados, llevándoles

⁴ 10 PM son partículas con 10 o menos micrómetros de diámetro. Un micrómetro o micrón es la milésima parte de un milímetro.

a buscar medios más eficientes de alcanzar el mismo nivel de protección ambiental basándose en el uso de instrumentos de mercado⁵.

Recursos como el aire o el agua han sido afectados por las decisiones de producción y consumo de las sociedades, sin poder determinar en muchos de los casos los causantes de tal degradación. Es así que se contamina recursos necesarios para la vida, los cuales en función de su grado de contaminación afectan a la salud de quienes los emplean o están en contacto directo.

La preservación de los recursos naturales se hace difícil cuando estos son *bienes públicos*, es decir cuando estos son de libre acceso a todas las personas (no exclusión) y si alguien lo consume no reduce el consumo potencial de los demás (no rivalidad)⁶. Este es el caso del aire pues las fuentes contaminantes son varias y difíciles de determinar: fijas como las industriales y móviles como los automotores; y sus efectos pueden sentirse a nivel local como global.

2.1.1 Punto óptimo de contaminación

Se conoce como contaminación a la presencia de sustancias en el ambiente, que resultan de actividades humanas o procesos naturales las cuales presentes en concentración y tiempo suficientes pueden interferir con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente.

El concepto de contaminación puede verse desde varios puntos de vista, así existe:

⁵ Theodore, PANAYATOU. **Economic Instruments for the Environmental Management and Sustainable Development**, International Environment Program. Harvard University. July, 1994. Pág. 1

⁶ PIERCE. TURNER. **Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente**. Celeste Ediciones. Colegio de Economistas de Madrid. España. 1995. Pág 3

Contaminación Natural:

Es decir la producida por fenómenos físicos y químicos de manera natural, por ejemplo una erupción volcánica.

Contaminación Económica:

La definición económica de la contaminación depende tanto del efecto físico de los residuos sobre el medio ambiente, como de la reacción humana frente a ese efecto⁷. Así su manifestación puede ser física, biológica o química. La reacción humana muestra una expresión de desagrado, preocupación o ansiedad, es decir una pérdida de bienestar. Es decir la contaminación económica se da cuando una actividad económica causa una externalidad negativa, coste externo o deseconomía.

Una externalidad se da cuando se presentan las dos condiciones siguientes:

- a) Una actividad de un agente provoca la pérdida de bienestar a otro agente
- b) La pérdida de bienestar no está compensada

Así un ejemplo de externalidad es el ruido: cuando una persona pone la radio a todo volumen en una playa disminuye el bienestar de quienes están a su alrededor, sin que se pueda exigir (si no existe regulación alguna) al causante una compensación por ello.

2.2 LA SALUD Y LA CALIDAD DEL AMBIENTE

La actividad humana tiene graves repercusiones en el ambiente, y como lo hemos visto ha empezado a causar problemas serios como el calentamiento global, pérdida de la

⁷ Ibid. Pág. 93

biodiversidad en todas las regiones del planeta, el agujero en la capa de ozono, contaminación en los recursos agua, aire y suelo, entre otras.

Sin embargo es innegable que el ser humano al formar parte del ambiente e interactuar con él, también va a recibir el impacto de cualquier daño causado a este último, ya sean afectaciones económicas, de salud o sociales. Se convierte entonces esto en un círculo vicioso en el cual a mayor uso y abuso de los recursos naturales, mayor degradación de los recursos, lo que conlleva al agotamiento en cantidad y calidad de los mismos y afecta a las actividades productivas y consuntivas.

Así por ejemplo la contaminación de fuentes de agua para el consumo puede provocar intoxicaciones, enfermedades gastrointestinales, y otras ya sea por su consumo directo o indirecto a través del consumo de hortalizas, verduras regadas con las mismas o consumida por animales⁸.

El daño que se puede causar al suelo puede de igual forma puede traer consecuencias de corto y largo plazo al ser humano, por ejemplo la imposibilidad de emplear esos suelos como terrenos cultivables, intoxicaciones, entre otros⁹.

Finalmente, el recurso aire, igualmente puede tener efectos nocivos a los seres humanos cuando su composición se ve alterada significativamente, teniendo efectos a corto plazo como

⁸ Así por ejemplo sucedió con la provincia de Imbabura en Ecuador donde alrededor de 3.200 personas resultaron intoxicadas por el consumo de aguas contaminadas, presentando enfermedades gastrointestinales. www.nutrar.com/detalle.asp

⁹ Esto se pone en evidencia en el siguiente caso: En 1953 en Canadá, una compañía química vendió unos terrenos al Departamento de Educación de Niágara en los que se construyó una escuela y residencias. No fue sino hasta 1978 cuando los residentes de la zona empezaron a quejarse de la aparición de filtraciones químicas, vapores y fuegos espontáneos en sus sótanos, y además se registraron aumentos en las tasas de abortos y defectos en niños al nacer. Un estudio reveló que la empresa en cuestión había enterrado por años los desechos en un canal cercano siendo esta la causa de los fenómenos antes descritos.

la aparición o incremento en frecuencia de afecciones respiratorias y a largo plazo como en el caso del cáncer de pulmón.

2.2.1 Calidad del Aire

El aire es un elemento indispensable para la vida de todos los seres vivos. Si hacemos una comparación, una persona podría resistir 3 días sin ingerir agua, 10 días sin ingerir alimentos pero tan sólo unos minutos sin poder llevar aire a sus pulmones. Empero, la calidad del aire que se consume es sumamente importante cuando de ella depende en muchos sentidos la salud y bienestar. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que: “el 70% de la población urbana del mundo respira aire que no es saludable, por lo menos en ciertas ocasiones y que otro 10% respira un aire de calidad sólo ‘marginal’”¹⁰

Viéndolo de una forma sencilla, las emisiones entonces producen cambios en la calidad del ambiente y esta a su vez como se ha mostrado anteriormente, genera daños en los seres vivos, entre ellos el ser humano.

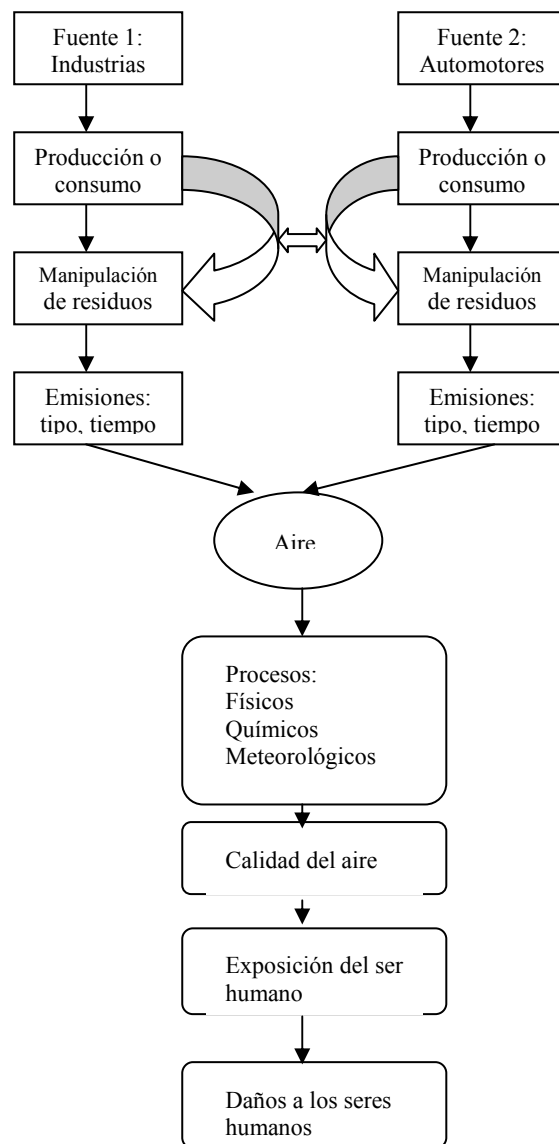
Las emisiones a la atmósfera sean por fuentes fijas como las industrias o por fuentes móviles como es el caso de los automotores, se depositarán en algún medio natural y eventualmente estas emisiones podrán mezclarse afectando la calidad del aire. En la Ilustración 1 se observa como las emisiones pueden afectar a los recursos y luego a los seres vivos.

¹⁰ Curtis, MOORE. **Documento verde. A Calidad del Aire Urbano.** Servicio Cultural e Informativo de Estados Unidos. Mayo de 1994.

2.2.2 Contaminantes del Aire

Como ya se dijo, el aire en su composición primaria, tiene nitrógeno y oxígeno en su mayoría y un porcentaje mínimo de dióxido de carbono, argón, neón, helio, hidrógeno y metano. Esta composición se ha visto alterada de una forma intensiva por actividades humanas como son la quema de combustibles fósiles, el empleo de aerosoles, pesticidas y otros, descargas industriales a la atmósfera, entre los principales.

Ilustración 1: EMISIONES, CALIDAD DEL AIRE Y DAÑOS



Fuente: Diego Azqueta, Barry Field. *Economía y Medio Ambiente*. McGraw-Hill Inc. D'vinni Editorial Ltda. Tomo 3. Pág. 36
Elaboración: La autora

De entre los principales contaminantes —se puede considerar un contaminante a la sustancia que produce un efecto perjudicial en el ambiente¹¹— derivados de estas actividades, existen: **Contaminantes peligrosos**, y que son aquellos compuestos cancerígenos y no cancerígenos que pueden causar efectos serios e irreversibles en salud, y entre otros son: asbesto, benceno, arsénico, berilio. Además están los **contaminantes no criterio** y los **contaminantes criterio**. Los primeros son aquellas emisiones a la atmósfera pero que no causan afectaciones a la salud. Entre tanto los contaminantes criterio son identificados como comunes y perjudiciales para la salud y bienestar de los seres humanos siendo por tanto los que se estudiarán en el presente trabajo. Entre los contaminantes criterio están:

Monóxido de carbono (CO) : Es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se produce por la descomposición de materia orgánica, mientras que su principal fuente antropogénica es la quema incompleta de combustibles como la gasolina.

Sus efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. Este afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo pudiendo a corto plazo causar un efecto de fatiga. Además puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón, siendo el peligro más evidente en neonatos, ancianos y personas que sufren de enfermedades crónicas.

Ozono (O₃): Este se forma mediante una serie compleja de reacciones en la atmósfera, a través de la reacción química del dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar. Este es el principal componente el smog o niebla fotoquímica, provocando efectos nocivos en seres humanos y plantas.

¹¹ OPS- BANCO MUNDIAL. Op. cit., Lección 4, Pág.1

Oxidos de azufre (SO_x): Son gases incoloros que se forman al quemar el azufre cuya principal fuente es la quema de combustibles fósiles, carbón especialmente. Este contaminante perjudica el sistema respiratorio, siendo más grave en personas que padecen de afecciones como asma y bronquitis crónica y adicionalmente es causante de la formación de lluvia ácida que contamina fuentes acuíferas y la vida en ellas, así como vida silvestre.

Material Particulado: Este se refiere a las partículas totales en suspensión (PTS) ya sean líquidas o sólidas, presentes en el aire. Además desde 1990 se incluye al material particulado con menos de 2.5 micrómetros de diámetro (PM_{2.5}) que son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar al parte inferior de los pulmones. Este se forma en la naturaleza por procesos como el viento o la polinización, y por otro lado la fertilización y almacenamiento de granos también pueden causarlo.

Óxidos de nitrógeno (NO_x): Son gases conformados por nitrógeno y oxígeno e incluyen el óxido nítrico, dióxido de nitrógeno. Estos se forman naturalmente en una proporción 15 veces mayor a las causas humanas, siendo en el primer caso la descomposición bacteriana, incendios y actividad volcánica sus principales causantes, en tanto que los escapes de vehículos y quema de combustible fósiles son los causantes humanos. El óxido nítrico no presenta mayores efectos, sin embargo el dióxido de nitrógeno daña al sistema respiratorio, siendo capaz de penetrar las regiones más profundas de los pulmones.

2.2.3 Parámetros de calidad del aire

La concentración de los contaminantes en la atmósfera puede determinarse como común o peligrosa según se encuentren dentro de parámetros establecidos. Así cada país establece

sus propios parámetros base para establecer los niveles permisibles de emisiones. En Estados Unidos la EPA¹² es la agencia encargada de establecer estos parámetros, en Chile lo hace la CONAMA¹³ y en el Ecuador las normas que se expiden cuentan con la aprobación del Ministerio del Ambiente.

Existe pues la Norma de Calidad del Aire Ambiente¹⁴ de aplicación nacional, en la cual se indican los valores de concentraciones máximas de contaminantes al aire, con el objeto de preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente y el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Estos niveles son:

Partículas Sedimentables: La máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1 \text{ mg/cm}^2 \times 30\text{d}$).

Material particulado menor a 10 micrones (PM10): El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de 50 microgramos por metro cúbico ($1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ($150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), valor que no podrá ser excedido más de dos veces en un año.

Material particulado menor a 2,5 micromes (PM2,5): Se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico ($15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La concentración máxima en 24 horas, de todas las muestras colectadas, no deberá exceder 65 microgramos por metro cúbico ($65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), valor que no podrá ser excedido mas de dos veces en un año.

¹² EPA: Environment Protection Agency (Agencia de Protección del Ambiente)

¹³ CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente

Dióxido de azufre (SO₂): El promedio aritmético de la concentración de SO₂ determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de 80 microgramos por metro cúbico (80 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder 350 microgramos pro metro cúbico (350 µg/m³), más de una vez en un año.

Monóxido de Carbono CO: La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico (10.000 µg/m³) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40.000 µg/m³) más de una vez en un año.

Oxidantes fotoquímicos, expresados como ozono: La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de una hora, no deberá exceder de ciento sesenta microgramos por metro cúbico (160 µg/m³) más de una vez en un año. La máxima concentración de oxidantes fotoquímicos, obtenida mediante muestra continua en un período de 8 horas, no deberá exceder de ciento veinte microgramos por metro cúbico (120 µg/m³), más de una vez en un año.

Oxidos de nitrógeno, expresados como NO₂: El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO₂ y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100 µg/m³). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150 µg/m³) más de dos veces en un año.

¹⁴ Esta norma se dicta bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y control de la Contaminación Ambiental. Para más información de la norma

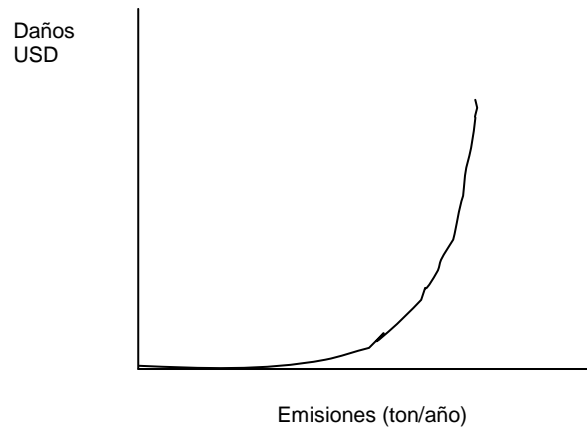
2.2.4 Función de Daño

Los daños o impactos negativos que sufren las personas como resultado de la degradación de los activos ambientales pueden ser medidos por una *función de daño* que muestra la relación entre la cantidad de un residuo y el daño que ocasiona.

Se puede diferenciar una *función de daño por emisiones* que muestra la relación entre la cantidad de un residuo expulsado por una fuente particular y los daños producidos; y la *función de daño ambiental* que muestran cómo los daños se relacionan con la concentración de un residuo contenido en el ambiente natural.

La *función de daño marginal* nos ayuda a mostrar el cambio en los daños que se originan por el aumento unitario en emisiones o concentración en el entorno. El Gráfico 1 es una función de daño marginal por emisiones. Esta muestra que los daños marginales se incrementan moderadamente sólo al comienzo pero van acelerando más rápidamente a medida que las emisiones son mayores.

GRAFICO 1: Función Marginal de daños por Emisiones



Fuente: Diego Azqueta, Barry Field. Economía y Medio Ambiente. McGraw-Hill Inc. D'vinni Editorial Ltda. Tomo 1. Pág. 101

2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS EN SALUD

El ser humano se encuentra día a día expuesto a una serie de sucesos que pueden afectar su bienestar y condición de vida en función al medio en que se desenvuelva. La calidad de algunos bienes ambientales tiene una incidencia sobre los riesgos a los que se encuentran expuestas las personas en contacto con medios contaminados, causando efectos en la salud de las personas. El problema radica en la posibilidad de valorar estos costos económicos y su incidencia en la toma de decisiones de los posibles agentes afectados.

Para poder cuantificar los costos en salud derivados de la calidad del aire respirado por los niños de las escuelas objeto de estudio es necesario mostrar la relación de los costos derivados por tratamiento, por ausentismo escolar y laboral en el caso de los padres, entre otros.

2.3.1 Función Dosis Respuesta

Las funciones dosis-respuesta informan sobre la incidencia que un cambio en la variable objeto de estudio tiene sobre un receptor determinado¹⁵. Para el caso de la salud, se trata de medir el impacto que tiene un cambio en la calidad del entorno sobre la salud de las personas o su riesgo de muerte dado un escenario de contaminación.

