

Otros contaminantes son pedacitos muy pequeños de sólidos y gotitas que se forman durante el proceso de combustión.

Tabla 10.1 Fuentes de contaminación del aire
Porcentaje estimado, en masa, del gran total anual (sobre 200 millones de tons)

Fuente	Monóxido de carbono	Oxidos de azufre	Oxidos de nitrógeno	Hidrocarburos	Partículas	Total
Transporte (automóviles, autobuses, camiones, etc.)	29.8	0.5	4.0	7.5	0.5	42.3
Combustibles (plantas eléctricas, calentadores, enfriadores, etc)	0.9	11.5	4.5	0.3	4.2	21.4
Procesos industriales (hierro, acero, aluminio petróleo, etc)	4.5	3.5	0.1	2.0	3.5	13.6
Depósito de basura sólida (incineración)	3.5	0.1	0.3	0.8	0.5	5.2
Diversos (incendios forestales y agrícolas, etc)	7.9	0.3	0.8	4.0	4.5	17.5
Total	46.6	15.9	9.7	14.6	13.2	100.0

Efecto de los contaminantes en los seres humanos

A. Monóxido de carbono

A los niveles en que se encuentra en el aire urbano, el monóxido de carbono no parece afectar a las plantas, pero es venenoso para los seres humanos. Interfiere con el transporte del oxígeno en el torrente sanguíneo. La hemoglobina (que se

representa mediante el símbolo Hb), es el compuesto de la sangre que transporta el oxígeno. La hemoglobina se combina con el oxígeno en los pulmones para formar oxihemoglobina (HbO_2), que fluye a través de la sangre para llevar oxígeno a todas las células del cuerpo. El monóxido de carbono, que penetra en los pulmones debido al aire contaminado o al humo del cigarrillo, puede combinarse con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina ($HbCO$). El monóxido de carbono se une firmemente a la hemoglobina, evitando el transporte normal del oxígeno.

A decir verdad, puesto que el humo de los cigarrillos contiene monóxido de carbono, un fumador puede tener de dos a cinco veces más monóxido de carbono en la sangre que una persona que no fuma.

Los niveles bajos de monóxido de carbono pueden reducir la capacidad de la persona para percibir la luz, o pierden cierta capacidad para calcular el paso del tiempo. Los niveles un poco más elevados reducen el abastecimiento de oxígeno a los músculos cardíacos y pueden producir ataques al corazón en personas vulnerables. A concentraciones más altas de monóxido de carbono en la sangre puede causar dolores de cabeza, fatiga, somnolencia, estados de coma y hasta la muerte.

B. Dióxido de azufre

Los principales efectos nocivos de azufre en los seres humanos son superiores a los que producen en las plantas. No existen pruebas definitivas de que el dióxido de azufre provoque enfermedades respiratorias, pero se ha encontrado una correlación específica entre la incidencia de óxidos de azufre en la atmósfera y el índice de muertes de personas de enfermedades crónicas cardiovasculares y respiratorias. En efecto, a quienes más afectan los casos de contaminación del aire con dióxido de azufre es a los enfermos y los ancianos que padecen estas enfermedades.

C. Oxidos de Nitrógeno

El monóxido de nitrógeno al igual que el dióxido de nitrógeno (gas café rojizo de olor fuerte y asfixiante), afectan al sistema respiratorio; particularmente este último, causa irritación en nariz, garganta y ojos.

D. Hidrocarburos

Estos compuestos reaccionan con el oxígeno atómico, ozono y oxígeno molecular para formar especies conocidas como radicales, que reaccionan a su vez con el

monóxido de nitrógeno para producir los componentes del smog. Un ejemplo es el peroxiacetilnitrato (PAN) que es un poderoso lacrimógeno y causa dificultades respiratorias.

E. Macropartículas

Son un conglomerado de sólidos y líquidos y contienen una gran variedad de sustancias, cromo, aluminio, calcio, hierro, plomo, magnesio, sodio, etc.,. Uno de los principales problemas para la salud pública lo constituyen las macropartículas que contienen metales tóxicos como el berilio y además asbesto, los cuales están clasificados como contaminantes peligrosos del aire, pues se ha confirmado que son cancerígenos.

Inversión de la temperatura y smog

La acumulación de contaminantes dentro de un área geológica restringida ocasiona algunos cambios en el medio ambiente. Como resultado de las fluctuaciones del tiempo y de los vientos, las masas de aire pueden moverse horizontalmente de una región a otra de la atmósfera.

