

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA DE ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES**

“EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, PRODUCTO DEL FLUJO VEHICULAR, EN LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS DE LOS HABITANTES, DEL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.”

Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias M.Sc. con base en el “Normativo de Tesis para optar al Grado de Maestro en Ciencias” aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, de fecha 22 de febrero de 2005 y con la colaboración del Proyecto “Readecuación de la Formación Académica de la Economía con enfoque de la Economía Ambiental, NPT/GTM/067” Universidades de Wageningen, Tilburg, Utrecht y CINPE Costa Rica.

**Profesor Consejero
Dr. Ekko van Ierland**

Autor: Lic. Mario Alejandro Arriaza Salazar

Guatemala, julio de 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MIEMBROS DE LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Lic. Oscar Rolando Secaida Morales	Decano
Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales	Secretario
M.Sc. Albaro Joel Girón Barahona	Vocal 1°
Lic. Mario Leonel Perdomo Salguero	Vocal 2°
Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso	Vocal 3°
P.C. Edgar Arnoldo Quiché Chiyal	Vocal 4°
P.C. José Antonio Vielman	Vocal 5°

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN PRIVADO DE TESIS, SEGÚN EL ACTA
CORRESPONDIENTE No. 48-2009

Lic. David Eleazar Castañón Orozco	Presidente
Lic. Juan Pablo Castañeda	Secretario
Licda. Eugenia Magaly Arrecis	Vocal I
Lic. Carlos Quezada Jeréz	Suplente
Dr. Ekko van Ierland	Profesor Consejero

Guatemala, julio de 2010.



WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGENUR

Licenciado Juan Arnoldo Borraro Solares,
Director Escuela de Estudios de Postgrado,
Facultad de Ciencias Económicas,
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Environmental
Economics and
Natural Resources**

TEMA
5 noviembre 2009
TRÁFICO POR
prof. dr E.C. van Ierland
NÚMERO OFICINA
+31 317 48 43 07
E-MAIL
ekko.vanierland@wur.nl

Señor Director:

De manera muy atenta me permito informar a usted que he procedido a asesorar la tesis del estudiante Mario Alejandro Arriaza Salazar, carné 100015414, titulada "Evaluación de los efectos negativos de la contaminación del aire, producto del flujo vehicular, en las enfermedades respiratorias de los habitantes del municipio de Mixco, departamento de Guatemala", conforme su designación. El trabajo de tesis ha cubierto las expectativas planteadas en su Plan de Investigación, generando información útil para el país en virtud de exponer un tema con soporte empírico, manifestando las externalidades que derivan de la contaminación del aire producto del flujo vehicular.

Tomando en consideración que ha juicio del suscrito se ha cumplido con el propósito académico del trabajo de tesis, recomiendo que la misma se discuta en las instancias de evaluación académica que tiene establecida la Escuela de Estudios de Postgrado previo a la investidura como profesional en el grado de maestría en Economía Ambiental y de Recursos Naturales.

Atentamente,

Dr. Ekko van Ierland
Profesor Consejero

Wageningen University
Department of Social Sciences
P.O. Box 8130
6700 EW Wageningen
The Netherlands

ADDRESS
Building no. 201
Hollandseweg 1
6706 KN Wageningen

TELEPHONE
+31 317 48 42 55

FAX
+31 317 48 49 33

INTERNET
www.enr.wur.nl

Within the Social Sciences Group of Wageningen UR, Wageningen University's Department of Social Sciences and the Agricultural Economics Research Institute (IEL) co-operate closely in research and education on food and environment.



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONOMICAS


Edificio "S-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.
GUATEMALA, QUINCE DE OCTUBRE DE DOS MIL DIEZ.

Con base en el Punto CUARTO, inciso 4.4, subinciso 4.4.2 del Acta 15-2010 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 7 de octubre de 2010, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 48-2009 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 26 de noviembre de 2009 y el trabajo de Tesis de Maestría en Economía Ambiental y de Recursos Naturales, denominado: "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, PRODUCTO DEL FLUJO VEHICULAR, EN LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS DE LOS HABITANTES DEL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA", que para su graduación profesional presentó el Licenciado MARIO ALEJANDRO ARRIAZA SALAZAR, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO




LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES
DECANO



Smp.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS OMNIPOTENTE, POR PERMITIRME LLEGAR AQUÍ

- A Mi Padre** Nicolás Alejandro Arriaza Cruz (QEPD)
- A Mi Madre** María del Rosario Salazar de Arriaza (QEPD)
- A Mi Abuelita** Valentina Flores Marroquín (QEPD)
- A Mi Esposa** Carmen Aurelia Morales Búcaro de Arriaza, por su Infinito Amor, Comprensión y Gran apoyo.
- A Mis Hijos** Lizzié María del Rosario y Mario Alejandro, Mi Inspiración, para que este humilde esfuerzo sea su ejemplo.
- A Mis Hermanos** Claudia, Lorena e Igor, Gracias por ser Mi Familia.
- A Sergio** Aprecio Eterno.
- A Mis Amigos y Compañeros** sigan haciendo su Lucha.
- A La Universidad de San Carlos, Mi Alma Matter, a la Facultad de Ciencias Económicas y especialmente a la Escuela de Postgrado, Gracias por sus enseñanzas.**
- A Ud. que la recibe, gracias por estar aquí.**

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	5
1. ANTECEDENTES	7
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 La contaminación del aire	12
2.2 Situación de los programas de contaminación del aire en C.A.	14
3. METODOLOGÍA	
3.1 Modelo de dosis respuesta (Aplicación departamento de Guatemala, 2004-2008)	17
3.2 Modelo econométrico	17
3.2.1 Hipótesis de comportamiento	18
3.2.2 Estimación de parámetros	18
3.2.3 Supuestos del modelo	20
3.3 Cálculo de la muestra (Aplicación municipio de Mixco)	20
4. FUENTES Y EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL AIRE	
4.1 Naturaleza de los problemas de contaminación del aire	21
4.2 Definición de los contaminantes del aire	23
4.2.1 Materia particulada o partículas	24
4.2.2 Óxidos de azufre	25
4.2.3 Óxidos de nitrógeno	26
4.2.4 Lluvia ácida	27
4.3 Efectos de los contaminantes del aire en la salud humana	29
4.4 Función de las guías en la protección de la salud pública	31
5. LEGISLACIÓN Y ACCIONES, SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	
5.1 Mundial	33
5.2 Nacional	36
5.2.1 Principales organismos nacionales e internacionales ambientales, que operan en el país	37
6. ANÁLISIS HISTÓRICO DEL PARQUE VEHICULAR, LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y, SUS EFECTOS EN LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS.	
6.1 Parque vehicular	40
6.2 Contaminación atmosférica del área, en su componente PM ₁₀	47
6.3 Registro de enfermedades respiratorias en la población	55
6.4 Modelo econométrico	63

7. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE, EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

7.1 Ubicación geográfica	64
7.2 Caracterización social y económica	66
7.3 Parque vehicular en el municipio de Mixco	68
7.4 Contaminación atmosférica en el municipio de Mixco	72
7.5 Registro de enfermedades respiratorias en el municipio de Mixco	82
7.6 Percepción de los problemas ambientales en la población	84
7.7 Determinación de la disposición a pagar (DAP) por mejoras ambientales, municipio De Mixco (2008)	88

CONCLUSIONES	90
---------------------	----

RECOMENDACIONES	91
------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	94
---------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cálculo del tamaño de la muestra	97
Anexo 2 Compendio de las leyes relacionadas, con el campo de la salud y el medio ambiente	98
Anexo 3 Parque vehicular, ciudad de Guatemala (2004-2008)	100
Anexo 4 Total de partículas en suspensión PM ₁₀ (2004-2008)	103
Anexo 5 Estadísticas descriptivas PM ₁₀ (2004-2008)	106
Anexo 6 Reporte de enfermedades respiratorias agudas IRAS, (2004-2008)	108
Anexo 7 Estadísticas descriptivas IRAS, (2004-2008)	111
Anexo 8 Instrumento estadístico (boleta)	113
Anexo 9 Método de referencias, aprobados por EPA	114
Anexo 10 Lugares de monitoreo de la Calidad del aire, municipio de Mixco	115
Anexo 11 Estudio de estimación de factores de emisión de PM ₁₀	116

TABLAS

TABLA 1: Composición química del aire atmosférico seco	22
TABLA 2: Clasificación general de los contaminantes gaseosos del aire	23
TABLA 3: Definición de los términos que describen a las partículas suspendidas en el aire.	24
TABLA 4: Las directrices de la calidad del aire (PM)	24
TABLA 5: Las directrices sobre la calidad de aire (SO ₂)	25
TABLA 6: Las directrices sobre la calidad de aire (NO ₂)	26
TABLA 7: Efectos de los contaminantes más comunes del aire, en la salud humana	29
TABLA 8: Caracterización del área del valle de la ciudad de Guatemala	38
TABLA 9: Puntos de muestreo, zona urbana y zona residencial	41
TABLA 10 Pacientes atendidos en servicios externos, ambos sexos, centros privados y centros de salud	48
TABLA 11 Diez primeras causas de mortalidad	55
TABLA 12 Datos mensuales, Iras (2004-2008)	56

TABLA 13	Factor estacional	57
TABLA 14	Datos mensuales, PM ₁₀ (2004-2008)	57
TABLA 15	Factor estacional	58
TABLA 16	Datos mensuales del parque vehicular (2004-2008)	60
TABLA 17	Modelo econométrico Iras en función de PM ₁₀	62
TABLA 18	Modelo econométrico PM ₁₀ SA	62
TABLA 19	Datos socioeconómicos poblacionales, municipio de Mixco	65
TABLA 20	Informe de laboratorio (LMA) municipio de Mixco	70
TABLA 21	Condiciones climáticas, ciudad de Guatemala (mayo-julio 2008)	70
TABLA 22	Punto de monitoreo 1, municipio de Mixco	71
TABLA 23	Punto de monitoreo 2, municipio de Mixco	76
TABLA 24	Resumen de datos, municipio de Mixco	79

GRÁFICAS

GRÁFICA 1:	Parque vehicular, República de Guatemala (2004-2008)	39
GRÁFICA 2:	Tasa de crecimiento, Parque vehicular interanual ciudad de Guatemala (2004-2008)	40
GRÁFICA 3:	PM ₁₀ (2004)	42
GRÁFICA 4:	PM ₁₀ (2005)	43
GRÁFICA 5:	PM ₁₀ (2006)	44
GRÁFICA 6:	PM ₁₀ (2007)	45
GRÁFICA 7:	PM ₁₀ (2008)	46
GRÁFICA 8:	PM ₁₀ (2004-2008)	47
GRÁFICA 9:	Iras, hospitales nacionales (2004)	49
GRÁFICA 10:	Iras, hospitales nacionales (2005)	50
GRÁFICA 11:	Iras, hospitales nacionales (2006)	51
GRÁFICA 12:	Iras, hospitales nacionales (2007)	52
GRÁFICA 13:	Iras, hospitales nacionales (2008)	53
GRÁFICA 14:	Iras, hospitales nacionales (2004-2008)	54
GRÁFICA 15:	Valores mensuales promedios (IRAS) (2004-2008)	57
GRÁFICA 16:	Valores mensuales promedios (PM ₁₀) (2004-2008)	58
GRÁFICA 17:	Respuesta de Iras ante un incremento de PM ₁₀	59
GRÁFICA 18:	Respuesta de las PM ₁₀ ante un incremento del parque vehicular	61
GRÁFICA 19	Parque vehicular, municipio de Mixco (mayo-julio 2008)	67
GRÁFICA 20	Parque vehicular familiar, municipio de Mixco	67
GRÁFICA 21	Parque vehicular, modelos existentes municipio de Mixco	68
GRÁFICA 22	Punto de monitoreo 1 , afecciones respiratorias en la población, municipio de Mixco	72
GRÁFICA 23	Lugares a donde acude la población a recibir atención médica	73
GRÁFICA 24	Tiempo de recuperación de afecciones respiratorias	74
GRÁFICA 25	Costo económico de la recuperación	74

GRÁFICA 26	Ente responsable de mantener el aire limpio	75
GRÁFICA 27	Punto de monitoreo 2 , afecciones respiratorias en la población, municipio de Mixco	76
GRÁFICA 28	Lugares a donde acude la población a recibir atención médica	77
GRÁFICA 29	Tiempo de recuperación de afecciones respiratorias	77
GRÁFICA 30	Costo económico de la recuperación	78
GRÁFICA 31	Ente responsable de mantener el aire limpio	81
GRÁFICA 32	Reporte de enfermedades respiratorias, DAS	82
GRÁFICA 33	Percepción de los problemas ambientales, municipio de Mixco, Punto de monitoreo 1	83
GRÁFICA 34	Percepción de los problemas ambientales, municipio de Mixco, Punto de monitoreo 2	84
GRÁFICA 35	Disposición a colaborar por mejorar la calidad del aire	85
GRÁFICA 36	Forma de colaboración	86
GRÁFICA 37	Monto de la ayuda	87
GRÁFICA 38	Utilización de la ayuda	88

Siglas Utilizadas

AMCG	Área Metropolitana de la ciudad de Guatemala
Ar	Argón
BANGUAT	Banco de Guatemala
ATS	Vigilancia Sanitaria y Atención de las Enfermedades
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CEMAT	Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiaada
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CH ₂ O	Formaldehido
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente
DAP	Disposición a Pagar
ECO	Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
EE.UU.	Estados Unidos de América
EPA	Agencia para la Protección Ambiental
F	Flúor
GCA	Guías de Calidad del aire
Gg	Gigagramo (1000 toneladas)
GEMS	Sistema mundial de Monitoreo del Medio Ambiente
H	Hidrógeno
HC	Hidrocarburos no quemados
He	Helio
HFCs	Gases Fluorados
INE	Instituto Nacional de Estadística
I	Yodo
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
Kr	Kriptón
MICIVI	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
MVC	Método de Valoración Contingente
NaCl	Cloruro de sodio (sal)

Ne	Neón
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
NH ₃	Amoniaco
O	Oxígeno
O ₃	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de Naciones Unidas
PFCs	Perfluorinados
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Ambiente
Ppm	Partes por millón
PM ₁₀	Partículas en suspensión, en su fracción de una milésima parte de un milímetro
S	Azufre
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria
SF ₆	Hexafloruro de azufre
SIVICA	Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire
SO ₂	Dióxido de Azufre
SWISSCONTAC	Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico
TPD	Tránsito promedio diario
TPS	Total de Partículas Suspendidas
1 m	1 micrón = 10 ⁻⁴ cm.

RESUMEN

Cuando se habla de problemas de índole ambiental, se puede asumir un determinado orden: las fábricas que contaminan la atmósfera y el agua, los residuos industriales, los automóviles, los incendios forestales y la erosión, -ya sea hídrica o eólica- los derrames petroleros en el mar, los plaguicidas, el ruido de las ciudades entre otro sinnúmero de situaciones que ocasionan en mediano y alto grado daños al planeta tierra.

No se debe restar importancia, al proceso productivo de cualquier sociedad, sin tomar en consideración que las "causas" de los problemas ambientales radican exclusivamente en el ámbito social, económico, histórico, cultural y tecnológico; dentro de un "proceso" de tipo químico, fisiológico y biológico, para encontrar sus "efectos o consecuencias" de dichas acciones sobre la población, la fauna y la flora.

La contaminación atmosférica del aire, es uno de los mayores problemas ambientales de las grandes ciudades y, son numerosos los recursos que se dedican a la vigilancia y control de la misma -inventarios de emisiones, redes de vigilancia atmosférica, investigación técnica, y propuestas de reducción de emisiones-. También es necesario realizar una cuantificación adecuada y un estudio detallado de este fenómeno, para hacer eficaces las medidas de control. En esta línea se desarrollan los análisis de calidad del aire, que pueden compararse, por ejemplo, las emisiones generadas o la dispersión de la misma. El proceso de valorar el medio ambiente se encuentra vinculado con el origen mismo de la especie humana, donde el medio ambiente por su cualidad intrínseca proporciona un bienestar.

Por otro lado, en la era primitiva los hombres se desplazaban a pie, las cargas que llevaban eran transportadas por ellos mismos, lo que suponía que dichos traslados eran lentos y peligrosos. En los países con bajas temperaturas, se fabricó el primer vehículo conocido, llamado trineo, algunos otros utilizaban las canoas para transportarse en los ríos; años después aparece la bicicleta, como instrumento para transportarse de un lugar a otro, utilizando nuevamente la fuerza humana para tal fin. Con el advenimiento de la revolución industrial, se agregan grandes avances en la transportación de personas y mercancías y, con el descubrimiento de la máquina de vapor y el motor de combustión se da un importante avance en éste proceso; la segunda fase de la revolución industrial, fue ante todo la revolución del acero, la electricidad y de las máquinas-herramientas y, también del automóvil, que con el paso de los años llega a Guatemala como un medio de transporte eficiente y eficaz.

Es importante, aclarar que al definir área o zona metropolitana se refiere a una región que engloba a una Ciudad central y a una serie de Ciudades satélites que pueden funcionar como Ciudades dormitorio, industriales, comerciales y de servicios, todo lo anterior organizado de una manera centralizada. La denominada Área Metropolitana de la ciudad de Guatemala,

(AMCG) hasta hoy día no ha sido objeto de ninguna delimitación oficial, dejando a discreción de las instituciones y estudiosos del fenómeno, su propia delimitación teórica.¹

Guatemala, cuenta en la actualidad, (2008) con más de trece millones de habitantes y, en la ciudad Capital según el Instituto Nacional de Estadística (INE)² viven cerca de 980,160 personas; a diez y seis kilómetros del centro de la Capital se encuentra la cabecera del municipio de Mixco, que alberga aproximadamente 462,750 habitantes, que conforman alrededor de 92,500 familias con un promedio de cinco miembros cada una.³ Una de las arterias con mayor flujo vehicular es la Calzada Roosevelt. Según datos de la Dirección General de Transportes del Ministerio de Comunicaciones, para el año 2008, el tránsito promedio diario (TPD) en los meses de marzo y abril fue de 90,243 vehículos -fechas que se realizaron aforos vehiculares- para la calzada Roosevelt.

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), en su Informe del año 2007, reporta que del total de muertes registradas por diversas razones, el 21% corresponde a enfermedades respiratorias y, del mismo aproximadamente el 38% y 39% corresponde a niños entre 0-5 años y personas mayores de 60 años respectivamente.

El objetivo ha sido, en primer lugar, establecer una metodología sistemática y asequible para relacionar el parque vehicular existente, las emisiones de gases contaminantes del aire con los reportes de enfermedades de tipo respiratorio reportadas por la población; efectuándose un análisis estadístico de las variables mencionadas, desde una perspectiva histórica de la ciudad de Guatemala, en los últimos cinco años, tomando en consideración los monitoreos realizados por el laboratorio de monitoreo del aire (LMA)⁴.

Posteriormente se evalúa para un período de tres meses el área del municipio de Mixco⁵, en similares condiciones. De igual manera se desprende, de la información recabada la disposición a pagar (DAP) de los habitantes del área en cuanto a la reducción o total eliminación de dicho fenómeno.

¹ Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Universidad de San Carlos de Guatemala, Boletín No. 37. (1998).

² Proyecciones de población, para el año 2008 con base al XI Censo de población y VI de Habitación 2002. Período 2000-2020, Instituto Nacional de Estadística. (2002).

³ Tanto el municipio de Guatemala, como el municipio de Mixco, conforman físicamente un solo conglomerado urbano, aunque exista una delimitación geográfica y administrativa.

⁴ Laboratorio de Monitoreo del Aire, Escuela de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. (2008).

⁵ Dicho Monitoreo fue auspiciado y financiado por El Proyecto "Readecuación de la Formación Académica de la Economía, con enfoque de la Economía Ambiental, NPT/GTM/067". Universidad de Wageningen, Universidad de Tilburg, Universidad de Utrecht y CINPE, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

Con la aparición del hombre, aproximadamente hace dos millones de años, se inicia uno de los episodios más desequilibrantes de los ecosistemas, el descubrimiento del fuego y por consiguiente la principal fuente de contaminación del aire: la combustión⁶.

Posteriormente se inicia el proceso de sociabilización, creando poblaciones y, los problemas se acrecientan al encontrar la solución para calentarse en la quema de carbón o leña, años después, con la Revolución Industrial, la contaminación del aire aumentó considerablemente como consecuencia de la forma de vida de la humanidad; la minería, las actividades metalúrgicas, los sistemas de calefacción, los ferrocarriles, barcos de vapor y otros avances eran los causantes directos de tal fenómeno.

Lo anterior, era la principal causa de la búsqueda incesante del desarrollo y de la comodidad de los habitantes del planeta, de tal razón que a través de la historia de la humanidad se observaron casos de contaminación que generaron muertes y deterioro de la biodiversidad.

En los últimos años, a nivel mundial se hacen cada vez más palpables las repercusiones de tal problemática -contaminación del aire- y los Gobiernos de los países tratan por todos los medios de detener tal efecto, que lamentablemente cobra cada día más vidas humanas; en Guatemala en el año de 1986 se promulga una Ley de control de emisiones de contaminantes emanadas por los vehículos automotores; lamentablemente por decisiones de índole político, dicha ley fue engavetada para posteriormente ser reformada; aunque a la fecha no se ha vuelto a tratar el tema.

Es menester de las autoridades gubernamentales y locales, mantener los estándares de calidad de vida en la población, aunque lamentablemente los presupuestos de los mismos no alcanzan para tales obligaciones. De ahí la necesidad del involucramiento de todo ente público, social y humano para tal efecto; las Universidades como gestoras de la educación superior, invitan a la realización de investigaciones que coadyuven a la mejora de la sociedad y principalmente de los habitantes. La Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Programa de Estudios de Postgrado avalan dichas investigaciones con el fin de lograr un aporte científico a los diversos problemas nacionales.

⁶ Combustión: Proceso de oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor y frecuentemente de luz. En el caso de los combustibles comunes, el proceso consiste en una reacción química con el oxígeno de la atmósfera que lleva a la formación de dióxido de carbono, monóxido de carbono y agua, juntos con otros productos como dióxido de azufre, que proceden de los componentes menores del combustible. Química Orgánica, Sexta Edición. Mc Graw-Hill.

⁴ Proyecciones de Población, con base al XI censo de Población y VI de Habitación 2002, Período 2000-2020, Instituto Nacional de Estadística. (2002).

Razón por la cual, la presente tesis, tiene como finalidad aportar soluciones de corto y mediano plazo al fenómeno ya indicado.

Es incuestionable el problema que ocasionan los automotores en mal estado, a la población, que sin regulaciones circulan libremente y, por ende impactan negativamente en la salud de los mismos; que no teniendo un planteamiento real y congruente para paliar dicha problemática, tienen que seguir adaptándose a tal situación con el incremento de la morbilidad y la disminución de sus capacidades físicas que trae consigo tal efecto.

A partir del anterior planteamiento, se origina la presente investigación, donde la hipótesis central señala que: **El elevado nivel de enfermedades respiratorias de la población, deviene de los altos índices de contaminación de aire en el área, provenientes de las emisiones del parque vehicular existente.**

En lo concerniente a hipótesis específicas, se planteó: la inexistencia de una normativa de control de emisiones de gases contaminantes que expelen los automotores, así como la falta de una cultura y educación ambiental, siendo factores normativos de tipo social que influyen negativamente en la salud de los habitantes, de igual modo el nivel de ingresos familiar, no deberá de ser un factor determinante en la disposición a pagar por mejorar el ambiente.

Entre los principales objetivos establecidos para el desarrollo de la investigación, se plantearon: determinar los índices de enfermedades de carácter respiratorio, evaluar la densidad vehicular existente en el área y, monitorear los contaminantes existentes en el aire; lo anterior bajo el supuesto de establecer una relación causa-efecto de tal fenómeno; de igual manera, determinar la disposición a pagar de parte de la población, por mejoras de tipo ambiental, así como estipular el monto y el vehículo de pago de tal disposición, así también determinar la importancia que la población le procura a los problemas de tipo ambiental en el país.

Siendo, la presente tesis un estudio de correlación, se procede al planteamiento de las preguntas idóneas de este tipo de investigación:

¿Cuál es la relación, entre las enfermedades de tipo respiratorio que aquejan a la población objeto de estudio y, los niveles de contaminación del aire existentes?

¿Existe una relación entre el parque vehicular y la contaminación del aire en la zona de estudio?

¿Son factores determinantes de tipo social, la cultura y la educación ambiental y qué relación guardan con la insidiosa actitud de los propietarios de vehículos de no controlar los contaminantes que expelen sus automotores?

¿Qué relación guarda, el ingreso de los habitantes del área de estudio con la DAP para solucionar los índices de contaminación del aire?

La investigación actual tiene como marco estructural de análisis, los siguientes apartados; en el capítulo uno, se inicia con una descripción sucinta pero concisa de la situación real de los recursos naturales existentes en Guatemala, el capítulo dos, se centra en las diversas teorías, que sustentan este tipo de investigaciones y de igual manera en la situación de los Programas de contaminación de aire en el área centroamericana; el capítulo tres, describe la metodología utilizada, así como las limitantes metodológicas respectivas, el capítulo cuatro, la clasificación de los contaminantes del aire, así como los efectos que producen en la salud humana, de igual manera las guías de la calidad del aire, establecidas por la OMS, el capítulo cinco se centra en la normativa existente a nivel mundial y nacional, así como los organismos que operan en el país de protección ambiental, en el capítulo seis se analizan una serie histórica de cinco años (2004-2008) de las variables iras, contaminantes en su fracción PM10 y el parque vehicular en la ciudad de Guatemala, para proseguir en el siguiente apartado el análisis puntual en el municipio de Mixco en cuanto a su ubicación geográfica, caracterización social y económica, así mismo al análisis de las variables parque vehicular, niveles de contaminación existentes en el área y registro de enfermedades respiratorias, para concluir con la percepción que tiene la población con respecto a los problemas ambientales y determinación de la disposición a pagar por mejorar la calidad del aire.

1. ANTECEDENTES

La situación ambiental y de los recursos naturales de Guatemala, continúa deteriorándose rápidamente, incrementándose la velocidad de dicho deterioro en las últimas décadas, según indican estudios realizados anteriormente, tal es el caso de La Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL (1995); Sistema de Naciones Unidas en Guatemala (1999), Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada CEMAT (1999), Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, CCAD (2006).

Los objetivos del Milenio, según La Organización de Naciones Unidas (ONU), puntualmente el Objetivo 7, es claro, en cuanto hacía donde deben reorientarse, los esfuerzos de todos los entes inmersos en esta problemática, *“Para alcanzar la sostenibilidad del Medio Ambiente, es fundamental que los Recursos Naturales se utilicen en forma inteligente y se protejan los Ecosistemas complejos de que dependen nuestra supervivencia...”*

La contaminación del aire, por diversas fuentes genera un impacto sobre las personas y, en países como Guatemala, el mayor recae en la población y esencialmente en la salud. Los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daños a la salud humana; sin embargo, de manera genérica se ha logrado establecer que la capacidad de un contaminante para producir un efecto en la salud depende fundamentalmente de dos factores:

- a) La magnitud de la exposición y
- b) La vulnerabilidad de las personas expuestas.

Un grupo que merece especial atención por su vulnerabilidad a los impactos de la contaminación atmosférica son los niños y los ancianos, debido a factores relacionados con su fisiología y desarrollo, así como con su conducta y condición social, según la Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA (2004).

Las personas que padecen enfermedades crónicas también se consideran vulnerables frente a la contaminación del aire. Por ejemplo, se ha encontrado que las personas con asma experimentan más ataques durante episodios de altas concentraciones de contaminantes atmosféricos Romieu y otros (1995), de igual manera se ha hallado que muchas de las muertes asociadas con la contaminación del aire ocurren en personas que ya están enfermas y, por lo tanto, son más susceptibles a los efectos de la contaminación Schwartz (2000). Finalmente, un grupo especialmente vulnerable es la población pobre de una sociedad; por su condición socio-económica y su cercanía a las fuentes contaminantes. Los factores asociados con la pobreza, como la desnutrición, la falta de acceso a servicios de salud y educación así como las

condiciones deficientes de vivienda, se combinan para aumentar la susceptibilidad a los efectos de la contaminación del aire O'Neill y otros (2003).

La relación entre la contaminación del aire y sus impactos en la salud, se puede evaluar y cuantificar mediante estudios epidemiológicos y toxicológicos. Los estudios epidemiológicos se basan en información sobre la incidencia de las enfermedades y las muertes en poblaciones abiertas de humanos, de tal forma que se analiza estadísticamente la relación exposición-impacto Hennekens y otros (1987). En cambio, la toxicología se basa en pruebas de laboratorio -tanto en animales vivos como en cultivos de células o de tejidos aislados de animales o humanos- que analizan los efectos adversos que resultan de la exposición a dosis determinadas de contaminantes.

En relación a la variable parque vehicular, existente en la República de Guatemala, se tiene que según la Gerencia de Planificación de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) el ingreso de los mismos a diciembre de 2008 fue de 1,760,013; lo cual incrementó el parque vehicular en más de 100% de lo que había hace cinco años (844,465). Por otra parte, La municipalidad de Guatemala, arroja datos de tráfico vehicular en el departamento de alrededor de 808,261 vehículos diariamente en promedio, en el último trimestre del 2008. Con respecto al municipio de Mixco, traslada datos de aproximadamente 83000 diarios, incluyendo de origen interno y los provenientes del occidente del país.⁷

⁷ El sistema de carreteras de Guatemala, específicamente en lo concerniente a la Calzada Roosevelt (CA-1) conecta a los Departamentos del Occidente del País, lo cual impacta en el parque vehicular que transita por el área. (Nota del autor).

2. MARCO TEÓRICO

Partiendo de la importancia del marco teórico, como un argumento global, que formula y desarrolla una tesis, se traslada la información recopilada para tal efecto.

2.1 La contaminación del aire

La degradación del medio ambiente, debido a la actitud adoptada por los humanos hacia la naturaleza durante el último siglo, en el sentido de que, en su actuación tenía licencia para explotar los recursos naturales con una total indiferencia, ante todo lo que no repercutiera en beneficio directo del hombre, ha dado lugar a uno de los problemas capitales que la humanidad tiene planteados en la actualidad, la contaminación del ambiente y, principalmente la contaminación del aire.

Se han propuesto muchas definiciones, sobre la contaminación del aire, una de las cuales, a pesar del tiempo, se puede considerar como la más completa, es: ***“La contaminación del aire proviene de la adición de sustancias que alteran su composición normal y producen efectos nocivos en las personas, animales y otros sistemas”*** OMS, (1962).

La contaminación del aire forma parte intrínseca de la vida moderna de toda sociedad, es la consecuencia de la manera como se construyen las ciudades; vista así, es el residuo de los métodos como se producen las mercancías, la transportación y el consumo de las mismas. La causa principal de toda la contaminación del aire es la combustión y, ésta es esencial en la búsqueda del bienestar de la sociedad principalmente por la vía de la producción.

Las emisiones atmosféricas, se producen principalmente como consecuencia, del funcionamiento de los motores de vehículos automóviles, turbopropulsores de aviación y motores de cabezas tractoras y locomotoras de trenes. El tipo e intensidad de las emisiones, depende de los combustibles utilizados: gasolina, gasoil, gas natural, hidrógeno y queroseno entre otros. Entre los gases, que se generan en dichos procesos se encuentran:

- Los óxidos de azufre (SO₂), procedentes del consumo de combustibles fósiles. La incidencia del transporte vehicular en estas emisiones es, en la actualidad, menor que la relativa a otras actividades industriales, debido en muchos casos a las posibles regulaciones existentes en cuanto al contenido en azufre en las especificaciones de carburantes (gasóleos).
- Los óxidos de nitrógeno (NO₂), efecto también de la combustión, tienen mayor relevancia en el caso de fuentes móviles, que en el de las grandes instalaciones de combustión fija.

- El monóxido de carbono (CO), se origina como resultado de la combustión incompleta del carbono.
- El total de las partículas en suspensión (TPS), se producen básicamente en el proceso de combustión.
- Cenizas finas e hidrocarburos no quemados (HC), proceden de las emisiones de inquemados originados en los vehículos a motor.
- El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. (partes por millón).

Se estima que este aumento es causado por una concurrencia de factores entre los cuales el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados, gas) y las quemas con fines agrícolas pueden señalarse como los más significativos. Se calcula que este aumento del nivel de dióxido de carbono ocasione cambios climáticos considerables.

Los gases que contribuyen al efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO₂), son originados por el uso de combustibles fósiles, carbón, gas natural y derivados del petróleo. El sector transporte es el que más emisiones de efecto invernadero produce y, además aquél en que la tasa de crecimiento de las mismas es mayor. Conde, J. y otros (2003).

Cuando ocurre la combustión perfecta o teórica, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire para producir calor y/o luz, SO₂ y vapor de agua. Sin embargo las impurezas del combustible, -una incorrecta relación entre el combustible y el aire, o temperaturas de combustión demasiado altas o demasiado bajas- son causa de la formación de productos secundarios, tales como: CO, SO₂ y NO₂ y HC; todos ellos contaminantes del aire, que afectan la salud. Una vez, que se han detallado cuidadosamente algunas sustancias seleccionadas y, que se les ha declarado contaminantes del aire, es de interés inmediato conocer las principales fuentes de dichas sustancias. Las partículas sólidas que existen en la atmósfera, son generadas por la combustión de combustibles, tales como el carbón y el combustóleo en hornos estacionarios y de la gasolina, aceite diesel y combustibles para motores de turbina en fuentes móviles. Los procesos de fabricación como el molido, fundición, trituración y molienda de granos, también contribuyen a la contaminación del aire. La principal fuente de SO₂, proviene del consumo de combustibles que contengan azufre, sin embargo, algunos compuestos de azufre, son liberados a la atmósfera durante el procesamiento de minerales y de los procesos de fabricación que utilicen ácido sulfúrico.

El CO, es generado principalmente por la combustión incompleta de los combustibles carbonáceos en motores de automóviles y unidades de calefacción. Los HC, son el resultado de la combustión incompleta de los combustibles y durante la refinación del petróleo. Una

proporción relativamente pequeña, proviene de otras operaciones como la limpieza en seco, la evaporación de capas industriales y la limpieza de las piezas manufacturadas. Los óxidos de nitrógeno, se forman en un proceso de combustión, cuando el nitrógeno del aire o en el combustible se combina con el oxígeno a elevadas temperaturas. Una muy pequeña cantidad de los óxidos es liberada en las plantas que emplean o fabrican ácido nítrico.

Los anteriores contaminantes llegan a la atmósfera, la cual se define como una pequeña capa de gases, que la gravedad retiene alrededor de la tierra. Para entender los efectos de la contaminación del aire, es ideal entender su estructura básica; así: La capa inferior: La troposfera, se extiende a unos 16 kilómetros y, salvo por las inversiones locales de temperatura, se enfría con la altura; la troposfera se mezcla bien en sentido vertical, de manera que los contaminantes llegan a la parte alta en unos días, esta capa contiene casi todo el vapor de agua y las nubes; y es el sitio y origen del clima imperante en el planeta. Las sustancias que pasan a ella suelen volver a la superficie por precipitación (lluvia). Corona la troposfera la tropopausa, que es la altitud a la que la temperatura llega a los -59°C Centígrados.

Por encima de la tropopausa está la estratosfera, que es una capa en la que la temperatura aumenta con la altitud, hasta unos 50 kilómetros sobre la superficie; este incremento en la temperatura se debe sobre todo a que contiene ozono (O_3), una forma de oxígeno que absorbe la radiación de energía elevada (ultravioleta) emitida por el Sol. Como hay poca mezcla vertical y poco vapor de agua, las sustancias que la alcanzan llegan a permanecer allí mucho tiempo, dañando de esta forma la capa de ozono y dando lugar al llamado efecto invernadero.⁸

Tres factores determinan el grado de contaminación atmosférica:

- La cantidad de contaminantes en el aire
- El espacio en que los contaminantes se dispersan
- Los mecanismos que los eliminan del aire

Durante siglos, la costumbre de arrojar los humos de la combustión y otros, a la atmósfera fue la manera natural de evitar sus efectos nocivos evidentes en la salud de las personas, con la Revolución Industrial del siglo XIX llegaron las ciudades superpobladas y el uso de carbón para calentarse y obtener energía.

El conocimiento de este fenómeno no es reciente, ya que en 1272 el Rey Eduardo I de Inglaterra trató de despejar los cielos llenos de humo sobre Londres, al prohibir el uso de

⁸ Efecto invernadero: Fenómeno mediante el cual algunos gases existentes en la tropósfera, como el dióxido de carbono, vapor de agua, metano, óxido nitroso y algunos compuestos halogenados, retienen parte de las radiaciones de baja frecuencia que son remitidas hacia el exterior por parte de la superficie terrestre. (Nota del Autor).

carbón marino⁹, ordeno torturar y ahorcar al hombre que vendía y consumía dicho carbón. Procesos naturales, como por ejemplo incendios forestales, descomposición de la vegetación, tormentas de polvo y erupciones volcánicas siempre han contaminado el aire.

Solamente en los Estados Unidos, (EE.UU.), se descargan anualmente a la atmósfera más de 200 millones de toneladas de residuos gaseosos, sólidos y líquidos; en realidad la tasa a la que se descargan los contaminantes a la atmósfera en regiones densamente pobladas, excede a veces la tasa de limpieza de la atmósfera. Wark y Warner (2005, p.18).

Considerando la historia de la humanidad, casos como el anteriormente relatado, se le une el de diciembre de 1930, en una región altamente industrializada del valle de Meuse, Bélgica; se cubrió durante tres días de una espesa niebla, por lo que cientos de personas enfermaron y 60 murieron, poco después en Manchester, Inglaterra (enero, 1931) una espesa niebla cubrió el área y murieron 592 personas. Las condiciones de neblumo, en los Ángeles, Nueva York, Chicago y otras grandes ciudades de EE.UU., se comentan con frecuencia en los periódicos. El uso indebido de los recursos del aire en Rusia no difiere mucho de los EE.UU. a pesar de que la producción actual de automóviles del primer país es la décima parte del segundo, la mayoría de sus ciudades experimentan grados variables de contaminación atmosférica.

