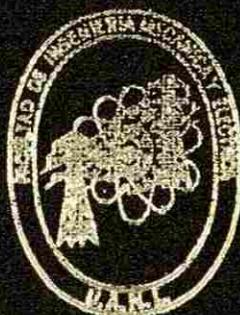


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



"EVALUACION COSTO-BENEFICIO DEL
CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN EL
AREA METROPOLITANA DE MONTERREY,"

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

QUE PRESENTA

ING. JERONIMO MARTINEZ MARTINEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
FEBRERO, 1992

TM

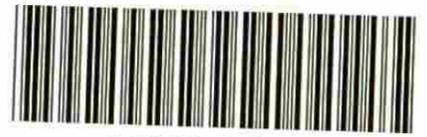
Z5853

.M2

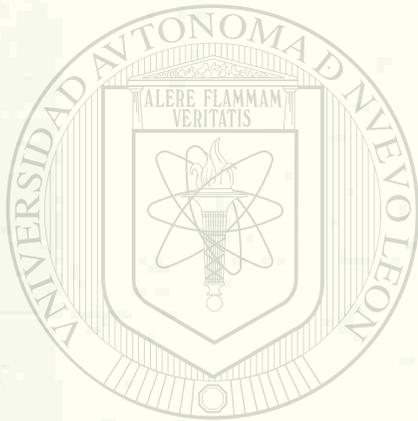
FIME

1992

M3



1020070629



UANL

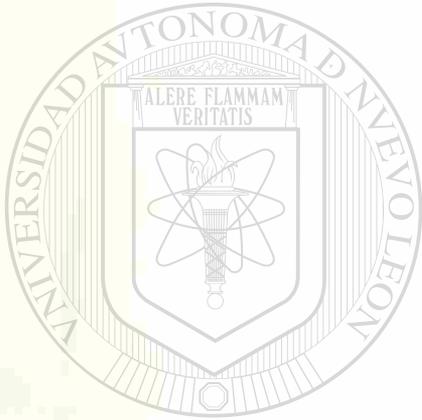
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®



DIRECCION GENERAL DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

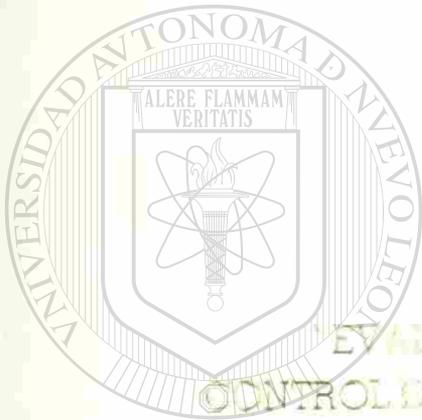
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2011
1100

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FAULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



UANI

EVALUACION COSTO-BENEFICIO DEL
CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN EL
AREA METROPOLITANA DE MONTERREY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

EN OPCION AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION
CON ESPECIALIDAD EN FINANZAS

QUE PRESENTE

ING. JERONIMO MARTINEZ MARTINEZ

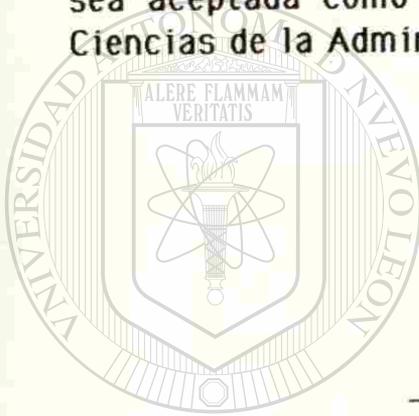
SAN NICOLAS DE LOS GANZA, N. L.
FEBRERO 1992

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comite de tesis recomendamos que la presente tesis realizada por el Ing. Jerónimo Martínez Martínez sea aceptada como opción para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Finanzas.



El Comité de Tesis

Ing. Marin González González

Asesor

Ing. Liborio Manjarrez Santos
Revisor

Ing. Marco A. Méndez Cavazos
Revisor

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.

FEBRERO DE 1992

INDICE

PAGINA

PROLOGO

RESUMEN

INTRODUCCION

I. CONCEPTOS DE CONTAMINACION DEL AIRE	1
1.1. Causas	2
1.2. Definición de contaminación	3
1.3. Definición y clasificación de contaminantes	3
1.4. Criterios y normas para la calidad del aire	4
1.5. Términos en la reglamentación mexicana	9
II. TEORIA ECONOMICA AMBIENTAL	11
2.1. Modelo de balance de materiales	12
2.2. El ambiente como un recurso económico	17
2.3. Oferta-Demanda en el mejoramiento ambiental	18
2.4. Sistema de Mercado	24
2.4.1. Modelo del sistema de mercado	25
2.4.2. Fallas de mercado	26
2.4.3. Derechos de propiedad y falla de mercado	27
2.4.4. Contaminación, recurso en comunidad	28
III. BENEFICIOS DE LA MEJORA AMBIENTAL	32
3.1. Tipos de beneficios	32
3.2. Medición de beneficios	34
3.3. Técnicas para determinación de beneficios	35
3.3.1. Enfoques de mercado	35
3.3.2. Encuestas	36
3.3.3. Conducta de votación	36
3.3.4. Asignación de precios o valores arbitrarios	37
3.4. Problemas al determinar beneficios	37
3.5. Metodología para estimar beneficios en la salud	38
3.6. Valoración de la salud	38
3.6.1. Costo en recursos o en oportunidades	38
3.6.2. Disponibilidad para pagar	39
3.6.3. Estudios de valoración de la vida	40

3.7. Estudios en la relación salud-contaminación	42
3.7.1. Estudios considerando diferentes épocas	50
3.8. Comparación de elasticidades y beneficios	50
IV. COSTOS DE LA MEJORA AMBIENTAL	52
4.1. Tipos de costos de control	52
4.2. Métodos de estimación de costos	53
4.2.1. Costos de inversión	53
4.2.2. Costos anuales de operación	61
4.3. Impactos de costos de control de contaminación	65
V. MODELO ECONOMICO DE CONTROL DE CONTAMINACION	66
5.1 Modelo de control de contaminación	68
5.2 Etapas en la producción de beneficios	76
5.3 Metodología para el cálculo de beneficios en salud del control de la contaminación del aire	82
VI. APLICACION EN EL AREA M. DE MONTERREY	83
6.1 Información histórica sobre Nuevo León	83
6.2 Información sobre Nuevo León (1990)	84
6.3 Monitoreo del aire en el A.M.M.	85
6.3.1 Criterios para evaluar la calidad del aire	86
6.3.2 Ubicación de las estaciones de monitoreo	86
6.3.3 Comparación entre índices 1977 vs 1991	88
6.3.4 Monitoreo de partículas y sulfatos	89
6.4 Inventario de emisiones en el A.M.M.	91
6.4.1 Emisión de monóxido de carbono, CO	92
6.4.2 Emisión de óxidos de azufre, SO _x	94
6.4.3 Emisión de partículas, PST	96
6.4.4 Emisión de hidrocarburos, HC	98
6.4.5 Emisión de óxidos de nitrógeno, NO _x	101
6.5 Valor económico de vida	104
6.6 Estimación de beneficios	106
6.6.1 Beneficios en muertes evitadas	106
6.6.2 Beneficios en enfermedades	107
6.6.3 Beneficios en materiales	108
6.7 Estimación de costos	110
6.7.1 Remoción de partículas	110
6.7.2 Remoción de óxidos de azufre	115

6.7.3 Reactor catalítico para monóxido de carbono	117
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	118
7.1 Monitoreo de contaminantes	118
7.2 Cálculo de emisiones	119
7.3 Estimación de beneficios	121
7.4 Estimación de costos	123
7.5 Resultados globales	126
GLOSARIO	127
CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFIA	129
ANEXOS	
1. Aspectos generales de contaminación del aire	133
2. Términos económicos	139
3. Información de Contaminación de Aire en E.U.A	141
4. Información sobre Estados Unidos Mexicanos	147
5. Información sobre Nuevo León	157

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



INDICE DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1.1 Fuentes de contaminantes del aire	3
Tabla 1.2 Concentraciones y reacciones atmosféricas de los contaminantes	4
Tabla 1.3 Composición de aire seco	6
Tabla 1.4 Clasificación de contaminantes	6
Tabla 1.5 Normas para la calidad del aire	8
Tabla 3.1 Clasificación de efectos-beneficios	33
Tabla 3.2 Valor estadístico de vida para 1978 en E.U.A.	41
Tabla 3.3 Estimados de beneficios en fuentes fijas para 1978 en E.U.A.	51
Tabla 4.1 Factores de costo para equipo de control de contaminación de aire	56
Tabla 4.2 Ecuaciones de costo de equipo	57
Tabla 4.3 Ajustes en costos por categorías	59
Tabla 4.4 Costos de operación y factores para sistemas de control de contaminación de aire	64
Tabla 4.5 Mano de obra estimada	64
Tabla 4.6 Guías para la vida de equipo y partes	65
Tabla 6.1 Factores de emisión en combustibles	91
Tabla 6.2 Estándares federales en EUA para vehículos	92
Tabla 6.3 Emisión de CO en función del rendimiento del auto	94
Tabla 6.4 Resumen de emisión de óxidos de azufre	96
Tabla 6.5 Resumen de emisión de partículas	98
Tabla 6.6 Resumen de emisión de hidrocarburos	100
Tabla 6.7 Resumen de emisión de óxidos de nitrógeno	102
Tabla 6.8 Emisiones de contaminantes en A.M.M.	103
Tabla 6.9 Remuneración media anual por actividad económica en México	104
Tabla 6.10 Producto interno bruto en EUA y México	106
Tabla 6.11 Resumen de alternativas en equipo de remoción	113
Tabla 6.12 Resumen Costos-Beneficios en el A.M.M.	117

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA	
Fig. 2.1	Balance de materia y economía	12
Fig. 2.2	Diagrama de los sectores económicos	15
Fig. 2.3	El problema de administrar la calidad ambiental	20
Fig. 2.4	Calidad y control ineficiente de la contaminación	21
Fig. 2.5	Calidad del ambiente a través del tiempo	23
Fig. 2.6	Cantidad y precio del mercado con beneficios externos	29
Fig. 2.7	Cantidad y precio del mercado con costos externos	30
Fig. 4.1	Costo de colectores de polvo	58
Fig. 5.1	Demandas y costos de tratamiento para calidad ambiental	69
Fig. 5.2	La calidad óptima del ambiente	71
Fig. 5.3	Costos y demandas marginales para la calidad ambiental	73
Fig. 5.4	Relación entre descargas de residuos y calidad del ambiente	75
Fig. 5.5	Modelo de control de contaminación	77
Fig. 5.6	Etapas en la producción de beneficios	79
Fig. 6.1	Ubicación de estaciones de monitoreo	87
Fig. 6.2	Contaminación en Monterrey, Partículas, 1991.	90
Fig. 6.3	Contaminación en Monterrey, Sulfatos, 1991.	90

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PROLOGO

La contaminación es una palabra sucia. La respuesta automática de alguien al oírla es decir que debe ser evitada a cualquier costo. Sin embargo esa respuesta automática de mencionar costos, impulsa una respuesta más fundamentada. Hace que uno se pregunte que son los costos, y si ellos pudieran no ser excesivos.

Es un hecho que el costo pudiera ser excesivo. La contaminación es un subproducto de la vida. Los sistemas de drenaje contaminan los ríos, pero ellos también son esenciales para controlar la trasmisión de enfermedades. Los plaguicidas son contaminantes, pero, particularmente en países en desarrollo, ellos son esenciales en evitar hambrunas. Es cierto, no todas las actividades tienen un alto pago como estos ejemplos, pero esto indica que algo de contaminación es inevitable, y que un mínimo aislado puede socialmente tener poco valor. No se puede parar la contaminación a cualquier costo, ya que este costo sería removernos nosotros mismos junto con nuestras depredaciones del planeta.

La sociedad continuará demandando cada vez mayores cantidades de combustibles, transportes, productos químicos industriales, pesticidas, además de que se seguirán produciendo residuos de todos los tipos.

También puede ser que no se estén asignando los suficientes recursos económicos para disminuir el deterioro ambiental. Esta situación es común en los países en desarrollo que no tienen conciencia ambientalista, ni instrumentos de regulación y control.

Entonces, hay que responder preguntas como: ¿Cuanta contaminación y otros daños al ambiente debemos aceptar? ¿Que controles deben ser impuestos? Para contestar estas preguntas adecuadamente, tenemos que evaluarlas a la luz de criterios económicos razonables de los beneficios y los costos de actividades que se imponen al ambiente, y tenemos que juzgar las consecuencias probables de medidas propuestas de protección y control.

La Economía tiene una doble responsabilidad en la materia: que la viabilidad del ambiente sea preservada, y que las medidas tomadas para proteger el ambiente sean efectivas y no reduzcan el flujo de bienes y servicios más allá de lo necesario.

En México, no se había dado un esfuerzo en reglamentar y ejecutar efectivamente acciones en la dirección de proteger el ambiente, aún cuando se han tenido indicadores de niveles altos de contaminación en el área metropolitana de la Cd. de México. Es hasta 1980, con una adecuada reglamentación, cuando los problemas ambientales permanecen en una prioridad alta en las agendas de la discusión pública e investigación. Debido a la preocupación generalizada de la sociedad se han implementado algunas acciones por parte del gobierno:

1. Producción de gasolinas con menos plomo
2. Programa "hoy no circula"
3. Producción de combustibles con menos azufre
4. Impulso de los sistemas colectivos de transporte
5. Planes de desarrollo urbano

En la localidad, se ha tenido por mucho tiempo la idea de que el área metropolitana de Monterrey no puede llegar a tener los mismos problemas de contaminación que se tienen en la Cd. de México, sin embargo informaciones recientes demuestran lo contrario. En Monterrey se tienen periodos de tiempo con niveles altos de contaminación de aire, aun cuando el área urbana esta en una área geográfica relativamente abierta a los vientos.

Lo que provoca el deterioro ambiental no son las condiciones meteorológicas o geográficas de un centro urbano. La contaminación es el resultado de un gran crecimiento concentrado de población y por lo tanto de sus necesidades de servicios básicos, de tal manera que los mecanismos naturales son insuficientes para regular los daños, y por otro lado, los fenómenos naturales, como la inversión térmica, pueden agudizar una situación contaminante.

La contaminación es un tema de múltiples enfoques. Las personas interesadas en esta área del conocimiento requieren documentarse y estudiar sobre química, física, biología, demografía, economía, toxicología, ingeniería, sociología y meteorología.

En este estudio se establecen desde los aspectos fundamentales de la contaminación del aire y la teoría económica hasta la aplicación de criterios e información a la situación del área metropolitana de Monterrey.

RESUMEN

El desarrollo de esta tesis ha sido motivado para establecer un punto de partida sobre la aplicación de criterios económicos en la definición de planes de control de la contaminación de aire.

Se indican los aspectos fundamentales de contaminación del aire, así como los criterios económicos involucrados en los problemas ambientales.

Para obtener la estimación de beneficios y costos de un plan de reducción de contaminación en el área metropolitana de Monterrey, el estudio incluye la siguiente información:

- Correlación de los efectos en salud con la contaminación
- Indicadores económicos y sociodemográficos
- Mediciones de contaminantes
- Estimación de emisiones
- Criterios para estimar costos en equipo de remoción

Al implementar un plan de reducción de la contaminación en un 20 %, para el área metropolitana de Monterrey, se estima que se tendrían beneficios económicos de 210 000 millones de pesos en reducciones en mortalidad, morbilidad y daños a los materiales. La estimación que se tendría de costos de inversión anualizada y de operación es de 170 millones de pesos para reducir concentraciones atmosféricas de partículas, monóxido de carbono y óxidos de azufre.

Algunas de las investigaciones que se pueden realizar para mejorar la estimación de costos y beneficios son:

- Actualización y adecuación para México de parámetros en los métodos de costeo.
- Obtener el valor estadístico de muerte evitada utilizando técnicas de disponibilidad para pagar o preferencias.
- Correlacionar los cambios de calidad ambiente con los cambios en salud (mortalidad y morbilidad).
- Una necesidad primordial en el ataque de los problemas ambientales, es impulsar el monitoreo continuo de contaminantes.

INTRODUCCION

La contaminación ambiental es un problema de importancia creciente. En los últimos años el interés de la gente ha crecido notablemente. Los gobernantes, los directores de empresas, los líderes de organizaciones sociales, la sociedad reclama que la contaminación debe ser reducida.

La degradación ambiental es considerada como el problema número uno a nivel mundial. Esto ha sucedido por la combinación de algunos factores que han aumentado el interés de los individuos:

1. Crecimiento en producción industrial y conversión de energía.
2. Emisión de materiales "complejos" al ambiente.
3. Cambios de actitud a mayor limpieza, seguridad y salud.
4. Dudas de las consecuencias del crecimiento continuo de la población en un mundo finito.

La economía del país es una increíble máquina productiva. Cada año absorbe billones de toneladas de recursos y los transforma en bienes y servicios que se consumen o reinvierten para el futuro. La contabilidad social del país registra estos bienes y servicios y los valúa a los precios de mercado. El valor total se llama Producto Nacional Bruto (PNB).

El sistema económico produce los bienes y servicios que contribuyen a lo que llamamos "nivel de vida", al mismo tiempo produce entre otras cosas: ríos y corrientes contaminados, el neblumo que caracteriza todas las grandes ciudades, y la explotación de bosques, todo lo cual disminuye nuestra calidad de vida. El PNB no registra los daños a los servicios de los recursos ambientales aun cuando son resultado de la producción conjunta de automóviles, aires acondicionados, envases de aluminio, etc.

Las razones de porque los efectos no son registrados y contabilizados en el PNB es que: 1) los efectos no son comprados ni vendidos, y por lo tanto no tienen un precio, y 2) los efectos tenían poca importancia relativa cuando el concepto de PNB fue desarrollado a principios de siglo.

Los impactos ambientales visibles hacen que se reconozca que el ambiente consiste de recursos escasos y agotables, entonces la

contaminación está en el contexto económico. Es una situación de un justo balance entre la necesidad de los contaminadores de descargar sus residuos contra el daño sufrido por la sociedad debido a un incremento en la contaminación. De esta manera se destaca la importancia de tener herramientas para estimar los costos y beneficios de un nivel propuesto de control de contaminación del aire.

Existen estudios para estimar los diversos daños causados por la contaminación del aire, algunos de estos efectos son definidos y medibles, sin embargo la mayoría son indefinidos y difíciles de medir. Los beneficios monetarios de la reducción de la contaminación del aire también han sido estudiados, principalmente en relación con la salud y el bienestar o mejora de la calidad de vida.

El **objetivo** de la tesis es: obtener la relación costo-beneficio para un plan de reducción de contaminación en el Área Metropolitana de Monterrey, estableciendo las teorías técnicas y económicas aplicables a situaciones ambientales, así como, identificar los parámetros económicos e ingenieriles a utilizarse en los métodos de estimación.

Las **hipótesis** planteadas son:

- No se han asignado suficientes recursos económicos para reducir la contaminación en el área metropolitana de Monterrey. En base a los criterios económicos esto implica que los beneficios calculados globales son mayores a los costos calculados globales de inversión y operación de equipo de remoción.

- La estimación de emisiones contaminantes, reportadas formalmente, son menores a las reales.

En la elaboración del estudio se empleó la siguiente **metodología**:

- Se analizó y seleccionó información bibliográfica sobre la teoría de contaminación de aire y sobre los criterios de la teoría económica.

- Se analizó estudios de investigación sobre la correlación de cambios en la salud con cambios en la contaminación.

- Se estableció la metodología para la estimación de beneficios.
- Se estableció la metodología para la estimación de costos.
- Acopio de los datos requeridos para realizar los cálculos de:
 - valor estadístico de vida
 - emisiones de cada contaminante
 - dimensionamiento de sistemas de remoción.
- Aplicación de la información para obtener los resultados.
- Análisis de los resultados obtenidos.

Tomando en cuenta la naturaleza del estudio se tienen las siguientes **limitaciones**:

- En México, existe poca continuidad de investigación en el área de contaminación del aire.
- No existe información confiable sobre los flujos máxicos de emisión de cada uno de los contaminantes.
- En México, existen pocos estudios de correlación de contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud humana, flora, fauna y materiales.

Debido a estas limitaciones se pretende en la tesis tener un **alcance**® integrador, es decir, apoyarse en las teorías, utilizar lo que exista de mediciones ambientales y mediciones en las fuentes emisoras, hacer las mejores consideraciones en los aspectos ingenieriles y completar una estimación de beneficios y costos de un nivel exactitud de "orden de magnitud".

La tesis está estructurada de la siguiente manera:

En los capítulo 1 y 2 se establecen los conceptos fundamentales sobre la contaminación del aire y la teoría económica para los bienes y recursos ambientales.

En los capítulo 3 y 4 se, se definen los parámetros y metodologías para

la estimación de beneficios y costos de una mejora ambiental.

En el capítulo 5 se establece un modelo económico global para la estimación de costos y beneficios con la búsqueda de un óptimo.

En el capítulo 6 se hace uso de teoría e información para estimar los beneficios y costos involucrados en disminuir un 20 % la contaminación atmosférica en el Area Metropolitana de Monterrey.

En el capítulo 7 se analizan y discuten los resultados obtenidos, por último; se tienen algunos comentarios y conclusiones sobre el trabajo realizado, que sirvan de base para futuros estudios ambientales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

I. CONCEPTOS EN CONTAMINACION DEL AIRE

La característica principal de la contaminación del aire es su relación con la actividad humana, al aumentar la población las cantidades emitidas de contaminantes están aumentando y puesto que la cantidad total de aire, tierra y agua en el planeta es invariable, la porción disponible de cada uno de los recursos naturales para cada persona está disminuyendo.

Se estima que las dos terceras partes de la población mundial está concentrada en áreas urbanas, las cuales ocupan solo un 1 % de terreno. Por lo tanto, una población creciente, combinada con un alto nivel de vida, ha llevado a una producción y concentración drástica de contaminantes del aire en pequeñas áreas localizadas.

Para estudiar como se emite la contaminación en el aire se tiene que considerar los niveles de vida de las poblaciones, los diferentes tipos de ciudades, así como la posición geográfica y condiciones meteorológicas de las ciudades.

Hasta hace unos pocos años, las empresas industriales y agrícolas establecían que era más económico descargar a la atmósfera los productos de desecho que controlarlos. En general, la industria o actividad contaminante no sufría las consecuencias de lo que descargaba y por lo tanto la instalación de equipo de control beneficiaba a gente que no contribuía al costo de inversión del equipo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En años recientes, la contaminación del aire se considera un elemento de dominio público, es decir, la contaminación interesa tanto a los responsables o generadores como a los que podrían sufrir las consecuencias.

1.1. Causas

La contaminación del aire es un resultado de la actividad humana, se produce al fabricar y transportar las mercancías, cuando se genera la energía para calentar e iluminar los espacios donde vivimos, trabajamos o nos divertimos. La principal fuente de contaminación del aire es la combustión, tanto en la industria como en los automóviles.

La naturaleza también contamina por medio de; incendios forestales, descomposición de la vegetación, tormentas de polvo y erupciones volcánicas. La cantidad emitida de estas fuentes naturales es mucho mayor que aquella de fuentes humanas, sin embargo, la distribución y dispersión de las fuentes naturales dan lugar a concentraciones pequeñas.

La naturaleza tiene la capacidad, en forma global, de limpiar el ambiente por medio de los procesos de: precipitación pluvial, oxidación atmosférica y absorción en los océanos y suelos. Aunque estos mecanismos son importantes para controlar las acumulaciones a largo plazo de los contaminantes en la atmósfera, no son lo suficientemente rápidos para que ofrezcan soluciones en los casos de la contaminación urbana. Los procesos de autopurificación de la naturaleza son complejos y requieren tiempo y condiciones meteorológicas adecuadas.

En la tabla 1.1 se tienen las fuentes producidas por el hombre y las naturales de los principales contaminantes. En la tabla 1.2 se tienen las concentraciones base, los tiempos de residencia y los mecanismos de remoción de los principales contaminantes.

Tabla 1.1 FUENTES DE CONTAMINANTES DEL AIRE (MILLONES DE TONS/AÑO)

GAS	FUENTE ANTROPOGENICA	CANTIDAD	FUENTE NATURAL	CANTIDAD
SO ₂	Combustión de carbón y petróleo Cocido de minerales sulfurados	146	Volcanes	6-12
H ₂ S	Procesos químicos Tratamiento de aguas negras	3	Volcanes Acción biológica en pantanos	30-100
CO	Combustión en automotores e industrias	300	Incendios forestales	>3000
NO _x	Combustión	50	Acción bacteriana en suelos	60-270
NH ₃	Tratamiento de desechos	4	Descomposición biológica	100-200
N ₂ O	Uso de fertilizantes nitrogenados	>17	Acción biológica en suelos	100-450
CxHy	Combustión Fugas Proceso químicos	88	Procesos biológicos	300-1600
CO ₂	Combustión	15 000	Descomposición biológico Liberación en océanos	150 000

Fuente: Strauss, W., y Mainwaring, S.J., Contaminación del aire; causas, efectos y soluciones, Editorial Trillas, 1990.

Tabla 1.2 CONCENTRACIONES Y REACCIONES ATMOSFERICAS DE LOS CONTAMINANTES.

Contaminante	Concentración base en la atmósfera	Tiempo de residencia calculado	Reacciones de eliminación y vertederos
SO ₂	0.2 ppb	4 días	Oxidación a sulfatos después de la absorción por aerosoles líquidos y sólidos.
H ₂ S	0.2 ppb	2 días	Oxidación a SO ₂
CO	0.1 ppm	3 meses	Hongos del terreno, se necesita un gran sumidero.
NO/NO ₂	NO: 0.2-2 ppb NO ₂ : 0.5-4 ppb	5 días	Oxidación a nitratos después de la absorción por aerosoles, reacciones fotoquímicas.
NH ₃	6-20 ppb	7 días	Formación del sulfato de amonio, oxidación a nitratos.
CO ₂	320 ppm	2-4 años	Absorción en los océanos o biológica.
HCS	CH ₄ : 1.5 ppm	CH ₄ : 1.6 años	Reacciones fotoquímicas, es necesario un gran sumidero para el metano.

Fuentes: Wark, K., y Warner, C.F., Contaminación del aire; origen y control, Editorial Limusa, 1990.

Strauss, W., y Mainwaring, S.J., Contaminación del aire; causas, efectos y soluciones, Editorial Trillas, 1990.

1.2. Definición de contaminación

Existen varias definiciones de contaminación, una de ellas es la siguiente:

Contaminación del aire es la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades y duración tales que sean o tiendan a ser perjudiciales a la salud o el bienestar humano, la vida de los animales o de plantas, o que interfiera el goce de la vida o la propiedad.

1.3. Definición y clasificación de contaminantes

La manera de definir un contaminante es estableciendo cuál es la composición del aire "limpio" y después clasificar aquellas sustancias que presentes en el aire en mayores cantidades dañan a personas, plantas, animales o materiales. En la tabla 1.3 muestra la composición química del aire en áreas alejadas de sitios urbanos.

Los principales contaminantes primarios; los emitidos directamente por las fuentes, son: el dióxido de azufre(SO_2), el ácido sulfhídrico(H_2S), el monóxido de carbono(CO), el monóxido de nitrógeno(NO), el amoníaco(NH_3), hidrocarburos volátiles(HC) y las partículas. Existen otras sustancias que en sitios específicos son contaminantes, ejemplo de este caso son los compuestos halogenados como el ácido clorhídrico(HCl). Los mencionados como principales es debido a que son problema en la mayoría de las áreas urbanas. Los contaminantes se pueden clasificar de una manera general en: (1) partículas, (2) gases y vapores, y (3) sustancias olorosas. En la tabla 1.4 se tiene más información en la clasificación de contaminantes en el aire.

Tabla 1.3 COMPOSICION DE AIRE SECO

	componente	partes por millon
Nitrógeno	N ₂	730 000
Oxígeno	O ₂	209 000
Argón	Ar	9 300
Dióxido de Carbono	CO ₂	320
Neón	Ne	18
Helio	He	5.2
Metano	CH ₄	1.4
Criptón	Kr	1.1
Hidrógeno	H ₂	0.5
Oxido Nitroso	N ₂ O	0.25
Monóxido de Carbono	CO	0.1

Tabla 1.4 CLASIFICACION DE CONTAMINANTES

Una clasificación industrial de partículas se tiene enseguida:

término	diámetro (µm)	fase
polvo grueso	> 100	sólido
polvo fino	1- 100	sólido
neblinas	> 10	líquido
nieblas	1- 10	líquido
humos	0.001- 1	sólido o líquido

Una clasificación de contaminantes gaseosos se tiene enseguida:

	primarios	secundarios
Compuestos de azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₂ , H ₂ SO ₄ , MSO ₂ ^a
Oxidos de carbono	CO, CO ₂	
Compuestos de nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ , MNO ₃ ^a , O ₃
Halógenos y Haluros	HCl, HF, Cl ₂	
Compuestos orgánicos	C _x H _y	Cetonas, Aldehídos, ácidos

^a MSO₂ y MNO₃ son sulfatos y nitratos

Fuentes: Wark, K., y Warner, C.F., Contaminación del aire; origen y control, Editorial Limusa, 1990.

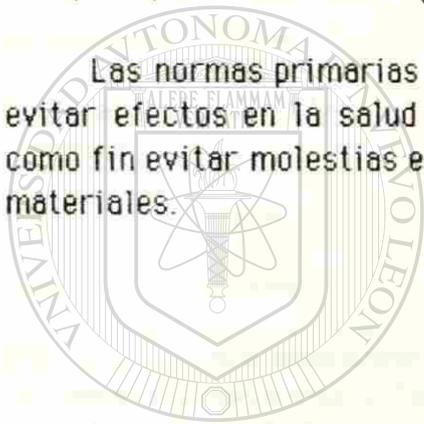
Strauss, W., y Mainwaring, S.J., Contaminación del aire; causas, efectos y soluciones, Editorial Trillas, 1990.

1.4. Criterios y normas para la calidad del aire

Los criterios de la calidad del aire son resultados de los conocimientos científicos que indican cualitativa y cuantitativamente la relación entre los diversos niveles de exposición a los contaminantes y sus efectos a corto y largo plazo sobre la salud y el bienestar.

Los criterios de la calidad del aire sirven para establecer una base cuantitativa para las normas de la calidad del aire. Las normas, a diferencia de los criterios, son los valores establecidos legalmente de los niveles de contaminación que no se pueden exceder durante un período de tiempo específico en una región geográfica específica.

Las normas primarias para la calidad del aire tienen como propósito evitar efectos en la salud humana, en tanto que las secundarias tienen como fin evitar molestias en el ser humano, o evitar daños a flora, fauna o materiales.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 1.5. NORMAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE EN E.U.A.

Contaminante	promedio de tiempo	primario ug/m3 (ppm)	secundario
Dióxido de azufre	anual aritmético	80 (0.03)	
	24 horas	365 (0.14)	
	3 horas		1300 (0.50)
Partículas	anual aritmético	75	60
	24 horas	260	150
Monóxido de carbono	8 horas	10000 (9)	(*)
	1 hora	40000 (35)	
Hydrocarburos	3 horas	160	(*)
Dióxido de nitrógeno	anual aritmético	100 (0.05)	(*)
Ozono	1 hora	240 (0.12)	(*)
Plomo	3 meses	1.5	(*)

Nota: Las normas no se deben exceder más de una vez en el año, excepto las que se basan en el promedio anual aritmético o en el promedio anual geométrico.

(*) La norma secundaria tiene el mismo valor que la norma primaria.

Fuente: Wark, K., y Warner, C.F., Contaminación del aire; origen y control, Editorial Limusa, 1990.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.5. Términos en la reglamentación mexicana

La reglamentación mexicana se apoya para su aplicación en dos instrumentos llamados: normas técnicas ecológicas (NTE) y normas oficiales mexicanas (NOM). Las normas técnicas principalmente definen los niveles máximos de emisión. Las normas oficiales son principalmente procedimientos a realizarse en el monitoreo de contaminantes. En el Anexo 1 se incluyen las normas relacionadas con aire.

La Norma Oficial Mexicana NOM-AA-23-1986 establece términos aplicables a las situaciones en México de contaminación ambiental y protección al ambiente. A continuación se transcriben algunos de los términos o definiciones útiles para este estudio.

Calidad del Aire. Suma de las características relacionadas entre sí del estado del aire exterior.

Contaminación. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudique o resulte nocivo a la vida, la flora o la fauna o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Contaminante. Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

Contaminante Secundario. Contaminante que puede ser producido en la atmósfera por procesos físicos o químicos de contaminantes u otras sustancias presentes como resultado de emisiones de fuentes fijas o móviles.

Control de Contaminación. La vigilancia, inspección y aplicación de normas para conservación del ambiente o para reducir y en su caso, evitar la contaminación del mismo.

Ecología. Estudio de la interrelación de organismos vivos y su ambiente.

Ecosistema. La unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y sobre el ambiente en un espacio determinado.

Impacto Ambiental. La alteración del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza.

Índice de Contaminación del Aire. Es una combinación matemática de la concentración de los contaminantes del aire que da un número único, con la finalidad de describir la calidad del aire ambiental.

Marco Ambiental. La descripción del ambiente físico actual, incluyendo entre otros, los aspectos socioeconómicos del sitio o sitios en donde se pretenda llevar a cabo un proyecto de obras y sus áreas de influencia, y en su caso, una predicción de las condiciones ambientales futuras si no se realiza el proyecto.

Neblumo. Término derivado de humo y niebla: Contaminación atmosférica extensa proveniente en parte de procesos naturales y parcialmente de actividades humanas.

Neblumo fotoquímico. El resultado de reacciones en la atmósfera entre óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos y oxidantes bajo la influencia de la luz solar, conducente a la formación de compuestos oxidantes que eventualmente causa la reducción de la visibilidad, irritación ocular o daño a los materiales y vegetación cuando la concentración es suficiente.

Ordenamiento Ecológico. El proceso de planeación dirigida a evaluar y programar el uso del suelo en el territorio nacional, de acuerdo con sus características potenciales y de aptitud, tomando en cuenta los recursos naturales, las actividades económicas y sociales, y la distribución de la población en el marco de una política de conservación y protección de los sistemas ecológicos.

II. TEORIA ECONOMICA AMBIENTAL

El deterioro ambiental se ha convertido en un problema importante mundialmente, la economía puede ayudarnos a entenderlo mejor y a tratarlo más efectivamente.

El ambiente se puede considerar desde un punto de vista económico como un conjunto de recursos escasos y agotables.

La necesidad de decidir y los costos de oportunidad de las decisiones caracterizan todos los recursos en la esfera económica, no sólo los recursos ambientales. Las herramientas de análisis económico son diseñadas para entender el como los recursos económicos -recursos humanos, capital, propiedad- están distribuidos entre usuarios competidores en una economía de mercado.

Uno de los índices que caracterizan la economía de un país es el Producto Nacional Bruto (PNB) el cual registra los bienes y servicios a precios de mercado que son producto de transformación de los recursos naturales, sin embargo a pesar de que el PNB es impresionante debido a su tamaño y a la diversidad de lo que mide, falla para registrar todas las salidas de la máquina económica.

Las razones de porqué los efectos no son registrados y contabilizados en el PNB es que: 1) los efectos no son comprados ni vendidos, y por lo tanto no tienen un precio, y 2) los efectos tenían poca importancia relativa cuando el concepto de PNB fue desarrollado a principios de siglo y actualmente son difícil de evaluarlos.

Se muestra cómo el punto de vista global del ambiente y la economía representado por un modelo de balance de materiales previene contra considerar parcialmente el problema de contaminación: la contaminación de aire, agua y suelo no pueden considerarse separadamente. Tampoco puede el ambiente ser manejado aisladamente de los sectores económicos.

Se muestra también como las herramientas de análisis económico pueden ayudar a explicar porqué los recursos ambientales son mal distribuidos en una economía de mercado.

Se desarrolla el concepto del nivel óptimo de control de contaminación y se contrasta esto con el nivel de control de contaminación logrado en una economía de mercado no regulada.

2.1. Modelo de balance de materiales

El ambiente es un proveedor de materiales y servicios a la economía. Se tiene un flujo de materiales desde el ambiente a la economía y un flujo de retorno de estos materiales al ambiente como desechos o residuos. El flujo de retorno tiene un impacto adverso en el volumen y calidad de otros servicios ambientales. Visto como una fuente de entradas y un recipiente para desechos, el ambiente es un recurso ha ser manejado para que provea los beneficios máximos posibles al ser humano.

Las relaciones entre contaminación y actividad económica se pueden describir por un modelo de balance de materiales, el cuál se representa en la Figura 2.1. Todas las actividades de producción del sistema económico estan representados por el bloque "sector productivo".

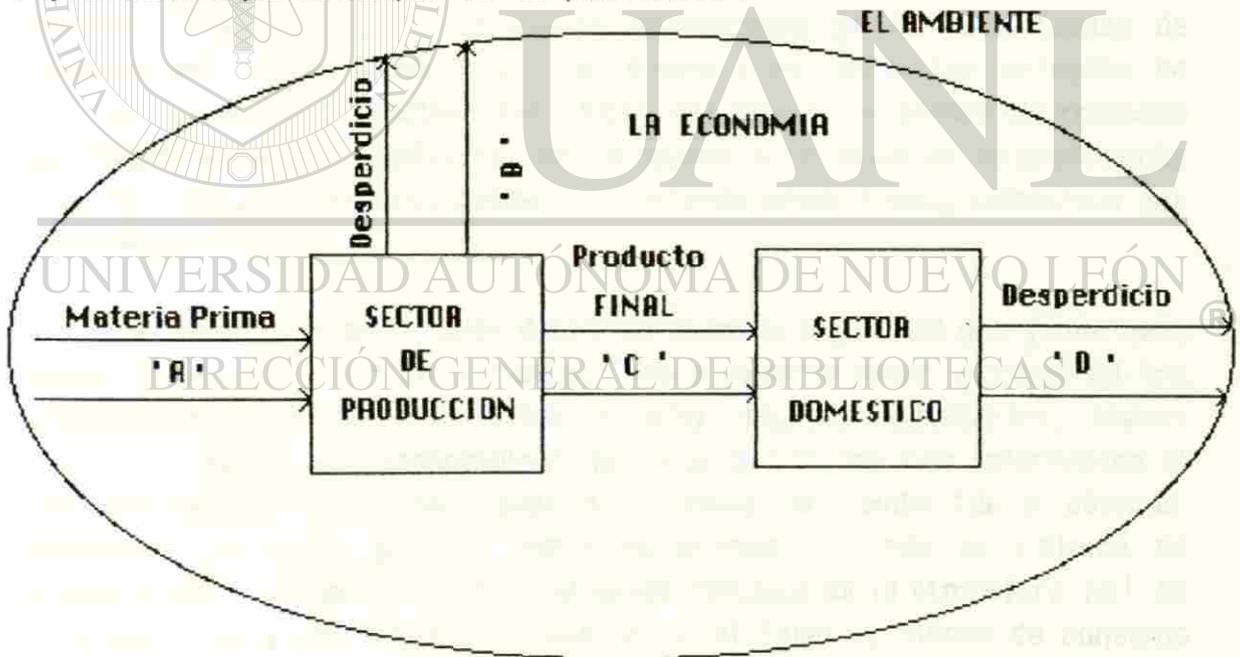


Fig. 2.1 Balance de materia y economía . Balance de materia para :
 (1) El sector de producción : $A = B + C$ (2) El sector doméstico : $C = D$ (3) La economía : $A = B + D$ (flujo másico) .

