

## Lección 4

# Contaminantes del aire

---



## ***Preguntas que se deben considerar***

---

- ¿Cuáles son los contaminantes del aire?
- ¿Cómo se categorizan los contaminantes del aire?
- ¿Qué son los contaminantes criterio?
- ¿Cuáles son las fuentes de los contaminantes criterio?
- ¿Cómo afectan los contaminantes criterio la salud y bienestar de los seres humanos?
- ¿Cuáles son los contaminantes peligrosos?
- ¿Cuáles son las fuentes de los contaminantes peligrosos?
- ¿Cómo afectan los contaminantes peligrosos la salud y bienestar de los seres humanos?

## ***Términos claves***

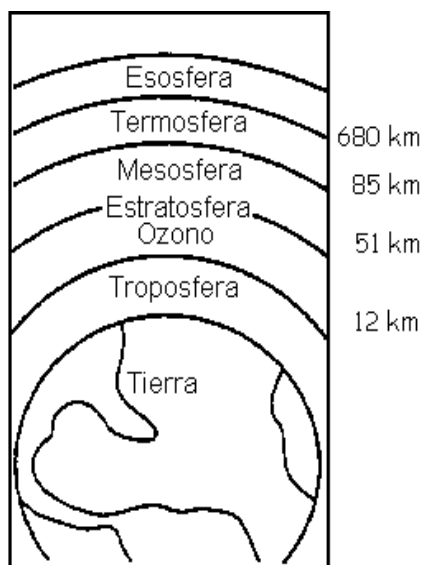
---

- Compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Contaminantes
- Contaminantes criterio
- Contaminantes no criterio
- Contaminantes primarios y secundarios
- Efecto sinérgico
- Estratosfera
- Monóxido de carbono
- Normas primarias y secundarias
- Óxidos de azufre
- Óxidos de nitrógeno
- Ozono
- Partículas
- Plomo
- PM<sub>10</sub>
- Radionucleidos
- Radón
- Troposfera

# Contaminantes del aire

---

La atmósfera está constituida por varias capas de aire. Las de mayor importancia para el estudio del control de la contaminación del aire se llaman **troposfera** y **estratosfera**. La troposfera es la capa delgada de aire relativamente denso más cercana a la superficie de la tierra. La troposfera contiene el aire que todos los seres vivos necesitan para respirar. La estratosfera es la capa protectora de aire que ayuda a absorber y dispersar la energía solar.

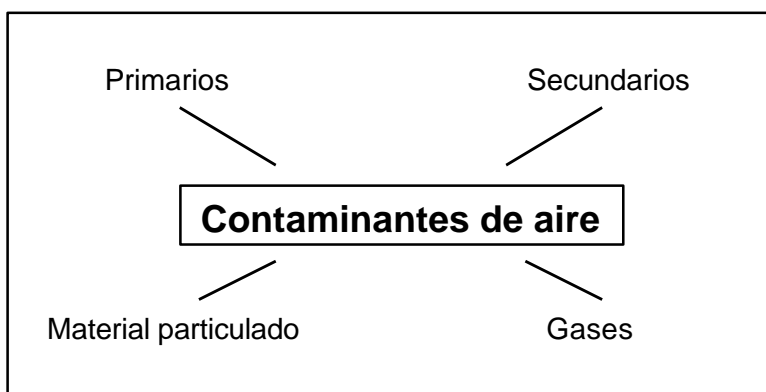


Se desconoce la composición del aire no contaminado. Los seres humanos han vivido en el planeta durante miles de años y sus numerosas actividades han influido en la composición del aire antes de que fuese posible medir sus elementos constitutivos. El aire es una mezcla compleja de muchas sustancias. Los principales elementos constitutivos del aire son el nitrógeno, oxígeno y vapor de agua. Aproximadamente 78 por ciento del aire es nitrógeno y 21 por ciento oxígeno. El uno por ciento restante incluye pequeñas cantidades de sustancias, como el dióxido de carbono, metano, hidrógeno, argón y helio.