Las ciudades situadas en valles o en regiones montañosas, son especialmente propensas a experimentar peligrosos niveles de contaminación, un ejemplo de ello es la ciudad de Tbilisi, capital de la República de Georgia, la cual tiene neblumo casi seis meses del año. Wark & Warner (2005). En 2007, El Instituto Blacksmith,¹⁰ entregó una lista de las diez ciudades más contaminadas del mundo, entre las cuales se cuentan:

- Sumgait, Azerbaiyán.
- Linfen, China.
- Tianying, China.
- Ranipet, India.
- La Oroya, Perú.
- Dzerzhinsk, Rusia.
- Norilsk, Rusia.
- Chernobil, Ucrania.
- Kabwe, Zambia.
- Haina, República Dominicana.

⁹ Así llamado, porque se transportaba por vía marítima.

¹⁰ The Blacksmith Institute, con Sede en Nueva York, EE.UU. (2005).

Es así como las condiciones de vida de los grupos de población, reflejan la forma particular de inserción de dicho grupo en el conjunto de la estructura dinámica social, de lo anterior las condiciones naturales en donde dicha sociedad se desarrolla son de vital importancia, para el establecimiento de normas que coadyuven de una u otra manera al bienestar de la población y especialmente en lo referente a su salud. De allí la importancia de recuperar este nivel de abordaje para la planificación y evaluación del impacto en las acciones gubernamentales con respecto a la misma. Castellanos (1992: p.15).

La polarización epidemiológica o concentración de la carga de enfermedad, discapacidad y muerte en los pobres, no se trata de que ellos estén siendo afligidos sólo por las enfermedades infecciosas respiratorias e intestinales y, por deficiencias nutricionales, mientras que la población de mejor nivel socioeconómico sufre de problemas cardiovasculares y de cáncer; más bien, los pobres presentan ambos patrones de enfermedad, es así como tienden a presentar más altas tasas de mortalidad y morbilidad específica por cualquier enfermedad que las poblaciones de estratos socioeconómicos más altos. Harpham y Blue (1995).

2.2 Situación de los programas de contaminación del aire en Centro América

Anterior a la década de los años noventa del siglo pasado, el tema de contaminación de aire en el área centroamericana era, poco conocido y, tanto instituciones como personas individuales estaban convencidas de que tal fenómeno era una problemática a mediano y largo plazo. No existían leyes ni reglamentos que velaran por los altos índices de emisiones atmosféricas de ningún tipo y, únicamente en las agendas de Gobierno de países como Costa Rica y Guatemala se consideraba tal temática.

Por otro lado, de acuerdo a estudios auspiciados por el Banco Mundial, en los centros urbanos de los países en vías de desarrollo se determinó que cerca del 70% de la contaminación del aire provenía de la flota vehicular existente, lo cual mostraba en ese entonces tasas de crecimiento bastantes altas que oscilaban entre el cinco y 10% anual. Con el agravante de estar formada en su mayoría por vehículos viejos y en mal estado, lo que contribuye a generar más contaminantes.¹¹

En este contexto, Swisscontac¹² inicio en el año 1993 su Programa de aire puro en Guatemala, Honduras y Costa Rica, con el fin de promover políticas y acciones tendientes a mejorar la

¹¹ Onursal, Bekir; Gautam, Surhid. Contaminación atmosférica por vehículos automotores. Documento técnico del Banco Mundial No. 373S. Washington , D.C. (1997).

¹² Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico.

calidad del aire, decidiéndose a enfocar su mayor esfuerzo a la reducción de emisiones contaminantes procedentes de vehículos automotores.

Los ejes preestablecidos para el logro del planteamiento anterior eran: El establecimiento de un marco legal, que regulara los aspectos relacionados con la contaminación por emisiones vehiculares, se eliminara totalmente el uso de gasolina con plomo, la implementación de un sistema obligatorio de inspección y mantenimiento para los vehículos en circulación, todo lo anterior aunado al cumplimiento de límites de emisiones establecidos en las leyes.

Una vez determinadas las metas, se procedió a establecer las acciones siguientes que coadyuvarían en tan importante misión:

- Fortalecimiento de las instituciones involucradas en dicha temática.
- Creación de una red de monitoreo de la calidad del aire en las capitales de dichos países.
- Creación de programas publicitarios con la finalidad de creación de conciencia entre los habitantes.
- Organización y realización de cursos de capacitación para mecánicos automotrices e instructores de centros de formación técnica.
- El trabajo se realizó y posterior a ello se expandió el programa a El Salvador, Nicaragua y Panamá cubriendo así toda la región centroamericana.

Actualmente, existen dos programas regionales para el mejoramiento de la calidad del aire en América Latina:

a. La iniciativa de aire limpio para ciudades de América Latina del Banco Mundial:

Una de las principales metas de esta iniciativa es promover el desarrollo o fortalecimiento de los planes de acción para mejorar la calidad del aire en los grandes centros urbanos de América Latina. Actualmente, se están desarrollando y fortaleciendo planes para las ciudades de Lima y Callao, ciudad de México, Río de Janeiro y Buenos Aires.

b. El programa aire puro en Centro América: Este programa es financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y ejecutado por Swisscontact.

La implementación del programa liderado por Swisscontac, generó gran expectación, en los resultados de la inspección de vehículos, con parámetros establecidos en la regulación ambiental se determinó que el 46% aproximadamente, de los automotores monitoreados pasó la prueba.

Como en todo país en vías de desarrollo, los procesos de elaboración y principalmente de aprobación de leyes, depende mucho de aspectos políticos, lo cual indudablemente lo vuelve un proceso lento y burocrático, en el área centroamericana a pesar de todo, se han evidenciado avances pero, falta mucho camino por recorrer. En el caso de Honduras las leyes están elaboradas, pero el Gobierno ha dado largas a su aprobación, únicamente la eliminación de plomo en la gasolina se ha hecho efectiva. En Panamá, las leyes referentes a la eliminación del plomo en la gasolina fueron aprobadas en el año 1993 pero, entraron en vigor hasta el año 2004.

En Nicaragua y El Salvador, se ha hecho efectiva la eliminación del plomo y se cumple el requisito del convertidor catalítico para los automóviles que se importan a partir de 1998; finalmente en Guatemala y Costa Rica, se aprobaron todas las leyes anteriores y, se han puesto en práctica, aunado al proceso de la implementación del Sistema obligatorio de inspección y mantenimiento. Lamentablemente, en Guatemala, según el Decreto Legislativo 14-97 "Ley para el control de emisiones de vehículos automotores" emitida el 23 de enero de 1997, tuvo vigencia hasta su derogación por medio del Decreto Legislativo 273-98 del 22 de mayo de 1998, justificando las autoridades de ese entonces que generaba confusión entre los ciudadanos y las autoridades para su aplicación y establecían en un periodo máximo de seis meses la conformación de un grupo de expertos (Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Finanzas Públicas y Dirección General de Tránsito) para presentar un nuevo reglamento, lo cual a la fecha no ha sido elaborado.

Actualmente, algunas instituciones contrapartes han logrado darle continuidad al monitoreo del aire por sus propios medios, otras lo financian sólo parcialmente con sus recursos y, otras son mantenidas en su totalidad con fondos de Swisscontact, sin embargo se busca que a largo plazo sean las instituciones gubernamentales las que, habiendo tomado conciencia de la importancia de mantener esta red, le brinden financiamiento total.

3. METODOLOGÍA

Una vez que el problema de investigación está definido, la siguiente decisión que se tiene que tomar es concretar la metodología más adecuada para responder a las preguntas que se han planteado en las hipótesis Ruiz Olabuenaga, J. I. (1996).

Se señalan a continuación, las principales premisas metodológicas de partida:

- Se tomó en cuenta los efectos de la contaminación atmosférica, explícitamente sobre la salud humana.
- Únicamente se consideró la contaminación exterior a los hogares de los habitantes, es decir se excluyó la generada al interior de los mismos. -Se considera que los prejuicios generados por la contaminación interior deberían quedar compensados por el salario percibido por quienes la sufren-.
- Quedaron excluidos del análisis, los impactos irreversibles de la contaminación atmosférica, sobre bienes únicos o singulares, fundamentalmente los edificios de particular interés histórico, por no ser el propósito del estudio.
- Quedó de igual manera excluido el análisis del impacto negativo que la contaminación tiene sobre el disfrute de las funciones recreativas del medio ambiente: el perjuicio que supone la pérdida de visibilidad para la contemplación de la naturaleza, por ejemplo.
- Finalmente, no se incluyen los daños que tienen que ver con el deterioro de la capa de ozono, ni el cambio climático.
- Es importante mencionar, que inicialmente se efectúa un análisis histórico para la ciudad de Guatemala, de las enfermedades respiratorias, contaminación del aire en su componente PM₁₀ y el parque vehicular existente en un período de cinco años, posteriormente la evaluación al respecto del municipio de Mixco, en un período de tres meses.
- Es, sin lugar a dudas importante aclarar, que la falta de información ordenada, concisa y concreta de parte de las instituciones, es un elemento ralentizante en el desarrollo de la presente.

La evaluación de la exposición a contaminantes del aire, es tan compleja que, la meta de construir un modelo completo no se ha alcanzado todavía. Sin embargo, existe interés creciente en desarrollar algunos componentes de un modelo que puedan integrarse en una etapa posterior de investigaciones relacionadas al tema.¹³ Un modelo simple puede describir la exposición en solo un ambiente en particular, tal como el de los espacios interiores -que no

¹³ Gutiérrez, N. Organización Mundial de la Salud, "Estimación de la exposición humana a contaminantes atmosféricos" Ginebra (1982) Publicación 69.

es el presente caso- pero de ahí se puede partir, para ir agregando otros componentes que den veracidad y amplitud al mismo.

Se debe de tomar en cuenta, diversos componentes para un modelo de evaluación de exposición a los contaminantes del aire, que tomen en cuenta los aspectos:

- a. Estimación de la calidad del aire ambiental en un área con fuentes múltiples.
- b. Análisis de las fuentes originarias de tal efecto.
- c. Impacto negativo en la salud de los habitantes del área en cuestión.

Teniendo presente que el primer análisis se efectúa en la ciudad de Guatemala, la delimitación, para este apartado, es como sigue:

- Unidad de análisis: habitantes de la ciudad de Guatemala, comprendidos entre los cero a los 70 años de edad, ambos sexos.
- Ámbito Geográfico: ciudad de Guatemala, cuenta con 25 zonas y más de 400 asentamientos, una población aproximada de 980,160 habitantes.
- Período histórico: comprendido entre los años (2004-2008).

En lo que respecta, al municipio de Mixco será entonces:

Se tomó en consideración la delimitación a saber:

- La unidad de análisis comprende a los pobladores del Municipio, incluidos en la edades de 0 a 70 años de ambos sexos.
- El ámbito geográfico se limita al municipio de Mixco del departamento de Guatemala que incluye 11 zonas, que comprende más de 300 asentamientos urbanos con distinta capacidad económica y social.
- El período histórico a investigar será los meses de mayo, junio y julio, donde será monitoreada la contaminación del sector, en dos puntos específicos.

3.1 Modelo de dosis respuesta (aplicación departamento de Guatemala, 2004-2008)

Por lo común, la expresión dosis, se emplea para especificar la cantidad de una sustancia química administrada, que generalmente, se expresa por unidad de peso corporal. En las exposiciones ambientales, se puede estimar la dosis en base de la medición de las concentraciones ambientales y alimentarias en función del tiempo.

Según la OPS, de la OMS, existen "Principios y Métodos para evaluar la toxicidad de las sustancias químicas" para tal efecto establece, que al evaluar la exposición humana, a sustancias químicas ambientales, se estimará la dosis en función de la concentración y el

tiempo de exposición o ingesta. En algunos casos la concentración será relativamente constante y, las relaciones tiempo-efecto y tiempo-respuesta serán similares a las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta. Sin embargo en muchos casos la concentración variará y lo mismo ocurrirá con el tiempo de exposición a concentraciones específicas y, habrá que considerar tanto las relaciones dosis-concentración-tiempo como las relaciones dosis-efecto y tiempo-efecto. Druckrey (1967); Golubev y otros (1973); Lazarev (1963) y Weil (1972).

Para la presente tesis, se han adaptado, los estudios indicados anteriormente con la información disponible en el medio nacional, para las variables siguientes:

1. Estadísticas del parque vehicular existente.
2. Niveles de contaminación, existentes en el área.
3. Estadísticas de enfermedades respiratorias agudas (IRAS).

Posteriormente se procedió a hacer una analogía del modelo dosis-respuesta, aplicándolo al área objeto de estudio.

3.2 Modelo econométrico

La descripción de las variables seleccionadas para el modelo econométrico es la siguiente:

Consta de dos relaciones funcionales, la primera es para observar la relación que existe entre el número de Enfermedades Respiratorias Agudas (IRAS), y los Niveles de Contaminación (C) encontrados, más el término de Perturbaciones aleatorias (u_i) esto es:

$$(1) \quad Iras_i = f(C_i) + u_i \quad \text{donde:}$$

La variable dependiente o endógena se identifica como (IRAS), la variable independiente o exógena, es (C) y, lo que significa que los cambios en la variable C, modifican el valor de la variable IRAS en cuanto al incremento o la reducción de enfermedades de carácter respiratorio. La segunda, es para observar la relación que existe entre los Niveles de Contaminación (C) y el Parque Vehicular (PV) existente en el área en cuestión, más el término de Perturbaciones aleatorias (u_i), de ahí:

$$(2) \quad C_i = f(PV_i) + u_i \quad \text{donde:}$$

La variable dependiente o endógena se identifica como (C), la variable independiente o exógena, es (PV) y, lo que significa que los cambios en la variable (PV), modifican el valor de la variable (C) en cuanto al incremento o la reducción de Contaminación en el aire.

3.2.1 Hipótesis de comportamiento

La hipótesis de comportamiento para la primera función se expresa como la relación entre las variables IRAS y (C) de la manera siguiente: El cambio de (C) respecto de IRAS tiene una relación directa positiva.

$$dIRAS/dC > 0$$

El Planteamiento hipotético será entonces:

$$H_0: \beta_1 < 0$$

$$H_1: \beta_1 > 0$$

La hipótesis de comportamiento para la segunda ecuación se identifica como la relación entre las variables (C) y (PV) de la manera siguiente: El cambio en la variable (PV) respecto a (C) tiene una relación directa positiva.

$$dC/dPV > 0$$

El Planteamiento hipotético será entonces:

$$H_0: \beta_1 < 0$$

$$H_1: \beta_1 > 0$$

3.2.2 Estimación de parámetros

Para comprobar las hipótesis se utilizó el método de regresión lineal múltiple, para estimar los parámetros de la relación entre las variables dependientes e independientes de las ecuaciones de comportamiento (1) y (2) mencionadas anteriormente. Las ecuaciones de regresión son las siguientes, si se supone una relación lineal entre las variables consideradas:

$$(3) \quad IRAS = \beta_0 + \beta_1 C + \mu$$

$$(4) \quad C = \beta_0 + \beta_1 PV + \mu$$

3.2.3 Supuestos del modelo

El modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se fundamenta en las propiedades estadísticas que a continuación se exponen:

1. El término de perturbación se distribuye normalmente con media cero y varianza constante σ^2 ;

$$u \sim N(\mu, \sigma^2)$$

2. La esperanza del término de perturbación es igual a cero.

$$E(u) = 0$$

3. Las perturbaciones u_i, u_j no están correlacionadas, a este supuesto se le da el nombre no autocorrelación.

$$Cov(u_i, u_j) = 0 \quad \text{para } i \neq j$$

4. Existe homoscedasticidad, o igual dispersión; esto es, la varianza de u_i es un número constante igual a σ^2 .

$$E(u_i^2) = \sigma^2$$

5. Las perturbaciones de u y las variables explicativas no están correlacionadas.

$$Cov(u_i, X_i) = 0$$

Si el modelo de regresión lineal cumple con los supuestos antes mencionados, entonces los estimadores de los parámetros obtenidos a partir de este método son óptimos, es decir, son insesgados, consistentes y eficientes. El análisis de los datos expresados con anterioridad, se evaluaron por medio del software de Eviews 5.1 y, las posteriores salidas del programa se discutieron en la misma medida. La utilización del presente modelo, tiene su sustento teórico y de aplicación, en la metodología que se ha utilizado extensamente, en diversos estudios de estimación de beneficios ambientales. La E.P.A. lo ha utilizado, para la elaboración de una normativa primaria de carácter federal para material particulado y, para estimar los beneficios en salud del Acta del Aire Limpio en las décadas de los años 1970 y 1990; de igual manera el Banco Mundial, la utilizó para evaluar los efectos en salud de la contaminación atmosférica en Jakarta (Ostro, 1994) y, para estimar los beneficios en salud de un Programa de Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Santiago de Chile (Eskeland, 1996).

Básicamente, las etapas de esta Metodología son:

- a. Se hace una estimación de los efectos, de cambios en las emisiones que resulten, del proyecto sobre calidad del aire, por el LMA, en los últimos 5 años, en la ciudad de Guatemala y durante los meses de mayo, junio y julio del año 2008, en el municipio de Mixco.
- b. Se analizan, los reportes de los Centros hospitalarios¹⁴, utilizados por la población del área sujetos a evaluación, específicamente los efectos de morbilidad de la población expuesta.
- c. Se procede a elaborar el modelo econométrico, cuya principal función será evaluar las hipótesis planteadas anteriormente, únicamente en los datos históricos, con referencia a los datos relevados en Mixco, se procede a elaborar un análisis de tipo cualitativo, con proyecciones de escenarios basados en información proporcionada por entes que monitorean situaciones, tales como: conteo de vehículos sobre el área y reportes de enfermedades de tipo respiratorio.

¹⁴ Se tomaron en consideración los Reportes del Departamento de Epidemiología, de los Hospitales Públicos cercanos al área en cuestión: Hospital Roosevelt, Hospital San Juan de Dios e Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), pues ellos cubren al 90% aproximadamente de la población y, el restante diez por ciento no se tomó en cuenta para tal investigación, por razones de no disponer de la información requerida. (Área del departamento de Guatemala).

La metodología cuantitativa es indicada para realizar descripciones detalladas de la realidad, en cambio tiene unas limitaciones grandes, cuando se entra al terreno de la explicación. La metodología cualitativa, en cambio, sirve para introducirse en el terreno de las emociones, de lo cognitivo y permite encontrar explicaciones a los fenómenos de estudio en la biografía o en los sistemas de creencias de las personas. El problema es que por lo general son mucho más particularistas que las técnicas cuantitativas y es más difícil realizar extrapolaciones de los resultados de la muestra a la población. En este caso no es aceptable establecer intervalos de confianza, ni probabilidades de que lo que le ha ocurrido a una persona responda a una curva normal -o cualquier otro modelo estadístico de comportamiento-. Para lograr hacer estas afirmaciones el volumen de información necesario sería tan elevado que hace imposible cualquier esfuerzo de intentarlo. Ahora, teniendo en cuenta las hipótesis planteadas en esta investigación, la metodología que más se ajusta a las mismas es la cuantitativa, para la generación del modelo pero, para los análisis será de vital importancia tomar en consideración la cualitativa. Este tipo de metodología permite, mejor que cualquier otra, el acceso al terreno cognitivo, para encontrar alguna explicación sobre cómo influyen determinadas variables, como lo es la contaminación del aire en la salud de las personas, objeto de estudio.

3.3 Cálculo de la muestra (Aplicación municipio de Mixco)

La utilización de muestreo aleatorio, que deviene de su definición, la cual refleja que, la selección de la unidad de análisis A, es independiente de la probabilidad que tiene el resto de unidades, que integran la población; lo anterior evidentemente implica la condición de equiprobabilidad, Glass y Stanley (1994).

Es evidente la implementación dentro de dicha tesis la utilización del muestreo estratificado con base en el intencional, como técnica idónea para tal efecto. La utilización de una encuesta, como instrumento estadístico que relevó en forma estructurada y sistemática información precisa, con el fin de poder cuantificar relaciones causales de las variables establecidas anteriormente; inicialmente desde una perspectiva de investigación cuantitativa y por otro lado como un proceso interactivo continuo durante su desarrollo, marcado por la investigación cualitativa, dio como resultado, el establecimiento que del total de 462,753 habitantes con los cuales cuenta Mixco, estimar que 17 Colonias son las que sufren los efectos directos de la contaminación del aire en el área, lo cual estableció una población base de 50,044 habitantes, que fue tomada como Universo para tal evaluación.

Fórmula utilizada:
$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 (N-1) + p * q}$$

El resultado encontrado fue: 381.241 ~ 381 Personas a evaluar. **(Ver anexo 1).**

4. FUENTES Y EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES DEL AIRE

Sólo existe una cantidad finita de aire y, según aumenta la población, disminuye la porción disponible para cada persona. Desde la formación del mundo hasta los años de 1900 la población llegó a 1,700 millones, para el año 1974 era de 3,900 millones y se estima que para el año 2025 sobrepasará los 8,500 millones, ONU (2007).

En años recientes, existe en las personas, cada vez más preocupación por los problemas de contaminación ambiental y se ha llegado a considerar el aire como un elemento de dominio público. Por tanto, se infiere a la contaminación del aire como un problema público, que no solamente concierne a los responsables de la emisión de contaminantes sino también a quienes podrían sufrir las consecuencias de tales emisiones, en algunos países es permitido a un individuo o grupo de ellos demandar directamente a una organización o compañía que contamine esa parte del dominio público.

4.1 Naturaleza de los problemas de contaminación del aire

La explotación intensiva de los recursos naturales y el desarrollo de grandes concentraciones industriales y urbanas en determinadas zonas, son fenómenos que, por incontrolados, han dado lugar a la saturación de la capacidad asimiladora y regeneradora de la naturaleza -visto como sistema- y pueden llevar a perturbaciones irreversibles del equilibrio ecológico general, cuyas consecuencias a largo plazo no son fácilmente previsibles. Naredo, J. (2006).

La lucha contra la contaminación del aire, de las aguas continentales y marítimas, del suelo, así como la defensa del paisaje, la restauración y mejora de las zonas de interés natural y artístico, la protección de la fauna y de la flora, el tratamiento y eliminación de los residuos, la defensa de las zonas verdes y espacios libres, la reinstalación de industrias fuera de las zonas urbanas, la congestión del tráfico urbano, la lucha contra el ruido y tantas otras cuestiones, no son sino aspectos parciales e interrelacionados que han de tenerse en cuenta al abordar acciones o programas de actuación para la defensa del ambiente.

En las últimas décadas, el automóvil ha aparecido de forma masiva en las ciudades, contribuyendo a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape. Los principales contaminantes lanzados por los automóviles son: (CO), (NO₂), (HC), y compuestos de plomo.

4.2 Definición de los contaminantes del aire

En el pasado, la industria, la agricultura y los contaminadores individuales, encontraron que era más económico descargar de la atmósfera los productos de desecho que controlarlos. Por lo

general, la organización o actividad que causaba la contaminación no sufría las consecuencias de la misma; del mismo modo, los que se beneficiaban de la reducción en la contaminación del aire, por la instalación de equipos de control, no contribuían directamente al costo de dicho equipo, sino por el contrario internalizaban los costos e incrementaban los productos ofrecidos a la sociedad. Un método para definir un contaminante del aire, consiste primero en especificar la composición del aire atmosférico seco, "limpio" o "normal" y luego clasificar todos los otros materiales o las cantidades aumentadas de dichos materiales, presentes en la composición del aire atmosférico, como contaminantes, si su presencia daña a personas, plantas, animales o materiales.

A continuación se presenta la tabla 1, que muestra la composición química del aire seco, que se encuentra usualmente en áreas rurales y sobre el océano, lejos de la masa de terreno. El aire atmosférico también contiene de 1 a 3 por ciento en volumen de vapor de agua, y trazas de SO₂, formaldehído (CH₂O), Yodo (I), cloruro de sodio (NaCl), amoníaco NH₃, CO, metano (CH₄) y un poco de polvo y polen. Ahora bien, según la definición antes presentada, el CO, los vapores de los hidrocarburos, o el ozono (O₃) en concentración mayor de 0.04 ppm, se considerarían como contaminantes del aire. En la actualidad ni el (CO₂), ni el vapor de agua individualmente, se consideran como contaminantes; únicamente cuando se combinan.

Tabla 1
Composición química del aire atmosférico seco

<i>Sustancia</i>	<i>Volumen (por ciento)</i>	<i>Concentración (ppm)</i>
Argón	0.934 +/- 0.0001	9,300
Criptón		0.5
Dióxido de Carbono	0.033 +/- 0.001	315
Dióxido de Nitrógeno		0.02
Helio		5.2
Hidrógeno		0.5
Metano		1.2
Neón		18
Nitrógeno	78.084 +/- 0.0004	780,900
Oxígeno	20.946 +/- 0.002	209,400
Ozono		0.01 – 0.04
Xenón		0.08

Fuente: Handbook of Air Pollution, Publications PHS AP-44, 1968.

A continuación, se presenta una clasificación general de los contaminantes del aire, Wark y Warner (2005): 1. Materia particulada o partículas, 2. Compuestos que contienen azufre, 3.

Compuestos orgánicos, 4. Compuestos que contienen nitrógeno, 5. Monóxido de carbono, 6. Compuestos halogenados, 7. Compuestos radiactivos

Tabla 2
Clasificación general de los contaminantes gaseosos del aire

<i>Clase</i>	<i>Contaminantes Primarios</i>	<i>Contaminantes Secundarios</i>
Compuestos que contienen Azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , MSO ₄ *
Compuestos Orgánicos	Compuestos de C ¹ - C ⁵	Cetonas, aldehídos, ácidos
Compuestos que contienen Nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ MNO ₃ *
Óxidos de Carbono	CO, (CO ₂)	Ninguno
Halógeno	HCl, HF	Ninguno

* MSO₄ y MNO₃ denotan compuestos de sulfatos y nitratos, respectivamente.

Fuente: Handbook of Air Pollution, Publications PHS AP-44, 1968.

4.2.1 Materia particulada o partículas (PM)

Partícula, es un término que se emplea para describir las materias sólidas y líquidas, dispersas y arrastradas por el aire, mayores que las moléculas individuales (las moléculas miden aproximadamente 0.0002 μm de diámetro) pero menores de 500 μm (1 μm = 1 micrón = 10⁻⁴ cm.). Las partículas en este rango de tamaño tienen una vida media en suspensión que varía desde unos cuantos segundos hasta varios meses, las menores a 1 μm experimentan movimientos brownianos¹⁵ aleatorios resultantes de la colisión con las moléculas individuales; las partículas entre 0.1 y 1 μm tienen velocidades de asentamiento en el aire estático que, aunque finitas, son pequeñas comparadas con las velocidades del viento, las mayores de 1 μm tienen velocidades de asentamiento significativas, pero pequeñas. Los principales componentes de las PM son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales y el agua. Algunas Ciudades presentan una precipitación mínima definida los domingos,-la densidad vehicular y las fábricas producen menos- cuando las concentraciones de partículas son muy bajas. Se estima que las partículas representan sólo el nueve por ciento de la masa total de los contaminantes del aire producidos por el hombre. Wark y Warner (2005).

La materia particularizada producida por fuentes incluye la sal de los océanos, cenizas volcánicas, productos de la erosión por el viento, polvo de las carreteras, desechos de incendios forestales, el polen y las semillas de las plantas; se emplean diversos términos para

¹⁵ Movimiento browniano: Movimiento errático constante, de partículas diminutas suspendidas en un líquido o un gas. Este fenómeno fue descubierto en 1827 por el botánico escocés Robert Brown. Debido a su movimiento propio, las moléculas del fluido chocan aleatoriamente con las partículas suspendidas y hacen que estas se muevan. Química Orgánica, Sexta Edición. Mc Graw-Hill.

clasificar las partículas arrastradas por el viento, las definiciones de estos términos se detallan a continuación.

Tabla 3
Definición de los términos que describen las partículas suspendidas en el aire

Partículas	Cualquier material, excepto agua no combinada, que existe en estado sólido o líquido en la atmósfera o en una corriente de gas en condiciones normales.
Aerosol	Una dispersión de partículas microscópicas, sólidas o líquidas en medios gaseosos.
Polvo	Partículas sólidas de un tamaño mayor que el coloidal*, capaces de estar en suspensión en el aire.
Ceniza fina	Partículas de ceniza finamente divididas, arrastradas por el gas de la combustión. Las partículas pueden contener combustibles no quemados.
Niebla	Aerosol visible.
Vapores	Partículas formadas por condensación, sublimación o reacción química, predominante mayores de 1 μm (humo o tabaco)
Neblina	Dispersión de pequeñas gotas de líquido, de suficiente tamaño, como para caer desde el aire.
Humo	Partículas pequeñas, arrastradas por los gases, que resultan de la combustión.
Hollín	Una aglomeración de partículas de carbón.

* Dispersión de partículas o macromoléculas en un medio continuo.

Fuente: Handbook of Air Pollution, Publications PHS AP-44, 1968.

Se detallan los límites permisibles, establecidos por la (OMS) en cuanto a material particulado existente en el aire. (Guías de calidad del aire) GCA.

Tabla 4
Las directrices sobre la calidad del aire (PM)

PM 2.5	PM 10
10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual
25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media en 24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media en 24 horas

Fuente: OMS, Organización Mundial de la Salud, (2007).

Las partículas generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1 micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones). La EPA y otras agencias alrededor del mundo regulan el nivel de partículas en el ambiente de un diámetro inferior a 10 micrones (PM₁₀). Algunas agencias, incluyendo la EPA de EE.UU., también regulan las partículas inferiores a 2.5 micrones de diámetro (PM_{2.5}).

Estas directrices definen por vez primera un valor recomendado para las PM. El objetivo consiste en alcanzar la mínima concentración posible

4.2.2 Óxidos de azufre (SO₂)

El SO₂, es un gas incoloro, no flamable y no explosivo, que produce una sensación gestatoria a concentraciones de 0.3 a 1.0 ppm en el aire. A concentraciones mayores de 3.0 ppm, el gas tiene un olor acre e irritante. Los óxidos de azufre en combinación con las partículas y la humedad del aire, producen efectos más perjudiciales atribuidos a la contaminación atmosférica del aire.

El azufre, es un componente de todos los petróleos y carbones naturales, con una composición que varía de 0.1 a más del 5 por ciento, por tanto la emisión de SO₂ varía considerablemente con la naturaleza u origen de los combustibles fósiles. La cantidad del azufre que es emitido al aire (como dióxido de azufre) es casi la misma cantidad de azufre presente en el combustible.

La principal fuente antropogénica de SO₂ es la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre en la calefacción doméstica, la generación de electricidad y los motores de combustión. La concentración de SO₂ está confinada a la mayoría de las áreas urbanas, debido a su ventajosa localización con respecto a las secciones industriales y a patrones predominantes del viento.

Tabla 5
Las directrices sobre la calidad del aire (SO₂)

SO ₂
20 µg/m ³ media en 24 horas
500 µg/m ³ media en 10 minutos

Fuente: OMS, Organización Mundial de la Salud, (2007).

La concentración media de SO₂ en periodos de 10 minutos no debe superar los 500 µg/m³. Los estudios indican que parte de los pacientes asmáticos sufren alteraciones de la función pulmonar y síntomas respiratorios tras exposiciones al SO₂ de tan sólo 10 minutos.

El cambio de los valores recomendados de SO₂ de 125 a 20 µg/m³ en las nuevas directrices se basa en las siguientes consideraciones:

- Se ha comprobado que el SO₂ tiene efectos en la salud a concentraciones muy inferiores a los aceptados hasta ahora.
- Se necesita un mayor grado de protección.
- Aunque la causalidad de los efectos de las bajas concentraciones de SO₂ todavía es dudosa, es probable que la reducción de las concentraciones de SO₂ en el aire reduzca la exposición a otros contaminantes.

4.2.3 Óxidos de nitrógeno (NO₂)

Los óxidos de nitrógeno son una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente; ninguno de los dos son inflamables y son incoloros a pardo en apariencia a temperatura ambiente. El dióxido de nitrógeno es un líquido a temperatura ambiente, pero se transforma en un gas pardo-rojizo a temperaturas sobre 70 grados Fahrenheit. (Aproximadamente 21°centígrados).

Son liberados al aire desde el escape de vehículos motorizados, de la combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y durante procesos tales como la soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita. También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa.

Estos óxidos son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida.

Tabla 6
Las directrices sobre la calidad del aire (NO₂)

NO ₂
40 µg/m ³ media anual (24 horas)
200 µg/m ³ media en 1 hora.

Fuente: OMS, Organización Mundial de la Salud, (2007).

El valor recomendado en las actuales directrices de la OMS (media anual de 40 µg/m³) para proteger a la población de los efectos nocivos del NO₂ gaseoso. Como contaminante atmosférico, tiene varias actividades:

- A corto plazo, en concentraciones superiores a 200 µg/m³, es un gas tóxico que produce una importante inflamación de las vías respiratorias.
- El NO₂ es la principal fuente de aerosoles de nitrato, que constituyen una importante fracción de las PM_{2.5}, y también es una fuente de ozono en presencia de luz ultravioleta.

4.2.4 Lluvia ácida

Lluvia ácida es un término muy amplio que se refiere a una mezcla de sedimentación húmeda y seca (materiales depositados) de la atmósfera que contienen cantidades más altas de las normales de ácidos nítrico y sulfúrico. Los precursores químicos de la formación de la lluvia ácida provienen de fuentes naturales, como los volcanes y la vegetación en descomposición, y de fuentes artificiales, principalmente las emisiones de SO₂ y NO₂ que provienen de la

combustión de combustible fósil. La lluvia ácida ocurre cuando esos gases reaccionan en la atmósfera con el agua, el oxígeno y otras sustancias químicas para formar distintos compuestos ácidos. El resultado consiste en una solución suave de ácido sulfúrico y ácido nítrico. Cuando el dióxido de sulfuro y los óxidos de nitrógeno se liberan de las plantas eléctricas y otras fuentes, los vientos soplan estos compuestos a través de las fronteras estatales y nacionales, algunas veces a cientos de kilómetros.

Causa la acidificación¹⁶ de lagos y arroyos y contribuye a dañar los árboles en terrenos elevados (por ejemplo, los abetos rojos que están a más de 2,000 pies de altura). Además, la lluvia ácida acelera el deterioro de los materiales de construcción y las pinturas, incluyendo edificios, estatuas y esculturas irremplazables que son parte de nuestra herencia cultural. Antes de caer al suelo, los gases de SO₂ y NO₂ y los derivados de su materia en partículas, sulfatos y nitratos, contribuyen a degradar la visibilidad y perjudican la salud pública.

4.3 Efectos de los contaminantes del aire en la salud humana

Estudios sobre síntomas diarios de pacientes con enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar, muestran una relación entre el grado de enfermedad y, las concentraciones de contaminantes del aire, a una relativamente alta concentración de SO₂ y partículas contaminantes. Temperaturas bajas, pueden ejercer un efecto mayor que la contaminación del aire. Los pacientes asmáticos, parecen ser susceptibles a picos de concentración de contaminantes del aire, de corto plazo. M. D. Lebowitz (1982).

Los efectos de la contaminación, han sido asociados con los dos principales tipos de contaminantes: el complejo de SO₂ y partículas, provenientes del uso de combustibles fósiles que contienen azufre, particularmente en plantas generadoras que utilizan este combustible y, oxidantes fotoquímicos, formados en la atmósfera por una compleja reacción química entre compuestos de hidrocarburos, NO₂ y CO, los cuales están ampliamente relacionados con las emisiones del motor de los vehículos.

Se ha encontrado que los SO₂, perjudican el sistema respiratorio, especialmente de las personas que sufren asma y bronquitis crónica. Los efectos de los SO₂ empeoran cuando se combinan con partículas o humedad del aire. Lo anterior se conoce como efecto sinérgico, porque la combinación de sustancias produce un efecto mayor que la suma individual del efecto de cada sustancia. También son responsables de algunos efectos sobre el bienestar,

¹⁶ Los efectos sobre las hojas consiste debido a que la capa de grasa protectora es corroída por el depósito seco de dióxido de azufre, la lluvia ácida o el ozono.

principalmente a la formación de lluvia ácida, que perjudica lagos, la vida acuática, materiales de construcción y la vida silvestre.

Los niveles de exposición a las PM, existentes actualmente en la mayoría de los entornos urbanos y rurales de los países desarrollados y en desarrollo tienen efectos en la salud. La exposición crónica, aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón. En los países en desarrollo, la exposición doméstica a contaminantes procedentes del uso de combustibles en fuegos abiertos o cocinas tradicionales aumenta el riesgo de infecciones de las vías respiratorias inferiores y de mortalidad por esta causa en los niños pequeños; la contaminación del aire de espacios interiores por el uso de combustibles sólidos también constituye un importante factor de riesgo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y de cáncer de pulmón en los adultos. La mortalidad registrada en las ciudades con niveles elevados de contaminación es un 15% a 20% mayor que la observada en ciudades relativamente más limpias. Incluso en la Unión Europea, la esperanza media de vida disminuye en 8,6 meses debido a la exposición a las PM_{2,5} producidas por las actividades humanas.¹⁷

Estudios epidemiológicos han demostrado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan con la exposición a largo plazo al NO₂. Las concentraciones de NO₂ observadas actualmente en ciudades europeas y norteamericanas también se relacionan con una disminución del desarrollo de la función pulmonar en los niños.¹⁸

Los niveles bajos de NO₂ en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días luego de la exposición, respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte. Si la piel o los ojos entraran en contacto con altas concentraciones de monóxido de nitrógeno gaseoso o dióxido de nitrógeno líquido probablemente se sufriría de quemaduras graves.

