

Contaminación Atmosférica: causas, fuentes e impactos. Caso de la Ciudad de México

Gerardo Manuel Mejía Velázquez
Centro de Calidad Ambiental, ITESM

Campaña MILAGRO
Ciudad de México, D. F., Marzo 3 de 2006

CONTENIDO

- Causas de la contaminación ambiental.
- Contaminantes en el aire.
- Normas de calidad del aire.
- Impacto de los contaminantes.
- Fuentes móviles de contaminantes.
- Recomendaciones.

Perturbaciones ambientales

- Necesidades: Habitación, transportación, abastecimiento de agua, producción de alimentos, etc., han causado erosión del suelo, deforestación y contaminación ambiental.
- Sociedad Agraria: la gente vivía en armonía con la naturaleza.
- Sociedad industrializada:
 - Desarrollo económico.
 - Disminución de enfermedades.
 - Descargas de contaminantes.

Causas de la contaminación ambiental

- **Crecimiento poblacional y económico.**
 - Incremento de la población.
 - Industrialización.
 - Urbanización.
 - Impactos ambientales.
- **Requerimientos de Energía.**
 - Fuentes de energía: Renovables y no renovables.
 - Alto consumo de combustibles fósiles.
- **Consecuencias:**
 - Contaminación multimedia.
 - Impactos ambientales.

Crecimiento poblacional

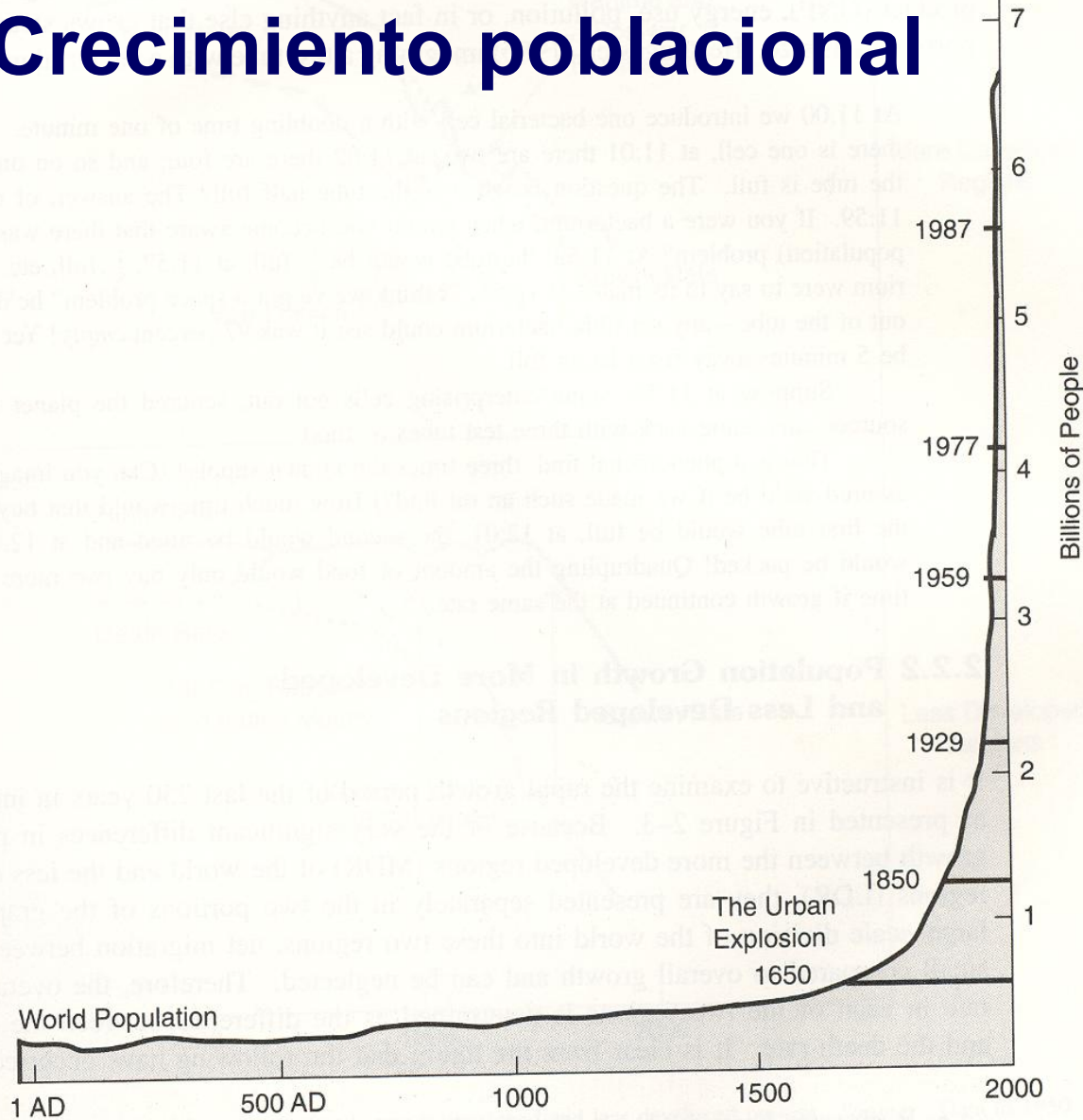
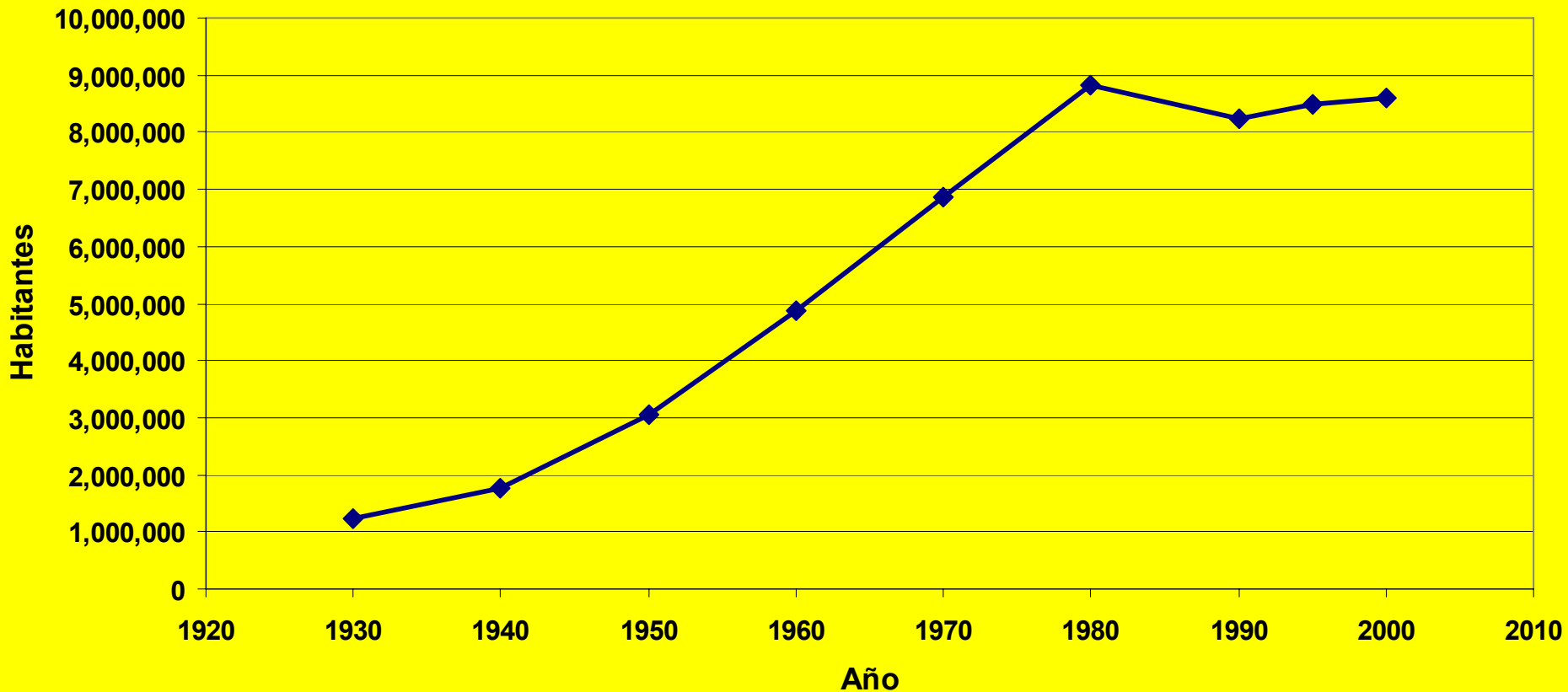


Figure 2-2 World population. *Source:* Towns and Cities (Gage Studies Series), by R. D. Bramwell. Copyright 1977, Gage Educational Publishing Limited. Reproduced by permission of the publisher.

Población del Distrito Federal

Población del Distrito Federal, Datos Históricos

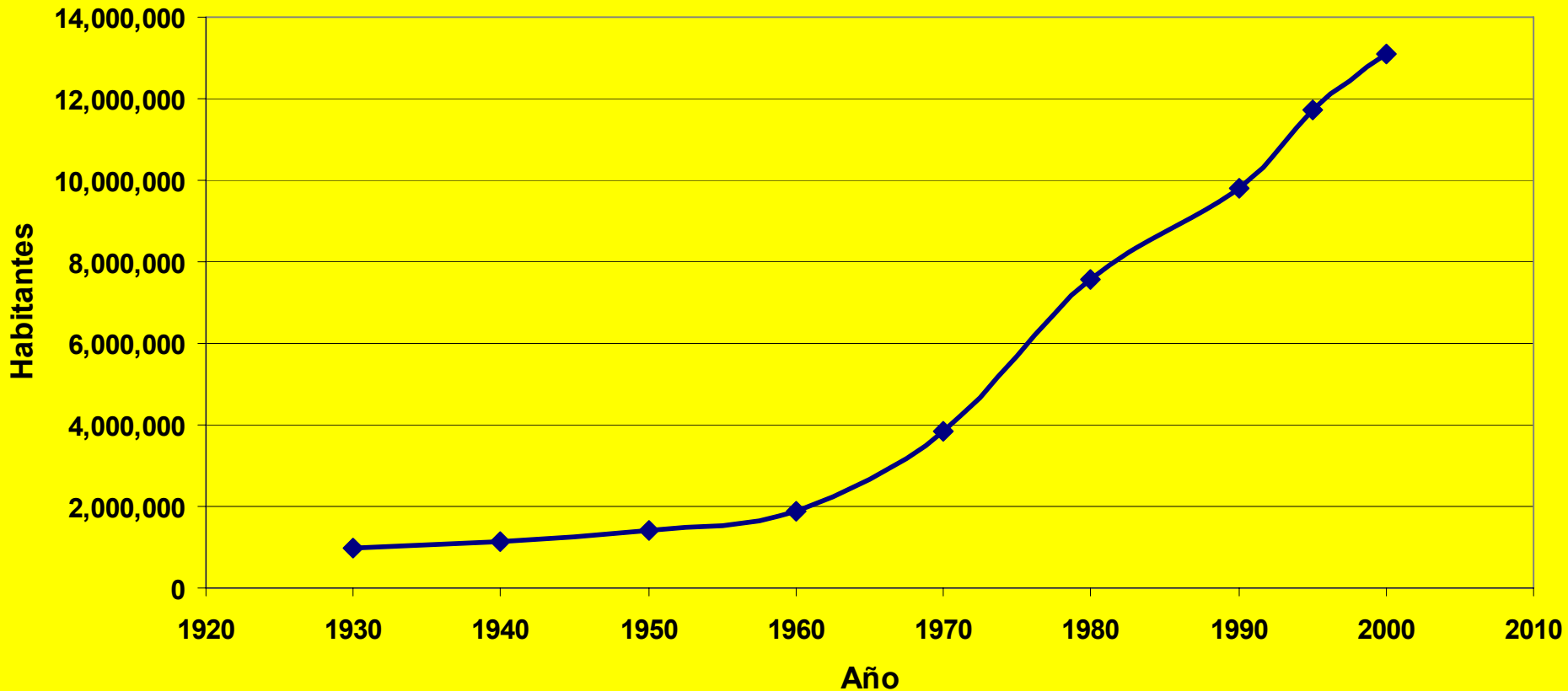
(Fuente: INEGI, <http://www.inegi.gob.mx>)



Población del Estado de México

Población del Estado de México, Datos Históricos

(Fuente: INEGI, <http://www.inegi.gob.mx>)



Urbanización

- Se refiere al incremento de población urbana con respecto a la rural.
- Ha habido un incremento en los últimos años.