Cualquier cosa que es producida en el sector productivo va a los individuos que son los consumidores. Ellos están representados por el bloque "sector doméstico". Juntos, estos dos bloques constituyen lo que usualmente es llamado el sistema económico.

Las representaciones convencionales del sistema económico muestran un flujo circular de dinero acompañado por un flujo opuesto de bienes y servicios y factores productivos entre el sector doméstico y el sector productivo.

La representación convencional del sistema económico está incompleta debido a que ignora flujos importantes de materiales y las leyes básicas de la física que los gobiernan.

En el modelo, el ambiente puede ser visto como una gran coraza rodeando el sistema económico. El flujo de materias primas del ambiente son procesados en el sector productivo y entonces pasan al sector doméstico. Los materiales regresando al ambiente desde el sector doméstico son desechos o residuos. Ellos son los subproductos indeseables de las actividades de consumo del sector doméstico. Similarmente no todas las entradas de material al sector productivo son empaquetadas en los bienes de consumo que fluyen al sector doméstico. Hay desechos o residuos de la producción. Así, hay flujos de residuos desde los sectores productivo y doméstico que regresan al ambiente.

Estos flujos de materiales deben obedecer la ley básica que gobierna la física. En una economía sin importaciones o exportaciones, y donde no hay acumulación neta de inventarios (planta, equipo, inventarios, bienes durables, o edificios residenciales), la masa de los residuos retornables al ambiente natural debe ser igual a la masa de combustibles básicos, alimentos, minerales y otras materias primas entrando al sistema de procesamiento y producción, más los gases tomados de la atmósfera. Así, en la ausencia de acumulación de inventarios, el flujo de bienes de consumo desde el sector productivo al sector doméstico debe ser igual a la masa que regresa al ambiente.

El ambiente es de considerable valor para el hombre como una fuente de entrada de materiales para la producción y consumo. Sin embargo, no ha sido ampliamente reconocido que el ambiente es también valioso como receptor

de los flujos residuales correspondientes. Es cierto que el ambiente tiene una capacidad enorme para aceptar, absorber y asimilar la mayoría de los tipos de materiales de retorno. Pero como veremos, cuando esta capacidad absorbente y asimilativa es sobreusada o mal usada, el resultado es contaminación y degradación ambiental.

En la Figura 2.2 se detalla el modelo del balance de materiales para una economía desarrollada. Aquí la importancia especial de la industria de energía como una fuente de flujos de residuos es reconocida. El sector productivo es separado en el sectores de conversión de energía y procesamiento de materiales. Entradas en la economía incluyen minerales, los productos de fotosíntesis reciente -productos agrícolas y bosques para la construcción y papel, combustibles fósiles que son productos preservados de fotosíntesis pasada, y agua. Finalmente, la atmósfera provee oxígeno para soportar la combustión y la respiración animal.

El sector de conversión de energía, a través de los rearrreglos químicos de las entradas de materiales, libera energía útil a los sectores de procesamiento de materiales. Casi todas las entradas de materiales a la conversión de energía son regresados al ambiente en la forma de óxidos gaseosos y cenizas sólidas. El sector de procesamiento de materiales hace uso del aire, agua, los productos de fotosíntesis, y energía útil desde el sector de conversión de energía y provee al sector doméstico con una variedad de bienes y servicios. Como un subproducto este sector también produce una variedad de materiales de residuo (escoria, chatarra, químicos irre recuperables, y residuos de operaciones de refinación de las materias primas). Los residuos desde el sector doméstico y sus actividades de consumo incluye sólidos (basura), líquidos (aguas negras), y gases (dióxido de carbono y productos de combustión de calentamiento residencial y transporte).

Como es mostrado en el diagrama, los desechos sólidos y acuosos de los sectores doméstico y de procesamiento de materiales puede ir a una etapa de procesamiento antes de ser retornados al ambiente. Este procesamiento, sin embargo, sólo cambia la forma y destino final del flujo de residuos. La masa de material que será regresada al ambiente no cambia.

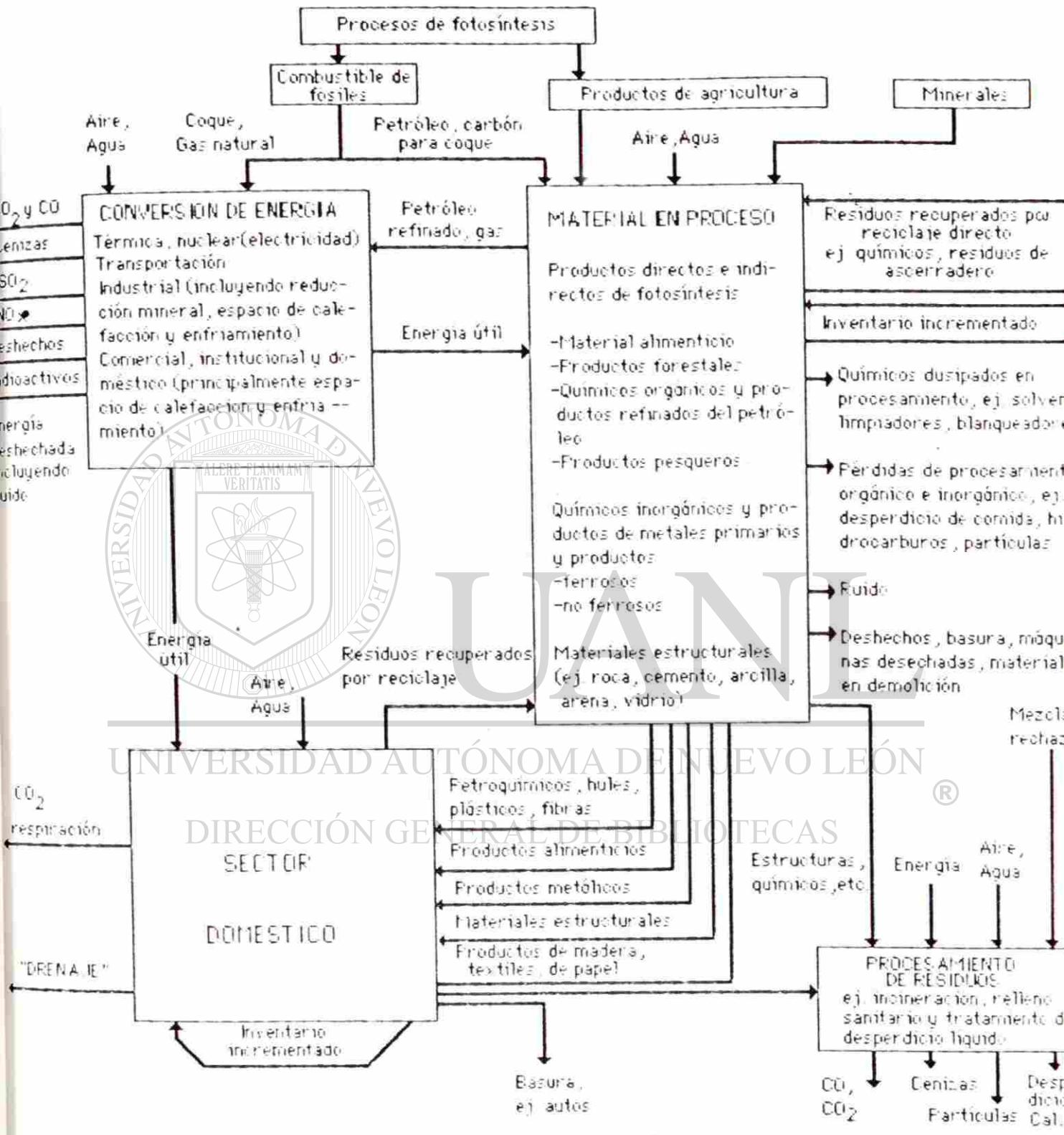


Fig. 2.2 Diagrama de los sectores económicos

La Figura 2.2 muestra flujos de energía además de los flujos de materiales. Los balances de energía pueden ser planteados para tomar en cuenta la división de producción de energía entre trabajo útil, ruido y calor de desecho al aire y agua. La ley de conservación de energía dicta que todas las entradas de energía al sistema económico -al igual que las entradas de materiales- deben eventualmente encontrar su regreso al ambiente en alguna forma.

El modelo de balance de materiales enseña que los usos económicos comunes de los términos "entrada", "salida", y "consumo-producción" son engañosos. Por ejemplo, las relaciones de entrada-salida del sector productivo son más exactamente descritos como procesos de trayectoria. Después de que un bien pasa por el sector doméstico, siempre se tiene un desecho y debe ser dispuesto, en alguna forma y en algún lugar. Así los procesos de uso, producción y consumo de recursos pueden describirse mejor como procesos de trayectoria de materiales y energía. Estos procesos están ligados con el problema de disposición de residuos - y por lo tanto de contaminación de aire, tierra y agua.

El modelo de balance de materiales es útil en:

1. Identificar opciones tecnológicas
2. Establecer la interdependencia entre los tipos de residuos
3. Entender las relaciones entre crecimiento poblacional, crecimiento económico y contaminación.

Dentro de la estructura del modelo de balance de materiales pueden ser identificadas cuatro tecnologías básicas para control de la contaminación:

1. Reducir la velocidad de trayectoria de materiales y energía
2. Tratar los residuos para hacerlos menos peligrosos
3. Seleccionar tiempo y lugar para descargar, minimizando el daño
4. Aumentar la capacidad asimilativa del ambiente

2.2. El ambiente como un recurso económico

El ambiente se puede definir como la totalidad de las condiciones e influencias naturales externas que afectan al hombre directa o indirectamente. La evaluación de los cambios ambientales se hace en referencia al hombre, abarcando no solamente los efectos directo y de corto plazo como la salud humana sino los efectos a largo plazo e indirectos como son alteraciones en flora, fauna y materiales.

Una segunda manera es ver el ambiente como un activo o tipo de bien de capital noreproducibile que proporciona varios servicios al hombre. Estos servicios pueden ser tangibles como: flujos de agua, aire y minerales; o funcionales como remoción, dispersión, almacenamiento, y degradación de desechos o residuos; o intangibles como los paisajes.

Para concretizar, se define el ambiente como un tipo de activo natural o bien de capital que no es reproducibile, el cual es la fuente de servicios económicos valiosos para el hombre directa o indirectamente. Estos servicios incluyen:

1. Dispersión, Asimilación o Almacen de Residuos
2. Sustento de vida
3. Recreación
4. Abastecimiento de Materias Primas

Estos servicios son todos bienes económicos en el sentido que la gente está dispuesta a pagar para recibir más de ellos o para evitar una reducción en la calidad o cantidad de los servicios que se requieren.

La calidad ambiental es definida como el nivel y composición de la corriente de todos los servicios ambientales, excepto los servicios de recepción de desechos.

La contaminación se define como la reducción en calidad ambiental causada por disposición de desechos. La contaminación existe cuando las disposición de residuos ocurre tanto para dañar la vida y propiedad o para reducir la cantidad o calidad de servicios ambientales.

En resumen se tiene que: los niveles de ingreso, gustos y preferencias,

tecnologías, y precios que determinan los resultados del sistema económico influyen en materiales en trayecto y en el ambiente. Sin embargo los efectos van en ambos sentidos, las políticas de administración ambiental afectarán los costos y precios de diferentes bienes, guiando a cambios en la naturaleza y composición del resultado económico. Y, estos cambios afectarán la naturaleza de los flujos residuales y su impacto en el ambiente.

2.3. Oferta-Demanda en el mejoramiento ambiental

Los servicios ambientales no son diferentes de los servicios de otros recursos escasos -mano de obra, propiedad, y capital. Al igual que con los otros recursos escasos, se debe seleccionar su distribución entre usos competitivos. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de los otros tipos de recursos, las decisiones acerca de los recursos ambientales no pueden dejarse a los individuos actuando separadamente en mercados desregularizados y descentralizados. Instituciones y mecanismos deben ser creados a través de la acción pública para el propósito de administrar los servicios ambientales y guiarlos a su mejor uso.

El uso del ambiente para disponer desechos genera costos sociales debido a que otros servicios ambientales son deteriorados, por lo cual hay una divergencia entre el precio que debe pagar el usuario del ambiente para descargar los desechos y los costos que son impuestos a la sociedad debido a este uso. Ya que el ambiente no es efectivamente propiedad de nadie, nadie lo controla, lo que resulta en sobreuso y abuso.

La contaminación causa daños por deterioro de otros servicios ambientales y el control de contaminación reduce estos daños e incrementa la calidad ambiental, sin embargo esta mejora tiene un costo; por lo tanto surgen las siguientes preguntas:

1. ¿Hasta qué nivel se debe mejorar el ambiente?
2. ¿Qué control de contaminación o calidad ambiental se desea obtener?

La lógica de la economía tiene la siguiente metodología como respuesta:

-Se debe tomar un número de etapas pequeñas en la dirección de

mejorar el ambiente.

-En cada etapa, se debe examinar los beneficios asociados con la mejora en la calidad ambiental y comparar éstos con los costos relacionados con el control de la contaminación.

-Tanto como los beneficios excedan los costos se debe mover una etapa más. Se debe esperar que los beneficios de mejoras adicionales en el ambiente sean más pequeños conforme la calidad ambiental aumente; y los costos de mejoras adicionales deben aumentar conforme se tenga más y más control de contaminación.

-Eventualmente un punto será alcanzado en el cual el beneficio incremental o marginal sea justamente igual al costo incremental o marginal. Una etapa más, significa que se estará comprando mejoras ambientales que cuestan más que el valor que tienen. Se debe escoger ese nivel de calidad ambiental en el cual los beneficios marginales sean igual a los costos marginales.

Este proceso que se ha descrito es una forma de establecer que hay una curva de demanda (beneficios marginales) y una curva de oferta (costos marginales) para mejora ambiental. En forma de diagrama se muestra en la Figura 2.3. En el nivel de calidad ambiental Q_1 , los costos marginales de una pequeña mejora son \$3, y los beneficios marginales son \$5. La calidad ambiental debe ser mejorada a Q_2 donde los beneficios marginales igualan a los costos marginales. En Q_3 una pequeña mejora cuesta \$2 más que su valor.

Hay dos puntos a analizar acerca de administración ambiental. El primero es la importancia que tiene el usar las combinaciones de opciones tecnológicas de mínimo costo o mayor eficiencia para obtener mejoras en calidad ambiental. Esto es porque la cantidad de mejora ambiental que la sociedad decidirá finalmente comprar o obtener, depende de su precio o costo. Entre más alto los costos de mejora ambiental menos calidad ambiental se comprará. En la Figura 2.4, la curva de oferta punteada muestra el efecto del uso de opciones de control de contaminación ineficientes. Los costos de calidad ambiental son mayores, y la cantidad de calidad ambiental que sería seleccionada es más pequeña. Es mostrada como Q_2 .

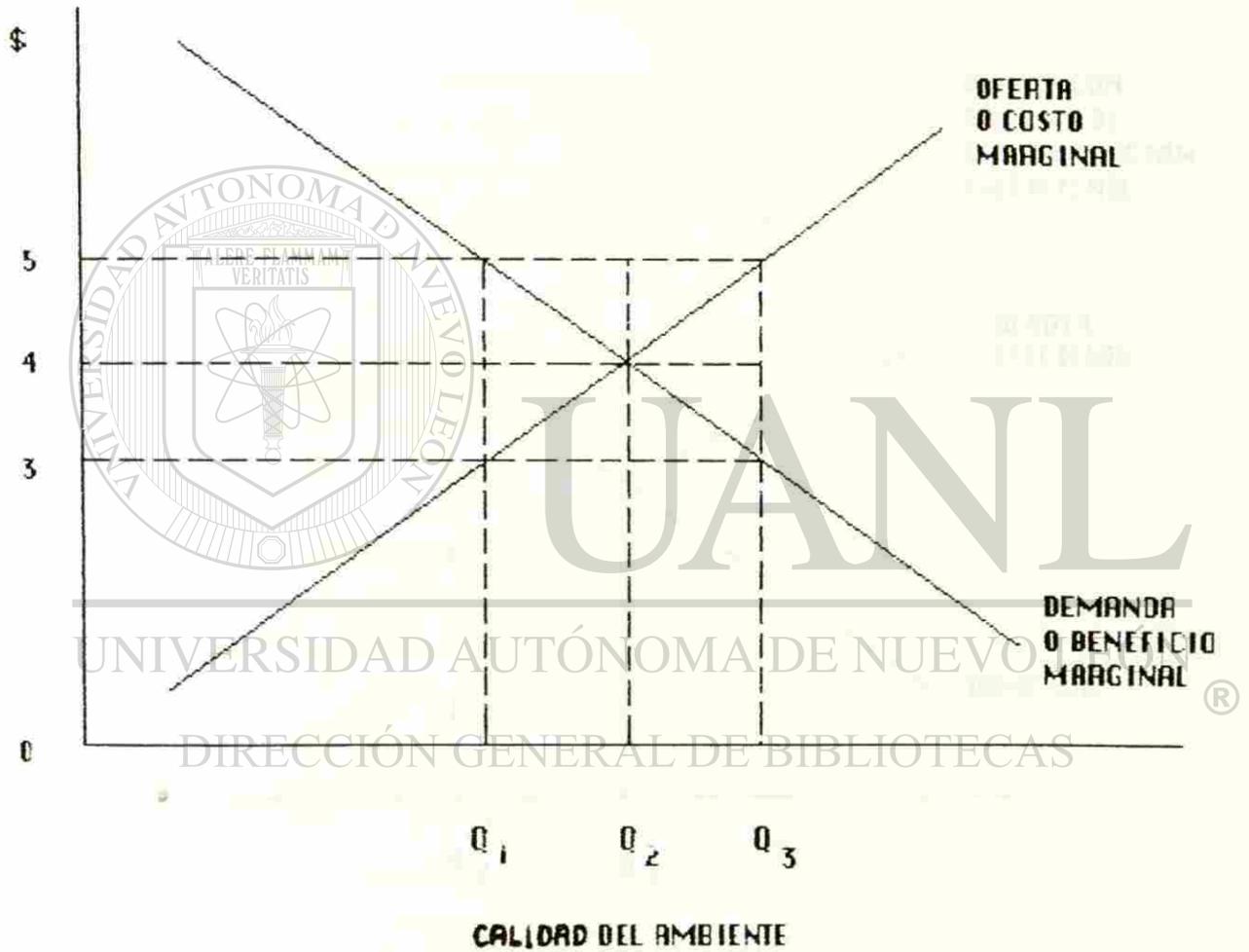


Fig. 2.3 El problema de administrar la calidad ambiental.

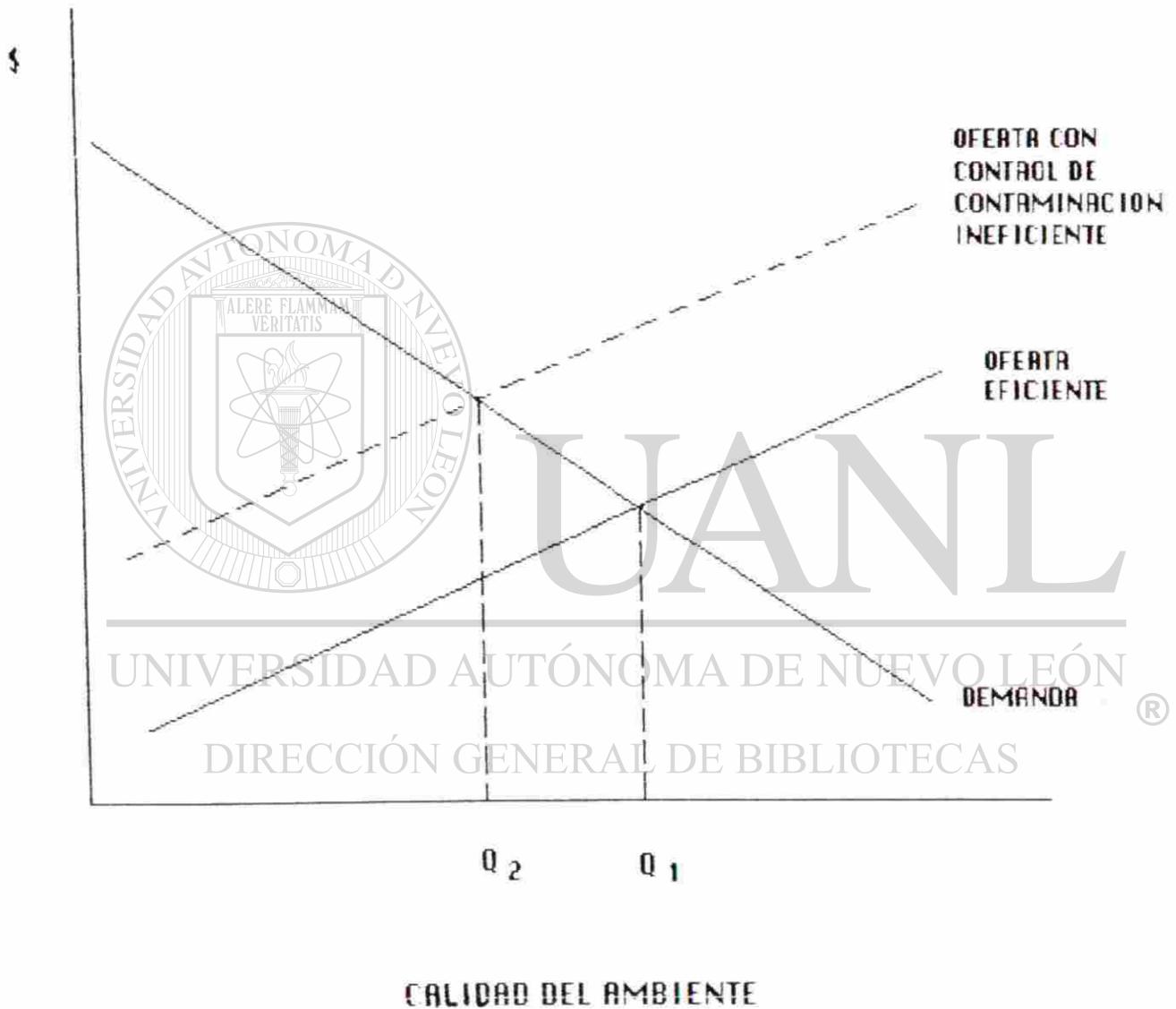


Fig. 2.4 Calidad y control de la contaminación ineficiente.

La segunda parte se refiere a la tendencia posible de la calidad ambiental con el tiempo. Es probable que; como los ingresos aumentan con el tiempo, la curva de demanda para la calidad ambiental se moverá a la derecha. En la Figura 2.5 esto se representa por el movimiento a D' . Si la curva de oferta no se mueve se dedicará parte del aumento de ingresos para comprar más calidad ambiental. Sin embargo una curva de oferta fija no es probable. Al elevarse el PNB y los materiales en trayectoria harán que cualquier nivel de calidad ambiental cueste más para obtenerlo. Esto significa que con el tiempo esta fuerza tendería a mover el costo marginal o curva de oferta hacia arriba y a la izquierda -es decir de S a S'' . Si el crecimiento económico fuera lo único que afectará a la oferta, el nivel óptimo de calidad ambiental disminuye de Q a Q_1 . Sin embargo, este efecto es probable que sea parcialmente compensado por mejoras en la tecnología de control de la contaminación que acompaña al crecimiento económico. Esto hace posible obtener más barato un nivel dado de calidad ambiental. Tales mejoras tecnológicas en el control de la contaminación tiende a mover la curva de oferta hacia abajo y a la derecha - es decir de S'' a S' . Como se indica en la Figura 2.5, el efecto de crecimiento económico y aumento de ingresos indica un aumento con el tiempo en el nivel óptimo de calidad ambiental de Q a Q_2 .

El que la calidad ambiental realmente mejore o empeore con el tiempo depende de dos factores. Primero, si se pueda desarrollar e implementar políticas públicas para que se logre estar sobre la curva de oferta eficiente de la Figura 2.4 y dirigirse a la intersección hipotética de las curvas de demanda y oferta. Segundo, de si con el tiempo, la curva de oferta se mueva hacia arriba y a la izquierda más rápidamente que la curva de demanda se mueva a la derecha.

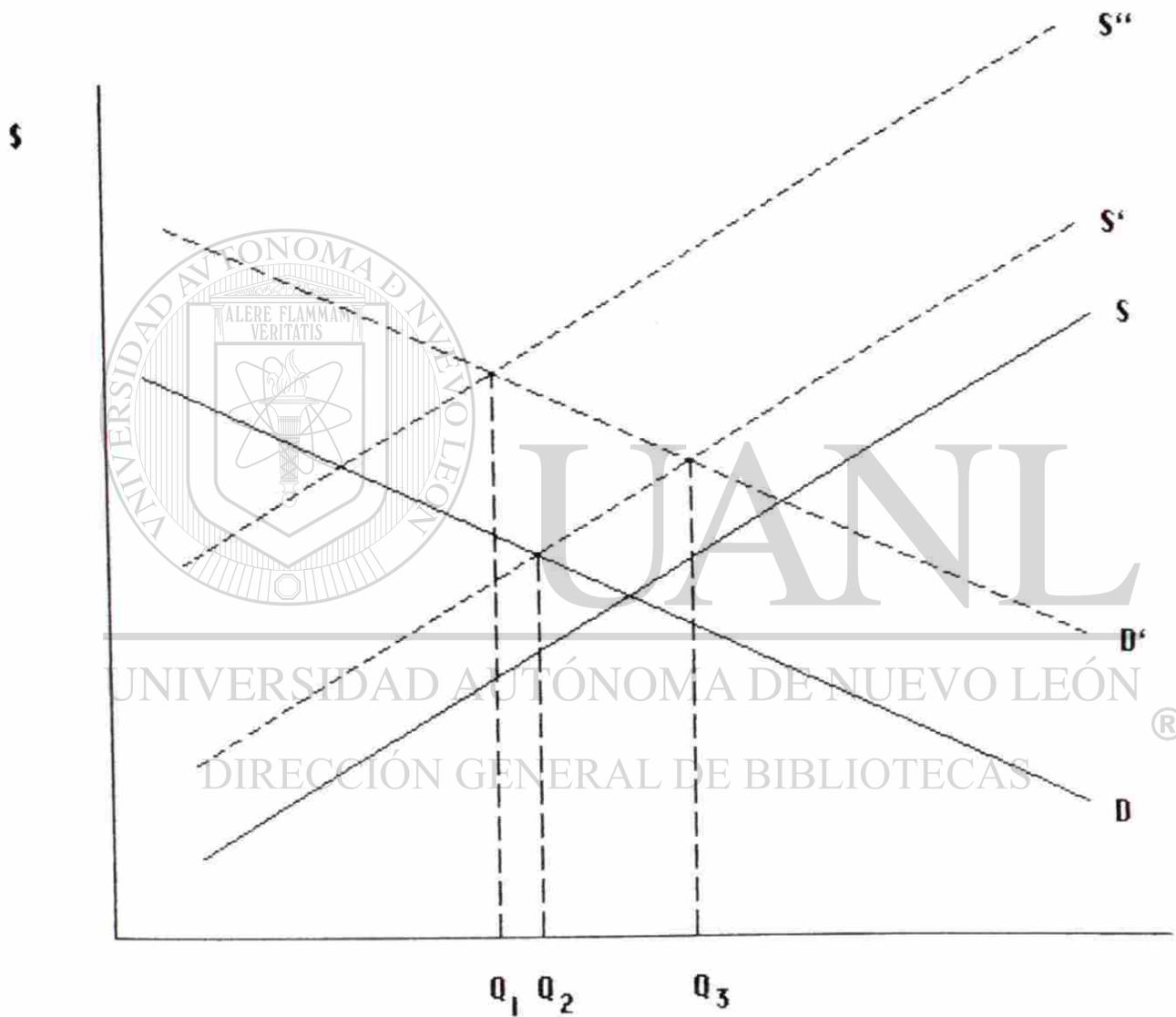


Fig. 2.5. Calidad del ambiente a través del tiempo

2.4. Sistema de Mercado

El administrar el ambiente puede ser visto como un problema de asignación de servicios de los escasos recursos ambientales entre fines competitivos o usuarios.

La teoría económica nos enseña que bajo ciertas condiciones de los mercados puede resolverse el problema de asignación de los recursos en una manera eficiente o óptima. El sistema de mercado funcionando idealmente hace esto por generación automática de información y señales y transportación de ellas a los tomadores de decisión económica. Estas señales son los precios de bienes y recursos. Para un economista esta información describe las ganancias y costos relativos en el uso de recursos de cualquier tipo. A través de tales descripciones, los precios ayudan al economista en determinar si más o menos de cualquier bien o servicio debe ser comprado o vendido. Los precios ayudan al economista a determinar cómo el bien o servicio debe ser asignado entre los usuarios competitivos. Los Precios, Los Mercados y La Escasez también proporcionan incentivos para obtener el mejor partido de cualquier conjunto dado de recursos. Donde todos los bienes y recursos pasan a través de los mercados que son competitivos y donde las otras condiciones necesarias son satisfechas, los precios sirven para guiar recursos y bienes a usarse con el mayor beneficio.

Si no hay mercados para algunos recursos, bienes, o servicios valiosos, o si los mercados no funcionan apropiadamente, los precios resultantes no llevan las señales correctas y las decisiones basadas en aquellos precios no son óptimas, y por lo tanto los recursos no son asignados para su mejor uso. Esto es llamado **Falla de Mercado**. Las fallas de mercado ocurren en escala masiva donde los recursos ambientales son considerados. Ya que los servicios ambientales no pasan a través de mercados, los mercados fallan para fijar precios para ellos, y, por lo tanto, falla para guiar su asignación a los usos del valor mayor. De acuerdo a lo anterior, la contaminación es causado por una falla de mercado.

2.4.1. Modelo del sistema de mercado

Sistema de mercado tiene dos significados para los economistas. Uno se refiere a un aparato funcionando realmente y un conjunto de arreglos institucionales y culturales que sirven para guiar la asignación de recursos a través de colocarles precios. El segundo es el término que se da para referirse a una idealización intelectual o "modelo" de este sistema y las funciones que realiza.

Cada sistema económico establece una estructura para tomar las siguientes decisiones:

- ¿Qué bienes y servicios serán producidos?
- ¿Cómo serán producidos?
- ¿Para quién serán producidos?

La selección de que tipo de sistema económico debe guiar la asignación de recursos de la sociedad está definido en gran parte por el grupo social que tomará las decisiones. El sistema de mercado para la asignación de recursos y la selección económica esta basado en dos premisas de valor:

1. El deseo individual en la sociedad debe guiar el uso de los recursos en producción, distribución e intercambio.
2. Los mismos individuos son el mejor juez de sus deseos y preferencias.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El sistema de mercado modelo o idealizado tiene las siguientes propiedades:

1. Todos los mercados son competitivos.
2. Todos los participantes en el mercado están completamente informados de las cualidades de los bienes y servicios y los términos de intercambio entre todas las mercancías y servicios.
3. Todos los tomadores de decisión en el sistema son motivados por interes propio y ganancia económica.
4. Todos los recursos y bienes tienen propiedad individual, y los individuos pueden controlar estos recursos.

Un sistema económico que posee las características anteriores, produce una asignación de recursos que puede ser llamado "eficiente económicamente".

La asignación de recursos que viene de tal sistema depende de otras ciertas características:

1. La cantidad y calidad de recursos que la sociedad posee.
2. La sofisticación tecnológica por la cuál estos estén combinados en la producción.
3. El gusto y preferencias del consumidor.
4. La distribución por propietario de los recursos que determinan la distribución de poder de compra entre los individuos.

Las empresas juegan un papel clave en el funcionamiento del sistema de mercado a través de sus compras de recursos, combinándolos en producción, y vendiendo los bienes y servicios al consumidor.

Los propietarios de recursos juegan un papel importante por su deseo de vender sus recursos-los servicios de su mano de obra, su tierra o su capital-al mejor postor.

Los gustos y preferencias de los consumidores influyen la asignación de recursos a través de sus votos en moneda.

Hay dos limitaciones importantes en decir que el sistema de mercado resulta eficiente económicamente en la asignación de recursos. La primera esta relacionada al criterio de deseabilidad que esta implícito en el estatuto. La segunda limitación proviene de las diferencias entre el sistema económico del mundo real y el modelo idealizado.

2.4.2. Fallas de mercado

Hay dos grandes fuentes de fallas de mercado que son relevantes al problema de contaminación ambiental. La primera es el no tener un sistema bien-definido y establecido de derechos de propiedad privada en muchos de los recursos ambientales. Puesto que nadie posee recursos ambientales, ningún precio es ligado a ellos. En consecuencia, los tomadores de decisión

económica no reciben las señales correctas correspondientes al uso de estos recursos. No hay precios que den los incentivos económicos apropiados para colocar estos recursos mantenidos en comunidad en su uso de mayor valor. La segunda limitación es la naturaleza de bien público que tienen los servicios ambientales. Los bienes públicos requieren intervención pública o gubernamental para asegurar que se produzcan en cantidades apropiadas. Los mercados privados fallarán para asignar recursos suficientes para la producción de tales bienes, resultando en una mala asignación de recursos. Un bien público una vez proporcionado a un individuo es libremente disponible para todos. Puesto que otros usuarios no pueden ser excluidos debido a que no hay pago del precio, los productores de bienes públicos no podrán recuperar el costo de los beneficiarios. En algunos casos lo público de un bien no es una característica inherente, pero aparece debido a que es costoso o ineficiente excluir aquellos que no han pagado el precio. (Ejemplos: parques y calles)

2.4.3. Derechos de propiedad y falla de mercado

Para que los mercados funcionen apropiadamente, la propiedad de un bien o un recurso debe estar claramente definida y poder hacer valer el derecho de propiedad. Con propiedad completa, el dueño puede prevenir a otros de su uso, beneficiarlos de ello, o dañar el bien sin proporcionar compensación. Se llama **"externalidades"** cuando tales beneficios no compensados o daños ocurren.

Por muchas razones, los derechos de propiedad pueden ser imperfectamente definidos o pueden no hacerse valer completamente. La persona que posee un coche puede hacer valer sus derechos de propiedad en ese coche. Sin embargo, con un terreno, por ejemplo, los vecinos pueden tener sus satisfacciones aumentadas o disminuidas dependiendo de como el dueño decida usar su terreno. El uso de terrenos tiene efectos no solamente para el dueño del terreno. Estos efectos son externos a las decisiones económicas del dueño puesto que no tiene incentivo económico en tomar en cuenta a los vecinos.

Cuando externalidades ocurren, se crea una divergencia entre valores sociales y valores privados o de mercado. Cuando un bien o servicio es producido y vendido en un mercado, el precio refleja solamente aquellos valores que pueden ser controlados por el comprador cuando el bien o el

servicio es transferido a él. Si terceras partes se benefician de la existencia del bien o del uso particular del bien, su valor social es mayor que su precio o valor privado. Donde tal beneficio externo está presente, las terceras partes que se benefician no tienen que pagar por el beneficio que recibirán. El resultado es un nivel de producción menor que el óptimo.

En la figura 2.6, la curva de demanda DD muestra la disponibilidad marginal de pago de los compradores. La intersección de esta curva con la curva de oferta determina el precio de mercado (P_1) y cantidad (Q_1). Pero si hay beneficios externos, la curva de valor marginal social (VV) está arriba de DD. La diferencia es la cantidad que las terceras partes estarían dispuestas a pagar por aquellos beneficios que reciben. En el equilibrio de mercado, el valor marginal social excede el costo marginal social, y la salida óptima es Q_2 .

Si terceras partes son adversamente afectadas por la actividad de producción, ellos cargan los costos que no son incluidos en el cálculo privado del costo del productor. El costo social excede el costo privado. El resultado es producción y consumo excesivos del bien. En la Figura 2.7 la curva de oferta SS incluye solamente aquellos costos de producción originados por el productor. Si los residuos de la producción imponen costos externos en usuarios corriente abajo de un río en la cantidad de E por unidad de salida, costo marginal social excede valor marginal social (P_1) en el equilibrio del mercado. En efecto, los consumidores están siendo subsidiados ya que el precio que ellos pagan es menor que el costo social, y el subsidio es pagado por los usuarios corriente abajo quienes cargan el costo externo. La producción debe ser contraída a Q_2 donde el costo marginal social y el valor marginal social sean iguales.

2.4.4. Contaminación, recurso en comunidad

El ambiente es un **recurso mantenido en comunidad** que consideramos un activo natural valioso que no puede, o puede imperfectamente, ser reducido a propiedad privada. Cuando los servicios de tales recursos son disponibles a precio cero y no hay otras restricciones en entrada o en uso, es fácil predecir el resultado: hay sobreuso, abuso y degradación.