El SO₂ puede afectar al sistema respiratorio y a la función pulmonar, y produce irritación ocular. La inflamación de las vías respiratorias produce tos, secreción mucosa, agravación del asma y bronquitis crónica, y aumenta la vulnerabilidad a las infecciones respiratorias. Los ingresos por enfermedades cardíacas y la mortalidad aumentan los días en que se registran altas

¹⁷ La Organización Mundial de la Salud (OMS), en la Nota descriptiva N° 313 de Octubre de 2006.

¹⁸ Idem.

concentraciones de SO₂, la combinación con el agua da lugar a la formación de ácido sulfúrico, que es el principal componente de la lluvia ácida, causante de la deforestación.

La lluvia ácida se ve, se siente y sabe igual que la lluvia limpia. La lluvia ácida no causa daños directos a los seres humanos, caminar bajo la lluvia ácida o incluso nadar en un lago ácido no es más peligroso que caminar o nadar en agua limpia; sin embargo, los contaminantes que producen la lluvia ácida SO₂ y NO₂, sí son perjudiciales para la salud humana. Estos gases interactúan en la atmósfera y forman partículas finas de sulfato y nitrato que pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias y ser inhaladas profundamente dentro de los pulmones de las personas. Las partículas finas también pueden penetrar al interior de las casas, muchos estudios científicos han establecido una relación entre los niveles elevados de partículas finas y el aumento de las enfermedades y las muertes prematuras provocadas por problemas cardíacos y pulmonares, tales como el asma y la bronquitis.¹⁹ En resumen, los efectos ocasionados por los contaminantes más comunes del aire en la salud humana son:

Tabla 7
Los efectos de los contaminantes más comunes del aire, en la salud humana

Síntomas	Efectos respiratorios
Tos, flema, opresión en el pecho, falta de aire.	Enfisema, neumonía, asma, inflamación de las vías respiratorias, bronquitis aguda y crónica, envejecimiento prematuro de los pulmones, acumulación de líquidos e hinchazón (edema).
	Efectos Cardiovasculares
Opresión en el pecho, dolor de pecho, (angina de pecho), palpitaciones, falta de aire, fatiga inusual.	Enfermedad de las arterias coronarias, ritmos cardíacos anormales, influencia cardíaca congestiva, baja oxigenación de glóbulos rojos, alteración de la actividad cardíaca controlada por el sistema nervioso autónomo, mayor riesgo de formación de coágulos, estrechamiento de los vasos sanguíneos (vasoconstricción).
	Efectos en las vías respiratorias
	Afluencia de glóbulos blancos, producción anormal de mucosidad, muerte y eliminación de las células que revisten las vías respiratorias

Fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA), Estados Unidos, 2006.

¹⁹ Agencia de Protección Ambiental (EPA) por sus siglas en inglés.

4.4 Función de la guías en la protección de la salud pública

Las guías de calidad del aire (GCA) de la OMS²⁰ están destinadas a su uso en todo el mundo, pero se han elaborado para respaldar medidas orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en distintas situaciones.

Por otra parte, cada país establece normas de calidad del aire para proteger la salud pública de sus ciudadanos, por lo que son un componente importante de las políticas nacionales de gestión del riesgo y ambientales. Las normas nacionales varían en función del enfoque adoptado con el fin de equilibrar los riesgos para salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales de diversa índole, que a su vez dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire. En Guatemala, se consideran las establecidas en las directrices sobre la calidad del aire, de la OMS.

En primer lugar, las pruebas efectuadas en monitoreos de aire, dan cuenta que para el O₃ y el PM, hay riesgos para la salud con las concentraciones que hoy se observan en numerosas ciudades de los países desarrollados. Además, hay que subrayar que los valores guía que se proporcionan aquí no pueden proteger plenamente la salud humana, porque en las investigaciones no se han identificado los umbrales por debajo de los cuales no se producen efectos adversos.

En segundo lugar, se ha vinculado a la contaminación del aire una gama creciente de efectos adversos para salud, en concentraciones cada vez más bajas. Esto es aplicable en particular al material particulado suspendido en el aire. En los nuevos estudios se utilizan métodos más refinados e indicadores más sutiles, pero sensibles, de los efectos, como las medidas fisiológicas (por ejemplo, cambios en la función pulmonar, marcadores de la inflamación). Por consiguiente, las guías actualizadas podrían basarse en estos indicadores sensibles, además de hacerlo en los indicadores más críticos de la salud de la población, como la mortalidad y las hospitalizaciones imprevistas.

En tercer lugar, a medida que ha mejorado el conocimiento de la complejidad de la mezcla de contaminantes en el aire se han puesto cada vez más de manifiesto las limitaciones del control de la contaminación del aire mediante guías para contaminantes aislados. Por ejemplo, NO₂ es un producto derivado de los procesos de combustión y se suele encontrar en la atmósfera íntimamente asociado con otros contaminantes primarios, como las partículas ultrafinas. Es de por sí tóxico y también es precursor del ozono, con el que coexiste junto con varios otros

²⁰ Guías para la calidad del aire, OMS, Ginebra, (1999).

oxidantes generados en procesos fotoquímicos. Las concentraciones de NO₂ muestran con frecuencia una fuerte correlación con las de otros contaminantes tóxicos y, dado que es más fácil de medir, a menudo se utiliza en lugar de la mezcla completa. Por tanto, la obtención de concentraciones guía para un solo contaminante, como el NO₂, puede aportar beneficios para la salud pública superiores a los previstos sobre la base de las estimaciones de la toxicidad de un solo contaminante.

La salud pública reconoce que la contaminación atmosférica es un importante determinante de la salud, sobre todo en los países en desarrollo. Existen importantes desigualdades en la exposición a la contaminación atmosférica y los consiguientes riesgos para la salud; la contaminación atmosférica se combina con otros aspectos del entorno físico y social para crear una carga de morbilidad desproporcionada en los sectores más pobres de la sociedad.

La exposición a los contaminantes atmosféricos está en gran parte fuera del control de los individuos y requiere la actuación de las autoridades públicas a nivel nacional, regional, e incluso internacional. De lo anterior la importancia de determinados reglamentos que de una u otra forma, al ser de observancia general beneficien al ecosistema, pero principalmente a la salud de las personas.

5. LEGISLACIÓN Y ACCIONES SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Estimados recientes de la OMS indican que más de 100 millones de personas en América Latina y el Caribe, están expuestas a niveles de contaminantes del aire en exteriores que exceden los valores guía recomendados. Esto no incluye a millones de personas expuestas a la contaminación del aire en interiores debido a la quema de biomasa o de otras fuentes.²¹

A fin de minimizar el riesgo que representa la contaminación del aire para la salud humana, los países de la región intentan establecer estructuras institucionales y técnicas para mejorar las acciones de vigilancia, control y prevención. En cuanto al clima, es indudable su influencia en la transportación de la contaminación, de lo anterior se supone su importancia. Las condiciones del clima y la topografía del terreno son factores determinantes en la dispersión y comportamiento de la contaminación del aire, la velocidad y dirección del viento, la radiación, la temperatura y la humedad.

5.1 Mundial

Desde inicios de 1950 se observó en la mayoría de los países, una preocupación por la contaminación del aire. Las universidades y dependencias de los ministerios de salud fueron los organismos que realizaron las primeras mediciones de contaminación en el aire.

En 1965, el Consejo Directivo de la (OPS) recomendó a su Director establecer programas de investigación sobre contaminación del agua y aire, así como colaborar con los Países Miembros en el desarrollo de políticas adecuadas de control. La OPS inició su programa regional en un momento en que prácticamente ningún país era consciente de la magnitud de sus problemas de contaminación del aire. A través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), la OPS acordó establecer una red de estaciones de monitoreo de la contaminación del aire.

La Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire (REDPANAIRES) inició sus operaciones en junio de 1967. REDPANAIRES comenzó con ocho estaciones y hacia fines de 1973 contaba con 88 estaciones distribuidas en 26 ciudades de 14 países. En 1980, E discontinuó sus actividades y pasó a formar parte del Programa Global de Monitoreo de la Calidad del Aire, establecido en 1976 por la OMS y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como parte del Sistema Mundial de Monitoreo del Medio Ambiente (GEMS por sus siglas en inglés). En 1990, El Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO) de la OPS realizó una encuesta sobre el estado de los programas de

²¹ Plan Regional sobre calidad de aire urbano y salud. MINSAP. Cuba (2001).

calidad del aire en América Latina y el Caribe, los resultados de esta encuesta indicaron que sólo seis países habían establecido estándares

En el continente Americano, el principal ente rector, de los límites permisibles de emanación de contaminantes en el aire lo constituye la EPA, cuyos estándares son de observancia general, para EE.UU. y de referencia para América Latina, nació por el año de 1970, a raíz de una elevada preocupación por la contaminación medioambiental, inicia operaciones, en el centro de la Capital Federal de Washington, D.C., cuyo propósito era el monitoreo, establecimiento de estándares y acatamiento para asegurar la protección medioambiental, con la convicción de proteger la salud humana y resguardar el medio ambiente natural - aire, agua y tierra-.

Según la EPA, las reglas del aire limpio, para las partículas finas, se centran en las partículas de 2.5 micrones o menores de tamaño, ya que estas partículas están vinculadas a problemas de salud, significativos incluyendo aumentos en muertes prematuras y, una gama de condiciones respiratorias y cardiovasculares serias.

En lo referente, al continente Europeo, se tiene que en 1996 se adoptó una Directiva Marco con objeto de aumentar la calidad del aire, que se ha visto acompañada de una serie de directivas de desarrollo. Se han elaborado asimismo estrategias de lucha contra la acidificación, el ozono y la eutrofización, en particular a través de la propuesta de Directiva sobre límites máximos nacionales de emisión. Las medidas y propuestas comunitarias en pro de la mejora de la calidad del aire prevén:

- Valores límite u objetivo de calidad del aire ambiente.
- Límites máximos nacionales de emisión para combatir la contaminación transfronteriza.
- Programas integrados de reducción de la contaminación en sectores concretos.
- Medidas específicas para limitar las emisiones o mejorar la calidad de los productos.

Se ha instaurado una cooperación estrecha con el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, establecido en el marco de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, así como con la Organización Mundial de la Salud.

5.2 Nacional

La Constitución de la República de Guatemala establece en sus artículos 93, 94, 95, 96, 97 y 99, el derecho a la salud, la obligatoriedad del estado en relación con la salud, la salud como bien público, la preservación del medio ambiente y el equilibrio ecológico y la obligación del estado en cuanto a velar por la calidad en la alimentación y nutrición. También en el Artículo 51, Protección a menores y ancianos, se indica que "**El Estado protegerá la salud física,**

mental y moral de los menores de edad... les garantizará su derecho a la alimentación, salud, educación y seguridad y previsión social²²

Aunque no existe una legislación específica que aborde la salud ambiental, el Código de Salud y algunos reglamentos, si la incluyen; en su artículo 4 enfatiza la obligatoriedad del estado de velar por la salud de los habitantes bajo los principios de equidad, solidaridad y subsidiaridad. Se menciona también en ese artículo 4, que se garantiza la prestación de servicios de salud a los sectores de bajos ingresos económicos.

En el artículo 17, establece como funciones importantes del MSPAS, entre otras, formular políticas nacionales de salud, dictar medidas a través de leyes y reglamentos para la protección de la salud de sus habitantes, desarrollar acciones de promoción, prevención, recuperación y la rehabilitación de la salud. El artículo 38 establece como acciones aquellas que están dirigidas a interrumpir la cadena epidemiológica de las enfermedades. El artículo 41 del Código de Salud se dedica a la salud de la familia, con especial énfasis en la mujer y la niñez. En los artículos 52 y 65 se menciona la obligatoriedad del MSPAS y las otras instituciones del sector en la prevención, control y erradicación de las enfermedades transmisibles, así como en la protección del medio ambiente y la eliminación de reservorios que facilitan la proliferación de vectores.

Entre otras acciones emprendidas por parte del sector salud, con la coparticipación o apoyo de otras instituciones relacionadas con la salud ambiental se pueden mencionar: La Feria Nacional de la Salud Ambiental. La primera feria se realizó en noviembre de 2002 y quedó instituida a través del Acuerdo Gubernativo No. 348-2002, de fecha 4 de octubre de 2002, con el mandato de realizarse todos los años durante la primera semana del mes de octubre. Los temas centrales tratados en la primera feria fueron: análisis y perspectivas de la salud ambiental, modelos de gestión del sector de agua potable y saneamiento, manejo sostenible de los recursos hídricos y su calidad, desechos sólidos y líquidos, plaguicidas y salud, experiencias comunitarias en proyectos de agua potable y saneamiento rural, así como emergencias y desastres en el sector agua y saneamiento. Además ha habido exposiciones de productos, materiales y equipos de salud ambiental, con participación del sector privado.

Por otro lado, se emitió el Acuerdo Biministerial (01-2002), entre el MSPAS y El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), cuyos objetivos son: a) Lograr un ambiente sano que contribuya a una mejor salud de la población; b) Fortalecer los niveles de organización en la administración pública para incorporar, los aspectos relacionados con la prevención del deterioro ambiental y los problemas de salud de la población; c) Canalizar en forma efectiva los

²² Constitución de la República de Guatemala.

recursos del país y de la cooperación internacional, que contribuya a satisfacer las necesidades establecidas, en particular de los que viven en situación de pobreza; d) Educar e informar oportunamente a la población, para lograr su mayor participación en el mejoramiento de los aspectos relacionados con la prevención del deterioro de la salud y el ambiente.

El sistema educativo de Guatemala ha contemplado una serie de programas y proyectos destinados a ampliar la cobertura y mejorar la calidad y equidad de la educación. Se han impulsado acciones para atender la problemática de las áreas rurales y para beneficiar a las poblaciones históricamente postergadas. Sin embargo, aún es necesario un esfuerzo para dar respuesta a las necesidades y características de dichas poblaciones, particularmente las indígenas, para lograr una mayor pertinencia cultural de la educación nacional.²³

La Secretaría de Bienestar Social es el ente rector de las políticas sociales dirigidas a los grupos vulnerables y tiene, como uno de sus propósitos, atender a los sectores más desprotegidos de la población. En este ámbito, la salud de los niños y niñas constituye un aspecto prioritario. La Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia es la instancia encargada de elaborar las políticas generales y centralizar los planes y programas de los distintos sectores.

Entre las medidas adoptadas, se trabaja en mejorar las condiciones del sistema atmosférico. En este sentido, se han realizado algunos esfuerzos dirigidos a mejorar la calidad del aire, en particular, mediante la aplicación de medidas regulatorias. El Acuerdo Gubernativo 1017-90 de fecha 9 de octubre de 1990, fijaba un plazo para el ajuste y afinamiento de los motores de los vehículos. Posteriormente, el Acuerdo Ministerial del Ministerio de Energía y Minas OM-051-91 del 16 de abril de 1991 prohibió la importación y consumo de gasolina con plomo. El 31 de marzo de 1992 se publicó el Decreto No. 20-92 que hace referencia a la implementación de la medida a partir del 1º de marzo de 1993 para que todos los vehículos importados al país y que hubieran sido fabricados a partir de 1993 deberían estar certificados en lo relativo a emisión de gases. Este Decreto fue derogado por el Decreto No. 82-97 de fecha 7 de octubre de 1997.

Posteriormente se emitió el Acuerdo Gubernativo No.14-97, de fecha 23 de enero de 1997, Reglamento para el Control de Emisiones de los Vehículos Automotores, que fue un instrumento jurídico que regulaba la cantidad y calidad de emisiones contaminantes del aire que podían generar los vehículos que circularan en el país. Con posteridad, el 22 de mayo de 1998 por Acuerdo Gubernativo No. 273-98, se emitió el Reglamento de Tránsito. El Acuerdo Gubernativo No. 14-97 fue derogado por el Acuerdo Gubernativo No. 930-98 de fecha 21 de diciembre del mismo año. El artículo 2 del anterior Acuerdo crea una comisión encargada de

²³ Diseño de Reforma Educativa, Comisión Paritaria de Reforma Educativa, Guatemala (1998).

elaborar el nuevo proyecto de Reglamento para dar cumplimiento al artículo 14 del Decreto No. 68-86 del Congreso de la República, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y sus reformas. Mientras se emitiera el nuevo reglamento, el MARN, y el Departamento de Tránsito coordinarían aquellas medidas que pudieran ejecutarse en resguardo de la atmósfera y su no contaminación. Actualmente se dispone de la iniciativa de reglamentación para el “Control de Emisiones Contaminantes Provenientes de Vehículos Automotores Terrestres”, la cual todavía está pendiente de ser aprobada.

Con respecto a las normativas, existentes en la República de Guatemala, se sintetizará la relación de las Leyes, que actualmente se encuentran vigentes y su relación con la salud y el medio ambiente (**Ver anexo 2**).

5.2.1 Principales organismos nacionales e internacionales ambientales, que operan en el País

Debido a la falta de una ley que articule la función y por consiguiente la penalización de las actividades contaminantes del aire, las diversas instituciones que operan en el País, no encuentran sustento jurídico/legal, para proceder en contra de los grandes contaminantes sociales existentes, a pesar de lo anterior impulsan en alguna medida determinadas normativas que contribuyen a minimizar tales efectos. Encontrándose las siguientes:

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Fiscalía de Delitos contra el Ambiente del Ministerio Publico.
- Comisión de Medio Ambiente del Congreso de la República.
- Oficina de medio Ambiente de la Procuraduría General de la Nación.
- Oficina de Medio Ambiente de la Procuraduría de Derechos Humanos.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Juzgados de Primera Instancia de Delitos Contra el Ambiente.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- ONG´s Nacionales e Internacionales.
- Dirección General de Protección Ambiental de la Policía Nacional Civil.

En la actualidad los niveles de contaminación y polución son objeto de normas internacionales, que bajo formas de reglamentaciones en valores limites a no sobrepasar, fijan las pautas para mantener o mejorar la calidad de vida de los habitantes. Esto ha inducido a que los países más afectados, encaren este problema con seriedad y responsabilidad para atenuar, disminuir y eliminar este fenómeno, a través de una adecuada legislación y medidas drásticas dirigidas a proteger el medio ambiente y la calidad del aire.

Establecida una vez, la tendencia de las normativas existentes en el área, se procede al análisis histórico del parque vehicular, los niveles de contaminación del aire y los reportes de enfermedades de tipo respiratorio en el departamento de Guatemala.

6. ANÁLISIS HISTÓRICO DEL PARQUE VEHICULAR, LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y, SUS EFECTOS EN LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS (2004-2008)

La situación geográfica de la ciudad de Guatemala, cuenta con la condición de poseer una vía libre, para la circulación del viento; proveniente del noreste, la mayor parte del año; lo cual puede presentar una adecuada dilución de los contaminantes gaseosos y particulados, ya que los mismos pueden ser transportados por el mismo viento, lo que favorece un continuo sistema de limpieza del aire de la Ciudad. Sin embargo dicha circulación puede no ser suficiente, lo que conlleva en época seca al riesgo de inversiones de carácter térmico²⁴.

A continuación se puede apreciar algunos parámetros naturales existentes en espacio geográfico de la ciudad de Guatemala:

Tabla 8
Caracterización del área del valle de la ciudad de Guatemala
República de Guatemala
(2008)

Parámetro	Valor
Área del Valle de la Ciudad, conformada principalmente por la Cuenca del Río Villalobos y la Cuenca del Río Las Vacas.	850 Km ²
Altura, depende de la región del área metropolitana, la cual se conforma desde el Valle Central hasta las Montañas Periféricas.	1500 a 2200 - 2300 msnm.
Precipitación Pluvial, el valor presentado corresponde a la Región Central del Valle.	1100 - 1200 mm. de lluvia (L/m ² /año).
Épocas Climáticas, definidas dos.	Época lluviosa (mayo a octubre) Época seca (noviembre a abril)
Vientos, La mayoría del año los vientos provienen del Noreste y para la época lluviosa a veces provienen del Sur.	Noreste. Sur.

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. INSIVUMEH. (2008).

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala es una organización científica del gobierno de Guatemala. Fue creado para estudiar y monitorear fenómenos y eventos atmosféricos, geofísicos e hidrológicos, sus riesgos para la sociedad, y ofrecer información y recomendaciones al gobierno y el sector privado en la ocurrencia de un desastre natural. Tiene cuatro disciplinas principales: Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. El INSIVUMEH fue creado el 26 de marzo de 1976, poco después del terremoto de 1976, y forma parte del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

²⁴ La amplitud térmica, hace referencia a la diferencia de temperaturas entre el mes más caluroso y el mes más frío o, entre el día y la noche. Encarta (2008).

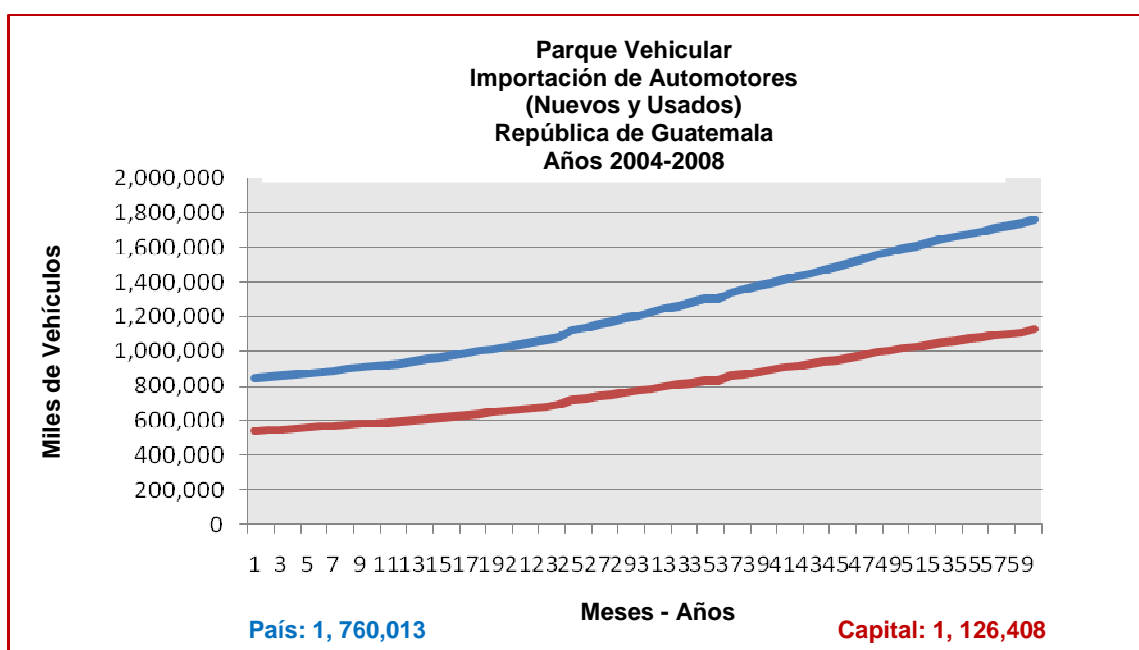
6.1 Parque vehicular

Entre los fenómenos ecológicos y ambientales de creciente preocupación a nivel mundial y continental, se encuentra la contaminación del aire de los centros urbanos y que es provocada por distintas fuentes y en particular y con gran incidencia, por las emisiones de gases tóxicos provenientes de vehículos automotores denominados “Fuentes Móviles”.

Al evaluar, la variable parque vehicular, es imprescindible analizar la tendencia creciente acumulativa, de automotores existentes en la ciudad de Guatemala por lo tanto, a continuación se detalla dicha situación. **(Ver anexo 3).**

Es idóneo aclarar, que anterior al año 2004, existía una flota vehicular que ascendía a 844,654 automotores (motocicletas, vehículos livianos entre nuevos y usados, tráileres, urbanos, extraurbanos, escolares y otros). Al finalizar el quinquenio evaluado se puede apreciar que la cantidad de flota llegó a 1, 760,013 unidades. De los cuales aproximadamente el 64% fueron registrados en la ciudad Capital.²⁵

Gráfica 1

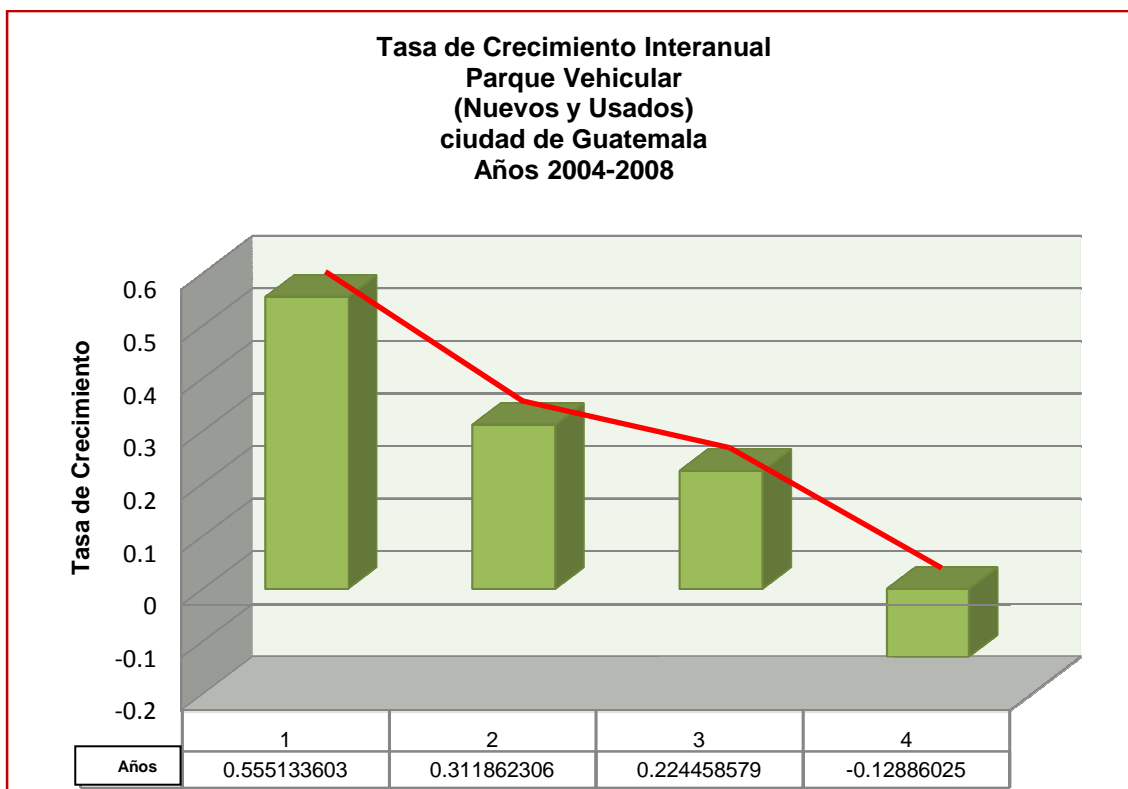


Fuente: Elaboración propia con datos de la SAT (2009).

Es indudable, que acumulativamente el parque vehicular a nivel República, se incrementó durante el quinquenio evaluado, sin embargo analizando la tasa de crecimiento, en la ciudad de Guatemala, se observó:

²⁵ Dirección de Infraestructura, Municipalidad de Guatemala.

Gráfica 2



Fuente: Elaboración propia con datos de la SAT (2009).

Interanualmente la tendencia es: relacionando los dos primeros años (2004-2005) el ingreso del parque vehicular aumentó de 5071 a 7886 automotores en promedio, lo que representa un 55.5% de incremento; en lo referente a los siguientes años (2005-2006) refleja un incremento del 31% lo que equivale a 2459 vehículos; entre el 2006-2007, es del 22% que es igual a 2323; para observarse en el último período evaluado (2007-2008) un decremento en alrededor de 13% que representan 1633 vehículos menos que ingresaron a la Ciudad.

6.2 Contaminación atmosférica en el área, en su componente PM₁₀

Según, el (LMA) las estaciones de muestreo se han localizado tomando en consideración factores técnicos, que permiten realizar un análisis representativo de la calidad de aire en la Ciudad; entre los cuales se pueden mencionar: El tráfico vehicular, la densidad poblacional, la densidad industrial, el flujo del viento y la seguridad para la colocación del equipo de muestreo.

Con base a lo antepuesto, se han establecido dos tipos de estaciones de monitoreo.

Tabla 9
Puntos de Muestreo
Zona Urbana y Zona Residencial
ciudad de Guatemala
(2004-2008).

Zona Urbana (Alto flujo Vehicular)	Zona Residencial (Bajo flujo Vehicular)
1. Avenida Petapa, zona 12, Coordenadas: N 14°35.264 □ W 90°32.731 □ Altitud: 1504 msnm.	3. Museo de la USAC, Zona 1, Coordenadas: N 14°38.326 □ W 90°30.657 □ Altitud: 1508 msnm.
2. Calzada Roosevelt, Zona 11, (INCAP) Coordenadas: N 14°36.968 □ W 90°32.393 □ Altitud: 1527 msnm.	

Fuente: Laboratorio del Monitoreo del Aire, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. (2008).

Inicialmente, el LMA, evaluaba en seis estaciones pero, lamentablemente, por situaciones de gastos y deterioro del equipo, únicamente evalúa hoy día tres; por tanto los cálculos para la generación de un modelo econométrico que evidencie la hipótesis planteada, será considerado por las estaciones señaladas en el cuadro.

Es importante apuntar que, la relación de la contaminación del aire se evaluó a través de las partículas en suspensión en su fracción menor a 10 micrómetros, conformadas regularmente por polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, sólidas o líquidas, cemento y polen. Se originan principalmente en los procesos humanos de combustión industrial, doméstica y de transporte, en forma natural son producidas por la erosión, erupciones volcánicas e incendios forestales.

Debido a su capacidad de penetrar profundamente por las vías respiratorias, pueden producir graves irritaciones a las vías, agravar el asma e influyen negativamente en las enfermedades cardiovasculares. Es oportuno, tomar en consideración que los daños en la salud, de cualquier sociedad, dependen de los efectos adversos que los contaminantes producen en las personas; de la magnitud del cambio (dosis-respuesta), del tamaño de la población expuesta a tales situaciones de contaminación.

Así también, por cuestiones de horarios de descanso (vacaciones y asuetos programados en el año lectivo) el LMA no efectúa monitoreos en los meses de junio y diciembre de cada año, razón por la cual el investigador haciendo uso de las herramientas matemáticas y estadísticas, consistentes en regresiones y proyecciones, así como tasa de crecimiento, se procedió al cálculo de dichos datos con los que no se contaban.

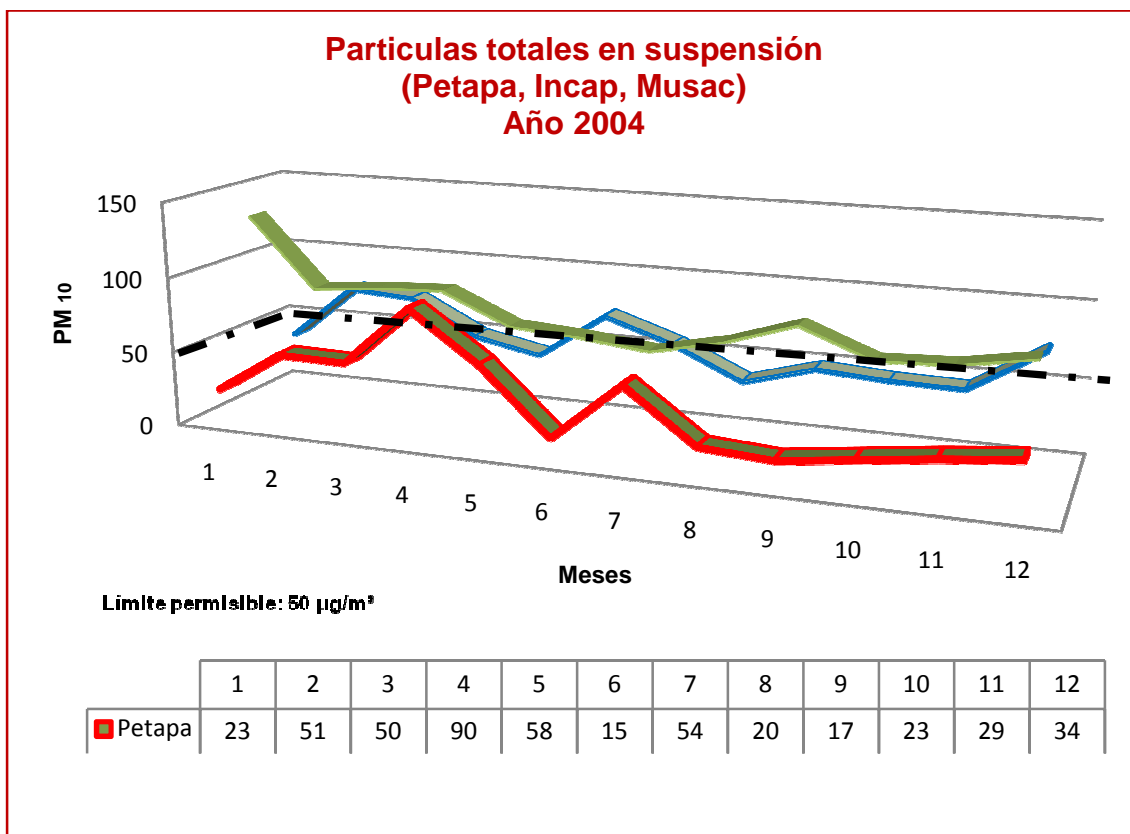
Es elemental, aclarar que el análisis de las partículas en suspensión en su fracción PM₁₀, son todas aquellas partículas sólidas o líquidas dispersas en el aire con un diámetro menor a 10 micrómetros. La contaminación per-sé, explica los altos índices de enfermedades de tipo respiratorio que aquejan a la población, sin embargo a continuación se analizan los monitoreos del aire, comprendidos en el quinquenio en estudio. Como se apuntó anteriormente los tres lugares seleccionados para tal efecto:

- Avenida Petapa (Dentro de las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala)
- INCAP
- MUSAC

Los datos consignados pueden observarse en el **(Anexo 4)**.

Al evaluar los datos del primer año:

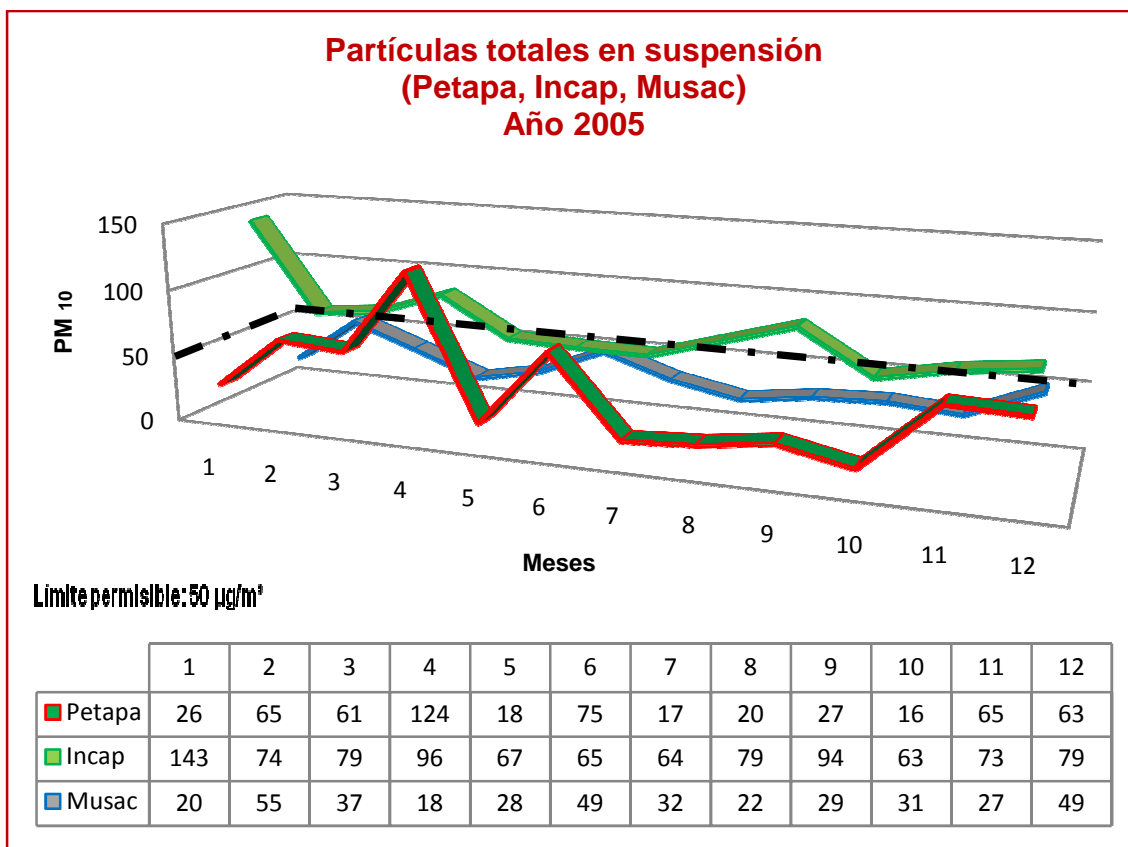
Grafica 3



Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

En el 2004, en lo que respecta al monitoreo elaborado en la Petapa, se dieron mediciones que sobrepasaron los límites permisibles en cuatro de los doce meses evaluados, lo que corresponde a un 33% de los mismos; en el Incap todos los meses sobrepasaron los límites y en el Musac únicamente fueron cinco meses; se puede observar que el 58% de los monitoreos evidenciaron alzas en los estándares permitidos por la O.M.S. **(Ver tabla 2, del capítulo 4)**.