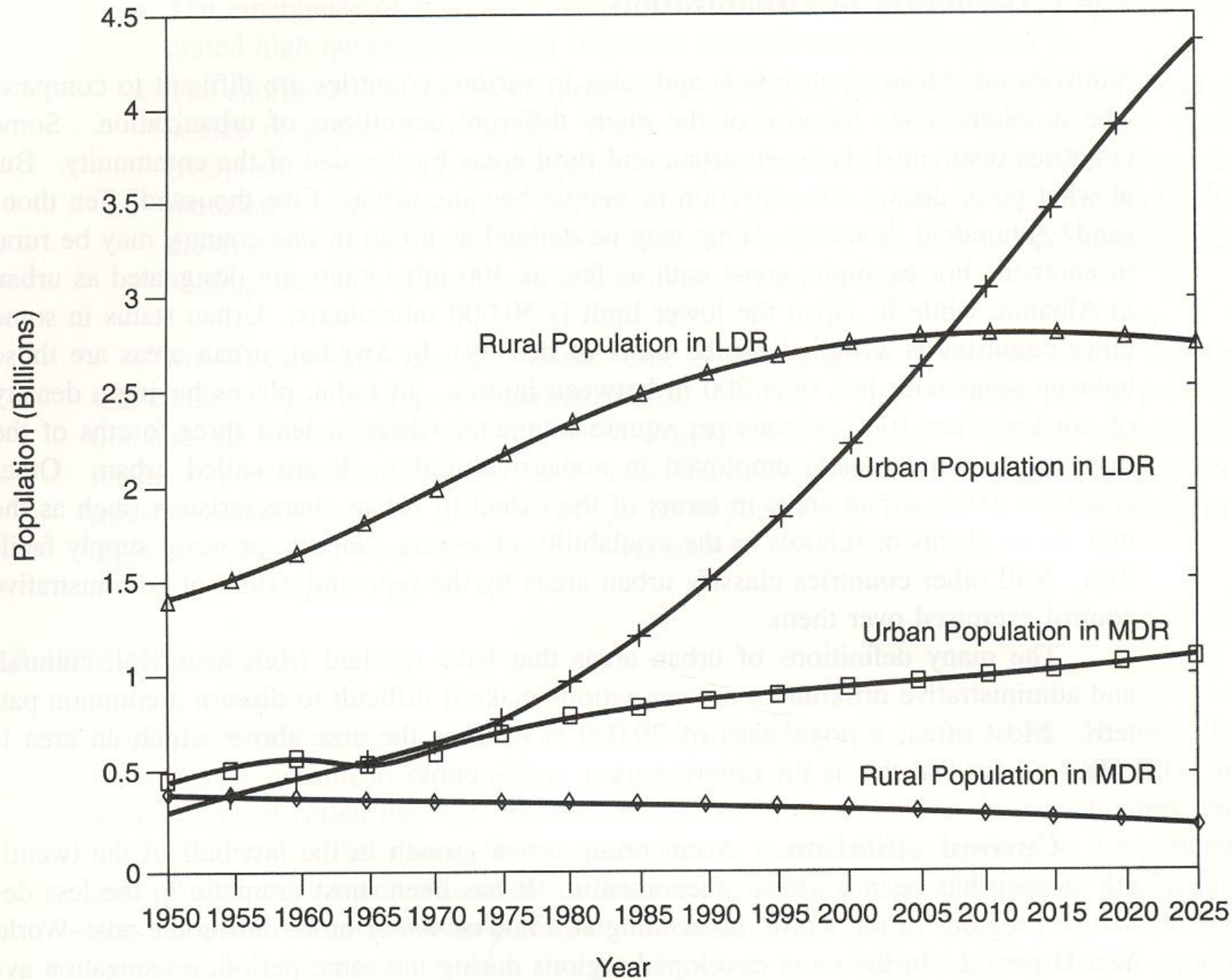


Figure 2-10 Urban and rural population in more developed and less developed regions. *Source:* U.N. (1990, 1991a).

Requerimientos de energía

- **Ingreso energético:** Incluye todas las fuentes que se renuevan continuamente.
- **Capital energético:** Se refiere a los combustibles fósiles y a materiales radioactivos.

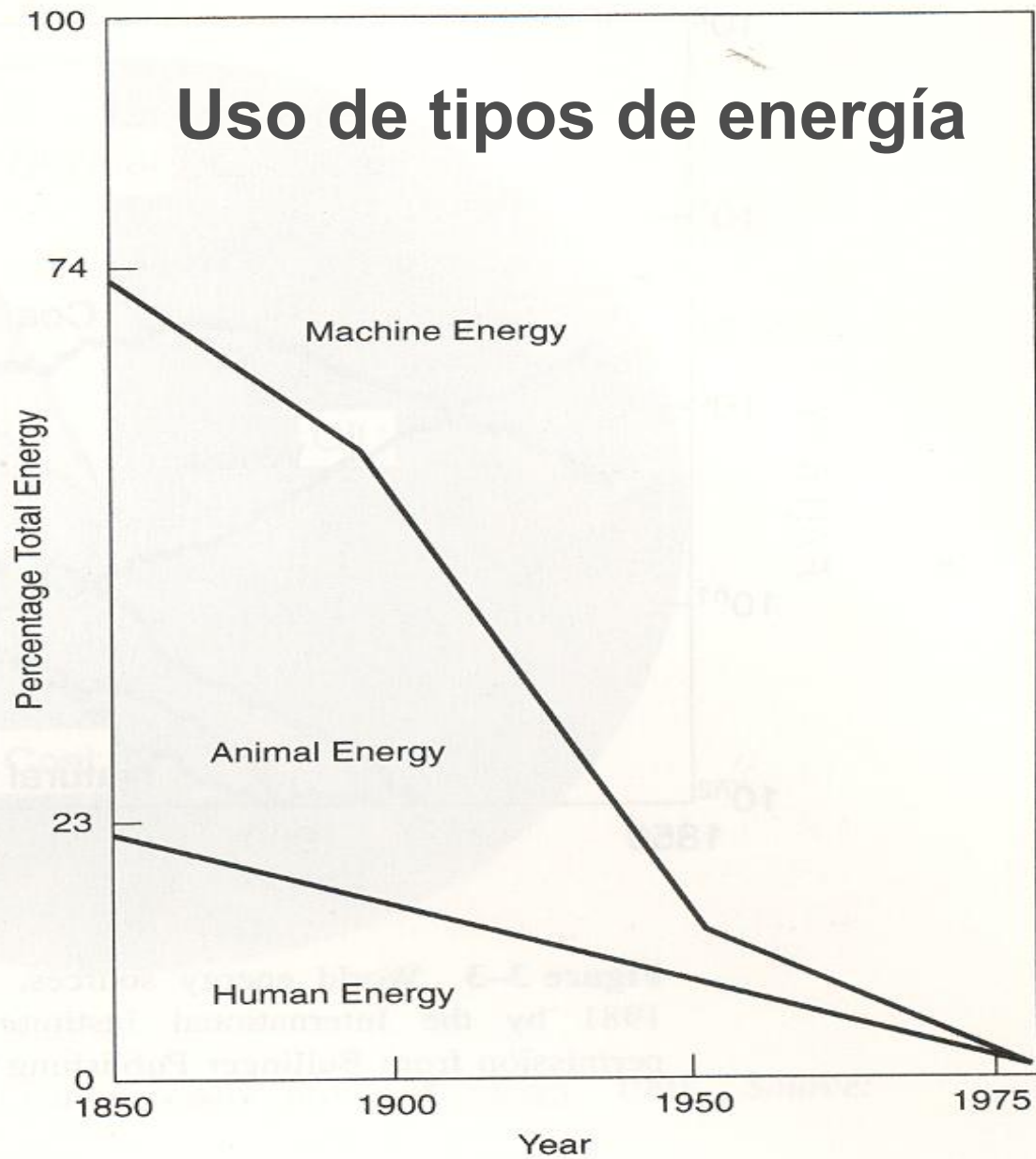


Figure 3-2 Growth of machine energy in the United States since 1850. *Source:* Wyatt (1978).

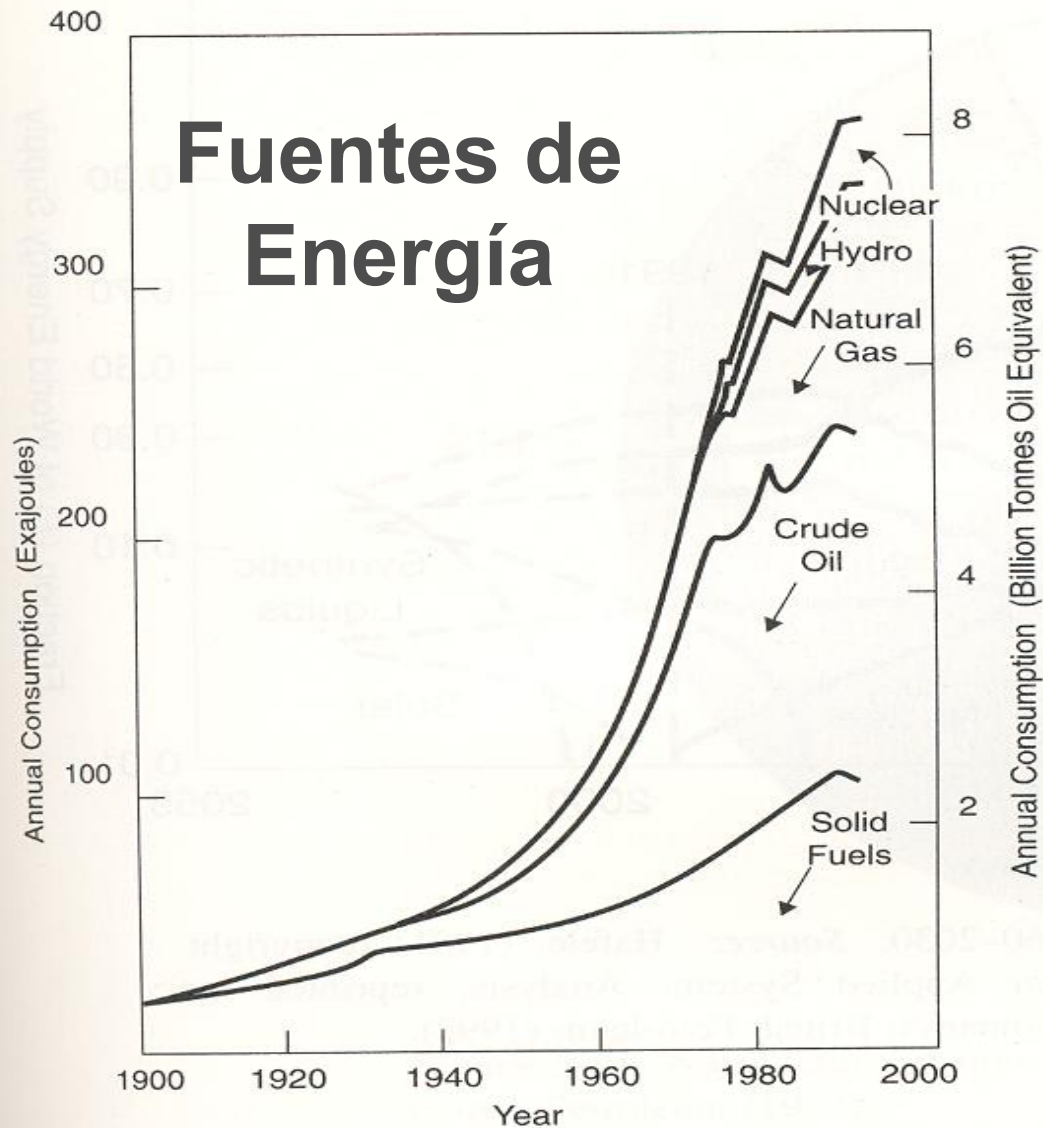


Figure 3-1 World's primary energy consumption during the twentieth century. *Source:* World Energy Conference (1986); British Petroleum (1992).