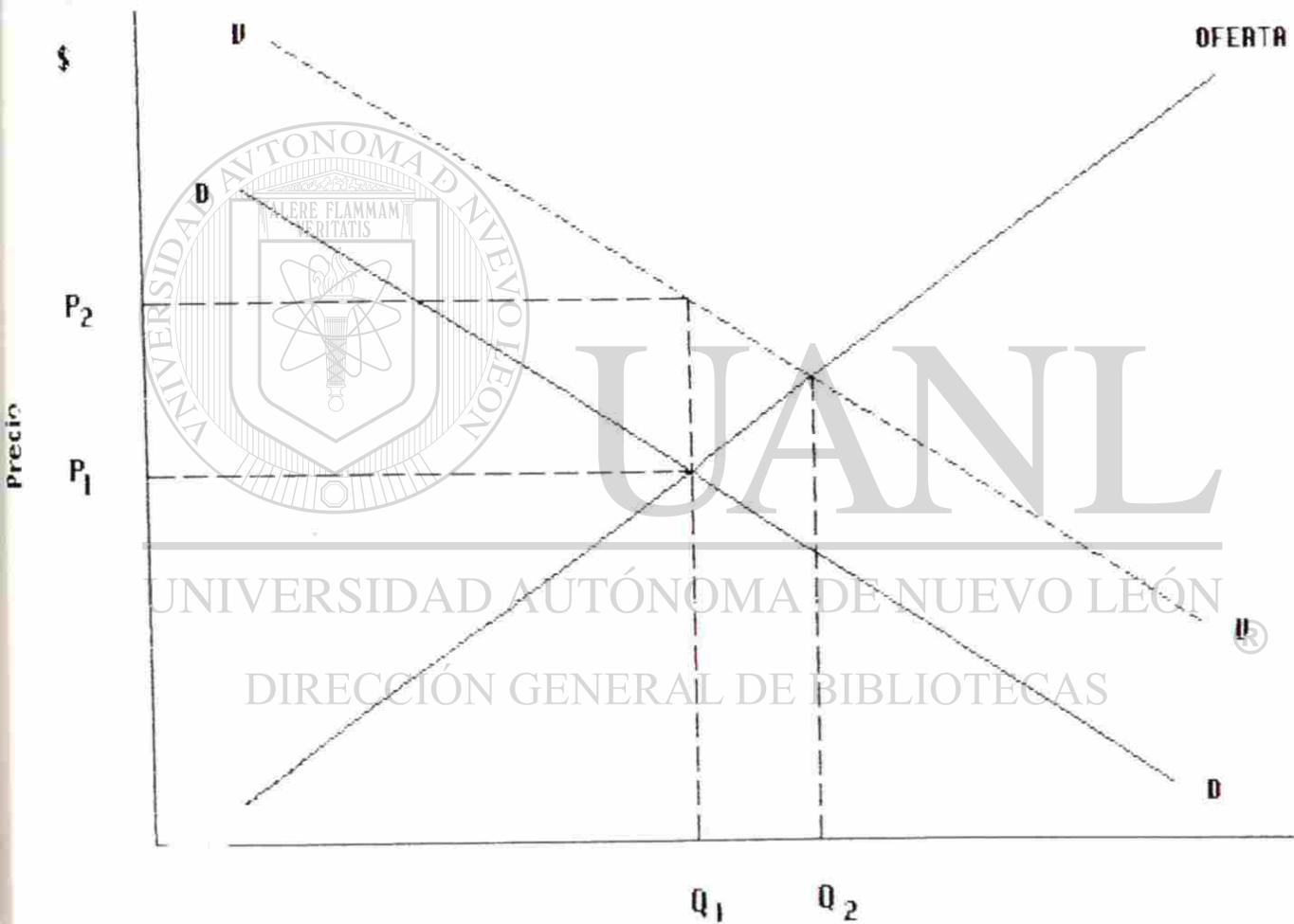


Fig. 2.6 Cantidad y precio del mercado con beneficios externos.



Fig. 2.7 Cantidad y precio del mercado con costos externos.

El principio de balance de materiales nos dice que la masa de las entradas a la producción debe ser igualada a la masa de las salidas de los residuos. Mientras que la mayoría de las actividades económicas asociadas con las entradas del flujo de materiales y con la producción y "consumo" son conducidas a través de mercados e intercambio ya que los derechos de propiedad privada existen, el flujo de retorno de los residuos va al recurso ambiental mantenido en comunidad sin pasar a través de un mercado.

Las leyes de conservación de masa y de energía siempre se han cumplido, pero a más bajos niveles de tamaño de población y actividad económica, el retorno de los materiales usados y energía al ambiente tenían solo efectos localizados. El ambiente se ha convertido en un recurso escaso. Debido tal vez a que los derechos de propiedad privada en el ambiente no han sido asignados, ninguna señal de alarma del mercado ha sido encendida para guiar el recurso único a su mejor uso. Vertientes mayores están siendo afectadas y mayor número de gente más remotamente localizada en espacio y tiempo están sufriendo impactos adversos.

Los activos ambientales mantenidos comúnmente que no pueden entrar en el intercambio de mercado están degradándose progresivamente ya que su uso como "basureros" aparecen sin costo a las industrias, municipios e individuos. Ya que los "común" es gratis, aunque valioso, ningún usuario individual tiene un incentivo para manejarlo con economía y protegerlo y consecuentemente su mayor degradación rinde un rango menor y menor de servicios.

En el contexto a largo plazo, la ausencia de intercambio de mercado significa que incentivos apropiados no son proporcionados para mejoras tecnológicas con respecto a la administración de la conservación de los recursos de propiedad en comunidad.

III. BENEFICIOS DE LA MEJORA AMBIENTAL

Los contaminantes pueden afectar a las personas directa o indirectamente. En forma directa son los efectos en la salud humana. En forma indirecta son los efectos en el deterioro de sistemas de esparcimiento o materiales de construcción.

Los efectos tienen un aspecto económico. Los valores que las personas otorgan a la reducción de los efectos adversos de la contaminación son para los economistas la medida de los beneficios.

El beneficio de una mejora en el ambiente es la suma de los valores monetarios asignados a los efectos que dicha mejora tiene en los individuos afectados directamente o indirectamente por la acción. Estos valores cuantificados en moneda pueden definirse como la disposición, por parte de los individuos, a pagar la cantidad necesaria para obtener los efectos de la mejora en el ambiente o como la cantidad que tendría que recibir el individuo como compensación para inducirlo a aceptar voluntariamente los efectos adversos de la contaminación.

Los beneficios son el valor de cierta mejora obtenida a partir de un ambiente inicialmente "sucio". Los daños representan lo que se pierde en términos de dinero a causa de que la emisión de contaminantes ha degradado el ambiente cuyo estado original era natural y "limpio".

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.1. Tipos de beneficios

Los efectos se pueden clasificar en dos categorías principal es: los que operan por medio de mecanismos biológicos y los que no.

Cada categoría principal de efectos se puede describir como entregando sus beneficios de una manera comercial o de una manera no comercial. Los beneficios comerciales pueden ser más altos ingresos para los productores, una mayor disponibilidad y más reducidos precios para los consumidores. Los beneficios no comerciales pueden ser aumentos en la disponibilidad de bienes y servicios no adquiridos normalmente a través del mercado. Ver tabla 3.1.

Tabla 3.1 CALSIFICACION DE EFECTOS-BENEFICIOS**Efectos en sistemas vivos**

Salud humana (no comercial)

- mortalidad
- morbilidad

Sistemas ecológicos de producción (comercial)

- agricultura
- zonas de pesca comercial
- silvicultura

Actividades de esparcimiento (no comercial)

- pesca recreativa
- caza
- diversiones acuáticas
- jardinería, etc.

Sistemas ecológicos (no comercial)

- preservación de las especies
- estabilidad de ecosistemas

Efectos en sistemas carentes de vida

Procesos de producción (comercial)

- daños en los materiales de construcción
- ensuciamiento
- disminución en calidad de producto

Residencias familiares (no comercial)

- daños en los materiales de construcción
- ensuciamiento

Cambios en el clima (no comercial)

Otros (no comercial)

- visibilidad
- tranquilidad

Fuente: Freeman III, A.M., Control de la contaminación del agua y del aire, evaluación de costo-beneficio, Editorial Limusa, 1987

3.2. Medición de beneficios

La medición de beneficios implica el uso de teorías y técnicas económicas. Las estimaciones de beneficios deben basarse en el conocimiento de los efectos físicos y biológicos de la contaminación.

El beneficio de una mejora ambiental para un individuo es una medida monetaria, del aumento en su bienestar o sus servicios, puesto que esto no se puede medir directamente, se hace uso de confrontar al individuo con dos situaciones alternativas. Al preferir una de las situaciones esto puede ser medido por dos maneras. La primera consiste en determinar la suma máxima de dinero que el individuo estaría dispuesto a pagar antes de quedarse sin la mejora en el ambiente. En inglés es "willingness to pay", WTP. La segunda consiste en determinar la cantidad de dinero que el individuo estaría dispuesto a aceptar como una alternativa de no recibir la mejora en el ambiente. En inglés es "willingness to accept", WTA.

Las diferencias entre los dos enfoques pueden ser con seguridad ignoradas, siempre que la medida de WTP sea pequeña en relación a los ingresos totales del individuo, digamos, no más del 10 % de los ingresos (Willig, 1976).

En el análisis económico convencional de un bien que puede ser comprado en el mercado, la curva de demanda muestra la cantidad del bien que el individuo compraría a determinado precio en el mercado. Para los bienes no comerciales como la diversión o el esparcimiento relacionados con las mejoras del ambiente, la curva de demanda puede interpretarse en base a la disponibilidad para pagar (WTP).

El beneficio total para todas las personas implicadas en esta situación económica es la suma de las WTP correspondientes a todos los individuos afectados.

La estimación de la curva de demanda es un problema difícil ya que la calidad ambiental no se puede comprar o vender en el mercado debido que solo se puede proveer un solo nivel de calidad en el tiempo, y porque los individuos no poseen la libertad de variar de manera independiente el nivel de los servicios del ambiente que consumen. Así mismo, una vez que se proporciona un nivel de calidad del ambiente a algunos individuos no es

posible evitar que otros individuos lo disfruten sin pagar el precio correspondiente.

3.3. Técnicas para determinación de beneficios

Hay tres enfoques básicos para determinar los valores que las personas atribuyen a las mejoras en la calidad del ambiente. En primer enfoque se aplica el análisis de datos procedentes de transacciones comerciales en bienes y servicios relacionados con la calidad del ambiente. En el segundo es preguntar sencillamente a los individuos, por medio de encuestas e interrogatorios directos. El tercero consiste en someter a votación universal las proposiciones con niveles alternativos de mejorar en la calidad del ambiente.

3.3.1. Enfoques de mercado

Este enfoque implica relaciones de sustitución y complementarias entre bienes comerciales y bienes del ambiente. Su determinación es directa y sencilla. Ejemplos son: la disminución del neblumo provoca un aumento en la producción de hortalizas; la disminución de partículas en el aire lleva a una reducción en la frecuencia con la que una empresa pinta sus paredes exteriores.

Mientras no existan efectos significativos en los precios comerciales, pueden utilizarse los ahorros de costos o los incrementos de producción para calcular beneficios en la agricultura, las zonas pesqueras, la silvicultura, materiales y costos de limpieza.

En aquellas categorías de efectos no comerciales que no acarrear aumentos a la producción, pueden existir impactos en otros bienes y servicios que son sustitutos o complementos de los bienes ambientales. En estos casos la estimación de valores y beneficios se realiza de manera indirecta. Ejemplos son: la mejora de calidad del agua de un lago, lo convierte en un lugar mejor para los paseos en bote, diferencias en la calidad del aire lleva a diferencias en valores de terrenos en distintos puntos de un área urbana.

3.3.2. Encuestas

Este enfoque consiste en preguntar a los individuos, mediante encuestas o interrogando directamente, que valor le dan a un cambio específico en la calidad del ambiente. En este enfoque se requiere inducir a las personas a dar respuestas sin prejuicio acerca de su disponibilidad de pago. Si un individuo supone que la cuota que él declare del costo para proporcionar una calidad ambiental será su obligación de reembolso, tendrá un incentivo para subestimar su disponibilidad para pagar. Si un individuo tiene la seguridad que los impuestos no serán afectados por las respuestas que él declare, tendrá un incentivo para sobrestimar su disponibilidad para pagar.

También se tiene la evidencia de desviaciones por ciertas características estructurales de las encuestas, por lo que se debe diseñar la encuesta de tal manera que reduzca al mínimo el hecho de cualquier vinculación entre la respuesta del individuo y un resultado real. Minimizar los incentivos de respuestas desviadas tienen la desventaja de reducir el incentivo de respuestas exactas. En situaciones hipotéticas no cuesta nada equivocarse por lo que no hay incentivo en realizar un esfuerzo mental para proporcionar respuestas exactas.

Otro problema es el de describir exactamente la situación hipotética a los entrevistados. La manera de describir y transmitir efectivamente las mejoras en calidad ambiental tienen límites en la aptitud, tanto de palabras, como de imágenes.

Teóricamente los problemas de parcialidad, de exactitud y de percepciones, deben dar una guía para reflexionar acerca de la eficacia de las encuestas para lograr una medida de la disponibilidad para pagar, sin embargo, aún cuando la información obtenida de una encuesta no es definitiva, si se le puede considerar útil.

3.3.3. Conducta de votación

Este enfoque consiste en someter a votación universal proposiciones que contienen niveles alternativos de calidad del ambiente y aumentos ligados en impuestos. Los datos relacionados con la votación deben incluir,

tanto un nivel declarado de mejora como un costo de impuestos que se cargarían a los electores. Este enfoque se puede llamar en diferentes formas: referendums, consensos, etc.

3.3.4. Asignación de precios o valores arbitrarios

Esto es realizado donde es imposible o poco práctico determinar valores reales. Estos juicios tienen más credibilidad cuando se tiene cierta justificación.

3.4. Problemas al determinar beneficios

Existen problemas que impiden el desarrollo de información acerca de las relaciones establecidas entre las descargas de sustancias específicas y los posibles efectos adversos, tanto físicos, fisiológicos, químicos, como biológicos.

Se requiere tener información entre la relación que existe entre contaminantes y efectos. Esta información involucra el problema de la característica fortuita que tienen las descargas y también los procesos que suceden en el ambiente.

Otro aspecto es la dificultad de medir exactamente la percepción de la calidad del ambiente y su relación que tiene con los usos que las personas hacen del ambiente. Lo anterior es un aspecto concreto de aquellas categorías de beneficios conocidas como recreación y estética.

Un último aspecto lo constituye la posibilidad de que existan relaciones sinérgicas y antagonistas entre los contaminantes y sus influencias en los usos humanos.

La contaminación puede causar cambios en sistemas ecológicos que no tienen impacto directo en las actividades de producción o consumos de los seres humanos. En tales casos, no hay una manera clara de establecer un valor monetario.

3.5. Metodología para estimar beneficios en la salud

1.- Determinar relación entre niveles de calidad del aire y las tasas de mortalidad y morbilidad.

Un enfoque habitual consiste en utilizar técnicas estadísticas multivariadas para someter a prueba la hipótesis de que existe una asociación positiva entre la contaminación del aire ya sea con datos de la mortalidad o con la morbilidad de grupos de población congregados en ciudades o en áreas urbanas.

2.- Pronosticar los cambios de mortalidad y morbilidad con cambios especificados de calidad de aire.

Dada una función de dosis reacción deducida empírica o analíticamente se pronostica el cambio de mortalidad o morbilidad ocasionado por el cambio esperado de calidad de aire, manteniendo constantes las demás variables.

3.- Asignar valores monetarios a los cambios pronosticados.

Esta etapa consiste en determinar el valor monetario asignado a cada muerte evitada o día de enfermedad que no ocurra.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

3.6. Valoración de la salud

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Existen dos enfoques para asignar valores a la salud: el primero mediante costos de recursos o de oportunidad y el segundo mediante la disponibilidad para pagar.

3.6.1. Costo en recursos o en oportunidades

Este enfoque valora cada vida perdida, de acuerdo con el valor presente de la cadena de ganancias esperadas futuras, si se hubiera evitado la muerte prematura (técnica de la productividad). La morbilidad está valorada según la pérdida de producción. Esta basado en que las ganancias reflejan la productividad marginal del individuo, esto es, la contribución del individuo a

la producción económica total.

Críticas a este enfoque:

1).- Los beneficios por productividad no tienen forzosamente una relación con la disponibilidad del individuo para pagar.

2).- Este enfoque no permite que se tome en cuenta la naturaleza probabilística de la muerte, ni las preferencias o actitudes hacia el riesgo y su prevención.

3).- Este enfoque implica que un individuo vale por lo que hace.

A causa de la variación en patrones de ingreso durante el ciclo vital y las diferentes experiencias de los individuos, esta asignación depende críticamente de la edad, sexo y nivel socioeconómico de los individuos.

3.6.2. Disponibilidad para pagar

Este enfoque es conceptualmente más atractivo porque es consistente con la teoría básica de la economía del bienestar. Se trata de valorar los aumentos del promedio de vida o la reducción en la probabilidad de muerte debido a accidente o enfermedad, según lo que los individuos involucrados estén dispuestos a pagar para lograrlos.

La disposición de un individuo para pagar por cambios en la probabilidad de su propia muerte puede ser manejado en forma de: valor estadístico de vida o valor estadístico de muerte evitada.

Ejemplo del cálculo del valor estadístico de vida: consideremos un grupo de 1000 individuos semejantes, tienen posibilidad y voluntad de pagar 3,000,000 pesos por una póliza que reduciría la probabilidad de su muerte en 0,01. La disponibilidad de pagar agregada es $1000 \times 3,000,000$ y el número de muertes evitadas es 10. El valor estadístico de una vida sería entonces $3,000,000,000 / 10 = 30,000,000$ pesos.

Existen dos maneras de medir empíricamente la disponibilidad para pagar:

1.- El primero consiste en observar la conducta y opciones reales donde los individuos cambian o truecan cambios en sus niveles de riesgo por otras cosas que tienen un valor monetario.

2.- El segundo enfoque consiste en llevara cabo encuestas, haciendo a los individuos una serie de preguntas acerca de situaciones hipotéticas que implican trueques entre seguridad y dinero.

3.6.3. Estudios de valoración de la vida

En la siguiente tabla se resumen los estudios sobre valoración de la vida para los Estados Unidos. Los estimados del valor estadístico de la vida, abarcan desde un mínimo de 0,07 hasta un máximo de 6.1 millones dólares.

Estas disparidades entre los estimados sugieren que se requiere una investigación mayor antes de poder obtener estimados confiables del valor estadístico de la vida por medio de la aplicación de estas técnicas. Pero los resultados de estos estudios nos permiten tener el orden de magnitud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 3.2 Valor Estadístico de Vida para 1978 en E.U.A.

Autor	Enfoque	Valor Estadístico de Vida (millones de dólares)
Cooper y Rice (1976)	P	0.07 - 0.18
Blomquist (1979)	D-1	0.37
Thaler y Rosen (1976)	D-1	0.30 - 0.50
Viscusi (1978)	D-1	1.80 - 2.70
Smith (1976)	D-1	2.20 - 5.10
Dillingham (1979)	D-1	0.30
Brown (1980)	D-1	0.80
Olson (1981)	D-1	4.70
Acton (1973)	D-2	0.47 - 0.72
Jones - Lee (1976)	D-2	6.10

P Productividad - Costos en recursos y en oportunidades
D-1 Disponibilidad para pagar medida por tasas en sobresalarios (riesgo)
D-2 Disponibilidad para pagar medida por encuestas

Fuente: Freeman III, A.M., Control de la contaminación del agua y del aire, evaluación de costo-beneficio, Editorial Limusa, 1987

Nota: Se reporta por Freeman (1985) como el mejor estimado del valor estadístico de la vida el de 1 millón de dólares.

La National Economic Research Associates (NARA, 1980) al analizar los beneficios derivados del control de la contaminación del aire establecen que 1 millón de dólares por vida es un valor mayor al real. Las razones que apoyan esta opinión son:

- 1) Incongruencias en estudios similares.
- 2) Es probable que la edad promedio de aquellos a los que afecta la

contaminación sea más elevada que la edad medida de los obreros en los estudios de sobresalarios y que tienen disponibilidad para pagar por evitar riesgos. La disponibilidad para pagar es una función decreciente de la edad. Estimados en la población trabajadora, exageran el valor de la vida correspondiente a la población de mayor edad.

3) Algunos estudios reflejan la disponibilidad de pagar tanto de accidentes mortales como de no mortales.

Las reducciones en la estadística de morbilidad deberían valorarse por medio de la disponibilidad para pagar. Sin embargo, lograr una base empírica firme para el valor de reducción de morbilidad es difícil.

Es establecido que el valor de reducción de morbilidad se encuentra en un rango de 20 a 40 dólares por día de enfermedad o de actividad limitada.

En los valores atribuidos a la reducción de morbilidad se deberá incluir un estimado de los ahorros en gastos médicos directos. Esto no es duplicar contabilidad, ya que; los estimados son derivados de los datos acerca de heridas accidentales, causa principal de muerte y además la existencia del seguro médico hace que los individuos no cargen directamente con todos los gastos de sus enfermedades.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

3.7. Estudios en la relación salud-contaminación

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Existen algunos estudios en Estados Unidos que tratan acerca de los efectos en la salud humana de las partículas y de los compuestos de azufre, los cuales han utilizado una diversidad de información acerca de la mortalidad, la morbilidad y los niveles de contaminación en diversos muestreos de población, incluyendo agrupamientos por Standard Metropolitan Statistical Area (SMSA), por ciudad, condado o municipio.

Existe puntos de controversia en los resultados de los estudios:

* Validez de datos de la calidad de aire en los sitios de verificación, como medida de la exposición de los individuos que residen en el área urbana.

* Validez de las exposiciones actuales como una medida a largo plazo de los efectos crónicos y de mortalidad.

* Validez del modelo de una sola ecuación donde están implicadas interacciones de variables dependientes y explicativas.

* Insuficiencia de comprobación de factores tales como la edad, las condiciones socioeconómicas, el fumar, la dieta y la exposición a otros riesgos ambientales.

En las siguientes páginas se mencionan las bases, conclusiones y resultados de los estudios importantes, para fuentes fijas, realizados en Estados Unidos para relacionar medidas de contaminación de aire con tasas de mortalidad en población.

Lave y Seskin, 1970

Reportan los resultados de datos de contaminación en 1960 en 114 áreas estadísticas metropolitanas estandar (SMSA, Standard Metropolitan Statistical Area).

Se basan en el siguiente modelo lineal de regresión:

$$M = a + bP + cS + e$$

donde:

M es la tasa de mortalidad

P es alguna medida de contaminación

S es un vector de parámetros socioeconómicos

Utiliza el término de elasticidad para reportar los resultados. Elasticidad es el cambio porcentual de mortalidad asociado con un cambio del 1 % de una variable de contaminación. En el anexo 2 se explica el término de elasticidad.

Se reporta, como mejor estimado, una elasticidad de 0.09 debido a contaminación por partículas y sulfatos en partículas.

Los estimados monetarios los basan en enfoque del valor de vida en los costos de recursos o de oportunidades. Utilizando información de Rice (1966) sobre el valor de vida obtienen que reducir la contaminación del

aire en un 50 % tiene un beneficio de 2 100 millones de dólares al año, en dólares de 1963. Se estima que para 1978 los beneficios son de 4 500 millones de dólares.

Waddell, 1970

Se utilizan los resultados de Love y Seskin para estimar beneficios nacionales en Estados Unidos.

Se indica que la contaminación del aire deberá reducirse un 26 % (partículas y sulfatos) para coincidir con el modelo primario nacional de calidad del aire.

Se estiman beneficios en reducción de mortalidad y morbilidad de 3730 millones de dólares, en dólares de 1970, en base a los valores de vida de Rice (1966).

También se ajusta el estimado de Love y Seskin en base a que el 73.5 % de la población vive en áreas urbanas. Para el año 1978 se reporta 4 600 millones al año como el mejor estimado de los beneficios para la salud.

Small, 1977

Se utiliza la ecuación de regresión de Love y Seskin y la elasticidad estimada para calcular los beneficios de una reducción de un 50 % en la contaminación del aire.

Se utiliza la información de Rice (1966) sobre el valor de vida.

Se utiliza un factor de ajuste para explicar el componente urbano, argumentando que sólo parte de la población clasificada como residente en áreas urbanas está sometida a los efectos de la contaminación del aire. El autor estima que el porcentaje es de un 55 % en 1963 en E.U.A. Las SMSA incluyen tanto gente residente en áreas urbanas como en áreas rurales.

Se reportan que el mejor estimado de beneficios es 4 210 millones de dólares, en dólares de 1963. Para 1978 es de 7 000 millones de dólares al año.

Heintz, Hershaff y Horak, 1976

Se basan en el reporte de Lave y Seskin de 1973 y en el estimado de Waddell de 1970. Se realizan ajustes del valor de vida de Rice en 1963 para hacerlos aplicables a la población, precios e ingresos de 1973.

Reportan un estimado de beneficios en 5 700 millones de dólares de 1973 para una reducción de 26 % en partículas y compuestos de azufre.

Lave y Seskin, 1977

Se emplea técnicas de regresión multivariable. Se estudian modelos representativos y de series de tiempo y combinación de los dos tipos de modelos.

En general, los resultados apoyan que una exposición mayor a contaminantes del aire, conduce a tasas más elevadas de mortalidad. No se encuentra evidencia sobre efectos de umbral en sulfatos, partículas y anhídrido sulfuroso. Establecen que el modelo lineal ofrece la mejor adaptación a los datos.

El rango que reportan de elasticidad ajustada (edad, sexo y raza) de la mortalidad relacionada con la contaminación del aire es de **0.096 a 0.126**.

Utilizando valores de vida de Cooper y Rice (1976) y basándose en la suposición de que la reducción de contaminación del aire tiene el mismo impacto en la morbilidad que en la mortalidad, estiman que los beneficios causados por una reducción de 88 % en óxidos de azufre y una reducción de un 58 % en partículas son de 16 100 millones de dólares, en dólares de 1973.

Thibodeau y colaboradores, 1980

Con la base de datos de Lave y Seskin concluyen que la evidencia apoya la relación positiva entre partículas y sulfatos y la mortalidad, pero que los estimados de magnitud son muy sensibles a el establecimiento de los modelos.

Viren, 1978

Con información de Lave y Seskin y de otros autores indica que la relación entre contaminación y mortalidad puede ser falsa. Indica que el añadir variables a las regresiones de Lave y Seskin reduciría las variables de contaminación a una insignificancia estadística.

Liu y Yu, 1976

Se reportan estimados separados de mortalidad y morbilidad y utilizan modelos y técnicas complejas de estimación.

Basan su análisis acerca de mortalidad en un muestreo de 40 SMSA que mostraron concentraciones de anhídrido sulfuroso en exceso de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 1968 y 1970. Emplean un modelo de regresión con la siguiente estructura:

$$M_i = a + b S_i + c W_i + u_i$$

en donde:

M_i es la tasa de mortalidad observada en el SMSA del orden i

S_i es un vector de parámetros socioeconómicos

W_i es un vector de parámetros atmosféricos

u_i es el término de error

Entonces hacen regresión del residual de la ecuación anterior en una expresión no lineal:

$$M_i - M_i = \exp(d - f/P_i)$$

donde P_i es una medida de la contaminación.

Reportan que el coeficiente de anhídrido sulfuroso es positivo y estadísticamente significativo y que la variable partículas no es significativa.

Debido a que la mayoría de los datos de contaminación muestran correlación entre los niveles de los compuestos de azufre y las partículas, otros autores han desacreditado los resultados de Liu y Yu.

Emplean un enfoque menos preciso del valor de vida que el empleado

por Rice (1966) y Cooper y Rice (1976) ya que no toma en cuenta variaciones de ganancias con la edad, ni el impacto diferencial de la mortalidad por la estructura de edades de la población.

Reportan beneficios de 900 millones de dólares por año, en dólares de 1970 por reducir el anhídrido sulfuroso al umbral proyectado de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las 40 SMSA del muestreo.

Crocker y colaboradores, 1979

Los autores argumentan que hay razones para suponer que las variables que son exógenas en algunas ecuaciones estructurales, son de hecho endógenas con referencia al sistema general. En donde están procesos complejos, el proceso más importante debe ser modelado con un juego de ecuaciones estructurales que reflejen relaciones mutuas. Entonces se emplean técnicas estadísticas apropiadas tales como mínimos cuadrados de dos etapas.

Las siguientes ecuaciones muestran relaciones simultáneas en un modelo de efectos sobre la salud:

$$M = a_0 + a_1 D + a_2 P + u_1$$

$$D = b_0 + b_1 Y + u_2$$

$$Y = c_0 + c_1 M + u_3$$

donde UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

M es la morbilidad

D es el acceso a médicos

Y es el ingreso promedio

P es la exposición a la contaminación ambiental

u_1, u_2, u_3 son términos de error

los coeficientes deben cumplir los siguiente:

$$a_0, a_2, b_1, c_0 > 0$$

$$a_1, c_1 > 0$$

La morbilidad, los médicos y el ingreso son endógenos al sistema, aún cuando aparecen como variable independiente en una ecuación estructural. Si la primera ecuación fuera estimada mediante mínimos cuadrados ordinarios, los parámetros estimados serían inconsistentes.

Para mortalidad la estructura del modelo tiene las siguientes expresiones:

$$M = a_0 + a_1 D + a_2 P + a_3 S + a_4 B + a_5 F + a_6 E + u_1$$

$$D = b_0 + b_1 Y + b_2 P + b_3 S + b_4 B + b_5 F + b_6 E + u_2$$

en donde:

S es un vector de parámetros socioeconómicos

B es un vector de parámetros de conducta

F es un vector de parámetros dietéticos

E es un vector de parámetros ambientales

Al utilizar ciudades como unidades de observación (no usan SMSA) encuentran que las variables de contaminación son significativas estadísticamente.

Las elasticidades de mortalidad son 0.09 para la relación entre enfermedades de niños recién nacidos y el óxido de azufre y 0.39 para la relación entre la neumonía y las partículas.

Estiman 15 900 millones de dólares por año, en dólares de 1978 en beneficios en reducción de mortalidad causada por neumonía y muertes de recién nacidos fijando una reducción de 60 % en la contaminación del aire, para este cálculo utilizaron un valor de vida de 1 millón de dólares.

Chappie y Lave, 1984

Utilizando datos de 1974, los autores duplican los resultados de Lave y Seskin (1970; 1977) correspondientes a 1960 y 1969 y profundizan en los temas impugnados por críticos.

Los autores experimentan con los siguientes parámetros:

- Socioeconómicos como la educación
- Consumos de alcohol y tabaco
- Patrones de empleo y actividad industrial
- Acceso a médicos

Los resultados reportados son que las partículas no son

significativas, pero los sulfatos sí lo son. El rango de elasticidad es de **0.09 a 0.15**.

Schwing y McDonald, 1976

Se investiga la mortalidad entre varones de raza blanca, en 46 SMSA entre los años 1959 y 1961. Las medidas de contaminación que utilizan son: el potencial de hidrocarburos, el potencial de anhídrido sulfuroso, promedios anuales de dióxido de nitrógeno y mediciones de sulfatos y nitratos en 1969. Emplean mínimos cuadrados ordinarios, al mismo tiempo que una regresión "ridge" y mínimos cuadrados limitados con signos para no involucrar colinealidad múltiple.

Los resultados reportados son: las elasticidades para compuestos de nitrógeno varían en signo y magnitud; la información con hidrocarburos no fue concluyente y las elasticidades de compuestos de azufre son similares a las reportadas por Lave y Seskin.

Jackson y colaboradores, 1976

En base a los resultados de Schwing y McDonald determinan la reducción en mortalidad si se eliminara totalmente la contaminación de compuestos de azufre y partículas; y utilizando datos de Rice obtienen beneficios de 12 500 millones de dólares por año, en dólares de 1968.

Mendelsohn y Orcutt, 1979

Los autores combinan en un estudio datos de tasas de mortalidad por enfermedad, niveles de contaminación, clima y variables socioeconómicas, todos clasificados en grupos de municipios. Las mediciones de contaminación son de 1970 e incluyen sulfatos, nitratos, partículas, monóxido de carbono, anhídrido sulfuroso, dióxido de azufre y ozono.

En los resultados reportan relación positiva de la mortalidad con las medidas de sulfatos, anhídrido sulfuroso y monóxido de carbono. El ozono tiene relación negativa y todos los demás no tienen efectos significativos.

Las elasticidades de la mortalidad con el anhídrido sulfuroso y los

sulfatos para gente adulta está en un rango entre **0.10 y 0.20**.

3.7.1. Estudios considerando diferentes épocas.

Los trabajos utilizan mediciones realizadas en un tiempo determinado. Se requiere evaluar diferencias existentes en las características de la población a lo largo del tiempo como son los estilos de vida, los cambios de conducta y los efectos acumulativos. El método de sección transversal consiste en hacer regresión de cambios en tasas de mortalidad en dos tiempos diferentes en función de las variables externas que pueden explicar los cambios.

Lave y Seskin (1977) emplean el enfoque de sección transversal y series de tiempo para examinar datos de mortalidad en 26 SMSA en los años de 1960 a 1969. Los resultados confirman que la elasticidad en base a sulfatos y partículas es 0.09.

Seneca y Asch (1979) utilizan el método para examinar los efectos de la contaminación del aire sobre la mortalidad en New Jersey durante 10 años que terminaron en 1977. El resultado que reportan en elasticidad es de **0.137**.

3.8. Comparación de elasticidades y beneficios.

Los estudios muestran diferentes bases para el cálculo del beneficio en la reducción de la contaminación. Para tener base de comparación se presentan los beneficios para 1978 debido a una reducción del 20 % en la contaminación.

Tabla 3.3 Estimados de Beneficios en Fuentes Fijas para 1978 en E.U.A.

- Bases:
- 20 % en reducción de contaminación
 - El 73 % de la población vive en zonas urbanas
 - El enfoque de costos en recursos y en oportunidades de Rice (1966) se utiliza para obtener el valor de una muerte evitada.

Autores	Elasticidad (% ΔM / % ΔP)	Beneficios (Millones de dólares)
Lave y Seskin (1970)	0.09	1 800 ^a
Waddell (1974)	0.09	5 900 ^a
Small (1977)	0.09	3 600
Heintz, Hershaff, y Horak (1976)	0.09	6 400
Lave y Seskin (1977)	0.09	4 700
Liu y Yu (1976)	—	3 700
Crocker y colaboradores (1979)	0.01	5 300

^a Del total; 43 % es atribuido a morbilidad y 57 % a mortalidad.

Fuente: Freeman III, A.M., Control de la contaminación del agua y del aire, evaluación de costo-beneficio, Editorial Limusa, 1987.

63085

IV. COSTOS DE LA MEJORA AMBIENTAL

Los criterios y estándares empleados en las fuentes que emiten contaminantes para llegar a los niveles específicos que se desean lograr de calidad de aire están basados en tres enfoques: (a) el primer enfoque es considerar la salud de la población sin tomar en cuenta los costos; (b) el segundo es afectar las fuentes existentes tomando en cuenta las quejas públicas; y (c) el tercero es establecer requerimientos de control más estrictos para las nuevas fuentes fijas.

En la administración de la calidad del aire todos éstos enfoques deben enmarcarse por una estructura de costo-beneficio. Para que los estándares de calidad sean significantes deben ser relacionados a costos medidos o inferidos para la sociedad, costos que reflejen cambios en: mortalidad, morbilidad, daño a materiales, o deterioro a la calidad estética del ambiente. En la ausencia de tales efectos indeseables y sin relaciones cuantitativas, no teniendo una relación clara causa-efecto, no hay fundamentos para establecer los estándares.

Dada la naturaleza de aire limpio como un "bien público" y la carencia de motivación para que el contaminador internalice los costos de control, las estrategias de la contaminación de aire caen dentro del área política para su establecimiento y del gobierno para su cumplimiento. En lo profundo del proceso de administración de la calidad del aire, se requiere balance en el campo político de los costos asociados con la reducción de contaminantes atmosféricos y los beneficios logrados por la reducción.

4.1. Tipos de costos de control

La mayoría de los problemas ambientales a los que hoy se enfrenta el hombre se incrementan debido a las técnicas de producción y consumo modernas de empresas y asentamientos, que imponen costos de disposición de desechos. Los costos de disposición de desechos son la suma de los costos de prevención de la contaminación y los costos de contaminación. Los costos de prevención son aquellos en que incurren empresas o individuos en el sector privado, o por el gobierno, para prevenir total o parcialmente la contaminación que de otra manera resultaría de la misma actividad de

producción o consumo. Los costos incurridos por un municipio para tratar sus aguas negras antes de descargarlas al río son costos de prevención de contaminación, también son de este mismo tipo de costos los incurridos por una empresa o por una comunidad para mantener hornos de alta eficiencia que minimizen los residuos emitidos a la atmósfera.

Los costos de contaminación, a su vez, pueden ser divididos en dos categorías: (1) los gastos privados o públicos realizados para evitar daños de contaminación una vez que la contaminación ha ocurrido, y (2) el daño de contaminación al bienestar. Una vez que la contaminación ha ocurrido, quizás debido a la falla de individuos o gobierno para aceptar los costos de prevención de contaminación, la sociedad puede seleccionar evitar el daño de la contaminación tomando acciones correctivas, o puede simplemente aceptar las consecuencias de la contaminación.

4.2. Métodos de estimación de costos

Los métodos de estimación están ligados al propósito del análisis de costo. Los propósitos pueden ser los siguientes: (1) evaluación costo beneficio del establecimiento de estándares por una legislación; (2) determinación del nivel económico de un proyecto para que una fuente emisora cumpla con la regulación existente; (3) estimados de costos asociados con la ingeniería de un proyecto de control de contaminación del aire. El último propósito es de mayor significancia para la actividad profesional de ingenieros en las industrias.

Los elementos que se tienen que calcular en la estimación de costos para un sistema de control de contaminación de aire son: (a) la Inversión inicial de capital y (b) los costos operativos del sistema.

4.2.1. Costos de Inversión

La inversión puede ser estimada por métodos que van en rango de exactitud desde (1) la inversión total obtenida por ajuste con relación de capacidades de dos sistemas, tal como pesos por tonelada de producto por año, hasta (2) costos detallados basados en diseños preliminares y cotizaciones de proveedores.

Los estimados de inversión del primer método son de la categoría de "orden de magnitud", cuya exactitud es de +50% a -30%.

Los estimados de inversión basados en diseños preliminares pueden llegar a exactitudes de $\pm 5\%$, dependiendo de la cantidad de información ingenieril desarrollada. Estos estimados se basan en: diagramas de ingeniería, planos de proceso, cotizaciones de equipo y balances de materiales y energía.

Los métodos de estimación de inversión que se aplican de acuerdo al nivel del proyecto son:

- Escalamiento de Inversión por unidad de capacidad del equipo.

$$\text{Inversión } j = (\text{Relación inversión/capacidad}) (\text{Capacidad } j)$$

- Escalamiento de Inversión utilizando relación de capacidad a un exponente

$$\text{Inversión } j = \text{Inversión } k \left[\frac{(\text{Capacidad } j)}{(\text{Capacidad } k)} \right]^n$$

- A partir de la inversión estimada en equipo principal (I.E.E.), se utilizan factores que lo multiplican para obtener la inversión total de la planta. Por ejemplo,

$$\text{Método de Lang} \rightarrow \text{Inversión Total} = 5.1 (\text{I.E.E.})$$

A continuación se describe este método con factores específicos para usarse en equipo de control de contaminación.

Para estimados iniciales, el método de factores de Lang es un método entre los extremos, y proporciona exactitudes de aproximadamente $\pm 20\%$. Para obtener los costos de instalación directa e indirecta se aplican factores al costo del equipo.

Los factores para cinco tipos de equipo de control de contaminación de aire son dados en la Tabla 4.1. Los precios de compra de equipo principal y auxiliar son obtenidos de proveedores, curvas de costos como las de las Figuras 4.1, o de ecuaciones como las de la tabla 4.2. La instrumentación se

lista a parte debido a opciones usualmente disponibles.

El precio base-que incluye el costo del equipo "libre a bordo", costo de instrumentación, fletes e impuestos- sirve como la base para estimar los costos de instalación directa e indirecta. Esto se realiza multiplicando el precio base por factores proporcionados en Tabla 4.1.