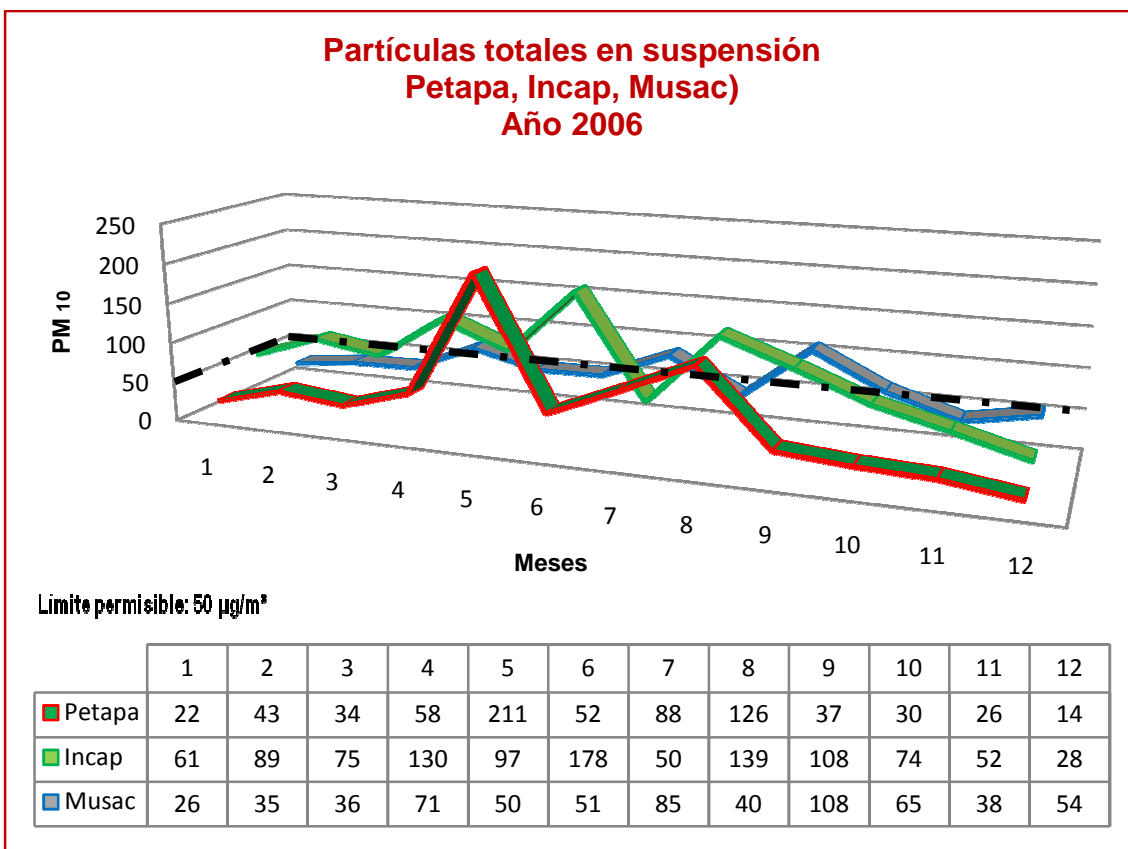
Grafica 4



Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

Los sitios monitoreados, denotan que en el caso de la Petapa, el 58% de los datos recopilados sobrepasaron los límites permisibles, en lo referente al Incap, los 12 meses evidencian un alto grado de contaminantes en su fracción PM₁₀ y, en lo referente al Musac solamente el 8% de los meses estimados sobrepasan lo establecido por los estándares aceptados.

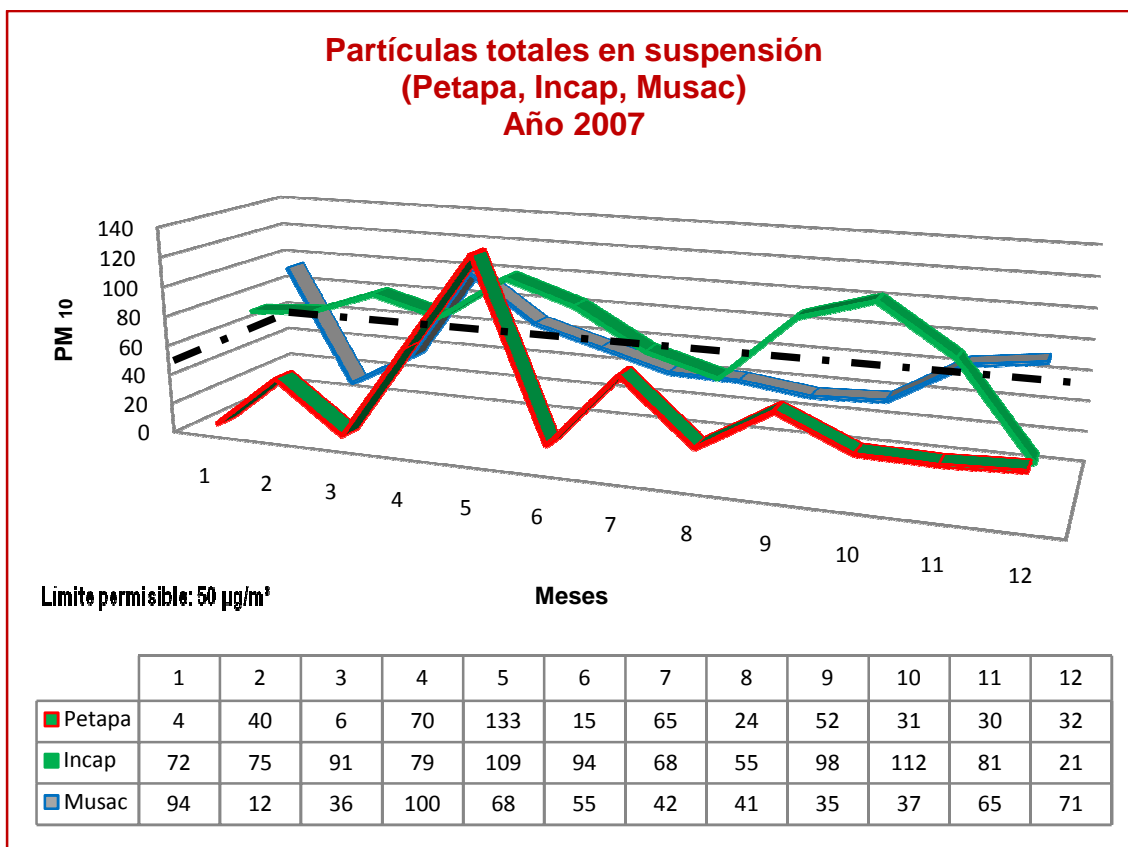
Grafica 5



Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

En el lugar monitoreado denominado Petapa, es indudable, que durante mayo y agosto los datos arrojados sobrepasaron en demasía los estándares establecidos mundialmente, lo que indica que estos valores extremos impactaron negativamente en la salud de la población, observándose posteriormente un decremento en los datos de PM₁₀, es de tener presente que lamentablemente las fuentes móviles no son exclusivamente las únicas emanadoras de tal contaminación, pues en el sector se ubican las principales fábricas consideradas fuentes fijas de tal fenómeno, en lo referente al Incap únicamente en diciembre se observa un decremento notorio, pero considerando la baja densidad vehicular producto del fin de año escolar y asuetos nacionales; en lo que respecta a Musac únicamente el 12% de los meses medidos sobrepasaron los límites.

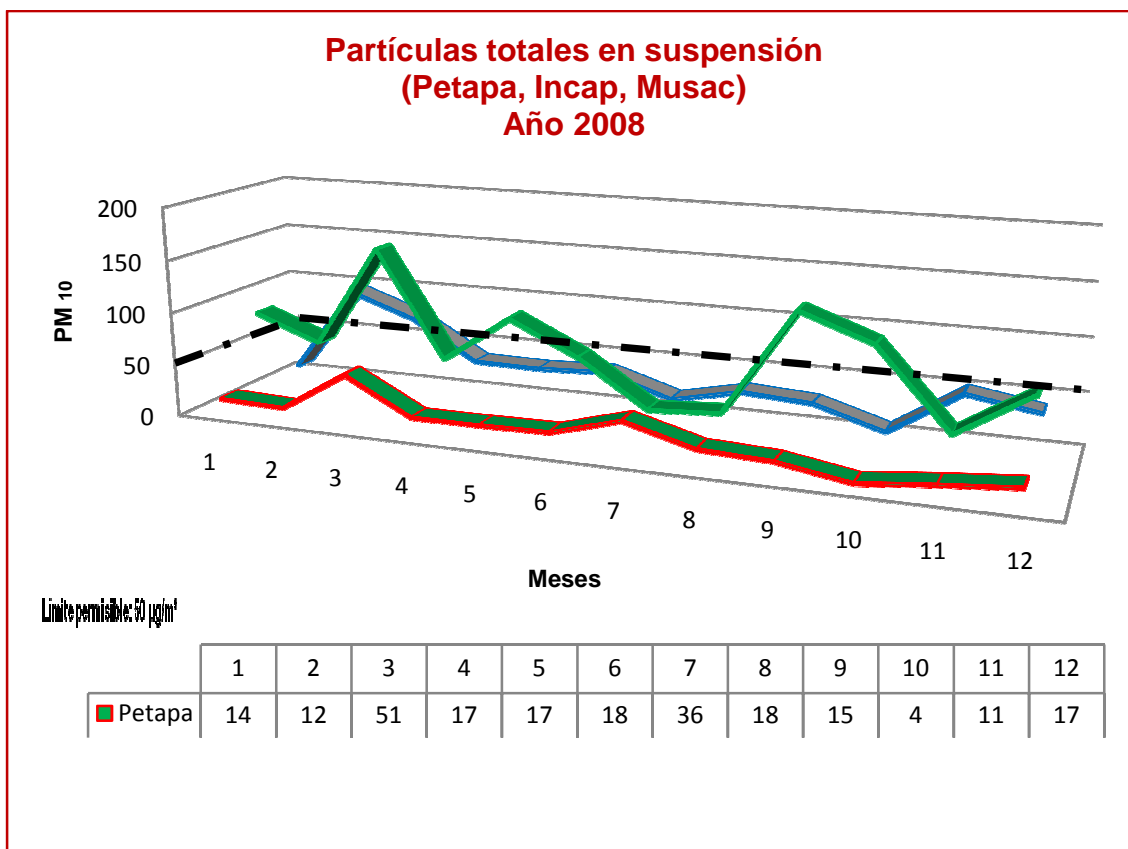
Grafica 6



Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

En la Petapa, se observa que al inicio de este año, los niveles eran mínimos en comparación con los años anteriores, nuevamente se observa un alza en mayo, sin embargo a partir de agosto inclusive, se detectan los contaminantes en la fracción estudiada inferiores a los límites permisibles, el Incap como se ha venido observando a excepción de diciembre evidencia datos relativamente altos y en lo que se refiere a Musac, en abril denota el doble de lo permitido dentro de los estándares establecidos.

Grafica 7

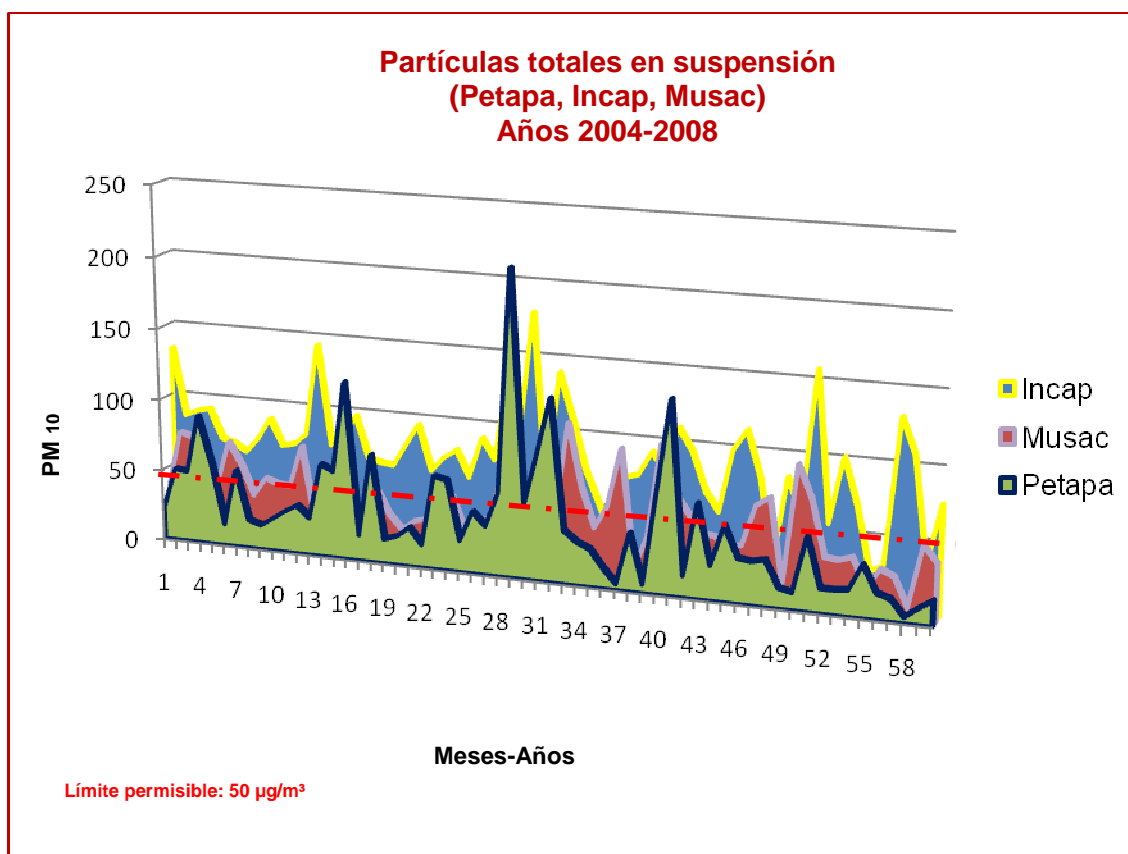


Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

Se puede apreciar en 2008, una baja considerable en lo que respecta a Petapa, únicamente evidenciando en marzo que sobrepasó los límites permisibles a duras penas, en lo referente a Incap, es notorio que el 68% de los meses monitoreados sobrepasaron los límites y finalmente en lo que respecta a Musac, solamente el 12% fue más allá de lo aceptado en los estándares previamente establecidos. Para las estadísticas descriptivas (**Ver anexo 5**).

Con el propósito de poder observar el quinquenio evaluado, se presenta a continuación los datos que corresponden a dicho período.

Grafica 8



Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

Evaluando la tendencia del quinquenio, en relación a Incap, se reportó de la forma siguiente: partiendo de un promedio puntual de 82 µg/m³ solamente el 40% superó tal condición, de ahí que los meses de mayor impacto en el quinquenio fueron, en 2004 enero y abril, 2005 enero, abril y septiembre, 2006 abril, junio, agosto y septiembre, 2007 reportó mayo y octubre, para concluir con 2008 impactando marzo, mayo, septiembre y octubre; con respecto a Musac, se tuvo una media puntual de 47 µg/m³ en donde el 43% de los meses reportados superó dicha medida, observándose durante el 2004 febrero, marzo, junio, julio, septiembre y diciembre; en 2005 febrero, junio y diciembre, 2006 abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre y diciembre, 2007 enero, abril, mayo, junio, noviembre y diciembre, cerrando el 2008 con febrero, marzo y noviembre; en el caso de Petapa se tiene que un 37% de los reportes mensuales sobrepasan el promedio puntual -42 µg/m³- los de mayor evidencia fueron abril de 2004, abril de 2005, mayo y agosto de 2006 y mayo de 2007, en lo que respecta a 2008 se observó que ninguno de los meses monitoreados fue mayor que el promedio determinado.

6.3 Registro de enfermedades respiratorias en la población

En América Latina, recientes estudios realizados por organismos internacionales como la O.M.S., B.M., O.N.U. y fundaciones como la Swisscontact/ProEco y otros, han demostrado la creciente contaminación atmosférica proveniente de fuentes móviles en grandes ciudades y capitales como la ciudad de México (México), Santiago de Chile (Chile), Sao Paulo (Brasil), y otros y donde se ha llegado a límites alarmantes para la salud de su población.

En efecto, estudios médicos han comprobado que la respiración de aire contaminado con residuos de elementos tóxicos emitidos por vehículos automotores y en particular de monóxido de carbono e hidrocarburos libres, provocan enfermedades respiratorias, pulmonares, cardiovasculares y cerebrales, siendo los niños y ancianos los que más sufren las consecuencias de este hecho. En los niños se ha comprobado en elevadas proporciones retardo en el crecimiento y aprendizaje, problemas de audición y otros, lo que es motivo de preocupación de padres de familia y docentes.²⁶

El INE de igual manera, traslada datos de pacientes atendidos en los servicios externos de los centros hospitalarios privados y centros de salud, detallados a continuación:

Tabla 10
Pacientes atendidos en servicios externos
ambos sexos
Centros Privados y Centros de Salud
departamento de Guatemala
(2006).

Orden/Causas	Pacientes Atendidos
1. Infección respiratoria de las vías superiores	18,594
2. Niño Sano	13,041
3. Infección Urinaria	12,386
4. Hipertensión Arterial	12,188
5. Diarrea	11,620
6. Amigdalitis	10,920
7. Embarazo	8,850
8. Bronquitis	8,248
9. Diabetes Mellitas	8,048
10 Enfermedades Pépticas	8,036

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE, Guatemala. (2006).

²⁶ Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional para las Américas.

Asociado, a los anteriores datos, se evaluará la variable IRAS, según datos recopilados por el investigador en los hospitales nacionales de la ciudad de Guatemala, durante los años comprendidos del 2004-2008. **(Ver anexo 6).**

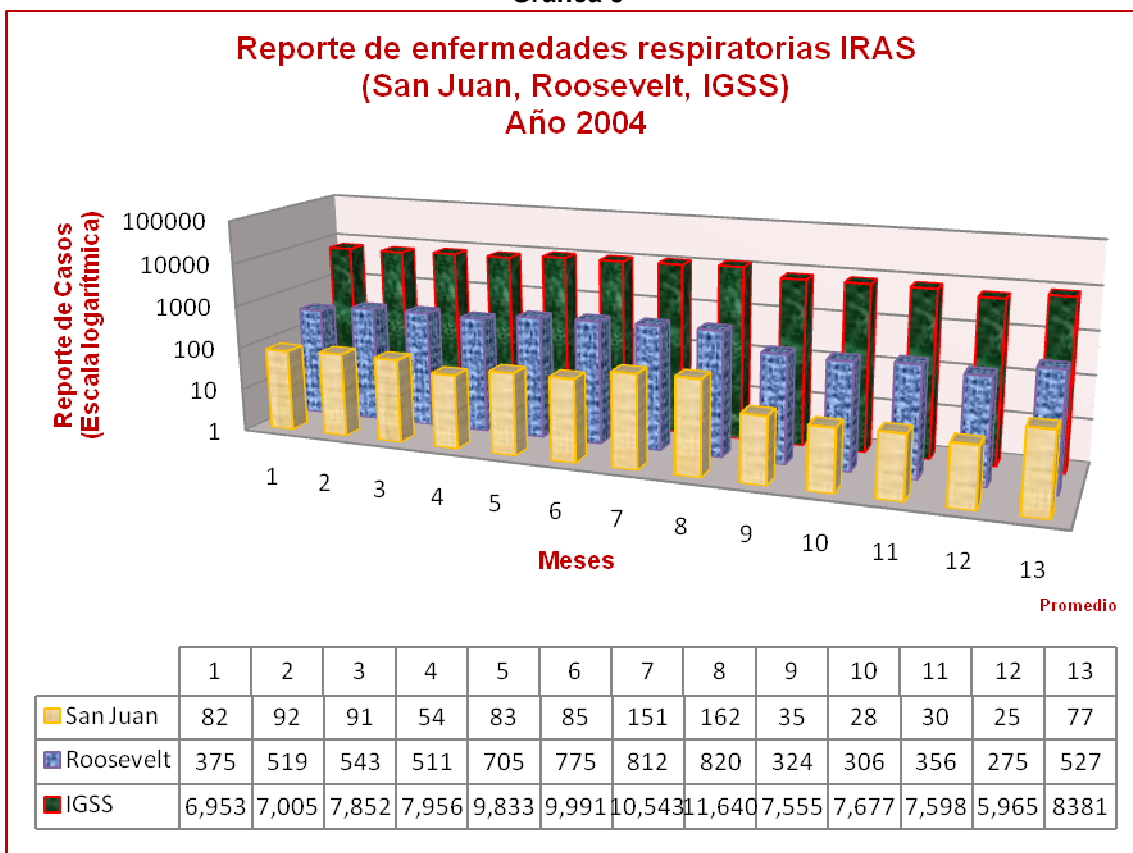
Las estadísticas de las IRAS, reportaron 491,717 casos de problemas respiratorios, lo cual se incrementa a inicios de la época de invierno de cada año, existe una relación puntual en el incremento de los mencionados reportes durante los meses entre julio-agosto de cada año. Los datos aportados, en su orden:

- Hospital del Seguro Social (IGSS) 91%
- Hospital Roosevelt 7%
- Hospital San Juan de Dios 2%

Lo anterior apunta, que las personas acuden al IGSS, por el equipo que posee así como por el personal y la atención que le brindan, sin embargo es imperante que los otros dos nosocomios apunten sus estrategias para mejorar la atención a los pacientes que la soliciten.

Gráficamente se tiene:

Gráfica 9



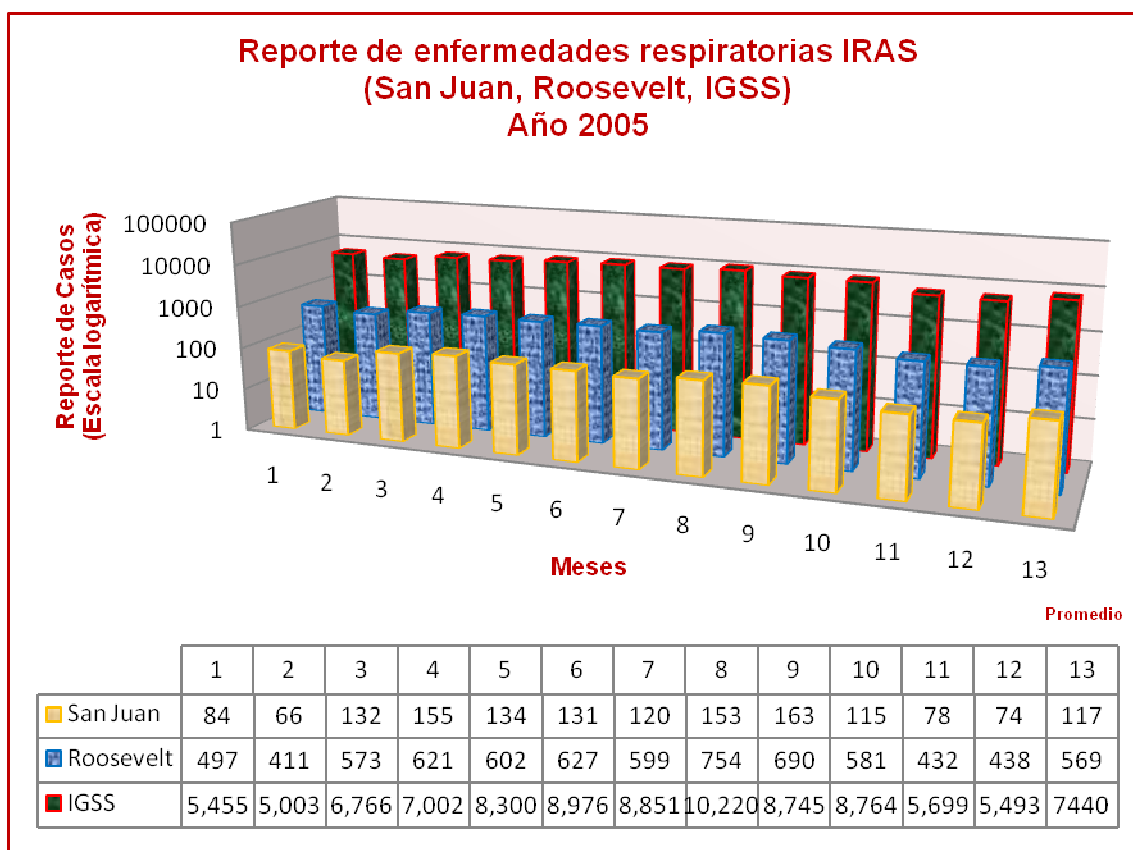
Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

Se puede observar que en este año la tendencia fue creciente, alcanzando su punto álgido aproximadamente en el mes de agosto cuando se reportaron 12,622 casos, posteriormente se observa un decremento mayor que al inicio del período, finalizando en diciembre con 6,265 casos que en su mayoría no ameritaron hospitalización, pues únicamente se registraron en consulta externa.

La media estadística superó los 8,983 casos, o sea que es el promedio anual de casos reportados con afecciones de tipo respiratorio. La mediana indica que aproximadamente 50% de los casos están por abajo y por arriba de los 8,248 reportes existentes. La desviación estándar encontrada para este período fue de 1,931 casos aproximadamente, lo cual indica que es la tendencia a variar en el período evaluado. La curtosis explica que la distribución de los datos gráficamente es leptocúrtica o sea mayor a cero, que indica un mayor apuntalamiento de ellos. En cuanto al coeficiente de asimetría deja entrever, que la mayoría de las observaciones se aglomeran sobre los 8,983 casos.

En lo que respecta, al 2005 se deja ver:

Gráfica 10



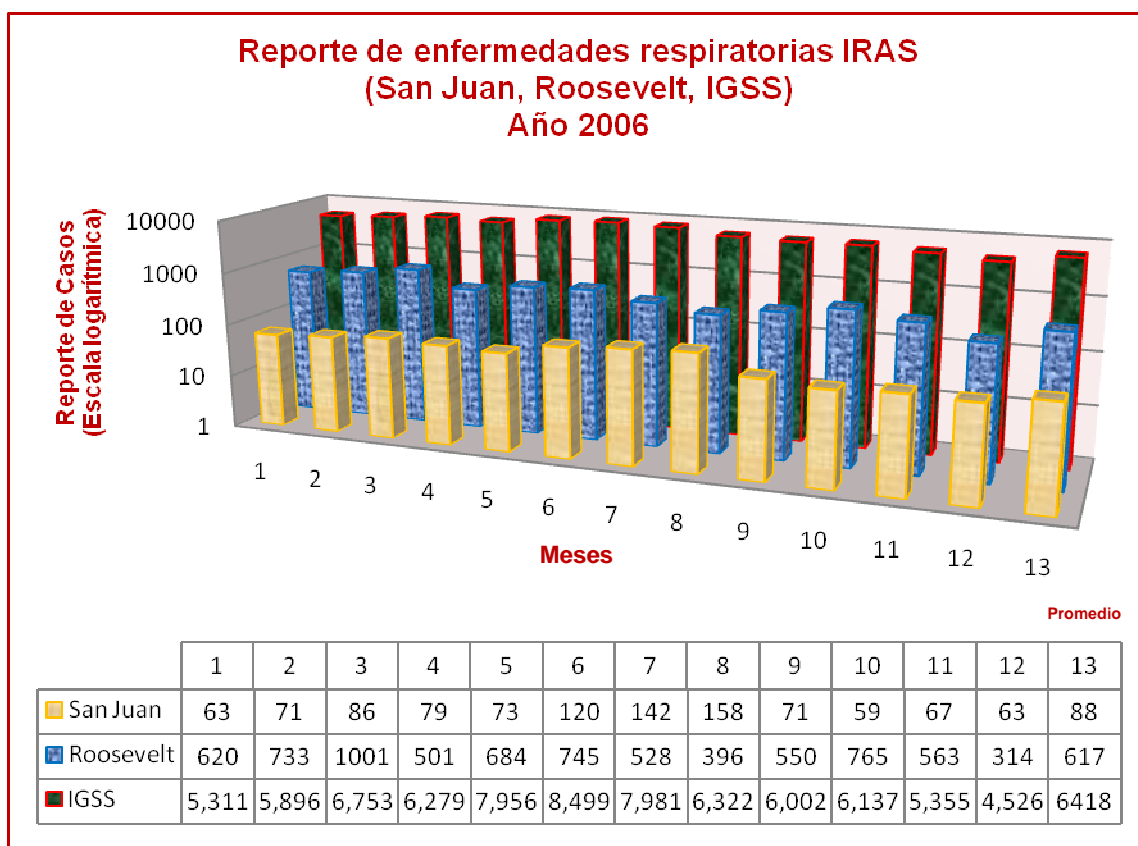
Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

En el 2005, se inician los reportes sobre los 6,036 casos, para nuevamente observar su punto máximo en agosto, reportando para este mes 11,127 y, finalizando nuevamente sobre los

6,000 casos en diciembre; reiteradamente en la mayoría de los casos reportados y evaluados no fue necesaria hospitalización. En cuanto a las estadísticas descriptivas, el análisis es como sigue, reportándose 94,694 casos para este año.

La media aritmética, se ubicó en 8,125 casos reportados. La mediana al igual que la media osciló en 8,407 casos, existiendo una desviación estándar de 1,871 casos, la curtosis indica la presencia de una tendencia gráfica de tipo leptocúrtica, con mayor apuntalamiento que una distribución de tipo normal. El coeficiente de asimetría indica que la mayoría de datos u observaciones se ubican por debajo de la media.

Gráfica 11

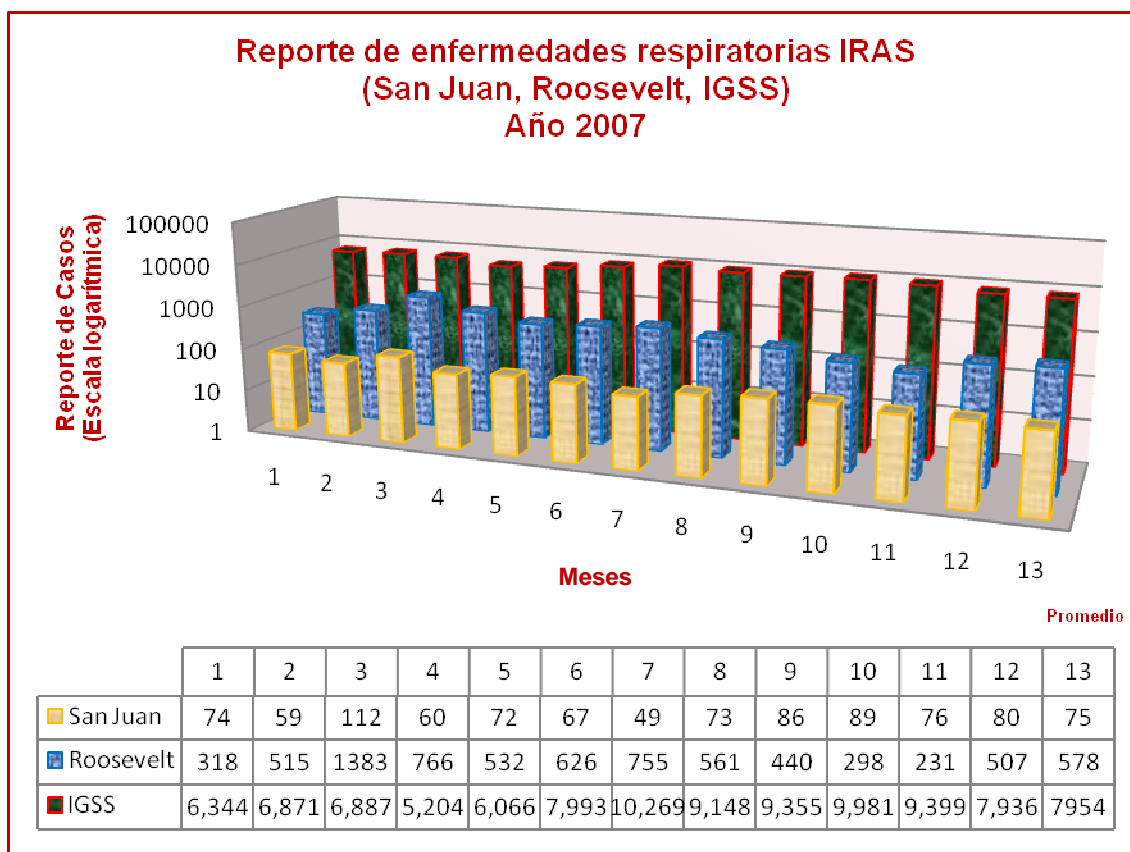


Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

En el 2006, inicia con reportes sobre los 5900 casos, llegando a su punto máximo en junio con 9,364. Igualmente que en años anteriores se observa una tendencia hacia la alza aproximadamente a mediados de año para finalizar, como ya se apuntó con aproximadamente 1,000 casos menos que al inicio. El total de casos reportados fue de: 85,469, que de igual manera se reportó que no ameritaron en la mayoría de los casos hospitalización. En cuanto a las estadísticas descriptivas:

Dentro del presente año, se observa una media de 7,122 casos reportados en promedio para el año en relación, la mediana se encuentra en 6,867 casos que establece el 50% de los casos aproximadamente, La variación promedio con respecto a la media se establece por medio de la desviación estándar, siendo la misma de 1,296 casos reportados, la curtosis evidencia una forma de campana de tipo leptocúrtica, en forma apuntalada en el centro que es donde convergen los datos. En cuanto al coeficiente de asimetría la mayor parte de datos se aglomeran bajo los valores menores a la media aritmética establecida.

Gráfica 12



Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

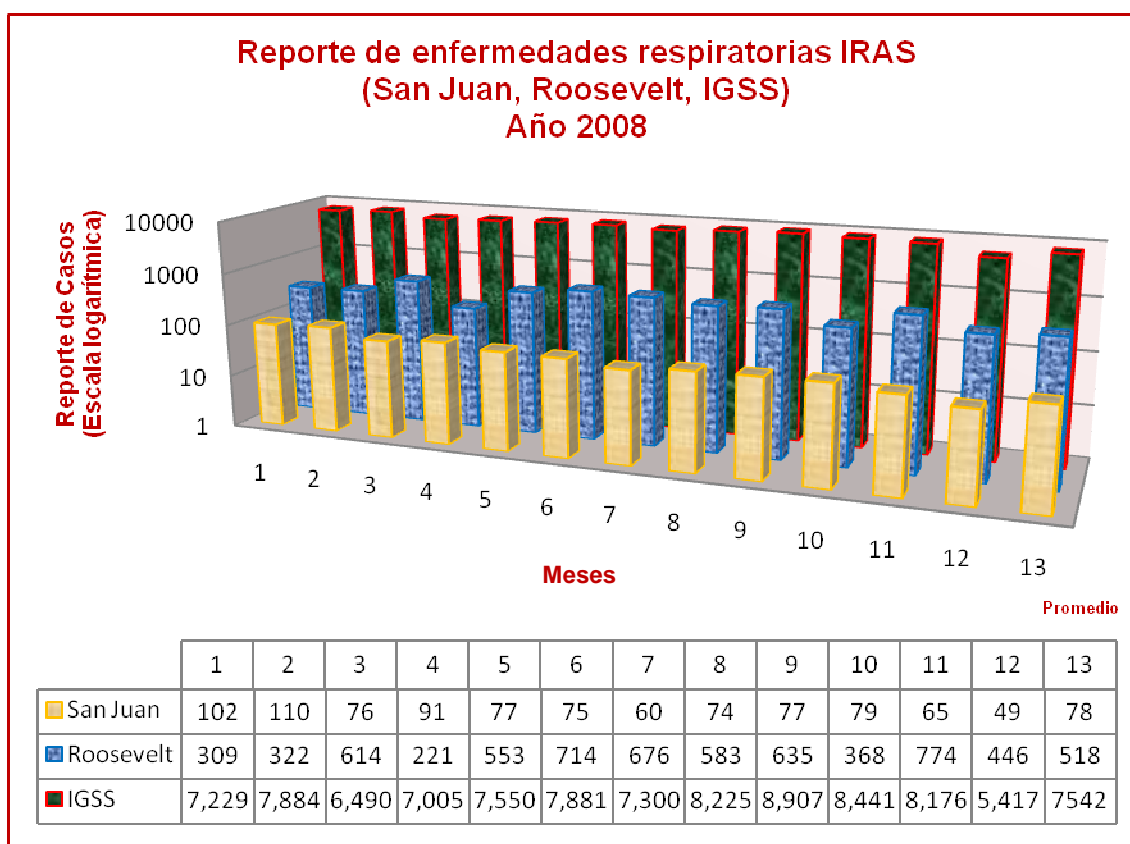
Los casos reportados para este año (2007), fueron en el orden de 103,282; evidenciando en octubre como el más alto con 10,368 casos, igualmente se puede ver que en marzo existió un repunte por sobre los 8,300 para finalizar en diciembre con 8,523 casos evaluados. No ameritaron hospitalización en la mayoría de los casos descritos. Referente al análisis de las estadísticas, es a continuación:

En el presente año, se observa una media de 8,606 casos reportados en promedio para el año en estudio, la mediana se encuentra en 8,604 casos que establece el 50% de los casos aproximadamente se encuentran bajo y sobre la misma, la variación promedio con respecto a la media se establece por medio de la desviación estándar, siendo la misma de 1,615 casos

reportados, la curtosis evidencia nuevamente una forma de campana del tipo leptocúrtica, en forma apuntalada en el centro que es donde confluyen los datos. En cuanto al coeficiente de asimetría la mayor parte de datos se aglomeran bajo los valores a la media aritmética determinada.

El total de casos reportados para este año (2008) fue de: 97,655 de los casos donde se dio un incremento puntual fue en septiembre con 9,619, iniciando con 7,640 para enero y terminando en diciembre con 5,912. Es oportuno evidenciar que a lo largo del análisis del quinquenio en cuestión únicamente en este año se observó un cambio para septiembre.

