

# **APENDICE**

Apéndice A

# Encuesta de Opinión

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES  
MAESTRIA EN CIENCIAS**

**ENCUESTA DE OPINION**

**OBJETIVO:** Seleccionar temas específicos de interés para el estudiante de preparatoria, sobre diversos campos de aplicación de la química orgánica.

**INSTRUCCION:** De la siguiente lista de temas ( de cada uno de los cuales se indica una breve reseña), selecciona los cinco que más te interesan y numeralos del 1 al 5(siendo el 1 el de mayor interés y el 5 el de menor interés entre ellos).

**\* ADITIVOS DE LOS ALIMENTOS:**

Diferentes sustancias químicas utilizadas para la conservación , textura, color o para la disminución del contenido calórico de los alimentos. (Ejemplo:aspartame,sacarina,benzoato de sodio).

---

**\* QUIMICA EN LA COSMETOLOGIA:**

Todos los productos empleados para el arreglo personal contienen sustancias químicas de muy diversa índole; que les confieren sus útiles propiedades.

---

**\* POLIMEROS BIODEGRADABLES:**

Plásticos utilizados para el envase de diversos productos que al cabo de cumplir su función se degradan evitando así la contaminación ambiental.

---

**\* PRODUCTOS NATURALES ORGANICOS  
CON APLICACION EN LA ACTUALIDAD  
AISLADOS E IDENTIFICADOS EN MEXICO:**

Contribuciones al conocimiento de la constitución química de las plantas y sus aplicaciones, que han sido desarrolladas por investigadores en diversas instituciones del país. (Ejemplo: jojoba, tepezcohuite).

---

**\* PLASTICOS EN PIEZAS DE INGENIERIA:**

Plásticos que sustituyen a los metales en piezas de muy diversas aplicaciones. (Ejemplo: el 40% de las piezas de un automóvil son de materiales plásticos).

---

**\* LA QUIMICA EN EL PROCESO DE  
ELABORACION DE CERVEZA:**

Proceso de transformación química de las sustancias utilizadas como materia prima para la elaboración de la cerveza, gracias a las cuales ésta adquiere sus propiedades características.

---

**\* LA QUIMICA Y LAS PINTURAS:**

Obtención y uso de los diferentes pigmentos empleados en la fabricación de pinturas, así como de diferentes compuestos que mejoran sus propiedades y aplicaciones.

---

**\* LA QUIMICA Y LOS MEDICAMENTOS ANTIDIARREICOS:**

Compuestos químicos orgánicos, desarrollados y aplicados en diversas instituciones de México, para combatir la diarrea; enfermedad que es hasta ahora, la principal causa de mortalidad infantil en nuestro país.

---

\* QUIMICA Y LAS DROGAS:

Compuestos químicos naturales, que se extraen de algunas plantas y que son utilizados por sus propiedades curativas o como drogas alicinógenas.

\_\_\_\_\_

\* SMOG FOTOQUIMICO:

Algunos productos químicos empleados por el hombre, llegan a la atmósfera, donde se descomponen por acción de la luz, produciendo un tipo de niebla llamada: `smog fotoquímico`; éste fenómeno debe combatirse para disminuir la contaminación del aire y contribuir a mejorar la vida en nuestro planeta.

\_\_\_\_\_

\* LA QUIMICA Y LA GUERRA:

Diversos productos químicos que han sido utilizados por el hombre en forma negativa.

\_\_\_\_\_

.....  
**DATOS DE REGISTRO**

a) Sexo:       Femenino \_\_\_\_\_                                  Masculino \_\_\_\_\_

b) ¿Tienes definida la carrera profesional que deseas cursar?  
      SI \_\_\_\_\_    NO \_\_\_\_\_

c) Sí tu respuesta a la pregunta anterior es afirmativa indica la carrera que has elegido:

-----

d) Sí la respuesta a la pregunta del inciso b) es negativa, indica que carreras consideras preferentes para tu elección profesional:

-----  
-----  
-----

\_\_\_\_\_  
**MUCHAS GRACIAS**

## Apéndice B

# Lecturas Complementarias

### B.1 - Lectura Esmog Fotoquímico

**Lecturas Complementarias para Bachillerato  
sobre problemas cotidianos relacionados  
con la Química Orgánica**

**ESMOG FOTOQUIMICO**

Copyright © by María del Socorro Sánchez González  
All Rights Reserved

**Q.I. María del Socorro Sánchez González**

**Monterrey, N. L.**

**Junio de 1993**

# Esmog Fotoquímico

## 1. Definición de términos

**1.1. Atmósfera.** La mezcla gaseosa que rodea a la Tierra y que tiene una altura aproximada de 1000 km se conoce con el nombre de atmósfera. Al ir subiendo a partir de la superficie terrestre se dan diferentes nombres a las diversas zonas de la atmósfera (ver figura 1). El vapor de agua presente en el aire, al que llamamos humedad, puede variar entre 0.01% en los helados polos y 5%, en las zonas tropicales.

Aproximadamente 95% del aire se encuentra en la región que va desde el suelo hasta 10 km de altura y que llamamos troposfera. Es gracias a este océano de aire que existe la vida que conocemos en la Tierra.

A medida que se va más alto en la atmósfera, el aire se enrarece, es decir es más ligero o menos denso.

La composición del aire puro en la troposfera se muestra en la figura 2.

**1.2. Contaminación.** La contaminación es el deterioro de la calidad del ambiente, debido a la presencia de agentes nocivos para la salud de los seres vivos y la integridad de su entorno.

*Entre las diversas regiones de la atmósfera, la troposfera se localiza en los primeros 10 km a partir del suelo. En ella se encuentra casi todo el aire, que es una mezcla gaseosa formada principalmente de 78 moléculas de nitrógeno y 21 moléculas de oxígeno por cada 100 moléculas del gas.*

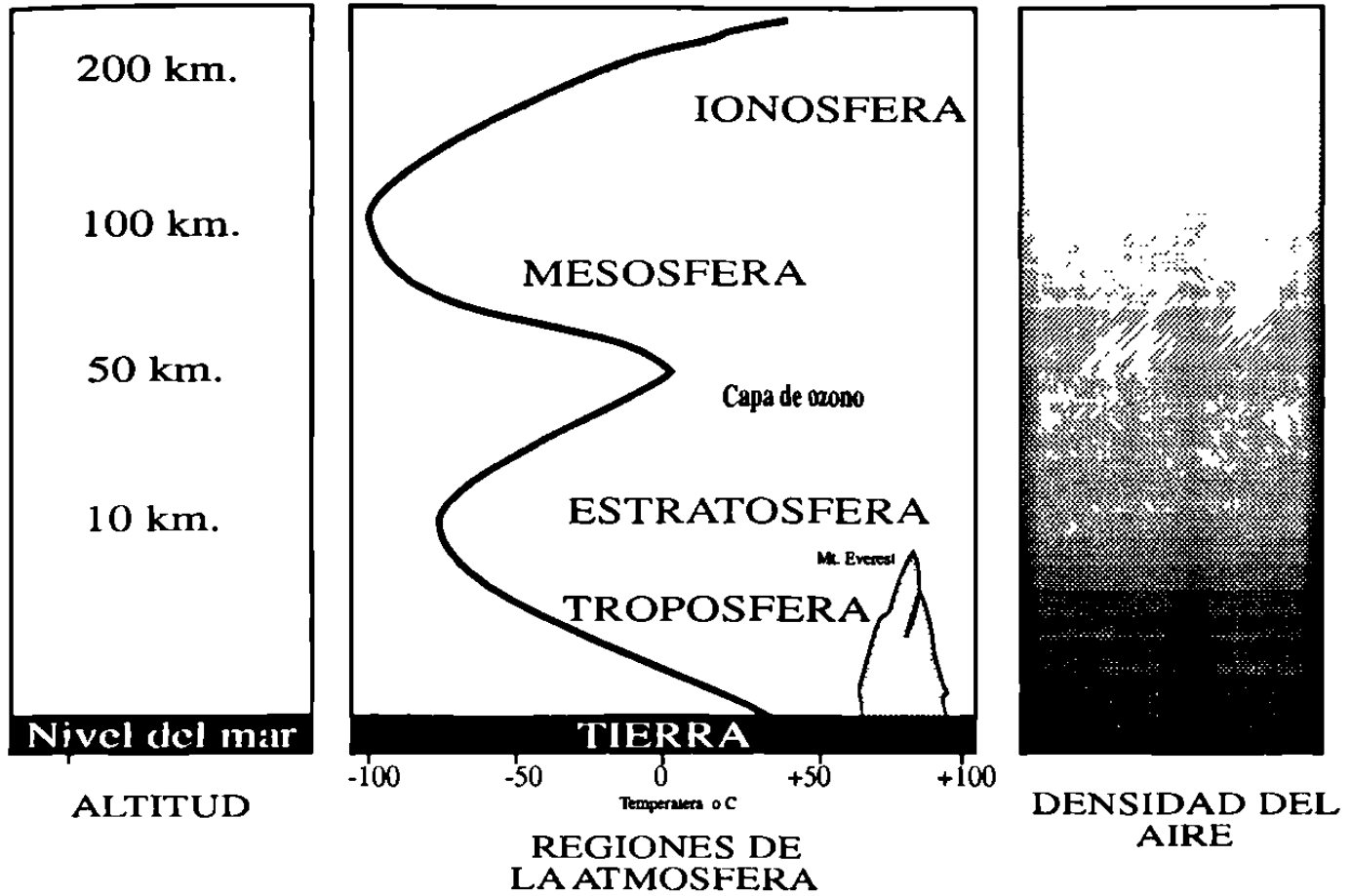
Los gases del escape de nuestros automóviles contaminan el aire. Las descargas de agua doméstica, a veces con gran cantidad de espuma y detergentes, contaminan las corrientes de ríos y lagos. Los tiraderos de basura en las grandes ciudades, a veces a cielo abierto, contaminan el suelo. El ruido del tráfico en una ciudad produce contaminación sonora. Los anuncios de publicidad de muy diversos estilos y tamaños ocasionan una intensa contaminación visual del paisaje.

**1.3. Contaminación del aire en la troposfera.** Hablaremos de la contaminación del aire en la troposfera ya que es la región más próxima a la superficie de la tierra.

En la troposfera se desenvuelve prácticamente toda la actividad humana. La vida misma de plantas y animales depende de ella.

La presencia de muy diversos componentes puede alterar la





**Fig. 1 Las cuatro capas de la atmósfera hasta una altitud de 200 kilómetros.** Los nombres que se dan a las diversas zonas de la atmósfera indican regiones donde la variación de temperatura corresponde a disminución o aumento de la misma, tal como puede verse en esta figura.

**a) ¿Cuál es el nombre que se da a la región de la atmósfera donde se desarrolla la vida en la tierra?**

-----

**b) ¿Qué porcentaje del aire se encuentra en la troposfera?**

-----

**c) ¿En qué región de la atmósfera se encuentra la capa de ozono?**

-----

SUSTANCIA	FORMULA	NUMERO DE MOLECULAS DEL COMPONENTE EN UN MILLON DE MOLECULAS DE AIRE
-----------	---------	--

<b>Componentes mayores</b>		
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	780,000
Oxígeno	O <sub>2</sub>	209,500
<b>Componentes menores</b>		
Argón	Ar	9,300
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	320
<b>Componentes en trazas</b>		
Neón	Ne	18
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	10
Helio	He	5
Metano	CH <sub>4</sub>	2
Kriptón	Kr	1

**Fig. 2 - COMPOSICION DEL AIRE EN LA TROPOSFERA**

a) ¿Es el dióxido de carbono un componente natural del aire?

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

b) ¿Qué nombre se le da al vapor de agua presente en el aire?

-----

c) ¿La ciudad donde vives es considerada muy húmeda?

-----

composición de la mezcla de gases de la troposfera.

Los componentes que son añadidos como contaminantes en la troposfera se originan tanto debido a fenómenos naturales (incendios forestales, erupciones volcánicas, terremotos, etc.)

como a las diversas actividades del género humano (transporte, industria, generación de energía, etc.).

Una vez que están en la troposfera, esos componentes son mezclados y arrastrados por los vientos, vertical y horizontalmente. Pueden presentarse reacciones químicas de unos con otros o con los componentes naturales del aire. Estas reacciones ocurren frecuentemente bajo la luz solar, dando lugar a un fenómeno complejo en el que intervienen muchos factores y que se conoce como formación de esmog<sup>1</sup> fotoquímico.

La problemática de la contaminación del aire se origina principalmente en los grandes centros urbanos, donde la población registra grandes aumentos en espacios muy pequeños.

---

<sup>1</sup>Nos hemos permitido castellanizar el término "smog" (de smoke = humo y fog = niebla), porque su empleo ha llegado a generalizarse en el país y "nieblumo" es de uso muy restringido.

***¿Qué es la contaminación?  
Puede pensarse que la contaminación es sólo producto de derrames o emisiones al aire, al agua o al suelo de productos químicos, pero si recordamos el enorme ruido del tráfico en las grandes avenidas de las ciudades o si consideramos la gran cantidad de calor que genera el compresor de un refrigerador, por ejemplo, percibiremos que también hay otras formas de contaminación diferentes a las químicas.***

En las grandes ciudades, como las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara, la actividad urbana e industrial requiere de un uso extenso de combustible.

Tanto para el transporte, como para el funcionamiento de

las empresas, se consumen elevadas cantidades de combustibles derivados del petróleo.

Se llama *contaminante del aire* a un componente extraño a él, cuando está presente en una cantidad tal que es dañino. Este puede en ocasiones formarse por reacciones químicas en el medio.

Los perjuicios recaen en el hombre, animales, vegetación o materiales (edificios, metales, llantas de automóvil, etc.).

***Los fenómenos naturales, como la erosión por los vientos, la actividad volcánica, los incendios forestales, la formación de pantanos, emiten al aire polvos, gases inorgánicos o hidrocarburos naturales, como los terpenos que provienen de los árboles.***

Por ejemplo, el ozono en la capa llamada estratosfera es benéfico porque nos protege de los rayos ultravioleta del

sol. El mismo ozono, aún en cantidades pequeñas, es dañino cuando se encuentra en la capa cercana al suelo. Por ejemplo, las llantas de los automóviles sufren serios daños provocados por el ozono en la capas bajas del aire.

La contaminación del aire se presenta tanto en ambientes abiertos (el campo, la montaña, al nivel del mar, en las ciudades) como en lugares cerrados (casas, escuelas, edificios, fábricas y minas).

**1.4. Presentación inicial y Clasificación de los contaminantes del aire.** La contaminación del aire puede clasificarse de acuerdo con diversos criterios. La mayoría de ellos coinciden en señalar seis clases de contaminantes principales:

- 1) Oxidos de carbono (COx)
- 2) Oxidos de azufre (SOx)
- 3) Oxidos de nitrógeno (NOx)
- 4) Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
- 5) Partículas suspendidas de materia (PSM)
- 6) Compuestos formados fotoquímicamente (ver fig. 3).

Otra clasificación útil de los contaminantes del aire ( ver fig. 4) los divide en primarios y secundarios.

#### **PRIMARIOS:**

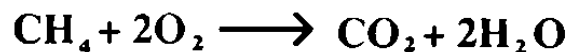
Se llama contaminante primario a cualquier compuesto químico que entra directamente a la atmósfera.

Pueden ser de origen natural (erupción volcánica) o producto de la acción humana (escape de los automóviles, chimeneas de las industrias, etc.)

Como ejemplos de contaminantes primarios se pueden mencionar los óxidos de carbono (COx): que son el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) .

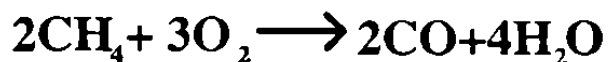
Los óxidos de carbono se forman por la combustión del gas natural, la gasolina, el carbón, etc.

El dióxido de carbono se forma cuando la combustión es completa tal como lo describe la siguiente reacción:



El metano CH<sub>4</sub> es el principal componente del gas natural.

Por otra parte, si la combustión es incompleta (con oxígeno limitado), se forma el monóxido de carbono. La reacción es:



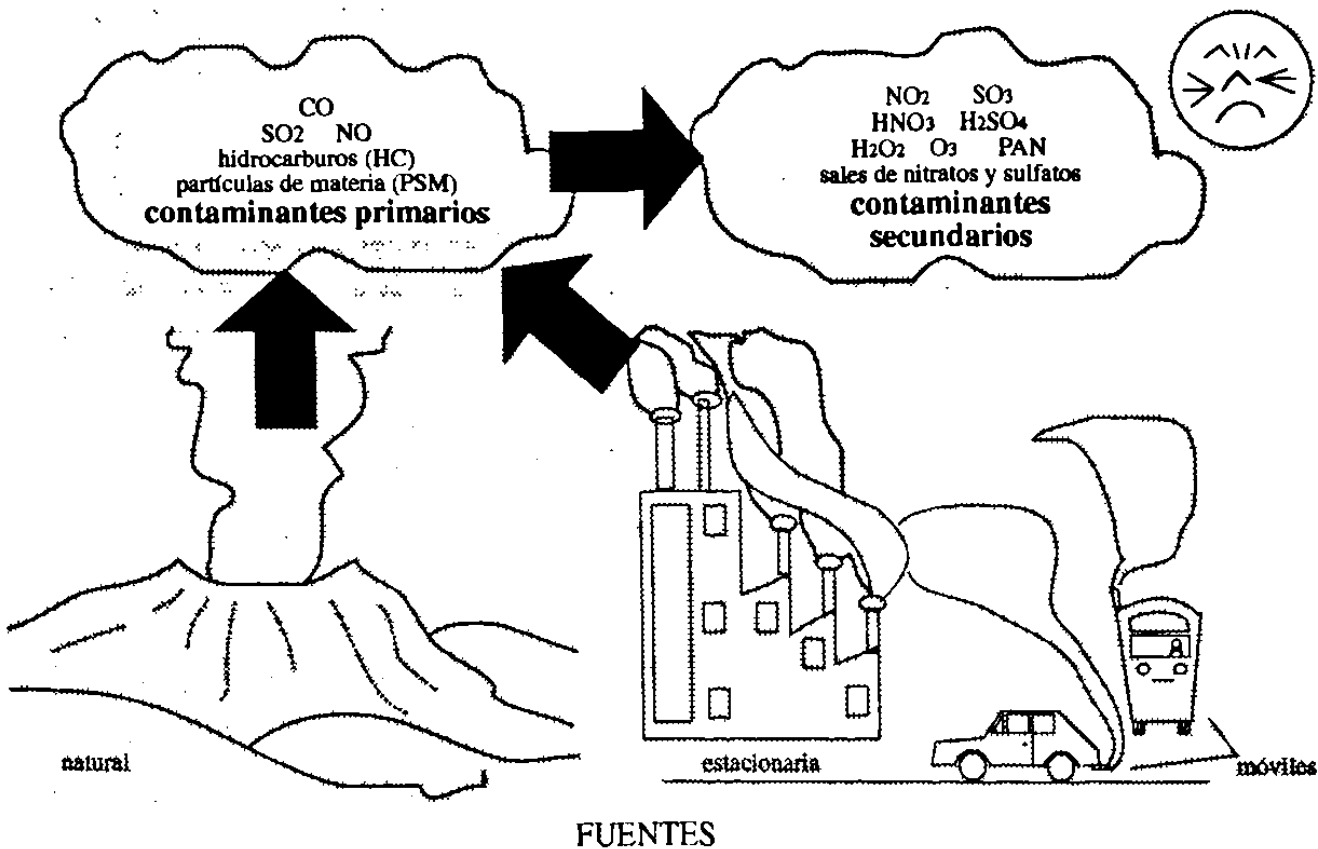
Existe fuerte controversia acerca de considerar al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como un contaminante, ya que es un componente natural del aire (ver fig. 2).