Para calcular estas funciones se recurre a dos tipos de análisis:

- El análisis temporal en el que se estudian los cambios en las tasas de mortalidad o morbilidad que se producen en una zona determinada en función de los cambios en la calidad de la variable ambiental contemplada.

- El análisis diagonal en el que se comparan las tasas de mortalidad o morbilidad de localidades diferentes en un momento determinado del tiempo y se relacionan con los niveles de calidad ambiental de cada una de ellas.

2.3.1.1 Valoración económica de los cambios en las tasas de morbilidad y mortalidad

La valoración económica es necesaria para poder estimar el impacto de un cambio en la calidad ambiental sobre la esperanza de vida del colectivo afectado, con el fin de poderle asignar un coste económico a tal variación; siendo en este caso, los niños de las escuelas en estudio.

Azqueta sugiere que existen tres métodos empleados para valorar económicamente el cambio en la tasa de morbilidad derivadas de alguna modificación ambiental y son:

¹⁵ Diego, AZQUETA. **Valoración Económica de la Calidad Ambiental**. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Primera Edición. Madrid, España. 1994. Pág. 197.

El **coste de tratamiento**, que será el método a emplear para la determinación de los costos por salud en función de su aplicabilidad práctica y de la información a la que se puede acceder. Parte de la base de que una pérdida en salud le supone a la persona afectada e indirectamente a la sociedad una pérdida de bienestar.

Este método considera los siguientes componentes:

- Los derivados del coste de tratamiento de infecciones como son medicamentos, visitas médicas e incluso hospitalización.
- Los días de trabajo perdidos en este caso de los padres al acompañar a sus hijos al médico, y los de actividad restringida de los niños en sus escuelas.
- El no poder disfrutar plenamente del tiempo libre
- El coste que el propio malestar supone para la persona enferma
- El coste que para la familia y sus amigos representa el que una persona se encuentre mal.

De estos costos, los dos primeros pueden ser más fácilmente computables y son en los que se basa este método. Una vez que se ha estimado el número de afectados por el cambio producido, se puede determinar los mecanismos de diagnóstico y tratamiento para cada caso. Sin embargo se trabaja bajo algunos supuestos para obtener la información necesaria y son:

- b) Para determinar el valor económico de los días de trabajo perdido se computa observando el salario de la persona afectada ya que el perjuicio directo que se le causa es lo que deja de percibir esos días y el perjuicio de la sociedad por la pérdida de producción al cubrir la baja con otra persona que debe ser entrenada.

- c) En el caso de los días de actividad restringida generalmente se les atribuye un porcentaje del salario que indique la pérdida de productividad ocasionada por la enfermedad. Pero surge el problema de que la actividad restringida tiene una escala de severidad que incide en la productividad, por lo que se trata de ponderar los días de actividad severamente restringida con los que es leve. Por lo general los valores fluctúan entre un 40 a 50 por ciento del salario
- d) En el caso de personas que desempeñan tareas domésticas es necesario imputarles un coste que podría verse reflejado por el salario de mercado en tareas análogas.

El segundo método sugerido es la **Función de producción de salud**. Esta parte de una función de utilidad de una persona:

$$U = U(X, H)$$

En que su situación depende de su estado de salud H y de su acceso a bienes que le proporcionen satisfacción, sin afectar su salud X . Ahora se puede especificar la *función de producción de salud* siguiente:

$$H = H(M, \alpha, \beta)$$

En la que el estado de salud depende de los gastos en cuidados médicos M ; el valor de la variable ambiental α (la calidad del aire); y un conjunto de variables exógenas β que también lo afectan. Así al considerar la restricción presupuestaria y manipulando en las dos ecuaciones anteriores se puede tener una expresión que informe sobre el gasto óptimo en cuidados médicos de una persona y el cambio en dicho gasto frente a una modificación de la calidad ambiental.

Finalmente, la **Valoración Contingente**, que son aquellos métodos directos o hipotéticos que se basan en la información proporcionada por personas sobre la valoración objeto de análisis. Así se trata de determinar el coste que implica para la familia o la persona las enfermedades ocasionadas por la calidad del aire. Se determina entonces cómo se afecta el bienestar de una persona y como esta valora ese cambio en su bienestar, empleando para ello encuestas, entrevistas, cuestionarios, etc.

2.4 COSTOS EVITADOS

Muchas veces enfrentamos situaciones en que un bien ambiental sea parte de los procesos de producción y consumo incluso como un insumo importante en los procesos. Sin embargo se hace en algunos casos difícil la cuantificación del aporte de estos incluso si están relacionados con bienes que sí tiene un mercado.

Se requiere entonces analizar los beneficios o costes generados por un cambio en su cantidad o calidad, es decir su relación con bienes privados que cuentan con un mercado.

Así pues los costes que generan los cambios en la calidad del aire en el Distrito Metropolitano de Quito se pueden determinar a partir de los costes por las afectaciones de salud de sus habitantes. Empleando las funciones dosis-respuesta se puede entonces hacer una aproximación del impacto que tiene el deterioro de este bien sobre el bienestar social. Entonces al tomar medidas tendientes a mejorar la calidad del aire, traerían al menos un beneficio en primera instancia que sería la disminución o no incurrancia en costes de salud (costes evitados).

2.4.1 Mecanismos alternativos de control de la contaminación del aire

Para poder determinar si los costos evitados por salud son mayores a los que implicaría el implementar alguna opción de control de la contaminación atmosférica, haciendo de esta una alternativa eficiente desde el punto de vista económico, es necesario analizar los instrumentos o las tecnologías alternativas existentes. Así tenemos entre otras, las siguientes opciones:

- Reducir el uso de vehículos motorizados: Su fin es reducir directamente las emisiones a través de un uso reducido de los automotores
- Mayor eficiencia de los motores: Implica realizar ajustes técnicos a los vehículos para mejorar la eficiencia de los motores, con el fin de reducir las emisiones.
- Instrumentos económicos: Empleados por el mercado para lograr un aire de mejor calidad, teniendo al estado como supervisor, encontrándose en este grupo: impuestos a los vehículos, emisiones o combustibles, tasas de uso de vías en ciertos horarios, incentivos a cumplimiento de especificaciones, etc.
- Command and Control: Se basa en fijar regulaciones de circulación como son: niveles máximos de emisiones, limitar circulación, entre otros.
- Autorregulación: Busca a través de procesos voluntarios el adoptar procesos para mejorar la calidad del ambiente, a través de la adopción de compromisos.
- Auditorías Ambientales: Es realizar una revisión minuciosa de las operaciones que tiendan a cumplir con las exigencias ambientales.

2.5 MARCO LEGAL

La constitución de la República del Ecuador promulga en el artículo 86 que “El estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”¹⁶. Es así que todos los ecuatorianos tenemos este derecho, sin embargo también somos responsables del goce o no del mismo, siendo la ley la que tipifica las infracciones y determina las sanciones en cada caso.

Para el caso de la ciudad de Quito, la contaminación del aire ha sido motivo de preocupación desde ya hace algunos años. Es así que se ha venido trabajando desde hace algunos años en leyes tendientes a controlar principalmente las fuentes móviles de contaminación (automotores) en aspectos como la calidad de los combustibles empleados, la creación de certificados de control de emisiones; y la última Ordenanza sustitutiva del Capítulo IV “Para el Control de la Contaminación vehicular” del título V del Libro II del Código Municipal, de Diciembre de 2002, que trata de la revisión técnica vehicular, obligatoria para todas las personas propietarias de vehículos motorizados terrestres y unidades de carga que circulen en el Distrito Metropolitano de Quito.¹⁷

¹⁶ Corporación de Estudios Publicaciones. **Constitución Política de la República del Ecuador**. Quinta Edición. Agosto de 1999. Pág. 26.

¹⁷ Para mayor información referirse a Registro oficial No. 733, Suplemento. Viernes 27 de diciembre de 2002. Págs. 9-10.

2.6 EVALUACION DEL MARCO TEORICO

La investigación gira en torno al análisis de los costos en salud incurridos para remediar daños causados por la contaminación en las escuelas Sucre ubicada en el Centro de Quito, Gallegos Lara en Carcelén y Costa Rica en Nayón, en el año 2000.

Para ello se han desarrollado consideraciones teóricas sobre la función Dosis-Respuesta, el método de cálculo de los costos en salud y los costos de implementación de una política de control de emisiones vehiculares a la atmósfera.

Los postulados teóricos de la función Dosis-Respuesta parten de vincular la variación de la calidad del aire con los impactos en la salud de los niños de 8 a 10 años de las escuelas estudiadas. El impacto se valora a través del cálculo de costos en salud, donde se incorpora rubros de tratamiento, diagnóstico y actividad laboral y escolar perdida y restringida.

El análisis de la implementación de una política preventiva y las medidas de control de revisión de emisiones vehiculares, permiten determinar los costos en que incurren los propietarios de automotores a fin de aprobar los controles.

El cotejar los costos en salud con los costos por controles es útil para establecer la forma en que los incentivos del sistema económico de nuestra sociedad funcionan para que conduzcan a la degradación o al mejoramiento de la calidad ambiental en la ciudad, así se puede determinar que el principio de “el que contamina paga” no se está cumpliendo pues es la sociedad la que está asumiendo los impactos por la degradación de la calidad del aire y no quienes la causan.

Todas estas consideraciones en conjunto constituyen una herramienta de análisis para dimensionar los impactos en la sociedad causados por el deterioro de la calidad del aire, permitiendo concluir si es beneficioso para la sociedad emprender en políticas preventivas y dar un mayor posicionamiento a las variables ambientales en la toma de decisiones y la elaboración de políticas estatales de protección del ambiente.

CAPITULO III

DETERMINACION DE COSTOS EN SALUD POR CONTAMINACION DEL AIRE EN QUITO

3.1 EL AIRE EN QUITO

La contaminación del aire a nivel mundial ha crecido a un ritmo acelerado fruto de los procesos industriales y actividades humanas altamente contaminantes. En los países en desarrollo se ha visto un incremento excesivo a partir de la década de los noventa constituyendo un alto riesgo a la salud, especialmente de los habitantes de las principales urbes, donde se han registrado los mayores índices de contaminación. Es así que según la Organización Mundial de la Salud “1.4 mil millones de personas se exponen a niveles excesivos de humo y partículas en suspensión, produciendo aproximadamente 1.9 millones de muertes anuales innecesarias”¹⁸.

La ciudad de Quito no ha quedado, lamentablemente, al margen de esta situación. Es así que se ha llegado incluso a comparar la calidad de aire de esta con Santiago de Chile que otrora ocupaba el primer lugar en contaminación en América Latina, siendo ahora sus niveles de contaminación menores a los de Sao Paulo y Ciudad de México¹⁹ (Anexo 1). Sin embargo hay que considerar algo y que es que Quito sí tiene problemas de aire que son evidentes al común de la población pero que no pueden ser sujetos de comparación cuando no ha existido en el Distrito un monitoreo continuo sino mediciones puntuales de sitios específicos. Además existen características propias de la contaminación del aire que la hacen diferente en cada ciudad, esto es en función al uso de diferentes tipos de tecnologías, hábitos de consumo,

etc²⁰; así en Santiago de Chile el problema mayor es por partículas en suspensión mientras que en ciudad de México se deriva de la presencia de ozono o smog en el aire²¹.

Ahora, la contaminación es responsabilidad en mayor o menor medida, de todos quienes habitamos en la ciudad, aquellos que tenemos un vehículo a combustible, que empleamos aerosoles nocivos al ambiente, de industrias cuyas descargas son emitidas sin cuidado alguno hacia la atmósfera. Entonces también es materia de preocupación el saber cómo hemos llegado a tener una calidad de aire que implica riesgos para nuestra salud y que podemos hacer para en algo remediar o revertir este acelerado proceso.

3.1.1 Principales contaminantes del aire en Quito

Al ser el aire un **bien común**, es decir al cual todos tenemos libre acceso a su uso y que no tiene ningún coste²², así mismo se hace difícil el establecer la responsabilidad sobre su alteración. Sin embargo, al ser un bien, se lo puede analizar en términos del consumo que se dé al mismo²³.

En este sentido, las principales fuentes, de la contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito provienen de la actividad industrial y de los vehículos en circulación. Sin embargo, esta última es la responsable de alrededor del 80% de las emisiones a la atmósfera y un 20% es atribuido a la actividad industrial²⁴.

¹⁸ Dirección Metropolitana Ambiental. **Memorias Seminario Internacional “Contaminación del Aire en Ciudades de Altura”** Quito, Ecuador. Abril, 1997. Pág. 15.

¹⁹ www.conoam.cl/rm/568/article-335.html

²⁰ Entrevista a Ing. Vladimir González. Director Proyecto de Calidad del Aire. Fundación Natura.

²¹ Ibid.

²² Diego, AZQUETA. Op. Cit. Pág. 6.

²³ Por el lado de la producción puede decirse que el aire es producido por las plantas en sus procesos de fotosíntesis y por el ser humano (de una forma social de producción) al adoptar medidas que normen la calidad del aire. (Metzger, Bermúdez. El Medio Ambiente Urbano en Quito. Pág. 91)

²⁴ Dirección Metropolitana Ambiental. Op. Cit.. Pág. 166

Según el Departamento de Control de la Calidad del Aire del municipio de Quito, en 1989 se produjeron aproximadamente 137.000 toneladas de contaminantes de los cuales 82% provenía del parque automotor y el 18% de las industrias (Ver Tabla 1), siendo en 1994 las emisiones en un total de 187.000 toneladas y para 1996 un total de 193.920 toneladas, pero manteniendo las proporciones²⁵. Un primer estudio se lo realizó en 1994 cuando se creó la Dirección de Medio Ambiente del Municipio de Quito, en el cual se hizo un catastro de las fuentes de contaminación fijas y móviles determinándose ya en ese entonces que la calidad del aire presentaba alteraciones que la hacían potencialmente peligrosa para la vida siendo atribuida mayormente a las últimas.

Tabla 1: ESTIMACION PRELIMINAR DE LAS CARGAS CONTAMINANTES EMITIDAS A LA ATMOSFERA POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES EN QUITO – AÑO 1989

| | Partículas | Dióxido de azufre SO ₂ | Oxidos de nitrógeno Nox | Hidrocarburos HC | Monóxido de carbono CO | Plomo Pb | Total | % del total |
|---|------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------|----------|---------------|-------------|
| Fuentes fijas (industrias) | 7444 | 10822 | 3155 | 2889 | 933 | ----- | 25243 | 18% |
| Fuentes móviles (automotores) | 564 | 264 | 2903 | 4027 | 104590 | 89 | 112437 | 82% |
| TOTAL EMISIONES A LA ATMOSFERA (Toneladas) | | | | | | | 137680 | 100% |

Fuente y Elaboración: Departamento del Control de la Calidad Ambiental. Estudio de emisiones de cargas contaminantes a la atmósfera de industrias y automotores. Quito, Ecuador. 1989.

El monitoreo de la calidad del aire en Quito inició con la creación del departamento de higiene en el municipio, que se convertiría en la actual Dirección Ambiental Metropolitana. Así, se tienen registros de controles desde más o menos 1995. La principal preocupación fue medir aquellos contaminantes que hoy por hoy han sobrepasado ampliamente los niveles máximos permisibles en contaminantes, entre los que tenemos el monóxido de carbono (CO)

y las partículas en suspensión menores a 10 micrones (PM 10), de los cuales existe un registro puntual en estos años.

En cuanto a otros componentes, en el caso del dióxido de azufre (SO₂) no se lo considera pues el aporte de este es mayoritariamente (96%) de las industrias (Ver Tabla 1) mientras que en el caso del dióxido de nitrógeno (NO₂) los niveles son más bajos que la capacidad de detección de los equipos que opera la DMA²⁶.

Los gráficos 1 y 2 muestran la diferencia entre los niveles permisibles (línea base) y las mediciones realizadas por la Dirección Ambiental Metropolitana en cuanto a monóxido de carbono y material particulado PM10. Se emplean los criterios de niveles permisibles, que en el caso del CO es de 9 ppm y se emplea un promedio móvil de medición de 8 horas tomando los datos del monitor instalado en la Av. 10 de Agosto y Mariana de Jesús. Para el PM10 la línea base es de 50 ug/m³²⁷, con resultados de promedio mensual de las estaciones localizadas en la calle García Moreno y Sucre, en la Av. Napo (Centro de Salud No. 4) y en el Colegio San Gabriel.