---

En teoría, el aire siempre ha tenido cierto grado de contaminación. Los fenómenos naturales tales como la erupción de volcanes, tormentas de viento, descomposición de plantas y animales e incluso los aerosoles emitidos por los océanos "contaminan" el aire. Sin embargo, cuando se habla de la contaminación del aire, los contaminantes son aquéllos generados por la actividad del hombre (antropogénicos). Se puede considerar como **contaminante** a la sustancia que produce un efecto perjudicial en el ambiente. Estos efectos pueden alterar tanto la salud como el bienestar de las personas.

Hay cientos de contaminantes en el aire que se presentan en forma de partículas y gases. El **material particulado** está compuesto por pequeñas partículas líquidas o sólidas de polvo, humo, niebla y ceniza volante. Los gases incluyen sustancias como el monóxido de carbono, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles. También se puede clasificar a los contaminantes como **primarios** o **secundarios**. Un contaminante primario es aquél que se emite a la atmósfera directamente de la fuente y mantiene la misma forma química, como por ejemplo, la ceniza de la quema de residuos sólidos. Un contaminante secundario es aquel que experimenta un cambio químico cuando llega a la atmósfera. Un ejemplo es el ozono que surge de los vapores orgánicos y óxidos de nitrógeno que emite una estación de gasolina o el escape de los automóviles. Los vapores orgánicos reaccionan con los óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar y producen el ozono, componente primario del *smog fotoquímico*.



---

Los contaminantes de aire también se han clasificado como **contaminantes criterio** y **contaminantes no criterio**. Los contaminantes criterio se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objetos de estudios de evaluación publicados en documentos de criterios de calidad del aire. En el nivel internacional los contaminantes criterio son:

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Plomo(Pb)
- Material particulado

Las enmiendas de la Ley del Aire Limpio de 1990 de los Estados Unidos estableció una nueva categoría de contaminantes llamados contaminantes peligrosos del aire (CPA). La ley enumeró 189 compuestos como contaminantes peligrosos del aire. Los contaminantes criterio y contaminantes peligrosos del aire se detallan a continuación.

1. ¿Cuáles son los principales elementos que constituyen el aire?
2. ¿Cuáles son los contaminantes del aire?
3. ¿Cuáles son las dos formas básicas físicas de los contaminantes del aire?
4. ¿Cuál es la diferencia entre un contaminante primario y uno secundario?

# Los contaminantes criterio

---

Como se indicó en la sección anterior, los contaminantes criterio son: monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono, material particulado y plomo. En los últimos diez años, varios países al definir a las partículas totales en suspensión han especificado a las partículas con 10 micrómetros o menos de diámetro y a las partículas con 2,5 micrómetros o menos de diámetro aerodinámico. Estas partículas son comúnmente referidas como  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , respectivamente. La razón fundamental de esta especificación se debe a que las partículas más pequeñas son más peligrosas para la salud de los seres humanos porque son capaces de alcanzar la zona inferior de los pulmones.

Inicialmente, en la lista de contaminantes criterio se incluía a los **hidrocarburos**. Los hidrocarburos, también denominados compuestos orgánicos volátiles (COV), son precursores en la formación de ozono. Aunque generalmente hay reglamentos que controlan los COV, no hay control específico para los COV en el aire. El control adecuado de los COV se refleja en la reducción de la concentración de ozono en el aire.

Para cada contaminante criterio se han establecido **guías y normas**. Las guías son recomendaciones para los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido. Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos. La finalidad de las normas es proteger la salud humana (normas primarias) y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias). La OMS ha publicado guías sobre la calidad del aire y varios países de América Latina han establecido sus propias normas. En el cuadro 4-1 se muestran los valores límites y tiempos promedio de muestreo de las normas

**Cuadro 4-1 Valores límite (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y tiempos promedio de muestreo para las normas nacionales de calidad del aire de varios países de América y guías de la OMS**