Consumos de energía en el mundo

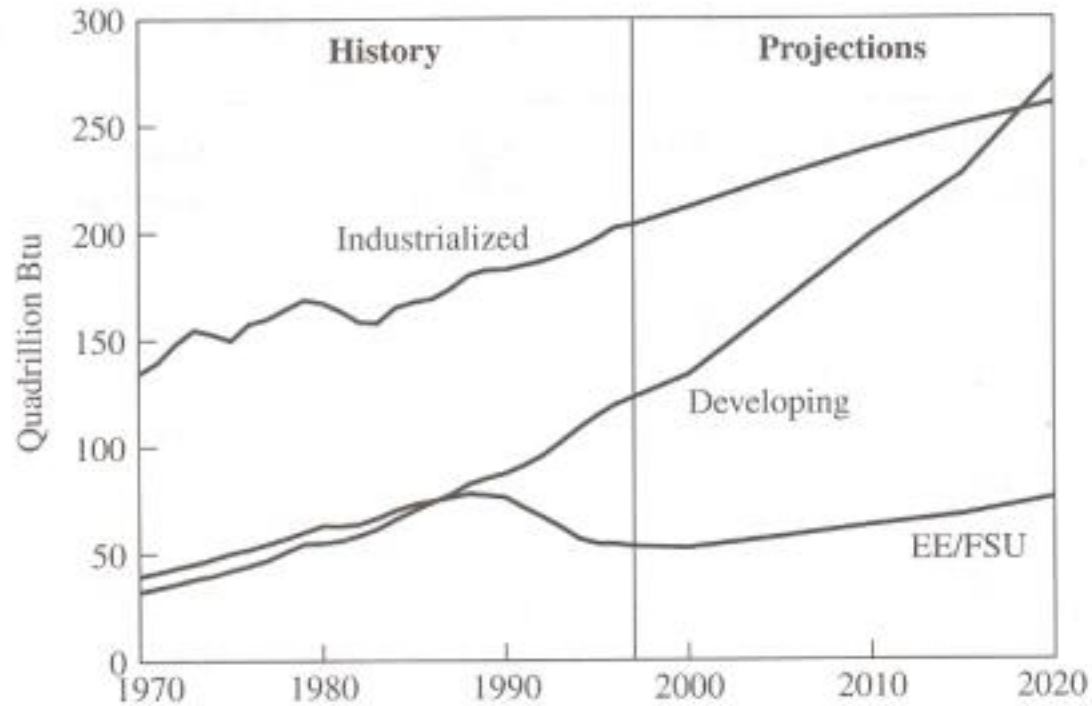


Figure 2.1 Trend of world's energy consumption for 1970–1997 and a projection to 2020. (Data from U.S. Department of Energy, Energy Information Agency, 2000. *International Energy Outlook 2000*.)

CONTENIDO

- **Causas de la contaminación ambiental.**
- **Contaminantes en el aire.**
- **Normas de calidad del aire.**
- **Impacto de los contaminantes.**
- **Fuentes móviles de contaminantes.**
- **Recomendaciones.**

Composición del aire seco

TABLE 1-2 Chemical Composition of Dry Atmospheric Air

Substance	Volume (Percent)	Concentration (ppm) ^a
Nitrogen	78.084 ± 0.004	780,840
Oxygen	20.946 ± 0.002	209,460
Argon	0.934 ± 0.001	9,340
Carbon dioxide	0.033 ± 0.001	330
Neon		18
Helium		5.2
Methane		1.2
Krypton		0.5
Hydrogen		0.5
Xenon		0.08
Nitrogen dioxide		0.02
Ozone		0.01–0.04

^appm is an abbreviation of parts per million by volume.

Source: *Handbook of Air Pollution*, PHS Publication AP44 (PB 190 247), 1968.

Contaminantes en la Atmósfera

- Contaminant: Es un compuesto que causa una desviación en la composición media geoquímica.
- Pollutant: Es un compuesto que causa un efecto adverso en la atmósfera.

Oxígeno (O_2)?

Bióxido de Carbono (CO_2)?

Fuentes de Contaminantes

- **Naturales (biogénicas):**
 - Volcanes.
 - Polen.
 - Spray del océano.
 - Resuspensión de polvo

- **Antropogénicas**
 - Puntuales (Industriales).
 - Área (comercios, agricultura, etc.)
 - Móviles "on road" (vehículos).
 - Móviles "off road" (maquinaria pesada y otras).

Tipos de Contaminantes

Gases:

– PRIMARIOS

SO_2 , H_2S

NO , NH_3

CO , HIDROCARBUROS (HC)

HALOGENOS (Cl, F, Br)

– SECUNDARIOS

NO_2 , O_3

Formación directa de ozono

- TROPOSFERICO (Antropogénico):



Formación indirecta de ozono

TROPOSFERA (Antropogénico):

En general, la reacción de los gases orgánicos reactivos (ROG) es de la forma:



Términos usados en la clasificación de partículas

- Partículas
- Polvo
- Niebla
- Aerosol
- Neblina
- Humo
- Ceniza fina
- Vapores
- Hollín

Partículas

- **PST: Partículas Suspendidas Totales.**
- **PM₁₀: Partículas menores a 10 μm .**
- **PM_{2.5}: Partículas finas, menores a 2.5 μm .**
- **PM_{1.0}: Partículas menores a 1.0 μm .**
- **Nano Partículas, menores a 0.1 μm .**

Partículas

- **Primarias:**

- Emitidas directamente por la fuente: combustión, automóviles, polvo, partículas “Vivas” (Polen, Microorganismos, Insectos).

- **Secundarias:**

- Se forman en la atmósfera a partir de gases o partículas primarias.

Impactos de las partículas

- Tienen un riesgo potencial mayor para la salud.
- Aumentan las reacciones químicas en la atmósfera.
- Reducen la visibilidad.
- Reducen la radiación solar afectando el crecimiento biológico de las plantas.
- Ensucian los materiales.

CONTENIDO

- **Causas de la contaminación ambiental.**
- **Contaminantes en el aire.**
- **Normas de calidad del aire.**
- **Impacto de los contaminantes.**
- **Fuentes móviles de contaminantes.**
- **Recomendaciones.**

Crterios y normas de calidad del aire

- **Indican los efectos que se pueden esperar cuando los niveles de contaminantes alcanzan o sobrepasan los valores especficos para un determinado perodo.**

Normas de Calidad del Aire en México

Contaminante	Valores límite		
	Exposición aguda		Exposición Crónica
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población)
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	
Bióxido de azufre SO ₂	0.13 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm(*)
Bióxido de nitrógeno NO ₂	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas)	1 vez al año	
Partículas suspendidas totales (PST)	260µg/m ³ (24Horas)	1 vez al año	75µg/m ³ (*)
Partículas fracción respirable (PM10)	150µg/m ³ (24Horas)	1 vez al año	50µg/m ³ (*)
Plomo (Pb)			1.5µg/m ³ (*)

(*)Promedio aritmético anual

()Promedio aritmético de 3 meses**

Puntos de quiebre del IMECA

IMECA	PST	PM10	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
	μg/m ³ (24 hr)	μg/m ³ (24 hr)	ppm (24 hr)	ppm (1hr)	ppm (8hr)	Ppm (1hr)
100	260	150	0.13	0.21	11	0.11
200	546	350	0.35	0.66	22	0.23
300	627	420	0.56	1.10	31	0.35
400	864	510	0.78	1.60	41	0.48
500	1000	600	1.00	2.00	50	0.60

Para declarar el IMECA de una zona, se calculan todos los índices y se reporta el más alto de ellos

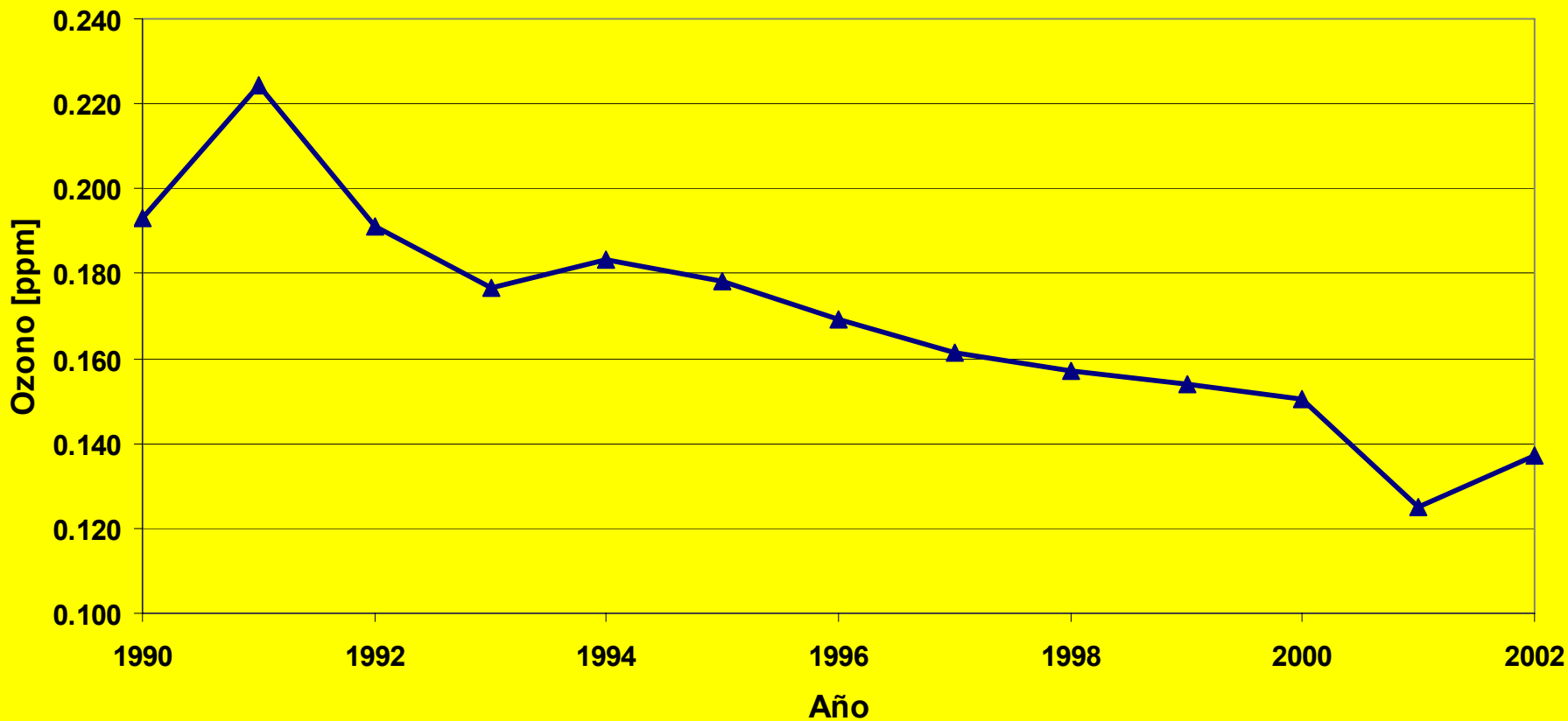
Fuentes de datos

- <http://sinaica.ine.gob.mx>
- <http://www.sima.com.mx>

Promedio Anual de Concentraciones Máximas de Ozono

Promedio Anual de las Concentraciones Máximas de Ozono (ppm)