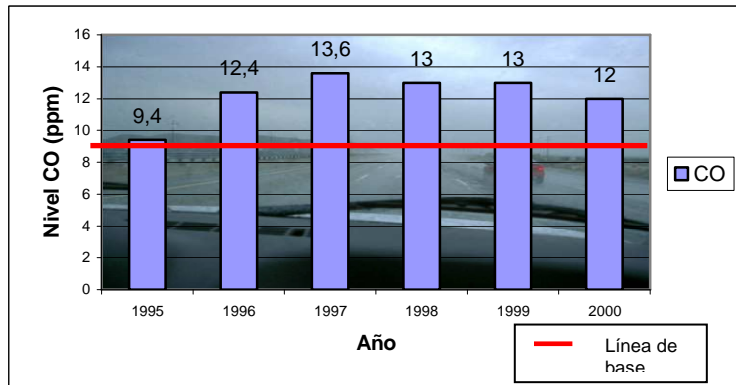
Para el caso del monóxido de carbono (CO) el Gráfico 1 muestra que en el período 1995-2000, la ciudad ha sobrepasado la norma existente en los seis años analizados, con niveles que superan en un 25% de promedio, siendo el año con valor más alto en 1997.

Gráfico 1: MEDICION DE NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO. PERIODO 1995-2000

²⁵ Ibid. Pág. 3

²⁶ Dirección Metropolitana Ambiental. **Informe de Contaminantes del aire**. Quito, Ecuador. 2002. Pág. 1

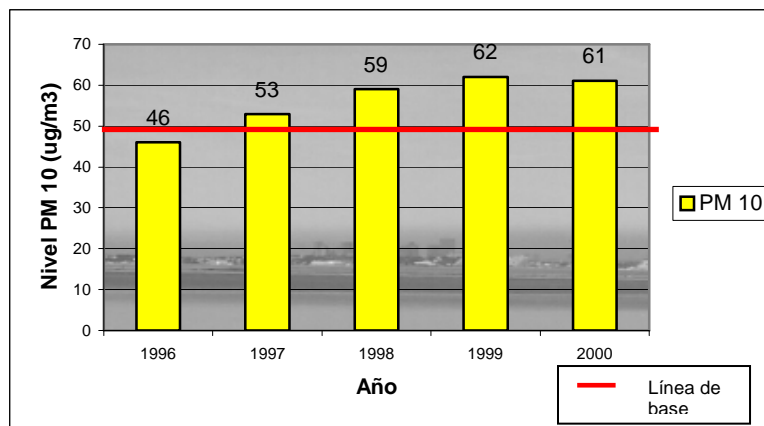
²⁷ **Ordenanza 076 de Control de Contaminación Vehicular**. Registro Oficial No. 733. Viernes 27 de Diciembre de 2002.



Fuente: Concentraciones de Monóxido de carbono. Dirección Ambiental Metropolitana. 1995-2000.
Elaboración: La Autora

Una situación similar se evidencia en el Gráfico 2, para el caso del material particulado (PM10), donde desde 1996 hasta el año 2000, la norma de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ha sido sobrepasada en todos los años excepto en 1996.

Gráfico 2: MEDICION DE NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO PM10. PERIODO 1995-2000



Fuente: Resumen anual de vigilancia de calidad del aire, Material Particulado PM10. Dirección Ambiental Metropolitana. 1995-2000.
Elaboración: La Autora

3.1.1.1 Contaminación por ruido

Existe otro tipo de contaminación atmosférica, que es la contaminación por ruido. Esta puede causar efectos en salud como se muestra en la Ilustración 2 :

Ilustración 2: EFECTOS EN SALUD DEL RUIDO



Fuente y elaboración: http://www.ruidos.org/Referencias/Ruido_efectos.html

Al igual que para las emisiones, existe una normativa que regula este tipo de contaminación, tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles, y está dictada por la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, que norma los niveles máximos de presión sonora para automotores, mostrados en la Tabla 2. Sin embargo, el objeto de estudio de esta investigación son los efectos en salud causados por emisiones de origen vehicular, por lo cual no se analizará a profundidad este tipo de contaminación.

Tabla 2: NIVELES DE PRESION SONORA MAXIMOS PARA VEHICULOS AUTOMOTORES

| CATEGORIA DE VEHICULO | DESCRIPCION | NPS MAXIMO (dBA) |
|-----------------------|---|------------------|
| Motocicletas | De hasta 200 cc | 80 |
| | Entre 200 y 500 cc. | 85 |
| | Mayores a 500 cc. | 86 |
| Vehículos | Transporte de personas, nueve asientos incluido el conductor | 80 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor y peso no mayor a 3,5 toneladas | 81 |
| | Transporte de personas, nueve asientos, | 82 |

| | | |
|--------------------|---|----------------|
| | incluido el conductor y peso mayor a 3,5 toneladas Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor y peso no mayor a 3,5 toneladas y potencia de motor mayor a 200 HP. | 85 |
| Vehículos de carga | Peso máximo hasta 3,5 toneladas Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas Peso máximo mayor a 12,0 toneladas | 81 86 88 |

Fuente y elaboración: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Tomo I. Registro Oficial. Edición Especial No. 2. 31 de marzo de 2003

3.1.2 Factores agravantes de la contaminación del aire en Quito

Ahora, una vez que se han determinado los principales contaminantes y los niveles de emisiones que generan la contaminación del aire en el Distrito Metropolitano de Quito, es necesario analizar la existencia de ciertos elementos que “favorecen” la presencia de la contaminación en la ciudad de Quito y que podemos dividirlos en dos grupos:

3.1.2.1 Condiciones de desarrollo urbano

En este grupo se consideran aquellos factores propios del crecimiento de la urbe y que agravan el problema de la calidad del aire, entre los que están:

Red vial inadecuada: La infraestructura vial de la ciudad presenta muchos problemas como son la inexistencia de vías de circulación rápida. Quito cuenta con pocas arterias importantes de circulación centradas en la Av. Mariscal Sucre, Av. 10 de Agosto, Av. América, Av. 6 de Diciembre, Av. Shyris y Av. Eloy Alfaro²⁸ cuya capacidad actualmente ha sido sobrepasada por la cantidad de vehículos existentes. Esto causa que el tráfico de la ciudad sea denso y sumamente lento, siendo las velocidades promedio en las principales vías

²⁸ Entrevista Arq. Bolívar Muñoz. Coordinador de Tránsito y Transporte. EMSAT

del Distrito Metropolitano de 30.5 Km/hora y en horas pico de 22.5 Km/hora²⁹. Con velocidades tan bajas de circulación el desarrollo de los motores se vuelve irregular al estar cambiando de marcha constantemente y empleando marchas que exigen mayor potencia como son primera y segunda, logrando un funcionamiento deficiente que conlleva incremento en las emisiones de los mismos³⁰.

Alta tasa de crecimiento del parque automotor: El parque automotor en la ciudad ha experimentado en la última década un crecimiento que supera en mucho el crecimiento poblacional de la ciudad, así se registran tasas que en promedio llegan a 12% de crecimiento anual³¹, teniendo que:

- En 1970 se calculaba que existía un vehículo por cada 30 personas
- En 1990 esto se reduce a un vehículo por cada 11 personas
- Se estima que para el 2020 habrá un vehículo por cada 3 personas

Además de las altas tasas de crecimiento, Quito concentra el 43% de los vehículos existentes, sin contar la provincia de Guayas. Para el año 2002, la Policía Nacional registró 512.615 vehículos, de los cuales 220.000 pertenecen a Quito³², distribuidos como se muestra en el Gráfico 3.

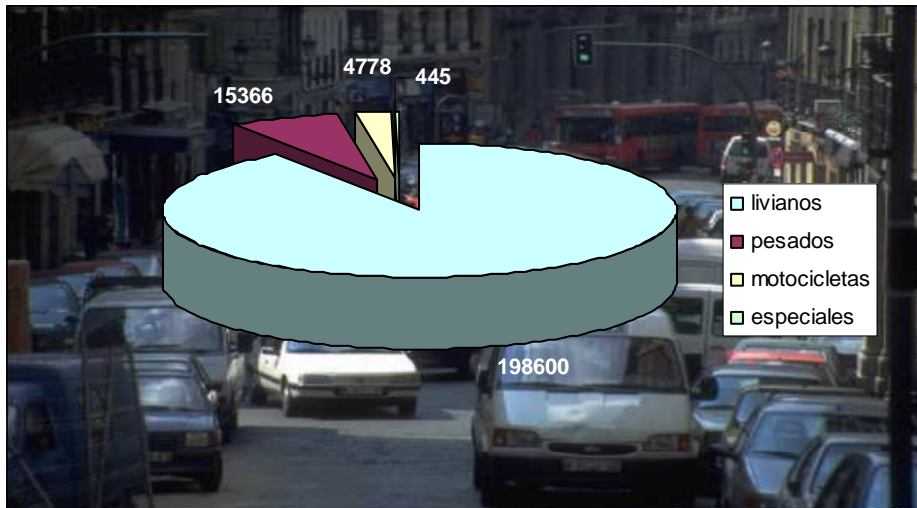
Gráfico 3: COMPOSICION VEHICULAR DE QUITO – AÑO 2002

²⁹ EMSAT. **Informe de Tránsito en Quito. Año 2003.** Datos preliminares. EMSAT. Quito, Ecuador.

³⁰ Entrevista González, V. Op. cit.

³¹ Fundación Natura. “El aire limpio, responsabilidad de todos”. **Revista El Taxista.** Quito, Ecuador. Mayo, 2002. Pág. 14

³² Dirección Nacional de Tránsito y Transporte Terrestres. **Vehículos matriculados en el año 2002 por provincias, tipo y servicio.** Quito, Ecuador. 2002



Fuente: Vehículos matriculados en el año 2002 por provincias, tipo y servicio. Dirección Nacional de Tránsito y Transporte Terrestres. Vehículos. Quito, Ecuador. 2002
 Elaboración: La Autora

De estos, el 96% son vehículos particulares, 3% de servicio público y 1% pertenecen al estado. Este crecimiento acelerado viene acompañado de un aumento en las emisiones a la atmósfera por cada nuevo auto que entra en circulación.

Carencia de un sistema de transporte público eficiente: Si bien es cierto que el municipio ha hecho esfuerzos por contar con sistemas de transporte público, con esfuerzos como la creación de la Red Integrada de Transportes (RIT), que inició en 1996 con la puesta en marcha del Trolebús — que cuenta con 113 trolebuses y 108 buses integrados y luego con la inauguración en el año 2001 de la Ecovía que cuenta con 421 buses articulados y 60 integrados, esta no han cubierto las necesidades de transporte de los habitantes de la ciudad. La RIT en sus dos redes del trolebús y ecovía cubre apenas el 24% de la demanda de transporte público, cuando según el municipio un 70% de la población de Quito se transporta por esta vía³³. Adicionalmente, las unidades de transporte público existentes son en su

³³ www.emsat.gov.ec/contenidoTransporteRIT.htm

mayoría unidades con demasiados años de servicio³⁴, altamente contaminantes y cuyas emisiones se agravan aun más por la competencia de estas por obtener pasajeros, forzando los motores lo que hace que incremente la cantidad de emisiones por unidad de transporte³⁵.

En Quito, según la dirección de Tránsito y Transporte, existen 7750 flotas de transporte público, repartidas en 419 rutas que circulan por la ciudad, concentrándose en avenidas como la Simón Bolívar, la Prensa, 6 de Diciembre, Maldonado, Av. América, Av. Mariscal Sucre, como principales. (Ver Anexo 2)

3.1.2.2. Condiciones físicas de la ciudad

A más de los problemas de crecimiento desordenado del tránsito de la ciudad, Quito cuenta con una serie de factores particulares de su localización geográfica que agravan la situación de la calidad del aire, y que son:

Geográficas: Quito se encuentra asentado en una meseta bastante estrecha, que ha dado lugar a un crecimiento longitudinal de la ciudad, teniendo alrededor de 40 kilómetros de largo y apenas alcanza los 4 kilómetros de ancho en sus partes más anchas. Esto sumado a la presencia del volcán Pichincha al occidente de la ciudad frena el flujo de masas gaseosas, causando un encerramiento del aire contaminado³⁶.

Radiación Solar: La ciudad de Quito cuenta con un atractivo turístico que es estar localizada exactamente sobre el meridiano y paralelo cero, es decir en la línea ecuatorial.

Sin embargo esta característica implica también que los rayos solares caigan perpendicularmente sobre la ciudad y que la presencia de estos sea mayor que en otras zonas

³⁴ Dirección Metropolitana Ambiental. Op. Cit. Pág. 3

³⁵ Entrevista González, V. Op. cit.

durante el año. Esta mayor radiación ultravioleta se conjuga con las emisiones descargadas a la atmósfera, de suerte que a través de procesos químicos se generan contaminantes secundarios fruto de estos procesos, de entre los cuales uno de los más importantes es el ozono o smog, el cual se genera al reaccionar hidrocarburos con óxidos de nitrógeno con el sol³⁷.

Eólicas: Adicionalmente a estar rodeada de montañas, las condiciones eólicas o de viento en Quito son tales que, según la Dirección Ambiental Metropolitana, los registros de la rosa de los vientos muestra que la velocidad del viento es bastante baja —en promedio de 2.5 m/seg³⁸, que son considerados como brisas suaves, en un 60% del año— teniendo apenas un promedio de 3 meses al año de presencia de vientos fuertes en la ciudad. Esto implica que Quito no tiene vientos adecuados para ventilar su atmósfera³⁹.

Topográficas: Quito es la única ciudad de magnitud considerable que se encuentra asentada sobre la línea ecuatorial (Latitud 0 grado 10 minutos sur) y localizada sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar⁴⁰, esta altura implica una menor presencia de oxígeno, alrededor de un 30% menos que la cantidad presente a nivel del mar. Esta ausencia de oxígeno tiene repercusiones en el rendimiento de los motores ya que el combustible no se quema completamente. En condiciones óptimas de oxígeno, la quema del combustible diesel tiene como resultado dióxido de carbono (CO₂) y agua pero con menos oxígeno hay partículas de

³⁶ Ibid

³⁷ Dirección Metropolitana Ambiental. Op. Cit. Pág. 24

³⁸ Dirección Municipal de Medio Ambiente. **Evaluación preliminar del grado de contaminación dentro del área urbana de Quito.** Quito, Ecuador. Septiembre de 19991.

³⁹ Dirección Metropolitana Ambiental. Op. Cit. Pág. 167

⁴⁰ Ibid. Pág. 165

carbono que no se queman y como resultado se unen formando las partículas en suspensión u hollín que son emanadas a la atmósfera⁴¹.

A más del nivel de altura de la ciudad, la topografía de la ciudad en la cual se pueden encontrar inclinaciones que alcanzan hasta 45° de pendiente que implican un esfuerzo adicional a los automotores y el empleo de marchas fuertes que utilizan mayor cantidad de combustible.

Como se ha evidenciado, son las emisiones por fuentes móviles y más específicamente del parque automotor de la ciudad las que más contribuyen a agravar el problema de la contaminación; entonces van a ser analizadas las implicaciones en salud derivadas precisamente de estas.

3.2 TIPOS DE INFECCIONES RESPIRATORIAS MÁS FRECUENTES EN QUITO

La incidencia de enfermedades respiratorias en Quito, se la puede evidenciar con el empleo de las estadísticas hospitalarias publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. La población de Quito según el último censo realizado, actualmente es de 1'839.853 habitantes de los cuales 91.993 son niños con edades comprendidas entre 8 a 10 años de edad⁴².

Se ha tomado la información referente a enfermedades del aparato respiratorio que pueden ser causadas por niveles de contaminación altos, especialmente por exposición a

⁴¹ Entrevista González, V. Op. cit.

⁴² Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. **Resultados Definitivos del VI Censo de Población y V de Vivienda 2001**. INEC. Quito, Ecuador. Julio 2002.

óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono⁴³. Esto debido a que, como se muestra a continuación, si bien existen otras afectaciones adicionales a las respiratorias, éstas son más fáciles de ser asociadas con la calidad del aire, a través de la determinación de los niveles de carboxihemoglobina

Algunos efectos que se presentan son cambios agudos y crónicos en la función pulmonar, mayor incidencia y permanencia de síntomas respiratorios, sensibilización de las vías aéreas, infecciones respiratorias. SE distinguen dos grupos principales:

- **Infecciones respiratorias agudas altas (IRAA):** localizadas a nivel de nariz, garganta, hasta antes de los bronquios, entre las que están: faringitis, amigdalitis, otitis, rinitis, fiebre, tos, rinoconjuntivitis, actividad disminuida.
- **Infecciones respiratorias agudas bajas (IRAB):** implican la parte inferior de las vías respiratorias, esto es a partir de los bronquios hasta pulmones, presentándose infecciones como: asma alérgica, bronquitis, neumonía, alveolitis alérgica, daño pulmonar e insuficiencia pulmonar.

Sin embargo es necesario destacar que existen diversos efectos a nivel de otros órganos y sistemas del ser humano, debido a la exposición a aire contaminado, como son:

- **Efectos en sistema nervioso central:** se presenta daño tóxico a células nerviosas, daño hipóxico o anóxico a las células nerviosas; causado por compuestos como acetona, benceno, monóxido de carbono y plaguicidas.
- **Efectos sobre sistema cardiovascular:** Reducción de la oxigenación, aumento de mortalidad por complicaciones de enfermedades cardiovasculares e infarto

⁴³ Entrevista a Dr. Fernando Bossano. Asesor en Salud Ambiental. Fundación Natura.

al miocardio; siendo los principales agentes el monóxido de carbono y el humo de tabaco.