Por ejemplo, para estimar los costos directos de instalación de un sistema lavador de gases, multiplicar X por 0.56, esto no incluye preparación del lugar, ni tampoco instalaciones de servicios y edificios. Para encontrar el costo indirectos de instalación multiplicar X por 0.35, lo cual no incluye un estudio de modelo. Y para llegar al estimado global de la inversión total instalada, agregar estos productos al precio base, por ejemplo; $X + 0.56 X + 0.35 X = 1.91 X$

Para estimados más afinados, los factores de costo en la Tabla 4.1 deben ser ajustados. Los factores de ajustes para categorías de costos seleccionados son presentados en la Tabla 4.3. Estos ajustes deben ser aplicados a los factores de costo para llevar el estimado de costo de inversión a que releje lo más cercano el sistema.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 4.1 Factores de costo para equipo de control de contaminación de aire.

	PE	LG	F	AC	AG
Equipo comprado:					
Principal	A				
Auxiliar	B				
Instrumentos y control	0.10(A+B)		Igual para todos los equipos		
Impuestos	0.03(A+B)				
Fletes	0.05(A+B)				
Precio Base	X = 1.18 (A+B)				

Costos Directos

Soportes y cimientos	0.04	0.06	0.04	0.08	0.12
Manejo y elevación	0.50	0.40	0.50	0.14	0.40
Eléctrico	0.08	0.01	0.08	0.04	0.01
Tubería	0.01	0.05	0.01	0.02	0.30
Aislamiento	0.02	0.03	0.07	0.01	0.01
Pintura	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
Preparación del lugar			como se requiera		
Edificios			como se requiera		
	0.67	0.56	0.72	0.30	0.85

Costos Indirectos

Ingeniería y supervisión	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
Construcción y campo	0.20	0.10	0.20	0.05	0.10
Pago a constructora	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Pruebas de operación	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
Pruebas de dirección	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Estudio de modelo	0.02				
Varios	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.57	0.35	0.45	0.31	0.35

PE - Precipitador electrostático
 AC - Adsorbedor de carbón
 AG - Absorbedor de gases

LG - Lavador de Gases
 F - Filtros

Tabla 4.2. Ecuaciones de Costo- base 1965 (Babcock, 1973)

Colector	Parámetros a x 10 ⁶	b	c	R ²	Rango de Eficiencia
Colector húmedo	41.5	0.91	0.52	0.997	75-99
Precipitador bajo-voltaje	75.9	0.90	0.14	0.996	88-99
Precipitador alto-voltaje	520.5	0.69	0.18	0.982	90-99.5
Filtro	119.5	0.89	0	0.978	99.9
Ciclones	18.7	0.96	0.12	0.999	50-95
Gravitacional	3.2	0.98	1.31	0.987	42-72
Cualquier Colector	15.5	0.96	0.30	0.814	0-99.5

R² es variación explicada sobre la variación total

Ecuación de Inversión en Equipo

$$INV = (a) Q^b [R/(R+1)]^c$$

donde:

Q es Flujo volumétrico de gas total en pies cúbicos por minuto

R es Eficiencia de remoción

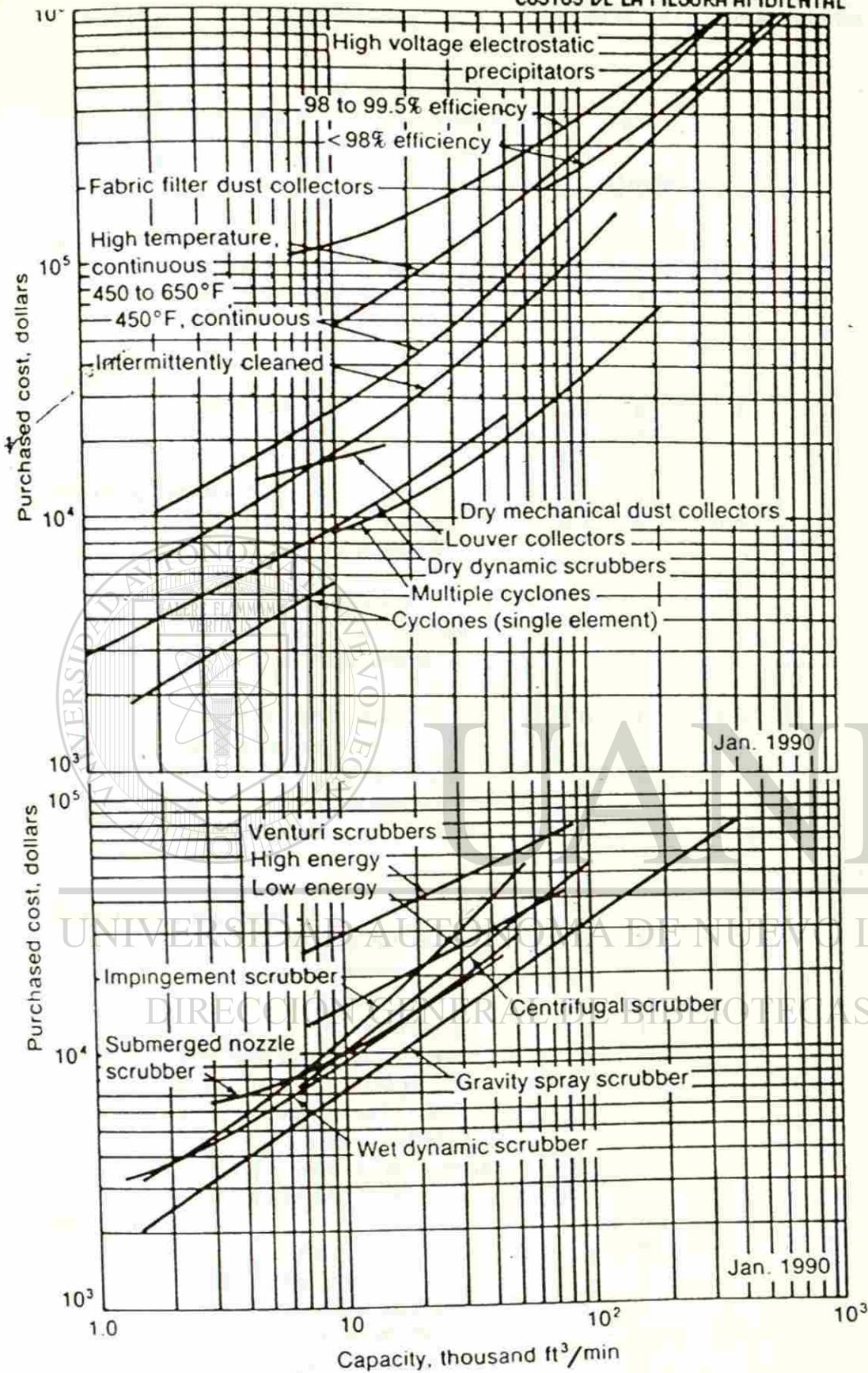


Fig. 4.1 Costo de Colectores de Polvo

Fuente: M.S. Peters y K.D. Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, McGraw-Hill, Cuarta Edición, 1991

Tabla 4.3 Ajustes en costos por categorías.

Categoría de costo		Ajuste		
Instrumentación				
1.	Sencillo, continuo, manual	0.5	a	1.0
2.	Control intermitente	1.0	a	1.5
3.	Procesos riesgosos		3.	
Fletes				
1.	Áreas cercanas	0.2	a	1.0
2.	Áreas remotas		1.5	
Manejo y Elevación				
1.	Costo al entregar que incluye ensamble, sistema de pequeño a mediano	0.2	a	0.5
2.	Equipo modular; ductos y tuberías menores que 200 pies de largo; sistema de tamaño moderado		1	
3.	Sistema de gran tamaño; fabricación en el lugar	1.0	a	1.5
4.	Reparación de planta existente; incluye remoción de equipo y renovación del lugar; sistema de moderado a grande		2	
Preparación del lugar				
1.	Dentro de límites de batería de planta existente; mínima limpieza y nivelación		0	
2.	Fuera de límites de batería; nivelación extensiva y remoción de estructuras; incluyendo estudios y análisis de tierras		1	
3.	Excavación intensiva, relleno y nivelación; puede incluir drenaje y pilas de sedimentación		2	
Edificios				
1.	Proceso externo; servicios en el lugar		0	
2.	Proceso externo, con algunas secciones con clima; servicios traídos al lugar; caminos de acceso, bardeado y iluminación mínima		1	

- | | | |
|----|--|---|
| 3. | Edificios con enfriamiento y calentamiento, servicios sanitarios; puede incluir vías de tren y estacionamiento | 2 |
|----|--|---|

Ingeniería y Supervisión

- | | | |
|----|--|-------|
| 1. | Equipo estandar de pequeña capacidad; duplicado de sistemas típicos. | 0.5 |
| 2. | Equipo común; control automático | 1 a 2 |
| 3. | Equipo prototipo; sistema grande | 3 |

Construcción

- | | | |
|----|------------------------------|-----|
| 1. | Sistema de pequeña capacidad | 0.5 |
| 2. | Sistema de capacidad mediana | 1 |
| 3. | Sistema de gran capacidad | 1.5 |

Pago a Construcción

- | | | |
|----|---|-----|
| 1. | Elevación e instalación incluida en el costo del equipo | 0.5 |
| 2. | Un contratista para instalación completa | 1 |
| 3. | Muchos contratistas; supervisión por contratista principal. | 2 |

Varios

- | | | |
|----|--|--------|
| 1. | Proceso desarrollado | 1 |
| 2. | Prototipo o proceso experimental sujeto a cambios | 3 a 5 |
| 3. | Garantía de eficiencias y especificaciones de operación requieren pruebas piloto; se difiere el pago hasta certificación final, y cargos por falla para terminar en fecha o eficiencia | 5 a 10 |

4.2.2. Costos anuales de operación.

La Tabla 4.4 presenta una guía para estimar el costo anualizado de operación para sistemas de control de contaminación de aire. Los costos unitarios, los cuales pueden variar significativamente, son dados solo como ejemplos.

Los costos de mano de obra y materiales para operación y mantenimiento-que dependen en extensión de automatización, antigüedad del equipo, características de la corriente y períodos operativos- pueden variar sustancialmente. Normalmente, sin embargo, estos costos representan del 2 al 8 % del costo total anualizado.

Los costos de mano de obra operativa en sistema grandes continuos y automatizados pueden ser estimados por medio de la Tabla 4.5. La mano de obra de mantenimiento estimada pertenece a sistemas de gran capacidad manejando corrientes no corrosivas, y solamente para mantenimiento preventivo. Para reemplazo de partes importantes-tales como bolsas de filtros o adsorbente- el costo de mano de obra puede tomarse igual a las partes reemplazadas o materiales. Para sistemas pequeños o medianos, un estimado razonable para mantenimiento total es de 5% del costo de inversión instalada.

El costo anual de partes reemplazadas pueden ser calculadas dividiendo el precio de las partes por su vida esperada. En la Tabla 4.6 la vida de partes y equipo está basado en juicios cualitativos del tipo de aplicación, servicio de mantenimiento y ciclo de carga. Las guías de vida promedio pertenecen a sistemas operando continuamente, manejando concentraciones moderadas de polvos no-abrasivos o gases no-corrosivos. Las expectativas bajas de vida reflejan servicio continuo, con el sistema manejando corrientes de gas de moderada a alta temperatura, altamente corrosivo o con alto contenido de polvo abrasivo. Expectativas de mayor tiempo de vida útil se relacionan a operación intermitente, tratando corrientes de gas con concentraciones bajas de polvo y en temperaturas ambiente.

La estimación de costos de servicios auxiliares, en el caso de ventiladores y bombas se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{ventilador} \quad \text{kWh} &= 0.746 (\text{hp}) (\text{h}) \\ &= (0.746 Q_g \Delta P S_g \text{ h}) / (6356 \text{ n}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{bomba} \quad \text{kWh} &= 0.746 (\text{hp}) (\text{h}) \\ &= (0.746 Q_l Z S_g \text{ h}) / (3960 \text{ n}) \end{aligned}$$

Los requerimientos de potencia para un filtro de bolsas con motores para remover los polvos, motores para el ventilador de aire, etc., son aproximadamente 0.5 hp/1000 ft² de tela. El uso variará con la carga de polvo y el ciclo de limpieza.

Los requerimientos de potencia para precipitadores son del orden de 1.5 W/ft² de área de colección, el rango variará desde 0.3 a 3 W/ft².

Los requerimientos de combustible dependen de: flujo de gas exhausto, temperatura en la combustión, composición del gas y eficiencia de control. En la mayoría de los casos, es razonable asumir que: (1) el contenido calórico de los contaminantes es despreciable, (2) todos los contaminantes son oxidados, y (4) ningún aire de combustión es disponible del efluente. Con estas suposiciones, la siguiente ecuación proporciona un buen estimado de los requerimientos de combustible para un incinerador:

$$F = [V_i C_{pi} (T_i - T_o)] / [\Delta H_f - \sum m_j C_{pj} (T_o - T_f)]$$

El término de sumatoria en el denominador toma en cuenta la energía necesaria para calentar los productos de combustión del combustible desde la temperatura de entrada del combustible hasta la temperatura de salida del incinerador. Ya que todo el aire de combustión requerido debe obtenerse del exterior, el volumen de salida del incinerador es mayor que el de entrada. El aumento iguala al volumen de los productos de la combustión, es decir:

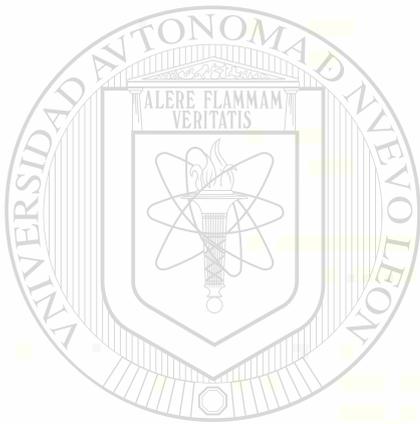
$$V_o = V_i + \sum m_j$$

La disposición de desechos sólo aplica cuando el contaminante colectado no tiene valor y debe ser removido. A menudo, el contaminante puede ser recuperado y reciclado, o dispuesto en un sistema de control. El contaminante recuperado puede ser de tal valor que compensa parcialmente o totalmente los costos operativos.

Los costos de operación indirectos son usualmente proporcionales a la inversión.

Un estimado razonable para impuestos, seguros y costos administrativos en planta es 4 % del costo instalado de inversión. Los gastos administrativos son típicamente el 80 % de los gastos de mano de obra de operación y mantenimiento.

La suma de los costos directos e indirectos de operación menos cualquier crédito es igual al costo anual de operación.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 4.4 Costos de operación y factores para sistemas de control de contaminación de aire, 1990.

Categoría de costo	Factores de costo
Costos directos de operación	
1. Mano de Obra	
a) Operador	21.0 dls/hora-persona
b) Supervisor	15 % de 1a
2. Materiales de operación	como se requieran
3. Mantenimiento	
a) Mano de obra	28.0 dls/hora-persona
b) Material	100 % de 3a
4. Partes de reemplazo	como se requieran
5. Servicios Auxiliares	
a) Electricidad	0.07 dls/kW
b) Combustóleo	0.45 dls/gal
c) Gas natural	3.00 dls/1000 ft ³
d) Agua planta	0.25 dls/1000 gal
e) Agua tratada	1.50 dls/1000 gal
f) Vapor	3.90 dls/1000 lbs
g) Aire comprimido	0.20 dls/1000 ft ³
6. Disposición de desechos	5-10 dls/ton
Costos Indirectos de operación	
7. Administración en planta	80 % de (1a+1b+3a)
8. Impuestos de propiedad	1 % de la Inversión
9. Seguros	1 % de la Inversión
10. Administración	2 % de la Inversión
11. Recuperación de Inversión	16.3 % de la Inversión
Creditos	
12. Recuperación del producto	

Tabla 4.5 Mano de obra estimada en horas por turno

Equipo principal	Operación	Mantto.
Filtros	2 a 4	1 a 2
Precipitadores	1/2 a 2	1/2 a 1
Lavadores	2 a 8	1 a 2
Incineradores	1/2	1/2
Absorbedores	1/2	1/2
Adsorbedores	1/2	1/2

Tabla 4.6 Guías para la vida de equipo y partes en años

Equipo	Tipo de servicio		
	bajo	prom.	alto
Precipitadores	5	20	40
Lavadores Venturi	5	10	20
Filtros de bolsa	5	20	40
Incineradores térmicos	5	10	20
Incineradores catalíticos	5	10	20
Absorbedores	5	10	20
Adsorbedores	5	10	20

Partes o material

Bolsas de filtros	0.3	1.5	5
Adsorbentes	2	5	8
Catalizadores	2	5	8
Refractarios	1	5	10

4.3. Impactos de costos de control de contaminación

Si los costos directos para instalación y operación de equipo de control de contaminación pueden ser estimados con exactitud apropiada para la toma de decisiones en el proceso de administración de la calidad del aire, los impactos de tales costos en la economía pueden ser difícil pronosticar, aun cualitativamente. Para la empresa individual tales aumentos en el costo unitario de producción puede estar ligado con aumentos de precios, calidad reducida de producto, posponer planes de expansión o modernización, cambios en empleos, o combinación de los factores anteriores.

En la mayoría de los casos estos efectos son difusos, complejos, y difíciles de cuantificar exactamente. Una evaluación preliminar de tales impactos en los costos debe ser parte del análisis de regulaciones de control de contaminación de aire.

V. MODELO ECONOMICO DE CONTROL DE CONTAMINACION

Se ha planteado como los mercados fallan debido a la ausencia de derechos de propiedad y los bienes públicos guían a una mala asignación de recursos. Entendiendo estos hechos, debemos definir como la sociedad puede tomar acciones colectivas para corregir la mala asignación de los recursos ambientales.

El criterio para comparar y evaluar alternativas de hasta donde llegar en el control de la contaminación es el criterio de **bienestar económico**.

En una sociedad con instituciones políticas y económicas que son organizadas alrededor del individuo, el bienestar agregado producido por el sistema económico deriva del bienestar económico de los individuos que forman este sistema. Inicialmente, el bienestar económico depende de las cantidades de bienes y servicios (incluyendo servicios ambientales) que el individuo consume. La distribución de bienestar o equidad es un problema al trasladar la noción de un bienestar económico individual al bienestar económico de la sociedad.

Si una persona está enriqueciéndose mientras nadie más está empobreciéndose entonces la sociedad como un todo está mejorando. El como juzgar la forma en que el sistema económico es repartido, no puede ser separado fácilmente de cuál es el tamaño del sistema. Al comparar dos alternativas, se podría rechazar una con el sistema mayor si es distribuido de tal manera que muy pocos logran grandes porciones mientras la mayoría [®] obtiene porciones pequeñas.

Puede suponerse que la sociedad actúa colectivamente a través de procesos políticos representativos para lograr una distribución justa de recursos e ingresos, entonces el resultado de un sistema competitivo de mercado pueda ser considerado óptimo. Esto es; la competencia rendirá el producto más grande posible. Se supondrá que cuando el tamaño del producto económico se aumenta, no importa como se distribuya, el bienestar económico se aumenta. Lo anterior provee una forma conveniente de atacar el problema de toma de decisiones acerca de calidad ambiental.

Los dos componentes de interés del sistema económico son la salida de bienes y servicios para consumo privado, gobierno e inversión (N), y la

corriente de servicios ambientales netos (E), ambos medidos en moneda de valor constante. La contaminación se define como el deterioro del flujo de servicios ambientales por descargas residuales. E^* representa el valor del flujo de servicios en la ausencia de cualquier descarga residual o contaminación. Entonces la diferencia, E^*-E , es el daño debido a la contaminación o D. Similarmente, en la ausencia de cualquier medida de control de contaminación, la economía podría producir valor N^* de bienes y servicios. La contaminación absorberá recursos escasos (T), reduciendo el flujo de bienes y servicios a N. Esto puede ser resumido como sigue:

$$\text{Bienestar} = W = N + E$$

$$W = (N^*-T) + (E^*-D)$$

$$W = (N^*+E^*) - (T+D)$$

Solamente D y T son afectados por la forma en la cual los residuos son dispuestos. Su suma (T+D) es el costo total de disponer los residuos, y representa una reducción en el bienestar económico. La política de control de la contaminación que maximiza el bienestar económico es aquella que minimiza estos costos.

Cambios en el bienestar económico asociados con el control de la contaminación son dados por:

$$\Delta W = -\Delta D - \Delta T$$

donde $-\Delta D$ es una reducción de los daños de contaminación. Un incremento en bienestar requiere una disminución en daños ($-\Delta D$) manteniendo constantes los costos de tratamiento, una disminución en costos de tratamiento ($-\Delta T$) manteniendo constantes los daños, o un incremento en costos de tratamiento que se compense con una disminución mayor en daños. Etapas de control de contaminación adicionales deben ser emprendidos mientras la reducción en daños ($-\Delta D$) exceda el costo de lograrlos (ΔT). El bienestar económico es maximizado llevando el control de contaminación al punto donde:

$$-\Delta D = \Delta T$$

Puesto que el bienestar económico está basado en el bienestar del

individuo, los valores monetarios de los servicios recibidos deben ser valuados por el individuo. El valor de un incremento a un servicio ambiental es la cantidad máxima de moneda que la persona estaría dispuesta a pagar por recibir ese incremento, que quedarse sin él. Donde bienes y servicios son intercambiados en mercados, el precio es igual a la disponibilidad de pago. Pero donde hay falla de mercado, los precios no son medidas exactas de los valores de los servicios ambientales, en estos casos se deben desarrollar técnicas para inferir estos valores a partir de otra información.

5.1. Modelo de Control de Contaminación

Los modelos son abstracciones o simplificaciones de la realidad. Estas simplificaciones permiten eliminar los detalles no esenciales y entender las características más importantes sin distorsión del punto de vista de la realidad. El modelo de control de contaminación tiene el propósito de aclarar las relaciones entre los costos de control de la contaminación, los daños de la contaminación, las concentraciones de los residuales en el ambiente, y las velocidades de descarga de residuos en el ambiente.

Primero suponga que hay solamente un residuo peligroso descargándose al ambiente, y los daños causados por este residuo dependen solamente de las concentraciones de este material en el ambiente. Además suponga que conocemos los efectos de varias concentraciones de este residuo en el ambiente y podemos asignarle valores monetarios a estos efectos o daños. Estos valores monetarios pueden ser interpretados como la disponibilidad para pagar para evitar el daño, de toda la gente afectada por este residuo. En otras palabras, estos valores monetarios son la disponibilidad para pagar máxima agregada para restablecer el ambiente a un estado natural o descontaminado.

La Figura 5.1 muestra la relación entre disponibilidad para pagar o daños totales (\$D) y concentraciones del residuo en el ambiente. Moviéndose de izquierda a derecha sobre el eje horizontal se representa incremento de concentración del material contaminante e incremento de los daños totales. Inversamente, moviéndose de derecha a izquierda se representa el mejoramiento de la calidad ambiental. Q^* representa el estado de contaminación cero o calidad ambiental máxima lograble. En la ausencia de cualquier esfuerzo de control de contaminación, el nivel de contaminación

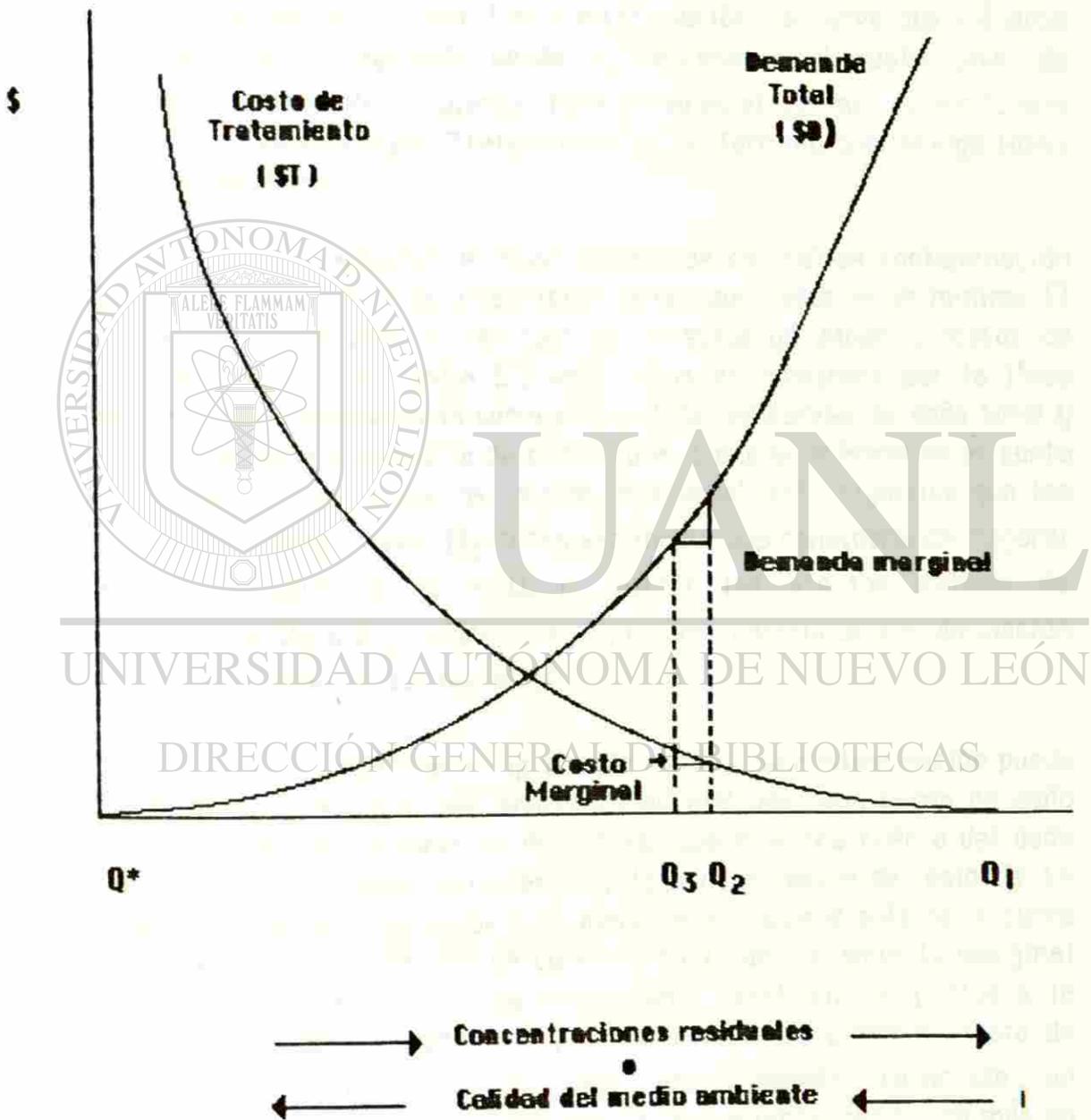


Fig. 5.1 Demandas y costos de tratamiento para la calidad ambiental.

depende del nivel y naturaleza de la actividad económica. Suponga que en un cierto punto en el tiempo, la actividad económica y su trayectoria asociada de materiales resulta en un nivel de contaminación indicado por Q_1 , en la Figura 5.1.

La contaminación puede ser reducida y la calidad ambiental mejorada por inclusión de costos de control de contaminación. La curva deslizándose hacia arriba y a la izquierda desde Q_1 representa el costo total de mejoramiento de la calidad ambiental. Esta curva es etiquetada como "Costo de Tratamiento". En este caso "Tratamiento" es un término que incluye todas las opciones tecnológicas.

De acuerdo a lo anterior, el nivel óptimo de control de contaminación ocurre donde el costo total de disposición de residuos esta en un mínimo. El costo total de disposición de residuos es la suma de daños y costos de tratamiento ($D+T$). En la Figura 5.2 esta suma es mostrada por la línea gruesa. Esta línea representa la suma vertical de las curvas de daño total y costo de tratamiento. Esta curva de costo total tiene su mínimo en el punto Q_2 . Así, Q_2 es el nivel óptimo de calidad ambiental. Esto significa que los costos de tratamiento igual a $\$T_2$ deben ser incurridos considerando mejorar la calidad ambiental de Q_1 a Q_2 y reducir los efectos dañinos de contaminación de $\$D_1$ a $\$D_2$. Un gasto de $\$T_2$ compra control de contaminación lo cual tiene un "valor" de $\$D_1$ menos $\$D_2$.

El problema de encontrar el óptimo de control de contaminación puede ser establecido en términos del análisis marginal. Hay una curva de daño marginal asociada con la curva de daño total que muestra cuánto del daño total aumenta con pequeños incrementos a la concentración de residuos. En términos geométricos, la curva de daño marginal es la pendiente de la curva de daño total. Similarmente, hay un curva de costo de tratamiento marginal asociada con la curva de costo de tratamiento total. En los puntos a la derecha de Q_2 , la curva de daño marginal esta sobre la curva de costo de tratamiento marginal, mostrando que una pequeña reducción en concentraciones residuales (un movimiento a la izquierda) producirá más en beneficios (reducción de daños) que lo que costará lograrlo. Las concentraciones deben ser reducidas tanto como los beneficios marginales excedan los costos marginales de lograrlas. El óptimo de control de

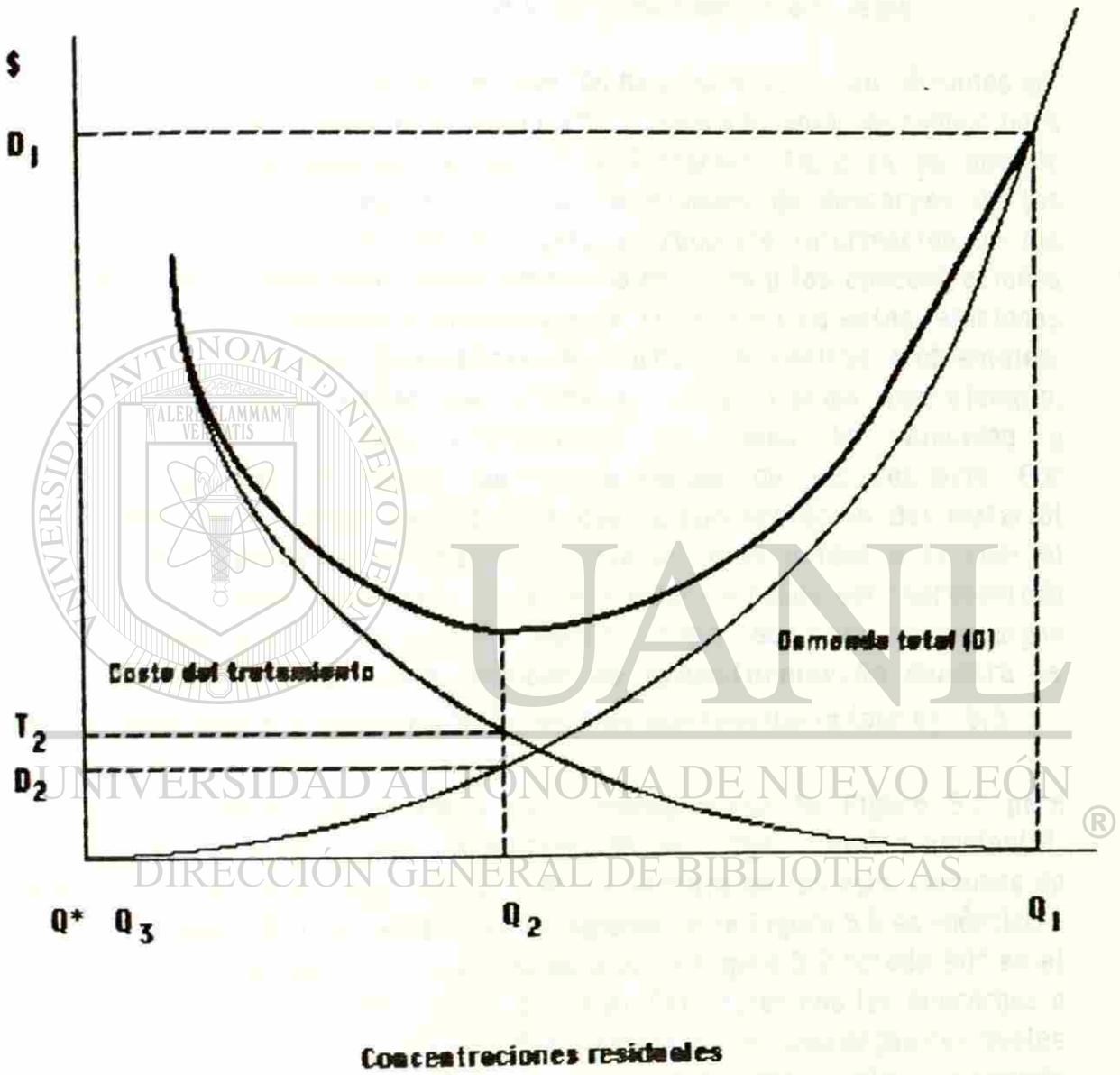


Fig. 5.2 La calidad óptima del ambiente.

contaminación y las concentraciones óptimas de residuales esta en Q_2 donde el daño marginal iguala el costo de tratamiento marginal. Continuando el control de contaminación mas alla de ese nivel adicionará mas al costo de tratamiento que no se compensará con los beneficios obtenidos, mostrando que el control de la contaminación ha sido llevado demasiado lejos.

El óptimo en control de contaminación ha sido descrito en términos del nivel de residuos en el ambiente. El criterio compara el valor de reducciones en el nivel de residuos con el costo de lograrlos. También es posible establecer el problema en términos de velocidades de descargas de los materiales residuales. Considerando esto se requiere información en las relaciones entre velocidades de descargas de residuos y las concentraciones resultantes de los materiales en el ambiente. En la práctica estas relaciones son bastante complejas, dependiendo de muchos parámetros ambientales, muchos de los cuales varían aleatoriamente con el tiempo (por ejemplo, temperatura, viento, flujo volumétrico) así como la velocidad y comportamiento en el tiempo de las descargas de los residuos. Por simplicidad, sin embargo, se supondrá que la concentración del material residual en el ambiente depende solamente de la velocidad a la cual el material esta siendo descargado, y que esta relación puede ser representada por una simple gráfica tal como la Figura 5.4. Para cada nivel de descargas residuales (por ej., R_1), esta **función de transformación** muestra la calidad ambiental o concentración de residuos que resultaría (por ej., Q_1).

Este diagrama puede ahora ser combinado con la Figura 5.2 para mostrar las relaciones entre velocidades de descargas, calidad ambiental, daños, y costos. En la Figura 5.5, se toma la ventaja de los ejes comunes de estas dos figuras. El cuadrante superior derecho de la Figura 5.5 es idéntico a la Figura 5.2. El cuadrante inferior derecho es la Figura 5.2 rotado 90° en el sentido contrario de las manecillas del reloj. Esto relaciona las descargas a las concentraciones de los residuos. Por ejemplo, si las descargas residuales son R_1 la concentración de residuales en el ambiente será Q_1 . Ahora siguiendo la línea punteada hacia arriba desde Q_1 a la función de daño en el cuadrante superior derecho, entonces girando en el sentido de la manecillas del reloj a el cuadrante inferior izquierdo, encontraremos los daños monetarios ($\$D_1$) causados por las descargas R_1 . Similarmente, se puede encontrar el costo de reducir las descargas de residuos a R_1 . Cada punto en la curva en el cuadrante

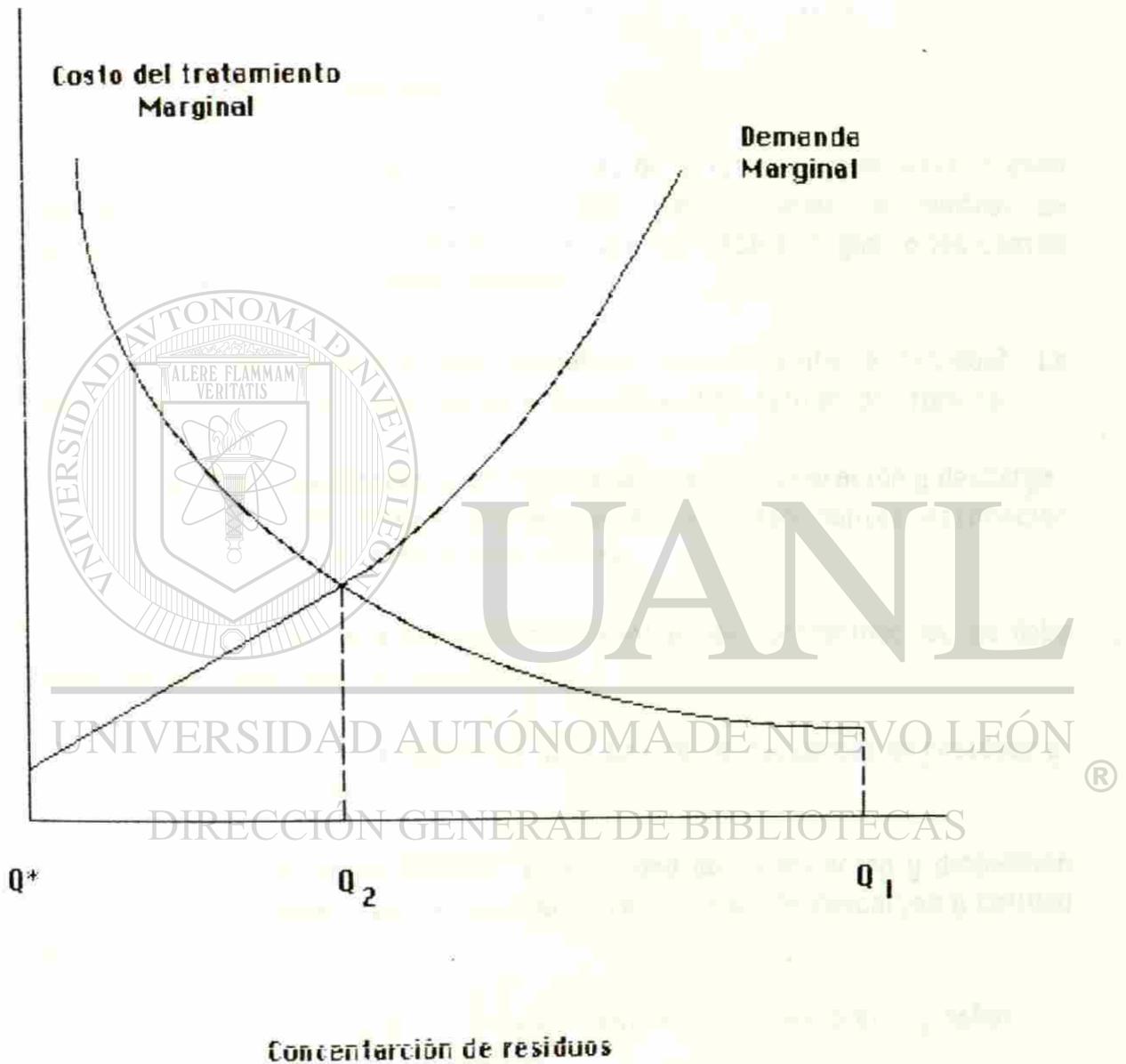


Fig. 5.3 Costos y demandas marginales para la calidad ambiental.

superior derecho corresponde a un punto similar en el cuadrante inferior izquierdo, y este punto puede ser encontrado en la misma forma por uso de la función de transformación y la línea de 45°. El nivel óptimo de calidad ambiental Q_1 , corresponde a la velocidad óptima de descarga de residuales, R_1 . Si la calidad ambiental óptima es conocida, el grado de reducción de descarga necesario para lograrlo puede también ser encontrado.