El dióxido de carbono es tomado del aire por las plantas. Mediante el proceso de la fotosíntesis lo transforman en oxígeno liberado a la atmósfera y carbohidratos, (azúcar, celulosa, almidón) al aprovechar la luz

**CLASE DE CONTAMINANTE****EJEMPLOS**

<b>1. Oxidos de carbono (COx)</b>	monóxido de carbono (CO)
<b>2. Oxidos de azufre (SOx)</b>	dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )
<b>3. Oxidos de nitrógeno (NOx)</b>	monóxido de nitrógeno (NO) dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )
<b>4. Compuestos orgánicos volátiles (COVs)</b>	
<b>a. Hidrocarburos (HC) compuestos gaseosos y líquidos que contienen carbono e hidrógeno</b>	metano (CH <sub>4</sub> ), butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ), benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) benzopireno (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )
<b>b. Otros compuestos orgánicos</b>	formaldehído (CH <sub>2</sub> O), cloroformo (CHCl <sub>3</sub> ), cloruro de metileno (CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ), dicloro etileno (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ), tricloroetileno (C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> ), cloruro de vinilo (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl), tetracloruro de carbono (CCl <sub>4</sub> ), óxido de etileno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)
<b>5. Partículas suspendidas de materia (PSM)</b>	
<b>a. Partículas sólidas</b>	polvos (suelo), hollín (carbón), asbestos, plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), arsénico (As), berilio (Be), sales de nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> ) y sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )
<b>b. Líquidos</b>	ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> ), aceite, plaguicidas como DDT
<b>6. Oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacción entre el oxígeno, los óxidos de nitrógeno y los COVs bajo la acción de la luz solar</b>	ozono (O <sub>3</sub> ), PANs (nitratos de peroxiacilo), peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), radical hidroxilo (HO)

Fig. 3 - PRINCIPALES TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE



FUENTES

**Fig. 4 Contaminantes primarios y secundarios.** Esta es una clasificación de los contaminantes del aire, se consideran primarios aquellos que llegan como tales a la atmósfera y secundarios los que son producto de reacciones químicas que ocurren en el aire.

a) En la ciudad donde vives. ¿ Conoces cuáles son los contaminantes primarios de mayor incidencia ?

\_\_\_\_\_

b) ¿ El ozono es un contaminante primario ?

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

c) Los hidrocarburos son emitidos al aire como contaminantes:

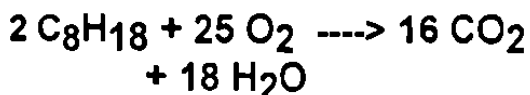
primarios \_\_\_\_\_ secundarios \_\_\_\_\_

solar.

En un proceso cíclico, cuando las plantas se descomponen o se queman o se consumen por los animales, regresan el dióxido de carbono al aire, junto con vapor de agua (ver fig. 5).

La actividad del hombre, sobre todo en la quema de combustibles fósiles, introduce al aire grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como se ilustra a continuación:

Quemando gasolina:



Por otro lado, el hombre altera el ciclo natural del carbono de manera importante, al talar grandes extensiones de bosques y selvas.

Esto hace que la cantidad de dióxido de carbono en el aire aumente año con año.

#### SECUNDARIOS:

Son contaminantes secundarios aquellos compuestos que se

*Los contaminantes generados por las diversas actividades humanas, están concentrados sobre las grandes ciudades o en las zonas industriales, y es ahí donde sus efectos son más graves.*

forman por reacciones químicas entre los componentes del aire.

Estos contaminantes secundarios pueden tener su origen en los componentes naturales y en los contaminantes primarios.

Es común que la formación de contaminantes secundarios dependa de las condiciones de temperatura, intensidad de la luz solar, vientos, humedad y otros factores del medio.

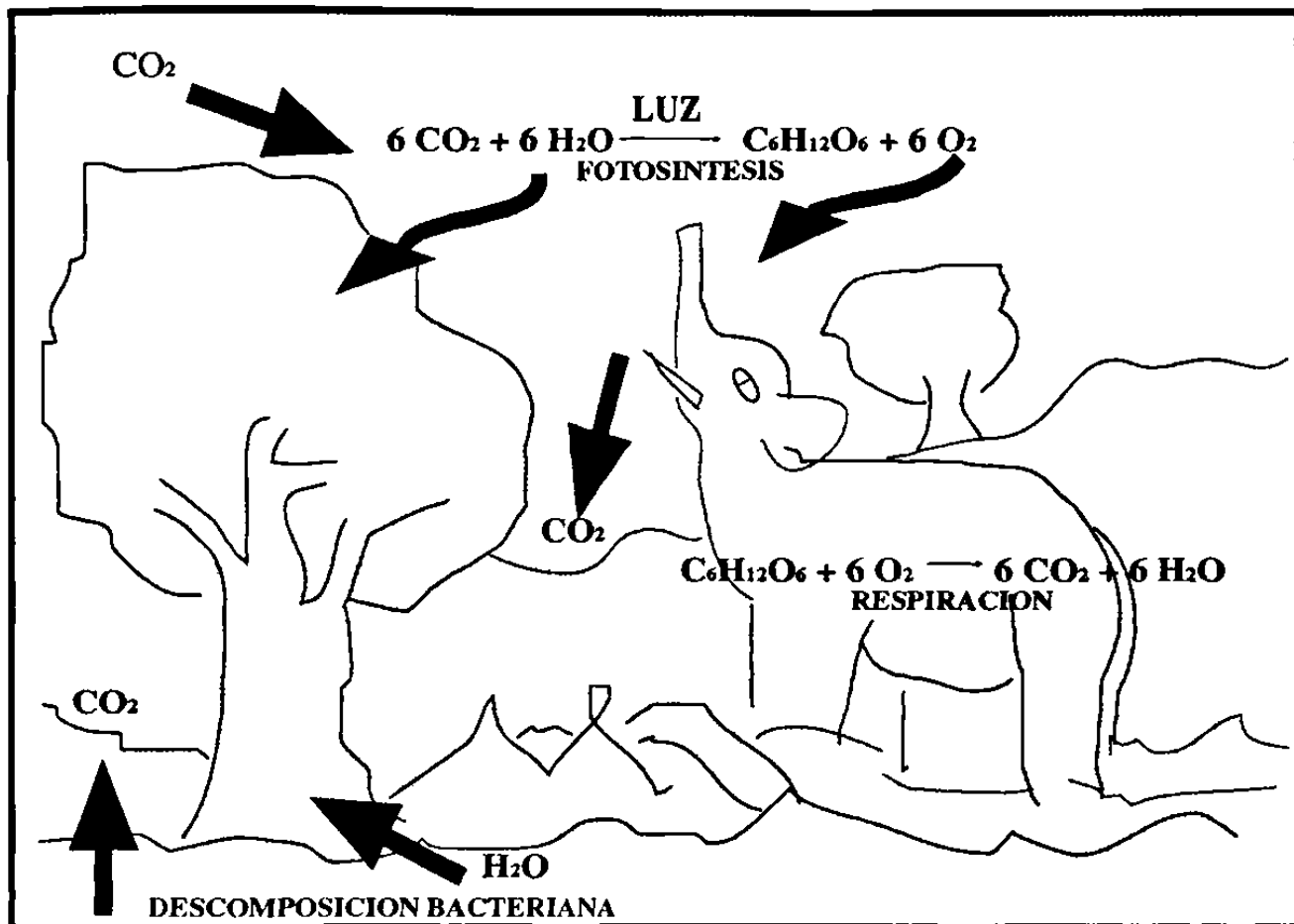
Ejemplos de contaminantes secundarios son el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) y el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), entre muchos otros

En nuestro país, la Comisión Federal de Electricidad utiliza todavía combustóleo para producir energía eléctrica.

El azufre presente en el combustóleo produce dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) durante la reacción de combustión.

Como el dióxido de azufre es arrojado directamente al aire es un contaminante primario. En la actualidad la CFE está sustituyendo el combustóleo por el gas natural.

El gas natural obtenido del petróleo contiene aproximadamente 95% de metano (CH<sub>4</sub>).



**Fig. 5 Ciclo del carbón.** Proceso donde las plantas mediante la fotosíntesis aprovechan el dióxido de carbono formado, tanto si las plantas se descomponen como si son consumidas por los animales.

a) ¿Cuál es el nombre del proceso natural por el cual las plantas transforman el dióxido de carbono ?

---

b) Escriba la ecuación química de la reacción de combustión completa del metano.

---

c) Escriba la ecuación química de la reacción de combustión completa del n-octano, un componente de la gasolina.

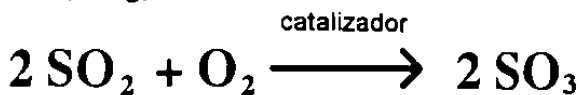
---



El metano en la reacción de combustión solamente produce dióxido de carbono y agua, ambos en forma de gases.

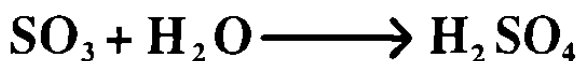
El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) produce dos contaminantes secundarios.

En una primera reacción con el oxígeno del aire, el dióxido de azufre forma el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>):



El trióxido de azufre a su vez reacciona rápidamente con el vapor de agua presente en la atmósfera formando gotitas de ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) es un componente importante de la llamada "lluvia ácida" (ver fig. 6), cuya formación se describe a continuación:



## 2. ESMOG

Se consideran diferentes clases de contaminación del aire: la "lluvia ácida", las partículas sólidas suspendidas de materia (PSM), y el "esmog fotoquímico".

***Los contaminantes primarios son componentes extraños al aire, que entran como tales al mismo y los secundarios son los producidos por reacciones en el aire.***

***Además, existen condiciones del aire, producto de una combinación complicada de varios factores ambientales que favorecen la contaminación. Entre ellas se puede destacar: la "inversión térmica". A continuación hablaremos de cada uno de estos fenómenos.***

### 2.1. Depositación Ácida

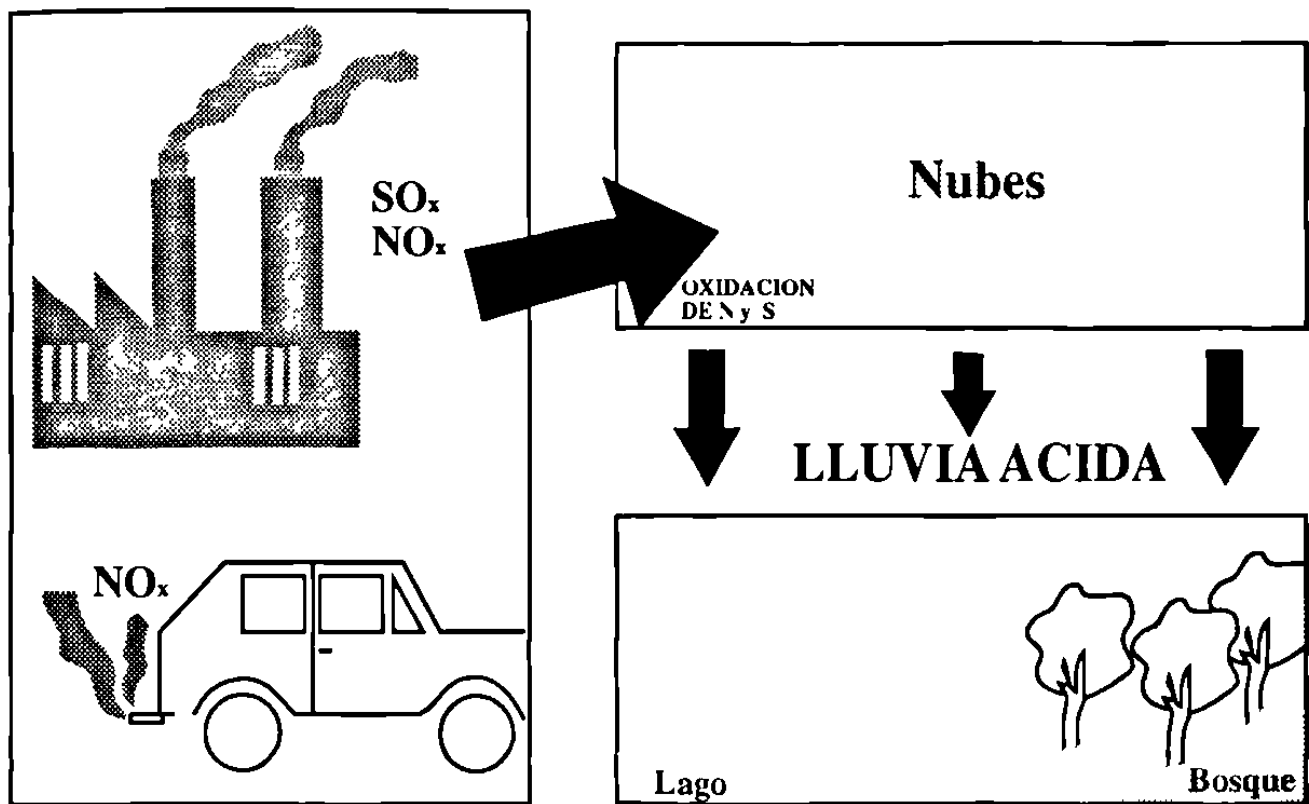
Los contaminantes dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y monóxido de nitrógeno (NO), son emitidos al aire principalmente por las chimeneas de plantas generadoras de energía eléctrica, por otras industrias y por los escapes de los automóviles.

En las grandes ciudades, los automóviles realizan un número elevado de viajes por día, por lo que su contribución en la formación del monóxido de nitrógeno es importante.

Estos óxidos son transportados en ocasiones a través de grandes distancias por las corrientes de viento, con una dirección y velocidad variable.

El movimiento de los contaminantes depende de la ubicación geográfica del área y de la meteorología del lugar.

En la corriente de aire el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el monóxido de



**Fig.6 Esquema simplificado de formación de " lluvia ácida".** Se muestra la formación de "lluvia ácida" a partir de los óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  y óxidos de azufre  $\text{SO}_x$ , su oxidación y posterior reacción con el vapor de agua en el aire.

**a) El automóvil en el que te transportas, ¿ pasó la última verificación de gases del escape ?**

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

**b) ¿ Qué combustible se utiliza en tu ciudad para generar la energía eléctrica ?**

\_\_\_\_\_

**c) ¿ Contiene azufre el combustóleo ?**

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

**d) Escribe las ecuaciones de las reacciones de formación del ácido sulfúrico a partir del  $\text{SO}_2$ .**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

nitrógeno (NO) se transforman en contaminantes secundarios.

Ellos son: el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), gotitas de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) y partículas sólidas de sales de sulfatos y nitratos.

Estas sustancias químicas son entonces precipitadas en lagos, ríos y el mar o en extensiones de tierras muy lejanas a su fuente original.

La depositación ácida llamada erróneamente "lluvia ácida" está constituida por los ácidos sulfúrico y nítrico así como por dióxido de nitrógeno, nitratos y sulfatos, que caen no solamente como lluvia sino como nieve, niebla y como partículas sólidas y los gases que son arrastrados por ellas.

La depositación húmeda ocurre cuando las gotitas suspendidas en el aire, sean de ácido sulfúrico o nítrico, retornan a la superficie como lluvia, granizo o rocío.

Ocurre *depositación seca* cuando las partículas de sales de nitratos, y sulfatos caen (ver fig 7).

La lluvia o los vientos con un grado de acidez dañino perjudican la conservación de monumentos y edificios a causa de la corrosión de los materiales.

Este daño no sólo se presenta en zonas urbanas sino que se ha detectado en sitios de interés

arqueológico como en la zona de Palenque, en México

Un equipo de investigadores mexicanos estudian el efecto de la "lluvia ácida" en el deterioro de los monumentos de la cultura maya. En el estudio son determinantes los movimientos de los vientos en toda la zona del Golfo de México. Se han reportado resultados preliminares que muestran acidez en la lluvia en Tulúm, Quintana Roo.

Otra consecuencia de la acidez en la lluvia es que en las zonas bajas donde se acumula, disuelve minerales del suelo disminuyendo la capacidad de la tierra para alimentar la vida vegetal.

La acidificación de los lagos y ríos afecta el plancton y la capacidad de reproducción de los peces.

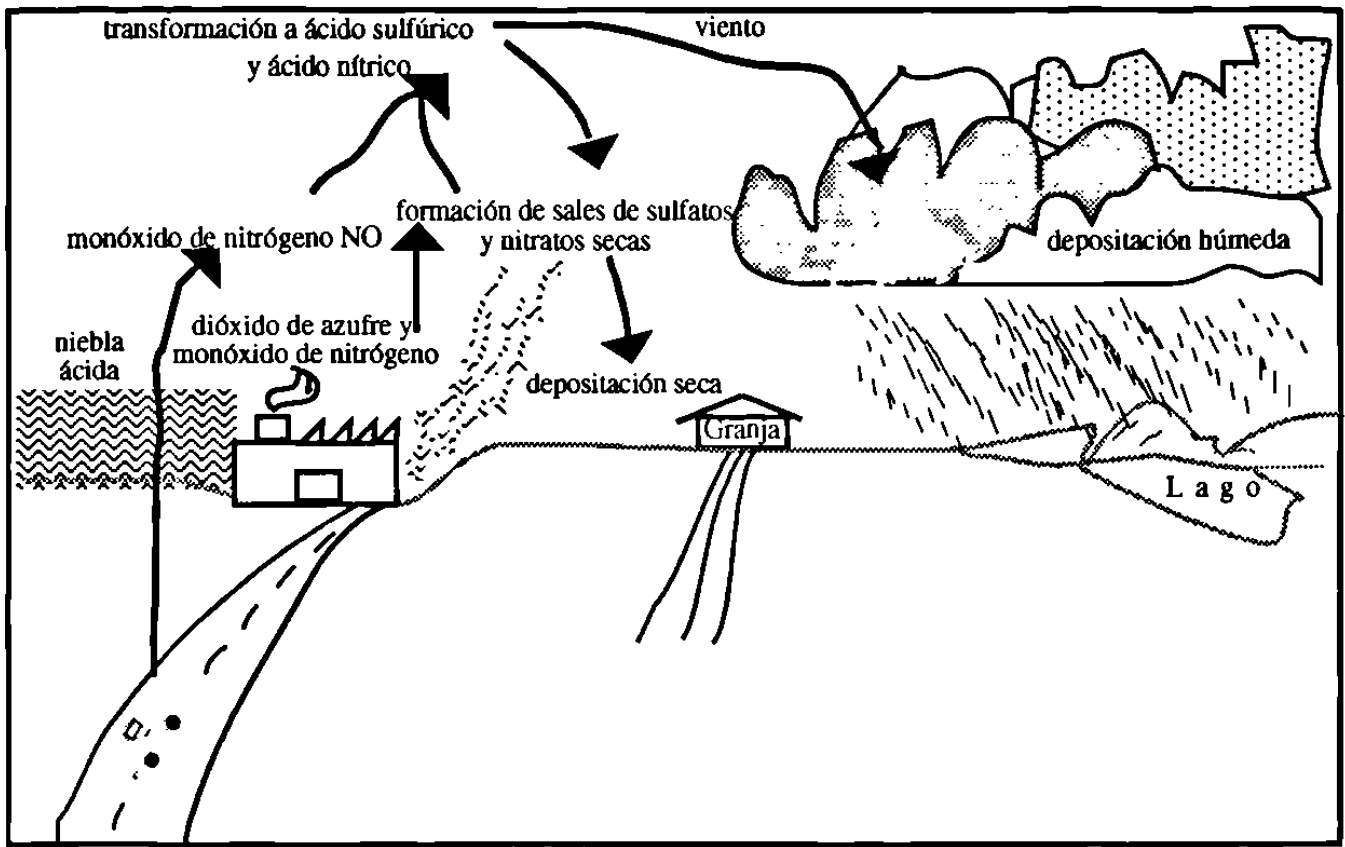
En el hombre se cree que la lluvia ácida puede causar daños a la salud, especialmente del aparato respiratorio.

## 2.2 PARTICULAS SUSPENDIDAS DE MATERIA

Además de los componentes gaseosos del aire, en él también se encuentran diminutas partículas sólidas que se han dado en llamar partículas suspendidas de materia (PSM), y pequeñas gotas de líquido llamadas en conjunto partículas.