	Tiempo promedio de muestreo	Argentina	Bolivia	Brasil	Colombia	Chile	Estados Unidos	México	Venezuela	Guías de la OMS
<b>Ozono</b>	1 hora	195	236	160	170	160	235	216	240	
	8 horas						160			120
<b>SO<sub>2</sub></b>	24 horas		365	365	400	365	365	341	80 365 <sup>1</sup>	125
	Mensual	70 <sup>2</sup>								
	Anual <sup>3</sup>		80	80	100	80	80	79		50
<b>NO<sub>2</sub></b>	1 hora	846 <sup>4</sup>	400	320		470		395		200
	24 horas		150						100-300 <sup>5</sup>	
	Anual <sup>3</sup>			100	100	100	100			40
<b>CO</b>	1 hora	57.000	30.000	40.000	50.000	40.000	40.000			30.000
	8 horas	11.000	10.000	10.000	15.000	10.000	10.000	13.000	10.000 40.000 <sup>5</sup>	10.000
<b>PTS</b>	24 horas		260	240	400	260		260	75 260 <sup>1</sup>	- <sup>6</sup>
	Mensual	150								- <sup>6</sup>
	Anual <sup>7</sup>		75	80	77	75		75		- <sup>6</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>	24 horas			150		150	150 <sup>8</sup>	150		- <sup>6</sup>
	Anual <sup>3</sup>			50			50 <sup>9</sup>	50		- <sup>6</sup>
<b>Plomo</b>	24 horas								1,5 2,0 <sup>5</sup>	
	Mensual									
	3 meses		1,5				1,5	1,5		
	Anual <sup>3</sup>									0,5

1 El valor bajo se puede exceder en 50% de las mediciones y el alto en 0,5%

3 Promedio aritmético anual

5 El valor bajo se puede exceder en 50% de las mediciones y el alto en 5%

7 Promedio geométrico anual

9 Estados Unidos también tiene una norma para PM<sub>2.5</sub> de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2 Promedio aritmético mensual

4 NO<sub>x</sub> expresado como NO<sub>2</sub>

6 No se ha establecido ningún valor de referencia para PTS y PM<sub>10</sub> porque no existe un umbral evidente en cuanto a sus efectos en la salud

8 Estados Unidos también tiene una norma para PM<sub>2.5</sub> de 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

---

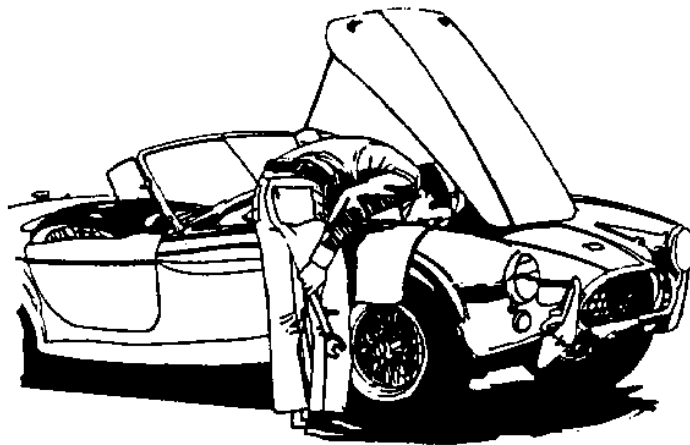
nacionales de calidad del aire para ozono, dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas totales en suspensión (PTS), PM<sub>10</sub> y plomo que se han fijado en varios países de América y las guías de la OMS.

A continuación se detalla cada contaminante criterio.

## Monóxido de carbono (CO)

El **monóxido de carbono** es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal. En la naturaleza se forma mediante la oxidación del metano, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de monóxido de carbono es la quema incompleta de combustibles como la gasolina.

Para que se complete el proceso de combustión es necesario que haya cantidad adecuada de oxígeno. Cuando éste es insuficiente, se forma el monóxido de carbono y una manera de reducirlo es exigir que los automóviles sean afinados debidamente para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno. Por esta razón, los reglamentos de inspección de automóviles han sido útiles para controlar el monóxido de carbono.



El monóxido de carbono es especialmente problemático en zonas urbanas con gran número de automóviles. El volumen del tránsito y el clima local influyen sobre su concentración en el aire. Los efectos sobre la salud dependen de la concentración y duración de la exposición. El monóxido de carbono en los seres humanos afecta el suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo. Cuando hay monóxido de carbono, éste atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno, lo que da lugar a la escasez de oxígeno en la sangre. El efecto a corto plazo es similar a la sensación de fatiga que se experimenta en altura o cuando se padece de anemia.