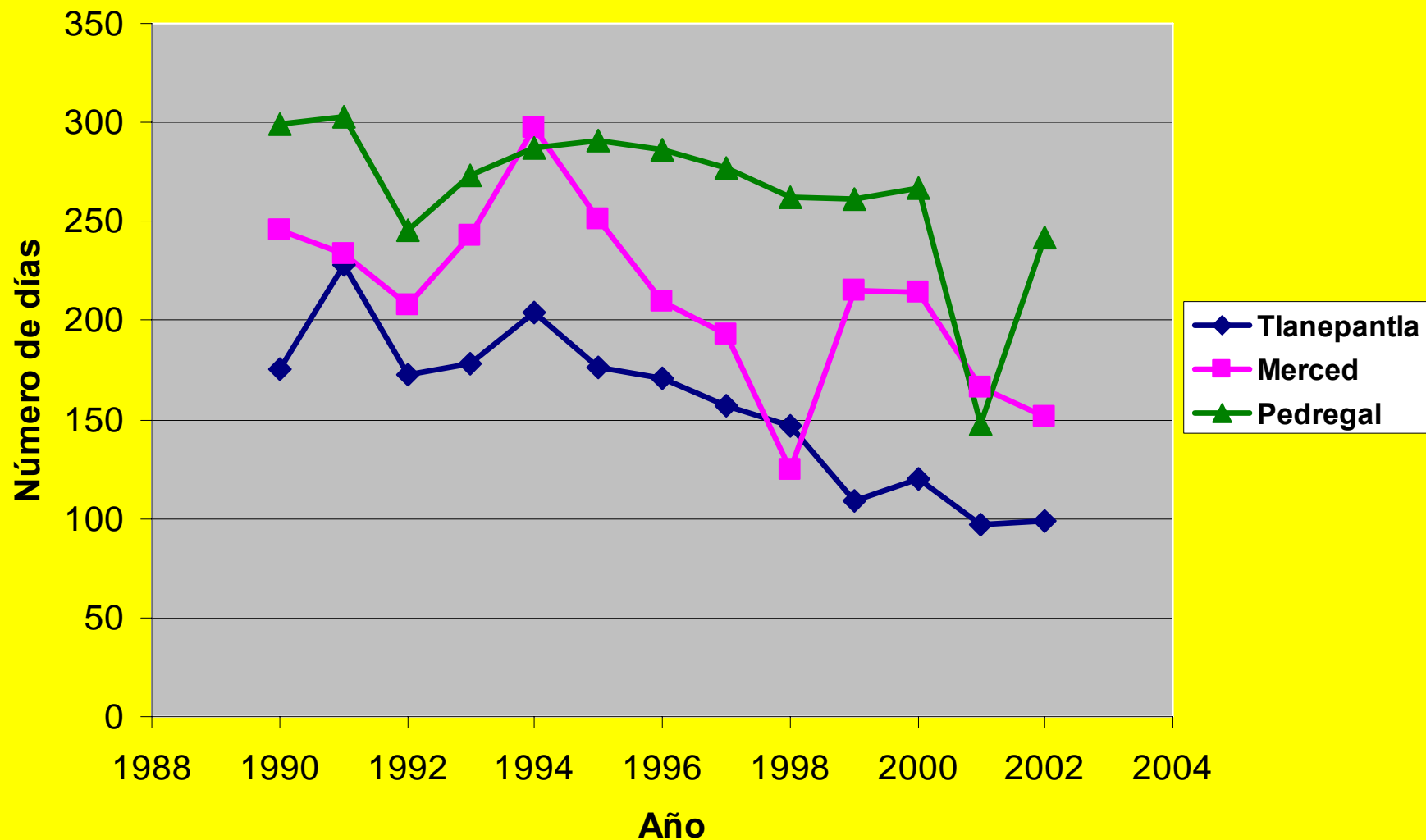
(Fuente: SINAICA, INE, <http://sinaica.ine.gob.mx>)



Días de excedencia de la norma horaria de ozono

Días de excedencia de la norma horaria de ozono

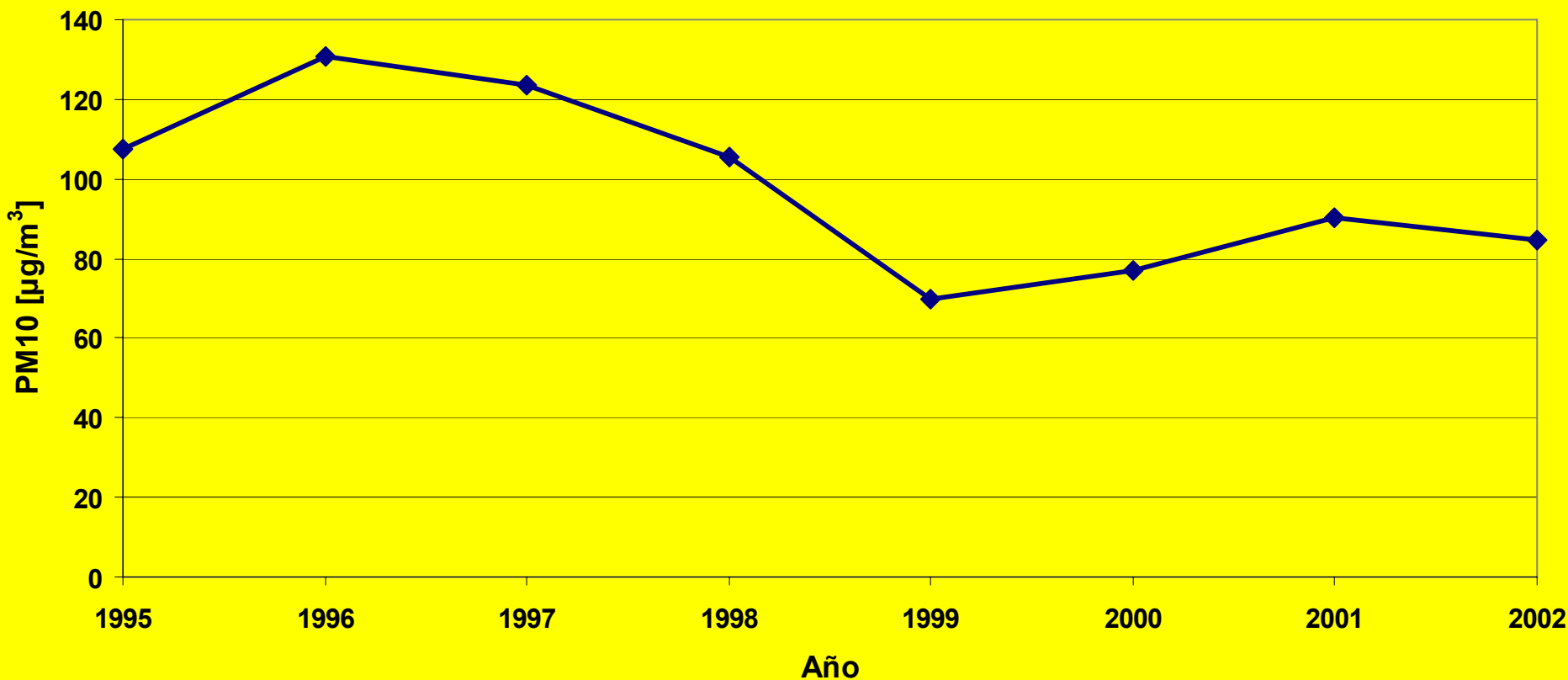
Fuente: SINAICA, INE, <http://sinaica.ine.gob.mx>



Promedio Anual de Concentraciones Máximas de PM₁₀

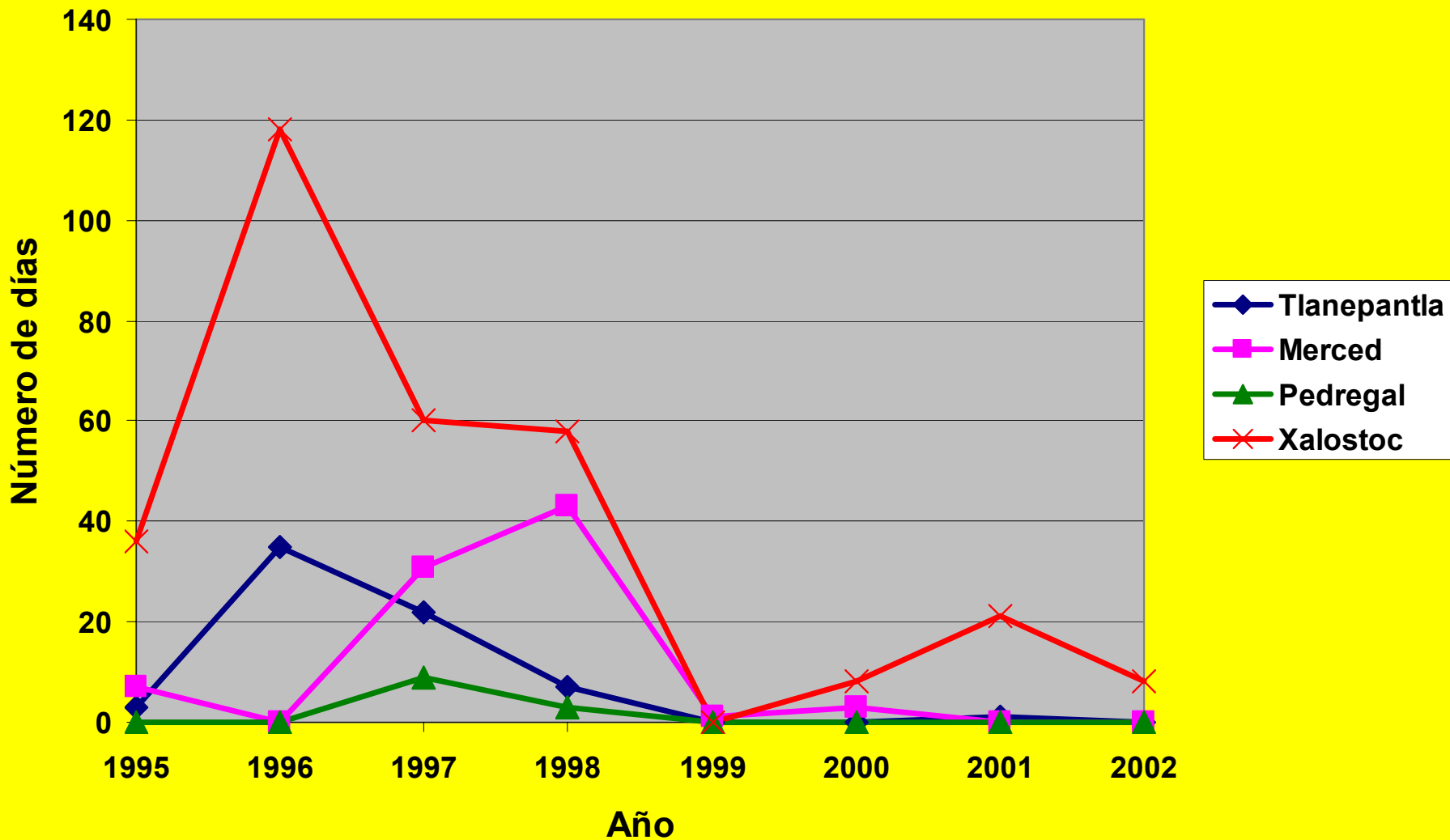
Promedio Anual de las Concentraciones Máximas de PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(Fuente: SINAICA, INE, <http://sinaica.ine.gob.mx>)



Días de excedencia de la norma diaria de PM₁₀

Días de excedencia de la norma horaria de PM10



CONTENIDO

- Causas de la contaminación ambiental.
- Contaminantes en el aire.
- Normas de calidad del aire.
- Impacto de los contaminantes.
- Fuentes móviles de contaminantes.
- Tendencias en Ciudad de México.
- Recomendaciones.