- **Efectos Cancerígenos:** Cáncer de pulmón producido por todos los compuestos, leucemia por benceno.⁴⁴

En la Tabla 3 podemos evidenciar que existe un incremento en el número de casos de enfermedades respiratorias en los niños entre el rango de 8 a 10 años, con un crecimiento promedio del 2.5% anual.

Tabla 3: INCREMENTO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS EN NIÑOS DE 8-10 AÑOS EN QUITO. PERIODO 1995-2000

| AFECCION RESPIRATORIA | AÑO | | | | | |
|--|------|------|------|------|--------|------|
| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| Neumonía | 192 | 234 | 183 | 256 | 278 | 337 |
| Influenza | 1 | nd. | nd. | nd. | 1 | 1 |
| Bronquitis aguda, efisema y asma | 175 | 159 | 133 | 185 | 93 | 77 |
| Faringitis aguda y amidgalitis aguda | | | | | 11 | 11 |
| Laringitis y traqueitis aguda | | | | | 12 | 8 |
| Otras infecciones respiratorias de las vías respiratorias superiores | | | | | 26 | 25 |
| Sinusitis crónica | | | | | 11 | 18 |
| Otras enfermedades de la nariz y de los senos natales | | | | | 92 | 99 |
| Enfermedades crónicas de las amidgalas y adenoides | | | | | 23 | 23 |
| Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores | | | | | 11 | 13 |
| Bronquiectasia | | | | | 3 | 2 |
| Neumoconiosis | | | | | 1 | 1 |
| Otras enfermedades del sistema respiratorio | | | | | 77 | 79 |
| TOTAL | 2363 | 2389 | 2313 | 2439 | 2638.6 | 2693 |

Fuente: INEC. Anuario de Estadísticas Hospitalarias. Camas y Egresos Hospitalarios. Año 1995-2000

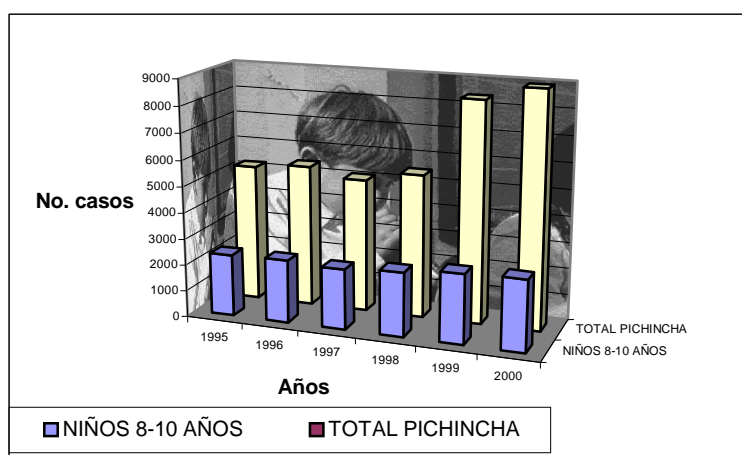
Elaboración: La Autora

Se quiere entonces dejar sentado que existe tanto en la ciudad de Quito como en la provincia de Pichincha un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en la

⁴⁴ Dirección Metropolitana Ambiental. Op. Cit. Pág. 20

población, con un crecimiento del 12% del número de casos entre 1995 y 2000⁴⁵. Esta tendencia creciente se confirma al observar el Gráfico 4 en el cual se nota tanto a nivel de la provincia como a nivel de los niños de edades en estudio.

Gráfico 4: CASOS DE AFECCIONES RESPIRATORIAS EN QUITO Y PICHINCHA. 1995 – 2000



Fuente: INEC. Anuario de Estadísticas Hospitalarias. Camas y Egresos Hospitalarios. Año 1995-2000

Elaboración: La Autora

3.3 FUNCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE

Una vez expuesto los factores que inciden en la calidad del aire de Quito, es necesario construir la función de calidad del aire para los dos contaminantes principales y de los cuales se tiene información, el monóxido de carbono y las partículas en suspensión.

Esta función de calidad de aire o función de transformación expresa la relación tal que para “cada magnitud del indicador del impacto expresada en la unidad correspondiente, se corresponde con una magnitud de calidad ambiental, del indicador del impacto”⁴⁶, siendo 1 la

⁴⁵ Es necesario precisar que los datos mostrados en la tabla No. 2, si bien hacen referencia a la misma información de infecciones respiratorias, la forma de presentación de los mismos en los **Anuarios de estadísticas hospitalarias** elaborados por INEC, cambia a partir de 1999 donde se lo hace de una forma más desagregada.

⁴⁶ Vitora CONESA. **Guía Metodológica para la Evaluación del impacto ambiental**. Ediciones Mundiprensa. Segunda Edición. Madrid, España. 1995. Pág. 176

mejor calidad del aire y 0 para la más pobre. Los valores correspondientes de calidad ambiental por unidad del indicador de impacto han sido establecidos por Conesa y se emplearán como base para determinar la función de calidad ambiental para la ciudad de Quito.

Estos valores predeterminados fueron calculados adoptando el Índice de Calidad del aire (ICAIRE) presentado por Conesa, con la siguiente expresión:

$$\text{ICAIRE} = \frac{\sum C_1 P_1}{\sum P_1}$$

Donde: C_1 = Valor porcentual asignado según una tabla predeterminada

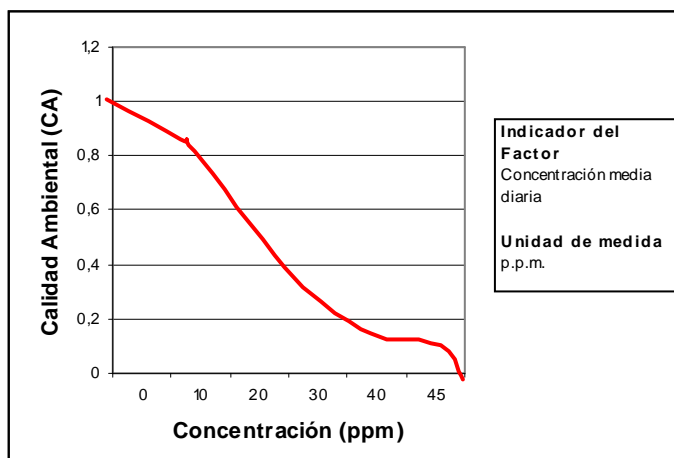
P_1 = Peso asignado a cada parámetro

Para lo cual el autor asigna un peso de 2 para los dióxidos de azufre, partículas en suspensión y dióxidos de nitrógeno, de 1,5 para los hidrocarburos, monóxido de carbono, partículas sedimentables y plomo y de 1 para los compuestos de flúor y los clorados.

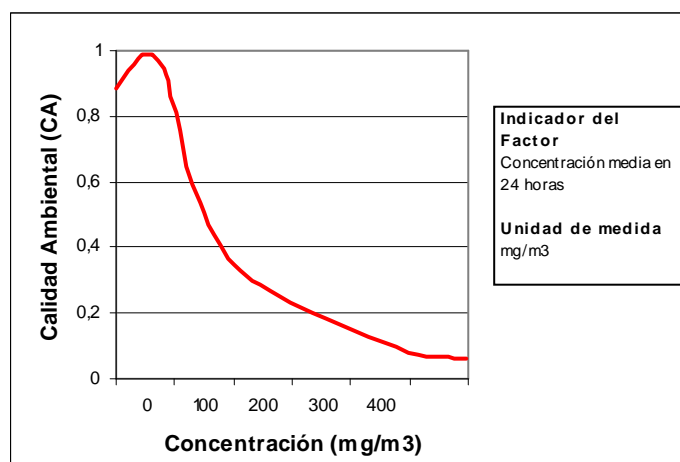
Las funciones de calidad de aire, se determinaron en esta investigación para los dos contaminantes determinados como principales, en función de las concentraciones, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las partículas en suspensión pM_{10} y en ppm para el monóxido. Para su determinación se empleó las funciones de transformación previamente establecidas por Conesa, obteniendo los puntos que forman las funciones para cada una de las concentraciones presentadas en el Gráfico 5 y construyendo posteriormente las funciones para la ciudad de Quito con los datos mensuales de las mediciones de CO y PM_{10} , mostrados en el Anexo 3.

Gráfico 5: FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN PARA MONÓXIDO DE CARBONO Y MATERIAL PARTICULADO PM10

Monóxido de Carbono



Material Particulado PM10

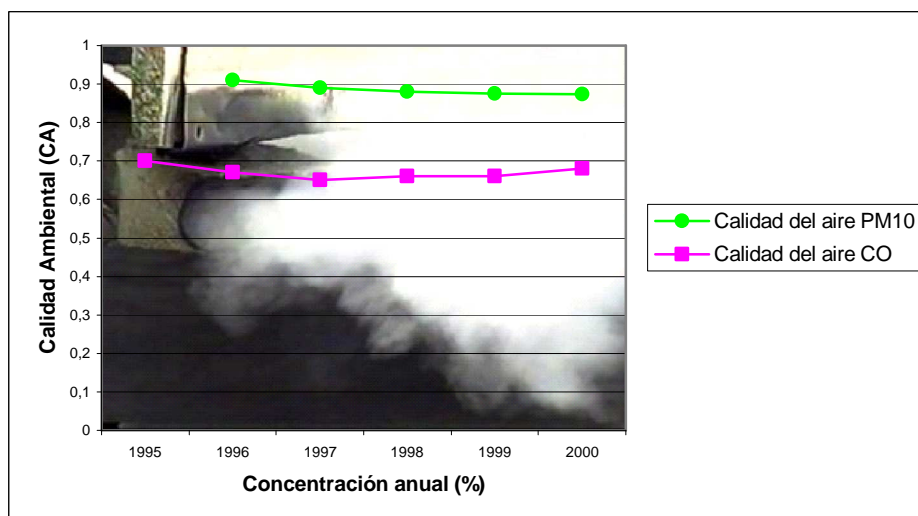


Fuente y elaboración: Vitora Conesa. **Guía Metodológica para la Evaluación del impacto ambiental**. Ediciones Mundiprensa. Segunda Edición. Madrid, España. 1995. Pág. 245-246

Las funciones mostradas en el Gráfico 6 indican que para estos dos contaminantes, los valores se muestran por encima de la media de 5, es decir aún la calidad ambiental pese a estar deteriorada, oscila entre límites aceptables, sin dejar de lado que los valores medidos no cumplen con la norma de emisiones a la atmósfera vigente para el Distrito Metropolitano de Quito.

Se observa, sin embargo que en cuanto a la calidad del aire, esta es menor en el caso de la función para el monóxido de carbono, pues se encuentra bordeando un promedio de 6/10, con su nivel menor en 1997, mientras que la función de calidad del aire del material particulado PM10 tiene un promedio de 9/10 con su menor valor registrado en el año 2000.

Gráfico 6: FUNCION DE CALIDAD DEL AIRE PARA MONOXIDO Y PARTICULAS EN SUSPENSION



Fuente: Concentraciones de Monóxido de carbono y partículas en suspensión. Dirección Ambiental Metropolitana. Año 1995-2000
Elaboración: La Autora

3.4 DETERMINACION DE COSTOS EN SALUD POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La percepción de calidad de aire de una ciudad puede fácilmente ser calificada de una forma general como buena o mala por la propia percepción de la población, en función de efectos visuales como franjas plomas de contaminación que se ve en el cielo, o por la exposición a las emisiones vehiculares.

El estudio técnico que determine la existencia o no de niveles peligrosos de contaminación es la base necesaria para pensar en emprender acciones de remedio o control, una vez que el fenómeno haya sido comprobado, como sucede con el estudio de enfermedades respiratorias realizado por Fundación Natura. Sin embargo, es necesario adicionalmente, realizar un análisis económico en el cual se pueda evidenciar los costos de los efectos de los contaminantes en un factor tan importante como la salud a fin de poder dimensionar el impacto en términos económicos de una deficiente calidad de aire.

Así, en esta parte se buscará determinar los costos en la salud de una población vulnerable, como son los niños, derivados de la contaminación atmosférica de origen vehicular. Se partirá de considerar los resultados en términos de salud, evidenciados por Fundación Natura, a fin de establecer la diferencia en los costos en función del grado de exposición a emisiones y la frecuencia de afectaciones respiratorias, empleando para ello la *Función Dosis Respuesta*.

3.4.1 Resultados del Estudio de incremento de infecciones respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular, realizado por Fundación Natura

Este estudio fue realizado por Fundación Natura en el año 2000 con el fin de valorar el impacto de la contaminación ambiental en niños de 8 a 10 años, en tres escuelas del Distrito Metropolitano de Quito, durante tres meses. Las escuelas fueron determinadas tomando en cuenta el grado de flujo vehicular a fin de determinar su relación en la frecuencia de enfermedades respiratorias agudas e índices de ventilación pulmonar, siendo elegidas las siguientes:

- SECTOR A. Sector urbano de mayor circulación vehicular: Centro histórico de Quito, Escuela Sucre
- SECTOR B. Sector urbano de menor circulación vehicular: Barrio periférico de Quito, Escuela Gallegos Lara en Carcelén

- SECTOR C. Sector rural de menor circulación vehicular: Parroquia de Nayón, Escuela Costa Rica

Cada grupo mostraba características de edad, peso, etc., (Tabla 4) que inciden igualmente en los resultados del estudio.

Tabla 4: CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS A, B Y C

| | GRUPO A | GRUPO B | GRUPO C |
|--------------------------------|---------|---------|---------|
| | n = 311 | n = 302 | n = 293 |
| EDAD (años) | 8.3 | 8.9 | 8.4 |
| PESO (Kg.) | 27 | 27.5 | 23.9 |
| TALLA (cm) | 128.5 | 128.5 | 120.4 |
| HACINAMIENTO | 0.9 | 1.2 | 1.9 |
| TABAQUISMO (intradomiciliario) | 17.60% | 30.50% | 26.4 |
| HEMATOCRITO | 43.7 | 44 | 42.6 |

Fuente y Elaboración: FUNDACIÓN NATURA. Incremento de Enfermedades en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular. Quito, Ecuador. 2000. Pág. 10

La medición del nivel de carboxihemoglobina (COHb) ayudó a determinar la exposición de los niños a contaminantes generados por los vehículos, y fue empleada como un **biomarcador de exposición**. El empleo de los niveles de COHb fue empleado como indicador de daños en la salud⁴⁷ por contaminación del aire debido a su probada eficiencia, pues monóxido de carbono es absorbido rápidamente por los pulmones y transportado en la sangre donde se une con la hemoglobina, formando la carboxihemoglobina.⁴⁸ (Ver Anexo 4)

Las tasas de incidencia de las infecciones respiratorias altas y bajas se definieron en cada grupo, siendo estimadas por el número de casos por cada 1000 niños por semana de

⁴⁷ En ausencia de exposición a monóxido de carbono, las concentraciones de COHb son aproximadamente de 0.5%. En promedio, los niveles de carboxihemoglobina de la población en general son de 1.2 a 1.5%, considerándose en límite de normalidad en 2.5%. Valores superiores a este límite se asocian con alteraciones de la función sensorial, disminución de la capacidad de ejercicio físico en personas sanas. Con concentraciones mayores a 5% se observan efectos neuroconductuales, cardiovasculares, y dificultad en la capacidad de ejecutar tareas, lo que ya se cataloga como un nivel neurotóxico e implican mayor exposición al monóxido.

⁴⁸ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. ECOTOX. **Contaminación Atmosférica por Vehículos Automotores. Impacto en la Salud Pública y Medidas de Control**. Ginebra, Suiza. 1992. Pág. 32

exposición. Este número se determinó basándose en el tiempo que cada niño había permanecido en el área durante el período de estudio.

Los resultados del estudio muestran en la Tabla 5 que el 92% de los niños de la Escuela Sucre presentan valores superiores al nivel normal e igual condiciones muestra el 43% de los niños estudiados de la Escuela Gallegos Lara; mientras que en la Escuela Costa Rica apenas un niño presenta datos de contaminación por monóxido de carbono. En cuanto a niveles neurotóxicos (mayor a 5) el grupo A muestra un 66% de casos, en el grupo B apenas un 6% y no se registró ningún caso en el grupo C.

Tabla 5: PROMEDIO Y NIVELES DE RIESGO DE CARBOXIHEMOGLOBINA (COHB)

| | No. Total de muestras | COHB media | Niños con valores de COHB > 2.5% | | Niños con valores de COHB > 5% | |
|---------|-----------------------|------------|----------------------------------|----|--------------------------------|----|
| | | | No. | % | No. | % |
| Grupo A | 100 | 5.09 | 97 | 92 | 70 | 66 |
| Grupo B | 90 | 2.52 | 39 | 43 | 5 | 6 |
| Grupo C | 99 | 0.70 | 1.00 | 1 | 0 | 0 |

Fuente y Elaboración: FUNDACIÓN NATURA. Incremento de Enfermedades en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular. Quito, Ecuador. 2000. Pág. 11

Para comprobar la incidencia de enfermedades respiratorias en los menores, dos pediatras analizaron los eventos patológicos suscitados durante el período de investigación.