Gráfica 13

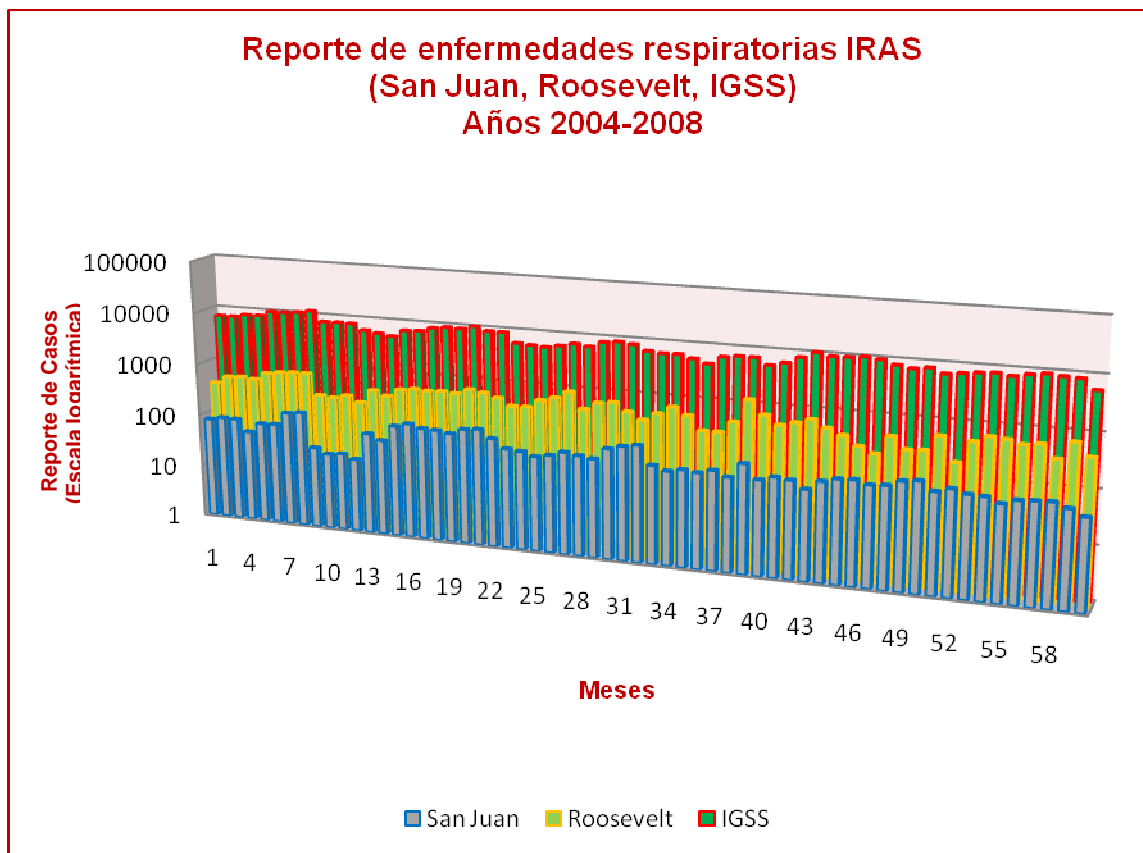


Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

Con respecto al análisis de estadísticas descriptivas, este año, observa una media aritmética de 8,137 casos, la mediana se encuentra en 8,248 casos que establece el 50% de los casos aproximadamente se encuentran bajo y sobre la misma, la desviación estándar es de 1,009 casos que explica la tendencia a variar en términos de promedio con respecto a su media; la curtosis explica que, siendo mayor a cero, evidencia un apuntalamiento de la concentración de los datos, originando una campana de tipo leptocúrtica, para finalizar con el coeficiente de asimetría que revela que la mayor cantidad de observaciones se encuentran bajo la media encontrada.

Con fines didácticos se procede a graficar el quinquenio objeto de estudio:

Gráfica 14



Fuente: Elaboración propia con datos de Hospitales Nacionales (2009).

Puede observarse la tendencia plasmada en el tiempo, denotando que los casos reportados sobrepasan la media establecida de 8,023, durante mayo a agosto en los años del 2004 al 2006, en el año 2007 comienza en junio y termina en diciembre, es interesante observar que durante julio del año en mención los casos disminuyeron a 1073 reportados, pero en el 2008 nuevamente se inicia en mayo y finaliza en noviembre. Evaluando los datos históricos del quinquenio analizado, se puede que el 47% de los meses sobrepasaron los casos en promedio reportados, lo cual evidencia el impacto en la salud de la población en relación a las enfermedades de origen respiratorio.

El total de casos reportados en el quinquenio evaluado es de 491717 mismos que en su mayoría no ameritaron hospitalización, al observar el dato anterior y comparándole con la

población existente en ese mismo período que asciende a 2994047, evidencia que la tasa de morbilidad²⁷ existente en el área supera el 6% por cada mil habitantes.

Las estadísticas descriptivas se pueden observar en el **(Anexo 7)**.

A continuación se presentan las 10 primeras causas de mortalidad en la República de Guatemala, según el Informe de estadística vitales del INE, del año 2006.

Tabla 11
Diez primeras causas de mortalidad
departamento de Guatemala
(2006).

Orden	Masculino		Femenino	
	Casos reportados	(40,650) 100%		(29,106) 100%
1	Neumonías	6.6	Neumonías	7.8
2	Homicidios	6.0	Bronconeumonía	5.1
3	Bronconeumonía	4.0	Diarrea y gastroenteritis, con presunción de origen infeccioso	4.6
4	Evento no especificado	3.9	Diabetes mellitus	4.4
5	Diarrea y gastroenteritis, con presunción de origen infeccioso	3.8	Desnutrición proteicocalórica	4.3
6	Infarto agudo miocardio	3.4	Infarto agudo miocardio	3.7
7	Desnutrición proteicocalórica	3.1	Senilidad	3.6
8	Cirrosis hepática	2.9	Paro cardíaco	2.8
9	Disparos de armas de fuego	2.5	Hipertensión esencial (primaria)	2.7
10	Diabetes mellitus	2.4	Tumor maligno de estómago	2.5
11	Otras causas (menores al 1% c/u)	61.4	Otras causas (menores al 1% c/u)	58.5

Población (2006) departamento de Guatemala: 2, 879,664 habitantes.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE, Guatemala. (2006).

6.4 Modelo Econométrico

Iniciando con que, la econometría es el arte que consiste en encontrar el conjunto de supuestos que sean, suficientemente específicos y realistas, de tal forma que le permitan aprovechar de la mejor manera los datos que tiene a su disposición²⁸. Se plantea el modelo econométrico que generó tal investigación, (véase capítulo 3.2). Una vez establecidos los parámetros estadísticos previos se procede a evaluar las variables, en la forma a ser analizadas, para tal efecto se tiene el análisis de la variable iras, la variable Pm₁₀ y el parque vehicular.

²⁷ Es la cantidad de personas o individuos, considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinado, cuando se habla de tasa se refiere al porcentaje obtenido por cada mil habitantes, los estándares internacionales establecen que una vez sea menor del 15% es relativamente baja la tasa de morbilidad encontrada. (Nota del autor).

²⁸ E. Malinvaud, Statistical Methods of Econometrics, Chicago (1966:514).

Tabla 12
Datos Mensuales de la Variable Enfermedades Respiratorias Agudas (Iras)
Hospitales Nacionales
ciudad de Guatemala
(2004-2008)

IRAS (Datos mensuales)	Mes	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
	Enero	7410	6036	5994	6736	7640
	Febrero	7616	5480	6700	7445	8316
	Marzo	8486	7471	7840	8382	7180
	Abril	8521	7778	6859	6030	7317
	Mayo	10621	9036	8713	6670	8180
	Junio	10851	9734	9364	8686	8670
	Julio	11506	9570	8651	11073	8036
	Agosto	12622	11127	6876	9782	8882
	Septiembre	7914	9598	6623	9881	9619
	Octubre	8011	9460	6961	10368	8888
	Noviembre	7984	6209	5985	9706	9015
	Diciembre	6265	6005	4903	8523	5912

Fuente: Elaboración propia con datos de los Hospitales Nacionales (2009).

Una forma útil de enfocar, la identificación de patrones pasados y de su extrapolación al futuro, dentro de una serie de datos, es tratarlos como si comprendieran cuatro elementos: estacionalidad, tendencia, ciclicidad y aleatoriedad. Una de las grandes ventajas de los métodos cuantitativos, es la facilidad que se tiene para identificar los elementos de estacionalidad, tendencia, ciclicidad y aleatoriedad de manera eficiente y razonablemente objetiva, en los métodos discrecionales los anteriores elementos se infieren a través de la experiencia adquirida de observaciones repetidas.²⁹ La importancia de estacionalizar una serie de datos radica, es que si bien es cierto que existen factores que afectan el comportamiento de la misma, también es indiscutible, que unos son muy notables, pero por el contrario otros no lo son, por lo cual su impacto es menos fácil de identificar.

En la terminología del mundo de los pronósticos, la identificación de patrones pasados, se asocia generalmente con series de tiempo -es decir patrones que están relacionados directamente con el paso del tiempo- en tanto que la identificación de relaciones generalmente está asociada con impactos causales, en donde un cambio en uno de los factores afecta directamente la característica en consideración.

Es de tomar en cuenta, que se efectuó un análisis basado en los promedios mensuales, así (enero 2004-2008 y así sucesivamente). De lo anteriormente expuesto, los factores

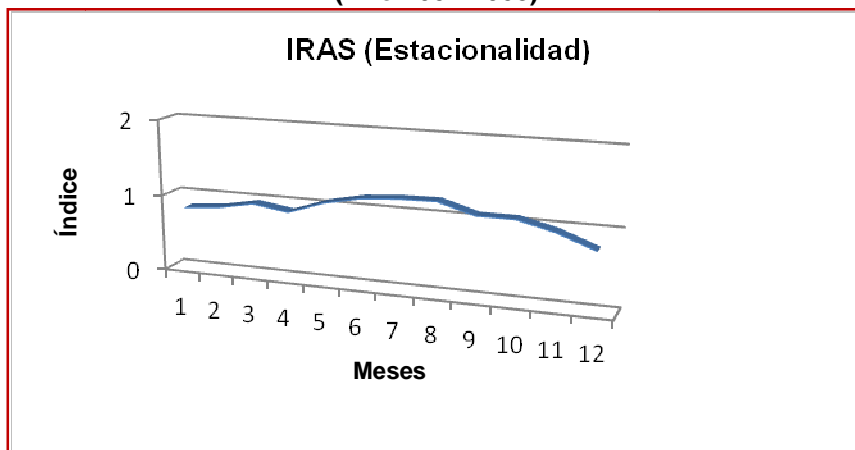
²⁹ Métodos de Pronósticos, (1998), Makridakis, S. y Wheelwright, S. Limusa. México.

estacionales considerados con el fin de ajustar estacionalmente la serie de datos -Iras- son para este análisis como sigue:

Tabla 13

Factor Estacional	
Enero	0.825255
Febrero	0.867743
Marzo	0.960528
Abril	0.890874
Mayo	1.054753
Junio	1.154444
Julio	1.191807
Agosto	1.202862
Septiembre	1.064880
Octubre	1.066174
Noviembre	0.949302
Diciembre	0.771370

Gráfica 15
Valores mensuales promedio IRAS
(Año 2004-2008)



Fuente: Elaboración propia con datos de Iras.

En donde los valores sobre la unidad, representan un incremento de las Iras, como se puede observar, durante los meses comprendidos entre mayo y agosto del quinquenio estudiado, se presentan los reportes más altos y, por el contrario los demás meses observan una baja en relación a los primeros. Es imperativo, el hacer notar de igual manera que al evaluar la variable anterior se extraen factores que pudieran influir en el comportamiento tales como: epidemias de origen respiratorio, incremento inusual de la época de invierno, tornados, etc. A continuación se realiza un análisis similar en la variable PM₁₀.

Tabla 14
Datos Mensuales de la Variable Partículas Totales en Suspensión (PM₁₀)
Laboratorio de Monitoreo del Aire (Facultad de Ciencias Químicas-USAC
ciudad de Guatemala
(2004-2008)

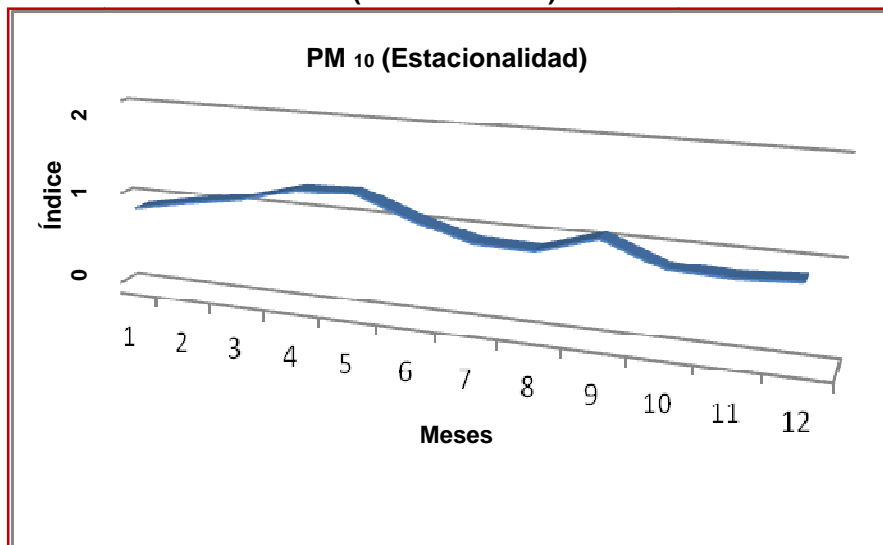
PM ₁₀ (Datos mensuales)	Mes	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
	Enero	193	189	109	170	109
	Febrero	211	194	167	127	166
	Marzo	211	177	145	133	280
	Abril	230	238	259	249	107
	Mayo	169	113	358	310	151
	Junio	154	189	281	164	124
	Julio	173	113	223	175	79
	Agosto	128	121	305	120	79
	Septiembre	153	150	253	185	172
	Octubre	138	110	169	180	117
	Noviembre	145	165	116	176	94
	Diciembre	187	191	96	124	131

Fuente: Elaboración propia con datos del LMA (2009).

Gráfica 16
Valores mensuales promedio PM₁₀
(Año 2004-2008)

Tabla 15

Factor Estacional	
Enero	0.901903
Febrero	1.013172
Marzo	1.108052
Abril	1.268521
Mayo	1.289604
Junio	1.068228
Julio	0.893704
Agosto	0.881991
Septiembre	1.069399
Octubre	0.836310
Noviembre	0.815226
Diciembre	0.853879



Fuente: Elaboración propia con datos de PM 10.

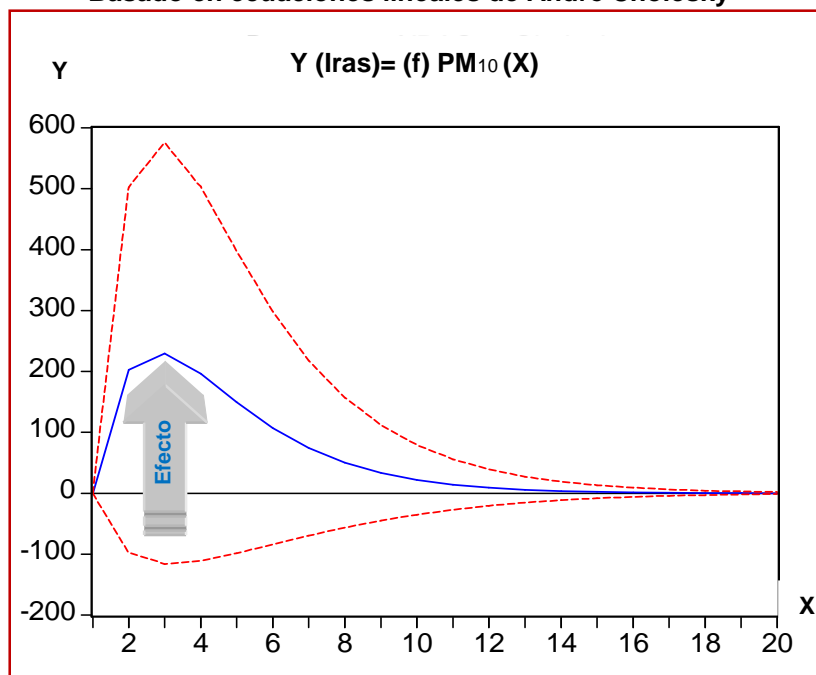
Donde se tiene, que durante marzo, abril y mediados de mayo, de los años evaluados, la concentración de (PM₁₀) generadas en el aire son superiores a los otros meses de estudio, la baja obedece a la entrada de la época de invierno, en la cual la lluvia logra descender las partículas como se observa en la anterior gráfica.

Un análisis por demás idóneo para el anterior modelo, es la metodología de vectores autorregresivos (VAR), en donde la respuesta de una variable ante un impulso de otra -Iras ante un impulso de PM₁₀- teóricamente es que en lugar de identificar los coeficientes, se identifican los errores del sistema, que serán interpretados como combinaciones lineales de los shocks exógenos.

La metodología VAR es, en cierta forma, una respuesta a la imposición de restricciones a priori que caracteriza a los modelos econométricos convencionales: en un sistema de ecuaciones simultáneas se requiere imponer restricciones sobre los parámetros de las mismas para garantizar la identificación y posible estimación de las ecuaciones que lo conforman. Para ello, además, es indispensable diferenciar entre las variables endógenas y las predeterminadas, es decir, aquellas cuyos valores no son determinados por el modelo en el período actual. Estas últimas pueden ser exógenas o endógenas rezagadas.

Es importante, tener claro que esta metodología es arbitraria, -distinto orden cambia los efectos en los shocks- los mismos como consecuencia de que no son observados directamente requieren supuestos para identificarlos. Por lo anterior indicado, se observa la siguiente gráfica que relaciona las variables Iras y las PM₁₀:

Gráfica 17
Respuesta de los IRAS ante un incremento de PM₁₀
Basado en ecuaciones lineales de André Cholesky³⁰



Fuente: Elaboración propia con datos de las variables estudiadas (2009).

Evaluando la gráfica anterior, se puede observar la respuesta de iras ante un posible impulso (incremento de una unidad) de las PM₁₀, -línea azul- varía positivamente entre un rango de casos reportados entre 200 y 225 en su punto más álgido (3er. mes) con un nivel de confianza del 95%, para generar menos impacto en los períodos subsecuentes. Es importante hacer notar que la mayoría de la población no reporta las enfermedades de tipo respiratorio en el País, debido principalmente a la merma en sus ingresos producto del confinamiento en casa para recuperarse de tal dolencia. De igual manera se puede determinar que entre el treceavo y quinceavo mes al choque del efecto, este deja de ser estadísticamente significativo.

³⁰ En algebra lineal, es una descomposición de una simétrica, definida como matriz positiva en el producto de una matriz triangular inferior y su transpuesta conjugada. Descubierta por André-Louis Cholesky para matrices reales, la descomposición del anterior teorema es aproximadamente dos veces más eficientes que otros métodos para resolver ecuaciones lineales. (Nota del autor).

Tabla 16
Datos Mensuales de la Variable Parque Vehicular
(Acumulados)
Superintendencia de Administración tributaria (SAT)
Ciudad de Guatemala
(2004-2008)

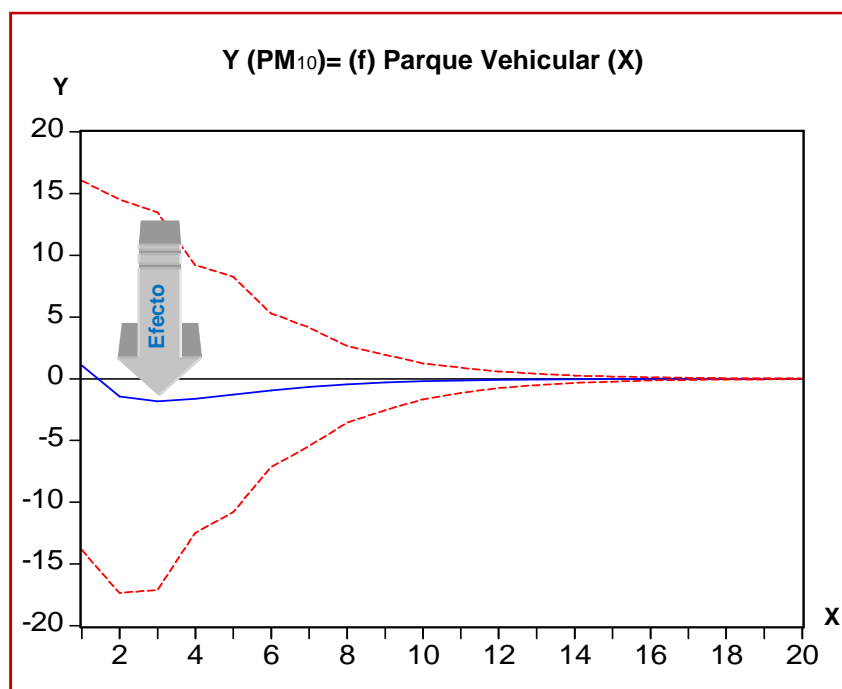
Parque vehicular (Datos mensuales)	Mes*	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008
	Enero	540579	604493	719650	857864	1005016
	Febrero	546043	611263	729444	869367	1017791
	Marzo	550445	618120	740812	881782	1028302
	Abril	555428	625073	749374	891732	1041018
	Mayo	559900	632997	761615	905300	1053254
	Junio	565188	640948	772778	916154	1062887
	Julio	569727	648844	784143	928047	1073844
	Agosto	575199	657946	796834	940820	1083674
	Septiembre	579902	666609	809101	952596	1093496
	Octubre	584746	673429	820711	966011	1102774
	Noviembre	590499	682038	832604	978974	1111663
	Diciembre	596362	691244	833454	997213	1126408

Fuente: Elaboración propia con datos de la SAT (2009).

* Se estimó el 64% del total de los ingresados y registrados en la SAT, según cálculos de la Dirección de Infraestructura de la municipalidad de Guatemala.

Con respecto a los datos, de la variable (PV) por ser acumulados, no se puede aplicar la metodología anteriormente evaluada. Pero de igual forma, es interesante observar la respuesta de las PM₁₀, cuando existe un impulso de la primera variable, mismo que se analiza con primera diferencia. (Crecimiento).

Gráfica 18
Respuesta de las PM₁₀ ante un incremento del Parque vehicular
Basado en ecuaciones lineales de André Cholesky



Fuente: Elaboración propia con datos de las variables estudiadas (2009).

La evaluación per-sé, de la anterior gráfica, demuestra que el efecto es negativo de parte de los niveles de PM₁₀, ante un impulso del PV existente en el área en estudio, se considera así mismo que lo anterior es debido a que no únicamente las fuentes móviles (PV) impactan en los altos niveles de contaminación del aire, sino también y lo anterior es (evidencia) de las fuentes fijas (Naturales: polvo, erupciones volcánicas, erosión del suelo e incendios forestales; Estacionarias: procesos industriales, comerciales y de servicios). Asimismo, se puede concluir que en el tercer mes una vez efectuado el impulso -incremento- del parque vehicular es cuando impacta negativamente -en este caso es sin consecuencias- a los niveles de PM₁₀ y, al décimo mes ya no existe evidencia de alguna significancia estadística con respecto a las variables correlacionadas.

Tabla 17

Variable Dependiente: IRAS				
Método: Mínimos cuadrados				
Fecha: 10/05/09 Hora: 10:52				
Muestra Ajustada: 2004M02 2008M12				
Observaciones incluidas: 59 después de los ajustes				
Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadísticas de t	Probabilidades
IRAS(-1)	0.853656	0.048837	17.4797	0
PM10(-1)	6.627112	2.258982	2.933671	0.0048
Coefficiente de determinación	0.431641	Variación de la Media		8208.593
Coefficiente de determinación ajustado	0.421669	S.D. dependent var		1664.877
S.E. de la regresión	1266.107	Criterio de Akaike		17.15859
Sumatoria de residuos al cuadrado	91372481	Criterio de Schwarz		17.22902
Verosimilitud	-504.1784	Criterio de Hannan-Quinn		17.18608
Estadística de Durbin-Watson	1.955869			

Fuente: Elaboración propia con programa Eviews 5.1 (2009).

El número de casos reportados de Iras, tiene una relación directa positiva, con el número de datos mensuales de PM10, del período inmediato anterior, (Se utilizó un rezago en las variables evaluadas). Al correr el modelo el coeficiente de determinación es de 43%, que fue el mejor modelo encontrado, al observarse un incremento de las partículas en suspensión, demuestra que existirá un incremento de 6.62 casos reportados en forma incremental. La hipótesis alternativa se acepta por la probabilidad encontrada.

Tabla 18

Variable Dependiente: PM10_SA (Estacionalizada)				
Método: Mínimos cuadrados				
Fecha: 10/05/09 Hora: 11:08				
Muestra Ajustada: 2004M11 2008M12				
Observaciones incluidas: 50 después de los ajustes				
Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadísticas de t	Probabilidad
C	258.076	38.40377	6.720068	0
PV(-10)	-7.67E-05	3.26E-05	-2.357379	0.0225
Coefficiente de determinación	0.103763	Variación de la Media		169.2831
Coefficiente de determinación ajustado	0.085091	S.D. dependent var		55.38463
S.E. de regresión	52.97588	Criterio de Akaike		10.81673
Sumatoria de residuos al cuadrado	134709.3	Criterio de Schwarz		10.89321
Verosimilitud	-268.4182	Criterio de Hannan-Quinn		10.84585
F-statistic	5.557238	Estadísticas de Durbin-Watson		1.302106

Fuente: Elaboración propia con programa Eviews 5.1 (2009).

Al calcular la relación existente entre la variable PM₁₀, y el parque vehicular, se constató lo anteriormente planteado a priori, en cuanto a que las fuentes de origen móvil no son las únicas en contaminar el aire. El mejor modelo encontrado, es el anterior donde se realizaron 10 rezagos a la variable PV; igualmente denota un coeficiente de determinación por sí sólo no sustentado, aunque la probabilidad se mantuvo dentro de los parámetros establecidos para justificarle.

7. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

Inicialmente se procede a obtener una mejor visión del Municipio, en base a datos generales, caracterización geográfica, económica y social de los habitantes del mismo, en el afán de que sea tenga una mejor perspectiva.

7.1 Ubicación geográfica

Según el Diccionario Geográfico de Guatemala, etimológicamente MIXCO, significa:

Del náhuatl Mixconco, lugar cubierto de nubes. Concuerta el significado del nombre con las condiciones atmosféricas del pueblo, cubierto a menudo de nubes.

Se encuentra ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital. Se localiza a 90° 34' de longitud oeste y 14° 16' de latitud norte, con un área total de 99 km². La cabecera del Municipio se ubica a 1650 msnm. El nacimiento de Mixco data de 1526, fecha en que el conquistador español Pedro de Alvarado y sus batallones fundaron el Nuevo Mixco, al que denominaron Santo Domingo Mixco. Se le llamó "nuevo" porque su población se empezó a formar con nativos traídos de Mixco –o de donde, en ese entonces, era el valle de San Martín Jilotepeque, ciudadela fortificada y guerrera que había incendiado Alvarado.

Mixco es un municipio considerado de primera categoría, puesto que cuenta con más de 462700 habitantes, está integrado por 11 zonas y más de 300 asentamientos humanos. Cuenta con la categoría de Ciudad³¹. Limita al norte con San Pedro Sacatepéquez; al este con Chinautla y el municipio de Guatemala; al sur con Villa Nueva; y finalmente, al oeste con San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez.

7.2 Caracterización social y económica³²

Según el INE, el municipio de Mixco contaba para el 2008 con una población de 462,753 personas, de las cuales el 34% son niños de ambos sexos (0 a 14 años), el 35% son mujeres y el 31 son hombres; viven en alrededor de 99,862 viviendas. De esa población, 5% es rural y 95% es urbana. Su población es la segunda mayor en el departamento de Guatemala,

³¹ De acuerdo al grado de adelanto y número de habitantes de los lugares poblados el Ministerio de Gobernación a través del acuerdo gubernativo de fecha 7 de abril de 1,938, le da categoría de Ciudad al Municipio que cuenta con una población mínima de 8,000 habitantes, 30% de alfabetos, casas en buena construcción, formando calles bien dispuestas, adoquinadas, empedradas o pavimentadas con cualquier otro sistema, drenaje sanitario subterráneo, agua potable distribuida por cañería; baños y lavaderos, mercado público, alumbrado eléctrico, parque o plazas, centros de diversión, oficina postal, hospital, cementerio autorizado, banco, hoteles, biblioteca, escuela, rastro, edificios para autoridades civiles y militares, autovías.

³² Los datos presentados, fueron recopilados por medio del Instrumento Estadístico que se observa en el **Anexo 8**.

superado únicamente por el municipio de Guatemala. Los datos que conceptualizan al Municipio son:

Tabla 19
Datos Socioeconómicos Poblacionales
municipio de Mixco, departamento de Guatemala
(2008)

	Totales	%
Población total¹	462,753	100.0
Mujeres	159,360	35
Hombres	147,102	31
Niños (ambos sexos y menores de 14 inclusive)	156,291	34
Nivel de escolaridad*		
Primaria	171,681	37.1
Secundaria	107,359	23.2
Universidad	91,625	19.8
Ninguno	45,813	9.9
Otros (Cursos de Aplicación)	46,275	10
Derecho de vivienda²		
Propia	57,820	57.9
Alquilada	31,057	31.1
Otra (Guardianía, familiar)	10,985	11
Situación de empleo* (Mujeres/Hombres: 306,462)		
Desocupado o subempleado	191,232	62.4
Ocupado	100,213	32.7
Pensionado	15,017	4.9
Actividad desempeñada (Subempleados y Ocupados 291,445)		
Comercio	134,939	46.3
Servicios	100,549	34.5
Agricultura	26,813	9.2
Industria	26,230	9
Otros (Incluye propietarios de pequeños negocios)	2,914	1
Ingresos mensuales*		
Q 0 - 500	15,323	5
Q 1500 – 2000	168,248	54.9
Q 2,001 - 2,500	46,582	15.2
Q 3000 – más	76,309	24.9

Fuente: ¹Proyecciones de Población, Censo XI de Población y VI de Habitación. Período 2000-2020. Instituto Nacional de Estadística (INE) 2002.

² Encuesta Nacional de Condiciones de Vida, ENCOVI Instituto Nacional de Estadística (INE) 2006.

*Elaboración propia con datos recopilados en trabajo de Campo.

Su agricultura es escasa, por lo que su economía se basa en el comercio, servicios, y la industria. En lo que respecta al núcleo tradicional de Mixco, alberga todavía una población indígena de origen pocomam, que viste trajes típicos y practica costumbres y tradiciones ancestrales. De acuerdo al Informe Nacional de Desarrollo Humano, para Guatemala,

publicado por PNUD³³ el área de estudio muestra algunos indicadores, que conceden al municipio de Mixco un status de una vida larga y saludable, un aceptable nivel de conocimientos y un nivel de vida decoroso.

Con respecto al departamento de Guatemala, establece el mismo estudio un índice de 0.798, lo que equivale a ubicar al País en un desarrollo humano medio. Es importante recalcar que el anterior informe establece índices de desarrollo entre otros con respecto a: La esperanza de vida en 74.6 años, el renglón salud con una ponderación de 0.824, educación con un 0.829, acceso a electricidad 99.5%, agua potable un 75%; también sitúa el aspecto de pobreza con un 16.3% y pobreza extrema con 0.5%, en relación al nivel de alfabetismo se encuentra en un 95.5%.

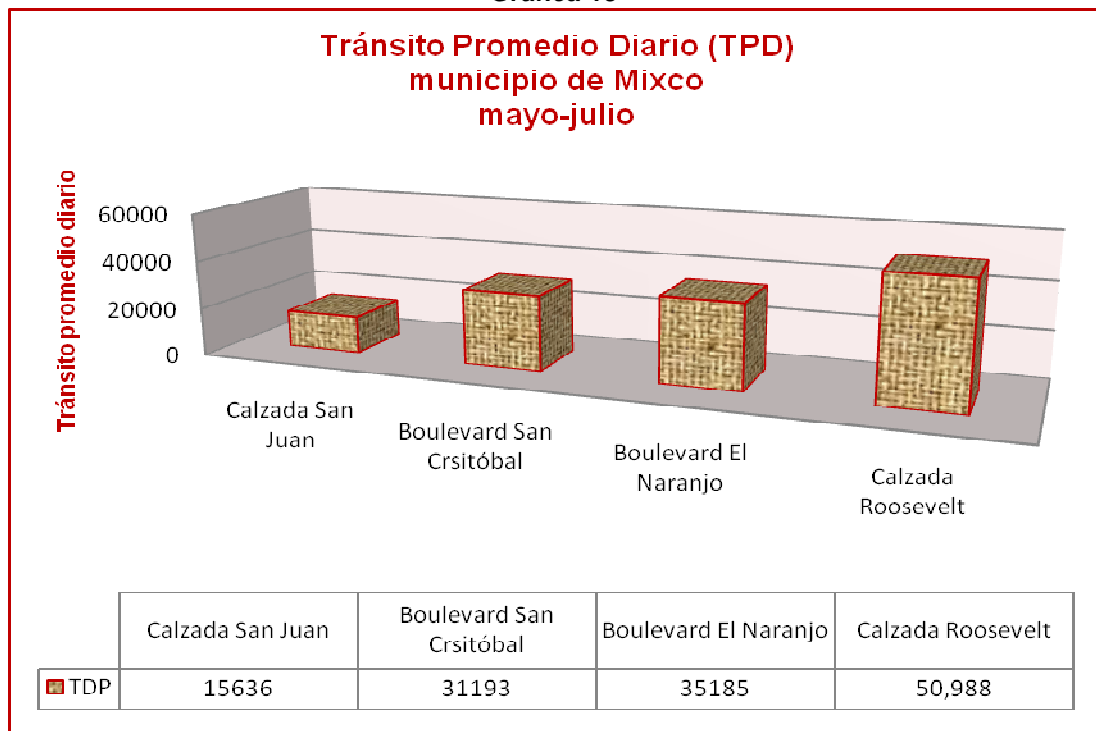
En el área de salud y asistencia social el Gobierno de turno establece un 7.5% del total del presupuesto aprobado para el presente año, el cual asciende a Q 49,723.1 millones de quetzales. Una vez, establecidas las generalidades del Municipio, se procede de igual manera al análisis del parque vehicular, los niveles de contaminación encontrados y el informe de casos reportados de enfermedades de tipo respiratorio en la población.

7.3 Parque vehicular en el municipio de Mixco

Considerando, el parque vehicular existente dentro del Municipio y que circula por la Calzada Roosevelt, según la Empresa Municipal reguladora del transporte de Mixco (EMIXTRA), reporta que durante el 2008 el aforo del tránsito promedio diario (TPD), en los cuatro ejes principales de acceso, que incluye: motos, vehículos livianos, camiones, tráileres, buses urbanos y extraurbanos, escolares y otros, reportaba los datos siguientes:

³³ PNUD, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2008).

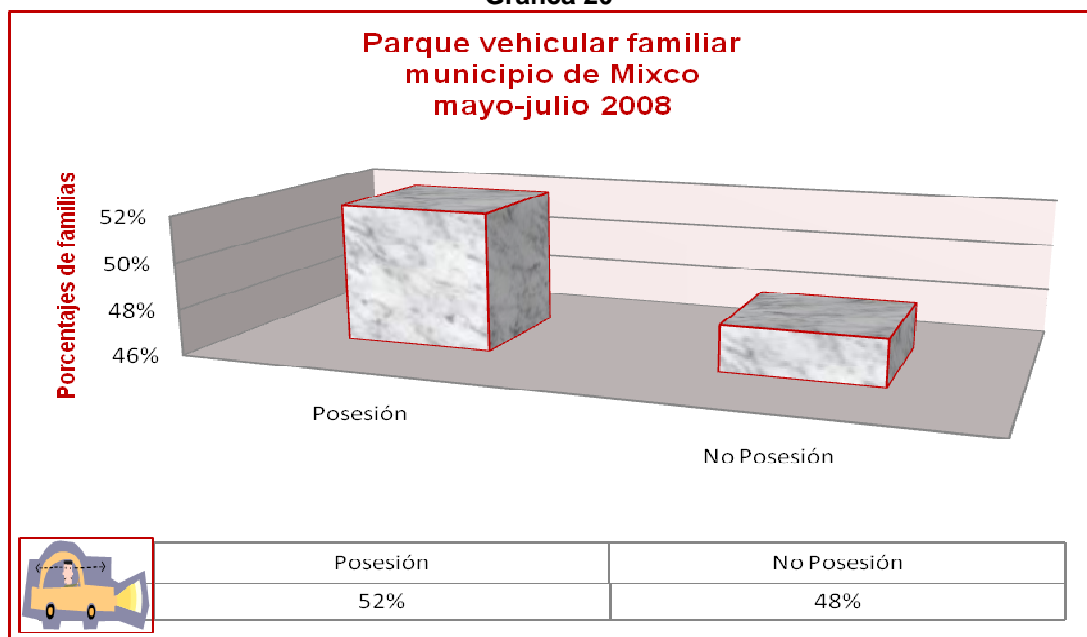
Gráfica 19



Fuente: Elaboración propia, con datos de EMIXTRA, 2008.

Evaluando, la existencia de posesión de vehículos de tipo familiar en el área estudiada, se relevaron los datos siguientes, el 52% posee vehículo y, un 48% no posee; del porcentaje de familias que poseen automotor, se determinó que un 83% poseen un solo vehículo, un 15% dos y solamente reportó un 2% que poseen tres o más.