Transporte Multimedia de los Contaminantes

Fuentes:

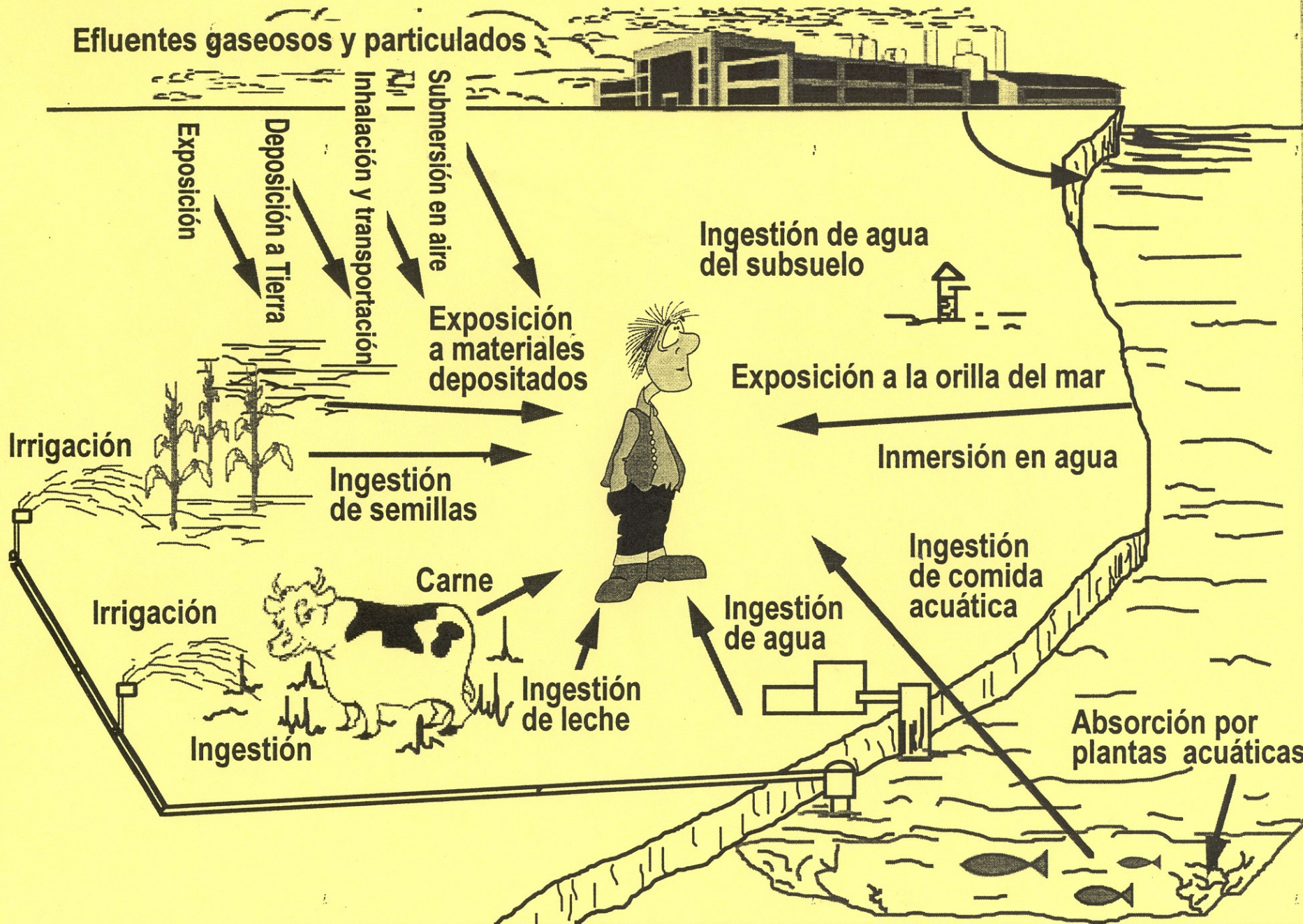
- Naturales
- Industria
- Comercio
- Tráfico
- Agricultura



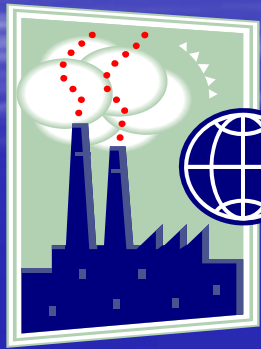
Medios:

- Aire
- Agua
- Suelo
- Biota
- Compartimientos

Múltiples Formas de Exposición del Ser Humano a Contaminantes Tóxicos



Impacto de los Contaminantes

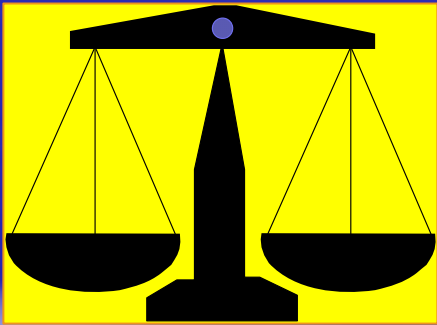


LEGEEPA

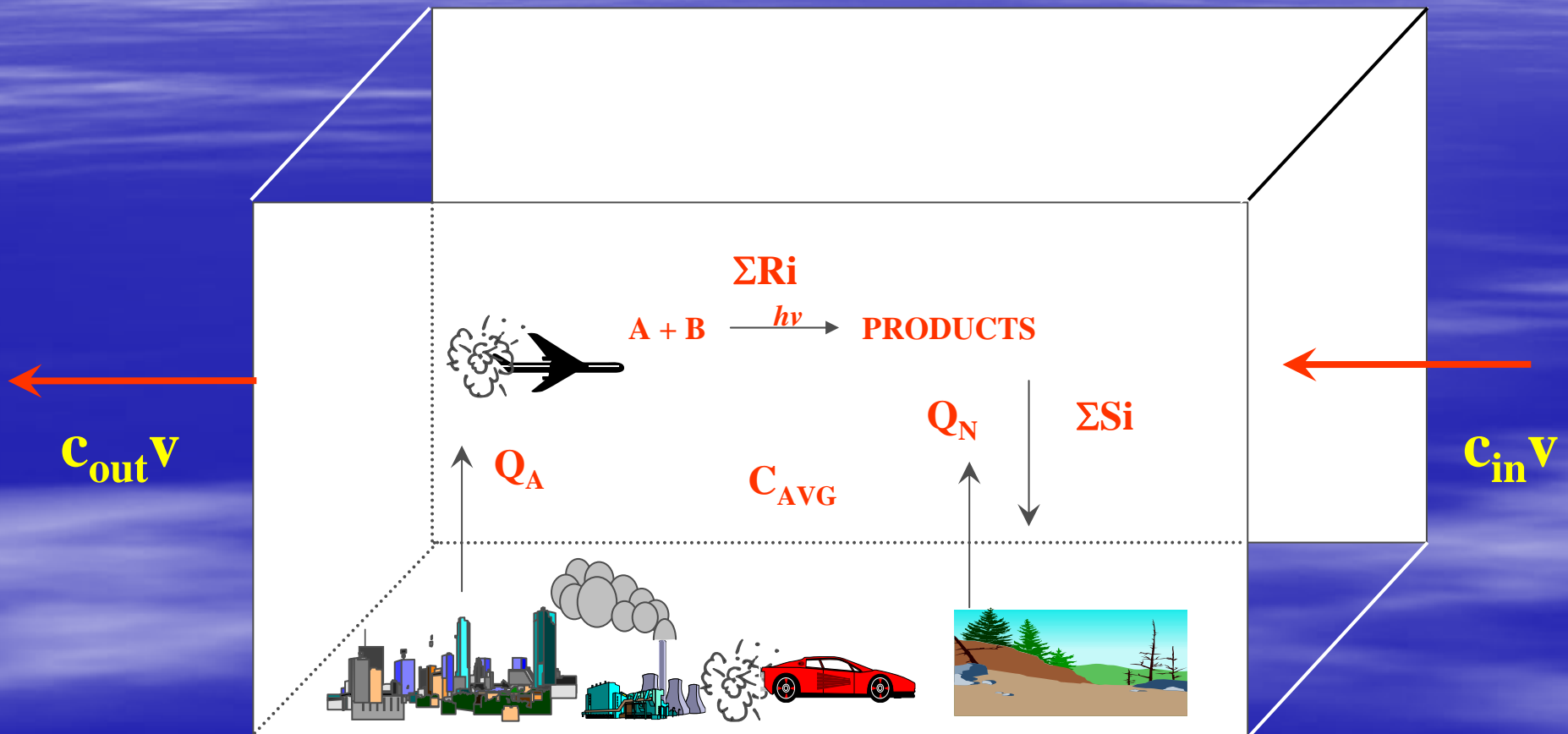
- **Título IV, Capítulo II, Artículo 111, Facultades de SEMARNAP:**
 - **X.- Definir los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes, áreas, zonas o regiones, de tal manera que no se rebasen las capacidades de asimilación de las cuencas atmosféricas y se cumplan las normas oficiales mexicanas de calidad del aire.**

PREGUNTAS

- ¿Cual es el balance adecuado de emisiones que cumple con los estándares de calidad del aire?
 - Restringido por fuentes naturales y condiciones meteorológicas.
 - Distribución de las fuentes.
- ¿Cual es el tamaño de la cuenca atmosférica?
 - Urbana.
 - Regional.
 - Continental.
 - Global.



CUENCA ATMOSFÉRICA



DISEÑO DE ESTRATEGIAS

- Enfocado tradicionalmente en mejorar la calidad del aire al comparar con estándares.
- Objetivo:
 - Reducir riesgos en salud de la población.
 - Proteger ecosistemas.
 - Mejorar visibilidad.
 - Otros.

PREGUNTAS



- ¿Cuales estándares de calidad del aire?
 - Hora.
 - Día.
 - Año.
 - Considerar el efecto combinado de los contaminantes.
- ¿Cuales son los efectos de las emisiones en la salud humana?
 - Adultos.
 - Niños.
 - Población sensible.