Así se diagnosticaron en el grupo A, 486 casos de infecciones respiratorias agudas altas (IRAA) con una tasa de incidencia de 131.4 por mil niños por semana, en el grupo B se presentaron 108 casos con una tasa de incidencia de 30.37 por mil niños/semana y en el grupo C 219 casos (tasa de incidencia de 64.98/1000 niños/ semana). En el caso de las infecciones respiratorias agudas bajas (IRAB) se detectaron doce casos en el grupo A, uno sólo en el B y 19 casos en el grupo C. (Ver Tabla 6)

Tabla 6: INCIDENCIA DE IRA ALTA E IRA BAJA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO

| | GRUPO A | GRUPO B | GRUPO C |
|--|---------|---------|---------|
| | n = 311 | n = 302 | N = 293 |
| IRA BAJA (Tasa de incidencia*) | 3.20 | 0.28 | 5.60 |
| IRA ALTA Moderada (Tasa de incidencia*) | 131.40 | 30.77 | 64.98 |
| IRA ALTA Grave (Tasa de incidencia*) | 39.42 | 9.23 | 19.49 |

* La tasa de incidencia corresponde al número de casos por cada 1000 niños por semana
 Fuente y Elaboración: FUNDACIÓN NATURA. *Incremento de Enfermedades en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular.* Quito, Ecuador. 2000. Pág. 11

Una vez demostrada la relación entre los niveles de contaminación y la incidencia de afecciones respiratorias estos datos serán empleados para calcular el costo en salud derivado de la calidad del aire en los niños de Quito.

3.4.2 Determinación de la Función Dosis – Respuesta

La determinación de la función Dosis-Respuesta⁴⁹ nos permitirá mostrar el impacto económico, o los costos en salud derivados de la contaminación del aire en Quito. Para esto definiremos una función de forma tal:

$$\text{Función Dosis Respuesta} = N \Sigma (\text{CD} + \text{CT} + \text{CAL})$$

Donde:

N = número de casos

CD = Costo de diagnóstico

CT = Costo de tratamiento

CAL = Costo de actividad laboral y escolar perdida/restringida

Para el cálculo de las funciones se tomará en cuenta las siguientes condiciones:

- Se realizará un análisis diagonal, que consiste en comparar escenarios diferentes (en este caso las tres escuelas) en un momento determinado en el tiempo, empleando los datos de incidencia de enfermedades respiratorias de la Escuela Sucre, Escuela Gallegos Lara y Escuela Costa Rica, para compararlos entre sí en el período de estudio, esto es el año 2000.
- Se obtendrán 3 niveles de costos, uno para cada escuela en los cuales se calcule los costos económicos en cada nivel de exposición a contaminación, esto es tomando en cuenta la gravedad de la afección respiratoria. Posteriormente se procederá a comparar los resultados.
- Los costos de diagnóstico se calcularán en función del costo de la consulta promedio de atención médica para los menores
- Para los costos de tratamiento se ha consultado a especialistas en el tema, sobre los tratamientos básicos para este tipo de afecciones respiratorias, tomando en cuenta un tratamiento intensivo y un básico en función de la complejidad de la afección.
- Los costos por actividad perdida harán referencia a los costos por pérdida de días laborales de los padres al atender a sus hijos en función del salario mínimo vital, y la inasistencia de los niños en convalecencia. Así mismo se contemplarán los costos por actividad restringida, como un 50% del costo diario de los niños que asisten a la escuela pero no rinden su potencial al máximo.
- Se realizarán los cálculos para un niño, de forma anual. Con esto se hará un cálculo para los niños en cada escuela y una aproximación para los costos en salud en la población de entre 8 y 10 años en Quito.

⁴⁹ Diego, AZQUETA. Op. Cit. Pág. 197.

3.4.2.1 Determinación de la Línea de Base

En primer lugar se definirá a la línea de base como la que muestra las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier perturbación. Esto es, denota las condiciones que hubieran predominado en ausencia de actividades antropogénicas, sólo con los procesos naturales en actividad⁵⁰.

Partiendo de este concepto, se tomará la Escuela Costa Rica de Nayón, como línea de base para comparar las otras dos escuelas en función de esta primera. Esto por cuanto es en la que se mostraron los menores niveles de carboxihemoglobina (biomarcador de exposición a monóxido de carbono), en el estudio realizado por Fundación Natura y adicionalmente debido a que no se tiene un referente de comparación con contaminación cero en la ciudad.

De esto se ha considerado el tomar en cuenta dos escenarios de gravedad en las afecciones respiratorias altas. (Ver Tabla 7). Estos niveles son: un nivel de infección moderada y una grave, por cuanto son en estas donde se presenta la necesidad de los padres de buscar asistencia profesional. Existe, sin embargo un nivel leve de infección (representada con presencia de tos, secreciones nasal o faríngea y actividad disminuida)⁵¹ el cual es usualmente tratado por automedicación por parte de los padres al niño siendo ésta más difícil de determinar en cuanto a costos, por el carácter subjetivo y los diferentes métodos empleados por ellos.

Tabla 7: NIVEL DE INFECCIÓN RESPIRATORIA ALTA y TRATAMIENTO

⁵⁰ Registro Oficial. **Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente**. Registro oficial. Edición Especial No. 1. Quito, Lunes 31 de marzo de 2003. Pág. 302

⁵¹ Dra. Bertha Estrella. Médico encargado del proceso y análisis de muestras del estudio de enfermedades respiratorias para Fundación Natura. Corporación Ecuatoriana de Biotecnología.

| Nivel de Infección respiratoria alta | Síntomas | Tratamiento médico |
|---|--|---|
| Nivel Moderado | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fiebre (temperatura axilar > 35° C) ✓ Tos ✓ Secreciones (nasal o faríngea) ✓ Actividad disminuida | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Antipirético ✗ Antitusígeno |
| Nivel Grave | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Otitis: secreción purulenta o dolor ótico y fiebre ✓ Faringitis: Congestión faríngea y uno o más de los siguientes síntomas; fiebre, decaimiento, linfadenitis cervical dolorosa. ✓ Amigdalitis: Fiebre, dolor de garganta, congestión de amígdalas y/o infadenitis cervical | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Antipirético ✗ Antitusígeno ✗ Antibiótico |

Fuente:

Niveles y síntomas: Sempértegui, F. 1999

Tratamiento: Dr. Fernando Bossano. Asesor en Salud Ambiental. Fundación Natura.

Elaboración: La autora

3.4.2.2 Costos de Diagnóstico

Los costos de diagnóstico fueron establecidos en este estudio realizando un promedio de precios de consultas en diferentes establecimientos de salud de la ciudad en los cuales pueden recibir asistencia médica los niños. Este costo ha sido establecido en función del costo de la consulta médica y es de 8.42 USD, como se muestra en la Tabla 8. Esto debido a que si bien los hospitales públicos no cobran la consulta médica, la atención a los menores si tiene un costo que es asumido por el estado y que es de 2.38 USD para cubrir los gastos médicos y administrativos de las instituciones⁵².

⁵² Flavio Celín Robalino. **Tesis Beneficios Económicos de la Medicina Tradicional; EL caso de la utilización del paico para la cura de la helmintiasis.** Facultad de Economía. PUCE. Quito, Ecuador. 2002. Pág. 88

Tabla 8: COSTO PROMEDIO DE DIAGNÓSTICO

| ESTABLECIMIENTO DE SALUD | TIPO | COSTO POR CONSULTA (USD) |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Hospital de Niños Baca Ortiz | Público | 2,38 |
| Hospital Enrique Garcés | Público | 2,38 |
| Centro Médico AXXIS | Privado | 20 |
| Hospital Vozandes Quito | Privado | 15 |
| Centro de Salud No. 1 | Público | 2,38 |
| COSTO PROMEDIO | | 8,42 |

Fuente: Establecimientos de salud de Quito. 2003

Elaboración: La autora

3.4.2.3 Costos de Tratamiento Médico

El costo de tratamiento médico comprende todo lo derivado del tratamiento de la infección, esto es medicinas que el facultativo prescriba en función del tipo y gravedad de la infección.

Para cada nivel de infección existe un tratamiento médico específico y en función del mismo cambia el costo por tratamiento, como se describe en la Tabla 9. En esta podemos observar que el costo total de tratamiento por infecciones respiratorias altas de nivel moderado es de 5.40 USD y el costo total por infecciones de nivel grave es de 10.44 USD, tomando en cuenta que el 30% de los casos detectados son de nivel grave⁵³.

Tabla 9: COSTOS DE TRATAMIENTO POR NIVEL DE INFECCION RESPIRATORIA ALTA. EN DOLARES

| Nivel de Infección | Tratamiento médico | Costo de Tratamiento (en |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|

⁵³ Ibid.

| respiratoria alta | | dólares) |
|------------------------------|----------------|--------------------------|
| Nivel Moderado | ☒ Antipirético | 1.82 |
| | ☒ Antitusígeno | 3.60 |
| | | Costo Total 5.40 |
| Nivel Grave | ☒ Antipirético | 1.82 |
| | ☒ Antitusígeno | 3.60 |
| | ☒ Antibiótico | 5.04 |
| | | Costo Total 10.44 |

Fuente: Farmacias Fybeca

Elaboración: La autora

3.4.2.4 Costos por Actividad Perdida y Actividad Restringida

Costos por actividad laboral perdida y restringida

La determinación de los días de actividad perdida para el caso de los padres, se realizarán en función del Sueldo Básico Unificado, que es de 100 USD mensuales.

Costos por actividad escolar perdida y restringida

En el caso de los niños que presentan la infección, se tomó en cuenta el costo por los días de ausencia escolar y el costo por los días de actividad restringida (la cual como se definió es aquella en la que “la persona no se encuentra lo suficientemente mal como para acudir al ambulatorio o al hospital para ser tratada, pero su rendimiento no es el habitual”⁵⁴). Este costo se lo tomó en base de un estudio previo realizado por Ec. Alicia Enríquez⁵⁵, quien define los costos diarios por actividad perdida escolar en 0.34 USD. La actividad restringida se definió en un 50% del rendimiento escolar habitual de un niño en condiciones normales de salud.

⁵⁴ Diego, AZQUETA. Pág. 201

⁵⁵ Alcira María Enríquez. **Tesis Costos por contaminación del aire en el Centro histórico de Quito.** Facultad de Economía. PUCE. Quito, Ecuador. 1999. Pág. 98

Para la determinación de los costos, también se lo hará en función del nivel de gravedad de la infección como se lo hizo en la determinación de los costos de tratamiento. Así, la Tabla 10 muestra los días de actividad perdida por parte de los padres y de actividad perdida y restringida de los escolares.

Los parámetros que se tomaron, para el caso de una infección moderada son de un día de actividad perdida tanto para el padre como para el niño para poder acudir al médico y dos días de actividad restringida al reintegrarse el menor a las actividades escolares; mientras que para una infección grave se tomaron dos días de actividad perdida tanto del padre (por acudir al médico y atención del menor) y cuatro días de actividad restringida en sus actividades para el niño⁵⁶.

Se puede evidenciar, al igual que para los costos de tratamiento, los costos por actividad perdida y restringida son mayores para el caso de una infección respiratoria grave, siendo estos de 11.36 USD frente a 5.68 USD para una infección moderada.

Tabla 10: COSTOS POR ACTIVIDAD PERDIDA Y RESTRINGIDA, EN FUNCION DEL NIVEL DE GRAVEDAD DE LA INFECCION RESPIRATORIA. EN DOLARES

⁵⁶ Estos parámetros fueron determinados con ayuda de expertos en el tema, como se cita en las tablas No. 7 y 10

| Infección respiratoria alta moderada | | | | |
|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| | Costo diario / padre | Costo diario / niño | No. Días | Costo total |
| Actividad perdida | 5,00 | 0,34 | 1 | 5,34 |
| Actividad restringida | 0,00 | 0,17 | 2 | 0,34 |
| Costo total por infección | | | | 5,68 |
| Infección respiratoria alta grave | | | | |
| | Costo diario / padre | Costo diario / niño | No. Días | Costo total |
| Actividad perdida | 5,00 | 0,34 | 2 | 10,68 |
| Actividad restringida | 0,00 | 0,17 | 4 | 0,68 |
| Costo total por infección | | | | 11,36 |

*Fuente: Dr. Fernando Bossano. Asesor en Salud Ambiental. Fundación Natura.
Dra. Berta Estrella. Médico encargado del proceso y análisis de muestras del estudio de enfermedades respiratorias para Fundación Natura. Corporación Ecuatoriana de Biotecnología*

Elaboración: La autora

3.4.3 Resultados de las escuelas estudiadas

Con los datos obtenidos, se realizó el cálculo de la función dosis respuesta para cada una de las escuelas en estudio.

En primer lugar, para la Escuela Costa Rica de Nayón, la cual por ser en la que menores niveles de carboxihemoglobina se detectó en los menores fue considerada como línea de base. En esta escuela se encontraron 65 casos por cada 1000 alumnos por semana. Esto quiere decir que en una población de 300 niños, 20 presentaban infecciones respiratorias (esto representa una incidencia del 6.5%), cada semana y de estos 6 presentaban condiciones de nivel grave.

Considerando la función dosis respuesta planteada antes, $DR = N \Sigma (CD+ CT + CAL)$,
el costo por daños en salud para esta escuela es:

$$DR = 13(8.42 + 5.40 + 5.68) + 6(8.42 + 10.44 + 11.36)$$

$$\mathbf{DR = 454.32 \text{ USD semanales}}$$

Ahora, para el caso de la Escuela Gallegos Lara, se encontraron 9 casos por cada 300 niños por semana (una incidencia del 3,1%), de los cuales 3 eran de nivel grave, teniendo una función dosis respuesta de:

$$DR = 6(8.42 + 5.40 + 5.68) + 3(8.42 + 10.44 + 11.36)$$

$$\mathbf{DR = 207.66 \text{ USD semanales}}$$

Y en el caso de la Escuela Sucre, en la cual los niños presentan niveles de carboxihemoglobina siete veces mayores a la media de la escuela Costa Rica, se obtuvo una incidencia de 39 casos semanales de infecciones respiratorias por cada 300 niños siendo 12 de estos graves (incidencia del 13.1%), con la función dosis respuesta siguiente:

$$DR = 27(8.42 + 5.40 + 5.68) + 12(8.42 + 10.44 + 11.36)$$

$$\mathbf{DR = 928.14 \text{ USD semanales}}$$

Los resultados resumidos se muestran en la Tabla 11, evidenciando que los mayores costos se encontraron en la Escuela Sucre, que son un 219% mayores que los de la Escuela Costa Rica (base) y un 446% mayor que los costos obtenidos para la Escuela Gallegos Lara.

Tabla 11: RESUMEN DE COSTOS EN SALUD DETERMINADOS PARA TRES ESCUELAS DE QUITO

| Escuela Costa | Escuela Gallegos | Escuela Sucre |
|------------------|---------------------|------------------|
|------------------|---------------------|------------------|

| | Rica | Lara | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|--------|
| No. Casos IRAA moderada | 14 | 6 | 39 |
| No. Casos IRAA Grave | 6 | 3 | 6 |
| Costo Total semanal en dólares | 454,32 | 207,66 | 928,14 |

Fuente y elaboración: La autora

3.4.4 Población Total de Quito de entre 8 y 10 años

Partiendo de estos tres escenarios y haciendo referencia a los resultados del estudio de Fundación Natura, se tiene una incidencia de 6.5% de infecciones respiratorias asociadas con contaminación en el área rural de Quito y un promedio de 8.1% de incidencia de infecciones respiratorias en el área urbana. Contando con que el 72% de la población se concentra en el área urbana (66.235 niños entre 8 y 10 años) y el 28% en el área rural (25.758 niños) se estimó el costo total que en salud, representa a la población anualmente, por curación de enfermedades respiratorias asociadas con contaminación para la ciudad; se obtuvo una función dosis respuesta que se muestra a continuación (Anexo 5):

$$\text{DR Quito Rural} = 1.172(10.6 + 5.40 + 5.68) + 502(10.6 + 10.44 + 11.36)$$

$$\text{DR} = \mathbf{1.977.545 \text{ USD anuales}}$$

$$\text{DR Quito Urbano} = 3.756(10.6 + 5.40 + 5.68) + 1.610(10.6 + 10.44 + 11.36)$$

$$\text{DR} = \mathbf{6.337.624 \text{ USD anuales}}$$



COSTO TOTAL ANUAL EN QUITO POR INFECCIONES RESPIRATORIAS

8.315.169 USD/año

Como se observa, al hacer un análisis de los costos, por enfermedades respiratorias, de la población de entre 8 y 10 años de edad de toda la ciudad, se evidencia que los costos en salud derivados de una pobre calidad del aire, son muy significativos, llegando a ser de ocho millones de dólares por año, cifra que se está empleando como gastos de remediación por problemas de salud (infecciones respiratorias) derivados de la contaminación del aire en el Distrito.

CAPITULO IV

COSTOS EN SALUD VS. GASTOS DE CONTROL

4.1 INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Existen varias alternativas de instrumentos de política que pueden ser optados para controlar la contaminación atmosférica, dependerá de los objetivos y metas que se haya planteado la sociedad para el escogitamiento del más idóneo.