La unidad más utilizada para expresar su tamaño es la micra, en un metro hay un millón de micras.

*El fenómeno llamado "lluvia ácida" está formado por contaminantes secundarios, principalmente los ácidos sulfúrico y nítrico, que son depositados en la Tierra, en ríos, lagos o el mar, generalmente a grandes distancias de su fuente de origen.*



**Fig.7 Depositación ácida.** Cuando las sales de sulfatos y nitratos caen en la superficie sucede la depositación seca y si las gotitas de ácidos, sulfúrico o nítrico, son arrastradas por la lluvia ocurre la depositación húmeda. Estos fenómenos pueden ocurrir en lagos ó el campo a grandes distancias de su origen.

**a) Cuáles son los principales componentes de la depositación ácida ?**

-----

**b) ¿ En la ciudad donde vives existen estudios acerca de la acidez de la lluvia ?**

sí -----

no -----

**c) ¿ Qué efectos en la agricultura puede tener la lluvia ácida ?**

-----

1m = 1,000,000 micras

En función del diámetro, las partículas pueden clasificarse en varios grupos, las cuales están en relación a su origen.

Las partículas con un diámetro superior a 10 micras se depositan en el suelo en poco tiempo por efecto de la gravedad; aquellas que permanecen suspendidas en la atmósfera durante largos períodos de tiempo corresponden a diámetros entre 0.1 - 10 micras.

*En el aire, las partículas suspendidas de materia (PSM) son de muy diversos tamaños; se estudian y miden sobre todo los de diámetro menor a 10 micras (PM 10) ya que son las que entran por las vías respiratorias a nuestro cuerpo produciendo daños a la salud.*

El tamaño de las partículas es determinante de los efectos de contaminación producidos por las mismas.

Hay una gran diversidad entre los tipos de partículas, por eso para su estudio ha resultado conveniente clasificarlas en dos categorías: viables ( capaces de vivir ) tales como los granos de polen, hongos, mohos, bacterias; no viables ( no vivas ) como la arena, gotitas de agua salada, polvo volcánico e industrial, y partículas de origen extraterrestre.

Según el origen de las partículas se les llama neblina, humo, emanación o polvo.

La neblina está constituida por gotas de líquidos en suspensión; los humos son partículas de carbón producidas en las reacciones de combustión de combustibles fósiles; las emanaciones son vapores condensados de sustancias orgánicas o metálicas; los polvos se forman de la rotura mecánica de materia sólida.

Todas las partículas suspendidas en la atmósfera se depositan en la superficie de nuestro planeta por dos vías: deposición en seco y precipitación húmeda. Esta última va asociada a la presencia de contaminación por NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en la atmósfera, combinación que resulta en una precipitación cada vez más ácida.

Los aerosoles son un tipo de partículas suspendidas que consisten en dispersiones de partículas sólidas o líquidas de diámetro entre 0.1 - 1 micras en un medio gaseoso.

Los contaminantes en forma de partículas pueden obstaculizar la transmisión del calor del sol a la tierra y afectar en consecuencia el proceso de fotosíntesis de las plantas; afectan a los materiales acelerando la corrosión de éstos; obstaculizan la visibilidad, provocando accidentes de tránsito, etc.

Todas aquellas partículas de diámetro igual o menor a 10 micras son denominadas en general PM<sub>10</sub>, éstas por su tamaño a través de la respiración penetran en los pulmones, laringe, y esófago ocasionando enfermedades de diversa gravedad en el ser humano

En las ciudades con altos niveles de contaminación en el aire, uno de los parámetros que se debe medir para evaluar la calidad del aire es la cantidad de las partículas PM<sub>10</sub> en la atmósfera.

## **2.3 Esmog Fotoquímico**

### **2.3.1 Definición de esmog.**

Cuando en el aire de una ciudad los contaminantes son retenidos durante un tiempo prolongado, se presenta el fenómeno denominado "esmog".

La palabra "esmog" es una contracción que proviene de smoke (humo) y fog (niebla).

El estancamiento de los contaminantes puede verse favorecido por las condiciones geográficas y meteorológicas del lugar.

En una ciudad ubicada en un valle rodeado de montañas y con vientos en calma la mayor parte del año, se pueden presentar eventos de "esmog". Los contaminantes también pueden quedar atrapados por efectos de condiciones de inversión térmica

**2.3.2 Tipos de esmog.** Se conocen dos tipos de esmog. El *esmog industrial* y el llamado *esmog*

**Los contaminantes, cuando permanecen en contacto en el aire por largos períodos de tiempo, como durante una inversión térmica, pueden transformarse en otros, en ocasiones más tóxicos y peligrosos para la salud.**

*fotoquímico*. Ambos pueden presentarse en ciudades con aire contaminado.

Al *esmog industrial* también se le conoce con el nombre de --"esmog tipo Londres".

Se debe a la acción de los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y partículas suspendidas de materia (PSM) en el aire. Es decir, también incluye una amplia variedad de partículas sólidas y gotitas de ácido sulfúrico formado a partir del dióxido de azufre y la humedad del aire mediante la acción de agentes oxidantes (como el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> por ejemplo).

El color de estos contaminantes es grisáceo, lo que caracteriza el aire de las ciudades con este tipo de *esmog industrial*.

Regularmente se presenta durante los meses de invierno (preferentemente en la mañana).

El origen de los óxidos de azufre y las partículas suspendidas se tiene principalmente en las descargas al aire de plantas productoras de electricidad e industrias.

Estas empresas utilizan para sus procesos grandes cantidades de combustibles fósiles con un importante contenido de azufre.

El *esmog fotoquímico* se relaciona con temperaturas de verano. Se forma de la mezcla de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno en el aire en interacción con la luz solar.

Su origen se debe principalmente a las emisiones que llegan al aire de los

escapes de los automóviles (ver fig. 8).

Una característica del aire en las ciudades con este tipo de *esmog fotoquímico*, es el color café que le imparte el dióxido de nitrógeno.

Este tipo de *esmog* se presenta de forma más intensa entre mediodía y las cuatro de la tarde.

**2.3.3. Concepto de Reacción Fotoquímica.** Cualquier reacción iniciada por la luz solar es una reacción fotoquímica.

**2.3.4. Formación del Esmog Fotoquímico.** La radiación ultravioleta que nos llega del sol contiene la energía suficiente para la formación del *esmog fotoquímico*.

Este es una mezcla compleja de productos que se forman por la interacción de la luz solar con dos contaminantes primarios principalmente.

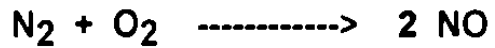
Los contaminantes primarios mencionados vienen principalmente de los gases de escape de automóviles y son: el monóxido de nitrógeno (NO) y los hidrocarburos (HC).

Los hidrocarburos (HC), son compuestos constituidos por carbono e hidrógeno.

*El esmog fotoquímico es una nube donde los hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y sus productos de reacción se mezclan con los componentes naturales del aire, además de polvos de diversos orígenes.*

También contribuyen hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno de otras fuentes, pero no en forma tan importante.

Cualquier proceso de combustión promueve la formación de óxido de nitrógeno (NO) como una consecuencia de las altas temperaturas a las que se efectúa:



Los hidrocarburos (HC) son emitidos a la atmósfera por evaporación de combustibles y por el uso de disolventes.

La formación del *esmog fotoquímico* se ve favorecida cuando las condiciones meteorológicas son estables.

Cuando los contaminantes primarios permanecen en contacto como en un recipiente de reacción, debido a una inversión térmica, no hay dispersión de ellos

Esto hace que por la acción de la luz, se formen contaminantes secundarios oxidantes, entre los que predomina el ozono (O<sub>3</sub>).

Se forman también otros contaminantes oxidantes entre ellos los nitratos de peroxiacilo (PAN), así como el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), este contaminante secundario tiene como precursor el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

La cantidad de oxidantes formados depende de la hora del día, las condiciones meteorológicas y la naturaleza de las fuentes emisoras



**Fig.8** La Ciudad de México bajo condiciones de esmog fotoquímico

**a) ¿ Cómo será la vida para los habitantes de la ciudad de México en el año 2010 si la formación del esmog fotoquímico sigue en aumento ?**

---

---

---

---

**b) ¿ Has sentido en tu persona los efectos de la contaminación del aire en la ciudad de México ?**

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_



Estas condiciones varían de ciudad a ciudad y aún de un día a otro, por lo que la composición del esmog fotoquímico es muy variada.

Aun así, en un día soleado de una ciudad con un elevado tráfico vehicular, la formación del ozono alcanza sus valores más altos alrededor de las 12:00 del día ( ver fig. 9 ).

El esquema de formación del ozono y los otros oxidantes fotoquímicos requiere de una serie de reacciones.

La primera reacción precursora de la formación del esmog fotoquímico ocurre temprano en la mañana.

Cuando el tráfico vehicular es intenso se observa una concentración alta de monóxido de nitrógeno (NO) en el aire ( ver fig. 9 ).

En un proceso en el que intervienen *radicales libres*<sup>2</sup> (OH) y a partir del monóxido de nitrógeno (NO) se forma el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el cual es un gas café amarillento y tiene un olor sofocante ( ver fig. 9 ). Las reacciones fotoquímicas comienzan cuando al salir el sol la absorción de la luz ultravioleta por el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) produce una molécula de monóxido de nitrógeno (NO) y una especie muy reactiva, es decir un átomo de oxígeno.

La siguiente ecuación lo ilustra:

---

<sup>2</sup> Los *radicales libres* pueden ser cualquier átomo o grupo de átomos con un electrón desapareado; son muy reactivos y de vida corta.



Con sólo uno de estos átomos que se formen es suficiente para que se desate toda una serie de reacciones.

Así, el átomo de oxígeno puede reaccionar con el oxígeno atmosférico formando el ozono.

La reacción es la siguiente:



El ozono formado puede reaccionar con el monóxido de nitrógeno para dar nuevamente dióxido de nitrógeno y oxígeno, lo que completa un ciclo (ver fig. 10).



Son formadas también otras especies reactivas como los radicales libres hidroxilo (HO).

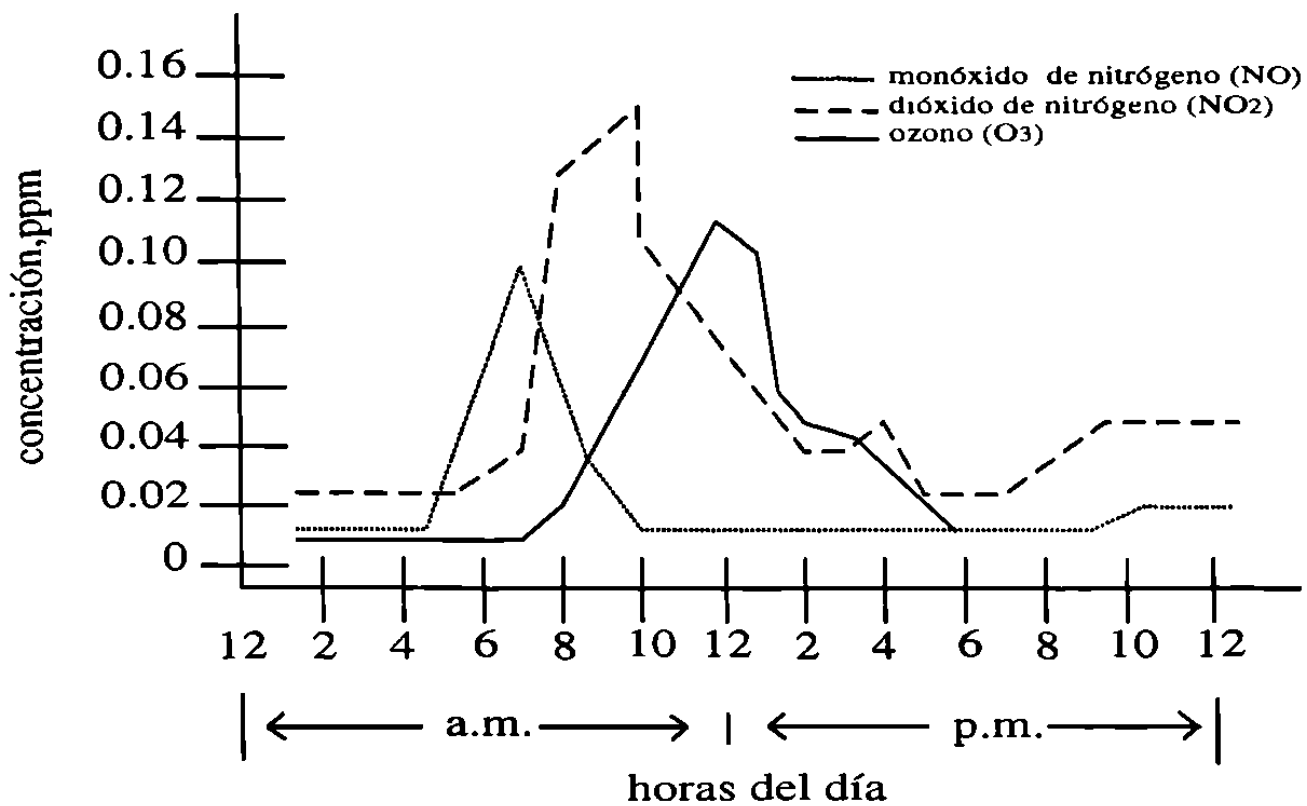


Estos radicales desempeñan un papel importantísimo en la química de la atmósfera.

Dos radicales OH pueden combinarse para formar peróxido de hidrógeno (agua oxigenada):



El peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) puede actuar como agente oxidante en la atmósfera, o ser arrastrado a la superficie de la tierra (en las gotitas de lluvia por ejemplo)



**Fig. 9 Variación del ozono y los óxidos de nitrógeno.** Se muestra la concentración de los óxidos de nitrógeno y el ozono en la atmósfera en una ciudad con intenso tráfico vehicular.

**a) ¿ Por qué no es conveniente que realices ejercicios al aire libre a mediodía en una ciudad con elevado tráfico vehicular?**

---



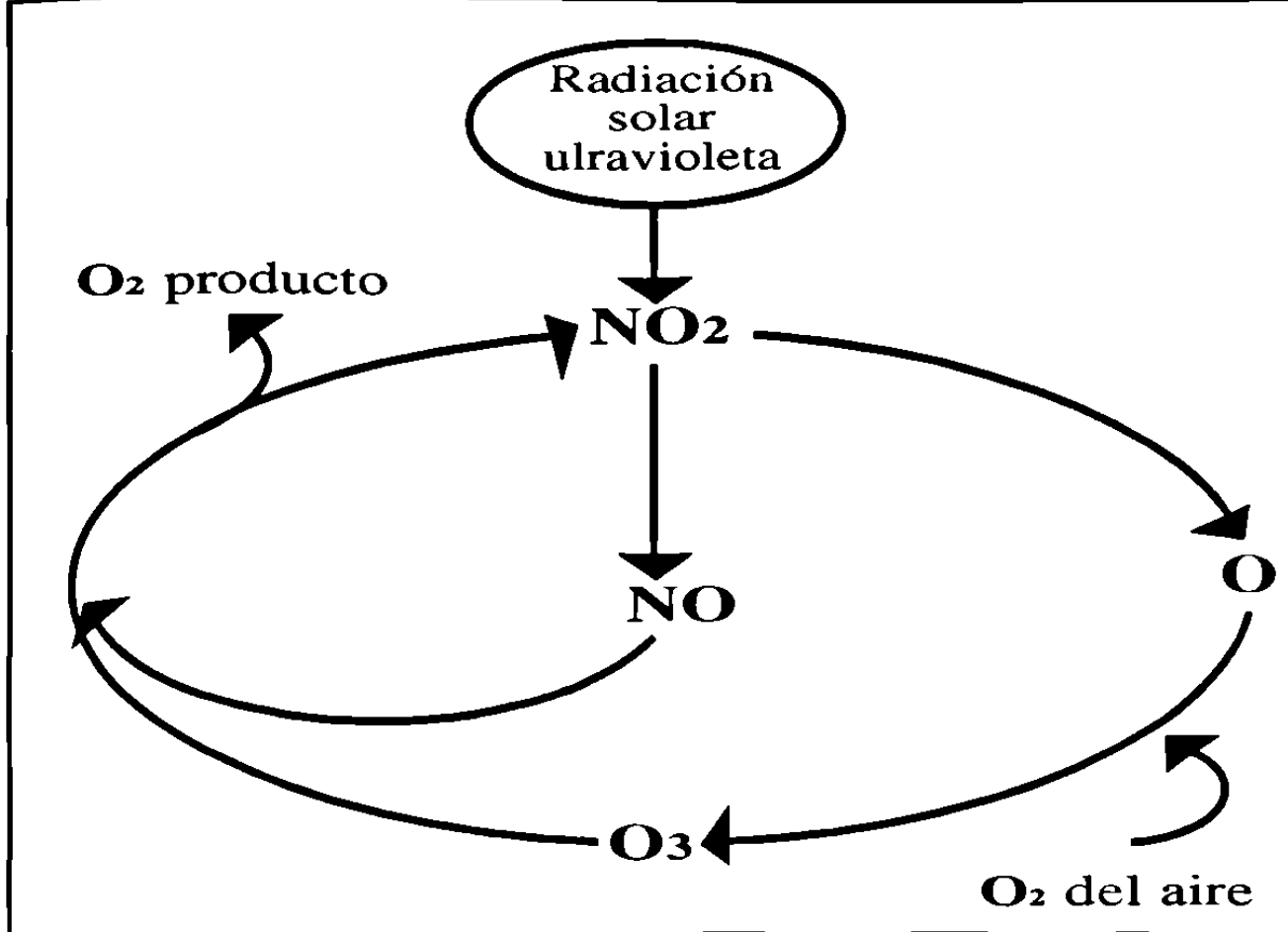
---

**b) ¿ Por qué se forma el monóxido de nitrógeno ( NO ) durante los procesos de combustión ?**

---



---



**Fig. 10 Ciclo Fotoquímico del  $\text{NO}_2$ .** Reacciones que se verifican en el aire propiciadas por la radiación solar ultravioleta.

a) ¿Cuál es la energía que inicia las reacciones fotoquímicas ?

-----

b) ¿ Qué nombre reciben las especies químicas con un electrón desapareado que se forman en las reacciones fotoquímicas ?

-----

c) Escribe las ecuaciones químicas de las reacciones que ocurren en el ciclo fotoquímico del  $\text{NO}_2$ .

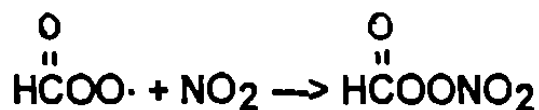
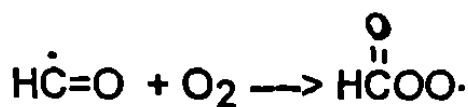
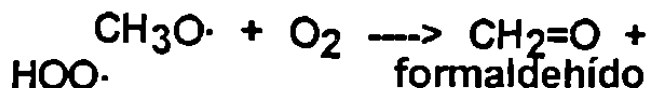
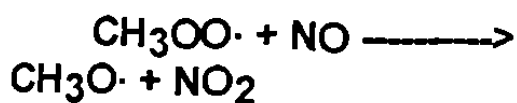
-----

-----

Durante las horas de tráfico en la mañana, los hidrocarburos orgánicos volátiles de los vehículos automotores se evaporan y son descargados en la atmósfera por los escapes.

También contribuyen las industrias que emplean disolventes orgánicos volátiles.

Estos compuestos reaccionan con los radicales libres de hidroxilo (OH) en presencia del oxígeno atmosférico formando en una secuencia de reacciones otros componentes del esmog fotoquímico, como los aldehídos, cetonas y los nitratos de peroxiacilo (PAN) entre otros.



**PAN**

Estos oxidantes (PAN) aparecen a mediodía, y pueden causar irritación en los ojos y en las vías respiratorias de las personas.