Otras causas por las cuales puede ocurrir el movimiento de masas de aire es la elevación de aire caliente a regiones más altas de la atmósfera. Cuando se calienta el aire cercano a la superficie de la tierra, se vuelve menos denso y se eleva en forma vertical, siendo reemplazado por aire frío que proviene de las regiones altas de la atmósfera. Este movimiento vertical de aire de la superficie dispersa los contaminantes hacia las regiones altas de la atmósfera.

Normalmente la temperatura del aire disminuye con la altura, como se ilustra en la Figura 10.1. La masa de aire cercana a la superficie terrestre es más caliente. Algunas veces, una masa fría de aire se mueve en alturas bajas y queda bajo la masa de aire caliente. Esto da como resultado una capa de aire frío debajo de una capa de aire caliente.

Como se ve en la Figura 10.1, la capa de aire caliente queda atrapada entre dos masas de aire frío. Este fenómeno se conoce como **inversión de la temperatura**. Cuando ocurre una inversión, la temperatura del aire disminuye con la altura según nos acercamos a la capa de aire caliente. En este nivel, la temperatura empieza a aumentar con la altitud hasta llegar a la capa superior de aire frío. Después de este punto, la temperatura disminuye con la altura como es lo usual.

La inversión de temperatura se puede presentar en una masa de aire protegido y da como resultado una masa inmóvil o estancada en la que se acumula la contaminación. A menudo se rompen, durante la noche, las inversiones de

temperatura, pero se puede formar una nueva inversión al día siguiente. A veces, la inversión persiste por varios días. Las inversiones de temperatura ocurren frecuentemente en los días despejados, sin nubes.

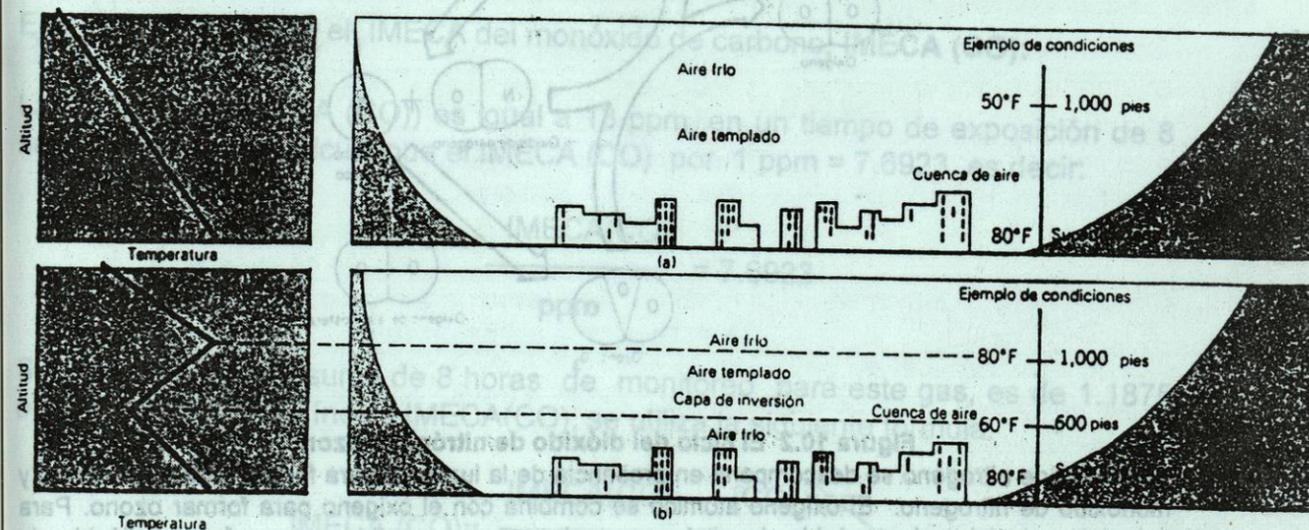


Figura 10.1 Condiciones normal y de inversión en una cuenca de aire.