4.1.1 Reducir el uso de vehículos motorizados

Este método busca, con un uso reducido de los vehículos reducir la cantidad de kilómetros recorridos, llevando de una forma automática a menos emisiones. Así mismo optimizando el uso de vehículos en función del número de pasajeros que puedan transportar. Se tiene como acciones importantes:

- Uso de transporte no motorizado
- Transporte público eficiente
- Menos kilómetros por vehículo

Esta alternativa podría ser implementada tomando en cuenta que enfoca la solución del problema desde la misma fuente, es decir busca optimizar el empleo de los vehículos automotores y reducir el uso de vehículos particulares a lo estrictamente necesario mejorando las redes de transporte público y optando por empleo de medios de transporte menos contaminantes. Sin embargo, desde la visión de la autora, esta no ha sido escogido por la municipalidad por cuanto implica un período previo de concienciación y educación de la población hacia el uso óptimo de los automotores, además de un análisis detallado de la

calidad de transporte público como base para incentivar la reducción del uso de vehículos privados muchas veces subutilizados en su capacidad de transporte de pasajeros y la necesidad de que existan vías alternas para transporte no motorizado como en el caso de ciclo vías, cuya aplicabilidad podría tomar bastante tiempo y requerir de ingentes recursos de los que carece la administración municipal.

4.1.2 Instrumentos económicos

Son aquellos que utiliza el mercado para lograr un aire puro. Estos buscan una solución eficiente donde el estado entra como supervisor. En este grupo tenemos:

- Impuestos: Por ejemplo a la gasolina o a los vehículos para disminuir el uso y adquisición de estos.
- Tasas por uso de vías: Empleo de tasa diferenciadas a ciertas vías o en horarios determinados.
- Impuestos a las emisiones: Impuesto diferenciado según las emisiones, en un sentido de “el que más contamina, más paga”.
- Incentivos: El uso de Sellos Verdes para vehículos que cumplan con ciertas especificaciones, eliminar unidades viejas.

En materia de impuestos, este método no se ha contemplado como alternativa en tanto y cuanto existe un componente muy fuerte y es de corte político, pues el gravar con impuestos ya sea a los automotores, a los combustibles o al uso de vías se convierte en un elemento suficiente de inestabilidad del gobierno de turno. Adicionalmente, el gravar con un impuesto no implica necesariamente una mejora directa de la calidad del aire, por cuanto podría generar incentivos perversos que alienten a quienes pueden pagar más, a contaminar sin ninguna

medida y el dinero recaudado por esta vía podría ir a fines diferentes del de mejorar la calidad del aire.

4.1.3 Autorregulación y Auditorías Ambientales

La autorregulación consiste en procesos voluntarios y de común acuerdo que pueden adoptar las industrias para mejorar el desempeño ambiental. Se basa en el respeto de disposiciones, adopción de compromisos de mejora para inducir procesos compatibles con el ambiente.

Por otro lado, las auditorías ambientales se basan en realizar una revisión sistemática, documentada, periódica y objetiva de las operaciones y tareas de la instalación en relación a la consecución de exigencias ambientales. La auditoría busca verificar la adecuación a las exigencias ambientales, valorar la eficacia de sistemas de gestión ambiental *in situ*. Con esto se pretende aumentar la conciencia ambiental de los empleados, la detección y corrección de problemas y la mejora de la gestión ambiental.

En el caso de estas alternativas, hay algunas que han empezado a dar resultados en procesos voluntarios de mejora ambiental como es el caso de las Normas ISO 14.000, son empleadas mayoritariamente en fuentes fijas o industrias en las cuales se puede hacer un control exhaustivo y periódico de los procesos, en tanto que no son aplicables al caso de fuentes móviles.

4.1.4 Command and Control

Con este instrumento el estado fija normativas y regulaciones bajo las cuales los vehículos pueden circular, pudiendo emplear medidas como:

- Regulaciones: Fijar los niveles máximos de emisiones de fuentes fijas y móviles.

- Prohibiciones: Por ejemplo el limitar la circulación de vehículos en ciertos días empleando criterios como el número de placa o la presencia de catalizador.

En cuanto a este instrumento, existe ya en el Distrito una normativa ambiental que rige desde 1995 con una última actualización publicada a fines de 2002⁵⁷, y en materia de emisiones establece los límites permisibles de emisiones de fuentes tanto fijas como móviles. Sin embargo, la existencia de tal norma ha sido complementada con un mecanismo de control o vigilancia que garantice su cumplimiento por parte de los ciudadanos, es así que el Municipio de Quito, emprende en la administración actual en la puesta en ejecución del Programa de control de Emisiones vehiculares.

Esta alternativa, por sobre otras de política, fue escogida (a criterio de la autora) pues presenta algunas ventajas como son:

- Rápida aplicación a partir de la puesta en aplicación de la ordenanza municipal
- No requiere de un proceso previo de concienciación en la ciudadanía acerca de los peligros de la contaminación del aire y las bondades de un control (pese a que se ha venido dando por campañas realizadas en conjunto con el Municipio y otras organizaciones no gubernamentales).
- Se constituye en un mecanismo de carácter obligatorio que requiere especialmente de la explicación a la ciudadanía acerca del funcionamiento del proceso.
- Posibilidad de ser concesionado a empresas privadas evitando un excesivo crecimiento del aparato burocrático del municipio y una posible malversación de fondos, tendiendo

⁵⁷ Norma de Calidad del Aire Ambiente. Decreto Ejecutivo 3999 del 21 de Noviembre de 2002. **Registro Oficial No. 725**. 16 de Diciembre de 2002.

a ser un proceso autogestionado y que por tanto no demanda desde un principio de grandes recursos, por parte del municipio, para su ejecución.

4.2 COSTOS DE IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito considerando como su deber el “precauletar la salud y bienestar de la población quiteña afectada por la contaminación del aire, así como velar por el manejo adecuado de los recursos naturales y la preservación del patrimonio histórico y arquitectónico evitando su deterioro y destrucción”⁵⁸, a través de la resolución No. 269 de julio de 1995 el Concejo Metropolitano resuelve autorizar el concesionamiento del servicio de verificación y control de la contaminación vehicular, que consta en la Ordenanza No. 038. Sin embargo de esto, la ordenanza no fue aplicada de inmediato, sufriendo modificaciones en su Capítulo IV Para el Control de la Contaminación Vehicular, siendo la versión final publicada en diciembre de 2002 en el Suplemento del Registro Oficial No, 733.

Esta ordenanza establece las normas relativas a la Revisión Técnica Vehicular como requisito previo a la matriculación y de aplicabilidad obligatoria para todas las personas que sean propietarias o tenedoras de vehículos motorizados en el Distrito⁵⁹.

Así, ocho años han transcurrido en resolver temas políticos y legales respecto de la aplicación de la ordenanza que tienda a controlar y reducir la contaminación del aire en Quito,

⁵⁸ **Registro Oficial No. 147.** “Ordenanza No. 038” del Concejo Metropolitano de Quito. Miércoles 23 de Agosto de 2000. Pág. 1

⁵⁹ Para más información acerca de los requisitos, ámbito de aplicación, tarifas y sanciones referirse a la Suplemento del Registro Oficial No. 733 del Viernes 27 de Diciembre de 2002.

para entrar finalmente en aplicación en marzo del 2003, con la creación de la Corporación de Revisión y Control Vehicular.

4.2.1 Creación de la Corporación de Revisión y Control Vehicular

La información que venía recopilando la Dirección Ambiental Metropolitana, en materia de contaminación en la ciudad de Quito, la cual estima que el 80% de la contaminación proviene de la emisión de los vehículos que circulan en la ciudad⁶⁰, así como el trabajo conjunto realizado con el Proyecto de Calidad del Aire de Fundación Natura, llevó a la administración municipal a proponer un sistema de control de estas emisiones a fin de mejorar la calidad del aire en Quito.

La alternativa escogida por el Municipio fue una de command and control a través de la cual se establecieron parámetros máximos de emisiones de las fuentes móviles y controles periódicos del cumplimiento de estos parámetros en los automotores que circulan en la ciudad.

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, con el objetivo de mejorar las condiciones ambientales y de seguridad de la ciudad promovió la conformación de la Corporación Centros de Revisión y Control Vehicular. Esta organización fue creada con la participación del Consejo Nacional de Tránsito, Fundación Natura y la Escuela Politécnica Nacional, por un convenio que se firmó el 6 de diciembre del año 2000 y fue reconocida en agosto de 2001 por el Ministerio de Gobierno⁶¹.

⁶⁰ Dirección Ambiental Metropolitana. Op. Cit. Pág. 166

⁶¹ Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. **Suplemento Institucional“Revisión Vehicular Dónde y cómo hacerlo.** Una Guía para el usuario”. Diario El Comercio. Quito, Ecuador. 8 de marzo de 2003.

La corporación pues, se convierte en la autoridad sobre el tema, por delegación de los organismos que la conforman, siendo ésta un ente de derecho privado, encargado de licitar la concesión de los centros de revisión, así como de realizar la fiscalización y control del sistema. Una vez creada la corporación, la revisión técnica vehicular se instauró como requisito obligatorio previo a la matriculación en el Distrito, a partir del año 2003 para todos los vehículos a diesel o a gasolina.

4.2.2 Operación de los Centros de revisión vehicular

La corporación, luego de un proceso de selección que incluyó participantes nacionales y extranjeros, adjudicó el sistema a los consorcios siguientes⁶²:

- La construcción y revisión de los centros fue adjudicada al consorcio ITLS, compuesto por socios nacionales y colombianos,
- Danton que es una empresa dedicada a bienes raíces, la cual aporta con el capital, y
- ITUV de origen español que se encarga del soporte técnico y Maja que es proveedora de equipos

Estas empresas pusieron desde marzo de 2003 en funcionamiento los seis centros previstos para el sistema de control. De estos seis centros, dos son de tipo mixto (Carapungo y Guamaní), es decir que atienden a vehículos livianos y pesados y los cuatro restantes (Guajaló, Florida Alta, San Isidro y Los Chillos) dan atención exclusiva a vehículos livianos, como se muestra en la Ilustración 3.

⁶² Diario La Hora. “Revisión ya no es por dígitos de la placa”. Quito, Ecuador. 1 de abril de 2003.

prueba dinámica y que se pueden encontrar en la Ordenanza Metropolitana No. 038 del Concejo Metropolitano de Quito.

Tabla 12: LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS USADOS A GASOLINA EN PRUEBA ESTÁTICA Y DINÁMICA DE ACELERACIÓN SIMULADA

| Año modelo | Monóxido de carbono % vol. CO | Hidrocarburos ppm vol. HC | Oxígeno% vols. O2 (máx) | Dilución (CO+CO2) (%vol) | |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-----|
| | | | | Mín | Máx |
| 2006 y posteriores | 0,5 | 125 | 6 | 7 | 18 |
| 2000 a 205 | 1 | 200 | 6 | 7 | 18 |
| 1990 a 1999 | 4,5 | 750 | 6 | 7 | 18 |
| 1989 y anteriores | 6,5 | 1200 | 6 | 7 | 18 |

Fuente y elaboración: Registro Oficial No. 147. “Ordenanza No. 038” del Concejo Metropolitano de Quito. Miércoles 23 de Agosto de 2000. Pág. 5

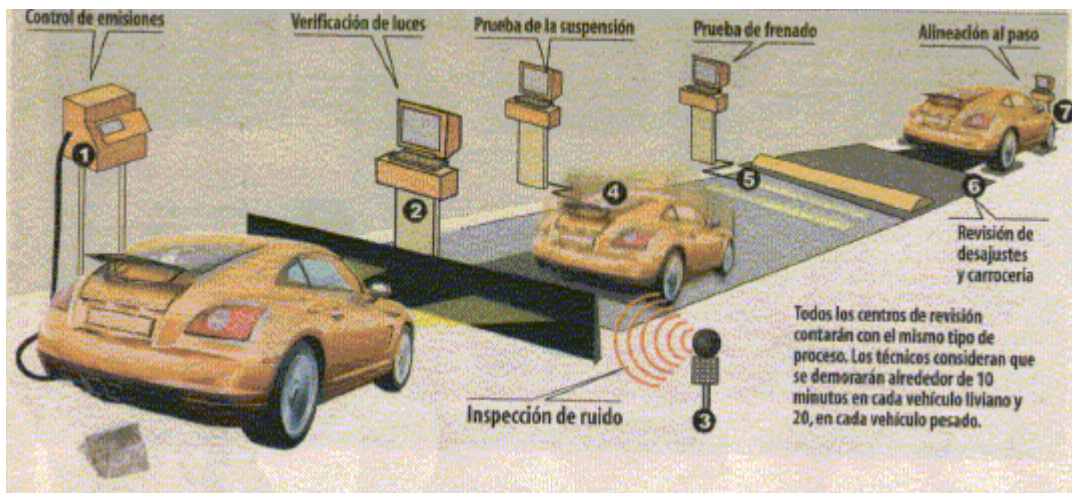
Tabla 13: LÍMITES MÁXIMOS DE OPACIDAD PERMITIDOS PARA VEHÍCULOS USADOS A DIESEL (PRUEBA DE ACELERACIÓN LIBRE)

| Año modelo | % opacidad |
|--------------------|------------|
| 2001 y posteriores | 50 |
| 2000 y anteriores | 60 |

Fuente y elaboración: Registro Oficial No. 147. “Ordenanza No. 038” del Concejo Metropolitano de Quito. Miércoles 23 de Agosto de 2000. Pág. 6

Además se revisan las luces (intensidad y alineación), la suspensión, los neumáticos frenos y la alineación; y en taxis también se controla la calibración del taxímetro (Ver Ilustración 4)

Ilustración 4: ETAPAS DE LA REVISION VEHICULAR



Fuente y elaboración: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Suplemento Institucional “**Revisión Vehicular Dónde y cómo hacerlo. Una Guía para el usuario**”. Diario El Comercio. Quito, Ecuador. 8 de marzo de 2003.

Esta tiene como pasos, para vehículos livianos y pesados los que se muestra en la Tabla 14 (Ver Anexo 6):

Tabla 14: REVISIÓN VEHICULAR PASO A PASO

| VEHICULOS LIVIANOS | VEHICULOS PESADOS |
|---|---|
| 1. Pago de la matrícula en cualquier banco | 1. Pago de la matrícula en cualquier banco. En caso de requerir realizar un proceso de cambio de unidad dirigirse previamente a EMSAT |
| 2. Pago del servicio de Revisión vehicular en Produbanco y Servipagos | 2. Pago del servicio de Revisión vehicular en Produbanco y Servipagos |
| 3. Llevar al vehículo al Centro de Revisión y Control Vehicular de su elección (ver Ilustración 1) | 3. Llevar al vehículo al Centro de Revisión y Control Vehicular que le haya asignado la EMSAT en la fecha y hora que le corresponda |
| 4. Estacionar el vehículo en las playas de parqueo en la CRCV | 4. Estacionar el vehículo en las playas de parqueo en la CRCV |
| 5. Entregar el comprobante de pago de la revisión y matrícula. Y permiso para vidrios polarizados si los tuviere | 5. Entregar en la ventanilla de usuario: la matrícula o factura anterior, habilitación operacional anterior, adhesivos de MSAT anteriores despegados, el comprobante de pago de la revisión y las llaves. |
| 6. Una vez recibido el comprobante de entrega del vehículo, esperar en la sala de espera hasta ser llamado a la ventanilla de atención al usuario | 6. Una vez recibido el comprobante de entrega del vehículo, esperar en la sala de espera hasta ser llamado a la ventanilla de atención al usuario |
| 7. Recoger el certificado de aprobación de la revisión | 7. Recoger el certificado de aprobación de la Revisión Técnica y las llaves. De haber aprobado la revisión, retirar además la nueva habilitación operacional |

| | |
|---|---|
| 8. En caso de haber sido calificado como “condicional”, retirar el vehículo y traerlo reparado dentro del plazo establecido en el certificado | 8. En caso de haber sido calificado como “condicional”, retirar el vehículo y traerlo reparado dentro del plazo establecido en el certificado |
| 9. En caso de haber aprobado la Revisión Técnica realizar el trámite habitual de matriculación en la Policía Nacional | 9. En caso de haber aprobado la Revisión Técnica realizar el trámite habitual de matriculación en la Policía Nacional |

*Fuente: Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. **Suplemento Institucional “Revisión Vehicular Dónde y cómo hacerlo. Una Guía para el usuario”**. Diario El Comercio. Quito, Ecuador. 8 de marzo de 2003.*
Elaboración: La autora

4.3 COSTOS PARA LOS PROPIETARIOS DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Los ciudadanos que vivan en el Distrito Metropolitano de Quito y que sean propietarios de un vehículo automotor ya sea para servicio público, particular o de carga deberán atenerse a lo que estipula la Ordenanza Municipal 038⁶³ en cuanto a los controles de emisiones vehiculares.