Existen dos casos sencillos:

1. Para lograr control de contaminación eficiente, cada emisor debe igualar los costos marginales de todas sus opciones de control de contaminación, y cada costo marginal del emisor debe ser igual a los costos marginales de todos los demás emisores.

2. Sólo se consideró una sustancia contaminante o residual. La existencia de más de un flujo residual complica el modelo en dos formas:

- a) hay interdependencia entre los residuos en su generación y descarga.
- b) cuando hay relaciones sinérgicas entre contaminantes, estimación y análisis de la curva de daño es más difícil.

Para hacer uso de este modelo de control de contaminación, se debe poder obtener tres tipos de información:

1. Determinar la relación entre la reducción de descargas de residuos y el costo de tratamiento.

2. Desarrollar un modelo de la capacidad de asimilación y dispersión del sistema ambiental para determinar la relación entre descargas y calidad ambiental.

3. Determinar la relación entre concentración de residuales y daños monetarios debido a la contaminación.

Limitaciones:

1. Los fenómenos naturales que son representados en la función de transformación tiene elementos de aleatoriedad.

Concentración
de residuos

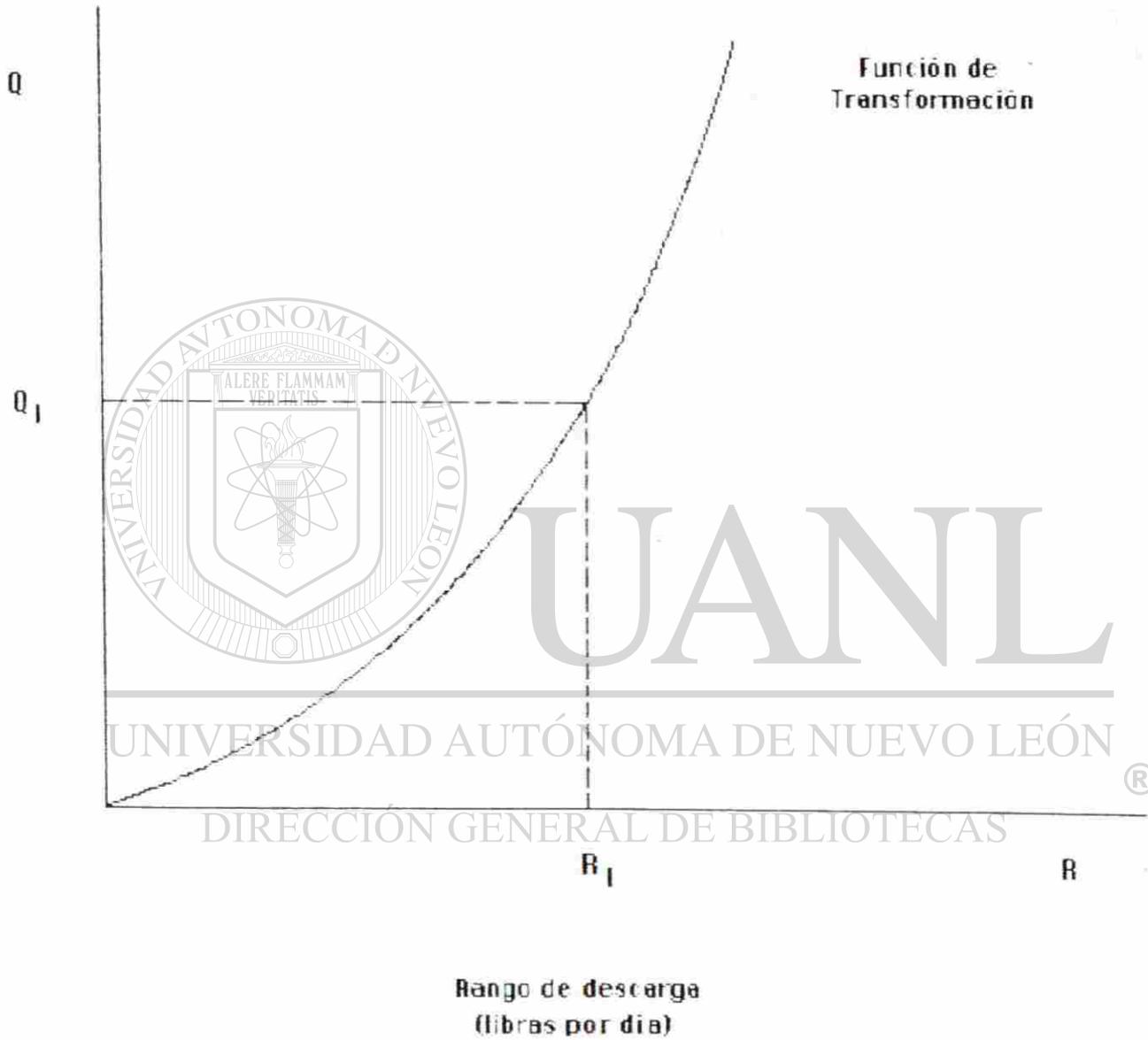


Fig. 5.4 Relación entre descargas de residuos y calidad del ambiente.

2. El modelo se enfoca en las velocidades de descarga y daños observables presentes no toma en cuenta posibles efectos acumulativos e irreversibles.

3. El modelo asume un mundo estático incambiable en el cuál las curvas no cambian, y la solución óptima puede ser encontrada e implementada. En el mundo real, las curvas están en constante movimiento, y los procesos de cambio y secuencia de etapas políticas pueden ser más importantes que esforzarse en lograr el "óptimo" en cualquier punto en el tiempo.

5.2. Etapas en la producción de beneficios

El proceso de la producción de beneficios se puede conceptualizar en tres etapas:

Etapa 1 Como la reglamentación de la contaminación provoca mejoras en la calidad del ambiente.

Etapa 2 Como las mejoras en la calidad del ambiente provocan cambios en usos que hacen los seres humanos del ambiente.

Etapa 3 Como los cambios en usos del ambiente provocan cambios en el servicio o bienestar que se obtiene del ambiente

La estimación de los beneficios originados por una reglamentación del ambiente requiere un conocimiento de las relaciones implicadas en cada una de estas etapas. La etapa 1 es científica con una variedad de procesos y relaciones físicas, químicas y biológicas. La etapa 3 es económica ya que se involucra las teorías de oferta y demanda. La etapa 2 tiene aspectos científicos y económicos, lo que la hace la más difícil y crítica en llegar a una exitosa estimación de beneficios.

En la Figura 5.6 se tiene la estructura de reducción de la contaminación del aire.

En la etapa 1 los científicos de la atmósfera estudian y proporcionan los modelos de la calidad del aire para relacionar los cambios en emisiones con los cambios en las concentraciones ambientales.

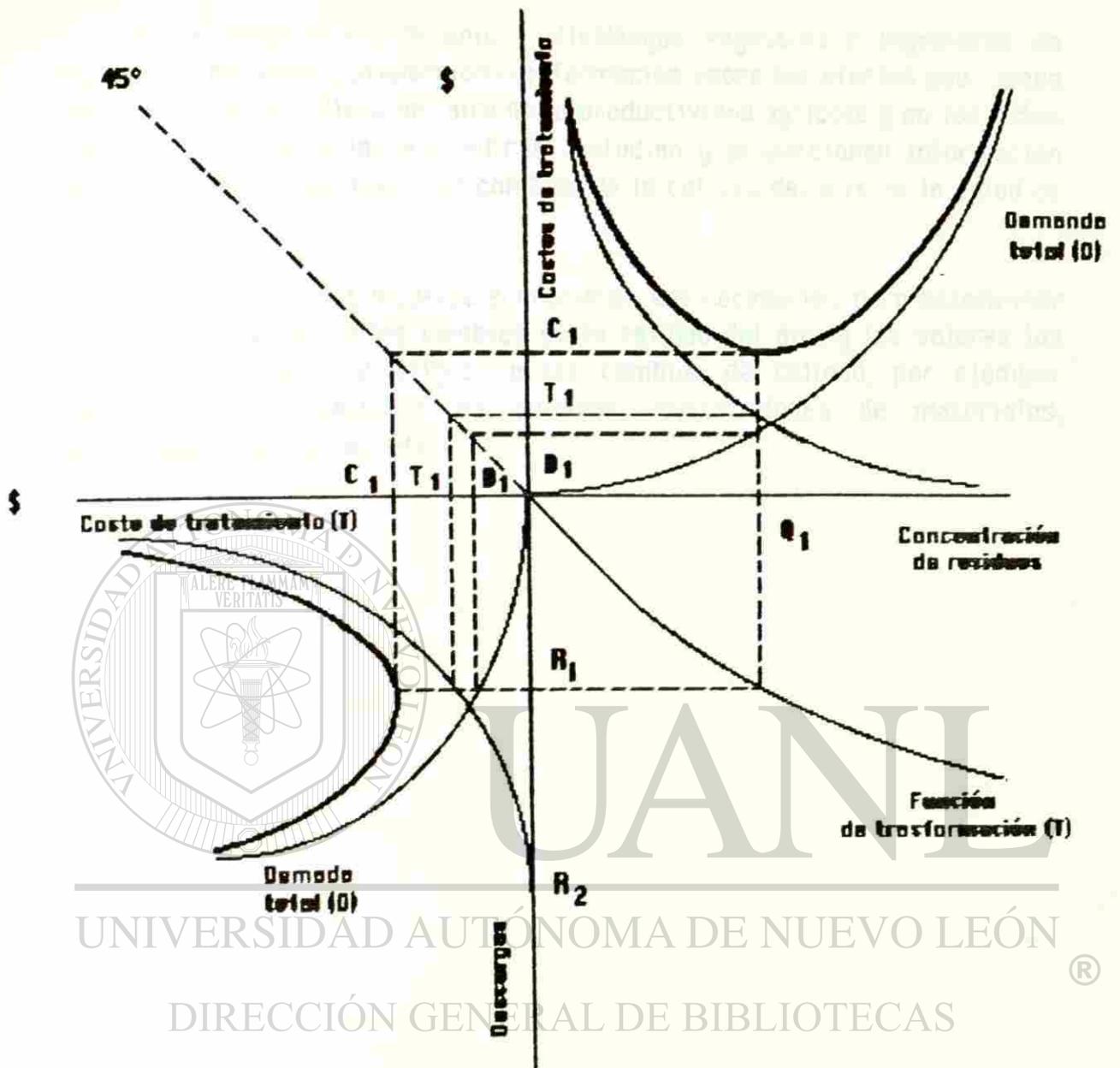
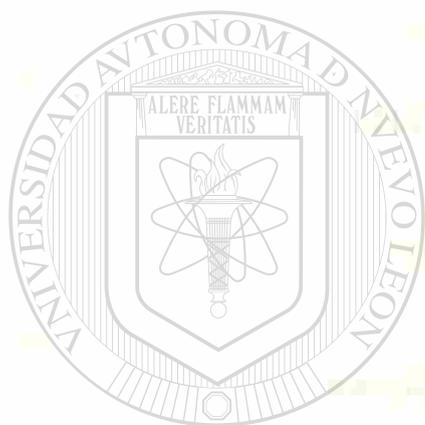


Fig. 5.5 Modelo del control de contaminación.

En la etapa 2 los botánicos, fisiólogos vegetales e ingenieros en materiales estudian y proporcionan información sobre los efectos que tienen los cambios de la calidad del aire en la productividad agrícola y en los daños materiales. Las ciencias biomédicas estudian y proporcionan información sobre los efectos que tiene los cambios de la calidad del aire en la salud de población.

En la etapa 3 los modelos económicos son necesarios para determinar los efectos que tienen los cambios de la calidad del aire y los valores las reacciones humanas le asignan a los cambios de calidad, por ejemplo: cambios en los patrones de cultivos, sustituciones de materiales, actividades migratorias, etc.

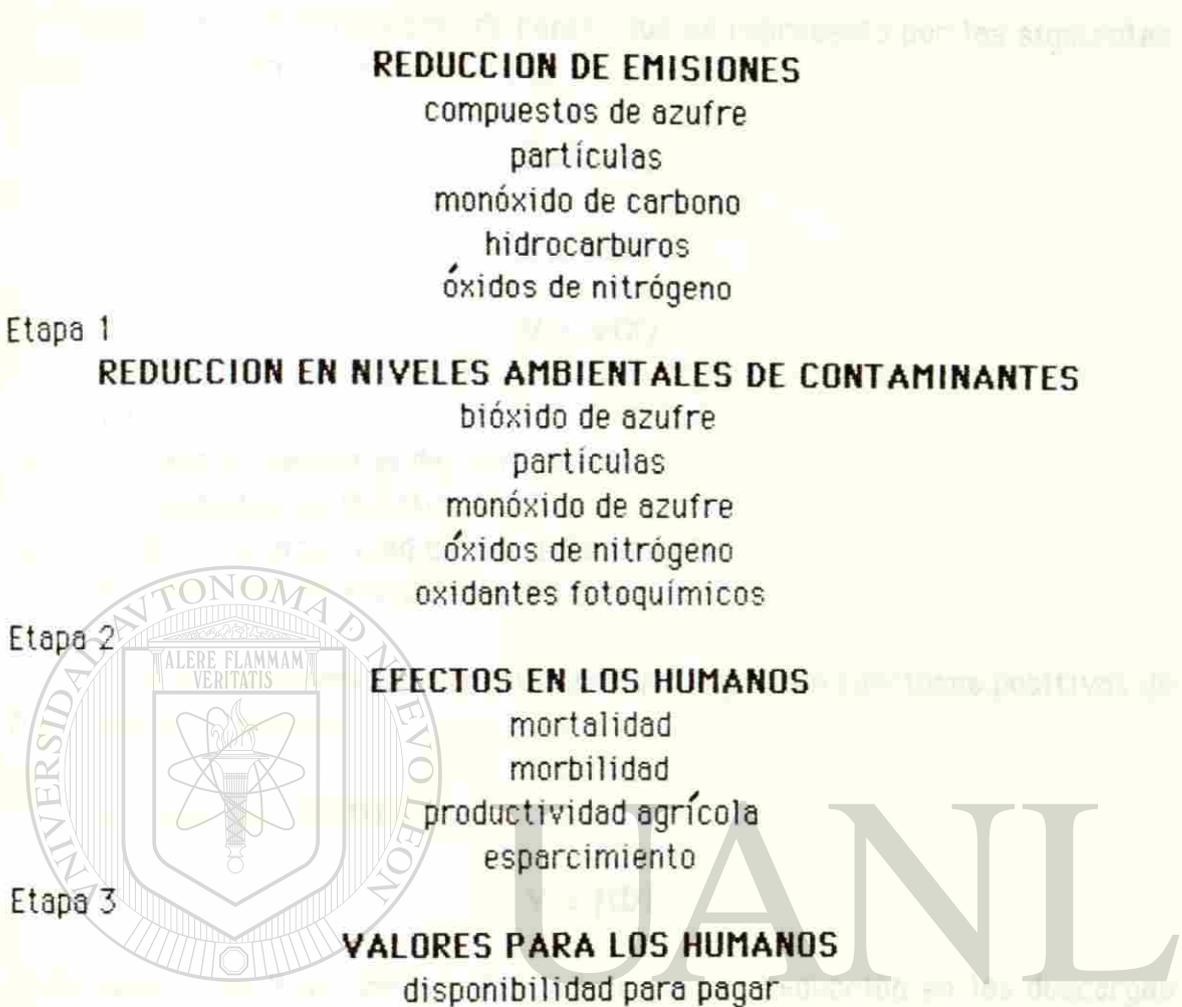


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Figura 5.6 Etapas en la producción de beneficios

El proceso de producción de beneficios se representa por las siguientes expresiones matemáticas:

$$Q = Q(D)$$

$$X = X(Q)$$

$$V = V(X)$$

donde:

D = tasa de descarga del contaminante

Q = medición de la calidad del aire

X = nivel de actividad de uso del ambiente

V = valor monetario del uso del aire

Q varía inversamente a D, mientras que X y V son funciones positivas de Q y X respectivamente.

Se tiene, por sustitución:

$$V = f(D)$$

Y los beneficios B de una política que causa una reducción en las descargas desde D1 a D2 son

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

$$B = \Delta V = f(D2) - f(D1)$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el análisis previo de una norma propuesta, es necesario utilizar modelos de dispersión de la calidad del aire y fenómenos de transporte y transformación, a fin de pronosticar el impacto que tiene una reducción determinada de emisiones sobre las mediciones de la calidad del aire.

En el análisis posterior, es posible prescindir de la primera ecuación y utilizar los cambios observados en la calidad del aire para la estimación de beneficios. Debe verificarse si los cambios observados en la calidad del aire fueron efectivamente por consecuencia de la política.

La información contenida en la segunda ecuación puede ser expresada en forma de una función de daño o una relación de dosis a efecto, que muestre

las consecuencias negativas sobre X de aumentos en la contaminación. Para utilizarse en la estimación de beneficios estas relaciones no sólo deben incorporar la información acerca de daños o efectos por unidad sino además acerca del grado de exposición a cambios en la calidad del aire.

La conversión de consecuencias físicas en mediciones de beneficios monetarios requiere modelos económicos de la demanda y de la disponibilidad para pagar. En muchos casos los modelos económicos y los datos necesarios para estimar y utilizar funciones de disponibilidad para pagar no existen. Un enfoque alternativo secundario para estos casos es utilizar estimados aislados de disponibilidad marginal para pagar, a un nivel específico del servicio o actividad del ambiente, y suponer que este precio es una constante para todos los niveles de calidad del ambiente.

El modelo se debe poner en práctica separadamente para cada sustancia controlada y categoría de beneficios y para cada región o cuenca atmosférica afectada por la reglamentación.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.3. Metodología para el Cálculo de Beneficios en Salud del Control de la Contaminación del Aire

Etapa 1.

1. Establecer una reducción de contaminación.
 Por ej.: % reducción = 20 %
 2. Obtener tasa de mortalidad y % de población en áreas urbanas.
 Por ej.: tasa de mortalidad = 1 000 000
 % de población en áreas urbanas = 75%
-

Etapa 2.

3. Definir elasticidad de la mortalidad con respecto a la contaminación.
 Por ej.: elasticidad = 0.10
 4. Calcular mortalidad urbana
 Por ej.: mortalidad urbana = 1 000 000 (0.75) = 750 000
 5. Calcular % de reducción en mortalidad urbana
 Por ej.: % reducción mortalidad = 20 % (0.1) = 2 %
 6. Calcular la reducción en mortalidad urbana
 Por ej.: reducción en mortalidad urbana = 750 000 (0.02) = 15 000
-

Etapa 3.

7. Definir el valor estadístico de muerte evitada
 Por ej.: valor estadístico de vida = 1 000 000 dólares
 8. Calcular los beneficios
 Por ej.: beneficios = 15 000 (1 000 000)
 beneficios = 15 000 millones de dólares por año
-

VI. APLICACION EN EL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY

Para aplicar los conceptos fundamentales tanto técnicos como económicos en la contaminación de aire para una area geográfica específica se requiere una gran cantidad de información sobre México. La información requerida es de muy diversas categorías y niveles. Para estimar la relación costos-beneficios en el Area Metropolitana de Monterrey (AMM) se necesita información de:

- Aspectos geográficos
- Aspectos sociodemográficos
- Aspectos económicos
- Indicadores internacionales
- Aspectos técnicos sobre emisión de contaminates
- Parámetros operativos en equipo

En este capítulo se detallará lo realizado para obtener una estimación de costo-beneficio de una disminución en la contaminación en el aire. Se establece varias etapas en el desarrollo de la aplicación. La primer etapa es la discusión de información histórica en Nuevo León, la segunda es sobre la información actual de Nuevo León, la tercera es sobre el monitoreo del ambiente en Monterrey, la cuarta es sobre la estimación de emisiones contaminantes, la quinta es el calculo del valor económico de vida, la sexta y séptima es el cálculo detallado de la estimación de beneficios y costos en una mejora ambiental.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6.1. Información histórica sobre Nuevo León

Ya que la información histórica nos permite observar tendencias, el análisis y la toma de decisiones en el proceso de estimación de beneficios y costos se realiza sobre mejores bases.

Primeramente, se comentará sobre la información histórica (1940-1990) del Estado de Nuevo León:

1. La población rural se ha mantenido en aproximadamente 320 mil habitantes. La población urbana se ha incrementado de 240 mil habitantes a 3

millones 100 mil habitantes.

2. La tasa de crecimiento urbano se ha mantenido entre 5 y 6 por ciento, en cambio, la tasa de crecimiento rural tiene valores porcentuales negativos.

3. La tasa de mortalidad ha disminuido desde 1.74 por ciento hasta 0.48 por ciento.

4. La población económicamente activa se ha mantenido en 32 por ciento.

Para el Area Metropolitana de Monterrey (AMM), en el periodo de 1940 a 1990 se tiene que la densidad de población se ha mantenido en valores del orden de 5000 habitantes por kilómetro cuadrado lo que indica que la mancha urbana ha estado creciendo.

6.2. Información sobre Nuevo León (1990).

Así como la información histórica nos permite observar tendencias, la información actual nos sirve para calcular emisiones de contaminantes y parámetros económicos en el proceso de estimar los beneficios y costos. La validez de la información actual da como resultado mejores estimados.

En la información histórica actual del Estado de Nuevo León se resalta los siguiente:

1. Existe una alta concentración de población en el Area Metropolitana de Monterrey (81.7 %).

2. La tasa de crecimiento urbano está en 2.6 por ciento, en cambio, la tasa de crecimiento rural tiene valor de - 2.4 por ciento.

3. La tasa de mortalidad es de 0.48 por ciento.

4. La población económicamente activa es del 33.8 por ciento.

5. El Area Metropolitana de Monterrey (A.M.M.) tiene una densidad de población del orden de 5000 habitantes por kilómetro cuadrado. El A.M.M.

tiene aproximadamente la misma densidad poblacional que el Distrito Federal.

6. El número de industrias es del orden de 8 000.

7. El número de vehículos es del orden de 600 000.

8. Según la mediciones en los Centros de Verificación Vehicular se tienen los siguientes promedios en las emisiones: 4 % en monóxido de carbono y 480 ppm en hidrocarburos.

9. Se reportan proyectos industriales de inversión para el control de la contaminación atmosférica de 57 000 millones de pesos.

10. Se tienen los siguientes consumos diarios de combustibles:

Gas natural	- 600 millones de metros cúbicos
Combustóleo	- 4 millones de litros
Diésel	- 1.4 millones de litros
Gasolina	- 4.0 millones de litros

6.3. Monitoreo del aire en el A.M.M.

El monitoreo es fundamental para conocer con precisión los índices de los principales contaminantes ambientales. La información de las mediciones es útil para incentivar y evaluar políticas y acciones concretas por parte del gobierno.

De 1975 a 1977 se efectuaron mediciones manuales en el A.M.M. con cierta regularidad, sin embargo después fueron suspendidas.

Para conocer la situación ambiental en el A.M.M., a mediados de 1990, el municipio de Monterrey reestableció una red de monitoreo. El equipo tiene la capacidad de monitorear únicamente polvos. El monitoreo se realiza cada seis días y se miden los siguientes contaminantes: partículas, sulfatos, nitratos, plomo y materia orgánica.

Enseguida se presentan: los criterios para evaluar la calidad del aire en

el A.M.M., la ubicación de las estaciones de monitoreo, una comparación entre los índices tenidos en 1977 y los de 1991; y finalmente se analiza las mediciones obtenidas durante 1991.

6.3.1. Criterios para evaluar la calidad del aire

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	promedio
Partículas Suspensas Totales	275	(diario)
Plomo	1.5	(trimestral)
Sulfatos	25	(diario)
Nitratos	3.0	(diario)

6.3.2. Ubicación de las estaciones de monitoreo

En la Figura 6.1 se muestra la localización de las estaciones de monitoreo en Monterrey.

1. Noroeste (NO) San Lorenzo entre 10a. y 8a. avenida
Col. Cumbres
2. Norte 1 (N1) Miguel Barragán frente a Estadio de Beisbol
Col. Deportivo Ferrocarrilero
3. Norte 2 (N2) Begonia y Arista
Col. Victoria
4. Norte 3 (N3) Libertad y Manzano
Col. Moderna
5. Centro (CE) Isaac Garza y Juárez
6. Sureste (SE) Champotón y Garza Sada
Col. Valle de las Brisas
7. Suroeste (SO) Río Lerma entre Díaz Ordaz y Miravalle
Col. Miravalle

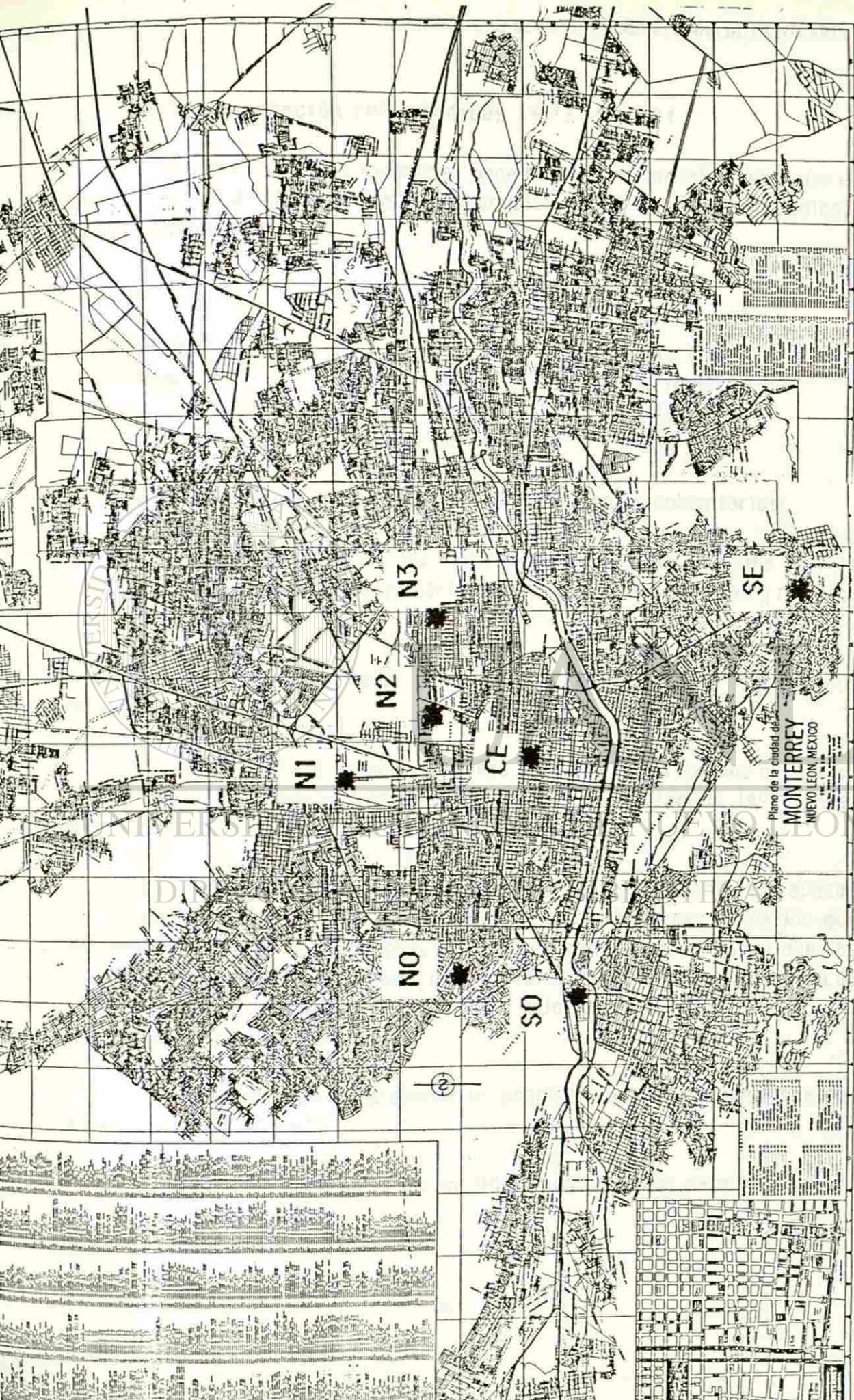


Fig. 6.1 Ubicación de Estaciones de Monitoreo

6.3.3. Comparación entre índices 1977 vs 1991

La comparación de los índices se hace con valores anuales promedio en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a partir de lecturas diarias reportadas por la Dirección de Ecología del municipio de Monterrey.

	1977	1991	Estándar	
Partículas	293	207	275	(diario)
Plomo	1.8	1.0	1.5	(trimestral)
Sulfatos	7.1	20.0	25	(diario)
Nitratos	0.3	6.0	3.0	(diario)

De la información anterior se tienen los siguientes comentarios:

- Con respecto a 1977, los índices de partículas y plomo que se tuvieron en 1991 son mejores, en tanto que los índices de sulfatos y nitratos sufren un deterioro.

- El año 1991 pudo tener ventajas en aspectos meteorológicos con respecto a 1977.

- No existe certeza de que los puntos de medición en los dos años sean los mismos. La contaminación depende de la localización de las fuentes emisoras y los aspectos meteorológicos.

- Los índices en los dos años son muy altos y seguramente sobrepasan los estándares anuales de calidad ambiental, tomando en consideración que los índices reportados son valores promedio durante todo el año y que los estándares son para cumplimiento de promedios diarios o trimestrales. Los estándares promedio anual son menores en valor a los estándares promedio trimestral, mensual o diario.

- El índice de 1991 representa un promedio anual compuesto de las estaciones de monitoreo.

- Se anexa los índices diarios medidos cada seis días para cada una de las estaciones de monitoreo.

6.3.4. Monitoreo de partículas y sulfatos

Se tienen los siguientes comentarios de las mediciones realizadas por las estaciones de monitoreo en Monterrey. Se establecen las zonas más contaminadas y en que épocas del año se presenta la situación. En el Anexo sobre información de Nuevo León se tienen gráficas de las mediciones en cada estación durante el año de 1991. Las Figuras 6.2 y 6.3 tienen las lecturas del monitoreo de partículas y sulfatos.

Partículas

- Las áreas **Noroeste y Suroeste** son las **menos contaminadas** durante todo el año. Tienen las concentraciones más bajas en partículas.
- Las áreas **Noreste y Sureste** son las **más contaminadas** a lo largo de todo el año. Tienen las concentraciones más altas en partículas.
- En las áreas Noreste y Sureste se rebasa la norma de calidad para partículas en los meses de Mayo a Agosto (Verano). Se tienen las concentraciones más altas durante estos meses.
- En las áreas Centro y Noroeste se tiene las concentraciones más altas durante el periodo de Octubre a Febrero (Invierno).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Sulfatos

- La zona **Suroeste** es la **más contaminada** en sulfatos. Tiene las concentraciones más altas.
- La zona **Sureste** es la **menos contaminada**. Tiene las concentraciones más bajas.
- En el periodo de Mayo a Julio las zonas Noroeste y Noreste suben en concentraciones de sulfatos y la zona Sureste muestra valores bajos.
- De Agosto a Diciembre las mediciones de sulfatos se han incrementado al doble, de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fig. 6.2 Contaminación en Monterrey
PARTICULAS 1991

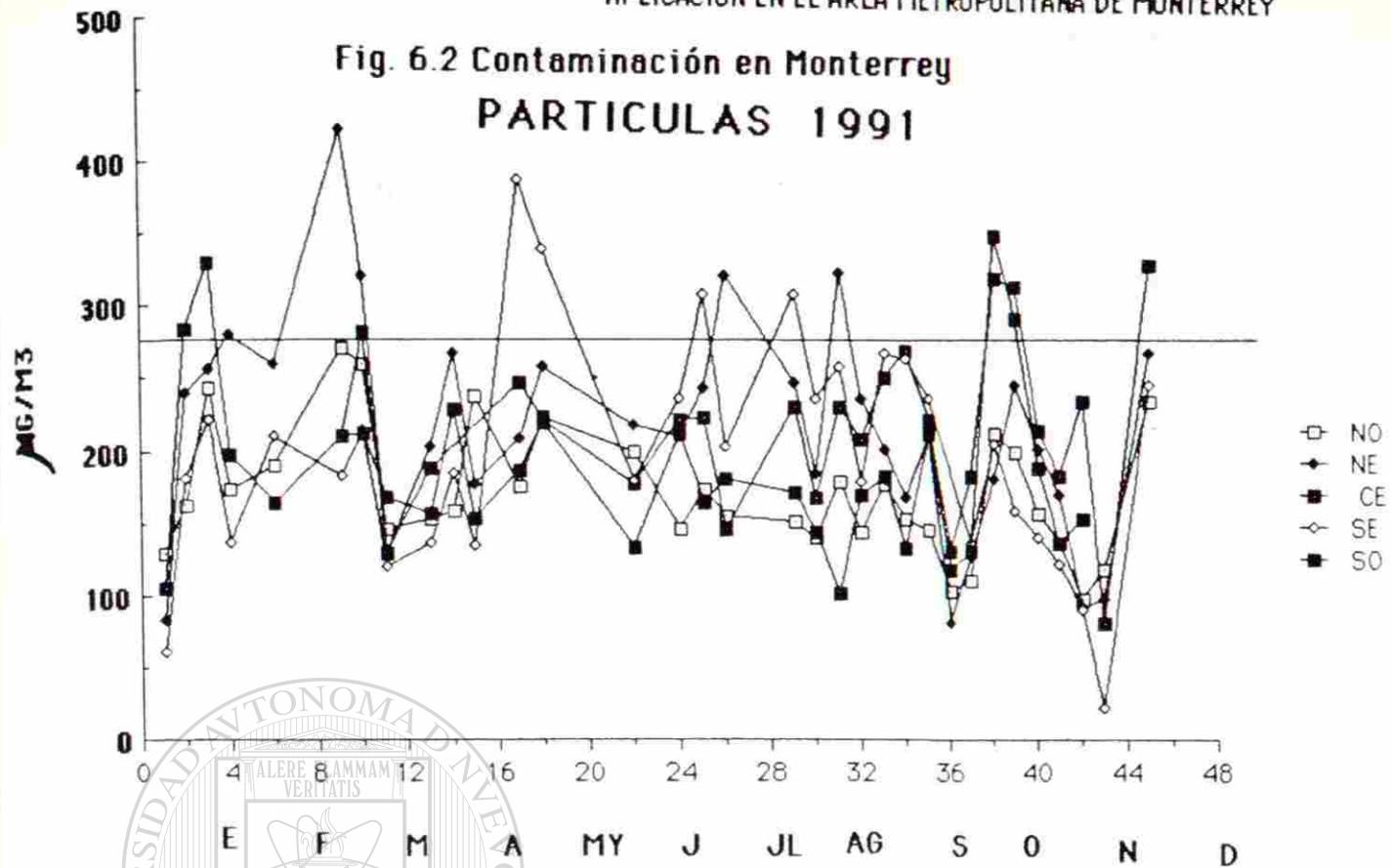
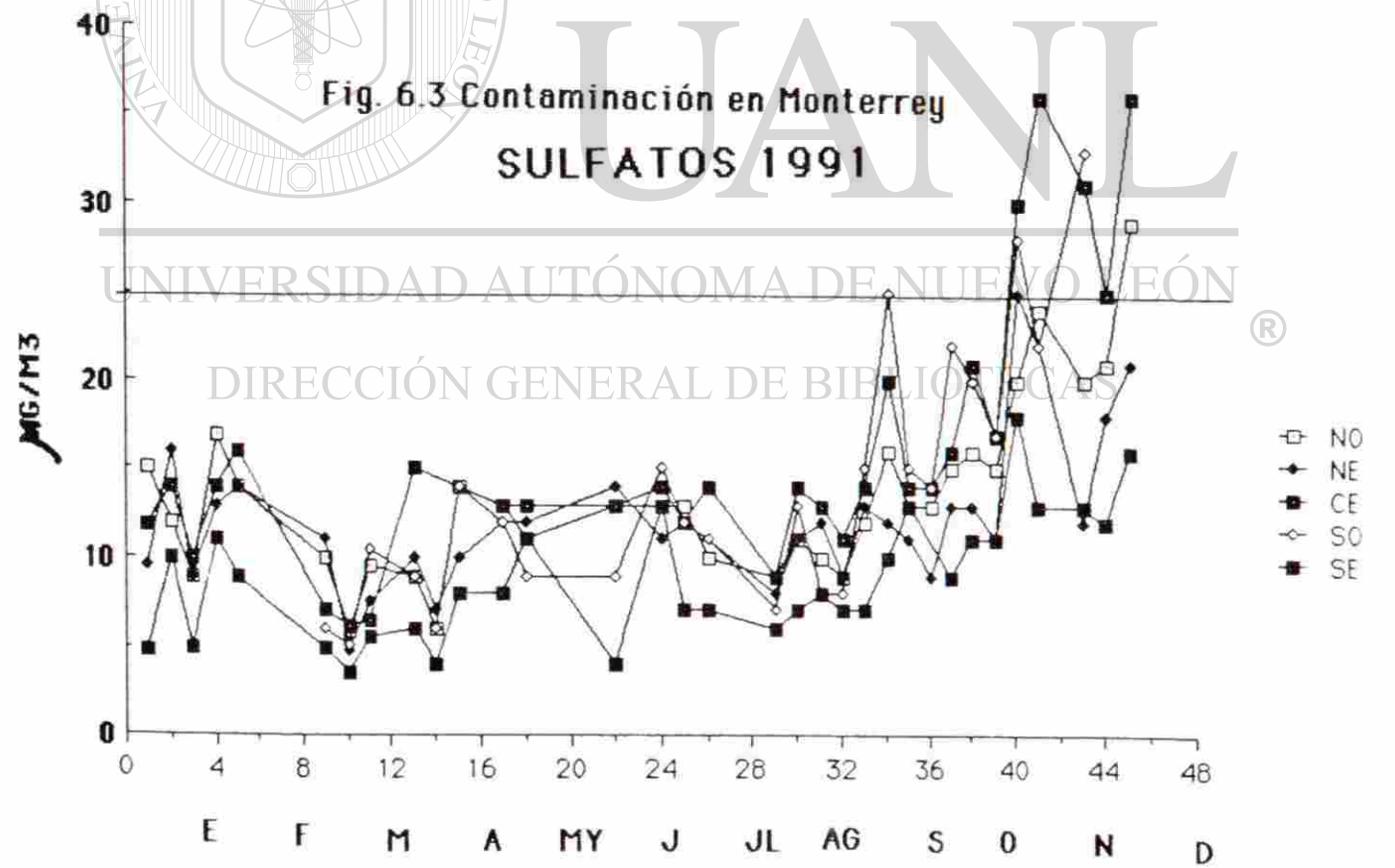


Fig. 6.3 Contaminación en Monterrey
SULFATOS 1991



FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

6.4. Inventario de emisiones en el A.M.M.

El inventario de emisiones es la cantidad másica por unidad de tiempo emitida al aire de cada uno de los principales contaminantes. Para realizar el inventario se usó: estadística del área geográfica, balances de materia en los procesos de generación, mediciones en las fuentes, factores de emisión y niveles típicos de emisión. Cuando no se tuvo mediciones o el balance de materiales no fue suficiente se utilizan factores de emisión ó estándares de emisión reportados por la Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos, EPA.