Una vez que se ha formado la inversión, los contaminantes primarios del aire quedan atrapados y se acumulan en áreas localizadas. Si la inversión ocurre en un día caluroso, despejado, los contaminantes primarios en presencia de la luz solar forman contaminantes secundarios del aire. La luz solar induce reacciones químicas llamadas reacciones fotoquímicas. Algunas de estas reacciones se muestran en la Figura 10.2

La capa de inversión actúa como un enorme matraz de reacción en el que se producen las reacciones fotoquímicas y subsecuentes reacciones para formar una variedad de contaminantes secundarios que se conocen colectivamente como smog (Neblumo).

El smog fotoquímico es característico de ciertas regiones de cada país. Es una mezcla compleja de más de 50 compuestos químicos diferentes que se producen debido a las reacciones químicas entre los óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, partículas, vapor de agua y oxígeno; siendo los peroxiacetilnitratos (PAN) los más notables. (Ver Figura 10.2). La apariencia brumosa, color café, del smog se debe a la acumulación de partículas y dióxido de nitrógeno.

Formación del smog fotoquímico

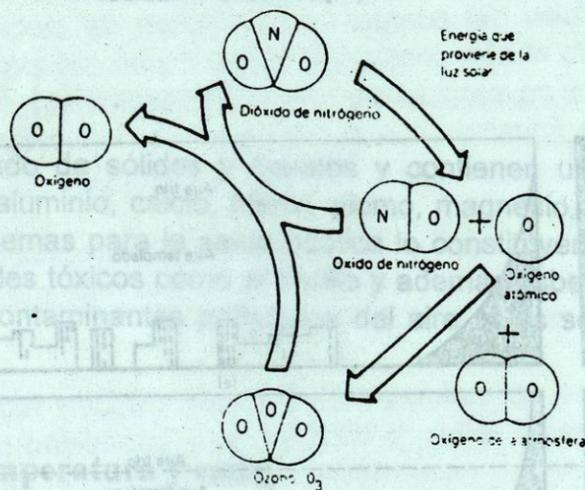


Figura 10.2 El ciclo del dióxido de nitrógeno-ozono.

El dióxido de nitrógeno se descompone en presencia de la luz solar para formar oxígeno atómico y monóxido de nitrógeno. El oxígeno atómico se combina con el oxígeno para formar ozono. Para completar el ciclo, el monóxido de nitrógeno y el ozono se combinan para formar dióxido de nitrógeno y oxígeno.

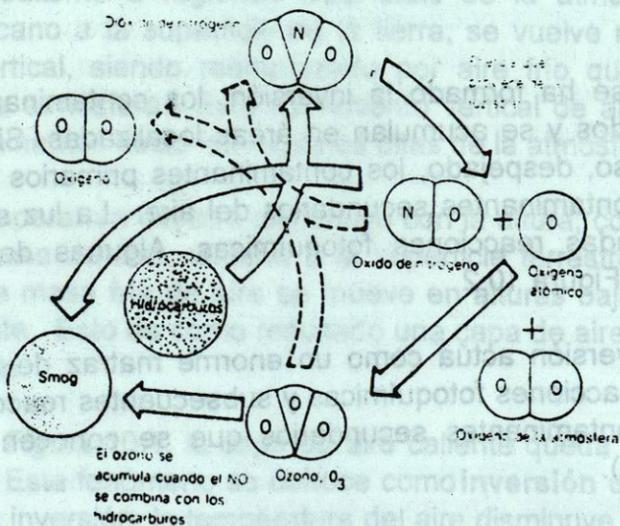


Figura 10.2(b). El ciclo de dióxido de nitrógeno-ozono en presencia de hidrocarburos.

Los hidrocarburos del aire se combinan con el monóxido de nitrógeno en una etapa de la formación del smog. La eliminación del monóxido de nitrógeno del ciclo, permite que el ozono se acumule y contribuya a la formación del smog.

Índice metropolitano de la calidad del aire (IMECA)

El valor de un IMECA depende de cada contaminante y del tiempo de exposición al mismo. Para calcularlo se le asigna un valor de 100 IMECA a la concentración mínima (ppm) del contaminante capaz de causar molestias menores en personas sensibles, debido a su exposición durante un tiempo determinado.