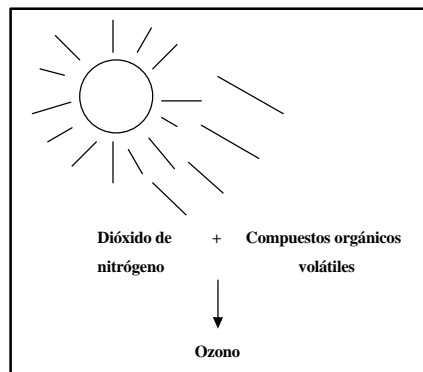
La exposición al monóxido de carbono puede exacerbar las enfermedades del corazón y del pulmón. El peligro es más evidente en nonatos, neonatos, ancianos y en quienes sufren de enfermedades crónicas.

### **Efectos en la salud humana por exposición a monóxido de carbono**

<b>Concentración de Carboxihemoglobina en la sangre (%)</b>	<b>Efecto observado</b>
2,3 4,3	Disminución en la capacidad de realizar un ejercicio máximo en un corto tiempo en individuos jóvenes saludables
2,9-4,5	Disminución en la duración de ejercicio, debido a dolor en el pecho (angina), en pacientes con enfermedades al corazón. Disminución del consumo máximo de oxígeno y tiempo para realizar ejercicio, en individuos jóvenes saludables durante ejercicio fuerte.
5-5,5	Disminución en la percepción visual y auditiva. Pérdida de la capacidad sensorial, motora y de vigilancia.
5,0-17,0	Disminución en el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio fuerte, en individuos jóvenes saludables.
7,0-20,0	Dolor de cabeza, decaimiento.
20,0-30,0	Mareo, náusea, debilidad.
30,0	Confusión, colapso durante el ejercicio
40,0	Pérdida de conciencia y muerte si la exposición continúa.
50,0	Muerte.

## Ozono (O<sub>3</sub>)

El **ozono** es considerado como un contaminante criterio y secundario. Se forma mediante una serie compleja de reacciones en la atmósfera. En términos sencillos, se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar.



### Efectos en la salud humana por exposición a ozono

Concentración (ppm)	Tiempo de exposición	Efecto observado
0,08-0,15	-	Tos y dolor de cabeza
0,12	1-3 hrs	En individuos sanos, durante el ejercicio: Disminución de FEVI* y CVF**, incremento de la sensibilidad de las vías aéreas, lo cual podría significar un aumento en la respuesta a otros contaminantes.
0,12	2-5 hrs	Disminución de la función pulmonar en niños y adultos, durante ejercicio fuerte.
0,24	1-3 hrs	En individuos sanos, durante el ejercicio: Incremento en la frecuencia respiratoria, disminución de la resistencia de las vías aéreas, disminución de la función pulmonar.

\*FEVI: Tasa máxima de flujo expiratorio

\*\*CVF: Capacidad vital forzada.

La concentración de ozono en una determinada localidad depende de muchos factores, incluida la concentración de NO<sub>2</sub> y COV en el área, la intensidad de la luz solar y las condiciones del clima.

El ozono es el principal componente del *smog fotoquímico* o niebla fotoquímica y causa efectos nocivos en seres humanos y plantas. La población de mayor riesgo a la contaminación por ozono son los enfermos y ancianos, así como los neonatos y nonatos. Además, cuando se le compara con los otros contaminantes criterio, es el que más daña a las plantas.

Una estrategia de control para el ozono es reglamentar las fuentes de COV y óxidos de nitrógeno. Las fuentes principales de estos contaminantes son los productos de combustión incompleta que emiten los escapes de los vehículos, la quema de combustibles fósiles y el uso de compuestos de petróleo y solventes orgánicos en procesos industriales y de limpieza. Por ejemplo, el líquido usado en el proceso de lavado al seco es un solvente que es un COV

El ozono tiene la singularidad de que es también beneficioso para los seres humanos y otros seres vivientes. Es un componente necesario de la estratosfera, la capa del aire que protege la troposfera, porque sirve para proteger a la tierra de la nociva radiación ultravioleta del sol. Sin embargo, cuando se encuentra en concentraciones altas en la troposfera o capa inferior de la atmósfera, se le considera un contaminante.

El ozono es un componente necesario de la estratosfera, la capa del aire que protege la troposfera, porque protege a la tierra de la nociva radiación ultravioleta del sol. Aunque el ozono es nocivo y debe ser controlado en la troposfera, es un protector necesario en la estratosfera.