4.3.1 Costos de los controles

Los controles vehiculares realizados por la Corporación Centros de Revisión y Control Vehicular, en sus seis centros de revisión son de carácter obligatorio. Esto es, los automotores deben someterse a un control mecánico y de emisiones como requisito previo a la matriculación, el cual tendrá un costo que será asumido por los propietarios. En el caso de vehículos de uso privado, motocicletas y vehículos especiales (ambulancias, motobombas) la revisión será anual; mientras que para el caso de vehículos pesado, buses, busetas y taxis la revisión será semestral (es decir dos veces al año). Los costos de la revisión varían de acuerdo al tipo de vehículo, como se muestra en la Tabla 15.

⁶³ Registro Oficial No. 147. Op. Cit. Pág. 1

Tabla 15: COSTOS DE LA REVISIÓN VEHICULAR POR TIPO DE VEHÍCULO Y FRECUENCIA EN EL AÑO

| Tipo de vehículo | Frecuencia de Revisión | Costo 1ra. revisión (USD) | Costo 2da. revisión (USD) | Costo 3ra. y 4ta. revisión (USD) |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| Vehículos livianos | Anual | 18.95 | 0.00 | 9.48 |
| Vehículos pesados | Semestral | 29.74 | 0.00 | 14.87 |
| Motocicletas y Vehículos especiales | Anual | 11.35 | 0.00 | 5.68 |
| Taxis y busetas | Semestral | 13.00 | 0.00 | 6.50 |
| Buses | Semestral | 25.03 | 0.00 | 12.52 |

Fuente y Elaboración: Corporación Centros de Control y Revisión Vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Cuadro de Tarifas.

Con estos costos individuales y tomando la información de la cantidad de vehículos existentes en la ciudad, facilitada por la Dirección Nacional de Tránsito y Transportes Terrestres de la Policía Nacional, se hizo el cálculo de los costos totales anuales de la revisión para los vehículos del Distrito considerando que aprobaran la revisión en la primera oportunidad, siendo estos de alrededor de cuatro millones de dólares como lo muestra la Tabla 16.

Tabla 16: COSTOS POR REVISIÓN VEHICULAR EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

| Tipo de Vehículo | Cantidad | Costo Unitario de revisión | Costo total (USD) |
|-------------------------------------|---------------|----------------------------|---------------------|
| Vehículos livianos | 189818 | 18,95 | 3597051,1 |
| Vehículos pesados | 13226 | 29,74 | 393341,24 |
| Motocicletas y Vehículos especiales | 5224 | 11,35 | 59292,4 |
| Taxis y busetas | 4836 | 13 | 62868 |
| Buses | 2041 | 25,03 | 51086,23 |
| TOTAL | 215145 | | 4.163.638,97 |

Fuente: Corporación Centros de Control y Revisión Vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Cuadro de Tarifas.

Dirección Nacional de Tránsito y Transporte Terrestres. División de Informática. Vehículos matriculados en el año 2002, por provincias, tipo y servicio.

Elaboración: La autora

4.3.2 Costos en calibración de los vehículos

Para cumplir con el requisito establecido por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a partir de marzo del 2003, los propietarios de vehículos automotores deberán aprobar las pruebas mecánicas y de emisiones anteriormente citadas. Este requisito ha abierto en el mercado automotriz servicios de mecánicas que ofrecen un chequeo completo para aprobarlo sin dificultades. Para esto, según un muestreo de mercado realizado en la investigación, un carro necesitará al menos haber sido realizado a un ABC del motor y de frenos, sin embargo se ofrecen en algunos lugares servicios adicionales como limpieza de inyectores y chequeo computarizado de emisiones.

A fin de valorar estos costos en que incurrirían los propietarios de los automotores, se consideró los dos chequeos necesarios, de motor y de frenos y alineación de neumáticos, teniendo como consideración que al menos un 30% de los propietarios de vehículos requerirían hacer estos chequeos para poder aprobar la revisión⁶⁴.

Con estas consideraciones, se puede observar en la Tabla 17 los resultados de un muestreo de mercado sobre los costos de estos chequeos previos a la revisión. El costo promedio de un ABC de motor está en USD 14.05, de un ABC de frenos de USD 10.48 y de la alineación en USD 19.00. Es decir, en promedio un vehículo que requiera un chequeo previo necesita de 44 USD y considerando que 66.000 vehículos (el 30% del total existente en Quito) requerirán del mismo, se tiene un costo anual total de 2.873.200 USD.

Así, el costo total asumido por los propietarios de automotores que circulan en el Distrito Metropolitano, en controles y calibración de sus vehículos es de **7.036.839 USD anuales**.

4.4 TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN QUITO

Una vez analizado el mecanismo de control recientemente instituido por las autoridades del Distrito Metropolitano de Quito, en materia de emisiones vehiculares atmosféricas, se realizará en este acápite el análisis de otra alternativa para el control de la contaminación del aire, que apunte hacia una mayor eficiencia de los motores a través de mejoras tecnológicas.

⁶⁴ Este porcentaje se lo tomó en función de las primeras estimaciones expuestas por la Corporación de Revisión Vehicular donde señala que de los 5000 primeros vehículos revisados, 3900 pasaron la prueba y los restantes fueron rechazados. Diario El Universo. “**Quejas de usuarios por matriculación vehicular**” 25 de marzo de 2003.

Tabla 17: MUESTREO DE MERCADO DE CHEQUEOS PREVIOS A LA REVISIÓN VEHICULAR

| Taller Mecánico | Ubicación | Horario de atención | Tipo de control | Costo (USD) |
|-------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|-------------|
| Tecnico Centro LBAA | Av. Diego de Vásquez No. 58, vía Carcelén | Lunes a viernes de 08h30 a 18h00 | ABC Motor (a carburador) | 20,16 |
| | | | ABC Motor (a inyección) | 28,00 |
| | | | ABC Frenos | 8,96 |
| | | Sábados de 09h00 A 14h00 | Análisis de emisión de gases | 15,00 |
| | | | Limpieza de inyectores | 16,80 |
| | | | Alineación y Balanceo | 18,00 |
| Mantenauto S.A. | Pasaje El Norte E9-48 y Los Shyris | Lunes a viernes de 08h30 a 17h00 | ABC Motor (a carburador) | 12,00 |
| | | | ABC Frenos | 12,00 |
| Multiservicios Integral | Mariano Aguilera 178 y Diego de Almagro | Lunes a viernes de 08h00 a 17h30 | ABC Motor (a carburador) | 10,00 |
| | | | Alineación y Balanceo | 20,00 |
| | | | Chequeo de emisiones computarizado | 25,00 |

Fuente: Muestreo de Mercado

Elaboración: La autora

4.4.1 Mayor eficiencia de los motores

Esta se refiere a ajustes de índole técnico en los vehículos a fin de mejorar la eficiencia de los motores, reduciendo la emisión por kilómetro recorrido. Se pueden considerar elementos como:

- Inspección / Mantenimiento: Certificar que los vehículos en circulación estén bien ajustados y emitan lo menos posible según su modelo y tipo.
- Manejo de tráfico: Garantizar un buen flujo vehicular disminuyendo los problemas de congestión.
- Carburantes limpios: Exigir el uso de combustibles de mejor calidad como gasolina sin plomo, diesel con bajo azufre, etc.

- **Tecnología Vehículo:** Asegurar que los vehículos nuevos estén diseñados para disminuir al máximo posible las emisiones, a través de empleo de aditamentos con motores a inyección en lugar de carburados o instalación de convertidores catalíticos.

Esta será escogida como alternativa para análisis en tanto se ha dicho que uno de los problemas de los vehículos en Quito es la vetustez de los automotores y el pobre mantenimiento del parque automotor. En este sentido, se ha escogido el caso de, a través de una norma, se lleve al uso de convertidores catalíticos como mecanismo de reducción de las emisiones vehiculares en el distrito.

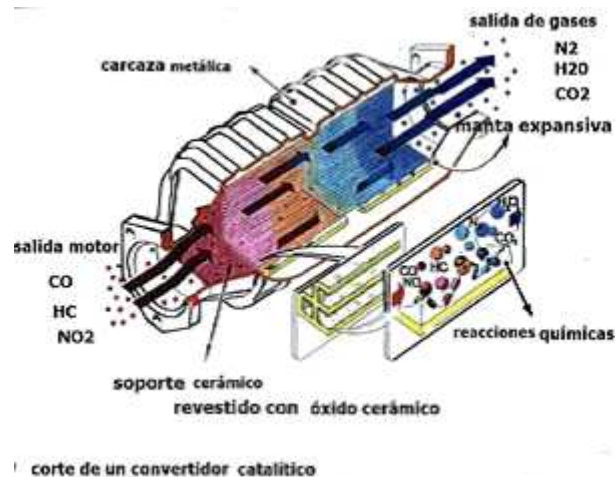
4.4.2 Uso de convertidores catalíticos

Se ha considerado el analizar una alternativa de mejora tecnológica a través del uso de convertidores catalíticos en los vehículos que circulan en el Distrito Metropolitano de Quito. Este se basa en la instalación de un "convertidor catalítico" que es un reactor metálico instalado en el sistema de escape. Este reactor de acero inoxidable, contiene en su interior al "catalizador" propiamente dicho, el cual está constituido por minúsculos canales a través de los cuales pasan los gases contaminantes provenientes del motor y por presencia de sustancias activas reaccionan químicamente produciendo gases inofensivos para la salud.⁶⁵

Los catalizadores ayudan a disminuir buena parte de las emisiones gracias a la labor química que desarrollan los metales nobles que contienen en su interior. Se tiene así, que el rodio reduce (resta oxígeno) al óxido de nitrógeno, dando como resultado el inocuo nitrógeno (N). Por su parte, el platino favorece la oxidación, esto es aportar oxígeno del obtenido del óxido de nitrógeno al monóxido de carbono y, el resultante es anhídrido carbónico (CO₂).

También se oxidan los hidrocarburos restantes de la combustión, que se transforman en vapor de agua⁶⁶ (Ver Ilustración 5)

Ilustración 5: CORTE DE UN CONVERTIDOR CATALITICO



Fuente y elaboración: <http://www.terra.com.mx/Automovil/articulo/101645/>

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que es diferente el que un automóvil sea fabricado tomando en cuenta en su diseño el tener un catalizador y otro es el instalar en un auto usado un catalizador. Esto por cuanto en el primer caso, el sistema se lo desarrolla con una computadora de control a bordo que se encarga de controlar todos los procesos para el funcionamiento óptimo del automotor, mientras que al instalarlo en un auto que antes no lo tenía, hay que tomar en cuenta que cada vehículo incluso dentro de la misma marca, funciona de diferente pues el moto se calibra de distinta forma, y se necesita no solamente instalarlo sino hacer un cambio de cableados, ramales, sensores y chips a fin de que funcione de una forma adecuada⁶⁷.

⁶⁵ <http://www.geocities.com/mecanicoweb/18a.htm>

⁶⁶ <http://www.terra.com.mx/Automovil/articulo/101645/>

⁶⁷ **Entrevista Dr. José Luis Piñeiros.** Director del Área de Ingeniería, Calidad y Medio Ambiente. General Motors – Ómnibus BB. Ver Anexo 7

Así, la regulación del motor debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante, debiendo prestarse especial atención a las bujías, cables de bujías y sistema de inyección de combustible.

Otro factor a considerar es que la imposición de un sistema de control de la contaminación como este, implicaría en las ya apretadas economías domésticas un gasto muy fuerte, pues según el Dr. Piñeiros de General Motors, la instalación de un sistema de este tipo podría costar alrededor de 2.000 USD (que cubriría el convertidor catalítico y su instalación) y el período de vida útil oscila en 80.000 Km. recorridos. Con costos como estos y considerando tan solo el 30% de vehículos que no pasaban la revisión, se tendría costos de 132 millones de dólares necesarios para implementar un sistema como este, siendo excesivamente caros comparados con la alternativa adoptada por el municipio.

4.5 ANÁLISIS COMPARATIVO

La investigación se ha centrado en dos ejes principales: en primer lugar, la determinación de costos en salud derivados de la contaminación del aire en niños del Distrito Metropolitano y la segunda parte, el poder analizar los costos en que incurren los propietarios de automotores en el Distrito, para poder cumplir con el requerimiento de la Revisión vehicular, implementado recientemente por el gobierno local de turno.

Los resultados obtenidos en el capítulo III de este estudio, revelaron que anualmente se gasta en salud alrededor de ocho millones de dólares en remediación por afecciones a la salud, causados por la contaminación del aire en Quito, a un grupo vulnerable como lo son niños de entre 8 y 10 años. Esto determina que existe una relación entre la contaminación del aire y su impacto en la salud (determinado en la incidencia de infecciones respiratorias encontrada), que en términos económicos es de magnitudes significativas, ya que se evaluó sólo a un grupo

específico de la población del Distrito. Es decir estos costos podrían verse significativamente incrementados si se estimaran para el total de la población que es afectada por la pobre calidad del aire. Se evidencia entonces que tanto los padres de los menores, como el estado a través de sus entidades gratuitas de salud, destinan ingentes recursos como costos de remediación frente a la contaminación del aire.

La segunda parte de la investigación, por otro lado, pudo determinar que los gastos anuales en que tendría que incurrir el propietario de un automotor en Quito son en promedio de 32 USD por año, lo que significa siete millones anuales para poder cumplir con la revisión vehicular. Esto muestra que los costos de control son significativos pero menores que los costos de remediación por afectaciones en la salud.

La diferencia entre los costos en salud y los costos por controles alcanza 1.300.000 dólares anuales, cifra que pudiera no ser muy significativa, pero hay que considerar que el grupo estudiado corresponde a alrededor del 5% de la población de la ciudad. Sin embargo, el impacto de mejorar la calidad del aire a más de ser un ahorro ya demostrado, es el ir disminuyendo paulatinamente estos costos en salud y además la mejora en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad, cuyo disfrute de un aire más limpio tiene un beneficio que se puede medir en términos de mejora de su bienestar.

4.5.1 Beneficios económicos del control de la calidad del aire en Quito

Los beneficios en términos económicos de contar con un programa de control de la contaminación son, como ya se indicó el no tener que destinar o ir reduciendo paulatinamente los recursos destinados a remediación en salud por las afecciones que están directamente ligadas a una pobre calidad del aire en Quito.

Así, las expectativas de la Corporación Centros de Control y Revisión vehicular son de lograr disminuir en un 25% la contaminación del aire en la capital en un período de tres años⁶⁸. Con esto se podría esperar una reducción similar en los costos por afecciones en salud, que para el caso de la incidencia de infecciones respiratorias en el grupo analizado, sería de un millón setecientos mil dólares en este período. El ahorro por costos evitados sería significativo pues la cifra de gastos en salud de siete millones de dólares anuales podía ir reduciéndose a medida que los controles vehiculares logren disminuir la cantidad de emisiones causantes actualmente del 80% de la contaminación atmosférica en la ciudad.

Otro beneficio económico que no se ha cuantificado en esta investigación es la mejora en el bienestar de los quiteños derivado de tener un ambiente más limpio, con menor contaminación y que les permita disfrutar de un paisaje de cielos limpios.

⁶⁸ Diario El Universo. “**Quejas de usuarios por matriculación vehicular**”. Guayaquil, Ecuador. 25 de marzo de 2003.

4.5.2 Beneficios sociales del control de la calidad del aire en Quito

Entre los beneficios sociales de controlar las emisiones vehiculares se encuentra en primer lugar el objetivo por el cual fue creado este programa y es la mejora de la calidad del aire de la ciudad mejorando las condiciones en que circular todos los automotores en Quito, con lo cual la calidad del ambiente en el que vivimos indudablemente mejora.

Este beneficio obviamente se transforma en un mayor bienestar de los quiteños. La salud es el primer beneficio social derivado de disminuir la contaminación pues las afecciones a la salud derivadas de ésta tenderían a disminuir conforme mejora la calidad del aire, cuidando de este valioso capital.

En segundo lugar tenemos que las condiciones visuales y de disfrute del paisaje de Quito por parte de sus habitantes serían mejores, pues el efecto visual de tener un cielo menos contaminado mejora el estado de ánimo de los ciudadanos así como la percepción de afecto y cuidado por su ciudad.

Un beneficio social derivado de este control vehicular es la disminución de la incidencia de accidentes de tránsito en la ciudad, así como mejorar las condiciones de seguridad con las que cada propietario de un automotor lo maneja a diario.

CAPITULO V

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 RESULTADOS

- En relación a la primera hipótesis, esta se comprueba de una forma total pues se determinó que la principal causa de contaminación atmosférica en Quito son las emisiones provenientes de los automotores. Su aporte al total de emisiones atmosféricas, que para 1996 fueron de 193.920 toneladas, es de un 80% y se generan principalmente por factores como la inadecuada calibración de los automotores, la combustión incompleta de los combustibles por la falta de oxígeno al estar en una ciudad situada a 2810 metros sobre el nivel del mar, lo cual altera en un 30% la eficiente combustión, producto de lo cual se obtiene monóxido de carbono de los vehículos a gasolina. La combustión del diesel genera partículas u hollín que pueden ser respiradas.
- Estos factores se ven agravados por condiciones como la localización de Quito, como se dijo por sobre los 2800 metros sobre el nivel del mar, la escasa presencia de vientos que alcanzan velocidades promedio de 2.5 m/seg, la existencia de una red vial deficiente cuyas arterias principales no cubren las necesidades de los vehículos que circulan en Quito, el alto crecimiento del parque automotor (12% anual), la carencia de un sistema de transporte público masivo que incentive a emplear en menor cantidad los vehículos particulares.