Programa Integral de la Calidad del Aire

Programa de calidad del aire en Mega Ciudades

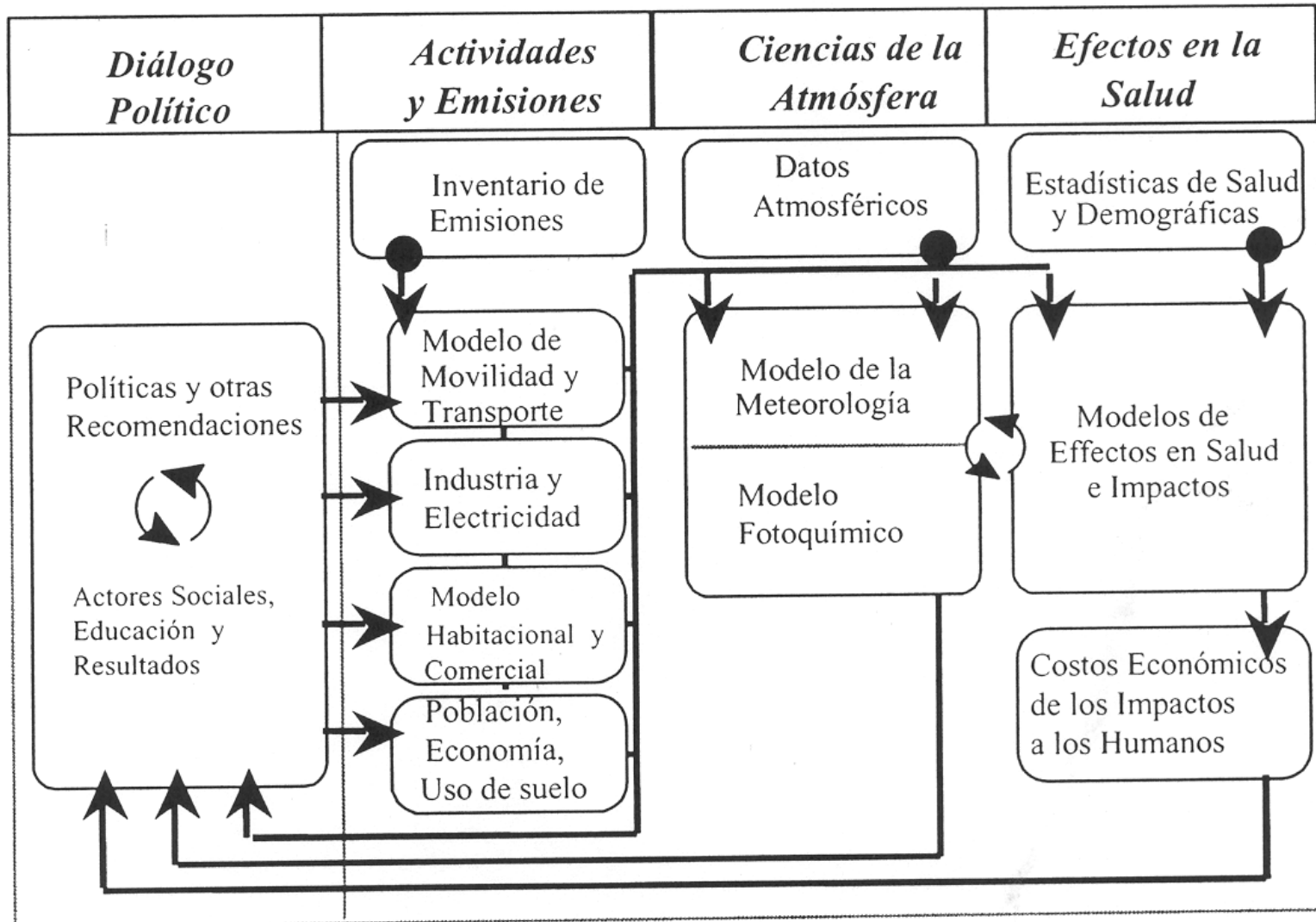


Figura 1.1. Diagrama Simplificado del Conocimiento Base de la Evaluación Integrada

Beneficios de reducir la contaminación del aire

Fuente: Molina, L. y Molina, M.: "Air Quality in the Mexico Megacity, An integrated Assessment", Kluwer, 2002.

- Reducir 10% la concentración de PM10 tendría un valor monetario en el orden de 2000 millones de dólares por año.
- Reducir 10% la concentración de ozono tendría un valor monetario en el orden de 200 millones de dólares por año.
- El rango es muy alto, de cientos de millones a varios miles de millones de dólares por año.
- Los beneficios económicos de controlar la contaminación del aire representan el valor esperado de bienes de consumo y de servicios a los que renunciarían voluntariamente los residentes de la ZMCM para reducir los riesgos de la contaminación del aire en la salud.

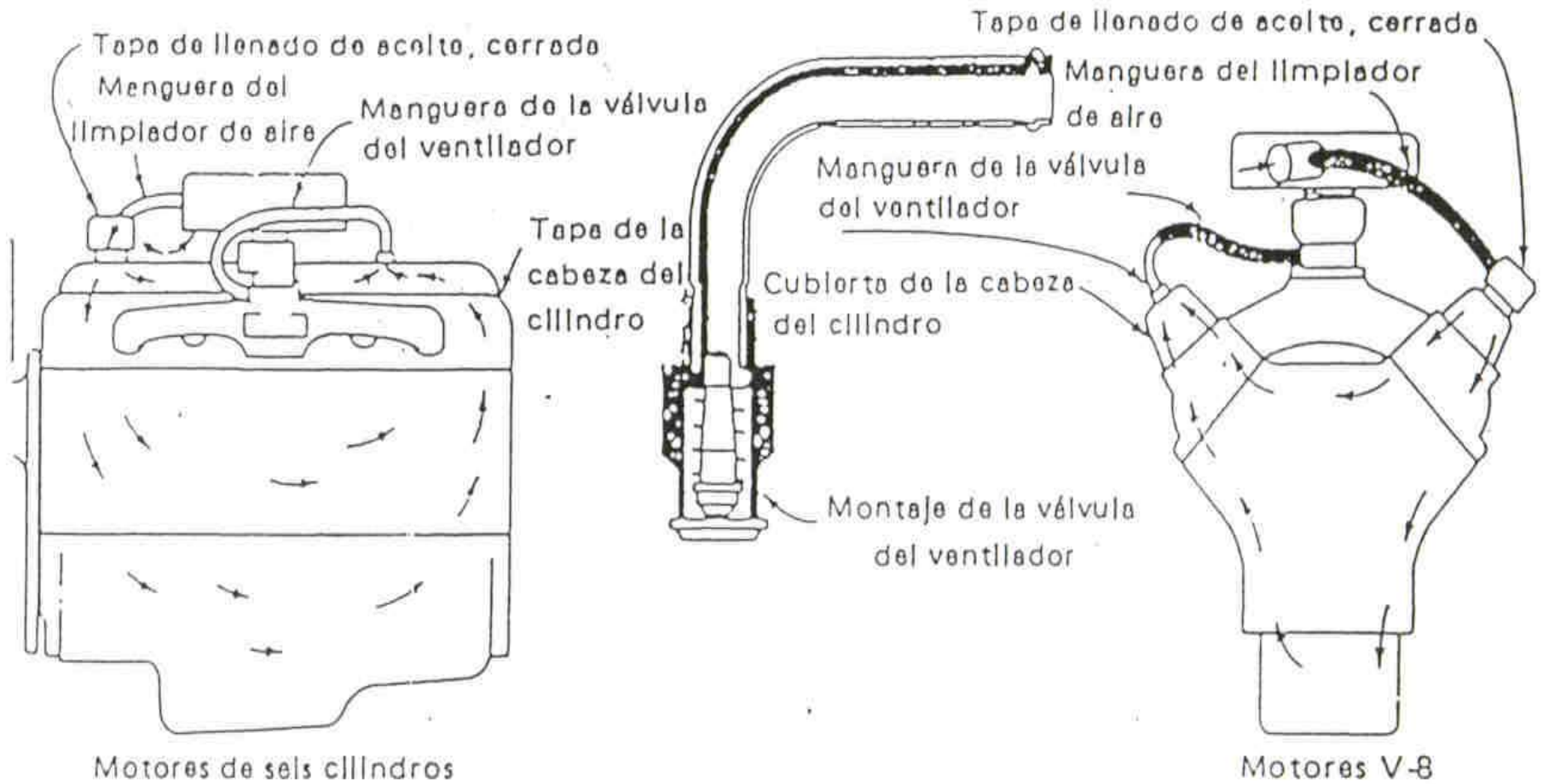
CONTENIDO

- **Causas de la contaminación ambiental.**
- **Contaminantes en el aire.**
- **Normas de calidad del aire.**
- **Impacto de los contaminantes.**
- **Fuentes móviles de contaminantes.**
- **Recomendaciones.**