De esta manera, aunque el ozono es nocivo y debe ser controlado en la troposfera, es un protector necesario en la estratosfera. Las nuevas iniciativas de control de la contaminación del aire que se están llevando a cabo, incluidas la reducción progresiva de halocarburos y clorofluorocarbonos, evitan el agotamiento del ozono en la estratosfera.

5. Enumere los contaminantes criterio.
6. ¿Qué condiciones existentes de salud puede empeorar la exposición del monóxido de carbono?
7. ¿Cómo se forma el ozono?
8. ¿Cómo afecta el monóxido de carbono el abastecimiento de oxígeno en el torrente sanguíneo?

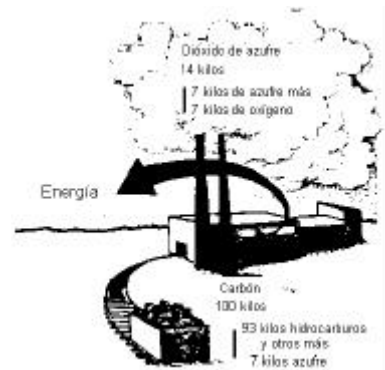
## Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)

Los óxidos de azufre son gases incoloros que se forman al quemar azufre. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es el contaminante criterio que indica la concentración de óxidos de azufre en el aire. La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles, en particular el carbón. Se ha denominado al dióxido de azufre como un contaminante que pasa a través de porque la cantidad de dióxido de azufre emitido al aire es casi la misma cantidad presente en el combustible.

### Efectos en la salud humana por exposición a dióxido de azufre.

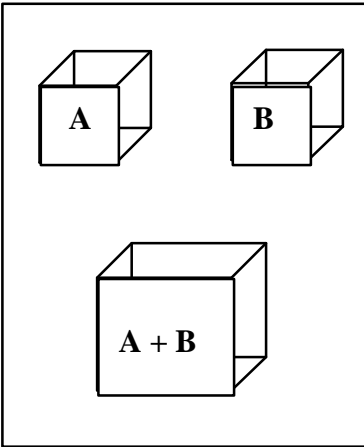
Concentración en 24 horas (● g/m <sup>3</sup> )	Efecto observado
400 900	- Posible incremento de los síntomas respiratorios (tos, irritación de la garganta y silbidos en el pecho) en personas con asma.
500 1700	- Incremento de la síntomas respiratorios en personas con asma y posible agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
1700 2300	- Incremento significativo de los síntomas respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
2300 2900	- Síntomas respiratorios severos en personas con asma y riesgo serio de agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas
> 2900	- Cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios en individuos sanos.

Por ejemplo, si se quema cien kilos de carbón que contienen siete kilos de azufre, la emisión producida por la quema contendrá aproximadamente 14 kilos de dióxido de azufre, siete kilos de azufre y siete de oxígeno. El azufre reacciona con el oxígeno en el proceso de combustión para formar dióxido de azufre



---

Se ha encontrado que los óxidos de azufre perjudican el sistema respiratorio, especialmente de las personas que sufren de asma y bronquitis crónica. Los efectos de los óxidos de azufre empeoran cuando el dióxido de azufre se combina con partículas o humedad del aire. Esto se conoce como efecto sinérgico porque la combinación de sustancias produce un efecto mayor que la suma individual del efecto de cada sustancia.

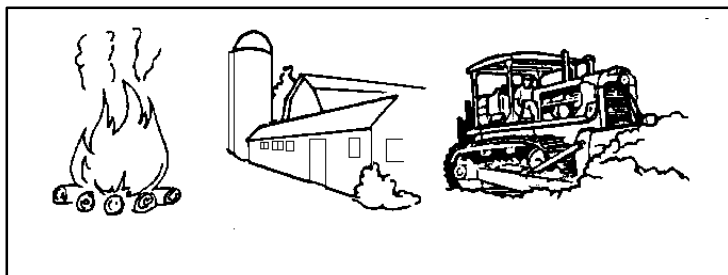


Los óxidos de azufre también son responsables de algunos efectos sobre el bienestar. El de mayor preocupación es la contribución de óxidos de azufre a la formación de lluvia ácida que puede perjudicar lagos, la vida acuática, materiales de construcción y la vida silvestre.