Gráfica 20

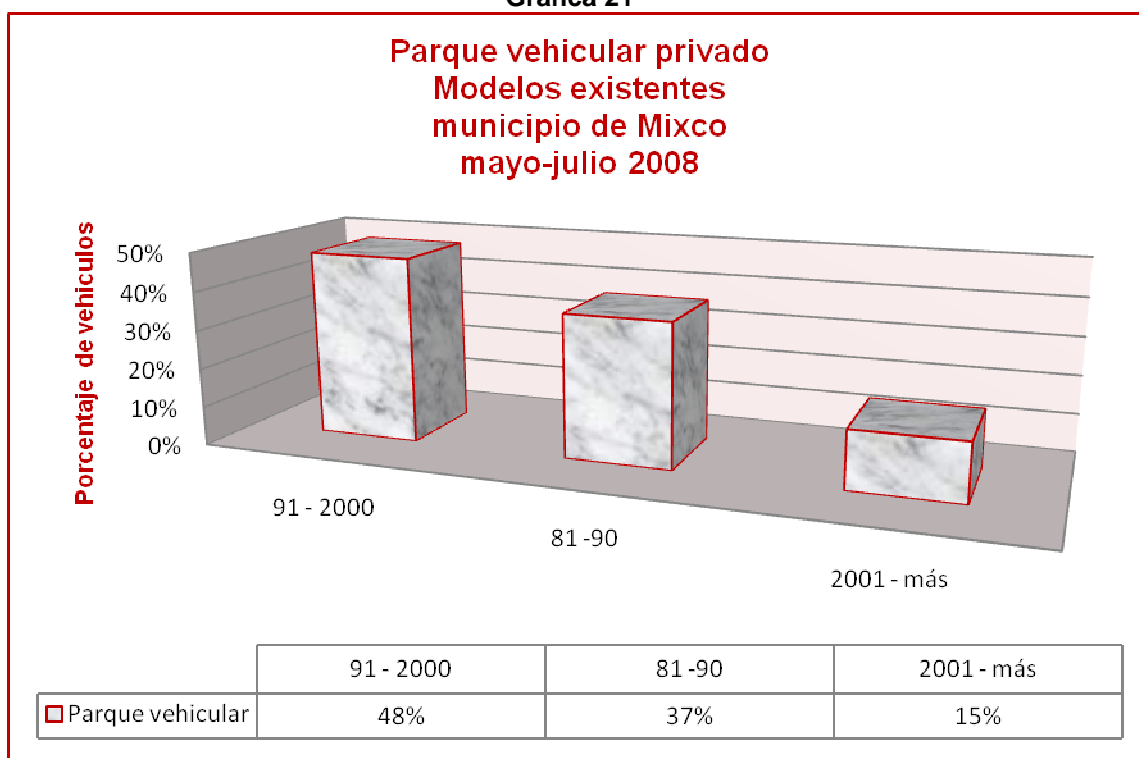


Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Según estudios efectuados en varias Ciudades del Mundo³⁴, el consumo de 1 litro de gasolina genera 2.3 kilogramos/km. de gases efecto invernadero (GEI), un automóvil en promedio genera 115 libras de emisiones tóxicas así como los vehículos grandes (6, 12 y 16 llantas) que expelen a la atmósfera alrededor de 164 libras/km.

En relación a los modelos existentes del parque vehicular privado, se encontró que el mayor porcentaje que asciende a un 48% se encuentran dentro de los modelos que van del año 91 al 2000, un 37% que van del 81 al 90 y, un 15% que poseen vehículos de modelos relativamente recientes del año 2001 o más. Lo anterior se demuestra en la gráfica siguiente.

Gráfica 21



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

³⁴ Instituto Nacional de Ecología (INGEI) México, (2005); Revista Ingenierías, Universidad de Medellín, Colombia (2006); Manual de Cuidados Ambientales www.eclac.es/publicaciones España, (2002).

7.4 Contaminación atmosférica en el municipio de Mixco

El monitoreo del aire, es una fase fundamental de cualquier programa de control de la contaminación, ya que permite determinar la localización de los contaminantes, cuáles son ellos y cuáles son sus concentraciones; a efecto de cualificar y cuantificar el daño ocasionado a la salud de los habitantes³⁵, los datos del monitoreo son útiles para:

- Determinar a lo largo del tiempo los niveles de calidad del aire.
- Evaluar el avance en el cumplimiento de las normas de calidad de aire.
- Identificar episodios atmosféricos y así, activar los programas de control y
- Establecer correlaciones entre la contaminación atmosférica y los efectos en la salud humana.

Los actuales sistemas de monitoreo se basan en diversas consideraciones, siendo las más relevantes las características químicas, el estado físico y la concentración esperada de los contaminantes. La EPA, ha establecido los métodos federales de referencia para el muestreo y análisis de los contaminantes "Criterio". Todos los procedimientos disponibles están diseñados para determinar la concentración real de un contaminante en la muestra. La concentración se expresa en términos de masa por unidad de volumen, habitualmente microgramos por metro cúbico.

Los métodos nacionales de referencia pueden ser manuales o automáticos -aplicados en Guatemala- que especifican de manera detallada los procedimientos de muestreo y análisis (**Ver Anexo 9**); mediante técnicas de control y seguridad de calidad desde la toma de la muestra hasta la validación de los datos, se garantiza la utilidad de los datos. Una vez establecida la importancia del proceso de monitoreo de la calidad del aire, se procede a presentar los datos recopilados en el área en estudio. En este punto, es necesario el análisis de los datos compilados por el LMA, indudablemente es oportuno aclarar la Metodología utilizada para tal efecto:

PM₁₀: Adaptación del método de impactación de bajo volumen y análisis gravimétrico de la EPA.

NO₂: Método colorimétrico adaptado por el Laboratorio, bajo los criterios de la EPA.

SO₂: Método colorimétrico adaptado por el Laboratorio, bajo los criterios de la EPA.

Lluvia Ácida: Método deposición húmeda, adaptado por el Laboratorio, bajo los criterios de la EPA.

³⁵ Agencia de Protección Ambiental, Unidad 4. Contaminantes del aire y sus fuentes. En: Contaminación del aire. EPA 1150/2-81-017a.

Se tomaron como referencia dos puntos estratégicos, para la colocación del instrumental de medición, siendo:

Punto A: Centro Comercial Mega Centro, cuyas coordenadas son, N: 14° 37'510" y WO: 90° 33' 298"

Punto B: Sede de la municipalidad de Mixco, N: 14° 37'867" y WO: 90°36'338".

Las ubicaciones se pueden apreciar en el **Anexo 10**. Los datos se presentan en el cuadro siguiente:

Tabla 20
Informe de Laboratorio
(24 horas)
Laboratorio de Monitoreo del aire
municipio de Mixco
mayo-julio 2008

Parámetro	Valores Guía ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) OMS.	mayo		junio		julio	
		Pto. 1	Pto. 2	Pto. 1	Pto. 2	Pto. 1	Pto. 2
PM ₁₀	50	104	35	411	68	33	15
NO ₂	40	19	3	20	1	Nd.*	Nd.
SO ₂	20	56	19	83	6	54	38
Lluvia ácida		Nd.	Nd.	Nd.	Nd.	Se detecto presencia.	Nd.

Fuente: Laboratorio de Monitoreo del aire, de la Facultad de Ciencias Químicas, USAC. (2008).

* No detectado, se presume que la lluvia disminuye considerablemente los niveles de NO₂.

Al evaluar la información anterior, es notorio que en el punto 1 los niveles encontrados de PM₁₀ y los SO₂ durante mayo, superan los estándares recomendados por la OMS, no así en el punto 2 que estando ubicado en el edificio que ocupa la municipalidad de Mixco, la densidad vehicular es relativamente más baja; con relación a junio se observa que nuevamente las PM₁₀ y los SO₂ superaron con creces los límites permisibles, el punto 2 muestra un incremento de las PM₁₀ no así los SO₂ para finalizar con julio donde únicamente los NO₂ muestran incrementos con relación a los límites establecidos. Eventualmente, una de las razones de la disminución en julio obedece que, al analizar la información proporcionada por el INSIVUMEH, en el tiempo monitoreado las condiciones climáticas fueron como sigue:

Tabla 21
Condiciones climáticas
ciudad de Guatemala
mayo-julio 2008

	mayo	junio	julio
Días de lluvia	12	25	14
Lluvia en milímetros	159.4	425.3	177.4
Dirección del viento	Sur	Sur	Norte

Fuente: Estación meteorológica, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (INSIVUMEH) Guatemala, (2008).

Probablemente, los períodos de lluvia, disminuyen los contaminantes que circulan en el aire, como se muestra claramente durante el mes de julio, pero los altos índices encontrados del total de contaminantes evaluados, evidencian un fuerte impacto negativo en la salud humana. Tomando en consideración los datos encontrados, resulta imposible negar el impacto negativo que produce la alta densidad vehicular y el deteriorado parque vehicular que circula por el área, sobre la salud de los habitantes del municipio de Mixco; es innegable la mayor vulnerabilidad de los niños y personas de la tercera edad, ante tales condicionantes atmosféricos.

7.5 Registro de enfermedades respiratorias en el municipio de Mixco

Se realizó una encuesta, dirigida a la población que vive en las zonas adyacentes a los puntos de monitoreo identificados anteriormente, con el propósito de evaluar, entre otros aspectos:

1. Afecciones respiratorias en la población, en los últimos seis meses.
2. Lugares a donde acudieron a recibir atención médica, cuando fue necesario.
3. Tiempo de recuperación de las afecciones respiratorias.
4. Costo aproximado de la recuperación.

En cuadro 15, muestra los lugares en donde se realizaron 188 encuestas que significa el 49.59% del total de la muestra establecida, denominado punto de monitoreo 1.

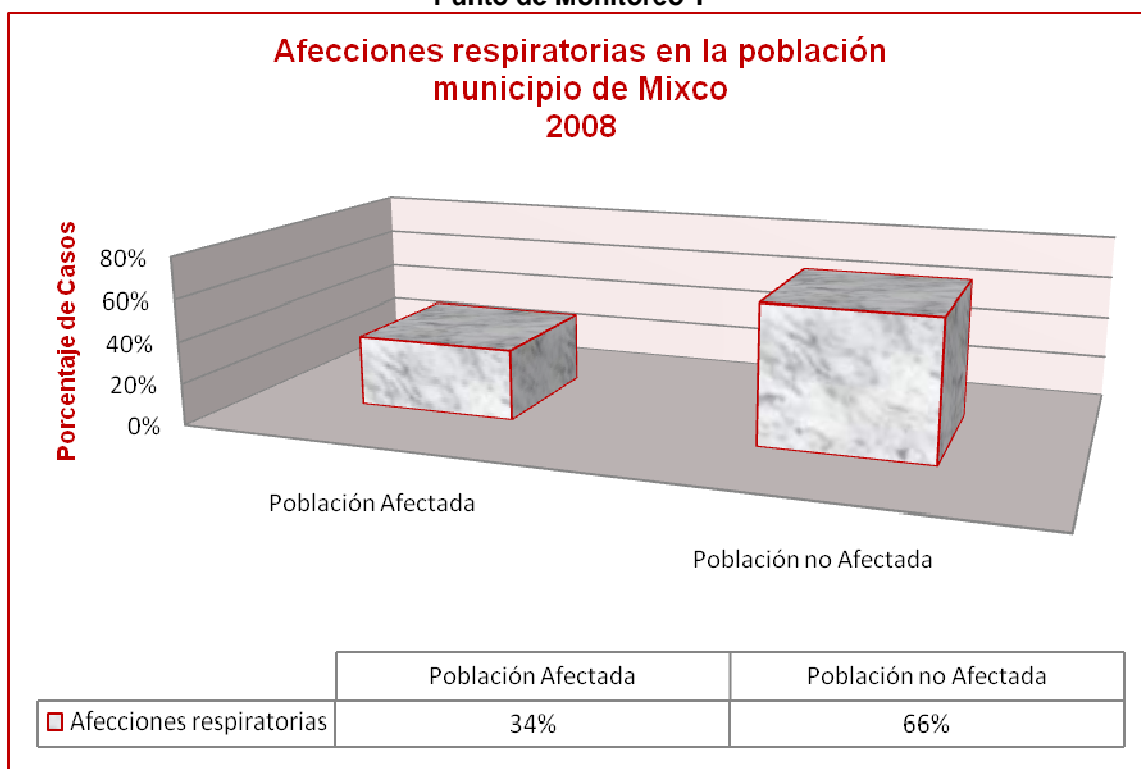
Tabla 22
Punto de Monitoreo 1
municipio de Mixco
(2008)

Colonias/Población	Datos absolutos	Datos relativos
Alvarado	4	1.081
Calzada Mateo Flores	2	0.436
Cotío	1	0.242
El Pedregal	1	0.294
El Rosario	4	1.149
Tesoro Banvi I	20	5.153
Tesoro Banvi II	20	5.355
La Escuadrilla	9	2.280
Lomas del Rodeo	16	4.068
Nueva Monserrat	90	23.723
Residenciales Roosevelt	3	0.811
Santa Rita I	7	1.958
Santa Rita II	6	1.679
Toledo	5	1.361
Total de población evaluada	188	49.59

Fuente. Elaboración propia con datos relevados por medio del instrumento estadístico. (2008).

La información con respecto a las enfermedades de tipo respiratorio que aquejan a la población del punto 1, evidencia que en los 6 meses anteriores a la fecha de la entrevista el 34% sufrió de las mismas y el restante 66% no observó ningún tipo de dolencia.

Gráfica 22
Punto de Monitoreo 1

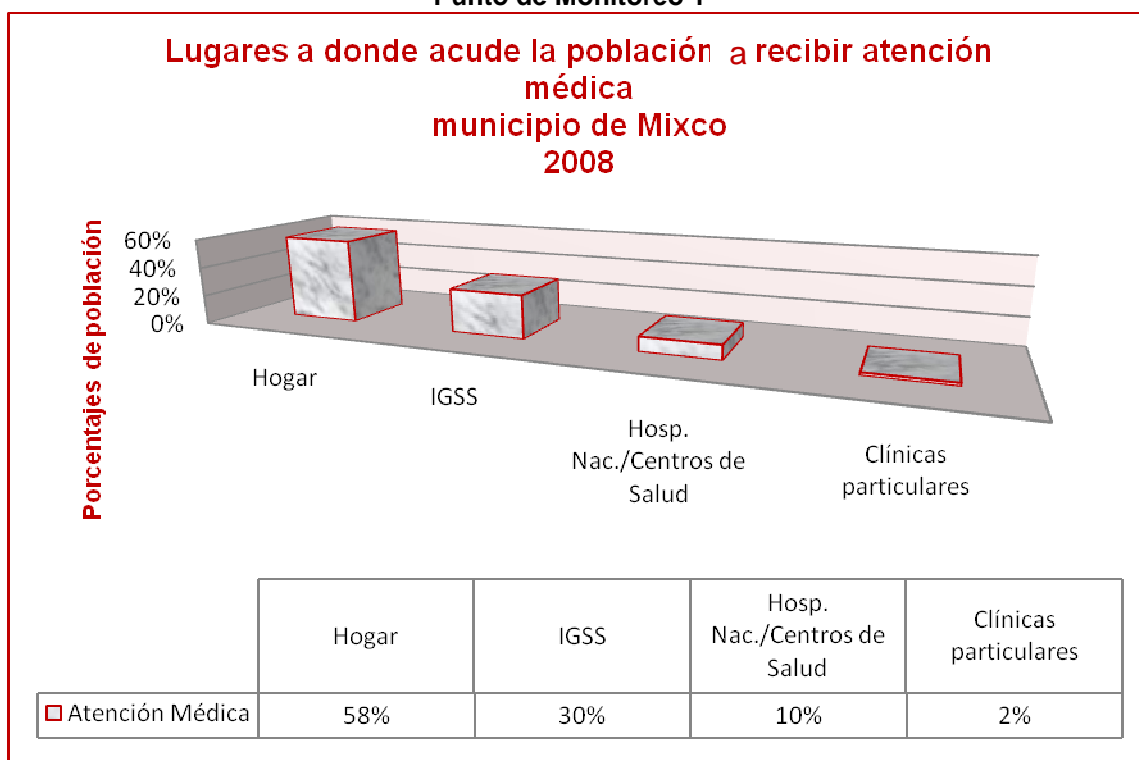


Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Con respecto a las personas que fuman dentro del núcleo familiar, se estableció que el 45% lo hacen y el 62% respondió que algún miembro de su familia padece de asma.

Como se apuntó anteriormente, el 34% (que constituyen las personas que son aquejadas por problemas de tipo respiratorio), buscaron atención a las mismas y, la información relevada evidencia que el 58% lo hacen en su propio hogar, el 30% acude al IGSS, los Hospitales nacionales/Centros de salud, fue reportado con un 10% y únicamente un 2% acudió a Clínicas particulares.

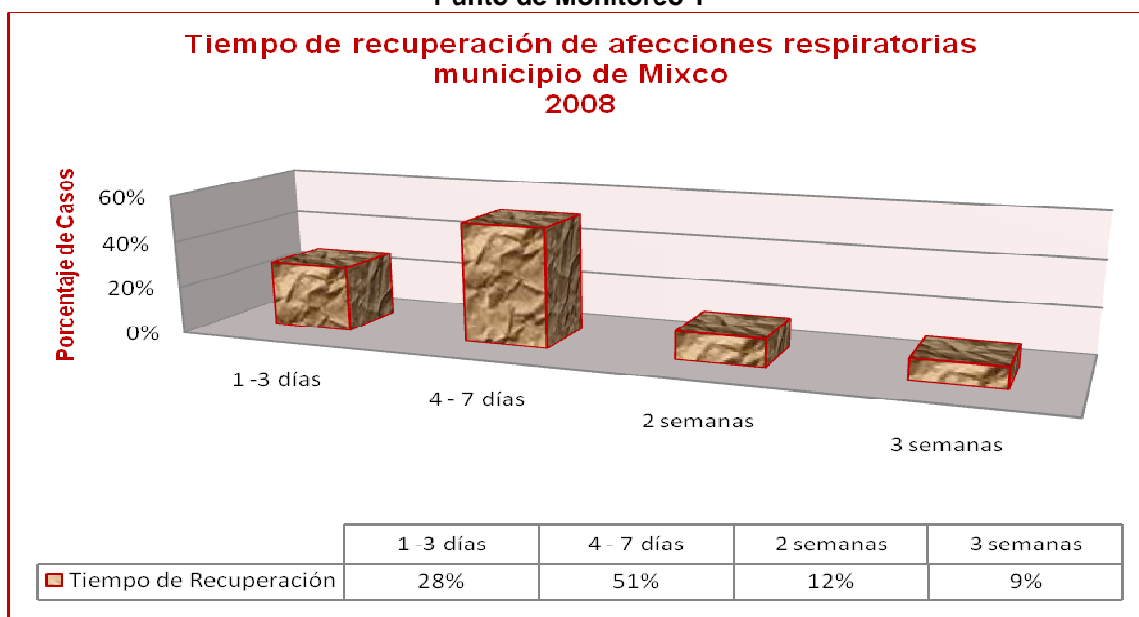
Gráfica 23
Punto de Monitoreo 1



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico (2008).

Evaluando la atención recibida en el sistema nacional de salud (incluye Hospitales nacionales y centros de Salud) el 70% estaba de acuerdo con el servicio brindado, en lo que respecta al IGSS el 83% estuvo satisfecho con los la atención recibida y un 94% consideraba la atención en las clínicas particulares como aceptable.

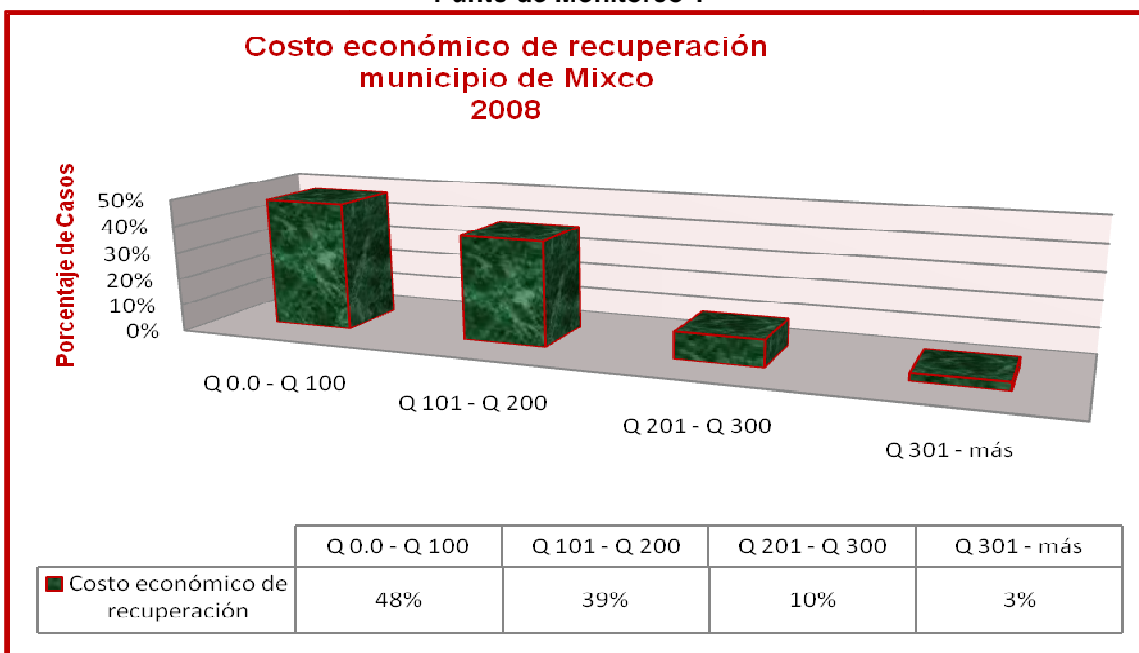
Gráfica 24
Punto de Monitoreo 1



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

En cuanto al tiempo de recuperación, la población evaluada refiere que el mayor porcentaje (51%) toman únicamente entre cuatro y siete días para volver a sus actividades cotidianas, posiblemente la merma en sus ingresos sea la causa principal de tal situación, igualmente 28% reportan que toman entre uno y tres días, un 12% lo hace en una semana y para finalizar únicamente el 9% considera dos semanas para su recuperación. En lo concerniente al costo económico, que conlleva la recuperación la población en cuestión reportó los datos siguientes:

Gráfica 25
Punto de Monitoreo 1

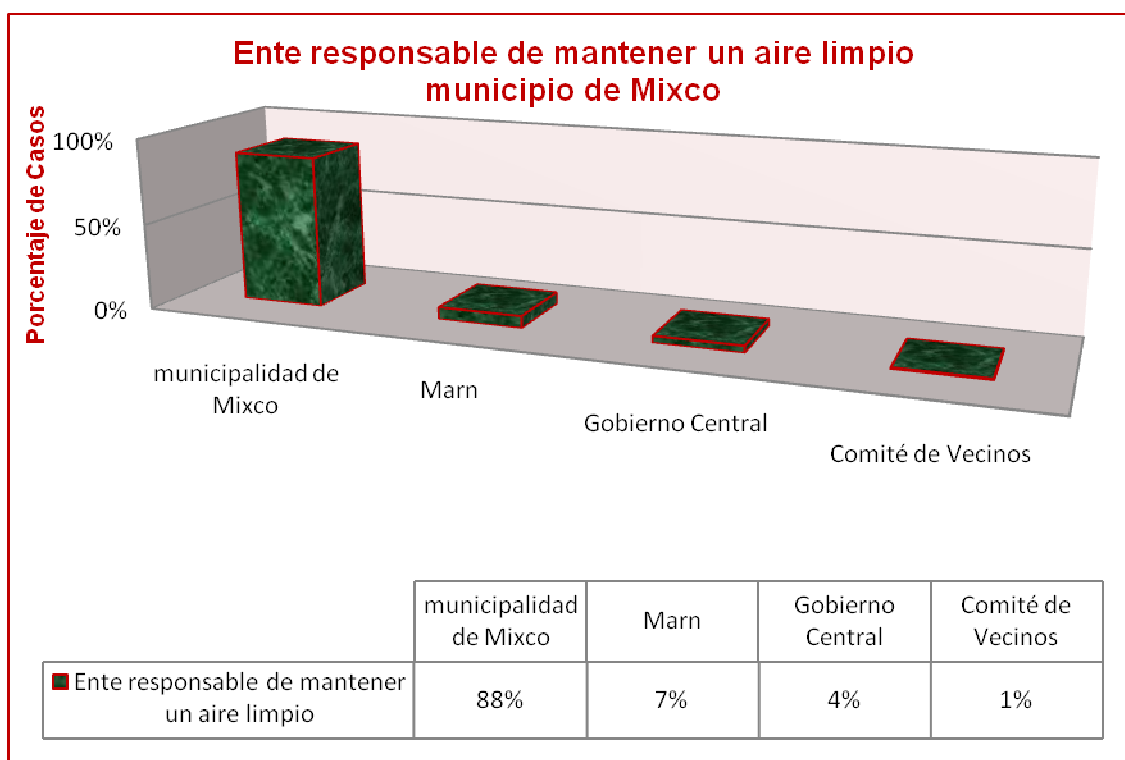


Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

El mayor porcentaje que es del 48% utilizaba hasta un máximo de Q 100.00 para costear los gastos de recuperación de afecciones de tipo respiratorio y únicamente un 3% se apuntaba con gastos que superaban los Q 300.00. Es imperativo considerar que el salario mínimo en la ciudad de Guatemala -al momento de la investigación- era para Actividades agrícolas: Q44.58, Actividades no agrícolas Q48.50 y para la Industria de la maquila Q47.75; de la misma forma la Canasta básica vital ascendía a Q1947.00 y la Canasta básica alimentaria se encontraba en Q3603.³⁶, lo anterior pudiera evidenciar los montos económicos de recuperación establecidos.

Un cuestionamiento de suma importancia, dentro de la investigación que se llevó a cabo lo constituyó la información sobre de quién consideraba la población que era el ente encargado por velar por el mantenimiento de un aire limpio, siendo los resultados dados a continuación:

Gráfica 26
Punto de Monitoreo 1



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Es interesante poder observar la gráfica anterior, en donde la población considera que la municipalidad de Mixco es en primer lugar (88%) el ente encargado de velar por la pureza del aire que se respira, seguidamente el MARN es apuntado con 7%, para posteriormente asumir que el Gobierno Central según el 4% de las personas evaluadas es la institución obligada y, finalmente un 1% el Comité de Vecinos de tan grande responsabilidad.

³⁶ Ministerio de Trabajo y Previsión Social (2008).

En el caso del lugar de monitoreo 2, se entrevistó a familias que habitaban en lugares adyacentes como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 23
Punto de Monitoreo 2
municipio de Mixco
(2008)

Colonias/Población	Datos absolutos	Datos relativos
Mixco (Casco urbano)	161	42.025
Molino de Las Flores I	25	6.566
Molino de Las Flores II	7	1.818
Total de la población evaluada	193	50.41

Fuente. Elaboración propia con datos relevados por medio del instrumento estadístico. (2008).

Al requerir información a los entrevistados, sobre las enfermedades de tipo respiratorio que hubieran padecido en los seis meses anteriores a la fecha de la entrevista se encontró el 15% de personas que padecían de quebrantos de salud de esta naturaleza, como se observa en la gráfica siguiente.

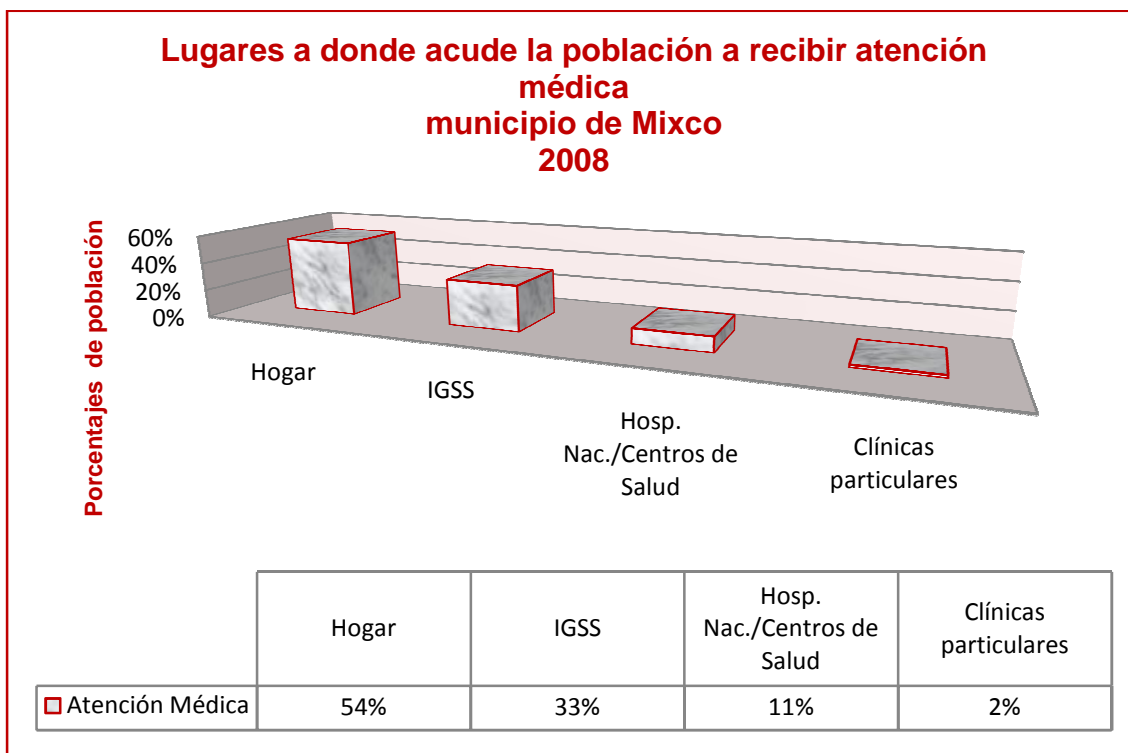
Gráfica 27
Punto de Monitoreo 2



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Del 15% que se reportó afectado, el mayor porcentaje logró su recuperación dentro de su domicilio que era del 54%, al IGSS acudieron el 33%, a los Hospitales nacionales y Centros de salud un 11% y a Clínicas particulares asistieron un 2%; como lo muestra la gráfica siguiente:

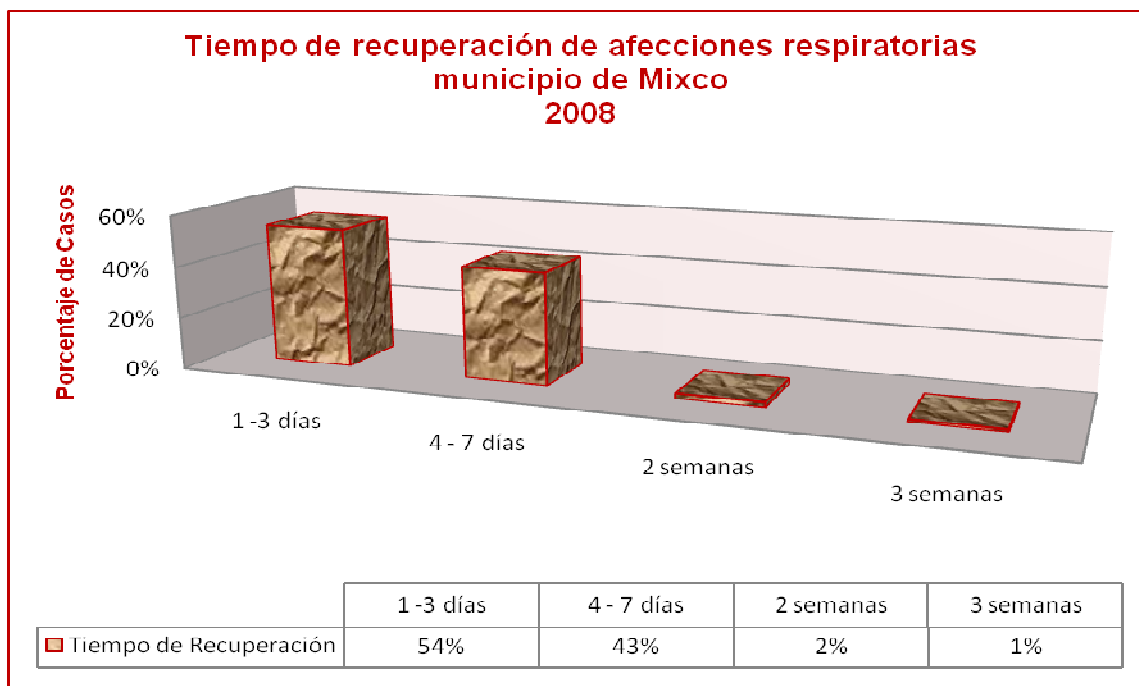
Gráfica 28
Punto de Monitoreo 2



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

En el tiempo de recuperación se observaron los datos detallados a continuación:

Gráfica 29
Punto de Monitoreo 2

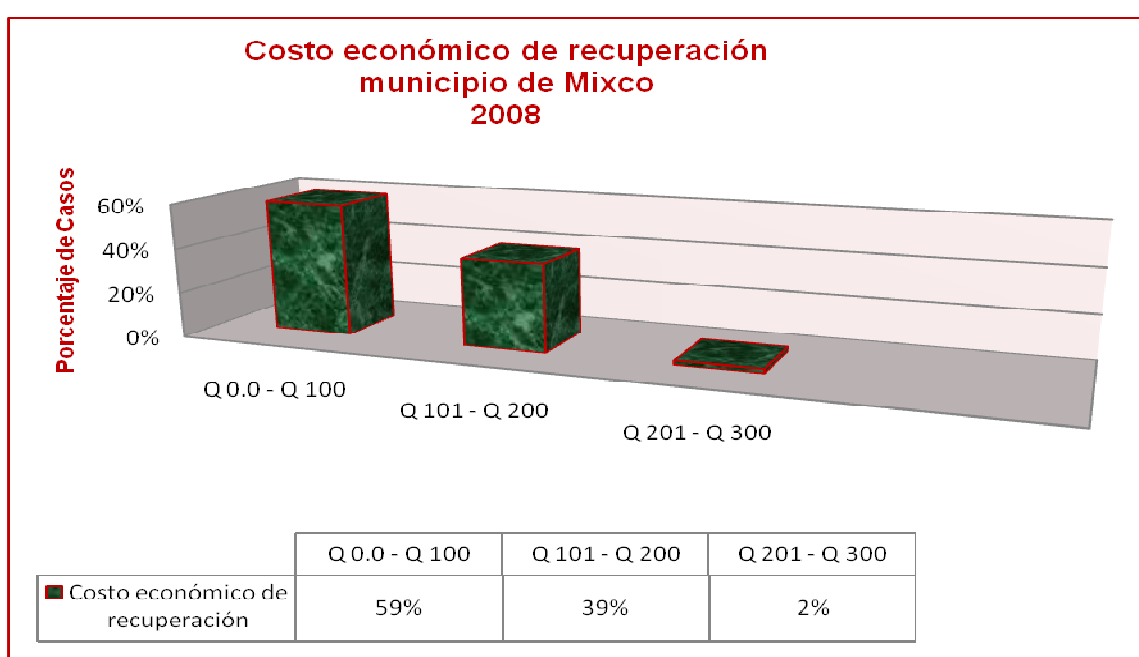


Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Evaluando los datos se deja entrever que los habitantes del sector donde se elaboró el punto de monitoreo 2 no se ven tan afectados por la contaminación y por consiguiente los días de recuperación por cualquier tipo de afección respiratoria es mínima en comparación con los del punto 1; entre uno y siete días comprenden aproximadamente el 97% de tiempo que utilizan para su recuperación.

En lo que respecta al costo económico de la recuperación es, congruente con la anterior gráfica ya que el 98% de los encuestados consideran que no invierten en este rubro más de Q200.00, como se aprecia a continuación:

Gráfica 30
Punto de Monitoreo 2



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Corresponde ahora elaborar una matriz, cuyo objetivo es determinar las relaciones existentes entre las variables estudiadas, en este caso parque vehicular, niveles de contaminación existentes en el área y, reportes de enfermedades de tipo respiratorio existentes. Para lo cual se establece lo siguiente:

Tabla 24
Resumen de datos
Municipio de Mixco
2008

TPD	Modelos	Porcentajes		
82014	81 - 90	37%		
Población	91- 2000	48%		
462753	2001 - más	15%		
Relación (Tasa): 18 vehículos cada 100,000 hab.				
Niveles de Contaminación				
Promedios (3 Meses)				
Límites ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pto. 1	Pto. 2		
PM₁₀: 50	182.6	39.3		
NO₂: 40	19.5	3.5		
SO₂: 20	64.3	21		
Reporte de enfermedades de tipo respiratorio				
(Últimos 6 Meses)				
Población	%	Totales		
Pto. 1	49.59	229,479		
Pto. 2	50.41	233,274		
	100%	462,753		
Población Afectada				
Pto. 1	34	78023		
Pto. 2	15	34991		
		113014		
Tiempo de Recuperación				
	1 - 3 días	4 - 7 días	2 Semanas	3 Semanas
Pto. 1	28%	51%	12%	9%
Pto. 2	54%	43%	2%	1%
Costo Económico de la Recuperación				
	Q 0.00 - Q 100	Q 101 - Q 200	Q 201 - Q 300	Q 300 - más
Pto. 1	48%	39%	10%	3%
Pto. 2	59%	39%	2%	

Fuente. Elaboración propia con datos relevados por medio del instrumento estadístico. (2008).