Los mejores estimados de emisión se tienen cuando se parte de mediciones y balances de materia realizados en el proceso de generación, ya que los factores y estándares de emisión son obtenidos para categorías generales de fuentes, lo cual implica diferencias en: tipo de combustible, nivel de tecnología, frecuencia de mantenimiento, condiciones operativas, etc.

Tabla 6.1 Factores de emisión en combustibles

Contaminante	Combustóleo lb/1000 gal	Gas Natural lb/millón ft ³	Gas Licuado lb/1000 gal
Partículas	10(S) ^a + 3	15	1.9
Oxidos de Azufre	159(S) ^a	0.6	0.09(S) ^b
Monóxido de Carbono	5	17	2.0
Hidrocarburos	1	1	0.8
Oxidos de Nitrógeno	105	700	12

^a - S es el contenido de azufre en % en peso

^b - S es el contenido de azufre en granos / 100 ft³

$$1 \text{ gr}/100 \text{ ft}^3 = 2.29 \text{ g}/100 \text{ m}^3$$

Tabla 6.2 Estándares federales en EUA para vehículos (>1985) de gasolina y diesel

Contaminante	Carros g/milla	Camionetas g/milla	Camiones g/bhp-hr
Partículas	0.2	--	--
Monóxido de Carbono	3.4	10	15.5
Hidrocarburos	0.41	5	1.3
Oxidos de Nitrógeno	1.0	2.3	9.4

Fuente: Calvert, S. y H.M. Englund, Editors of Handbook of Air Pollution Technology, John Wiley Sons, Inc., (1984).

6.4.1. Emisión de monóxido de carbono, CO.

El monóxido de carbono es emitido en su mayor cantidad por sector transporte. Para estimar las emisiones de CO se hace uso de: mediciones en los centros de verificación vehicular, información estadística y aspectos químicos. en información estadística se usa el número de vehículos y parámetros de rendimiento de los combustibles. En los aspectos químicos se aplican los conceptos estequiométricos, en la reacción química que representa el consumo del combustible, para calcular la mezcla de gases generados. A continuación se obtiene la emisión diaria de este contaminante:

Bases: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Número de vehículos = 600 000

Rendimiento promedio = 7 km/lt

Distancia promedio recorrida = 20 000 km/año (54.8 km/día)

Consumo de Gasolina:

$$= 600\ 000 (54.8 \text{ km/día}) / (7 \text{ km/lt}) = 4\ 700\ 000 \text{ lts}$$

Estequiometría de la Combustión Completa de la Gasolina:



114 400 1316 -----> 352 162 1316 en peso

gasolina representada por = 1 kmol de C_8H_{18}
 = 114 kg
 = 114 kg / (0.75 kg/lt) = 152 litros

consume: (12.5 + 47.0) = 59.5 kmol de aire
 (400 + 1316) = 1716 kg de aire

produce: (8 + 9 + 47) = 64 kmol de gases de combustión
 (352 + 162 + 1316) = 1830 kg de aire

Relaciones de la Gasolina en Combustión Completa

Aire / Gasolina = 1716 / 114 = 15.05 kg/kg
 = 1716 / 152 = 11.29 kg/lt

Humos / Gasolina = 1830 / 114 = 16.05 kg/kg
 = 1830 / 152 = 12.04 kg/lt

Combustión con un 10 % de Exceso de Aire

Se tienen las siguientes cantidades en los gases de combustión:

51.7 kmol de N_2	equivale a	1448 kg de N_2
8.0 kmol de CO_2	equivale a	352 kg de CO_2
9.0 kmol de H_2O	equivale a	162 kg de H_2O
1.3 kmol de O_2	equivale a	42 kg de O_2

total = 70 kmol de gases en el escape (2004 kg)

Monóxido de Carbono emitido:

De las mediciones en vehículos se tiene que los gases emitidos por el escape contiene un 4 % de CO en promedio, entonces:

CO producido = 70 kmol (0.04) (28 kg/kmol) = 78.4 kg

Relaciones de CO emitido

$$\text{CO producido / gasolina} = 78\ 400 \text{ g} / 152 \text{ lt} = 516 \text{ g/lt}$$

$$\begin{aligned} \text{CO producido / distancia} &= (516 \text{ g/lt}) / (7 \text{ km/lt}) = 73.7 \text{ g/km} \\ &= 118 \text{ g/milla} \end{aligned}$$

Emisión de CO diario

$$= 4.7 \text{ MM lt} (516 \text{ g/lt}) / (1 \text{ MM g/ton}) = 2\ 425 \text{ ton/día}$$

Tabla 6.3 Emisión de CO en función del rendimiento del auto

Bases: 4 y 2 % en volumen de CO en los gases de escape.

600 000 vehículos
20 000 km/año-vehículo

Rendimiento km/lt	Gasolina Millones litros	4 %		2 %	
		Emission ton/día	g/km	Emission ton/día	g/km
5	6.58	3395	103	1698	51.6
6	5.48	2828	86.0	1414	43.0
7	4.70	2425	73.7	1213	36.9
8	4.11	2121	64.5	1061	32.3
9	3.65	1883	57.3	942	28.7
10	3.29	1698	51.6	849	25.8

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6.4.2. Emisión de Oxidos de Azufre, SOx.

Los óxidos provienen principalmente de la quema de combustibles en los procesos industriales. Para estimar las emisiones de SOx se usan las estadísticas de consumos de los diferentes tipos de combustibles así como el contenido de azufre en cada uno de ellos. Para procesos directamente relacionados con el manejo y transformación de productos de azufre se reporta un estimado. A continuación se obtiene la emisión diaria de esta categoría de contaminante:

Combustóleo

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
 Densidad: 0.90 kg/lt
 Contenido de Azufre: 4 ‰ en peso.

Azufre emitido = 4 000 000 lt/día (0.90 kg/lt)(0.04)(1 ton/1000 kg)
 = 144 ton/día.

Oxido de azufre = 144 ton/día (64 Kg de SO₂ / 32 Kg de S)
 = 288 ton/día

Diesel

Bases: Consumo: 1 800 000 litros/día.
 Densidad: 0.85 kg/lt
 Contenido de Azufre: 1 ‰ en peso.

Azufre emitido = 1 800 000 lt/día (0.85 kg/lt)(0.01)(1 ton /1000 kg)
 = 15.3 ton/día.

Oxido de azufre = 15.3 ton/día (64 Kg de SO₂ / 32 Kg de S)
 = 31 ton/día

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Gasolina

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
 Densidad: 0.75 kg/lt
 Contenido de Azufre: 0.2 ‰ en peso.

Azufre emitido = 4 000 000 lt/día(0.75 kg/lt)(0.002)(1 ton/1000 kg)
 = 6 ton/día.

Oxido de azufre = 6 ton/día (64 Kg de SO₂ / 32 Kg de S) = 12 ton/día

Industria de productos de azufre

Se estima que en procesos químicos relacionados con el azufre (por ejemplo: plantas de ácido sulfúrico) se emiten 216 toneladas por día de óxidos de azufre.

Tabla 6.4 Resumen de emisión de óxidos de azufre

Categoría	Emisión (ton/día)
Combustóleo	288
Diesel	31
Gasolina	12
Procesos Industriales	216 ^a
Total	547

^a (Estimado por Ing. Jorge González E.)

6.4.3. Emisión de Partículas, PST.

Las partículas suspendidas totales son emitidas tanto por la quema de combustibles en los procesos industriales y del transporte, como por las industrias que transportan, muelen y tratan mecánicamente productos. La estimación de la emisión de partículas requiere información sobre el consumo de combustibles, así como de los factores o estándares de emisión para cada tipo de combustible. También se cuantifican las descargas a la atmósfera de industrias que típicamente son fuertes emisoras de partículas como son la industria del acero y del cemento. A continuación se obtiene la emisión diaria de este contaminante:

Combustóleo

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
Factor de Emisión: 5.2 kg / 1000 litros

Partículas = 4 000 000 lt/día (5.2 kg)/(1000 lt) (1 ton /1000 kg)
= 20.8 ton/día.

Diesel

Bases: Consumo: 1 800 000 litros/día.
Factor de Emisión: 13 kg / 1000 litros

Partículas = 1 800 000 lt/día (13 kg/(1000 lt)) (1 ton /1000 kg)
= 23.4 ton/día.

Gasolina

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
Factor de Emisión: 1.4 kg / 1000 litros

Partículas = 4 000 000 lt/día (1.4 kg)/(1000 lt) (1 ton /1000 kg)
= 5.6 ton/día.

Gas Natural

Bases: Consumo: 6 MM m³/día.
Factor de Emisión: 240 kg / 1 MM m³

Partículas = 6 MM m³/día (240 kg)/(1 MM m³) (1 ton /1000 kg)
= 1.4 ton/día.

Fabricación de Cemento

Bases: Consumo: 15 000 barril/día.
Factor de Emisión: 17 kg/barril

Partículas = 15 000 barril/día (17 kg/barril) (1 ton /1000 kg)
= 255 ton/día.

Fabricación de Pulpa de Papel

Bases: Consumo: 2 000 ton/día.
Factor de Emisión: 68 kg/ton

Partículas = 2 000 ton/día (68 kg/ton) (1 ton /1000 kg)
= 136 ton/día.

Fabricación de Acero

Bases: Consumo: 5 000 ton/día.
Factor de Emisión: 9 kg / ton

Partículas = 5 000 ton /día (9 kg/ton) (1 ton /1000 kg)
= 45 ton/día.

Tabla 6.5 Resumen de emisión de partículas

Categoría	Emisión (ton/día)
Combustóleo	20.8
Diesel	23.4
Gasolina	5.6
Gas Natural	1.4
Procesos Industriales	
Cemento	255
Pulpa de Papel	136
Acero	45.0
Total	487.2

6.4.4. Emisión de Hidrocarburos, HC.

Los hidrocarburos son emitidos en procesos que manejen productos derivados del petróleo y por el consumo de combustibles. La estimación de la emisión de hidrocarburos requiere información principalmente sobre el consumo de combustibles y de los factores o estándares de emisión para cada

tipo de combustible. También se estiman las descargas a la atmósfera de la industria del petróleo. A continuación se obtiene la emisión diaria de este contaminante:

Combustóleo

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
Factor de Emisión: 0.12 kg / 1000 litros

$$\text{HC} = 4\,000\,000 \text{ lt/día} (0.12 \text{ kg}) / (1000 \text{ lt}) (1 \text{ ton} / 1000 \text{ kg}) \\ = 0.48 \text{ ton/día.}$$

Diesel

Bases: Consumo: 1 800 000 litros/día.
Factor de Emisión: 3.0 kg / 1000 litros

$$\text{HC} = 1\,800\,000 \text{ lt/día} (3.0 \text{ kg}) / (1000 \text{ lt}) (1 \text{ ton} / 1000 \text{ kg}) \\ = 5.4 \text{ ton/día.}$$

Gasolina

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
Factor de Emisión: 5.5 kg / 1000 litros

$$\text{HC} = 4\,000\,000 \text{ lt/día} (5.5 \text{ kg}) / (1000 \text{ lt}) (1 \text{ ton} / 1000 \text{ kg}) \\ = 22 \text{ ton/día.}$$

Gas Natural

Bases: Consumo: 6 MM m³/día.
Factor de Emisión: 16 kg / 1 MM m³

$$\text{HC} = 6 \text{ MM m}^3/\text{día} (16 \text{ kg}) / (1 \text{ MM m}^3) (1 \text{ ton} / 1000 \text{ kg}) \\ = 0.10 \text{ ton/día.}$$

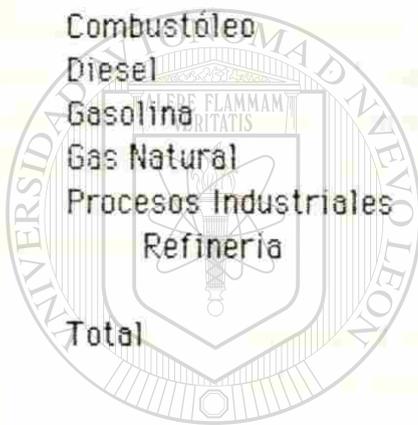
Refinería de Petróleo

Bases: Producción: 140 000 b/d
 Factor de Emisión: 250 kg / 1000 b/d

HC = 140 000 b/día (250 kg)/(1 000 b) (1 ton /1000 kg)
 = 35 ton/día.

Tabla 6.6 Resumen de emisión de hidrocarburos

Combustible	Emisión (ton/día)
Combustóleo	0.48
Diesel	5.4
Gasolina	22
Gas Natural	0.10
Procesos Industriales	
Refinería	35
Total	57



UANL

Emisión de hidrocarburos según verificación vehicular

El monitoreo en los vehículos verificados reporta que emiten 480 ppm[®] de hidrocarburos en promedio. Se considera que el compuesto químico representativo de la familia de hidrocarburos es el etano.

HC producido como etano = 70 kmol (0.000480) (30 kg/kmol)
 = 1.008 kg

Relaciones de HC emitido

HC producido / gasolina = 1 008 g / 152 lt = 6.63 g/lt

HC por km = (6.63 g/lt) / (7 km/lt) = 0.95 g/km = 1.52 g/milla

El estándar en E.U.A. es de 0.41 g/milla

Emisión de HC diario en Nuevo León por consumo de Gasolina

$$= 4.7 \text{ MM lt (6.63 g/lt)} / (1 \text{ MM g/ton}) = \mathbf{31 \text{ ton/día}}$$

Este valor es aproximadamente 50 % arriba de las emisiones de hidrocarburos, calculadas a partir de los consumos de gasolina.

6.4.5. Emisión de Oxidos de Nitrógeno, NOx.

Los óxidos de nitrógeno son emitidos principalmente por la transformación de los combustibles tanto en la industria como en el transporte. La estimación de la emisión de NOx requiere información principalmente sobre el consumo de combustibles y de los factores o estándares de emisión para cada tipo de combustible. A continuación se obtiene la emisión diaria de este contaminante:

Combustóleo

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
Factor de emisión: 13 kg / 1000 lt

$$\text{Oxidos de Nitrógeno} = 4\,000\,000 \text{ lt/día} (13 \text{ kg}/1000 \text{ lt}) (\text{ton}/1000 \text{ kg})$$

$$= 52 \text{ ton/día.}$$

Diesel

Bases: Consumo: 1 800 000 litros/día.
Factor de emisión: 13 kg / 1000 lt

$$\text{Oxidos de Nitrógeno} = 1\,800\,000 \text{ lt/día} (13 \text{ kg}/1000 \text{ lt}) (\text{ton}/1000 \text{ kg})$$

$$= 24 \text{ ton/día.}$$

Gasolina

Bases: Consumo: 4 000 000 litros/día.
 Factor de emisión: 5 kg / 1000 lt

Oxidos de Nitrógeno = 4 000 000 lt/día(5 kg /1000 lt)(ton /1000 kg)
 = 20 ton/día.

Gas Natural

Bases: Consumo: 6 MM m³/día.
 Factor de emisión: 25 000 kg / MM m³

Oxidos de Nitrógeno = 6 MM m³ /día (25 000 kg/MM m³) (ton/1000 kg)
 = 150 ton/día.

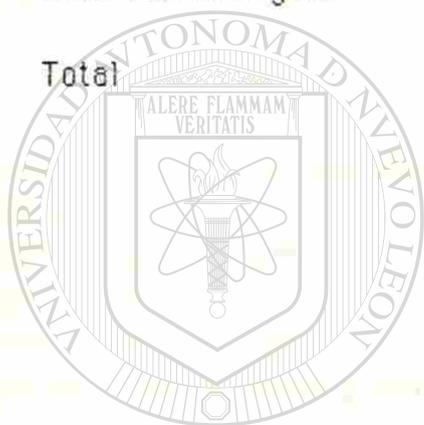
Tabla 6.7 Resumen de emisión de óxidos de nitrógeno

Combustible	Emisión (ton/día)
Combustóleo	52
Diesel	24
Gasolina	20
Gas Natural	150
Total	246

Los resultados globales de las estimaciones de cada uno de los contaminantes son agrupadas en la tabla siguiente:

Tabla 6.8 Emisiones de contaminantes en A.M.M.

Contaminante	ton/día	%
Monóxido de Carbono	2121	61.3
Oxidos de Azufre	547	15.8
Partículas	487	14.1
Hidrocarburos	57	1.7
Oxidos de Nitrógeno	246	7.1
Total	3458	100.0



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

6.5. Valor económico de vida.

El valor económico de vida o valor de muerte evitada es uno de los parámetros económicos que permiten evaluar los beneficios de una mejora ambiental. Para obtener el valor económico de muerte evitada se utiliza información de remuneración media anual por actividad económica en México y la composición porcentual en edades de la población. Para realizar una verificación de la validez del estimado, también se calcula, el valor de muerte evitada, a partir de un estimado reportado por investigadores en Estados Unidos.

Tabla 6.9 Remuneración media anual por actividad económica en México, 1988

Actividad Económica	pesos/asalariado
Agropecuaria, Silvicultura y Pesca	1 035 707
Minería	8 312 406
Industria Manufacturera	8 711 334
Construcción	4 873 049
Electricidad, gas y agua	15 083 362
Comercios, restaurantes y hoteles	4 198 581
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	7 473 567
Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	12 276 636
Servicios comunales, sociales y personales	5 266 078
Total	4 642 894

Salario Mínimo, (1990) es 9 325 pesos/día (3 403 625 pesos/año)

El rango de ingresos por persona, para el año 1988, fué de 1 a 15 millones de pesos por año. Este rango se actualiza para 1990, utilizando una relación de Indices de Precios al Consumidor:

$$\text{Relación de Indices} = (72\ 584 / 46\ 645) = 1.56$$

Rango = 1.56 a 23.4 millones de pesos por año

Estimado promedio = 12.5 millones de pesos al año

Se evalúa la pérdida de ingresos de una persona utilizando el número de años de esperanza de vida y la composición de la población en edad. Debido a que hay reportes de que la población económicamente activa está compuesta desde personas de edad temprana (12 años), no se elimina ningún segmento de la población, entonces se tiene:

12.5 (70 - 5) 0.220	= 179
12.5 (70 - 15) 0.245	= 169
12.5 (70 - 25) 0.195	= 110
12.5 (70 - 35) 0.131	= 57
12.5 (70 - 45) 0.086	= 27
12.5 (70 - 55) 0.057	= 11
12.5 (70 - 65) 0.066	= 4
Total	= 557 millones de pesos
	= 206 000 dólares

En Estados Unidos; el estimado de valor económico de muerte evitada es de 1 millón de dólares en el año 1978. Utilizando una inflación promedio del 5 % durante los siguientes doce años, se puede obtener el estimado para el año 1990:

$$1\ 000\ 000 (1.05)^{12} = 1\ 796\ 000 \text{ dólares}$$

Desde el punto de vista económico, este resultado en los Estados Unidos, se corrige para el nivel y situación económica en México utilizando los productos internos brutos per cápita de los dos países, el cálculo es:

$$1\ 796\ 000 (2\ 105 / 19\ 678) = 192\ 000 \text{ dólares}$$

Ya que por dos caminos diferentes se obtiene aproximadamente el mismo valor, para los siguientes cálculos se usa como valor económico de vida el de **200 000 dólares** por persona.

Tabla 6.10 Producto Interno Bruto en 1988.

País	Total MM dolares	Percápita dls/persona
E.U.A	4 847 300	19 678
México	174 160	2 105

6.6 Estimación de beneficios.

Los beneficios en una reducción de contaminación (mejora ambiental) son obtenidos para los principales efectos de la contaminación: mortalidad, morbilidad y materiales de construcción.

6.6.1. Beneficios en muertes evitadas.

La estimación de beneficios en reducción de tasas de mortalidad se obtiene a partir de la siguiente información:

- * Porcentaje de reducción de contaminación del 20 %.
- * Población en Nuevo León de 3 098 736 habitantes.
- * Tasa de mortalidad de 0.48 %.
- * Tasa de población urbana es 81.7 %.
- * Elasticidad es 0.10
- * Valor estadístico de muerte evitada es 200 000 dólares.

Las defunciones en el año son la población multiplicada por la tasa de mortalidad:

$$def = (3\ 098\ 736) (0.0048) = 14\ 874 \text{ habitantes}$$

Las defunciones en el área urbana son el producto de las defunciones totales por la tasa de población urbana:

$$def\text{-urb} = 14\ 874 (0.817) = 12\ 155 \text{ habitantes}$$

La tasa de reducción de mortalidad urbana es el producto de la tasa de reducción de contaminación por la relación de elasticidad:

$$\text{tasa-red} = (20 \%) (0.1) = 2 \%$$

El número de muertes evitadas por la reducción de contaminación es el producto de las muertes en el área urbana por la tasa de reducción de mortalidad urbana:

$$\text{def-evitadas} = 12\ 152 (0.02) = 243 \text{ habitantes}$$

Los beneficios económicos anuales debido a las muertes evitadas por la reducción en la contaminación es el producto de las muertes evitadas por el valor estadístico de muerte evitada:

$$\text{beneficios} = 243 (200\ 000 \text{ dls}) = \mathbf{48.6 \text{ millones de dólares}}$$

6.6.2. Beneficios en enfermedades.

El cálculo de los beneficios por disminución de enfermedades se realiza utilizando la siguiente información:

- * Porcentaje de reducción de contaminación del 20 %
- * Consultas totales en sector salud de 5 461 000
- * Elasticidad de 0.1 %/%
- * Tiempo perdido en consulta es 2 hora
- * Ingreso anual promedio de 12.5 millones de pesos

En base al número de consultas y el tiempo requerido para la consulta, se obtiene el número de días:

$$\text{días requeridos} = 5\ 461\ 000 (2) (1/8) = 1\ 365\ 250 \text{ días}$$

Se obtiene el porcentaje de reducción en enfermedades a partir del porcentaje de mejor ambiental y el valor de elasticidad:

$$\text{red-enf} = 20\% (0.1) = 2.0 \%$$

Los días ahorrados se obtienen multiplicando los días requeridos por la fracción de reducción de enfermedades:

$$\text{beneficio-días} = 1\,365\,250 (0.02) = 27\,305$$

Los beneficios económicos se obtienen multiplicando el ingreso diario de una persona por el número de días que se ahorra:

$$\begin{aligned} \text{beneficio económico} &= 27\,305 (12\,500\,000)/365 = 935 \text{ millones} \\ &= \mathbf{312\,000 \text{ dólares}} \end{aligned}$$

6.6.3. Beneficios en los materiales.

Para estimar los beneficios se consideran los dos más importantes desde el punto de vista económico, y de ellos se estima los beneficios totales debido al ahorro en evitar los daños de todos los demás materiales. Los materiales que se consideran son: acero y pintura.

Acero

Para obtener los beneficios de evitar daños en las superficies metálicas se tiene la producción de acero en AMM:

$$\text{volumen de acero} = 462\,000 \text{ toneladas}$$

Se obtiene la cantidad de acero expuesto en base a que solo el 30 % de este material de construcción se encuentre en contacto con la contaminación, entonces:

$$\text{cantidad de acero expuesto} = 462\,000 (0.30) = 138\,600 \text{ toneladas}$$

Se tiene la siguiente información de la vida útil del acero en función de la concentración de partículas:

para $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es 21 años

para $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es 7 años

Si se parte de una reducción de la concentración de partículas de 180 a $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 %), tomando una relación lineal entre vida útil y

concentración de partículas, se tiene que para $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la vida útil es 10.3 años

pérdida acero con contaminación = $138\ 600/7 = 19\ 800$ ton

pérdida acero con 20 % de reducción = $138\ 600/10.3 = 13\ 500$ ton

beneficio en cantidad = $19\ 800 - 13\ 500 = 6\ 300$ ton

beneficio económico = $6300 \text{ ton}(1000 \text{ dls/ton}) = 6\ 300\ 000$ dólares

Pintura

La superficie pintada tiene mayor duración si la contaminación es menor. La superficie estimada en el A.M.M es de:

100 millones de metros cuadrados.

Considerando una relación lineal entre contaminación y vida útil, se tiene que para 100 % de contaminación la vida útil de una pintura es de 8 años, si la contaminación se reduce 20 % la vida útil es de 10 años.

La renovación anual de pintura en ambiente contaminado es de:

$100 / 8 = 12.5$ millones de metros cuadrados

La renovación anual de pintura en reducción de 20 % de contaminación es de:

$100 / 10 = 10$ millones de metros cuadrados

Ahorro de superficie anual a pintar:

$12.5 - 10 = 2.5$ millones de metros cuadrados

Cantidad ahorrada de pintura es de:

$2.5 \text{ MM m}^2 (1\text{t}/2 \text{ m}^2) = 1\ 250\ 000$ litros

Ya que el precio de la pintura es de 10 000 pesos por litro:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio anual económico} &= (1.25 \text{ MM lts}) (10\ 000 \text{ \$/lt}) \\ &= 12\ 500 \text{ millones de pesos} \\ &= 4.2 \text{ millones de dólares.} \end{aligned}$$

En la información que se anexa sobre los estudios en materiales en los EUA se tiene que estos dos materiales representan aproximadamente el 50 % de los beneficios totales, por lo que, se pueden calcular estos:

$$\begin{aligned} \text{Beneficios totales en materiales} &= (6.3 + 4.2) / 0.5 \\ &= \mathbf{21 \text{ millones de dólares}} \end{aligned}$$

6.7. Estimación de costos

La estimación de costos se enfoca a la inversión de capital en equipo de remoción de contaminantes. La inversión en equipo es anualizada utilizando la vida útil del sistema. Los costos de operación no son adicionados debido a que comúnmente el equipo de control se agrega a un proceso existente. Los costos en sistemas auxiliares son mínimos en comparación con el costo anualizado de la inversión. Los costos para obtener una reducción de contaminación se obtienen para los principales contaminantes, que se ha comprobado que en el ambiente se pueden disminuir; estos son las partículas y los óxidos de azufre.

6.7.1. Remoción de partículas

Primeramente se obtiene el rango de concentración en las corrientes de descarga de los gases con partículas. Se analizan los combustibles más usuales en las industrias y en base a los factores de emisión y su índice de generación de gases de combustión se calculan las concentraciones:

Combustóleo:

1 litro de combustóleo genera 19.7 m³ de gases de combustión

1000 litros de combustóleo emiten 5.2 kg de partículas

$$\text{Concentración} = 5\,200 / 19\,700 = 0.26 \text{ g/m}^3$$

Gas Natural:

1 m³ de gas natural genera 16.71 m³ de gases de combustión

1 millón de m³ de gas natural emite 240 kg de partículas

$$\text{Concentración} = 240\,000 / 16\,710\,000 = 0.01436 \text{ g/m}^3$$

Rango de concentración: 0.01 a 0.50 g/m³

Este rango de concentración es debido a los tipos de combustibles que se pueden usar en la industria. En base al cálculo de emisiones de partículas en el AMM y el rango anterior de concentraciones se obtiene el flujo total de gas que contiene las partículas:

Partículas emitidas en AMM es 490 ton/día

$$\begin{aligned} \text{Flujo Total} &= (490 \text{ MM g/día}) / (0.01 \text{ g/m}^3) = 49\,000 \text{ MM m}^3/\text{día} \\ &= 1\,202 \text{ MM ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo Total} &= (490 \text{ MM g/día}) / (0.5 \text{ g/m}^3) = 980 \text{ MM m}^3/\text{día} \\ &= 24.04 \text{ MM ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

Rango de flujos: 24.04 a 1202 millones de ft³/min

Este es el rango de flujo total o globalizado de todas las emisiones del área metropolitana. En base al rango de flujo total y a un flujo típico promedio de un equipo colector de partículas se obtiene el número de equipos y la inversión de capital en los equipos. Esto se hace para las siguientes categorías de equipo: ciclones, ciclones múltiples, filtros, lavadores venturi y precipitadores.

Ciclones:

Flujo típico promedio = 5000 ft³/min

Inversión en equipo = 3 800 dólares

número máximo de ciclones = (1202 MM) / 5000 = 240 400

inversión equipo = 240 400 (3800) = 914 millones de dólares

número mínimo de ciclones = (24.04 MM) / 5000 = 4 808

inversión equipo = 4 808 (3 800) = 18.27 millones de dólares

Ciclones Múltiples:

Flujo típico promedio = 50 000 ft³/min

Inversión en equipo = 20 000 dólares

número máximo de ciclones = (1202 MM) / 50000 = 24 040

inversión equipo = 24 040 (20 000) = 480 millones de dólares

número mínimo de ciclones = (24.04 MM) / 50000 = 4 81

inversión equipo = 481 (20 000) = 9.6 millones de dólares

Filtros:

Flujo típico promedio = 50 000 ft³/min

Inversión en equipo = 90 000 dólares

número máximo de ciclones = (1202 MM) / 50000 = 24 040

inversión equipo = 24 040 (90 000) = 2160 millones de dólares

número mínimo de ciclones = (24.04 MM) / 50000 = 4 81

inversión equipo = 4 81 (90 000) = 43.3 millones de dólares

Lavadores Venturi:

Flujo tipico promedio = 20 000 ft³/min

Inversión en equipo = 20 000 dólares

número máximo de ciclones = (1202 MM) / 20000 = 60 100

inversión equipo = 60 100(20 000) = 1200 millones de dólares

número mínimo de ciclones = (24.04 MM) / 20000 = 1 202

inversión equipo = 1 202 (20 000) = 24 millones de dólares

Precipitadores:

Flujo tipico promedio = 100 000 ft³/min

Inversión en equipo = 300 000 dólares

número máximo de ciclones = (1202 MM) / 100000 = 12 020

inversión equipo = 12 020 (300 000) = 3600 millones de dólares

número mínimo de ciclones = (24.04 MM) / 100000 = 240

inversión equipo = 240 (300 000) = 72 millones de dólares

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Tabla 6.11 Resumen de alternativas en equipo de remoción

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

concentración (g/m³)

0.01

0.5

	unidades	inversión MM dls.	unidades	inversión MM dls.
--	----------	----------------------	----------	----------------------

Ciclones	240 400	914	4 808	18.3
Ciclones múltiples	24 040	480	481	9.6
Filtros	24 040	2 160	481	43.3
Lavadores venturi	60 100	1 200	1 202	24
Precipitadores	12 020	3 600	240	72

Las alternativas de inversión para la concentración de 0.5 g/m³ se consideran las más adecuadas debido a que México a entrado recientemente al control de la contaminación. Las fuentes emisoras tienen concentraciones grandes de partículas en los gases de descarga.

Rango de Inversión: 9.6 a 72 millones de dólares

El mejor estimado en este rango se basa en que la categoría de equipo llamado Lavador Venturi es un sistema tecnológicamente sencillo y flexible en operación, por tanto se le considera como una alternativa adecuada para tener:

Mejor estimado dentro del rango es: 24 millones de dólares
(Lavador venturi)

Para obtener la inversión anualizada se hace uso del factor global de Lang y de la depreciación. El factor de Lang de 5.1 indica que la inversión total es cinco veces la inversión en equipo. La vida útil de equipo industrial comunmente es de 10 años.

Inversión anualizada = 24 (5.1) (1/10) = 12.2 millones de dls.

El Factor de Lang se disminuye si algunos conceptos de costos directos o indirectos se pueden evitar (por ejemplo: preparación de terreno).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El valor obtenido de inversión implica que se tenga como objetivo una eficiencia de remoción de partículas de arriba del 80 %. Con el supuesto de una relación lineal entre las emisiones y la calidad ambiental, si el propósito es reducir la contaminación un 20 %, el mejor estimado de inversión anualizada es de:

Inversión anualizada = 12.2 (20/80) = 3.1 millones de dólares.

El costo operativo se obtiene a partir de que los lavadores venturi típicamente tienen 4.5 dólares/año por cada ft³/min. Utilizando el flujo de 24.04 millones de ft³/min:

Costos de operación: $24.04 (4.5) = 108$ millones de dólares

En la base a una relación lineal entre las emisiones y la calidad ambiental, si el propósito es reducir la contaminación un 20 %, el mejor estimado de costos de operación es:

Costos de operación = $108 (20/80) = 27$ millones de pesos

6.7.2. Remoción de óxidos de azufre

Para la remoción de óxidos de azufre de los gases de combustión se utilizan absorbedoras con soluciones alcalinas. Las tecnologías para remoción de estos gases ácidos son complejas y requieren de una profundización en los mecanismos del transporte de los óxidos de la fase gaseosa a la solución absorbente. Para obtener la estimación de inversión en equipo para remover los óxidos de azufre se utiliza información de sistemas anteriormente construidos. Esta información es comúnmente reportada para plantas de generación de energía eléctrica en dólares por kilowatt. En seguida se tiene, para las plantas generadoras de energía eléctrica, diferentes tipos de procesos con su inversión y costos operativos:

dls/kW dls/(1000 kW-h)

Con un solo álcali	215	3.7
Con ácido cítrico	130	4.3
Depuración en seco	140	4.5

A partir de la eficiencia operativa de la generación de energía eléctrica, el poder calorífico y la densidad del combustible se puede calcular la inversión requerida para el equipo removedor de óxidos de azufre.

Base de calculo: 1 kilowatt equivale a 3413 Btu/h

Si la eficiencia típica en la generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles es 25 por ciento, entonces:

Energía liberada = $3413 / 0.25 = 13\ 652$ Btu/hr

Con el poder calorífico del combustóleo de 18 000 Btu/lb se obtiene:

$$\text{Flujo másico requerido} = (13\ 652 / 18\ 000) 0.453 = 0.344 \text{ kg/h}$$

Con la densidad de 0.9 kg/lt se obtiene:

$$\text{Flujo volumétrico requerido} = 0.344 / 0.9 = 0.38 \text{ lt/h}$$

Con el valor reportado de consumo de combustóleo en el A.M.M. de 4 millones de litros por día se obtiene la generación posible de energía eléctrica:

$$\begin{aligned} \text{Energía Eléctrica} &= 4\ 000\ 000 \text{ lt/día (día/24 h) (1 kW / (0.38 lt/h))} \\ &= 436\ 000 \text{ kW} \end{aligned}$$

Si consideramos un inversión en equipo de 200 dólares por kW tendremos que se requiere invertir lo siguiente:

$$\text{Inversión} = 436\ 000 (200) = 87.2 \text{ millones de dólares}$$

Los sistemas de desulfurización que incluyen esta inversión tienen capacidad de remover el 80 % de la emisión.

En base a una relación lineal entre contaminación atmosférica y y emisión de los óxidos de azufre, también considerando que el sistema se deprecia en diez años se tiene: ®

$$\begin{aligned} \text{Inversión anualizada} &= 87.2 (20/80) (1/10) \\ &= 2.18 \text{ millones de dólares} \end{aligned}$$

Para obtener el costo operativo se tiene el dato de 4 dólares por cada 1000 kW-hr, entonces:

$$\text{Costo de operación} = (4 / 1000)(436\ 000) (8760 \text{ h/año})$$

$$\text{Costo de operación} = 15.3 \text{ millones de dólares}$$

6.7.3. Reactor catalítico para monóxido de carbono

Bases: Número de vehículos = 500 000
 Vida útil = 10 años
 Precio de reactor catalítico = 2 millones de pesos

Número de vehículos reemplazados = $500\ 000 / 10 = 50\ 000$

Inversión anual = $50\ 000 (2\ MM) = 100\ 000\ MM$ de pesos
 = **3.33 millones de dólares**

Gastos de verificación

$500\ 000 (25\ 000) = 12\ 500$ millones de pesos
 = **4.2 millones de dólares**



UANL

Tabla 6.12 Resumen Costos-Beneficios en el A.M.M. (1990)

(en millones de dólares)

	Costo		Beneficio
Partículas	30.1	Mortalidad	48.6
Monóxido de Carbono	7.5	Morbilidad	0.3
Oxidos de Azufre	17.5	Materiales	21.0
TOTAL	55.0	TOTAL	69.9

Nota: El concepto "Costo" es la suma de la inversión anualizada y los costos de operación para el tipo de contaminante.

VII DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados se discuten agrupados por temas: monitoreo de contaminantes, cálculo de emisiones, estimación de beneficios, estimación de costos y resultados globales. En cada discusión se termina con una lista de factores o hechos, que se deben considerar, en la interpretación y uso de los resultados de la estimación costo-beneficio de la reducción en un 20 % de la contaminación en el área metropolitana de Monterrey.

7.1. Monitoreo de contaminantes

Existe muy poca información a través de los últimos veinte años sobre concentraciones ambientales de los contaminantes en el área metropolitana de Monterrey. La información que existe no es concluyente, sin embargo muestra que la contaminación no está disminuyendo.

El especificar que un sector urbano está más contaminado está ligado a cierto tipo de contaminante. Por ejemplo la zona suroeste es la más contaminada en sulfatos, sin embargo es la menos contaminada en partículas.

Se concluye de los datos medidos que las condiciones meteorológicas y en especial la dirección de los vientos es un factor predominante que define, en un sector urbano, el que se acumule la contaminación. En verano de 1991, el sector oriente mostró aumento en la concentración de partículas con respecto al invierno.

En invierno, en todos los sectores, las concentraciones en sulfatos se incrementaron al doble.

Factores que afectan los resultados en las mediciones de contaminantes atmosféricos:

- Condiciones meteorológicas
- Localización de las fuentes emisoras del contaminante específico.
- Frecuencia y métodos analíticos del monitoreo
- Cambios de calidad en combustibles consumidos
- Reestructuración de la vialidad urbana
- Instalación en industrias de equipo de control

7.2. Cálculo de emisiones

Para cada uno de los contaminantes se detallan los resultados obtenidos. Las emisiones globales de todos los contaminantes son discutidas y comparados con la información pública estatal.

Monóxido de carbono, CO.

- Actualmente, la emisión de 2425 ton/día es muy alta debido a alta concentración en los gases exhaustos de los vehículos (4 %). Esta cantidad es arriba del triple (74 g/km), del nivel máximo de emisión (22 g/km especificado para vehículos nuevos en la norma técnica ecológica. Estos valores están muy por encima del estándar de emisión para E.U.A que es 3.4 g/milla.

- Si la concentración de monóxido de carbono es disminuida a 2 % en los gases exhaustos de los vehículos, se tendrá una emisión de 1213 ton/día. Esto se puede lograr con el programa de verificación vehicular.

- El sector transporte aporta el 100 % de este contaminante.

Oxidos de azufre, SOx.

- La emisión de este contaminante es del orden de 550 ton/día, sin embargo, las sustituciones del combustóleo, permitirá disminuir estas emisiones.

- La quema del combustóleo aporta el 50 % de estos óxidos, debido al contenido tan alto de azufre que contiene (4 %).

Partículas, PST.