Entonces, el ciclo fotoquímico del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) se rompe por la presencia de los hidrocarburos volátiles, debido a la acción de los radicales libres peróxido como el CH<sub>3</sub>OO· que reaccionan con el NO (monóxido de nitrógeno) bajando su concentración y elevando la de NO<sub>2</sub> de forma que la concentración del ozono empieza a aumentar en la atmósfera. Para ejemplificar esto, trabaja con la metáfora que aparece en la página siguiente y utiliza para ello la fig. 11.

Conforme cae la tarde los niveles de ozono disminuyen en la atmósfera, al disminuir la intensidad de la luz solar

Al llegar la noche el ozono reacciona con el monóxido de nitrógeno producto de las horas de tráfico intenso al término de un día de labores en la

*Algunas de las sustancias formadas en las reacciones fotoquímicas son el ozono O<sub>3</sub>, aldehídos y otros. Estos producen irritación en los ojos y en las vías respiratorias.*

## METAFORA

Hace aproximadamente dos siglos, en la isla continente denominada actualmente Australia, coexistían armoniosamente los dingas, una especie de perro salvaje, y los ratones, en una perfecta relación de autorregulación. La población de ratones estaba controlada y regulada por el grupo de dingas, la que a su vez se estabilizaba cuando disminuían los ratones en tiempo de sequía.

Cuando el hombre colonizó esta región rompió la armonía existente, ya que al utilizar sus rifles, las balas de estos hacían blanco en los dingas, disminuyendo drásticamente el grupo. Como consecuencia, creció sin control la población de ratones, los que a su vez deforestaron grandes extensiones de territorio, alterando el habitat de otras muchas especies vegetales y animales.

Si traducimos la narración utilizando otros términos, asignando a cada participante de esta breve historia su equivalente químico:

rifles = hidrocarburos ( HC )

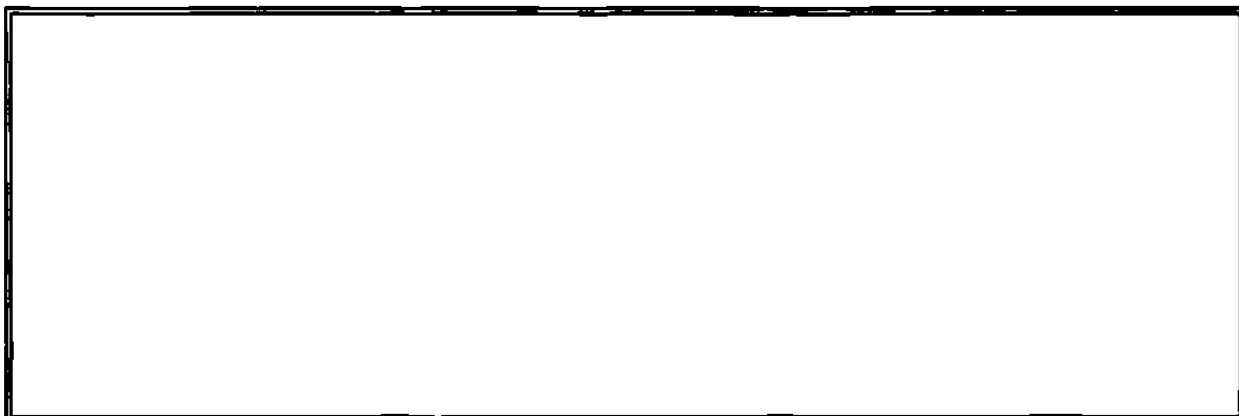
balas = radicales libres ( ROO· )

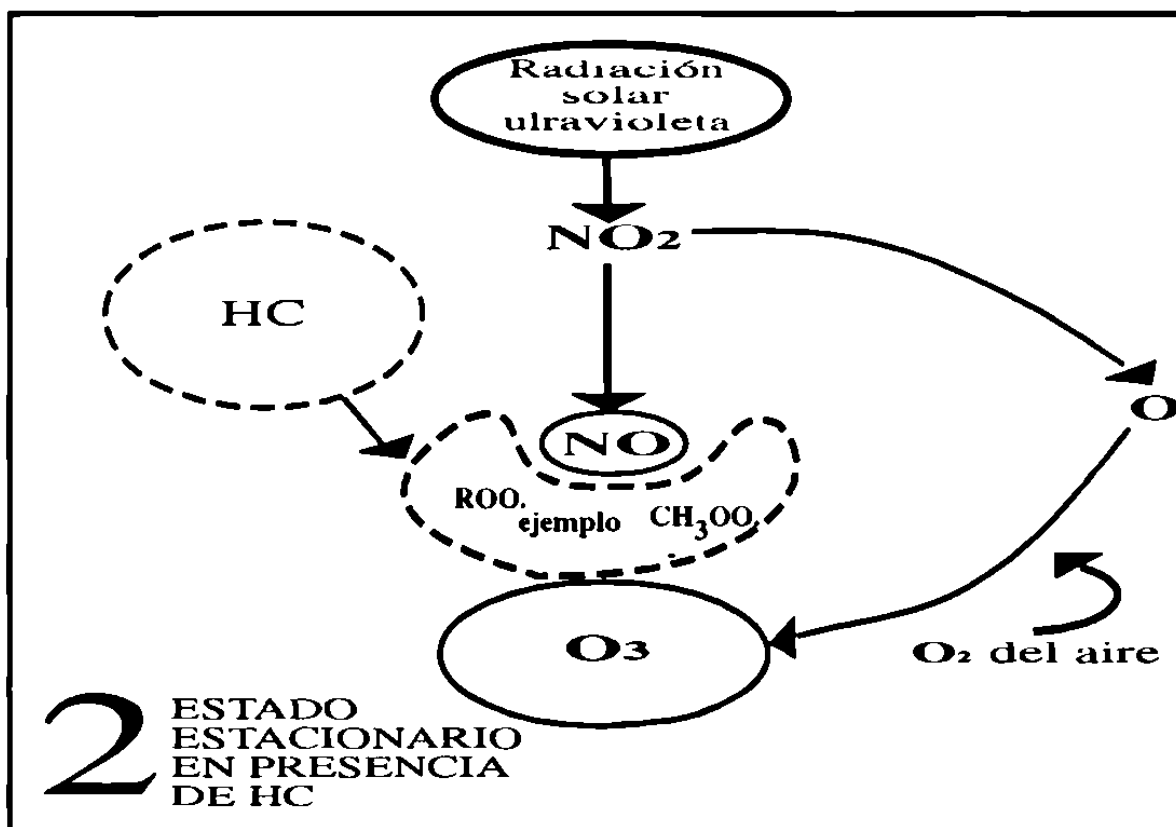
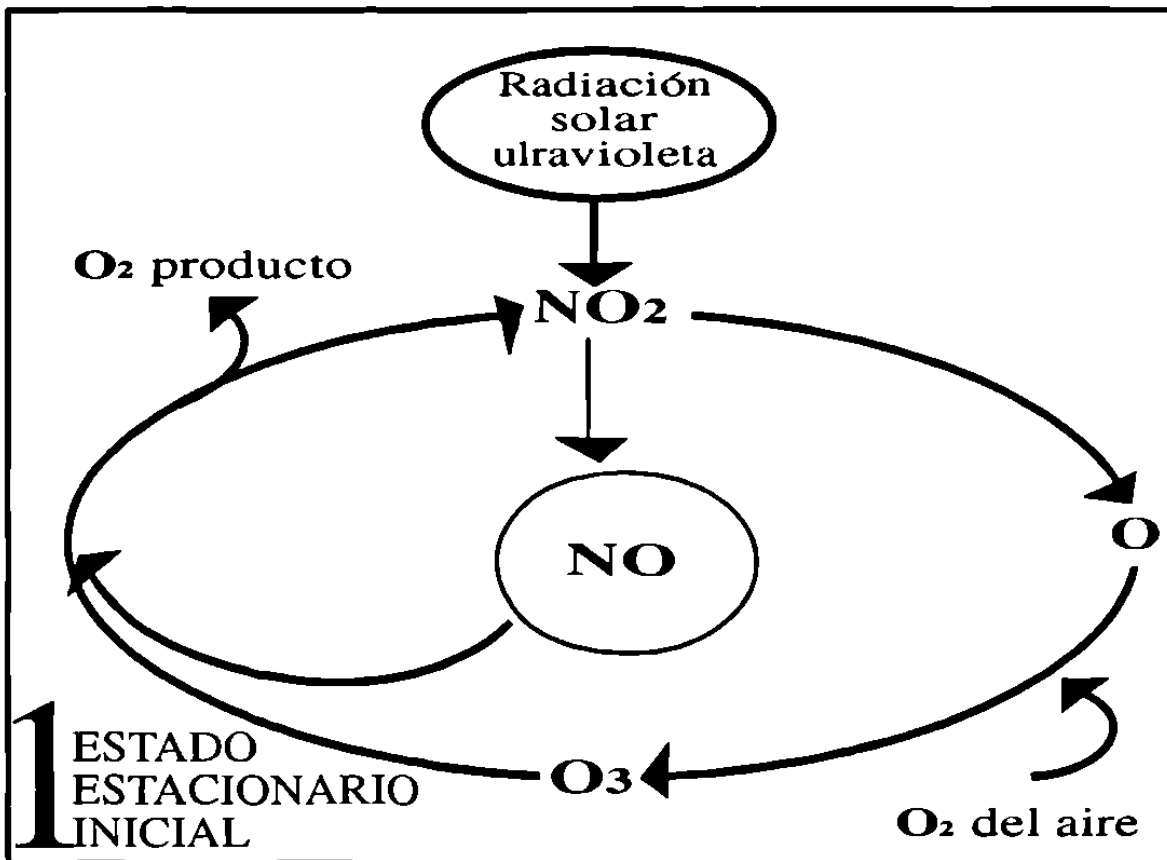
dingas = moléculas de monóxido de nitrógeno ( NO )

ratones = moléculas de ozono ( O<sub>3</sub> )

Esta relación nos permite darnos cuenta de que cuando el hombre arroja hidrocarburos volátiles ( HC ) a la atmósfera, éstos debido a la luz ultravioleta producen radicales libres peroxialquilo ( ROO· ), los cuales al reaccionar con el monóxido de nitrógeno ( NO ) disminuyen su concentración en el aire, por lo que, la proporción de ozono aumenta considerablemente ocasionando daños graves en los seres vivos y los diversos materiales.

Elabora un esquema en base a la anterior narración, en donde relaciones los diferentes componentes químicos con los personajes descritos.





**Fig. 11 Ruptura del ciclo fotoquímico del  $\text{NO}_2$ .** La acción de los radicales libres peroxialquilo  $\text{ROO}$ . producto de los hidrocarburos volátiles en el aire (  $\text{HC}$  ), al reaccionar con el monóxido de nitrógeno (  $\text{NO}$  ), disminuyen la concentración de éste, contribuyendo así a la formación del esmog fotoquímico.

ciudad, formando dióxido de nitrógeno.

**2.3.5. Componentes del Esmog Fotoquímico.** Como se ha visto en la sección anterior el esmog fotoquímico es muy oxidante. El contenido de ozono y de dióxido de nitrógeno es alto.

Su contenido de radicales libres lo hace muy reactivo y por ello ocurren numerosas reacciones, sobre todo con hidrocarburos (HC), principalmente aquellos que contienen dobles enlaces entre átomos de carbono.

Los hidrocarburos (CH) con dobles enlaces carbono-carbono son llamados alquenos, ejemplo de ellos es el etileno  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ .

El resultado de la serie de reacciones fotoquímicas en la atmósfera es una mezcla compleja de componentes orgánicos e inorgánicos. Se forma ozono, peróxido de hidrógeno y los nitratos de peroxiacilo.

Estos componentes se asocian con las partículas sólidas presentes en la atmósfera y le dan el aspecto brumoso amarillento característico a lo que llamamos *esmog fotoquímico*.

Cuando las condiciones para la formación del esmog fotoquímico son propicias, esto es, cuando los contaminantes primarios alcanzan cierta concentración y se mantienen en una región definida de la atmósfera por un tiempo, las reacciones fotoquímicas ocurren.

Bajo estas condiciones se produce el proceso de formación del esmog hasta que se llega a un nuevo estado estacionario. Solamente un cambio en las condiciones atmosféricas que produzca la precipitación, o el viento fuerte que favorezca la dilución de los contaminantes a otras zonas vecinas, pueden cambiar la situación de contaminación del aire.

### 3. Esmog Fotoquímico en las Grandes Ciudades.

#### 3.1 Inversión Térmica

Las fuentes de contaminación atmosférica están concentradas en los grandes centros urbanos y en las zonas industriales. Si estos contaminantes se dispersaran uniformemente en toda la masa de aire que rodea a la tierra no se presentarían severos daños a la población precisamente en las áreas urbanas.

Gran parte de los contaminantes del aire son gases producto de los procesos de combustión. En las reacciones de combustión se alcanzan temperaturas elevadas. Debido a esto, los contaminantes entran muy calientes a mezclarse en el aire circundante. Entonces, al estar calientes son más ligeros y tienden a elevarse a las capas superiores de la atmósfera.

Regularmente en la troposfera el aire se enfría según se sube sobre el nivel del mar ( ver fig. 1). En ocasiones hay excepciones, en las cuales la temperatura es mayor en las partes más altas. Esto sólo ocurre en ciertas zonas geográficas localizadas.

El fenómeno antes descrito se

conoce como *inversión térmica*, (ver fig. 12). Se presenta sobre todo en regiones como los valles rodeados de montañas o colinas, tal como ocurre en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México o en la de Monterrey.

Las inversiones de temperatura no representan propiamente una fuente de contaminación, pero hacen que los contaminantes se acumulen en la atmósfera inferior, en lugar de dispersarse.

De esta forma, una capa de aire cercana a la superficie terrestre queda atrapada y actúa como un gigantesco recipiente para los contaminantes. En él no sólo se concentran sino que reaccionan entre sí, dando contaminantes secundarios a veces más peligrosos para el hombre que los mismos contaminantes primarios.

Los daños más severos a la salud se dan frecuentemente durante inversiones de temperatura.

### **3.2 Zona Metropolitana de la Ciudad de México**

La Ciudad de México y los municipios que la rodean constituyen la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Está localizada en una cuenca rodeada de montañas a una altura de 2,240 m. sobre el nivel del mar.

Los vientos provienen del noroeste y noreste.

Presenta inversiones térmicas y días con vientos en calma la mayor parte del año.

Por otro lado, su posición con respecto al Ecuador hace que se presente alta incidencia de radiación solar.

Junto con las condiciones geográficas y atmosféricas, las emisiones de contaminantes del aire producidos por 18 millones de personas, la circulación de más de 2.3 millones de vehículos, y la actividad industrial, hacen que actualmente se considere a la Ciudad de México como la más contaminada del país.

Se piensa que más de 9.5 millones de habitantes están expuestos diariamente a niveles de contaminación de ozono por arriba de la Norma Mexicana de Calidad del Aire que es de 0.11 ppm (partes por millón), promedio máximo de ozono en una hora del día.

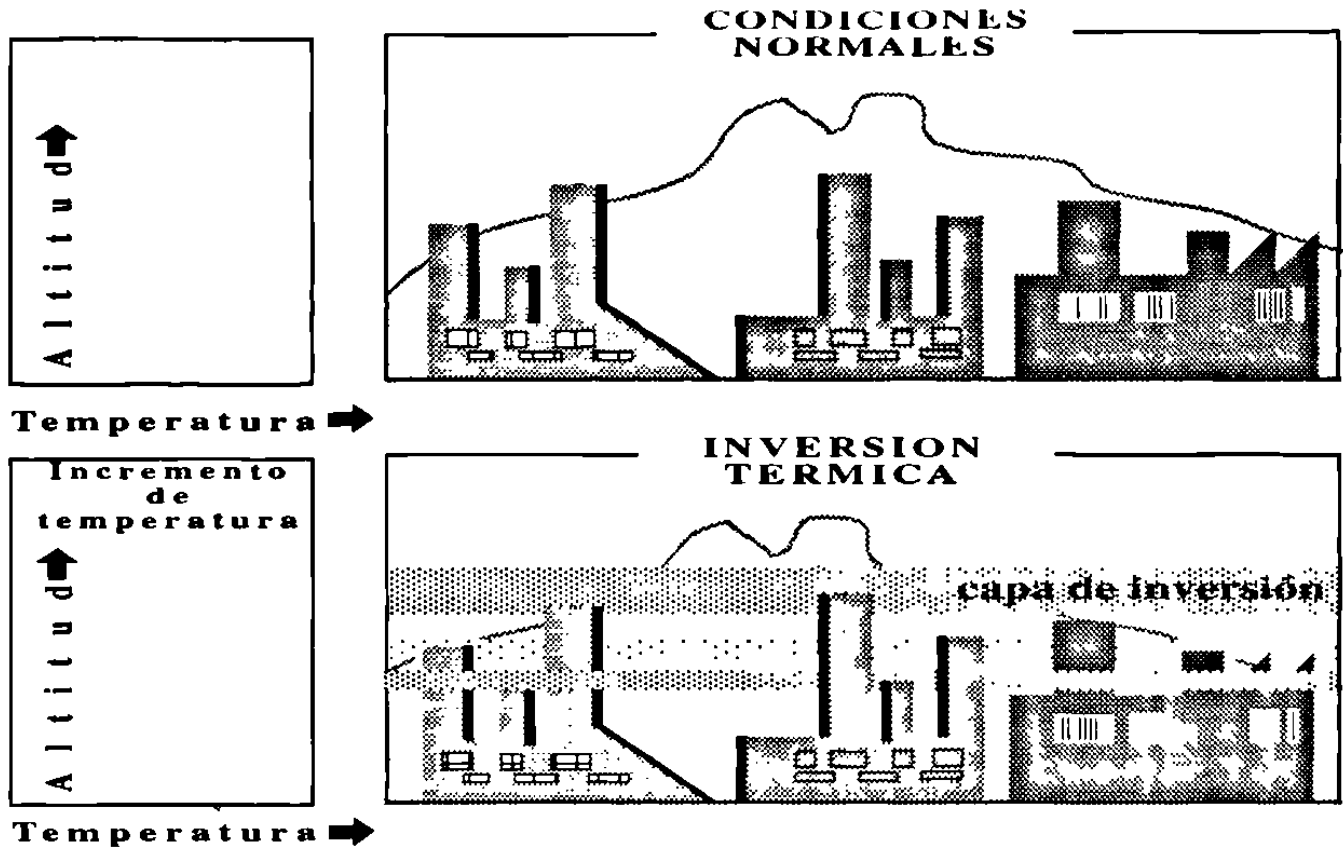
Las fuentes de emisión de precursores del smog fotoquímico (NOx y HC) son principalmente.

1. Los automóviles (NO, HC)
2. Industrias ligera y pesada (NO HC)
3. Expendios de gasolina (HC)
4. Actividades que emplean disolventes orgánicos: limpieza, pintura, etc., (COVs).

Los estudios de monitoreo ambiental realizados desde 1970 a 1985 señalan que el contenido de ozono no representaba un problema importante de contaminación en comparación con el plomo en partículas suspendidas totales y el dióxido de azufre SO<sub>2</sub>

Del total de plomo emitido al aire





**Fig. 12 Inversión térmica.** En la inversión térmica los contaminantes quedan atrapados en una capa de aire frío.

a) ¿ Son las inversiones de temperatura una fuente de contaminación ?

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

b) ¿ Ocurren con frecuencia inversiones térmicas en la ciudad donde vives ?

sí \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

c) Según tu opinión, ¿ cuáles son los efectos de las inversiones térmicas sobre la contaminación del aire ?

-----

-----

en la República Mexicana aproximadamente el 30% se emite en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es decir, 28,424 toneladas de plomo emitido entre 1970 - 1985 (16 años). Esto equivale a 1,776 toneladas por año, en promedio.

Estos datos son sumamente preocupantes, dado que el plomo es tóxico y se acumula en el cuerpo humano.

Con todo lo anterior, el gobierno estableció para el año 1986 una serie de medidas para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM); PEMEX ya tenía desde 1980 un programa de reducción gradual del contenido de tetraetilo de plomo en las gasolinas (ver fig. 13), permitiendo que en 1986 la nueva gasolina producida (NOVA-PLUS) tuviera 0.02 mg/litro.