El cuadro anterior, evidencia el parque vehicular privado existente, cuya tasa se ubicó en 18 vehículos por cada 100,000 habitantes de la zona evaluada; existiendo de igual forma un promedio de 3417 vehículos que circulan hora/día dentro del Municipio, más el agregado de los vehículos que únicamente se trasladan al Occidente del país o viceversa (entre vehículos livianos y grandes) adicionando a tal cantidad los autobuses urbanos (aproximadamente 900)³⁷.

³⁷ Según la Asociación de Transportistas Urbanos de la ciudad de Guatemala (2008).

Asimismo se observó los modelos existentes que en un gran porcentaje (85%) oscilaban entre 15 a 30 años de uso. A este respecto estudios efectuados en varias ciudades entre las que se cuentan México, específicamente la ciudad de Mexicali³⁸ puede servir como una variable proxy, que de alguna manera sirva como indicador para poder calcular las emisiones de gases contaminantes que dichos automotores expelen. (Para referencia del estudio ver recuadro 1).

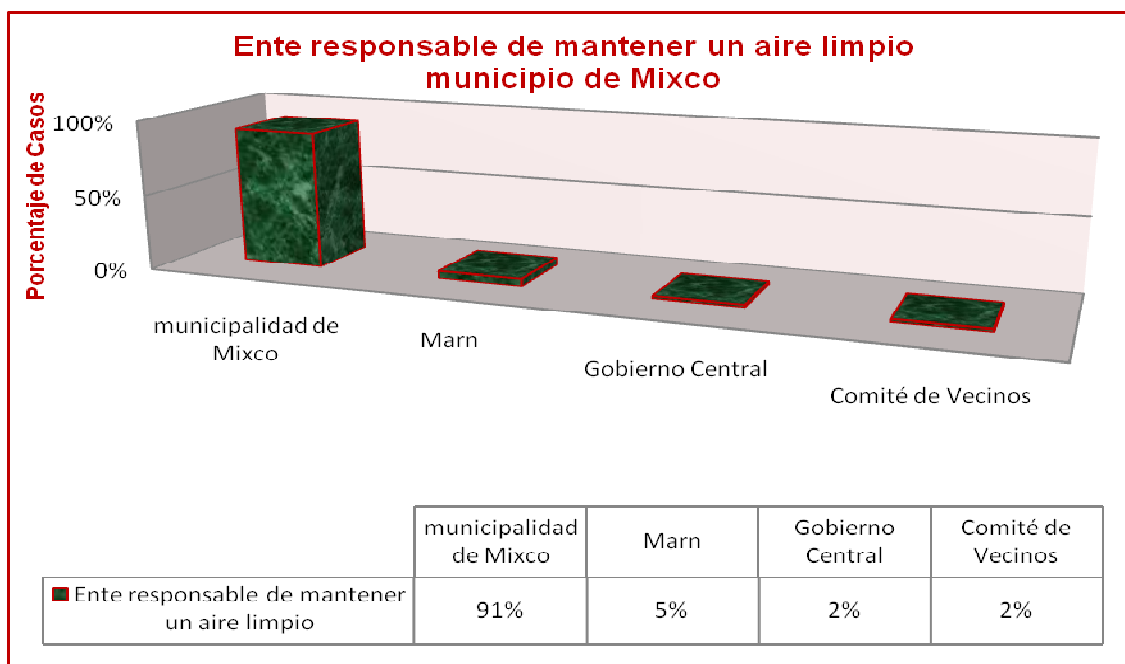
En relación a los contaminantes que se mantienen en el área sobrepasaron en promedio de los dos puntos de monitoreo los límites permisibles, en lo referente a las PM₁₀, siendo el estándar 50 µg/m³, se ubicaron por sobre los 110 µg/m³, los NO₂ que se consideran permisibles sobre los 40 µg/m³ se situaron en 11.5 y por último los SO₂ que siendo su parámetro de 20 µg/m³ establecieron un promedio de 42.6. Analizando el reporte de enfermedades de tipo respiratorio se tiene que el 49% de la población ha sido afectada, lo que equivale a 113014 habitantes en los últimos seis meses, lo que reporta un promedio mensual de 18835, casos que en su mayoría no ameritaron hospitalización.

Por otro lado se estimó que un 82% de la población afectada, ocupó entre 1 y 3 días para su recuperación, entre 4 y 7 el 84% y finalmente un 26% entre dos y tres semanas para su completa recuperación. Asumiendo que aproximadamente el 33% de la población del Municipio está empleada se puede deducir que de los 113014 casos reportados 9.57% como mínimo 4600 personas perdieron 1 día de trabajo lo que en su conjunto da como resultado una pérdida económica de alrededor de Q 46.94 por día (promedio del salario mínimo) lo que equivale a Q 215924.00 en los seis meses analizados.

A lo anterior se le adiciona el costo económico para su recuperación que fue en ese entonces de: el 53% en promedio de los casos reportados gastó un mínimo de Q 100.00. Tal situación demuestra que el gasto total ascendió aproximadamente en los últimos seis meses a Q459724.00 lo que equivaldría a 9994 días perdidos laboralmente, lo que de una u otra forma afecta la economía de las familias residentes del área y del Municipio en su totalidad.

³⁸ Estimación de Factores de Emisión (FE), de PM 10 en vías urbanas en México, (2009). Meza, L. y otros, Instituto de Ingeniería, Mexicali-México. Metodología utilizada: EE.UU., EPA AP-42 (2006).

Gráfica 31
Punto de Monitoreo 2



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

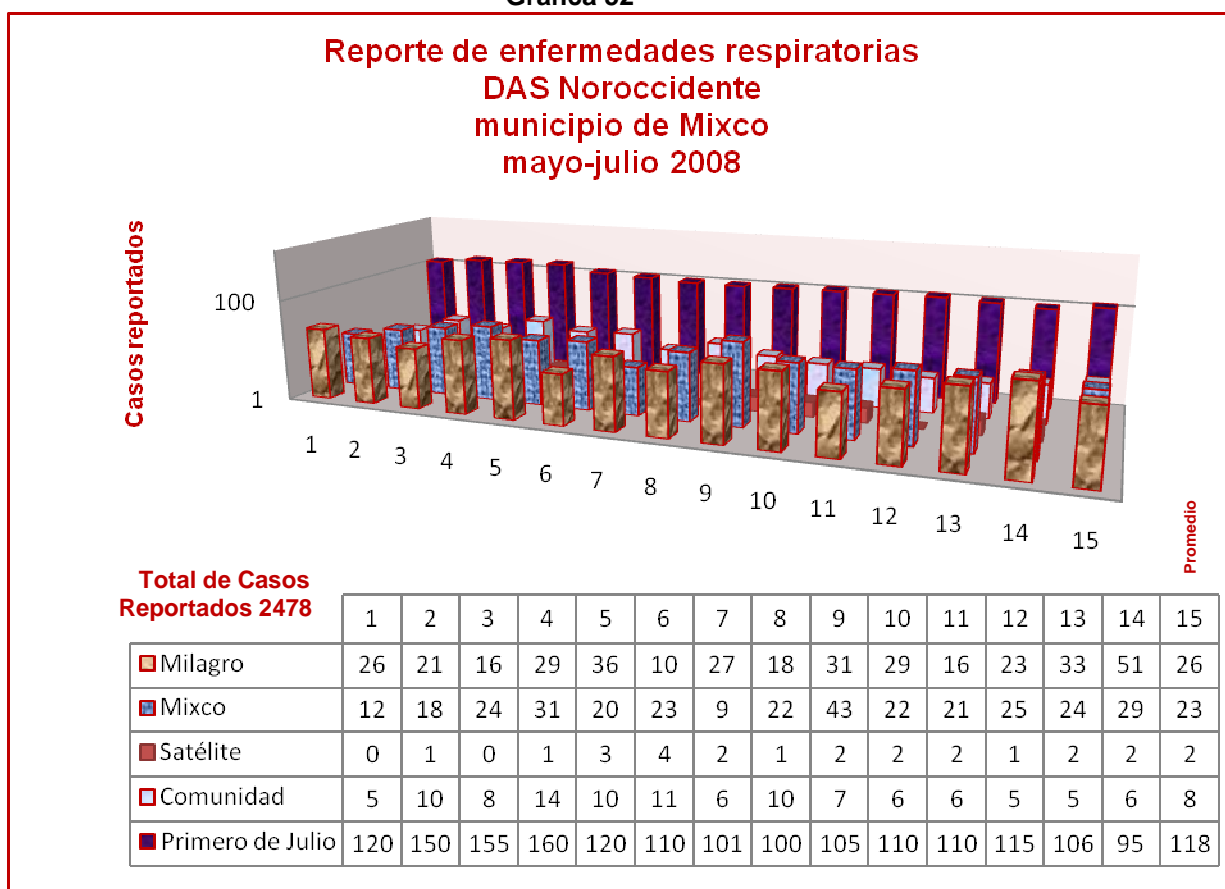
Las personas entrevistadas, respondieron que creen que es la municipalidad de Mixco el ente encargado de velar por un aire limpio (91%) únicamente un 9% opina que entre el MARN, el Gobierno Central y el Comité de Vecinos sería su responsabilidad.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, tiene dentro sus objetivos la descentralización de los Centros de Salud para atender a la población, de esta cuenta en el área del municipio de Mixco existe la Dirección de Área de Salud (DAS) Noroccidente, que sirve a las siguientes Colonias que forman parte del referido Municipio:

1. El Milagro.
2. La Comunidad.
3. Mixco.
4. Primero de Julio.
5. El Satélite

Reportando, para el período evaluado (mayo-julio 2008) los datos que a continuación se trasladan:

Gráfica 32



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Área de Salud Noroccidente (DAS), (2008).

Es imprescindible aclarar, que los controles efectuados por el DAS, se refieren a semanas de control y monitoreo, se incluyeron 14 semanas que corresponden al período estudiado. De igual manera es importante remitirse a las gráficas 23 y 28 donde se establece que únicamente en la primera que corresponde al punto de monitoreo 1 acuden un 10% a recibir atención médica por problemas de tipo respiratorio a Hospitales Nacionales/Centros de Salud y en el caso del segundo punto de monitoreo el 11%.

Es evidente, que en promedio la colonia Primero de Julio, fue la que más casos reportó con 118, le siguen en el orden las colonias El Milagro y Mixco con 26 y 23 reportes respectivamente, para finalizar con la Comunidad y El Satélite con ocho y dos casos. El total de casos reportados fue de 2478 casos que en su mayoría no fueron objeto de hospitalización.

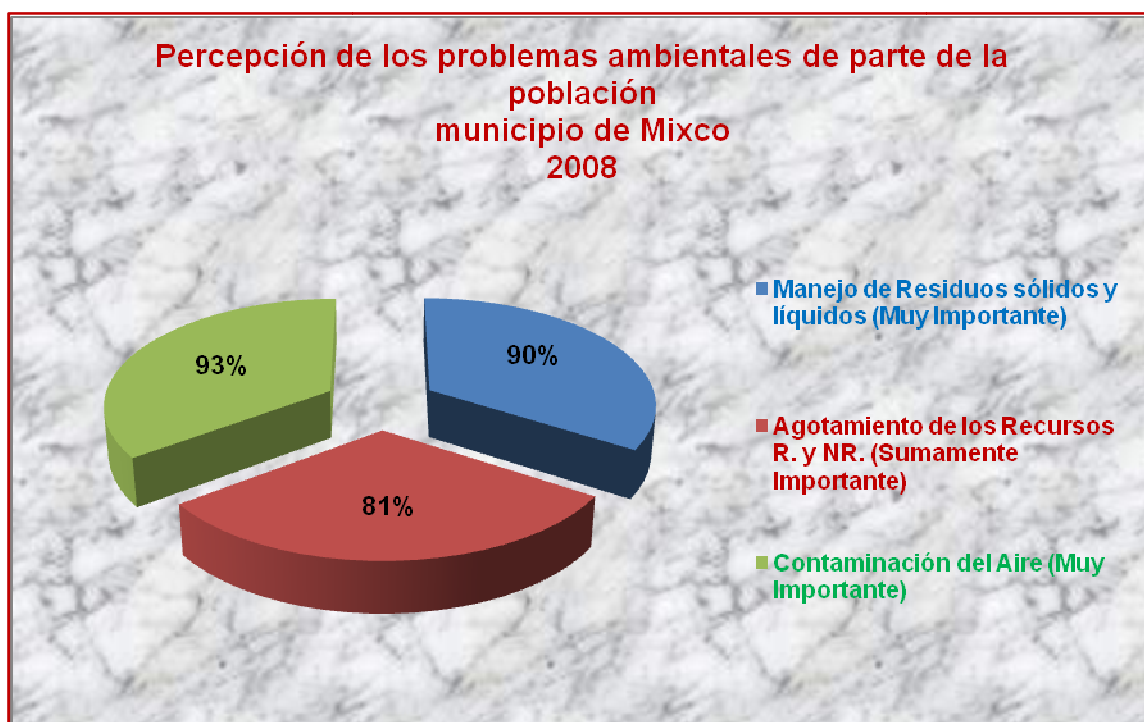
7.6 Percepción de los problemas ambientales en la población

Es sabido a nivel global, que los principales problemas de origen ambiental que afectan directamente el actuar de las sociedades y su fin primordial de búsqueda de bienestar son:

1. Manejo de residuos sólidos y líquidos
2. Agotamiento de los recursos naturales renovables y no renovables
3. Contaminación del aire

Aunado a lo anterior, la información brindada por los puntos de monitoreo 1 y 2, es como sigue:

Gráfica 33
Punto de Monitoreo 1



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

En el anterior orden de ideas, se pudo establecer que los habitantes del punto de monitoreo 1, evaluaban en primer lugar con un 93% y la calificaban como muy importante, la contaminación del aire debido posiblemente a que en este segmento existió un 34% de personas afectadas por tal situación; seguidamente el manejo de los residuos sólidos y líquidos lo situaron en 90% y de igual manera como muy importante, para concluir que el agotamiento de los recursos naturales renovables y no renovables con un 81% y calificando el problema como sumamente importante. Con respecto al punto 2 fue entonces:

Gráfica 34
Punto de Monitoreo 2



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

En este punto, la percepción del manejo de los residuos se ubicó en 93% y considerándolo como muy importante, igualmente el agotamiento de los recursos naturales pero, al evaluarlo se determinó que lo consideraban como sumamente importante, en relación a la contaminación del aire la ubicaron como muy importante en un 93%, tomando en cuenta que en este punto el porcentaje de personas que sufrían de afecciones de tipo respiratorio fue del 15%.

7.7 Determinación de la disposición a pagar (DAP) por mejoras ambientales, municipio de Mixco, (2008).

El método de valoración contingente (MVC), usa un enfoque directo: básicamente pregunta a las personas lo que estarían dispuestas a pagar por un beneficio y/o lo que estarían dispuestas a recibir a modo de compensación por tolerar un coste. El objeto del MVC es, obtener valoraciones u ofertas que estén cerca de lo que aparecería si existiera un mercado real. El mercado hipotético -el encuestador, el cuestionario y el encuestado- deben por lo tanto ser parecidos como sea posible al mercado real. El encuestador ofrece la primera oferta (precio) de partida, el encuestado dice si estaría dispuesto a pagarlo o no, a esto le sigue un procedimiento iterativo, el precio de entrada se va incrementando con el fin de establecer si el

encuestado seguirá estando de acuerdo en pagarlo, hasta que declare que no está dispuesto a pagar la última oferta planteada, por lo tanto anteriormente a esta se establece la DAP.³⁹

Si se asume que el bienestar de las personas se origina a través de la satisfacción de sus preferencias, la medida de este bienestar y el valor económico pueden inferirse analizando los comportamientos sociales, individuales y colectivos. En el caso de la calidad del aire, que es un bien ambiental, aunque no tenga precio hay que valorarlo económicamente para determinar el cambio en el bienestar y expresarlo monetariamente. Para lograr esto, se puede utilizar la cantidad de dinero que pagarían las personas para evitar un cambio desfavorable en la calidad del recurso. Cerda, A. (2007).

Con respecto, al planteamiento anterior la población del lugar estableció:

Gráfica 35



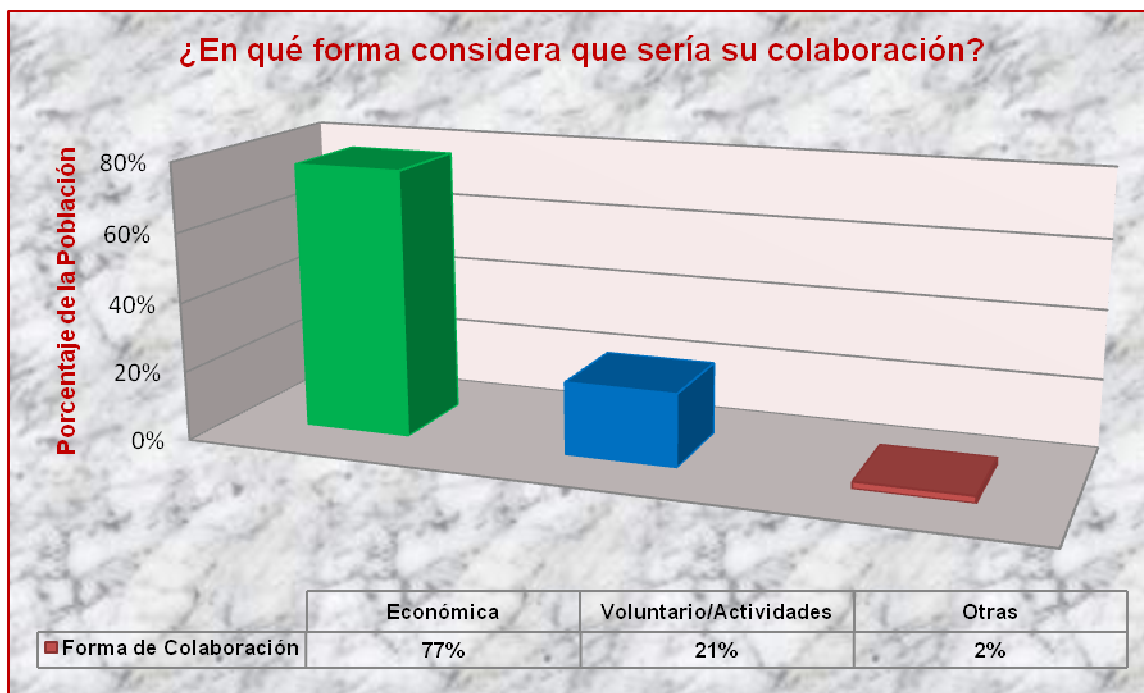
Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

El 88% de las personas encuestadas denotaron disposición a colaborar para el mejoramiento de la calidad del aire que se respira en el Municipio, se puede deducir que el dato anterior corresponde al núcleo familiar de las personas que fueron afectadas por enfermedades de tipo respiratorio.

³⁹ Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Pearce D. y Turner R. España. (1995).

De ese 88% (Personas con disposición a colaborar) se estableció, la forma en la cual consideraban oportuno contribuir, evidenciando los datos a continuación:

Gráfica 36

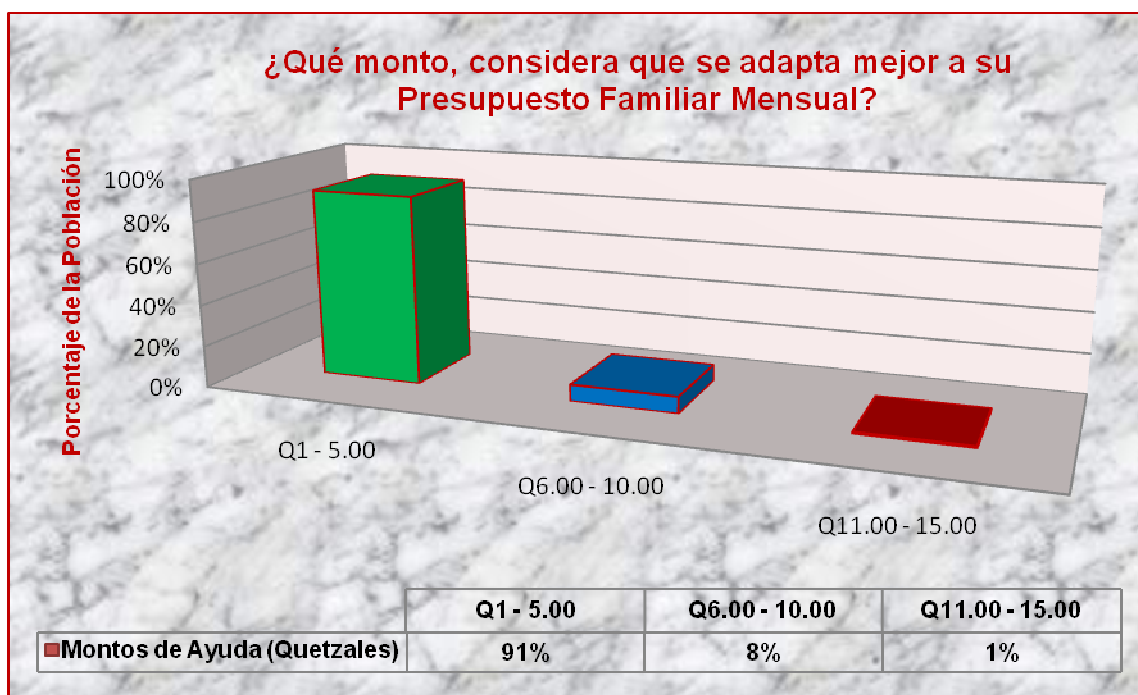


Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Económicamente se estableció con un 77%; el voluntariado a otras actividades como por ejemplo la siembra y cuidado de árboles, concientización a las personas, evitar la quema de basura con un 21% y, un dos por ciento estaba dispuesta a colaborar con cualquier actividad para el mejoramiento del aire.

Dentro del porcentaje de la población, que considera su ayuda en forma económica (77%) un 91% cree que dentro de su presupuesto familiar mensual pudiera ser de entre Q 1.00 y Q 5.00 la ayuda que pudiera ofrecer, un 8% entre Q 6.00 y Q 10.00 para concluir que solamente el 1% pretende colaborar entre Q 11.00 y Q 15.00. Como se puede observar en la gráfica siguiente:

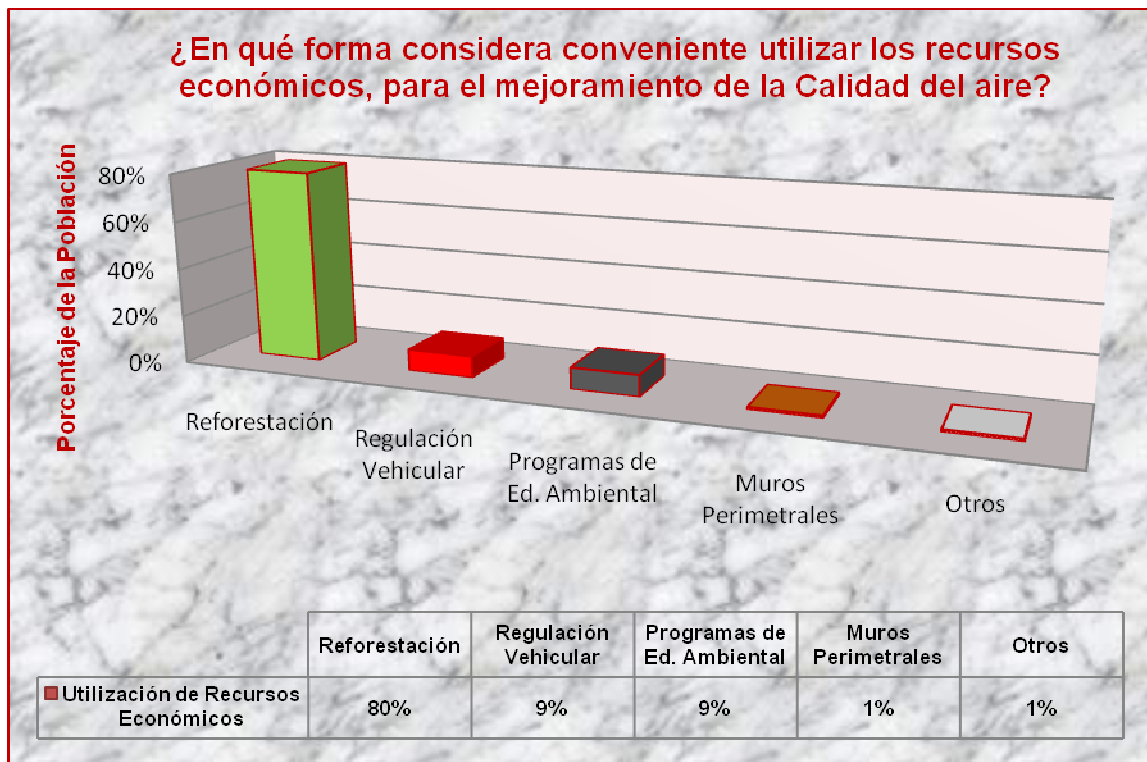
Gráfica 37



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

Con relación a donde deberían de dirigirse para hacer efectiva la ayuda ofrecida, la población en su mayoría -que están dispuestas a colaborar económicamente- considera que es la Municipalidad (91%) la que debe de asumir esa responsabilidad, un 12% consideró que entre el Comité de Vecinos y el MARN estaría recayendo la misma. Una vez establecido **el tipo de ayuda, el monto ofrecido y el medio de pago (elementos de suma importancia, dentro de la MVC)** es importante determinar, para que debiera ser utilizado lo recaudado según propuesta de la población, de lo anterior, La población, que ofreció su colaboración en forma económica plantea que la reforestación en primera instancia es el camino más adecuado para poder mejorar la calidad del aire que se respira en el Municipio (80%) continuaron exponiendo que la Regulación vehicular es también un elemento a considerar para el logro de la limpieza del aire asimismo los Programas de Educación ambiental fueron tomados en cuenta en tales opiniones (ambos con un 9%) para finalizar con un uno por ciento en cuanto la construcción e instalación de Muros perimetrales, filtros, evitar la quema y clasificación de basura, y poder contribuir al mejoramiento de tan preciado recurso natural. Dichos datos en forma grafica se observan a continuación

Gráfica 38



Fuente: Elaboración propia con datos relevados en el instrumento estadístico. (2008).

CONCLUSIONES

Una vez evaluadas las variables establecidas al inicio de la presente investigación, se concluye que:

1. El parque vehicular que circula a lo interno del área, se determinó que en promedio asciende a 3417 automotores hora/día, existiendo de igual manera una tasa de 18 vehículos cada 100,000 habitantes, para establecer que los años de uso del parque automotor existente excede los 15 a 30 años. Lo cual establece condiciones estructurales que impactan en los altos índices de contaminación detectados en el área de estudio.
2. Los niveles de contaminación, fueron relevados en dos puntos determinados, en relación a su cercanía con la vía que ofrece una alta densidad vehicular, en este caso La Calzada Roosevelt, indicando los resultados, en el primer lugar, que casi cuatro veces más de los niveles permisibles de Partículas en suspensión en su fracción de 10 micrómetros (1 micrómetro es igual a la milésima parte de un milímetro) fueron encontradas, en cuanto a los dióxidos de nitrógeno no sobrepasaron lo permisible y en relación a los dióxidos de azufre triplicaron los límites establecidos. En cuanto al punto de monitoreo, que era el área cercana a la Municipalidad, ninguno de los resultados superaron los estándares establecidos.
3. Comparando los reportes de enfermedades de tipo respiratorio (en ambos lugares monitoreados) se logró determinar que en el primer sitio se reportaron 78023 casos de personas con afecciones de tipo respiratorio y en el segundo 34991 casos; lo anterior equivale a más de un 24% de la población que habita el Municipio.
4. Un dato relevante es, que durante los seis meses previos a la investigación los costos de dichos reportes incluyendo la pérdida de días laborales para la recuperación de tales males respiratorios ascendió a Q 459724.00 que en promedio revelaron 9994 días laborales no trabajados; lo que evidentemente afecta no solamente a las familias afectadas sino también a la economía del Municipio.
5. Dentro de las preguntas de investigación, planteadas originalmente se puede determinar, una vez finalizada dicha investigación que si existe una relación de las enfermedades de tipo respiratorio con los niveles de contaminación existentes en el área, principalmente en los lugares adyacentes a la Calzada Roosevelt; el alto número de vehículos automotores evidencia tal situación, aunque no se debe de dejar fuera la información -que no fue objeto de dicho trabajo- de las fuentes fijas de contaminación de aire existentes en el área en cuestión; los factores que inciden en la actitud de los propietarios de vehículos en cuanto al control de emisiones es evidentemente el factor económico lo que conlleva a no poder renovar la flota existente.

6. Los problemas de tipo ambiental que existen en el área no escapan de la preocupación de los habitantes, situando la contaminación del aire en el punto de monitoreo 1 y 2 como muy importante, así también el deseo de colaborar por el mejoramiento de la misma que se expresa en un 88% de las personas entrevistadas; la forma como consideran que pudieran colaborar traslada datos de un 77% en forma económica y el resto en actividades tales concientización a las personas, evitar la quema de basura etc. Dentro del porcentaje que ayudaría económicamente un 91% estableció su ayuda entre Q 1.00 y Q 5.00 un 8% entre Q 6.00 y Q 10.00 lo cual sería un buen aporte para dicha tarea. Para concluir respondieron que es la Municipalidad la encargada de recolectar dicho monto de dinero e implementar medidas adecuadas para tal efecto.
7. Es interesante poder observar, que según datos relevados la población que ofreció su ayuda en forma económica opinó que la mejor utilización de los recursos debería de ser la Reforestación en un 80% y la Regulación vehicular así como Programas de educación Ambiental en un 9% respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de un plan, cuyo objetivo principal sea la estructuración por año, placa o cualquier otro mecanismo de ordenación, que establezca el uso días/horas de vehículos particulares como punto de partida para la reducción del parque vehicular existente en el interior del municipio de Mixco.
2. El establecimiento de Programas de Prevención, con el propósito de disminuir los casos de enfermedades de tipo respiratorio, tales como la utilización de mascarillas en las llamadas horas pico, control y monitoreo de los niveles de gases emitidos por los automotores existentes en el área e implementación integral -Policía Nacional Civil, Emixtra, representantes de Comités de Vecinos- para erradicar la inseguridad que se vive en los automotores de transporte público y así poder incrementar el uso del mismo en detrimento del uso del vehículo privado.
3. Campañas educativas de información ambiental, Reforestación de área necesarias para elevar la captación de gases contaminantes del aire -CO₂- Dióxido de Carbono, incorporando de igual manera los establecimientos de educación públicos, con el fin primordial de motivar a las nuevas generaciones en el manejo y cuidado del medio ambiente.
4. Implementar metas a corto y mediano plazo con respecto a los ítems desarrollados con anterioridad, solicitando la asesoría de entidades expertas en el tema tales como MARN, ONG's, Unidades académicas, expertos del tema y otras que coadyuven al conocimiento y posterior desarrollo de Planes consistentes en cuanto al manejo sustentable de los recursos ambientales existentes en el área.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abu-Allaban, A. y otros (2003) *Factores de emisión-desgaste tubos de escape, polvo del camino, desgaste de los frenos de los vehículos de carretera*. 37. 5283-5293.
2. _____, Acuerdo Gubernativo, de fecha 7 de abril de 1938, República de Guatemala.
3. Azqueta Oyarzum, D. (1994). *Valoración Económica de la calidad Ambiental*. España: Mc.Graw-Hill.
4. Azqueta Oyarzum, D. (2002). *Valoración Económica de la calidad Ambiental*. España: Mc.Graw-Hill.
5. Bowler, P. A. (1998). *Historia Fontana de las Ciencias Ambientales*. México: Fondo de Cultura Económica.
6. Brown, J.H. (2003). *Macroecología*. México: Fondo de Cultura Económica.
7. Brown, T.L. y otros (2004) *Química: La ciencia central*, México: Pearson.
8. Castellanos, M. (1992) *Economía y Ambiente*, Cuba: Academia.
9. _____, CCA, Comisión para la Cooperación Ambiental. “*Rutas Continentales de los Contaminantes*”
10. _____, CCAD, *Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo*. “*Análisis Integra, componente Guatemala*”
11. _____, CEMAT, *Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada*. “*Energía, Desarrollo Industrial, Contaminación del Aire y Atmosférica, Cambio Climático en América Latina*”
12. _____, CEPAL, *Comisión económica para América Latina y El Caribe*. “*Perspectivas del medio Ambiente Mundial, 3*”
13. _____, CEPIS, *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*. “*Curso de Autoinstrucción, Introducción a la toxicología de la Contaminación del Aire*”
14. Carey, F.A. (2003). *Química Orgánica*. México: Mc Graw-Hill.
15. Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR). Universidad de San Carlos de Guatemala, Boletín No. 37. (1998).
16. Cifuentes Medina, E. (2003). *La Aventura de Investigar: El Plan y la Tesis*. Guatemala: Magna Terra.
17. Conde, J. y otros (2003). *Economía, transporte y medio ambiente*. España: Nivola, Libros y ediciones.
18. _____, Constitución de la República de Guatemala, (1985).
19. Daly, H.E. y Cobb, Jr. J.B. (1989). *Para el Bien Común*. México: Fondo de Cultura Económica.
20. _____, Diseño de la Reforma Educativa, (1998) *Comisión Paritaria de Reforma Educativa*. Guatemala.
21. Druckrey, J. y otros (1967) *Principios y Métodos para evaluar la Toxicidad de las sustancias químicas*. OPS/OMS.
22. _____, EPA, *Agencia de Protección Ambiental*. AP-42-2006. www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html. Acceso Julio 1 de 2010.
23. España, O. (2001). *Ética, Educación y Medio Ambiente*. Guatemala: Ministerio de Educación.
24. Espinet, B. (1997). *Los problemas ambientales y la educación ambiental: Una reflexión*, Barcelona.
25. Field, B.C. y Field, M. (2002). *Economía Ambiental*. México: Mc Graw-Hill.
26. Funtowicz, S. (1997) *Problemas Ambientales Complejos y la Ciencia Posmoderna*. Barcelona: UPC-Icaria.
27. Funtowicz, S, (1999). *Política ambiental en situaciones de complejidad*. Cataluña, Departament de Medi Ambient.
28. Glass y Stanley, (1994) *Métodos Estadísticos aplicados a las Ciencias Sociales*, México: Prentice Hall.
29. Gudynas, E. (2003). *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*. Ecuador: Abya-Yala.
30. Gutiérrez, N. (1982) Organización Mundial de la Salud, “*Estimación de la exposición humana a los contaminantes del aire*”. Ginebra. Publicación 69.

31. Harphan y Blue (1995) Salud Pública en los países *EARTHSCAN*, Londres.
32. Hennekens y otros (1987) *Introducción al Análisis de Riesgos Ambientales*. México. Instituto Nacional de Ecología.
33. _____, *Hospital Roosevelt de Guatemala*.
34. _____, *Hospital General San Juan de Dios*.
35. INE, Instituto Nacional de Estadística. (2002). *Proyecciones de Población con base al XI Censo de Población y VI de Habitación*. Guatemala.
36. _____, Instituto Blacksmith (2005) Nueva York.
37. _____, *Instituto Nacional de Ecología (INGEI)*, México (2005).
38. _____, INSIVUMEH, *Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología*.
39. Ketznel, M. y otros, *Estimación y validación de PM₁₀/PM_{2.5} de los factores de emisión, para la modelización de la contaminación* (2007). Medio ambiente atmosférico: 41, 9370-9385
40. _____, Laboratorio de monitoreo del aire (LMA), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
41. _____, *Manual de Cuidados Ambientales*, España (2002.)
42. Makridakis, S. y Wheelwright, S (1998) *Métodos de Pronóstico*, México: Limusa.
43. Mari, E.A. (2000). *El Ciclo de la Tierra: Minerales, materiales, reciclado, contaminación ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
44. Martínez Alier, J. (2006). *El Ecologismo de los pobres*. España: Icaria.
45. Martínez Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2001). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
46. Miller, G.T. (2002). *Introducción a la Ciencia Ambiental: Desarrollo Sostenible de la Tierra*. España: Thomson.
47. Namankoroosh, M. (2005) *Metodología de la Investigación*, México. Limusa.
48. Naredo, J.M. (2000). *Raíces Económicas del Deterioro Ecológico y Social: Más allá de los Dogmas*. España: Siglo XXI.
49. Núñez Jiménez, A. (1998). *Hacia una Cultura de la Naturaleza*. Cuba: Letras Cubanas.
50. Onursal, Bekir; Gautam, Surhid. (1997). *Contaminación atmosférica por vehículos automotores*. Documento técnico del Banco Mundial No. 373S. Washington, D.C.
51. O'neill y otros (2003) *Air pollution and Mortality in Latin America. Chile*.
52. _____, ONU, *Organización de Naciones Unidas*.
53. Ortiz Uribe, F. y García Nieto, M. (2003). *Metodología de la Investigación: El Proceso y sus Técnicas*. México: Limusa.
54. Pearce, W. D. (1985). *Economía Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
55. Pearce, W.D. y Turner, R.K. (1995). *Economía de Los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*. España: Celeste.
56. _____, PNUD, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2008). *Informe Nacional de Desarrollo Humano*. Guatemala.
57. _____, PNUMA, *Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente*.
58. Ramos Gorostiza, J.L. (2000). *La Economía de los Recursos Naturales, desde la perspectiva Institucional*. España: Complutense.
59. _____, *Readecuación de la formación académica de la economía, con enfoque de la economía ambiental*, Proyecto NPT/GTM/067, Universidades de Wageningen, Tilburg, Utrecht y CINPE, Costa Rica.
60. _____, *Revista Ingenierías*, Universidad de Medellín, Colombia (2006).
61. _____, REDPANAIRE, *Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire*.
62. Riera, P. y otros (2005). *Manual de Economía Ambiental y del Los Recursos Naturales*. España: Thomson.
63. Romero, C. (1997). *Economía de los Recursos Ambientales y Naturales*. Madrid: Alianza.
64. Romieu, I. (1995) *Contaminantes Atmosféricos*, México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
65. Ruiz Olabuenaga, J.I. (1996) *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto.
66. _____, SAT, *Superintendencia de Administración Tributaria*.