## Material particulado

Inicialmente, con la denominación de partículas totales en suspensión (PTS) se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante criterio. Las PTS son las partículas sólidas o líquidas del aire, se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. Como se mencionó anteriormente, desde la segunda mitad de la década de 1980, varios países incluyeron en sus normas sobre material particulado a las partículas con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico ( $PM_{10}$ ). En la segunda mitad de la década de 1990, las normas sobre material particulado especificaron considerar no solo al  $PM_{10}$  sino también al material particulado con menos de 2,5 micrómetros de diámetro aerodinámico ( $PM_{2.5}$ ). El motivo de este cambio, como ya se ha comentado, es que las partículas más pequeñas son más peligrosas para el hombre porque tienen mayor probabilidad de ingresar a la parte inferior de los pulmones.

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.



El material particulado puede tener efectos en la salud y bienestar del hombre. Puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares. Asimismo, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

### **Efectos en la salud humana por exposición a material particulado**

<b>Concentración (● g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Efecto observado</b>	<b>Impacto</b>
200	Disminución capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

---

## Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Los **óxidos de nitrógeno** (comúnmente referidos como NO<sub>x</sub>) son un grupo de gases conformado por el nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno es el elemento más común del aire y representa 78 por ciento del aire que respiramos. Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El término NO<sub>x</sub> se refiere a la combinación de estas dos sustancias.

Los procesos naturales y los realizados por el hombre producen óxidos de nitrógeno. En una escala global, la emisión natural de óxido de nitrógeno es casi 15 veces mayor que la realizada por el hombre. Las fuentes más comunes de óxidos de nitrógeno en la naturaleza son la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica. Las fuentes principales de emisión antropogénica son los escapes de los vehículos y la quema de combustibles fósiles.

### Efectos en la salud humana por exposición a dióxido de nitrógeno

Concentración de (ppm)	Tiempo exposición	Efecto observado
5	14 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas, aumento de la hiperreactividad bronquial.
2,5	2 hrs.	Individuos normales: Incremento de la resistencia de las vías aéreas.
1	2 hrs.	Individuos normales: Pequeño cambio en CVP*
0,5-5	3-60 min.	Individuos con bronquitis crónica: Incremento de la resistencia de las vías aéreas
0,5	20 min.	Individuos asmáticos, con 10 min. De ejercicio moderado: Disminución de FEV1**

\* CVP: Capacidad vital forzada

\*\* FEV1: Tasa máxima de flujo expiratorio

*El dióxido de nitrógeno daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las regiones más profundas de los pulmones. Asimismo, contribuye a la formación de lluvia ácida.*

El óxido nítrico es relativamente inofensivo, pero el dióxido de nitrógeno puede causar efectos en la salud y bienestar. En el proceso de combustión, el nitrógeno en el combustible y aire se oxida para formar óxido nítrico y algo de dióxido de nitrógeno. Los óxidos nítricos emitidos en el aire se convierten en dióxido de nitrógeno mediante reacciones fotoquímicas condicionadas por la luz solar.

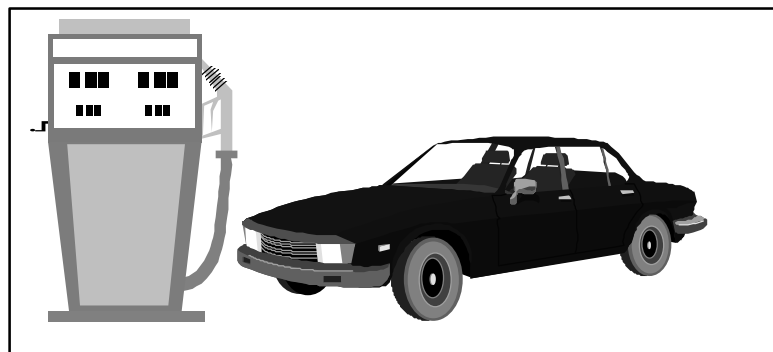
El dióxido de nitrógeno daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las regiones más profundas de los pulmones. Asimismo, contribuye a la formación de lluvia ácida.

## **Plomo (Pb)**

El plomo es una sustancia natural que abunda en el ambiente. Debido a sus propiedades físicas que le permiten formarse y moldearse fácilmente, se emplea en muchas aplicaciones.