- La emisión de este contaminante es del orden de 500 ton/día. La instalación de equipo de remoción en las industrias permitirá disminuir estas emisiones.

DISCUSION DE RESULTADOS

- Las industrias de manejo de sólidos (cementos, acero, construcción) aportan el 90 % de las emisiones totales de partículas.

Hidrocarburos, HC.

- La emisión de este contaminante es del orden de 60 ton/día.
- La industria de procesamiento del petróleo aporta el 60 % del total emitido.
- El sector transporte aporta el 40 % del total emitido.
- La medición de hidrocarburos (480 ppm) realizada en los vehículos nos indica que se emite (31 ton/día) mayor cantidad que la estimada mediante factores de emisión (22 ton/día).

Oxidos de Nitrógeno, NOx

- La emisión de este contaminante es del orden de 250 ton/día.
- La combustión del gas natural aporta el 60 % del total emitido.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Emisiones Globales.

- Con la información que se resume en la tabla 6.8 se puede deducir que el sector transporte contribuye con el 70 % de todos los contaminantes, y las emisiones industriales aportan el 30 %.

- El resultado anterior no concuerda con la información publicada por las autoridades estatales, en cuanto a que el sector transporte aporta el 85 % y la industria el 15 %.

Factores que afectan los resultados sobre las emisiones de contaminantes atmosféricos:

- Monitoreo de las fuentes contaminates
- Factores de emisión de acuerdo a la situación nacional
- Cambios de calidad en combustibles consumidos
- Reestructuración de la vialidad urbana
- Instalación en industrias de equipo de control

7.3. Estimación de beneficios

En la estimación de beneficios se discutirán los resultados sobre el valor económico de vida y los cálculos realizados para obtener los beneficios.

Valor económico de vida.

- Los valores obtenidos por remuneración media anual y la adecuación del valor reportado para Estados Unidos; son prácticamente iguales. Se obtuvo que una vida humana para México en base a los criterios económicos es de 200 000 dólares (600 millones de pesos).

- Es importante hacer notar la gama tan amplia de remuneraciones que se tienen en los diferentes sectores económicos, lo que implica que el rango del valor económico de una vida es muy amplio (60 a 1200 millones de pesos).

Algunos de los factores que afectan el valor de una vida son:

- La variación en remuneración media anual del A.M.M.. Este factor se incrementa con el desarrollo económico de la región urbana.

- El valor en años de la esperanza de vida (70 años). Si la esperanza de vida aumenta el valor económico, en el enfoque de productividad, se incrementa.

Cálculos de beneficios

Mortalidad

- En base un plan de reducción de contaminación en un 20 % se obtiene que existe un beneficio económico del orden de 150 000 millones de pesos por disminución de muertes provocadas por la contaminación.

DISCUSION DE RESULTADOS

Los factores inmediatos que afectan este cálculo son:

- La tasa de mortalidad (0.48 %). Si este valor disminuye los beneficios son menores.

- El valor de elasticidad (0.10). Elasticidad es la relación del cambio de reducción en mortalidad con respecto a un cambio de reducción en contaminación. Si este valor disminuye los beneficios disminuyen.

- El valor de elasticidad se considera constante en todo el rango de cambios en la contaminación. Es esperado que el valor de elasticidad disminuya cuando la concentraciones atmosféricas disminuyan a valor pequeños, que no tengan efecto en la salud.

Enfermedades

- En base un plan de reducción de contaminación en un 20 % se obtiene que existe un beneficio económico del orden de 900 millones de pesos por disminución de enfermedades provocadas por la contaminación.

Los factores inmediatos que afectan este cálculo son:

- La información estadística de consultas en el sector salud. Si este valor disminuye los beneficios son menores.

- La variación en remuneración media anual del A.M.M.. Este factor se incrementa con el desarrollo económico de la región urbana. Al aumentar la remuneración se incrementan los beneficios.

- El valor de elasticidad (0.10). Si este valor disminuye los beneficios disminuyen.

- El valor de elasticidad se considera constante en todo el rango de cambios en la contaminación. Es esperado que el valor de elasticidad disminuya cuando la concentraciones atmosféricas disminuyan a valor pequeños, que no tengan efecto en la salud.

Materiales

- En base un plan de reducción de contaminación en un 20 % se obtiene que existe un beneficio económico del orden de 18 000 millones de pesos por disminución de los daños provocados por la contaminación en los materiales metálicos.

- Se obtiene un beneficio económico del orden de 12 000 millones de pesos por disminución de los daños provocados en la pintura de las superficies.

- Los beneficios económicos totales en menores daños a los materiales se estima en 63 000 millones de pesos.

Los factores que influyen en estos cálculos son:

- El aumento de vida útil en el acero de 7 años en un ambiente contaminado ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a un valor de 10.3 años en un ambiente con una reducción en contaminación. ($144 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

- El aumento de vida útil de una superficie pintada de 8 años en un ambiente contaminado a 10 años en un ambiente con un 20 % de reducción en la contaminación.

- El precio en el mercado del acero y de la pintura. Si se incrementa se obtienen mayores beneficios.

7.4. Estimación de costos

Remoción de Partículas

- Se estima que se requiere una inversión anualizada de 9 000 millones de pesos para disminuir un 20 % las emisiones de partículas a la atmósfera.

DISCUSION DE RESULTADOS

- Se estima que los costos operativos anuales para los sistemas de remoción de partículas son de 81 000 millones de pesos.

- Los costos totales anuales son de 90 000 millones de pesos para reducir las emisiones de partículas en un 20 %.

Los factores a considerar en los cálculos en costos en equipo son:

- La concentración de partículas (0.01 a 0.50 g/m³) en los gases de descarga de las industrias. Si la concentración disminuye es más difícil que se lleven a cabo los mecanismos de remoción en los equipos.

Los flujos típicos que manejan las principales categorías de equipo de remoción de partículas.

- El Factor de Lang (factor = 5.1) que relaciona la inversión del equipo a la inversión total del sistema. Si este factor es optimizado y por lo tanto disminuye, entonces la inversión total se disminuye.

- La depreciación lineal del equipo en 10 años.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Remoción de óxidos de azufre

- Se estima que se requiere una inversión anualizada de 6 000 millones de pesos para disminuir un 20 % las emisiones de óxidos de azufre.

- Se estima que los costos operativos anuales, para los sistemas de remoción de óxidos de azufre, son de 45 000 millones de pesos.

- Los costos totales anuales son de 51 000 millones de pesos para reducir las emisiones de óxidos de azufre en un 20 %.

Los factores a considerar en los cálculos en costos en equipo son:

- La generación de energía eléctrica a partir del consumo de combustóleo (1 kW-h = 0.38 lt). Si se mejora tecnológicamente la generación de energía eléctrica, se disminuyen los costos.

DISCUSION DE RESULTADOS

- Los costos típicos operativos de los sistemas de desulfurización.
(4 dólares/1000 kW-h)
- La depreciación lineal del equipo en 10 años.

Reducción de monóxido de carbono

- Se estima que se requiere una inversión anualizada de 10 000 millones de pesos para disminuir un 20 % las emisiones de monóxido de carbono por reemplazo e instalación del reactor catalítico en los escapes de vehículos.
- Se estima que los costos de verificación vehicular son de 13 000 millones de pesos.
- Los costos totales anuales son de 23 000 millones de pesos para reducir las emisiones de óxidos de azufre en un 20 %.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7.5. Resultados Globales

- Los beneficios son mayores que los costos involucrados en un programa de reducción de un 20 % la contaminación. La estimación de beneficios totales es de 210 000 millones de pesos. La estimación de inversión total anual requerida es de 165 000 millones de pesos.

- Se ha reportado que la industria tiene convenios concertados para el control de la contaminación con un valor de 57 000 millones de pesos.

- Comparando el valor de inversión calculada (165 000 millones de pesos) con el de inversión reportada (57 000 millones de pesos) se puede concluir que no se están asignando los suficientes recursos económicos para un reducción de al menos 20 % de la contaminación atmosférica.

- Es importante establecer que la estimación de beneficios es considerada como conservadora debido a que no están incluidos otros beneficios económicos, tales como: la disminución en daños a la flora, fauna y sistemas recreativos.

- El valor de estimación en costos se considera superior a los costos que pudieran tenerse en los sistemas reales, ya que, la mayoría de las industrias estaría en el caso de iniciar un programa de control de contaminación, lo que permite asegurar que tendría una área de oportunidad mayor para lograr fácilmente una reducción de un 20 % la contaminación

GLOSARIO

Contaminación

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudique o resulte nocivo a la vida, la flora o la fauna o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Control de la contaminación

La vigilancia, inspección y aplicación de normas para conservación del ambiente o para reducir y en su caso, evitar la contaminación del mismo.

Recursos

El término se aplica a todo lo que contribuya en la manufactura de bienes y servicios para su consumo.

Escasez

Existe cuando la demanda por algo excede su oferta a precio cero.

Eficiencia económica

Es definida como un consumo máximo de bienes y servicios dada la cantidad disponible de recursos.

Equidad

Se refiere a la justa distribución de bienes y servicios totales entre las unidades consumidoras.

Beneficio de un bien o servicio

Es el valor del bien o servicio para un consumidor.

Costo de oportunidad

consiste de los beneficios no logrados por el consumo de otro bien o servicio

Contaminación, el enfoque económico

Existe contaminación cuando la alteración del ambiente es indeseable. La contaminación es un concepto que incluye preferencias individuales o de grupo, así como, datos científicos, técnicos y biológicos.

Emisión

Cantidad descargada de un contaminante al ambiente

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que un plan de reducción de contaminación en el área metropolitana de Monterrey genera mayores beneficios que los costos involucrados.

En base a la información de los convenios concertados por la industria para el control de la contaminación y los costos para lograr una reducción de un 20 % de la contaminación; se puede aceptar la hipótesis de que en el área metropolitana de Monterrey no se han asignado suficientes recursos para reducir la contaminación.

Los inventarios de emisión demuestran que las cantidades emitidas actualmente de contaminantes son mayores que las publicadas por autoridades estatales. La principal razón es: Los valores oficiales son calculados con los niveles máximos que se desean tener en las fuentes contaminantes. Normalmente las fuentes tienen mayores concentraciones de contaminantes en los gases descargados, lo anterior se demuestra con el inventario de monóxido de carbono que se obtuvo del porcentaje de CO medido en los centros de verificación vehicular.

La información en México no es aún suficiente para el desarrollo de estudios de investigación en economía ambiental, sin embargo, se llegaron a estimados con buena precisión.

Las necesidades en información se pueden agrupar en: monitoreo del medio ambiente, mediciones en las fuentes emisoras y correlaciones entre niveles de contaminantes y los efectos en los seres vivos y materiales.

Por último; se logró dar un panorama integrador de la contaminación del aire; haciendo énfasis en los criterios económicos que engloban la problemática de los recursos ambientales, aplicando criterios ingenieriles para el dimensionamiento de sistemas de control, y llegando a resultados concretos.

BIBLIOGRAFIA

Freeman III, A. Myrick, The Benefits of Environmental Improvement Theory and Practice, Johns Hopkins University Press, (1979)

Freeman III, A. Myrick, Air and Water Pollution Control A Benefit-Cost Assessment, John Wiley & Sons. Inc., (1985)

Wark, K., y C.F. Warner, Air Pollution, Its origin and control, Harper & Row, Publishers, (1984)

Strauss, W., y S.J. Mainwaring, Contaminación del aire; causas, efectos y soluciones., Ed. Trillas, S.A. de C.V., México, D.F., 1990

Freeman III, A. Myrick, R.H. Haverman, y A.V. Kneese, The Economics of Environmental Policy, John Wiley & Sons. Inc., (1973)

Seneca, J.J., y M.K. Taussig, Environmental Economics, Prentice-Hall, Inc., (1984)

Dorfman, R., y N.S. Dorfman, Economics of the Environment, Selected Readings, W.W. Norton & Company, Inc., (1977)

Kneese, A.V., Economics and the Environment, Kingsport Press, Inc., (1977)

Peters, M.S., y K.D. Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, McGraw-Hill, Inc, (1991)

Calvert, S., y H.M. Englund, Editors of Handbook of Air Pollution Technology, John Wiley Sons, Inc., (1984)

Stern A.C., R.W. Boubel, D.B. Turner, D.L. Fox, Fundamentals of Air Pollution, Academic Press, Inc., (1984)

Referencias Bibliográficas sobre Aspectos Económicos

Schulze, W., y S. Gerking, "What do we know about benefits of reduced mortality from air pollution control?," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 71, 228-234.

Cropper, M.L., "Measuring the benefits from reduced morbidity," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 71, 235-240.

Rosen, S., "Valuing Health Risk," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 71, 241-245.

Peri, L.J., y F.C. Dunbar, "Cost effectiveness and cost-benefit analysis of air quality regulations," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 72, 208-213.

Nichols, A.L., "The importance of exposure in evaluating and designing environmental regulations: a case study," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 72, 214-219.

Hausman, J.A., y P.L. Joskow, P.L., "Evaluating the costs and benefits of appliance efficiency standards," *Amer. Econ. Rev.*, May. 1981, 72, 220-225.

Buchanan, J. M., y G. Tullock, "Polluters' profits and political response: direct control versus taxes," *Amer. Econ. Rev.*, Mar. 1975, 65, 139-147.

Coelho, P.R.P., "Polluters' profits and political response: direct controls versus taxes: comment," *Amer. Econ. Rev.*, Dic. 1976, 66, 976-978.

Main, R.S., y Ch.W. Baird, "Polluters' profits and political response: direct controls versus taxes: comment," *Amer. Econ. Rev.*, Dic. 1976, 66, 979-980.

Yohe, G. W., "Polluters' profits and political response: direct controls versus taxes: comment," *Amer. Econ. Rev.*, Dic. 1976, 66, 981-982.

Buchanan, J. M., y G. Tullock, "Polluters' profits and political response: direct control versus taxes; reply," *Amer. Econ. Rev.*, Dic. 1976, 66, 983-984.

Willig, R.D., "Consumer's surplus without apology," *Amer. Econ. Rev.*, Sept.

1976, 66, 589-597.

Oates, W.E., P. R. Portney, y A.M. McGartland, "The net benefits of incentive-based regulation: A case study of environmental standard setting," *Amer. Econ. Rev.*, Dec. 1989, 79, 1233-1242.

Brookshire, D.S., M.A. Thayer, W.D. Schulze, y R.C. d'Arge, "Valuing public goods: a comparison of survey and hedonic approaches," *Amer. Econ. Rev.*, Mar. 1982, 72, 165-177.

Lave, L.B., y E.P. Seskin, "Air pollution and human health," *Science*, Ago. 1970, 169, 723-732.

Referencias Bibliográficas Sobre Técnicas de Remoción de Contaminantes al Aire

McInnes, R., "Wiping out air pollution," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 106-107.

R. McInnes, R., S. Jelinek, S. y V. Putsche, "Cutting toxic organic chemicals," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 108-115.

McInnes, R., K. Jameson y D. Austin, "Scrubbing toxic inorganics," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 116-123.

McInnes, R., R. Van Royen, "Desulfurizing flue gases," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 124-129.

McInnes, R., y M.B. Van Wormer, "Cleaning up NO_x emissions," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 130-

Surprenant, N., "Shutting off fugitive emissions," *Chem. Eng.*, Sept. 1990, 199-

Vatavuk, W.M., "Pricing equipment air-pollution control," *Chem. Eng.*, May. 1990, 126-

Vatavuk, W.M., y Neverll, R.B., "Estimating costs of air-pollution control systems, Part II: Factors for estimating capital and operating costs," *Chem.*

Eng., Nov. 3, 1980, 157-162.

Ibid, Part III: Estimating the size and cost of pollutant capture hoods," *Chem. Eng.*, Dec. 1, 1980, 111-115.

Ibid, Part IV: Estimating the size and cost of ductwork," *Chem. Eng.*, Dec. 29, 1980, 71-73.

Ibid, Part V: Estimating the size and cost of gas conditioners," *Chem. Eng.*, Ene. 26, 1981, 127-132.

Ibid, Part VI: Estimating costs of dust-removal and water-handling equipment," *Chem. Eng.*, Mar. 23, 1981, 223-228.

Ibid, Part VII: Estimating costs of fans and accessories," *Chem. Eng.*, May. 18, 1981, 171-177.

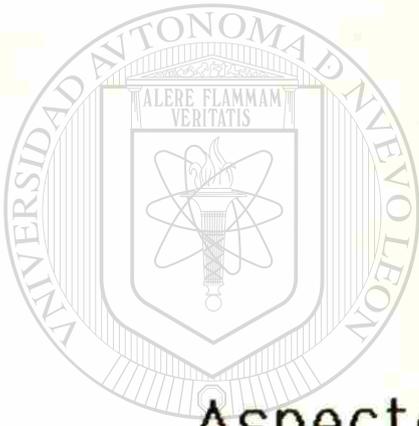
Ibid, Part VIII: Estimating costs of exhaust stacks," *Chem. Eng.*, Jun. 15, 1981, 129-130.

Ibid, Part IX: Costs of Electrostatic Precipitators," *Chem. Eng.*, Sept. 7 1981, 139-140.

Ibid, Part X: Estimating the size and cost of Venturi Scrubbers," *Chem. Eng.*, Nov. 30, 1981, 93-99.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ANEXO 1

UANL

Aspectos generales de

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

contaminación del aire

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cambios climaticos producidos por ciudades

Elemento	Comparación con ambiente rural
Temperatura	1.0 - 1.5 °F mayor
Humedad relativa	6 % más baja
Particulas de polvo	10 veces más
Nublados	5 - 10 % más
Radiación	15 - 20 % menos
Velocidad de viento	20 - 30 % menos
Precipitación	5 - 10 % más

Fuente: Petersen, J.T., The Climates of Cities, Public Health Service, NAPCA, Raleigh, N.C., 1969.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Efectos de los Contaminantes del Aire en la Salud. Control de la

- HC - Trastornos en el sistema respiratorio; algunos producen cancer
- CO - Afecta al sistema nervioso central y provoca cambios funcionales cardiacos, pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte.
- NOx - Irrita los pulmones; agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- Pb - Se acumula en los organos del cuerpo; causa anemia, lesiones en los riñones y el sistema nervioso central (saturnismo).
- PST - Irritacion en las vias respiratorias; agrava el asma y enfermedades cardiovasculares. Su acumulacion en los pulmones origina silicosis y asbestosis.
- SOx - Irritacion en los ojos y el tracto respiratorio y reduce las funciones pulmonares y agrava el asma, la bronquitis cronica y el enfisema.
- Ozono - Irritacion en los ojos y el tracto respiratorio, agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

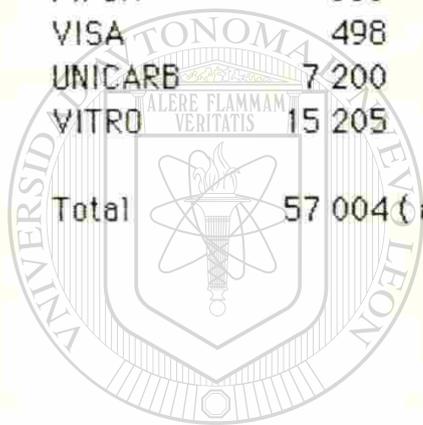
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Inversiones en Convenios Concertados para el Control de la Contaminación Atmosférica en el A.M.M., 1991.

Empresa Millones de pesos

PYOSA	4 944
NEMAK	1 631
ACUMEX	5 593
HYLSA	18 160
CEMEX	2 780
PIPSA	993
VISA	498
UNICARB	7 200
VITRO	15 205

Total 57 004 (aproximadamente 20 millones de dolares)



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SEQUE
NUEVO LEON

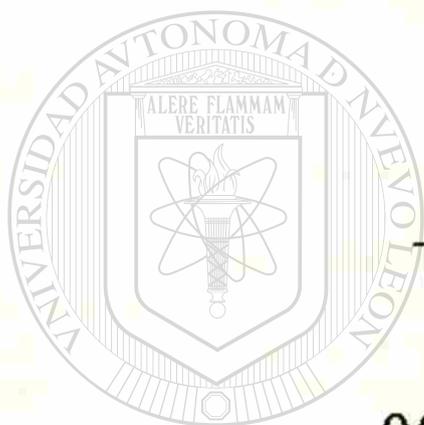
SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA
SUBDELEGACION DE ECOLOGIA

DEPARTAMENTO DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION
AMBIENTAL

NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS/LEY GRAL. DE EQUILIBRIO ECOL. Y PROTECCION AL AMB.

NORMA TECNICA ECOLOGICA	PARA EMISIONES CONTAMINANTES PROVENIENTES DE:	TIPO DE EMISION	TIPO DE INSTALACION (CAPACIDAD)	NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION	
				PLANTAS ESTABLECIDAS	PLANTAS NUEVAS
NTE - CCAT - 010/88 14 DE DICIEMBRE DE 1988	ESCAPE DE MOTORES NUEVOS EN PLANTA QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE, UTILIZADOS PARA LA PROPULSION DE VEHICULOS AUTOMOTORES.	OPACIDAD DEL HUMO (UNIDADES HARTRIDGE) - VER EQUIVALENCIA EN MONOGRAMA DE CONVERSION DE UNIDADES EN PAG. 14 DEL DIARIO OFICIAL, DIC. 14 DE 1988			50
NTE - CCAT - 011/88 14 DE DICIEMBRE DE 1988	ESCAPE DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE.	OPACIDAD DEL HUMO (UNIDADES HARTRIDGE)	FLUJO NOMINAL (L / SEG.)		
			≤ 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 ≥ 200	76.1 75.1 74.2 73.3 72.5 71.6 70.7 70.1 69.5 68.8 68.1 67.6 67.0 66.5 65.9 65.4 64.8 64.5 63.9 63.4 62.9 62.6 62.2 61.9 61.3 61.2 60.7 60.3	
NTE - CCAT - 012/88 14 DE DICIEMBRE DE 1988	PROCESOS DE PRODUCCION DE ACIDO DODECILBENCENSULFONICO EN FUENTES FIJAS.	BIOXIDO DE AZUFRE NEBLINA DE TRIOXIDO DE AZUFRE Y ACIDO SULFURICO (EXPRESADO COMO ACIDO DODECILBENCENSULFONICO.)		3.0	2.0
NTE - CCAT - 013/88 7 DE JUNIO DE 1988	ESTABLECE LAS CARACTERISTICAS DEL EQUIPO Y PROCEDIMIENTOS DE MEDICION, PARA LA VERIFICACION DE LOS NIVELES DE EMISION DE CONTAMINANTES PROVENIENTES DE VEHICULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACION QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE CUYOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES ESTAN DETERMINADOS POR LA NTE-CCAT-003/88			1.2	1.2
NTE - CCAM - 001/88 19 DE OCTUBRE DE 1988	QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN EL AIRE.		VER PAG. 14 - 18 DEL DIARIO OFICIAL DE MIERCOLES 19 DE OCTUBRE DE 1988		
NTE - CCAM - 002/88 14 DE DICIEMBRE DE 1988	QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE PARTICULAS SUSPENDIDAS EN EL AIRE.		VER PAG. 31 - 41 DEL DIARIO OFICIAL DE MIERCOLES 14 DE DICIEMBRE DE 1988		

ANEXO 2



Términos económicos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Qué es Elasticidad

En la aplicación de estimación de beneficios de una reducción de contaminación del aire la elasticidad es el cambio porcentual de mortalidad asociado con un cambio del 1 % de una variable de contaminación.

Ecuación:

$$E = (\Delta M / M) / (\Delta P / P) = (\Delta M / \Delta P) (P / M)$$

donde:

E es la elasticidad

P es una medición de un parámetro de contaminación

M es la tasa de mortalidad

entonces:

$$E = (\% \text{ de Reducción Tasa de Mortalidad}) / (\% \text{ Reducción Contaminación})$$

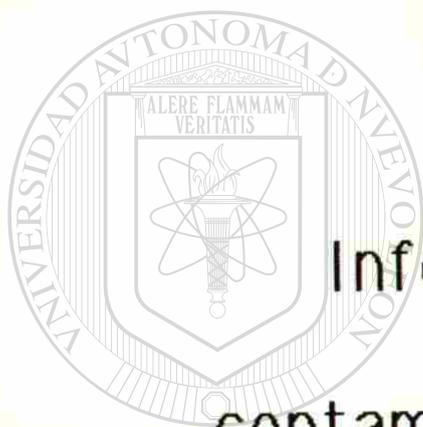
En la realidad la elasticidad (E) varía con la contaminación (P) ya que la relación P/M no es constante. La elasticidad debe subir a mayor contaminación ya que si la contaminación fuera igual a cero se tendría una mortalidad con un valor mayor de cero.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

ANEXO 3



Información de contaminación de aire

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
en E.U.A.®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

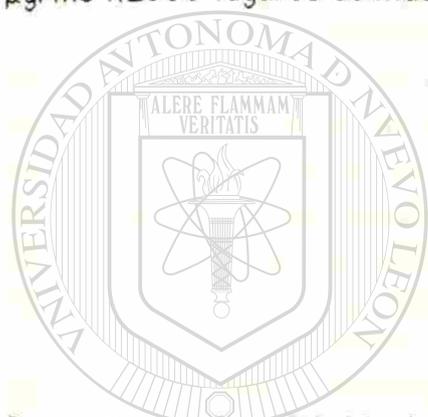
Calidad del Aire en los Estados Unidos de 1970 a 1978

Se toman como referencia los niveles de calidad del aire en 1970, el año que se aprobó la Ley del Aire Limpio.

La base conceptualmente correcta para estimar los beneficios de una política de control consiste en comparar los niveles reales de contaminación del año en cuestión, con un pronóstico de cuáles habrían sido, en ese año, los niveles sin una política de control.

Contaminantes de fuentes fijas (industriales)

Promedio anual de las concentraciones de partículas en suspensión en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2350 lugares de muestreo)



1970 -	70.4
1971 -	69.6
1972 -	67.1
1973 -	65.4
1974 -	62.5
1975 -	60.8
1976 -	61.8
1977 -	61.0

Promedio anual de dióxido de azufre en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (722 lugares de muestreo)

1972 -	23.0
1973 -	21.4
1974 -	20.7
1975 -	20.4
1976 -	19.7
1977 -	19.4

Las tablas muestran las mediciones de la concentración de partículas en suspensión correspondientes a los años de 1970 al 76 y las de dióxido de azufre para los años de 1972 al 77.

La contaminación causada por partículas se redujo entre el 12 y el 17 %.
La contaminación causada por dióxido de azufre se redujo entre el 16 y el 23 %.

La National Economic Research Associates (NERA, 1980) ha utilizado un enfoque de modelado más completo para estimar las diferencias en las emisiones de 1978, de entre los resultados de la política actual y lo que habría sucedido sin la reglamentación de 1970. Se halló que para partículas en suspensión, se asociaba una reducción del 1% en emisiones con una reducción del 0.22 % en concentraciones ambientales. Para el dióxido de azufre una reducción del 1 % en emisiones, producía el resultado de una reducción de 0.05 % en las concentraciones ambientales. Utilizando estas relaciones se concluye que a la reglamentación debía atribuirse un 18 % en reducción en las concentraciones del dióxido de azufre y una reducción del 27 % en las partículas en suspensión.

Los niveles de contaminación ambiental se supone habrían de reducir de manera proporcional las emisiones, sin embargo, la relación entre las emisiones nacionales y los niveles nacionales promedio de la calidad del aire, no es una relación de proporcionalidad sencilla. En tanto que los niveles de partículas bajaron entre el 12 y 17 % de 1970 a 1977, las emisiones de partículas bajaron un 44 %. La reducción del 15 % al 23 % en los niveles de dióxido de azufre entre 1972 y 1977, fue acompañada por una reducción en emisiones nacionales de compuestos de azufre de sólo un 8% (Environmental Protection Agency, EPA, 1978).

Contaminantes procedentes de fuentes móviles (automotores)

Informes del Council on Environmental Quality, CEQ, 1980 y la EPA, 1980 no muestran descenso alguno en las concentraciones promedio anuales de ozono máximo diario, ya sea en la nación como un todo o en las estaciones de supervisión de California.

Como existe evidencia de que nada apoya la hipótesis de efectos umbral ni daños crónicos causados por oxidantes y otros contaminantes, se supone que no ha habido mejoramiento alguno en la medición del ozono, durante el periodo de 1970-78.

El CEQ estima una disminución de un 33 % en el promedio anual de concentraciones diárias máximas entre 1973 y 1978. Sin embargo, no se ha hallado ninguna base empírica para atribuir beneficios significativos a niveles reducidos de monóxido de carbono.

"Puesto que las tendencias en las concentraciones anuales de dióxido de nitrógeno parece ser tan sensibles a los criterios de selección, cuando no hay datos suficientes, no se incluye este año" (CEQ,1980). Por esta razón, y porque la EPA, 1980 informa de un aumento de un 18 % en las emisiones de dióxido de nitrógeno, no se atribuyen beneficios de ninguna especie al control de los óxidos de nitrógeno.

Costo económico de mortalidad prematura en 1960 para E.U.A.

Edad	Hombre	Mujer
10	42 800	12 100
20	66 300	17 600
30	72 100	18 800
40	59 200	16 400
50	39 410	9 900
60	16 300	3 500
70	1 700	350

^a Valor Presente de futuras ganancias

Tasa de descuento de 5 %

Fuente: Ridker, R.G., Economic Costs of Air Pollution, Praeger: New York, 1967

Costos totales anuales de contaminación por tipos de contaminantes y efectos en E.U.A para 1968 (MM de dólares)

Efectos	SOx	Partículas	Oxidantes	NOx	Total
Propiedad residencial	2808	2392	-----	-----	5200
Materiales	2202	691	1127	732	4752
Salud	3272	2788	-----	-----	6060
Vegetación	13	7	60	40	120
Total	8295	5878	1187	772	16132

^a Valor desconocido

Fuente: Barrett, L.B., y Waddell T.E., "The Cost of Air Pollution Damages: A Status Report" (April, 1971). In Cumulative Regulatory Effects on the Cost of Automotive Transportation (RECAT). Office of Science and Technology: Washington, D.C., 1972.

Costos totales anuales de contaminación por tipos de fuentes y efectos en E.U.A para 1968 (MM de dólares)

Efectos	A	B	C	D	E	Total
Propiedad residencial	2802	156	1248	104	884	5200
Materiales	1853	1093	808	143	855	4752
Salud	3281	197	1458	119	1005	6060
Vegetación	47	28	20	4	21	120
Total	7983	1474	3534	370	2765	16132

A - Combustión

D - Desechos

B - Transporte

E - Varios

C - Industria

^a Valor desconocido

Fuente: Barrett, L.B., y Waddell T.E., "The Cost of Air Pollution Damages: A Status Report" (April, 1971). In Cumulative Regulatory Effects on the Cost of Automotive Transportation (RECAT). Office of Science and Technology: Washington, D.C., 1972.

Costo total de salud anual de contaminación de aire (1963)^a para E.U.A. (MM de dólares)

		Coefficiente ^b
Bronquitis	1000	0.50
Otras enfermedades respiratorias	2888	0.25
Cancer de pulmón	132	0.25
Otros canceres	2380	0.15
Enfermedades cardiovasculares	4680	0.10
Total	10180	

^a Costo de muerte prematura, tratamiento y ausentismo

^b Para 50% de reducción en niveles de contaminación del aire en 114 SMSA

Información sobre Deterioro de Materiales

- * La vida de la estructura metálica de una línea de potencia se reduce un tercio debido a SO_2 en áreas contaminadas.
- * Un aumento en concentración de partículas de 60-65 a 176 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ resulta en tres veces mayor corrosión de muestras de acero.
- * El secado de pintura es inhibido por 1 - 2 ppm de SO_2 .

Costo anual del deterioro de material por contaminación de aire en E.U.A.

Material	Interacción anual	Material expuesto (millones de dólares)	Pérdida económica
Acero	-----	-----	1400
Pintura	0.05	23 900	1195
Elastómeros	-----	-----	380
Concreto	0.001	316210	316
Níquel	0.025	10400	260
Algodón	0.04	3800	152
Tintes	-----	-----	206
Hoja lata	0.026	5530	144
Aluminio	0.0021	54080	114
Cobre	0.0020	54880	110
Total			4752

Fuente: Midwest Research Institute, Systems Analysis of the Effects of Air Pollution on Materials, EPA Contract No. CPA-22-69-113, Final Report January 1970.

"interacción anual" es la fracción pérdida del material expuesto

"Material expuesto" = (Valor de la Producción anual del material) X
 (Vida económica en años) X
 (Índice de exposición) X
 (Contenido de Mano de Obra)

Ej. de Cobre:

Valor de la Producción = 2041 millones de dolares

Material expuesto = 2 041 x 22 x 0.5 x 2.4 = 54 880 millones de dls.

ANEXO 4



Información sobre Estados Unidos Mexicanos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANEXO: Información sobre los Estados Unidos Mexicanos

Superficie territorial - 1 958 201 km²

Extensión de los límites de los EUM.

Frontera con EUA	- 3326 km
Frontera con Guatemala y Belice	- 1122 km
Litoral del Océano Pacífico	- 7338 km
Litoral del Océano Atlántico	- 2805 km

Sistema Montañoso

	Extensión (km)	Altura (m)
Sierra Madre Occidental	1 250	2 200
Sierra Madre del Sur	1 200	
Sistema Volcánico Transversal	880	5 100
Sierra Madre Oriental	1 350	2 200
Sierra de Baja California	1 250	
Sierra de Chiapas	280	1 500

Climas

	% Area	Estados
Cálido húmedo	4.8	Veracruz, Tabasco, Campeche
Cálido subhúmedo	23.0	Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Yucatán.
Templado	23.1	Tamaulipas, Chiapas, Puebla, Oaxaca, Guerrero.
Seco	28.0	Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas Durango
Muy Seco	20.8	Baja California, Sonora, Puebla y San Luis Potosí

Fuente: INEGI, Agenda Estadística, 1990.

Evolución histórica de la población

Año	Población	Nacimientos	Muertes	Crecimiento
1930	16 552 722	819 814	441 717	378 097
1940	19 653 552	875 471	458 906	416 565
1950	25 791 017	1 174 947	418 430	756 517
1960	34 923 129	1 608 174	402 545	1 205 629
1970	48 225 238	2 132 630	485 656	1 646 974
1980	66 846 833	2 428 499	434 465	1 994 034
1990	81 140 922	2 122 000	514 000	1 608 000

Fuente: CONAPO-INEGI, Agenda Estadística 1988

Tasas de Crecimiento medio anual en %.

Año	Total	Urbana	Rural
1930	1.7	2.6	1.3
1940	1.8	3.3	1.5
1950	2.7	4.6	1.5
1960	3.1	4.9	1.5
1970	3.4	5.0	1.5
1980	3.2	5.0	0.8
1990*	1.9	3.0	-0.6

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

* Dato estimado

Fuente: NAFINSA, La economía mexicana en cifras, 1988.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Distribución de la Población por edad, 1990

Grupo	%
0 - 9	24.4
10 - 19	24.8
20 - 29	18.8
30 - 39	12.8
40 - 49	7.9
50 - 59	5.3
60 y más	6.0

Fuente: INEGI, Agenda Estadística, 1990.

Superficie, habitantes y densidad de población por estados, 1990.

E.U.A.	Superficie,km ²	%	Población	%	Densidad
E.U.A.	1 958 201	100	81 141 922	100	41.25
D. F.	1 479	0.1	8 236 960	10.14	5495
México	21 355	1.1	9 815 901	12.09	475
Morelos	4 950	0.2	1 195 381	1.47	242
Tlaxcala	4 016	0.2	763 683	0.94	195
Guanajuato	30 491	1.5	3 980 204	4.91	130
Aguascalientes	5 471	0.3	719 650	0.89	129
Puebla	33 902	1.7	4 118 059	5.08	121
Nuevo León	64 924	3.3	3 086 466	3.80	48

Fuente: CONAPO-INEGI, 1990

Población Total y Población Económicamente Activa, PEA, 1960-1990

Año	Población en miles	PEA en miles	%
1960	34 923	11 253	32.22
1970	48 225	12 955	26.86
1980	66 847	22 066	33.00
1990	81 141	26 000	32.04

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Participación Porcentual del PEA por sectores, 1960-1990

Año	Agropecuario	Industrial	Servicios
1960	54.1	19.0	26.9
1970	39.4	22.9	37.7
1980	25.8	20.2	54.0
1990	23.1	21.1	55.8

Fuente: INEGI, Censos Generales de Población y Vivienda

Incremento del Producto Interno Bruto, 1940-1990

Años Incremento Anual Promedio (%)

1941-1946	6.1
1947-1952	5.7
1953-1958	6.3
1959-1964	6.7
1965-1970	6.8
1971-1976	6.0
1977-1982	6.0
1983-1988	0.1
1989-1990	3.0

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Promedio de Participación Anual de los Sectores Agropecuario e Industrial en el PIB

Años Agropecuario Industrial

1941-1946	18.9	24.6
1947-1952	18.4	26.3
1953-1958	17.6	27.3
1959-1964	15.3	29.6
1965-1970	12.8	32.9
1971-1976	10.2	35.3
1977-1982	9.1	35.8
1983-1988	9.0	33.4
1989-1990	8.9	32.3

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Tasa Promedio Anual de Crecimiento (%) en los ramos del Sector Industrial, 1941-1990

Rama del Sector	%
Electricidad	9.3
Petróleo y Gas	8.7
Construcción	7.6
Transformación	6.9
Extractiva	2.5

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Índice Nacional de Precios al Consumidor, 1971-1990

Año	Incremento Anual (%)	Índice con Referencia al año de 1970
1970		100.0
1971	5.2	105.2
1972	5.0	110.5
1973	15.7	127.8
1974	21.9	155.8
1975	10.5	172.1
1976	27.2	219.0
1977	20.7	264.3
1978	16.2	307.1
1979	20.0	368.5
1980	29.8	478.4
1981	28.7	615.7
1982	98.8	1 223.9
1983	80.8	2 212.9
1984	59.2	3 522.9
1985	63.7	5 766.9
1986	105.7	11 862.6
1987	159.2	30 747.9
1988	51.7	46 644.5
1989	19.7	55 833.5
1990	30.0	72 583.6

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Capacidad Instalada de Termoeléctricas

Año Capacidad (MW)

1982	14 953
1983	15 505
1984	16 023
1985	17 484
1986	17 977
1987	18 929
1988	23 954

Fuente: INEGI, Agenda estadística, 1990.

Participación Porcentual de las Principales Enfermedades como Causas de Muerte

Año	A	B	C	D	E
1940	43.1	3.7	20.0	4.7	1.2
1950	34.6	6.2	20.7	5.1	2.0
1960	25.6	8.5	19.3	5.3	3.4
1970	23.1	10.5	21.8	5.6	4.0
1980	13.7	16.4	13.5	7.1	6.5
1983	12.9	17.2	11.9	8.2	7.8

A - Infecciosas y Parasitarias

B - Del Aparato Circulatorio

C - Del Aparato Respiratorio

D - Del Aparato Digestivo

E - Tumores

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas, 1990.