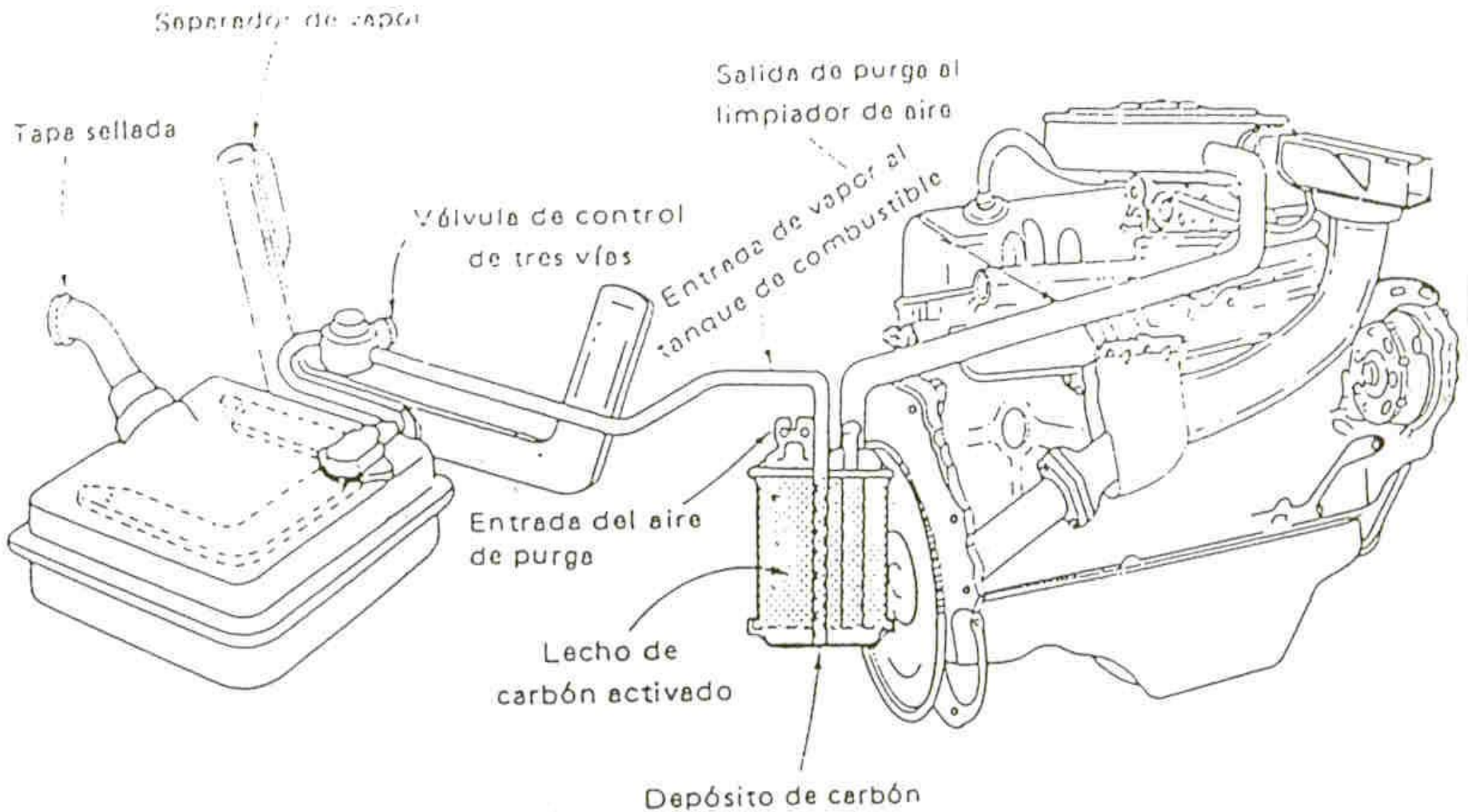
Control de Fuentes Móviles

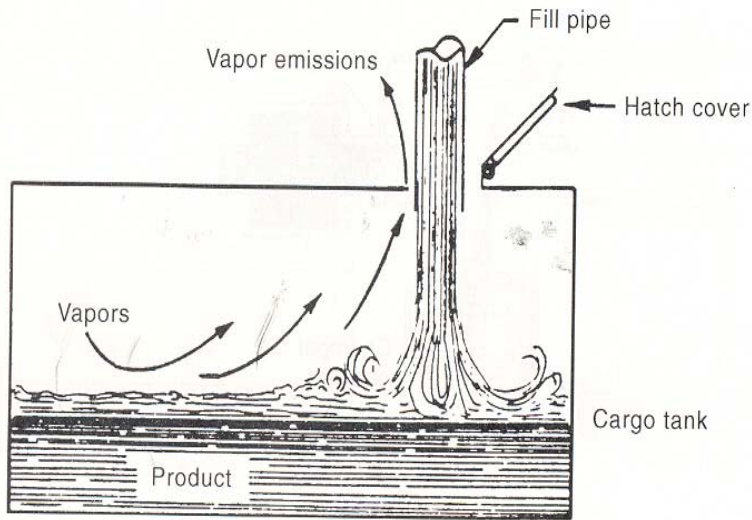
- Las emisiones de las fuentes móviles se deben, principalmente, a tres causas:
 - Emisiones del cárter.
 - Emisiones evaporativas.
 - Emisiones del escape.

Sistema de Control de Emisiones del Cárter

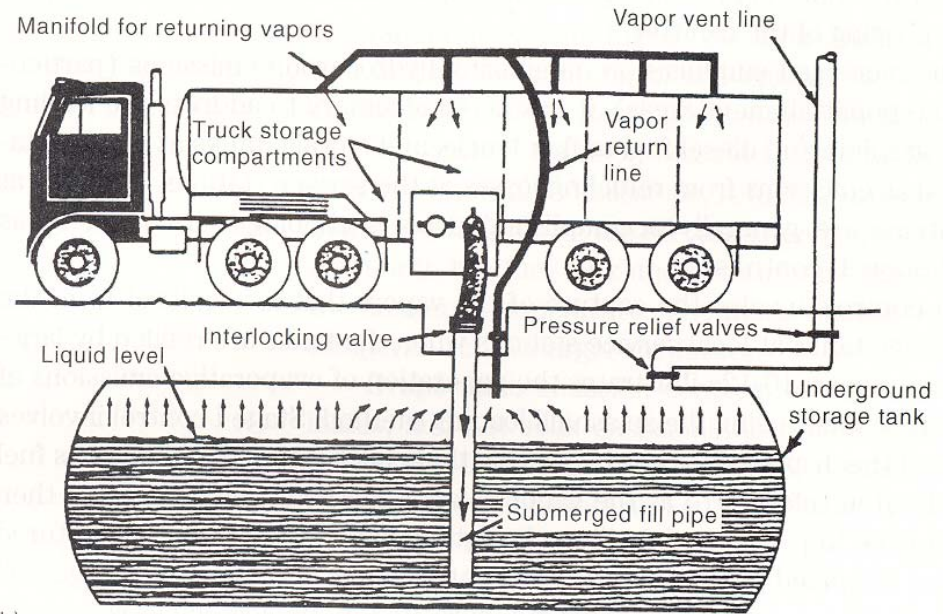


Sistema de Control de Emisiones Evaporativas

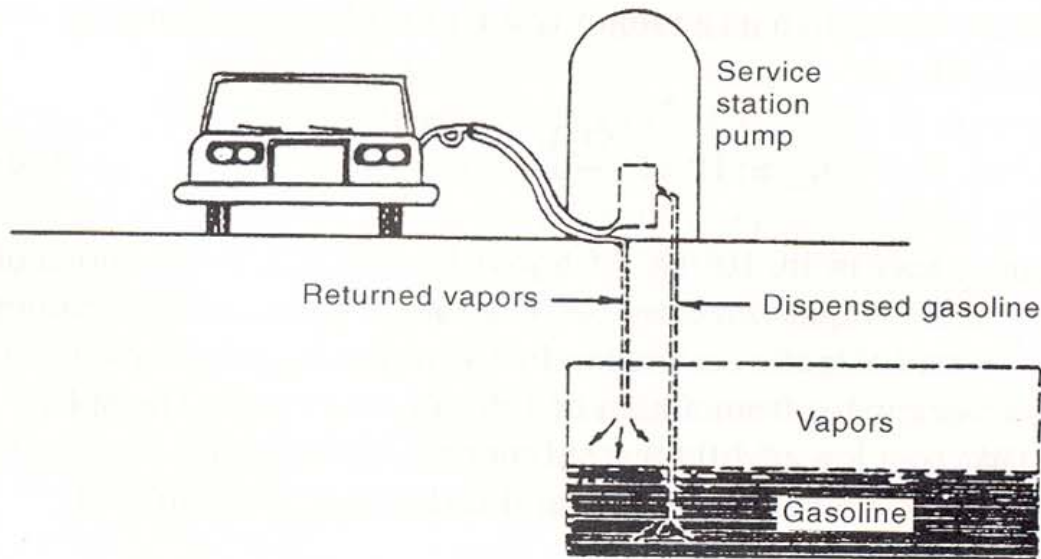




(a)



(b)



(c)

FIGURE 10-12 Illustration of (a) Uncontrolled Splash Loading Method, (b) Submerged Fill Methods and Stage I Control, and (c) Stage II Control. (Source: *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, Chapter 4.4. OAQPS, U.S. EPA, Research Triangle Park NC, Sept. 1985.)

Emisiones del escape

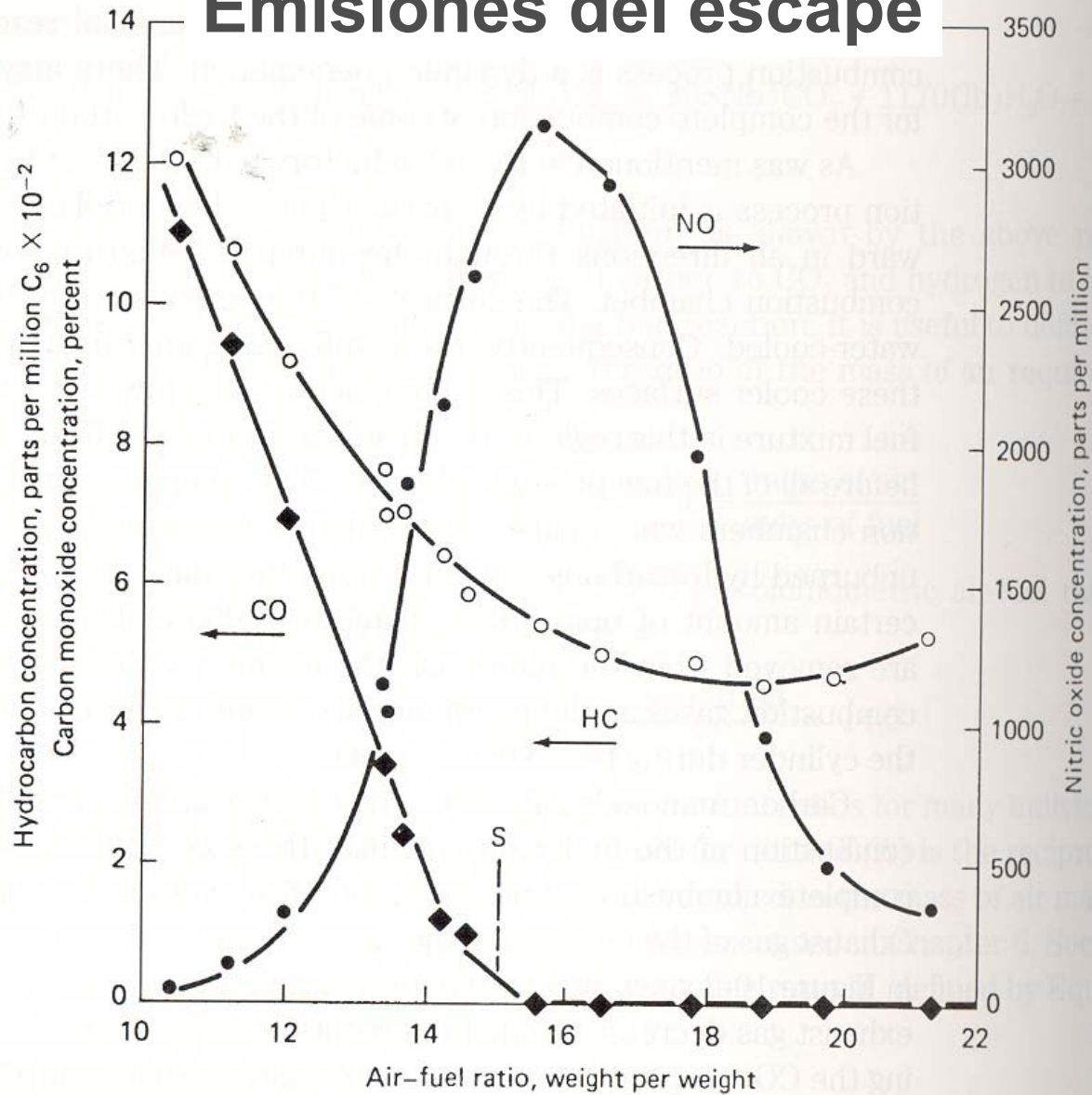
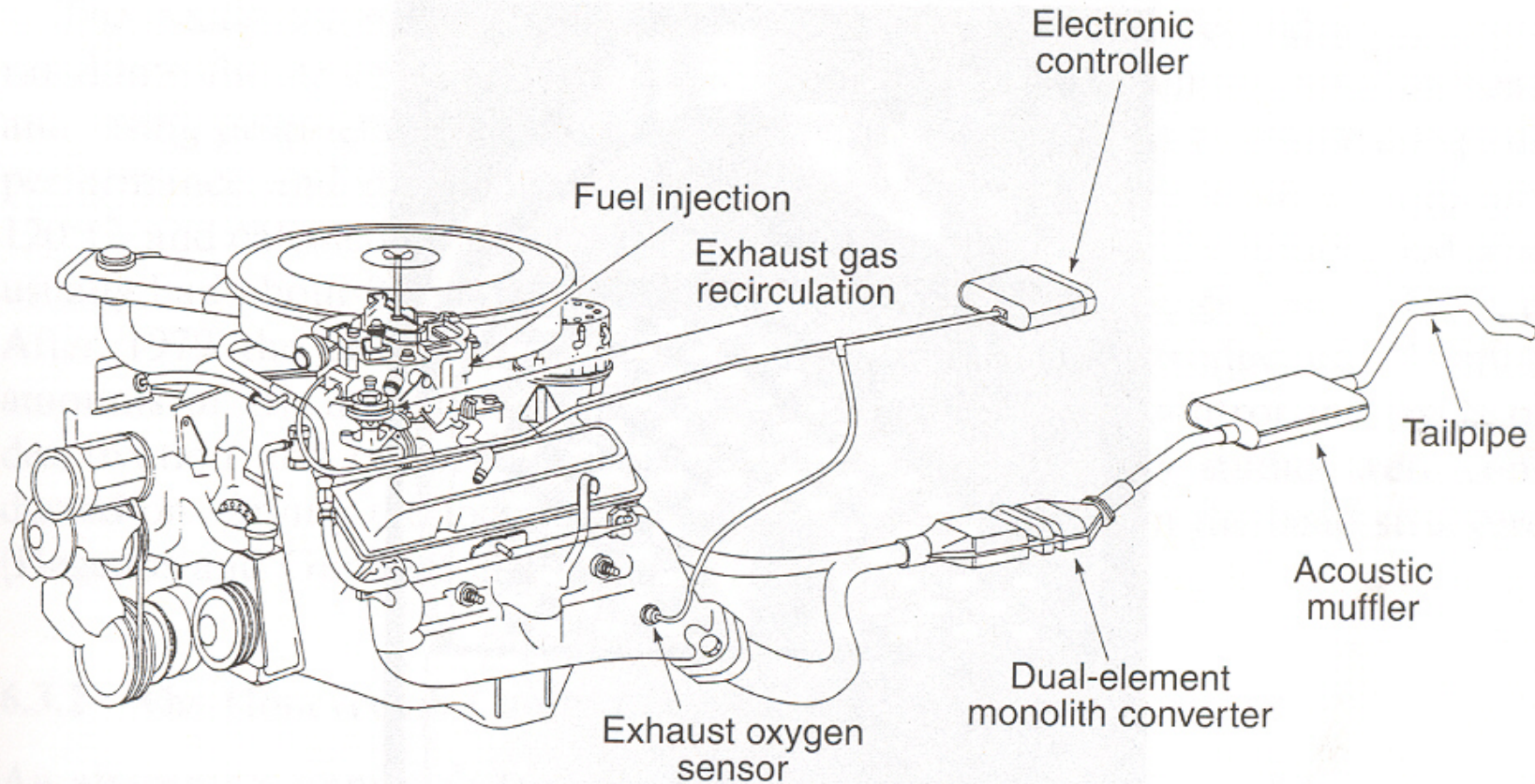