El plomo se usaba frecuentemente para fabricar tuberías de agua y recipientes para alimentos. También ha sido un ingrediente importante en la fabricación de pinturas y gasolina.

La fuente primaria de contaminación del aire por plomo ha sido el uso de combustibles con plomo en automóviles. Como un aditivo en la gasolina, el plomo desacelera el proceso de combustión en los motores. Debido a que el plomo no se consume en el proceso de combustión, se emite como material particulado. Uno de los más grandes éxitos ambientales de los dos últimos decenios ha sido la reducción de plomo en el aire gracias al mayor uso de la gasolina sin plomo y a la reducción del contenido de plomo en combustibles con plomo.



El plomo es un contaminante importante del aire porque es tóxico para los humanos. Su difícil remoción del cuerpo hace que se acumule en varios órganos y puede dañar el sistema nervioso central. Un gran número de estudios científicos ha documentado los efectos nocivos de la exposición al plomo.

### Efectos en la salud de los niños por exposición a plomo

Concentración de plomo en sangre (● g/100ml)	Efecto observado
10	- Inhibición de la actividad de la enzima AAL-D - edad gestacional reducida (exposición prenatal) - bajo peso al nacer (exposición prenatal) - retardo en crecimiento
12	- interferencia en el metabolismo de la vitamina D
15-20	- elevación de protoporfirinas eritrocitarias - alteraciones electrofisiológicas en el SNC
20	- alteraciones conductuales, déficit en la atención
30	- disminución en la conducción nerviosa periférica
40	- aumento del AAL en suero y del AAL-U - aumento de las CP-U - reducción en la producción de hemoglobina - velocidad de conducción nerviosa periférica reducida - alteraciones en el aprendizaje - nefropatía (aminoaciduria) - síntomas gastrointestinales
50	- disminución marcada del cociente de inteligencia
70	- anemia franca - nefropatía grave
80	- encefalopatía - daño cerebral grave - retardo mental grave
	-

---

## Progreso en el control de los contaminantes criterio

Los esfuerzos por controlar los contaminantes criterio en los países desarrollados han dado algunos resultados positivos, aunque queda mucho trabajo por realizar. Desde 1970, los niveles de óxidos de azufre, monóxido de carbono y material particulado en el aire se han reducido, mientras que el plomo se ha eliminado casi completamente. Sin embargo, las emisiones de óxidos de nitrógeno han aumentado ligeramente y el problema del *smog* sigue siendo difícil de resolver. Aunque se han controlado muchas de las fuentes que producen *smog*, el gran número de vehículos y fuentes adicionales ha descompensado los logros alcanzados mediante la reducción.

9. ¿Cuáles son las fuentes primarias de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno hechas por el hombre?
10. Nombre al menos dos contaminantes criterio que causan enfermedades respiratorias.
11. Los óxidos de azufre contribuyen a la formación de \_\_\_\_\_.
12. El plomo puede dañar el sistema \_\_\_\_\_ en el hombre.

# Contaminantes peligrosos del aire (CPA)

---

Los contaminantes peligrosos son compuestos cancerígenos y no cancerígenos que pueden causar efectos serios e irreversibles en la salud. Como se indicó anteriormente, las enmiendas de la Ley del Aire Limpio de 1990 de los Estados Unidos enumeró 189 compuestos como contaminantes peligrosos del aire (CPA), incluidos el tetracloruro de carbono, cloro, óxido de etileno, cadmio y manganeso. La mayoría de los CPA son compuestos orgánicos volátiles.

Las normas para controlar la emisión de estos contaminantes peligrosos están basadas en la salud. En otras palabras, se establecen límites numéricos que protegen la salud del hombre de cualquier efecto adverso.

Sin embargo, el establecimiento de normas de emisión basadas en la salud es un proceso difícil debido a la incertidumbre en la evaluación de los efectos sobre la salud. Como resultado, Estados Unidos ha fijado normas de emisión basadas en la salud solo para ocho contaminantes: asbesto, cloruro de vinilo, benceno, arsénico, berilio, mercurio, radón y radionucleidos diferentes del radón.

Los ocho contaminantes son:

- . asbesto
- . cloruro de vinilo
- . benceno
- . arsénico
- . berilio
- . mercurio
- . radón
- . radionucleidos diferentes del radón.