Inventario de Emisiones en la Cd. de México

Tipo	Vehículos (%)					Industria %	Total % - M ton/año
	A	B	C	D	Tot		
CO	54	13	1	31	99	1	100 - 3549
HC	61	14	1	13	89	11	100 - 335
NOx	34	8	3	19	64	36	100 - 270
SO2	0	0	0	2	2	98	100 - 445
Polvos	0	0	1	8	9	30*	100 - 428
TOTAL							- 5027

A - Particular B - Taxi C - Autobús D - Camión

Fuente: SEDUE, Informe de Ecología, 1988.

Índice de Motorización, en 1980, vehículos por habitante.

	Autos	Camiones y Autobuses	Total
USA	0.54	0.15	0.69
Japón	0.20	0.12	0.32
México	0.06	0.02	0.09
Monterrey	0.09	0.03	0.12
Argentina	0.12	0.03	0.15

Fuente: Robert Jourard (1990), "Contaminación del aire debido al tránsito vehicular en los países en vías de desarrollo", El Viajero Urbano, Año 3, Num. 10, Agosto 1991. Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León.

Porcentaje de Vehículos según el tipo, en 1987.

	Cd. México	Monterrey
Vehículos Particulares	86	76
Taxis	4	--
Autobuses	1	5
Camiones	9	19
Bicicletas	--	--

Fuente: Robert Jourard (1990), "Contaminación del aire debido al tránsito vehicular en los países en vías de desarrollo", El Viajero Urbano, Año 3, Num. 10, Agosto 1991. Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León.

Distribución porcentual de vehículos registrados, según tipo y uso, 1986-1989.

	86	87	88	89
Vehículos Part.	65.0	64.7	65.4	65.1
Taxis	2.3	2.5	2.5	2.5
Autobuses	1.1	1.1	1.0	1.0
Camiones	28.6	28.9	28.5	29.0
Motocicletas	3.0	2.8	2.6	2.4
Total	100	100	100	100

MM de Vehículos 7.73 7.93 8.55 8.98

Fuente: INEGI, Agenda estadística, 1990

Distribución porcentual del desplazamiento de personas en la Ciudad de México, 1987.

	%		%
Metro	29.2	Taxi	0.7
Autobus	41.1	Particular	19.1
Trolebus	1.3	Bicicleta	0.4
Taxi colectivo	8.2		

Fuente: Robert Joumard (1990), "Contaminación del aire debido al tránsito vehicular en los países en vías de desarrollo", *El Viajero Urbano*, Año 3, Num. 10, Agosto 1991. Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León.

Distribución porcentual del kilometraje recorrido por vehículos en la Ciudad de México, 1987.

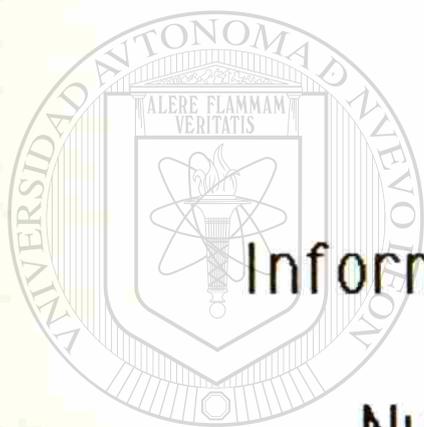
	%		%
Autobus	2	Particular	67
Taxi	16	Camión	15

Fuente: Robert Joumard (1990), "Contaminación del aire debido al tránsito vehicular en los países en vías de desarrollo", *El Viajero Urbano*, Año 3, Num. 10, Agosto 1991. Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ANEXO 5



Información sobre

Nuevo León

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Información histórica sobre Nuevo León

Superficie territorial: Nuevo León - 64 924 km²
 Estados Unidos Mex. - 1 958 201 km²

Población Total, Urbana y Rural y densidad

Año	Total	Urbana	Rural	Densidad
1940	541 147	237 725	303 422	8.34
1950	740 191	413 911	326 280	11.40
1960	1 078 848	759 061	319 787	16.62
1970	1 694 689	1 296 843	397 846	26.10
1980	2 513 044	2 197 288	315 756	38.71
1990	3 098 736	2 850 837	247 899	47.73

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Evolución histórica de la población

Año	Población	Nacimientos	Muertes	Crecimiento
1940	541 147	24 523	9 766	14 757
1950	740 191	32 416	8 592	23 824
1960	1 078 848	51 012	9 066	41 946
1970	1 694 689	75 054	12 540	62 514
1980	2 513 044	81 278	12 171	69 107
1990	3 098 736			

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Tasas de Crecimiento medio anual en %.

Decada	Total	Urbana	Rural
1940-1950	3.2	5.7	0.7
1950-1960	3.8	6.3	-0.2
1960-1970	4.6	5.5	2.2
1970-1980	4.0	5.4	-2.3
1980-1990	2.1	2.6	-2.4

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Tasas de Natalidad y Mortalidad por 1000 habitantes

Año	Nacimientos	Muertes
1940	44.9	17.4
1950	43.7	11.6
1960	47.2	8.4
1970	43.4	7.3
1980	32.3	4.8

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tasas de Mortalidad Infantil por 1000 nacimientos

Año	Muertes	Tasa
1940	2 605	106.2
1950	2 622	80.9
1960	3 048	59.8
1970	3 918	52.0
1980	2 417	

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Población Total y Población Económicamente Activa, PEA, 1940-1990

Año	Población	PEA	%
1940	541 147	164 121	30.3
1950	740 191	238 438	32.2
1960	1 078 848	366 098	33.9
1970	1 694 689	491 829	29.1
1980	2 513 044	803 764	32.0
1990	3 098 736	1 047 683	33.8

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Población, Extensión y Densidad de Población del Área Metropolitana de Monterrey

Año	Habitantes	Hectareas	Habs/km ²
1943	241 250	3 022	7 983
1953	443 390	4 774	9 288
1963	850 000	7 630	11 140
1980	2 972 110	42 549	6 985
1990	2 531 667		
2010*	5 000 000	70 000	7 143

* Estimado

Fuente: La Metropoli, "La Tierra", Colección Ecología en Monterrey, Editora El Sol, Junio 2, 1991.

Salario mínimo diario en Nuevo León en pesos corrientes

Año	AMM	Resto Estado
1970	31.50	22.72
1975	62.10	44.05
1980	150.0	118.74
1985	1150	1015
1987	5210	4690
1989	8475	7649
1990	9325	8405

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Vehículos Registrados, por tipo

Año	Autos	Autobuses	Camiones	Motocicletas
1985	253 584	3 644	100 441	8 962
1986	262 456	3 825	105 463	10 306
1987	272 581	3 953	110 589	10 630
1988	283 315	4 130	116 426	11 128
1990	325 807	2 822	149 590	

Fuente: INEGI, Estadísticas históricas de México, 1990.

Información sobre Nuevo León (1990)

Superficie territorial - 64 924 km² (3.3 % de E.U.M.)

Población

Urbana	2 850 837 hab
Rural	247 899 hab
Total	3 098 736 hab (3.8 % de E.U.M.)

Densidad de población 47.73 hab/km²

Tasas de Crecimiento medio anual, 1980-1990.

Urbana	2.6 %
Rural	-2.4 %
Total	2.1 %

Tasa de natalidad por 1000 habitantes, 1980 32.3

Tasa de mortalidad por 1000 habitantes, 1980 4.8

Salario mínimo diario

A.M.M.	9 325 pesos
Resto Estado	8 405 pesos

Distribución de la población por edad

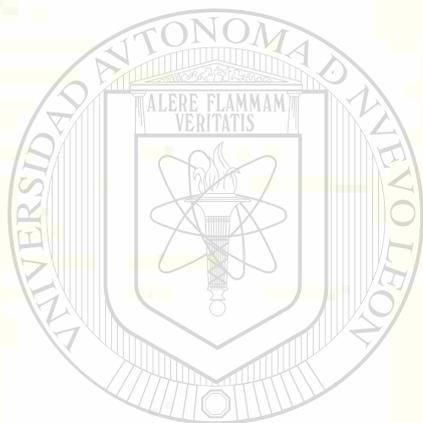
Grupo	%
0 - 9	22.0
10 - 19	24.5
20 - 29	19.5
30 - 39	13.1
40 - 49	8.6
50 - 59	5.7
60 y más	6.6

Población económicamente activa, PEA, 1 047 683 (33.8 %)

Vehículos registrados por tipo

Autos	325 807
Autobuses	2 822
Camiones	149 590
Total	478 219

Fuente: INEGI, Agenda estadística, 1990.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Información del Area Metropolitana de Monterrey

Extensión 1 500 km²

Población 2 531 667

Densidad de Población 5 063 hab/km²

Fuentes de los Contaminantes al Aire en el A.M.M., 1991.

Fundiciones	417	HC, CO, NO _x , Pb, PST, SO _x
Industrias de Plástico y Hule	454	HC
Industrias Químicas	508	HC, NO _x , PST
Industrias de Muebles	393	HC, PST
Industrias del Vestido	51	HC, PST
Fabricación de Fibra de Vidrio	39	HC, PST
Vehículos de Gasolina	600 000	HC, CO, Pb,
Industrias Metal-Mecánica	1306	CO, PST
Industrias de Papel y Cartón	70	CO, PST, SO _x
Industrias de Minerales No-metales	456	NO _x , PST, SO _x
Vehículos Diesel	3 000	NO _x , PST, SO _x
Combustión Doméstica	---	---
Industrias de Alimentos y Bebidas	408	PST
Industrias del Vidrio	85	PST

HC - Hidrocarburos

NO_x - Oxidos de Nitrógeno

PST - Partículas Suspendidas Totales

CO - Monóxido de Carbono

Pb - Plomo

SO_x - Oxidos de Azufre

Contaminación y Transporte Urbano en el A.M.M., 1991.

Unidades	DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS		
	Autos 600 000	Camiones 3 000	Metro 48
Consumo diario de Energéticos	4 000 000 litros gasolina	1 800 000 litros diesel	43 333 kilowatts
Participación en la Contaminación (%)	50	13	0
Vida útil, años	7-10	5	30-40
Flujo humano (%)	34	60	6
Índice de ocupación diario por unidad	1.3	45	108

Fuente: La Metropoli, "La Tierra", Colección Ecología en Monterrey
 Editora El Sol, Junio 2, 1991.

Promedio de Emisión y Nivel Máximo Permisible (NTE-CCAT-003/88) de CO e HC obtenidos en los Centros de Verificación Vehicular operados del 20 de Enero al 12 de Diciembre de 1990.

Modelo	CO % vol	Max	HC ppm	Max
1979-antes	4.3	6.0	590	700
1980-1986	3.4	4.0	480	500
1986-despues	4.8	3.0	340	400
Promedio global	4.0		480	

Inversiones en Convenios Concertados para el Control de la Contaminación Atmosférica en el A.M.M., 1991.

Empresa	Millones de pesos
PYOSA	4 944
NEMAK	1 631
ACUMEX	5 593
HYLSA	18 160
CEMEX	2 780
PIPSA	993
VISA	498
UNICARB	7 200
VITRO	15 205
Total	57 004

(aprox. 20 millones de dolares)

Fuente: La Metropoli, "La Tierra", Colección Ecología en Monterrey
 Editora El Sol, Junio 2, 1991.

Consumo de Combustibles por sectores en Nuevo León, 1988.

Sector	Gas Natural		Combustóleo		Diesel	
	%	MMBPe	%	MMBPe	%	MMBPe
Energético	35.04	5.61	58.16	6.63	0.55	0.02
Industrial	49.28	7.89	41.84	4.77	0.27	0.01
Transporte	-----	-----	-----	-----	99.18	3.64
Residencial	15.68	2.51	-----	-----	-----	-----
Total	100.00	16.01	100.0	11.40	100.00	3.67

MMBPe = barriles de petróleo equivalente.

Fuente: Panorama Energético, Agosto 1989.

Consumo de Gasolina, Gas Licuado, Turbosina y Kerosina por sectores en Nuevo León, 1988.

Combustible	Sector	%	MMBPe
Gasolina	Transporte	100.00	8.21
Gas Licuado	Residencial	100.00	0.73
Turbosina	Transporte	100.00	0.52
Kerosina	Residencial	100.00	0.31

Consumo de Combustibles en Nuevo León, 1988.

Combustible	Sector	MMBPe	Equivalencia	Flujo volumétrico
Gas Natural	Industrial	16.01	13586 m ³	217 512 MM m ³
Combustóleo	Energético	11.40	128 litros	1459 MM litros
Diésel	Transporte	3.67	139 litros	510 MM litros
Gasolina	Transporte	8.21	157 litros	1289 MM litros
Gas Licuado	Residencial	0.73		
Turbosina	Transporte	0.52	145 litros	75 MM litros
Kerosina	Residencial	0.31	145 litros	45 MM litros

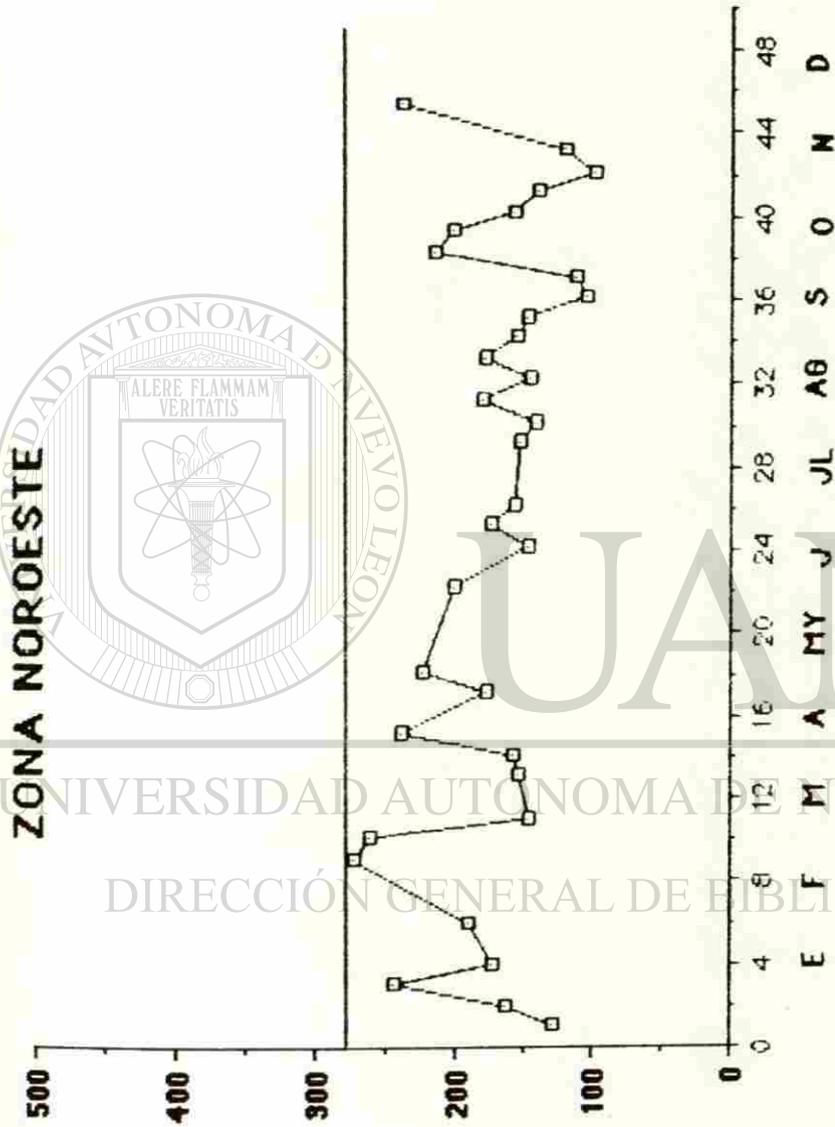
MMBPe = barriles de petróleo equivalente.

Fuente: Panorama Energético, Agosto 1989.

Producción de Energía Eléctrica en Nuevo León, 1988

Energía Eléctrica = 3.88 MMBPe MM Bpe 166491 kWh
 Energía Eléctrica = 5 785 MM kWh

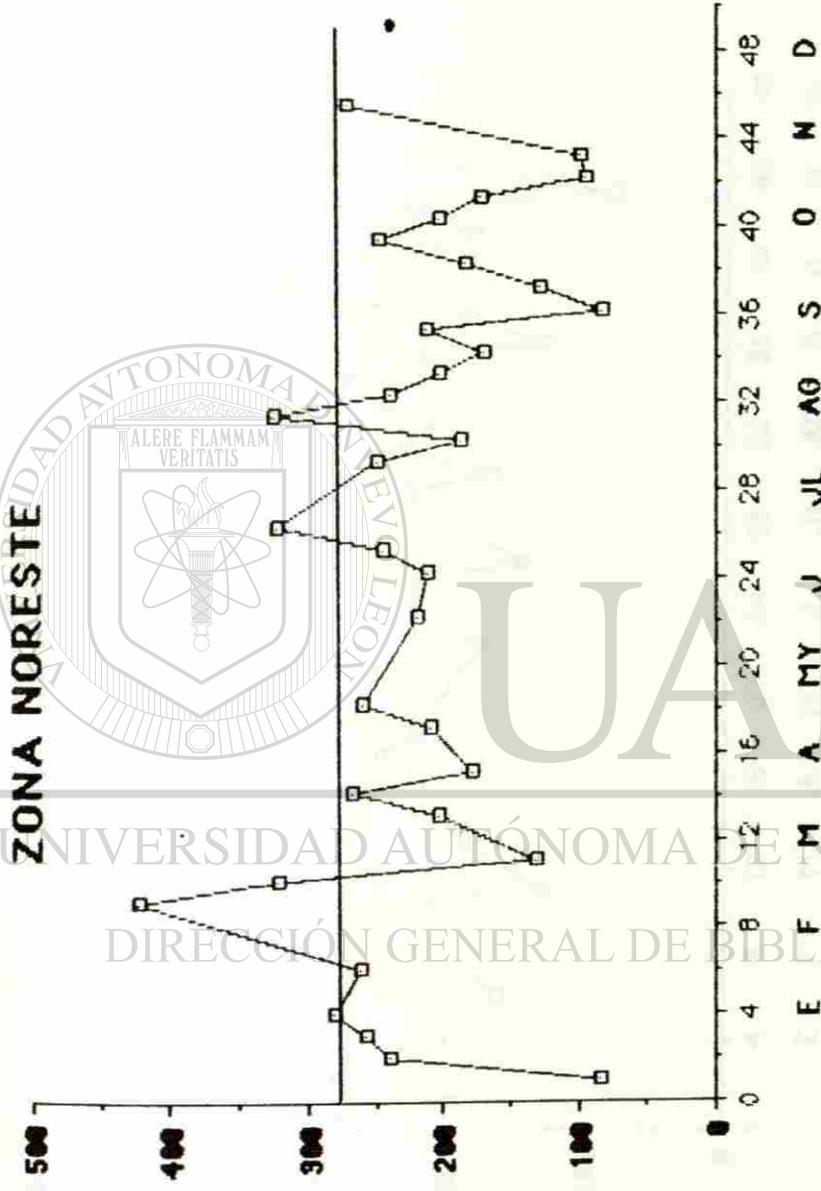
PARTICULAS



FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA E. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

MS/M3

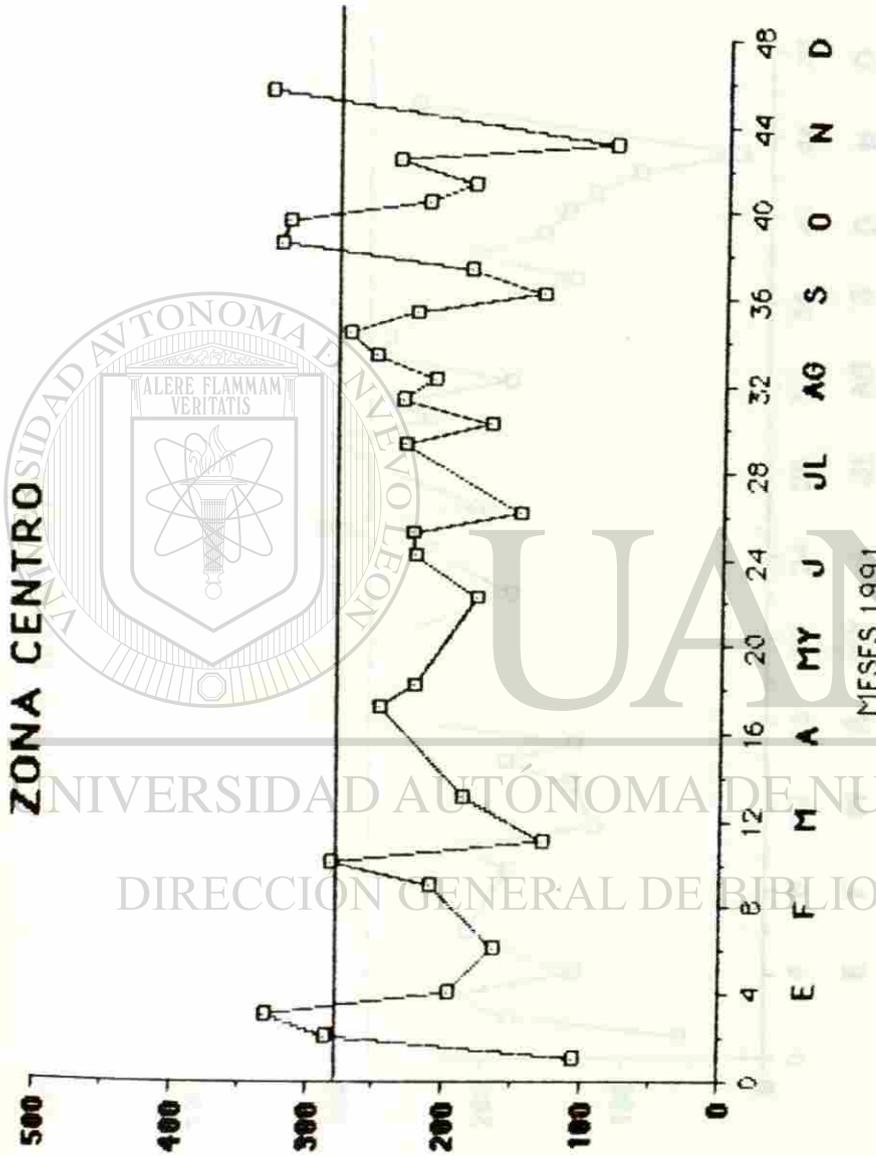
PARTICULAS



15/13

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA P. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

PARTICULAS

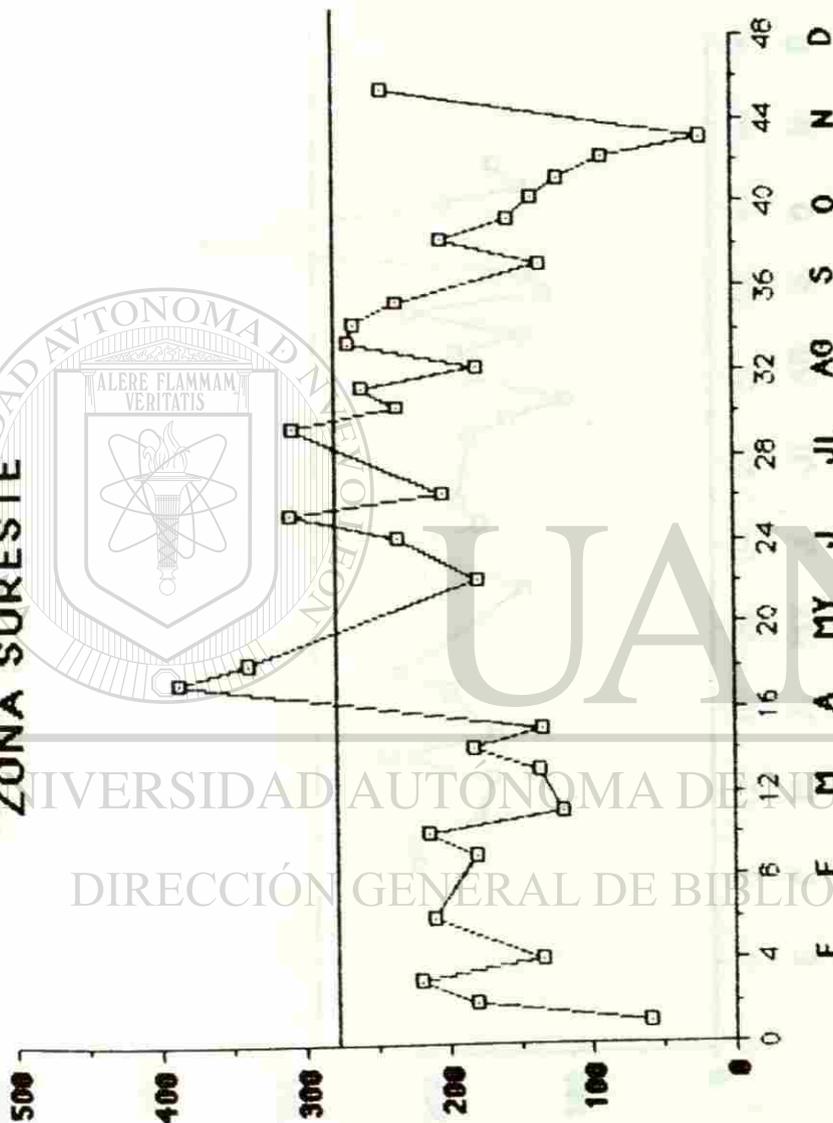


FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

MG/M3

PARTICULAS

ZONA SURESTE



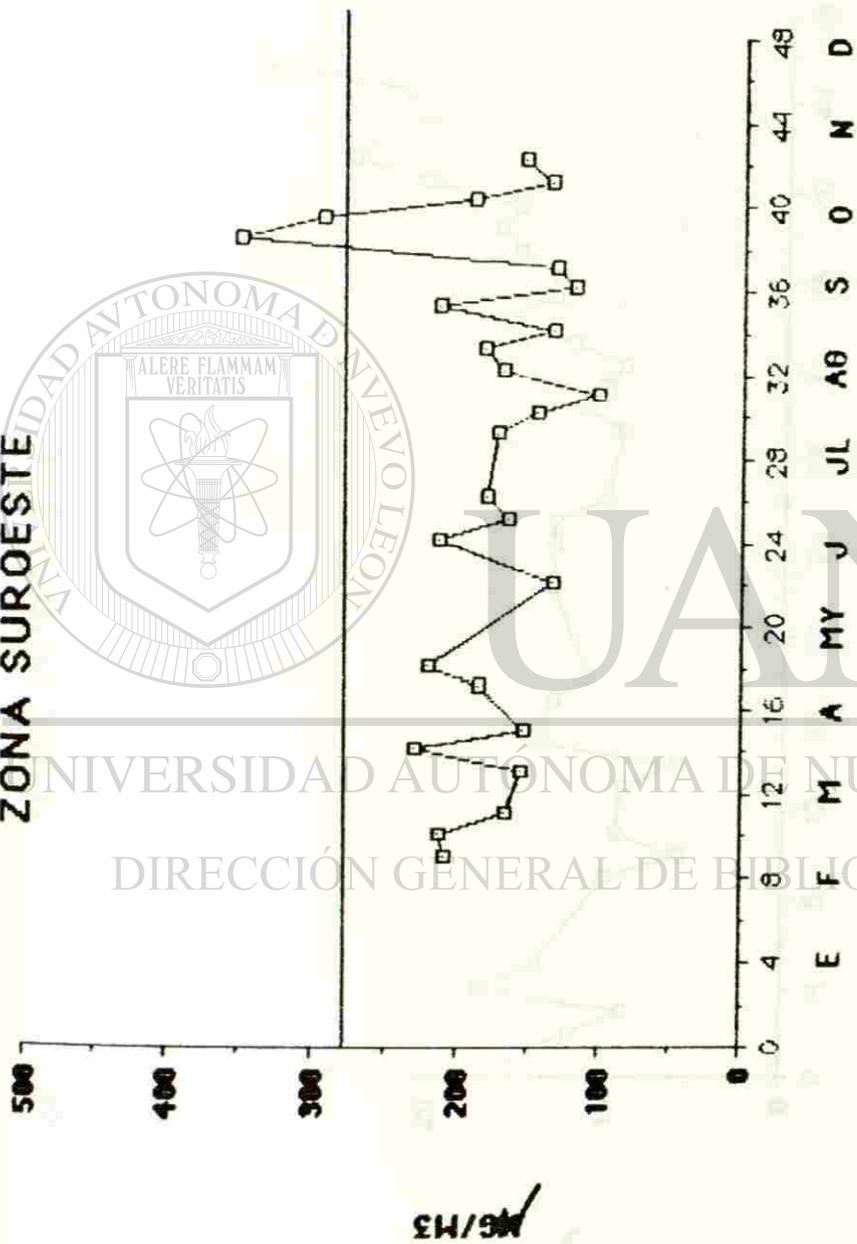
MESES 1991

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

µg/m³

PARTICULAS

ZONA SUROESTE



FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

SULFATOS

ZONA NOROESTE

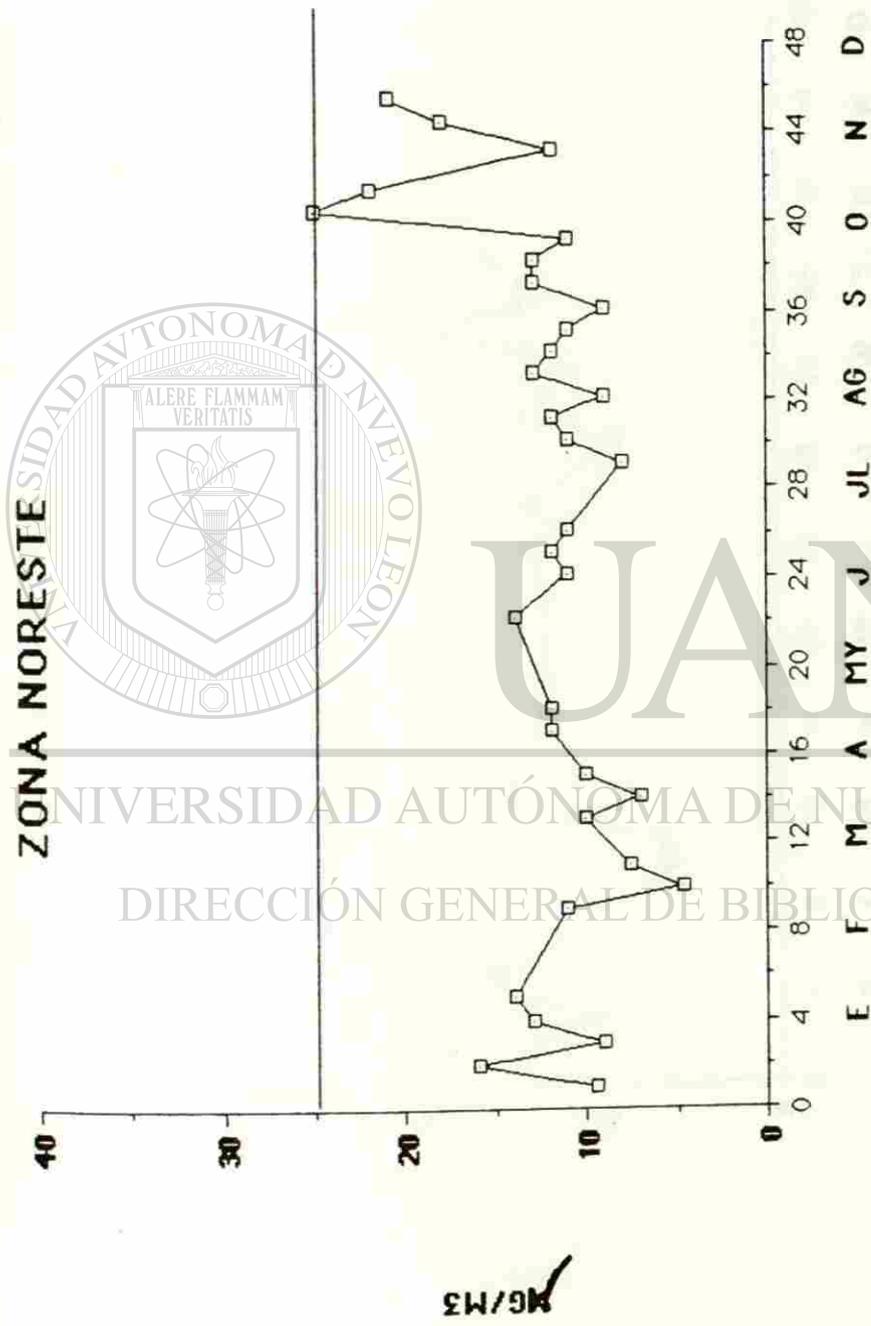


SULFATOS 1991

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

MG/M3

SULFATOS



SULFATOS 1991

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

MG/M3

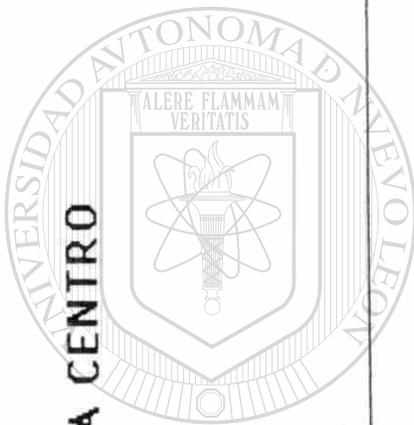
SULFATOS

ZONA CENTRO



SULFATOS 1991

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

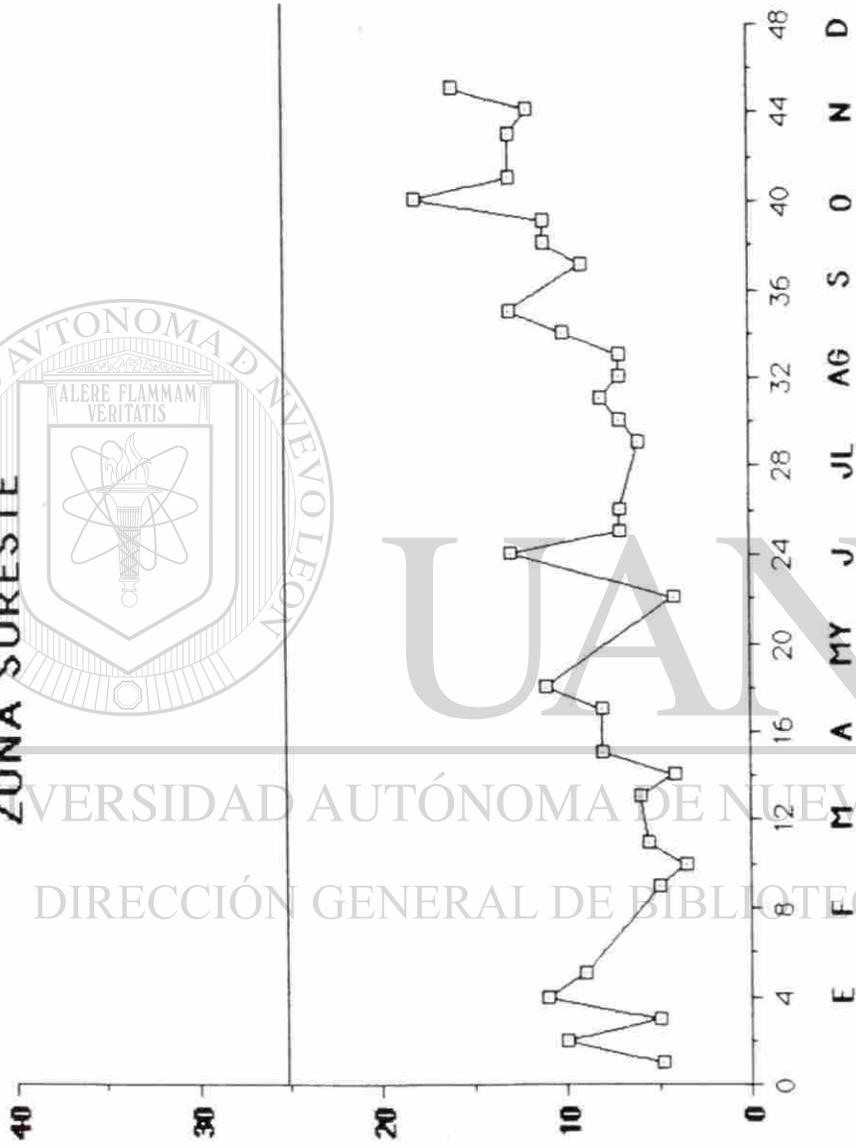
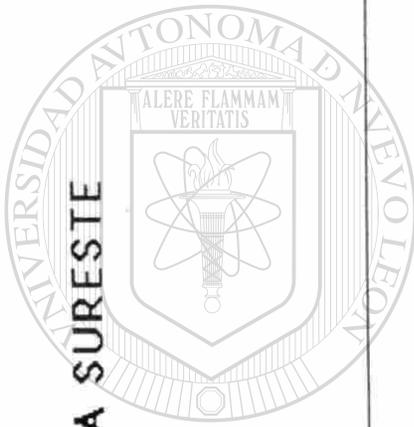


U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SULFATOS

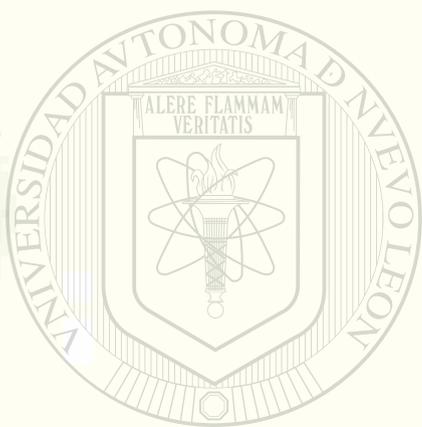
ZONA SURESTE



SULFATOS 1991

FUENTE: DIRECCION DE ECOLOGIA R. AYUNTAMIENTO DE MONTERREY

MG/M3



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

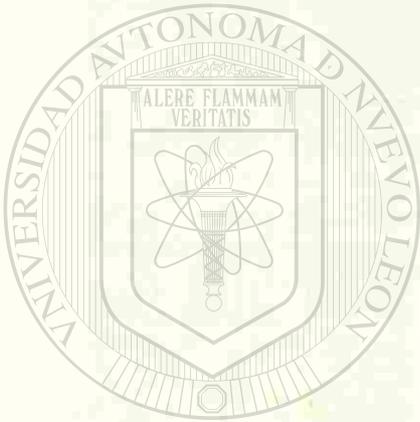
TM
Z5853 63089
.M2 FT
FIME
1992
M3

AUTOR
MTZ MTZ, Jeronimo

TITULO
"Evaluación costo..."

FECHA DE
VENCIMIENTO

NOMBRE DEL LECTOR



63089
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ENCUADERNACIONES MODERNAS
DIEGO DE MONTE MAYOR No. 638 NTE.
CRUZ CON TREVINO
TEL. 74-02-59