Ejemplo para calcular el IMECA del monóxido de carbono, **IMECA (CO)**:

La norma (100 IMECA (CO)) es igual a 13 ppm, en un tiempo de exposición de 8 horas. De esto, se calcula que el IMECA (CO) por 1 ppm = 7.6923, es decir:

$$\frac{\text{IMECA(CO)}}{\text{ppm}} = 7.6923$$

Si el promedio de la suma de 8 horas de monitoreo para este gas, es de 1.1875 ppm; para calcular el índice IMECA(CO), se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{IMECA (CO)} = \frac{\text{IMECA(CO)}}{\text{ppm}} \times \frac{[\text{CO}] \text{ ppm}}{1}$$

$$\text{IMECA (CO)} = (7.6923) (1.1875) = 9.134$$

9 IMECA de CO

La tabla 10.2 presenta la norma en ppm, correspondientes a 100 IMECA para diferentes contaminantes y en la tabla 10.3 se describen los efectos que causa en el hombre el ozono, según el rango de IMECA.

Tabla 10.2 Norma para el cálculo del IMECA para varios contaminantes.

Gases	Norma (100 IMECA)	Tiempo de exposición
SO ₂	0.13 ppm	24 horas
NO _x	0.21 ppm	1 hora
CO	13 ppm	8 horas
O ₃	0.11 ppm	1 hora
Partículas < 10 μ	150 μgramos/m ³	24 horas

Tabla 10.3 Efectos del ozono en las personas

Rango IMECA	Nivel de calidad	Efecto en el hombre
0 - 50	Bueno	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas.
51 - 100	Satisfactorio	Situación favorable para la realización de todo tipo de actividades.
101 - 200	No satisfactorio	Aparición de molestias menores en personas sensibles.
201 - 300	Malo	Aumento de molestias e intolerancia relativa en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares. Aparición de ligeras molestias en la población en general.
301 - 500	Muy malo	Aparición de diversos síntomas e intolerancia a ejercicios en la población sana.

Control de la contaminación del aire

Mientras se siga teniendo como fuente principal de energía la combustión de los carburantes fósiles, la contaminación del aire será un problema potencial. Para controlar las emisiones de los contaminantes se debe tomar en cuenta cada una de las fuentes. Entre los planteamientos generales para el control de la contaminación del aire se tienen los siguientes:

1. Sustitución del combustible.
2. Cambios en el proceso para minimizar la emisión.
3. Eliminar los contaminantes de las emanaciones.
4. Cambios en los procesos con alternativas que produzcan menor contaminación.
5. Reubicación de fuentes estacionarias.
6. Cambios en los medios de transporte.
7. Cambios en los procedimientos de la utilización del suelo.

Adaptado de:

Dickson, T. R., "Química: Enfoque Ecológico", Limusa, 1992

Información del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental de la Ciudad de Monterrey, N.L., Agosto de 1994

UNIDAD X

LECTURAS DE ENRIQUECIMIENTO

Gases. El mundo de los gases

LE 10.1 Globos en ascenso

Los aventureros franceses y los inventores hicieron uso de la expansión térmica de los gases, propiedad que Charles había formulado en su ley. La escena del humo subiendo arriba de una flama inspiró en 1782 a Joseph y Jacques Montgolfier a mantener a flote una gran bolsa de papel, llenándola con aire caliente. Los hermanos Montgolfier fueron los primeros en volar en un globo con aire caliente en 1783.

Ese mismo año, el físico francés Jacques Charles inventó el globo de hidrógeno. Como el hidrógeno es mucho más ligero que el aire caliente, el globo de Charles era mucho más pequeño que el de los Montgolfiers, pero con igual poder para elevarse. Charles equipó su globo con instrumentos científicos: un termómetro y barómetro. El pudo ascender a una altitud de 6300 pies.

Los globos fueron usados para deporte y entretenimiento. El uso del hidrógeno, un gas altamente flamable; para llenar los globos ocasionaron algunos accidentes trágicos y espectaculares. Un famoso accidente involucró a una conocida mujer francesa, Madame Blanchard. Ella cometió el error de llevar en su globo de hidrógeno una buena cantidad de fuegos artificiales.

El uso de globos para la investigación científica creció también. El primer globo volando para la ciencia pura se remonta a 1803. Científicos alemanes hicieron sus investigaciones a una altura de 23500 pies, donde hicieron estudios sobre el magnetismo de la Tierra. En 1804 Joseph Gay-Lussac y un colega volaron a 23000 pies con una colección de instrumentos científicos y animales enjaulados. Estudiaron también el comportamiento de insectos, pájaros y anfibios a grandes altitudes. Ellos observaron entre otras cosas, que las abejas empezaron a volar