Así, la calidad del aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) ha mejorado notablemente en cuanto al plomo se refiere, logrando en 1986 un promedio abajo de la norma recomendada para la calidad del aire que es de 1.5 mg/m<sup>3</sup> promedio trimestral (ver fig. 14).

Para recuperar el octanaje perdido al reducir el tetraetilo de plomo, PEMEX decidió cambiar la formulación de la gasolina a una de alto porcentaje en olefinas, un ejemplo es el 2-hexeno, y aromáticos ejemplo el tolueno, dado que antes de 1986 la constitución de las gasolinas era principalmente de parafinas de bajo octanaje (hidrocarburos con enlaces sencillos).

Los hidrocarburos (HC) emitidos a

***En nuestro país se han iniciado diversos programas para reducir la contaminación del aire. Entre ellos está la sustitución de la gasolina con plomo por otra que no lo contiene, logrando así que para 1986 en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se tenga un promedio inferior a la norma para la calidad del aire en Pb.***

la atmosfera por los escapes de los automóviles como resultado del cambio en la composición de la gasolina NOVA - PLUS, forman mayores cantidades de ozono.

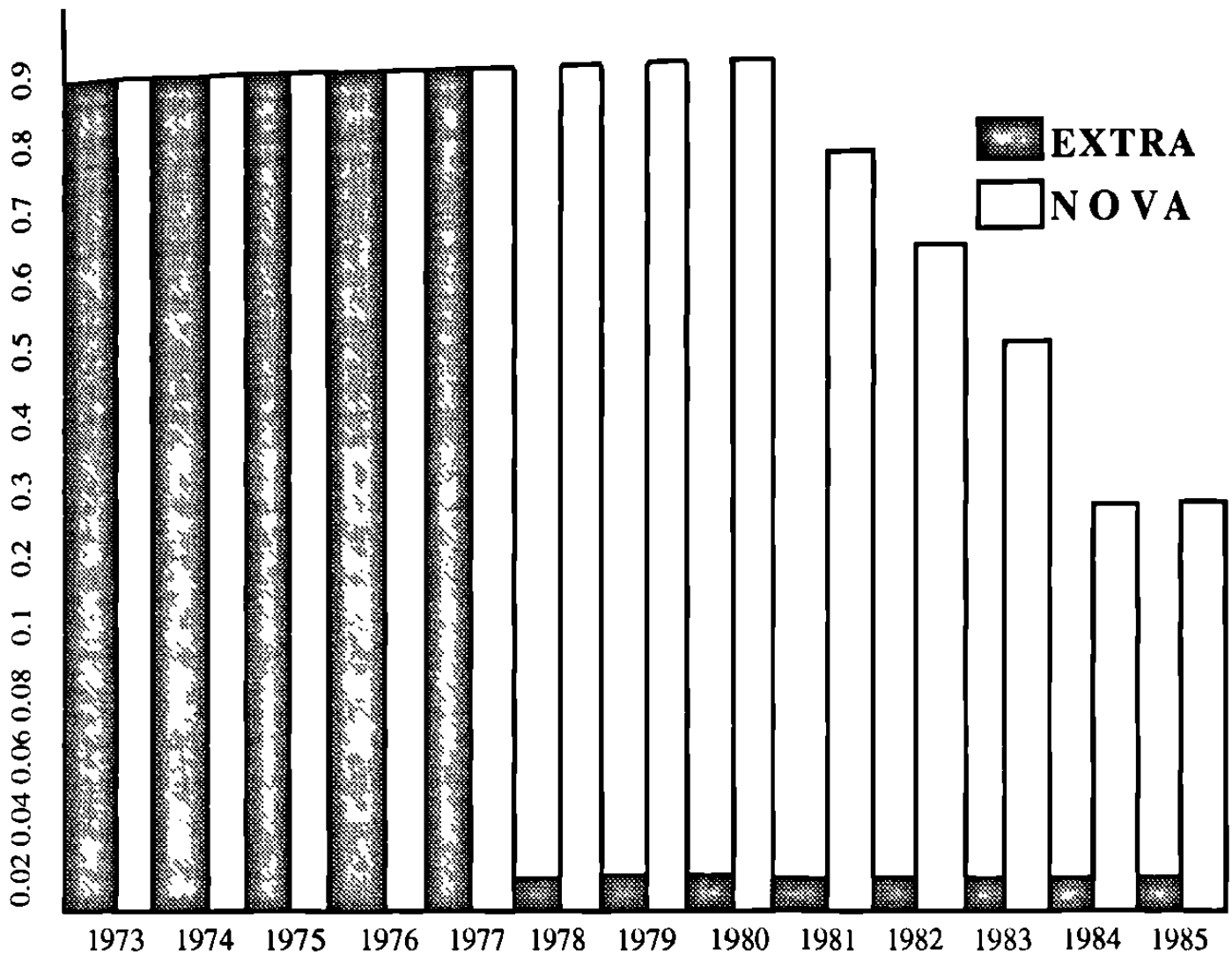
La cantidad de monóxido de nitrógeno (NO) emitido en la combustión también se vió afectada, ya que se requieren otras condiciones de diseño de motores para este tipo de gasolinas, así como el empleo de convertidores catalíticos en los escapes de los automóviles

La función del convertidor catalítico es doble

- a) destruir los hidrocarburos reactivos y oxidar el monóxido de carbono a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y
- b) transformar el óxido de nitrógeno (NO) a nitrógeno (N<sub>2</sub>)

Con lo anterior los convertidores catalíticos destruyen los compuestos orgánicos reactivos y los óxidos de nitrógeno (precursores del ozono) que de otra forma saldrían a la atmósfera

La fig. 15 muestra el número de veces al mes que la norma de calidad de aire para ozono ha sido rebasada desde 1986 a 1991. Estos datos



**Fig. 13 Contenido de plomo ( mg/ lt ) en gasolinas mexicanas de 1973 a 1985. Hemos logrado una disminución considerable en la cantidad de plomo que se emite al aire en nuestro país debido a la disminución del mismo en las gasolinas para vehículos automotores.**

**a) ¿ Qué tipo de hidrocarburos ( HC ) se han añadido a las gasolinas mexicanas para recuperar el octanaje perdido ?**

---



---

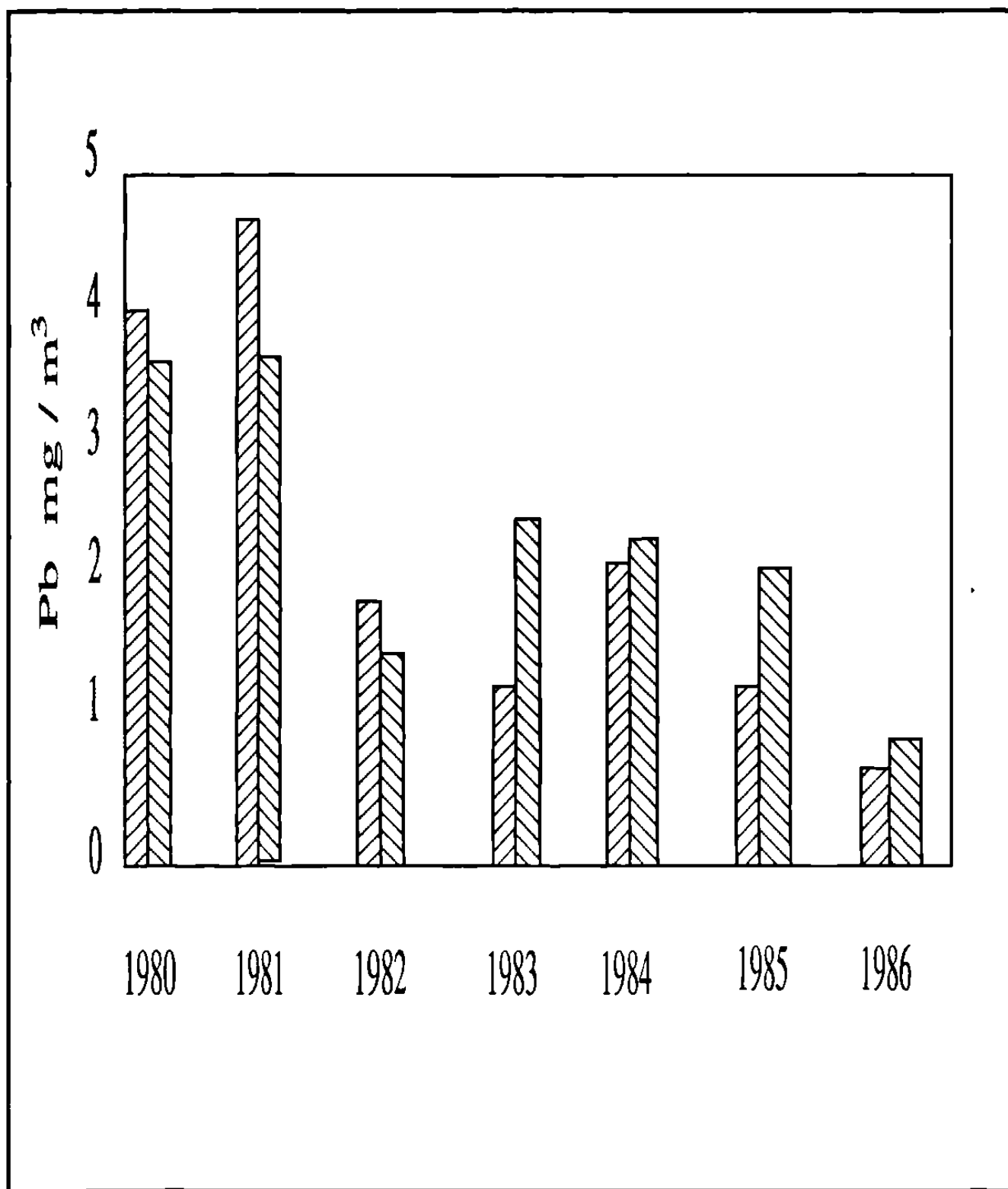
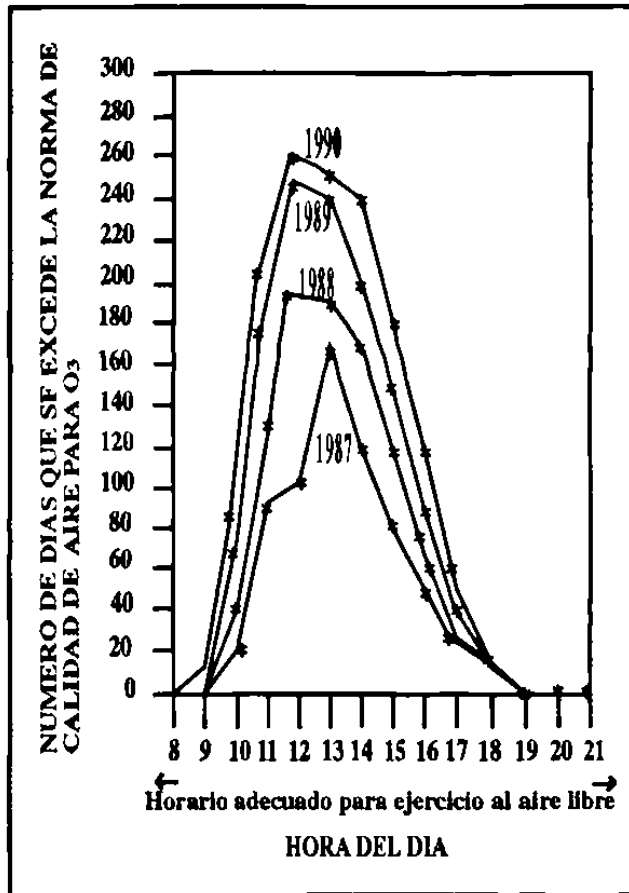


Fig. 14 Promedio Trimestral (Nov., Dic., Ene.) del contenido de plomo en PST para dos estaciones en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. A partir de 1986 el plomo se mantiene abajo de la norma recomendada para la calidad del aire.



**Fig. 15** Número de días en el año que se excede la norma de calidad del aire para ozono, por hora del día. Si quieres hacer ejercicio al aire libre en la cd. México, debe ser antes de las 8:00 hrs. o después de las 20:00 hrs.

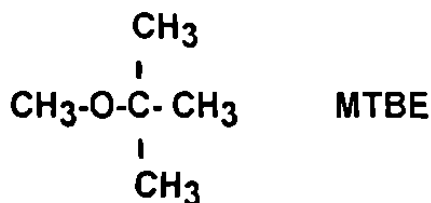
Registro en la estación del Centro de Ciencias de la Atmósfera U.NAM

muestran como desde fines de 1986 el problema se acentúa.

### El problema se agrava

En una estrategia de PEMEX por reducir los niveles de emisión de monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos totales (HC) a la atmósfera, se introduce en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a fines de 1988, un aditivo oxigenado, el metilterbutil éter (MTBE) a las gasolinas NOVA PLUS Y EXTRA.

El metilterbutil éter (MTBE) permite evitar en su totalidad el uso del tetraetilo de plomo en las gasolinas.



Para 1990 el uso del metilterbutil éter (MTBE) no había sido autorizado en los Estados Unidos, pues no se conocían con seguridad los posibles efectos de la combustión de este aditivo en la fotoquímica atmosférica.

Entonces surge un nuevo problema ambiental, producto de esta acción. El metilterbutil éter MTBE produce principalmente formaldehído ( $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ ), el cual es un importante precursor del ozono, en las primeras horas de la mañana y al atardecer.

Los niveles de ozono por arriba de la norma aumentan considerablemente desde temprano, entre las 9:00 y las 10:00 horas (ver fig. 15).

**¿Qué pasa en la actualidad en la Ciudad de México?**

Para 1990 se establece en forma permanente el programa "hoy no circula" con el cual se pretende retirar de la circulación y de "golpe" a 500,000 vehículos al día.

En otros países se ha visto que este tipo de medidas ha funcionado solo en casos de emergencia y en forma temporal, no en forma permanente.

La medida ha sido contraproducente; la circulación vehicular lejos de disminuir se ha incrementado. Esto lo indica oficialmente el aumento en el número de altas del registro de placas permanentes y ventas de automóviles en el Distrito Federal de 1987 a 1990

Por otro lado, el consumo de gasolina disminuyó notablemente al inicio del programa, pero se disparó después en el segundo semestre de 1990.

A principios de 1991 se introduce en el mercado la gasolina **MAGNA-SIN** para uso exclusivo de modelos 1991 con convertidor catalítico.

Esta gasolina con un alto contenido de aromáticos y olefinas está prohibida para vehículos sin catalizador. Lo anterior se debe a que las emisiones de estos hidrocarburos (HC) muy reactivos como precursores de los oxidantes fotoquímicos salen a la atmósfera aumentando la cantidad de ozono ( $\text{O}_3$ ) y nitratos de peroxiacilo (PAN) en el aire (ver p 11).

El fenómeno de esmog fotoquímico de formación de ozono depende de las condiciones

meteorológicas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

Los resultados de un estudio realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM sobre las trayectorias de viento de los días con niveles altos en ozono en la estación de Ciudad Universitaria, muestran que en el Suroeste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se presentan las concentraciones máximas de ozono, como consecuencia del transporte de los vientos.

Es posible que niveles aún mayores de ozono se estén presentando en las faldas del Cerro del Ajusco y Contreras, por estar más al sur y viento abajo de la última estación de medición.

Los resultados de este estudio muestran un problema reciente, y que de mantenerse en este nivel de aumento en cinco años, puede originar un desastre ambiental importante.

En este punto es necesario poner en evidencia la necesidad de acrecentar el número de especialistas y académicos capacitados en la problemática del *esmog fotoquímico* y en general de contaminación.

Entonces se requiere de mayores esfuerzos de educación ambiental a todos los niveles de la población.

### **3.3 Zona Metropolitana de la Ciudad de Monterrey**

La Ciudad de Monterrey y los municipios que la rodean son considerados como zona industrial,

sobre todo en algunos sectores como el del municipio de San Nicolás de los Garza, en el Estado de Nuevo León.

En este lugar se encuentra ubicada la Ciudad Universitaria de la UANL, rodeada de empresas industriales entre las que destacan la industria del acero y plantas termoeléctricas

Estas empresas generan gran cantidad de partículas, gases y vapores que son arrojados al aire. A estos contaminantes se suman los generados por los vehículos del transporte público y privado que consumen diesel y gasolina.

Por otro lado, las condiciones meteorológicas favorecen la formación de contaminantes secundarios como el ozono y otros oxidantes fotoquímicos, los que pueden llegar a una concentración tal, que pueden ser más dañinos que los mismos contaminantes primarios que los originan ( ver fig 16).

En un estudio sobre la calidad del aire en Ciudad Universitaria realizado por el Departamento de Ingeniería Ambiental de la propia UANL, se midieron los niveles de

- 1) partículas suspendidas totales (PST)
- 2) los gases: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de nitrógeno ( NO ), monóxido de carbono (CO) y el ozono (O<sub>3</sub>).

Para el estudio se tomaron en cuenta la dirección de los vientos predominantes, que vienen del este-noreste precisamente el área



**Fig. 16** Vista panorámica del valle de la Ciudad de Monterrey donde se aprecia la capa de esmog que la cubre.



donde están las industrias y avenidas en este sector. Se midieron las inversiones térmicas y la humedad relativa, que resultó mayor al 60% en el 80% del total de días observados en el estudio.

De todo los resultados obtenidos se dedujo que la calidad del aire no fue satisfactoria en el periodo de estudio entre 1989 y 1990.

Un aspecto importante es la mala visibilidad en el área, lo que se debe principalmente a las partículas suspendidas totales (PST) como se puede apreciar en la fig. 17.

Se presentan daños severos en los materiales de los edificios e instalaciones eléctricas, principalmente fuerte corrosión debida a los aerosoles ácidos (ácido sulfúrico y ácido nítrico) que se forman al reaccionar los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre con la humedad del aire.

En cuanto al ozono, es evidente que éste se forma por las reacciones fotoquímicas que se han indicado antes, con la participación de los óxidos de nitrógeno.

Los niveles de ozono detectados en el área van de 0.022 ppm como mínimo hasta 0.123 ppm valor máximo

*En la Ciudad de Monterrey se tienen en operación desde 1992, un programa de verificación vehicular semestral, donde se miden las emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono, con lo que se busca bajar el nivel de concentración de estos productos contaminantes del aire.*

encontrado.

El ozono producen daños en el hule sintético de las llantas y daños a la vegetación, mismos que se pueden apreciar en el área de estudio como follaje dañado con apariencia de quemaduras en las hojas.

Dado que la Norma Oficial Mexicana para ozono en aire es de 0.11 ppm, y este valor es sobrepasado por los valores máximos reportados en el estudio se puede concluir que la población estudiantil y de trabajadores estimada en 42.623 personas están expuestos a daños en la salud por la presencia de contaminantes.