67. _____, Scarano, E.R. (2004). *Manual de Redacción de Escritos de Investigación*. Buenos Aires: Macchi.
68. Schwartz, P.J. (2000) *Contaminación Atmosférica y Efectos sobre la Salud*, México: Instituto Nacional de Ecología.
69. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2005). *Ecología y Medio Ambiente*. México: Fondo de Cultura Económica.
70. Soberón Mainero, J. (1998). *Ecología de las Poblaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
71. _____, SWISSCONTAC, *Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico*.
72. Unión Mundial para la Naturaleza, (2007). *Valoración Económica, Ecológica y Ambiental*. Costa Rica: Universitaria Nacional.
73. Wark, K. y Warner C.F. (2005). *Contaminación del Aire: Origen y Control*. México: Limusa.

ANEXOS

Anexo 1

Cálculo del Tamaño Total de la Muestra

Se determinó, que las Colonias que constituyen el área de influencia de los niveles de contaminación existentes son 17, de igual manera la Muestra se ponderó para determinar la estratificación de la misma; los estadísticos utilizados fueron en su orden:

Muestra (n): **50,044 habitantes**

Nivel de Confianza: **95%** (Valor de Z, en distribución Normal: 1.96)

Límite de error: **5%**

Probabilidades: **p: 0.5 & q: 1-p**

$$n = \frac{n * Z^2 * p * q}{e^2 (N-1) + p * q}$$

$$n = \frac{(50,044) (1.96)^2 (0.5) (0.5)}{(0.05^2) (50,044 - 1) + (0.5) (0.5)}$$

Resultado: **n= 381.241 ~ 381** Personas a entrevistar.

Proyecciones de Población con base al XI Censo de Población y VI de Habitación 2002 (2000-2020) Instituto Nacional de Estadística, INE.

Colonia	Población	Ponderación	Muestra
Alvarado	541	1.081	4
Calzada Mateo Flores	218	0.436	2
Cotío	121	0.242	1
El Pedregal	147	0.294	1
El Rosario	575	1.149	4
El Tesoro Banvi I	2579	5.153	20
El Tesoro Banvi II	2680	5.355	20
La Escuadrilla	1141	2.280	9
Lomas del Rodeo	2036	4.068	16
Mixco (Casco Urbano)	21031	42.025	161
Molino de las Flores I	3286	6.566	25
Molino de las Flores II	910	1.818	7
Nueva Monserrat	11872	23.723	90
Residenciales Roosevelt	406	0.811	3
Santa Rita I	980	1.958	7
Santa Rita II	840	1.679	6
Toledo	681	1.361	5
Totales	50044	100	381

Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Anexo 2
Compendio de las Leyes, relacionadas con el Campo de la Salud y el Medio Ambiente,
República de Guatemala.

Acuerdo	Tipo de Decreto	Nombre	Relación
		Constitución Política de la República de Guatemala	... El Estado, es el encargado de velar por la salud y la asistencia social, de todos los habitantes, como garantía del derecho fundamental al goce de la salud, sin discriminación alguna.
Decreto 90-97	Legislativo	Código de Salud	Regula el derecho, que todos los habitantes, de la República, tienen a la prevención, recuperación y rehabilitación de la salud, sin discriminación...
Decreto 12-2002	Legislativo	Código Municipal	... Siendo una de sus principales competencias, velar por el cumplimiento y observancia de las normas de control sanitario, para garantizar la salud de los habitantes del Municipio.
Decreto 106	Ley	Código Civil	Define la protección legal de la persona, desde su concepción...
Decreto 42-2001	Legislativo	Ley de Desarrollo Social	Crea el Marco Jurídico, para implementar los procedimientos legales y políticas públicas.... Encaminadas al desarrollo de la persona humana, en los aspectos social, familiar, humano y su entorno.
68-86	Legislativo	Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente	Regula la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en reconocimiento de que los niveles críticos de deterioro de los recursos naturales y el Medio Ambiente, inciden definitivamente en la calidad de los habitantes y ecosistemas del país.
Decreto 36-98	Legislativo	Ley de Sanidad Vegetal y Animal	Velar por la protección y sanidad de los vegetales, animales y especies forestales e hidrobiológicas... sin perjuicio para la Salud humana y el Medio Ambiente.
14-97	Legislativo	Control de Emisiones Vehiculares	Obligatoriedad de la evaluación de todo vehículo automotor, de obtener un permiso que avale, el mínimo permisible de contaminación al aire. Derogado en el año de 1998.

Fuente: Elaboración propia, en base a Leyes existentes en la República de Guatemala, que se relacionan con la Salud y el Medio Ambiente. (2008).

Anexo 3
Parque Vehicular (Nuevos y Usados)
ciudad de Guatemala
Años (2004-2008)

Fuente: Sistema de Comercio Exterior
Superintendencia de Administración Tributaria SAT (2009)

Año 2004	Enero	844,654
	Febrero	853,192
	Marzo	860,071
	Abril	867,856
	Mayo	874,843
	Junio	883,106
	Julio	890,198
	Agosto	898,749
	Septiembre	906,097
	Octubre	913,666
	Noviembre	922,654
	Diciembre	931,815

Año 2005	Enero	944,521
	Febrero	955,099
	Marzo	965,812
	Abril	976,676
	Mayo	989,058
	Junio	1,001,481
	Julio	1,013,818
	Agosto	1,028,041
	Septiembre	1,041,577
	Octubre	1,052,233
	Noviembre	1,065,684
	Diciembre	1,080,068

Año 2006	Enero	1,124,453
	Febrero	1,139,757
	Marzo	1,157,518
	Abril	1,170,897
	Mayo	1,190,023
	Junio	1,207,465
	Julio	1,225,223
	Agosto	1,245,053
	Septiembre	1,264,220
	Octubre	1,282,361
	Noviembre	1,300,944
	Diciembre	1,302,272

Año 2007	Enero	1,340,413
	Febrero	1,358,386
	Marzo	1,377,785
	Abril	1,393,331
	Mayo	1,414,531
	Junio	1,431,491
	Julio	1,450,074
	Agosto	1,470,031
	Septiembre	1,488,431
	Octubre	1,509,392
	Noviembre	1,529,647
	Diciembre	1,558,145

Año 2008	Enero	1,570,338
	Febrero	1,590,299
	Marzo	1,606,722
	Abril	1,626,591
	Mayo	1,645,710
	Junio	1,660,761
	Julio	1,677,881
	Agosto	1,693,240
	Septiembre	1,708,588
	Octubre	1,723,084
	Noviembre	1,736,973
	Diciembre	1,760,013

Anexo 4
Total de Partículas en Suspensión 10 Micrones (PM₁₀)
Puntos de Muestreo (Laboratorio de Monitoreo del Aire)
Ciudad de Guatemala
Años (2004-2008)

Alto Flujo Vehicular

Bajo Flujo Vehicular

Límite sugerido Media anual, 50 µg/m³ media en 24 hrs.

		Avenida Petapa	INCAP	MUSAC
2004 PM₁₀	Enero	23	132	38
	Febrero	51	85	75
	Marzo	50	89	72
	Abril	90	91	49
	Mayo	58	71	40
	Junio	15	68	71
	Julio	54	63	56
	Agosto	20	73	35
	Septiembre	17	88	48
	Octubre	23	70	45
	Noviembre	29	72	44
	Diciembre	34	80	73

		Avenida Petapa	INCAP	MUSAC
2005 PM₁₀	Enero	26	143	20
	Febrero	65	74	55
	Marzo	61	79	37
	Abril	124	96	18
	Mayo	18	67	28
	Junio	75	65	49
	Julio	17	64	32
	Agosto	20	79	22
	Septiembre	27	94	29
	Octubre	16	63	31
	Noviembre	65	73	27
	Diciembre	63	79	49

		Avenida Petapa	INCAP	MUSAC
2006 PM₁₀	Enero	22	61	26
	Febrero	43	89	35
	Marzo	34	75	36
	Abril	58	130	71
	Mayo	211	97	50
	Junio	52	178	51
	Julio	88	50	85
	Agosto	126	139	40
	Septiembre	37	108	108
	Octubre	30	74	65
	Noviembre	26	52	38
	Diciembre	14	28	54

		Avenida Petapa	INCAP	MUSAC
2007 PM₁₀	Enero	4	72	94
	Febrero	40	75	12
	Marzo	6	91	36
	Abril	70	79	100
	Mayo	133	109	68
	Junio	15	94	55
	Julio	65	68	42
	Agosto	24	55	41
	Septiembre	52	98	35
	Octubre	31	112	37
	Noviembre	30	81	65
	Diciembre	32	21	71

		Avenida Petapa	INCAP	MUSAC	
		2008 PM₁₀		Enero	14
Febrero	12			59	95
Marzo	51			156	73
Abril	17			55	35
Mayo	17			100	34
Junio	18			69	37
Julio	36			26	17
Agosto	18			30	31
Septiembre	15			130	27
Octubre	4			106	7
Noviembre	11			33	50
Diciembre	17			75	39

Anexo 5
Estadísticas descriptivas PM 10
(Año 2004)

Petapa		Incap		Musac	
Media	38.7	Media	81.8	Media	53.8
Error típico	6.5	Error típico	5.3	Error típico	4.3
Mediana	31.5	Mediana	76.5	Mediana	48.5
Moda	23	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	22.4	Desviación estándar	18.3	Desviación estándar	15.0
Varianza de la muestra	500.8	Varianza de la muestra	334.7	Varianza de la muestra	224.9
Curtosis	1.0	Curtosis	5.2	Curtosis	-1.6
Coeficiente de asimetría	1.1	Coeficiente de asimetría	2.0	Coeficiente de asimetría	0.4
Rango	75	Rango	69	Rango	40
Mínimo	15	Mínimo	63	Mínimo	35
Máximo	90	Máximo	132	Máximo	75
Suma	464	Suma	982	Suma	646
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Mayor (1)	90	Mayor (1)	132	Mayor (1)	75
Menor(1)	15	Menor(1)	63	Menor(1)	35
Nivel de confianza(95.0%)	14.2	Nivel de confianza(95.0%)	11.6	Nivel de confianza(95.0%)	9.5

(Año 2005)

Petapa		Incap		Musac	
Media	48.1	Media	81.3	Media	33.1
Error típico	9.6	Error típico	6.4	Error típico	3.5
Mediana	44	Mediana	76.5	Mediana	30
Moda	65	Moda	79	Moda	49
Desviación estándar	33.1	Desviación estándar	22.2	Desviación estándar	12.1
Varianza de la muestra	1097.4	Varianza de la muestra	493.3	Varianza de la muestra	146.3
Curtosis	0.9	Curtosis	5.6	Curtosis	-0.7
Coeficiente de asimetría	1.0	Coeficiente de asimetría	2.2	Coeficiente de asimetría	0.7
Rango	108	Rango	80	Rango	37
Mínimo	16	Mínimo	63	Mínimo	18
Máximo	124	Máximo	143	Máximo	55
Suma	577	Suma	976	Suma	397
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Mayor (1)	124	Mayor (1)	143	Mayor (1)	55
Menor(1)	16	Menor(1)	63	Menor(1)	18
Nivel de confianza(95.0%)	21.0	Nivel de confianza(95.0%)	14.1	Nivel de confianza(95.0%)	7.7

(Año 2006)

Petapa		Incap		Musac	
Media	61.8	Media	90.1	Media	54.9
Error típico	16.3	Error típico	12.4	Error típico	6.9
Mediana	40	Mediana	82	Mediana	50.5
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	56.5	Desviación estándar	43.0	Desviación estándar	23.8
Varianza de la muestra	3189.3	Varianza de la muestra	1848.1	Varianza de la muestra	565.7
Curtosis	4.1	Curtosis	0.0	Curtosis	0.9
Coeficiente de asimetría	2.0	Coeficiente de asimetría	0.7	Coeficiente de asimetría	1.1
Rango	197	Rango	150	Rango	82
Mínimo	14	Mínimo	28	Mínimo	26
Máximo	211	Máximo	178	Máximo	108
Suma	741	Suma	1081	Suma	659
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Mayor (1)	211	Mayor (1)	178	Mayor (1)	108
Menor(1)	14	Menor(1)	28	Menor(1)	26
Nivel de confianza(95.0%)	35.9	Nivel de confianza(95.0%)	27.3	Nivel de confianza(95.0%)	15.1

(Año 2007)

Petapa		Incap		Musac	
Media	41.8	Media	79.6	Media	54.7
Error típico	10.2	Error típico	7.2	Error típico	7.5
Mediana	31.5	Mediana	80	Mediana	48.5
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	35.5	Desviación estándar	24.9	Desviación estándar	25.9
Varianza de la muestra	1259.6	Varianza de la muestra	622.3	Varianza de la muestra	669.9
Curtosis	3.4	Curtosis	1.7	Curtosis	-0.4
Coeficiente de asimetría	1.6	Coeficiente de asimetría	-1.0	Coeficiente de asimetría	0.4
Rango	129	Rango	91	Rango	88
Mínimo	4	Mínimo	21	Mínimo	12
Máximo	133	Máximo	112	Máximo	100
Suma	502	Suma	955	Suma	656
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Mayor (1)	133	Mayor (1)	112	Mayor (1)	100
Menor(1)	4	Menor(1)	21	Menor(1)	12
Nivel de confianza(95.0%)	22.5	Nivel de confianza(95.0%)	15.8	Nivel de confianza(95.0%)	16.4

(Año 2008)

Petapa		Incap		Musac	
Media	19.2	Media	76.8	Media	38.1
Error típico	3.6	Error típico	11.7	Error típico	7.2
Mediana	17	Mediana	72	Mediana	34.5
Moda	17	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	12.5	Desviación estándar	40.5	Desviación estándar	25.0
Varianza de la muestra	155.1	Varianza de la muestra	1646.4	Varianza de la muestra	626.6
Curtosis	3.6	Curtosis	-0.3	Curtosis	1.4
Coeficiente de asimetría	1.8	Coeficiente de asimetría	0.6	Coeficiente de asimetría	1.2
Rango	47	Rango	130	Rango	88
Mínimo	4	Mínimo	26	Mínimo	7
Máximo	51	Máximo	156	Máximo	95
Suma	230	Suma	922	Suma	457
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Mayor (1)	51	Mayor (1)	156	Mayor (1)	95
Menor(1)	4	Menor(1)	26	Menor(1)	7
Nivel de confianza(95.0%)	7.9	Nivel de confianza(95.0%)	25.8	Nivel de confianza(95.0%)	15.9

Anexo 6
Reportes de Enfermedades Respiratorias Agudas (IRAS)
Fuente: Hospitales Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), San Juan de Dios,
Roosevelt. (Años 2004-2008).
Registros Médicos, Datos Preliminares, Sujetos a Cambios (2009).

Hospitales

1. San Juan de Dios

2. Roosevelt

3. IGSS

2004	Enero	82	375	6,953	7,410
	Febrero	92	519	7,005	7,616
	Marzo	91	543	7,852	8,486
	Abril	54	511	7,956	8,417
	Mayo	83	705	9,833	10,621
	Junio	85	775	9,991	10,623
	Julio	151	812	10,543	11,506
	Agosto	162	820	11,640	12,622
	Septiembre	35	324	7,555	7,914
	Octubre	28	306	7,677	8,011
	Noviembre	30	356	7,598	7,984
	Diciembre	25	275	5,965	6,265

2005	Enero	84	497	5,455	6036
	Febrero	66	411	5,003	5480
	Marzo	132	573	6,766	7471
	Abril	155	621	7,002	7778
	Mayo	134	602	8,300	9036
	Junio	131	627	8,976	9734
	Julio	120	599	8,851	9570
	Agosto	153	754	10,220	11127
	Septiembre	163	690	8,745	9598
	Octubre	115	581	8,764	9460
	Noviembre	78	432	5,699	6209
	Diciembre	74	438	5,493	6005

2006	Enero	63	620	5,311	5994
	Febrero	71	733	5,896	6700
	Marzo	86	1001	6,753	7840
	Abril	79	501	6,279	6859
	Mayo	73	684	7,956	8713
	Junio	120	745	8,499	9364
	Julio	142	528	7,981	8651
	Agosto	158	396	6,322	6876
	Septiembre	71	550	6,002	6623
	Octubre	59	765	6,137	6961
	Noviembre	67	563	5,355	5985
	Diciembre	63	314	4,526	4903

2007	Enero	74	318	6,344	6736
	Febrero	59	515	6,871	7445
	Marzo	112	1383	6,887	8382
	Abril	60	766	5,204	6030
	Mayo	72	532	6,066	6670
	Junio	67	626	7,993	8686
	Julio	49	755	10,269	1073
	Agosto	73	561	9,148	9782
	Septiembre	86	440	9,355	9881
	Octubre	89	298	9,981	10368
	Noviembre	76	231	9,399	9706
	Diciembre	80	507	7,936	8523

2008	Enero	102	309	7,229	7640
	Febrero	110	322	7,884	8316
	Marzo	76	614	6,490	7180
	Abril	91	221	7,005	7317
	Mayo	77	553	7,550	8180
	Junio	75	714	7,881	8670
	Julio	60	676	7,300	8036
	Agosto	74	583	8,225	8882
	Septiembre	77	635	8,907	9619
	Octubre	79	368	8,441	8888
	Noviembre	65	774	8,176	9015
	Diciembre	49	446	5,417	5912
Tot-Acum.	5,207	33,693	452,817	491,717	

Anexo 7
Estadísticas descriptivas IRAS
(Año 2004)

San Juan		Roosevelt		IGSS	
Media	76.5	Media	526.8	Media	8380.7
Error típico	13.2	Error típico	59.5	Error típico	492.5
Mediana	82.5	Mediana	515	Mediana	7764.5
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	45.6	Desviación estándar	206.0	Desviación estándar	1706.1
Varianza de la muestra	2077.4	Varianza de la muestra	42430.6	Varianza de la muestra	2910617.3
Curtosis	-0.2	Curtosis	-1.6	Curtosis	-0.5
Coeficiente de asimetría	0.7	Coeficiente de asimetría	0.3	Coeficiente de asimetría	0.7
Rango	137	Rango	545	Rango	5675
Mínimo	25	Mínimo	275	Mínimo	5965
Máximo	162	Máximo	820	Máximo	11640
Suma	918	Suma	6321	Suma	100568
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Nivel de confianza(95.0%)	29.0	Nivel de confianza(95.0%)	130.9	Nivel de confianza(95.0%)	1084.0

(Año 2005)

San Juan		Roosevelt		IGSS	
Media	117.1	Media	568.8	Media	7439.5
Error típico	9.8	Error típico	30.5	Error típico	504.7
Mediana	125.5	Mediana	590	Mediana	7651
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	33.9	Desviación estándar	105.8	Desviación estándar	1748.3
Varianza de la muestra	1149.0	Varianza de la muestra	11196.4	Varianza de la muestra	3056492.6
Curtosis	-1.4	Curtosis	-0.6	Curtosis	-1.5
Coeficiente de asimetría	-0.3	Coeficiente de asimetría	0.0	Coeficiente de asimetría	0.0
Rango	97	Rango	343	Rango	5217
Mínimo	66	Mínimo	411	Mínimo	5003
Máximo	163	Máximo	754	Máximo	10220
Suma	1405	Suma	6825	Suma	89274
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Nivel de confianza(95.0%)	21.5	Nivel de confianza(95.0%)	67.2	Nivel de confianza(95.0%)	1110.8

(Año 2006)

San Juan		Roosevelt		IGSS	
Media	87.7	Media	616.7	Media	6418.1
Error típico	9.6	Error típico	53.2	Error típico	345.3
Mediana	72	Mediana	591.5	Mediana	6208
Moda	63	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	33.4	Desviación estándar	184.2	Desviación estándar	1196.2
Varianza de la muestra	1114.4	Varianza de la muestra	33920.8	Varianza de la muestra	1430847.2
Curtosis	0.5	Curtosis	0.6	Curtosis	-0.5
Coeficiente de asimetría	1.4	Coeficiente de asimetría	0.4	Coeficiente de asimetría	0.4
Rango	99	Rango	687	Rango	3973
Mínimo	59	Mínimo	314	Mínimo	4526
Máximo	158	Máximo	1001	Máximo	8499
Suma	1052	Suma	7400	Suma	77017
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Nivel de confianza(95.0%)	21.2	Nivel de confianza(95.0%)	117.0	Nivel de confianza(95.0%)	760.0

(Año 2007)

San Juan		Roosevelt		IGSS	
Media	74.8	Media	577.7	Media	7954.4
Error típico	4.7	Error típico	87.6	Error típico	484.4
Mediana	73.5	Mediana	523.5	Mediana	7964.5
Moda	#N/A	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	16.4	Desviación estándar	303.6	Desviación estándar	1678.1
Varianza de la muestra	267.8	Varianza de la muestra	92169.9	Varianza de la muestra	2816071.0
Curtosis	1.5	Curtosis	4.3	Curtosis	-1.3
Coeficiente de asimetría	0.8	Coeficiente de asimetría	1.8	Coeficiente de asimetría	-0.1
Rango	63	Rango	1152	Rango	5065
Mínimo	49	Mínimo	231	Mínimo	5204
Máximo	112	Máximo	1383	Máximo	10269
Suma	897	Suma	6932	Suma	95453
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Nivel de confianza(95.0%)	10.4	Nivel de confianza(95.0%)	192.9	Nivel de confianza(95.0%)	1066.2

(Año 2008)

San Juan		Roosevelt		IGSS	
Media	77.9	Media	517.9	Media	7542.1
Error típico	4.9	Error típico	51.9	Error típico	273.0
Mediana	76.5	Mediana	568	Mediana	7715.5
Moda	77	Moda	#N/A	Moda	#N/A
Desviación estándar	16.9	Desviación estándar	179.7	Desviación estándar	945.8
Varianza de la muestra	285.0	Varianza de la muestra	32296.4	Varianza de la muestra	894459.2
Curtosis	0.3	Curtosis	-1.3	Curtosis	1.1
Coefficiente de asimetría	0.4	Coefficiente de asimetría	-0.3	Coefficiente de asimetría	-0.9
Rango	61	Rango	553	Rango	3490
Mínimo	49	Mínimo	221	Mínimo	5417
Máximo	110	Máximo	774	Máximo	8907
Suma	935	Suma	6215	Suma	90505
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12
Nivel de confianza(95.0%)	10.7	Nivel de confianza(95.0%)	114.2	Nivel de confianza(95.0%)	600.9

Anexo 8 INSTRUMENTO ESTADÍSTICO (Boleta)

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Postgrado

Maestría: Economía Ambiental y de los Recursos Naturales

“ENCUESTA SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DEL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES DE TIPO RESPIRATORIO EN LA POBLACIÓN”

Nombre del Encuestador: _____

Número de Encuesta: _____ Región/Zona: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Estimado vecino (a) preocupados por conocer la situación de la Contaminación Atmosférica del área y, la problemática que ocasiona a la salud de los habitantes del sector, estamos realizando una encuesta con fines académicos, para lo cual solicitamos su colaboración, en el entendido que la información recabada, será de tipo confidencial.

Información general

- a. Sexo del entrevistado: _____ 0 (Masculino) _____ 1 (Femenino)
- b. Edad del entrevistado: _____ 0 (0-15 años) _____ 1 (16-30 años) _____ 2 (31-45 años)
_____ 3 (46-70 años)
- c. ¿Cuál es el último grado de escolaridad que posee? _____ 0 (Ninguno) _____ 1 (Primaria)
_____ 2 (Secundaria) _____ 3 (Universidad) _____ 4 (Otros)
- d. La situación actual de su vivienda es: _____ 0 (Propia) _____ 1 (Alquilada)
_____ 2 (Otro)
- e. Incluyéndolo a Ud. ¿Cuántas personas viven en su hogar? _____ (Número)
- f. Voy a mostrarle, una serie de descripciones de su posible estado de empleo, por favor dígame, ¿Cuál representa mejor su situación actual?
_____ 0 (desocupado o subempleado) _____ 1 (Ocupado) _____ 2 (Estudia)
_____ 3 (Pensionado) _____ 4 (Otro)
- Si la respuesta es: 0, 2, 3, 4. Pasar a la pregunta h.
- g. ¿En qué actividad se desempeña?
_____ 0 (Agricultura) _____ 1 (Comercio) _____ 2 (Industria) _____ 3 (Servicio) _____ 4 (Propietario)
_____ 5 (Otro)

* El término subempleo se refiere a que las horas laboradas semanalmente son menos de 40.

I. Aspectos socioeconómicos

- h. ¿Cuántas personas colaboran en el Ingreso Familiar? _____ 0 (1 Persona)
_____ 1 (2 Personas) _____ 2 (3 o más Personas)
- i. Entre los rangos que se le van a mostrar, ¿Cuál considera en que se encuentra el Ingreso familiar mensual?
_____ 0 (0 – 500 Quetzales) _____ 1 (501 – 1000) _____ 2 (1001 – 1500)
_____ 3 (1501 – 2000) _____ 4 (2001 – 2500) _____ 5 (2001 – 3000)
_____ 6 (3001 – más)
- j. En su familia, ¿Poseen vehículo familiar?
_____ 0 (SI) _____ 1 (1 Vehículo) _____ 2 (2 Vehículos) _____ 3 (Más de 3)
_____ 1 (NO) Pase a la Pregunta L.
- k. ¿Qué modelo es (son) el vehículo (s) que poseen?
_____ 0 (antes del año 80) _____ 1 (81 -90) _____ 2 (91 -2000)
_____ 3 (2001 – más)

II. Identificación de problemas medioambientales

- l. Habitualmente se puede observar en el área problemas de tipo ambiental, como por ejemplo
_____ 0 (Residuos Sólidos) _____ 1 (Contaminación Ambiental) _____ 2 (Agotamiento de los Recursos Naturales renovables y no renovables) _____ 3 (Otro, especifique).

m. ¿Cómo Calificaría cada uno de ellos?

Problema/Calificación	No Importante	Importante	Muy Importante	Sumamente Importante
Residuos Sólidos				
Contaminación Ambiental				
Agotamiento de los Recursos naturales (R y NR)				
Otro (Especifique)				

III. Escenario actual e historia de enfermedades respiratorias

Estudios realizados en la zona, indican altos índices de contaminación atmosférica, provenientes de industrias, hogares pero, principalmente del tráfico vehicular, lo cual influye en enfermedades de tipo respiratorio. Entre las cuales se cuentan: Asma, bronquitis, congestión nasal etc.

n. ¿Ha experimentado Ud. O algún miembro de su familia, este tipo de enfermedades en los últimos 6 meses?
 _____ 0 (Si) Cuáles: _____ 1 (No) Pase a la pregunta p.

ñ. ¿Cuál fue el tiempo que llevó en la recuperación de la salud?
 _____ 0 (1-3 días) _____ 1 (4-7 días) _____ 2 (2 semanas) _____ 3 (3 - más semanas)

o. Le mostraré una tarjeta para que determine, en que rango se ubicó el costo de la recuperación de la salud.
 _____ 0 (0 – 100 Quetzales) _____ 1 (101 -200) _____ 2 (201 – 300) _____ 3 (301 – más)

p. ¿Ud. O algún miembro de su familia fuma?
 _____ 0 (Si) _____ 1 (No) Pasar a la Preg. Q.

q. Últimamente (6 meses) ha tenido la persona que fuma problemas respiratorios, por fumar?
 _____ 0 (Si) _____ 1 (No) Pasar a la pre. Q.

r. ¿Cuáles y por cuánto tiempo?

s. ¿Ud. O algún miembro de su familia padece de Asma?
 _____ 0 (Si) _____ 1 (No) Pasar a la Preg. S.

t. ¿Cuándo se han enfermado por problemas de tipo respiratorio, producto de la contaminación atmosférica, a que lugares recurre para aliviarse y/o curarse?

_____ 0 (Ninguna/casa) _____ 1 (Hospital Nacional) _____ 2 (Hospital Privado) _____ 3 (Igss) _____ 4 (Centro de Salud) _____ 5 (Otro)

u. Si tuviera que evaluar el servicio brindado por la entidad a donde asistió, ¿Qué calificación le daría?
 _____ 0 (1 – 3) _____ 1 (4 – 6) _____ 2 (7 – 10)

v. ¿Quién considera Ud. Que es el ente responsable de mantener el aire limpio, para evitar las enfermedades de tipo respiratorio?

_____ 0 (municipalidad de Mixco) _____ 1 (Gobierno Central) _____ 2 (Ministerio de Medio Ambiente) _____ 3 (Comité de Vecinos) _____ 4 (Otro)

IV. Disposición a Pagar (DAP)

w. ¿Estaría Ud. Dispuesto a colaborar, para mejorar la Calidad del aire en el área?

_____ 0 (Si) _____ 1 (No) ¿Porqué? _____ (Termine entrevista)

x. ¿En qué forma considera que sería su ayuda?

_____ 0 (Económica) _____ 1 (Algún otro tipo) _____

y. Esta tarjeta, le muestra los Montos de ayuda económica que pueden existir, ¿Cuál considera que se adapta mejor a su presupuesto mensual familiar?

_____ 0 (0 – 5 Quetzales) _____ 1 (6 – 10) _____ 2 (11 – 15) _____ 3 (16 – 20) _____ 4 (21 – 25) _____ 5 (26 – más)

z. ¿Cuál cree Ud. Que sería el lugar más práctico y conveniente para poder efectuar el pago por Mejorar la Calidad del aire?

_____ 0 (municipalidad de Mixco) _____ 1 (Recibo de Agua, Luz, Teléfono, Cable) _____ 2 (Comité de Vecinos) _____ 3 (Otro)

Z1. ¿Quién considera, que sería el ente o la persona más confiable, para administrar los recursos reunidos?

_____ 0 (municipalidad de Mixco) _____ 1 (Gov. Central) _____ 2 (Ministerio de Medio Ambiente) _____ 3. (Comité de Vecinos) _____ 4 (Otro)

Z2. ¿En qué forma considera Ud. que sería conveniente utilizar los recursos económicos reunidos por su Comunidad, para la mejorar la Calidad del aire?

_____ (0) Regulación Vehicular _____ (1) Muros Perimetrales _____ (2) Filtros _____ (3) Reforestación _____ (4) Programas de Educación Ambiental _____ (5) Otros (Especifique)

Datos:

Inicio de la Entrevista: _____

Finalización de la Entrevista: _____

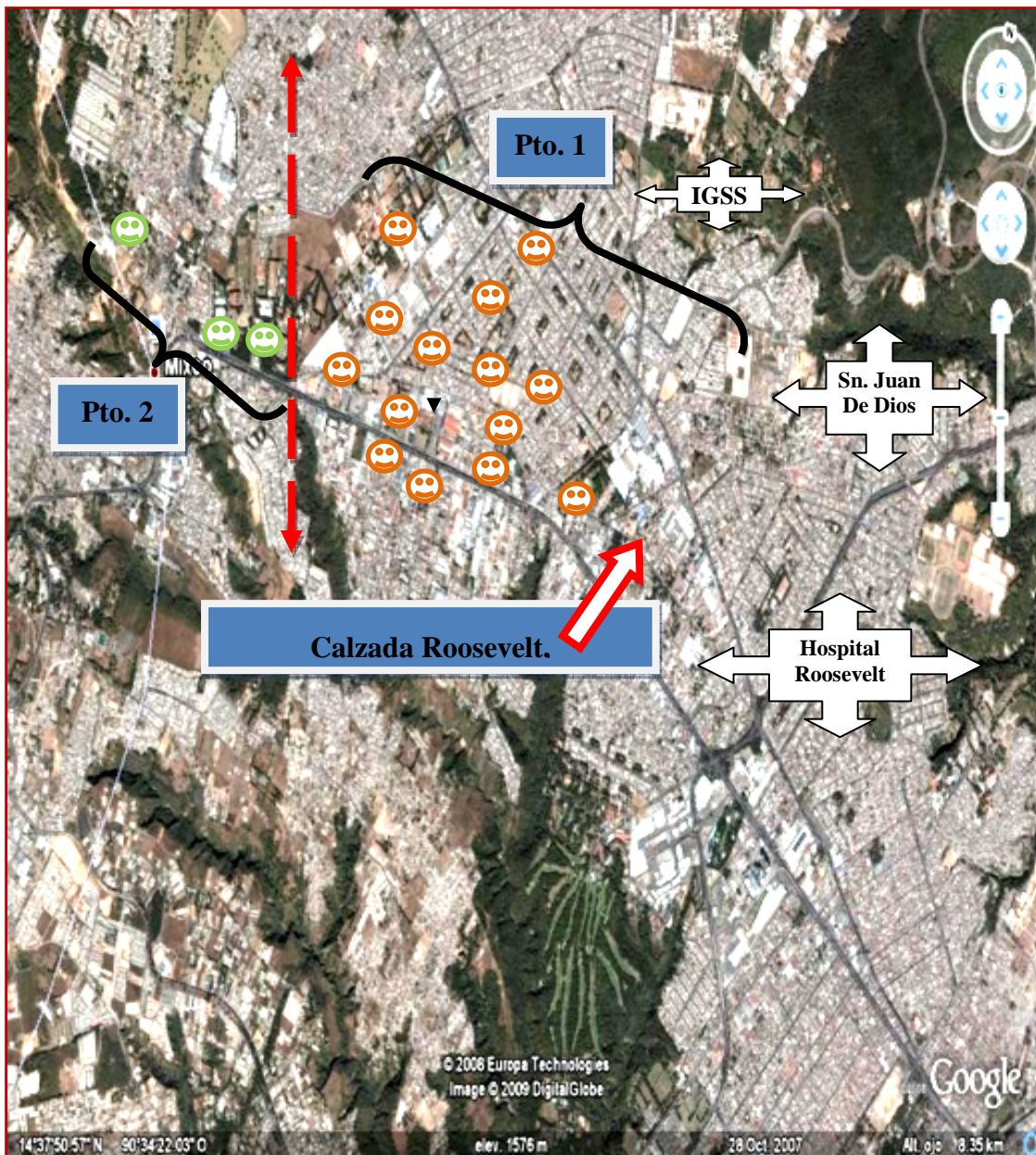
Observaciones: _____

Anexo 9
Métodos de Referencia Aprobados por EPA. (1981)

Manual		Automatizado	
Referencia	Equivalente	Referencia	Equivalente
PST Metodo de grandes volúmenes		-----	-----
PS Metodo de grandes volúmenes y espectro fotométrico de absorción atmosférica	Alto volumen y espectrometría de absorción sin flama	-----	-----
SO ² Pararrosanilina	Technicon I y II	-----	Lear Siegler SM1000 (5) Meloy SA185-2 ^a (-5, 1.0) Thermo Electron 43 (5, 1.0) Philips PW9755 (-5) Philips PW9700 (5) Beckman 953 (-5, 1.0) Meloy SA 700 (-25, -5, 1.0) Lear Siegler AM2020 (-5)
CO		Bendix 8501-5-SCA (50) Beckman 866(50) Monitor Labe 8310(50) MASS-CO 1 (50) Dasibi 3003 (50)	
O ³		Meloy OA325-2R (-5) Meloy OA350-2R (-5) Bendix 8002 (-5) McMillan 1100-1 (-5) McMillan 1100-2 (-5) McMillan 1100-3 (-5) Monitor Labe 8410E (5) Beckman 950 ^a (-5) CSI 2000 (5)	Dasibi 1003-AH, PC, RS (5, 1.0) Philips PW9771 (5) Thermo Electron 49 (5, 1.0)
NO ²	Arsenito de radio Arsenito de sodio Technicon T56-ANSA	Monitor Labe 8440E (-5) Bendix 8101-C (-5) CSI 1600 (5) Meloy NA530R (-1, -2.5, 5, 1.0) Beckman 962 A (-5) Thermo Electron 14 B/E (-5) Thermo Electron 14 D/E (-5) Bendix 8101-B (-5) Philips PW9762/02 (-5) Monitor Labe 8840 (5, 1.0)	

Fuente: EPA.

Anexo 10
Lugares de Monitoreo de la Calidad del aire, municipio de Mixco, departamento de Guatemala (2008).



Anexo 11
Estudio de estimación de factores de emisión
2009.

Las partículas totales en suspensión, en su modalidad PM₁₀, presentan características toxicológicas, lo cual depende de su origen y composición química. Actualmente las mismas, se ven como una mezcla compleja (emisión local de los vehículos) por la contribución de las emisiones de los tubos de escape, desgaste de frenos y llantas de los vehículos de transporte, sumándose a lo anterior la mala mezcla de oxígeno y combustible dentro del proceso del movimiento de todo motor Ketzell y otros (2007), Abu-Allaban y otros (2003), los cuales indican que las emisiones provenientes especialmente de tubos de escape y polvo son mecanismos dominantes que contribuyen significativamente al factor de emisión de PM₁₀.

Estudios efectuados en México -ciudad de Mexicali- dan cuenta que al calcular el FE (Factor de emisión) por un vehículo promedio, en un tiempo determinado, con una velocidad promedio de 30 km/hora, y una cantidad promedio de vehículos de 3560, generó 0.92 de megagramo (que equivale a 109 Gg.) en una vía pavimentada, lo anterior equivale de igual manera a 75µg/m³ de PM₁₀.

Una definición clásica es la de Nicholson (1989) "como producto del rodamiento de las llantas de los vehículos que imparte una fuerza a la superficie que pulverizan el material del lecho del camino pavimentado y las partículas son expulsadas por una fuerza cortante, la cual provoca una estela turbulenta de los vehículos" y que ha sido parte en algunas regiones de Norteamérica, Alemania, Australia, Dinamarca, Finlandia y Suecia, las mediciones alcanzaron alrededor de 85µg/m³ de PM₁₀.