---

## **Asbesto**

Se sabe que el asbesto produce cáncer en el hombre. Lamentablemente, su resistencia al fuego favoreció su empleo en numerosos materiales, tales como aislantes, pinturas, recubrimiento de freno de automóviles e incluso ropa.

## **Cloruro de vinilo**

El cloruro de vinilo se usa en la producción de plásticos y cloruro de polivinilo (PVC). La exposición al cloruro de vinilo puede dañar el hígado y otros órganos.

## **Benceno**

El benceno es un compuesto cancerígeno usado en agentes desgrasantes, gasolina y solventes. Se han promulgado varias normas para controlar la emisión de benceno, incluidas las normas para la fuga de benceno en equipos, para contenedores de benceno y operaciones de transporte y disposición de desechos de benceno, y para plantas de recuperación de subproductos del coque.

## **Arsénico**

El arsénico es también un agente cancerígeno. Se emplea en la fabricación de vidrio y en la fundición de metales. Las normas de emisión se establecieron para controlar la emisión de arsénico de las plantas de fabricación de vidrio, fundiciones de metales e instalaciones para la producción de arsénico.

---

## Berilio

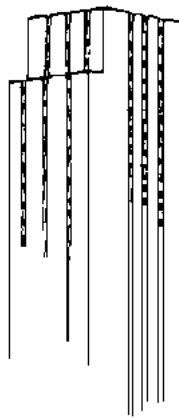
El berilio puede causar enfermedades del pulmón y también tiene efectos adversos sobre el hígado, bazo, riñones y glándulas linfáticas. Las fuentes de berilio incluyen las fundiciones de metal, plantas de cerámica e incineradores que queman desechos con berilio.

## Mercurio

El mercurio puede tener efectos adversos sobre el cerebro y riñones. Las fuentes de mercurio incluyen la quema de combustibles fósiles, plantas de fabricación de baterías de mercurio y procesos de minería que emplean mercurio.

## Radón

El **radón** es un elemento radiactivo natural. También se encuentra en materiales de construcción que contienen sustancias que emiten radón, como el yeso. Se sabe que el radón causa diversas formas de cáncer y es un contaminante importante del aire de interiores. Hasta ahora,



se han establecido normas para controlar la emisión de radón en las minas subterráneas de uranio, canteras de yeso fosfórico y relaves de las minas y procesos del uranio.

## Radionucleidos

Los **radionucleidos** son una categoría de materiales radiactivos diferentes del radón. Un radionucleido es cualquier núclido que emite radiación. Así como el radón, estos materiales pueden causar cáncer en los seres humanos.

13. Enumere los ocho contaminantes peligrosos para los cuales Estados Unidos ha establecido normas de emisión.
14. Nombre dos contaminantes peligrosos que causan cáncer, para los cuales hay normas de emisión.
15. ¿Qué contaminante peligroso reglamentado puede tener efectos adversos en el cerebro y riñones?
16. ¿Cuáles son las fuentes de berilio?

#### Respuestas

1. Nitrógeno, oxígeno y vapor de agua.
2. Los contaminantes son sustancias que producen un efecto perjudicial en el ambiente (efectos de salud o bienestar).
3. Material particulado y gases.
4. Un contaminante primario se emite sin cambios químicos en el aire directamente de una fuente. Un contaminante secundario se convierte químicamente en otro compuesto mientras se encuentra en el aire.
5. Monóxido de carbono, ozono, plomo, PM<sub>10</sub>, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno.
6. Enfermedades del corazón y pulmón.
7. El ozono se forma mediante una reacción química del dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar.

---

Respuestas (continuación)

8. Los glóbulos rojos que llevan oxígeno son más atraídos al monóxido de carbono que al oxígeno. Las células se juntan con el CO y no llega suficiente oxígeno al torrente sanguíneo.
9. Automóviles, quema incompleta de combustibles fósiles.
10. Monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, PM-10, óxidos de azufre.
11. Lluvia ácida.
12. Sistema nervioso central.
13. El asbesto, cloruro de vinilo, benceno, arsénico, berilio, mercurio, radón y radionucleidos diferentes del radón.
14. Asbesto y benceno.
15. Mercurio.
16. Las fundiciones metálicas, plantas de cerámica e incineradores que queman desechos que contienen berilio.