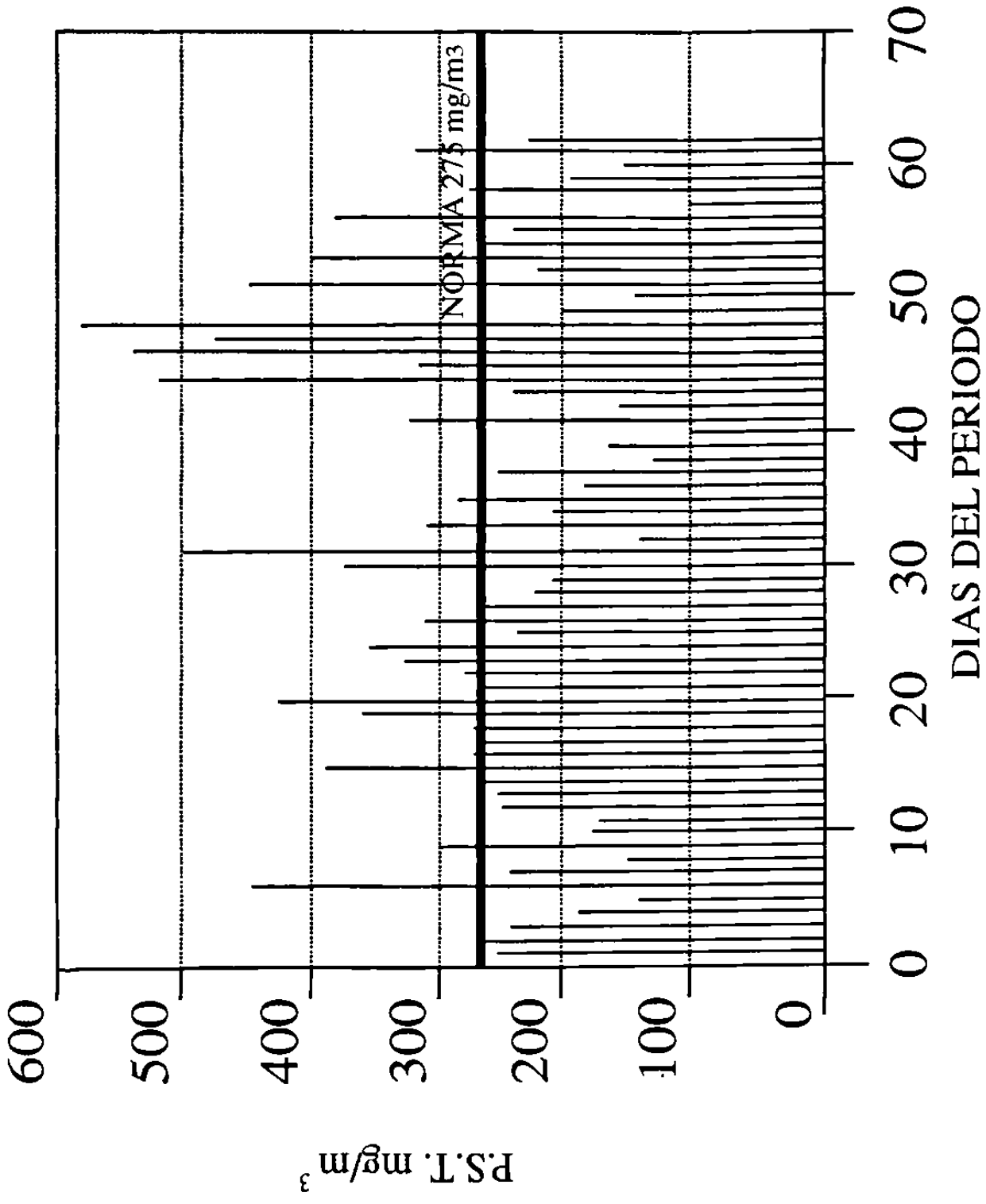
Aunque el estudio se puede considerar preliminar, es ilustrativo del nivel de contaminación del aire en una zona industrial y muy poblada del área metropolitana de Monterrey.

**¿Qué se está haciendo por la calidad del aire?**

Una realidad importante en la disminución de la contaminación del aire en la ciudad de Monterrey en la actualidad, es la reducción del porcentaje de azufre presente en el combustóleo y diesel de PEMEX de forma que la emisión de SO<sub>2</sub> al aire es menor.

En la actualidad se está realizando en el estado de Nuevo León un inventario de contaminantes atmosféricos tanto para fuentes fijas como para fuentes móviles.

El consumo de energéticos para el año de 1988 muestra el uso del



**FIG. 17 GRAFICA QUE MUESTRA LOS VALORES OBTENIDOS DE PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES P.S.T. EN EL AIRE CORRESPONDIENTE AL PERIODO DEL 27 DE JULIO AL 14 DE OCTUBRE DE 1990 EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UANL**

petróleo crudo y de sus derivados entre ellos el gas natural, el combustóleo, la gasolina, y el diesel. Los tres primeros son utilizados en fuentes fijas y los dos últimos en fuentes móviles (ver Fig. 18)

Sin tomar en cuenta las emisiones de cada proceso industrial, se pueden estimar los niveles de contaminantes emitidos al aire en base al consumo de energéticos en el año de 1988.

Para emisiones de hidrocarburos (HC) se observa que las gasolinas (automóviles) contribuyen con 95% del total y el diesel (transporte urbano) solamente con 1.4% (ver Fig. 19).

Para el monóxido de nitrógeno (NO) se calcula que el combustóleo contribuye con 59%, las gasolinas con 30% y el diesel con 10% (ver Fig. 20).

Desde el mes de noviembre de 1992 se tiene funcionando en el Area Metropolitana de Monterrey, el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA), que por medio de cinco estaciones de medición evalúa la calidad del aire.

Como proyectos complementarios se tiene:

1. Realizar un inventario de fuentes fijas (industrias) en cuanto a sus descargas a la atmósfera.
2. El programa de verificación vehicular que permitirá conocer el inventario de fuentes móviles.
3. Una red de monitoreo

biológico que a futuro evalúe los daños de contaminación atmosférica en diversas clases de plantas

Es muy importante la investigación en materia ecológica una área definitivamente multidisciplinaria y que requiere la participación de personal capacitado.

#### **4. Efectos del Esmog Fotoquímico**

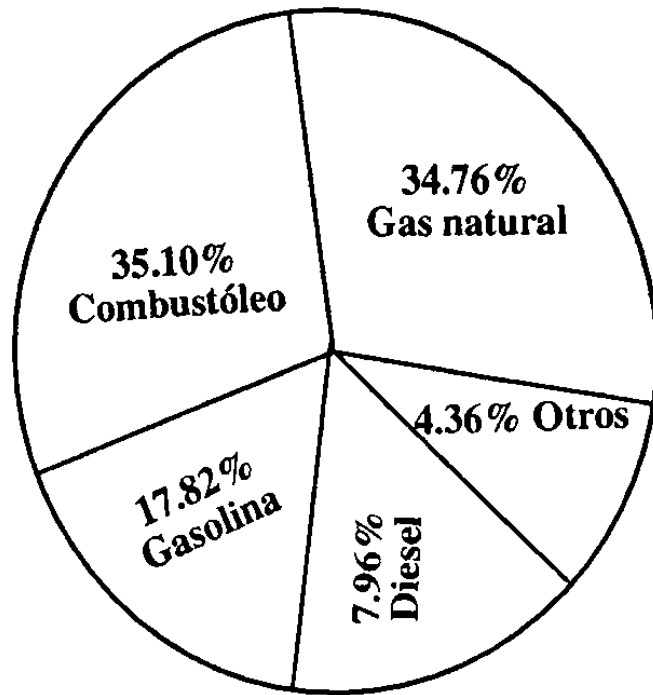
---

##### **4.1 Salud:**

La contaminación del aire produce daños a la salud de hombres y mujeres, que varían y dependen de diversos factores entre ellos la dosis, es decir la concentración y el tiempo de exposición, la naturaleza de los contaminantes presentes y las características de sensibilidad individual (ver fig. 21).

Por otro lado existe una relación directa entre la solubilidad del contaminante y el órgano dañado si el compuesto es soluble en agua (hidrosoluble) por ser polar o iónico, o si es soluble en solventes no polares (liposoluble) ésto determinará la vía de ingreso.

Diversos estudios han demostrado los efectos de la concentración de oxidantes en la irritación de los ojos y del sistema respiratorio. Se han presentado aumentos en la frecuencia de tos, malestar ocular y dolores de cabeza. También se ha observado una disminución en el rendimiento de los atletas.



**Fig.18 Consumo de Energéticos para año 1988 en el Estado de Nuevo León.**

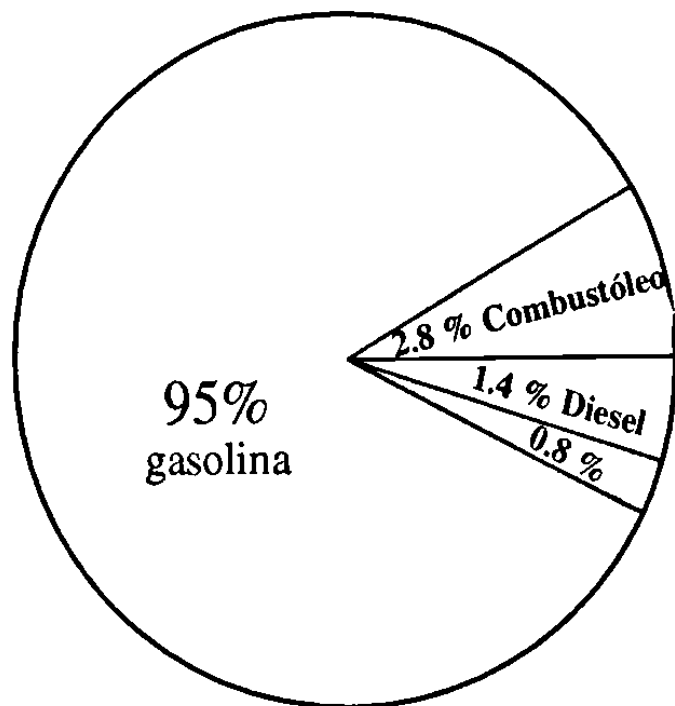


Fig.19 Emisiones de hidrocarburos (HC) al aire estimados en el estado de Nuevo León durante 1988 de acuerdo con el consumo de energéticos.

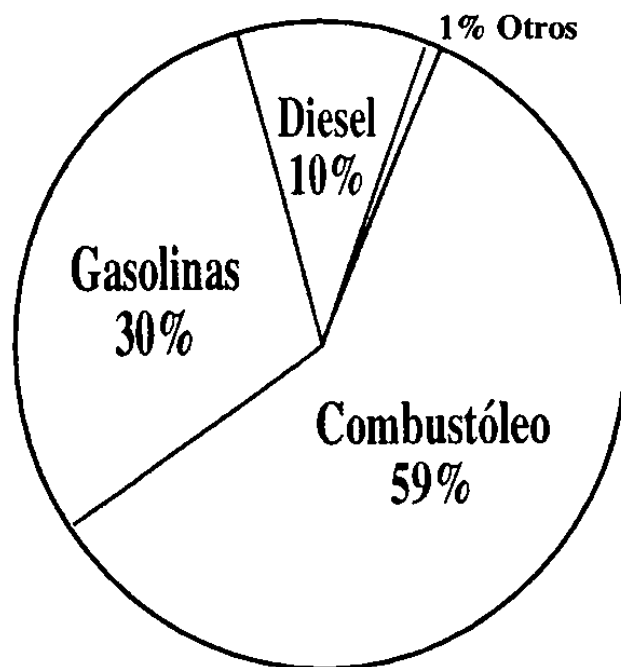


Fig. 20 Emisiones al aire de monóxido de nitrógeno (NO) estimadas para el estado de Nuevo León en 1988 de acuerdo al consumo de energéticos.

<b>CONTAMI- NANTES</b>	<b>FUENTE</b>	<b>EFECTOS EN SALUD</b>	<b>EFECTOS EN AMBIENTE</b>
----------------------------	---------------	-----------------------------	--------------------------------

<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Vehículos de motor.	Interfiere el transporte de oxígeno, causa mareo, muerte.	Pequeños
<b>Hidrocarburos (HC)</b>	Vehículos de motor, industria.	En cantidad elevada son narcóticos, algunos son cancerígenos.	Precusores de aldehídos y PAN
<b>Oxidos de azufre (SOx)</b>	Plantas de energía	Irritantes del sistema respiratorio, agravan las enfermedades del pulmón y corazón.	Reducen el crecimiento de plantas. Precusores de "lluvia ácida."
<b>Oxidos de nitrógeno (NOx)</b>	Plantas de energía, vehículos.	Irritantes del sistema respiratorio, agravan las enfermedades del pulmón y corazón.	Reducen el crecimiento de plantas. Precusores del ozono. Imparten un color café al aire.
<b>Partículas suspendidas de materia (PSM)</b>	Industria, plantas de energía, polvo de lugares en construcción.	Irritantes del sistema respiratorio, agravan las enfermedades del pulmón y corazón. Pueden contener metales tóxicos.	Dificultan visibilidad.
<b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>	Contaminante secundario (proviene de NO <sub>2</sub> ).	Irritante del sistema respiratorio, agrava las enfermedades del pulmón y corazón.	Reduce el crecimiento de plantas, mata árboles, destruye llantas de automóviles.
<b>Plomo (Pb)</b>	Vehículos automotores fundidoras.	Tóxico al sistema nervioso.	

**Fig. 21 - LOS SIETE PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AIRE**

Los efectos crónicos están relacionados con el asma bronquial, bronquitis crónica, enfisema pulmonar y el cáncer pulmonar.

Con objeto de reducir la exposición de la población de las ciudades a los oxidantes fotoquímicos, debe controlarse cuidadosamente la cantidad de hidrocarburos reactivos (HC) respecto a óxidos de nitrógeno (NOx) en el aire, así como sus concentraciones individuales. Con lo anterior se logrará controlar los precursores más importantes de los componentes del smog fotoquímico.

#### 4.2 Plantas:

Las plantas adquieren los contaminantes ya sea directamente por intercambio de gases con la atmósfera o a través de la humedad tomada

del suelo. La sensibilidad de las plantas varía de acuerdo al tipo de contaminante y el efecto depende de su concentración, así como al tiempo de su exposición. En ocasiones, dos o más contaminantes pueden reforzarse mutuamente (sinergismo) y aumentar el efecto de un contaminante en particular.

Se han realizado estudios acerca de la sensibilidad hacia un contaminante particular de diferentes especies de plantas. Con esto se puede decidir cultivar las especies menos sensibles, en lugares como plantíos cerca de carreteras o parques dentro de la ciudad.

El ozono se introduce en la hoja de la planta por ser hidrosoluble, ataca las células y destruye la clorofila con lo que se reduce la fotosíntesis y la respiración.

Los efectos visibles de las lesiones por ozono en las plantas, son manchas de color oscuro o áreas descoloridas en las hojas. Las hojas maduras son las que se dañan con más facilidad. El tabaco y varias especies de pino son afectadas seriamente por el ozono.

Se ha encontrado que los nitratos de peroxiacilo (PAN) son tóxicos para los cultivos de cítricos, forraje y hortalizas, así como para las coníferas, los geranios y los claveles.

Los nitratos de peroxiacilo PAN atacan a las plantas jóvenes produciendo lesiones de color

café oscuro en el envés de la hoja. Actúan a concentraciones mucho más bajas que el ozono.

#### 4.3 Animales:

Aunque los animales no escapan a los efectos de la contaminación, poco se conoce acerca de los daños en la salud por los contaminantes del aire, excepto para los peces y el ganado. Los animales pueden consumir contaminantes del aire depositados o almacenados por las plantas.

Este efecto se presenta cerca de las industrias de minerales o de fábricas como las de fertilizantes con fosfatos,

*Las substancias que se emiten al aire, o que se forman en él, son consideradas contaminantes por el daño que causan a la salud del hombre o por efectos que tienen sobre plantas, animales o materiales.*



donde los fluoruros se acumulan en hierbas y vegetales. Estas plantas aparentemente sanas pueden intoxicar al ganado vacuno que sufrirá de fluorosis. Su producción de leche disminuye, se presentan lesiones en los huesos y eventualmente la muerte.

#### 4.4 Materiales:

La contaminación atmosférica causa daños en estatuas, monumentos y edificios de gran valor histórico y que forman parte del patrimonio de la humanidad.

Los contaminantes del aire deterioran los materiales: piedra, pinturas, metales, fibras textiles, madera, etc., (ver Fig.22).

Algunos investigadores creen que la degradación de ciertos materiales, atribuida a la degradación por exposición a la intemperie, es debida al ataque de contaminantes atmosféricos, en especial oxidantes fotoquímicos.

Las investigaciones se han centrado en un solo oxidante, el ozono, y en dos tipos de materiales, los textiles y el caucho sintético.

Las concentraciones de 0.01-0.02 ppm de ozono causan grietas en el caucho de las llantas de automóvil.

Este efecto se debe a una reacción química entre el ozono y los dobles enlaces entre átomos de carbono de las moléculas del polímero.

La celulosa de los textiles como el algodón, es atacada por el ozono en combinación con la luz y la humedad, produciendo la rotura de la fibra.

### **5. Alternativas que la Química Propone para la Prevención del Smog Fotoquímico**

Para reducir la cantidad total de contaminantes en el aire, dado que nuestra principal fuente de energía son los combustibles fósiles carbón y petróleo, y siendo la contaminación del aire por esmog fotoquímico el resultado de los productos formados como consecuencia del uso de estos combustibles, se requiere

1° Rediseñar los motores de combustión interna y los sistemas de quemado de combustibles a fin de operar a la temperatura más baja posible (***Se sabe que la cantidad de N<sub>2</sub> convertida en NO aumenta con la temperatura***)

2° Diseñar convertidores catalíticos más eficientes.

3° Reducir el uso de energía al desarrollar procesos alternos a nivel industrial y de transporte

4° Hacer más eficiente el uso de energía en los procesos actualmente existentes.

5° Cambiar de los combustibles fósiles a otras formas de energía, como la solar, del viento, del agua, nuclear, y la derivada de la combustión del hidrógeno.

<b>MATERIAL</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>PRINCIPALES CONTAMINANTES</b>
-----------------	-----------------	--------------------------------------

<b>Piedra y concreto</b>	<b>Erosión superficial, mancha</b>	<b>Dióxido de azufre Acido sulfúrico Acido nítrico Partículas sólidas</b>
<b>Metales</b>	<b>Corrosión</b>	<b>Dióxido de azufre Acido sulfúrico Acido nítrico Partículas sólidas</b>
<b>Cerámica y Vidrio</b>	<b>Erosión superficial</b>	<b>Partículas sólidas</b>
<b>Pintura</b>	<b>Erosión superficial decoloración</b>	<b>Dióxido de azufre Ozono Partículas sólidas</b>
<b>Hule</b>	<b>Rompimiento</b>	<b>Ozono</b>
<b>Fibras textiles</b>	<b>Deterioro, manchas</b>	<b>Dióxido de azufre Dióxido de nitrógeno Ozono Partículas sólidas</b>

**FIG. 22 - EFECTOS DAÑINOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE EN  
LOS MATERIALES**

6° Reducir el contenido de azufre presente en los combustibles fósiles.

7° Diseñar y probar nuevos aditivos para las gasolinas de los automóviles, como el etil terbutil éter que actualmente se encuentra en estudio.

En todas las alternativas anteriores es necesario el desarrollo de la investigación y la tecnología, con la participación de equipos multidisciplinarios de especialistas en especial de la Ciencia Química, así como la inversión de recursos económicos.

## 5.1 CONTROL DE EMISIONES DE LOS VEHICULOS DE MOTOR

En las grandes ciudades la formación del smog fotoquímico es el resultado de una serie de reacciones donde los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos interactúan, y estos últimos provienen principalmente de los escapes de los automóviles, aunque también contribuyen los otros medios de transporte como son camiones, autobuses, trenes y aviones. Es necesario reconocer que el transporte es una parte importante en la vida de los habitantes de los grandes centros urbanos.

A) Una alternativa importante a considerar es el aumento en el uso del transporte público en lugar del transporte en automóvil particular. De esta forma la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera por persona transportada se reduce considerablemente (ver fig 23).

*Tanto en la Ciudad de México como en Monterrey se tienen en operación proyectos para disminuir el número de vehículos que circulan en las calles con la construcción de "metros".*

Para que sea aceptable el transporte público, debe ser rápido frecuente y confiable; para lograr lo anterior son convenientes los sistemas de transporte público que utilizan energía eléctrica ya que prácticamente no contaminan el aire. Eso también se aplica a los tranvías y trolebuses. Por otro lado, al utilizar mayor cantidad de electricidad con estos sistemas de transporte será más fácil de controlar la contaminación atmosférica en las estaciones generadoras de energía que la producida por un gran número de automóviles.

B) El cambio de gasolinas a otros combustibles opcionales como el gas natural licuado, alcoholes (metano y etanol) y metano e hidrógeno gaseoso, puede disminuir la contaminación del aire. Sin embargo, si lo que se busca es disminuir la formación del smog fotoquímico, es necesario todavía la investigación del efecto que el uso de estos combustibles alternos llamados "más limpios" puede traer en la formación de los precursores del smog.