FIGURE 10-2 The effects of air-fuel ratio on hydrocarbon, carbon monoxide, and nitric oxide exhaust emissions. (Source: W. G. Agnew. Research Publication GMR-743, General Motors Corporation, 1968)

Convertidor catalítico



Closed-loop dual-catalyst system for emissions control using dual element monolith converter, which is three-way and oxidizing.

Figure 6.2 Location of a catalyst in the underbody of an automobile. [Reprinted by permission of John Wiley & Sons, copyright © 1994 (Mooney 1994).]

Convertidor catalítico

THREE WAY CATALYST (TWC) DESIGN

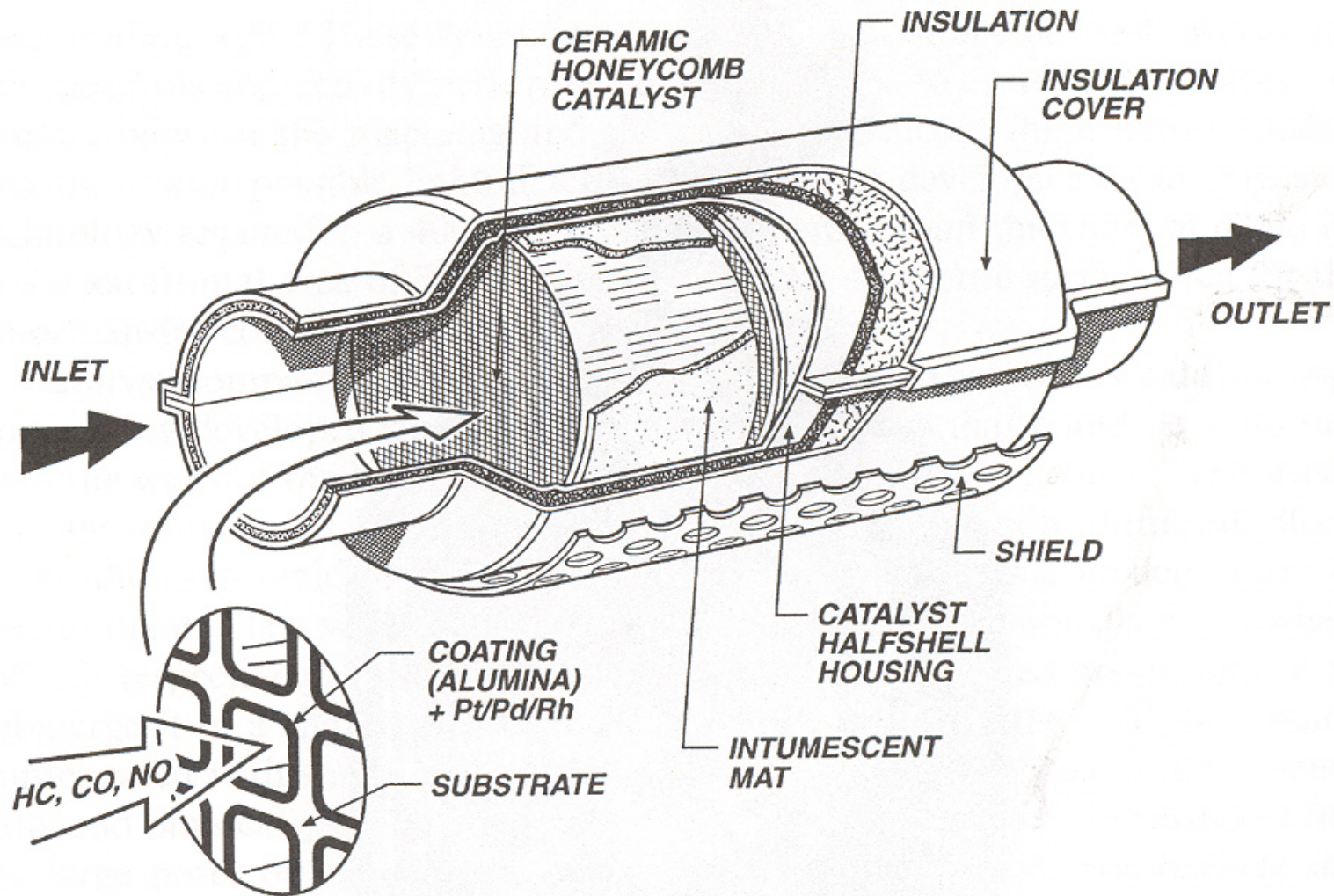


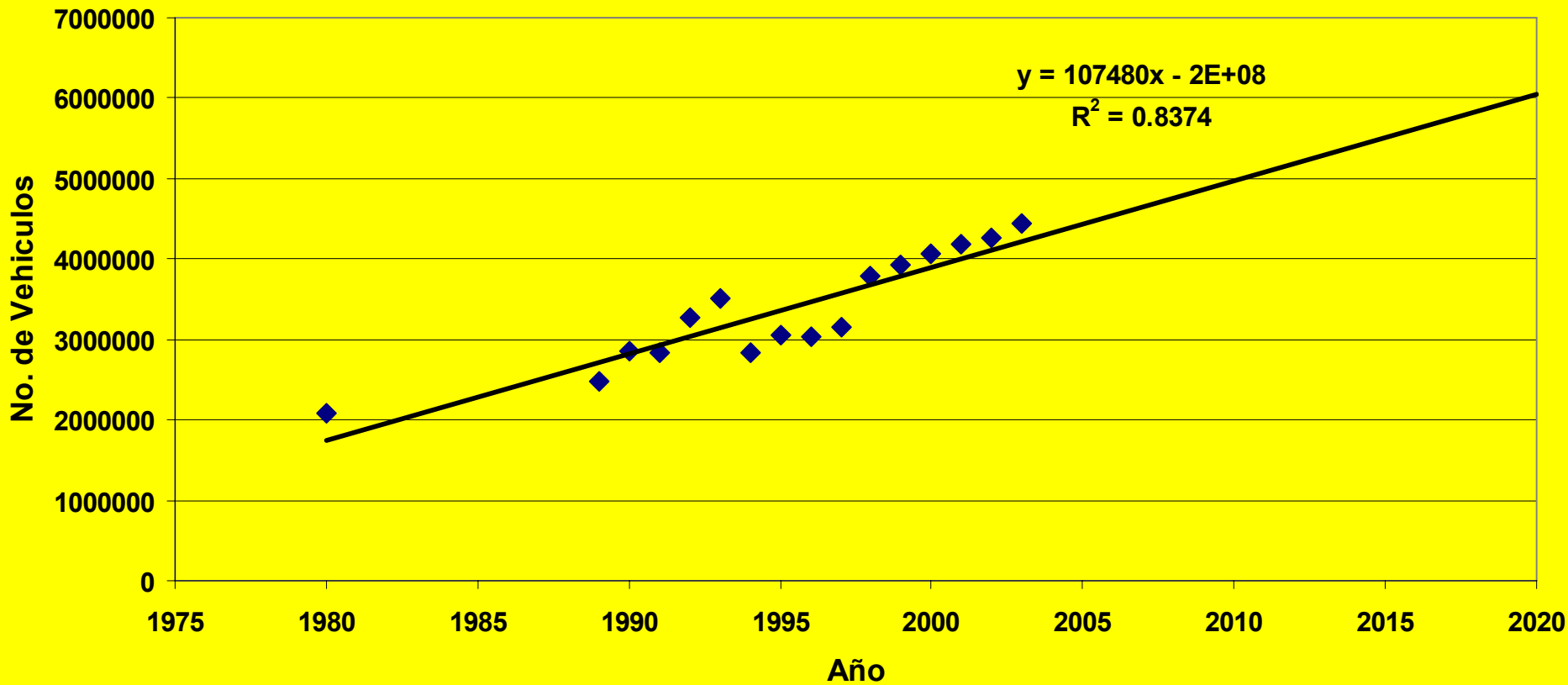
Figure 6.5 Schematic of cutaway of typical auto catalyst design. (Courtesy Engelhard)

Vehículos en la ZMVM

Total del Vehiculos en la ZMVM

Incluye automóviles, camión de carga, camión de pasajeros y motocicletas

Fuente: Sistema Municipal de Bases de Datos (SIMBAD) INEGI



Programas de control

- Hoy no circula.
- Verificación vehicular.
- Convertidor catalítico.
- Mejores combustibles.
- Combustibles alternos.
- Vehículos Híbridos.
- Sistemas de transporte eficientes.

CONTENIDO

- **Causas de la contaminación ambiental.**
- **Contaminantes en el aire.**
- **Normas de calidad del aire.**
- **Impacto de los contaminantes.**
- **Fuentes móviles de contaminantes.**
- **Recomendaciones.**

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

■ Prevención:

- Planeación adecuada.
- Integrar planes económicos, urbanos y ambientales.
- Resultados: Corto plazo.

■ Control:

- Difícil de lograr.
- Consume muchos recursos.
- Caro.
- Resultados: largo plazo.

¿Que hacer?

- Entender el problema. Informarse. Dar seguimiento y pedir resultados.
- Apoyar programas de control de la contaminación del aire. Evitar simplemente pagar las medidas, que no son un mal necesario, son un remedio, el problema ya lo tenemos.
- Verificar los vehículos y usar transporte público (integrar rutas de transporte, ampliar y usar rutas del metro).
- Participar en la planeación del desarrollo de la ciudad, reubicar fuentes de trabajo para evitar viajes más largos y delimitar el crecimiento urbano.

**¡Muchas gracias por su
amable atención!**