- La alta tasa de crecimiento del parque automotriz de un 12% anual en promedio ha llevado a que existan actualmente 220.000 vehículos circulando en la ciudad (un 43% del total del país, sin contar con Guayas). Esto corresponde a un vehículo por cada ocho habitantes, y se estima que para el 2020 exista un vehículo por cada tres habitantes, llevando a un incremento anual de las emisiones de origen vehicular a la atmósfera.

- Entre los contaminantes principales generados por fuentes móviles se encuentran el monóxido de carbono (93%), los hidrocarburos (4%) y las partículas (0.5%). Para el estudio se consideró el análisis de monóxido pues es el mayor contaminantes atmosférico en Quito y las partículas que provienen de la combustión de diesel.

- El monóxido de carbono y las partículas en suspensión son los dos contaminantes que han sido monitoreados por la Dirección Ambiental Metropolitana de una forma continua, permitiendo ser analizados durante el período de análisis. Así, mientras los parámetros establecidos para monóxido son de 9 ppm, esta norma se ha violado en el período 1995-2000 en un 25%, siendo el nivel más alto registrado en 1997 con 13.6 ppm. Una situación similar se presenta con las partículas en suspensión pues la norma de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es sobrepasada en un 17% de promedio desde 1997-2000.

- La segunda hipótesis fue comprobada pues existe una relación clara entre la exposición a emisiones vehiculares y las afecciones respiratorias altas evidenciada en el riesgo de los niños se incrementa a medida que se incrementa el nivel de exposición, lo cual fue demostrado por el estudio realizado por Fundación Natura. Así, en los casos estudiados, los niños de la Escuela Sucre tienen un riesgo de contraer

IRAA de 3.9 veces mayor que los niños de la Escuela Gallegos Lara y 1.9 que los de la Escuela Costa Rica. Esto, así como la tendencia creciente en la incidencia de infecciones respiratorias en la ciudad de Quito la cual tiene tasas de crecimiento promedio del 2.5% anual en el periodo 1995-2000 (ver Tabla 3), muestra la relación existente entre los niveles de contaminación y las afectaciones en salud, especialmente de carácter respiratorio que inciden en la calidad de vida del grupo analizado.

- Los niveles de carboxihemoglobina (causados por exposición a monóxido de carbono) detectados en la sangre de los niños, varían en función de la zona de localización de las escuelas, encontrándose precisamente que el 93% de los niños de la Escuela Sucre, considerada como zona de fuerte tráfico vehicular, tienen niveles superiores a lo normal (2.5%) y en segundo lugar está los niños de la Escuela Gallegos Lara, con un 43% de niños que sobrepasan este límite, en tanto que los niños de la Escuela Costa Rica, localizada en Nayón (zona de menor tráfico vehicular) presentan apenas un 1% de casos de exposición a carboxihemoglobina por sobre lo aceptable. Estos resultados corroboran que a mayor la exposición a emisiones vehiculares se ven mayores efectos en salud y más graves mientras más deteriorada esté la calidad del aire.

- La contaminación atmosférica causa graves efectos en salud, siendo los más evidentes y directamente relacionables las infecciones respiratorias amigdalitis, rinitis, otitis, tos, fiebre, bronquitis, entre otras. Además se han evidenciado daños en el sistema cardiovascular y en el sistema nervioso central así como efectos cancerígenos. Existe también otra forma de contaminación que es por el ruido emitido por los automotores el cual puede causar estrés, trastornos de sueño, pérdida del oído entre los principales.

- El empleo de la función dosis-respuesta como mecanismo para determinar los costos en salud derivados de la contaminación del aire en Quito ha sido útil en tanto se ha llegado a valorar los costos por diagnóstico, tratamiento y actividad restringida derivados de la exposición a un aire contaminado. Se han determinado empleando la función dosis respuesta los costos de infecciones respiratorias en los niños de las escuelas estudiadas, siendo estos de 207 USD, 454 USD y 9278 USD semanales para las escuelas Gallegos Lara, Costa Rica y Sucre, respectivamente.

- Con esta información se calculó los costos totales anuales por efectos en salud ligados a la contaminación, en la población de 8 a 10 años del Distrito Metropolitano de Quito, llegando esto a ser de 8.315.000 dólares anuales.

- Existen, sin embargo, otros costos que son más difíciles de determinar como son los costos para el niño enfermo como para sus familiares y amigos por la presencia de una dolencia y el no disfrute de sus actividades, costos que posiblemente pudieron haberse evitados de no haber estado expuesto a niveles de contaminación del aire. Esto muestra que la hipótesis tres fue comprobada parcialmente pues la función Dosis-Respuesta permite calcular costos directos pero no los costos indirectos mencionados.

- La creación de los Centros de Revisión y Control Vehicular, ha dado un paso más allá del control de emisiones, el cual es realizar un chequeo mecánico el cual podría garantizar a los conductores la seguridad de manejar un vehículo en buenas condiciones, con lo cual asegura el bienestar de los suyos y de los individuos que como transeúntes o conductores circulan en Quito.

- Se calculó el costo que tendría para los propietarios de automotores, el poder cumplir con los requisitos de la revisión vehicular para poder circular en Quito, llegando a determinarse un monto total anual de siete millones de dólares, de los cuales 4.160.000 corresponden al pago de la Revisión Vehicular y los tres millones restantes corresponden a chequeos que se deben realizar al 30% de los vehículos que no pasan la revisión.

- La cuarta hipótesis se comprueba totalmente puesto que los gastos de remediación por salud son significativamente mayores que los que se incurriría por costos de revisión vehicular, evidenciando que es mejor la prevención que la remediación. Esto se evidencia en primer lugar términos monetarios, pues existe un ahorro neto por costos evitados en salud de alrededor de un millón de dólares. Debe considerarse además, que este beneficio sería mayor si consideramos que se ha estudiado a sólo un grupo poblacional de Quito (niños de 8 a 10 años) pero la contaminación atmosférica afecta la salud de los 1.800.000 habitantes del Distrito.

5.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El mayor contaminante presente en las emisiones atmosféricas en la ciudad de Quito es el monóxido de carbono que se produce por la quema incompleta de los combustibles fósiles como la gasolina. Este aporta con el 93% de emisiones de fuentes móviles y los efectos en salud están principalmente en la afectación al suministro de oxígeno del torrente sanguíneo, ya que una vez que entra en contacto con la sangre forma el compuesto denominado carboxihemoglobina, causando fatiga, enfermedades de las vías respiratorias, pulmones y corazón.
- El incremento en el parque automotor y el uso de automotores privados tiene como consecuencia, el incremento en las emisiones vehiculares. Así, es necesario el contar con incentivos para el uso óptimo de vehículos, a través de instrumentos como mejorar el sistema de transporte urbano para disminuir el uso de autos privados, mejorar las vías de circulación y emprender en nuevas formas de transporte menos contaminantes como el empleo de bicicletas.
- Las políticas de comando y control, además de internalizar los costos externos, obligan a asumir el costo de la contaminación a quien la generó, bajo el principio de “el que contamina paga”.
- El emprender en programas de control de la contaminación del aire, como el de la revisión vehicular implementado por el Municipio de Quito requiere de un proceso paralelo de concienciación sobre la importancia de mejorar la calidad del aire y la corresponsabilidad que cada ciudadano tiene en este proceso. Este proceso de revisión

de vehicular se enmarca dentro de las políticas de command y control sin embargo, si no existe ese compromiso, como ya se ha visto, se puede promover el uso de mecanismos de evasión de la revisión como son la matriculación en otros cantones o provincias.

- Los objetivos de logra una mejora en la calidad del aire son más factibles alcanzarlos paulatinamente, ya que se requiere alcanzar niveles de conciencia y responsabilidad social, a fin de contar con el apoyo de la sociedad en general.
- El problema de la contaminación del aire de la ciudad de Quito, no es desconocido para su población, la cual evidencia en el día a día la exposición a emisiones a la que esta sujeta. Sin embargo, existe cierto escepticismo y falta de compromiso de apoyar esta iniciativa del municipio pese a que el común de los ciudadanos está a favor de contar con un aire más limpio, dejando evidenciado que este deseo colectivo al momento de hacer esfuerzos individuales se ve debilitado por un egoísmo individual basado en no querer perder su confort o negarse a pagar el costo de la revisión.
- La Función Dosis - Respuesta es un instrumento que permite valorar económicamente los impactos en salud de un grupo determinado de la población de Quito, a pesar de que no se tome en cuenta al total de la población y que existan otros impactos que se puedan dar a más del daño en salud como son la pérdida del paisaje, detrimento de las condiciones de seguridad al manejar, pérdida de visibilidad, entre otros. Esta se muestra apropiada por cuanto denota que existen consecuencias económicas derivadas de este grave problema ambiental y que afecta de una manera directa a la calidad de vida de los habitantes del Distrito.

- La irregularidad y falta de cumplimiento de las normativas existentes en cuanto a emisiones atmosféricas lleva a que los afectados por la indiscriminada contaminación sean quienes paguen por los efectos que se derivan de esta, así por ejemplo los costos en salud son asumidos por quienes están expuestos a la contaminación.

- El beneficio de contar con un aire más sano se demuestra directamente en una población más sana, en donde en una sociedad con carencias como la nuestra, la salud puede ser el capital más importante del que goce un individuo.

- Muchos países han establecido leyes que limitan la cantidad de contaminantes que un vehículo puede generar, lo que obligó a la industria automotriz a buscar medios para hacer más eficientes y menos contaminantes sus motores. Sin embargo, por más eficiente que sea un vehículo de gasolina siempre genera una cantidad de contaminantes, con lo cual, los mecanismos de mejorar de la calidad del aire en las urbes deben tender a un menor uso de los automotores, única fuente real de disminución de emisiones y por tanto de reducción de la contaminación atmosférica, pues se aplica un principio básico de reducir en lugar de remediar.

- Implementar tecnologías alternativas como el uso de convertidores catalíticos resulta sumamente costoso para países como el Ecuador. Sin embargo, se debe considerar que el problema de la contaminación atmosférica tiene repercusiones locales pero también **globales**, lo cual debe impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías en la industria automotriz mundial que tiendan a reducir las emisiones producidas por cada automotor.

BIBLIOGRAFIA

Textos

1. AZQUETA, Diego. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill. / Interamericana de España, S.A.U. Primera Edición. España. 1994.
2. BARRY, Field C. AZQUETA, Diego. Economía y Medio Ambiente. McGraw-Hill. D'vinni Editorial LTDA. Colombia. Febrero de 1998. Tomo 1 – 3
3. BAUMOL, William. OATES, Wallace. The Theory of environmental Policy. Cambridge University Press. Second Edition. USA. 1998.
4. CANTER, Larry. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.U. Primera Edición. España. 1998.
5. CONESA, V. VITORA, Fdez. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda Edición. Madrid, España. 1995.
6. DE NEVERS, Noel. Ingeniería de Control de la Contaminación del aire. McGraw-Hill. México. Octubre de 1997.
7. EMERTON, Lucy. Usando la Economía para las Estrategias de Biodiversidad y Planes de Acción en África del Este. UICN. Diciembre de 1998.
8. FERRIN, Rosa. Material Didáctico para estudiantes de la materia Economía y Medio Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Economía. Quito, Ecuador.
9. METZGER, Pascale. BERMÚDEZ, Nury. El Medio Ambiente Urbano en Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Impresora Polar. Quito, Ecuador. 1996
10. METZGER, Pascale. Perfiles Ambientales de Quito. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. A/H Editorial. Quito, Ecuador. 2001.
11. MORILLO, Iván. SACOTO, Ximena. Estudio de Impacto y Sistema de Gestión Ambiental en el Hospital Pablo Arturo Suárez. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería

en Geología, Minas y Petróleo. Instituto Superior de Postgrado. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. Agosto de 2000.

12. PANAYATOU, Theodore. Economic Instruments for Environmental Management and Sustainable Development. International Environment Program. Harvard University. July, 1994.
13. PEARCE, David. TURNER, Kerry. Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Celeste Ediciones. Colegio de Economistas de Madrid. España, 1995.
14. DEPARTAMENTO DEL CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL. Estudio de emisiones de cargas contaminantes a la atmósfera de industrias y automotores. Quito, Ecuador. 1989.
15. FUNDACIÓN NATURA. Incremento de enfermedades respiratorias en escolares de Quito por contaminación atmosférica de origen vehicular. Fundación Natura. Quito, Ecuador. Octubre de 2000.
16. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 1995. INEC. Quito, Ecuador. 1995
17. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 1996. INEC. Quito, Ecuador. 1996
18. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 1997. INEC. Quito, Ecuador. 1997
19. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 1998. INEC. Quito, Ecuador. 1998
20. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 1999. INEC. Quito, Ecuador. 1999
21. INEC. Anuario de Estadísticas hospitalarias. Camas y Egresos hospitalarios 2000. INEC. Quito, Ecuador. 2000

22. INEC. Resultados del VI Censo de Población y V de Vivienda 2001. INEC. Quito, Ecuador. Julio, 2002.
23. INEC. Sistema Nacional de Estadísticas Educativas del Ecuador No. 16. Año Lectivo 2000-2001. Datos Finales. INEC. Quito, Ecuador.
24. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. ECOTOX. Contaminación Atmosférica por Vehículos Automotores. Impacto en la Salud Pública y Medidas de Control. Ginebra, Suiza. 1992.
25. OPS. Curso de Orientación para el control de la Contaminación del Aire. OPS- Banco Mundial. Washington, D.C., USA. 1999.
26. Norma de Calidad del Aire Ambiente. Registro Oficial No. 725. 16 de Diciembre de 2002.
27. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Tomo I. Registro Oficial. Edición Especial No. 2. 31 de Marzo de 2003.

Revistas

1. VARIOS. “Relación entre Rinitis, Infecciones Respiratorias Altas y Contaminación Atmosférica de Origen Vehicular”.Revista Ecuatoriana de Pediatría. Sociedad Ecuatoriana de Pediatría, Filial Pichincha. Vol. 1. No. 2. Ecuador. Diciembre de 2000.

Documentos

1. Ecuador. DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO Y TRANSPORTE TERRESTRES. Informe de Vehículos Matriculados en el año 2002 por provincias, tipo y servicio. División de Informática. Quito, Ecuador. 2002
2. Ecuador. DIRECCIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA. Memorias Seminario Internacional “Contaminación del Aire en Ciudades de Altura” Quito, Ecuador. Abril, 1997.

3. HEALTHSCAN PRODUCTS INC. Tríptico de “Monitorización del flujo espiratorio máximo personal”. Estados Unidos. 1995.

Otros

1. www.worldbank.org/nars/DL_Courses/Cleanair
2. www.nutrar.com/detalle.asp
3. www.emsat.gov.ec/contenidoTransporteRIT/htm
4. <http://www.terra.com.mx/Automovil/articulo/101645/>
5. <http://www.geocities.com/SunsetStrip/Amphitheatre/5064/motor.html>
6. <http://www.lubrimax.com.mx/boletin16.ihtml>
7. <http://www.una.ac.cr/ambi/revista/81/Figuerola.htm>
8. http://www.amc.unam.mx/Agencia_de_Noticias/Notas_Cientificas/nc_17verivehi.html
9. http://216.239.51.100/search?q=cache:ug3vMu4OVDwC:petroecuador.com.ec/uidt/Documentos/reg_cata.pdf+qu%C3%A9+son+los+catalizadores+de+autos&hl=es&ie=UTF-8
10. http://www.ccar-greenlink.org/spanish_documents/spanish_hm/1707sp.htm
11. Automóviles y monóxido de carbono
12. <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/cataliza.htm>

Entrevistas

1. Dr. Fernando Bossano. Asesor en Salud Ambiental. FUNDACIÓN NATURA. Marzo de 2003

2. Ing. Vladimir González. Director del Proyecto de calidad del Aire. FUNDACIÓN NATURA.
3. Ing. Cecibel Escalante. Técnico. Departamento de Control de la Calidad del Aire. DIRECCIÓN METROPOLITANA DE AMBIENTE (DMA).
4. Ing. Francisco Villena. Técnico. Gerencia de Transporte. EMPRESA METROPOLITANA DE (EMSAT).
5. Arq. Bolívar Muñoz. Coordinador de Tránsito y Transporte. Gerencia de Tránsito. EMPRESA METROPOLITANA DE (EMSAT).
6. Ing. Carlos Páez, MSc. Aseso Técnico. RED METROPOLITANA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO DE QUITO (REMAQ)
7. Ing. Roberto Custode. Técnico. Corporación Centros de Revisión vehicular. DMQ.
8. Dr. José Luis Piñeiros. Director del Area de Ingeniería, Calidad y Medio Ambiente. GENERAL MOTORS – OMNIBUS BB