Los alcoholes metanol y etanol pueden utilizarse como combustibles puros o en mezclas.

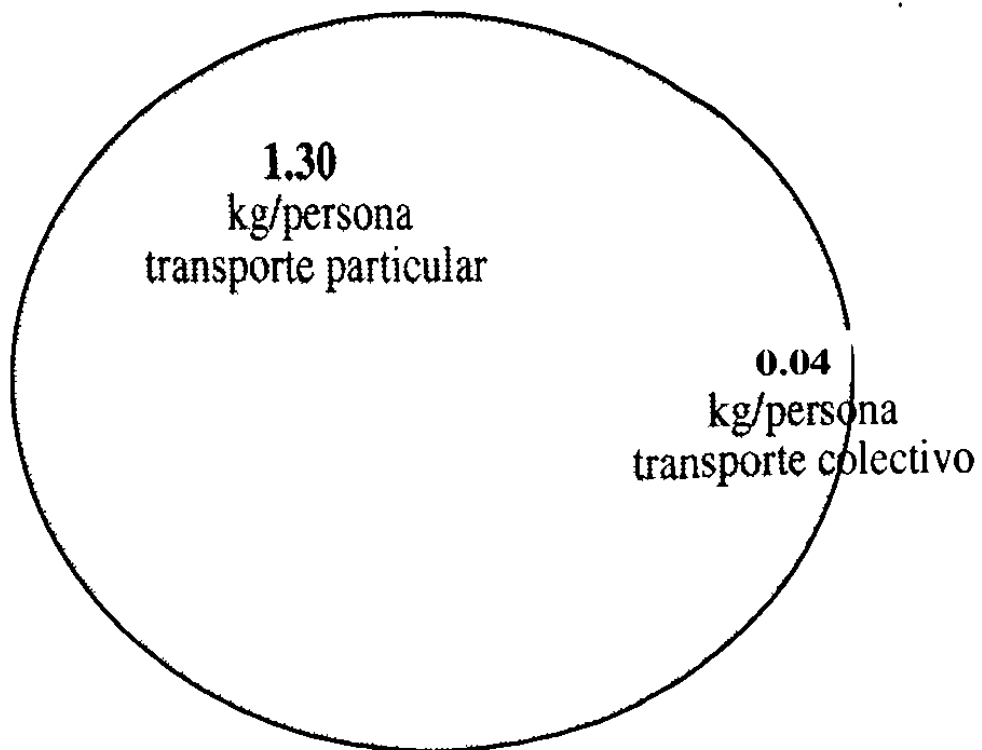


Fig. 23 Comparación de contaminantes emitidos por persona a la atmósfera en la Cd. de Monterrey según datos proporcionados por la SEDUOP. La emisión de contaminantes es considerablemente menor si una persona utiliza el transporte colectivo.

con gasolinas; en Brasil se utiliza una mezcla de 20% de etanol/gasolina que no requiere modificación adicional en el motor del vehículo estándar.

El uso de hidrógeno gaseoso para vehículos todavía está en estudio y requiere el desarrollo de tecnología muy costosa.

C) El aumento en la eficiencia del combustible en relación a los automóviles y la modificación de la máquina de combustión interna de los vehículos, es otra opción a futuro para las compañías fabricantes de automóviles, si las normas para la calidad del aire se hacen cumplir por estas empresas. De esta forma, con el uso de una mezcla de aire enriquecido con oxígeno se reducirá la emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno a corto plazo en los vehículos nuevos.

D) Una alternativa más es el uso en los automóviles nuevos del dispositivo de "ventilación positiva del carter" (VPC) que establece un reciclaje de los hidrocarburos hacia la máquina para su combustión. Además se reducen las emisiones de monóxido de nitrógeno pues se obtiene una temperatura menor de los gases de salida por el reciclaje.

El empleo del convertidor catalítico, en el que se mezcla el aire con los gases del escape en presencia de un catalizador que acelera la conversión de los gases

a dióxido de carbono y agua, reduciendo el nivel de emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos a la atmósfera.

El convertidor catalítico es el dispositivo más reconocido para el control de los contaminantes en los vehículos automotor.

Existen dos tipos de convertidores catalíticos:

1. catalizador de oxidación convencional (COC), que solamente controla hidrocarburos (HC), y monóxido de nitrógeno (CO) transformándolos en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$

2. Catalizador de Tres Vías (CTV), que controla hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) transformándolos a dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ). Este catalizador contiene platino Pt y rodio Rh. El primero realiza la oxidación del CO y los HC y el segundo reduce los  $\text{NO}_x$  a  $\text{N}_2$ .

Todos los automóviles fabricados en México a partir de los modelos 1991, cuentan con el convertidor catalítico COC, para cumplir con los niveles de emisiones establecidas por la Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL

Es muy importante aclarar que basta con una sola vez que se use gasolina con plomo en los automóviles con el convertidor catalítico para envenenar el catalizador de platino y rodio, inutilizándolo para el fin con que fue diseñado

Esto puede incrementar la emisión de hidrocarburos (HC) cerca de 500% y de monóxido de carbono

***En México, las industrias están invirtiendo tiempo, dinero y esfuerzo para evitar al menos disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, modificando o eficientando sus procesos o recuperando los productos dañinos antes de que salgan al aire.***

(CO) en 400%.

- E) Se requieren inspecciones dos veces al año para medir los gases del escape en los automóviles, con el fin de vigilar que sus motores estén trabajando adecuadamente y ayudar a que los precursores del esmog fotoquímico se encuentren dentro de los niveles permitidos.

## **5.2 DIAGNOSTICO Y CONTROL DE FUENTES INDUSTRIALES**

Las emisiones a la atmósfera de contaminantes pueden tener su origen en dos tipos de fuentes: las fuentes móviles (vehículos de transporte) y las fuentes fijas (de origen industrial).

Para controlar la contaminación del aire de origen industrial debe realizarse primeramente un estudio de los contaminantes y la cantidad que de ellos se emite a la atmósfera en cada una de las fuentes industriales.

Con estos datos, cada empresa es responsable de sus descargas a la atmósfera. Para cumplir con las normas que sobre la calidad del aire estén vigentes, se deberán estudiar alternativas tecnológicas de control de los contaminantes, para seleccionar la mejor opción tomando en cuenta el

aspecto económico

El método por el cual se elimina un contaminante depende de la naturaleza de él y de las condiciones en las que se encuentra. Esto es, si se trata de un gas (o un vapor) o si se trata de partículas acarreadas en una mezcla de gases.

Aparte del control de los contaminantes atmosféricos las industrias pueden optar por prevenir la contaminación en la fuente misma

Esto se puede lograr con la investigación y desarrollo de productos no contaminantes la modificación de las operaciones de producción de la planta, el rediseño de equipo y el reuso

***La investigación, desarrollo y adaptación de tecnología en materia de contaminación, es un área interdisciplinaria.***

de los contaminantes en el proceso mismo.

## BIBLIOGRAFIA DE APOYO

Albert Lilia A., Curso Básico de Toxicología Ambiental, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, 2ª ed., Editorial Limusa, México 1988.

Batschelet W., Photochemical Energy Conversion, J. Chem. Ed., Vol. 63, N°5, Mayo 1986, pp 435-436.

Bravo H., Camacho R., Roy-Ocotla G., Sosa R., Torres R., Analysis of the Changes in Atmospheric Urban Formaldehydes and Photochemistry Activity as a result of using Methyl-t-butyl-ether (MTBE) as an Additive in Gasolines of the Metropolitan Area Of Mexico City, Atmospheric Environmental, Vol. 25B, N° 2, pp 285-288, Inglaterra 1991.

Bravo H., Roy-Ocotla G., Sánchez A., Torres R., Herrera M., García A., Botello A., Contaminación Atmosférica por Ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Perspectiva Histórica y Soluciones, Omnia, Año 7, N° 23, junio 1991, pp 40-47.

Bravo H., Roy-Ocotla G., Sosa R., Torres R., Weekdays and Weekend Days Variation in Ozone and Nitrogen Oxides Concentrations in The Atmosphere of the Mexico City, Air & Waste Management Association, 83rd Annual Meeting & Exhibition, Pittsburg, Pennsylvania, Junio 24-29 1990.

Bravo H., Sosa R., Torres R., Ozono y lluvia ácida en la Ciudad de México, Ciencias N°22, Abril 1991, pp 33-37.

Bravo H., Torres R., Sosa R., Motor Vehicle Pollution Control in Mexico City, International Fuel and Lubricant Meeting and Exposition, Toronto, Canada, Octubre 7-10 1991.

Clean Air Around The World 2a ed. International Union of Air Pollution Prevention Associations, Union Internationale Des Prevention De La Pollution Atmospherique, Inglaterra 1991, Cap. México pp 289-306.

Cleaning Our Environment A Chemical Perspective, A Report by Committe on Environmental Improvement American Chemical Society, 2ª ed., USA 1978.

Criterios de Salud Ambiental N° 7 Oxidantes Fotoquímicos, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, 1980, Publicación Científica N° 403.

Cruz Nuñez X., Ruiz Santoyo M. G., Mexico City Air Quality Simulation, Air Pollution 93' Conference, Monterrey, México, Febrero 1993.

ChemCom Chemistry in the Community, A Project of the American Chemical Society, 2a ed. Kendall/ Hunt Publishing Company, 1991.

Chovin P., Roussel A., La Polución Atmosférica, Biblioteca de Divulgación Científica Muy Interesante, Ediciones Orbis, España 1986.

Dickinson T. R., Química un Enfoque Ecológico, Editorial Limusa, México 1983

Elliot S., Rowland F. S., Chlorofluorocarbons and Stratosphere Ozone, J. Chem Ed. Vol. 64, N° 5, Mayo 1987, pp 387-392.

Flores C. L., Protección y conservación de los recursos naturales y ambiente en el sistema interamericano, Ciencia y Desarrollo, Vol. XVII, N° 100, Septiembre-October 1991, pp 120-127.

Fung B. M., Aerosol Sprays, J. Chem. Ed., vol. 56, N° 7, Julio 1979, pp 446-447.

George P., El Medio Ambiente, Biblioteca de Investigación Científica Muy Interesante, Ediciones Orbis, España 1985.

Giorgio del J. A., Contaminación Atmosférica Métodos de medida y redes de vigilancia, 1ª ed., Editorial Alhambra, España 1977.

Gutierrez Moreno F., García Aguilar A., Vidal León R. Informe Técnico #1 "Contaminación del Aire en el Area Metropolitana de la Ciudad de Monterrey" Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, Subsecretaría de Ecología, Dirección de Planeación y Fomento, Sistema Integral de Monitoreo Ambiental, Gobierno del Estado de Nuevo León, México 1992.



Halfpter S. G., La ecología ante la crisis global, Ciencia y Desarrollo, Vol. XVII, N° 98, Mayo-Junio 1991, pp 94-98.

Hill J. W., Chemistry for Changing Times, 6<sup>a</sup> ed. Mc Millan Publishing Company, USA 1992, Cap. 16.

Jones M., Neetterville J., Johnston D., Wood J., Joesten M., Chemistry and Society, 7<sup>a</sup> ed., Saunders College Publishing, USA, 1987, Cap. 18.

Julit A., Smithson P., Harrison C., El hombre y su medio ambiente, Editorial Sigmar, Argentina 1975.

Kenneth W., Warner C., Air Pollution Its Origin and Control, Harper & Row, Pub., USA, 1975, Cap 1 y 9.

Ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente del estado de Nuevo León y su reglamento, Gobierno del Estado de Nuevo León, Monterrey 1991.

Limón B., Herrejón M., "Calidad del Aire en la Ciudad Universitaria y su impacto en el Estadio", Facultad de Ingeniería Civil Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma de Nuevo León, México 1991.

MacEachern D., Save Our Planet, Dell Publishing, USA 1990.

Odum E. P., Ecología, 3<sup>a</sup> ed. Editorial Interamericana, México 1972.

Páramo V. H., Guerrero M. A., Morales M. A., Morales R. E. Baz C. D., Acidez de las precipitaciones en el Distrito Federal, Ciencia y Desarrollo, N° 72, Año XII, Enero-Febrero 1987, pp 59-65.

Penzhorn R. D., Fotoquímica de Gases, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, OEA, Chile, 1972.

Ruiz Suárez J. C., Ruiz Suárez L. G., Castro T., Gay C., Eidels-Dubovoi, Photolysis of nitrogen dioxide and ozone in the atmosphere of Mexico City, Air Pollution 93' Conference, Monterrey, México, Febrero 1993.

Russell A., NO<sub>2</sub>, ROC and ROG reactivity emission control strategies and their use for ozone control, Air Pollution 93' Conference, Monterrey, México, Febrero 1993.

Seinfeld J. H. Air Pollution Physical and Chemical Fundamentals, Editorial Mc Graw Hill, USA 1975.

Sherrington Ch. Hombre versus Naturaleza, Biblioteca de Investigación Científica Muy Interesante, Ediciones Orbis, España 1985.

Sombke L. , The solution to pollution, Master Media Limited, USA 1990.

Spedding D. J. Air Pollution Oxford Chemical Series, Oxford University Press, Inglaterra 1974

Stoker S., Seager S., Química Ambiental Contaminación del Aire y del Agua, 1ª ed. Editorial Blume, España 1981.

Strauss W., Mainwaring S. J., Contaminación del Aire Causas Efectos y Soluciones, 1ª ed., Editorial Trillas, México 1990.

Suárez B. G. Análisis de la calidad atmosférica en la ciudad de México, Información Científica y Tecnológica, Vol. 13, N° 173, Febrero 1991, pp 36-39.

Tejeda J., Aquino V. A comparasion of high volume (TSP) and PM<sub>10</sub> particle composition and size characteristics, Air Pollution 93' Conference, Monterrey, México, Febrero 1993.

The Global Ecology Handbook, Editado por Corson W. H., Beacon Press, USA 1990.

Turk A., Turk J., Wittes J., Wittes R.E., Tratado de Ecología, 2ª ed. Editorial Interamericana, México 1984

Wark K., Warner C.F., Contaminación del Aire Origen y Control, Editorial Limusa, México 1990.

**Apéndice B**

# **Lecturas Complementarias**

**B.3 - Resumen Esmog Fotoquímico**

**Lecturas Complementarias para el  
Bachillerato sobre Problemas Cotidianos relacionados  
con la Química Orgánica**

**Tema: Esmog Fotoquímico**

**Q.I. Ma. del Socorro Sánchez González**

**Monterrey, N.L., Mayo de 1993**

---

# Esmog Fotoquímico

Las grandes ciudades de México (México, D.F., Monterrey y Guadalajara) tienen problemas de contaminación, desde grandes hasta medianos. Otras ciudades que están creciendo rápidamente por su desarrollo industrial comienzan a padecer también los problemas de la contaminación, como Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y las zonas fronterizas del país.

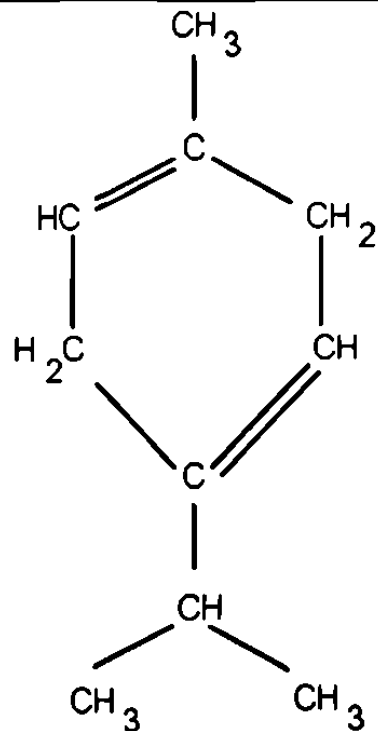
Por esto, es importante estudiar y comprender claramente el origen y las consecuencias de los factores que afectan al ambiente, porque ello nos afecta a todos los mexicanos.

Pero, ¿qué es la contaminación?

Puede pensarse que la contaminación es sólo producto de derrames o emisiones de sustancias químicas al aire, al agua o al suelo, pero si recordamos el ruido enorme que se produce en las grandes avenidas, o si observamos la gran cantidad de calor que genera el compresor de un refrigerador, por

ejemplo, percibiremos que también hay otras formas de contaminación diferentes a las químicas.

Por supuesto, los fenómenos naturales también influyen, como la erosión por los vientos, la actividad volcánica, los incendios forestales, la formación de pantanos, fenómenos en los cuales se emiten polvos, gases inorgánicos o hidrocarburos naturales, como los terpenos que provienen de las plantas.



**$\alpha$  - Terpineno**

Un terpeno que se encuentra en el aceite del cilantro

Por ahora sólo revisaremos algunos aspectos de la contaminación del aire, especialmente de emisores de contaminantes y de los productos gaseosos que se emiten hacia la atmósfera.

En todo proceso de combustión, como el que ocurre en un automóvil al generar energía quemando gasolina, se forman gases en diferentes proporciones, dependiendo de las condiciones en que se quema el combustible; siempre se forma dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ).

Además, generalmente se emite combustible no consumido, es decir, hidrocarburos ( $\text{HC}$ ) que no reaccionaron.

*Los hidrocarburos HC son compuestos constituidos por carbono e hidrógeno. El octano  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  es un ejemplo de ellos.*

Estos compuestos se forman también cuando se genera electricidad, en las termoeléctricas, porque comúnmente se utiliza combustóleo para producir la energía; desde luego, hay otras fuentes de estos contaminantes, pero todas pueden clasificarse como fuentes móviles (transporte),

o fuentes fijas ( industrias, calderas ,etc.)

Una vez que están en el aire, los contaminantes pueden ser transformados en otros más dañinos, sobre todo por la influencia de la luz y el calor y cuando permanecen largos períodos de tiempo en contacto cercano, como consecuencia de algunos fenómenos naturales como las inversiones térmicas.

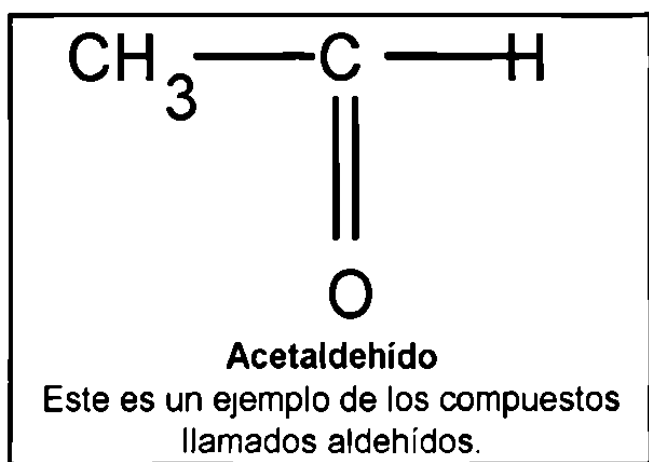
El smog fotoquímico es una consecuencia de esas reacciones, ya que los hidrocarburos ( $\text{HC}$ ) se combinan con los óxidos de nitrógeno (conocidos como  $\text{NO}_x$ ) formando otros compuestos que suelen ser más tóxicos que aquéllos que los originaron.

*Los  $\text{NO}_x$  son el monóxido de nitrógeno  $\text{NO}$  y el dióxido de nitrógeno  $\text{NO}_2$ , el primero es formado por reacción entre el nitrógeno y oxígeno de la atmósfera a las altas temperaturas que se presentan en la combustión interna de los motores.*

Esto produce una nube en la que están mezclados los gases que inicialmente se emitieron por el escape del automóvil al aire, así como los compuestos generados en el aire mismo, y otras sustancias (metales como el plomo, polvos, etc.).

Algunas de las sustancias

formadas en las reacciones fotoquímicas (es decir, facilitadas por la luz solar) son el ozono (O<sub>3</sub>), aldehídos y otras, que son las causantes de la irritación en los ojos y las vías respiratorias. El ozono, de hecho, es una de las sustancias que debe medirse para conocer el grado de contaminación presente en la atmósfera.

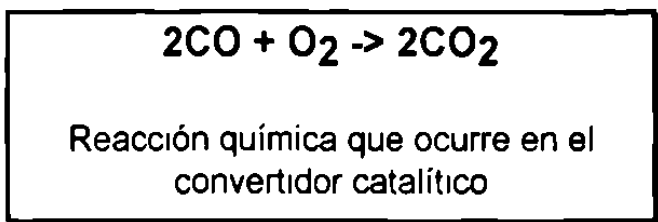


Las sustancias que se emiten al aire, o que se forman en él, son consideradas contaminantes por su toxicidad o por los efectos que tienen sobre plantas, animales o materiales. Lo más grave, por supuesto, es el efecto que pueden tener sobre la salud, por lo que es muy importante evitar esas emisiones, o al menos disminuirlas o transformarlas en otras que no sean tóxicas.

Entre los programas que se han iniciado en nuestro país para el control de la contaminación están, la sustitución de la

gasolina con plomo, por otra que no lo contiene, también la verificación periódica de las emisiones de gases de los automóviles, así como los esfuerzos del gobierno y empresarios para reemplazar las unidades de transporte antiguas por otras en las que se dispone de convertidores catalíticos.

Los convertidores catalíticos son dispositivos que pueden instalarse en un vehículo automotriz para, entre otras cosas, tomar el monóxido de carbono (CO) que se produce normalmente durante la combustión de la gasolina, y convertirlo completamente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es un componente natural del aire.



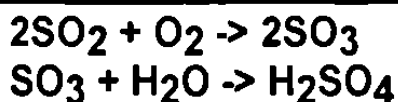
Por otra parte, se iniciaron proyectos para disminuir el número de vehículos que circulan en las calles, mediante la construcción de sistemas alternos de transporte masivo (*metros*), en las Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey.

Además, las industrias están invirtiendo tiempo y dinero en evitar, o al menos disminuir, las

emisiones de contaminantes a la atmósfera, modificando y eficientando sus procesos, o instalando equipos especiales para recuperar sus productos dañinos antes de que salgan al aire y convertirlos en sustancias no dañinas.

*El metano CH<sub>4</sub>, un hidrocarburo saturado de la familia de los alcanos, es el componente principal del gas natural.*

También están modificando la tecnología de producción de energía, substituyendo el combustóleo por gas natural (CH<sub>4</sub>), que no contiene azufre, por lo que no produce el dióxido de azufre(SO<sub>2</sub>) durante la combustión, evitando así la formación del fenómeno llamado *lluvia ácida*.



Reacciones que producen el fenómeno conocido como *lluvia ácida*

La investigación, desarrollo y adaptación de tecnología en materia de contaminación es un área interdisciplinaria de gran oportunidad, que está creciendo en nuestro país y en donde deberán tomarse sólo las mejores decisiones, en la búsqueda de un

progreso sostenido para México y el mundo.

**Sabías tú que.....**

**El horario más adecuado para realizar ejercicio al aire libre en las ciudades es antes de las 8.00 y después de las 20.00**

**Con una sólo vez que llenes el tanque de tu automóvil con gasolina Nova (que contiene plomo), el catalizador del convertidor no cumple ya con su función.**

**Sí quieres saber más respecto a los efectos de la contaminación, puedes solicitar a tu profesor el total de las Lecturas Complementarias referentes a este tema.**



**Apéndice C**

# **Cuestionarios**

**C.1 - Conocimientos**

# CUESTIONARIO DE LOS CONOCIMIENTOS DEL ALUMNO DE PREPARATORIA SOBRE QUIMICA ORGANICA

**INSTRUCCION:** Escriba en el paréntesis de la derecha, la letra correspondiente a la respuesta que considere correcta, para cada uno de los enunciados que a continuación se presentan.

1. El monóxido de carbono (CO) se transforma a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) mediante la acción de: ( )

- a) Convertidor catalítico
- b) Convertidor magnético
- c) Convertidor eléctrico
- d) Convertidor radiactivo
- e) Convertidor térmico

2. Al monóxido de nitrógeno, un compuesto contaminante del aire se le conoce también como perteneciente a la clasificación: ( )

- a) NO<sub>x</sub>
- b) SO<sub>x</sub>
- c) CO<sub>x</sub>
- d) SiO<sub>x</sub>
- e) ClO<sub>x</sub>

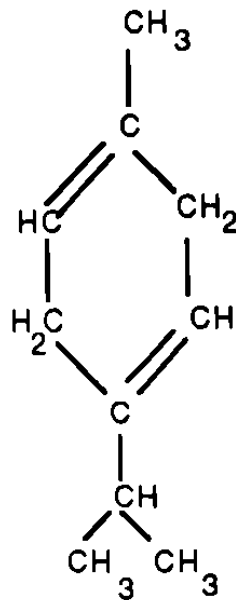
3. El dióxido de carbono en el aire se considera: ( )

- a) Componente no natural
- b) Producto tóxico
- c) Corrosivo de los metales
- d) Componente natural
- e) Componente sólido

4. La construcción de sistemas de transporte masivo (Metro), es una de las medidas que se han adoptado para disminuir la contaminación en: ( )

- a) Agua
- b) Suelo
- c) Minerales
- d) Aire
- e) Alimentos

5. Esta estructura corresponde a un compuesto producido de forma natural por la planta del cilantro, el cual pertenece a los: ( )



- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| a) Aldehídos     | d) NO <sub>x</sub> |
| b) Terpenos      | e) Alcoholes       |
| c) Carbohidratos |                    |

6. A los compuestos constituidos por carbono e hidrógeno se les llama: ( )

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| a) Proteínas     | d) Alcoholes |
| b) Carbohidratos | e) Aldehídos |
| c) Hidrocarburos |              |

7. Un aldehído de fórmula ( CH<sub>3</sub>-C(=O)-H ) es un ejemplo de un componente químico del: ( )

- |              |          |
|--------------|----------|
| a) Esmog     | d) Suelo |
| b) Aire puro | e) Ruido |
| c) Agua      |          |

8. La acción de la luz solar sobre algunas sustancias facilita las reacciones: ( )

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| a) Acido base  | d) Fotoquímicas |
| b) Radiactivas | e) Magnéticas   |

c) Térmicas

9. El calor se considera una forma de contaminación: ( )

- a) Magnética
- b) No química
- c) Eléctrica
- d) Biológica
- e) Química

10. La siguiente reacción:  $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$  es una de las que se verifican en los dispositivos llamados: ( )

- a) Convertidor magnético
- b) Convertidor eléctrico
- c) Convertidor radiactivo
- d) Convertidor térmico
- e) Convertidor catalítico

11. El ozono ( $\text{O}_3$ ), es una sustancia que se mide en el aire para conocer el: ( )

- a) Nivel de humedad
- b) Flujo del viento
- c) Grado de contaminación
- d) Grado de pureza del agua
- e) Índice de lluvia ácida

12. La reacción química entre el trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) y el agua produce: ( )

- a) Destrucción de la capa de ozono
- b) Efecto invernadero
- c) Inversión térmica
- d) Esmog fotoquímico
- e) Lluvia ácida

13. De las reacciones en el aire entre los hidrocarburos (HC) y los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) por la acción de la luz se produce: ( )

- a) Bruma
- b) Lluvia ácida
- c) Niebla
- d) Polvo
- e) Esmog fotoquímico

14. Un producto de las reacciones fotoquímicas en el aire es el: ( )

- a) Helio
- b) Argón
- c) Agua
- d) silicio
- e) Ozono

15. Los gases dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO) y monóxido de nitrógeno (NO) se producen en un proceso: ( )

- a) Térmico
- b) Combustión
- c) Fotosíntesis
- d) Físico
- e) Radiactivo

# CUESTIONARIO SOBRE CONOCIMIENTOS DE QUIMICA ORGANICA EN ESTUDIANTES DE PREPARATORIA

**INSTRUCCION :** Escriba en el paréntesis de la derecha la letra correspondiente a la respuesta que considere correcta, para cada uno de los enunciados que a continuación se presentan.

- 1.- Es un componente natural del aire : ( )  
a) Bromo ( $\text{Br}_2$ )  
b) Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )  
c) Terpenos  
d) Cloro ( $\text{Cl}_2$ )  
e) Aldehído ( $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ )  
/ H
- 2.- Se considera una forma de contaminación no química a: ( )  
a) Lluvia  
b) Polvo  
c) Terpeno  
d) Calor  
e) Esmog
- 3.- El ozono se considera un producto de las reacciones: ( )  
a) Fotoquímicas  
b) Magnéticas  
c) Mecánicas  
d) Eléctricas  
e) Radiactivas
- 4.- Los hidrocarburos son compuestos que que estan constituidos de: ( )  
a) Carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno  
b) Carbono y oxígeno  
c) Carbono e hidrógeno  
d) Carbono, hidrógeno y oxígeno  
e) Carbono y Azufre
- 5.- La lluvia ácida se produce por la acción del agua sobre el : ( )  
a) Trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ )  
b) Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ )  
c) Dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ )  
d) Trióxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )  
e) Trióxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- 6.- El convertidor catalítico tiene la propiedad de transformar el : ( )  
a) Trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ )  
b) Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )  
c) Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ )  
d) Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ )  
e) Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )

7.- Una de las medidas que nuestro gobierno ha adoptado para disminuir el problema de la contaminación del aire es la construcción de : ( )

- a) Aeropuertos
- b) Sistemas de transporte masivo
- c) Unidades habitacionales
- d) Autopistas
- e) presas

8.- En los procesos de combustión, tanto en un automóvil como en las plantas termoeléctricas, se producen : ( )

- a) Dióxido de silicio( $\text{SiO}_2$ ) y carbón (C)
- b) Metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- c) Dióxido de carbono( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO) y monóxido de nitrógeno
- d) Aldehidos y ozono
- e) Alcoholes y aldehidos

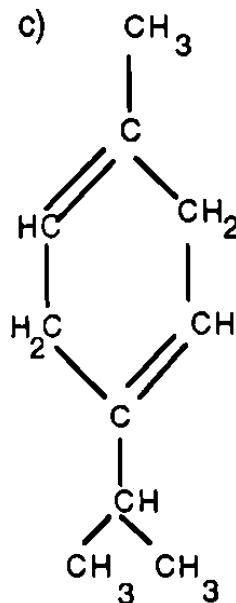
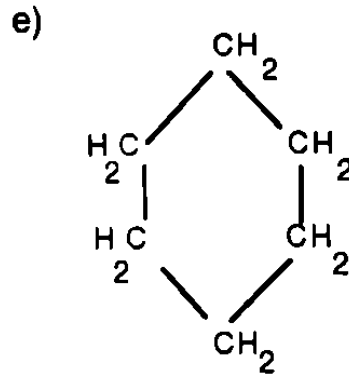
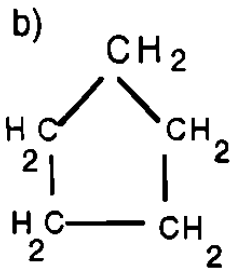
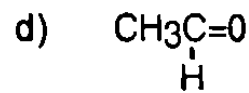
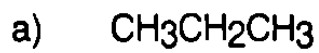
9.- Se consideran reacciones fotoquímicas a todas aquellas que se realizan por la acción de : ( )

- a) Calor
- b) Sonido
- c) Electricidad
- d) Luz solar
- e) Magnetismo

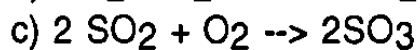
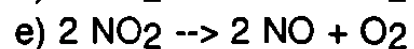
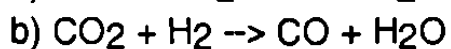
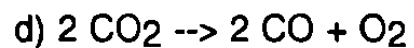
10.-Se llaman  $\text{NO}_x$  a los compuestos contaminantes del aire como : ( )

- a) Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )
- b) Monóxido de carbono (CO)
- c) Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- d) Monóxido de nitrógeno(NO)
- e) Trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ )

11.- Un ejemplo de una estructura de terpenos que de forma natural son arrojados al aire por las plantas es : ( )



12.- Los convertidores catalíticos son dispositivos que entre otras cosas producen lo siguiente : ( )





- 13.- El smog fotoquímico es consecuencia de la reacción entre : ( )
- a) Hidrocarburos (CH) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
  - b) Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y agua
  - c) Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) y agua
  - d) óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y agua
  - e) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua

- 14.- Un aldehído componente químico del smog, corresponde a la siguiente fórmula : ( )
- a) CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH
  - b) CH<sub>3</sub>- $\overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}$ -OH
  - c) CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub>
  - d) CH<sub>3</sub>- $\overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}$ -CH<sub>3</sub>
  - e) CH<sub>3</sub>- $\overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}$ -H

- 15.- Una de las sustancias que se mide para conocer el grado de contaminación del aire es : ( )
- a) Amoniaco (NH<sub>3</sub>)
  - b) Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)
  - c) Oxígeno (O<sub>2</sub>)
  - d) Ozono (O<sub>3</sub>)
  - e) Nitrógeno (N<sub>2</sub>)

**Apéndice C**

# **Questionario**

**C.2 - Actitudes**

## MEDICION DE ACTITUDES DEL ESTUDIANTE DE PREPARATORIA HACIA LA QUIMICA ORGANICA

### INSTRUCCION :

Para cada uno de los enunciados que a continuación se presentan, encierre en un círculo el número que indique su posición personal , en la escala que aparece a la derecha de cada opción y que comprende desde cero (0) hasta diez (10), siendo el número (0) completamente en desacuerdo, y el número (10) completamente de acuerdo.

A	Aceptación del estudio de la química en preparatoria.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	Relación de los conocimientos de química adquiridos en preparatoria con su vida diaria.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	La investigación, desarrollo y adaptación de tecnología en química factor determinante del crecimiento industrial, económico, y social de México	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	La química como apoyo para la solución de los problemas de contaminación.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	La investigación, desarrollo y adaptación de tecnología en química factor determinante en la solución de los problemas de contaminación	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	Decisión de estudiar una carrera profesional en el área de la química.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G	Disposición para respetar y colaborar con las diferentes estrategias que se proponen en la búsqueda de soluciones a la problemática de la contaminación.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Apéndice D**

# **Prueba Estadística**

**Tablas de Resultados de la Prueba Z para  
Comparación de Medias**

**Resultados de la prueba Z**  
**Diferencia de medias sobre conocimientos**  
**Prueba Operativa**

	<b>UDEM TESTIGO</b>	<b>UDEM LECTURA</b>	<b>UANL TESTIGO</b>	<b>UANL LECTURA</b>
<b>MEDIA PREVIA</b>	5.298550725	5.167883212	4.448717949	4.854700855
<b>MEDIA POST.</b>	5.836065574	7.107692308	4.392156863	5.902439024
<b>DESV. ESTAND</b>				
<b>PREVIA</b>	1.303297597	1.411393929	1.222313631	1.401325337
<b>POSTERIOR</b>	1.569478107	1.767841443	1.374296485	1.677040883
<b>VARIANZA</b>				
<b>PREVIA</b>	1.698584626	1.992032823	1.499050612	1.963712701
<b>POSTERIOR</b>	2.463261527	3.125263367	1.888690830	2.812466125
<b>Z EXP.</b>	-2.874741069	-9.875815461	0.194828139	-3.037900664
<b>Z CRITICA</b>				
<b>UNA COLA</b>	1.644853	1.644853	1.644853	1.644853
<b>Z CRITICA</b>				
<b>DOS COLAS</b>	1.959961082	1.959961082	1.959961082	1.959961082

UDEM TESTIGO

<i>Column 1</i>	<i>PREVIO</i>	<i>Column 2</i>	<i>POSTERIOR</i>
Mean	5,298550725	Mean	5,836065574
Standard Error	0,121533128	Standard Error	0,142093871
Median	5,333333333	Median	6
Mode	6	Mode	5,333333333
Standard Deviation	1,303297597	Standard Deviation	1,569478107
Variance	1,698584626	Variance	2,463261527
Kurtosis	-0,57869996	Kurtosis	-0,267895466
Skewness	-0,026034606	Skewness	0,199970271
Range	5,333333333	Range	7,333333333
Minimum	2,666666667	Minimum	2
Maximum	8	Maximum	9,333333333
Sum	609,3333333	Sum	712
Count	115	Count	122
z-Test: Two-Sample for Means			
	<i>Variable 1 Previo</i>	<i>Variable 2 Post</i>	
Mean	5,298550725	5,836065574	
Known Variance	1,698584626	2,46326153	
Observations	115	122	
Hypothesized Mean Difference	0		
z	-2,874741069		
z-Test: Two-Sample for Means			
	<i>Variable 1 Previo</i>	<i>Variable 2 Post.</i>	
Mean	5,298550725	5,836065574	
Known Variance	1,698584626	2,46326153	
Observations	115	122	
Hypothesized Mean Difference	1		
z	-8,222948795		

UDEM LECTURA

<i>Column 1</i>	<i>PREVIO</i>	<i>Column 2</i>	<i>POSTERIOR</i>
Mean	5,167883212	Mean	7,107692308
Standard Error	0,120583521	Standard Error	0,155049951
Median	5,333333333	Median	7,333333333
Mode	6	Mode	8,666666667
Standard Deviation	1,411393929	Standard Deviation	1,767841443
Variance	1,992032823	Variance	3,125263367
Kurtosis	0,063878759	Kurtosis	-0,131706876
Skewness	-0,366506623	Skewness	-0,577554734
Range	7,333333333	Range	8
Minimum	0,666666667	Minimum	2
Maximum	8	Maximum	10
Sum	708	Sum	924
Count	137	Count	130
<b>z-Test: Two-Sample for Means</b>			
	<i>Variable 1 Previo</i>	<i>Variable 2 Post.</i>	
Mean	5,167883212	7,107692308	
Known Variance	1,992032823	3,125263367	
Observations	137	130	
Hypothesized Mean	0		
z	-9,875815461		

## UANL TESTIGO

<i>Column 1</i>	<i>PREVIO</i>	<i>Column 2</i>	<i>POSTERIOR</i>
Mean	4,448717949	Mean	4,392156863
Standard Error	0,169504403	Standard Error	0,235689903
Median	4,666666667	Median	4
Mode	4,666666667	Mode	4
Standard Deviation	1,222313631	Standard Deviation	1,374296485
Variance	1,494050612	Variance	1,88869083
Kurtosis	0,380148299	Kurtosis	1,674761397
Skewness	0,506087679	Skewness	0,682167211
Range	6	Range	6,666666667
Minimum	2	Minimum	1,333333333
Maximum	8	Maximum	8
Sum	231,3333333	Sum	149,3333333
Count	52	Count	34
z-Test: Two-Sample for Means			
	<i>Variable 1 Previo</i>	<i>Variable 2 Post.</i>	
Mean	4,448717949	4,392156863	
Known Variance	1,494050612	1,88869083	
Observations	52	34	
Hypothesized Mean Difference	0		
z	0,194828139		



## UANL LECTURA

<i>Column 1</i>	<i>PREVIO</i>	<i>Column 2</i>	<i>POSTERIOR</i>
Mean	4,854700855	Mean	5,902439024
Standard Error	0,224391639	Standard Error	0,261909784
Median	4,666666667	Median	6
Mode	4,666666667	Mode	6
Standard Deviation	1,401325337	Standard Deviation	1,677040883
Variance	1,963712701	Variance	2,812466125
Kurtosis	-0,463299444	Kurtosis	-0,850279061
Skewness	0,233133781	Skewness	0,302559539
Range	5,333333333	Range	6
Minimum	2	Minimum	3,333333333
Maximum	7,333333333	Maximum	9,333333333
Sum	189,3333333	Sum	242
Count	39	Count	41
<b>z-Test: Two-Sample for Means</b>			
	<i>Variable 1 Previo</i>	<i>Variable 2 Post.</i>	
Mean	4,854700855	5,902439024	
Known Variance	1,9637127	2,81246612	
Observations	39	41	
Hypothesized Mean Difference	0		
z	-3,037900664		

**BIBLIOTECA, DIVISION  
ESTUDIOS SUPERIORES**



